





## Doctoral Thesis

### IT-SUPPORTED CONSTRUCTION PROCESSES

**Use / implication of RFID as a smart tracking system on construction site  
in the sense of an RFID-room book prototype to enable “just in time”  
target-actual comparisons,  
as well as attempt to link BIM and robotics with the topic in the course of  
digitization**

carried out for the purpose of obtaining the academic degree of a  
Doctor of Technical Sciences  
submitted to the Vienna University of Technology, Faculty of Architecture

---

## Dissertation

### IT-GESTÜTZTE BAUPROZESSE

**Einsatz / Implikation von RFID als smartes Trackingsystem am Bau im  
Sinne eines RFID-Raumbuch Prototyps, um „Just in Time“ SOLL-IST-  
Vergleiche zu ermöglichen,  
sowie Versuch, BIM und Robotik mit der Thematik im Zuge der  
Digitalisierung zu verknüpfen**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der technischen Wissenschaften  
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Architektur

von

**Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Armin Kamenschek, BA**

Matrikelnummer 00325019

unter der Anleitung / Betreuung

von

**Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Heinz PRIEBERNIG**

Institut Hochbau 1

Forschungsbereich für Hochbau und Entwerfen E253-4, TU-Wien

Karlsplatz 13/253-4, A-1040 Wien

begutachtet

von

**Univ.-Prof. iR. Dipl.-Ing. Arch.  
Hans Lechner**

Institut für  
Baubetrieb und  
Bauwirtschaft

TU-Graz, Lessingstraße 25/II,  
A-8010 Graz

**Privatdozent Dipl.-Ing. Dr.  
Gabriel Wurzer**

Institut für Architekturwissenschaften,  
Forschungsbereich digitale  
Architektur und Raumplanung

TU-Wien, Treitlstraße 3,  
A-1040 Wien

Wien, 23.03.23

## 0. Formales

### 0.1. Eidesstattliche Erklärung

Der Autor – Armin Kamenschek – erklärt, dass die vorliegende Dissertation von ihm selbst verfasst wurde und er keine anderen als die angeführten Behelfe verwendet bzw. sich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient hat.

Er versichert, dass er dieses Dissertationsthema bisher weder im In- noch im Ausland (einer Gutachterin / einem Gutachter zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt hat.

Zudem bestätigt er, dass die von ihm eingereichten Exemplare (Druck und digital) identisch sind.

Datum: .....

Unterschrift: .....

### 0.2. Schutz des geistigen Eigentums – Copyright ©

Sämtliche Ideen, Konzepte und Entwicklungen dieser Dissertation, sowie daraus hervorgehende wissenschaftliche Daten und Erkenntnisse, die im Zusammenhang mit dem Thema „RFID am Bau im Sinne des RFID-Raumbuch Prototyps“ stehen, bleiben als geistiges Eigentum des Autors – Armin Kamenschek – geschützt.

Ohne seine ausdrückliche schriftliche Zustimmung ist eine Entnahme, Anwendung, Adaptierung, Weitergabe von Daten sowie Themen an und durch Dritte für wissenschaftliche bzw. konkurrenzierende Arbeiten und Ausführungen, wie auch eine Vervielfältigung der Dissertation untersagt.

### 0.3. Danksagung

An dieser Stelle möchte der Autor – Armin Kamenschek – ein herzliches Dankeschön an einige ihm wichtige Personen richten, die ihn während des Verfassens der Dissertation unterstützt haben und ihm stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind:

**\* Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Heinz PRIEBERNIG**

für die Betreuung, Kontakte und zahlreichen Inputs

**\* Univ.-Prof. iR. Dipl.-Ing. Arch. Hans Lechner, \* Privatdozent Dipl.-Ing. Dr. Gabriel Wurzer**

für die Begutachtung und Expertise

**\* TAGnology, \* TAGpilot**

für die Unterstützung des Forschungsprojekts „RFID am Bau“ über den gesamten Zeitraum in Software- und Hardware technischer Funktion

**\* FCP, \* Rhomberg, \* KOPA**

für die Unterstützung der weiteren integrierten Forschungsprojekte BIM, Robotik - #Robo-  
hund, - #Drohne-Vermessung mit RFID im Sinne der Digitalisierung am Bau

**\* ÖSW, \* immo360°, \* VOITL**

für die Unterstützung des Forschungsprojekts „RFID am Bau“

**\* Dipl.-Ing. Andreas Allerberger**

für die zahlreichen Diskussionen, Fachgespräche und Detailbesprechungen, das Hinterfragen von Inhalten und Vorgehensweisen und vor allem den Glauben an das Projekt

**\* seiner gesamten Familie und seinen Kindern – im speziellen Louie**

für das Verständnis und die große Unterstützung in foto-videographischer Hinsicht

**\* seinem Bruder Egon**

für die ständige Motivation und das Korrekturlesen

**Danke!**

## 0.4. Kurzfassung / Abstract

### 0.4.1. Kurzfassung in Deutsch

Die Bauwirtschaft bzw. das operative Geschäft am Bau ist ständig unter Zugzwang und kaum in der Lage, punktuell genaue Daten für einen SOLL-IST-Vergleich „Just in Time“ zu liefern.

Die erhobenen – meist analogen – Daten liefern überwiegend zeitverzögerte Ergebnisse und stellen das Baustellencontrolling nicht mehr zufrieden.

Aufgabe und Ziel der Dissertation ist es daher, Möglichkeiten der Implementierung von RFID in der Baubranche zu eruieren und anhand eines RFID-Raumbuches für den Hochbau einen effektiven und optimalen Einsatz unter Einbeziehung einer Lebenszyklus-Betrachtung (speziell die Bauphase betreffend) zu definieren.

Dies sollte in Kooperation mit dem Unternehmen „TAGnology“, lt. Idee / Vorgabe des Autors, in einem RFID-Raumbuch Prototyp über das Mobiltelefon umgesetzt werden, der das „Taggen“ von Räumen, in weiterer Folge Details wie Boden, Wand, Decke und Zusatzattributen mittels Cloudcomputing steuert, sowie „Just in Time“ SOLL-IST-Vergleiche auf der Baustelle an einem Bauprojekt in 1140 Wien ermöglicht.

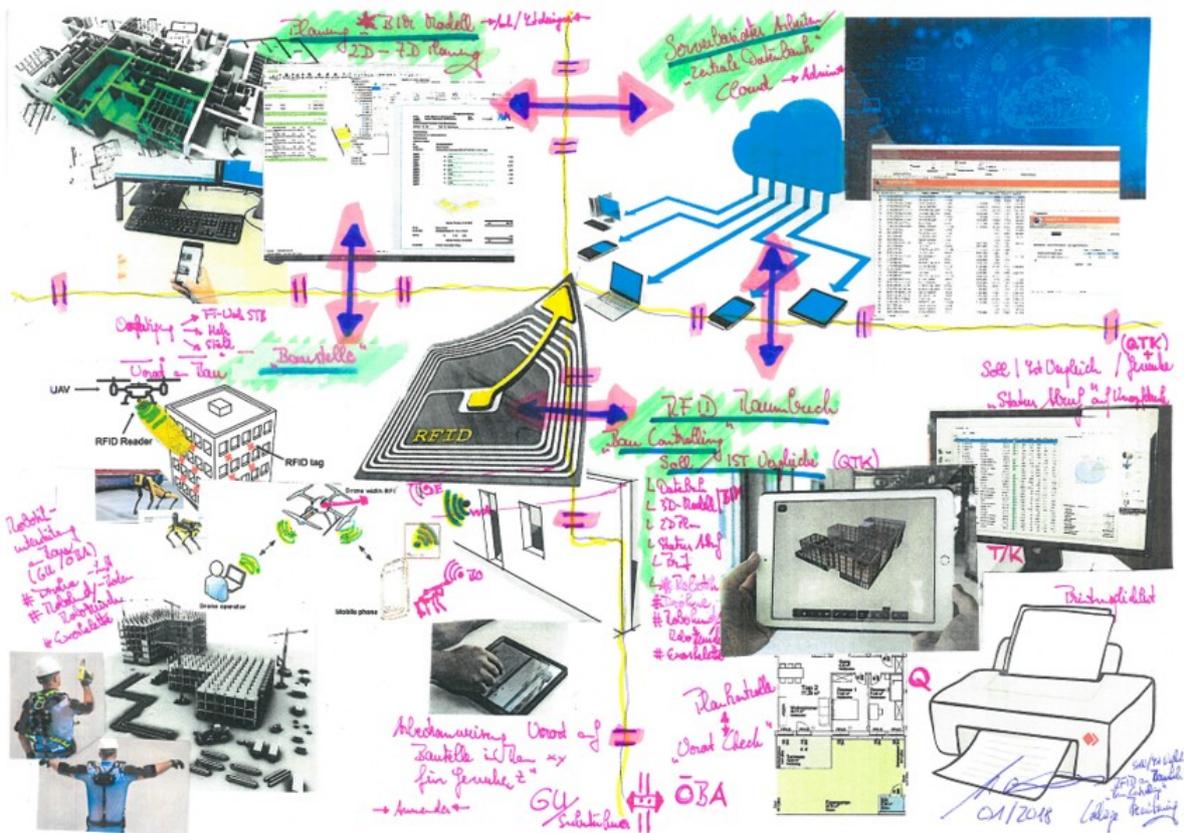


Abb. 001: Collage RFID am Bau / RFID-Raumbuch Dissertation Kamenshek 2018. S. 398

Im Zuge der Ausarbeitung wurde hinsichtlich der Digitalisierung von Baustellen parallel dazu versucht, die Themen BIM sowie Robotik - #Robohund (am Boden) und - #Drohne (in der

Luft) mit dem Thema RFID am Bau zu verknüpfen / dort zu implementieren und in die Arbeit zu integrieren.

Zu diesem Zwecke wurde die Zusammenarbeit mit weiteren am Markt tätigen Unternehmen "FCP - BIM", "Rhomberg - #Robohund", "KOPA - #Drohne" erwirkt und im Zuge eigener kleiner Forschungsprojekte, die dem Hauptthema RFID untergeordnet sind, versucht, diese in die Dissertation zu integrieren.

Anbei die Auflistung jener Unternehmen, die die Dissertation unterstützt haben.



Abb. 002: Projektpartner RFID am Bau / RFID-Raumbuch Dissertation Kamenschek 2018-2022, S. 398

## 0.4.2. Abstract in Englisch

The construction industry or the operational business in construction is constantly under pressure and hardly able to deliver precise data for a target-performance comparison “just in time”.

The collected – mostly still analog – data mainly provide time-delayed results and satisfy the construction site controlling any more.

The task and aim of the doctoral thesis is to determine the possibilities of implementing RFID in the construction industry and to define an effective and optimal use of in form of an RFID-room book for building construction including a life cycle consideration (especially concerning the construction phase).

This should be done in cooperation with the company "TAGnology" according to the author's idea / specification within an RFID-room book prototype via the mobile phone that controls the "tagging" of rooms, subsequently details such as floor, wall, ceiling and additional attributes, using cloud computing as well as "just in time" target/performance comparisons on the construction site in a project in 1140 Vienna.

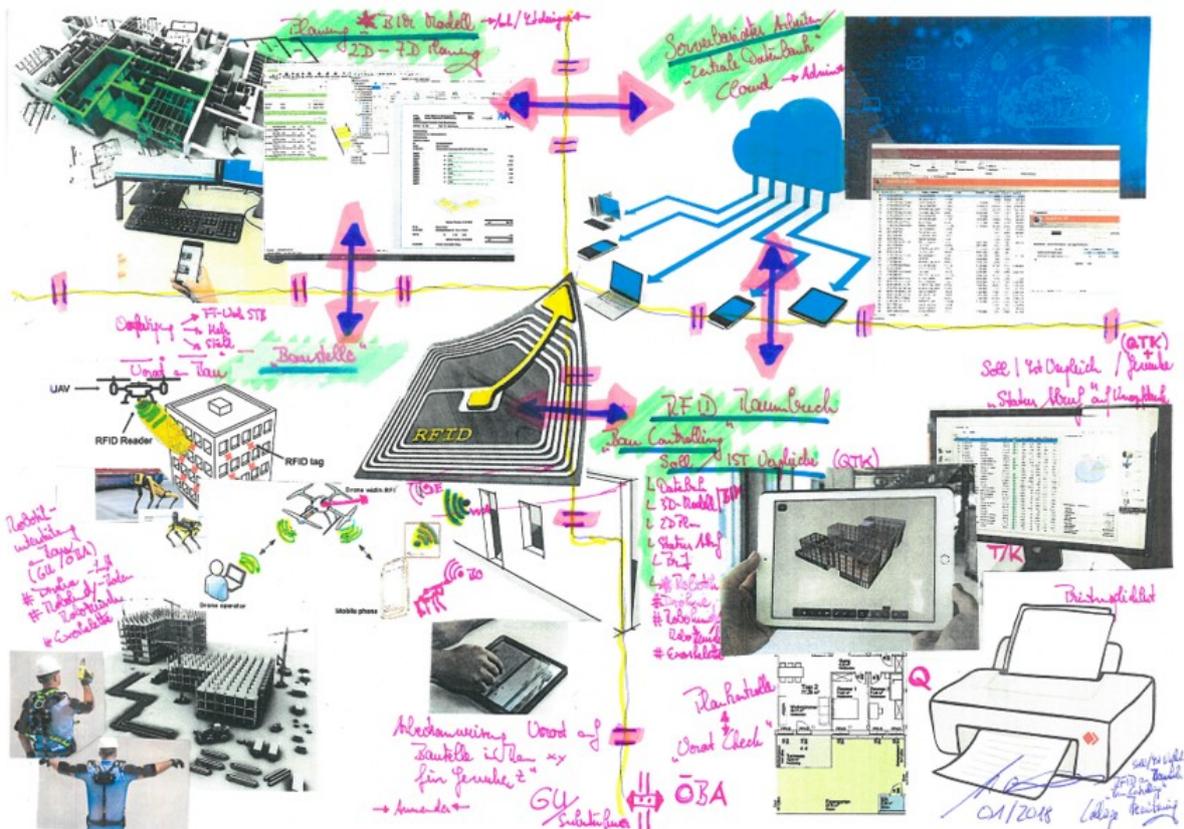


Abb. 001: Collage RFID am Bau / RFID-Raumbuch Dissertation Kamenscheck 2018, S. 398

In the course of the elaboration, in relation to the digitization of the construction sites, attempts were also made to link / implement the topics of BIM, as well as robotics - #robot-dog (on the ground) and - #drones (in the air) with RFID on the building site and integrate them into the dissertation.

## 0. Formales

For this have been entered other collaborations with companies such as "FCP - BIM", "Rhomborg - #robodog", "KOPA - #drones" on the market and in the case of own small research projects – which are subordinate to the main topic of RFID – an attempt was made to integrate those into the dissertation.

Attached is the list of those companies which supported the doctoral thesis.



Abb. 002: Projektpartner RFID am Bau / RFID-Raumbuch Dissertation Kamenschek 2018-2022, S. 398

## 0.5. Schlüsselbegriffe / Abkürzungsverzeichnis

<b>A</b> Access Control	AC	Chip / Chipkarten	Ch-Ck
Air Interface Protocol	AIP	Cloud / Cloudcomputing	C / Cc
Automatische Identifizierung	Auto-ID	Computer Aided Shipping Design	CAS
Auftraggeber	AG	Construction site	c-site
Auftragnehmer	AN	Central Processing Unit	CPU
Aktiver Transponder	A-TAG	Customer Relationship Management	CRM
Akustische Verfahren	AV	Continuous Replenishment Program	CRP
Antenne	Ant	Controlling	C
Analog	A	<b>D</b> Data Sharing	DS
As-Built-Model	A-B-M	Data Warehouse	DWh
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt	AUVA	Datenbanken / Datenbanksysteme	Db/DbS
Austrian Positioning System	APOS	Datenebene Virtuell	D-Virt
Augmented Reality	AR	Datenmanagement	DatMan
Automatisierte Abrechnung	Aut-Abr	Datenverarbeitung	DV
Antikollision	AK	Datenübertragungsrate	DüR
Advanced Planning and Scheduling System	APS	Dezibel Milliwatt	dBm
Airborne Laser Scanning	ALS	Deutsches Institut für Normierung	DIN
Ausschreibung-Vergabe-Abrechnung	AVA	Digitalisierung	Dig
<b>B</b> Back-End-Systeme	B-E-S	Digitale Baustelle	DigB
Backscatter	BaSc	Digitales Bauprojekt	DigBp
Barcode	BC	Digitale Revolution	DigRev
Batch-Stapel Verarbeitung	BSV	Digitale Transformation	DigTransf
Baulogistik	Baulog	Digitales Datenmanagement	DigDatMan
Bauphysik	BPH	Dokumentenmanagementsystem	DMS
Baustelle	BS	Dokumentation	Doku
Bauherr	BH	Drohnen	UAV
Bauvorhaben	BvH	<b>E</b> Effizienz / Effizienzsteigerung	Eff
Building Description System	BDS	Electronic Business	EB
Big Data	Bd	Elektromagnetische Störung	EMS
Biometrie	Biom	End-to-End	E-t-E
Betriebsdaten	Bd	European Article Number	EAN
Brandschutz	BS	Europäisches Zugsicherungssystem	ETCS
Building Information Modelling	BIM	Elektro	E
Binary Digit	Bit	Electronic Product Code	EPC
Bit	1-Bit	Electronic Article Surveillance	EAS
Bundesamt für Vermessungswesen	BEV	Electronic Product Code	EPC
Byte	8-Bit	Enterprise-Resource-Planning	ERP
<b>C</b> Case Study	CS	Energieeffizienz	E-Eff
Computer Aided Design	CAD	Erdgeschoß	EG
Computer Aided Facility Managmt.	CAFM	<b>F</b> Fern- und Nahfeld	FuNf
		Facility Management	FM

## 0. Formales

Fingerprint	Fi-Pr	<b>L</b> Low Frequency	LF
Frequenz	f	Lagerverwaltungssystem	LVS
<b>G</b> Gate	Gt	Laserabtastung	Lat
Gateway	Gtw	Lebenszyklus	LC
Gebäudeebene Real	G-Real	Lichtemittierende Diode	LED
Generalplaner	GP	Leseantenne	LeAnt
Gesichtserkennung	GE	Leserate	LeRa
Global Trade Item Number	GTIN	Lesegerät	LeGe
Global Standard One	GS1	Lesereichweite	LeRei
Global Positioning System	GPS	Lesevorgang	LeVo
Generalunternehmer	GU	Lebenszykluskosten	LCC
Gewährleistung	GWL	Light Detection And Ranging system	LiDAR
<b>H</b> Handheld	HH	<b>M</b> Maschinendaten	MaDa
Handgeometrie scan	HGSc	Magnetkarten	MaKa
High Frequency	HF	Materialkennwerte	Mat-Kw
Heizung-Kühlung-Lüftung-Sanitär	HKLS	Micro Waves	MW
Host	Ho	Middleware	Mw
<b>I</b> Identifikation und Datenerfassung	ID	Milli-Watt	mW
Industry Foundation Classes	IFC	Mobiles Datenterminal	MDT
Inertial Measurement Unit	IMU	Modulation	Mod
Informations- Datenverluste	Inf-Dat-v	Modulares Bauen	Mod-Bau
Informations- und Kommunikations- systeme	IKT	Mobile Laser Scanning	MLS
Informationssystem	IT-S	<b>N</b> Österreichische Norm	ÖNORM
Inlay	Inl	Near-Field-Communication	NFC
Integrale Planung	IPL	Nominal Range	NR
Integrierte Sender u Sensoren	IntSuS	No-Read	No-R
Internet der Dinge (Internet of Things)	IoT	<b>O</b> Obergeschoss	OG
Internet Protocol	IP	Objektlebenszyklus	O-LZK
International Standard Organisation	ISO	Objekt-Entwicklung	O-Ent
<b>J</b> Just in Time	JiT	Objekt-Errichtung	O-Err
<b>K</b> Kartensysteme	KaSy	Objekt-Nutzung	O-Nut
Klebe-TAGs	KI-TAGs	Objekt-Beseitigung	O-Bes
Kilobyte	kb	Optische Verfahren	Opt-Verf
Kosten	K	Optical Character Recognition	OCR
Kostensparnis	KE	Organisation	OrGa
Kill Command	KC	Örtliche Bauaufsicht	ÖBA
Key Performance indicators	KPI	<b>P</b> Passiver Transponder	P-TAG
Kollisionsplanung	KP	Planplattform	PPF
Kundeninformationssystem	KIS	Personal Identification Number	PIN
Kopplung	Ko	Polarisation	Pol
		Privacy Impact Assessment Frame- work	PIAF
		Prozessoptimierung	Proz-Opt

## 0. Formales

Projektmanagement	PM	Sensorik	Sens
Portable Data File	PDF	Sequentielle Planung	SPL
Plattform	PIFo	Semi-Aktiver Transponder	SA-TAG
Plastic Package	PP	Secure Digital Memory Card	SD-Card
Point of Sale	POS	Simulationen	Simul
Pulkerfassung	Pulk	Smartlabel	Smartl
Produktdatenmanagementsystem	PDM	Smart Home	S-H
Projektphasen	Pph	Software Tools	SWT
Projektentwicklung	PE	SOLL-IST-Vergleich	S-I-V
Projekttinitierung	PI	Sprach- Stimmerkennung	Spr-Sti-Erk
Projektkonzeption	PK	Statik	STA
Projektabwicklung	PA	Subunternehmer	Sub
Projektbetrieb	PB	Supply Chain Management	SCM
Projektabriss	PA	Short-Ultra-High-Frequency	SUHF
Projektmanagement	PM	<b>T</b> TAG / Transponder	TAG
Projektträume virtuell	Pr-Virt	Tracking and Tracing	TaT
Projektplattform	Pr-PIFo	Transponder Etiketten	TAG-Etik
Protokoll	Prot	Terrestrisches Laser Scanning	TLS
Prozesse	Proz	Technische Gebäude Ausrüstung	TGA
Prozessoptimierung	Proz-Opt	Technischer Überwachungs Verein	TÜV
Proof of Concept	POC	<b>U</b> Unmanned Aircraft System	UAS
<b>Q</b> Quantität-Qualität-Termin-Kosten	Q-T-K	Unmanned Aerial Vehicle	UAV
Quantität	Quant	Ultra High Frequency	UHF
Qualität	Qualit	Universal Product Code	UPC
Qualitätssicherung	QS	Urban Mining	UM
<b>R</b> Radio Frequency Identification	RFID	<b>V</b> Verschlüsselung	Verschlüss
Raumbuch	RB	Virtual Reality	VR
Read-Only TAG	RO	Vollduplex-Verfahren	FDX
Read-Write TAG	RW	<b>W</b> Wireless Local Area Network	WLAN
Real-Time-Location-System	RTLS	Warenwirtschaftssystem	WWS
Reader stationär	R-stat	Write-Once-Read-Many TAG	WORM
Reader mobil	R-mob	<b>X</b> eXtensible Markup Language	XML
Robotik	Robo	<b>Y</b> Yellow Pages	YP
Real-Time Kinematic Global Navigation Satellite System	RTK-GNSS	<b>Z</b> Zahlungssysteme	ZS
Real-Time Kinematic Differential Global Nav. Sat. System	RTK-DGNSS	Zeitersparnis	Z-Ersp
Real-Time Kinematic Global Positioning System	RTK-GPS	Zugangskontrolle / Access Control	AC
<b>S</b> Scanner	Scan		
Schreibrate	Schr-R		
Schreib- Lesegerät	Schr-Les-		
Schreibgeschwindigkeit	Schr-Ges		
Schrift und Symbolik	S&Symb		

## 0.6. Inhaltsverzeichnis

<b>0.</b>	<b>FORMALES .....</b>	<b>I</b>
<b>0.1.</b>	<b>Eidesstattliche Erklärung.....</b>	<b>i</b>
<b>0.2.</b>	<b>Schutz des geistigen Eigentums – Copyright ©.....</b>	<b>i</b>
<b>0.3.</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>ii</b>
<b>0.4.</b>	<b>Kurzfassung / Abstract.....</b>	<b>iii</b>
0.4.1.	Kurzfassung in Deutsch .....	iii
0.4.2.	Abstract in Englisch .....	v
<b>0.5.</b>	<b>Schlüsselbegriffe / Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>vii</b>
<b>0.6.</b>	<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>x</b>
<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.</b>	<b>Motivation und Anstoß.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2.</b>	<b>Wissenschaftliche Fragestellungen - Forschungsfragen.....</b>	<b>2</b>
1.2.1.	RFID / RFID-Raumbuch.....	2
1.2.2.	RFID & BIM sowie RFID & Robotik.....	2
<b>1.3.</b>	<b>Forschungsmethode .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>STAND DER TECHNIK – FORSCHUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.</b>	<b>Literaturrecherche.....</b>	<b>4</b>
2.1.1.	Bereich Digitalisierung .....	5
2.1.2.	Bereich RFID .....	5
2.1.3.	Bereich BIM .....	6
2.1.4.	Bereich Robotik - #Robohund, - #Drohne.....	6
<b>2.2.</b>	<b>Plattformen – Studien – Forschungsprojekte hinsichtlich RFID.....</b>	<b>7</b>
<b>3.</b>	<b>GRUNDLAGEN.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.</b>	<b>Digitalisierung.....</b>	<b>9</b>
3.1.1.	Digitalisierung Allgemein.....	9
3.1.1.1.	Begriffsdefinition .....	9
3.1.2.	Digitalisierung am Bau .....	12
3.1.2.1.	Entwicklungspotential am Bau im Sinne der Digitalisierung.....	13
3.1.3.	Digitalisierung über die Wertschöpfungskette / den Lebenszyklus .....	14
<b>3.2.</b>	<b>Auto-ID-Systeme im Überblick.....</b>	<b>18</b>
3.2.1.	Begriffsdefinition Auto-ID .....	18
3.2.2.	Biometrie .....	19
3.2.2.1.	Akustische Verfahren .....	19
3.2.2.2.	Optische Verfahren .....	19
3.2.3.	Schrift und Symbolik .....	21
3.2.3.1.	OCR .....	21

3.2.3.2. Barcode .....	22
3.2.4. Elektronische Verfahren .....	27
3.2.4.1. Karten .....	27
3.2.4.2. iButton .....	28
3.2.4.3. RFID Allgemein.....	29
3.2.4.4. Vergleich der Auto-ID-Systeme .....	30
<b>3.3. RFID im Detail .....</b>	<b>34</b>
3.3.1. Geschichte und Entwicklung .....	34
3.3.2. RFID-Systemkomponenten .....	35
3.3.2.1. Transponder .....	36
3.3.2.2. Reader / Lesegerät .....	45
3.3.2.3. Middleware / Applikation .....	48
3.3.3. RFID Merkmale.....	50
3.3.3.1. Frequenz .....	50
3.3.3.2. Schreib- Lesereichweite / Kopplung .....	51
3.3.3.3. Datenstromübertragung .....	53
3.3.3.4. Energieversorgung / TAG-Arten.....	53
3.3.3.5. Datenspeicherung Data-on-TAG / Data-on-Network .....	55
3.3.3.6. EPC - Typ 1 / Gen 2 - Speicherfähigkeit - Zugriff - Speichertechnologie .....	56
3.3.3.7. Pulkfähigkeit - Antikollision .....	59
3.3.3.8. Einflussfaktoren / Störeffekte .....	59
3.3.3.9. Schutzarten - Schutzklassen .....	60
3.3.3.10. Standards .....	61
3.3.3.11. Kosten .....	64
3.3.3.12. Kennzeichnung - Label .....	64
3.3.3.13. Vergleich RFID-Merkmale .....	65
3.3.4. RFID im Lebenszyklus .....	66
3.3.4.1. RFID-Nutzen im Phasenmodell des Lebenszyklus.....	67
3.3.5. RFID-Anwendung Bereiche - Branchen .....	71
3.3.5.1. RFID im Medizin- und Gesundheitswesen .....	72
3.3.5.2. RFID im Sport- und Eventbereich .....	75
3.3.5.3. RFID in Land- und Forstwirtschaft.....	77
3.3.5.4. RFID in der Tierwelt .....	81
3.3.5.5. RFID in Produktion, Industrie und Logistik .....	83
3.3.5.6. RFID im Groß- und Einzelhandel / Bürowesen .....	89
3.3.5.7. RFID im Pass- und Dokumentenmanagement .....	92
3.3.5.8. RFID im Geld- und Zahlungsverkehr.....	94
3.3.5.9. RFID im Bauwesen .....	97
3.3.6. Chancen und Risiken von RFID .....	108

3.3.6.1. Chancen .....	108
3.3.6.2. Risiken .....	108
<b>4. RAUMBUCH KLASSISCH – RFID .....</b>	<b>111</b>
<b>4.1. Begriffsdefinition .....</b>	<b>111</b>
<b>4.2. Raumbuch Allgemein .....</b>	<b>112</b>
4.2.1. Raumbuch Funktion – Inhalt .....	112
4.2.1.1. Funktion .....	112
4.2.1.2. Inhalt.....	113
4.2.2. Raumbuch Typen (Manuell, Datenbank – Programm, Webappl – Mobile App) ....	114
4.2.2.1. Manuell .....	114
4.2.2.2. Datenbank – Programm .....	114
4.2.2.3. Webapplikation – Mobile App.....	115
4.2.3. Raumbuch Anwendungen am Markt .....	116
4.2.4. Raumbuch als Steuerungstool im Phasenmodell des Lebenszyklus .....	117
<b>4.3. Vom klassischen Raumbuch zum RFID-Raumbuch.....</b>	<b>118</b>
4.3.1. Wandel Klassisches Raumbuch zu RFID-Raumbuch im Lebenszyklus.....	119
4.3.1.1. Übergeordnet auf BH – AG Ebene zu Projektbeginn.....	119
4.3.1.2. Phase Planung.....	119
4.3.1.3. Phase Bauen .....	120
4.3.1.4. Phase Nutzung & Betrieb.....	121
4.3.1.5. Phase Abriss.....	122
4.3.1.6. Datenanalyse – Archivierung bei Übergang zwischen Phasen.....	122
<b>4.4. RFID-Raumbuch Prototyp in der Phase Bau .....</b>	<b>123</b>
4.4.1. RFID-Raumbuch Prototyp – Initiierung.....	123
4.4.1.1. Brainstorming – Collage – Konzept .....	124
4.4.1.2. Prozessanalyse.....	125
4.4.1.3. Prozessdiagramm .....	126
4.4.2. RFID-Raumbuch Prototyp – Organisatorische Vorbereitungen .....	129
4.4.2.1. Bauvorhaben – Forschungsprojekt (POC).....	130
4.4.2.2. Projektpartner (POC) .....	138
4.4.3. RFID-Raumbuch Prototyp – Projektmanagement & Planung .....	140
4.4.3.1. Bauwerks-Klassifizierung .....	140
4.4.3.2. Primärschlüssel, TAG Level-Klassifizierung, Verortung im Plan.....	147
4.4.3.3. Attribute .....	150
4.4.3.4. Übergabematrix .....	155
4.4.3.5. Verknüpfung der Attributsebene mit Bauwerks- und TAG Ebene .....	156
4.4.4. RFID-Raumbuch-Prototyp – Hardware .....	158
4.4.4.1. TAG und Reader Anforderungen .....	158

4.4.4.2. TAG Typen- Reader Tests (Labor – Baustelle) .....	169
4.4.5. RFID-Raumbuch Prototyp – Software .....	205
4.4.5.1. Vorgaben – Festlegungen .....	205
4.4.5.2. Masken mobile App - Webapplikation .....	207
4.4.5.3. Entwicklung & Programmierung (E&P) mobile App - Webapplikation .....	209
4.4.5.4. Tests und Inbetriebnahme Software.....	217
4.4.5.5. Funktionsweise mobile App und Webapplikation.....	218
4.4.6. RFID-Raumbuch Prototyp – „Merging“ Hardware mit Software .....	226
4.4.6.1. RFID-Raumbuch Prototyp Funktionstests --- Allgemein .....	226
4.4.6.2. RFID-Raumbuch Prototyp Funktionstests --- Baustelle .....	228
4.4.6.3. RFID-Raumbuch Prototyp – Imagefilm – Fotocollage – Presse.....	244
<b>5. RFID &amp; BIM / RFID &amp; ROBOTIK .....</b>	<b>245</b>
<b>5.1. Allgemein .....</b>	<b>245</b>
5.1.1. RFID & BIM / RFID & Robotik Initiierung.....	245
5.1.2. RFID & BIM / RFID & Robotik - Organisatorische Vorbereitungen .....	246
5.1.2.1. Bauvorhaben – Forschungsprojekt (POC).....	246
5.1.2.2. Projektpartner (POC) .....	246
<b>5.2. RFID &amp; BIM .....</b>	<b>250</b>
5.2.1. BIM Allgemein.....	250
5.2.1.1. Begriffsdefinition .....	250
5.2.1.2. BIM-Entwicklung und Implementierung .....	250
5.2.1.3. BIM Basiswissen.....	251
5.2.1.3.1. Datenaustauschformat IFC von buildingSMART .....	251
5.2.1.3.2. BIM Typ - Matrix (open-cloesed BIM / little-big BIM) .....	252
5.2.1.3.3. BIM Level .....	253
5.2.1.3.4. BIM Dimensionen .....	253
5.2.1.4. Software.....	254
5.2.2. RFID & BIM   FCP.....	255
5.2.2.1. Aufgabenstellung .....	255
5.2.2.2. Allgemeines .....	255
5.2.2.3. Anwendungen im Projekt .....	255
5.2.2.4. BIM Imagefilm – Fotocollage – Presse.....	262
<b>5.3. RFID &amp; Robotik .....</b>	<b>264</b>
5.3.1. Robotik Allgemein .....	264
5.3.1.1. Begriffsdefinition .....	264
5.3.2. Robotik Entwicklungen.....	265
5.3.2.1. Robotik Entwicklung am Boden .....	265
5.3.2.2. Robotik Entwicklung in der Luft .....	266

5.3.3. Robotik Anwendungsgebiete - Sonstiges .....	267
5.3.3.1. Robotik Anwendung am Boden .....	267
5.3.3.2. Robotik Anwendung in der Luft .....	269
5.3.4. Roboter - Drohnenfirmen am Markt.....	271
5.3.4.1. Robotik vs Mensch (Risiko vs Chance) .....	271
5.3.5. RFID & Robotik - #Robohund   RHOMBERG .....	272
5.3.5.1. Aufgabenstellung .....	272
5.3.5.2. Allgemeines .....	272
5.3.5.3. Robohund – RFID-Support.....	277
5.3.5.4. Anwendungen im Projekt .....	284
5.3.5.5. Robohund Imagefilm – Fotocollage – Presse .....	287
5.3.6. RFID & Robotik - #Drohne – Vermessung   KOPA.....	289
5.3.6.1. Aufgabenstellung .....	289
5.3.6.2. Allgemeines .....	289
5.3.6.3. Drohnen – RFID-Support .....	292
5.3.6.4. Datenerfassung durch Hybride Messverfahren - Grundlagen.....	299
5.3.6.4.1. Mobiles Laser Scanning (MLS) mittels BLK2GO .....	299
5.3.6.5. Anwendungen im Projekt .....	304
5.3.6.6. Drohne – Vermessung Imagefilm – Fotocollage – Presse.....	314
<b>6. CONCLUSIO – AUSBLICK.....</b>	<b>315</b>
<b>6.1. Allgemein .....</b>	<b>315</b>
<b>6.2. Kapitel im Detail.....</b>	<b>316</b>
6.2.0. Kapitel 0 Formales   Conclusio - Ausblick .....	316
6.2.1. Kapitel 1 Einleitung   Conclusio - Ausblick.....	316
6.2.2. Kapitel 2 Stand der Technik – Forschung   Conclusio - Ausblick.....	316
6.2.3. Kapitel 3 Grundlagen   Conclusio - Ausblick.....	316
6.2.4. Kapitel 4 RB Klassisch - RFID   Conclusio - Ausblick .....	319
6.2.5. Kapitel 5 RFID & BIM / RFID & Robotik   Conclusio - Ausblick.....	325
6.2.6. Kapitel 6 Conclusio - Ausblick.....	330
6.2.7. Kapitel 7 Anhang.....	330
<b>7. ANHANG.....</b>	<b>331</b>
<b>7.1. Grafiken – Diagramme – Masken (Eigen- &amp; Weiterentwicklungen).....</b>	<b>331</b>
<b>7.2. Tabellen.....</b>	<b>348</b>
7.2.1. Tabellen Vergleiche .....	348
7.2.2. Tabellen RFID-Raumbuch Übergabematrix und Hilfsmatrix .....	350
7.2.3. Tabellen diverse Tests .....	352
7.2.3.1. RFID-Raumbuch Prototyp – Technische Tests --- Labor – Baustelle .....	352
7.2.3.2. RFID-Raumbuch Prototyp – Funktionstests --- Baustelle .....	365

7.2.3.3. RFID-Robotik - #Robohund --- Labor .....	370
7.2.3.4. RFID-Robotik - #Drohne --- Labor .....	371
<b>7.3. Planmaterial .....</b>	<b>372</b>
7.3.1. Übersicht – Lageplan .....	372
7.3.2. Grundrisse .....	373
7.3.3. Schnitte.....	380
7.3.4. Ansichten .....	381
7.3.5. TAG Klassifizierung - Verortung Bpl.6 UG2, UG1, EG .....	383
<b>7.4. Renderings und Fotos.....</b>	<b>385</b>
<b>7.5. Literaturverzeichnis.....</b>	<b>393</b>
7.5.1. Bücher .....	393
7.5.2. Paper – Berichte .....	394
7.5.3. Plattformen – Studien – Forschungsprojekte.....	394
7.5.4. Firmen .....	394
7.5.5. Internetquellen .....	395
7.5.6. Reisen und Besichtigungen .....	397
7.5.7. Gespräche, Interviews, Telefon- und Videokonferenzen .....	397
<b>7.6. Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>398</b>
<b>7.7. Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>412</b>
<b>7.8. Imagefilmen / Presse .....</b>	<b>413</b>
7.8.1. Imagefilme .....	413
7.8.1.1. RFID - Raumbuch Prototyp   TAGnology .....	413
7.8.1.2. RFID - BIM   FCP .....	413
7.8.1.3. Robotik - #Robohund   Rhomberg.....	414
7.8.1.4. Robotik - #Drohne – Vermessung   KOPA .....	414
7.8.1.5. Photo & Videography   Louie Soriano.....	414
7.8.2. Presse .....	415
7.8.2.1. Allgemein (RFID-Raumbuch, BIM, Robotik - #Robohund, - #Drohne).....	415
7.8.2.2. Spezielle Artikel .....	415
<b>7.9. Lebenslauf.....</b>	<b>416</b>

# 1. Einleitung

In Kapitel 1 Einleitung, werden die Motivation und der Anstoß zum Verfassen der Arbeit und die wissenschaftlichen Fragestellungen - Forschungsfragen beschrieben, zudem erfolgt eine kurze Darlegung der Forschungsmethode.

## 1.1. Motivation und Anstoß

Den nötigen Anstoß zum Abfassen der Dissertation gab dem Autor seine Tätigkeit im Bereich der Örtlichen Bauaufsicht (ÖBA) sowie die Vertretung von Bauherr-Agenden (BH) auf mehreren Großbaustellen und die damit zusammenhängenden Aufgaben der Leistungs-(Quantität, Qualität), Termin- und Kostenkontrolle im Sinne des Projektmanagements.

Insbesondere war der Autor mit den vorliegenden – zeitverzögerten, analogen Daten – Ergebnissen und Infos von der Baustelle (im Sinne von statischen Protokollen, Exceltabellen sowie Zetteln als Mitschrift, die dann erneut abgetippt werden mussten), den unvollständigen Dokumentationen usw. unzufrieden, bildeten sie doch die Grundlage für die Erstellung von Berichten im Segment des Baustellencontrolling, mit dem Ziel, richtungsweisende Entscheidungen vor Ort treffen und des Weiteren in Besprechungen mit der Abteilungsleitung sowie Vorständen genaue zeitliche Prognosen für die Zukunft ableiten zu können.

Die Bauwirtschaft bzw. das operative Geschäft am Bau ist ständig unter Zugzwang und kaum in der Lage, punktuell genaue Daten für einen SOLL-IST-Vergleich, „Just in Time“ zu liefern.

Die erhobenen – meist analogen – Daten liefern überwiegend zeitverzögerte Ergebnisse und sind für das Baustellencontrolling nicht zeitgemäß.

Tagtäglich erlebt man das 21. Jahrhundert mit all seinen umfassenden technischen Möglichkeiten und bedient sich sämtlicher digitaler Hilfsmittel, jedoch befindet sich das Segment der Datenerhebung und -auswertung im Bausektor noch in den Kinderschuhen, um nicht zu sagen in der Steinzeit des digitalen Zeitalters. Vieles muss nämlich noch größtenteils analog anstatt digital abgearbeitet werden.

Die Dissertation nimmt sich diesem Thema an und versucht die Möglichkeiten der Implementierung von RFID (Radio Frequency Identification) in der Baubranche zu eruieren sowie anhand eines RFID-Raumbuch Prototyps mittels Mobiltelefon für den Hochbau das „Taggen“ von Räumen, in weiterer Folge Details wie Boden, Wand, Decke, Zusatzattribute und daraus ableitbare SOLL-IST-Vergleiche zu ermöglichen.

Es ist wichtig, dass die Thematik / Daten über den gesamten Lebenszyklus – in den einzelnen, aber zusammenhängenden Phasen (Planen, Bauen, Betreiben, Abriss) – betrachtet wird.

Auch wenn dies hier im speziellen die Phase Bau (Bauwerkserrichtung) betrifft, sind davon sämtliche vorgelagerte und nachfolgende Phasen – Prozesse sowie das zugrunde liegende Datenmanagement betroffen.

Das Problem stellen dabei die – leider – immer noch größtenteils vorherrschenden analogen Schnittstellen sowie Informationsverluste in und zwischen den Phasen dar, die eine saubere und kontinuierliche Daten-, Kommunikations- sowie Dokumentationsstruktur bezüglich Leistungs- (Quantität, Qualität), Termin- und Kostenmanagement behindern und den dadurch möglichen Technologiefortschritt im Sinne der Digitalisierung abbremsen. Dieser Punkt muss so rasch wie möglich überwunden werden.

Im Zuge der Ausarbeitung wurde hinsichtlich der Digitalisierung von Baustellen parallel dazu versucht, die Themen BIM sowie Robotik - #Robohund (am Boden) und - #Drohne (in der Luft) mit dem Thema RFID am Bau zu verknüpfen bzw. dort zu implementieren und in die Arbeit zu integrieren.

### **1.2. Wissenschaftliche Fragestellungen - Forschungsfragen**

Folgende unten angeführte wissenschaftliche Fragestellungen bzw. Forschungsfragen (FF) werden vom Autor mit seiner Dissertation bearbeitet:

#### **1.2.1. RFID / RFID-Raumbuch**

FF-1: Wie zielführend ist es, RFID in der Baubranche zu implementieren bzw. welche Anwendungsmöglichkeiten von RFID in der Baubranche sind gegeben?

FF-2: Ist es möglich, mit IT-gestützten Bauprozessen, unter Einsatz / Implikation von smarten Trackingsystemen, z.B. anhand eines RFID-Raumbuch Prototyps für den Hochbau, „Just in Time“ SOLL-IST-Vergleiche für das Baustellencontrolling zu generieren?

FF-3: Welche Optimierungspotentiale bewirkt RFID am Bau für das Controlling?

FF-4: Mit welchen Parametern bzgl. Zeit und Kosten ist im Planungsprozess auf der virtuellen Datenebene sowie am Bau auf der realen Gebäudeebene bei der Anwendung von RFID im Sinne des Raumbuch Prototyps zu rechnen?

#### **1.2.2. RFID & BIM sowie RFID & Robotik**

FF-5: Besteht die Möglichkeit, RFID & BIM sowie RFID & Robotik - #Robohund, - #Drohne im Sinne der Digitalisierung zu verknüpfen?

FF-6: Welche Optimierungspotentiale bewirkt die Verknüpfung von RFID & BIM / RFID & Robotik - #Robohund, - #Drohne sowie BIM, Robotik - #Robohund, - #Drohne im Allgemeinen auf der Baustelle im Sinne der Digitalisierung?

### 1.3. Forschungsmethode

Es werden zwei methodologische Forschungsansätze unterschieden: <sup>1</sup>

#### Die deduktive Methode - Vorgehensweise

*„Deduktives Vorgehen beschreibt ein wissenschaftliches Verfahren, um aus allgemeinen Theorien, Gesetzen und Regelmäßigkeiten einen besonderen oder konkreten Einzelfall abzuleiten.“*

Aus Sachverhalten wird durch den Einsatz von logisch aneinander gereihten Gedankengängen von Wissen und deren Zuwachs erzielt.

- Grundsatz: Vom Allgemeinen zum Besonderen;  
*„Bestehende Theorie – Hypothese ableiten – Daten erheben – Ergebnis“*

#### Die induktive Methode - Vorgehensweise

*„Induktives Vorgehen beschreibt ein wissenschaftliches Verfahren, bei dem Schlussfolgerungen von Einzelfällen oder Beobachtungen auf die allgemeine Gesetzmäßigkeit gezogen werden.“*

Aus durchgeführten Beobachtungen, Tests und Messungen wird auf bekannte Gesetzmäßigkeiten oder bisher nicht bekannte Sachverhalte z.B. durch Feldforschung geschlossen.

- Grundsatz: Vom Besonderen zum Allgemeinen;  
*„Beobachten – Daten erheben – Hypothese ableiten – Theorie aufstellen“*

Bei dieser Dissertation kommt im Sinne der Forschung sowohl im Labor als auch auf der Baustelle bei der Entwicklung des RFID-Raumbuch Prototyps sowie beim Versuch der Implementierung von BIM und Robotik, die induktive Methode - Vorgehensweise zur Anwendung.

Es handelt sich um Feldforschung – Beobachtungen, Tests und Messungen – bei der man auf bis dato wenige / nicht bekannte Sachverhalte schließt bzw. neue Sachverhalte erforscht.

---

<sup>1</sup> <https://www.empirio.de/empiriowissen/qualit-u-quant-forschmeth>, aufgerufen am 14.08.21

## 2. Stand der Technik – Forschung

In Kapitel 2 Stand der Technik – Forschung geht es um die Recherche hinsichtlich Literatur in klassischen Medien, etwa Büchern, Zeitschriften und Studien sowie neuen Medien wie Internet, Blogs, Plattformen usw. Dabei soll der aktuelle Stand der Technik bezüglich zu den in der Dissertation angeführten Themenbereichen Digitalisierung im Allgemeinen, RFID, BIM und Robotik sowie aktuelle Forschungsprojekte – Studien – Plattformen im Bereich RFID am Bau auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf Europäischer Ebene, im speziellen der DACH-Region (Deutschland, Österreich, Schweiz) kurz aufgezeigt werden.

Sämtliche recherchierte Werke (mehr als 60 an der Zahl) oder Unterlagen werden daher und aufgrund der Unterteilung in mehrere Themenbereiche sowie zur Wahrung der Übersicht nicht einzeln aufgezählt.

Die für die Dissertation wichtigsten Exemplare werden kurz erwähnt und sind neben weiteren – sofern notwendig und relevant – sachgemäß in der Dissertation als Zitation angeführt.

Der Fokus liegt auf RFID; BIM und Robotik sowie Digitalisierung im Allgemeinen runden die Dissertation ab.

### 2.1. Literaturrecherche

Die Literaturrecherche wurde mit Hilfe folgender angeführter wissenschaftlicher Datenbanken, mit denen der Autor generell bei Recherchen gute Erfahrung hat

- ACM Digital Library <sup>2</sup>
- OEEE Digital Library <sup>3</sup>
- Wiso 2+3 Datenbank <sup>4</sup>
- Fraunhofer IRB – BAUFO <sup>5</sup>
- Google Scholar <sup>6</sup>
- INSPEC <sup>7</sup>

für die oben angeführten Bereiche einzeln getätigt.

Die Datenbanken wurden mit nachfolgend angeführten Schlagwörtern je Themenbereich befüllt; anschließend wurden Abfragen durchgeführt.

---

<sup>2</sup> <https://dl.acm.org/>, aufgerufen am 28.09.20

<sup>3</sup> <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>, aufgerufen am 12.06.21

<sup>4</sup> <https://www.wiso-net.de/login?targetUrl=%2Fdosearch>, aufgerufen am 24.09.19

<sup>5</sup> <https://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/>, aufgerufen am 15.05.20

<sup>6</sup> <https://scholar.google.com/>, aufgerufen am 12.06.20

<sup>7</sup> <https://library.ethz.ch/standorte-und-medien/medientypen/datenbanken-normen-patente/inspec.html>, aufgerufen am 08.03.21

### 2.1.1. Bereich Digitalisierung

#### Deutsch

Digitalisierung

Digitalisierung am Bau

RFID und Digitalisierung

Digitalisierung und Prozesse am Bau

#### Englisch

Digitalization

digitalization on construction site

RFID and digitalization

digitalization and processes on construction site

Das Ergebnis war hier folgendes:

Hinsichtlich Digitalisierung generell, nur den Begriff betreffend, gab es eine große Anzahl an Literaturquellen auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region.

Hinsichtlich Digitalisierung, speziell den Baubereich / Baubetrieb und RFID betreffend, gab es nur eine geringe Anzahl an Literaturquellen auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region.

Nennenswert sind hier nachfolgende Werke

- W. Günthner et al., Digitale Baustelle, 2011, 1. Auflage, Springer Verlag
- A. Moring et al., Bits and Bricks: Digitalisierung von Geschäftsmodellen in der Immobilienbranche 1. Auflage, 2018
- bmvit, Studie Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen, 2018

### 2.1.2. Bereich RFID

#### Deutsch

RFID

RFID-Raumbuch

RFID am Bau

RFID und Vorfertigung

RFID und Prozesse am Bau

RFID und Recht

RFID und Baulogistik

#### Englisch

RFID

RFID-room book

RFID on construction site

RFID and prefabrication

RFID and processes on construction site

RFID and law

RFID and logistic on construction site

Das Ergebnis war hier folgendes:

Hinsichtlich RFID generell, nur die Funktionsweise von RFID betreffend, gab es eine große Anzahl an Literaturquellen auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region.

Hinsichtlich RFID, speziell den Baubereich / Baubetrieb betreffend, gab es nur eine geringe Anzahl an Literaturquellen auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region.

Nennenswert sind hier nachfolgende Werke

- K. Finkenzeller et al., RFID-Handbuch, 2015, 7. Auflage, Carl Hanser Verlag
- P. Jehle et al., IntelliBau / IntelliBau 2, 1. Auflage, 2011/12, Springer Verlag
- M. Helmus et al., RFID in der Baulogistik, 1. Auflage, 2009, Vieweg+Teubner Verlag
- C. Kern, Anwendung von RFID-Systemen, 2007, 2. Auflage

### 2.1.3. Bereich BIM

<u>Deutsch</u>	<u>Englisch</u>
BIM	BIM
BIM Stufen	BIM types
BIM und Digitalisierung	BIM and digitalization
RFID und BIM	RFID and BIM
BIM und Prozesse am Bau	BIM and processes on c-site
BIM und Lebenszyklus/kosten	BIM and life cycle/cost

Das Ergebnis war hier folgendes:

Hinsichtlich BIM generell, nur die Funktionsweise von BIM betreffend, gab es eine große Anzahl an Literaturquellen auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region;

Hinsichtlich BIM, speziell den Baubereich / Baubetrieb und RFID betreffend, gab es nur eine geringe Anzahl an Literaturquellen auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region;

Nennenswert sind hier nachfolgende Werke

- A. Borrmann et al., Building Information Modeling, 2015, 1. Auflage, Springer Verlag
- C. Achammer et al., BIM for LCS, 2013, 1. Ausgabe, NWV Verlag

### 2.1.4. Bereich Robotik - #Robohund, - #Drohne

<u>Deutsch</u>	<u>Englisch</u>
Robotik	robotic
RFID und Roboter	RFID and robotic
Robotik am Bau	robotic on construction site
Drohnen am Bau	drones on construction site

Vermessung am Bau

surveying on construction site

Roboterhund am Bau

robotic dog on construction site

Das Ergebnis war hier folgendes:

Hinsichtlich Robotik generell, nur die Funktionsweise von Robotik betreffend, gab es eine große Anzahl an Literatur auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region;

Hinsichtlich Robotik, speziell den Baubereich / Baubetrieb und RFID betreffend, gab es nur eine geringe Anzahl an Literatur auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region;

Nennenswert sind nachfolgende Werke sowie Firmen

- W. Günthner et al., Digitale Baustelle, 2011, 1. Auflage, Springer Verlag

Roboterfirmen

Japan: Fanuc, Yaskawa, Mitsubishi, Denso, Epson, Omron, Toyota, Honda

Schweiz: ABB, Stäubli / Deutschland/China: KUKA / Dänemark: Universal Robots

USA: Boston Dynamics (Roboterhund Spot, Humanoidroboter Atlas), Logistikroboter, DARPA

Drohnenfirmen

China: DJI (Matrice600Pro FPV, Mavic2 Enterprise, Phantom4 RTK),

Yuneec (Typhoon Q-500) / USA: Autel Robotics

Schweden: UMS / Österreich: Diamond Aircraft, Schiebel / Deutschland: EMT

Italien: Leonardo / Frankreich: Parrot

## 2.2. Plattformen – Studien – Forschungsprojekte hinsichtlich RFID

Bezüglich Plattformen – Studien – Forschungsprojekten im Bereich RFID lässt sich auf internationaler Ebene außerhalb Europas, z.B. in den USA und Kanada sowie Japan, eine Vielzahl an Aktivitäten erkennen.

Auf europäischer Ebene mit Blick auf die DACH-Region ist eine geringere Aktivität festzustellen. Trotz allem kann hervorgehoben werden, dass hierbei Deutschland vor der Schweiz und Österreich das Ranking anführt.

Nennenswert sind auf internationaler Ebene außerhalb Europas folgende Projekte:

- FIATECH Plattform
  - o Smart Chips-Projekt, 2003, USA
- Studie Construction Management tools using 3D-CAD, VR, RFID and Photography Technologies, 2006, Waseda University, Japan
- Projekt RFID-Tagging Technology - bre, im Rahmen des Construction Research Programme des dti, 2007, Großbritannien

auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region:

- Build Up, European Construction Technology Plattform - ECTP
  - o Projekt PROMISE (Product Lifecycle Management and Information Tracking using Smart Embedded Systems), 2003, Europäische Union
- Plattform ARGE RFID im Bau
  - o RFID Intelligente Bauteile, 2006, TU Dresden, Deutschland
  - o Indoornavigation, 2012, TU Darmstadt, Deutschland
  - o RFID Baulogistik, 2009, BU Wuppertal, Deutschland
- Projekt ForBAU, 2007, fml TU München, Deutschland
- Plattform 4.0, Planen.Bauen.Betreiben, Arbeit.Wirtschaft.Export: Thesen der Zukunft

Nach einer umfangreichen Literaturrecherche in Kapitel 2 und gemäß dem Ergebnis der jeweiligen Themenbereiche kann festgehalten werden, dass sowohl international außerhalb Europas als auch auf europäischer Ebene – speziell die DACH-Region betrachtend – eine Vielzahl an Unterlagen bzw. Fachschriften vorliegen, sofern es sich um RFID-Begrifflichkeiten handelt. Diese sind jedoch mäßig gut verwendbar, da nur Teilbereiche aus diesen Quellen für die Dissertation relevant sind.

Bzgl. Begriffen in Kombination mit RFID ist festzustellen, dass es nur wenige Dokumente bzw. Unterlagen gibt, und – sofern vorhanden – diese liegen nur als Insellösungen vor.

International ebenso wie auf europäischer Ebene gibt es bereits eine Vielzahl an Zusammenschlüssen von Universitäten mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten zu Projekten, Studien und Plattformen für RFID am Bau. Deutschland nimmt dabei eine wichtige Rolle ein.

Weitere Informationen dazu sind in der ausführlichen Conclusio in Kapitel 6 vorzufinden.

## 3. Grundlagen

In Kapitel 3 Grundlagen wird zu Beginn das Thema Digitalisierung im Allgemeinen sowie die Digitalisierung am Bau und die dortigen Entwicklungspotentiale behandelt. Daraufhin folgt der Bereich Digitalisierung mit Schwerpunktlegung auf die Wertschöpfungskette bzw. den Lebenszyklus eines Bauobjekts sowie die Erklärung des bis dato vorliegenden digitalen Schnittstellenproblems auf allen Ebenen im Lebenszyklus. Mit der Suche nach einer technischen Lösung soll dieses durch Auto-ID-Techniken minimiert bzw. eliminiert werden.

Anschließend werden die verschiedenen Auto-ID-Systeme vorgestellt, ausführlich beschrieben und mittels Vergleich gegenübergestellt.

Aufbauend darauf folgt die detaillierte Darlegung – eine Erklärung der RFID-Technologie inkl. Aufzählung von Unterscheidungsmerkmalen, Nutzen im Lebenszyklus, mögliche Anwendung in diversen Bereichen bzw. Branchen – sowie die Nennung von Chancen und Risiken bezüglich RFID. Diese Technologie bildet vorbereitend die Basis für das später folgende RFID-Raumbuch und weitere damit verwandte Themen.

### 3.1. Digitalisierung

#### 3.1.1. Digitalisierung Allgemein

Digitalisierung ist ein Begriff, der die Gesellschaft des 21. Jahrhundert prägt und unser aller Leben – sei es in der Arbeit wie auch in der Freizeit – sehr beeinflusst. Dies wird sich in naher Zukunft noch intensivieren und dadurch gewollt oder ungewollt zu gesellschaftlichen sowie technologischen Veränderungen führen.

Was hinter diesem einflussreichen Begriff steckt, wird nachfolgend versucht, in einer prägnanten Erklärung des Begriffs „Digitalisierung“ und seiner nahen Themenfelder sowie der damit zusammenhängenden historischen Entwicklung darzulegen.

##### 3.1.1.1. Begriffsdefinition

Es gibt hierzu viele unterschiedliche Definitionen / Ansätze in Lexika, Büchern, Zeitschriften und im Internet, festgelegt von unterschiedlichen Institutionen; unter dem Strich betrachtet haben alle einen sehr ähnlichen Output.

Nach Meinung des Autors sind nachfolgende Definitionen zutreffend.

##### 3.1.1.1.1. Digitalisierung

Laut Online-Lexikon Enzyklopädie der Wirtschaftsinformatik bedeutet Digitalisierung<sup>8</sup>

*„die Überführung von Informationen von einer analogen in eine digitale Speicherform. Das zur Überführung in die digitale Speicherung [...] verwendete Gerät wird als Digitizer bezeichnet.“*

---

<sup>8</sup> <https://wi-lex.de/index.php/lexikon/technologische-und-methodische-grundlagen/informatik-grundlagen/digitalisierung/>, aufgerufen am 09.04.21

*net. Ein Digitizer umfasst sowohl einen Sensor zur Erfassung analoger Größen als auch eine Software, die diese Größen in ein digitales [...] Format überführt.“*

Laut Elektronik Kompendium bedeutet Digitalisierung <sup>9</sup>

*„[...] die Umwandlung von zuvor analogen Informationen in digitale Formate. Schriftstücke, Baupläne, Objektmodelle, Briefe, Fotos oder Filme – all diese Dinge müssen heute nicht zwingend in realer, physischer Form vorhanden sein, sondern werden durch Verwendung von Computern, Smartphones oder Tablets digital gespeichert und bei vorhandener Internet-Verbindung untereinander geteilt.“*

Laut Wikipedia bedeutet Digitalisierung <sup>10</sup>

*„[...] die Umwandlung von analogen [...] Werten in Formate, welche sich zu einer Verarbeitung oder Speicherung in digitaltechnischen Systemen eignen. Die Information wird hierbei in ein digitales Signal umgewandelt, das nur aus diskreten Werten besteht.“*

In der Wissenschaft stellt die Digitalisierung im Sinne der Veränderung von Prozessen und Abläufen aufgrund des Einsatzes digitaler Technik ein Querschnittsthema in vielen Wissenschaftsdisziplinen dar.

### **3.1.1.1.2. Digitale Revolution**

Laut der Hochschule Luzern bedeutet digitale Revolution <sup>11</sup>

*„[...] dass immer mehr Aspekte unserer Lebens- und Arbeitswelt irgendwo als Daten abgelegt sind; oder dass immer mehr Dinge mit Sensoren ausgestattet sind, die ihnen erlauben, ihre Umwelt wahrzunehmen und darauf zu reagieren; oder dass Dinge immer häufiger direkt mit anderen Dingen kommunizieren.*

*Dadurch bilden sich Netzwerke, an denen Menschen gar nicht mehr beteiligt sind. Die Industrie 4.0 nutzt alle diese Effekte, um Produktionsprozesse zu automatisieren.“*

Laut Wikipedia bedeutet digitale Revolution <sup>12</sup>

*„[...] den durch Digitaltechnik und Computer ausgelösten Umbruch, der seit Ausgang des 20. Jahrhunderts in vielen Ländern einen Wandel nahezu aller Lebensbereiche bewirkt und zu einem digital vernetzten Lebensstil führt – ähnlich wie die Industrielle Revolution 200 Jahre zuvor in die Industriegesellschaft führte.“*

---

<sup>9</sup> <https://www.elektronik-kompendium.de/sites/com/2510281.htm>, aufgerufen am 18.06.21

<sup>10</sup> <https://de.wikipedia.org/wiki/Digitalisierung>, aufgerufen am 27.06.21

<sup>11</sup> <https://hub.hslu.ch/ikm/2017/01/31/digitale-revolution-was-bedeutet-das/>, aufgerufen am 18.06.21

<sup>12</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Digitale\\_Revolution](https://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Revolution), aufgerufen am 18.05.21

## Entwicklung<sup>13</sup>

### 1. Industrielle Revolution / Industrie 1.0

Um ca. 1800; „[...] *Massenproduktion durch Maschinen* [...] mittels Wasser- und Dampfkraft angetrieben.“

### 2. Industrielle Revolution / Industrie 2.0

Ende 1900 / Anfang 20. Jhd.; *Elektrizität als Antriebskraft; Automobilbau in Produktionshallen am Fließband und mit Akkordarbeit (Automatisierung); Verkehr in der Luft, an Wasser und an Land möglich.*

### 3. Industrielle Revolution / Industrie 3.0

Ab 1970 „[...] *Automatisierung und Vernetzung durch Elektronik und IT* [...] *Personal-Computer für Büro und Haushalt*“ sowie Industrieanwendung.

### 4. Industrielle Revolution / Industrie 4.0

Ab ca. 2012 Einsatz moderner Technologien in Produktion, Digitalisierung analoger Techniken im Industrie-, Produktions- und Arbeitsbereich sowie Einführung von neuen Informations- und Kommunikationstechniken. *„Damit wird nicht nur die industrielle Entwicklung weiterer Technologien beschrieben, wie schon in den vergangenen zwei Jahrhunderten, sondern auch die geänderte Produktionsprozesse und Arbeitswelt im globalen Zeitalter.“*

### **3.1.1.1.3. Digitale Transformation**

Laut Technikum Wien - Master Lehrgang Digital Business bedeutet digitale Transformation<sup>14</sup> den *„Wandel der Unternehmenswelt durch neue Internet Technologien mit Auswirkungen auf die gesamte Gesellschaft. Dabei werden zwecks Performancesteigerung digitale Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt, indem Unternehmensprozesse, Kundenerlebnisse und Geschäftsmodelle transformiert bzw. weiterentwickelt werden.“*

Laut more-than-digital bedeutet digitale Transformation<sup>15</sup>

*„zwar auch“ die Betrachtung der „Geschäftsbereiche und deren Prozesse, jedoch geht das Verständnis wesentlich weiter als diese einfach auf die neuen digitalen Technologien anzupassen. So werden in der digitalen Transformation Lösungen gesucht oder auch Probleme neu aufgerollt, die mit Hilfe von Technologie gelöst werden. So wird das Papier nicht einfach digitalisiert und dann verarbeitet, sondern es wird z.B. überlegt, ob man den Prozess noch braucht oder ob dieser nicht mit Hilfe einer neuen Technologie vereinfacht werden kann.*

*Digitale Transformation ist also nichts anderes als das Lösen von Problemen mit den bestmöglichen (neuen) technischen Mitteln. Dies spielt zu einem gewissen Teil auch Themen wie „Agile“, „Design Thinking“, „Brainstorming“ und anderen neuen Arbeitsweisen zu, da diese gebraucht werden, um die Probleme differenziert zu betrachten. Sobald man ein Verständnis*

<sup>13</sup> <https://industrie-wegweiser.de/von-industrie-1-0-bis-4-0-industrie>, aufgerufen am 20.11.20

<sup>14</sup> <https://academy.technikum-wien.at/ratgeber/digitale-transformation>, aufgerufen am 16.05.21

<sup>15</sup> <https://morethandigital.info/digitalisierung-vs-digitale-transformation>, aufgerufen am 21.02.21

*für diese Themen hat, kann man diese auch mit technischen Mittel lösen und neue Technologien nutzen.*

*Wichtig ist hier zu verstehen, dass Digitale Transformation nie von der Technik ausgelöst wird, es geht immer darum ein Problem zu lösen oder einen neuen Ansatz für die Kunden bereitzustellen. Die kundenzentrierte Lösung ist immer der Start der digitalen Transformation – Nicht die Technologie.“*

Laut Wikipedia bedeutet digitale Transformation <sup>16</sup>

*„[...] einen fortlaufenden, tiefgreifenden Veränderungsprozess in Wirtschaft und Gesellschaft, der durch die Entstehung immer leistungsfähigerer digitaler Techniken und Technologien ausgelöst worden ist. [...] Basis der Digitalen Transformation sind eine digitale Infrastruktur sowie die – traditionell als Informationstechnik bezeichneten – digitalen Technologien, die von einer gewissen Innovationsfreudigkeit geprägt sind und somit den Weg für wieder neue digitale Technologien ebnen.*

*Zu den wesentlichen Treibern der digitalen Transformation gehören die*

- *Digitalen Infrastrukturen (Netze, Computer-Hardware)*
- *Anwendungen (Apps, Smartphones, Tablets, Internet) sowie*
- *auf den digitalen Technologien basierende Verwertungspotentiale (sprich, digitale Geschäftsmodelle)“*

Diese digitalen Geschäftsmodelle, z.B.

- E-Commerce (Onlinehandel wie Amazon, eBay usw.),
- Plattformbildung (Verknüpfung und Zusammenschluss von Unternehmen),
- Free / Freemium (Produkte – Services werden als Basisversion kostenlos, als Upgradeversion mittels Abo und z.B. monatlichem Entgelt zur Verfügung gestellt)
- Open Source (Mitwirkung an Softwareentwicklung)
- Daten (Datensammlung für Werbung u Co)
- IKT als Informations- und Kommunikationstechnologie (Cloudcomputing, Datenbanken, Smartphone und Tablet Nutzung)

können allein oder in Kombination miteinander auftreten.

### **3.1.2. Digitalisierung am Bau**

Die digitale Transformation, die speziell die Bauwirtschaft / den Bau und damit engverbunden den Bereich der Planung betrifft, erfordert ein erhebliches Überdenken der bis dato vorhandenen, gelebten traditionellen Geschäftsmodelle / Prozesse und birgt großes Entwicklungspotential, siehe nachfolgende Pkt.

Aktuell befindet man sich schon inmitten der vierten industriellen Revolution / Industrie 4.0. Es muss daher mit erheblicher Anstrengung und allen zur Verfügung stehenden Mitteln dafür

---

<sup>16</sup> [https://de.wikipedia.org/wiki/Digitale\\_Transformation](https://de.wikipedia.org/wiki/Digitale_Transformation), aufgerufen am 18.05.20

gesorgt werden, dass man den Aufsprung auf den immer schneller werdenden Digitalisierungszug am Bau - lt. Vorgaben der Digital Roadmap Austria - schlussendlich vollzieht.

*Fakt ist nämlich, dass bei einem österreichischem Bruttoinlandsprodukt von 375,6 Milliarden € im Jahr 2020 das Bauwesen mit ca. 40,175 Milliarden € Anteil (entspricht 10,6 % des BIP) sowie ca. 197.000 Beschäftigten<sup>17</sup> maßgeblicher Garant zum Wohlstand ist und damit zusammenhängend eine große wirtschaftliche sowie soziale Verantwortung innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette einnimmt.*

### 3.1.2.1. Entwicklungspotential am Bau im Sinne der Digitalisierung

Bedeutende Entwicklungspotentiale sind hinsichtlich

- Einsatz von neuen Technologien (3D- bzw. BIM-Planung – Check Modell vs. Realität, Variantenstudien live einsehbar, Kollisionsplanung der Gewerke direkt am Modell, Cloudcomputing, 3D-Druck, VR und AR, Big Data, IoT),
- Standardisierung bzgl. Datenaustausch der Planungen/Ausführungen zwischen Projektbeteiligten (z.B. IFC buildingSMART),
- Einsatz von Auto-ID-Systemen (z.B. RFID) zur kontaktlosen digitalen Vernetzung von Maschinen, Material, Personen und Daten,
- Optimierung der Baulogistik - Forcierung von Just-In-Time Lieferung durch RFID,
- Erhöhung des Vorfertigungsgrades (Halb-Vollfertigteile Holz, STB, Stahl, Fassaden, Fenster, Ausbaugewerke),
- Einsatz von Robotik am Bau (Drohnen, Robohunde, Exoskelette),
- Prozessoptimierung sowie Automatisierung von Standardprozessen (z.B. Datenmanagement, Dokumentation, Aufmaß und Abrechnung (damit zusammenhängendes Freispielen des Personals für andere Tätigkeiten),
- Controlling (Q-T-K) über die Wertschöpfungskette im Sinne des Lebenszyklus,
- Ausbau und Intensivierung der digitalen Informations- und Kommunikationssysteme (IKT), Nutzung von Projektplattformen sowie Datenbanksystemen, virtuelle Projekt-räume, Dokumentenmanagementsystem DMS oder Produktdatenmanagementsystem PDM,
- Schaffung von neuen Arbeitsplätzen,
- Effizienz- und Produktivitätssteigerung sowie Zeit- und Kostenersparnis

gegeben.

---

<sup>17</sup> vgl. <https://wko.at/statistik/jahrbuch/bau-produktion-2020.pdf>, aufgerufen am 15.04.21

### 3.1.3. Digitalisierung über die Wertschöpfungskette / den Lebenszyklus

Wenn man über die Wertschöpfungskette spricht, so ist nicht nur eine Phase des Lebenszyklus einschließlich dazugehöriger Prozesse wie z.B. die des Baus im Sinne der „Digitalen Baustelle“ zu betrachten. Vielmehr erstreckt sich die Wertschöpfungskette über alle Phasen des Lebenszyklus, bestehend aus

**PE & Planung,  
Objekterrichtung – Bauen,  
Objektnutzung – Betreiben & Abriss**

des Bauobjekts, und ist deshalb gesamtheitlich zu sehen.

Lt. unten angeführter Grafik stellt das „BIM-Modell als zentrales Datenmodell“ den Dreh- und Angelpunkt im „Digitalen Bauprojekt“<sup>18</sup> dar. Der Begriff des „Digitalen Bauprojekts“ gilt als Synonym für die Lebenszyklusbetrachtung.



Abb. 003: Digitales Bauprojekt: Planen, Bauen, Betreiben, S. 398

<sup>18</sup> bmvit, Studie Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen, S. 37

Der Autor hat die Grafik dahingehend modifiziert (siehe rot markierte Bereiche und Pfeile), geht einen Schritt weiter und fixiert aufgrund seiner langjährigen Erfahrungen in der Planung und dem Bau folgendes:

Weitere Prozesse (von außerhalb der zentralen Schnittmenge), z.B.

- Digitales Datenmanagement,
- Controlling (SOLL-IST-Vergleich),
- Tracking von Bauteilen (z.B. RFID) in der Phase Bauen, aber auch
- Dokumentation in der Phase Bauen-Betreiben und
- Lebenszyklusbetrachtung (6D) in der Phase Planen-Bauen-Betreiben

rücken ins Zentrum und teilen sich gemeinsam mit BIM, im Sinne einer 3D-Modellierung / Hinterlegung von Zusatzinformationen am Bauteil mittels Attributen sowie Abbildung von Zeit (4D) und Kosten (5D) sowie Lebenszykluskosten (6D) und Betriebsdaten (7D) diesen zentralen Platz.

Das Digitale Datenmanagement in Form von Cloud-Computing und hier noch nicht erwähnte bzw. noch nicht abgebildete Prozesse, wie

- Virtuelle Projekträume,
- Dokumentenmanagementsysteme (DMS),
- Produktdatenmanagementsysteme (PDM),
- sowie neue Informations- und Kommunikationstechniken und -plattformen (IKT),

stehen für ihn bedeutungsmäßig sogar über diesen Prozessketten.

Aufgrund der kreisförmigen Darstellung sind aus dieser Grafik sehr wohl Schnittmengen und Tangierungsprozesse der einzelnen Elemente erkennbar; jedoch sind evtl. Schnittstellen samt daraus resultierender Probleme bzgl. möglicher Informations- und Datenverluste zwischen der virtuellen Datenebene (CAD, BIM, IKT, Dokumente) am Planungsmodell und der realen Gebäudeebene (Gebäude, Raum, Bauteil) vor Ort auf der Baustelle sowie im Phasenmodell des Lebenszyklus nicht ersichtlich.

Durch das Faible des Autors zum Projektmanagement über den Lebenszyklus, den dazu gehörigen Kernaufgaben der Leistungs- (Quantität, Qualität), Termin- und Kostenkontrolle sowie der Steuerung dieser Prozesse, mit denen er sich während des Studiums intensiv auseinandersetzte und die er zudem in seinen Praxistätigkeiten als Projektleiter in der Planung und Ausführung vertiefen durfte, kennt er diese Problematik bereits seit längerem.

Aus einem Workshop an der TU Wien, der im Jahr 2009 durchgeführt wurde, stammt die nachfolgende, von ihm angefertigte Skizze - Grafik, die bereits zu damaliger Zeit exakt diese Thematik bzgl. Informations- und Datenverlust aufgrund des vorherrschenden

digitalen Schnittstellenproblems

zwischen allen Phasen mit unterschiedlicher Dauer sowie Ebenen (mittels horizontalen sowie vertikalen Blitzen dargestellt) aufzeigt.

### 3. Grundlagen

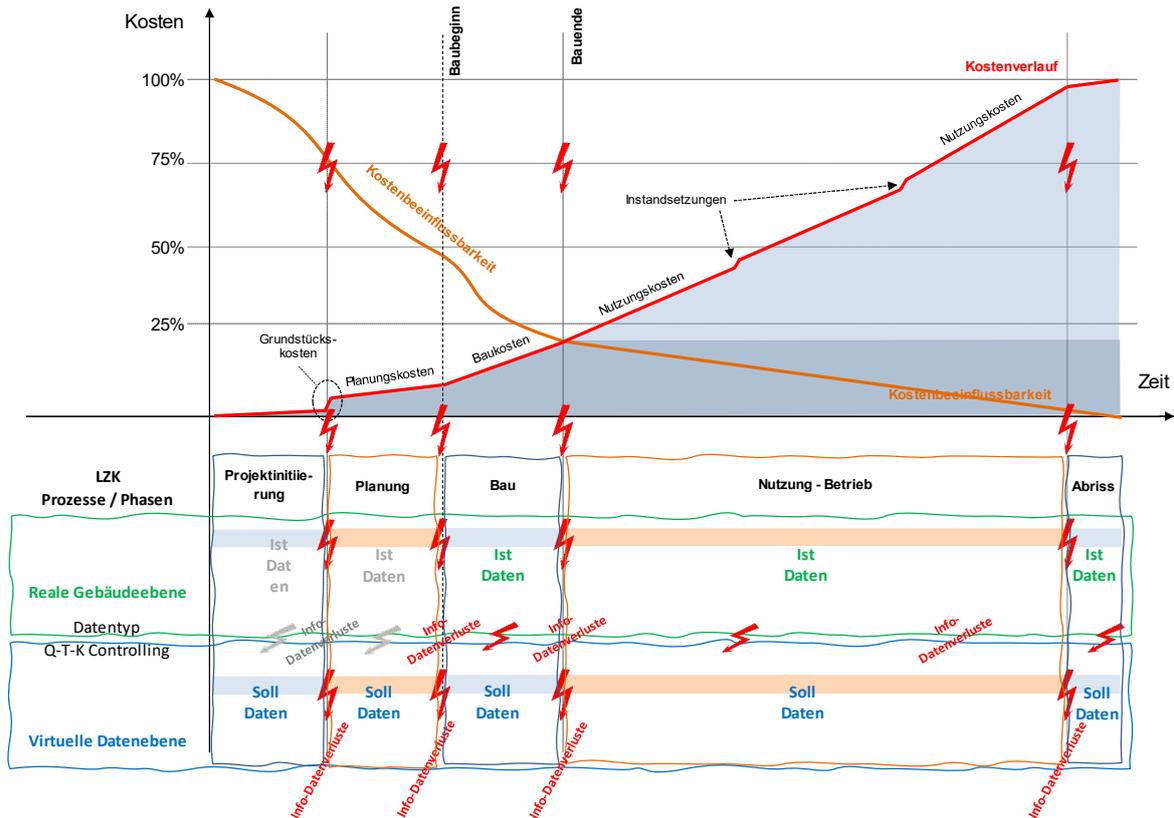


Abb. 004: Phasen d. Lebenszyklus: Info- u. Datenverluste aufgrund von digitalem Schnittstellenproblem, S. 398

Im Zuge der hier aktuell ausgeführten Dissertation hat sich der Autor erneut mit dieser Thematik befasst.

Da er für den Hochbau ein digitales RFID-Raumbuch als Prototyp mit Trackingfunktion in der Phase Bau entwickelt, setzt dies gewissermaßen voraus, dass Prozesse des gesamten Lebenszyklus der Immobilie involviert und, wenn notwendig, berücksichtigt werden.

Dies bedeutet nun folgendes:

Alle relevante Daten, Strukturen und Informationen der aktuellen Phase Bau sowie der vorgelagerten Phase Planung und der nachfolgenden Phasen Betrieb und Abriss müssen auf virtueller Datenebene (CAD, BIM, IKT, Protokolle, Dokumente) am Planungsmodell und auf der realen Gebäudeebene (Gebäude, Raum, Bauteil) vor Ort auf der Baustelle via Cloud-computing, in Datenbanken, in virtuellen Projekträumen, mittels Dokumentenmanagementsystemen (DMS) oder mit Produktdatenmanagementsystemen (PDM) ständig und überall für alle Projektbeteiligten (selbstverständlich mit Admin- und Zugriffsrechten gesichert) bestmöglich

in digitaler Form verfügbar vorliegen.

Leider muss man in der Praxis mit Bedauern feststellen, dass das Datenmanagement- und digitale Schnittstellenproblem sowie die damit zusammenhängenden Info- und Datenverluste auf allen Ebenen immer noch aktuell sind.

Die Arbeitsweise, im heutigen digitalen Zeitalter Daten (z.B. Pläne, Details, Protokolle, Materialdaten, Lieferscheine, Rechnungen) unvernetzt und größtenteils analog anstatt digital auszutauschen, nicht über Projektplattformen sowie digitale Informations- und Kommuni-

kationsmittel zu kommunizieren und kein 3D- oder BIM-Modell als Planungs- und Ausführungsgrundlage zur Verfügung zu haben, an dem alle im Team gemeinsam arbeiten, ist auf keiner Ebene mehr tragbar; technische Lösungen und Ansätze gibt es sehr wohl. Insofern kann Effizienz, Zeit und Kostenersparnis nur mehr auf digitalem Wege, z.B. durch präzise Planung, erreicht werden und unter dem Aspekt der (sinnvollen) Vernetzung erfolgen.

Auch die TU Dresden hat sich mit diesem Thema – siehe nachfolgende Grafik „Klassisches Datenflussmodell“<sup>19</sup> – im Zug der Entwicklung intelligenter Bauteile im Jahr 2011 auseinandergesetzt.

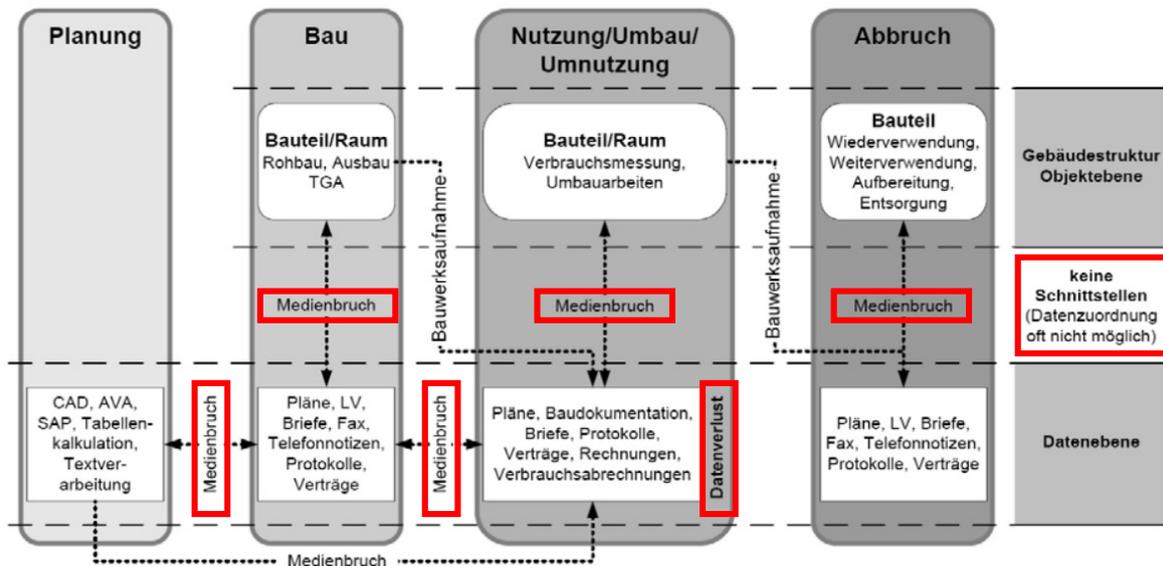


Abb. 005: Klassisches Datenflussmodell d. Lebenszyklus ohne RFID mit Informations- u. Datenverlusten sowie Medienbrüchen, S. 398

An der TU Dresden werden die Schnittstellen zwischen der virtuellen Datenebene (CAD, BIM, IKT, Dokumente) am Planungsmodell und der realen Gebäudeebene (Gebäude, Raum, Bauteil) vor Ort auf der Baustelle sowie im Phasenmodell des Lebenszyklus im Unterschied zum Autor nicht als Informations- Datenverluste, sondern als Medienbrüche betitelt.

Wie schafft man es also zukünftig, dieses digitale Schnittstellenproblem und den damit einhergehenden Informations- und Datenverlust bzw. Medienbruch zwischen virtueller Datenebene und realer Gebäudeebene sowie im Phasenmodell des Lebenszyklus bestmöglich zu minimieren bzw. im „Best Case“ komplett zu vermeiden?

Eine Idee zur möglichen Lösung des Sachverhalts liegt in der Anwendung eines  
**Auto-ID-Systems, namens  
 RFID (Radio Frequency Identification)**

Der Autor betrachtet daher in den nachfolgenden Abschnitten die Auto-ID-Systeme inkl. RFID gesamtheitlich und prüft die oben angeführte These bzw. den Sachverhalt.

<sup>19</sup> P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 31

## 3.2. Auto-ID-Systeme im Überblick

### 3.2.1. Begriffsdefinition Auto-ID <sup>20</sup>

„Der Begriff Auto-ID (automatische Identifizierung und Datenerfassung) steht für Techniken, die zur technikunterstützten Identifizierung, Erhebung, Erfassung und Übertragung von Daten dienen.“

Wichtig dabei ist: Die Daten müssen (dezentral oder zentral) speicherbar sein.

Diese Techniken werden bereits größtenteils – bis auf ein paar Ausnahmen – in vielen Bereichen des täglichen Lebens sowie in sämtlichen Wirtschaftsbranchen unterstützend eingesetzt und von den Menschen – bewusst oder unbewusst – genutzt.

In folgender Grafik sind die wichtigsten Auto-ID-Systeme im Überblick angeführt.

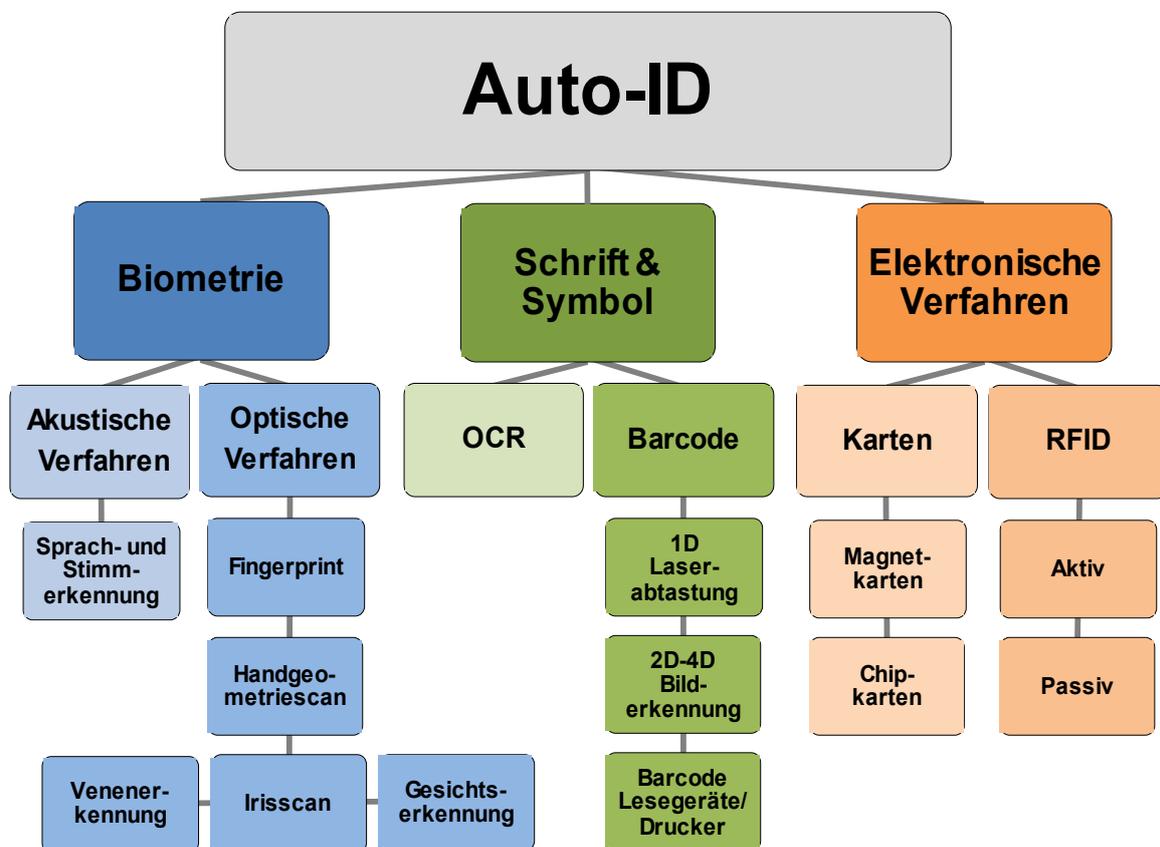


Abb. 006: Auto-ID-Systeme, S. 398

Im Bereich der Auto-ID-Systeme und seiner Detailbereiche herrscht ständiger Forschungsbedarf, um Weiterentwicklungen zu ermöglichen.

Diese Dissertation kann und soll hierzu als Basis-Leitfaden z.B. für zukünftige Bachelor- und Diplomarbeiten, für sonstige wissenschaftliche Arbeiten sowie als Anlaufstelle für Studierende dienen, die Interesse haben, sich in diesem Themenbereich zu vertiefen.

<sup>20</sup> M. Helmus et al. RFID in der Baulogistik, 2009, S. 199

### 3.2.2. Biometrie <sup>21</sup>

*Biometrische Verfahren beinhalten Merkmale, die eng mit einem Lebewesen / einer Person verknüpft sind. Das bedeutet, dass gewisse Körpereigenschaften (Fingerabdruck, Iriserkennung, Handgeometrie usw.) oder Verhaltenseigenschaften (Stimme, Handschrift, Gang usw.) – die unverwechselbar und einzigartig sind – zur Identifizierung herangezogen werden.*

Die biometrischen Verfahren werden in akustische und optische Verfahren gegliedert.

#### 3.2.2.1. Akustische Verfahren

Die Gruppe der akustischen Verfahren beinhaltet die Sprach- und Stimmerkennung.

##### 3.2.2.1.1. Sprach- und Stimmerkennung <sup>22</sup>

*Der Benutzer spricht in ein Mikrofon, das mit einem Computer verbunden ist. Im PC werden die Worte über eine Spezialsoftware in digitale Signale umgewandelt und von einer Identifizierungssoftware ausgewertet.*

*Um einen Vergleich anzustellen, ist es wichtig, dass vorab ein Referenzmuster (= Registrierung) vorliegt, mit dem das Gesprochene verglichen (= gematcht) werden kann und dann eine Aktion, z.B. Tür oder Safe öffnen, ausgelöst wird.*



Abb. 007: Sprach- und Stimmerkennung, S. 398

#### 3.2.2.2. Optische Verfahren

Bei den optischen Verfahren gibt es mehrere Methoden, z.B. den Fingerprint, den Handgeometriescan, die Venen- und Iriserkennung sowie die Gesichtserkennung.

##### 3.2.2.2.1. Fingerprint <sup>23</sup>

*Bei diesem Verfahren werden von den Fingerkuppen die Papillaren und Hautleisten verglichen. Die Finger können mittels optischem oder kapazitivem Scanner gescannt werden. Der optische Scanner besteht aus Kamera und Prismenoptik. Der Scan kann mittels Infrarot oder sichtbarem Licht durchgeführt werden. Die Vorteile des optischen Scanners sind die*

---

<sup>21</sup> vgl. K. Finkenzyler, RFID-Handbuch, 2015, S. 5

<sup>22</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 204

<sup>23</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 201

hohe Bildauflösung sowie Unempfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen und elektrostatischer Aufladung. Beim kapazitiven Scanner entsteht ein kapazitives Ladungsbild des Fingerabdrucks.



Abb. 008: Fingerprint, S. 398

### 3.2.2.2.2. Handgeometriescan <sup>24</sup>

Der Handgeometriescan ist eine Erweiterung des Fingerprint. „Hier werden optische Systeme genutzt, um relevante geometrische Merkmale der Topographie der Hand abzubilden.“



Abb. 009: Handgeometriescanner, S. 398

### 3.2.2.2.3. Venenscanner <sup>25</sup>

Venenscanner machen sich die Absorptionseigenschaften des roten Blutfarbstoffes zu Nutze.

Wird eine Hand oder ein Finger mit Licht im Infrarotbereich bestrahlt, so wird das Licht vom Hämoglobin absorbiert, während es vom restlichen Gewebe stark reflektiert wird. Der Scanner nimmt die unterschiedlichen Lichtreflektionen durch eine Kamera auf und wertet die Venen, die dunkel abgebildet werden, aus.



Abb. 010: Venenscanner, S. 398

<sup>24</sup> M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 202

<sup>25</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 203

#### 3.2.2.2.4. Irisscan <sup>26</sup>

„Beim Irisscan wird die Struktur der Augennetzhaut mit einem für das Auge ungefährlichen Laserstrahl abgetastet und mit einer zuvor gespeicherten Vorlage abgeglichen.“ Dies kann mit mobilen Handscannern oder fix verorteten Scannern geschehen.



Abb. 011: Irisscan, S. 398

#### 3.2.2.2.5. Gesichtserkennung <sup>27</sup>

Bei der Gesichtserkennung werden mithilfe von Kameras die persönlichen Gesichtsmerkmale erfasst und mit Daten in einer Datenbank abgeglichen.



Abb. 012: Gesichtserkennung, S. 398

### 3.2.3. Schrift und Symbolik

Die auf Schrift- und Symbolik basierenden Verfahren lassen sich in OCR- und Barcode-systeme unterteilen.

#### 3.2.3.1. OCR <sup>28</sup>

„OCR ist die Abkürzung für „Optical Character Recognition“, auf Deutsch „Optische Zeichenerkennung“. Sie beinhaltet eine Technologie zur automatischen Erfassung von Klarschriften mittels optischer Erfassungsgeräte.“

Ein Vorteil ist die Lesbarkeit der Schrift durch den Menschen, die z.B. die Kontrollierbarkeit der Maschine ermöglicht und im Notfall den Menschen die Maschine ersetzen lässt. <sup>29</sup>

<sup>26</sup> M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 204

<sup>27</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 204

<sup>28</sup> D. Schmidt, RFID im Mobile Supply Chain Event Management, 2006, S. 29

<sup>29</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 4

Diese Technik ist seit den 1960er Jahren im Einsatz und findet im Bankensektor bei der Registrierung von Schecks und von Kreditkarten Anwendung, ebenso in der Produktion sowie im Dienstleistungs- und Verwaltungsbereich.



Abb. 013: OCR-Scanner, S. 398

OCR-Systeme werden heutzutage auch dazu verwendet, um Scans aus Bildern in bearbeitbare Dokumente im Word- oder Excelformat umzuwandeln. So finden diese in Büchereien wie z.B. der TU-Wien, der Hauptbücherei Wien usw. ihren Einsatz.

### 3.2.3.2. Barcode <sup>30</sup>

„Der Barcode (Strichcode) ist ein Binärcode bestehend aus einem Feld von parallel angeordneten Strichen (engl. Bars) und Trennlücken. Diese sind gemäß einem vorbestimmten Bild angeordnet und stellen Elemente von Daten dar, die auf ein zugehöriges Zeichen verweisen.“

Beim einfachen Barcode erfolgt das Auslesen durch optische Laserabtastung. Konkret geschieht dies durch die unterschiedliche Reflexion eines Laserstrahles an den schwarzen Strichen und weißen Lücken; bei den mehrdimensionalen Barcodes erfolgt dies durch Bilderkennung.“

Mit dem Barcode können Objekte sowohl identifiziert als auch authentifiziert werden. Die Barcodes sind meistens in Etikettenform an den auszulesenden Objekten angebracht. Alternativ können sie auch direkt auf das Produkt aufgedruckt werden; aus kostentech- nischer Sicht sind sie deshalb sehr günstig.

Es existieren 1D-4D-Barcodesysteme.

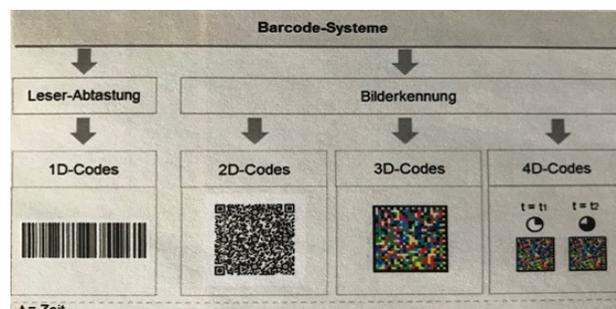


Abb. 014: 1D-4D-Barcodes, S. 398

Dieses Auto-ID-System hat sich gegenüber anderen Auto-ID-Systemen stark durchgesetzt.

<sup>30</sup> K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 2

### 3.2.3.2.1. 1D-Barcode (Laser-Abtastung)

#### 1D-Barcode <sup>31</sup>

„Dieser Barcode – auch als EAN-Code bekannt – ist ein numerischer Code, der Ziffern von 0 bis 9 darstellen kann, mit einer 8- bzw. 13-stelligen Nummernfolge.“

Der Barcode baut auf dem UPC (Universal Product Code) aus den 1970er Jahren auf, der dann zum EAN-Code (früher: European Article Number Code; heute: International Article Number Code) weiterentwickelt wurde (EAN 128 Standard für z.B. Etiketten) und der am häufigsten eingesetzte Barcode ist. Der EAN-Code ist international standardisiert.“

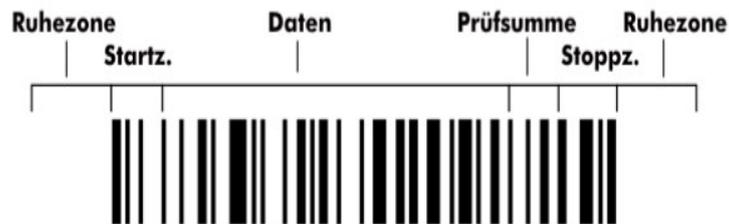


Abb. 015: 1D-Barcode, S. 398

### 3.2.3.2.2. 2D- bis 4D-Barcodes (Bildererkennung)

#### 2D-Barcode <sup>32</sup>

„Die 2D-Barcodetype wurde in den 1980er Jahren aus den 1D-Codierungen entwickelt und weist durch eine zweite Dimension (Lesen des Codes von links nach rechts und zusätzlich von oben nach unten möglich) die Möglichkeit auf, eine höhere Dichte an Daten pro Flächeneinheit zu speichern.“

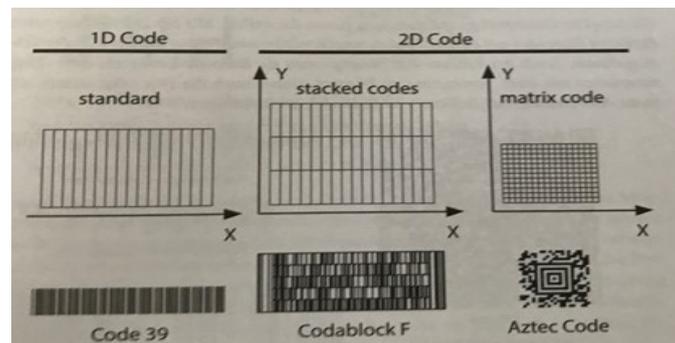


Abb. 016: 2D-Barcode, S. 398

Man unterscheidet bei den 2D-Codes zwischen Stapel-Codes und Matrix-Codes.

#### Stapel-Codes <sup>33</sup>

Dies sind herkömmliche Barcodes, die übereinander liegen, wenn die Codelänge eines nor-

<sup>31</sup> M. Helmus et al., RFID in der Baulogistik, 2009; S. 206

<sup>32</sup> K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 3

<sup>33</sup> vgl. Info – Auskunft TAGnology, 2021

malen Barcodes zu lang wird. Somit wird durch Platzsparen eine hohe Datendichte erreicht. Einer der bekanntesten Stapelcodes ist das Portable Data File 417 (PDF). Dieses wird hauptsächlich im Logistikbereich angewendet.



Abb. 017: Stapel-Code, S. 398

### Matrix-Codes <sup>34</sup>

Die Infos sind sehr kompakt auf einer rechteckigen oder auch quadratischen Fläche in einem Muster, bestehend aus schwarzen bzw. weißen Punkten, codiert. Der Code besteht aus informationshaltigen und redundanten Daten.

Zu dieser Gruppe gehört der sehr bekannte Data-Matrix-Code (markantes Kennzeichen: die L-förmige Umrandung in schwarz und weiß), der für Produktmarkierungen von Kleinteilen eingesetzt wird.

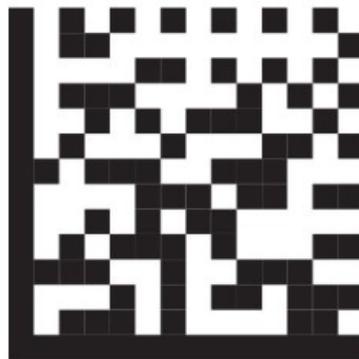


Abb. 018: Matrix-Code, S. 399

Auch der QR-Code (Quick-Response-Code) ist ein quadratischer Matrix-Code und unterscheidet sich vom Data-Matrix-Code durch drei Eckmarkierungen in Form von ineinander geschachtelten Quadraten, die als Suchelemente für das Lesegerät dienen.

Er wurde im Jahr 1994 entwickelt, um Komponenten im Automobilsektor im Bereich der Logistik identifizieren zu können.

Durch die weite Verbreitung von Smartphones ist es möglich, die QR-Codes zu fotografieren und mittels App oder Weiterleitung auf eine Website zu betrachten.

So finden diese auch außerhalb der Produktionslogistik vielseitige Anwendungen, z.B. zum

<sup>34</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 207

Anzeigen von Bordkarten für Flüge, auf Plakaten und Postern sowie Visitenkarten, die Text enthalten oder auf eine Website verweisen.



Abb. 019: QR-Code, S. 399

### 3D-Barcode <sup>35</sup>

*Bei der 3D-Codierung wird die Informationsdichte im Verhältnis zur 2D-Codierung ein weiteres Mal erhöht, wobei farbige Punkte/Striche zur Anwendung kommen. Wie bei den anderen Systemen ist auch hier eine Fehlererkennung sowie Korrektur möglich.*



Abb. 020: 3D-Barcode, S. 399

### 4D-Barcode (3D + Zeit) <sup>36</sup>

Dieser Barcodetyp wurde im Jahr 2007 an der Bauhaus-Universität Weimar vorgestellt.

*4D-Barcodes bedingen eine Veränderung über die Zeit und benötigen ein Display zur Nutzung. Hier ist ein Ausdruck auf Papier, wie bei den anderen Barcodes, nicht mehr ausreichend. Die Informationsdichte kann hierbei nochmals um ein Vielfaches erhöht werden.*



Abb. 021: 4D-Barcode, S. 399

<sup>35</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 208

<sup>36</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009; S. 208

### 3.2.3.2.3. Barcode-Lesegeräte / Drucker

#### Barcode-Lesegeräte <sup>37 - 38</sup>

*Bei eindimensionalen Barcode-Scannern registriert das Lesegerät das durch den Barcode reflektierte bzw. absorbierte Licht mittels Laserstrahl.*

*Mehrdimensionale Barcode-Scanner haben eine digitale Foto-Kamera integriert. Die im Barcode verschlüsselten Informationen werden mittels Bildauswertung entschlüsselt.*

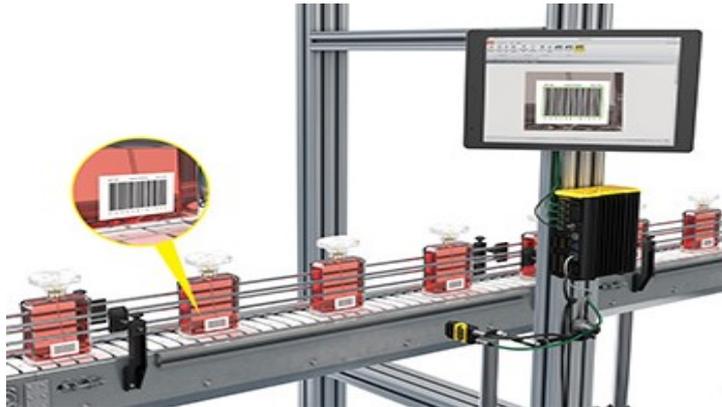


Abb. 022: stationäres Lesegerät - Barcodegate, S. 399

*Die Lesegeräte können einerseits stationär und fix im Produktionsprozess eingebaut sein und erfassen die passierenden Objekte mittels Lichtschranke, die z.B. an einem Gate und durch Fixverkabelung als Datenübertragung zur Datenbank angebracht ist.*

*Andererseits können auch mobile, kabel- oder akkubetriebene Lesegeräte wie z.B. Barcode-Scanner oder Handhelds (mit integrierter Tastatur) zum Einsatz kommen, wenn das Lesen des Material- oder Produktionsflusses nicht automatisiert werden kann.*

Hierbei geschieht die Datenübertragung zur Datenbank z.B. über WLAN oder eine Datenkabelverbindung.



Abb. 023 - 024: mobile Lesegeräte – Barcodescanner / Handheld, S. 399

<sup>37</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009, S. 209

<sup>38</sup> vgl. D. Arnold et al., Handbuch Logistik, 2008, S. 822 f.

### Barcode-Drucker <sup>39</sup>

*Barcodes verschiedener Art können mittels Laser-, Thermo-, Offset oder Tiefdruck auf unterschiedlichen Materialien wie Papier, Folien, Klebeetiketten usw. hergestellt werden oder aber auch gemäß infolge der jüngsten Entwicklung direkt auf das Material aufgedruckt bzw. mittels Laser eingebrannt werden.*



Abb. 025: Barcode-Drucker, S. 399

### 3.2.4. Elektronische Verfahren

Hierzu zählen Kartensysteme, iButton und RFID-Systeme.

#### 3.2.4.1. Karten

Die einzelnen Kartentypen werden nun angeführt und erklärt.

##### 3.2.4.1.1. Magnetkarten <sup>40</sup>

*Magnetkarten wie z.B. Kredit- oder Scheckkarten, aber auch Einwegkarten von Parkgaragen bzw. Telefonkarten sind auf der Rückseite mit Magnetstreifen (3 Spuren; 1.-2. zum Lesen, 3. zum Lesen und Schreiben) ausgestattet, die mittels Durchzugslesegerät ausgelesen und beschrieben werden können.*

*Diese Karten sind bereits seit den 80er Jahren im Einsatz. Sie sind sehr preisgünstig, aber auch manipulationsanfällig.*



Abb. 026: Magnetkarte, S. 399

##### 3.2.4.1.2. Chipkarten <sup>41</sup>

*Als Chipkarte wird ein elektronischen Datenspeicher benannt, der zur besseren Handhabbarkeit in eine Plastikkarte eingebaut ist.*

<sup>39</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Bauleistik, 2009, S. 209

<sup>40</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Bauleistik, 2009, S. 210

<sup>41</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 6 ff.

Die Mikroprozessor-Chipkarte – Smart-Card – beinhaltet neben einem Speicher auch einen Mikroprozessor. Somit verfügt dieser Kartentyp über eine Rechnerstruktur mit Arbeitsspeicher, Betriebssystem und Rechenwerk, die Informationsdichte ist hier um ein Vielfaches höher als beim Barcode. Die Datenübertragung erfolgt über eine serielle Schnittstelle, indem die Chipkarte in ein Lesegerät gesteckt wird, das mit Hilfe von Kontaktfeldern eine galvanische Verbindung zu den Kontaktflächen der Chipkarte herstellt und diese somit mit Energie und Takt versorgt.

Der Vorteil der Chipkarten besteht im Schutz der Daten vor unbefugtem Zugriff mittels PIN oder Passwordeingabe.

Als Nachteil gilt die kurze Lebensdauer der Chips, die durch Abnutzung und Verschmutzungen hervorgerufen wird.

Die Chipkarten können zudem auch als kontaktloses Zahlungsmittel mittels NFC-Technologie auf RFID-Basis eingesetzt werden. Hier muss kein direkter Kontakt zwischen Lesegerät und Karte bestehen. Das Auslesen funktioniert über eine Funk-Luft-Schnittstelle.

Anwendung finden die Mikroprozessor-Chipkarten als EC-Karten (Zahlung mit Kontakt bzw. kontaktlos) oder als SIM-Karten (Normal, Micro, Nano) bei Mobiltelefonen.



Abb. 027: Chipkarte, S. 399

### 3.2.4.2. iButton <sup>42</sup>

Darunter versteht man einen Mikrochip, der in einem Metallgehäuse eingebaut ist.

Die auf dem Chip gespeicherten Daten können mit einem Lesegerät durch Berührung des Chips gelesen und zwischengespeichert werden.

Anwendung findet der iButton im Bereich des elektronischen Schlüssels, der Zeiterfassung, der Identifizierung von Personal bei Kassen-Schankanlagen im Gastrobereich sowie der Fahrkarten- und Warenüberwachung.



Abb. 028: iButton, S. 399

<sup>42</sup> vgl. M. Helmus et al., RFID in der Baulegistik, 2009, S. 212

### 3.2.4.3. RFID Allgemein

Den Abschluss der elektronischen Verfahren bildet RFID (Radio Frequency Identification).

Ein RFID-System setzt sich hier allgemein und kurz ausgedrückt aus den Hauptkomponenten

- einem Transponder,
- einem Reader / Lesegerät sowie

den Nebenkompontenten

- Middleware und IT-Applikation

zusammen.<sup>43</sup>

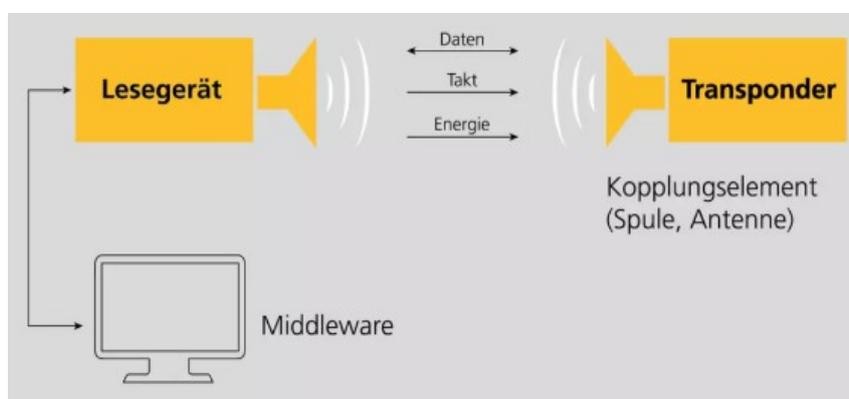


Abb. 029: RFID-Funktionsweise allgemein, S. 399

#### Transponder<sup>44</sup>

Die Speicherung der Daten erfolgt auch hier auf einem elektronischen Datenträger dem Transponder.

*Der wesentliche Unterschied zu den Chipkarten bzw. zum Barcode liegt in der Energieversorgung sowie dem schnellen und sicheren Datenaustausch (Lesen und Schreiben) zwischen Datenträger und Reader / Lesegerät.*

- *Die Kommunikation erfolgt nicht durch galvanischen Kontakt oder mittels Laserstrahlen bzw. Bilderkennung, sondern durch Nutzung von magnetischen- oder elektromagnetischen Wellen.*

*Die technischen Voraussetzungen und Verfahren stammen aus der Funk- und Radartechnik – deshalb auch die Bezeichnung „RFID (Radio Frequency Identification)“, auf Deutsch Identifizierung durch Radio-Funkwellen.*

*Der Transponder, auf dem die Daten gespeichert sind, ist je nach Anwendungsbereich in verschiedenen Arten (aktiv, passiv, semiaktiv) und Formen (rund, eckig, dick, dünn usw.) erhältlich sowie einsetzbar.*

<sup>43</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 11 / Info – Auskunft TAGnology, 2021

<sup>44</sup> vgl. P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 8 ff.



Abb. 030: RFID-Transponder, S. 399

*Er lässt sich schnell und problemlos mit diversen Readern / Lesegeräten ansteuern (ist eindeutig identifizierbar), um die darauf gespeicherten Daten auszulesen. Auch mehrere Transponder können gleichzeitig ausgelesen werden. Zudem ist der Transponder so gebaut, dass er je nach Anwendung resistent gegen Schmutz und Nässe sowie Abnutzung und Verschleiß ist.*

### Reader - Middleware <sup>45</sup>

#### Reader

*Auch Reader / Lesegeräte gibt es in verschiedenen Varianten (stationär, mobil) und unterschiedlichen Anwendungen (Indoor – Outdoor).*

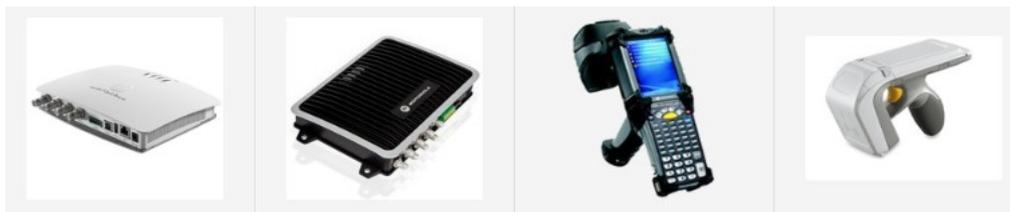


Abb. 031: RFID-Reader, S. 399

#### Middleware

*Dies ist die Softwareapplikation auf einem Rechner, die den Reader und seine Datenströme mit der Unternehmenssoftware bzw. IT-Systemen (z.B. ERP-System, Lagerverwaltungssystem u.a.) verknüpft, aber davon entkoppelt hält.*



Abb. 032: Middleware, S. 399

Ausführlichere Details zu RFID als System siehe Kapitel 3.3. RFID im Detail.

#### 3.2.4.4. Vergleich der Auto-ID-Systeme

Anbei folgt die direkte Gegenüberstellung der existierenden Auto-ID-Systeme samt ihrer spezifischen Merkmale und Ausprägungen in Tabellenform – in Anlehnung an die Grafik von K.

<sup>45</sup> vgl. Info – Auskunft TAGnology, 2021

### 3. Grundlagen

Finkenzeller <sup>46</sup> – die für den jeweiligen Einsatzbereich essentiell sind. Der Autor hat die Tabelle aufgrund von durchgeführten Gesprächen mit Experten und aus Erkenntnissen während seiner Dissertation neu gruppiert bzw. adaptiert.

Auto-ID →	Biometrie		Schrift & Symbol		Elektronische Verfahren	
	Akustische Verfahren	Optische Verfahren	OCR	Barcode	Karten	RFID
Merkmale ↓	Sprach- und Stimmerkennung	Fingerprint, Handgeometriescan, Venenerkennung, Irisscam, Gesichtserkennung			1D Laser-abtastung, 2D-4D Bilder-kennung	Magnet - Chipkarte
Datenerfassung	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich
Datenspeicherung Intern-Extern	Datenspeicherung Intern möglich	Datenspeicherung Intern möglich	Datenspeicherung Intern-Extern möglich	Datenspeicherung Intern möglich	Datenspeicherung Intern möglich	Datenspeicherung Intern-Extern möglich
anfallende Daten-menge	groß	groß	groß	klein	mittel	klein-groß
Einmalbeschreibbar - Wiederbeschreibbar	-	-	-	Einmalbeschreibbar	Wiederbeschreibbar	Wiederbeschreibbar
Maschinen-lesbarkeit	gut - aufwändig	gut - aufwändig	gut - aufwändig	gut - einfach	gut - einfach	sehr gut - einfach
Pulzfähigkeit	nicht gegeben	nicht gegeben	nicht gegeben	nicht gegeben	nicht gegeben	gegeben
Handling durch Personen	einfach	einfach	einfach	einfach	einfach	einfach
Lesbarkeit bei Einfluss durch Schmutz/Nässe	-	gering	groß	gering	nicht lesbar	keinen Einfluss
Lesbarkeit bei Einfluss durch Abdeckung	-	nicht lesbar	nicht lesbar	nicht lesbar	nicht lesbar	keinen Einfluss
Lesbarkeit bei Einfluss durch Richtung und Lage	-	nicht lesbar	gering	gering	nicht lesbar	keinen Einfluss
Lesbarkeit bei Abnutzung - Verschleiß	-	nicht lesbar	gering	gering	nicht lesbar	keinen Einfluss
Anschaffungs-kosten	mittel	hoch	mittel	gering	gering	mittel - hoch
Betriebs- und Wartungskosten	gering	mittel	gering	gering	mittel	mittel
Unbefugtes Ändern - Manipulieren	schwer möglich	schwer möglich	leicht möglich	leicht möglich	unmöglich	unmöglich
Schreib- und Lesegeschwindigkeiten	schnell ca 1,0 sek	sehr langsam ca 5,0 sek	sehr langsam ca 5,0 sek	schnell ca 1,0 sek	langsam ca 5,0 sek	sehr schnell ca 0,5 sek
Sichtverbindung notwendig oder nicht	nicht notwendig	notwendig	notwendig	notwendig	nicht notwendig	nicht notwendig
Anwendung über Kontakt oder Kontaktlos	Kontaktlos	Kontakt und Kontaktlos	Kontakt	Kontaktlos	Kontakt und Kontaktlos	Kontaktlos
Maximal Entfernung bei Auslese	mittel 0 - 1m	sehr gering direkter Kontakt notwendig	sehr gering mm - 1cm	gering 0 - 50cm	sehr gering direkter Kontakt notwendig	klein-sehr groß 0 - 100m

Tab. 001: Auto-ID-Systemvergleich Gesamt / Barcode - RFID, S. 412

Aus der Darstellung ist ersichtlich und farblich entsprechend gekennzeichnet, dass die in hell-

<sup>46</sup> vgl. Neugruppierung-Adaptierung der Tabelle in Anlehnung an K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 10

grau eingefärbten Felder, betreffend

- die akustischen und optischen Verfahren aus der Sparte Biometrie,
- OCR aus der Sparte Schrift & Symbol sowie
- den Bereich Karten aus den elektronischen Verfahren

jenen anderen bunt eingefärbten Feldern, betreffend

- Barcode aus der Sparte Schrift & Symbol sowie
- RFID aus den elektronischen Verfahren

hinsichtlich der Ausprägungen bzw. Ergebnisse großteils unterlegen sind.

Somit möchte der Autor bewusst den Fokus des Vergleichs auf die beiden wichtigsten Auto-ID-Systeme RFID und Barcode (1D sowie 2D QR-Code) legen, da diese für die Bereiche Bau und Logistik am interessantesten sind und zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten bieten. Hinweis: Hinsichtlich RFID wurden einige Punkte aus dem nachfolgenden Kapitel 3.3. RFID im Detail vorgezogen und hier im Auto-ID-Vergleich behandelt, da sie vergleichsrelevant sind.

Der Vergleich ist in eine technische Sichtweise (Pkt. hinsichtlich Aufbau, Speicher, Datenübertragung, Sicherheit usw.) sowie eine wirtschaftliche Sichtweise (Pkt. hinsichtlich Kosten-Benefit) gegliedert und beinhaltet die markantesten Vor- und Nachteile:

### **Technische Sichtweise**

Hinsichtlich der Datenerfassung, Datenspeicherbarkeit (Data-on-TAG / Data-on-Network) und Datendichte

- Übertrifft RFID den Barcode um Längen.

RFID zeichnet sich zudem durch die Resistenz gegen

- Schmutz/Nässe, Einfluss von Abdeckungen sowie Richtung und Lage des Auslesens, Abnutzung und Verschleiß

aus.

Die wohl wichtigsten Unterscheidungsmerkmale und Vorteile sind

- die Nichtnotwendigkeit einer Sichtverbindung zum Lesen – Beschreiben des Transponders (TAG) bei RFID,
- die kontaktlose und schnelle Datenübertragung mittels Luftschnittstelle als Radio-Funkwellen bei RFID,
- die eindeutige und unverwechselbare Identifizierung (ID) sowie Sicherheit (z.B. gegenüber dem Barcode, der einfach kopiert werden kann) bei RFID.

Die hohe Lese- und Schreibgeschwindigkeit von RFID sowie die Wiederbeschreibbarkeit und die Möglichkeit der größeren Auslesedistanzen der Transponder gelten als wesentliche Vorteile.

Die Pulkfähigkeit (= Erfassung mehrerer Transponder gleichzeitig) ist ein weiterer, nennenswerter Vorteil von RFID gegenüber dem Barcode.

### **Wirtschaftliche Sichtweise**

Bei RFID wirken zunächst im direkten Vergleich zum Barcode bei der Implementierung des Systems in den logistischen / baubetrieblichen Prozess die etwas höheren Anschaffungskosten inkl. aller zugehörigen Komponenten (Software, Hardware wie Transponder, Antennen, Middleware usw.) sowie anfallenden Betriebs- und Wartungskosten leicht nachteilig (kein abnormales Phänomen lt. Input der Experten).

- In diesem Punkt übertrifft der kostengünstigere Barcode mit seinem langem Entwicklungsprozess sowie Bestand am Markt und dem somit höheren Standardisierungsgrad noch RFID.
- Diese vermeintlichen Nachteile von RFID werden lt. Meinung von Experten später in der Anwendung von RFID durch den Faktor Zeit amortisiert und schlagen in einen Benefit um.
  - o Ob diese These / Aussage auch beim RFID-Raumbuch Prototyp anwendbar ist, wird im später folgenden Abschnitt. RFID-Raumbuch Prototyp in Kapitel 4.4.6. Funktionstests Allgemein – Baustelle im Sinne des Baustellen-Controllings verifiziert bzw. falsifiziert werden.

Der Einsatz verschiedenster Auto-ID-Systeme zeigt, dass das digitale Schnittstellenproblem bzgl. Informations- und Datenverlust bzw. der Medienbruch zwischen virtueller Datenebene und realer Gebäudeebene – dargestellt am Reißverschlussprinzip – im Vergleich zur ursprünglichen analogen Datenerfassung sowie zur Informations- und Datenweitergabe stark reduziert wird.

Mit der Verwendung von RFID besteht die Möglichkeit, diese negativen Eigenschaften zu eliminieren.

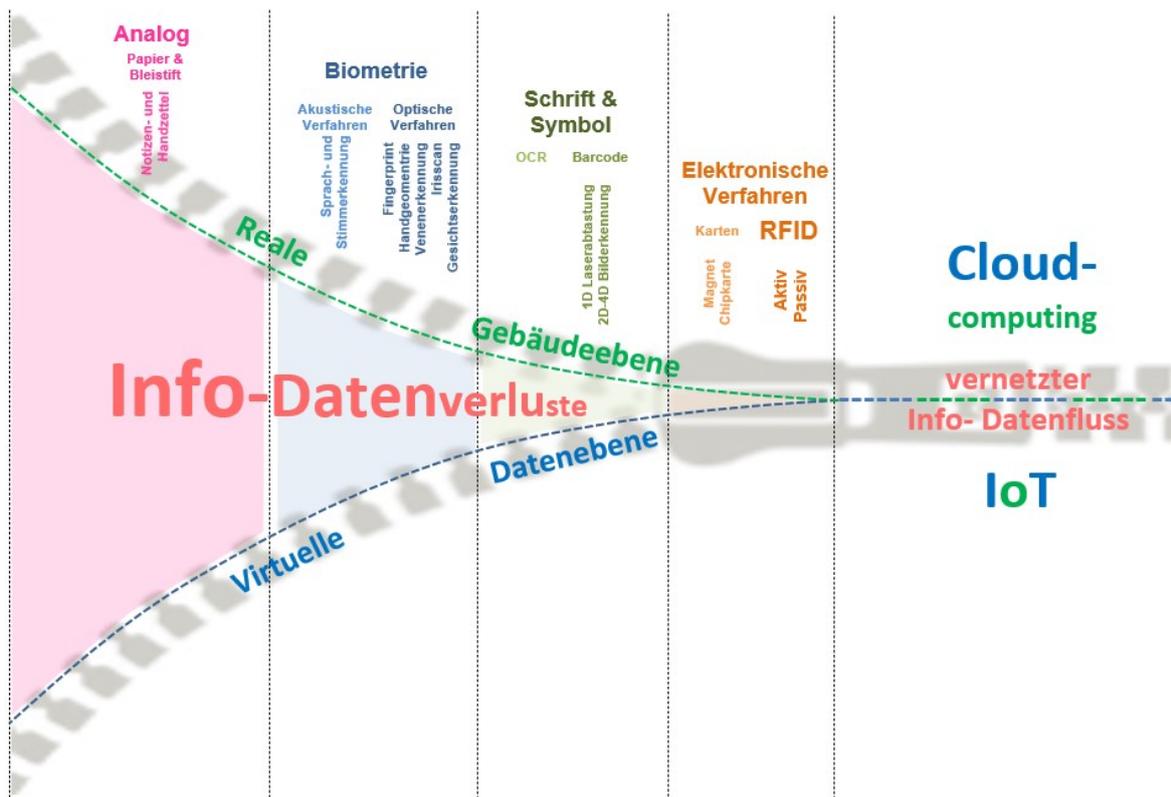


Abb. 033: Auto-ID-Darstellung Info-Datenverlust Analoges vs Digitaler Verfahren, S. 399

So liegt – wie bereits bei den Grundlagen der Digitalisierung in Kapitel 3.1.2.1. Entwicklungspotential erwähnt – ein vernetzter Info-Datenfluss vor, der zukünftig Cloud-Computing, Big Data sowie IoT im engeren Sinn ermöglichen kann.

Ob und wie genau RFID im Phasenmodell des Lebenszyklus funktioniert, betrachtet der Autor in weiterer Folge im Abschnitt RFID im Detail, im Kapitel 3.3.4.1. RFID-Nutzen im Phasenmodell des Lebenszyklus.

### 3.3. RFID im Detail

„RFID“, erfolgt

„kontaktlos, ohne Sichtverbindung über eine Luftschnittstelle“.

#### 3.3.1. Geschichte und Entwicklung

##### Geschichte <sup>47</sup>

*So wie viele Techniken hat auch RFID seinen Ursprung im militärischen Bereich. Erfunden von Harry Stockman, wurde RFID gegen Ende des Zweiten Weltkrieges (ca. 1944-45) im Luftkrieg zwischen Deutschland und Großbritannien von den Briten zur Freund-Feind-Erkennung im Bereich der Funk- und Radartechnik angewandt.*

*Somit wurden Großbritanniens Flugzeuge und Panzer mit Transpondern ausgestattet, um diese von den deutschen Kriegsgeräten (Flugzeugen und Panzern) sowohl in der Luft als auch am Boden unterscheiden zu können.*

*In den 1960er Jahren fand dann die erste zivile Anwendung in Form von Autoteil- und Eisenbahnwaggontracking statt. RFID-Komponenten waren zu diesem Zeitpunkt noch sehr teuer.*

*In den 1970er Jahren wurden die ersten kommerziellen RFID-Techniken in Form von elektronischen Diebstahlsicherungen sowie Tierkennzeichnungen durchgeführt.*

*Im Zusammenhang mit RFID folgten in den 1980er und 1990er Jahren viele Entwicklungen und Neuerungen, unter anderem im Straßenverkehr für Mautsysteme, in der Landwirtschaft, im Einsatz elektronischer Schließsysteme, für Wegfahrsperrern in Autos usw. Diese Weiterentwicklung war für einen ersten Kostensturz essentiell.*

*1999 wurde am MIT das Auto-ID-Center gegründet, mit dem Ziel, einen globalen Standard zur Warenidentifizierung zu entwickeln und auszurollen. Dies wurde mit der erfolgreichen Entwicklung des Electronic Product Code (EPC) im Jahr 2003 erreicht.*

Die Ergebnisse wurden von UCC und EAN International (GS1) an die neu gegründete EPC global Inc. übergeben, mit dem Ziel, eine neue Generation der Kommunikationsstandards zwischen Transponder und Lesegerät (Gen2 Protokoll) zu entwickeln, die globale Gültigkeit haben (jedoch sind sie nicht rückwärtskompatibel zum vorherigen Auto-ID-Standard).

*An der Weiterentwicklung von Standards sowie der RFID-Technik im Generellen wurde stets gearbeitet. So wurde ab dem Jahr 2005 auch versucht, RFID in Alltags- und Verbrauchsgegenstände (wie z.B. Skicards, Tankkarten, bargeldloses Zahlen, vernetzte Haushaltsgeräte, RFID in Reisepässen usw.) zu integrieren; dies gelang größtenteils und wurde auch von der Bevölkerung angenommen.*

Dieser Schritt hatte einen weiteren deutlichen Preissturz zur Folge und war ausschlaggebend für die Erschließung neuer Massenmärkte.

##### Entwicklung <sup>48</sup>

*Diese schreitet stetig voran und wird auch über das Jahr 2022 neue Schübe bewirken. RFID-Systeme werden weiter verfeinert und preisgünstiger und finden daher in unserem Alltag – bewusst oder unbewusst – immer mehr Einzug.*

<sup>47</sup> vgl. <https://www.rfid-journal.de/rfid-geschichte.php>, aufgerufen am 23.11.20

<sup>48</sup> vgl. Info – Auskunft TAGnology, 2021

### 3.3.2. RFID-Systemkomponenten <sup>49</sup>

Ein RFID-System besteht aus folgenden Hauptkomponenten:

- Transponder (angebracht am zu identifizierenden Objekt)
- Reader / Lesegerät (mobil oder stationär mit integrierter/n Antenne/n zum Erfassen von Daten und Lesen)
- Middleware / Applikation – Control System (Anschluss zu IT-Netzwerk)

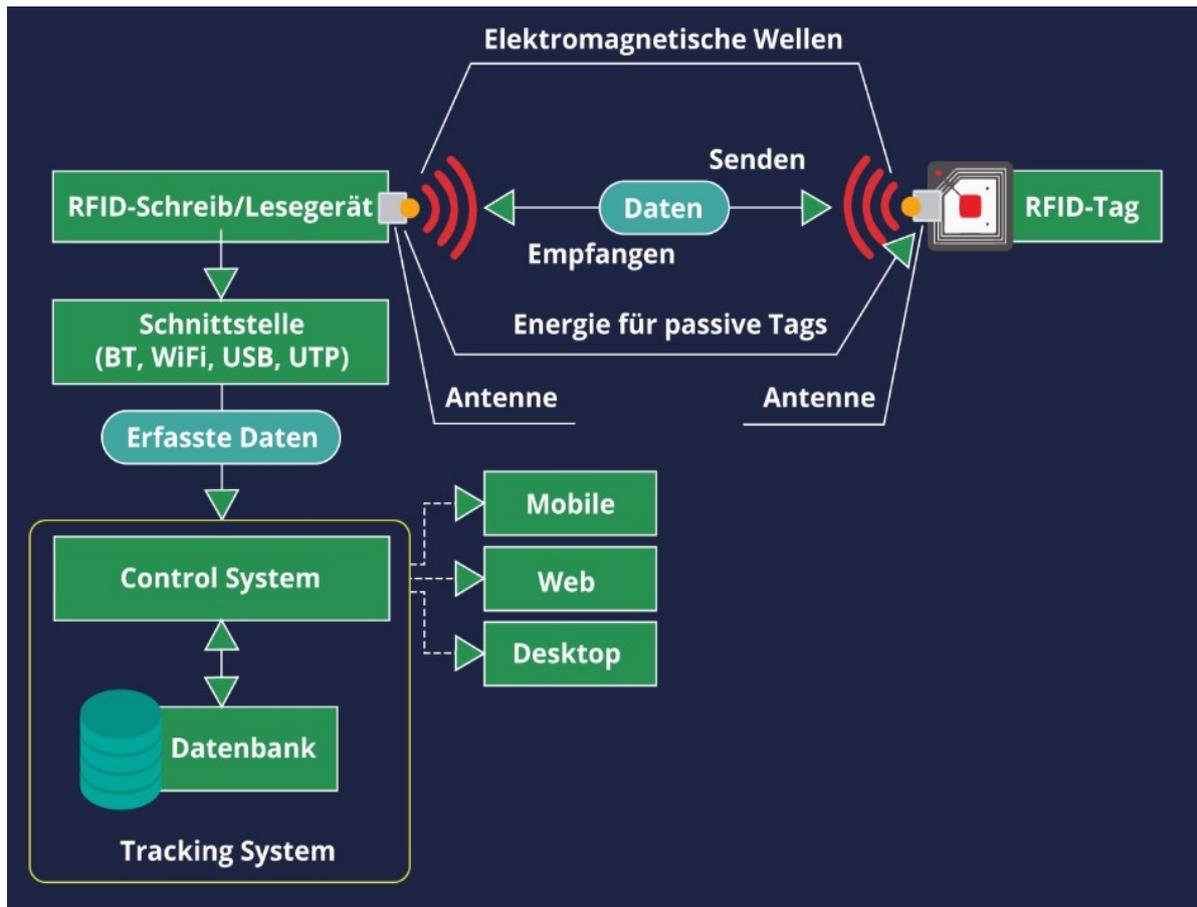


Abb. 034: RFID-Funktionsweise im Detail, S. 399

Transponder und Lesegerät kommunizieren über die kontaktlose Luftschnittstelle mittels diverser Frequenzen, die nachfolgend beschrieben werden.

Lesegerät und Middleware werden durch unterschiedliche Schnittstellen (USB, Netzwerk, serielle Schnittstelle usw.) meistens fix miteinander verkabelt.

Außerhalb des Ansprechbereichs des Lesegerätes verhält sich der Transponder ruhig, er befindet sich in Schlummerstellung. Erst innerhalb des Ansprechbereichs wird der Transponder aktiv und wacht auf“.

Die dafür notwendige Energie sowie der Takt und die Daten werden großteils vom Lesegerät durch die kontaktlose Luftschnittstelle an den Transponder mittels magnetischer oder elektromagnetischer Wellen übertragen.

<sup>49</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 11 f.

### 3.3.2.1. Transponder

Der Begriff „Transponder“ ist ein Kunstwort, das sich aus den Worten Transmitter und Responder zusammensetzt.

Häufig wird er auch nur als „TAG, Label, Etikett“ bezeichnet.

Die Aufgabe des TAG ist es, Objekte mit Informationen, die am TAG oder in einer Datenbank gespeichert sind, eindeutig zu kennzeichnen.

Der TAG ist somit der eigentliche Datenträger und besteht aus

- einem Koppellement (Antenne / Spule),
- einem Mikrochip (Speicherchip oder Prozessor) und
- einem Trägermedium / der Trägerplatte inkl. Schutzlabel.

Diese sind alle gemeinsam in unterschiedlichsten Bauformen vorhanden.<sup>50</sup>

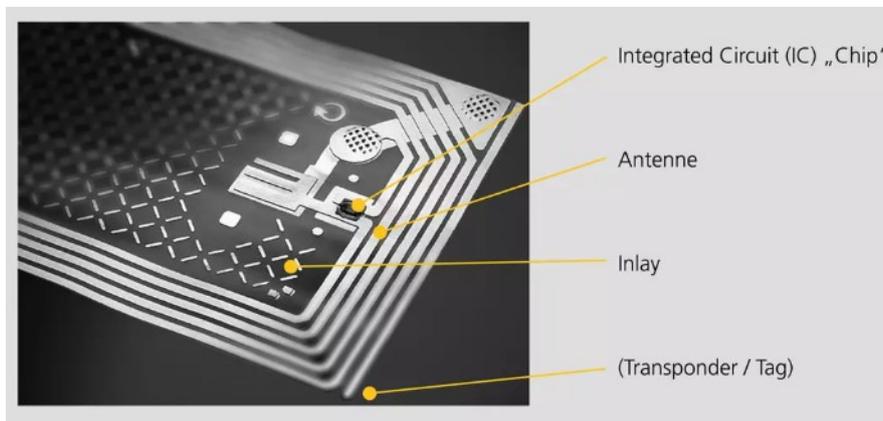


Abb. 035: Transpondererklärung, S. 399

#### 3.3.2.1.1. Antenne<sup>51</sup>

Die Antenne / Spule des Transponders hat die Aufgabe, das magnetische oder elektro-magnetische Wellensignal des Readers/Lesegerätes aufzufassen, sich mit diesem zu koppeln und daraufhin die zu übertragenden Daten an das Lesegerät zu transferieren.

Normalerweise reicht hierfür ein Antennentyp (Senden – Empfangen) aus, unter gewissen Umständen können aber auch zwei unterschiedliche Antennen (eine zum Senden, eine zweite zum Empfangen) zum Einsatz kommen.

Zudem sind bei der Auswahl der Antenne einige Faktoren, wie

- der Anwendungsfall (Reichweite, Pulkfähigkeit),
- der Schutz vor Einflüssen (Feuchtigkeit, Schmutz, Temperatur, Berührung)
- das Gehäuse und

<sup>50</sup> vgl. Info – Auskunft TAGnology, 2021

<sup>51</sup> vgl. P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 8 / Info – Auskunft TAGnology, 2021

- die Speicherkapazität

zu berücksichtigen.

Antennen und Spulen können auf dem Trägermedium / der Trägerplatte aufgedruckt, eingätzt oder aufgestempelt sein.



Abb. 036: Antennen / Spulen, S. 399

### 3.3.2.1.2. Mikrochip <sup>52</sup>

Der Chip ist auf der Trägerplatte aufgelötet, wobei es durch ihn möglich ist, Informationen am TAG zu speichern.

Die Speichergröße des Chips / des Prozessors ist abhängig von der jeweiligen Anwendung und reicht etwa von einer einfachen Diebstahlsicherung mit 1Bit Speicher bis hin zur komplexen Datenverwaltung in der Medizintechnik mit mehreren kByte.

Ebenso sind mittlerweile Chips mit Sensorik, die Temperatur, Luftfeuchte, Druck usw. messen können, erhältlich.

Antenne und Chip bilden das sogenannte Inlay des Transponders.

### 3.3.2.1.3. Trägermedium - Schutzlabel

Das Inlay ist auf einem Trägermedium / der Trägerplatte befestigt und wird so wie das Schutzlabel, das es bedeckt, aus unterschiedlichen Materialien gefertigt; meistens besteht es aus Kunststoff (da leicht und resistent), seltener aus Papier oder Klebefolie (da leicht), abhängig von der Anwendung und Anforderung.

Einziger Zweck, den es erfüllen muss, ist die sichere Halterung des Inlays sowie die Schutzgarantie der jeweiligen Transponderbauform.

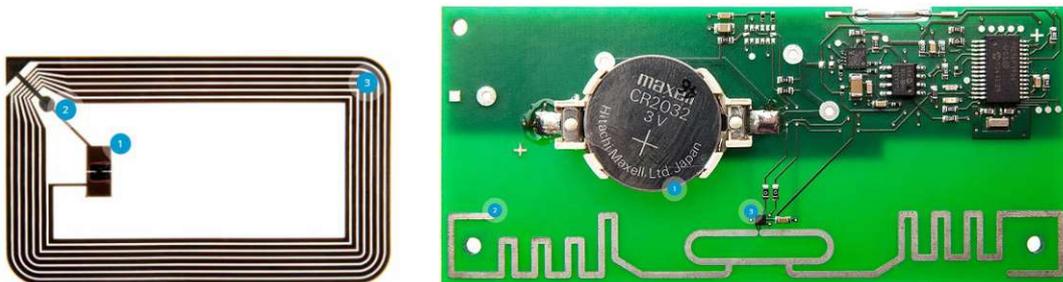


Abb. 037: Trägermedium, S. 399

<sup>52</sup> vgl. Info – Auskunft TAGnology, 2021

### 3.3.2.1.4. Transponder Bauformen

RFID TAGs können – unabhängig, ob als aktive oder passive Transponder – in unterschiedlichen Frequenzen, Formen und Größen gemäß Modell und Anwendung gebaut werden.

Das Aussehen ist sehr individuell und reicht von rund, eckig, dick, dünn, foliert über Etiketten- oder Stangenform (label – bars), eingeschweißt, gekapselt bis hin zur Integrierung in Armbänder und Kunststoffgehäuse.

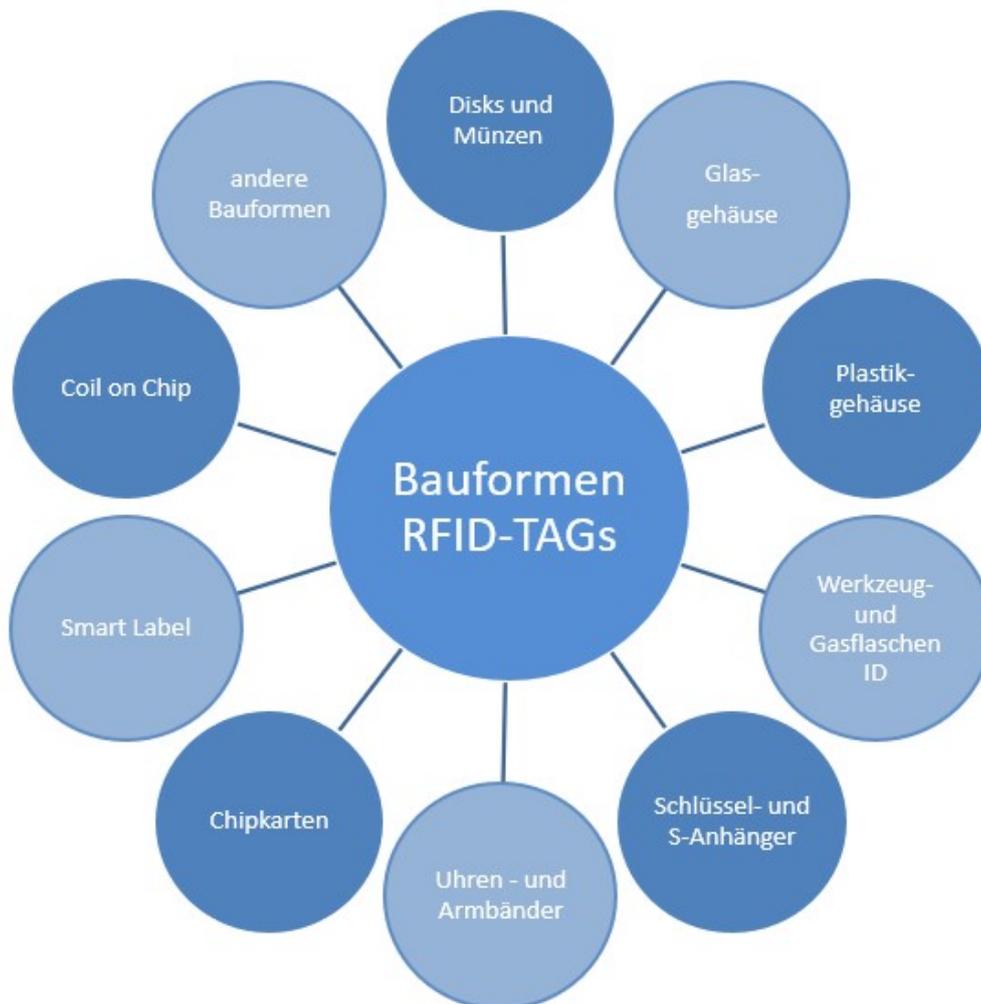


Abb. 038: RFID-TAG Bauformen, S. 400

Beide Komponenten, der Chip und die Antenne (das Inlay), gelten als sehr empfindlich und müssen vor mechanischen, thermischen oder chemischen Belastungen durch eine anwendungsspezifische Verpackung gemäß Anwendung im Indoor- / Outdoor-Bereich geschützt werden.

- Die einfachste Form der Verpackung ist die des Etiketts.
- Bei Bedarf nach einer etwas stabileren, robusteren Verpackung wird eine Laminierung in einer Karte empfohlen.
- Eine sehr robuste, langlebige und zudem unempfindliche Verpackung gewährleistet das Einbetten in ein Kunststoffgehäuse.

Anbei folgen diverse Transponderbauformen am Markt inkl. Kurzbeschreibung:

### Disks und Münzen <sup>53</sup>

*Diese Art gilt als die häufigste Bauform. Der Transponder ist inkl. Chip und Spule in einem runden ABS-Spritzgussgehäuse, alternativ auch in einem Polystyrol- oder Epoxyharzgehäuse (= temperaturunempfindlicher) eingearbeitet.*

*Der Durchmesser variiert dabei von wenigen Millimetern bis zu ca. 10 cm.*

*In der Mitte oder am Rand der Disk befinden sich meist ein bzw. zwei Löcher, die eine Befestigungsmöglichkeit mittels Schraube ermöglichen.*

Anwendung: im Industriebereich, wo hohe Langlebigkeit, Stoß- und Schlagfestigkeit sowie Hitzebeständigkeit erforderlich ist.



Abb. 039: Disks und Münzen, S. 400

### Glasgehäuse <sup>54</sup>

Das Glasgehäuse ist ca. 10 bis 30 mm lang und hat einen Durchmesser von ca. 5 mm. *In ihm befinden sich – montiert auf einer PCB-Trägerplatte – ein Mikrochip und ein Chipkondensator zur Glättung der gewonnenen Versorgungsspannung sowie zusätzlich eine nur ca. 0,03 mm starke Transponderspule, die auf einem Ferritkern aufgewickelt ist. Zur besseren mechanischen Stabilität sind diese Komponenten in einen Weichkleber gebettet.*

Diese TAG-Art zeichnet sich durch die Eigenschaft einer hohen Beständigkeit gegenüber Chemikalien, Temperaturschwankungen sowie dem Eintauchen in Flüssigkeiten aus.

Anwendung: dient zur Identifizierung von Haustieren wie Hund oder Katze. Der Glastransponder wird meist unter die Haut injiziert. Zur Verfolgung von Vögeln werden Glas-TAGs in Bänder von Vogelringen eingelassen; bei Nutztieren wie z.B. Rindern oder Schafen kann der Glas-TAG in den Pansen bzw. Bauchbereich gelegt werden, um den Gesundheitszustand der Tiere zu überwachen.

Die Futterkontrolle funktioniert über ein TAG-Halsband. Auch die Kennzeichnung über Ohrenmarken bei Rindern, Schafen usw. ist da-durch möglich.

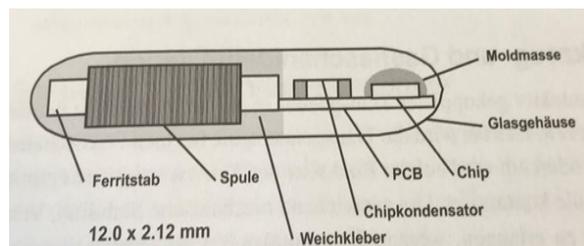


Abb. 040: Glasgehäuse Schnitt - Aufbau, S. 400

<sup>53</sup> vgl. K. Finkenzeller, 2015, S.16 / TAGnology RFID-Labor, 2020

<sup>54</sup> vgl. K. Finkenzeller, 2015, S.16 f.



Abb. 041: Glasgehäuse - Form, S. 400



Abb. 042: Injektionsnadel und Glasgehäuse, S. 400

### Plastikgehäuse <sup>55</sup>

Die Bauart mittels Plastikgehäuse (plastic package, PP) wird dann gewählt, wenn besonders hohe mechanische Anforderungen vorliegen. Das Gehäuse wird oft auch in andere Bauformen wie z.B. Autoschlüssel eingebaut. Die Bestandteile im Plastikgehäuse und Glasgehäuse sind identisch.

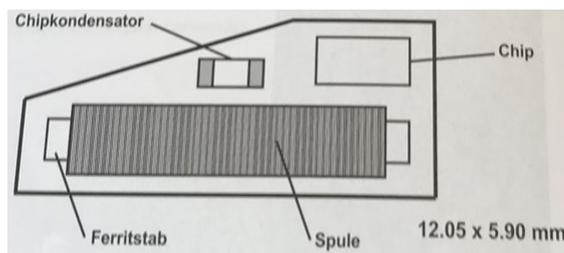


Abb. 043: Plastikgehäuse Schnitt - Aufbau, S. 400



Abb. 044: Plastikgehäuse- Form, S. 400

*Unterschiede zum Glastransponder: Die Spule ist etwas länger und der TAG hat somit eine größere Funkreichweite.*

*Diese TAG-Art bietet zudem die Möglichkeit, größere Chips aufzunehmen, wobei sie eine höhere Belastbarkeit gegenüber mechanischen Vibrationen bietet. Außerdem hält sie Temperaturschwankungen und Falltests besser stand.*

Anwendung: ist z.B. im Auto mit elektronischer Wegfahrsperrung im Schlüsselanhänger als Zutrittskontrolle eingebaut.

### TAGs für Einbau in und auf Metalloberflächen <sup>56</sup>

*Diese Bauform wurde speziell für den Einbau induktiv gekoppelter TAGs in und auf Metalloberflächen entwickelt.*

*Dabei können Übertragungen durch Interferenzen mit dem Metall gestört werden. Die Transponderspule wird in einen Ferritschalenkern gewickelt.*

*Der TAG-Chip wird auf der Rückseite des Ferritschalenkerns montiert und so mit der Spule in Kontakt gebracht.*

<sup>55</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 17 f. / TAGnology RFID-Labor, 2020

<sup>56</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 18 f. / TAGnology RFID-Labor, 2020

*TAGs dieser Bauform müssen eine hohe mechanische Stabilität und hohe Vibrations- und Hitzebeständigkeit aufweisen.*

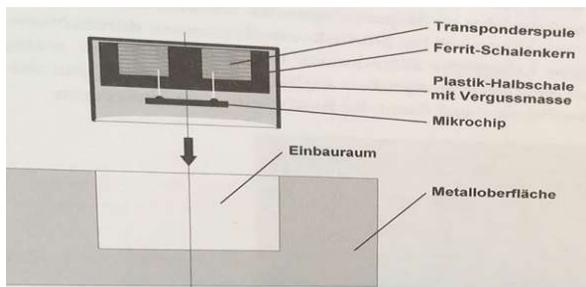


Abb. 045: Metal-TAG Gasflasche Schnitt, S. 400



Abb. 046: Metal-TAG Gasflasche Form, S. 400



Abb. 047: Metal-TAG Form, S. 400



Abb. 048: Metal-TAG auf Container, S. 400

*Um dies zu gewährleisten, werden Chip und Ferritschalenkern in einer Halbschale aus hochtemperaturbeständigem thermoplastischem Kunststoff mit Epoxyharz gegossen.*

Anwendung: Werkzeug- und Gasflaschen-Identifizierung, industrieller Bereich sprich Automobilindustrie, Containerlogistik, Lagerhaltung mit metallischer Umgebung.

### Schlüssel und Schlüsselanhänger <sup>57</sup>

*Diese Bauform baut auf der des Plastikgehäuses auf. Ein PP-TAG wird in den Schlüsselknopf eingegossen oder eingespritzt.*

Anwendung: Autoschlüssel, Türschließsysteme mit hohen Sicherheitsanforderungen oder Chipschlüsselzutrittssysteme für Büro- und Arbeitsräume.

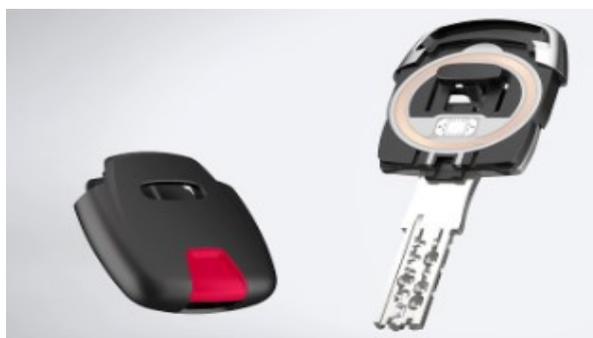


Abb. 049: elektronischer Schlüsseltransponder, S. 400



Abb. 050: RFID-Schlüsselanhänger, S. 400

<sup>57</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S.19

## Uhren / Armbänder

*Diese Bauform wurde erstmals in den 90er Jahren von der österreichischen Firma Ski-Data auf den Markt gebracht. In der Zwischenzeit gibt es weitere Mitbewerber, wie z.B. Huayuan aus Deutschland usw. Uhren oder Armbänder enthalten auf einer dünnen Leiterplatte eine aufgedruckte Rahmenantenne mit wenigen Windungen, die möglichst dicht am Uhrengehäuse oder der Armbandmitte entlang geführt werden, um die von der Antennenspule umfasste Fläche – und damit die Reichweite – zu optimieren. Je nach Einsatzbereich bzw. Nutzung gibt es sie in verschiedenen Formen und Materialien.*<sup>58</sup>



Abb. 051: RFID-Uhren, Silikon- Stoffarmbänder, Einmalarmbänder, S. 400

Anwendung: einfaches aber sicheres Zutrittskontrollsystem, öffentlicher Verkehr, Eventmanagementveranstaltungen, Patientenidentifizierung.

## Chipkarten<sup>59</sup>

*Diese Bauform erlangt immer größere Beliebtheit, wobei Chipkarten durch das Einlaminiere eines Transponders zwischen vier PVC-Folien gefertigt werden.*

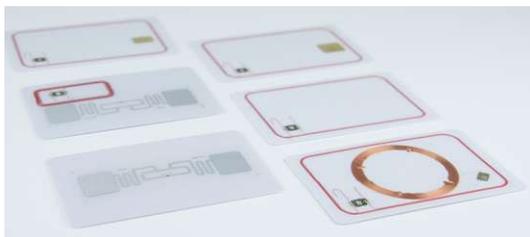


Abb. 052: Chipkarten einfach, S. 400

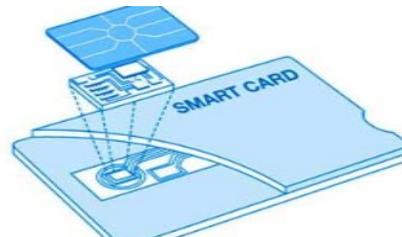


Abb. 053: Chipkarte mit Mikrochip, S. 400

*Die Einzelfolien werden dabei unter hohem Druck und hoher Temperatur (von über 100 °C) zu einer unlöslichen Einheit verschmolzen. Die Antenne weist eine große Spulenfläche auf und ermöglicht somit hohe Lesereichweiten.*

Anwendung: Chipkarten als einfache Zutrittskontrolle, als Essenskarte, bei der Zeiterfassung; Chipkarten mit Mikrochip als Bankomat- und Kreditkarten.

<sup>58</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 20

<sup>59</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 20 ff.

**Smart Label** <sup>60</sup>

Diese Bauform kennzeichnet eine papierfoliendünne Transponderbauform. Die Transponderspule wird durch Siebdruck oder Ätztechnik auf eine nur 0,1 mm dicke Plastikfolie als Trägerplatte aufgebracht, häufig mit einer Papierschicht laminiert und auf der Rückseite mit einem Kleber beschichtet. So entstehen Selbstklebeetiketten. Nach einer sich daran anschließenden möglichen Bedruckung der Klebeetiketten, wird eine Verknüpfung der gespeicherten Daten mit einem zusätzlich aufgedruckten Barcode auf der Vorderseite des Labels ermöglicht.

Smart Label sind dünn und flexibel und werden in Form einer Endlosrolle geliefert.



Abb. 054: Smartlabel Klebeetiketten, S. 400



Abb. 055: Smartlabel - Aufbau, S. 400

Anwendung: Kennzeichnung von Objekten wie Gepäckstücken, Paketen, Logistik- und Verbrauchsgüter-Waren aller Art.

**Coil-on-Chip** <sup>61</sup>

Die Bauform Coil-on-Chip, auf Deutsch „Spule auf Chip“, wird auch als kontaktloser Speicherbaustein bezeichnet. Im Zuge der Miniaturisierung wurde versucht, die Spule auf dem Chip zu integrieren, d.h. die Spule auf dem Isolator rundherum zu winden und mit dem Chip zu verbinden. Um eine bessere mechanische Handhabung zu gewährleisten, wird der Transponder noch häufig in einen Kunststoffkörper eingebettet. Mit 6 mm Durchmesser und 1,55 mm Dicke zählt diese Bauart zu den kleinsten auf dem Markt verfügbaren RFID-Transpondern.



Abb. 056: Coil on Chip normal, S. 400

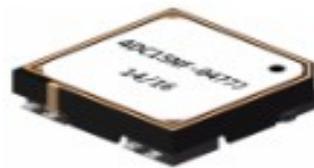


Abb. 057: Coil on Chip mit Spule am Chip, S. 401

Anwendung: E-Payment, E-Ticket, Nachverfolgung von Gütern

**Weitere Bauformen** <sup>62</sup>

Neben den soeben wichtigsten, aufgezählten und angewendeten Bauformen werden noch eine Vielzahl weiterer TAGs als Sonderbauformen hergestellt:

<sup>60</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 22 f. / TAGnology RFID-Labor, 2020

<sup>61</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 23 f.

<sup>62</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 24 / TAGnology RFID-Labor, 2020

### 3. Grundlagen

z.B. Epoxy Mini RFID-TAGs, Plastik-RFID, Metal-TAGs, Flexible-RFID Metal-TAGs, RFID-Kabelbinder TAGs, RFID Reifen-TAGs, Schrauben- und Nagel-TAGs, Mülltonnen-TAGs, Navigationspositions-TAGs, Wäsche-TAGs, Bekleidungs-TAGs, Paletten-TAGs, Bibliotheks-TAGs, Schmuck-TAGs.

Anbei folgt eine mannigfaltige Übersicht diverser TAG-Formen aus dem RFID-Labor des Projektpartners TAGnology.

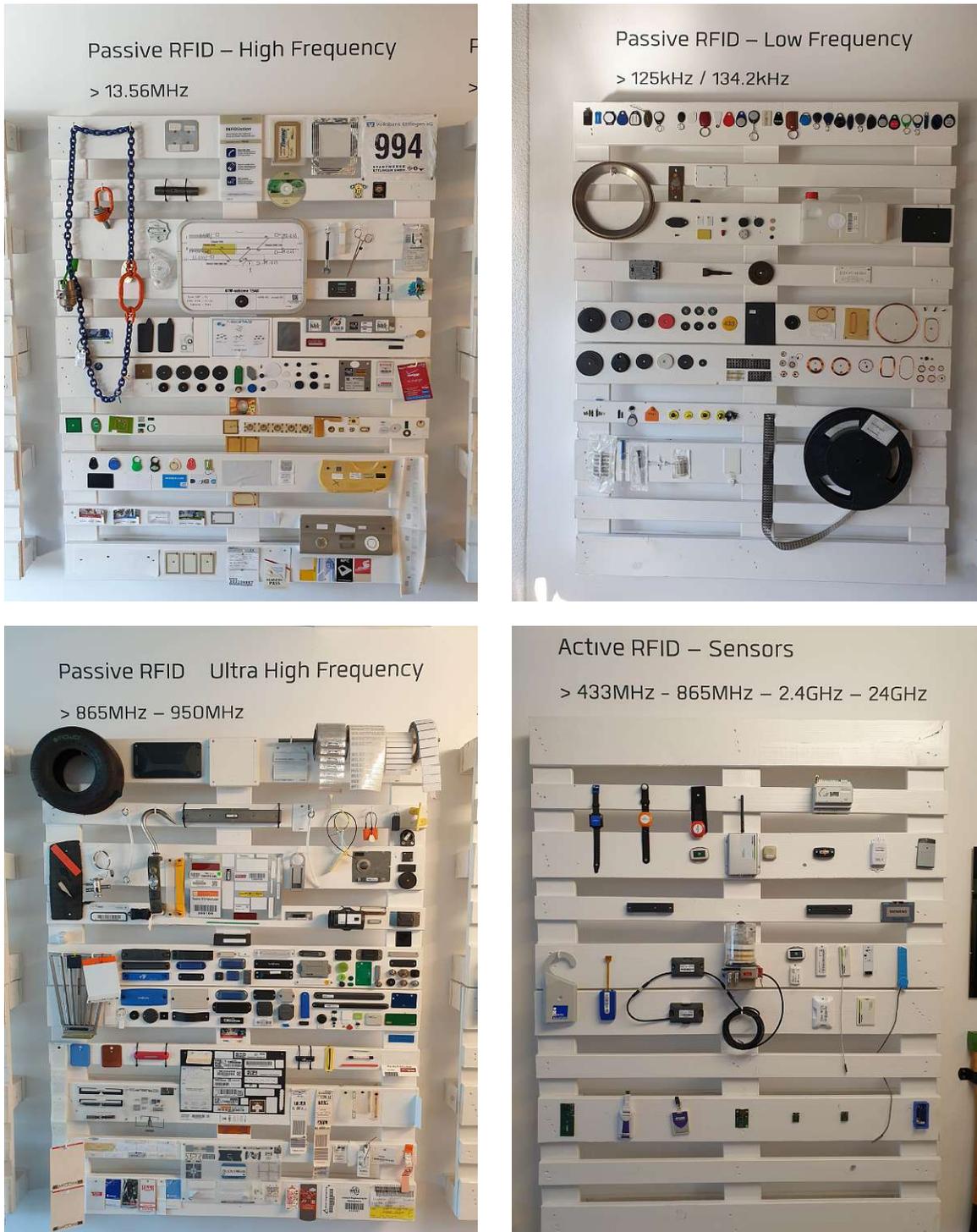


Abb. 058: Diverse RFID-TAGs – passiv, aktiv, S. 401

### 3.3.2.2. Reader / Lesegerät <sup>63</sup>

*Hauptaufgabe des Readers ist neben der Aktivierung des Transponders (Energieversorgung in Abhängigkeit vom TAG-Typ), Takt und Daten mittels magnetischer oder elektromagnetischer Wellen über die kontaktlose Luftschnittstelle zu übertragen – zu lesen, zu schreiben – (idem je nach TAG-Typ) und diese mittels Middleware an ein übergeordnetes IT-System (z.B. ERP- oder LVS Software, o.ä.) zur weiteren Verwendung bzw. Nutzung zu transferieren.*

*Somit wäre eigentlich „Reader-Writer“ bzw. „Lese-Schreibgerät“ der richtige Ausdruck. Der Einfachheit halber wird die Bezeichnung „Reader / Lesegerät“ verwendet.*

Der Reader besteht aus

- einer oder mehrerer Antenne/n (Koppelement),
- einer Kontrolleinheit (Master-Controller / Readereinheit),
- einem Interface (Datenverbindung zu Middleware)

und kann

- in diversen Ausführungen zur Anwendung kommen.



Abb. 059: Reader, S. 401

Die Klassifizierung der Reader erfolgt anhand

- der Erfassungsreichweite,
- der Frequenz,
- der Sendeleistung sowie
- der Datenübertragungsprotokolle.

#### 3.3.2.2.1. Antenne - Koppelement

Antennen gibt es in unterschiedlichen Formen sowie Bauweisen und mit verschiedenen technischen Anforderungen.

Diese richten sich nach ihrem Einsatzbereich.

<sup>63</sup> vgl. P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 9 ff. / Info – Auskunft TAGnology, 2021



Abb. 060: Diverse Antennentypen, S. 401

Folgende Merkmale sind beim Antenneneinsatz zu beachten: <sup>64</sup>

### Polarisation

- **Antennen mit linearer Polarisation** senden ihre Wellen entlang einer geraden Achse aus (horizontal flach liegend „-“ oder vertikal stehend „|“, von vorne betrachtet), haben eine höhere Reichweite, müssen jedoch exakt auf den oder die TAGs gerichtet sein. Ohne diese korrekte Ausrichtung wird die Reichweite erheblich reduziert.
- **Antennen mit zirkularer Polarisation** senden ihre Wellen spiralförmig entlang einer Achse aus („O“, von vorne betrachtet). Die Reichweite ist zwar geringer als bei der linear polarisierten Antenne, dafür muss die Ausrichtung nicht so genau passen, da der Einflussbereich größer ist.

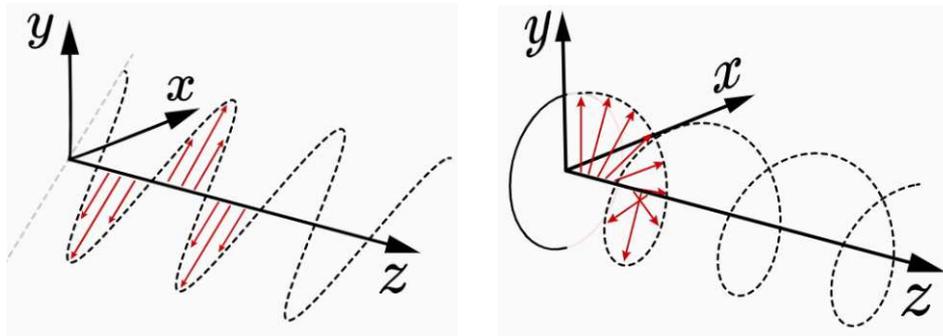


Abb. 061: Linear- und Zirkularpolarisation, S. 401

### Größe

*Faustformel: je größer die Antenne – desto größer der Antennengewinn = die mögliche Reichweite. Im Industrie- und Produktionsgewerbe kann die Antenne unter Umständen größer ausfallen, da sie stationär fixiert wird und das Design eine untergeordnete Rolle einnimmt. Bei tragbaren Verbrauchsgegenständen ist die Antenne meist mobil in einem Handheld integriert. Wenn hierfür wenig Platz vorgesehen ist, müssen zudem sämtliche Komponenten unter Berücksichtigung des Designs kleiner ausfallen.*

### Ausrichtung direktional / omnidirektional

*Antennen mit direktonaler Ausrichtung senden das Signal nur in eine Richtung und erzeugen hierbei eine größere Lesereichweite; im Gegensatz dazu decken omnidirektionale An-*

<sup>64</sup> vgl. <https://www.fts-hennig.at/ratgeber/rfid-infos/#antennen>, aufgerufen am 04.12.20

tennen einen Bereich von 360° ab; allerdings fällt die Lesereichweite hier um ein Vielfaches schwächer aus.

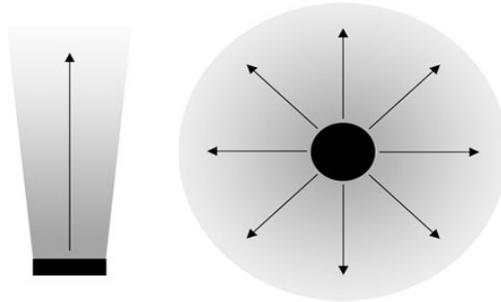


Abb. 062: Antennenausrichtung Direktional und Omni-Direktional, S. 401

### 3.3.2.2.2. Kontrolleinheit

Hierbei gibt es meist einen Mastercontroller / eine Readereinheit, wobei dieselbe Kontrolleinheit zwischen Antenne und Middleware geschaltet sind.

Mit der Readereinheit hat man die Möglichkeit, unterschiedliche Settings bzgl. der Erfassungsbereichsweite, Frequenz und Sendeleistung festzulegen und des Weiteren die Datenübertragungsprotokolle zu überwachen bzw. mitzuloggen.



Abb. 063: Mastercontroller mit Controller, S. 401

Wie bei der Antenne gilt auch hier, dass die Kontrolleinheit bei Industrie- und Produktionsanwendungen größer ausfallen kann; z.B. als Box am Gate oder direkt an der Bandstation. Bei Verbrauchsgegenständen wie dem Handheld muss die Kontrolleinheit verschwindend klein ausfallen.

### 3.3.2.2.3. Interface zu Middleware

Lesegerät und Middleware werden durch unterschiedliche Schnittstellen (USB, Netzwerk, serielle Schnittstelle usw.) meistens fix miteinander verkabelt.

### 3.3.2.2.4. Reader Bauformen

Reader können in den unterschiedlichsten Bauformen zur Anwendung kommen, wobei man sie in stationäre und mobile Reader unterteilt.

### Stationäre Reader

Diese Reader sind fix verortet. Die Antenne kann getrennt vom Reader installiert werden.

Vorteil: Mehrere Antennen können an einem Lesegerät angeschlossen sein: z.B. als Installation an einem fixen Gate oder am Lauf-Rollenband als Zusammenschluss in einer Kontrollbox. Dadurch wird die Lesereichweite erhöht.

Nachteil: nicht mobil, unhandlich



Abb. 064: Stationärer Reader am Gate, S. 401



Abb. 065: Stationärer Reader am Lauf-Rollenband, S. 401

### Mobile Reader

Dazu zählen Handhelds (HF-UHF) und Mobiltelefone (HF mittels NFC). Die Antenne ist gemeinsam mit dem Reader im Lesegerät verbaut.

Vorteil: diese Geräte sind klein und handlich;

Nachteil: kleinere Erfassungreichweite aufgrund von minimiertem Antennenverbau möglich;



Abb. 066: Mobiler Reader als Handheld (UHF), S. 401



Abb. 067: Mobiler Reader als Mobiltelefon, S. 401

### 3.3.2.3. Middleware / Applikation <sup>65</sup>

Unter „Middleware“ versteht man die Softwareapplikation, die den Reader und seine Datenströme mit der Unternehmenssoftware / IT-Systemen (z.B. ERP-System, Lagerverwaltungssystem, u.ä.) verknüpft, aber davon entkoppelt hält und somit die

- Bewältigung großer Datenmengen,
- Ansteuerung mehrerer Reader (Pulkerfassung),
- Auswertung und Durchführung einer Plausibilitätsprüfung der Daten sowie die
- saubere Einbindung dieser Daten in ein übergeordnetes Datenbanksystem

ermöglicht. Im Normalfall wird die Middleware vom RFID-Systemanbieter mitgeliefert.

<sup>65</sup> vgl. P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 10

Anwendungen hierzu finden sich bei komplexen Datenbanksystemen großer Logistik- und Produktionsbetriebe, wobei fehlerhafte Infos oder doppelte TAGs – Datenbankeinträge smart gefiltert und nicht in das übergeordnete Datenbanksystem als Eintrag weitergeleitet werden.

### 3.3.2.3.1. Unternehmenssoftware / IT-Systeme <sup>66</sup>

Unternehmenssoftwares, die von der Middleware Daten übertragen bekommen, sind z.B. ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning) oder LVS-Systeme (Lagerverwaltungssysteme).

#### ERP (Enterprise Resource Planning)

Bei ERP handelt es sich um komplexe Anwendungen, die zur Steuerung von Unternehmensprozessen sowie zur Planung betrieblicher Ressourcen eingesetzt werden.

Insoweit wird von betriebswirtschaftlicher Standardsoftware gesprochen, die die Bereiche Rechnungswesen, Kostenrechnung, Kalkulation, Vertrieb und Logistik, Beschaffung und Produktion abdeckt. Logistikfunktionen bei ERP umfassen die Bestandsplanung, Materialbedarfsrechnung, die Lagerverwaltung und die Kommissionierung.

#### LVS (Lagerverwaltungssystem)

Ein LVS verwaltet die operativen Lagerprozesse und ist in der Lage, den gesamten innerbetrieblichen Materialfluss im Sinne der Intralogistik abzubilden. Neben der Lagerplatzverwaltung kann das LVS zudem das Kommissionieren, die Versandabwicklung, das Verpacken, den Warenein- und -ausgang sowie das Palettieren übernehmen.

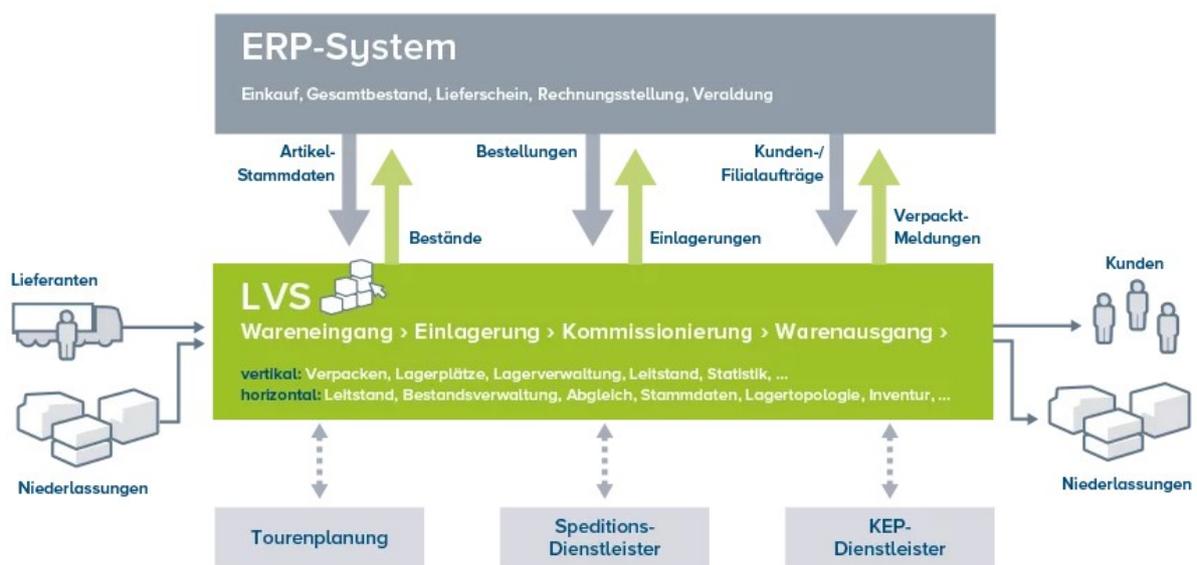


Abb. 068: ERP / LVS-Schema, S. 401

<sup>66</sup> vgl. O.-E. Heisereich et al., Logistik, 2011, S. 369 ff.

### 3.3.3. RFID Merkmale

Bei der Anwendung von RFID gibt es zahlreiche Unterscheidungsmerkmale. Anbei erfolgt eine Auflistung der wichtigsten Merkmale samt Erläuterung.

#### 3.3.3.1. Frequenz <sup>67</sup>

RFID-Systeme kann man grundlegend in folgende Frequenzbereiche unterteilen:

<b>LF-Bereich</b>	<b>(Low-Frequency)</b>	<b>125 kHz (EU);</b>
<b>HF-Bereich</b>	<b>(High-Frequency)</b>	<b>13,56 MHz (EU);</b>
<b>UHF-Bereich</b>	<b>(Ultra-High-Frequency)</b>	<b>868 MHz (EU);</b>
<b>SUHF-Bereich / Mikrowelle</b>	<b>(Short-Ultra-High-Frequency)</b>	<b>2,45 GHz (EU);</b>

#### LF-Bereich (Low-Frequency) 125 kHz – 135 kHz:

- Die Trägerfrequenz in der EU liegt bei 125 kHz.
- Dieser Frequenzbereich lässt nur geringe Übertragungsraten und Übertragungsabstände zu.
- Eine Auslesung ist somit nur im Nahbereich (mm – cm-Bereich) möglich.
- LF-Transponder sind kostengünstig.
  - o Anwendung z.B. in der Tieridentifizierung, Werkzeugidentifizierung, bei Zutrittskontrollen, in der Abfallwirtschaft, bei Wegfahrsperrern

#### HF-Bereich (High-Frequency) 6,78 MHz – 40,68 MHz:

- Die Trägerfrequenz in der EU liegt bei 13,56 MHz.
- Dieser Frequenzbereich lässt höhere Übertragungsraten und -abstände als im LF-Bereich zu.
- Für eine normale HF-Anwendung ist eine Auslesung im Nah- bis Mittelbereich (cm – m-Bereich) möglich; eine NFC Auslese ist nur im Nahbereich (mm – cm-Bereich) möglich.
- NFC bedeutet „Near-Field-Communication“ und ist ein auf passiver RFID-Technologie basierender internationaler Übertragungsstandard im HF-Bereich, mit dem Datenübertragungsprotokoll Standard ISO/IEC 14443 und einer Frequenz von 13,56 MHz. Das Auslesen funktioniert über eine Funk-Luftschnittstelle.
- HF-Transponder sind teurer als LF-Transponder.
  - o Anwendung z.B. für Bibliotheksverwaltung, Dokumentenmanagement, Handel, Ticketing, Logistik; NFC-Funktion als TAG und Reader für kontaktlose Datenübertragung im Nahverkehr sowie kontaktloses Zahlungsmittel

#### UHF-Bereich (High-Frequency) 868 MHz – 950 MHz:

- Die Trägerfrequenz liegt bei 868 MHz (EU); 915 MHz (USA); 950 MHz (Japan).
- Dieser Frequenzbereich lässt nochmals höhere Übertragungsraten und -abstände als im HF-Bereich zu.

<sup>67</sup> vgl. G. Tamm et al., RFID-Informatik, 2005, S. 19 ff. / K. Finkenzeller, 2015, S. 24 ff.

- Somit ist eine Auslesung im Mittel- und Fernbereich (m-Bereich) möglich
- UHF-Transponder sind teurer als HF-Transponder.
  - o Anwendung z.B. für Logistik-, Lager- und Warenverfolgung, KANBAN Systeme, Abfallwirtschaft

**SUHF-Bereich (Super-Ultra-High-Frequency) / Mikrowelle 2,45 GHz – 24 GHz:**

- Die Trägerfrequenz liegt in der EU bei 2,45 GHz, in den USA bei 5,8 GHz.
- Dieser Frequenzbereich lässt sehr hohe Übertragungsraten und -abstände zu.
- Eine Auslesung ist somit im Fernbereich (mehrere m Bereich) möglich.
- SUHF-Transponder sind derzeit noch sehr teuer.
  - o Anwendung z.B. für Mauterfassung, Auto- und Containertracking als RTLS, Bildertracking im Kunstbereich, WLAN- und Bluetooth Standards

**3.3.3.2. Schreib- Lesereichweite / Kopplung <sup>68</sup>**

Bei den Lesereichweiten wird zwischen Close Coupling, Remote Coupling und Long Range unterschieden.

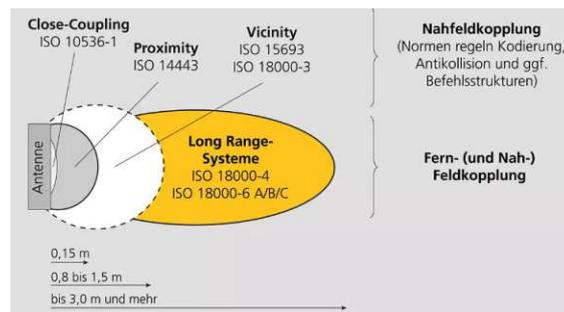


Abb. 069: Schreib- Lesereichweite / Kopplung, S. 401

Lesereichweiten und diesbezügliche Kommunikationsmethoden bzw. Datenübertragungsverfahren müssen international standardisiert und genormt sein, damit diese kontinentübergreifend, sprich weltweit, funktionieren. Detailinfos hierzu sind in Kapitel 3.3.3.10. „Standards“ vorzufinden.

**Close Coupling (Nahfeldübertragung)**

RFID-Systeme mit sehr geringen Reichweiten, im Bereich von 0 bis 1 cm, werden als Close Coupling Systeme bezeichnet. Durch die enge Kopplung können dem TAG größere Energiemengen zur Verfügung gestellt werden.

Dabei wird der TAG üblicherweise in ein Lesegerät gesteckt oder auf ein genau definiertes Feld gelegt, denn beim Auslesen ist die exakte Position des TAG wichtig.

Die Kommunikation zwischen TAG und Reader geschieht über eine Lastmodulation. Hierbei werden die zu übertragenden Daten in digitale Signale umgewandelt, die wiederum mit Hilfe eines Lastwiderstandes ein- und ausgeschaltet werden. Die entstandenen Änderungen in

<sup>68</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 24 ff. / P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 11

der Gegeninduktivität werden vom Reader aufgenommen und mittels Demodulationsverfahren in die ursprünglichen Daten übergeführt.

Dieses System verwendet zur Kopplung sowohl kapazitive (elektrische) als auch induktive (magnetische Wellen) Felder.

Eingesetzt wird Close Coupling in Bereichen, in denen hohe Sicherheitsanforderungen und geringe Reichweiten gewünscht sind (z.B. für elektronische Türschließenanlagen, Bankomatkarten mit Chip und Zahlungsfunktion).

### Remote Coupling (Nah- und Mittelfeldübertragung)

RFID-Systeme mit Reichweiten im Bereich von bis zu 1 m werden als Remote Coupling Systeme bezeichnet.

Für den Betrieb des TAG reicht die Energie aus dem Magnetfeld des Readers aus, denn die Energieversorgung des TAG erfolgt meist passiv.

Diese Systeme verwenden zu 95 % rein induktiv (magnetische Wellen), lediglich die restliche 5 % nutzen kapazitiv (elektrische) Felder zur Kopplung.

- **Somit decken Close Coupling und Remote Coupling gemäß dem Prinzip der größtenteils (magnetischen) induktiven Kopplung den LF- sowie HF-Bereich ab.**

### Longe Range (Fernfeldübertragung)

RFID-Systeme mit Reichweiten im Bereich von über 1 m (passive TAGs bis zu 15 m, semi-aktive TAGs bis zu 100 m), werden als Longe Range Systeme bezeichnet. Die Energieübertragung des Readers dient nur zum „Wecken und in Schlummermodus versetzen“ des TAG. Der TAG selbst benötigt meist eine eigene integrierte Batterie zum Betrieb.

Alle Long Range Systeme arbeiten mit elektromagnetischen Wellen im UHF- und Mikrowellenbereich. Der Großteil dieser Systeme wird aufgrund seines physikalischen Funktionsprinzips auch als Backscatter-System bezeichnet. Das bedeutet, dass eine Rückspiegelung und Modulierung der ausgesendeten Wellen erfolgt.

Im Mikrowellenbereich gibt es noch einige wenige Long Range Systeme mit Oberflächenwellen-Transpondern; diese gelten als Auslaufmodelle.

- **Longe Range deckt den UHF sowie SUHF-Mikrowellenbereich mit seinem Prinzip der größtenteils verwendeten (elektromagnetischen) Backscatter Kopplung ab.**

Der Übergangsbereich von Nah- und Mittelfeldübertragung (magnetisch induktive Kopplung) zu Fernfeldübertragung (elektromagnetisch Backscatter Kopplung) liegt bei ca. 13,56 MHz.

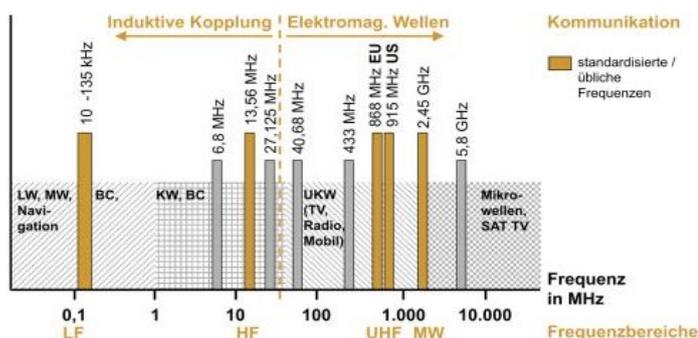


Abb. 070: Frequenzbereiche für Nahfeld- und Fernfeldübertragung, S. 401

### 3.3.3.3. Datenstromübertragung <sup>69</sup>

Bzgl. der Datenübertragung unterscheidet sich das Duplex-Verfahren (Duplex) vom sequentiellen Verfahren (SEQ).

Der Unterschied zwischen den beiden Verfahren ist, dass die Energieübertragung beim Duplex Verfahren durchgängig abläuft, während beim sequentiellen Verfahren diese Übertragung unterbrochen neben der Datenübertragung (downlink, uplink) erfolgt.

Das Duplex-Verfahren kann nochmals in Vollduplex- (FDX) und Halbduplex- (HDX) Verfahren unterteilt werden.

- Während beim Vollduplex-Verfahren das Reader- und Transpondersignal gleichzeitig neben der Energieversorgung übertragen werden, läuft dies beim Halbduplex-Verfahren zeitlich versetzt ab.

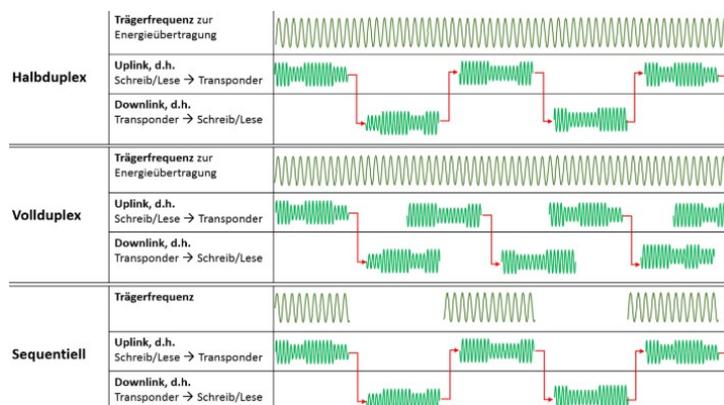


Abb. 071: Datenübertragungsverfahren, S. 401

### 3.3.3.4. Energieversorgung / TAG-Arten

In puncto RFID-Systeme gibt es ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal, und zwar die Energieversorgung. Diesbezüglich lässt sich eine Unterteilung in passive und aktive sowie semi-aktive Transponder festlegen.

Außerhalb des Ansprechbereichs des Readers / Lesegerätes verhält sich der Transponder ruhig, in Schlummerstellung. Erst innerhalb wird er aktiv und wacht auf.

#### 3.3.3.4.1. Passive Transponder <sup>70</sup>

Diese besitzen keine eigene Energieversorgung. Die erforderliche Energie wird dem Reader mittels Kopplung der Transponderantenne über sein magnetisches oder elektromagnetisches Feld entnommen.

Die abgestrahlte Energie des Readers dient zur Datenübertragung vom Reader zum Transponder wie auch umgekehrt. Es ist keine eigene Batterie am TAG vorhanden. Dies wirkt sich einerseits vorteilhaft auf die TAG-Größe aus, denn so können die TAGs kleiner

<sup>69</sup> vgl. P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 11

<sup>70</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 25 / Info – Auskunft TAGnology, 2021

werden und in ihrer Form optimiert werden, andererseits sind sie günstiger in der Herstellung und besitzen teils eine längere Lebensdauer.

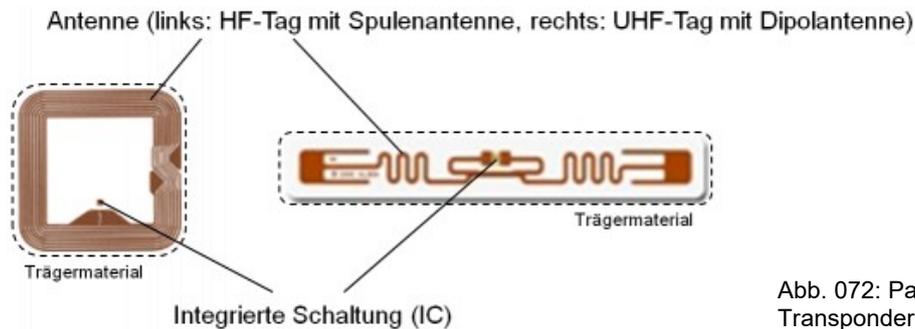


Abb. 072: Passive Transponder, S. 401

Nachteilig sind die geringere Speicherkapazität und die geringere Übertragungreichweite durch den Entfall der zusätzlichen Batterie.

Die Anwendungsbereiche der passiven TAGs sind sehr vielfältig. Sie werden vor allem in Bereichen eingesetzt, in denen große Stückzahlen benötigt werden (Massenmarkt – Massenware) und niedrigere Kosten somit maßgebend sind.

Anwendung: z.B. für Tracking von Paletten, Maschinen, Produkten sowie Bauteilen in der Logistik- und Automobil- sowie Verpackungsindustrie usw.

### 3.3.3.4.2. Aktive Transponder <sup>71</sup>

Im Gegensatz zu den passiven Transpondern verfügen sie über eine eigene Energieversorgung; diese kann mittels einer Batterie oder Solarzelle erfolgen.

Die Energie der Batterie wird nicht etwa zum Aufbau der Kopplung zwischen TAG und Reader benötigt, sondern kann unabhängig davon zur Spannungsversorgung des Chips sowie zur Erweiterung der Kommunikations- und Funkreichweite des TAGs (durch die eigene Stromversorgung) – was sich als großer Vorteil erweist – herangezogen werden.

Ein weiterer Vorteil der eigenen Batterie am TAG besteht in der größeren Speicherkapazität als bei passiven Transpondern.



Abb. 073: Aktive Transponder, S. 401

Nachteilig erweisen sich die dadurch größer werdende Bauform sowie die eingeschränkte Lebensdauer der Batterie, was somit folglich auch die Lebens- und Verwendungsdauer der TAGs verkürzt.

<sup>71</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 26 / Info – Auskunft TAGnology, 2021

*Auch die Kosten sind bei aktiven TAGs um ein Vielfaches höher als bei passiven TAGs. Die Anwendungsmöglichkeiten der aktiven TAGs sind in der Tat vielfältig. Sie werden dann eingesetzt, wenn geringe Stückzahlen benötigt werden (kein Massenmarkt – Massenware) und die folglich doch um ein Vielfaches höheren Kosten nicht allzu sehr ins Gewicht fallen sollen.*

Anwendung: z.B. für Container- oder Behältertracking, Identifizierung von Fahrzeugen, Tracking von Gemälden im Kunstbereich usw.

### **3.3.3.4.3. Semi-aktive Transponder** <sup>72</sup>

Diese Art von Transpondern ist eine Kombination aus aktiven und passiven TAGs. Die Kopplung erfolgt wie bei den passiven TAGs über das magnetische bzw. elektromagnetische Feld; die Energieversorgung der TAG-Chips sowie des Datenspeichers wird, wie bei den aktiven TAGs, von der Batterie erledigt.

Der Vorteil der Semi-aktiven TAGs liegt im niedrigen Fremdenergiebedarf und der dadurch möglichen Erhöhung der Kommunikations- und Funkreichweite des TAG.

Im Vergleich zu passiven TAGs können Semi-aktive TAGs Reichweiten von ca. 100 m erlangen.

Nachteilig ist, wie bei den aktiven TAGs, die verkürzte Lebensdauer aufgrund des Batterieeinsatzes.

### **3.3.3.5. Datenspeicherung Data-on-TAG / Data-on-Network** <sup>73</sup>

*Je nach Anwendungsfall können die Daten am Transponder „Data-on-TAG“ oder in einer zentralen Datenbank / Cloud „Data-on-Network“ gespeichert werden.*

#### **Data-on-TAG**

Hierbei handelt es sich um eine dezentrale Datenspeicherung / Datenverwaltung. Dabei werden (lt. EPC-Standard) die eindeutige TAG-ID sowie alle objektbezogenen Daten (Stammdaten, Materialdaten, Prozessdaten) auf dem Transponder hinterlegt.

Die Daten-Infos am TAG müssen lesbar und (sofern gewünscht) auch veränderbar sein, was so viel bedeutet, dass einmal- oder wiederbeschreibbare TAGs eingesetzt werden müssen.

Vorteile sind, dass

- alle Informationen direkt, dezentral am TAG verfügbar sind und es keine Abhängigkeit von einer zentralen Datenbank gibt; somit entfällt auch deren Wartung.

Nachteile sind, dass

- neben der TAG-ID auch objektbezogene Daten gelesen werden (und mit diesem erhöhten Aufwand bei den Lese- und Schreibvorgängen ein langsamerer Datenaustausch erfolgt).
- die objektbezogenen Infos nur vor Ort am TAG mittels Direktauslesen und -beschreiben adaptiert werden können.

<sup>72</sup> vgl. P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 14 / Info – Auskunft TAGnology, 2021

<sup>73</sup> vgl. Info – Auskunft TAGnology, 2020

- höhere Kosten für wiederbeschreibbare TAGs anfallen und
- sämtliche Informationen bei Zerstörung des TAG verloren gehen.

### **Data-on-Network**

Hierbei handelt es sich um eine zentrale Datenspeicherung / Datenverwaltung. Dabei wird (lt. EPC-Standard) nur die eindeutige TAG-ID auf dem Transponder gespeichert; die objektbezogenen Daten (Stammdaten, Materialdaten, Prozessdaten) liegen in einer dezentralen Datenbank am Server / der Cloud und werden durch das Lesen der TAG-ID am Transponder aufgerufen.

Vorteile sind, dass

- nur die TAG-ID am Transponder ausgelesen werden muss (womit ein schnellerer Datenaustausch möglich ist).
- der Rest der objektbezogenen Daten in einer externen Datenbank liegt, und die Daten von überall aus gelesen und / oder verändert werden können.
- folglich keine wiederbeschreibbaren, sondern nur lesbare TAGs verwendet werden können (da Adaptierungen direkt in der Datenbank vorgenommen werden); diese sind aus kostentechnischer Sicht günstiger und die Infos in der Datenbank bleiben bei Zerstörung des TAG erhalten.

Nachteile sind, dass

- der ständige Zugang zur Datenbank / Cloud gegeben sein muss; dies erfordert die stetige Wartung derselben, was Kosten verursacht.
- der Zugriff auf die Daten bei einem Systemausfall der Datenbank / Cloud möglicherweise nicht gewährleistet ist.

### **3.3.3.6. EPC - Typ 1 / Gen 2 - Speicherfähigkeit - Zugriff - Speichertechnologie**

Vor Behandlung der Themen Speicherfähigkeit und Zugriff wird der Electronic Product Code (EPC) und sein Aufbau im Detail erklärt; zudem werden weitere verwandte und derzeit am Markt vorhandene EPC-Kodierungen aufgezählt.

#### **3.3.3.6.1. Electronic Product Code (EPC) <sup>74</sup>**

*Der Electronic Product Code (EPC) ermöglicht eine eindeutige und unverwechselbare Identifizierung eines Objekts mittels vergebener Nummer (Seriennummer).*

*Wie bereits im geschichtlichen Teil erwähnt, ist der Electronic Product Code (EPC Typ1) kompatibel mit dem European Article Number (EAN), da diese in der 2003 vom MIT gegründeten EPCglobal Inc. aufeinander abgestimmt wurden.*

*Über die EPCglobal Länderorganisationen (GS-1) werden Nummernkontingente vergeben; diese sorgen dafür, dass die Eindeutigkeit gewährleistet bleibt.*

*Die ältere 64 Bit-Version des EPC wird durch die neuere 96 Bit-Version des EPC abgelöst. Folgende(r) Grundaufbau / Struktur ist auf dem Transponder in Form von Strings von Bits*

---

<sup>74</sup> vgl. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 416 ff.

gegeben:

- Header, Domain-Manager, Objekt-Klasse, Seriennummer.

### 3.3.3.6.2. EPC Typ 1 <sup>75</sup>

01	000A89.	00016F.	00169DC0
<b>Header</b>	<b>Domain-Manager</b>	<b>Objekt-Klasse</b>	<b>Seriennummer</b>
8 Bit	28 Bit	24 Bit	36 Bit

Die Teilfragmente des EPC haben folgende Zuständigkeitsbereiche:

- Header:** legt EPC-Codierschema fest;  
 nachfolgende Struktur kann von Codierung zu Codierung variieren;
- Domain-Manager:** besteht aus Basisnummer; gibt Auskunft über Herkunft / Hersteller;
- Objekt Klasse:** enthält Nummer der Oberklasse, die Objekt zugeordnet ist (Apfelsaft, 0,75 Liter, Tetrapack) Nummer entspricht der EAN-Artikelnummer;
- Seriennummer:** ist die fortlaufende Nummer eines Produkts; z.B. Apfelsaftflaschen;

Mit der Einführung des EPC verfolgte man im Wesentlichen das Ziel, die Transparenz hinsichtlich Herkunft und Verbleib von Waren zu erhöhen und somit die Vernetzung von Warenströmen zu erleichtern.

### 3.3.3.6.3. EPC Gen 2 <sup>76</sup>

EPC Gen 2 gilt als die Weiterentwicklung von EPC Typ 1 und verbessert den Vorgängertyp um ein Vielfaches. Dieser Standard umfasst neben den Datenformaten auch die Kommunikation zwischen Transponder und Reader.

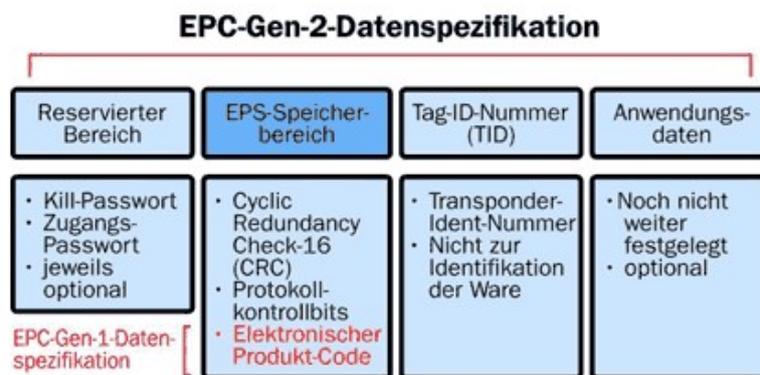


Abb. 074: EPC Gen 2 Spezifikation, S. 401

Das heißt, dass nicht nur die Kompatibilität zum EAN-Code verbessert ist, sondern auch damit alphanumerische Daten abgebildet werden können. Der Header hat weiterhin 8 Bits, die 64-Bit-Version wurde nun komplett von der 96-Bit-Version abgelöst.

<sup>75</sup> vgl. <https://www.rfid-basis.de/rfid-technik.html>, aufgerufen am 02.09.20

<sup>76</sup> vgl. <https://www.rfid-basis.de/rfid-technik.html>, aufgerufen am 02.09.20

*Durch den Gen 2 Typ erfährt der Anwender eine Leistungssteigerung. Es existieren 3 verschiedene Leseinstellungen, durch die die Datenübertragung optimiert werden kann. Verschiedene Codierungsarten erlauben auch den Betrieb von konkurrierenden Anwendungen.*

*Die Lesegeschwindigkeit konnte zur GS-1 Variante erhöht bzw. verdoppelt werden.*

*Bzgl. Pulkerfassung und zur Reduktion diesbezüglicher Lesefehler wurden bei Gen 2 Schnittstellen zur Anwendung definiert, die die Rohdaten der gelesenen Transponder weiterverarbeiten (= Middleware).*

*Die Entwickler versprechen sich durch den neuen Standard eine bemerkenswerte Verbesserung und somit eine schnellere und effizientere Handhabung.*

*Neben der EPC Artikelkennzeichnung SGTIN-96 (serialized global trade item number) gibt es noch weitere Codierungen. Gegenwärtig sind dies insgesamt 15 an der Zahl. Anbei die Wichtigsten:*

- *GID-96 (general identifier, 96 Bit),*
- *SSCC (serial shipping container code),*
- *SGLN (serialized global location number),*
- *GRAI (global individual asset identifier),*
- *DoD-identifier (department of defense USA).*

#### **3.3.3.6.4. Speicherfähigkeit - Zugriff - Speichertechnologie <sup>77</sup>**

*Bzgl. der Speicherfähigkeit der Transponder lässt sich folgende Unterteilung in Read-Only (RO), Write-Once-Read-Many (WORM) und Read-Write (RW) treffen:*

##### **Read-Only (RO)**

*Diese Transponder können nur vom Hersteller einmalig beschrieben werden, z.B. bei Speicherung der ID- oder Seriennummer (max. 128 Bit groß) auf dem TAG. Alle anderen User haben auf den Transponder nur Lesezugriff. Es können im Nachhinein keine weiteren Infos, wie z.B. objektbezogene Daten (Stammdaten, Materialdaten, Prozessdaten), hinzugefügt, überschrieben oder gelöscht werden. Nur ein kleiner Speicher ist erforderlich.*

##### **Write-Once\_Read-Many (WORM)**

*Diese Transponder können auch nur einmalig beschrieben werden, wobei dies durch den Hersteller oder User erfolgt. Diese Berechtigungswahl ist das einzige Unterscheidungsmerkmal zu den Read-Only TAGs. Nur ein kleiner Speicher ist erforderlich.*

##### **Read-Write (RW)**

*Diese Transponderart kann vom Hersteller oder User unendlich oft wiederbeschrieben werden; ebenso kann deren Dateninhalt, wie z.B. objektbezogene Daten (Stammdaten, Materialdaten, Prozessdaten) (exkl. ID- oder Seriennummer), geändert werden. Ein großer Speicher ist erforderlich.*

---

<sup>77</sup> vgl. O.-E. Heisereich et al., Logistik, 2011, S. 349 ff.

*Bzgl. der Speichertechnologie werden bei beschreibbaren TAGs*

- *mit induktiver Kopplung, nicht flüchtige Speicher wie z.B. EEPROM, FRAM eingesetzt (Daten bleiben ohne Stromversorgung erhalten).*
- *mit elektro-magnetischer Kopplung, flüchtige Speicher wie z.B. SRAM eingesetzt (Daten benötigen Batterieversorgung, um erhalten zu bleiben).*

*In Teilbereichen des Speichers können die TAGs auch mit einem Schreibschutz versehen und gesperrt werden; das heißt, dass hier weder geschrieben noch gelesen werden kann.*

### **3.3.3.7. Pulkfähigkeit - Antikollision** <sup>78</sup>

*Bei der Verwendung von RFID ist es möglich, Daten mehrerer Transponder gemeinsam im „Pulk“ zu erfassen, sofern sie sich im Lesebereich des Readers (das ist die Voraussetzung) befinden.*

*Dabei können die Transponder an Kartons, auf Paletten oder einfach an diversen Objekten innerhalb eines Raumes angebracht sein. Somit entfällt hier das Scannen und Erfassen jedes einzelnen Transponders (was beim Barcode bekanntlich ein Muss ist). Die Möglichkeit einer Gesamtdatenerfassung bedeutet eine immense Zeitersparnis, setzt aber eine schnelle Datenübertragung voraus.*

### **3.3.3.8. Einflussfaktoren / Störeffekte** <sup>79</sup>

*Die RFID-Technologie ist eine fragile Technik, bei der es bei Nichtbeachtung von diversen Einflüssen zu Störungen kommen kann.*

#### **Material des Objekts**

*Das Material, auf dem der TAG angebracht oder eingebaut wird, hat große Auswirkungen auf die zu treffende TAG-Art sowie TAG-Materialität; beide beeinflussen die Resonanzfähigkeit des Transponders sehr. Dies spielt beim Einsatz von LF- und HF-Transpondern mit induktiver Kopplung ein untergeordnetes Thema, bei UHF-Transpondern und elektro-magnetischer Kopplung ist dies jedoch von großer Wichtigkeit.*

*So können die elektro-magnetischen Wellen vom Trägermaterial z.B. bei Metalloberflächen reflektiert (erzeugen Interferenzen) oder auch z.B. im Umfeld von Flüssigkeiten absorbiert (erzeugen Verluste) werden.*

*Daher ist es notwendig, zwischen dem TAG und dem Trägermaterial ein Abstandsmaterial vorzusehen; andernfalls kann es vorkommen, dass der TAG nicht mehr sichtbar / nicht auslesbar ist.*

#### **Elektrische Störquellen**

*Diese können z.B. durch Elektromotoren und ihre elektro-magnetischen Wellen, die sich in der Nähe des TAG befinden, hervorgerufen werden. Das Problem kann mittels Abschirmung reduziert bzw. verhindert werden.*

---

<sup>78</sup> vgl. Info – Auskunft TAGnology, 2021

<sup>79</sup> vgl. W. Günthner et al., Technikleitfaden für RFID-Projekte, 2011, S. 19 ff.

### Umgebungsbedingungen

Hier gibt es eine Vielzahl an Einflüssen, wie z.B.

- Mechanische Belastungen im Arbeitsablauf mittels Stößen, Drücken, Schwingungen, Reibungen, Berührungen,
- Thermische Belastungen durch hohe bzw. tiefe Temperaturen,
- Chemische Belastungen durch Öle, Reinigungsmittel, Säuren, Laugen,
- Witterungseinflüsse durch Wasser, Luftfeuchte,
- Einflüsse durch Fremdkörper,

die die Kopplung beeinflussen und somit die Lesereichweite einschränken können.

### 3.3.3.9. Schutzarten - Schutzklassen <sup>80</sup>

Um den diversen Einflussfaktoren bzw. Störeffekten entgegenzuwirken, müssen die Transponder bzw. deren Komponenten wie auch die Reader geschützt werden.

Hierfür wurden eigene Schutzklassen, z.B.

- Schutz gegen Berührung / Fremdkörper (erste Kennziffer) und
- Schutz gegen Wasser (zweite Kennziffer)

entwickelt und in IP-Klassen lt. DIN EN 60529 eingeteilt.

Die IP-Schutzart wird als „IP-xy“ angegeben, wobei x und y aus der Tabelle wählbar ist.

- z.B. IP-54 Schutz gegen Spritzwasser

Kennziffer / Schutzgrad	ERSTE KENNZIFFER		ZWEITE KENNZIFFER
	Berührungsschutz	Fremdkörperschutz	Wasserschutz
0	kein Schutz	kein Schutz	kein Schutz
1	Schutz gegen den Zugang mit dem Handrücken	Schutz gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser $\geq 50$ mm	Schutz gegen Tropfwasser
2	Schutz gegen den Zugang mit einem Finger o.ä.	Schutz gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser $\geq 12,5$ mm	Schutz gegen fallendes Tropfwasser, wenn das Gehäuse bis zu $15^\circ$ geneigt
3	Schutz gegen den Zugang mit Werkzeug, Draht $\geq 2,5$ mm $\varnothing$	Schutz gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser $\geq 2,5$ mm	Schutz gegen fallendes Sprühwasser bis $60^\circ$ gegen die Senkrechte
4	Schutz gegen den Zugang mit einem Draht $\geq 1$ mm o.ä.	Schutz gegen feste Fremdkörper mit Durchmesser $\geq 1,0$ mm	Schutz gegen allseitiges Spritzwasser
5	vollständiger Schutz gegen Berührung	staubgeschützt / Schutz gegen Staub in schädigender Menge	Schutz gegen starkes Strahlwasser
6	vollständiger Schutz gegen Berührung	staubdicht / kein Eindringen von Staub	Schutz gegen starkes Strahlwasser unter erhöhtem Druck
7			Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen
8			Schutz gegen dauerndes Untertauchen

Abb. 075:  
IP-Schutzarten,  
S. 401

<sup>80</sup> vgl. P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 18 ff.

### 3.3.3.10. Standards <sup>81</sup>

In diesem Kapitel werden die wichtigsten internationalen Standards sowie Normungen kurz angeführt.

*Standards betreffen die*

- *Frequenzbereiche,*
- *Schnittstellen,*
- *Geschwindigkeiten,*
- *Kodierungen,*
- *Antikollisionsverfahren,*

*hinsichtlich Transponder und Reader.*

*Neben dem EPC- und ISO-Standard für den globalen Handel gibt es weitere Standards in der Luftfahrt, Standards in der Pharmaindustrie und Standards beim Militär. Nachfolgend werden ausschließlich EPC- und ISO-Standards behandelt.*

#### 3.3.3.10.1. EPC- und ISO-Standard (Handel global)

*EPC: Electronic Product Code / ISO: International Standards Organisation*

*Der EPC-Standard gilt branchenübergreifend. In verschiedenen Arbeitsgebieten (Handel, Gesundheit/Pharma, Transport/Logistik) werden die Bedürfnisse eruiert, gesammelt und anschließend zu Standards ausgearbeitet.*

*EPCglobal und ISO existieren derzeit nebeneinander. Die Regelungen dieser Standards sind notwendig, damit die Technologien weltweit, länder- und branchenübergreifend zum Einsatz kommen können.*

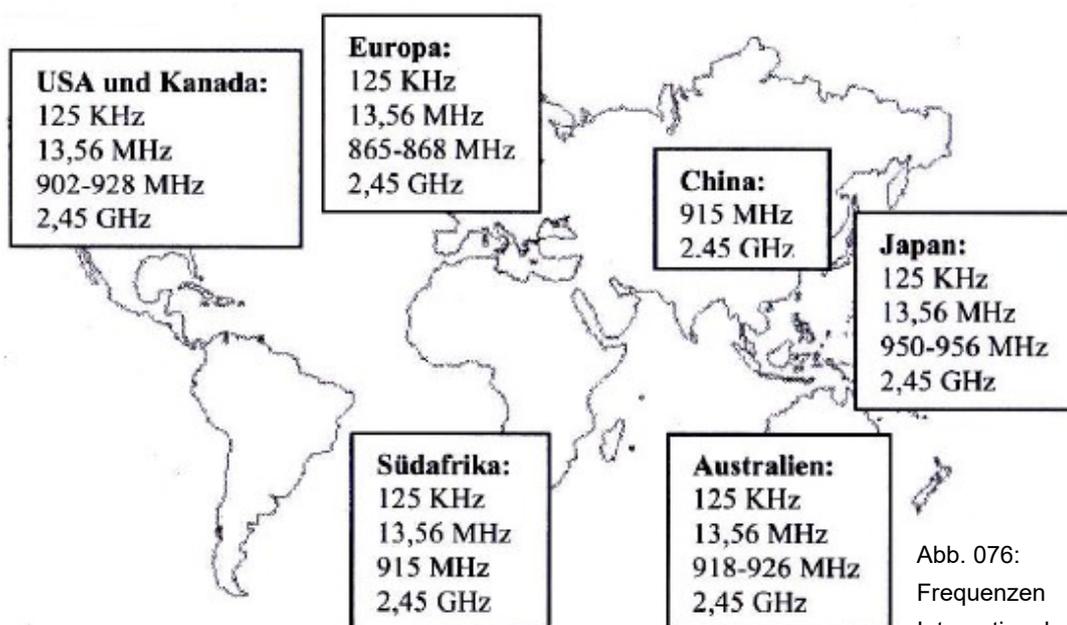


Abb. 076:  
Frequenzen  
International,  
S. 402

<sup>81</sup> vgl. P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 19 ff.

Wie aus der Abbildung hervorgeht, gibt es weltweit

- im LF- sowie HF-Bereich – mit Ausnahme von China – gleiche Frequenznutzungen,
- im UHF-Bereich komplett unterschiedliche Frequenzanwendungen,
- im SHUF-Bereich wiederum vollends einheitliche Frequenzen.

*Die weltweite Standardisierung / Harmonisierung unterliegt den Zwängen des Mobilfunks; bei militärischer Nutzung besteht wenig Interesse einer Angleichung.*

*Bis eine Harmonisierung erfolgt, wird deshalb aktuell an Transpondern geforscht, die auf verschiedenen Frequenzen arbeiten und so weltweit zum Einsatz kommen.*

*Eine weitere Unterscheidung hinsichtlich Transpondern und Readern besteht – neben der Frequenz – in der Einteilung in verschiedene Klassen nach EPC.*

Anbei die Tabelle für das Air-Interface-Protokoll (AIP)

Class 0	Read-only, passiv, mit 64 Bit oder 96 Bit EPC die EPC-ID wird während der Produktion der Tags implementiert und kann nur gelesen werden (ohne eigene Energiequelle)	900 MHz
Class 0+	Write Once Read Many, passiv Tags sind mit dem Class 0- Protokoll lesbar	900 MHz
Class 1	Write Once Read Many, passiv, mit 64 Bit oder 96 Bit EPC Nutzer kann den Tag einmal mit einer eigenen ID beschreiben	860–960 MHz 13,56 MHz
Class 2	Write Once Read Many, passiv, mit zusätzlichen Funktionen, zum Beispiel Datenspeicher für Kryptografie (Verschlüsselung)	860–930 MHz
Class 3	Write/Read-Tags, aktiv	860–930 MHz
Class 4	Write/Read-Tags, aktiv, durch kleine integrierte Funkeinheiten ist die Kommunikation zwischen den Transpondern ist möglich	860–930 MHz
Class 5	Write/Read-Tags, aktiv, die mit allen Klassen (auch 1, 2 und 3) aktiv kommunizieren können	860–930 MHz
Gen 2	Write Once Read Many, passiv, mit mind. 224Bit (96 Bit EPC- Daten und 32 Bit für die Fehlerkorrektur, einen Anwender- Datenbereich), Kill-Kommando steht zur Verfügung	860–960 MHz 13,56 MHz in Arbeit
Gen 2, Class 1	Ablösung der Gen-1 Class 0 und 1 Spezifikationen, passiv, mit mindestens 256 Byte Speicher, 2006 als ISO-Standard 18000-6c übernommen	860–960 MHz 13,56 MHz in Arbeit

Abb. 077: EPC Klassen, S. 402

*Um RFID auch für andere Anwendungen zu standardisieren, wurden die ISO-Normen entwickelt, wie z.B.*

- *Regelung für kontaktlose Chipkarten mit diversen Leseabständen sowie*
- *Regelung für die Güter- und Warenwirtschaft*
  - o *Standards für Luftschnittstellen,*
  - o *Konformitätstests für RFID-Geräte,*
  - o *Identifizierung von Waren mittels RFID,*

### 3. Grundlagen

die aus den nachfolgenden Tabellen ersichtlich sind.

„Close-coupled“-Karten, Kontaktlose Chipkarten mit Leseabstände von 0 bis 1 cm		< 30 MHz
ISO/IEC 10536-1:2000	Physikalische Eigenschaften	
ISO/IEC 10536-2:1995	Abmessungen und Lage der Koppelflächen	
ISO/IEC 10536-3:1996	Elektrische Signale und Reset-Prozeduren	
„Proximity“-Karten, Kontaktlose Chipkarten mit Leseabstände von 7 bis 15 cm		13,56 MHz
ISO/IEC 14443-1:2000	Physikalische Eigenschaften	
ISO/IEC 14443-2:2001 Änderung 1:2005 Korrektur 1:2007	Hochfrequenz-Energieübertragung und Signalschnittstelle	
ISO/IEC 14443-3:2001 Änderung 1:2005 Korrektur 1:2006 Änderung 3:2006	Initialisierung und Antikollisionsverfahren	
ISO/IEC 14443-4:1996 Änderung 1:2006	Übertragungsprotokoll	
„Vicinity“-Karten, Kontaktlose Chipkarten mit Leseabstände bis 1 m		13,56 MHz
ISO/IEC 15693-1:2000	Beschreibung der physikalische Eigenschaften	
ISO 15693-2:2006	"Vicinity"-Karten, Kontaktlose Chipkarten, Definition der Luftschnittstelle und Initialisierung	
ISO 15693-3:2001	"Vicinity"-Karten, Kontaktlose Chipkarten, Definition der Antikollisionsverfahren und Übertragungsprotokoll	

Abb. 078: ISO  
Normen, S. 402

Standards für die Luftschnittstellen		
ISO 18000-1:2004	Allgemeine Spezifikation für die Luftschnittstelle für global akzeptierte Frequenzen	
ISO 18000-2:2004	Parameter für die Kommunikation bei kurzen Leseab- ständen	< 135 kHz
ISO 18000-3:2004	Parameter für die Kommunikation bei Leseabständen bis 1,55 m	13,56 MHz
ISO 18000-4:2004	Parameter für die Kommunikation bei Leseabständen größer 100 m	2,45 GHz
ISO 18000-6:2004 Änderung 1: 2006	Parameter für die Kommunikation bei Leseabständen größer 4 m	860 - 960 MHz
ISO 18000-7:2004	Parameter für die Kommunikation über aktive Luft- schnittstelle	433 MHz
Testverfahren für Konformitätstests von RFID-Geräten		
ISO/IEC TR 18047-2:2006	Testverfahren für die Kommunikation	< 135 kHz
ISO/IEC TR 18047-3:2004 Korrektur 1:2007	Testverfahren für die Kommunikation	13,56 MHz
ISO/IEC TR 18047-4:2004	Testverfahren für die Kommunikation	2,45 GHz
ISO/IEC TR 18047-6:2006	Testverfahren für die Kommunikation	860 - 930 MHz
ISO/IEC TR 18047-7:2005	Testverfahren für die Kommunikation	433 MHz
Identifizierung von Waren mittels Hochfrequenz (RFID) für das Management des Warenflusses		
ISO/IEC 15961:2004	Datenprotokoll, Anwendungsschnittstelle (API)	
ISO/IEC 15962:2004	Datenprotokoll, Regeln für die Datencodierung und Funktionen des logischen Datenspeichers	
ISO/IEC 15963:2004	Eindeutige Identifizierung von RF-Tags	

### 3.3.3.11. Kosten <sup>82</sup>

#### 3.3.3.11.1. Transponder

Die Kosten für passive oder aktive bzw. semi-aktive Transponder sind – Stand 2021 – noch relativ hoch. Abhängig von der Arbeitsfrequenz und Bauform (z.B. Label aus Papier, Kunststoff oder mit Glas- Plastikgehäuse) liegt der derzeitige Durchschnittspreis für

-	<i>passive TAGs pro Stk.</i>	<i>LF</i>	<i>bei ca.</i>	<i>0,89 € - 2,40 €</i>
		<i>HF</i>	<i>bei ca.</i>	<i>0,94 € - 2,45 €</i>
		<i>UHF</i>	<i>bei ca.</i>	<i>1,09 € - 3,50 €</i>
-	<i>aktive TAGs pro Stk.</i>	<i>SUHF</i>	<i>bei ca.</i>	<i>20,00 € - 90,00 €</i>

Experten gehen davon aus, dass sich gewisse Transponder aufgrund der rasanten Entwicklung des RFID-Bereichs der vergangenen Jahre und dem prognostizierten, enormen Entwicklungspotential im Industrie-, Bau- und vor allem Verbrauchersektor rasch am Markt behaupten; daher und mit den folglich steigenden Produktionsstückzahlen werden die Kosten sinken.

#### 3.3.3.11.2. Lesegeräte

Auch die derzeit auf dem Markt erhältlichen Lesegeräte sind relativ teuer. Dies ist der mangelnden und rückständigen Standardisierung zuzuschreiben, da nicht alle Transponder mit den jeweiligen Frequenzen von allen Readern gelesen werden können. Es existieren somit nur Insellösungen, die idem teuer sind.

Die derzeitigen Kosten eines Readers belaufen sich je nach Anwendungsart und -form als

-	<i>stationäre Industriereader</i>	<i>auf ca. 1.500,00 € - 4.500,00 € pro Stk.</i>
-	<i>Handhelds</i>	<i>auf ca. 500,00 € - 2.500,00 € pro Stk.</i>

Wenn sich zukünftig ein einheitlicher Standard durchsetzt, werden laut Expertenmeinung die Preise auch bei den Readern bzw. Lesegeräten sinken.

### 3.3.3.12. Kennzeichnung - Label <sup>83</sup>

Seitens der Europäischen Kommission wurde am 12.05.2009 die Kennzeichnungspflicht für RFID mittels EU weit gültigem Logo festgelegt und im Jahr 2011 mittels Privacy Impact Assessment Framework (PIAF) ratifiziert.

Dies bedeutet: Wann und wo auch immer RFID zur Anwendung kommt, muss es im Sinne des Datenschutzes ersichtlich gemacht werden.



Abb. 079: RFID-Logo,  
S. 402

<sup>82</sup> vgl. Info – Auskunft TAGnology, 2021

<sup>83</sup> vgl. in Anlehnung an <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de>, aufgerufen am 18.01.21

### 3.3.3.13. Vergleich RFID-Merkmale

Anbei folgt der RFID-Frequenzvergleich (LF, HF inkl. NFC, UHF, SUHF) samt zugehöriger Merkmale, die auf der Grafik von P. Jehle<sup>84</sup> basieren und vom Autor nach fundierten Gesprächen mit dem Projektpartner TAGnology neu gruppiert bzw. adaptiert wurden.

Transponder- typ Merkmale	LF-TAG	HF-TAG	UHF-TAG	SUHF-TAG
Frequenz	135 kHz	13,56 MHz (NFC-Frequenz)	868 MHz	2,45 GHz
Datenübertragungsraten	gering	höher	hoch	sehr hoch
Schreib- und Lesereichweite	0 - 1cm	bis zu 1m (NFC mm - cm)	über 1m	ca. 6m bei passiven TAGs ca. 100m bei aktiven TAGs
Kopplung	induktive Kopplung		elektro-magnetische Kopplung	
Datenübertragungsverfahren	Duplexverfahren / Sequentielles Verfahren			
Energieversorgung TAG-Art	Passiv	Passiv und Semi-Aktiv	Passiv und Aktiv	
Datenspeicherung	Data on TAG / Data on Network			
Speicherfähigkeit - Zugriff	Read-Only, Write-Once_Read-Many, Read-Write (i.d.R bis 2 kBit Speicher)	Read-Only, Write-Once_Read-Many, Read-Write (i.d.R bis 2 kBit Speicher)	Read-Only, Write-Once_Read-Many, Read-Write (i.d.R bis 256 kBit Speicher bei aktiven TAGs)	
Speichertechnologie	bei beschreibbaren TAGs (induktive K) nicht flüchtige Speicher EEPROM, FRAM; (Daten bleiben ohne Stromversorgung erhalten)		bei beschreibbaren TAGs (elektro-magnetische K) flüchtige Speicher SRAM; (Daten benötigen Batterieversorgung um erhalten zu bleiben)	
Pulkfähigkeit (Antikollision)	möglich (bis zu 25 Stk)	möglich (bis zu 100 Stk)	möglich (bis zu 500 Stk)	
Einflussfaktoren - Störeffekte auf TAG u Reader	Flüssigkeit - Absorption des TAG (Verluste) Einfluss - niedrig	Flüssigkeit - Absorption des TAG (Verluste) Einfluss - hoch	Flüssigkeit - Absorption des TAG (Verluste) Einfluss - sehr hoch	
	Metall - Abschwächung des TAG Magnetfeldes		Metall - Reflexion des TAG an Metalloberfläche (Interferenz), Abstandsmaterial vorsehen	
	Elektrisch - niedrig	Elektrisch - hoch	Elektrisch - sehr hoch	
	TAG- Reader Umgebungsbedingungen Mechanische/Thermische/Chemische/Witterung/ Einflüsse durch Fremdkörper - niedrig		TAG- Reader Umgebungsbedingungen Mechanische/Thermische/Chemische/Witterung/ Einflüsse durch Fremdkörper - hoch	
ca. Kosten für Transponder	passiv 0,89€ - 2,40€	passiv 0,34€ - 2,45€	passiv 1,03€ - 3,50€	aktiv 20,00€ - 90,00€
Bauformen	Smartlabel, Coils, Karten, Disks, Münzen, Glasgehäuse	Smartlabel, Disks, Schlüsselanhänger, Kunststoffgehäuse	Smartlabel, Disks, Kunststoffgehäuse, Uhren, Schlüsselanhänger, Chipkarten	
Anwendungshäufigkeit in der Praxis	gering - mittel	hoch	sehr hoch	mittel

Tab. 002: RFID-Frequenzen und Merkmale, S. 412

LF-TAGs punkten mit geringen Kosten, haben aber aufgrund ihrer niedrigen Frequenz eine zu geringe Datenübertragungsrate und finden somit in der Praxis wenig Anwendung. SUHF-TAGs schneiden gesamtheitlich gut ab, deren sehr hohe Kosten hemmen aber die Anwendung. HF-Transponder (inkl. NFC) sowie UHF-Transponder punkten mit einer guten Gesamtperformance bei geringen bzw. mittleren Kosten. Laut Prognose von TAGnology gelten sie somit als die zukünftigen Zugpferde. Diese TAGs werden in jenen RFID-Bereichen bzw. Branchen eine tragende Rolle spielen, in denen es derzeit schon Anwendungen gibt; möglicherweise wird es ihnen gelingen, sich dort zu etablieren und zu festigen sowie in zukünftigen, „neuen“ Entwicklungsmärkten bzw. Bereichen, wie z.B. dem Bauwesen, für die sie alle geeigneten Voraussetzungen besitzen, Fuß zu fassen.

<sup>84</sup> vgl. Neugruppierung-Erweiterung der Tabelle nach Gespräch mit TAGnology in Anlehnung an P. Jehle et al. Intellibau, 2011. S. 27

### 3.3.4. RFID im Lebenszyklus

In Kapitel 3.1.3. hat der Autor die Digitalisierung über den Lebenszyklus samt dessen Phasen kurz und prägnant wiedergegeben. In Kapitel 3.2. folgte der Vergleich der Auto-ID-Systeme, wo bereits aufgezeigt wurde, dass durch den Einsatz verschiedenster Auto-ID-Techniken das digitale Schnittstellenproblem bzgl. Informations- und Datenverlust sowie Medienbruch zwischen virtueller Datenebene und realer Gebäudeebene reduziert bzw. unter Verwendung von RFID komplett eliminiert werden könnte.

Wie RFID im Phasenmodell des Lebenszyklus funktioniert und welchen Nutzen es stiftet, legt der Autor nach Erklärung der wichtigen Pkt. Datentypen bzw. Bauteilinformationen sowie Admin- Zugriffsrechte im Lebenszyklus dar.

#### Datentypen – Bauteilinformationen

In den Phasen der Planung, Errichtung sowie dem Betrieb und Abriss eines Gebäudes und der damit einhergehenden zeitlichen Entwicklung fallen folgende Datentypen als Bauteilinformationen an:

##### Virtuelle Datenebene = SOLL-DATEN (Stammdaten) <sup>85</sup>

*In der Planungsphase werden auf der **virtuellen Datenebene** sämtliche Quantitäten, Qualitäten und Vorgaben (wie etwa Bereiche, Räume, Bauteile hinsichtlich Gestaltung, Materialität und Ausstattung auszusehen haben) definiert.*

- *Man bezeichnet sie auch als SOLL-DATEN bzw. Stammdaten der späteren Leistungserbringung; sie sollten bereits in der Planung – spätestens kurz vor Bau – eingefroren werden.*
  - o Nur bei etwaigen Änderungen oder Umplanungen werden diese angepasst.

##### Reale Gebäudeebene = IST-DATEN (Materialdaten, Prozessdaten) <sup>86</sup>

*Bei Ausführung des Projekts werden diese Daten auf der **realen Gebäudeebene** gesammelt und den jeweiligen Bereichen, Räumen, Bauteilen, Maschinen, evtl. auch Personen zugeordnet.*

- *Man bezeichnet sie als IST-DATEN der erbrachten Leistung; sie werden in der Phase Bau laufend bis zum Bauende aktualisiert.*

*IST-DATEN bestehen aus*

- *Materialdaten (verbaute Materialien lt. Baustoffindustrie) und*
- *Prozessdaten (unterstützen die Materialdaten mit flankierenden sowie den Herstellprozess mit beschreibenden Informationen).*

*IST-DATEN sind nur temporär für die jeweilige Phase, z.B. Bau, wichtig und werden mit der Abnahme und dem Übergang zur nächsten Phase, z.B. Betrieb, obsolet, da dort wieder neue Prozessdaten anfallen.*

Somit ist es enorm wichtig die beiden Datentypen SOLL zu IST ständig auf dem aktuellen Stand zu halten bzw. bei jedem Phasenübergang eine genaue Datenanalyse vorzunehmen; falls notwendig, sollen nicht mehr benötigte Daten – irrelevant welchen Typs – sauber archiviert werden, damit man jederzeit darauf zurückgreifen kann.

Folgt eine Umbaumaßnahme, z.B. in der Phase Betrieb, wird ebenso vorgegangen, wie in der Phase Bau soeben beschrieben.

<sup>85</sup> vgl. in Anlehnung an P. Jehle et al. Intellibau 2, 2012, S. 58

<sup>86</sup> vgl. in Anlehnung an P. Jehle et al. Intellibau 2, 2012, S. 58 f.

Die Planung generiert auf der virtuellen Datenebene als Anforderung neue SOLL-DATEN, bei der Umsetzung werden diese mittels IST-DATEN als Material- und Prozessdaten ergänzt. Nach der Abnahme des Umbaus werden wiederum nicht mehr benötigte Daten archiviert.

### Admin- Zugriffsrechte

Da es im Laufe eines Projektes über den gesamten Lebenszyklus viele Akteure gibt und nicht jeder alle Daten sehen kann / bearbeiten muss oder soll, ist es sehr wichtig und unumgänglich, sauber und klar definierte Zugriffsrechte für Zuständigkeitsbereiche und darin enthaltene Daten-Unterlagen durch einen Administrator zu vergeben.

So muss z.B. allen Nutzern der Zugriff auf die ID sowie auf allgemein zugänglichen Daten, wie Quantitäten, Qualitäten und den Grobterminplan, gewährleistet sein. Zugriff auf spezifische Daten wie Detailtermine und Kosten sind ausschließlich einem kleinen Personenkreis (wie z.B. Bauleitung, BH-ÖBA) vorbehalten.

So ist im Sinne des Qualitätsmanagements gewährleistet, dass jeder nur die für ihn bestimmten Daten und seines Zuständigkeitsbereichs auslesen bzw. bearbeiten kann / darf. Daten fremder Zuständigkeitsbereiche bleiben verborgen und unberührt.

### 3.3.4.1. RFID-Nutzen im Phasenmodell des Lebenszyklus

Unter Betrachtung von RFID im Sinne der Wertschöpfungskette im Phasenmodell des Lebenszyklus sowie bei dem damit verbundenem Studium der unten angeführten Grafik „Durchgängiges Datenflussmodell des Lebenszyklus mit RFID“,<sup>87</sup> hat sich der Autor erlaubt, Ergänzungen in diversen Farben hinzuzufügen.

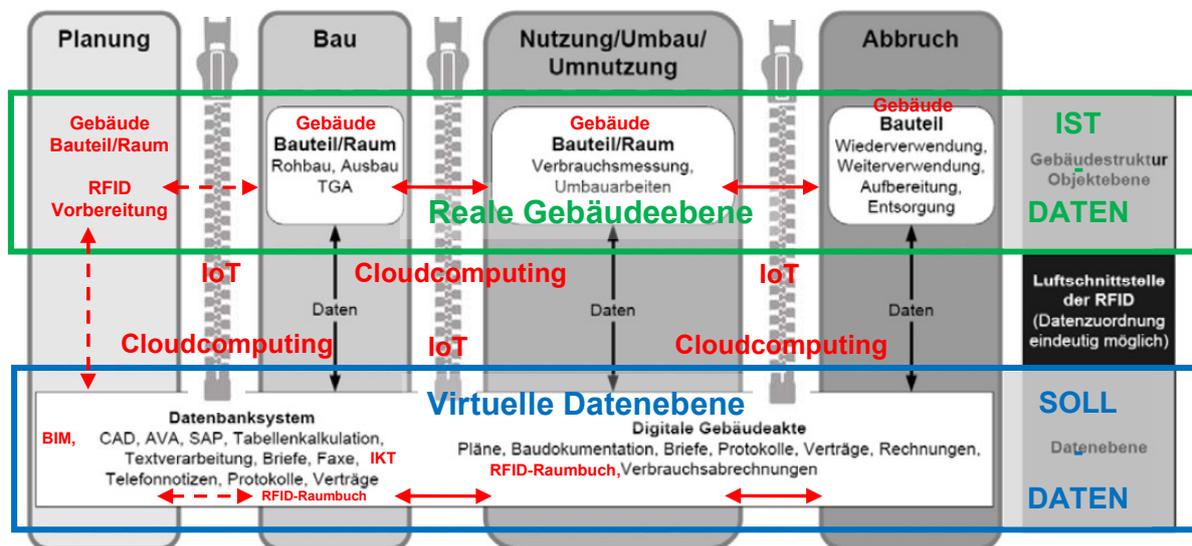


Abb. 080: Durchgängiges Datenflussmodell d. Lebenszyklus mit RFID ohne Informations- u. Datenverluste sowie ohne Medienbrüche, S. 402

### RFID-Phasenübergreifend

Damit die RFID-Technologie hinsichtlich der Digitalisierung im Phasenmodell funktioniert bzw. eingebunden werden kann, müssen sämtliche relevanten Daten und Infos aller Phasen

<sup>87</sup> vgl. in Anlehnung an P. Jehle et al. Intellibau, 2011, S. 31

des Lebenszyklus in digitaler Form verfügbar sein und miteinander verknüpft werden / verknüpfbar sein.

Hierzu eignen sich einfache Officeanwendungen für nicht komplexe Bauvorhaben sowie Datenbanksysteme für komplexe Bauvorhaben und das Nutzen von virtuellen Projekträumen sowie Projektplattformen, mittels derer phasenübergreifend im Team gearbeitet werden kann.

### **RFID in Phase Planung**

Planung des Bauwerks auf der virtuellen Datenebene = SOLL-DATEN.

- Das Bauprojekt, die Bereiche und Bauteile werden im 3D-BIM-Modell, am Plan mit
  - o einer eindeutigen und unverwechselbaren ID,
  - o genauer Verortung in Gebäude, Ebene, Raum,
  - o Angabe von parametrischen Daten (Bauteilabmessungen),
  - o Angabe von Attributen (Quantitäten und Qualitäten für Hochbau, HKLS-E, Sonstiges), Terminen und Kosten im Sinne des Controllings,
  - o sowie bauverfahrensspezifischen Vorgabenversehen.
- RFID kommt hier nur indirekt zum Einsatz;
  - o es können vorbereitende Maßnahmen für die Planung des Bauwerkes auf der virtuellen Datenebene = SOLL-DATEN getroffen werden.
  - o Die reale Gebäudeebene der nachfolgenden Phase Bau = IST-DATEN ist noch nicht existent.
- Sämtliche Daten und Informationen werden bzw. sollen zukünftig nicht mehr analog (in Papierform) sondern nur noch digital (via CAD, BIM, IKT, Dokumentenmanagement) ausgetauscht werden. Pläne und Daten in Papierform dienen nur als Backup.

#### RFID-Nutzen in Phase Planung kompakt zusammengefasst:

- Planung sowie Austausch sämtlicher Daten und Informationen nur mehr auf digitalem Wege sowie unter Einbindung – Vorbereitung der RFID-Thematik; diese findet hier noch keine Anwendung.

### **RFID in Phase Bau**

Herstellung des Bauwerks auf der realen Gebäudeebene = IST-DATEN.

- Verbindung der virtuellen Datenebene mit der realen Gebäudeebene mittels RFID-Transpondern im Sinne von „*Virtuality meets Reality*“.<sup>88</sup>
- Der damit verbundene Informations- und Datenverlust – Medienbruch kann somit vermieden werden, da im laufenden Baugeschehen
  - o Materialdaten (je nach Baufortschritt und je Bauteil) sowie
  - o Prozessdaten (Dokumentation der Anlieferung, des Einbaus, der Einbaupartie, Angabe von Wetterdaten, Nutzung, Q-T-K usw.)für Materialien, Personen, Werkzeuge und Maschinen ständig aktualisiert werden.
- Der bis dato erfolgte analoge Datenaustausch von Lieferscheinen, Handzetteln mit Anweisungen an Personal und Subgewerke, Vermerken von Bauzuständen, Details,

---

<sup>88</sup> vgl. Eigendefinition Armin Kamenschek

- Quantitäten, Qualitäten, Terminplänen usw. kann durch die Verwendung von RFID-Transpondern ersetzt werden, da die notwendigen Infos auf Gebäude-, Raum- und Bauteilebene übermittelt und abgelegt werden und somit unverwechselbar sind.
- RFID kann in weiterer Folge im Sinne des Baustellencontrollings zu SOLL-IST-Vergleichen sowie diesbezüglicher Überwachung und Abnahme von Quantitäten, Qualitäten, Terminen und Kosten im Rohbau sowie Ausbau durch den GU - AN (Bauleitung und Polier) gemeinsam mit BH - AG (Örtliche Bauaufsicht und Gewährleistung) genutzt werden.
  - Ob „Just in Time“-Vergleiche möglich sind, ist aus dem später folgenden Forschungsprojekt ersichtlich.
    - o Eine Qualitätssteigerung der Ausführung wäre die Folge.
    - o Eine Effizienz- Produktivitätssteigerung sowie Zeit- und Kostenersparnis ist die logische Konsequenz.
  - Auch besteht die Möglichkeit des Einsatzes von RFID in Kombination mit Sensortechnik (Temperatur, Feuchte, Druck usw.) bei eingebauten Materialien sowie zum Auslesen von Maschinendaten, wobei dies wesentlich dazu beiträgt, den Bau effizienter zu gestalten und diesen zu optimieren.
  - Die Arbeitsanweisungen werden direkt am Transponder für Raum oder Bauteil verortet.
    - o Bei Fertigstellung der Arbeit können diese dann im Sinne des Controllings zur eigenen Leistungsfeststellung sowie der Subunternehmer für Freigaben / Nicht-Freigaben und zur Dokumentation herangezogen werden.
  - Die digitale Dokumentation liegt am Transponder des jeweiligen Bauteils, Raumes, Bereiches oder mittels Datenbankabfrage in der Cloud jederzeit vor.
  - Auch das Mängelmanagement wird durch die Anwendung von RFID unterstützt.

#### RFID-Nutzen in Phase Bau kompakt zusammengefasst:

- Herstellung des Bauwerks auf der realen Gebäudeebene = IST-DATEN.
- Im Sinne des Baustellencontrollings kann die Nutzung von RFID für SOLL-IST-Vergleiche sowie diesbezügliche Überwachung und Abnahme von Quantitäten, Qualitäten, Terminen und Kosten im Rohbau sowie Ausbau durch den GU - AN (Bauleitung und Polier) gemeinsam mit BH - AG (ÖBA und GWL) genutzt werden.
- Dokumentation ist ständig abruf- und verfügbar; Abnahmen laufen automatisierter ab.
- Fehler im Bauprozess sowie in den Abläufen werden durch die Anwendung von RFID minimiert, da immer die aktuellsten Daten für den jeweiligen Prozess bereitstehen.
- Der Qualitätsstandard wird aufgewertet.
- Effizienzsteigerung durch Zeit- und Kostenersparnis ist die Folge.
- Wichtige Daten des Bauprozesses bleiben am Transponder oder in der Datenbank gespeichert und gehen somit nicht verloren.

#### **RFID in Phase Nutzung-Betrieb**

Der Facilitymanager führt in der Phase Nutzung & Betrieb Wartungs-, Pflege- und Instandhaltungsarbeiten des Bauwerks, die Verwaltung des Flächenmanagements, die Raumservicierung, Reinigungsarbeiten sowie evtl. anfallende Umbauarbeiten auf realer Gebäudeebene aus = IST-DATEN.

- Hierzu benötigt er eine vollständige Baudokumentation, die in der Bauphase mittels analog und digital gesammelten Dokumenten im Sinne der Bauwerksdoku an den Auftraggeber / Betreiber übergeben werden.
  - o Dabei fehlen des Öfteren wichtige Daten bzw. Dateien; bei jedem zusätzlichen Besitzer- oder Betreiberwechsel gehen weitere wichtige Daten verloren. Die Beschaffung dieser fehlenden Daten ist mit Zeit sowie zusätzlichen Kosten verbunden.
  - o Durch die Verwendung von RFID lässt sich der beachtliche Informations- und Datenverlust bezüglich analoger Dokumentationsübergabe verhindern, da sämtliche relevanten Daten am Transponder oder in der Datenbank gespeichert sind. Eine Dokumentation in Papierform dient in diesem Fall nur mehr als Backup.
  - o Für sämtliche zu tätige Umbaumaßnahmen liegen somit alle relevanten Bauteildaten vor.
  - o Auch für Instandhaltungsarbeiten ist dies von Bedeutung, denn mittels RFID und der Verortung der Daten am Bauteil kann nachvollzogen werden, welcher Subunternehmer in der Phase Bau in welchem Bereich gearbeitet hat.
- Des Weiteren können mittels Anwendung von RFID in der Phase Betrieb verschiedenste Dienstleistungen, wie z.B. Reinigung, Wachdienst- und Sicherheitsdienst-rundgänge, genau dokumentiert werden.
  - o Hierfür wird das Lesegerät, in Form vom Telefon oder Chip, an eine gewisse Position eines Transponders gehalten; Datum, Zeit und Ort werden mitge-loggt.

#### RFID-Nutzen in Phase Nutzung-Betrieb kompakt zusammengefasst:

- Die digitale Dokumentation ist für den Facilitymanager am Transponder des jeweiligen Bauteils oder mittels Datenbankablage in der Cloud abrufbar. Pläne und Daten in Papierform dienen nur als Backup.
- Wie die Umbaumaßnahmen können auch die notwendigen Dienstleistungen in der Betriebsphase rasch dokumentiert werden.

#### **RFID in Phase Abriss**

Abbruch des Bauwerks auf der realen Gebäudeebene = IST-DATEN.

- Das Gebäude wird abgetragen, wobei im Normalfall in diesem Zusammenhang kaum Unterlagen existieren. Die ohnehin teure Analyse des Bestandes bezüglich Struktur, verbauten Materialien und etwaigen Gefährdungen kostet zudem viel Zeit.
- Durch die Anwendung von RFID sind die relevanten Daten bzgl. Gebäude, Räumen, Bauteilen sowie der verbauten Materialien am Transponder / in der Datenbank den gesamten Lebenszyklus über gespeichert und somit jederzeit abrufbar.
  - o Dies ist sehr effizient, spart Zeit und Kosten.

#### RFID-Nutzen in der Phase *Abriss* kompakt zusammengefasst:

- Auch in der Phase *Abriss* zeichnet sich RFID durch die kontinuierliche Datenverfügbarkeit am Objekt aus.
- Eine Analyse von Bestandsdaten ist somit hinfällig und spart zudem Zeit und Kosten.

Abschließend kann gesagt werden, dass RFID im Phasenmodell des Lebenszyklus in der

Theorie funktioniert und den Nutzen im Sinne der Digitalisierung mittels durchgängigem Datenflussmodell erfüllt.

Durch die Verwendung von RFID sind die Daten- und Kennwerte im Gebäude über den gesamten Lebenszyklus, also in all seinen Phasen, verfügbar.

- Zu jeder Zeit können relevante Daten aus der digitalen Baudokumentation bzgl. Umbauarbeiten, Instandhaltungsarbeiten oder Abbruch direkt vor Ort am Gebäude mittels Mobiltelefon, Tablet oder Handheld sowie im Büro am Stand-PC ausgelesen werden.

Prozesse wie die Information- und Kommunikationsflüsse werden optimiert. Das Arbeiten mit Datenbanken oder virtuellen Projekträumen, der Gebrauch von Dokumentenmanagementsystemen (DMS) oder Produktdatenmanagementsystemen (PDM) erleichtert die zukünftigen Aktivitäten im Lebenszyklusmodell, maßgeblich – entlang der gesamten Wertschöpfungskette.

Der vernetzte Informationsdatenfluss ermöglicht zukünftig die Anwendung und Nutzung von Cloudcomputing, Big Data sowie IoT im engeren Sinn.

### 3.3.5. RFID-Anwendung Bereiche - Branchen

Es folgt nun die Darstellung der unterschiedlich stark ausgeprägten Verwendung von RFID in neun vom Autor willkürlich ausgesuchten Bereichen bzw. Branchen, samt dazugehöriger Beispiele und RFID-Entwicklungstendenz.

Vor Einführung und Anwendung eines neuen Auto-ID-Systems – im Speziellen bei RFID – muss unabhängig von der Branche / Teilsparte eine genaue und detaillierte Prozessanalyse des jeweiligen und konkreten Anwendungsfalls erfolgen, in dem die essentiellen W-Fragen, wie z.B. das

- Wo,
- Wie,
- Wie lange und
- Warum

der Anwendung beantwortet werden.



Abb. 081: Prozessanalyse, S. 402

Denn nur so lässt sich das ausgewählte RFID-System samt seiner individuellen Unterscheidungsmerkmale und technischen Vorgaben bzw. Fähigkeiten zielgerecht an das neue

Einsatzgebiet oder die jeweilige Anwendung, sprich Bereichs- und Branchenumgebung, bestmöglichst anpassen und weiterentwickeln, denn

- RFID gibt es nicht als Universalsystem von der Stange zu kaufen.

Wie schon einige Male angemerkt, finden RFID-Systeme in unserem Alltag bewusst oder unbewusst mehr und mehr Einzug.

Dabei gibt es keine eindeutige bzw. einheitliche Konzentration am Markt. Der Erfolg von RFID-Systemen hängt vielmehr von diversen Pionier- und Pilotprojekten ab.

### 3.3.5.1. RFID im Medizin- und Gesundheitswesen <sup>89</sup>

Medizin- und Gesundheitswesen stehen mit der RFID-Technologie bereits in Kontakt.

Durch die stärkere Implementierung von RFID im Sinne der Digitalisierung dieser Branche könnte dies dazu führen, dass

- Prozesse optimiert und automatisiert und interne Abläufe weiterhin um ein Vielfaches vereinfacht werden.
- eine eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Materialien (bei OPs, im Lager),
  - o Personen (Patientenüberwachung, Ärzte- und Personalerreichbarkeit),
  - o Werkzeugen (im OP-Bereich z.B. Scheren, Klemmen) und
  - o Gütern bzw. Geräten (Rollstühle, OP-Utensilien, Medikamente, Decken, EKG)ermöglicht wird.
- der Einsatz von RFID auch im Bereich der Sensorik (24h EKG, Temperaturüberwachung von Blutbeuteln) möglich wird.
- sich als positive Folge bzw. Output eine Effizienzsteigerung, Zeit- und Kostensparnis ergibt.

Die Prozessoptimierung würde zweifelsohne zur dringend notwendigen Entlastung des Krankenhauspersonals und der Verwaltung führen:

- die Patientenversorgung (z.B. haben sie aufgrund der Entlastung mehr Zeit für Tätigkeiten am und mit dem Patienten) sowie deren Sicherheit könnte folglich ein höheres Level erreichen.

*Heutzutage werden während OPs immer wieder Materialien und gewisse Utensilien bzw. Werkzeuge, im OP-Saal bzw. am OP-Tisch verlegt;*

*Schlimmer noch ist die Situation, wenn solche Gegenstände versehentlich im Körper des Patienten vergessen werden.*

---

<sup>89</sup> vgl. in Anlehnung an Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen, 2005, S. 66 ff. / Durchgeführte telefonische Befragung mit leitenden Angestellten des Otto Wagner Spitals - OWS Wien / AKH Wien, 2020



Abb. 082: RFID-OP-Besteck und vergessene OP-Schere im Körper, S. 402

Diese Problematik kann mittels Tracking durch RFID vermieden werden, da die Position und Lage aller Materialien oder Utensilien, z.B. mittels einfacher Trackingfunktion oder Real-Time-Location-Systeme (RTLS), überwacht werden kann.

*Hinsichtlich der Patientenüberwachung könnten Personen bei der (stationären) Aufnahme mit einem RFID-Armband versehen werden, das neben einer eindeutigen ID alle relevanten Personen- und Patientendaten (auch die Krankenakte mit Blutgruppe, Allergien, Diagnosen usw.) enthält; dies würde das mühsame und analoge bzw. händische Registrierungsprozedere ersetzen.*

*Auch bei Kontrollterminen könnte dem Patienten eine RFID-Chipkarte ausgehändigt werden, die der Arzt dann ausliest.*

*Sofern SUHF zum Einsatz käme, könnte der Patient zudem bei Bedarf jederzeit im Krankenhausumfeld (im Gebäude sowie auf dem Außenareal) genau lokalisiert werden.*

*Ärzte und das Krankenhauspersonal sind bereits vielfach mit Transpondern ausgestattet, um bei Bedarf schnell geortet werden zu können.*



Abb. 083: RFID-Armbandskan / RFID basierte Dokumentation, S. 402

Dokumentationstätigkeiten sollten zukünftig digital geschehen; dadurch würden sämtliche Probleme – Fehleranfälligkeiten (z.B. aufgrund von Unleserlichkeit, Falschangaben in der Patientenkurve, Verabreichung von falschen Medikamenten usw.) in Zusammenhang mit der handschriftlichen Aufzeichnung der Vergangenheit angehören.

Die Verwendung von RFID im Gebiet der Sensorik (z.B. bei der automatischen Aufzeichnung des 24h-EKG sowie der Temperaturüberwachung bei Blutbeuteln) ist bereits möglich.

*Heikle, delikate Produkte – wie etwa Blutplasma und Blut- Gewebeproben – können problemlos gekennzeichnet und deren Transport im Krankenhaus sowie auch außerhalb lückenlos überwacht werden.*

Fixes oder bewegliches Inventar, wie z.B. Tische, Stühle, Rollstühle oder Patientenbetten, aber auch Gebrauchsgegenstände, wie Kleidung, Decken usw., könnten getrackt werden. Hierzu sind Antennen in gewissen Bereichen des Gebäudes sowie am Areal zur Positionserfassung notwendig.

Die Daten können dezentral am Transponder oder zentral in einer Datenbank abgelegt und gespeichert werden. Bei Bedarf könnten diese Daten u.a. auch mit jenen des Hausarztes verknüpft werden.

Einzig und allein das medizinische Personal (Krankenschwester, Arzt, Leitung) wäre in der Lage und berechtigt, die Daten einzusehen. Die Bedienung (Eingabe, Ausgabe = Lesen) erfolgt über PC, Mobiltelefon, Tablet oder Handheld. Gerade die IT-Sicherheit muss im Umgang mit Patientendaten extrem hoch gehalten werden und lückenlos gewährleistet sein.

Medikamente und Arzneimittel könnten rasch auf Fälschungen (Hinterlegung von Zertifikaten), Blutkonserven bzgl. An- und Abtransport genauestens überprüft werden, sofern die Produkte einzeln oder alternativ die gesamte Charge mit einem RFID-Transponder versehen wird. Hierzu könnte noch eine Vernetzung zwischen Krankenhaus, Apotheke und Labor erfolgen, die den Austausch von Information und Dokumentation immens erleichtern würde.

Im Krankenhaus wird zudem beim Wäschemanagement auf RFID-Technik gesetzt. Dienstkleidung in Form von Kitteln, Westen, Hosen, Leibchen, Socken usw. wird vom Herstellerbetrieb oder auch in der Krankenhauswäscherei mit transparenten, flexiblen waschbaren Leinen oder Silikon-TAGs (in Form von Labels, Bars oder Buttons) versehen und an das Personal – die Ärzteschaft, Reinigungskräfte usw. – verteilt.

Der damit verbundene Vorteil der enormen Zeitersparnis bei Ab- und Ausgabe wird durch der Tatsache vergrößert, dass bei Nachfrage eine genaue Auskunft erteilt werden kann, wo sich welches Kleidungsstück im logistischen Prozess befindet.

Auch die Inventurtätigkeiten bzw. die Erstellung des Inventars könnten dadurch enorm erleichtert werden; man wäre mit einem Knopfdruck in der Lage, den aktuellen Datenstand abzurufen.

Zur Anwendung kommen könnten hier z.B. bzgl.

- Transponder    Typ:        aktive oder passive TAGs,  
                          Art-Form: flexible-, biegsame TAGs, Klebeetiketten, RFID-Armbänder, RFID-Metal TAGs, Silikon TAGs jeden Formats und Größe
- Reader            stationäre Reader als Gates - RTLS; mobile Reader als Handhelds
- Middleware       Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System des Kunden

Entwicklungstendenz

- eine relativ junge und boomende Zukunftsbranche für den Einsatz von RFID

### 3.3.5.2. RFID im Sport- und Eventbereich <sup>90</sup>

Auch professionelle Sport-, Event- und Freizeitveranstaltungen nutzen bereits die RFID-Technologie.

So gibt es durch deren Einsatz auch in diesem Bereich:

- Prozessoptimierungen und damit verbundene Automatisierungen,
- eine eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Materialien (Anzugskontrollen, Materialnachverfolgung und -Prüfung usw.),
  - o Personen (Zutrittskontrollen, Startnummer, Live-Tracking bei Marathon- und sonstigen Laufveranstaltungen, im Sommer- wie auch Wintersport, z.B. Mountainbiken, Langlauf, Biathlon, Skifahren usw.),
  - o Gütern (Catering-Logistik)
  - o Geräten und Maschinen (Sportgeräte jeder Art, Autos, Flugzeuge)
  - o RFID und Sensorik (Telemetriedaten bei Autorennen).
- Effizienzsteigerung, Zeit- und Kostenersparnis.

*Bei Laufveranstaltungen wird ein passiver TAG z.B. in die Startnummer integriert, oder aber als in ein Plastikgehäuse integrierter Glastransponder am Schuh des jeweiligen Teilnehmers (als „Champion Chip, Bibchip, DigiChip“ Transponder) mit den Schnürsenkeln fixiert.*

*Der TAG hat eine eindeutige ID gespeichert, die dem jeweiligen Teilnehmer zugeordnet ist. Damit sind genaue Zeit- und Geschwindigkeitsmessungen, Intervallstarts und auch das Streckentracking möglich; ein Abkürzen der Strecke kann schnell erkannt werden, was mit der früher verwendeten, analogen Technik schwieriger war.*

Die Reader befinden sich hier meistens in Gates oder sie sind als Bodenantennen in Tartan-EPDM-Matten eingelassen, aufgeteilt in ein Haupt- und Reservesystem.



Abb. 084: RFID-Champion Chip, S. 402



Abb. 085: RFID-Bodenantennen in Matten, S. 402

Bei Autorennen, wie z.B. in der Formel1 oder beim 24h Rennen von LeMans, werden in den Autos aktive RFID-TAGs (mit Sensoren im Hochfrequenz- Mikrowellenbereich) verbaut.

Auf der Strecke bzw. Fahrbahn fungieren Antennen als Lesegeräte, die exakte Rundenzeiten, Geschwindigkeiten sowie Telemetriedaten an die Boxen-Crew funken / übermitteln.

<sup>90</sup> vgl. in Anlehnung an K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 681 ff.

Bei großen Sportevents, wie z.B. Europa- und Weltmeisterschaften jeglicher Art, Olympischen Sommer- und Winterspielen, Tennisveranstaltungen sowie Auto- und Motorradrennen, aber auch bei Konzertveranstaltungen usw., werden die Tickets mittlerweile mit passiven RFID-TAGs und zusätzlichen Bar-QR-Codes versehen; dadurch sollen Fälschungen sowie der Schwarzmarkthandel erschwert werden und zudem nur der autorisierten Person der persönliche Zutritt zum Stadion, zur Eventhalle oder dem Eventgelände gewährleistet werden.

Im Vorfeld des Kaufes muss eine Registrierung durchgeführt werden, bei der die individuell relevanten persönlichen Daten – die sich später teilweise auf dem personalisierten Ticket verschlüsselt wiederfinden – bekanntgegeben werden müssen.

Durch diese Registrierung und die damit verbundene dezentrale Speicherung der Daten kann bereits vorab – beim Kauf oder später vor Ort bei Eintritt zum Event – unerwünschten Personen, wie z.B. Hooligans oder Straftätern, der Zutritt durch den Veranstalter bzw. durch die Exekutive, z.B. Securities, verwehrt werden.



Abb. 086: Fälschungssicheres RFID-Ticket, S. 402

Für die Sicherheits- und Ordnungskräfte ist auch relativ genau nachvollziehbar, wer wann, wie und wo einer Veranstaltung beigewohnt hat und welche Ein- und Ausgänge via Drehkreuzdurchschreitung oder zu passierenden Gates genutzt wurden.

Auch die Möglichkeit des bargeldlosen Zahlens – im und auf dem Eventareal – kann mit der Nutzung von RFID abgedeckt werden.

Die österreichische IT-Firma Skidata hat bereits in den 90er Jahren RFID-Skipässe, in Form von Uhren, Armbändern oder Smartcards, auf den Markt gebracht und so das mühsame Aus- und Einpacken des Tickets beim Skilift wegrationalisiert.

Der RFID-Skipass kann z.B. in der Jacken- oder Brusttasche stecken und wird vom Reader am Drehkreuz schnell und effizient ausgelesen; somit haben lange Wartezeiten am Lift-einstieg ein Ende.

Bei der Sportart Fußball ist man bereits mit dem Hilfstool Videoreferree und der Torlinientechnik Time-Difference-of-Arrival-System (TDoA) – ähnlich wie beim Eishockey – soweit, dass integrierte aktive RFID-TAGs im Ballinneren / der Scheibe über Tor oder kein Tor entscheiden.

Dabei senden die TAGs ihre genaue Position an zwölf fix installierte Reader am Spielfeldrand. Die Signale benötigen unterschiedlich lange, bis sie dort ankommen.

Eine Software berechnet daraus die exakte Position und sendet dem Schiedsrichter die benötigte Info (ob Tor oder kein Tor), direkt auf sein Wearable, z.B. die RFID-Armbanduhr.

Zur Anwendung kommen könnten hier z.B. bzgl.

- Transponder Typ: aktive oder passive TAGs,  
Art-Form: Smartlabels, Klebeetiketten, RFID-Armbänder, RFID-Metal TAGs, Glas- und Kunststofftransponder, jeden Formats und Größe
- Reader stationäre Reader als Drehkreuze, Gates, Reader als Bodenantennen in Tartanmatten; mobile Reader als Handhelds
- Middleware Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System des Kunden

Entwicklungstendenz

- eine relativ junge und boomende Zukunftsbranche für den Einsatz von RFID

### 3.3.5.3. RFID in Land- und Forstwirtschaft

Auch die Land- und Forstwirtschaft hat bereits Kontakte mit der RFID-Technologie knüpfen können.

Auch dort gibt es:

- Prozessoptimierungen und damit verbundene Automatisierungen,
- eine eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Gütern (Obst und Gemüse, Holz)
  - o Tieren (Nutztiere sind in Kapitel 3.3.5.4. Tierwelt eigens gelistet)
  - o Maschinen (im Stall oder auf der Weide, fahrerlose Traktoren sowie Einsatz von Robotern und Drohnen auf Feld und Wiese, Harvester – Automatisierung im Forst- und Waldbereich)
  - o RFID und Sensorik (Temperatur- und Feuchtemessungen Indoor im Stall oder in Gewächshäusern; Outdoor am Feld, in der Wiese oder im Wald).
- Effizienz- Produktivitätssteigerung, Zeit- und Kostenersparnis.

#### Landwirtschaft <sup>91</sup>

*Die Digitalisierung hat vor der Landwirtschaft nicht Halt gemacht. Ähnlich wie in der Industrie und am Bau, wird bereits in diesem Sektor der Begriff Landwirtschaft „4.0“ verwendet; damit ist schlicht und einfach die Digitalisierung der landwirtschaftlichen Produktionsprozesse hinsichtlich Ackerbau und Tierhaltung gemeint.*

*Dazu zählen auch Prozessoptimierungen sowie die Automatisierung von Arbeitsabläufen, der Einsatz von intelligenten Maschinen, Robotern und Drohnen sowie die Nutzung von Tablets und Mobiltelefonen mit der Möglichkeit, Betriebsabläufe von zuhause aus oder unterwegs zu kontrollieren.*

*Dies wird als „Smart Farming“ oder auch „Digital Farming“ bezeichnet.*

---

<sup>91</sup> vgl. <https://digitale-landwirtschaft.com/10-kernbegriffe-digitaler-landwirtschaft/>, aufgerufen am 09.11.20



Abb. 087: Landwirtschaft 4.0, S. 402

*Beim Tracking von Gütern im Sinne der Logistik, z.B. beim Obst- und Gemüseanbau, während des Reifeprozesses sowie bei der Ernte und der Lieferung in den Supermarkt, kann die RFID-Technologie sowie RFID und Sensorik hilfreich und erfolgreich eingesetzt werden. Man nennt diesen Bereich „Precision Farming“.*

- So kann z.B. mittels Sensoren eine lückenlose Überwachung des Feldes / seines Zustandes erfolgen, Temperatur und Feuchte oder eine Niederschlagsmessung festgehalten sowie der richtige Aussaat- oder Erntezeitpunkt aufgrund der vorliegenden Messdaten und Prognosen bestimmt werden.

Am Beispiel eines automatisierten Erntevorgangs wird der Einsatz von RFID aufgezeigt. Dabei wird die Arbeitskraft Mensch von intelligenten Erntemaschinen oder Robotern unterstützt, indem

- Förderbänder mit Readern und Kisten als Mehrwegbehälter ausgestattet werden. Jede Kiste hat ihre eigene ID und kann auch Zusatzinformationen wie Obst- oder Gemüsetyp, Reifedauer, Tag der Ernte, Erntehelfer, Bauer, Feldnummer usw. speichern. Das geerntete Obst und Gemüse wird über Förderbänder geleitet, im Sinne einer ersten groben Qualitätskontrolle automatisch vorsortiert und dann je nach Güteklasse in die Mehrwegbehälter – die mit Transpondern bestückt sind – abgelegt.
- Die Mehrwegbehälter werden, sofern sie voll sind, gestapelt und dann zum Teil bereits vollautomatisiert mittels Transportwägen ins Lager gebracht; dabei bewegen sich die Wägen auf vorgegebenen Fahrstraßen zu den Gates. Geleitet und getrackt von fix montierten Readern. Im Lager angekommen, werden die Transponder an den Kisten gescannt, das Obst und Gemüse durchläuft die Sortier- und Waschanlage, wird daraufhin wiederum in Mehrwegbehälter abgelegt und verpackt und automatisch mittels LVS an den richtigen Lagerplatz gebracht. Dort verweilt es kurzfristig bis zur Auslieferung an den Handel bzw. Endkunden.
- Bei der Auslieferung werden die Transponder der Mehrwegbehälter nochmals gescannt und es wird automatisch ein Lieferschein – mittels Daten, die vom LVS stammen – erstellt. Zusätzlich kann noch ein passiver Transponder mit Sensor, der die Temperatur während der Fahrt bis zum Einzelhandel mitloggt, angebracht werden, mit dem Ziel, die Frische der Ware bis ins Regal zu gewährleisten.

Der beschriebene Prozess der Ernte läuft in einem Zeitraum von nur wenigen Stunden ab; er zeigt auf, dass mittels RFID-Einsatz eine noch bessere und lückenlose Dokumentation der Lieferkette im Sinne des Qualitätsmanagements möglich ist.



Abb. 088: Automatisierte Ernte, S. 402



Abb. 089: Mehrwegbehälter RFID-Tracking, S. 402

Drohnen, aber auch die Satellitentechnik werden in der Landwirtschaft im Sinne von digitaler Unterstützung eingesetzt. So z.B. werden

- Fotos zur Dokumentation bzw. Wärmebildaufnahmen vor dem Mähen von Wiesen erstellt, um Kleintiere zu lokalisieren, die sich im hohen Gras verstecken.
- mittels Ortho-Bodenscans oder Satellitentechnik (Wetterinfo) die Fruchtbarkeit des Bodens erhoben und daraufhin entschieden, ob, wann, wie intensiv und wie lange dieser gedüngt bzw. bewässert werden muss.
- Pflanzenkrankheiten oder Schädlinge rasch identifiziert.

Hinsichtlich Maschinenunterstützung im Stall gibt es Fütterungsroboter sowie Striegel- und Melkautomaten. Auch hier kommen RFID und die Automatisierung zum Einsatz.

- Der Fütterungsroboter kann so programmiert werden, dass eine maximale Futtermenge pro Tier am Tag ausgegeben wird. Dies wird mittels RFID-Halsband gemessen und automatisch gesteuert.



Abb. 090: Fütterungsroboter, S. 402



Abb. 091: Melkautomat, S. 402

Alle Daten, ob Indoor (Stall) oder Outdoor (am Feld), werden in Datenbanken gespeichert. Die Daten sind jederzeit verfügbar und können bei Bedarf auch weitergegeben werden.

Der Einsatz von RFID in der Landwirtschaft ermöglicht neben zahlreichen Prozessoptimierungen sowie Automatisierungen eine enorme Effizienzsteigerung und damit verbundene Zeit- und Kostenersparnis.

### Forstwirtschaft <sup>92</sup>

Die Digitalisierung ist auch im Lebensraum Wald nicht aufzuhalten. Im Bereich der Forstwirtschaft und Holzernte finden kostengünstige passive RFID-Transponder (im LF-Bereich als Kunststoffnägel bzw. im HF-Bereich als Smartlabel) in Klebeetiketten oder Holz-

<sup>92</sup> vgl. <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/transport-und-logistik/transponder-technologie>, aufgerufen am 14.12.20

nummerierungsplättchen Anwendung. UHF-Transponder werden aufgrund der höheren TAG-Kosten und der Störungsanfälligkeit in Kombination mit Metall und Wasservorkommenissen wenig verwendet.



Abb. 092: RFID-TAGs, S. 403



Abb. 093: RFID-Reader, S. 403

Jeder TAG hat seine eigene ID. Ergänzend können am Transponder noch Zusatzdaten wie Baumart, Länge, Durchmesser, Gesundheitszustand, Schlägerungsort, Käufer sowie Verkäufer gespeichert werden.

*Die Transponder werden an Stämmen oder Stammabschnitten motormanuell oder mechanisiert angebracht. Datenauslesungen können im Wald direkt am Ort der Schlägerung, am Polter (Holzstapelung Rundholz), durch den Vorwarter (Tragschlepper) im Wald, bei Anlieferung mittels LKW ins Sägewerk sowie im Sägewerk bei den unterschiedlichen Stationen der Verarbeitung stattfinden; dies erfolgt stationär mittels Reader an Gates, einzeln positionierten Readern an der Maschine bzw. manuellen Geräten als Handhelds.*

*Beim motormanuellen Verfahren wird der Transponder manuell am Stammabschnitt durch den Forstarbeiter angebracht und die Daten mit einem mobilen Reader bzw. Handheld ausgelesen. Die erhobenen Daten werden später mittels Funk an eine zentrale Datenbank zur Speicherung und Weiternutzung übertragen.*

- Diese Methode ist etwas antiquiert, da sehr mühsam sowie zeit- und auch kostenintensiv.

*Beim hochmechanisierten Verfahren wird der Transponder durch die Maschine – den Harvester – während der Aufarbeitung maschinell befestigt, die Daten werden vollautomatisch in ein Harvesterprotokoll eingetragen und direkt per Internetdatenverbindung an eine zentrale Datenbank übermittelt.*

- Diese Methode ist zeitgerecht, sehr effizient sowie zeit- und kostensparend.



Abb. 094: motormanuelle Holzfällung, S. 403



Abb. 095: hochmechanisierte Holzfällung, S. 403

Die Polter im Wald können nochmals eigens vermessen sowie mit GPS verortet werden, damit die LKW-Unternehmen, die die Holzfuhrn ins Sägewerk bringen, diese leichter und auch zielsicher finden.



Abb. 096: digitale Poltervermessung, S. 403



Abb. 097: Sägewerk, S. 403

RFID-Transponder in der Forstwirtschaft bewirken Prozessoptimierungen sowie Automatisierungen, die zu großer Arbeitserleichterung führen:

- Durch die Anwendung von RFID ist auch hier eine eindeutige Kennzeichnung möglich; der Güterfluss wird exakt über die gesamte Lieferkette (von der Schlägerung bis zur Verarbeitung) lückenlos aufgezeichnet.
- Durch die mögliche Pulkerfassung (Mehrfachauslese von Transpondern) wird im Gegensatz zur einzelnen Barcodeauslese extrem viel Zeit gespart.
- Bei gemischten Fuhren aus diversen Waldabschnitten ist die eindeutige Identifikation des Lieferanten im Sägewerk erkennbar und so auch der Herkunftsnachweis erbracht.
- Mehrfachvermessungen, wie dies beim motormanuellen Verfahren oft der Fall ist, können durch die Anwendung des hochmechanisierten Verfahrens vermieden werden. Stichproben sind ausreichend.

Zur Anwendung kommen könnten hier z.B. bzgl.

- Transponder Typ: passive LF sowie HF TAGs, selten noch UHF TAGs  
Art-Form: Kunststofftransponder, Coils, Nägel, Platten jeden Formats und Größe
- Reader stationäre Reader, mobile Reader als Handhelds
- Middleware Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System des Kunden

Entwicklungstendenz:

- Eine relativ junge und boomende Zukunftsbranche für den Einsatz von RFID-

#### 3.3.5.4. RFID in der Tierwelt <sup>93</sup>

Auch im Bereich der Tierwelt wird die RFID-Technik bereits seit längerem eingesetzt.

Dort gibt es:

- Prozessoptimierungen und damit verbundene Automatisierungen,

<sup>93</sup> Durchgeführtes Interview mit Bauer – Tierarzt aus dem Pustertal - Südtirol nach Besichtigung seines technisch innovativen Bauernhofes, 2020

- eine eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Tieren (Nutztiere, Haustiere, Zootiere usw.)
  - o Verwendung von RFID und Sensorik (24h EKG sowie Körpertemperaturmessungen).
- Effizienzsteigerung, Zeit- und Kostenersparnis.

Die Tiere werden mit einem RFID-Transponder, der im Halsband, als Ohrmarke, als Bolus oder als injizierter Glastransponder unter der Haut sitzt, versehen.

Die Kennzeichnungs- und Injektionspunkte am Tier sowie deren Standards sind international aufeinander abgestimmt und genormt, damit die Transponder leichter aufzufinden und auszulesen sind.

Auf dem Transponder befindet sich – wie bei allen RFID-TAGs – eine eindeutige ID; neben dieser können noch weitere Daten wie Geschlecht, Gewicht, Fressverhalten, Krankheiten, Geburt, Schlachtung bzw. Tod usw. vermerkt werden.

Die Daten werden wiederum zentral in einer Datenbank, z.B. auf dem Bauernhof, gespeichert und können bei Bedarf auch übergeordnet an Gemeinde, Land oder Staat sowie dessen Kontrollinstanz (veterinärmedizinisches Amt) übermittelt werden.

Durch das Datenbanksystem wird eine betriebsübergreifende Kennzeichnung im Sinne der Seuchen- und Qualitätskontrolle und der damit einhergehenden exakter Rückverfolgbarkeit in jeglicher Hinsicht, z.B. der Fleischherkunft im Supermarktregal, ermöglicht.

Ein Halsband mit passivem Kunststofftransponder kommt z.B. bei Nutztieren wie Kühen, Schafen oder Pferden zur Anwendung. Dadurch können die Futteraufnahme im Stall oder auf der Weide sowie die abgegebenen Milchmengen beim Melkautomaten überwacht und gesteuert werden.

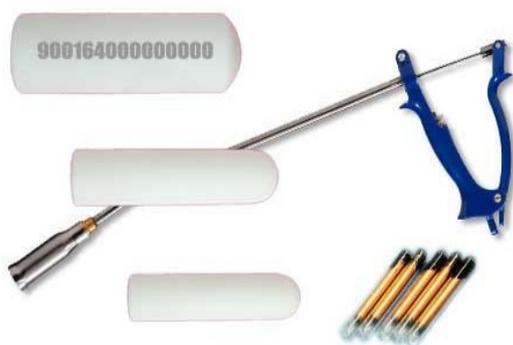


Abb. 098: Bolus, Glastransponder, S. 403



Abb. 099: Kuh mit RFID-Halsband - Ohrmarke, S. 403

Sowohl Nutztiere (wie Kühe, Schweine und Schafe) als auch Zootiere (Groß- und Kleintiere) werden zudem häufig mit einer RFID-Ohrmarke (anstatt einer normalen Plastikmarke) als passivem Coil on Chip, einem passiven Kunststoff-TAG oder aber auch mittels eines Bolus (aktiver Glas-, Keramik- oder Kunststofftransponder), der in den Vorpannen einer Kuh oder eines Schafes eingesetzt wird (und ein 24h EKG macht, die Körpertemperatur misst und das Bewegungsprofil aufzeichnet), gekennzeichnet.

Haustieren wie Katzen, Hunden, Hasen oder Meerschweinchen wird mittlerweile standardmäßig ein kleiner passiver Glastransponder unter die Haut injiziert, der sämtliche Daten mit sich führt.



Abb. 100: RFID-Glastransponderinjektion, S. 403



Abb. 101: RFID-Glastransponderlauslese, S. 403

Die Reader sind bei der Nutztierhaltung in Gates, Türsysteme und Maschinen fix integriert und können automatisch ausgelesen werden. Die Technik kommen aber auch Handhelds für eine manuelle Auslese zum Einsatz, so wie dies etwa in der Haustier- und Zoonhaltung üblich ist.

Zur Anwendung kommen könnten hier z.B. bzgl.

- Transponder Typ: passive LF TAGs, aktive SUHF TAGs  
Art-Form: Glas- Keramik und Kunststofftransponder für Injektion  
oder als Bolus für Vormagen, Coil on Chip, jeden Formats  
und Größe
- Reader stationäre Reader als Gates, mobile Reader als Handhelds
- Middleware Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System  
des Kunden

Entwicklungstendenz

- mittlerweile etablierte Branche für den Einsatz von RFID

### 3.3.5.5. RFID in Produktion, Industrie und Logistik

In der Produktions-, Industrie- und Logistikbranche ist RFID bereits sehr stark verankert. Die Digitalisierung treibt diesen Aspekt, stark beeinflusst von wirtschaftlichen Interessen, weiter voran und verfeinert bereits vorhandene Lösungen.

Dies führt auch in dieser Branche dazu, dass

- Prozesse weiter optimiert und automatisiert werden.
- eine eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Materialien (zur Produktion notwendig),
  - o Personen (Anwender, Nutzer),
  - o Werkzeugen (das zur Herstellung dient) und
  - o Gütern – Maschinen (Roboter zur Herstellung usw.)

möglich ist;

- der Einsatz von RFID und Sensorik immer stärkere Anwendung findet,
- eine Effizienz- Produktivitätssteigerung sowie Zeit- und Kostenersparnis der Output sind.

Hier ist die gesamte Wertschöpfungskette im Sinne von „Supply-Chain-Management“ zu betrachten; sprich ein Zusammenschluss von verschiedenen Unternehmen entlang der Lieferkette, die das Ziel haben, ein Produkt für den Endkunden zu erstellen.

Bei der Anwendung der RFID-Technologie im industriellen Bereich ist es bereits möglich, ganze Produktionsprozesse zu automatisieren. Dies geschieht, indem sämtliche Werkzeuge, Bauteile und Maschinen und teilweise bei Bedarf und Notwendigkeit auch Personen mit Transpondern ausgestattet werden.



Abb. 102: Supply-Chain / Lieferkette, S. 403

Die Transponder können jederzeit und an jedem Ort in jeder Produktionsphase gelesen oder auch beschrieben werden. Somit ist eine lückenlose Erfassung der Daten im Gesamtverlauf gewährleistet.

Im Produktions-, Industrie- und Logistikbereich müssen somit Transponder des Öfteren, je nach Einsatzgebiet, extremen

- mechanischen Einflüssen (z.B. Dichtheit, Robustheit und Stoßresistenz),
- thermischen Einflüssen (z.B. Hitzebeständigkeit, Sonne- und Windeinwirkungen)
- chemischen Einflüssen (z.B. Korrosion)

standhalten.

### Automobilproduktion <sup>94</sup>

*Die Anwendung von RFID in der Automobilindustrie ermöglicht neben der eindeutigen Identifizierung von Bauteilen auch eine lückenlose Dokumentation und Überwachung sowie Automatisierung der Produktions- und Logistikprozesse, sprich Lieferkette im Sinne der Materialflussverfolgung.*

*Es muss zu jeder Zeit erkenntlich und nachvollziehbar sein, wo sich welches Bauteil befindet. Alle notwendigen Bauteile müssen „Just in Time“ zur richtigen Zeit, am richtigen Ort sowie an der richtigen Stelle verfügbar sein – ansonsten steht die Produktionslinie still.*

*Daraus ist ersichtlich, dass ein enormer Kosten- wie auch Zeitdruck zur Automatisierung und somit zu einer einhergehenden Effizienzsteigerung der Prozesse zwingt.*

*Dies kann nur mittels Verwendung von passiven UHF-Transpondern oder aktiven SUHF-Transpondern inkl. Sensortechnik und unter Berücksichtigung der jeweiligen Anforderung bezüglich der Produktionsbedingungen (z.B. hoher Druck und hohe Temperatur bei Fertigung, hohe Temperaturen in gewissen Bereichen, Schmutz bzw. Verunreinigungen*

<sup>94</sup> vgl. in Anlehnung an K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 691 ff.

während des Transports) für den konkreten Verwendungszweck einwandfrei gewährleistet werden. Neben der eindeutigen ID können auch weitere Daten, wie z.B. Farbe, Gewicht, Lage, Qualitätskontrolldatum usw., auf dem Transponder im Zuge der Fertigung ergänzt werden.



Abb. 103: Autoproduktionslinie, S. 403



Abb. 104: RFID Reader, S. 403

Die Reader sind in diesem Zusammenhang meistens an fixen, stationären Gates direkt an der Produktionsstraße/ -linie angebracht bzw. an wichtigen Kontrollpunkten oder Checkpoints bei Förderbändern bzw. Zulagerbereichen positioniert. In Teilbereichen, wo stationäre Reader nicht hinkommen, wird auf manuelle Handhelds zurückgegriffen.

Die erfassten Daten werden in einer zentralen Datenbank gespeichert und kommunizieren mit dem ERP- oder LVS-System des jeweiligen Betriebes. So können auch die Lagerbestände aktuell und auf einen angemessenen Stand gehalten werden.

Durch das Tracking von einzelnen Bauteilen mit RFID wird jedem Bauteil eine eindeutige ID zugeteilt. Diese verhilft der Automobilindustrie zum Nachweis, dass im Zuge der Gewährleistung nur Originalteile verbaut wurden.

### **Fahrzeugidentifizierung**<sup>95</sup>

Hier unterscheidet man grundsätzlich zwischen dem fixen Einbau in die Rohkarosserie und dem Transpondereinbau an der Windschutzscheibe mit selbstklebendem Label.

*Beim fixen Einbau in die Rohkarosserie werden robuste, stoßsichere, hitzebeständige und gegen chemische Einflüsse resistente UHF-Transponder direkt in die Rohkarosserie eingearbeitet. Der Transponder kann neben seiner ID auch noch andere Informationen speichern.*

*Der Transpondereinbau an der Windschutzscheibe mittels selbstklebendem Label als passiver UHF-Transponder wird für die Identifizierung von Fahrzeugen (meist LKW) innerhalb des Staatsgebiets, aber auch im Grenzverkehr, als Bezahlungssystem bei Mautanlagen oder als Zufahrtskontrolle beim Durchfahren von Schrankenanlagen sowie für Section-Control Messungen verwendet.*

- Auf dem Transponder ist eine eindeutige ID gespeichert, mit der dann das jeweilige Fahrzeug erkannt / identifiziert und z.B. die Maut oder Gebühr automatisch bezahlt wird.

Die Reader können hier als Gates oder in Form von RFID-Lesefeldern auf Schlüssel- und Zufahrtssäulen installiert sein.

<sup>95</sup> vgl. in Anlehnung an Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen, 2005, S. 65

### Containerlogistik (LKW, Schiff, Flugzeug) <sup>96</sup>

*Im Bereich der Containerlogistik wurden schon in den 1980er Jahren Lösungen entwickelt, um die Container mit passiven UHF-Transpondern zu versehen.*

*An Land per LKW, Bahn oder in der Luft mittels Flugzeug-Frachtmaschinen wären der Barcode an sich oder evtl. andere Auto-ID-Systeme noch einigermaßen ausreichend; auf hoher See jedoch und beim Transport mit Containerschiffen sind diese nicht resistent genug, um den rauen, oft widrigen Bedingungen zu trotzen.*

Wie vorab genannt, sind hier Eigenschaften wie Beständigkeit gegen mechanische, thermische und chemische Einflüsse gefordert, die die UHF-Transponder, als Metal-TAGs oder in eine Hartplastikschale gegossen, erfüllen.

Neben ihrer eindeutigen ID können auf den Transpondern – wie in den anderen Anwendungsfällen – darüber hinaus zusätzliche Daten / Informationen mitgeführt werden.

*Die Transponderdaten werden im Hafen durch fix installierte Reader an den automatisierten Förderanlagen oder mittels Handhelds vom Personal / Zoll erfasst und in einer zentralen Datenbank gespeichert. Dies ermöglicht den Reedereien, Unternehmen, dem Personal und dem Zoll eine lückenlose Datenerfassung und Kontrolle; allen Beteiligten stehen die Daten gemäß dem jeweiligen Zugriffsrecht ständig und jederzeit zur Verfügung.*

- Eine hohe Kosten- und Zeitersparnis ist die positive Folge.



Abb. 105: Logistikübersicht, S. 403

Auch Real-Time-Location-Systeme (RTLS) sind hier interessant, allerdings technisch noch sehr aufwendig, teuer und nur unter Verwendung von aktiven Transpondern im SUHF-Bereich möglich. Im Hafenbereich und an Land sind diese bereits einsetzbar.

Auf hoher See wird das System mittels Kombination von GPS-Trackern und Satellitenunterstützung erprobt.

- Funktioniert es auch dort, wäre ein vollständiges und lückenloses Tracking der Waren und Güter in Containern vom Start bis zum Ziel möglich.

<sup>96</sup> vgl. in Anlehnung an <https://rfid-sicherheit.com/1059-9-beispiele-fuer-rfid-anwendungen.html>, aufgerufen am 25.01.21

### Behältermanagement <sup>97</sup>

*Gasflaschen- und Chemiebehälter müssen aufgrund ihres Inhaltes eindeutig und sehr genau beschriftet sein. Es handelt sich hierbei um sehr hochwertige Füll- und Leihbehälter sowie -flaschen, die hochpreisig sind.*

Neben ihrer ID können auch Füllstandsanzeige, Druck, Volumen, Wartungstermin usw. als Daten auf den Transponder gespielt werden.

*Die Reader können in diesem Zusammenhang als stationäre Geräte in einer Produktionsanlage ausgebildet sein oder aber auch als mobile Version mittels Handheld Anwendung finden.*

*Für den Transport von Behältern (Ein- oder Mehrweg-, Leih- oder gekaufte Behälter) wird meistens ein Ladungsmittel benötigt; dies kann in Form von Paletten, Kisten aus Holz- und Kunststoff oder Boxen aus Styropor bzw. Karton – mit neuerdings integriertem RFID-Transpondern im UHF-Bereich als Coil, in Münzenform oder mit Kunststoffgehäuse – zur Verfügung gestellt werden.*

*Der Transponder kann im Ladungsmittel alleine bzw. alleine am Behälter, aber auch gemeinsam für Ladungsmittel und Behälter geführt werden.*

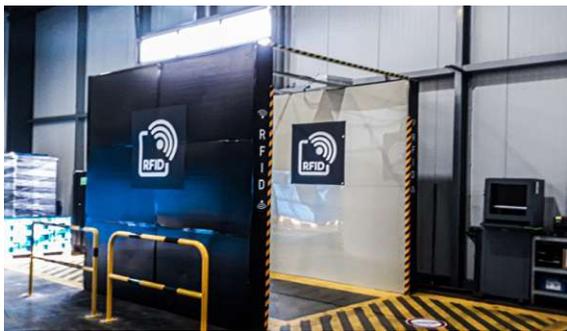


Abb. 106: RFID-Gate, S. 403



Abb. 107: RFID-Behälter und Ladungsmittel, S. 403

Behälter selbst gibt es in unterschiedlichen Materialien. Diese werden je nach Verwendungszweck und technischer Anforderungen ausgewählt. Somit ist auch die Palette der verwendbaren Transponder (aktiv, passiv, Coils, Labels, Bars mit Kunststoffummantelung usw.) vielfältig.

Zudem gewinnt das Behältermanagement in kostentechnischer Hinsicht aufgrund des großen Schwundes und der Ressourcenknappheit immer mehr an Bedeutung.

### Gepäcktracking <sup>98</sup>

*An Flughäfen kam es in den letzten Jahren weltweit immer öfter zu Gepäckstückfehlleitungen sowie Gepäckstückverlusten (in Summe 20 Millionen) und folglich zu vielen Beschwerden.*

*Aus diesem Umstand heraus wurde, basierend auf der RFID-Technologie, ein System entwickelt, das das Problem seit dem Jahr 2020 angeht und die bis dato gängige*

<sup>97</sup> vgl. in Anlehnung an K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 677 ff.

<sup>98</sup> vgl. <https://www.spiegel.de/reise/aktuell/verlorene-koffer-beim-flug-airlines-wollen-gepaeck-mit-rfid-chip.html>, aufgerufen am 16.01.21

Verwendung von Klebebarcodeetiketten parallel unterstützt. Der Transponder wird beim Check-In am Gepäckstück mittels Smartlabel fixiert. Er hat eine eindeutige ID. Des Weiteren können – wie bereits bekannt – auch noch zusätzliche Personendaten auf den Transponder gespeichert werden.

Gepäckterminals und Förderbänder am Flughafen – ab dem Check-In bis zum Flugzeug – sind mit stationären Readern ausgestattet, die eine lückenlose Überwachung ermöglichen.

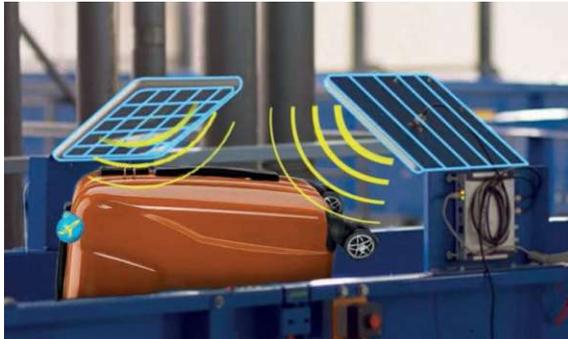


Abb. 108: RFID-Flughafengepäck Tracking, S. 403

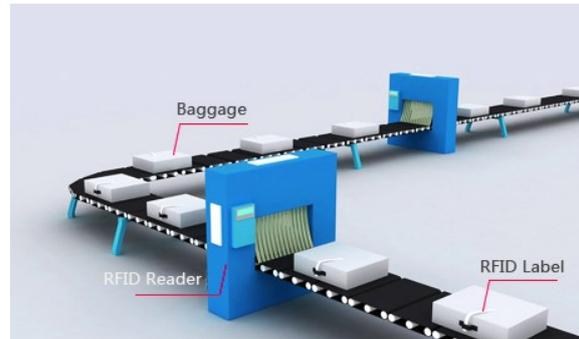


Abb. 109: Schema RFID-Förderband Tracking, S. 403

### Abfallmanagement <sup>99</sup>

Auch dieser Bereich ist für die RFID-Anwendung sehr interessant. Zunehmender Wohlstand und eine ansteigende Bevölkerung erhöhen den Konsum und daraus resultierend auch den Abfall.

Wenn Abfall richtig behandelt wird, kann er als wichtige und wertvolle Ressource genutzt werden und den Stoffkreislauf in wirtschaftlicher, sozialer und auch ökologischer Hinsicht (Verringerung Rohstoffverbrauch, Erhaltung des Lebensraumes, Reduktion von Emissionen in der Luft und im Wasser) deutlich prägen.

*Für Gemeinden und Städte sowie private Einrichtungen wird es immer schwieriger, die steigenden Müllabfuhrkosten gerecht nach Verursacherprinzip und nicht – wie bis dato geschehen – pauschal aufzuteilen.*



Abb. 110: RFID-Mülltonnen Tracking, S. 404

So startete man Pilotversuche, Mülltonnen mit passiven LF, HF sowie UHF RFID-Transponder auszustatten. Der RFID-TAG enthält eine ID und kann somit dem Besitzer oder Eigentümer eindeutig zugeordnet werden.

<sup>99</sup> vgl. in Anlehnung an K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 679

*Die Reader können hierbei am Müllwagen montiert sein und erfassen die Mülltonne, wenn sich diese dem Müllwagen nähert bzw. dann effektiv angedockt wird; alternativ kann auch ein Handheld genutzt werden.*

*Beim Erfassen der Mülltonne werden Datum und Zeitpunkt der Leerung sowie die Leerungshäufigkeit aufgezeichnet.*

*All diese Daten werden sofort an eine zentrale Datenbank übermittelt und dort gespeichert.*

Zur Anwendung kommen könnten hier z.B. bzgl.

- Transponder Typ: passive LF TAGs, aktive SUHF TAGs  
Art-Form: Glas- Keramik und Kunststofftransponder für Injektion oder als Bolus für Vormagen, Coil on Chip, jeden Formats und Größe
- Reader stationäre Reader als Gates, mobile Reader als Handhelds
- Middleware Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System des Kunden

Entwicklungstendenz

- mittlerweile etablierte Branche für den Einsatz von RFID, Feintuning möglich

### **3.3.5.6. RFID im Groß- und Einzelhandel / Bürowesen** <sup>100</sup>

Auch ist bereits der Groß- und Einzelhandel (Lebensmittel, Bekleidung, Unterhaltung usw.) aufgrund von von Großkonzernen injizierten Pilotprojekten in Kontakt bzw. Berührung mit der RFID-Technologie gekommen. Ziel ist es auch dort:

- Prozesse zu optimieren, zu automatisieren.
- Eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Gütern bzw. Geräten (aller Art inkl. Diebstahlsicherung) zu ermöglichen
  - o Personen (Zutrittskontrollen) zu gewährleisten.
- Effizienzsteigerung, Zeit- und Kostenersparnis zu generieren.

*Wie im Segment der Logistik und Industrie, ist auch hier die gesamte Wertschöpfungskette im Sinne von „Supply Chain Management“ zu betrachten; und zwar: Produzent, Lieferung und Zwischenlagerung im Großhandel, Lieferung an Einzelhandel, Verkauf an Endkunden.*

*Im Handel ist der Barcode als Auto-ID-System sehr stark verbreitet. Durch den Einsatz von RFID können hier Prozesse weiter optimiert werden und vor allem automatisierter ablaufen.*

*Bereits beim Produzenten wird jedes Produkt mit einem RFID-Transponder versehen, der eine eindeutige ID sowie diverse Zusatzinformationen, wie z.B. Artikel- und Chargennummer, Gewicht, Verpackungs- und Verfallsdatum, Sachbearbeiter für Qualitätssicherung, sowie Lieferdaten usw., enthält.*

*Jeder Warenein- und -ausgang entlang der Lieferkette wird mittels RFID-Readern bzw. -Lesegeräten (als Gates oder Handhelds) lückenlos in ERP-Systemen erfasst und mittlerweile in vernetzten Datenbanken gespeichert.*

So erfolgt dies z.B. im Sinne des Qualitätsmanagements, wenn das Produkt in der Produk-

---

<sup>100</sup> Durchgeführte telefonische Befragung mit leitenden Angestellten der SES, 2020

tion von einem Bereich in den Nächsten überstellt wird, oder etwa, wenn Ware vom Produzenten ins Lager des Großhandels zur kurzen oder mittelfristigen Zwischenlagerung gebracht wird.

Dort angekommen, werden die Güter gescannt und ins ERP- oder LVS-System aufgenommen.

Alle Aktualisierungen im Sinne von Änderungen des Lagerbestandes sowie Bewegungen innerhalb des Lagers, können mit RFID – im Verhältnis zum Barcode – schneller und effizienter aufgezeigt, verfolgt werden; somit kann zu jeder Zeit in „Real-Time“ der aktuellste Warenbestand abgerufen werden.



Abb. 111: Lager Gatescan, S. 404



Abb. 112: Verkauf Handheld UHF-NFC, S. 404

Bei der Lieferung an den Einzelhandel und der dortigen kurzen Endlagerung bis zum Verkauf der Ware wiederholt sich dasselbe Prozedere wie bei der Lieferung an den Großhandel.

Diese Gegebenheit birgt viele Vorteile im Sinne von noch genauerer Planungssicherheit hinsichtlich Lagerbestand (der dadurch reduziert werden kann), zu tätigen Nachbestellungen sowie Info- Rückkoppelung durch Verkauf bzgl. Absatzstrategie und Bedarfsvorschau in sich. In Summe führt dies zu immensen Effizienzsteigerungen sowie Zeit- und Kostenersparnis.

Intelligente Regalsysteme im Groß- sowie Einzelhandel werden Zukunftsthema sein und zu neuen Nachschubstrategien im Lager- und Verkaufsbereich führen.

Das heißt, das Regal erkennt z.B., wenn Produkte fehlen, nachbestellt werden müssen oder ein Produkt kurz vor Ablauf des Mindesthaltbarkeitsdatums steht bzw. bereits abgelaufen ist. In solch einem Fall wird eine automatische Meldung im System hinterlegt.

Ein Mitarbeiter wird sich des Sachverhaltes annehmen, diesen prüfen und bei Bedarf die jeweils vorgesehenen Maßnahmen lt. Vorgabe der Prozesslandkarte ergreifen.

Digitale Preisschilder am Regal, die mit der Ware im Regal gekoppelt sind, werden sich Prognosen zufolge vermehrt durchsetzen. Durch die RFID-Transponder am Produkt können nun zudem noch mehr Infos als bis dato mit Barcode speicherbar vom Kunden mittels Auslese an speziellen Terminals abgerufen werden.

Man nennt dies direkte Kommunikation des Kunden mit der Marke. Im Bereich des Groß- und Einzelhandels wird auch bereits an der Umsetzung der Vision von RFID-Kassensystemen und den dadurch automatisierten und schnelleren Bezahlvorgängen getüftelt.

Produkte, die mit einem RFID-Transponder gekennzeichnet sind, werden vom Kunden aus dem Regal genommen und im Einkaufswagen abgelegt.

Dabei werden entweder

- die Waren gleich direkt im Einkaufswagen kontaktlos und automatisch gescannt (vorausgesetzt, der Einkaufswagen ist mit Readern ausgestattet) und man kann am Display die Auflistung sowie den errechneten Gesamtpreis sehen,

oder

- der Scanvorgang geschieht, wie herkömmlich, erst im Kassensbereich nahe des Ausgangs in Form von Durchschreiten eines RFID-Gates-Bereiches, in dem die Waren ebenfalls kontaktlos und automatisch im Pulk gescannt werden und anschließend der Preis berechnet wird.



Abb. 113: RFID-Einkaufswagen Amazon, S. 404



Abb. 114: RFID-Diebstahlsicherung, S. 404

Der Kunde muss dann lediglich den Bezahlvorgang (mittels Bargeld oder Karte) am Terminal tätigen und abschließen und erspart sich somit lange Wartezeiten durch das Einzelscannen der Produkte im Beisein des Kassiers oder am eventuell vorhandenen Selbstbezahlterminal.

RFID-TAGs eignen sich auch als **Diebstahlsicherung**.<sup>101</sup>

*Erst nach Abschluss des Bezahlvorganges durch den Kunden werden die TAGs im Sinne der Diebstahlsicherung, ggf. auch dauerhaft, deaktiviert.*

*Nur die Produktdaten werden in einer zentralen Datenbank gespeichert. Alle an der Wertschöpfungskette beteiligten Bereiche – sprich der Produzent, das Lager sowie der Ein- und Verkauf – könnten theoretisch auf diese Daten zugreifen, sofern es die Adminrechte vorsehen.*

**Schließsysteme und Zutrittskontrollen** sind nicht nur im Groß- und Einzelhandel, sondern auch im privaten und öffentlichen Bereich ein Thema. In Lagern oder Büros sind herkömmliche Schließsysteme mit Schlüsseln nur mehr Rarität. Hier haben bereits elektronische Systeme (als Online- oder Offline-Systeme) die Oberhand gewonnen.

- Online-Systeme sind an einen Zentralrechner angeschlossen und gleichen Zugangsberechtigungen mittels Datenbankeintrag ab; das System ist für viele Personen, die Zugang zu wenigen Räumlichkeiten haben müssen, konzipiert.
- Offline-Systeme haben die Zugangsberechtigungen direkt im Schließzylinder gespeichert und gleichen nur diese mit dem Transponder ab; das System ist für wenige Personen, die Zugang zu vielen Räumlichkeiten haben müssen, konzipiert.

<sup>101</sup> Durchgeführte telefonische Befragung mit leitenden Angestellten der SES, 2020

In Schlüssellabel oder in Chips sowie Karten integrierte RFID-HF Transponder werden nur mehr an entsprechende Reader-Lesegeräte oder elektronische Schließzylinder im Türbereich gehalten und die Tür öffnet sich automatisch.



Abb. 115: RFID-Zutrittskontrolle Terminal, S. 404



Abb. 116: RFID-Schlüsseltransponder und Zylinder, S. 404

Zugriffs- und Zugangsrechte werden wie bei normalen mechanischen Schließsystemen vergeben.

Die Programmierung eines elektronischen Zylinders oder Schlüssels (Online – Offline) dauert nur wenige Augenblicke.

Auch hier sind die Zeitersparnis und der Komfort ein großer Aspekt.

Zur Anwendung kommen könnten hier z.B. bzgl.

- Transponder Typ: passive HF (NFC-fähige TAGs), UHF TAGs,  
Art-Form: Smartlabels, Klebeetiketten, TAGs in Plastikgehäuse, jeden  
Formats und Größe
- Reader stationäre Reader als Gates, mobile Reader als Handhelds
- Middleware Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System  
des Kunden

Entwicklungstendenz

- eine noch sehr junge und boomende Zukunftsbranche für den Einsatz von RFID

### 3.3.5.7. RFID im Pass- und Dokumentenmanagement

Auch im Dokumentenmanagement hat die RFID-Technologie bereits Fuß gefasst. Dies führt auch in diesem Bereich dazu, dass

- Prozesse optimiert und automatisiert werden.
- eine eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Materialien (Reisepass, Personalausweis, Impfpass)
  - o Personen,
  - o Gütern (Bücher, aus Blättern bestehende Dokumente usw.)möglich ist.
- Effizienzsteigerung, Zeit- und Kostenersparnis möglich sind.

## Echtheitsprüfung von Dokumenten <sup>102</sup>

Weltweit wurde daran getüftelt, RFID-Transponder in Personalausweise und Reisepässe zu implementieren.

*Die Transponder werden benutzt, um elektronische Fälschungsschutzmechanismen umzusetzen und damit Echtheitsprüfungen zu ermöglichen. Zudem werden biometrische Merkmale wie Gesicht oder Fingerabdruck (in einigen Ländern sogar die Iris-Netzhaut) im Reisepass – nun auch folglich „ePass“ genannt – gespeichert.*

*Um die einzelnen Schwachstellen der ID-Merkmale auszugleichen, geht die Tendenz dahin, verschiedene ID-Merkmale zu kombinieren und in Multibiometrie-Plattformen zu vernetzen. Seit 2005 ist die Vorgabe der EU in Kraft, Reisepässe neben dem herkömmlichen maschinenlesbaren Code auch mit biometrischen Daten auszustatten.*

Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) hat einen Vorschlag ausgearbeitet, dass alle Länder ab dem Jahr 2006 Reisepässe ausstellen dürfen, deren biometrische Daten aber lediglich eine maximale Auslesereichweite von 10 cm haben dürfen.



Abb. 117: ePass Aufbau, S. 404



Abb. 118: ePass Scanportal, S. 404

Für die ICAO gilt die Gesichtserkennung als biometrisches Hauptkennungsmerkmal; das Passbild sollte vorschriftsmäßig auf dem RFID-Transponder des Reisepasses gespeichert werden.

Die einzelnen Staaten können dann noch wählen, ob sie als Optional weitere bio-metrische Merkmale am Pass oder einer nationale Datenbank hinzufügen möchten.

Als Reader fungieren fix installierte Terminals oder Lesegeräte, wobei der ePass nahe, sprich nur in wenigen cm Abstand, ausgelesen werden kann.

## Archivierung und Medienverbuchung

Infolge der stetig steigenden Anzahl von Dokumenten, Akten, Büchern und zu archivierenden Daten sämtlicher Bereiche muss ein System gefunden werden, das die analogen Kartei- und Sortiersysteme durch ein digitales System ersetzt.

Auch hier kann die RFID-Technologie beim Kennzeichnen wichtiger Bürodokumente sowie Büchern und Zeitschriften in Bibliotheken und Archiven hilfreich sein.

In Buchrücken integrierte RFID-Transponder können bei der Inventur schnell und einfach, kontaktlos als Einzelexemplar oder mit mehreren Büchern gesamtheitlich im Regal erfasst

<sup>102</sup> vgl. in Anlehnung an Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen, 2005, S. 68

und identifiziert werden. Hier nutzt wird der Vorteil der RFID-Pulkerfassung (Mehrfach-erfassung) genutzt.

In der Bibliothek der TU-Wien kommt dieses System z.B. mittels Selbstverbuchungsautomaten bereits zum Einsatz. So legt der Bibliotheksbesucher beispielsweise zur Aus- und Rückgabe das ausgeliehene Buch einfach in die Erfassungsschale mit integriertem Reader (optionaler NFC-Terminal sowie Handlesegerät sind ebenfalls vorhanden) und Bildschirm; der Reader erfasst den Transponder und zeigt diverse Auswahlmöglichkeiten (Ausleihe, Rückgabe, Verlängerung, Benutzerdaten usw.) am Display an.

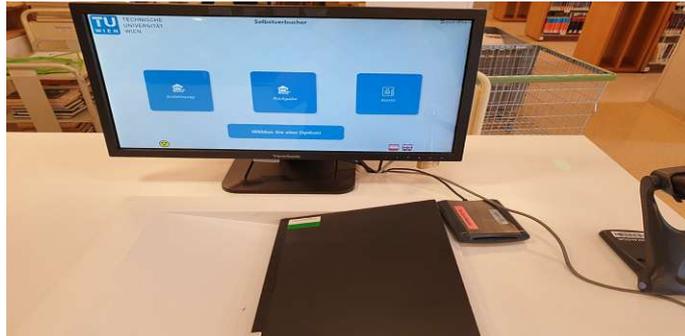


Abb. 119: RFID-Buchaus- und rückgabeterminal TU-Wien, S. 404

Der Nutzende tätigt nun eine Auswahl und schließt abschließend die Benutzersicht am Bildschirm. So wird z.B. die Prozedur der Rückgabe erledigt, wodurch man sich unnötige Anstehzeit am Kundenterminal erspart.

Zur Anwendung kommen könnten hier z.B. bzgl.

- Transponder Typ: passive HF, UHF TAGs,  
Art-Form: Smartlabels, Klebeetiketten,  
jeden Formats und Größe
- Reader stationäre Reader als fixinstallierte Terminals, Handhelds als Option
- Middleware Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System des Kunden

Entwicklungstendenz

- eine noch sehr junge, aber durchaus zukunftsfähige Branche für den Einsatz von RFID

### 3.3.5.8. RFID im Geld- und Zahlungsverkehr

Auch im Zahlungsverkehr und im Bezahlen von Waren und Dienstleistungen mit Banknoten einerseits oder mit bargeld- und kontaktloser Chipkarte (Smart-Card) andererseits wurde die RFID-Technologie bereits teilweise angewendet und ausgetestet.

Dies führt auch in diesem Bereich dazu, dass

- Prozesse optimiert und automatisiert werden,
- eine eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Gütern als Geld (physisch als Geldscheine, virtuell als kontaktloser Zahlungsverkehr) möglich ist.
- Effizienzsteigerung sowie Zeit- und Kostenersparnis möglich sind.

### Zahlungsverkehr mit Banknoten <sup>103</sup>

Die Eurogeldscheine sind bereits mit zahlreichen Sicherheitsmerkmalen, die vor Fälschungen schützen sollen, ausgestattet.

*An der Weiterentwicklung neuer Standards wird stets getüftelt. So wurde bereits um die Jahrtausendwende bekannt, dass an der Implementierung von RFID-Transpondern in Eurogeldscheine geforscht wird und es hierzu Verhandlungen zwischen der Europäischen Zentralbank und dem japanischen Elektronikkonzern Hitachi gab.*

- Die Implementierung von RFID sollte die Banknoten fälschungssicherer machen.
- Zudem sollten sämtliche mit den Geldscheinen getätigte Transaktionen (von der Ausgabe bis zum Einzug) durch die lückenlose Überwachung nachvollziehbar sein.

*Befürworter argumentieren, dass mit der Einführung eine verbesserte Nachvollziehbarkeit des Geldkreislaufes und eine höhere Fälschungssicherheit erreicht werden; bei etwaigem Diebstahl bestehe zudem die Möglichkeit der Entwertung der Geldscheine aus der Ferne. Skeptiker führen insbesondere datenschutzrechtliche Bedenken an und beleuchten den Aspekt, dass das Bargeld zur Kreditkarte wird und man überall getrackt wird.*

*Die hohen Kosten für die Implementierung der Transponder in die Geldscheine, das Aufrüsten sämtlicher Geldautomaten mit RFID-Scannern sowie die Verbindung der Terminals mit einem zentralen Rechner- und Datenbanksystem haben die Umsetzung bis dato noch verhindert.*

### Zahlungsverkehr mit Kontakt <sup>104</sup>

Die Mikroprozessor-Chipkarte, auch *Smart-Card* genannt, beinhaltet neben einem Speicher auch einen Mikroprozessor, die zusammen in einer Plastikkarte eingebaut sind (diese Art gehört zwar zu den elektronischen Verfahren der Auto-ID-Systeme, ist aber nicht RFID).

*Die Datenübertragung erfolgt über eine serielle Schnittstelle, indem die Chipkarte in ein Lesegerät gesteckt wird, das mit Kontaktfeldern eine galvanische Verbindung zu den Kontaktflächen der Chipkarte herstellt und diese über die Kontaktflächen mit Energie und Takt versorgt. Ein PIN-Code schützt vor unbefugtem Zugriff.*



Abb. 120: POS-Terminal – Zahlung mit Kontakt, S. 404

<sup>103</sup> vgl. in Anlehnung an <https://www.rfid-basis.de/gibt-es-rfid-chips-bald-auch-in-geldscheinen.html>, aufgerufen am 21.11.20

<sup>104</sup> vgl. K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 7

### Zahlungsverkehr kontaktlos <sup>105</sup>

Beim Bezahlen von Waren und Dienstleistungen mit kontaktlosen Chipkarten bzw. Transpondern wird die RFID-Technologie bereits eingesetzt.

Hierbei unterscheidet man zwischen geschlossenen und offenen Zahlungssystemen.

#### **Geschlossene Zahlungssysteme**

- *funktionieren nur innerhalb des Wirkungskreises eines Anbieters, wie z.B. Chipkarten für Mensakarten, RFID-Armbänder im Schwimmbad mit Zahlungsfunktion.*
- *werden auch als Debit- oder PrePaid Karten bezeichnet, die vor dem Gebrauch an einem Terminal gegen Einzahlung von Bargeld aufgeladen werden. Das Guthaben auf der Karte kann dann für Zahlungen verwendet werden.*

#### **Bei offenen Zahlungssystemen**

- *wird eine kontaktlose Chipkarte anstelle von Bargeld eingesetzt.*
- *basierend auf nationalen oder globalen Standards (z.B. EMV-Spezifikation = Europay, Mastercard, Visa) besteht die weltweite Verfügbarkeit.*

*Bei offenen Zahlungssystemen wird der Ort, an dem der Kunde seine Waren und Dienstleistungen bezahlt, als Point-of-Sale (POS) bezeichnet. Dies kann z.B. eine Supermarktkasse oder ein Tankautomat für Karten sein. Als technisches Gerät fungiert dabei ein POS-Terminal, das die Daten einer kontaktlosen Chipkarte liest, die Kartendaten überprüft und diese im Rahmen der Zahlungstransaktion an ein Bankenhintergrundsystem weiterleitet, wo dann der Betrag vom jeweiligen Kundenkonto abgebucht wird.*

Kontaktlose Chipkarten im Zahlungsverkehr unterscheiden sich im Einsatz nicht von Magnet- und Chipkarten.

Der Unterschied liegt in der Schnittstelle zwischen Karte und Terminal, sprich dem physikalischen Verfahren des Datenübertragungsprotokolls Standard ISO/IEC 14443 mittels NFC-Technologie.

**NFC** bedeutet Near-Field-Communication und ist ein auf passiver RFID-Technologie basierender internationaler Übertragungsstandard im HF-Bereich mit einer Frequenz von 13,56 MHz. Das Auslesen erfolgt ebenso über eine Funk-Luftschnittstelle.



Abb. 121: POS Terminal – Kontaktlose Zahlung NFC, S. 404

*Kontaktlose Karten sowie POS-Terminals, die nach ISO/IEC 14443 bei einer Frequenz von 13,56 Mhz kommunizieren und dabei dem gemeinsamen EMV-Standard entsprechen, tragen*

<sup>105</sup> vgl. in Anlehnung an K. Finkenzyeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 638 ff.

ein aufgedrucktes Wellensymbol. »))<sup>106</sup>

Die NFC-Technologie kann auch abseits des Zahlungssystems im Sinne von RFID als Transponder und Reader für Anwendungen, wie bei kontaktloser Datenübertragung im Nahverkehr (z.B., Bildern, Musikdateien usw.), oder als Zugangskontrolle oder Wächterkontrollsystem mit Kontrollpunkten, genutzt werden.

Zur Anwendung kommen könnten hier z.B. bzgl.

- Transponder Typ: passive HF (NFC-fähige TAGs), UHF TAGs,  
Art-Form: Smartlabels, Klebeetiketten, TAGs in Plastikgehäuse,  
jeden Formats und Größe
- Reader stationäre Reader als Gates, mobile Reader als Handhelds
- Middleware Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System  
des Kunden

Entwicklungstendenz

- eine junge, aber bereits etablierte Branche für den Einsatz von RFID; Feintuning möglich

### 3.3.5.9. RFID im Bauwesen

Das Bauwesen ist bis dato mit der RFID-Technologie wenig in Berührung gekommen. Zwar gibt es einige Forschungsansätze, Ideen und Pilotprojekte bzgl. RFID und Anwendung am Bau, ein wirkliches Roll-Out in der Praxis hat allerdings noch in keinem Segment stattgefunden. Unter dem Aspekt der Digitalisierung, der in der Baubranche in jeder Hinsicht voranschreitet, könnte diese – speziell durch die Einführung von RFID in vielen Bereichen und vor allem bzgl. der digitalen Vernetzung und somit Kopplung der virtuellen Datenebene mit der realen Gebäudeebene – die Branche revolutionieren.

Dies führt dazu, dass

- Prozesse schließlich optimiert und automatisiert werden,
- eine eindeutige Identifizierung und „Trackingmöglichkeit“ von
  - o Materialien (bei Anlieferung und Einbau im Sinne der Logistik, Dokumentation),
  - o Personen (im Sinne von Qualitätskontrolle),
  - o Werkzeug und Maschinen (Ortung, Verlust),
  - o Daten (von Maschinen, Materialien, Bauteilen und im Sinne des Controllings), Fristen und Terminen ermöglicht wird.
- der Einsatz von RFID und Sensorik (bzgl. Messung von Druck, Durchflussmengen, Temperatur, Feuchtigkeit im Gebäude, an und in Materialien, bei Maschinen) vor allem auf der Baustelle von großer Bedeutung ist und viel Entwicklungspotential hätte.
- die Effizienzsteigerung sowie Zeit- und Kostenersparnis groß ist, und eine sowie Ankurbelung / Steigerung der schwachen Produktivität als logischer Output erreicht werden könnte.

---

<sup>106</sup> vgl. in Anlehnung an K. Finkenzyler, RFID-Handbuch, 2015, S. 640

Nach Rücksprache mit zahlreichen Experten aus diversen Tief- und Hochbaubereichen sowie nach durchgeführten Gesprächen bzw. Interviews mit Projektleitern von Ingenieurbüros sowie Gruppen- & Bauleitern, Technikern und Polierern diverser Bauunternehmen im Sinne der Dissertation folgt hier nun eine Aufzählung der möglichen Anwendungen, eingeteilt in die drei Hauptsegmente

- Tief- und Infrastrukturbau,
- Hochbau,
- Baustelle.

### 3.3.5.9.1. Segment Tief- und Infrastrukturbau

Das Segment Tief- und Infrastrukturbau beinhaltet die Anwendungsbereiche

- Spezialtiefbau,
- Straßenbau,
- Bahnbau,
- Tunnelbau,
- Brückenbau,
- Wasserbau.

#### Spezialtiefbau <sup>107</sup>

*Im Bereich des Spezialtiefbaus könnte RFID im Sinne der Prozessoptimierung und Automatisierung / Inventarisierung sowie im Tracking von eingesetzten Werkzeugen und Maschinen wie Bohrgeräten, Schlitzwandgreifern, Fräsen, Spundwänden, Bohrträgerverbauten, Anker und Baggern sinnvoll verwendet werden.*

*Durch den Einsatz von RFID und Sensorik bezüglich Ein- und evtl. Ausbau der notwendigen Materialien (Bohrpfähle, Spundwände, Bohrträgerverbauten, armierte Spritzbetonwände, Vermörtelungen, Stahlaussteifungen, Hilfsstoffe usw.) können Durchflussmengen errechnet werden sowie Druck, Temperatur und Feuchtigkeit gemessen und somit ein ständiges durchgängiges Echtzeit-Monitoring aufgebaut werden.*



Abb. 122-123: Spezialtiefbau Bohrgeräte Baustelle 1140, S. 404

- Dadurch könnten neue Erkenntnisse im Prozesswesen gewonnen und Optimierungen beim Einsatz von Werkzeug und Maschinen, Personal sowie Material vorgenommen werden.

<sup>107</sup> Gespräch – Interview mit Projektleiter des Ingenieurbüros 3PGeo – Geotechnik, Wien 2020

- Durch das Tracking von Werkzeug und Maschinen wird Diebstahl vorgebeugt.
- Die Inventur der Gerätschaften sowie deren Wartung wird idem erleichtert.
- Effizienzsteigerung und daraus resultierende Zeit- und Kostenersparnis wären das Resultat.

### **Straßenbau** <sup>108</sup>

Auch im Straßenbau kann RFID zum Einsatz kommen – zum einen, um das Tracking von eingebauten Materialien und das dazugehörige Qualitätsmonitoring im Straßenbereich bzgl. Asphalt, Dübeln, Leitplanken, Tafeln, Schildern aber auch zugehöriger Gebäude wie WC-Anlagen auf Autobahnen im Sinne des Wartungs- und Betriebszyklusses zu ermöglichen;

zum anderen kann sie zum Einsatz kommen, um mittels Sensortechnik den Zustand der Straße jederzeit bewerten und überwachen und die daraus generierten Daten ebenso für Wartungs- und Sanierungsmaßnahmen heranziehen zu können.

Seit neuestem gibt es Versuche, bei denen in Straßenbereiche Geotextilvliese im Oberbau zwischen Trag- und Deckschicht eingelegt werden, um mittels ihrer Elastizität Schäden der Fahrbahn zu minimieren und somit die Lebensdauer von Straßenbelägen zu verlängern.



Abb. 124: Einbau eines Geotextilvlieses mit RFID-TAG, S. 404

*Ungefähr alle 100 m ist auf dem Geotextil ein passiver UHF-Transponder (der sehr robust und resistent gegen Regen, Schnee, Kälte sowie Hitze ist) integriert, der mittels mobilen Readern am Auto beim Drüberfahren oder durch ein Handheld vor Ort an der Straße ausgelesen werden kann.*

*Verbaute Sensortechnik zeichnet Temperatur, Druck und Feuchtigkeit der Straße auf. Auch Verkehrszählungen sind möglich.*

In der 3D-Planung / dem BIM-Modell werden die Transponder sauber verortet. Somit lässt sich ein durchgängiges Datenmodell in Kombination mit dem Bauwerk *Straße* generieren.

---

<sup>108</sup> vgl. in Anlehnung an <https://www.public-manager.com/aktuelles/sprechende-strassen-rfid-im-asphalt.html>, aufgerufen am 05.08.21

## Bahnbau <sup>109</sup>

*RFID kann im Bereich des Eisenbahnwesens vielfältig eingesetzt werden. Die Technologie findet ihre Anwendung im Bereich des Personen- & Güterverkehrs sowohl im Nah- als auch im Fernverkehr und der diesbezüglich notwendigen Infrastruktur.*

*Im Bereich des Personenverkehrs gibt es Einsatzmöglichkeiten im Sinne von Ticketing, Anlagenmanagement sowie der Zugbildung und -trennung.*

*Im Bereich des Güterverkehrs kann RFID beim Be- und Entladen, beim Tracking von Ladegut hinsichtlich der Standortbestimmung sowie bei Zugbildung und -trennung eingesetzt werden.*

*Im Bereich der Infrastruktur findet RFID seine Anwendung im Sinne des Anlagenmanagements, der Wartung und Instandsetzung, der Standortbestimmung sowie der Zug- und Streckensicherung.*

Zu den Details:

- Das Ticketing entwickelt sich weg vom Papierticket und steuert hin zum eTicket mittels NFC-Technologie.
- Bzgl. Standortbestimmung können Waggontyp, Waggonnummer, Fahrtrichtung sowie Geschwindigkeit getrackt werden.  
Dies geschieht mithilfe von TAGs, die unter dem Waggon bzw. seitlich daran befestigt sind. Reader sind auf der Schwelle im Gleisbett oder seitlich an fixen Gates installiert.
- Gemäß dem europäischen Zugsicherungssystem (European Train Control System - ETCS) kommen in Europa Eurobalisen zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um Transponder, die im Gleisbett oder auf der Schwelle zwischen den Schienen montiert werden; beim Darüberfahren durch die Lok werden diese aktiviert und Daten, wie z.B. Standort, Signalstellung und Geschwindigkeit, ausgelesen. Der Reader befindet sich an der Unterseite der Lok.



Abb. 125: Zugsicherungssystem  
Eurobalisen, S. 404

- Mittels RFID kann die derzeitige manuelle Zugbildung automatisiert und optimiert werden.  
Zukünftig sollen die Waggons bei der Zugbildung (im Personen- und Güterverkehr) mittels RFID Kennzeichnung vollautomatisiert vom Rangierhügel auf das richtige Gleis verschoben werden.  
Dies spart enorm viel Zeit sowie Personal, da der Prozess zentral geschehen kann.

<sup>109</sup> Gespräch – Interview mit Projektleiter der ÖBB Infrastruktur, Wien 2020

## Tunnelbau <sup>110</sup>

Der Tunnelbau ist ein spezielles Segment des Tiefbaus und mit sehr hohem Gefahren- und Risikopotential behaftet.

*Materialien (STB-Tübbinge, Stahlmatten, Spritzbeton), Werkzeuge und Maschinen (Anker, Sprengmittel, Tunnelbohrmaschinen, Bohrlafetten, Tunnelbagger) können mittels angebrachten TAGs für logistische Zwecke getrackt werden.*

*Personen können mit – angenähten oder in die Arbeitskleidung eingearbeiteten – TAGs jederzeit im Tunnel getrackt und z.B. bei evtl. auftretenden Unfällen schneller positionsgenau geortet, betreut und abtransportiert werden.*

*Im Falle eines Brandes, bei Rauchentwicklung, bei Austritt von Gasen und giftigen Dämpfen, bei einem CO<sub>2</sub>-Anstieg sowie eindringendem Schichtwasser können somit Evakuierungen schneller durchgeführt werden, denn zu jeder Zeit ist die Anzahl der Personen bekannt, die sich zum jeweiligen Zeitpunkt in einem bestimmten Bereich oder Tunnelabschnitt aufhalten.*

So hat man zu jeder Zeit einen Überblick, wo sich

- welches Material,
- welches Werkzeug und
- welche Maschine inkl. Stückzahl

im Lagerbereich außerhalb des Tunnels bzw. zwischengelagert im Tunnel befindet, oder aber bereits eingebaut ist.

- Materialschwund sowie Diebstahlschutz von Werkzeug und Maschinen wird diesbezüglich vorgebeugt; die Inventarisierung wird somit vereinfacht.



Abb. 126: Tunnelportale, S. 404



Abb. 127: TBM und Tübbingebau, S. 404

Durch den Einsatz von RFID und Sensorik können Umgebungsbedingungen wie Druck, Temperatur, Feuchtigkeit – wie beim Spezialtiefbau häufig gemessen – einem ständigen Monitoring unterzogen werden, um somit die Arbeitssicherheit des Personals zu erhöhen und das Unfallrisiko zu minimieren.

## Brückenbau

Bei Stahlbetonbrücken schützt die Betondeckung, z.B. den Bewehrungsstahl des Brückentragwerks, die Pfeiler und Träger; bei Stahl- oder Holzbrücken können einzelne

<sup>110</sup> vgl. in Anlehnung an <https://bornemann.net/sicherheit-im-tunnelbau-durch-indoor-ortungstechnologien/>, aufgerufen am 02.10.20

Bauteile wie Schweiß- oder Nietverbindungen korrodieren bzw. können sich im Laufe des Lebenszyklus lockern oder lösen.



Abb. 128: Risse in Stahlbetonbrücke, S. 405



Abb. 129: Stahlbrücke -Verbindungen, S. 405

Dies kann direkt durch Dauerbelastung oder Überbelastung mittels Fahrzeugeinwirkung auf die Fahrbahn / das Tragwerk sowie indirekt durch Umwelteinwirkungen wie Wind, Regen, Schnee, Sonne und Hitze hervorgerufen werden.

RFID kann im Brückenbau, im Sinne von Instandhaltungs- und Wartungsarbeiten, mittels Einbau von Sensoren zur Zustandsüberwachung der Tragfähigkeit und zum Monitoring von einzelnen Bauteilen, auch in Kombination mit Robotik (Drohnen), eingesetzt werden.

### Wasserbau

Im Wasserbau findet RFID derzeit im Bereich des fischökologischen Monitorings im Sinne von Fischaufstiegs- und -abstiegsanlagen seine Anwendung.



Abb. 130: Fischauf- und -abstiegsanlage, S. 405

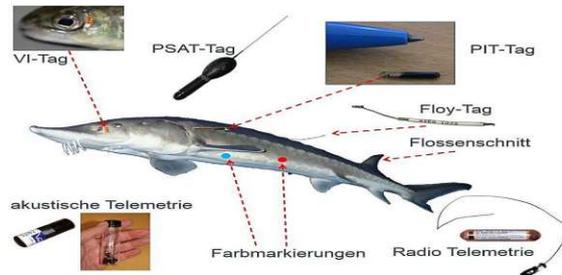


Abb. 131: Kennzeichnung mittels Transponder, S. 405

Reader sind als Gates ausgebildet, Fische bekommen einen Transponder injiziert.

### 3.3.5.9.2. Segment Hochbau

Das Segment Hochbau beinhaltet die Anwendungsbereiche

- Wohnungsbau, Hotels und Heime, Verwaltungsbau, Krankenhausbau,
- Industriebau für Produktion, Einkaufszentren, Forschung,
- Sportstätten- und Veranstaltungsbau.

### **Wohnungsbau, Hotels und Heime, Verwaltungsbau, Krankenhausbau**

Im Bereich des Bauens von Wohnungen, Hotels und Heimen sowie Verwaltungs- und Krankenhausbauten kann RFID in vielfältiger Art und Weise im Sinne von Prozessoptimierung und Automatisierung beim Tracking von Materialien, Maschinen, Daten, Gebäuden, Bereichen und Räumen zur Anwendung kommen.

Auch der Einsatz von RFID und Sensorik, z.B. beim Messen von Druck, Temperatur und Feuchtigkeit im Gebäude, in Räumen, an Materialien sowie bei Maschinennutzung, wäre möglich.



Abb. 132: THEOs Wohnen u Gewerbe 1140 Wien, S. 405



Abb. 133: Sirius Wohnen u Gewerbe 1210 Wien, S. 405

### **Industriebau für Produktion, Einkaufszentren, Forschung**

Hier verweist der Autor aufgrund ähnlicher Anwendungsfälle auf den Wohnungsbau.



Abb. 134: HOERBIGER Büro-Produktionsgebäude, 1210 Wien, S. 405

### **Sportstätten- und Veranstaltungsbau**

Auch hier verweist der Autor auf die ähnlichen Anwendungen wie im Wohnungsbau.



Abb. 135: Ernst Happel Stadion 1020 Wien, S. 405



Abb. 136: Wiener Stadthalle 1150 Wien, S. 405

### 3.3.5.9.3. Segment Baustelle <sup>111</sup>

Das Segment Baustelle kann lt. Autor auf verschiedenste Art und Weise in Anwendungsbereiche unterteilt werden.

Anbei drei Varianten, z.B.

#### **Variante 1: Unterteilung in zeitlicher Hinsicht (Phasen am Bau)**

- Übernahme der Baustelle durch den AG
  - o Projektunterlagen
    - Vertrag, Planunterlagen, Baustelle;
  - o Angebotsunterlagen
    - Angebot, Kalkulation;
- Arbeits- und Bauvorbereitung
  - o Baustelleinrichtung
  - o Bauablaufplanung
- Bauabwicklung
  - o Personal- und Baulogistik
    - Personal-, Material- und Geräteeinsatzplanung;
- Begehungen und Übergabe Baustelle an AG
  - o Quantitäts- und Qualitätskontrollen bei Vorbegehungen
  - o Abnahme und Übergabe
- Gewährleistung (3, 5 Jahre)

#### **Variante 2: Unterteilung nach Aufgabengebieten**

- Vertragsrechtliche Aufgaben
- Administrative Aufgaben
- Kaufmännische Aufgaben
- Technische Aufgaben
- Organisatorische Aufgaben

---

<sup>111</sup> Gespräch bzw. Interview mit Gruppen-, Bauleitern, Technikern, Polieren diverser Bauunternehmen, Wien 2021

### Variante 3: Unterteilung nach Themenblöcken

- Baustellencontrolling
  - o Leistungs- (Quantität, Qualität), Termin- und Kostenplanung / -kontrolle
    - Planliefertermin- und Bauzeitplan
    - Arbeitskalkulation, Bauerfolgsrechnung, Mehr-/ Minderkosten
  - o Vertragscheck
  - o Abrechnung, Buchhaltung
  
- Arbeits- und Bauvorbereitung sowie Bauabwicklung
  - o Baustelleneinrichtung und Sicherheit
    - Container, Lagerflächen usw.
  - o Planung bzw. Durchführung Bauablauf
    - Verschiedene Verfahren
  - o Personal- und Baulogistik
    - Personaleinsatzplanung inkl. Arbeits- und Gesundheitsschutz,
    - Materialeinsatzplanung, -beschaffung und -einbau,
    - Geräte-, Maschineneinsatzplanung und -beschaffung,  
Einsatz von neuen unterstützenden Technologien / Geräten wie Robotern, Drohnen, Exoskeletten;
  
- Kommunikation, Technologie und Standards
  - o Prozessmanagement
    - Analyse, Optimierung, Transformation;
  - o Schriftverkehr und Berichtswesen
    - Protokollwesen via Projektplattformen, Dokumentenmanagement-, Datenbank- und / oder Produktdatenmanagementsystemen;
  - o Datenmanagement und Datenaustausch
    - Datenbankbasiertes Arbeiten – Cloudcomputing,
    - Datenvernetzung – IoT, Big Data,
    - 3D bzw. BIM-Planung / serverbasiertes Arbeiten, 2D-7D Planung, Datenaustausch mittels IFC-Schnittstelle – building smart, Check Modell vs. Realität, Kollisionsplanung der Gewerke direkt am Modell, VR und AR;
  - o Informations- und Kommunikationstechnik (IKT),
    - Besprechungen Online per ViKo oder Face to Face vor Ort auf Baustelle,
    - Nutzung virtueller Projekträume sowie digitaler Flipcharts;

Anhand der Variante 3 „Unterteilung nach Themenblöcken“ hebt der Autor die wichtigsten RFID-Anwendungs- und Entwicklungsmöglichkeiten je Bereich hervor:

#### Baustellencontrolling

- Leistungs- (Quantität, Qualität), Termin- und Kostenplanung / -kontrolle
  - o mittels RFID-Raumbuchunterstützung zur Ermöglichung von „Just-in-Time“ sowie SOLL-IST-Vergleichen bzgl.:
    - Quantitäten, Qualitäten (Prüfung, Abnahme, Doku, Mängelmanagement),
    - Terminen mittels integrierten Daten aus digitalen Bauzeitplänen = Vernetzte Planung mit Zeit (4D) und
    - Integrierte Kosten (5D), Kostenverfolgung im Sinne von LZK-Betrachtung (6D), sowie dem Betrieb (7D);
- Abrechnung, Buchhaltung
  - o automatisiertes Aufmaß / Abrechnung mithilfe der
    - digital vorliegenden RFID-Trackingdaten und RFID-Baurologistiken, gespeichert in Datenbanken, der Cloud, Verbindung mit ERP-Systemen des Bauwesens (z.B. iTWO)

#### Arbeits- und Bauvorbereitung sowie Bauabwicklung

- Baustelleneinrichtung
  - o RFID-Tracking von Containern, RFID-Zugangskontrollen für Personen und LKW, RFID Lagerflächenmanagement;
- Personal- und Baurologistik
  - o Digitale Personaleinsatzplanung mit Arbeits- und Gesundheitsschutz
    - RFID als Trackingfunktion in Gefahrenbereichen,
    - RFID-Baustellenausweise als Qualitätsmanagementtool,
    - RFID-Zugangskontrolle mittels Gate / Terminals,
    - RFID-unterstützte Zeiterfassung;
  - o Digitale Materialeinsatzplanung-, beschaffung- und einbau
    - RFID-Tracking von Materialien und Bauteilen,
    - RFID-Transponder in Fertigteilen / Vorfertigung im Werk (STB, Holzbau, Stahlbau),
    - Trackingmöglichkeit der Materialien und Bauteile bei Anlieferung mittels Reader an fixen Gates oder manuell mittels Handhelds,
    - RFID-Lagermanagement für Zwischenlagerung auf Baustelle,
    - RFID-Tracking ohne Zwischenlagerung bei direktem Einbau;
  - o Digitale Geräte- & Maschineneinsatzplanung sowie -beschaffung
    - Ausstattung von Geräten- und Baumaschinen mittels RFID-Transpondern,
    - RFID-Diebstahlschutz,

- Anwendung von RFID und Sensorik,
- Datenspeicherung in zentraler Datenbank für automatisierte Abrechnungen,
- Anwendung von Robotik in Kombination mit RFID (Drohnen, Robohunde, Exoskelette) am Bau;

#### Kommunikation, Technologie und Standards

- Prozessmanagement
  - Analyse, Optimierung, Transformation im Sinne von RFID
- Datenmanagement und Datenaustausch
  - RFID-Anwendung = Vernetzung im Sinne von IoT, Nutzung von Big Data; Datenbankbasiertes Arbeiten macht Cloudcomputing möglich
  - RFID in Kombination mit 3D- bzw. BIM-Planung  
Serverbasiertes Arbeiten, 2D-7D-Planung, Datenaustausch mittels IFC-Schnittstelle – buildingSMART, Check-Modell vs. Realität, Kollisionsplanung der Gewerke direkt am Modell

RFID ermöglicht den Konnex der virtuellen Datenebene mit der realen Gebäudeebene.

Zur Anwendung kommen könnte sie in den Segmenten Tief- & Infrastrukturbau, beim Hochbau, sowie auf der Baustelle z.B. bzgl.

- Transponder Typ: aktive sowie passive HF bzw. UHF TAGs  
In gesonderten Einzelfällen SUHF TAGs  
Art-Form: TAGs in Plastikgehäuse, TAGs mit Sensoren, jeden Formats und Größe
- Reader stationäre Reader als Gates, mobile Reader als Handhelds
- Middleware Software der TAG-Hersteller und Anbindung an ERP-LVS System des Kunden

#### Entwicklungstendenz

- eine noch sehr junge und boomende Zukunftsbranche für den Einsatz von RFID

Neben den Auto-ID-Systemen im Allgemeinen herrscht auch bei RFID im Detail / der Anwendung im Bauwesen erheblicher Forschungsbedarf, um Weiterentwicklungen zu ermöglichen.

Diese Dissertation kann bzw. soll auch hierzu als Basis-Leitfaden z.B. für zukünftige Bachelor- und Diplomarbeiten und sonstige wissenschaftliche Arbeiten sowie als Anlaufstelle für Studierende dienen, die Interesse daran haben, sich in diesem Themenbereich zu vertiefen.

### 3.3.6. Chancen und Risiken von RFID

Chancen sowie Risiken liegen bei der Anwendung von RFID nahe beieinander und sind somit stets im Wechselspiel zu betrachten.

Wichtig bei der Betrachtung oder Abwägung ist, dass jede Sachlage mit Hausverstand und dem notwendigen Fingerspitzengefühl einzeln sowie individuell zu bewerten ist.

Geschieht dies nicht, wird jede Chance zum Risiko bzw. jedes Risiko zur Chance.

#### 3.3.6.1. Chancen

Kurz und bündig in Schlagworten ausgedrückt, spiegeln sich die Chancen von RFID aufgrund der einzigartigen Merkmale im Sinne von

- **Prozessoptimierung, Automatisierung, schneller kontaktloser, automatischer Identifizierung und damit einhergehender Effizienz- und Produktivitätssteigerung gepaart mit Zeit- und Kostenersparnis,**

in all den vom Autor bereits in Kapitel 3.3.5. genannten Anwendungsbereichen & Branchen, wie etwa

- Im Medizin- und Gesundheitswesen, im Sport- und Eventbereich, in der Land- und Forstwirtschaft, in der Tierwelt, in der Produktion und Logistik, im Groß- und Einzelhandel, im Pass- und Dokumentenmanagement, im Geld- und Zahlungsverkehr sowie in dem Bauwesen und noch einer Vielzahl nicht genannter Branchen

wieder.

Die RFID-Technologie birgt die Chance und hätte durch ihre Anwendung das Potential, gewisse Bereiche, wie z.B. das Bauwesen durch und durch zu revolutionieren.

#### 3.3.6.2. Risiken

Neben den Chancen der RFID-Technik ist verständlich, dass es auch Risiken gibt.

Die drei wichtigsten sind nach Meinung des Autors folgende:<sup>112</sup>

##### **Risiko-Pkt. 1: Mensch in Kombination mit Datenschutz**

- *z.B. im Handelsbereich beim Einkaufen, wo der Mensch als Nutzer im Mittelpunkt steht.*

*Theoretisch könnten hier die Transponder überall an den Produkten angebracht werden; Lesegeräte in deren Umfeld würden die Informationen automatisch auslesen, wobei der Nutzer hiervon nichts bemerken würde, sofern nicht ausdrücklich darauf hingewiesen wird.*

- o *Es gilt hier mittlerweile die Hinweispflicht mit RFID-Logo*
- Problematischer wäre, wenn die Informationen des Produkts als Sachinformationen mit den persönlichen Daten des Nutzers verknüpft würden. Denn indirekt könnten lt. Meinung von Gegnern dieser Technik Bewegungs- und Nutzerprofile erstellt werden und so der Nutzer „zum gläsernen Objekt“ mutieren; z.B. durch Zusenden von Werbung, die nur auf seinen Geschmack zugeschnitten ist.

---

<sup>112</sup> vgl. in Anlehnung an K. Finkenzyler, RFID-Handbuch, 2015, S. 273 ff.

- Dieser Kritik lässt sich entgegenen, mit dem Verweis darauf, dass es ohnehin eine Vielzahl an Kundenkarten gibt, die bereits seit Jahren diese gezielte Bewerbung praktizieren.
- Ein ähnliches Szenario gilt auch beim Bezahlen mit einer Bankomat- oder Kreditkarte.

### **Risiko-Pkt. 2: Elektromog**

- *Sofern sich RFID durchsetzen würde, sind die Gegner der Meinung, dass mit erhöhter Strahlenbelastung zu rechnen wäre und damit das Wohl und die Gesundheit des Menschen (z.B. Personen mit Herzschrittmachern) beeinträchtigt würden.*
- *Obwohl die meistverwendeten Transponder passiv sind und nur beim Lese-, Schreibvorgang elektromagnetische Wellen aussenden, herrscht hier Skepsis.*
  - *Hierzu ist die RFID-Anwendung noch nicht so weit fortgeschritten und es fehlen Langzeit-Studien, um das Argument widerlegen zu können.*
  - *Aber auch dieser Punkt lässt sich ein wenig relativieren, indem man auf einen Alltags- bzw. Gebrauchsgegenstand des täglichen Lebens, der für viele Menschen als unverzichtbar gilt, verweist:*
    - *das Mobiltelefon ständig „on“, im Netzbetrieb sowie Datenübertragungsmodus.*

### **Risiko-Pkt. 3: Angst vor Manipulation**

*Zu unterscheiden sind*

- *Offene RFID-Systeme (hier gibt es zwei Beteiligte)*
  - *Erste und aktive Partei = Systembetreiber; stellt und verwaltet die Infrastruktur in Form von Readern, Middleware und Transpondern (füttert diese Komponenten mit Daten).*
  - *Zweite und passive Partei = Nutzer; nutzt die RFID-Anwendung in Form von Etikett, Ticket usw., hat aber meist keinen Einfluss auf die dort gespeicherten Informationen.*
- *Geschlossene Systeme (hier gibt es keine Trennung zwischen aktiver und passiver Partei; Systembetreiber ist gleichzeitig Nutzer)*
  - *z.B. Fertigungsbetrieb.*
- *Daneben kann es noch eine*
  - *Dritte Partei = Hacker geben; diese versucht sich unberechtigten Zugriff auf das System zu verschaffen.*

*Es geht die Angst um, dass die erste bzw. dritte Partei (aktive Partei) durch Sammeln von Infos und Daten der zweiten Partei (passive Partei), diese ausspionieren könnte.*

Trotz regem Interesse und großer Technikaffinität stößt die neue Technologie somit bei der breiten Masse der Bevölkerung derzeit noch eher auf Ablehnung als Zustimmung. Dies ist auch teilweise der Berichterstattung und den Medien geschuldet.

Angriffsmethoden könnten sein:

- Ausspähen, Angriff auf Privatsphäre usw.

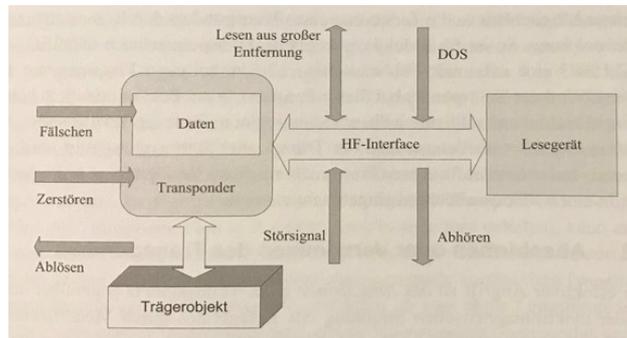


Abb. 137: Angriffsmöglichkeiten auf RFID-Systeme, S. 405

Bei bestimmten Anwendungen, wie z.B. dem Bankwesen, sind hohe Sicherheitsstandards gepaart mit Manipulationsschutz vorgegeben, damit die persönlichen Daten des Nutzers nicht in falsche Hände geraten, ausgelesen oder im schlimmsten Fall manipuliert werden können.

Bei Alltagsprodukten, die z.B. im Handel verwendet werden, könnte der RFID-Transponder mit einem Kill-Befehl unabsichtlich deaktiviert / zerstört werden.

- Die Folge wäre, dass der Reader den Transponder nicht mehr erfassen könnte und es sich somit um Diebstahl handeln würde.

Abschließend ist zum Punkt Risiken zu betonen, dass es wichtig ist, die Schwachstellen, wie z.B.

- den Transponder, den Reader sowie die Luftschnittstelle (HF-Interface) zwischen Transponder und Reader

zu schützen bzw. der

- Fälschung des Lesegerätes sowie des Transponders

vorzubeugen,

indem man Datenverschlüsselung und Passwortschutz je nach Anforderungsfall verwendet (bei ePass hoher Manipulationsschutz notwendig, bei Alltagsgegenständen kann Schutz niedriger ausfallen).

Der Daten- und Manipulationsschutz ist außerordentlich wichtig und hat einen überaus großen Stellenwert hinsichtlich Akzeptanz und Anwendung von RFID.

Kapitel 3 Grundlagen hat sich mit dem Grundlagenstudium befasst. Diese Grundlagen sind sehr wichtig, wobei sie sich über die Bereiche Digitalisierung im Allgemeinen bzw. am Bau samt deren Entwicklungspotentialen und über den Lebenszyklus / die diversen Auto-ID-Systeme einschließlich Vergleich, RFID im Detail inkl. diverser Anwendungsbereiche sowie Chancen und Risiken von RFID erstrecken. Darauf aufbauend lässt sich die technologische Detailanwendung und Einbettung von RFID in den RFID-Raumbuch Prototyp sowie die Kombination von RFID & BIM / RFID & Robotik verstehen.

Nach erfolgter ausführlicher Darlegung kann abschließend gesagt werden, dass die Anwendungsbereiche von RFID speziell im Bauwesen sehr vielfältig sind; Eine dortige Implementierung von RFID scheint nicht nur längst überfällig, sondern wohl dringend notwendig, da enormes Potential vorhanden ist.

Mehr dazu in der ausführlichen Conclusio in Kapitel 6.

## 4. Raumbuch Klassisch – RFID

Nach Abhandlung der Kapitel 1-3 Einleitung, Darlegung des Stands der Technik – Forschung sowie der allgemeinen Grundlagen folgt nun in Kapitel 4 die Raumbuchthematik. Diese beginnt mit einer Raumbuchbegriffsdefinition, dann folgt eine Raumbuch-Allgemeininfo, die Beschreibung des Wandels vom klassischen Raumbuch zum RFID-Raumbuch sowie die Darlegung des diesbezüglichen Forschungsprojekts als Proof of Concept (POC) inkl. einem Versuch der Generierung von SOLL-IST-Vergleichen im Sinne des Baustellencontrollings.

### 4.1. Begriffsdefinition

Wie zur Thematik Digitalisierung gibt es auch für klassische Raumbücher zahlreiche Definitionen in Lexika, Büchern, Zeitschriften usw., wobei alle einen sehr ähnlichen Output dazu liefern. Der Autor führt folgende Definitionen an.

#### Klassisches Raumbuch

Lt. Hans Lechner bedeutet *Raumbuch* als Begriff im klassischen Sinn <sup>113</sup>

*eine raumbezogene Liste relevanter Planungsdaten wobei – so vorhanden – das Gebäude-Ausstattungsprogramm in das Raumbuch übergeführt wird. Inhalte des Raumbuches sind z.B. Flächenkennwerte, erforderliche Haustechnikanschlüsse, gewünschte Raumkonditionen, Ausstattung.*

Lt. Recknagel Online bedeutet Raumbuch als Begriff im klassischen Sinn <sup>114</sup>

*„ein mit allen Beteiligten (Bauherr, Architekt, Planer usw.) abgestimmtes Dokument für ein Gebäude, das schriftlich festgehalten die Nutzungsbeschreibungen der einzelnen Räume sowie das vollständige Konzept einer gebäudetechnischen Anlage unter Berücksichtigung der Bedarfsermittlung enthält. Dokumentation der Anforderungen und Festlegungen zur Ausrüstung für jeden einzelnen Raum eines Objekts.“*

#### RFID-Raumbuch <sup>115</sup>

Auf Basis der klassischen Raumbuch-Definitionen hat der Autor durch seine Arbeitserfahrung die Weiterentwicklung einer **RFID-Raumbuch Definition** geformt. Diese lautet wie folgt:

*Ein auf Bauherrenebene mit den relevanten Projektbeteiligten abgestimmtes und vorgegebenes Raum- und Funktionsprogramm für ein Bauwerk oder Gebäude, das vom Bereich (als größte Einheit) über den Raum bis hin zum Bauteil (als kleinste Einheit) unverwechselbar durchklassifiziert mit RFID-Transpondern versehen ist, sich über das Phasenmodell des Lebenszyklus weiterentwickelt und*

- *neben parametrischen Daten (wie z.B. Länge, Breite, Stärke & Fläche)*

<sup>113</sup> vgl. in Anlehnung an H. Lechner, BauProjektManagement, S. 109

<sup>114</sup> vgl. <https://www.recknagel-online.de/mehr/lexikon/raumbuch.html>, aufgerufen am 18.03.20

<sup>115</sup> vgl. Armin Kamenschek Eigendefinition

- *sämtlich relevante Attribute als Quantitäten und Qualitäten im*
  - o *Bereich des Hochbau (für Boden, Decke, Wand, Türen, Fenster, Sonnenschutz usw.),*
  - o *Bereich HKLS-E (Heizung, Kühlung, Lüftung, Sanitär, Elektro) sowie*
  - o *In sonstigen Bereichen**aufnimmt / speichern kann,*
  - o *Arbeitsanweisungen ermöglicht sowie Dokumentationen (Foto / Text intern – wie extern) und Abnahmen getätigt werden können.*

*Dies muss alles „Just in Time“ und zu jeder Zeit virtuell im Modell sowie real am und im Gebäude vor Ort abrufbar sein.*

*Das ist nur möglich, indem man die virtuelle Datenebene mit der realen Gebäudeebene mittels RFID TAGs verknüpft.*

## 4.2. Raumbuch Allgemein

### 4.2.1. Raumbuch Funktion – Inhalt

In den nachfolgenden beiden Unterkapiteln werden Raumbuch Funktion und Inhalt erläutert.

#### 4.2.1.1. Funktion

Ein Raumbuch (RB) hat die Funktion, ein Bauwerk (Gebäude, Brücke usw.), das meistens in 2D-Plänen oder mit 3D-BIM-Modellen erstellt wurde, mit zusätzlichen Informationen und Beschreibungen sowie Tür- und Fensterlisten, Oberflächen, Terminen usw.), die im Plan oder Modell auf den ersten Blick nicht ersichtlich sind, zu präzisieren.

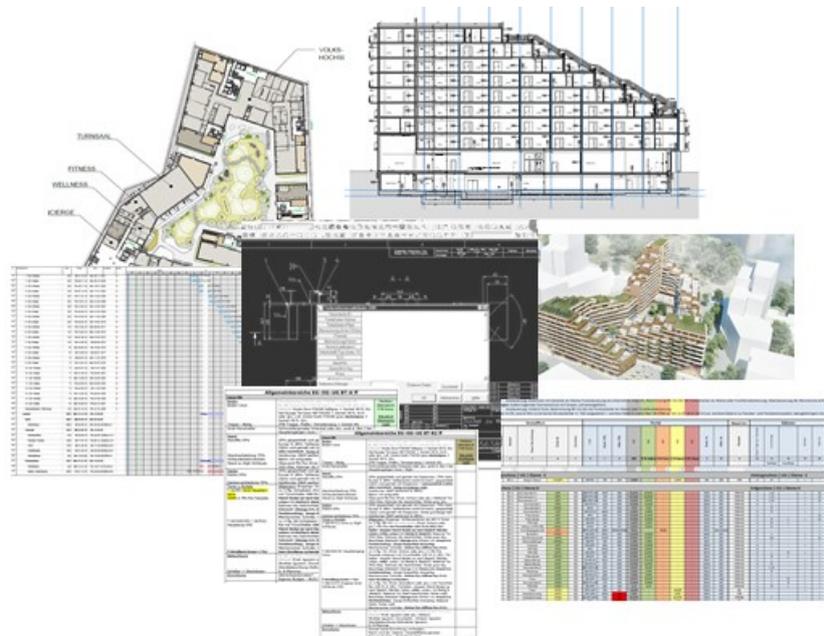


Abb. 138: Raumbuchkomponenten, S. 405

Diese zusätzlichen Informationen auf Gebäude-, Raum- oder Bauteilebene helfen immens, Fehler und Missverständnisse in allen Phasen des Lebenszyklus – irrelevant ob in der

Projektentwicklung und Planung, im Bau, in der Nutzung und dem Betrieb sowie beim Abriss – zu minimieren und damit Zeit und Kosten zu sparen.

Früher waren Raumbücher analog, im wahrsten Sinne des Wortes als „klassische Bücher“ gebunden, wo pro Raum 1-2 Seiten mit Informationen zusammengefasst waren.

Heutzutage wird zwar noch derselbe Begriff verwendet, im Hintergrund stehen aber einfache digitale – manuelle – Excelfiles, bzw. (aufgrund der anfallenden Datenmengen) komplexe – automatisierte – Datenbanken, in denen versucht wird, einzelne Räume, Bauteile samt deren Nutzung sowie sämtliche Eigenschaften, Quantitäten und Qualitäten zu definieren.

Da kann es durchaus vorkommen, dass in einem Bereich bzw. komplexen Raum inkl. seiner Bauteile bis zu 10 Seiten an Informationen abgebildet sind.

Auch webbasierte Anwendungen gibt es bereits.

- Weitere Details hierzu siehe Kapitel 4.2.2. Raumbuchtypen.

Bei Großprojekten sowie immer komplexer werdenden Bauvorhaben sind Raumbücher – mit ihren detaillierten Angaben und unterstützenden Infos – nicht mehr wegzudenken, auch wenn sie im Sinne von Planung, Bau, Nutzung & Betrieb sowie Abriss noch nicht verpflichtend vorgegeben sind.

### 4.2.1.2. Inhalt

Ein Raumbuch kann generell, grob aufgelistet folgenden Inhalt aufweisen:

#### Allgemeiner Teil

- Beschreibung des Bauvorhabens
  - o Adresse, Größe, Art des Bauvorhabens
- Info – Kontaktdaten (je Phasen und Fortschritt erweiterbar)
  - o Bauherr – Auftraggeber (BH – AG)
  - o Architekt und Fachplaner (Arch, STA, BPH, TGA, BS usw.)
  - o Generalunternehmer – Auftragnehmer (GU – AN)
  - o Generalunternehmer – Subunternehmer (HKLS-E, Trockenbau usw.)

#### Spezifischer Teil

- Zuordnung und Klassifizierung des Bauvorhabens in
  - o Bereiche, Räume, Bauteile
- Vergabe einer eindeutigen Identifizierungsnummer (Bereich, Raum, Bauteil)
  - o Unverwechselbare Erkennungsnummer – ID
- Genaue Verortung in Gebäude / Ebene / Raum
  - o Angabe der Stiege, des Geschosses, Achse, TOP, Raum
- Angabe der parametrischen Daten
  - o des Raumes sowie seiner Bauteile (Länge, Breite, Stärke, Fläche, Volumen)

- Angabe von Attributen im Sinne von:
  - o Quantitäten und Qualitäten im
    - Bereich des Hochbau (für Boden, Decke, Wand, Türen, Fenster, Sonnenschutz, Fassade usw.),
    - Bereich HKLS-E (Heizung, Kühlung, Lüftung, Sanitär, Elektro), MSR, GLT, sowie
    - In sonstigen Bereichen (Beziehung zu anderen Elementen, Räumen, Bauteilen);
  - o Terminen
    - Rohbau- und Ausbaubauzeitenpläne mit Start- & Endterminen;
  - o Kosten
    - pro Bereich, Raum, Bauteil, Fläche, Einrichtungsgegenstand, wenn vorhanden.

### Sonstiges

- Weitere relevante Punkte & Eigenschaften zum Bauvorhaben u.dgl.

## **4.2.2. Raumbuch Typen (Manuell, Datenbank – Programm, Webappl – Mobile App)**

Aufgrund eingehender Beschäftigung mit dem Thema sowie der Anwendung von diversen Raumbuchtypen in der Praxistätigkeit des Autors als BH-ÖBA bei diversen Bauvorhaben führt dieser hierzu nachfolgende Passagen aus.

### **4.2.2.1. Manuell**

Gebäude, Räume und Bauteile werden mit weiteren Daten als Attribute in eine Exceltabelle, Worddatei sowie einfache Access-Datenbank eingefügt, die zuvor aus den Plänen, z.B. Grundrissen, Schnitten, Ansichten oder dem Modell, entnommen wurden.

Es gibt hier 2 parallele Systeme – das Raumbuch und die Pläne – die miteinander verzahnt sind. Dieser Typ von Raumbuch kann nur bei kleinen oder nicht komplexen Bauvorhaben bzw. Demo-Raumbüchern zur Anwendung kommen.

Bei großen Bauvorhaben würde die manuelle Eingabe schon nach kurzer Zeit zu Datenerfassungsfehlern, falschen Eingaben oder falschen Zuordnungen führen. Die beiden parallelen Systeme sind sehr pflegeintensiv.

Das bedeutet, dass bei einer Eingabe oder Änderung in einem der beiden Systeme, die Änderung auch im zweiten System erfolgen und nachgeführt werden muss, damit die Daten im Plan und im Raumbuch stets gleich sind; dies erfordert enorme Genauigkeit.

Erfolgt dies nicht, kommt es rasch zu Fehlern sowie zur Ablehnung dieser Raumbuchart. Eine automatische Plausibilitätsprüfung gibt es hier aufgrund der Einfachheit nicht.

### **4.2.2.2. Datenbank – Programm**

Bei großen und vor allem komplexen Bauvorhaben bietet es sich an bzw. gibt es keine Alternative, dass datenbankbasierte Raumbücher allein oder in Kombination mit – bzw. eingebettet in – Programme/n, zur Anwendung kommen.

In der Planung können dies CAD-Programme (Computer Aided Design) wie Autocad, Archicad, Allplan usw. in 2-3D bzw. BIM-basiert in den Grundzügen – jedoch nicht so detailliert und einfach im Handling, wie bis dato gewünscht – abbilden.

Räume und Bauteile können einzeln ausgewählt,

- deren parametrische Daten wie Länge, Breite, Dicke usw. angezeigt,
- Attribute zu Boden, Wand & Decke als einfache Quantitäten Qualitäten definiert sowie
- das Einbaudatum, die Dauer und Kosten – sofern vorhanden – hinzugefügt werden.

Vom Raumbuch zum CAD-Programm sollte die Import/Export Schnittstelle im besten Fall bidirektional ausgelegt sein. Das heißt, dass es hier einen automatischen Datenbankabgleich in zwei Richtungen gibt und so der Plan im CAD-BIM-Modell sowie der zugehörige Datenbankeintrag im Raumbuch durch Synchronisation aktuell gehalten wird.

In der Ausführung können CAD-Programme, 2-3D- bzw. BIM-basierte Datenbankeinträge für Räume und Bauteile aus der Planung mittels Import/Export-Schnittstelle zur Datenübertragung an ERP-Systeme, wie z.B. iTWO oder Nevaris, bzw. an Lagerverwaltungssysteme (LVS), wie z.B. Wanko, Aisys, zur Verfügung stellen, damit diese für

- Kalkulation, GU-Interne Ausschreibungen – Erstellung von Leistungsverzeichnissen, Massen- und Volumensberechnungen, Abrechnung, GU-Interne Abnahmen, Quantitäts-, Qualitäts-, Termin- und Kostenkontrolle sowie SOLL-IST-Vergleiche durch GU und BH-ÖBA

genutzt werden können.

Im Facility Management werden z.B. die Pläne mittels CAFM-Software (Computer Aided Facility Management) automatisch ins System eingelesen:

- Die Software erkennt automatisch Raumstrukturen mittels Polygonen und stellt diese planlich in unterschiedlichen Farben dar,
- Blöcke der Raumstempel werden als Attribute übernommen und weitere Attribute können manuell hinzugefügt werden.

Datenbanken erleichtern die Handhabung immens; über Masken können die eingegebenen Datenwerte direkt bearbeitet werden. Features wie Suchfunktion oder Auswahlbuttons unterstützen das Handling.

#### 4.2.2.3. Webapplikation – Mobile App

Wenn die Datenbanken-Programme zudem noch online mittels Webapplikation / mobiler App für die Beteiligten zur Verfügung stehen, spricht man von Cloudcomputing, das große Vorteile gegenüber manuellen Systemen bietet:

- Man könnte von überall auf das webbasierte Raumbuch und deren Datenbankinformationen „Just in Time“, sprich in Echtzeit zugreifen, diese prüfen und bei Bedarf adaptieren, sofern ein Internetzugang besteht.
- Ein Multi-User Zugriff auf die aktuellsten Daten wäre gewährleistet.
  - o Hier wären dann Admin- und Zugriffsrechte unumgänglich, die jedem User eine individuelle Ansicht der Webapplikation als Plattform-Datenbank und der damit verbundenen Daten / Datensätze sowie Infos gewährt.
- Änderungen sowie Aktualisierungen werden in der Datenbank bzw. dem Programm mitprotokolliert, Updates der Software sind leichter handhabbar.

- Mittels Import/Export-Schnittstellen wäre eine Interaktion von CAD-Programmen zu ERP- und LVS-Systemen im Bauprozess sowie zu anderen Geschäftsprozessen (intern, extern) möglich.

Abschließend gilt hier zu sagen, dass die Raumbücher, irrelevant ob manuell oder mittels Datenbanken sowie webbasiert erstellt, stets auf dem aktuellen Stand zu halten – dies vor allem nach Adaptierungen und Umbauten – und ständig zu warten sind. Wird dies nicht akribisch verfolgt, verliert das Raumbuch seinen Anwendungsnutzen.

### 4.2.3. Raumbuch Anwendungen am Markt

Raumbücher gibt es in unterschiedlichen Formen, Typen und Anwendungstiefen von diversen Herstellern am Markt.

Die Palette reicht hier von

- der Office-Anwendung (kostengünstig)
  - o z.B. in Form von Excel- und Worddateien, Access-Datenbanken
    - auf einfacher Basis – sehr reduziert
    - auf aufwändiger Basis – komplex
- über CAD- und FM-Programme
  - o CAD: z.B. AutoCAD Architecture – Revit, ArchiCAD, Allplan usw.
    - ohne Datenbankfunktion und ohne BIM-Connex auf reiner Planbasis
    - mit Datenbankfunktion und BIM-Connex als IFC-Schnittstelle
  - o FM: z.B. Capmo, Planon, Ultimo, Wave usw.
    - ohne Datenbankfunktion und ohne BIM-Connex auf reiner Planbasis
    - mit Datenbankfunktion und BIM-Connex als IFC-Schnittstelle
- bis hin zu Softwarepaketen im Phasenmodell des Lebenszyklus (kostspieliger)
  - o für einzelne Phasen (Planung, Ausführung, Betrieb, Abriss) z.B.
    - *California von G&W*<sup>116</sup> (AVA, Kostenplanung- und kontrolle, Projektüberwachung usw.
    - *Building One*<sup>117</sup> *Digitales Raum- und Gebäudebuch für Gebäudeinfo und Kostenplanung*
  - oder eben auch
    - o als Gesamtpaket über alle Phasen in Bezug auf den Lebenszyklus, z.B.
      - *iTWO von RIB*<sup>118</sup> (ERP-Software für das Bauwesen, Planen, Bauen, Betreiben)
      - *dRofus*<sup>119</sup> für Planung und Datenverwaltung mit BIM-Connex

<sup>116</sup> vgl. <https://gw-software.de/>, aufgerufen am 22.10.21

<sup>117</sup> vgl. <https://www.onetools.de/de/buildingone>, aufgerufen am 18.09.21

<sup>118</sup> vgl. <https://www.rib-software.com/home>, aufgerufen am 25.06.21

<sup>119</sup> vgl. <https://www.drofus.com/>, aufgerufen am 16.07.21

- *Prevera*<sup>120</sup> mit BIM Datenbank für Digitalisierung von Planungs-, Bau- und FM Prozessen.

#### 4.2.4. Raumbuch als Steuerungstool im Phasenmodell des Lebenszyklus

Raumbücher können in den Phasen Planen, Bauen, Betrieb & Nutzung sowie Abriss, sprich im gesamten Phasenmodell des Lebenszyklus, angewendet werden.

Abkürzungen: Bauherren- oder Auftraggeberseite (BH – AG), Generalplaner (GP), Statik (STA), Bauphysik (BPH), Technische Gebäudeausrüstung (TGA = HKLS-E), Bauherr – Örtliche Bauaufsicht (BH-ÖBA), Generalunternehmer / Auftragnehmer (GU - AN)



Abb. 139: Phasenmodell des Lebenszyklus, S. 405

Raumbücher dienen als Steuerungstool und helfen

- im **Lebenszyklusmodell übergeordnet**, dem BH – AG als Controllingtool
  - seine definierte und bestellte Leistung rasch einzusehen, zu kontrollieren, sowie notfalls zu adaptieren bzw. anzupassen.
- in der **Phase Planung** als planungsbegleitendes Raumbuch, dem Architekten (idealerweise als GP) und seinen Fachplanern (STA, BPH, TGA), klare Vorgaben mit Fokus auf
  - Raumbedarf, Pflichtenheft BH – AG, Nutzungsanforderungen, Flächen und Beziehungen zwischen Räumen, Erstellung des Bauwerks,
  - eine Info über eine erste Kostenschätzung zu liefern.
- in den **Phasen Planung und Bau**, den BH – AG Projektmanager als BH-ÖBA, im Sinne des Controllings, bei
  - Leistungs- (Quantität, Qualität),
  - Termin- und
  - Kostenkontrolle sowie
  - diversen Abnahmen und Übergaben im Baugeschehen zu unterstützen.
- in der **Phase Bau**, den GU – AN als Bauleitung / den Polier
  - Quantitäten und Qualitäten im Hochbau- sowie HKLS-E-Bereich zu prüfen,

<sup>120</sup> vgl. <https://prevera.at/>, aufgerufen am 03.08.21

- bei der GU-internen Gewerkeausschreibung inkl. Massenermittlung und Leistungsverzeichniserstellung,
  - bei der GU-internen Termin- und Kostenplanung sowie Kontrolle dieser,
  - als Checkliste für GU-interne Abnahmen = Start neuer Prozesse im Baugeschehen in Zusammenarbeit mit BH-ÖBA zu unterstützen.
- in der **Phase Betrieb und Nutzung**, den Facilitymanager bei
- der Wartung, Pflege und Instandhaltung des Bauwerks,
  - der Verwaltung des Flächenmanagements,
  - der Raumservicierung,
  - den Reinigungsarbeiten sowie
  - anfallende Umbauarbeiten, zu unterstützen.
- in der **Phase Abriss-Beseitigung**, dem Abrissunternehmen
- schnelle und vor allem brauchbare Informationen über verbaute Materialien, Massen bzw.
  - Gefahrenstoffe (wenn vorhanden) gesichert zur Verfügung zu stellen.

Bezüglich relevanter Datenstrukturen, Datenebenen und Inhalte ist es – wie bereits erwähnt – auch beim Raumbuch wichtig, dass man die Thematik über den gesamten Lebenszyklus hinweg in den einzelnen, aber doch zusammenhängenden Phasen (Planen, Bauen, Betreiben, Abriss) betrachtet.

Auch wenn gewisse Akteure oft nur in einer Phase und dort dann evtl. nur kurz in Kontakt mit dem Raumbuch kommen, ist es dennoch ratsam, sämtliche vorgelagerte und nachfolgende Phasen inkl. jener Phase, in der man sich befindet, zu betrachten:

- Dabei gilt es, all deren Prozesse sowie das zugrundeliegende durchgehende Datenmanagement zu berücksichtigen.

Das Problem stellen dabei auch in diesem Zusammenhang die immer noch größtenteils vorherrschenden analogen Schnittstellen sowie Informationsverluste in der jeweiligen Phase bzw. zwischen den Phasen dar, die eine saubere und kontinuierliche Daten-, Kommunikations- sowie Dokumentationsstruktur bezüglich Quantität, Qualität, Termin und Kostenmanagement behindern und den damit möglichen Technologiefortschritt im Sinne der Digitalisierung bremsen.

### 4.3. Vom klassischen Raumbuch zum RFID-Raumbuch

Wie bereits bekannt, ist das Vereinen der virtuellen Datenebene (CAD, BIM, IKT, Dokumente) am Planungsmodell mit der realen Gebäudeebene (Gebäude, Raum, Bauteil) vor Ort auf der Baustelle – zur Behebung des analogen Schnittstellenproblems sowie Informationsverlustes – auch beim Raumbuch unumgänglich.

Der Autor hat sich somit dieser Thematik angenommen und im Sinne der Digitalisierung mittels Forschungsprojekt in der Phase Bau auf Basis des Baustellencontrollings – lt. seiner

Idee / Vorgabe – versucht, anhand der RFID-Technologie das klassische Raumbuch zum RFID-Raumbuch weiterzuentwickeln.

**Ein RFID-Raumbuch in diesem Sinne gab und gibt es bis heute nicht.**

### 4.3.1. Wandel Klassisches Raumbuch zu RFID-Raumbuch im Lebenszyklus

Bevor im nachfolgenden Kapitel 4.4. definitiv der Einstieg ins Forschungsprojekt in der Phase *Bau* erfolgt, wird der Autor noch zum besseren Verständnis vorab die Weiterentwicklung des Raumbuches mittels RFID-Komponenten anhand eines plakativen Bauprojektanwendungsbeispiels in den einzelnen Phasen des Lebenszyklus darstellen und das bis dato vermittelte Wissen durchexerzieren.

#### 4.3.1.1. Übergeordnet auf BH – AG Ebene zu Projektbeginn

Zu Projektbeginn steht im Sinne der Projektentwicklung (PE) auf Bauherren- oder Auftraggeberseite (BH - AG) eine detaillierte Bedarfsplanung an der Tagesordnung.

In diversen Gesprächen und Abstimmungen sowie Brainstorming- und oder Workshops, die der BH – AG selbst bzw. seine beauftragte Projektsteuerung mit den unterschiedlichen Projektbeteiligten (Kernteam intern sowie extern), wie z.B.

- BH, Nutzer bzw. Betreiber, Eigentümer, Projektentwicklung, ÖBA, Vertrieb und Marketing, Hausverwaltung, Behörden, evtl. auch schon Architekt und Fachplaner bzw. Generalunternehmer / Auftragnehmer (GU - AN)

durchführt, werden Anforderungen und Wünsche an das zukünftige Bauwerk oder Gebäude, kurz „Projekt“ genannt, kundgetan und gesammelt.

Darauf aufbauend werden Räume und Bereiche definiert, tabellarisch aufgelistet (hier liegt noch kein räumlicher Vorentwurf vor) und mit Zusatzinformationen bzw. Attributen, wie etwa Funktion, Raumgröße, Raumhöhe usw. sowie Ausstattungen in Form von Quantitäten und Qualitäten versehen; auch werden die Interaktion sowie die Zusammenhänge zwischen Räumen abgebildet.

- Somit entsteht ein **Raum- und Funktionsprogramm** auf Excel- oder Word- bzw. pdf-Basis.

#### Im Sinne der Anwendung von RFID bzgl. des RFID-Raumbuches

- kommt hier RFID nur indirekt zum Einsatz:
  - o es können nur vorbereitende Maßnahmen für die nachfolgende Phase Planung des Bauwerkes auf der virtuellen Datenebene = SOLL-DATEN getroffen werden.
  - o die reale Gebäudeebene der Phase Bau = IST-DATEN ist noch gar nicht existent.

#### 4.3.1.2. Phase Planung

In der Planung dient dieses Raum- und Funktionsprogramm dem Architekten – in Abstimmung mit den Fachplanern BPH, STA, TGA usw. (meistens übernimmt der Architekt die Rolle des Generalplaners) – als Basis für die ersten räumlichen Vorentwürfe in Skizzenform, um darauf folgend die Ausarbeitung in CAD als 2D-3D- oder idealerweise mit BIM-Planung in Abstimmung mit dem BH – AG anzugehen.

Darauf aufbauend folgen die detailliertere Entwurfsplanung und die finale Freigabe durch den BH - AG, damit das Projekt dann bei der Behörde mittels Einreichplanung zur Genehmigung vorgelegt werden kann.

#### **Im Sinne der Anwendung von RFID bzgl. des RFID-Raumbuches**

- kommt hier RFID erneut nur indirekt zum Einsatz:
  - o es können vorbereitende Maßnahmen für die Planung des Bauwerkes auf der virtuellen Datenebene = SOLL-DATEN getroffen werden.
  - o die reale Gebäudeebene der nachfolgenden Phase Bau = IST-DATEN ist weiterhin noch nicht existent.
  - o das Bauprojekt sowie die Bereiche, Räume und Bauteile werden im 2D-3D- oder BIM-Modell planlich mit
    - einer eindeutigen und unverwechselbaren ID,
    - genauer Verortung im Gebäude / Ebene / Raum,
    - Angabe von parametrischen Daten (Bauteilabmessungen),
    - Angabe von Attributen (Quantitäten und Qualitäten für Hochbau, HKLS-E, Sonstiges), Terminen und Kosten im Sinne des Controllings,
    - sowie evtl. bauverfahrensspezifischen Vorgaben versehen.

Noch während des Genehmigungsprozesses wird die **Ausschreibungsplanung** fortgesetzt. Hier werden neben dem bereits früher definierten Planungs-SOLL der Räume (Anzahl sowie parametrische Daten wie Länge, Breite, Höhe und daraus resultierender Fläche – Rauminhalt) auch noch weitere Attribute wie Boden-, Decken- und Wandbeläge, HKLS-E-Ausstattungen sowie Möblierung) final festgelegt.

- Das abstrakte Raum- und Funktionsprogramm wandelt sich nun zum **detaillierten Raumbuch**.

Mit diesen Inhalten gespickt, dient das Raumbuch als planunterstützende und beschreibende Maßnahme und kann der Ausschreibung als Zusatz in Lang- oder Kurztextform als Excel oder Word bzw. als pdf- oder Datenbankformat mit Zugangsberechtigung beigelegt werden.

#### **Im Sinne der Anwendung von RFID bzgl. des RFID-Raumbuches**

- werden SOLL-DATEN auf der virtuellen Datenebene für die Ausschreibung bei Planung des Bauwerks verfeinert.

Die Ausschreibung wurde inkl. der vorliegenden Baugenehmigung an die GU – AN zur Angebotslegung versandt; von deren Seite wurde das Projekt kalkuliert sowie ein Preis abgegeben, der dann in den darauffolgenden GU-Bietergesprächen besprochen und verhandelt wurde. Hierzu gab es nun im Bestfall eine rasche Einigung mit einem Bieter oder einer Bietergemeinschaft, die sodann den Zuschlag für die Ausführung erhielt.

#### **4.3.1.3. Phase Bauen**

Durch den Zuschlag / der Einigung zwischen BH – AG und GU – AN starteten die GU-internen, bauvorbereitenden Maßnahmen und darauf folgend die normalen Bauaktivitäten. Das detaillierte Raumbuch wurde seitens BH – AG nochmals lt. GU-Verhandlung – Einsparungsliste – an den Vertragsstand angepasst. Seitens BH – AG Projektmanager als BH-ÖBA wird dasselbe bei der Quantitäts-, Qualitäts-, Termin- und Kostenkontrolle sowie bei diversen Abnahmen und Übergaben im Baugeschehen im Sinne des Controllings genutzt.

Seitens GU – AN als Bauleitung / dem Polier kann das RFID-Raumbuch für die Prüfung von Quantität und Qualität im Hochbau- sowie HKLS-E-Bereich bei der GU-internen Gewerkeausschreibung inkl. Massenermittlung und Leistungsverzeichniserstellung, bei der GU-internen Termin- und Kostenplanung sowie Kontrolle und als Checkliste für GU-interne Abnahmen = Start neuer Prozesse im Baugeschehen in Zusammenarbeit mit BH-ÖBA genutzt werden.

#### Im Sinne der Anwendung von RFID bzgl. des RFID-Raumbuches

- Herstellung des Bauwerks auf der realen Gebäudeebene = IST-DATEN
- Verbindung der virtuellen Datenebene mit der realen Gebäudeebene mittels RFID-Transpondern / TAGs = „*Virtuality meets Reality*“.<sup>121</sup>
- Der damit zusammenhängende klassische Informations- und Datenverlust bzw. Medienbruch kann somit vermieden werden, da
  - o Materialdaten (je nach Baufortschritt und je Bauteil) sowie
  - o Prozessdaten (Doku der Anlieferung, des Einbaus, der Einbaupartie, Angabe von Wetterdaten, Nutzung, Q-T-K usw.)
 im laufenden Baugeschehen für Materialien, Personen, Werkzeuge und Maschinen ständig aktualisiert werden.
- In weiterer Folge kann das RFID-Raumbuch im Sinne des Baustellencontrollings zu SOLL-IST-Vergleichen sowie diesbezüglicher Überwachung und Abnahme von Quantität, Qualität, Terminen und Kosten im Rohbau und ebenso den Ausbau durch den GU – AN (Bauleitung und Polier) gemeinsam mit BH – AG (ÖBA und GWL) genutzt werden.
  - o Das Lesegerät wird hierfür in Form vom Telefon oder Handheld an eine gewisse Position / einen Transponder gehalten;
- Ob und wie „Just in Time“-Vergleiche möglich sind, wird dann im Forschungsprojekt abgebildet:
  - o Qualitätssteigerung der Ausführung wäre die Folge,
  - o Effizienz- Produktivitätssteigerung sowie Zeit- und Kostenersparnis wäre die logische Konsequenz.
- Arbeitsanweisungen werden direkt am Transponder für den Raum oder das Bauteil verortet.
- Die Digitale Dokumentation liegt am Transponder des jeweiligen Bauteils, Raumes, Bereiches oder in der RFID-Raumbuchdatenbank vor und ist mittels Datenbankabfrage in der Cloud jederzeit verfügbar.
- Auch das Mängelmanagement wird durch die Anwendung des RFID-Raumbuches unterstützt.

#### 4.3.1.4. Phase Nutzung & Betrieb

In der Phase Nutzung & Betrieb erledigt der Facilitymanager die Wartung, Pflege und Instandhaltung des Bauwerks, die Verwaltung des Flächenmanagements, die Raumservice- rung, die Reinigungsarbeiten sowie anfallende Umbauarbeiten.

<sup>121</sup> vgl. Eigendefinition Armin Kamenschek

#### **Im Sinne der Anwendung von RFID bzgl. des RFID-Raumbuches**

- Nutzung, Betrieb und Umbau des Bauwerks auf der realen Gebäudeebene = IST-DATEN
- Auch hier lässt sich der große Informations- und Datenverlust bzgl. der analogen Dokumentationsübergabe verhindern, da sämtliche relevante Daten am Transponder oder in der RFID-Raumbuchdatenbank gespeichert sind. Doku in Papierform dient auch hier nur mehr als Backup.
  - o Somit liegen alle relevanten Bauteildaten für sämtliche zu tätige Umbaumaßnahmen vor.
  - o Auch für Instandhaltungsarbeiten ist dies wichtig, denn mittels RFID und der Verortung der Daten am Bauteil – Raum, festgehalten im RFID-Raumbuch, kann nachvollzogen werden, welcher Subunternehmer in der Phase Bau in welchem Bereich gearbeitet hat.
- Zudem können mittels Anwendung von RFID in der Phase Betrieb, Dienstleistungen, wie z.B. Reinigung, Wachdienst- und Sicherheitsdienststrundgänge usw., genau dokumentiert werden:

#### **4.3.1.5. Phase Abriss**

In der Phase Abriss werden dem Abrissunternehmen mittels des RFID-Raumbuchs schnelle und vor allem brauchbare Informationen über verbaute Materialien, Massen, bzw. Gefahrstoffe (sofern vorhanden), gesichert zur Verfügung gestellt.

#### **Im Sinne der Anwendung von RFID bzgl. des RFID-Raumbuches**

- findet der Abbruch des Bauwerks auf der realen Gebäudeebene statt = IST-DATEN,
- Es existieren hierzu normalerweise kaum Unterlagen; eine teure Analyse des Bestandes über die Struktur der verbauten Materialien und etwaigen Gefährdungen kostet viel Zeit und Geld.

Durch die Anwendung von RFID bzw. vom RFID-Raumbuch sind die relevanten Daten bzgl. Gebäude, Räumen, Bauteilen sowie verbauten Materialien am Transponder / in der RFID-Datenbank über den gesamten Lebenszyklus gespeichert und somit jederzeit abrufbar.

#### **4.3.1.6. Datenanalyse – Archivierung bei Übergang zwischen Phasen**

Es gilt als wichtig – deshalb hebt der Autor es nochmals hervor – dass die beiden Datenarten SOLL zu IST andauernd auf dem aktuellen Stand gehalten bzw. bei jedem Phasenübergang einer genauen Datenanalyse unterzogen werden sollen; falls notwendig sollen und müssen nicht mehr benötigte Daten – irrelevant welchen Typs – sauber archiviert werden, damit man bei Bedarf jederzeit noch darauf zurückgreifen kann bzw. Platz für die Speicherung neuer Daten schafft.

#### 4.4. RFID-Raumbuch Prototyp in der Phase Bau

Anbei folgt nun die Veranschaulichung der Vorgangsweise, wie der RFID-Raumbuch Prototyp seitens des Autors konzipiert, lt. seiner Idee entwickelt und gemäß seinen Vorgaben und Vorstellungen als Prototyp gemeinsam mit dem Projektpartner TAGnology umgesetzt wurde.

Ausgehend von der Informationssammlung, dem Brainstorming und der Erstellung eines Konzepts mit darauffolgender Prozessanalyse und dem daraus entstehenden detaillierten Prozessdiagramm wird nach Ermittlung von geeigneten Projektpartnern und einem passenden Projekt, gemäß der Idee des Autors, das Proof of Concept (POC) des RFID-Raumbuch Prototyps – inkl. SOLL-IST-Vergleich – im Sinne des Baustellencontrollings dargelegt, erklärt und getestet.

##### 4.4.1. RFID-Raumbuch Prototyp – Initiierung

Zu Beginn der RFID-Raumbuchentwicklung stand die detaillierte Informationssammlung und Wissensaneignung über die RFID-Technologie auf der Agenda des Autors.

Ohne diese Inputs konnte kein Brainstorming stattfinden, aus dem sich dann ein schlüssiges Konzept – nach Optimierung von Abläufen im Sinne einer Prozessanalyse – entwickeln und umsetzen ließ.

Eine derartige Entwicklung ist als Querschnittsmaterie zu sehen, denn es erfordert nicht nur Detailwissen bzgl.

- RFID,

sondern auch Detailwissen bzgl. RFID tangierender Themenfelder, wie z.B.

- BH-Agenden,
- Örtliche Bauaufsicht,
- Projekt- und Baumanagement,
- Controlling
  - o im Sinne von Leistungs- (Quantität, Qualität), Termin- und Kostenplanung sowie -kontrolle,
- Planung,
- Ausführung,
- Baubetrieb
  - o sowie die dortigen detaillierten Abläufe,
- Facility Management,
- Software- und Hardware Engineering,
- rechtliche Aspekte,
- ...

#### 4.4.1.1. Brainstorming – Collage – Konzept

Mittels Brainstorming in Collagenform konnte der Autor zu Projektbeginn eine erste, wenn auch grobe Darstellung der Funktionsweise des RFID-Raubuch Prototyps und aller zugehörigen Komponenten als Konzeptskizze visualisieren.

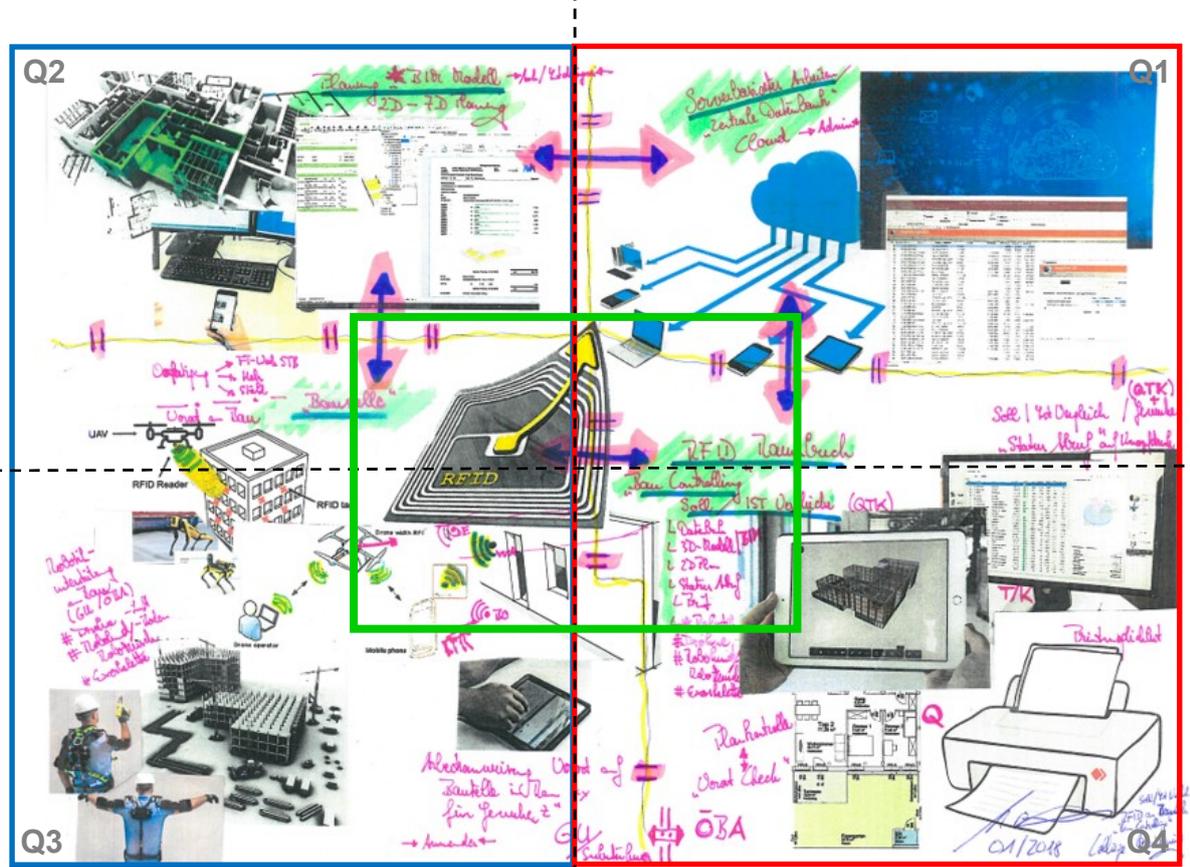


Abb. 001: Collage RFID am Bau / RFID-Raubuch Dissertation Kamenschek 2018, S. 398

Die Collage bzw. das Konzept besteht aus folgenden Themenblöcken:

der Thematik

- RFID (RFID-TAGs, Writer / Reader) auf der Baustelle --- im Zentrum (mittig)

und den sich darum herum situierten Bereichen in den 4 Quadranten

- RFID-Datenbank --- Quadrant 1 (rechts oben)
- RFID-Raubuch – Baustellencontrolling --- Quadrant 4 (rechts unten)
- RFID & BIM --- Quadrant 2 (links oben)
- RFID & Robotik --- Quadrant 3 (links unten)

die mit der RFID-Technologie direkt auf der Baustelle, aber auch indirekt sowie untereinander in verschiedenen Ebenen und Abhängigkeiten vernetzt sind.

RFID auf der Baustelle im Zentrum, sowie Quadrant 1 und 4 (= die rechte Seite / Hälfte der Collage), d.h. RFID-Datenbank und RFID-Raumbuch – Baustellencontrolling, sind für die Entwicklung des RFID-Raumbuch Prototyps essentiell und werden deshalb

- genauestens behandelt.
  - o Details hierzu siehe nachfolgende Ausführung.

Hinsichtlich der Digitalisierung von Baustellen werden Quadrant 2 und 3 (= die linke Seite / Hälfte der Collage), d.h. RFID & BIM sowie RFID & Robotik parallel dazu behandelt.

- Im Streifzug wird versucht, die Komponenten bzw. Bereiche mit RFID am Bau zu verknüpfen und sie in die Arbeit zu implementieren bzw. zu integrieren.
  - o Details hierzu siehe Kapitel 5 RFID & BIM / RFID & Robotik

#### 4.4.1.2. Prozessanalyse

Mit Ende der Brainstormingphase und dem Vorhandensein einer funktionierenden Konzeptskizze samt wichtiger Themenblöcke, gespickt mit klaren Vorstellungen des RFID-Raumbuchprojekts sowie seiner Komponenten, galt es, im Sinne einer detaillierten Prozessanalyse erstmals Vorgänge / Arbeitspakete zu definieren und diese in einem Prozessdiagramm klar und deutlich abzubilden.

Aus diesem Prozessdiagramm sind in der Folge

- das System und die Funktionsweise,
- Abläufe mittels Notationsfesthaltung,
- (Teil-)Vorgänge,
- Abhängigkeiten,
- Querverbindungen
- usw.

ablesbar.

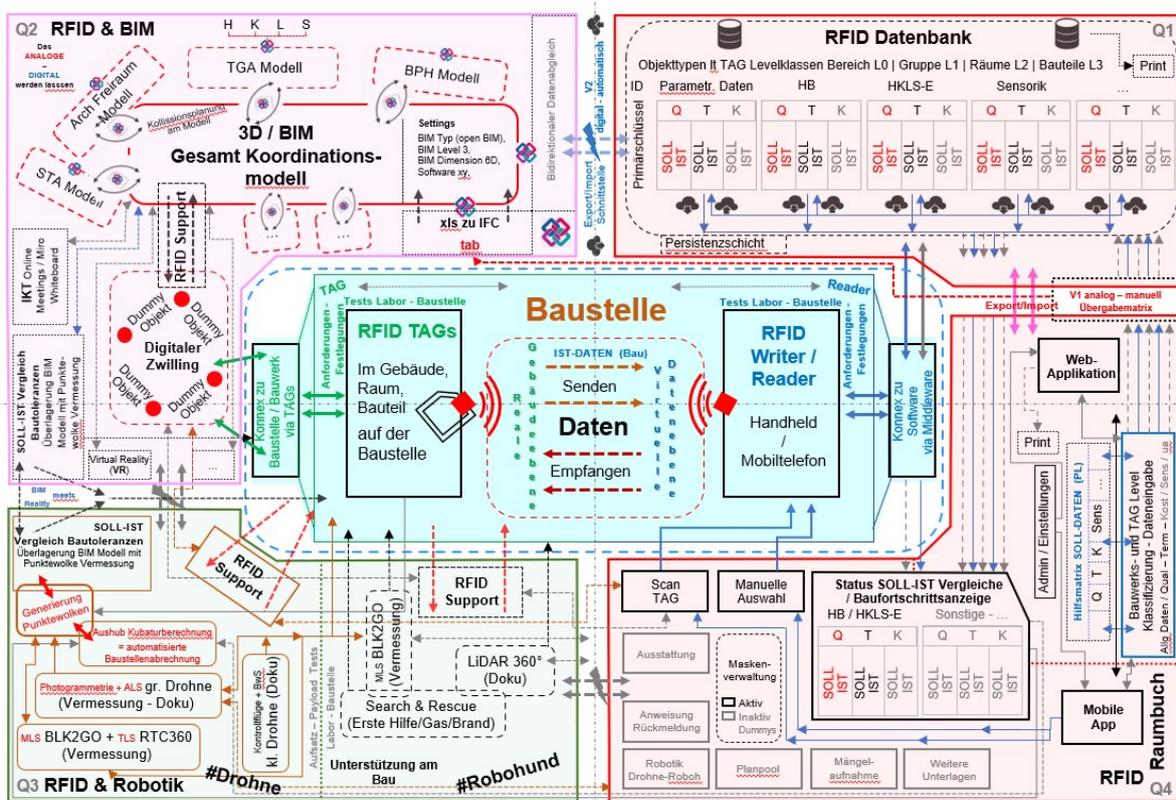
Wie schon betont, mussten die essentiellen W-Fragen, wie z.B.

- das WO (wo beginnt der Prozess, wo führt er hin, wo muss der Start – das Ende sein?)
- das WIE (wie erfolgt die Abbildung, wie verbindet man z.B. A mit E?)
- das WIE LANGE (wie lange dauert der Vorgang, wie lange muss / darf er dauern?)
- das WARUM (warum muss Prozess A mit Prozess C und nicht mit D oder F verbunden sein, warum ist die Dauer so kurz / so lang?)

genau definiert werden.

### 4.4.1.3. Prozessdiagramm

Anbei das aus der Konzeptskizze abgeleitete detaillierte Prozessdiagramm hinsichtlich des RFID-Raumbuch Prototyps samt kurzer Erläuterung in Form von Stichworten;



Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020 ©

Abb. 140: RFID-Raumbuch Prozessdiagramm, S. 405

### RFID (RFID TAGS, Writer / Reader) auf Baustelle --- im Zentrum

RFID TAGS sind auf der Baustelle / dem Bauwerk

- im jeweiligen Bereich, Raum, Bauteil je nach Anforderungen (Frequenz, TAG-Art, Form, Größe usw.) sowie lt. vorgegebener Planung sauber klassifiziert verortet.
- nach beliebiger Anwendung
  - o als STAR-TAGS für übergeordnete Bereiche
    - z.B. Whg-Gesamt oder Fahrradraum nur in der Wand, bzw.
  - o als MASTER-TAGS für einzelne Räume
    - z.B. Vorraum, AR, Schlafzimmer, Bad, WC, bzw.
- inkl. DETAIL-TAGS
  - z.B. im Boden (Bo), der Decke (De), der Wand (Wa) situiert.

Sie enthalten folgende Informationen

- Pflicht: Eindeutige und unverwechselbare ID (Primärschlüssel)
- Option: Informationen (je nach Wunsch gestalt- und erweiterbar)
  - o Quantitäts-, Qualitäts-, Termin- und Kostenmanagement sowie
  - o Material- und Prozessdaten

- Zusatzinformationen
  - entweder auf RFID TAG oder in RFID-Datenbank abgelegt

RFID-Reader oder Lesegerät als Handheld oder Mobiltelefon

- verbindet die TAGs mit der RFID-Datenbank.

### **RFID-Datenbank --- Quadrant 1 (rechts oben)**

Enthält in der Webapplikation sauber klassifiziert, strukturiert und logisch abgespeichert alle Datensätze aus dem RFID-Raumbuch, wie z.B.

- Objekttypen = Pendant zur TAG-Level; Klassifizierung in der Übergabematrix;
- Datenpool-Attribute aus Hilfsmatrix
  - Parametrische Daten  
Länge, Breite, Höhe des Bauteiles, Fläche und Umfang sowie Volumen des Raumes usw.
  - Weitere Qualitäten  
HB, HKLS-E, Sonstiges, Sensorik usw. nach Gewerken sortiert
- SOLL-DATEN Felder aus Planungsvorgabe
  - Quantitäten, Qualitäten, Termine, Kosten
- IST-DATEN Felder für den Bau
  - Quantitäten, Qualitäten, Termine, Kosten

Abgleich

- SOLL-DATEN mit IST-DATEN
  - Jegliche Veränderung des Baufortschritts wird aufgezeichnet
- Rückmeldung an RFID-Raumbuch wird getätigt

Printfunktion möglich

### **RFID-Raumbuch – Baustellencontrolling --- Quadrant 4 (rechts unten)**

Neben der RFID-Datenbank wird das RFID-Raumbuch mit Hilfe diverser Module entwickelt und steht

- als Webapplikation sowie als Mobile App für das Mobiltelefon zur Verfügung.
- Dateneingabe
  - Variante 1: Analoges bzw. manuelles Einlesen der Daten via Vorlagenfiles / Übergabematrix und Hilfsmatrix in Webapplikation;
  - Variante 2: Digitales bzw. automatisches Einlesen der Daten via BIM-Modell direkt über Export/Import-Schnittstelle;
- Menümasken; per Auswahl können verschiedene Settings sowie Aufgabenbereiche bzw. Menüs angesteuert werden, z.B.
  - Einstellung (Account, Zugriffsrechte usw.), Scan TAG / manuelle Auswahl, Ausstattung, Status SOLL-IST-Vergleich, Anweisung & Rückmeldung,

- Planpool, Mängelaufnahme, Robotik-Drohne, „Robohunddaten“,
  - weitere Unterlagen
- Scan-TAG-Button
  - Für direktes Scannen der TAGs notwendig; Verknüpfung mittels Handheld / Mobiltelefon zu RFID TAG bzw. RFIDDatenbank
- Manuelle Auswahl
  - Zuordnung von TAGs direkt im RFID-Raumbuch
  - Übersichtsplan ersichtlich
- Weitere Buttons, wie z.B. Ausstattung, Anweisung/Rückmeldung, Robotik bzw. Robohund, Drohne, Planpool, Mängelaufnahme.  
Weitere Unterlagen sind
  - derzeit Dummies

Baustellencontrolling sollen somit für den GU / die ÖBA auf der Baustelle mittels „Just in Time“ SOLL-IST-Vergleichen möglich gemacht werden.

#### **RFID & BIM --- Quadrant 2 (links oben)**

- RFID-Datenbankanbindung als V1 analog oder manuell mittels Übergabematrix bzw. V2 digital – automatisch über Import/Export Schnittstelle
- 3D- / BIM-Gesamtkoordinationsmodell mit Teilmodellen
- RFID-Support für Baustellencontrolling
- Überlagerung BIM-Modell mit Punktwolke; Vermessung für SOLL-IST-Vergleich Bautoleranzen (BIM meets Reality)
- Virtual Reality (VR)
- IKT-Anwendung von neuen digitalen Kommunikationsmitteln / Techniken

#### **RFID & Robotik --- Quadrant 3 (links unten)**

- RFID-Anwendung am Bau mittels Robotik
  - Nutzung von Robohunden, Drohnen am Bau für unterstützende (z.B. wiederkehrende) Tätigkeiten; Roboter werden mit Aufsätzen / Payloads versehen;
- Robotik - #Robohund
  - RFID-Support, zur Unterstützung beim Erfassen & Lesen der TAGs
  - LiDAR 360° für Dokutätigkeiten
  - MLS mit BLK2GO für Vermessungstätigkeiten (Punktwolkeerzeugung) für Überlagerung BIM-Modell mit Punktwolke; Vermessung bzgl. SOLL-IST-Vergleich Bautoleranzen
  - Search & Rescue, Einsatz von Robohund bei Erste Hilfe/Gas/Brandfall

- Robotik - #Drohne

- RFID-Support, zur Unterstützung beim Erfassen & Lesen der TAGs
- MLS mit BLK2GO + TLS RTC360 für Vermessungstätigkeiten (Punktwolkeerzeugung) für Überlagerung BIM Modell mit Punktwolke; Vermessung bzgl. SOLL-IST-Vergleich Bautoleranzen
- Photogrammetrie + ALS mit großer Drohne bzgl. Vermessungs- und Dokumentationstätigkeiten (Punktwolkeerzeugung für SOLL-IST-Vergleich Bautoleranzen bzw. Aushub Kubaturberechnungen = automatisierte Baustellenabrechnung)
- Kontrollflüge und Bauwerksinspektion mit kleinen Drohnen für Dokumentationstätigkeiten

Angedacht war, das Prozessdiagramm nach Feststehen der Projektpartner vor Projektstart gemeinsam mit den jeweils relevanten Partnern und Beteiligten bzw. Gruppen- und Bauleitern, Technikern und Polieren via Workshop, Dokumentenstudie, Fragebogen oder Gespräch (Face to Face oder ViKo) Vorgang für Vorgang, Arbeitspaket für Arbeitspaket, Prozess für Prozess zu besprechen und sofern notwendig, als einzelnen Stellen einem Feintuning zu unterziehen.

- Ziel: Vorgang / Arbeitspaket / Prozesse zu finalisieren und diese dabei – falls notwendig – zu präzisieren, zu adaptieren und zu vereinfachen.

Aufgrund der vorherrschenden COVID-19-Pandemie fiel die Wahl der Kommunikation sowohl (und sofern möglich) auf Face-to-Face-Dialoge als auch auf Videokonferenzgesprächsrunden.

#### **4.4.2. RFID-Raumbuch Prototyp – Organisatorische Vorbereitungen**

Als das Konzept sowie das aus der Prozessanalyse hervorgegangene Prozessdiagramm aus der Initiierungsphase detailliert vorlagen, ging es darauf aufbauend im nächsten Schritt darum, weitere wichtige organisatorische Vorbereitungsarbeiten und Anforderungen im Sinne des RFID-Raumbuch Prototyps / seiner Entwicklung zu klären und zu tätigen.

Wichtig war nun einerseits

- ein adäquates Bauvorhaben zu finden,
  - an dem die neue Idee des Autors im Sinne des Forschungsprojekts bzw. der Kreierung eines RFID-Raumbuches in der Phase Bau für einen Hochbau ausgetestet werden konnte.
  - bei dem während der Bauphase ein uneingeschränkter Zugang zu den Testbereichen sowie evtl. eine Abriegelung derselben möglich war.
  - bei dem unterschiedliche Gebäude-, Raum- und Bauteilkonstellationen vorherrschten sowie verschiedenste Materialeinbauten – bezüglich Boden, Wand und Decke – für den Einsatz diverser Transpondertypen und Tests vorhanden und möglich waren.

Siehe Kapitel 4.4.2.1. Bauvorhaben – Forschungsprojekt (POC).

Andererseits (und nicht weniger wichtig war)

- vertrauenswürdige Projektpartner mit Handschlagqualität ins Boot zu holen,
  - o die sich klar zur Idee des Autors im Sinne des Forschungsprojekts bekannten und bereit waren, gemeinsam mit ihm die Herausforderung einzugehen, „etwas Neues zu schaffen“ und ihn dabei zu unterstützen.
  - o die das Know-How besaßen, diesbezüglich ihren Input im Sinne der gemeinsamen Entwicklung und Ausführung einzubringen.
  - o bei denen der Einbau, die Tests und die Auswertung der TAGs / Daten im Einklang zwischen dem Autor als BH-ÖBA und sämtlichen Projektpartnern – vor allem dem ausführenden Unternehmen und seinem Team – im Zuge der laufenden Bauausführung möglich ist.

Siehe Kapitel 4.4.2.2. Projektpartner (POC).

#### **4.4.2.1. Bauvorhaben – Forschungsprojekt (POC)**

##### **Anforderungscheck**

Der Autor war zu diesem Zeitpunkt beim Bauträger Österreichisches Siedlungswerk in Wien – kurz ÖSW – als Projektleiter in der Neubau-Technik angestellt und für mehrere Großprojekte im Sinne von BH-ÖBA-Tätigkeiten verantwortlich.

Als Bauvorhaben für das Forschungsprojekt würde sich somit ein hausinternes Projekt namens THEOs – ein Multifunktionsgebäude – in der Spallartgasse 17-19, 1140 Wien auf Bpl.6-7 anbieten.

Das Projekt befand sich zu jener Zeit in der Phase Ausschreibung / GU-Verhandlung:

- dies war somit optimal für die Entwicklung und Ausführung des RFID-Raumbuches im Sinne eines Proof of Concept (POC), da bis zur Realisierung noch genügend Vorlaufzeit für vorbereitende Maßnahmen vorhanden war.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt, sofern es die Zustimmung seitens dem ÖSW als Projektpartner gab; diese mussten noch eingeholt werden.

Der Autor hatte bei diesem Projekt – sowie bei anderen auch – die Projektleitertätigkeit inne.

- Damit verbunden war die Ermöglichung des uneingeschränkten Zugangs zur gesamten Baustelle und die Möglichkeit, diese Bereiche temporär abzuriegeln.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

Im zu errichtenden Gebäude sind diverse Nutzungen vorgesehen, die von Wohnräumen über Büro, Gastronomie und Freiraum zu Allgemeinflächen reichen;

Das Gebäude besteht aus einem tragenden Stahlbetonskelett, die Hülle als Wärmedämmverbundsystem (WDVS), der Innenausbau ist größtenteils in Trockenbau.

- Somit wäre die Erfüllung der Anforderung des Transponder- / TAG-Einbaus in verschiedene Materialien sowie Aufbauten hinsichtlich Boden, Decke und Wand in den jeweils unterschiedlichen Gebäude-, Raum- und Bauteilkonstellationen möglich; als positive Folge könnten viele Testdaten generiert werden.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

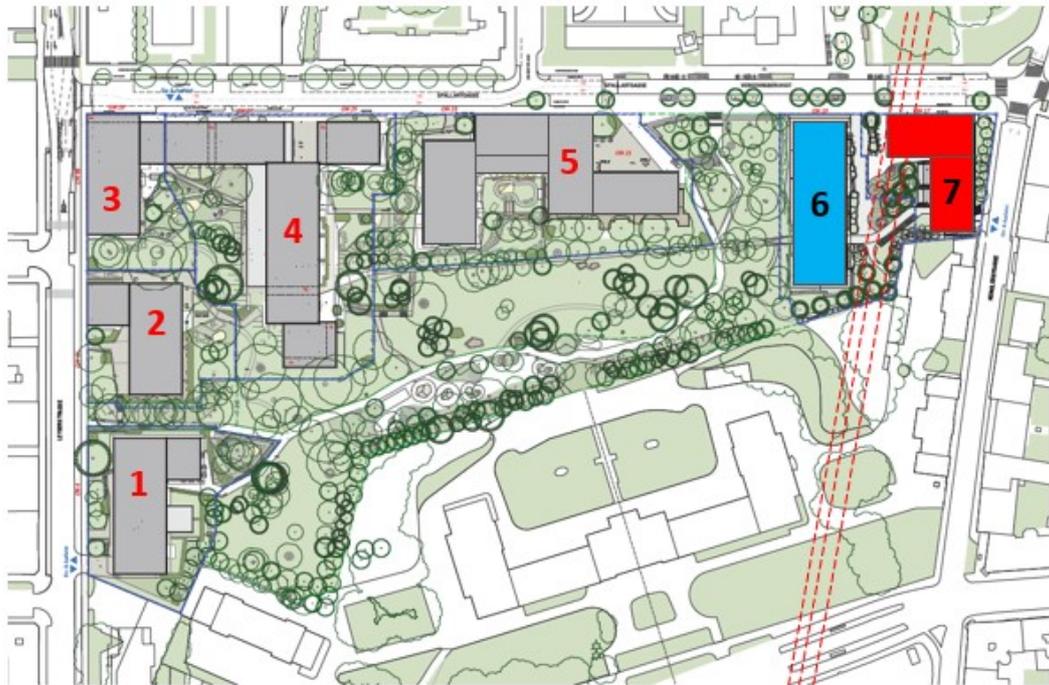
## Beschreibung, Eckdaten, Konstruktion

### Beschreibung allgemein

Auf dem Parkgelände in Wien Breitensee, 1140 Wien, das vormals zur Theodor-Körner-Kaserne gehörte, entsteht ein neues Wohnquartier mit insgesamt 7 Bauplätzen.



Abb. 141-142 : THEOs 1140 Wien – Übersicht Bpl.1-7, S. 405



Die ÖSW-Gruppe, einer von 4 Bauträgern, errichtet hier in den Jahren 2020-22 auf den Bauplätzen 6 und 7 unter dem Titel „THEOs“ zwei Wohngebäude inkl. Bürobereich, Gewerbelokal sowie zentrale Freiraumflächen.

Mit der Planung wurde das Wiener Architekturbüro BWM Architekten beauftragt.

**Beschreibung Bpl.6-7** <sup>122</sup>

Am Bpl.6, Spallartgasse 19, wird ein Haus mit insgesamt 176 freifinanzierten Eigentumswohnungen realisiert.

Im Erdgeschoss des Wohnhauses liegt eine Bürofläche, die als Atelier oder Co-Working-Space genutzt werden kann.

Das Wohngebäude umfasst 2 Stiegenhäuser mit 10 Ober- und 2 Untergeschossen. Die Dachfläche wurde als extensiv begrüntes Flachdach angelegt.

Der zentrale Eingangsbereich empfängt Bewohner und Besucher im Erdgeschoss. Hier befindet sich auch der Zugang zum Co-Working- / Office-Bereich. Kinderwagen- und Fahrradabstellräume sowie der Hausbetreuerraum sind ebenfalls im Erdgeschoss situiert. Im 1. Untergeschoss sind Technikräume, ein weiterer Fahrradraum und die Tiefgarage mit ca. 52 Stellplätzen untergebracht. Im 2. Untergeschoss sind die Einlagerungsräume für die Wohnungen situiert. Die Ein- und Ausfahrt der Tiefgarage für Bpl.6 erfolgt über die Nachbarliegenschaft Bpl.7, Spallartgasse 17 und befindet sich in der Kendlerstraße.

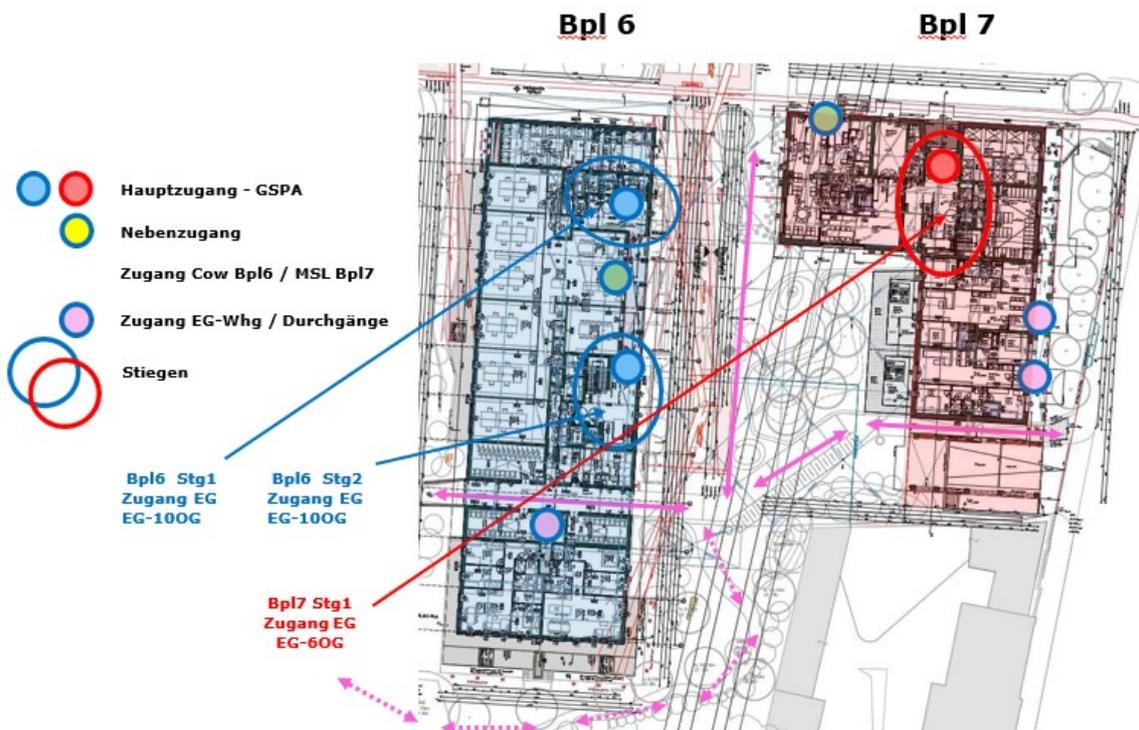


Abb. 143: THEOs Bpl.6-7 Übersicht Forschungsprojekt, S. 405

Am Bpl.7, Spallartgasse 17, wird ein Haus mit insgesamt 67 Mietwohnungen realisiert.

Im Erdgeschoss des Wohnhauses liegt eine Gewerbefläche, in der eine Café-Konditorei mit eigenem Schanigarten eröffnet.

Das Wohngebäude umfasst 1 zentrales Stiegenhaus, 6 Obergeschosse und 1 Untergeschoß. Die Dachfläche über dem 6. Obergeschoss wurde, wie bei Bpl.6, als extensives Gründach angelegt.

Das Highlight des Gebäudes bildet die Gemeinschaftsterrasse im 6. Stock. Sie ist für alle Bewohner frei zugänglich und mit einer Indoor- / Outdoor-Küche, einem Sonnendeck und einer Pergola sowie Hochbeeten für „Urban Gardening“ ausgestattet.

<sup>122</sup> vgl. Armin Kamenschek Eigendefinition in Abstimmung mit ÖSW

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

Der zentrale Eingangsbereich empfängt Bewohner und Besucher im Erdgeschoss. Hier liegt der Zugang zum Stiegenhaus, Waschsalon, zum Gemeinschaftsraum sowie zum Innenhof. Kinderwagen- und Fahrradabstellräume sowie der Hausbetreuerraum sind ebenfalls im Erdgeschoss untergebracht. Weitere Kinderwagenräume befinden sich in den Gängen der Obergeschosse.

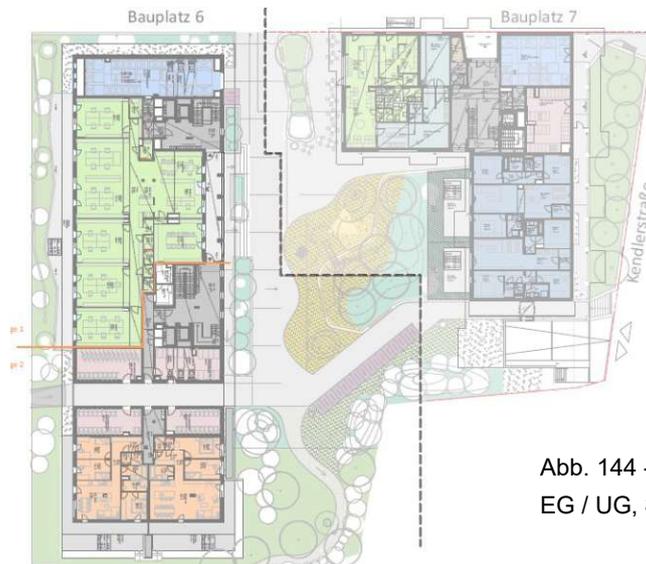


Abb. 144 - 145 THEOs Bpl.6-7  
EG / UG, S. 405



Im ersten und einzigen Untergeschoss befinden sich die Einlagerungsräume für die Wohnungen, weitere Fahrradräume sowie Technikräume und die Tiefgarage mit ca. 30 Stellplätzen.

Ein zweites Untergeschoss gibt es hier nicht, denn das Gebäude Bpl.7 liegt genau über einem Tunnel – der Bahntrasse der S45-Vorortelinie. Es wurde auf einem Brückentragwerk, das auf Bohrpfehlen aufliegt, seitlich des Tunnelkörpers gegründet.

Die Ein- und Ausfahrt der Tiefgarage Bpl.7 befindet sich in der Kendlerstraße und erschließt auch die Tiefgarage von Bpl.6.

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp



Abb. 146 - 153: THEOs Bpl.6-7 Grundrisse UG - OG, S. 405

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

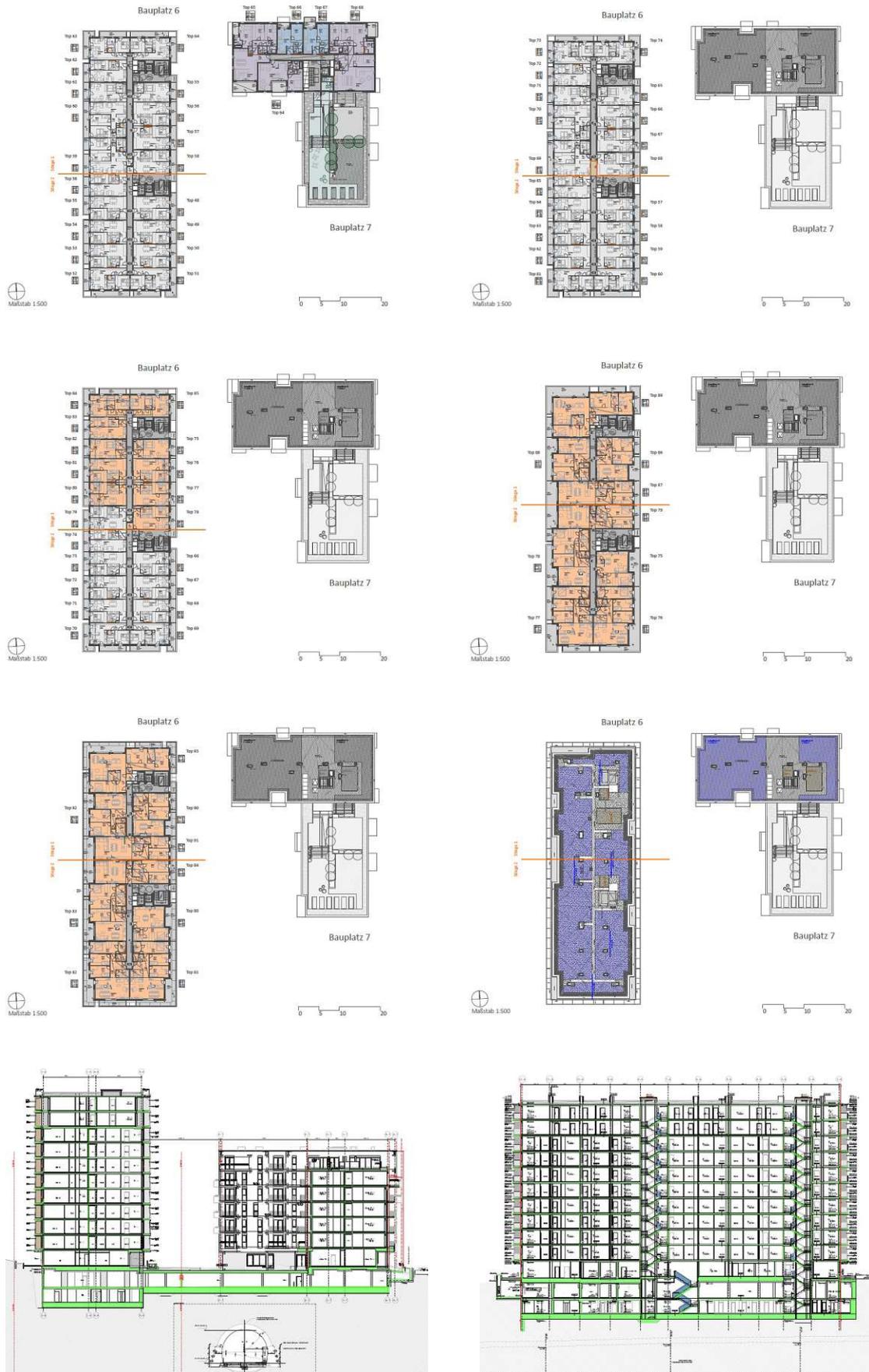


Abb. 154 - 161: THEOs Bpl.6-7 Grundrisse UG – OG und Schnitte, S. 405

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp



Abb. 162 - 165: THEOs Bpl.6-7 Ansichten (N-S-O-W) , S. 405



Ein ruhiger, begrünter Innenhof mit Kleinkinderspielbereich und Aufenthaltszonen zwischen Bpl.6 und 7 ergänzt den großen bauplatzübergreifenden Park im Südwesten.



Abb. 166 - 169: THEOs Bpl.6-7 Renderings, S. 406

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp



Abb. 170: THEOs Bpl.6-7 Rendering Luftbild, S. 406



Abb. 171: THEOs Bpl.6-7 Drohnenluftbildaufnahme Phase Rohbau, S. 406

#### 4.4.2.2. Projektpartner (POC)

##### Anforderungscheck

Nun galt es, den Markt nach potentiellen Partnern zu sondieren, die den Autor beim Forschungsprojekt – dem Proof of Concept (POC) – unterstützten. Es stand fest, dass die Umsetzung ohne adäquate Partner – mit Handschlagqualität und speziellem Know-How – schwer realisierbar gewesen wäre, da es sich um eine spezielle Thematik handelte.

##### Projektpartner Bauvorhaben – AG ÖSW (Wien – A)

Die Suche gestaltete sich hier einfach, denn der Autor hatte bereits eine Projektvorauswahl getroffen. Diese galt es, noch mit seinem Arbeitgeber ÖSW (im Namen der zukünftigen Betreiber ÖSW sowie immo360°) zu besprechen bzw. abzustimmen, um dessen Bewilligung zu erwirken.

In einem gemeinsamen Gespräch stellte der Autor seine Idee vor. Es sollte ein RFID-Raumbuch als Prototyp inkl. SOLL-IST-Vergleich in der Phase Bau entwickelt werden, wobei dieses konkret am Projekt THEOs in der Spallartgasse 17-19, 1140 Wien auf Bpl.6-7 ausgetestet werden sollte.

- Gemäß der Vorgabe des Autors wurde ihm seitens seines Arbeitgebers, dem ÖSW, in einer schriftlichen Vereinbarung zugestanden, dass er das oben genannte Bauvorhaben für die Dissertation wissenschaftlich nutzen durfte und sämtliche daraus generierte Daten sowie deren Nutzen in seinem Eigentum verbleiben; das geistige Eigentum seiner Arbeit wird/bleibt so geschützt.
- Ob und in welchem Umfang er das Projekt für das POC nutze (gesamtes Gebäude, geschossweise oder nur gewisse Bereiche / Teilbereiche – Räume), wurde ihm idem seitens seines Arbeitgebers, dem ÖSW, uneingeschränkt überlassen.
- Eine diesbezügliche Abstimmung mit dem ausführenden Unternehmen als Generalunternehmer lag ebenso in seinem Ermessen.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

##### Projektpartner RFID Expertise – TAGnology (Steiermark – A)

Die diesbezügliche Suche erwies sich seitens des Autors als ein wenig aufwendiger, da es in diesem Bereich nicht viele Unternehmen mit dem speziellen Know-How gab. Mit der erforderlichen Hartnäckigkeit und Zielstrebigkeit war es dem Autor jedoch möglich, das Unternehmen „TAGnology“ ins Boot zu holen.

TAGnology gilt als ein führendes österreichisches Unternehmen im RFID-, NFC- und Auto-ID-Sektor und ist Spezialist für automatische Identifizierungsverfahren sowie kontaktlose Kommunikationslösungen.

Während sich TAGnology um die Hardwarekomponenten kümmert, gibt es eigens für die Softwarethemen eine hausinterne Softwareschmiede namens TAGpilot, die in die TAGnology Firmengruppe integriert ist.

- Dies war der Idealfall für das Forschungsprojekt, da es Hard- und Softwarekomponenten im Projekt abzubilden galt.

Bei einem gemeinsamen Kick-Off Termin stellte der Autor den Verantwortlichen des Unternehmens seine Idee, die Entwicklung eines RFID-Raumbuchs als Prototyp inkl. SOLL-IST-Vergleich in der Phase Bau und dessen angedachte Testung am Projekt THEOs in der Spallartgasse 17-19, 1140 Wien auf Bpl.6-7 sowie seine Collage und das Research Proposal vor.

Im Gegenzug nutzte TAGnology das Treffen, um seine Entwicklungen im RFID Bereich Bau vorzustellen.

Es wurden dann gemeinsam Abgleiche gemacht, ob es etwaige ähnliche Entwicklungsideen durch TAGnology gab, oder aber Überschneidungen mit der Idee des Autors und dem Dissertationsthema vorlagen.

Man kam zum gemeinsamen Schluss und hielt dies so auch schriftlich fest, dass

- es keine Entwicklungen / Überschneidungen seitens TAGnology / TAGpilot hinsichtlich der Idee des Autors und der Kreierung eines RFID-Raumbuchs als Prototyp, gab.
- sich TAGnology und TAGpilot zur Idee des Autors und der Herausforderung am Bau, „etwas Neues zu schaffen“, bekannten; in der Tat hatte der Projektpartner das Know-How, den Autor hier unterstützen zu können.

Weiters wurde:

- auf Vorgabe des Autors hin eine gemeinsame Verschwiegenheitserklärung sowie Zusatzvereinbarung unterzeichnet, die das geistige Eigentum seiner Arbeit schützt sowie die Entwicklungsarbeit regelte.
- es daraufhin möglich, Detailabstimmungen bzgl. der Klärung des weiteren Ablaufs, Vorbereitungsarbeiten, Besprechung und Feintuning des Prozessdiagramms, notwendiger Hard- und softwaretechnischer Entwicklungsschritte usw. festzulegen.
- vom Autor in Absprache mit der TU Wien angeregt, eine Kooperation zwischen TAGnology, ihm und der TU Wien im Bereich RFID Forschung und Entwicklung, Abhalten von Vorträgen im Rahmen Industrie 4.0, IoT, Netzwerken einzugehen.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

#### **Projektpartner Generalunternehmer – VOITL (Wien – A)**

Auch die Abwicklung dieses Punktes erwies sich als vergleichsweise unkompliziert. Als Auftraggeber (AG) hatte der Autor die Möglichkeit, die Thematik – im Sinne der BH-ÖBA Agenden – an den Generalunternehmer VOITL zu kommunizieren.

Auch hier wurde in einem gemeinsamen Gespräch seine Idee – ein RFID-Raumbuch als Prototyp inkl. SOLL-IST-Vergleich in der Phase Bau zu entwickeln – und dieses am Projekt THEOs in der Spallartgasse 17-19, 1140 Wien auf Bpl.6-7 austesten zu wollen – vorgestellt.

- Vom Generalunternehmer VOITL (GU) bekam der Autor die Zusage, dass dies in Ordnung ist.

Die Firma fand die Idee eines RFID-Raumbuch Prototyps sehr spannend und sicherte dem Autor zu, dass er in jedem Belange bzw. jeder Phase der Dissertation

(Konzept, Planung, Einbau, Tests) Unterstützung seitens Bauleitung, Polier sowie Technikern erwarten kann.

- Der zuständige Polier war an der Einführung der neuen Technologie sehr interessiert. Er wurde bei den Abstimmungen, Tests und Auswertungen auf der Baustelle – im Sinne des 4-Augen-Prinzips – involviert, um Abgleiche mit dem herkömmlichen Abnahmeprozedere bzw. SOLL-IST-Vergleichen (Stift und Papier) zu tätigen.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

### 4.4.3. RFID-Raumbuch Prototyp – Projektmanagement & Planung

#### 4.4.3.1. Bauwerks-Klassifizierung

In der Ausschreibungsphase ging es auf der Projektmanagement- (PM) und Planungsebene darum, das Bauvorhaben Bpl.6-7 für den RFID-Raumbuch Prototyp vom UG bis ins OG sauber und logisch strukturiert nach Nutzungen zu klassifizieren.

Hierzu gab es 2 Möglichkeiten:

Variante 1:

- Entweder werden sämtliche Daten wie Bauteil, Geschoss, Stiege, Bereich, Gruppe und Raum aus den 2D-Plandaten / dem 3D-Modell analog bzw. manuell generiert;
  - o Dies geschieht mittels Vorlagefiles / Übergabematrix, wenn der Planer / Architekt nicht „3D und BIM-fit“ ist und die übrigen Fachplaner dies ebenfalls nicht beherrschen.
- BH-ÖBA gibt das Klassifizierungskonzept vor.
- BH-ÖBA pflegt die Daten in eine Übergabematrix ein, die als Basis für das spätere darauf aufbauende Datenbanksystem in der Planungs- und Ausführungsphase dient:
  - o Vorteil: Man lernt die genaue Struktur sowie Klassifizierungsebenen und Prozesse manuell kennen, die beim BIM-Modell automatisch „behind the scene“ ablaufen würden.
  - o Nachteil: analoger Weg und mit größerem Zeitaufwand verbunden.

Variante 2:

- Sämtliche Daten wie Bauteil, Geschoss, Stiege, Bereich, Gruppe und Raum werden aus bzw. mit dem BIM Modell – digital und automatisch über eine Export/Import-Schnittstelle generiert und ausgetauscht und in einer eigenen RFID-Datenbank (mit bidirektionalem Datenabgleich sowie automatischer Datensynchronisation unter Berücksichtigung des IFC-Datenaustauschformats) verwaltet, die dann die Basis für den RFID-Raumbuch Prototyp bildet;
  - o dies funktioniert nur, wenn der Planer / Architekt, „3D und BIM-fit“ ist und die

übrigen Fachplaner dies auch beherrschen.

- BH-ÖBA gibt auch hier das Klassifizierungskonzept vor.
- BH-ÖBA pflegt die Daten (alleine oder mit der Planung) ins 3D- / BIM-Modell in der Planungs- und Ausführungsphase, z.B. als BIM-Manager, ein:
  - o Vorteil: digitaler und schneller Weg zur Datengenerierung aus dem Modell.
  - o Nachteil: Detailwissen geht verloren; durch den digitalen, automatischen Export/Import kennt man kaum mehr jene Hintergrundprozesse und Logiken bzw. Abläufe, die Programme automatisch ausführen.

Nachdem beim Bauvorhaben THEOs in der Spallartgasse nur 2D-Pläne und ein abgespecktes 3D-Modell, jedoch kein BIM-Modell vorlag, musste für die Raumbuchentwicklung die analoge Variante 1 gewählt werden.

- Im Forschungsprojekt war dies verkraftbar und auch möglich, da bekanntlich ein Prototyp entwickelt wurde. Sämtliche Schnittstellen zu Software, Hardware und Co. wurden mit dem Projektpartner dahingehend ausgelegt und abgestimmt.
- Für zukünftige Projekte sollte aber Variante 2 – das digitale automatische Ein- und Auslesen der Daten via BIM-Modell mittels Export/Import-Schnittstelle – zum Tragen kommen und die analoge Variante 1 mit Zwischenschritt die Übergabematrix ablösen bzw. dauerhaft ersetzen.

Das Bauvorhaben bzw. Bauwerk wurde in Einzelteile zerlegt. Die Klassifizierung beinhaltete – wie erwähnt – verschiedene Ebenen / Hierarchien im Sinne von

- Bauteilen, Geschossen, Stiegen, Bereichen, Gruppen, Räumen und Bauteilen, die in die Übergabematrix eingetragen wurden;

**Die Übergabematrix im Excel gilt als die Basis für das Einlesen der Daten in die spätere RFID-Raumbuch Prototyp Softwaredatenbank.**

Dieser Entwicklungsschritt war für den Autor als BH-ÖBA sehr lernintensiv.

Hoher Zeitaufwand; Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM), im Sinne des BH-ÖBA Honorars mit Pauschale abdeckbar. (Zeitaufwanddefinition: gering 40h, mittel 80h, hoch 120h)

Zur Übersicht anbei ein paar Ausschnitte der Bauwerks-Klassifizierung für Bpl.-6-7:

Beginnend mit den übergeordneten „**Bereichen**“ = **L0 (Level0)**

- 01 Erschließung
- 02 Gewerbe
- 03 Whg
- 04 Technik

- 05 Allgemein
- 06 Außenraum Bpl
- 07 Außenraum Öffentlich

Dartell	Geschoß	Stiege	Bereich	Gruppe	Raum	Dartell + Detail						
Info	00	Info	01	Info	00	Bereich = L0	00.00	Gruppe = L1	00.00.00	Raum = L2	00.00.00.00	Detail = L3
			01 Erschließung									
			02 Gewerbe									
			03 Whg									
			04 Technik									
			05 Allgemein									
			06 Außenraum Bpl									
			07 Außenraum Öffentlich									

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

Darauffolgend die **Unterebenen der Bereiche als „Gruppe“ = L1 (Level1)**

- 01 Erschließung
  - o 01 Zugang – Eingang – Foyer
  - o 02 Schleuse – Gänge – Stgh EG
  - o 03 ...
- 02 Gewerbe
  - o 01 Top000 EG
- 03 Whg
  - o 01 Top001 EG
  - o 02 Top002 EG
- 04 Technik
  - o 01 Fernwärme UG
  - o 02 ...
- 05 Allgemein
  - o 01 Fahrrad
  - o 02 KiWa Raum EG
  - o 03 ...
- 06 Außenraum Bpl
  - o 01 Freiflächen EG

- 07 Außenraum Öffentlich
  - o 01 Gehsteig

Bauteil	Geschloß		Stiege		Bereich	Gruppe	Raum	Bauteil = Detail
Info	00	Info	01	Info	00	00.00	00.00.00	00.00.00.00
					Bereich = L0	Gruppe = L1	Raum = L2	Detail = L3
					<b>01 Erschließung</b>			
BT06	00	EG	01		01 Erschließung	01 Zugang - Eingang - Foyer	00 Gesamt	
BT06	00	EG	01		01 Erschließung	02 Schleuse-Gänge-Stgh EG	00 Gesamt	
BT06	00	EG	01		01 Erschließung	03 Zugangsweg Außen EG	00 Gesamt	
BT06	-01	EG	01		01 Erschließung	05 Stgh-Schleuse-Gänge UG	00 Gesamt	
BT06	-01	EG	01		01 Erschließung	06 Garage	00 Gesamt	
					<b>02 Gewerbe</b>			
BT06	00	EG	01		02 Gewerbe	01 Top000 EG (CoWorking)	00 Gesamt	
					<b>03 Whg</b>			
BT06	00	EG	02		03 Whg	01 Top001 EG Stg2	00 Gesamt	
BT06	00	EG	02		03 Whg	02 Top002 EG Stg2	00 Gesamt	
					<b>04 Technik</b>			
BT06	-01	BMA	01		04 Technik	01 Fernwärme UG	00 Gesamt	
BT06	-01	BMA	01		04 Technik	02 Strom UG	00 Gesamt	
BT06	-01	BMA	01		04 Technik	03 Wasser UG	00 Gesamt	
BT06	-02	BMA	02		04 Technik	04 BMA UG	00 Gesamt	
BT06	-02	BMA	01		04 Technik	05 Schacht	00 Gesamt	
					<b>05 Allgemein</b>			
BT06	-01	BMA	01		05 Allgemein	01 Fahrrad	00 Gesamt	
BT06	00	BMA	02		05 Allgemein	02 KiWi's Raum EG	00 Gesamt	
BT06	00	BMA	01		05 Allgemein	03 Müllraum EG	00 Gesamt	
BT06	00	BMA	01		05 Allgemein	04 Hasenmeister	00 Gesamt	
					<b>06 Außenraum Bpl</b>			
BT06	00	EG	01		06 Außenraum Bpl	01 Freiflächen EG	00 Gesamt	
					<b>07 Außenraum Öffentlich</b>			
BT06	00	EG	01		07 Außenraum Öffentlich	01 Gehsteig	00 Gesamt	

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

Darauffolgend die **Unterebenen der Gruppen als „Räume“ = L2 (Level2)**

- 01 Erschließung
  - o 01 Zugang – Eingang – Foyer
    - 01 Eingang Foyer EG Stg1
    - ...
  - o 02 Schleuse – Gänge – Stgh EG
    - 02 Gang zu VR-Müllraum Stg1
    - 03 Schleuse zu Müllraum-Gang Stg1
    - ...
- 02 Gewerbe
  - o 01 Top000 EG
    - 01 Einlagerungsraum ER Top000 Stg1
    - 15 Terrasse
    - ...
- 03 Whg
  - o 01 Top001 EG
    - 01 Einlagerungsraum ER Stg2 Top001 EG
    - 02 Vorraum
    - 03 Gang
    - ...

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

- 02 Top002 EG
  - ...
- 04 Technik
  - 01 Fernwärme UG
    - 01 Fernwärmeübergaberaum
  - 02 ...
- 05 Allgemein
  - Fahrrad
    - Fahrrad 1 Stg1 Garage
    - ...
  - KiWa Raum EG
    - KiWa 1 Stg2 EG Hof
    - ...
- 06 Außenraum Bpl
  - Freiflächen EG
    - Freifläche Spallartgasse
    - ...
- 07 Außenraum Öffentlich
  - 01 Gehsteig
    - 01 Gehsteig Öffentlich

Bauteil	Geschöß		Stiege		Bereich		Gruppe		Raum			Bauteil = Detail
	Info	00	Info	01	Info	00	Info	01	00.00.00	00.00.00	00.00.00	
BT06	00	EG	01	01	02	Gewerbe	01	Top000 EG (CoWorking)	15	Terrasse West CoW		
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	00	Gesamt		
BT06	-02	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	01	Eislagerraum ER Stg2 Top001 EG		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	02	Vorraum		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	03	Gang		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	04	Wohküche		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	05	Zimmer1 EB		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	06	Zimmer2 DB		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	07	Bad1		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	08	ARI		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	09	WC1		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	10	Terrasse-Loggia-Balkon		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	01	Top001 EG Stg2	11	Garten (s)		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	02	Top002 EG Stg2	00	Gesamt		L1 Star-TAG
BT06	-1614	ZUG	02	02	03	Whg	02	Top002 EG Stg2	01	Eislagerraum ER Stg2 Top001 EG		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	02	Top002 EG Stg2	02	Vorraum		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	02	Top002 EG Stg2	03	Gang		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	02	Top002 EG Stg2	04	Wohküche		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	03	Whg	02	Top002 EG Stg2	05	Zimmer1 EB		L2 Master-TAG
BT06	-01	EG	01	01	04	Technik	01	Fernwärme UG	00	Gesamt		
BT06	-01	EG	01	01	04	Technik	01	Fernwärme	01	Fernwärmeübergaberaum Stg1 -IUG		L1 Star-TAG
BT06	-01	EG	01	01	04	Technik	02	Strom UG	00	Gesamt		
BT06	-01	EG	01	01	04	Technik	02	Strom	01	Stromübergaberaum Stg1 -IUG		L2 Master-TAG
BT06	-02	ZUG	01	01	04	Technik	02	Strom	02	Stromzählerraum1 Stg1 -ZUG		L2 Master-TAG
BT06	-02	ZUG	02	02	04	Technik	02	Strom	03	Stromzählerraum1 Stg2 -ZUG		L2 Master-TAG
BT06	-02	ZUG	02	02	04	Technik	02	Strom	04	Stromzählerraum2 Stg2 -ZUG		L2 Master-TAG
BT06	-01	EG	01	01	05	Allgemein	01	Fahrrad	00	Gesamt		L0 Galaxy-TAG
BT06	-01	EG	01	01	05	Allgemein	01	Fahrrad UG	01	Fahrrad1 Stg1 Garage -IUG		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	05	Allgemein	01	Fahrrad	02	Fahrrad2 Stg2 EG zw Bp15		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	05	Allgemein	01	Fahrrad	03	Fahrrad3 Stg2 EG zw Bp15		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	05	Allgemein	01	Fahrrad	04	Fahrrad4 Stg2 EG zw Hof		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	05	Allgemein	02	KiWa Raum EG	00	Gesamt		L1 Star-TAG
BT06	00	EG	02	02	05	Allgemein	02	KiWa Raum EG	01	KiWa1 Stg2 EG zw Hof		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	01	01	06	Außenraum Bpl	01	Freiflächen EG	00	Gesamt		L1 Star-TAG
BT06	00	EG	01	01	06	Außenraum Bpl	01	Freiflächen EG	01	Freifl Spallartgasse		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	01	01	06	Außenraum Bpl	01	Freiflächen EG	02	Freifl zw Bp15 Nord Abtreppung		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	01	01	06	Außenraum Bpl	01	Freiflächen EG	03	Freifl zw Bp15 Süd		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	01	01	06	Außenraum Bpl	01	Freiflächen EG	04	Freifl Beete Hof Stg1		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	06	Außenraum Bpl	01	Freiflächen EG	05	Freifl Beete Hof Stg2		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	02	02	06	Außenraum Bpl	01	Freiflächen EG	06	Freifl Kinderspielplatz Hof		L2 Master-TAG
BT06	00	EG	01	01	07	Außenraum Öffentlich	01	Gehsteig	00	Gesamt		L0 Galaxy-TAG
BT06	00	EG	01	01	07	Allgemein	01	Gehsteig	01	Gehsteig		L2 Master-TAG

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

Darauffolgend kommen die **Unterebenen der Räume** als „Bauteile“ = L3 (Level3), für **Boden, Decke, Wand**

02 Gewerbe

- 01 Top000 EG
  - 15 Terrasse
    - a Boden, b Decke, c Wand
- 03 Whg
  - 01 Top001 EG
    - 01 Einlagerungsraum ER Stg2 Top001 EG
      - a Boden, b Decke, c Wand
    - 02 Vorraum
      - a Boden, b Decke, c Wand
    - 03 Gang
      - a Boden, b Decke, c Wand
    - ...
- 04 Technik
  - 01 Fernwärme UG
    - 01 Fernwärmeübergaberaum
      - a Boden, b Decke, c Wand

Bauteil	Geschöb		Stiege		Bereich		Gruppe		Raum		Bauteil = Detail		
	Info	00	Info	01	Info	00	Bereich = L0	00.00	Gruppe = L1	00.00.00	Raum = L2	00.00.00.00	Detail = L3
BT06	00		01		02	Gewerbe	01	Top000 EG (CoWorking)	15	Terrasse West CoW		a	Boden
												b	Decke
												c	Wand
BT06	00	EG	02		03	Whg	01	Top001 EG Stg2	00	Gesamt		a	Boden
BT06	-02		02		03	Whg	01	Top001 EG Stg2	01	Einlagerungsraum ER Stg2 Top001 EG		b	Decke
												c	Wand
													Wand
													Wand
													Wand
BT06	00	EG	02		03	Whg	01	Top001 EG Stg2	02	Vorraum		a	Boden
												b	Decke
												c	Wand
													Wand
													Wand
BT06	00	EG	02		03	Whg	01	Top001 EG Stg2	03	Gang		a	Boden
												b	Decke
												c	Wand
													Wand
													Wand
BT06	-01	UG	01		04	Technik	01	Fernwärme UG	00	Gesamt		a	Boden
BT06	-01	UG	01		04	Technik	01	Fernwärme	01	Fernwärmeübergaberaum Stg1 - IUG			

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

Abschließend gilt hier anzumerken, dass beim Strukturaufbau der Klassifizierung genauestens zu arbeiten war; das heißt, dass jeder Bereich, Raum, jedes einzelne Bauteil usw. sauber und – sehr wichtig – nur 1x erfasst werden durfte, um Doppeleinträge und ein daraus resultierendes Datenchaos zu vermeiden.

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

Am Plan schaut die Bauwerksklassifizierung folgendermaßen aus:

Vorher – ohne Klassifizierung

Nachher – mit Klassifizierung



Abb. 172 - 177: THEOs Bpl.6-7 Bauwerksklassifizierung UG - EG, S. 406

Vorher – ohne Klassifizierung

Nachher – mit Klassifizierung

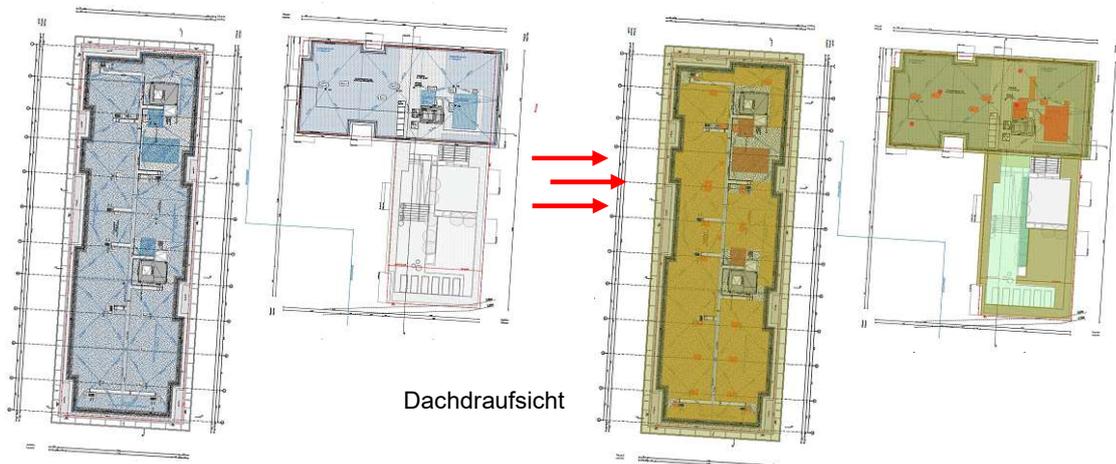
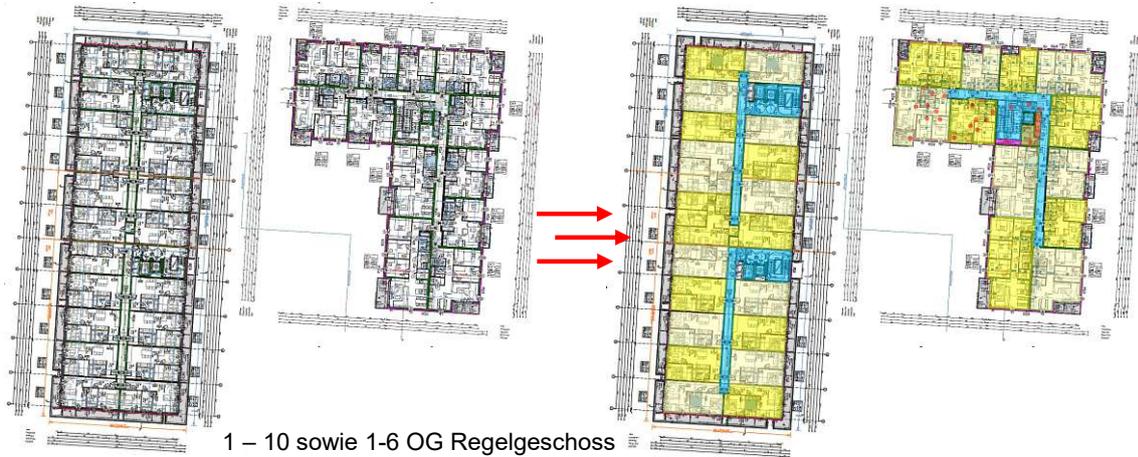


Abb. 178 - 181: THEOs Bpl.6-7 Bauwerksklassifizierung OG - DD, S. 406

#### 4.4.3.2. Primärschlüssel, TAG Level-Klassifizierung, Verortung im Plan

##### 4.4.3.2.1. Primärschlüssel

Durch die Bauwerks-Klassifizierung und ihre durchdachte hierarchische Struktur entstand für jeden Eintrag eine eindeutige und unverwechselbare ID in Form eines

**Primärschlüssels;**

Bauteil . Geschoss . Stiege . -- Bereich . Gruppe . Raum . Bauteil

Primärschlüssel
BT06. xx. xx. -- .03
BT06.00.02. -- .03.01
BT06.00.02. -- .03.01.02
BT06.00.02. -- .03.01.02.01

Tab. 003: RFID-Raumbuch-Übergabematrix

Detailausschnitt, S. 412

Dieser Primärschlüssel stellt das Herzstück der zukünftigen Gebäude-, Raum- und Bauteil-kennung dar.

### 4.4.3.2.2. TAG Level-Klassifizierung

Nachdem die Bauwerks-Klassifizierung und die damit einhergehende Primärschlüsselvergabe in der Übergabematrix sauber und gewissenhaft abgeschlossen waren, ging es folglich darum, über die einzelnen Ebenen und Elemente auf PM und Planungsseite eine Transponder = TAG-Struktur hinsichtlich erforderlicher TAG-Klassifizierung zu stützen.

Auch wenn dieser Schritt viel Zeit beanspruchte, war er maßgebend für die Entwicklung und den Erfolg des Projekts;

Hoher Zeitaufwand; Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM), im Sinne des BH-ÖBA Honorars mit Pauschale abdeckbar. (Zeitaufwanddefinition: gering 40h, mittel 80h, hoch 120h)

Anbei die festgelegte TAG Level-Klassifizierung:

- **Bereich = L0** (L0 Level) -- **Site / Galaxy TAG** (oder L0 Level TAG)
  - o **Gruppe = L1** (L1 Level) -- **Star TAG** (oder L1 Level TAG)
    - **Raum = L2** (L2 Level) -- **Master TAG** (oder L2 Level TAG)
      - **Bauteil = L3** (L3 Level) -- **Detail TAG** (oder L3 Level TAG)

Diese TAG-Struktur in Kombination mit dem Primärschlüssel war für die später folgende Attributeinbindung, Programmierung sowie Verortung am Bau wichtig.

Dabei ist unausweichlich, dass die **Darstellung auf der kleinsten Einheit (Detail-TAG Ebene = L3 Level) für Boden, Decke und Wand stattfindet**; denn nur so können die Infos auch später im BIM dargestellt werden.

Als Beispiel anbei ein Screenshot bzgl. Bauwerks- sowie TAG-Level-Klassifizierung inkl. Anzeige des Primärschlüssels, den Whg-Bereich betreffend.

Bauteil	Geschob	Stiege	Bereich	Gruppe	Raum	Bauteil = Detail	Primärschlüssel	TAG-Typ	Anmerkung zu TAG-Typ										
BT06	Info = (Site)	00	Info = (Geschob)	01	Info = (Stiege)	00	Bereich = L0 (Galaxy-TAG)	00.00	Gruppe = L1 (Star-TAG)	00.00	Raum = L2 (Master-TAG)	00.00.00	Detail = L3 (Detail-TAG)	00.00.00.00	BT06.xx.xx...03				
BT06		00		03	Whg	01	Top001 EG Stg2	00	Gesamt	00	Einbauprogramm ER		L0 Galaxy-TAG	BT06.xx.xx...03					
BT06		00		03	Whg	01	Top001 EG Stg2	01		01			L1 Star-TAG	BT06.00.02...03.01	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		02		01			L2 Master-TAG	BT06.00.02...03.01.01	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		03		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.01.01	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		04		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.01.02	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		05		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.01.03	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		06		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.01.04	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		07		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.01.05	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		08		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.01.06	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		09		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.01	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		10		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.02	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		11		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.03	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		12		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.04	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		13		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.05	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		14		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.06	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		15		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.07	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		16		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.08	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		17		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.09	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		18		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.10	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		19		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.11	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		20		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.12	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		21		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.13	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		22		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.14	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		23		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.15	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		24		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.16	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		25		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.17	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		26		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.18	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		27		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.19	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		28		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.20	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		29		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.21	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		30		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.22	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		31		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.23	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		32		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.24	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		33		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.25	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		34		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.26	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		35		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.27	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		36		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.28	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		37		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.29	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		38		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.30	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		39		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.31	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		40		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.32	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		41		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.33	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		42		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.34	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		43		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.35	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		44		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.36	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		45		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.37	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		46		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.38	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		47		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.39	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		48		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.40	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		49		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.41	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		50		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.42	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		51		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.43	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		52		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.44	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		53		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.45	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		54		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.46	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		55		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.47	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		56		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.48	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		57		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.49	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		58		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.50	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		59		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.51	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		60		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.52	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		61		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.53	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		62		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.54	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		63		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.55	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		64		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.56	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		65		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.57	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		66		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.58	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		67		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.59	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		68		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.60	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		69		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.61	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg	01		70		01			L3 Detail-TAG	BT06.00.02...03.01.02.62	1			UMF-NFC	
		00		03	Whg</														

sam erledigt werden.

Geringer Zeitaufwand; Zeit und Kosten seitens Arch (Planung) im Sinne des Planerhonorars mit Pauschale abdeckbar. (Zeitaufwanddefinition: gering 40h, mittel 80h, hoch 120h)

- In den Polierplänen – 3D-Modell: (grau – eckig = Star TAG, rot – rund = Master TAG usw.)
  - o Zur Allgemeininformation für BH-ÖBA, den Architekten, die Fachplaner, den Generalunternehmer und sein Baustellenteam sowie den ausführenden Firmen auf der Baustelle

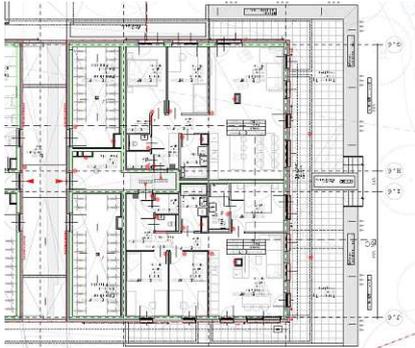


Abb. 182: THEOs Bpl.6 PP-Grundriss mit TAG Verortung im EG, S. 406

- In den Verkaufsplänen: (grau – eckig = Star TAG, rot – rund = Master TAG usw.)
  - o zum Einspielen in die App, da der Plan abstrakter war und nicht so viele Detailinfos wie der Polierplan enthielt.

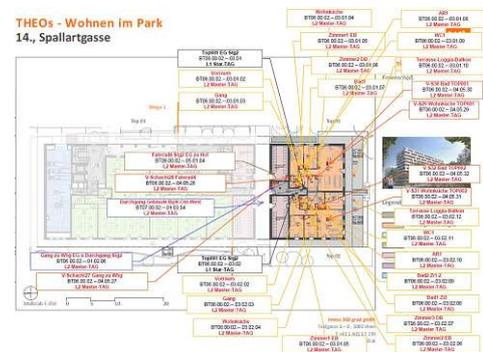


Abb. 183: THEOs Bpl.6 Grundriss mit TAG Verortung im EG, S. 406

Die Verortung auf der Baustelle war für den Autor als BH-ÖBA gemeinsam mit dem Polier leicht handhabbar;

- die Platzierung der TAGs wurde bei diversen Begehungen einfach miterledigt. Siehe Kapitel 4.4.6.1-2 RFID-Funktionstests.

Mittlerer Zeitaufwand; Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM) / Polier, im Sinne des BH-ÖBA / Polier Honorars mit Pauschale abdeckbar. (Zeitaufwanddefinition: gering 40h, mittel 80h, hoch 120h)

Vorgabe für die Verortung (lt. Plan) auf Baustelle:

Wand: im jeweiligen Raum stehend, zur Tür schauend, TAG Platzierung jeweils auf der rechten Türseite mit ca. 5-15 cm Abstand zur Türzarge; (kommt hier zur Ausführung)

Höhe Star TAG auf ca. 1,60 m über FOK; Höhe Master TAG ca. 1,10 m über FOK; Alternativposition linke Türseite oder Blindschalter Elektro;

Boden – Decke: im jeweiligen Raum stehend, zur Tür schauend, türmässig, 30 cm von Tür eingerückt; (kommt hier nicht zur Ausführung, da Verortung auf Raumebene stattfindet)

### 4.4.3.3. Attribute

Die Grundstruktur des RFID-Raumbuch-Prototyps stand mit der in der Übergabematrix enthaltenen Bauwerksklassifizierung, der eindeutigen und unverwechselbaren ID in Form der Primärschlüsseldefinition sowie der TAG Level-Klassifizierung fest.

Die nächste sehr wichtige Aufgabe, die es zu lösen galt, war jene, wie man die Flut an Raumbuchinformationen in Form von

- parametrischen Attributsdaten = Raum- und Bauteilabmessungen (Q)
- Hochbau, HKLS-E-Attributsdaten (Q)
- Terminen und Kosten Attributsdaten (T-K)

sinnvoll im Header der Übergabematrix implementierte sowie deren zugehörigen Detaildaten, die die Attributsebene mit der Bauwerks- und TAG Ebene des RFID-Raumbuch-Prototyps vereinen sollte, sauber definierte und abbildete.

Dieser Entwicklungsschritt erforderte einige Variantenstudien mit dem dazugehörigen Zeit- und Lernaufwand, bis schlussendlich ein Konzept seitens des Autors als Lösung für den Sachverhalt entwickelt werden konnte.

Mittlerer Zeitaufwand; Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM), im Sinne des BH-ÖBA Honorars mit Pauschale abdeckbar. (Zeitaufwanddefinition: gering 40h, mittel 80h, hoch 120h)

#### 4.4.3.3.1. Parametrische Attributsdaten - Header (Q)

Die Darstellung der parametrischen Attributsdaten im Header der Übergabematrix war einfach zu lösen. Zugehörige Detaildaten, die die Attributsebene mit der Bauwerks- und TAG Ebene verbinden, konnten aus den Plänen, dem CAD oder BIM-Modell, in Form von Zahlen entnommen werden.

- Der Fokus des SOLL-IST-Vergleichs bei der vorliegenden Dissertation lag auf Quantität, Qualität und Terminen; somit wurden die parametrischen Daten im Sinne des SOLL-IST-Vergleichs beim POC nicht weiter verfolgt. (evtl. Thema für weiteres auf die Dissertation aufbauendes Forschungsprojekt)

Wenn Daten per CAD oder BIM-Modell zur Verfügung stehen – was zukünftig wünschenswert ist – erleichtert dies die Arbeit auf der Baustelle enorm im Sinne der automatisierten Baustellenabrechnung. Man spricht hier von

- Abmessungen (L x B x H) bei Bauteilen
  - o Länge (L) in m / cm --- Breite / Höhe (B) in m / cm --- Stärke (H) in m / cm
- Flächen (L x B) bei Bauteilen, Räumen, Gebäuden
  - o in m<sup>2</sup>
- Massen (L x B x H) bei Bauteilen
  - o in m<sup>3</sup>
- sonstigen Zusatzangaben

Klassifizierung / TAG-Level				Parametrische Daten aus CAD - BIM Modell									
Primärschlüssel		TAG-Typ Anzahl	Anmerkung zu TAG-Typ	Abmessungen		Massen			xxx	xxx	So		
BTxx.xx.xx. ....	L3			ca. Stärke (Be Wis u Die HWV)		ca. Massen Boden m <sup>3</sup>	ca. Massen Wand m <sup>3</sup>	ca. Massen Decke m <sup>3</sup>	xxx	xxx	Sonstiges	Attr   parametrische Daten	
BT06.xx.xx.--.01	1			ca. Bodenfläche									
	L1			ca. Wandfläche									
	L2			ca. Deckenfläche									
	L3												

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

### 4.4.3.3.2. Hochbau und HKLS-E Attributsdaten - Header (Q)

Die Hochbau- und HKLS-E-Attributsdaten im Header der Übergabematrix zu implementieren sowie deren zugehörige Detaildaten zu definieren, die die Attributsebene mit der Bauwerks- und TAG Ebene verbindet, war schon sehr viel komplexer als jener Pkt. die parametrischen Daten betreffend.

Komplexe Themenstellungen zu lösen, gilt stets als eine Herausforderung, wobei sich der Autor auch dieser gerne stellte.

Das Know-How und die Erfahrung aus seinem Berufsalltag hinsichtlich diverser getätigter Ausschreibungen waren hier sehr hilfreich.

#### LB-Hochbau

LG 00.00	ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN .....
LG 01.00	BAUSTELLENGEMEINKOSTEN .....
LG 02.00	ABBRUCH .....
LG 03.00	RODEN, BAUGRUBE, SICHERUNGEN, ERDARBEITEN .....
MESSUNGEN, TIEFENGRÜNDUNGEN .....	
LG 04.00	WASSERHALTUNG, DRAINAGE UND VERSICKERUNG .....
LG 05.00	BAULOGISTIK .....
LG 06.00	AUFSCHLISSUNG, TECHN. INFRASTRUKTUR.....
LG 07.00	BETON- UND STAHLBETONARBEITEN .....
LG 08.00	MAUER- UND .....
LG 09.00	VERSETZARBEITEN .....
LG 10.00	PUTZ.....
LG 11.00	ESTRICHARBEITEN .....
LG 12.00	ABDICHTUNGEN H-V + DACH / SCHWARZDECKER.....
LG 13.00	AUSSENANLAGEN / FREIRAUMPLANUNG.....
LG 16	LG 38.00 SONSTIGE BODENBELÄGE (DOPPELBODENSYSTEM) / .....
LG 17	LG 39.00 TROCKENBAUARBEITEN .....
LG 18	LG 40.00 BESCHRIFTUNG UND BESCHILDERUNG / .....
LG 19	LG 41.00 GLASERARBEITEN.....
LG 20	LEUCHTREKLAME.....
LG 21	LG 42.00 ALU PORTALE - PFO-RIEGEL-FASSADEN / BESCHLÄGE .....
LG 22	LG 43.00 TÜRSYSTEME / BESCHLÄGE .....
LG 23	LG 44.00 FENSTER- UND FENSTERTÜREN / BESCHLÄGE.....
LG 24	(HOLZ, ALU, KUNSTSTOFF, HOLZ-ALU, KUNSTSTOFF-ALU).....
LG 25	LG 45.00 DACHFLÄCHENFENSTER, LICHTKUPPELN, .....
LG 30	LICHTBÄNDER.....
LG 31	LG 46.00 SONNENSCHUTZ (BEWEGL. ABSCHLÜSSE V FENSTERN).....
LG 32	LG 47.00 WDVS .....
LG 33	LG 48.00 MALERARBEITEN (AUF HOLZ UND METALL).....
LG 34	LG 49.00 MALERARBEITEN (MAUERWERK, PUTZ UND BETON).....
SCH4	LG 50.00 TAPETENARBEITEN .....
LG 35	LG 51.00 BESCHICHTUNG VON BETONBÖDEN UND WÄNDEN.....
LG 36	LG 65.00 TORANLAGEN IN GEBÄUDEN.....
LG 37	LG 66.00 EINRICHTUNG .....
	LG 67.00 KÜNSTLERISCHE GESTALTUNG .....
	LG 68.00 SONSTIGE NUTZUNGEN IM GEBÄUDE .....

#### LB-Haustechnik (HKLS-E)

LG 11	Leuchten liefern und Montieren .....
LG 12	Erdungs- und Blitzschutzanlagen .....
LG 14	Elektroheizungsanlagen .....
LG 17	Antennenanlagen .....
LG 18	Kommunikationsanlagen .....
LG 19	Strukturierte Verkabelung .....
LG 21	Sicherheitstechnik .....
LG 26	Kompaktpositionen E-Installationen.....
LG 27	Alternative Stromerzeugungsanlagen.....
LG 28	Wartung Gewährleistungszeitraum E-Inst.....
LG 30	Regieleistungen .....
LG 35	Wärmeabgabe .....
LG 36	Wärmeverteilung.....
LG 37	Wärmeabgabe .....
LG 46	Heizkörper.....
LG 48	Kompaktpositionen heizung,Sanitär, Lüftung .....
LG 50	Lüftungsgeräte, Ventilatoren.....
LG 54	Luft LG 80 Mess- und Kontrollgeräte .....
LG 55	Bräu LG 81 Tragkonstruktionen, Roste und Abdeckungen.....
LG 59	Dru LG 82 Wärme- und Kälteämmung .....
LG 61	Abw LG 83 Feuerschutz- und Schalldämmung .....
LG 62	Was LG 84 GA-System Raumautomation (RA).....
LG 63	San LG 85 GA-System Anlagenautomation (AA) .....
LG 64	Gas LG 86 GA-Management (GA-M) .....
LG	LG 00 Allgemeine Vorbemerkungen .....
LG	LG 01 Baustellengemeinkosten .....
LG	LG 04 Umformer und Kompensation .....
LG	LG 05 Netzersatzanlagen.....
LG	LG 06 Niederspannungsverteilungen.....
	LG 08 Kabel und Leistungen .....
	LG 09 Rohr- und Tragsysteme .....
	LG 10 Schalt-, Steuer- und Steckgeräte.....

Abb. 184: LB-HB und HKLS-E für Ausschreibungen, S. 406

Der Autor orientierte sich – wie üblich – an den aktuellsten vorliegenden Leistungsbeschreibungen Hochbau (LB-HB\_21 2018) sowie Haustechnik (LB-HKLS-E\_12 2018), die er bereits für seine Ausschreibungen als Vorlage adaptierte; dabei versuchte er dann ein Konzept zu entwickeln, um die dortigen Leistungsgruppen mit Unterleistungsgruppen und bei Bedarf auch Leistungspositionen – je nach Quantitäts- und Qualitätsvorgabe der SOLL-DATEN – in die Übergabematrix zu integrieren.

#### 4. RFID-Raubuch Prototyp

Bei mehr als 90 verschiedenen HB- und ebenso vielen HKLS-E-Leistungsgruppen war es nicht gerade einfach, die passende Quantität und Qualität sowie Lesbarkeit in der Übergabematrix darzustellen und zu gewährleisten; dies war jedoch ein MUSS und galt somit als K.O.-Kriterium für die spätere Funktionstüchtigkeit.

Die ersten Versuche blieben erfolglos.

Weitere Bestrebungen & Varianten folgten, wobei versucht wurde, sämtliche HB- und HKLS-E-Leistungsgruppen gesamtheitlich als Attribute in den Header der Übergabematrix einzubinden.

- Dies gelang schlussendlich auch.
- Mit diesen vielen Angaben war allerdings der Header in der Matrix für das RFID-Raubuch als Prototyp im Sinne des POC zu unübersichtlich.
- Auf Adaptierungen / Anpassungen konnte man schwer reagieren.
- Da die Dateneinträge aufgrund der 2D-Planung (nicht automatisch von einem BIM-System, sondern) manuell gepflegt wurden, wäre somit eine saubere und kontinuierliche Datenwartung schwer zu gewährleisten gewesen.

Tab. 003: RFID-Raubuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

- Die Struktur war aber mittlerweile erstellt und vielleicht erwies sie sich ja doch als hilfreich für die späteren Entwicklungsschritte oder die zukünftige Nutzung mit BIM.

Aufgrund dieser Überlegung ließ der Autor die Struktur in der Übergabematrix bestehen und machte sich derweil auf die Suche und Entwicklung einer adäquateren und kompakteren Darstellung.

**Kompakt** lautete das Stichwort, das dem Autor nach langer Tüftelei zum Durchbruch bei der Entwicklung einer guten Lösung verhalf.

Im Sinne eines Bauteilkataloges reduzierte er die gesamten HB-Leistungsgruppen auf 3 Gruppen zur Darstellung in der Übergabematrix.

Diese waren:

- Boden, Decke, Wand
- Portale, Fenster, Türen
- Sonstiges

Die HKLS-E-Leistungsgruppen wurden auf jeweils

- 1 Gruppe HKLS und
- 1 Gruppe Elektro reduziert.

Somit konnten sämtlich relevante HB- wie auch HKLS-E-Leistungsgruppen in kompakter Attributform im Header der Übergabematrix eingebunden werden.

- Dies war eine enorme Erleichterung.
- Für das RFID-Raumbuch – im Sinne des POC – war der Header der Matrix handlich und übersichtlich mit den nur jeweils relevanten Angaben versehen.
- Adaptierungen und Anpassungen waren leicht durchführbar.
- Die Dateneinträge waren im manuellen System händisch, leicht pflegbar und so eine saubere und kontinuierliche Datenwartung gewährleistet.

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

#### 4.4.3.3. Termin- und Bearbeitungsstatus Attributsdaten – Header (T)

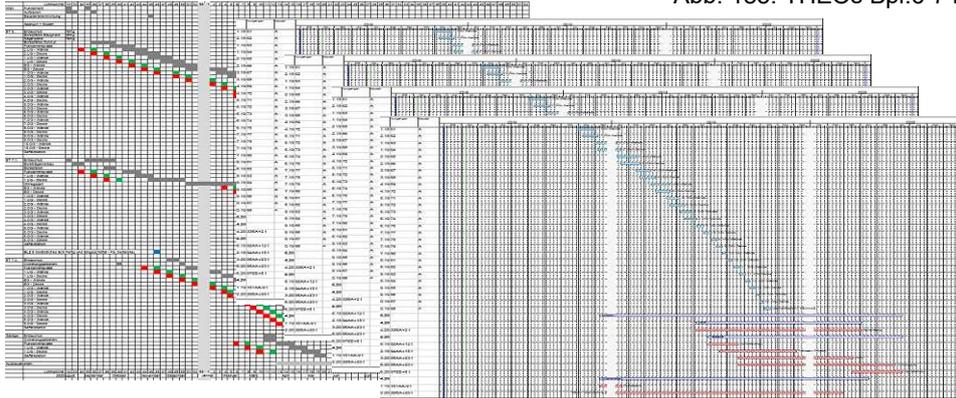
Die Definition der Attributsdaten des Termin- und Bearbeitungsstatus im Header der Übergabematrix samt zugehöriger Detaildaten, die die Attributsebene mit der Bauwerks- und TAG Ebene im RFID-Raumbuch Prototyp verbindet, gestaltete sich dagegen einfacher.

Die Grunddaten wurden den vorhandenen Bauzeitplänen für

- Rohbau (wenige Gewerke)  
und
- Ausbau (viele Einzelgewerke)

entnommen und lagen schon bei Vertragsunterzeichnung bzw. beim Baubeginn vor.

Abb. 185: THEOs Bpl.6-7 Bauzeitpläne, S. 406



Diese Termine bildeten die jeweiligen SOLL-Daten.

Die IST-Daten sowie der Bauzustand wurden dann im Zuge der Bauausführung eruiert und über die Softwareapplikation als mobile App eingegeben.

Parametrische Daten aus CAD - BIM Modell				Attrib HB   LG0-4 Bo-De-Wa Kompakt						Attrib HKLS   Kompakt			
Masse				HB-LG1-3 Kompakt	Bo-De-Wa	HB-LG4 Kompakt	Por-Fe-Tue Stuech	HB-LG0 Kompakt	Sonstiges	HKLS-LG5 Kompakt	HKLS	E-LGB	Elektro
ca. Mässon Boden m²	ca. Mässon Wand m²	ca. Mässon Decke m²	So	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T
xxx	xxx	xxx	So	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T
xxx	xxx	xxx	So	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

#### 4.4.3.3.4. Kosten Attributsdaten – Header (K)

Der Bereich für die Attributsdaten der Kosten im Header der Übergabematrix wurde zwar dargestellt, jedoch wurden diesbezügliche Detaildaten, die die Attributsebene mit der Bauwerks- und TAG Ebene verbindet, beim SOLL-IST-Vergleich nicht weiter berücksichtigt – aus folgendem Grund:

- Der Fokus des SOLL-IST-Vergleichs der vorliegenden Dissertation richtete sich auf Quantität, Qualität und Termine. Beim Bauvorhaben THEOs in der Spallartgasse waren nur 2D-Pläne sowie ein abgespecktes 3D-, jedoch kein BIM-Modell vorliegend; so konnten im Sinne des Forschungsprojekts keine Kosten – wie sonst üblich und einfach hand-habbar – mit den einzelnen Elementen und Bauteilen verknüpft werden. Demzufolge wurde auf die Kosten im Sinne des SOLL-IST-Vergleichs beim POC, nicht weiter eingegangen. (evtl. Thema für weiteres auf die Dissertation aufbauendes Forschungsprojekt)

Parametrische Daten aus CAD - BIM Modell				Attrib HB   LG0-4 Bo-De-Wa Kompakt						Attrib HKLS   Kompakt			
Masse				HB-LG1-3 Kompakt	Bo-De-Wa	HB-LG4 Kompakt	Por-Fe-Tue Stuech	HB-LG0 Kompakt	Sonstiges	HKLS-LG5 Kompakt	HKLS	E-LGB	Elektro
ca. Mässon Boden m²	ca. Mässon Wand m²	ca. Mässon Decke m²	So	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T
xxx	xxx	xxx	So	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T
xxx	xxx	xxx	So	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T	Q	T

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

#### 4.4.3.4. Übergabematrix

Anbei präsentiert der Autor einen kleinen Teilausschnitt der außerordentlich großen Übergabematrix (Abmessung Druckversion L x B 4,5 m x 1,2 m), aus dem die zuvor erklärten Bereiche ersichtlich sind. Aus entwicklungstechnischer Hinsicht können nur die hier angegebenen Details zur Matrix preisgegeben werden.

1 Bauwerksklassifizierung

2 Primärschlüssel, TAG Level-Klassifizierung

- a Primärschlüssel,
- b TAG Level-Klassifizierung,

3 Attributsdaten Header

- a Parametrische Attributsdaten – Header (Q),
- b Hochbau und HKLS-E-Attributsdaten - Header (Q),
- c Termin Attributsdaten – Header (T),
- d Kosten Attributsdaten – Header (K),

4 Detaildaten Hilfsmatrix

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

### 4.4.3.5. Verknüpfung der Attributsebene mit Bauwerks- und TAG Ebene

Die Verknüpfung der Attributsebene im Header der Übergabematrix mit der Bauwerks- und TAG Ebene erfolgte mithilfe von Detaildaten, die in einer eigenen Hilfsmatrix namens „**HB-HKLS-E Kompakt**“ entwickelt und zusammengestellt wurden.

Auch bei dieser Namensgebung kommt das wichtige Schlüsselwort **Kompakt** vor.

Die Hilfsmatrix beinhaltet Detaildaten in Form von Bauteilkatalogen als

- Boden-, Decken- und Wandaufbauten
- Portal-, Fenster- und Türkonstruktionen
- Sonstige Attribute
- HKLS-E-Einträge

Tab. 004: RFID-Raumbuch  
Hilfsmatrix, S. 412

In der **RFID-Datenbank** erfolgte die **Verknüpfung** der **Übergabematrix** mit der **Hilfsmatrix** samt ihren Detaildateneinträgen.

Jeder Eintrag in der Hilfsmatrix ist mit

- einer Infospalte,
- einer eigenen ID,
- einem Kurztext für die spätere Anzeige am Mobiltelefon bzw.
- einem Langtext zur ausführlichen Ausgabe als Printversion via pdf-Format ausgestattet.

Info	HB-LG3	Wand kompakt	Langtext
-	3.00	Allgemeintext	Langtext Platzhalter
GK-Wand	3.16.1	HB-LG39: TB GK-Wand 1-fach glatt,	Langtext Platzhalter
	3.16.2	HB-LG48: Malerei 2-mal, Dispersion Farbe lt	Langtext Platzhalter

Tab. 004: RFID-Raumbuch Hilfsmatrix, S. 412

Die ID ist das Herzstück und verbindet die Attributsebene im Header mit der Bauwerks- und TAG Ebene, indem sie in die Übergabematrix an der richtigen Stelle eingetragen wird.

BTxx.xx.xx.--.xx.xx.xx.xx	Attr   parametri	Q		T		K	
		SOLL - Vertr	IST - Ausf	SOLL - Jahr-KW	Status (off, Akerf)	IST - Jahr-KW	SOLL - Kalk
BT06.00.02.--.03.01.04.05		3.07.1		20-52	erl	20-52	
		3.17.2		22-04	off		
		3.17.3		22-29	off		
BT06.00.02.--.03.01.04.06		3.09.1		20-52	erl	20-52	
		3.12.2		22-04	off		
		3.12.3		22-29	off		
BT06.00.02.--.03.01.04.07		3.16.1		22-04	off		
		3.16.2		22-29	off		

The image shows a complex spreadsheet with multiple columns. Key sections include:
 

- TAG-Codierung / TAG-Level - Ausgabe Excel:** Contains room and detail information.
- Attribut (HB) LG0-4 Bo-De-Wa Kompakt:** A large grid for building attributes with columns for Q, T, and K.
- Attribut (HLKS) Kompakt:** Grid for HLKS attributes.
- Attribut (ELGG) Kompakt:** Grid for ELGG attributes.
- Attribut (Elektro) Kompakt:** Grid for electrical attributes.

 A red box highlights a specific entry in the HB-LG3 column, which is linked by a dashed red arrow to the 'Hilfsmatrix' in Tab. 004.

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

Sofern weitere, neue Detaildaten erforderlich sein sollten, können diese rasch in die Hilfsmatrix integriert werden. Eine unverzügliche Adaptierung oder Neudefinition, z.B. eines zusätzlichen Bodenbelags, oder die Installation eines neuen Sanitärgegenstandes bzw. die Änderung einer Leuchte kann somit jederzeit und unkompliziert, stets unabhängig von der Übergabematrix erfolgen.

- Der neue Eintrag erhält wiederum eine neue fortlaufende Nummer als ID.

#### 4.4.4. RFID-Raumbuch-Prototyp – Hardware

In diesem Abschnitt werden die notwendigen Hardwarekomponenten hinsichtlich der Transponder „kurz TAGs“ und Reader, deren Anforderungen und Testszenarien sowie die getätigte Auswahl und Entscheidung für den RFID-Raumbuch-Prototyp aufgelistet und dargelegt.

Dies geschah parallel zum Prozess der Erstellung der Übergabematrix (inkl. Bauwerksklassifizierung, TAG-Level-Klassifizierung und Attributedefinition in deren Header) sowie Hilfsmatrix in Absprache mit dem Projektpartner TAGnology / TAGpilot.

##### 4.4.4.1. TAG und Reader Anforderungen

Die Vielzahl an Arten von TAGs, die am Markt verfügbar sind, wurden im Kapitel 3 Grundlagen ausführlich dargelegt. Auch Reader gibt es in zahlreichen Versionen und für diverse Anwendungen.

Für den Einsatz auf der Baustelle in Kombination mit dem RFID-Raumbuch Prototyp galt es nun, spezifische Anforderungen zu definieren, da es diesen Anwendungsfall so noch nicht gab.

Folgende – von TAGnology / TAGpilot und vom Autor gemeinsam – definierte Grundsatzentscheidungen hinsichtlich der Anforderungen mussten die TAGs und Reader erfüllen, damit im Nachgang die Tests (im Labor & auf der Baustelle) durchgeführt werden konnten und dem Software Engineering klare Vorgaben für die Programmierschnittstelle vorlagen.

##### 4.4.4.1.1. TAG Art – Energieversorgung

###### - Aktive TAGs:

- Eigene Energieversorgung (mittels Batterie)
  - Transponder fallen deshalb in ihrer Dimension größer aus
- Hohe Speicherkapazitäten und Übertragungsraten
  - möglich
- Einsatz im Umgang mit Sensorik
  - Interessant
- Lebensdauer
  - Geringer, aufgrund von Batterieabhängigkeit
- Kosten pro Transponder
  - Hoch (vgl. Kosten RFID-Merkmale - Kapitel 3.3.3.13)

###### - Passive TAGs:

- Keine eigene Energieversorgung (keine Batterie)
  - Transponder können deshalb in ihrer Dimension kleiner ausfallen
- Geringere Speicherkapazitäten und Übertragungsraten
  - möglich
- Einsatz im Umgang mit Sensorik
  - Interessant, aber (noch) nicht empfehlenswert

- Lebensdauer
  - Höher, da keine eigene Batterieversorgung
- Kosten pro Transponder
  - Niedrig (vgl. Kosten RFID-Merkmale - Kapitel 3.3.3.13)
- **Semi-aktive TAGs:**
  - Batterie vorhanden für Stromversorgung des Datenspeichers
    - Transponder fallen deshalb in ihrer Dimension größer aus (wie aktive)  
Funkwellenfeld rein für Datenübertragung (senden - empfangen)
  - Hohe Speicherkapazitäten und Übertragungsraten
    - möglich
  - Einsatz im Umgang mit Sensorik
    - (noch) nicht empfehlenswert
  - Lebensdauer
    - Geringer, aufgrund von Batterieabhängigkeit
  - Kosten pro Transponder
    - Mittel (vgl. Kosten RFID-Merkmale - Kapitel 3.3.3.13)

#### Entscheidung im Team bzgl. TAG Art – Energieversorgung

Aktive und semi-aktive TAGs sind derzeit aufgrund der hohen Einzelkosten sowie der geringeren Lebensdauer für die Anwendung am Bau – im Sinne des Forschungsprojekts – nicht interessant; wohl aber zukünftig für Spezialanwendungen / Einsatz im Sinne von Sensorik vorstellbar.

Passive TAGs sind für das Forschungsprojekt RFID-Raumbuch Prototyp aufgrund der längeren Lebensdauer sowie der niedrigeren Kosten interessant.

- **Gewählt: Passive TAGs**

#### **4.4.4.1.2. TAG Frequenz / Schreib-, Lesereichweiten und Übertragungsraten**

- **LF-Bereich (Low-Frequency) 125 kHz und 135 kHz;**
  - Die Trägerfrequenz liegt bei 125 kHz.
  - Dieser Frequenzbereich lässt nur geringe Übertragungsraten und Übertragungsabstände zu.
  - Eine Auslesung ist somit nur im Nahbereich (mm/cm-Bereich) möglich.
  - LF-Transponder sind kostengünstig.
- **HF-Bereich (High-Frequency) 6,78 MHz – 40,68 MHz;**
  - Die Trägerfrequenz liegt in der EU bei 13,56 MHz.
  - Dieser Frequenzbereich lässt höhere Übertragungsraten und -abstände als im LF-Bereich zu.

- Für normale HF-Anwendung ist eine Auslesung im Nah- und Mittelbereich (dm/m Bereich) möglich.
- NFC-Technologie nutzt dieselbe Frequenz wie HF: eine Auslese ist nur im Nahbereich (mm – cm-Bereich) möglich.
- HF-Transponder sind teurer als LF-Transponder.
- **UHF-Bereich (High-Frequency) 868 MHz – 950 MHz;**
  - Die Trägerfrequenz liegt bei 868 MHz (EU); 915 MHz (USA); 950 MHz (Japan);
  - Dieser Frequenzbereich lässt nochmals höhere Übertragungsraten und Übertragungsabstände als im HF-Bereich zu.
  - Somit ist eine Auslesung im Mittel- Fernbereich (m-Bereich) möglich.
  - UHF-Transponder sind teurer als HF-Transponder.
- **SUHF-Bereich (Super-Ultra-High-Frequency) / Mikrowelle 2,45 GHz – 24 GHz;**
  - Die Trägerfrequenz liegt in der EU bei 2,45 GHz, in den USA bei 5,8 GHz. Dieser Frequenzbereich lässt sehr hohe Übertragungsraten- und Übertragungsabstände zu.
  - Eine Auslesung ist somit im Fernbereich (mehrere m-Bereich) möglich.
  - MW-Transponder sind derzeit noch sehr teuer.

#### Entscheidung im Team bzgl. TAG Frequenz / Schreib-, Lesereichweiten und Übertragungsraten

LF-, HF- sowie UHF TAGs sind für das Forschungsprojekt in der Anwendung am Bau aufgrund der notwendig zu erreichenden Schreib- und Lesedistanzen im Nah- und Mittelbereich sowie im geringem Fernbereich (mm-cm-m) und der dementsprechend nicht allzu hohen Kosten interessant.

SUHF TAGs wären auch interessant, die hohen Kosten rechtfertigen jedoch nicht die positive Eigenschaft der großen Lese- & Schreibdistanz im Fernbereich (m) und somit die Anwendung am Bau als Massenware.

TAGnology schlägt aufgrund seiner Erfahrung und in Absprache mit dem Autor die Verwendung von HF- sowie UHF-TAGs für verschiedene Anwendungsfälle vor:

- Gewisse HF-TAGs sind NFC fähig = Auslese mittels Mobiltelefon (geringe Reichweite im mm/cm Bereich) ist möglich; z.B. Einbau in Licht- Blindschaltern usw.
- UHF-TAGs = Auslese mittels Handheld / Lesegerät - Reader ist möglich (höhere Reichweite im m Bereich); z.B. Einbau in Boden, Decke, Wand im STB oder bei Vorsatzschalen – abgehängten Decken, wo mehr Leseabstand notwendig ist;
- UHF TAGs eignen sich speziell für die Anwendung im Robotikbereich, sprich bei Robohunden und Drohnen im Baustelleneinsatz, wo idem größere Leseabstände vorherrschen.
- Es können auch Hybrid TAGs (HF-UHF gemeinsam) zum Einsatz kommen; hier ist die Auswahl am Markt sehr gering; z.B. gibt es Hard TAGs oder Smartlabel TAGs, die solch eine Hybrid-Funktion abdecken.

Die Verwendung von 2 verschiedenen Frequenzen stellt also kein Problem dar;

die Reader- Lesegeräte müssen einfach dementsprechend ausgelegt sein.

- **Gewählt: HF (NFC) sowie UHF TAGs**

#### 4.4.4.1.3. Datenspeicherung im Netzwerk oder am TAG

##### - **Data-on-Network**

- Speicherung der Daten in Datenbank (zentrale Datenverwaltung);
- System ist abhängig von Datenbankeverfügbarkeit, Zugriff über Cloud auf Datenbank muss ständig gewährleistet sein;
- Schnelle Daten-Ein- und Auslese möglich, da nur ID des Transponders als Verbindung zum Datenbankeintrag genutzt wird;
- Änderungen der TAG-Infos können somit bei Bedarf schnell und zentral (ohne Direktauslese vor Ort auf Baustelle) angepasst werden;
- Backup der Daten ist in Cloud gespeichert, wenn Transponder kaputt geht;

##### - **Data-on-TAG**

- Speicherung der Daten direkt auf dem Transponder (dezentrale Datenverwaltung);
- System ist unabhängig von Datenbank;
- Nur langsame Datenein- und -auslese möglich, da ID und sämtliche andere Informationen auf dem Transponder gelesen werden;
- Änderungen der TAG-Infos können somit nur langsam und dezentral durchgeführt werden;
- Es gibt kein Backup der Daten, wenn Transponder kaputt geht;

#### Entscheidung im Team bzgl. Datenspeicherung im Netzwerk oder am TAG

TAGpilot schlägt aufgrund der Erfahrung und in Absprache mit dem Autor die Data-on-Network-Variante vor.

Relevante und ausschlaggebende Gründe hierfür waren/sind vor allem:

- die schnellere Datenauslese sowie
- das Backup der TAG-Informationen in der Clouddatenbank
  - **Gewählt: Data-on-Network**

#### 4.4.4.1.4. TAG Speicherfähigkeit – Beschreibbarkeit – Zugriff

Bzgl. der Speicherfähigkeit der Transponder lässt sich folgende Unterteilung, und zwar in Read-Only (RO), Write-Once-Read-Many (WORM) und Read-Write (RW) treffen:

##### - **Read-Only (RO)**

- Diese Transponder können nur vom Hersteller einmalig beschrieben werden; z.B. Speicherung der ID- oder Seriennummer (max. 128 Bit groß) auf dem TAG.
- Alle anderen User haben auf den Transponder nur Lesezugriff.

- Im Nachhinein können keine weiteren Infos, wie z.B. objektbezogene Daten (Stammdaten, Materialdaten, Prozessdaten), hinzugefügt, überschrieben oder gelöscht werden.
- Es ist nur ein kleiner Speicher erforderlich.
- **Write-Once\_Read-Many (WORM)**
  - Diese Transponder können (auch) nur einmalig beschrieben werden, wobei dies durch den Hersteller oder User geschieht.  
Diese Berechtigungswahl ist das einzige Unterscheidungsmerkmal zu den Read-Only TAGs.
  - Es ist nur ein kleiner Speicher erforderlich.
- **Read-Write (RW)**
  - Diese Transponderart kann vom Hersteller oder User unendlich oft wiederbeschrieben werden, sowie deren Dateninhalt, wie z.B. objektbezogene Daten (Stammdaten, Materialdaten, Prozessdaten exkl. ID- oder Seriennummer) geändert werden.
  - Ein großer Speicher ist erforderlich.

#### Entscheidung im Team bzgl. TAG Beschreibbarkeit - Zugriff

Da zuvor die Entscheidung auf Data-on-Network gefallen ist und alle Daten in der Cloud-datenbank gespeichert sind, benötigt man hierbei lediglich die Read-Only (RO)-Funktion. Nach Absprache mit TAGpilot reichen die vorgegebene ID sowie Seriennummer aus, um den Transponder bzw. TAG vor Ort auf der Baustelle mit dem Datenbankeintrag zu verknüpfen. Somit bedarf es bezüglich der Speichergröße und Beschreibbarkeit auch keiner weiteren Überlegungen.

- **Gewählt: Read-Only (RO)**

#### **4.4.4.1.5. TAG Einflussfaktoren / Störeffekte – Schutzklassen – Bauform**

- **Material des Objekts**
  - Das Material, auf dem der TAG angebracht oder eingebaut wird, hat große Auswirkungen auf die zu treffende TAG-Art sowie TAG-Materialität.
  - Dieses beeinflusst die Resonanzfähigkeit des Transponders nämlich sehr. Dies spielt beim Einsatz von LF- und HF-Transpondern mit induktiver Kopplung eine untergeordnete Rolle, bei UHF-Transpondern und elektro-magnetischer Kopplung ist dies jedoch von großer Wichtigkeit.
  - So können die elektro-magnetischen Wellen vom Trägermaterial, z.B. bei Metalloberflächen reflektiert (erzeugen Interferenzen) oder auch, z.B. im Umfeld von Flüssigkeiten, absorbiert (erzeugen Verluste) werden.
- **Elektrische Störquellen**
  - Diese können, z.B. durch Elektromotoren und ihre elektro-magnetischen Wellen – die sich in der Nähe des TAG befinden – hervorgerufen werden.

- **Umgebungsbedingungen**

- Hier gibt es eine Vielzahl an Einflüssen, wie z.B.
  - Mechanische Belastungen im Arbeitsablauf mittels Stößen, Schwingungen, Drücken, Reibungen, Berührungen
  - Thermische Belastungen durch hohe / tiefe Temperaturen
  - Chemische Belastungen durch Öle, Reinigungsmittel, Säuren usw.
  - Witterungseinflüsse durch Wasser, Luftfeuchte
  - Einflüsse durch sonstige Fremdkörper (z.B. Mensch), die die Kopplung beeinflussen und somit die Lesereichweite einschränken können.

Entscheidung im Team bzgl. TAG Einflussfaktoren / Störeffekte – Schutzklassen – Bauform

Bzgl. Material des Objekts:

- hier ist es bei gewissen Oberflächen, z.B. bei Metall, notwendig, zwischen dem TAG und dem Trägermaterial ein Abstandsmaterial vorzusehen; andernfalls kann es vorkommen, dass der TAG nicht mehr sichtbar / nicht auslesbar ist.

Bzgl. elektrischer Störquellen:

- dem Problem kann mittels Abschirmung entgegen getreten werden.

Bzgl. Umgebungsbedingungen:

- diese müssen von Fall zu Fall individuell beim Einbau vor Ort auf der Baustelle betrachtet werden. Es gibt wesentliche Unterschiede zwischen dem Einbau im Innen- oder Außenbereich.

Nach Rücksprache mit TAGnology heißt dies konkret: Um den diversen Einflussfaktoren bzw. Störeffekten entgegenzuwirken, können und müssen die Transponder bzw. deren Komponenten geschützt werden.

Hierfür wurden eigene IP-Schutzklassen, z.B. Schutz gegen Berührung / Fremdkörper und Schutz gegen Wasser entwickelt, die bei Anwendung der jeweiligen TAG-Bauform verwendet werden müssen.

- **Gewählt: TAG-Typ / Bauform geschützt, je nach Einbau- und Verwendungszweck unter Einhaltung der jeweils notwendigen Schutzklasse**

**4.4.4.1.6. TAG Einbauart – Vorlaufzeit – Sichtbarkeit**

- **Einbau bei Herstellung / FIX – TAG nicht sichtbar**

- Fixer Einbau in Bauteile
- diese TAGs müssen den zuvor genannten Einflussfaktoren trotzen
- infolge des Einbaus müssen die TAGs meistens UHF-lesbar sein, was höhere Kosten mit sich bringt
- in der Planung muss die Position zu einem frühen Zeitpunkt bekannt sein
- in der Ausführung muss genug Vorlaufzeit vorhanden sein, um die TAGs fix im Boden, der Wand und der Decke bei der Herstellung verorten und einbauen zu können

- ein Austausch ist schwer möglich
- der TAG ist dafür nicht sichtbar
  - Frage der Materialwahl / des Einbauortes
- **Einbau nach Herstellung / AUFGEKLEBT – TAG sichtbar**
  - Alternative zum fixen Einbau wäre die Form von Klebe TAGs
  - diese TAGs müssen idem den zuvor genannten Einflussfaktoren trotzen
  - sie können UHF- oder HF- (NFC) lesbar sein, was niedrigere Kosten bedeutet
  - in der Planung muss die Position ebenso verortet werden, jedoch kann dies zu einem späteren Zeitpunkt als beim Fixeinbau geschehen
  - in der Ausführung kann die Position bzgl. der Verortung noch nach der Herstellung wie auch nach dem Einbau verändert werden
  - ein Austausch ist jederzeit möglich
  - der TAG ist dafür sichtbar
    - Frage der Ästhetik / des Einbauortes

#### Entscheidung im Team bzgl. Einbauart – Vorlaufzeit - Sichtbarkeit

Der Kostenfaktor spielt bzgl. des TAG-Typs (UHF oder HF-NFC) eine Rolle.

Eine technische Präferenz gibt es nur bezüglich Austausch und Sichtbarkeit:

- Bei fixem Einbau ist der Austausch schwer / nur mit erheblichem Aufwand möglich
  - Dafür ist der TAG nicht sichtbar
    - Frage der Materialwahl / des Einbauortes
- Bei Aufkleben ist der Austausch leicht / jederzeit mit geringem Aufwand möglich
  - Dafür ist der TAG sichtbar
    - Frage der Ästhetik / des Einbauortes

Es obliegt somit dem BH-ÖBA unter Berücksichtigung des Kostenfaktors sowie der Hausverwaltung / dem Betreiber, bei Beachtung der Thematik Sichtbarkeit zu entscheiden;

- Die diesbezügliche Entscheidung sollte bzw. muss zu einem möglichst frühen Zeitpunkt getroffen werden; passiert dies nicht, bleibt nur die Variante Aufkleben als mögliche Auswahl übrig und somit ist der TAG sichtbar.
  - **Gewählt: beide Varianten; FIX und AUFGEKLEBT**

#### **4.4.4.1.7. TAG Kennzeichnung**

- **Kennzeichnungspflicht**
  - Vorschrift seitens der Europäischen Kommission;  
Dies bedeutet, wann und wo auch immer RFID zur Anwendung kommt, muss dies gemäß den Datenschutzrichtlinien ersichtlich gemacht werden.

#### Entscheidung im Team bzgl. Vorlaufzeit - Einbauart

- **Gewählt: Kennzeichnung beim Einbau**

#### 4.4.4.1.8. Reader Arten

Da die Wahl auf Transponder bzw. TAGs im HF- (NFC) sowie UHF-Bereich fiel, muss/müssen auch der/die Reader für diesbezügliche Anwendungen ausgelegt sein.

Mit einem UHF Reader können keine HF- / NFC-TAGs und keine SUHF-TAGs ausgelesen werden.

Hierzu benötigt es eigener Lesegeräte, wie z.B. das Mobiltelefon für HF (NFC). Somit sind verschiedene Reader notwendig und zu verwenden.

- **Mobiltelefon**
  - o HF-Bereich (NFC)
- **Industrial Reader und Handheld**
  - o UHF-Bereich

#### Entscheidung im Team bzgl. Reader-Art

Auf der Baustelle können alle 3 Varianten von Readern eingesetzt werden; somit wird auch die Entscheidung getroffen, alle 3 Reader bei den Tests einzusetzen.

- o **Gewählt: Mobiltelefon & Industrial Reader und Handheld**

#### 4.4.4.1.9. Reader Schreib- und Lesereich- sowie Geschwindigkeiten

- **HF-Bereich (High-Frequency) 6,78 MHz – 40,68 MHz;**
  - o Hier ist die NFC-Technologie interessant. Sie nutzt dieselbe Frequenz wie HF = 13,56 MHz; Auslese ist nur im Nahbereich (mm-cm-Bereich) möglich
    - Reichweite 0 – 2 cm für Mobiltelefon (kabel- und kontaktlos für normale Anwendung)
  - o Der HF-Frequenzbereich lässt Schreib- und Lesegeschwindigkeiten im Bereich von wenigen Millisekunden (ms) zu.
- **UHF-Bereich (High-Frequency) 868 MHz – 950 MHz**
  - o Auslesung im Mittel- und Fernbereich (m-Bereich) möglich
    - Reichweite 0 bis max. 1,5 m für Industrial Reader (kabelgebunden für Tests) oder Handheld (kabellos für normale Anwendung)
  - o Dieser Frequenzbereich lässt noch höhere Schreib- und Lesegeschwindigkeiten als HF im Bereich von Millisekunden zu.

#### Entscheidung im Team bzgl. Reader Schreib- und Lesereichweiten sowie Geschwindigkeiten

HF-Bereich (NFC-Technologie) 0 – 2 cm

UHF-Bereich 0 – 1,5 m

- o **Gewählt: Schreib- und Lesereichweiten 0 – 2 cm / 0 – max. 1,5 m**
- Schreib- und Lesegeschwindigkeiten im ms-Bereich**

#### 4.4.4.1.10. Reader Antennentyp <sup>123</sup>

##### - Antennen mit linearer Polarisierung

- *senden ihre Wellen entlang einer geraden Achse aus (horizontal flach liegend „–“, oder vertikal stehend „|“, von vorne betrachtet),*
- *haben eine höhere Reichweite, müssen jedoch exakt auf den oder die TAGs gerichtet sein. Ohne diese korrekte Ausrichtung reduziert sich die Reichweite sehr stark.*

##### - Antennen mit zirkularer Polarisierung

- *senden ihre Wellen spiralförmig entlang einer Achse aus („O“, von vorne betrachtet).*
- *Die Reichweite ist zwar geringer als bei der linear polarisierten Antenne, dafür muss die Ausrichtung nicht so genau passen, da der Einflussbereich größer ist.*

Faustformel Größe: je größer die Antenne, desto größer der Antennengewinn = die mögliche Reichweite. Im Industrie- und Produktionsgewerbe kann die Antenne unter Umständen größer ausfallen, da sie stationär fixiert wird und das Design eine untergeordnete Rolle einnimmt. Bei tragbaren Verbrauchsgegenständen ist die Antenne meist mobil in einem Handheld integriert.

Nachdem hierfür wenig Platz vorgesehen ist, müssen zudem sämtliche Komponenten unter Berücksichtigung des Designs kleiner ausfallen.

#### Entscheidung im Team bzgl. Reader Antennentyp

Lt. Rücksprache mit TAGnology werden auf der Baustelle hinsichtlich des Raumbuch-Prototyps vorwiegend Handhelds zur Anwendung kommen. Demzufolge wird eine zirkularpolarisierte Antenne bevorzugt.

Bei Anwendung der Robotik (Robohund und Drohne) ist dies idem vorgesehen.

Bei den TAG-Tests werden auch linearpolarisierte Antennen ausgetestet.

- **Gewählt: Antennen mit zirkularer Polarisierung – Handheld / Robotik, - #Robohund, - #Drohne; auch linearpolarisierte Antennen werden bei den Tests inspiziert / getestet.**

#### 4.4.4.1.11. Reader Sendeleistung

Nach Rücksprache mit TAGnology ist für die angepeilte Schreib- und Lesereichweite im:

##### - UHF-Bereich

- bei einer Reichweite von 0 – 1,5 m für Industrial Reader (kabelgebunden für Tests) oder Handheld (kabellos für normale Anwendung und samt diverser Materialdämpfungen wie Holz, Stahlbeton, Ziegel, Gipskarton),
  - eine Sendeleistung zwischen 0,5 Watt (=500 mW) und 1,4 Watt (=1.400 mW) anzunehmen.

<sup>123</sup> vgl. <https://www.fts-hennig.at/ratgeber/rfid-infos/#antennen>, aufgerufen am 04.12.20

- **HF (NFC)-Bereich**

- bei einer Reichweite von 0 – 2 cm für das Mobiltelefon (kabel- und kontaktlos für normale Anwendung),
  - eine Sendeleistung lt. Vorgabe HF (NFC) Standard / eingesetztem Gerät gegeben.

Entscheidung im Team bzgl. Reader Sendeleistung

- **Gewählt: UHF-Bereich Sendeleistung zwischen 0,5 Watt (=500 mW) und 1,4 Watt (=1.400 mW); HF (NFC) Bereich Sendeleistung lt. Vorgabe NFC Standard / eingesetztem Gerät**

**4.4.4.1.12. Reader Einflussfaktoren / Störeffekte – Schutzklassen – Bauform**

So wie bei den Transpondern bzw. TAGs gilt es auch hier, die Reader vor diversen Umgebungseinflüssen zu schützen.

- **Umgebungsbedingungen**

- Hier gibt es eine Vielzahl an Einflüssen, wie z.B.
  - Mechanische Belastungen im Arbeitsablauf mittels Stößen, Schwingungen, Drücken, Reibungen, Berührungen
  - Thermische Belastungen durch hohe / tiefe Temperaturen
  - Chemische Belastungen durch Öle, Reinigungsmittel, Säuren, Laugen
  - Witterungseinflüsse durch Wasser, Luftfeuchte
  - Mensch im TAG-Umfeld
  - Einflüsse durch Fremdkörper,die die Kopplung beeinflussen und somit die Lesereichweite einschränken können.

Entscheidung im Team bzgl. Reader-Einflussfaktoren / Störeffekten - Schutzklassen - Bauform

Es gibt Unterschiede bei der Anwendung der Reader im Innen- und Außenbereich.

Nach Rücksprache mit TAGnology bedeutet dies konkret, dass auch die Reader und deren Komponenten - wie gleichermaßen die Transponder / TAGs - mit den jeweiligen Schutzklassen (z.B. Schutz gegen Berührung / Fremdkörper und Schutz gegen Wasser) ausgestattet werden müssen.

- **Gewählt: Reader Typ / Bauform geschützt, je nach Verwendungszweck unter Einhaltung der jeweils notwendigen Schutzklasse**

#### **4.4.4.1.13. Zusammenfassung TAG und Reader-Anforderungen**

##### **TAG-Anforderungen**

###### TAG-Art – Energieversorgung

- Gewählt: Passive TAGs

###### TAG-Frequenz / Schreib-, Lesereichweiten und Übertragungsraten

- Gewählt: HF (NFC) sowie UHF TAGs

###### Datenspeicherung im Netzwerk oder am TAG

- Gewählt: Data-on-Network

###### TAG-Speicherfähigkeit – Beschreibbarkeit – Zugriff

- Gewählt: Read-Only (RO)

###### TAG-Einflussfaktoren / Störeffekte – Schutzklassen – Bauform

- Gewählt: TAG-Typ / Bauform geschützt, je nach Einbau- und Verwendungszweck unter Einhaltung der jeweils notwendigen Schutzklasse

###### TAG-Einbauart – Vorlaufzeit – Sichtbarkeit

- Gewählt: beide Varianten: FIX und AUFGEKLEBT

###### TAG-Kennzeichnung

- Gewählt: Kennzeichnung beim Einbau

##### **Reader Anforderungen**

###### Reader Arten

- Gewählt: Mobiltelefon & Industrial Reader und Handheld

###### Reader Schreib- und Lesereich- sowie Geschwindigkeiten

- Gewählt: Schreib- und Lesereichweiten 0 – 2 cm / 0 – 1,5 m  
Schreib- und Lesegeschwindigkeiten im Millisekunden-Bereich

###### Reader Antennentyp

- Gewählt: Antennen mit zirkularer Polarisierung – Handheld / Robotik -  
- #Robohound, - #Drohne; auch linearpolarisierte Antennen werden bei Tests inspiziert

###### Reader Sendeleistung

- Gewählt: UHF-Bereich Sendeleistung zwischen 0,5 Watt (=500 mW) und 1,4 Watt (=1.400 mW); NFC-Bereich Sendeleistung lt. Vorgabe NFC Standard / eingesetztem Gerät

###### Reader Einflussfaktoren / Störeffekte – Schutzklassen – Bauform

- Gewählt: Readertyp / Bauform geschützt, je nach Verwendungszweck unter Einhaltung der jeweils notwendigen Schutzklasse

#### 4.4.4.2. TAG Typen- Reader Tests (Labor – Baustelle)

Nach erfolgter Fixierung der Grundsatzentscheidungen hinsichtlich der Anforderung an TAGs und Reader werden nun in diesem Abschnitt die technischen Tests der TAG-Typen sowie Reader beschrieben, die einerseits im Labor, andererseits auf der Baustelle in Zusammenarbeit mit TAGnology durchgeführt wurden.

Diese Tests hatten zum Ziel, die Möglichkeiten des praktischen Einsatzes von diversen TAGs und Readern am Bau im Sinne des RFID-Raumbuch Prototyps, der Robotik - #Robohund sowie #Drohne – unter Einhaltung der getroffenen Anforderungen – zu eruieren, um dann diesbezüglich Entscheidungen für den späteren Einsatz / Einbau zu treffen.

##### 4.4.4.2.1. Testequipment und dessen Beförderung - Handling

Besonderes Augenmerk wurde darauf gelegt, dass alle Tests – unabhängig vom Test-Szenario – mit einem standardisierten, einheitlichen RFID-Erfassungsequipment durchgeführt wurden. Dies war notwendig, um auf der einen Seite die Testergebnisse einzelner Test-szenarien einfacher und sinnvoller vergleichen zu können und auf der anderen Seite eine Basis zur Spezifikation eines zu entwickelnden, allgemein einsetzbaren RFID-Systems zu legen (für unterschiedliche Trägersysteme, wie z.B. Mensch, Robohund und Drohne).

Folgendes Testequipment kam bei den 4 Testszenarien bzgl. der RFID-TAG- sowie Reader-tests in unterschiedlicher Weise zum Einsatz:

##### **TAGnology High Industrial UHF Reader**

- Antennen
  - o Linearpolarisierte UHF-Leseantennen
  - o Zirkularpolarisierte UHF-Leseantenne (Midrange)
- TAGnology High Industrial UHF-Reader
- TAGnology High Industrial Controller
- Signalampel mit Hupe
- Test- und Auswertungssoftware
- Verbindungskabel

##### **Industrial Handheld Terminal für UHF Reader**

- Antenne
  - o Zirkularpolarisierte UHF Leseantenne (Midrange)
- Ladestation

##### **TAGpilot Demo App für NFC TAG Auslese**

- Mobiltelefon

##### **Testwände**

- o im RFID-Labor mit diversen UHF- sowie HF- (NFC) TAGs
- o auf der Baustelle mit diversen UHF- sowie HF- (NFC) TAGs

Bezüglich der Beförderung der Lesesysteme und des Handlings des Testequipments in Antennen-, Handheld- oder Mobiltelefonform gab es verschiedene Möglichkeiten;

Handling:

- durch Mensch
  - o manuelle Beförderung
- durch Roboter
  - o - #Robohund
    - Boston Dynamics Spot
  - o - #Drohne
    - DJI Phantom 4 / Mavic 2 Enterprise Dual  
(für Indoor- und Outdoorflüge geeignet)
    - DJI Matrice 600 Pro  
(aufgrund seiner Größe nur für Outdoorflüge geeignet)

#### **4.4.4.2.2. Testequipment – Funktionsbeschreibung**

Anbei eine kurze Funktionsbeschreibung des zuvor genannten Testequipments inkl. der Detailkomponenten, die sowohl im Labor als auch auf der Baustelle zum Einsatz kamen.

- **TAGnology High Industrial UHF Reader**
- **Industrial Handheld Terminal für UHF Reader inkl. TAGpilot Demo-Software**
- **TAGpilot Demo Applikation für HF (NFC) TAG Auslese**

#### **TAGnology UHF Industrial RFID-Reader**

Der TAGnology UHF Industrial RFID-Reader wird als Standardsystem für die Leseversuche bei den UHF TAGs angewandt.



Abb. 059: Reader, S. 401

Das Gesamtgewicht des Testequipment 1 (Controller, Reader, Antenne, Ampel usw.) beträgt in etwa 1,0 Kilogramm.

### Antennen

Die diversen Antennenarten sind über Kabel fix an den Industrial UHF Reader angeschlossen. Es wurden linearpolarisierte sowie auch zirkularpolarisierte UHF Antennen ausgetestet.

- Linearpolarisierte UHF Leseantennen (horizontal / vertikal)



Abb. 186: Linearpolarisierte UHF Antenne, S. 406

- Zirkularpolarisierte UHF Leseantenne (Midrange)



Abb. 187: Zirkularpolarisierte UHF Antenne, S. 406

### TAGnology High Industrial UHF Reader

Dieser UHF Reader verfügt über 4 Antennen-Ports und kann unkompliziert an nahezu jede Applikation angepasst werden.

Eingebaute Logiken, die komplexitätsreduzierend arbeiten, ermöglichen besonders einfache Testabläufe.



Abb. 188: UHF Reader, S. 406

Der Reader kann einfach über Settings, die auf einer MicroSD-Karte gespeichert sind, feingetunt werden.

Es wurden 4 Setups bzw. Settings auf 4 unterschiedlichen MicroSD-Karten vorbereitet, so dass damit alle relevanten Testszenarien abgebildet werden konnten.

- Sendeleistungen von minimal 17 dBm / 50 mW bis maximal 31,5 dBm / 1.400 mW

können im Testfall standardmäßig abgedeckt werden.

Der TAGnology UHF Industrial RFID-Reader wurde so konfiguriert, dass er bei einer erfolgreichen TAG Lesung eine angeschlossene Signalampel mit integrierter Hupe bedient, die akustische wie auch visuelle Signale von sich geben kann.

#### Signalampel mit Hupe

Diese Ampel wird direkt von der Reader-Elektronik angesteuert. Die Reader-Logikparameter definieren das Verhalten der Ampel.

Jedes Mal, wenn ein TAG korrekt gelesen werden kann, erzeugt die in der Ampel integrierte Hupe einen „Pieps“-Ton (akustisches Signal); gleichzeitig schaltet die Ampel auf grün (visuelles Signal).

Sowohl die Hupe als auch die Lampe haben ein monostabiles, retriggerbares Verhalten (bei jeder neuen erfolgreichen TAG Erfassung wurden die Signal-Timeouts verlängert).



Abb. 189: Signalampel mit Hupe, S. 406

#### TAGnology High Industrial Controller

Der TAGnology High Industrial Controller kommuniziert mit dem RFID-Reader über ein Bus-system, sammelt die empfangenen Daten und übermittelt die zusammengefassten Datentelegramme in einem XML-basierten Stream an den Host / PC, wo diese mittels Test- und Auswertungssoftware ausgelesen werden.

Der Industrial Controller ist besonders dann wichtig, wenn mehrere TAGs gleichzeitig gelesen werden können / müssen.



Abb. 190: UHF Controller (Mastercontroller), S. 406

Ein Netzteil versorgt den Controller sowie das Gesamtsystem (Reader, Antenne usw.) mit Strom.

#### Test- und Auswertungssoftware

Diverse Softwareapplikationen, wie z.B. für

- TAG Erfassung,
- Interferenzmessung,
- usw.

sind auf einem Laptop oder Stand-PC installiert, womit dann diverse Auswertungen vorgenommen werden können.

- Im konkreten Fall der Dissertation wurde seitens TAGnology ein Laptop mit TAG Erfassungs- sowie Interferenzmessprogramm usw. verwendet.



Abb. 191: Laptop für  
Datenauswertung,  
S. 406

#### Verbindungskabel

Antennen, Reader, Ampel und Controller werden durch verschiedene Verkabelungen und Stecker- Stecksysteme inkl. Arettierungen miteinander verbunden / verkabelt.

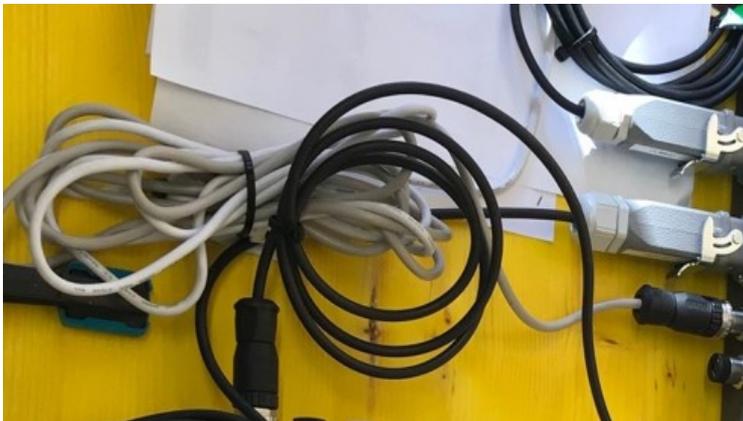


Abb. 192: Kabelequipment,  
S. 406

### **Industrial Handheld Terminal für UHF Reader inkl. TAGpilot Demo-Software**

Als Backupsystem für den Industrial UHF Reader (sollte dieser kaputt gehen oder nicht funktionieren) war der Industrial Handheld Terminal – mit einem eingebauten UHF RFID-Reader / 1 – 2 von Nordic ID Merlin und einer RFID-Demosoftware – vorgesehen.



Abb. 193: UHF Handheld Nordic ID Merlin, S. 406

#### **Antenne**

Dieses Gerät ist mit

- einer eingebauten zirkularpolarisierten UHF RFID-Antenne
- sowie einer Sendeleistung von 27 dBm / 500 mW standardmäßig ausgestattet.

Beachtlich ist, dass sich das Handling und die Bedienbarkeit des Menüs mittels Stift und Touchscreen als sehr einfach gestaltete.

Durch das Drücken des Triggers war die TAG Suche und Erfassung aktiviert und möglich:

- Sobald ein TAG in Reichweite gefunden wurde, ertönte ein akustisches Signal.
- Am Display wurde der TAG Typ mit ID sowie der Erfassungsdauer angezeigt.

Mit dem Handheld können RFID-TAGs nicht nur gesucht und gelesen, sondern in Ausnahmefällen (und sofern es die TAG Art zulässt) auch beschrieben werden.

- Hierfür ist auf dem Gerät eine Demo-Software installiert, die dies ermöglicht.

#### **Ladestation**

Eine Ladestation inkl. Netzteilkabel gewährleistet die notwendige Akkupower.

Das Gesamtgewicht des Testequipment 2 (Handheld) beträgt in etwa 0,5 Kilogramm.

### **TAGpilot Demo Applikation für HF (NFC) TAG Auslese**

Die Demo-Applikation wurde seitens TAGpilot entwickelt, um das Auslesen von HF (NFC) TAGs zu ermöglichen.

- funktioniert mit Handheld oder auch Mobiltelefon

## Testwände

### im RFID-Labor mit diversen dort verorteten UHF TAGs

- Matrixförmiger Wandaufbau



Abb. 194a: Matrix-förmige Testwand UHF Labor, S. 406



**im RFID-Labor** mit diversen dort verorteten HF (NFC) TAGs

- Ausstellungswand / bei Test auf Tisch aufgelegt



Abb. 195: Ausstellungswand HF (NFC)  
Labor / Tischaufgabe, S. 406

**auf der Baustelle** mit diversen dort eingebauten UHF sowie HF (NFC) TAGs

- Testwände aus unterschiedlichen Materialien mit verschiedenen Boden-, Wand- und Deckenaufbauten

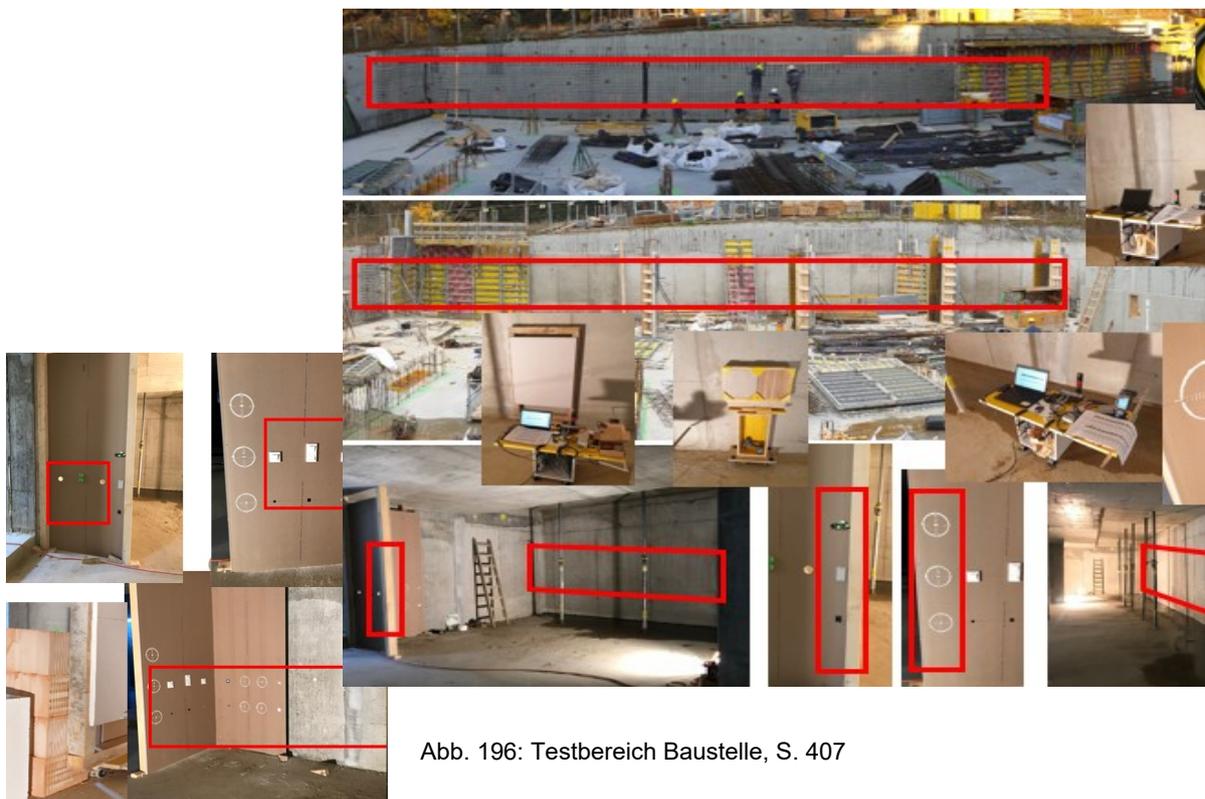


Abb. 196: Testbereich Baustelle, S. 407

#### 4.4.4.2.3. Testsznarien (Labor – Baustelle)

Gemeinsam mit TAGnology wurden 4 Testsznarien konzipiert und durchgeführt; als Test-equipment kamen – wie bereits erwähnt – der High Industrial UHF Reader, der Industrial Handheld Terminal für UHF Reader sowie die Demo Applikation für HF (NFC) TAG Auslese in unterschiedlicher Weise zum Einsatz.

- **Testsznario 1a - 1c (TeSz 1a - 1c)**
  - o TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor
- **Testsznario 2 (TeSz 2)**
  - o TAG und Reader Tests für Robotik - #Robohund --- Labor
- **Testsznario 3 (TeSz 3)**
  - o TAG und Reader Tests für Robotik - #Drohne-Vermessung --- Labor
- **Testsznario 4a - 4c (TeSz 4a - 4c)**
  - o TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle

Testsznario 1 und 4 werden in diesem Abschnitt ausführlich behandelt, wobei eine weitere Unterteilung in 1a - 1c sowie 4a - 4c erfolgt.

Testsznario 2 und 3 folgen dann im Abschnitt Robotik - #Robohund, - #Drohne.

Aus entwicklungstechnischer Hinsicht können nur die hier angegebenen Details zu den Tests preisgegeben werden.

#### 4.4.4.2.4. TeSz 1a: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor

##### In Anwendung

- vom TAGnology High Industrial UHF Reader
- am matrixförmigen Wandaufbau mit UHF TAGs



Abb. 059: Reader, S. 401



Abb. 194a: Matrix-förmige Testwand  
UHF Labor, S. 406

### **Testziele**

Das RFID-System, bestehend aus der intelligenten Reader Elektronik und einem Antennensystem, wurde im Rahmen des Tests auf einem Tisch im Umfeld des matrixförmigen Wandaufbaus positioniert.

Das Kabel zwischen RFID-Antenne und dem Reader wurde lang genug gewählt, damit man ohne Probleme an den matrixförmigen Wandaufbau und die TAGs herankam.



Abb. 204a: Testequipment im Labor, S. 407

- Der Mensch – sprich der Autor als Produkttester – hatte die Aufgabe, die diversen RFID-Antennen in den räumlichen Nahbereich der Matrixwand zu halten, um
  - o im Idealfall die dort verorteten TAGs erfassen bzw.
  - o im „Worst-Case“ nicht erfassen zu können.
- Hierzu konnte mit den 4 Setups am Reader experimentiert werden.
  - o Ausleseversuche sowie Ergebnisse wurden im Beisein von und durch TAG-ology protokolliert.
- Eventuelle, vorhandene Interferenzen zwischen dem Menschen, dem RFID-TAG sowie dem RFID-Reader sollten messtechnisch erfasst und daraus resultierende Beeinflussungen der Lesefunktion des TAG - Readers dokumentiert werden.

### **Beförderung der Lesesysteme und Handling des Equipments**

Der Test wurde mit insgesamt 3 unterschiedlichen RFID-Antennen durchgeführt, wobei diese jeweils manuell von Hand in die Nähe der TAGs an die Wand geführt wurden.

Alle eingesetzten Antennen verfügten über unterschiedliche Formfaktoren und Lese-Charakteristiken.

- Der erste Bewegungs- und Lesetest wurde mit einer linearpolarisierten UHF RFID-Antenne durchgeführt.
  - o Der Autor konnte als Produkttester im Sinne des Handlings die Last der Antenne ohne Probleme tragen sowie präzise für Leseversuche ausrichten.

Abb. 197: Test mit linearpolarisierter Antenne Typ 1, S. 407



- Auch ein zweiter Test wurde mit einer linearpolarisierten Antenne durchgeführt, die aber im Vergleich zum ersten Test um 90° gedreht wurde.

Diese eingesetzte RFID-Antenne war etwas kleiner und filigraner, verglichen mit dem ersten Test (deshalb auch in Styropor gehüllt).

- Auch hier konnte der Autor als Produkttester im Sinne des Handlings die Last der Antenne ohne Probleme tragen und auch präzise für Leseversuche ausrichten.



Abb. 198: Test mit linearpolarisierter Antenne Typ2, S. 407

- Der dritte Antennentest wurde unter Verwendung einer robusten zirkularpolarisierten „Mid-Range“-Antenne durchgeführt.
  - Die Antenne war etwas schwerer; aber auch hier konnte der Autor als Produkttester im Sinne des Handlings die Last der Antenne ohne Probleme tragen und präzise für Leseversuche ausrichten.



Abb. 199: Test mit zirkularpolarisierter Antenne, S. 407

### **Antennentest – Erfassung**

Parallel zu den Handling-Tests wurden auch für jeden einzelnen Antennentyp Lesetests durchgeführt.

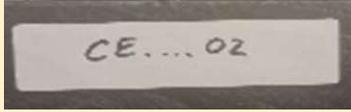
- Die beiden ersteren durchgeführten, auf linearpolarisierten Antennen basierenden RFID-Lesetests haben gezeigt, dass es zwischen den beiden Antennen enorme Abweichungen in der Lesereichweite gab.
- Auch die Ausleuchtungszonen der beiden Antennentypen waren nicht besonders präzise, da sie sehr sauber auf den jeweiligen TAG ausgerichtet werden mussten.
- Dies zeigte die Notwendigkeit, zukünftig auf den Einsatz einer zirkularpolarisierten UHF RFID-Antenne zu setzen, damit unabhängig von der Montagelage einzelner TAGs die korrespondierende Erfassungswahrscheinlichkeit für alle TAGs maximiert werden kann und gleichzeitig eine genauere Ausleuchtungszone der Antenne erreicht wird.

**TAG Typentest – Reichweiten**

Anbei folgt die Auflistung der beim Labortest am matrixförmigen Wandaufbau verwendeten 5 passiven UHF TAGs.

Es standen 16 Felder bzgl. TAG-Verortung zur Verfügung. Nr. 17 UHF Gen2 EPC Label ist im Feld 08 als 08b verortet.

Generell wurden UHF RFID-Gen2 EPC TAGs verwendet. Die Anordnung der 5 TAG Typen wurde im Sinne der Ausleuchtungslogik der Wand-Matrix gewählt. Die Nummerierung ging von 01...01 – 01...04 bis 04...01 – 04...04;

TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side Classic		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Iron-Side		4,0 x 4,0 x 1,0
UHF Gen2 EPC Label		10,0 x 2,0 x 0,1
Confidex Steelwave Micro II		7,0 x 2,0 x 1,0
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Beim Durchführen der diversen Lesetests im Labor konnte durch die 4 Setups / Settings auf den MicroSD-Karten eine Sendeleistung von minimal 17 dBm / 50 mW bis maximal 31,5 dBm / 1.400 mW abgedeckt werden. Normalerweise sind 20 dBm / 100 mW die unterste Grenze.

- Es wurde absichtlich eine geringere Sendeleistung als standardmäßig üblich, aber eine noch ausreichende von 17 dBm / 50 mW gewählt.

Mit dieser Sendeleistung konnte aufgezeigt werden, dass

- sich die eingesetzten TAG-Typen auch so noch erfassen ließen.
- es eine derart geringe Sendeleistung noch zusätzlich ermöglichte, nur einen der TAGs, der sich in einer geringen räumlichen Distanz zu seinem Nachbar-TAG befand, zu erfassen und zwar, ohne dass es zu signifikanten Querlesungen kam.
- sich mit steigender Sendeleistung auch proportional die Reichweite erhöhte und so der geforderte Leseabstand lt. Anforderung erreicht werden konnte.



Abb. 200: Test – Auslesereichweiten UHF Reader Labor, S. 407

<b>Test mit Industrial UHF Reader</b> Antenne: zirkularpolarisiert TAG Art: UHF				Industr. UHF Reader	Indust Hand-held Terminal
				Sendeleistung 17 dBm / 50 mW	Sendeleistung 27 dBm / 500 mW
TAG Nr. Matrix	TAG Typ	TAG EPC	Gehäuse	Reichweite in cm	Reichweite in cm
1	Confidex Iron-Side	01...01	Kunststoff	20	-
7		01...02		40	-
12		01...03		40	-
14		01...04		30	-
2	Confidex Iron-Side	02...01	Kunststoff	5	-
8a		02...02		10	-
11		02...03		5	-
13		02...04		3	-
8b	UHF Gen2 EPC Label	Ce...03	Papier Smartlabel	35	-
4	Confidex Steel-wave Micro II	03...01	Kunststoff	5	-
6		03...02		15	-
9		03...03		5	-
15		03...04		10	-
3	Confidex Survivor	04...01	Kunststoff	50	-
5		04...02		70	-
10		04...03		65	-
16		04...04		80	-

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Alle UHF TAGs konnten gelesen werden. Die Lese- Erfassungsdauer lag im Millisekunden-Bereich.

Die besten Leseversuche – lt. Tabelle – wurden mit dem

- Confidex Iron-Side erreicht bzw. (TAG Nr. 1, 7, 12, 14) erzielt, aber
- auch der Confidex Survivor (TAG Nr. 3, 5, 10, 16) lieferte gute Ergebnisse.
  - o Diese beiden TAG Typen besitzen robuste Kunststoffgehäuse, die das Inlay (Antenne und Chip) schützen. Dies entspricht somit der geforderten Schutzklasse.
- Auch das Smartlabel hat gut abgeschnitten, ist in seiner Anwendung aber filigran und als Klebe-TAG kaum geschützt.

### Interferenztests

Das RFID-System zeigte unabhängig vom Beisein des Menschen das idente Verhalten im Frequenzspektrum, was so viel bedeutet, dass der Mensch das Frequenzspektrum nicht beeinflusste.



Abb. 201: Interferenzmessung, S. 407

### Testergebnisse

#### **TeSz 1a: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor**

In Anwendung

- vom TAGnology High Industrial UHF Reader
- am matrixförmigen Wandaufbau mit UHF TAGs

Die Verwendung einer zirkularpolarisierten Antenne war notwendig, um ein genaues Erfassen der TAGs zu ermöglichen.

- Hier hat die linearpolarisierte Antenne klare Nachteile.

Alle UHF TAGs konnten gelesen werden.

- Die UHF TAGs mit den besten Leseergebnissen (und evtl. noch weitere ähnliche TAGs) sollen / müssen nun auf der Baustelle ausgetestet werden.

Der lt. Anforderung geforderte Leseabstand kann durch Erhöhen der Sendeleistung erreicht werden.

Interferenzen sind keine aufgetreten.

Diese Ergebnisse im Labor untermauerten das Funktionieren des RFID-Systems und bildeten die Grundlage für die realen RFID-Erfassungstests auf der Baustelle.

- Die gestellten Anforderungen wurden erfüllt.

#### 4.4.4.2.5. TeSz 1b: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor In Anwendung von

- Industrial Handheld Terminal für UHF Reader inkl. TAGpilot Demo-Software
- am matrixförmigem Wandaufbau mit UHF TAGs

Abb. 194a: Matrix-förmige Testwand UHF Labor, S. 406



Abb. 193: UHF Handheld Nordic ID Merlin, S. 406

Der Industrial Handheld Terminal für UHF Reader von Nordic ID Merlin war als Backup-system für den Industrial UHF Reader (sollte dieser kaputt gehen oder nicht funktionieren) vorgesehen. Da er im Labor vorhanden war, wurden auch mit ihm Tests durchgeführt.

#### Testziele

Der Handheld an sich ist kabellos und hat eine UHF Antenne integriert.

- Der Mensch – sprich der Autor als Produkttester – hatte auch hier wie bei Test 1a die Aufgabe, den Handheld mit seiner Antenne in den räumlichen Nahbereich der Matrixwand zu halten, um
  - o im Idealfall die dort verorteten TAGs erfassen bzw.
  - o im „Worst-Case“ nicht erfassen zu können.
- Das Setup am Handheld war vorgegeben.
  - o Ausleseversuche sowie Ergebnisse wurden im Beisein von und durch TAG-nology protokolliert.
- Eventuelle, vorhandene Interferenzen zwischen dem Menschen, dem RFID-TAG sowie dem Handheld sollten wiederum messtechnisch erfasst und daraus resultierende Beeinflussungen der Lesefunktion des TAGs bzw. Handhelds dokumentiert werden.

#### Beförderung der Lesesysteme und Handling des Equipments

Der Test wurde mit insgesamt einem Handheld und einer dort integrierten zirkularpolarisierten Antenne durchgeführt, wobei der Handheld manuell von Hand in die Nähe der TAGs an die Wand geführt wurde.

- o Der Autor konnte als Produkttester im Sinne des Handlings die Last des Handhelds mit integrierter Antenne ohne Probleme tragen und diese auch präzise für Leseversuche ausrichten.

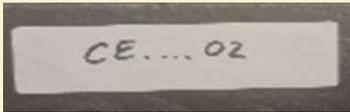
**Antennentest – Erfassung**

Da hier bereits eine zirkularpolarisierte Antenne integriert war, konnte auf dasselbe Testergebnis wie bei Test 1a verwiesen werden.

- Die zirkularpolarisierte Antenne war unabhängig von der Montagelage einzelner TAGs in der Lage, die korrespondierende Erfassungswahrscheinlichkeit für alle TAGs zu maximieren, und erreichte gleichzeitig eine genauere Ausleuchtungszone der Antenne.

**TAG Typentest – Reichweiten**

Für den Labortest wurden dieselben passiven UHF TAGs am matrixförmigen Wandaufbau verwendet wie bei Test 1a.

TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side Classic		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Iron-Side		4,0 x 4,0 x 1,0
UHF Gen2 EPC Label		10,0 x 2,0 x 0,1
Confidex Steelwave Micro II		7,0 x 2,0 x 1,0
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Die Lesetests im Labor wurden mit dem Handheld und einer Sendeleistung von 27 dBm / 500mW durchgeführt.

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

- Diese war höher als beim UHF Reader.
- Die geforderten Leseabstände konnten somit erreicht werden.

Auch hier konnten alle UHF TAGs gelesen werden.

Die Lese- Erfassungsdauer lag im Millisekunden-Bereich.



Abb. 202: Test – Auslesereichweiten UHF Handheld Labor, S. 407

<b>Test mit Industrial Handheld</b> Antenne: zirkularpolarisiert TAG Art: UHF				Industr. UHF Reader	Indust Handheld Terminal
				Sendeleistung 17 dBm / 50 mW	Sendeleistung 27 dBm / 500 mW
TAG Nr. Matrix	TAG Typ	TAG EPC	Gehäuse	Reichweite in cm	Reichweite in cm
1	Confidex Iron-Side	01...01	Kunststoff	20	60
7		01...02		40	120
12		01...03		40	110
14		01...04		30	80
2	Confidex Iron-Side	02...01	Kunststoff	5	30
8a		02...02		10	40
11		02...03		5	20
13		02...04		3	10
8b	UHF Gen2 EPC Label	Ce...03	Papier Smartlabel	35	-
4	Confidex Steel-wave Micro II	03...01	Kunststoff	5	15
6		03...02		15	30
9		03...03		5	15
15		03...04		10	25
3	Confidex Survivor	04...01	Kunststoff	50	130
5		04...02		70	200
10		04...03		65	180
16		04...04		80	230

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Die besten Leseversuche – lt. Tabelle – wurden, wie beim Industrial Reader, mit dem

- Confidex Iron-Side erreicht bzw. (TAG Nr. 1, 7, 12, 14) erzielt, aber
- auch der Confidex Survivor (TAG Nr. 3, 5, 10, 16) hat gute Ergebnisse geliefert.
- Das Smartlabel hat ebenso gut abgeschnitten.

### Interferenztests

Hier liegt dasselbe Ergebnis wie bei Test 1a vor. Das RFID-System zeigte unabhängig vom Beisein des Menschen das idente Verhalten im Frequenzspektrum, was so viel bedeutet, dass der Mensch das Frequenzspektrum nicht beeinflusste.



Abb. 201: Interferenzmessung, S. 407

### Testergebnisse

#### **TeSz 1b: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor**

In Anwendung

- vom Industrial Handheld Terminal für UHF Reader inkl. TAGpilot Demo-Software
- an matrixförmigem Wandaufbau mit UHF TAGs

Die Anwendung einer zirkularpolarisierten Antenne war hier fix vorgegeben.

Alle UHF TAGs konnten gelesen werden.

- Die UHF TAGs mit den besten Leseergebnissen (und evtl. noch weitere ähnliche TAGs) sollen / müssen nun auf der Baustelle ausgetestet werden.

Der geforderte Leseabstand konnte erreicht werden.

Interferenzen sind keine aufgetreten.

Diese Ergebnisse im Labor untermauerten das Funktionieren des RFID-Systems und bildeten die Grundlage für die realen RFID-Erfassungstests auf der Baustelle.

- Die gestellten Anforderungen wurden erfüllt.

#### 4.4.4.2.6. TeSz 1c: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor In Anwendung von

- TAGpilot Demo Applikation für HF (NFC) TAG Auslese mit Mobiltelefon
- an HF (NFC) TAGs, von Ausstellungswand entnommen – auf Tisch gelegt

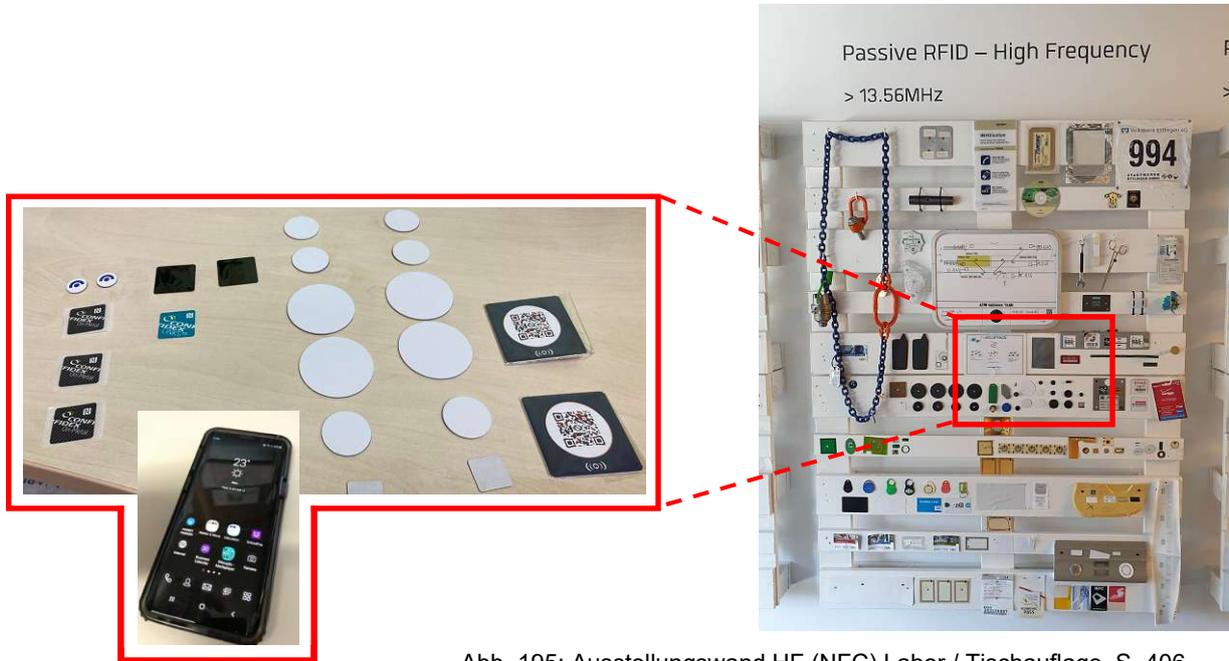


Abb. 195: Ausstellungswand HF (NFC) Labor / Tischaufgabe, S. 406

Die Demo-Applikation wurde seitens TAGpilot entwickelt, um das Auslesen von HF (NFC) TAGs zu ermöglichen.

#### Testziele

Das Erfassen von am Tisch liegenden HF (NFC) TAGs mit der TAGpilot Demo Applikation.

- Der Mensch – sprich der Autor als Produkttester – hatte die Aufgabe, das Mobiltelefon mit der darauf gespeicherten Demo App im Nahbereich über die HF (NFC) TAGs hinweg zu streifen, um
  - o im Idealfall die TAGs erfassen bzw.
  - o im „Worst-Case“ nicht erfassen zu können.
- Das Setup war vorgegeben
  - o Ausleseversuche sowie Ergebnisse wurden im Beisein von und durch TAG-Technology protokolliert.
- Eventuelle Interferenzen zwischen dem Menschen, dem RFID-TAG sowie dem RFID-Reader im Mobiltelefon sollten auch hier messtechnisch erfasst und daraus resultierende Beeinflussungen der Lesefunktion des TAGs bzw. Readers dokumentiert werden.

#### Beförderung der Lesesysteme und Handling des Equipments

Der Test wurde mit insgesamt einem Mobiltelefon und einer darauf installierten Demo-Appli-

kation für HF (NFC) TAGs durchgeführt, wobei das Telefon manuell von Hand

- über die HF (NFC) TAGs hinweg gestreift wurde.
  - o Im Sinne des Handlings war für den Autor als Produkttester nur die Last des Mobiltelefons zu tragen und dies stellte kein Problem dar.

**Antennentest – Erfassung**

Integrierte Antenne im Mobiltelefon

**TAG Typentest – Reichweiten**

Für den Labortest wurden folgende unten angeführte HF (NFC) TAGs – entnommen von der Ausstellungswand im RFID-Labor – auf einen Tisch aufgelegt und getestet.

TAG Typ	Foto	Abmessungen
Confidex on Metal		2,5x2,5 cm
Confidex Links		2,5x2,5 cm
HID global		3,0 cm Ø
HID global		5,0 cm Ø
NFC round TAG mini		1,5 cm Ø
NFC-QR TAG		5,5 cm

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

Die Lesetests im Labor wurden mit der Demo Applikation für HF (NFC) TAGs am Mobiltelefon durchgeführt.

- Die geforderten Leseabstände hinsichtlich HF (NFC) konnten eingehalten werden.
- Alle HF (NFC) TAGs konnten ausgelesen werden.
  - o HF (NFC) TAGs sind nicht mit einem UHF Reader auslesbar.
- Die Lese- Erfassungsdauer lag im Millisekunden-Bereich.



Abb. 203: Test – Auslese-Reichweiten HF (NFC) Labor, S. 407

Test mit Demo Applikation für NFC TAG				Mobiltelefon	
Antenne: Mobiltelefon					
TAG Art: HF (NFC)					
TAG Nr.	TAG Typ	Abmessung	Gehäuse	Reichweite in cm	
1	Confidex on Metal	2,5 x 2,5 cm	Smartlabel	2,0	
2	Confidex Links	2,5 x 2,5 cm	Smartlabel	1,5	
3	HID global	3,0 cm Ø		1,0	
4	HID global	5,0 cm Ø		1,0	
5	NFC round TAG mini	1,5 cm Ø		0,5	
6	NFC-QR TAG	5,5 cm		1,0	

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Die besten Leseversuche lt. Tabelle wurden mit

- HID Global 3,0 cm Ø sowie 5,0 cm Ø (TAG Nr. 3, 4) erzielt.

HF (NFC) TAGs sind als Smartlabels sehr filigran und als Klebe-TAG kaum geschützt.

#### Interferenzttests

Es gab hier keine Interferenzen durch den Menschen.



Abb. 201: Interferenzmessung, S. 407

## Testergebnisse

### **TeSz 1c: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor**

In Anwendung von

- TAGpilot Demo Applikation für HF (NFC) TAG Auslese mit Mobiltelefon
- an HF (NFC) TAGs, von Ausstellungswand entnommen – auf Tisch gelegt

Alle HF (NFC) TAGs konnten ausgelesen werden.

- Die HF (NFC) TAGs mit den besten Leseergebnissen (und evtl. noch weitere ähnliche TAGs) sollen / müssen nun idem auf der Baustelle ausgetestet werden.

Der geforderte Leseabstand konnte erreicht werden.

Interferenzen sind keine aufgetreten.

Diese Ergebnisse im Labor untermauerten das Funktionieren des RFID-Systems und bildeten die Grundlage für die realen RFID-Erfassungstests auf der Baustelle.

- Die gestellten Anforderungen wurden erfüllt.

### **4.4.4.2.7. TeSz 4a: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle**

#### In Anwendung von

- TAGnology High Industrial UHF Reader
- an Testwand auf Baustelle mit UHF TAGs



Abb. 204b: Testequipment auf Baustelle, S. 407

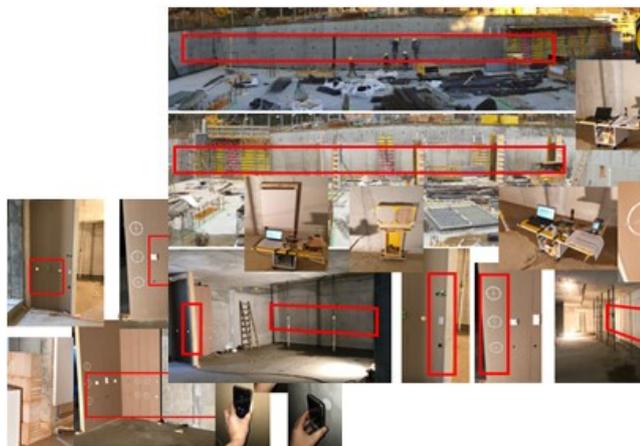


Abb. 196: Testbereich Baustelle, S. 407

## Testziele

Zu Baubeginn wurden die verschiedenen passiven UHF TAGs gemäß den Labortests sowie noch zusätzlich andere passive UHF TAGs in eine Testwand der Baustelle eingesetzt.

Im Rahmen dieses Tests galt es nun, die Lesbarkeit der einzelnen TAGs unter realen Bedingungen zu prüfen und eine Übersicht ihrer Reichweiten bei Anwendung in unterschiedlichen Materialien mit diversen Boden-, Wand- und Deckenaufbauten zu erstellen. Das RFID-System, bestehend aus der intelligenten Reader Elektronik und dem Antennensystem, wurde diesmal im Rahmen des Tests auf einem Rollwagen positioniert.

So war es möglich, das Equipment entlang der Testwand zu bewegen und die Messungen vorzunehmen.

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp



Abb. 204b: Testequipment auf Baustelle, S. 407

Das Kabel zwischen der RFID-Antenne und dem Reader wurde auch hier lang genug gewählt, damit man problemlos an die Testwand und die eingebauten TAGs herankam.

- Der Mensch – sprich der Autor als Produkttester – hatte wiederum die Aufgabe, die zirkularpolarisierte RFID-Antenne in den räumlichen Nahbereich der Testwand zu halten, um
  - o im Idealfall die dort verorteten TAGs erfassen bzw.
  - o im „Worst-Case“ nicht erfassen zu können.
- Hierzu konnte idem mit den 4 Setups am Reader experimentiert werden.
  - o Ausleseversuche und diesbezügliche Ergebnisse wurden vom Autor protokolliert; TAGnology stand als Support zur Seite.
- Eventuelle, vorhandene Interferenzen zwischen dem Menschen, dem RFID-TAG sowie dem RFID-Reader und den umgebenden Materialien sollten auch hier messtechnisch erfasst und daraus resultierende Beeinflussungen der Lesefunktion des TAGs bzw. Readers dokumentiert werden.

#### **Beförderung der Lesesysteme und Handling des Equipments**

Der Test wurde mit nur insgesamt einer zirkularpolarisierten Antenne durchgeführt, wobei diese manuell von Hand

- in die Nähe der TAGs an die Wand geführt wurde.
  - o Der Autor konnte als Produkttester im Sinne des Handlings die Last der Antenne ohne Probleme tragen und diese auch präzise für Leseversuche ausrichten.



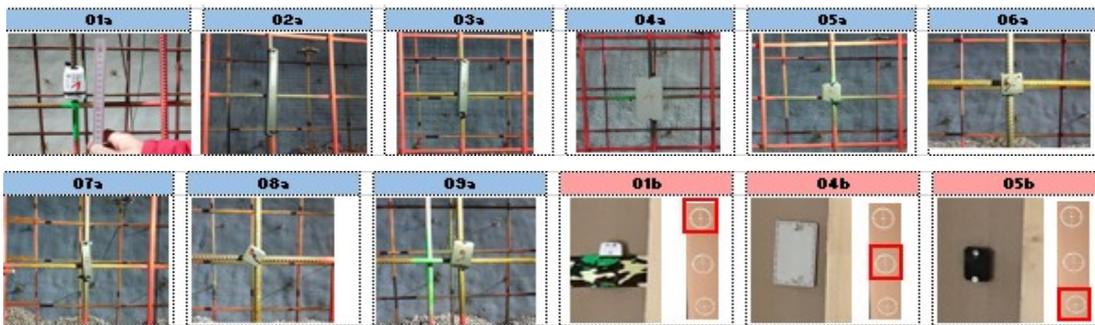
Abb. 205: Test – Auslesereichweiten UHF Reader auf Baustelle, S. 407

### Antennentest – Erfassung

Da die Entscheidung zur Nutzung einer zirkularpolarisierten Antenne auf der Baustelle bereits getroffen wurde und diese sich bewährt hatte, gab es hierzu keine weiteren Antennentests.

### TAG Typentest – Reichweiten

Für den Baustellentest wurden 8 UHF TAG Typen und ein SUHF TAG im Stahlbeton auf einer Höhe von ca. 110 cm vor der Bewehrung befestigt und einbetoniert und 3 TAG Typen im Gipskarton sowie Ziegel oder Ytong eingebaut. Die Einbaustellen wurden gekennzeichnet.



Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

Anbei sind die 3 wichtigsten passiven UHF TAGs an der Baustellenwand ersichtlich; die übrigen UHF TAGs sind der Auswertungs- Testtabelle Baustelle im Anhang zu entnehmen.

Der UHF TAG Inline Plate funktioniert in UHF wie auch im HF (NFC) Bereich und ist somit sehr interessant.

TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4
Inline Plate		12,0 x 6,8 x 0,4

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

Die Tests wurden dann für

- den reinen Stahlbeton im Sinne von Boden-, Decken- und Wandverortung mit einer 3 m Betondeckung und Betongüte C25/30,



tups bzw. Settings auf den MicroSD-Karten eingesetzt werden.

- Es war bereits bekannt, dass die Sendeleistung höher ausfallen musste. Somit wurden die minimale Sendeleistung bereits vorab auf 20dbm / 100 mW erhöht. Die maximale Sendeleistung blieb bei 31,5 dBm / 1.400 mW.
- Die besten Lesereichweiten konnten mit der höchsten Sendeleistung bei 31,5 dBm / 1.400 mW erzielt werden; jedoch erbrachte bereits eine Sendeleistung von 27dBm / 500 mW gute Lesereichweiten.
- Der SUHF TAG (Mikrowellenbereich) konnte nicht ausgelesen werden.
  - o Für diese TAG-Art wird zur Auslese ein eigener Controller benötigt.
- Alle UHF TAGs konnten gelesen werden.
- Die Lese- Erfassungsdauer lag im Millisekunden-Bereich.

Die besten Leseversuche lt. Tabelle wurden mit dem

- Confidex Survivor, wie auch dem Inline Plate TAG erreicht.

Der Confidex Ironside Classic hat hier schlechter abgeschnitten.

- Er war aber immer noch in der „range“ und von seiner Form her ideal, sodass auch dieser später, im Sinne des RFID-Raumbuch Prototyps, zum Einsatz kommen kann.

Die Confidex Ironside TAG Typ-Serie hat ein robustes Kunststoffgehäuse, das das Inlay (Antenne und Chip) schützt.

Das Smartlabel hat nicht schlecht abgeschnitten, ist aber in seiner Anwendung am Bau zu filigran und als Klebe-TAG somit nur begrenzt einsetzbar.

Weitere Details sind der Auswertungs- Testtabelle Baustelle im Anhang zu entnehmen.

SD-Karte	01	02	03	04	Boden-Decken-Wandverortung	
Sendeleistung	20 dBm / 100 mW	27 dBm / 500 mW	30 dBm / 1000 mW	31 dBm / 1400 mW	STB GK	
Antennentyp	zirkularpol. Ant.	zirkularpol. Ant.	zirkularpol. Ant.	zirkularpol. Ant.		
Reader	Industr UHF-Reader	Industr UHF-Reader	Industr UHF-Reader	Industr UHF-Reader		
<b>TAG-Nr lt Verortung am Plan</b>	<b>01a</b>	<b>02a</b>	<b>03a</b>	<b>04a</b>	<b>05a</b>	<b>06a</b>
Foto zu TAG						
<b>Info-TAG</b>						
TAG-Art	aktiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv
Kurzbeschreibung	Z-Transponder Rugged M	-	Confidex Survivor	InLine TAG Plate	Confidex Ironside Classic	-
TAG-Typ (LF, HF, UHF, ...)	-	UHF	UHF	HF / UHF	UHF	UHF
Frequenzband	2.400 - 2.483 GHz	-	865 - 869 MHz	HF 13.56 MHz UHF 860 - 960 MHz	860 - 960 MHz	-
Abmessung (L x B x H)	70 x 31 x 11,5 mm	-	155 x 26 x 14 mm	120 x 68 x 3,7 mm	51,5 x 47,5 x 10 mm	-
<b>Info-Testort</b>						
Geschoß	-1UG	-1UG	-1UG	-1UG	-1UG	-1UG
Einbauort - Material (STB, GK, Schalterprogr.)	STB	STB	STB	STB	STB	STB
Einbauart (einbetoniert, an GK-Stieher fixiert, geklebt)	einbetoniert	einbetoniert	einbetoniert	einbetoniert	einbetoniert	einbetoniert
Einbauhöhe über/unter RDOK-FOK-Wand-Decke in cm	Wand -2,5 cm Beton 2,5 cm	Wand -2,5 cm Beton 2,5 cm	Wand -2,5 cm Beton 2,5 cm	Wand -2,5 cm Beton 2,5 cm	Wand -2,5 cm Beton 2,5 cm	Wand -2,5 cm Beton 2,5 cm
Überdeckung in cm						
Güte	C25/30 B2 rohe Oberfl	C25/30 B2 rohe Oberfl	C25/30 B2 rohe Oberfl	C25/30 B2 rohe Oberfl	C25/30 B2 rohe Oberfl	C25/30 B2 rohe Oberfl
<b>Leser-Distanz</b>						
Reader zu Material	0,00-cm	0,00 cm	0,00 cm	0,00 cm	0,00 cm	0,00 cm
	5,00-cm	5,00 cm	5,00 cm	5,00 cm	5,00 cm	5,00-cm
	10,00-cm	10,00 cm	10,00 cm	10,00 cm	10,00-cm	10,00-cm
	25,00-cm	25,00 cm	25,00 cm	25,00 cm	25,00-cm	25,00-cm
	50,00-cm	50,00 cm	50,00-cm	50,00 cm	50,00-cm	50,00-cm
	60,00-cm	60,00-cm	60,00-cm	60,00-cm	60,00-cm	60,00-cm
mxz. Distanz	-cm	50,00 cm	35,00 cm	60,00 cm	5,00 cm	2,50 cm
<b>Sonstiges - Anmerkung</b>	nicht auslesbar - eigener Controller notwendig	-	-	-	-	-

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

### Interferenztests

Das RFID System zeigte im Zusammenhang vom Menschen (anwesend: ja/nein), dem Reader und den TAGs umgebenden Materialien – wie Stahlbeton, Stahl, Holz, Ziegel, Ytong und Gipskarton – keine Beeinflussungen auf.



Abb. 201: Interferenzmessung, S. 407

### Testergebnisse

#### **TeSz 4a: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle**

In Anwendung von

- TAGnology High Industrial UHF Reader
- an Testwand auf Baustelle mit UHF TAGs

Die Verwendung der zirkularpolarisierten Antenne war vorgegeben, um auch hier ein genaues Erfassen der TAGs zu ermöglichen.

Alle UHF TAGs konnten gelesen werden.

- Die UHF TAGs Confidex Ironside sowie Confidex Survivor werden neben dem Inline Plate TAG zur Ausführung im RFID-Raumbuch Prototyp vorgeschlagen.
  - o Der Confidex Survivor eignet sich aufgrund seiner Abmessungen und Eigenschaften (Länge und Robustheit) für den Fixeinbau in Stahlbetonteile.
  - o Beim Einbau im Trockenbau sowie in die Ziegel sollte der Confidex Ironside Classic bzw. der Inline Plate TAG zur Ausführung kommen.
- Das Smartlabel als Klebe TAG ist zu filigran; es
  - o wird aber am Bau dennoch für Testzwecke im Sinne der Weiterentwicklung verwendet.

Der geforderte Leseabstand lt. Anforderung konnte erreicht werden.

Interferenzen sind keine aufgetreten.

Diese Ergebnisse vor Ort auf der Baustelle untermauern nun auch in der Praxis, dass das RFID-System funktioniert.

- Die gestellten Anforderungen wurden erfüllt.

Die Anwendung eines Industrial Readers war bei den Tests bis dato sehr zielführend. Hinsichtlich des RFID-Raumbuch Prototyps wäre dieses System für die UHF TAG Auslese jedoch zu unhandlich; deshalb wird es nicht weiterverwendet.

#### 4.4.4.2.8. TeSz 4b: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle In Anwendung von

- Industrial Handheld Terminal für UHF Reader inkl. TAGpilot Demo-Software sowie weiterem Handheld (Zebra 8500) für das RFID-Raumbuch
- an Testwand auf Baustelle mit UHF TAGs

Abb. 206: UHF Handheld  
Zebra, S. 407



Abb. 193: UHF Handheld Nordic ID Merlin, S. 406

Abb. 196: Testbereich Baustelle, S. 407

Da man später auf der Baustelle – im Sinne der Nutzung des RFID-Raumbuch Prototyps – Handhelds anstelle von Industrial Readern einsetzen wird, wurden hierfür bei der TAG Auslese der Industrial Handheld Terminal von Nordic ID Merlin für UHF Reader sowie der Handheld Zebra RFD8500 eingesetzt. Die Tests wurden vorwiegend mit dem Industrial Handheld erledigt, der Zebra Reader wurde zum Testen seiner späteren Handhabung genutzt.

#### Testziele

Beide Handhelds sind kabellos und haben eine UHF Antenne integriert.

- Der Mensch – sprich der Autor als Produkttester – hatte auch hier die Aufgabe, den Handheld (der Reihe nach) mit seiner Antenne in den räumlichen Nahbereich der Testwand zu halten, um
  - o im Idealfall die dort verorteten TAGs erfassen bzw.
  - o im „Worst-Case“ nicht erfassen zu können.
- Das Setup war an beiden Handhelds vorgegeben.
  - o Ausleseversuche und diesbezügliche Ergebnisse wurden vom Autor protokolliert; TAGnology stand als Support zur Seite.
- Eventuelle, vorhandene Interferenzen zwischen dem Menschen, dem RFID-TAG sowie dem Handheld sollten wiederum messtechnisch erfasst und daraus resultierende Beeinflussungen der Lesefunktion des TAGs bzw. Handhelds dokumentiert werden.

#### Beförderung der Lesesysteme und Handling des Equipments

Der Test wurde mit insgesamt zwei Handhelds und dort integrierter zirkularpolarisierter Antenne durchgeführt.

- Der Handheld wurde manuell von Hand in die Nähe der TAGs an die Wand geführt.
  - o Der Autor konnte als Produkttester im Sinne des Handlings die Last beider Handhelds mit integrierter Antenne ohne Probleme tragen und diese auch präzise für Leseversuche ausrichten.

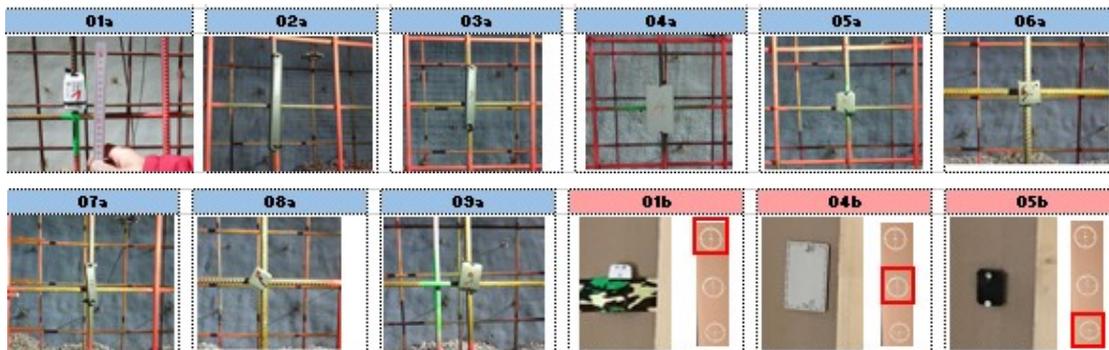
**Antennentest - Erfassung**

Da auch hier bereits eine zirkularpolarisierte Antenne integriert war und sich diese bewährt hatte, gab es hierzu keine weiteren Antennentests.

**TAG Typentest – Reichweiten**

Für den Baustellentest mit den Handhelds wurden dieselben TAGs getestet, wie dies beim Test mit dem Industrial Reader der Fall war.

8 UHF TAG Typen und ein SUHF TAG wurden im Stahlbeton auf einer Höhe von ca. 110 cm vor der Bewehrung befestigt und einbetoniert und 3 TAG Typen im Gipskarton sowie Ziegel oder Ytong eingebaut. Die Einbaustelle wurde für die Tests gekennzeichnet.



Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

Anbei sind die drei wichtigsten passiven UHF TAGs an der Baustellenwand ersichtlich. Die restlichen UHF TAGs sind der Auswertungs- Testtabelle *Baustelle* zu entnehmen.

TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4
Inline Plate		12,0 x 6,8 x 0,4

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412



#### 4. RFID-Raubuch Prototyp

Die besten Leseversuche – lt. Tabelle – wurden wiederum mit dem

- Confidex Survivor, wie auch dem Inline Plate TAG erreicht.

Der Confidex Ironside Classic erbrachte auch hier schlechtere Ergebnisse.

- Er war aber wie bei TeSz 4a in der „range“ und von seiner Form her ideal, damit er später im Sinne des RFID-Raubuch Prototyps zum Einsatz kommen kann

Das Smartlabel hat auch diesmal nicht schlecht abgeschnitten, ist in seiner Anwendung am Bau aber zu filigran und als Klebe-TAG somit nur begrenzt einsetzbar.

Weitere Details sind der Auswertungs- Testtabelle Baustelle im Anhang zu entnehmen.

		Bodenverortung - Bodenaufbau 16cm						
		Ausgleichschüttung, Dampfbremse						
- Sendeleistung Antennentyp Reader		UHF RFID Cross Dipol 30 dBm/ 1000 mW horiz-linear- u kreuzpol. Ant. Handheld Terminal	UHF RFID 27 dBm/ 500 mW horizont. linearpol. Ant. Handheld Terminal					
TAG-Nr. & Verortung am Plan		01c	02b	03b	04c	05c	06b	07b
Foto zu TAG								
Info-TAG								
TAG-Art		aktiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv	passiv
Kurzbeschreibung		3-Transponder Rugged M	-	Confidex Survivor	Inline TAG Plate	Confidex Ironside Classic	-	Confidex Ironside Slim
TAG-Typ (LF, HF, UHF, ...)		-	UHF	UHF	HF / UHF	UHF	UHF	UHF
Frequenzband		2,400 - 2,483 GHz	-	865 - 869 MHz	HF 13,56 MHz UHF 860 - 960 MHz	860 - 960 MHz	-	865 - 928 MHz
Abmessung (L x B x H)		70 x 33 x 11,5 mm	-	155 x 26 x 14 mm	120 x 68 x 3,7 mm	53,5 x 47,5 x 10 mm	-	85 x 21 x 10 mm
Info-Testort								
Geschöll		-IUG	-IUG	-IUG	-IUG	-IUG	-IUG	-IUG
Einbautort - Material (STB, GK, Schalteprogr.)		STB	STB	STB	STB	STB	STB	STB
Einbautort (einbetoniert, an GK-Gehäse fixiert, geklebt)		einbetoniert Bodenaufbau 16cm	einbetoniert Bodenaufbau 16cm	einbetoniert Bodenaufbau 16cm	einbetoniert Bodenaufbau 16cm	einbetoniert Bodenaufbau 16cm	einbetoniert Bodenaufbau 16cm	einbetoniert Bodenaufbau 16cm
Einbahtöhe über/unter RDOK-FOK-Wand-Decke in cm		RDOK - 2,5 cm	RDOK - 2,5 cm	RDOK - 2,5 cm	RDOK - 2,5 cm	RDOK - 2,5 cm	RDOK - 2,5 cm	RDOK - 2,5 cm
Überdeckung in cm		Beton 2,5 cm	Beton 2,5 cm	Beton 2,5 cm	Beton 2,5 cm	Beton 2,5 cm	Beton 2,5 cm	Beton 2,5 cm
Güte		C25/30 B2 - Bc_Aufbau	C25/30 B2 - Bc_Aufbau	C25/30 B2 - Bc_Aufbau	C25/30 B2 - Bc_Aufbau	C25/30 B2 - Bc_Aufbau	C25/30 B2 - Bc_Aufbau	C25/30 B2 - Bc_Aufbau
Leser-Distanz		0,00-5m 5,00-10m 10,00-15m 15,00-20m 20,00-25m 25,00-30m 30,00-35m	0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 15,00 cm 20,00 cm 25,00 cm 30,00 cm	0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 15,00 cm 20,00 cm 25,00 cm 30,00 cm	0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 15,00 cm 20,00 cm 25,00 cm 30,00 cm	0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 15,00 cm 20,00 cm 25,00 cm 30,00 cm	0,00-5m 5,00-10m 10,00-15m 15,00-20m 20,00-25m 25,00-30m 30,00-35m	0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 15,00 cm 20,00 cm 25,00 cm 30,00 cm
max. Distanz		max	P-F 35,00 cm	P-F 35,00 cm	P-F 100,00 cm	P-F 16,00 cm	max	P-F 50,00 cm
Sonstiges - Anmerkung		nicht auslesbar - eigener Controller notwendig	TAG auf ob Bew-Lage STB; FuBo-Aufb 16cm; Zusammen ab; STB-Decke = 0,00cm	TAG auf ob Bew-Lage STB; FuBo-Aufb 16cm; Zusammen ab; STB-Decke = 0,00cm	TAG auf ob Bew-Lage STB; FuBo-Aufb 16cm; Zusammen ab; STB-Decke = 0,00cm	TAG auf ob Bew-Lage STB; FuBo-Aufb 16cm; Zusammen ab; STB-Decke = 0,00cm	nicht auslesbar	TAG auf ob Bew-Lage STB; FuBo-Aufb 16cm; Zusammen ab; STB-Decke = 0,00cm

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

### Interferenztests

Das RFID-System zeigte im Zusammenhang vom Menschen (anwesend: ja/nein), dem Reader und den TAGs umgebenden Materialien – wie Stahlbeton, Stahl, Holz, Ziegel, Ytong und Gipskarton – keine Beeinflussungen auf.



Abb. 201: Interferenzmessung, S. 407

## Testergebnisse

### **TeSz 4b: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle**

In Anwendung von

- Industrial Handheld Terminal für UHF Reader inkl. TAGpilot Demo-Software sowie weiterem Handheld (Zebra 8500) für das RFID-Raumbuch
- an Testwand auf Baustelle mit UHF TAGs

Die Anwendung einer zirkularpolarisierten Antenne war auch hier fix vorgegeben.

Alle UHF TAGs konnten gelesen werden.

- Die UHF TAGs Confidex Ironside sowie Confidex Survivor werden auch hier neben dem Inline Plate TAG zur Ausführung im RFID-Raumbuch Prototyp vorgeschlagen.
  - o Der Confidex Survivor eignet sich aufgrund seiner Abmessungen und Eigenschaften (Länge und Robustheit) für den Fixeinbau in Stahlbetonteile.
  - o Beim Einbau im Trockenbau sowie Ziegel sollte der Confidex Ironside Classic bzw. der Inline Plate TAG zur Ausführung kommen.

Der geforderte Leseabstand lt. Anforderung konnte erreicht werden.

Interferenzen sind keine aufgetreten.

Diese Ergebnisse vor Ort auf der Baustelle untermauern nun auch in der Praxis, dass das RFID-System funktioniert.

- Die gestellten Anforderungen wurden erfüllt.

Die Anwendung der Handhelds für die UHF TAG Auslese war bei den Tests sehr zielführend; darum können diese nun im Sinne des RFID-Raumbuch Prototyps weiter verwendet werden. Die Einbindung des Handhelds in die RFID-Raumbuch Software stand zu diesem Zeitpunkt noch an.

### **4.4.4.2.9. TeSz 4c: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle**

In Anwendung von

- TAGpilot Demo Applikation für HF (NFC) TAG Auslese mit Mobiltelefon
- an Testwand auf Baustelle mit HF (NFC) TAGs



Abb. 208: Testwand Baustelle HF (NFC) , S. 407

Die Demo-Applikation wurde seitens TAGpilot entwickelt, um das Auslesen von HF (NFC) TAGs zu ermöglichen.

**Testziele**

Erfassen von HF (NFC) TAGs, die an der Baustellenwand verbaut sind, mittels TAGpilot Demo Applikation.

- Der Mensch – sprich der Autor als Produkttester – hatte auch hier die Aufgabe, das Mobiltelefon mit der Demo App im Nahbereich über die HF (NFC) TAGs hinweg zu streifen, um
  - o im Idealfall die TAGs erfassen bzw.
  - o im „Worst-Case“ nicht erfassen zu können.
- Das Setup war vorgegeben
  - o Ausleseversuche und diesbezügliche Ergebnisse wurden vom Autor protokolliert; TAGnology stand als Support zur Seite.
- Eventuelle, vorhandene Interferenzen zwischen dem Menschen, dem RFID-TAG sowie dem RFID-Reader im Mobiltelefon und den umgebenden Materialien sollten auch hier messtechnisch erfasst und daraus resultierende Beeinflussungen der Lesefunktion des TAGs bzw. Readers dokumentiert werden.

**Beförderung der Lesesysteme und Handling des Equipments**

Der Test wurde mit insgesamt einem Mobiltelefon und darauf installierter Demo Applikation für HF (NFC) TAGs durchgeführt.

- Das Mobiltelefon wurde manuell von Hand über die HF (NFC) TAGs hinweg gestreift.
  - o Im Sinne des Handlings war für den Autor als Produkttester nur die Last des Mobiltelefons zu tragen, wobei dies kein Problem darstellte.

**Antennentest - Erfassung**

Integrierte Antenne im Mobiltelefon

**TAG Typentest – Reichweiten**

Für den Baustellenentest wurden nachfolgend angeführte 6 Stk. NFC TAGs getestet.

	Wandverortung				GR 1/2-fach beplankt Wand als HZ / Ytong				Handy NFC-Reader	
	10a	10b	10c	10d	10e	10f	10g	10h	10i	10j
<b>Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412</b>	[Detailed test results table with columns for TAG type, distance, and detection status across different wall types and reader positions.]									

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

TAG Typ	Foto	Abmessungen
Confidex on Metal		2,5x2,5 cm
Confidex Links		2,5x2,5 cm
HID global		3,0 cm Ø
HID global		5,0 cm Ø
NFC round TAG mini		1,5 cm Ø
NFC-QR TAG		5,5 cm

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

Die Lesetests auf der Baustelle wurden anhand der Demo Applikation für HF (NFC) TAGs am Mobiltelefon durchgeführt.

- Die geforderten Leseabstände hinsichtlich NFC konnten eingehalten werden.
- Alle NFC TAGs konnten ausgelesen werden.
- Die Lese- Erfassungsdauer lag im Millisekunden-Bereich.

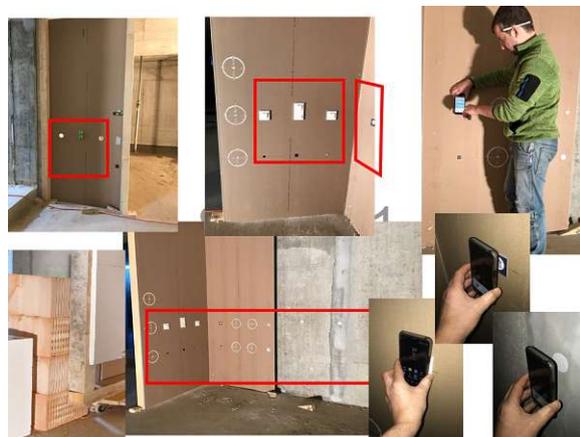


Abb. 209: Test – Auslesereichweiten HF (NFC) auf Baustelle, S. 407

#### 4. RFID-Raubuch Prototyp

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

Die besten Leseversuche – lt. Tabelle – urden mit

- HID global 3,0 cm Ø sowie 5,0 cm Ø (TAG Nr. 3, 4) erzielt.

NFC TAGs als Smartlabels sind sehr filigran und als Klebe-TAG kaum geschützt

Weitere Details sind der Auswertungs- Testtabelle *Baustelle* im Anhang zu entnehmen.

#### Interferenzttests

Auch hier gibt es keine Interferenzen durch den Menschen.



Abb. 201: Interferenzmessung, S. 407

#### Testergebnisse

##### TeSz 4c: TAG und Reader Tests für RFID-Raubuch --- Baustelle

In Anwendung von

- TAGpilot Demo Applikation für HF (NFC) TAG Auslese mit Mobiltelefon
- an Testwand auf Baustelle mit HF (NFC) TAGs

Alle HF (NFC) TAGs konnten ausgelesen werden.

- Die HF (NFC) TAGs HID global 3,0 cm Ø sowie 5,0 cm Ø werden zur Ausführung im RFID-Raubuch Prototyp vorgeschlagen.

Der geforderte Leseabstand konnte eingehalten bzw. erreicht werden.

Interferenzen sind keine aufgetreten.

Diese Ergebnisse auf der Baustelle untermauern auch in der Praxis, dass das RFID-System funktioniert.

- Die gestellten Anforderungen wurden erfüllt.

Die Anwendung des Mobiltelefons mit der Demo App für HF (NFC) TAG Auslese war bei den Tests sehr zielführend; daher kann diese nun im Sinne des RFID-Raumbuch Prototyps weiter verwendet werden.

Die Einbindung des Mobiltelefons in die RFID-Raumbuch Software musste zu diesem Zeitpunkt noch erfolgen.

#### 4.4.4.2.10. Zusammenfassung TAG und Reader – Anwendungsfestlegung

Aus den verschiedenen, sehr detaillierten TAG- und Reader Testszenarien / Tests im Labor sowie auf der Baustelle wurden gemeinsam mit TAGnology und TAGpilot zusammenfassend folgende Festlegungen für die Anwendung im RFID-Raumbuch Prototyp getroffen:

- Reader
  - o Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs
  - o Handheld mit zirkularpolarisierter Antenne für UHF TAGs
    - Softwareeinbindung der beiden Geräte ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgt, wird noch getestet
- TAGs
  - o UHF
    - Confidex Ironside bei STB-Wänden, Trockenbau inkl. Vorsatzschalen und abgehängten Decken sowie Bodenaufbauten
    - Inline Plate TAG für Trockenbau inkl. Vorsatzschalen und abgehängten Decken sowie Bodenaufbauten
    - Confidex Survivor für Fixeinbau in Stahlbeton
  - o HF (NFC)
    - HID global 3,0 cm Ø / 5,0 cm Ø als Klebe-TAGs für Sichtflächen oder Einbau in Schalter / Schalterblindpaneele, Türklingel
  - o UHF / HF (NFC) Duplex TAG
    - Inline Plate TAG für Trockenbau inkl. Vorsatzschalen und abgehängten Decken sowie Bodenaufbauten
    - Smartlabel sind zu filigran, werden evtl. nur zu Testzwecken eingesetzt, wo eine filigranere Anwendung möglich ist

TAG- und Reader, Test bzw. Rollout; Kosten abhängig von Art und verwendeter Stückzahl inkl. Wartung, im Sinne der Hardwarelieferung mit Stk.-Preis / -Pauschale abdeckbar.

#### 4.4.5. RFID-Raumbuch Prototyp – Software

Neben der Bauwerks- und TAGlevelklassifizierung inkl. der Entwicklung der Attributsdaten im Kapitel Projektmanagement und Planung standen nun auch die TAG- und Reader Anforderungen für die Einbindung in die Softwareprogrammierung sowie die Fixierung der TAG-Typen- und Reader-Anwendungen nach erfolgten Labor- und Baustellentests (zu finden im Kapitel Hardware) fest.

- Ein weiterer, wichtiger Meilenstein war demgemäß erreicht.
- Nun war das Software Engineering mit der Programmierung an der Reihe.

In diesem Kapitel werden alle softwaretechnisch relevanten Punkte bzgl. der RFID-Raumbuch Prototypentwicklung behandelt.

##### 4.4.5.1. Vorgaben – Festlegungen

Gemeinsam mit TAGpilot, der Software Schmiede im Haus von TAGnology, gab es zu Beginn per Videokonferenz und „Face to Face“ intensive Workshops, in denen eine Vielzahl von Themen, wie die Collage, das Prozessdiagramm, die Übergabematrix in Kombination mit der Hilfsmatrix und den Attributen des RFID-Raumbuch Prototyps, deren Funktionsweise / Zusammenspiel, die Anwendungsfestlegungen bezüglich Hardware sowie Software und technische Entwicklungsschritte im Detail besprochen wurden.

Auf Basis dieser Workshop-Phase wurden folgende Vorgaben sowie gemeinsame Festlegungen für die Programmierung und den weiteren Projektverlauf des POC getroffen:

- alle zu entwickelnden Softwarethemen bzw. Pakete konnten in die 2 nachfolgenden Themenblöcke / Bereiche eingeteilt werden:

##### Mobile App für Mobiltelefon

- o Masken und Funktionen, Programmierung App & Bestandteile, Einbindung Reader
  - Ziel ist es, mit dieser App die Grundfunktionen des RFID-Raumbuch Prototyps aufzuzeigen, auf der Baustelle die TAGs (UHF mittels Handheld, HF bzw. NFC mittels Mobiltelefon) zu scannen und den Baufortschritt im Sinne des Baustellencontrollings mittels SOLL-IST-Vergleich / Baufortschrittskontrolle aufzuzeigen.

##### Webapplikation

- o Masken und Funktionen, Programmierung von Objekttypen = TAG Level-Klassifizierung in RFID-Datenbank, Excel-Import, Einbindung der Reader, diverse Listenansichten für SOLL-IST-Vergleiche
  - In der Webapplikation, sprich der dort enthaltenen RFID-Datenbank, sind die Objekttypen sauber eingebettet; sie bilden das Pendant zur TAG-Level Klassifizierung in der Übergabematrix. Mithilfe der eingelesenen Attribute können dann mögliche SOLL-IST-Vergleiche erstellt werden.
- Von großer Relevanz war, dass die vom Autor dargelegten Vorgaben und Vorstellungen

gen sowie Erfahrungen aus der Praxis

- wie genau die einzelnen Aspekte – bzgl. RFID-Datenbank, Webapplikation, mobiler App, dem Scannen, SOLL-IST-Vergleich, Verknüpfungen usw. – gestaltet werden sollten,
  - was sich der Autor dabei exakt vorstellte und
  - demnach, was schlussendlich wie funktionieren musste/sollte, sodann auch mit allenfalls geringen Abweichungen umgesetzt wurden.
- Programmiertechnische Vorgaben seitens TAGpilot, die im Sinne des POC Berücksichtigung fanden, waren z.B.
- Nutzung der TAGpilot Plattform mit Standardtools,
  - RFID-Raumbuch Prototyp läuft auf Android- und nicht auf iOS-Basis,
  - Mobile App besitzt derzeit keine Responsive-Funktion,
  - Für den RFID-Raumbuch Prototyp werden in der mobilen App sowie in der Webapplikation nur die notwendigsten Masken und Grundfunktionen programmiert, um das Funktionieren von RFID und die Möglichkeit der Durchführung von SOLL-IST-Vergleichen am Bau nachweisen / austesten zu können.
    - Bereits geplante und in den Masken abgebildete Zusatzfeatures – Buttons, z.B. Ausstattung, Anweisung/Rückmeldungen durch Subunternehmer, Ansteuerung von Robotik in der App, Planpool, Mängelaufnahme und weitere Unterlagen
      - sowie weitere Features, z.B. Google Translate Sprachübersetzung, Import/Export-Funktion – Anbindung an BIM Modell für automatische Daten-Ein- und Auslesewurden bereits technisch geprüft und wären umsetzbar – für POC aber nicht relevant; deshalb sind sie derzeit nur als Dummies enthalten; (siehe Funktionsweise mobile App und Webapplikation)Dies wären evtl. Erweiterungsthemen für ein auf diese Dissertation aufbauendes Forschungsprojekt.
- Bei der Übergabematrix in Kombination mit der Hilfsmatrix ist wichtig, dass die Darstellung auf der kleinsten Einheit (Detail-TAG Ebene = Level3 TAG) = intelligentes Bauteil mittels der Attribute Bo, De, Wa usw. stattfindet, denn nur auf diese Weise können die Infos auch im BIM dargestellt werden; auch hier gilt, dass jeder Boden, jede Decke, jede Wand eigene Attribute hat;
- Die Detail-TAGs (Level3) = Bauteile können bei Bedarf auch auf Master-TAG Ebene (Level2) = Räume zusammengefasst werden;
- Es wäre an und für sich – beim konkreten Bauvorhaben THEOs in der Spallartgasse – kein Problem, wenn sämtliche Datensätze der Bauwerks- und TAG Levelklassifizierung vom UG – OG für Bpl.6-7 ein- und ausgelesen sowie dargestellt werden sollten.

Um im RFID-Raumbuch Prototyp das Handling der Datenerfassung, die Auslese mittels mobiler App am Bau und die Wahrung der Übersicht bei den Tests besser gewährleisten zu können, wurde gemeinsam mit TAGpilot im Rahmen des Forschungsprojekts entschieden, dass nur gewisse Geschosse, Bereiche und Räume, sprich Ausschnitte von Bpl.6, mit Transpondern ausgestattet werden sollen. In der Folge werden nur diese softwaretechnisch bzgl. Ein- und Auslese / für etwaige SOLL-IST-Vergleiche im Sinne des Baustellencontrollings, herangezogen.

- UG2 Bereich Einlagerungsraum für TOP001, TOP002
- UG1 Bereich Fahrradraum bei Tiefgarage, Schleuse vor Aufzug, Technikräume, Garage (Stellplätze, Gehweg)
- EG Bereich Stg2 Durchgang, Fahrradraum, Vorraum TOP001-002, TOP001 sowie TOP002 Gesamt

Dies ist vollkommen ausreichend, denn Ziel ist es, lediglich einen Prototyp herzustellen.

TAGpilot erwies sich als guter „Sparringpartner“, der des Öfteren durch die vielen sprudelnden und vor allem neuen Ideen des Autors von Baustellenseite her gefordert war, jedoch es ungeachtet dessen schaffte, Punktlandungen zu erzielen.

Aus entwicklungstechnischer Hinsicht können nur die hier angegebenen sowie nachfolgenden Details zu den Softwarepunkten preisgegeben werden.

#### **4.4.5.2. Masken mobile App - Webapplikation**

Als erster Pkt. auf der Softwareagenda stand die Entwicklung von Masken mit zugehörigen Funktionen bzgl. mobiler App und Webapplikation.

##### **4.4.5.2.1. Mobile App – Maskenlayout**

Was die mobile App anbelangte, gab es seitens des Autors genaue Vorgaben und Vorstellungen hinsichtlich der einzelnen Masken und deren Layouts sowie der Anordnung der Menüpunkte in puncto

- Login,
- Einstellungen,
- Hauptmenü-Pkt.,
- Untermenü-Pkt.,
- Anordnung der Menüpunkte
  - Texte,
  - Buttons (Zurück, Speichern, ...),
  - Grafiken,
- usw.

Anhand der Vorgaben wurden gemeinsam mit TAGpilot diverse Vorschläge entwickelt und im Team abgestimmt. Da das Standarddesign von TAGpilot eine durchaus gute Qualität bzgl. Optik aufwies, gab es seitens des Autors die Freigabe, dass dasselbe größtenteils zur

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

Anwendung kommen konnte. Anbei ein paar (leere, noch ohne Funktionen hinterlegte) Maskenlayouts der mobilen App.

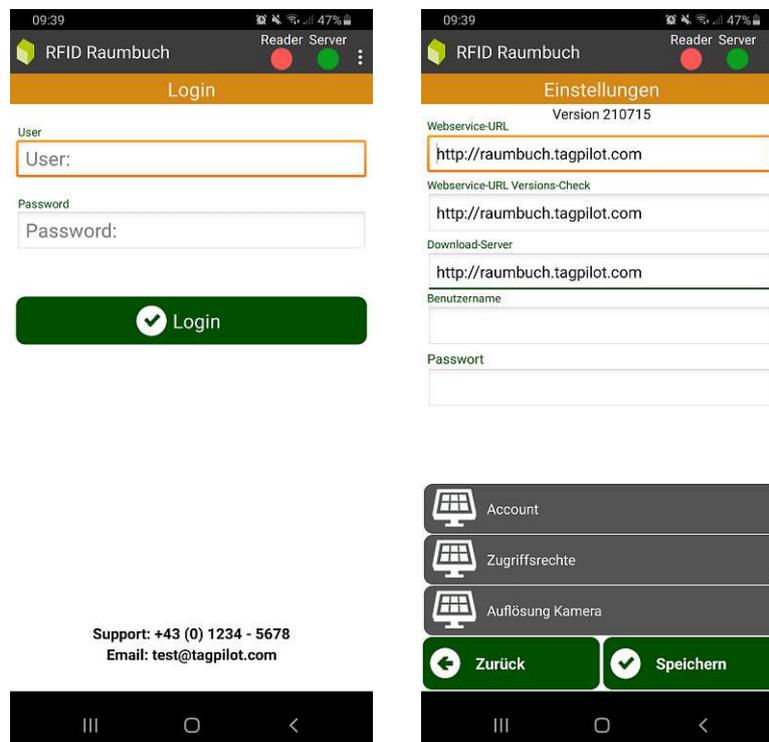
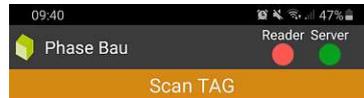


Abb. 210 - 213: RFID-Raumbuch mobile App – Masken / Menüs, S. 407



Bitte den TAG scannen



Die Layouts wurden einige Male hinsichtlich der Anordnung der Menüpunkte (Texte, Buttons, Grafiken) überarbeitet und angepasst, bis sie final für die weitere Entwicklung freigegeben wurden.

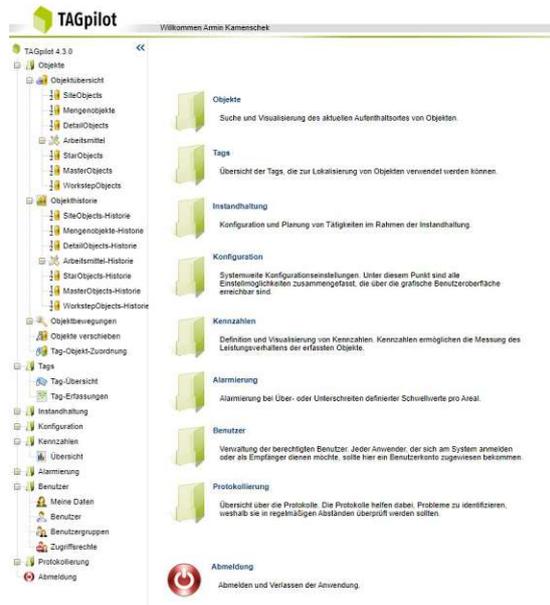
#### 4.4.5.2.2. Webapplikation – Maskenlayout

Bei der Webapplikation, dem Frontend als RFID-Datenbank, gab es seitens des Autors bzgl. Masken und deren Funktionen sowie Menüpunkten keine umfassenden Vorgaben und somit auch keine Anpassungen.

Hier konnte das Standard Design von TAGpilot und dessen Plattform vollends übernommen werden und zur Anwendung kommen.



Abb. 214 - 215: RFID-Raumbuch Webapplikation Masken, S. 407



#### 4.4.5.3. Entwicklung & Programmierung (E&P) mobile App - Webapplikation

Der nächste Schritt, der nun anstand, war jener, die freigegebenen Masken und Layouts mit Inhalten zu füllen.

Sprich, es ging darum

- einerseits Funktionen und Verknüpfungen für die mobile App,
- andererseits Objekttypen (= TAG Level Klassifizierung) für die Webapplikation als RFID-Datenbank

zu definieren, zu entwickeln und zu programmieren.

In Bezug auf das RFID-Raumbuch mussten parallel neben den Masken noch zusätzliche Entwicklungen sowie Programmierungen getätigt werden.

### 4.4.5.3.1. mobile App – (E&P)

Anbei drei relevante Auszüge, die die Entwicklung und Programmierung der mobilen App Masken samt Programmiercodeausschnitten (auf der linken Seitenhälfte) sowie das Maskendesignprogramm mit Werkzeugtools für die Erstellung von Frames, Buttons, Verknüpfungen usw. (auf der rechten Seitenhälfte) zeigen.

#### Maske „TAG zuweisen“

Diese Maske ist für die Verknüpfung von TAG und Datenbankeintrag notwendig.

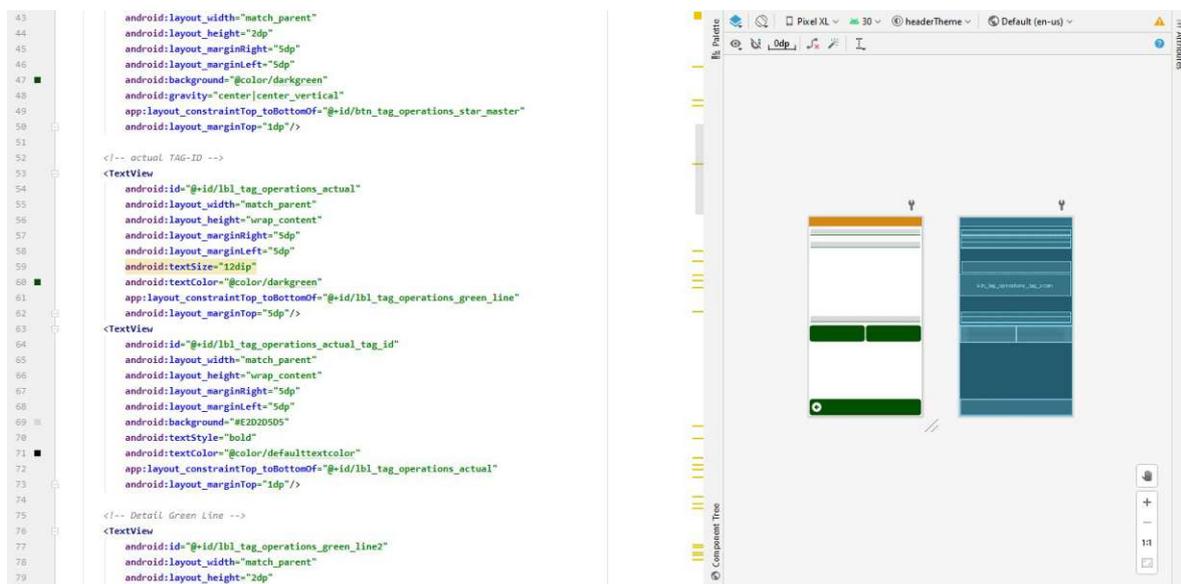


Abb. 216: RFID-Raumbuch Maskenentwicklung und Programmierung, S. 407



### Maske „Manuelle Auswahl“

Anhand dieser Maske konnte ein Datenbankeintrag mittels manueller Auswahl angesteuert, ihm ein TAG zugewiesen oder einfach nur dessen Details ausgelesen werden.

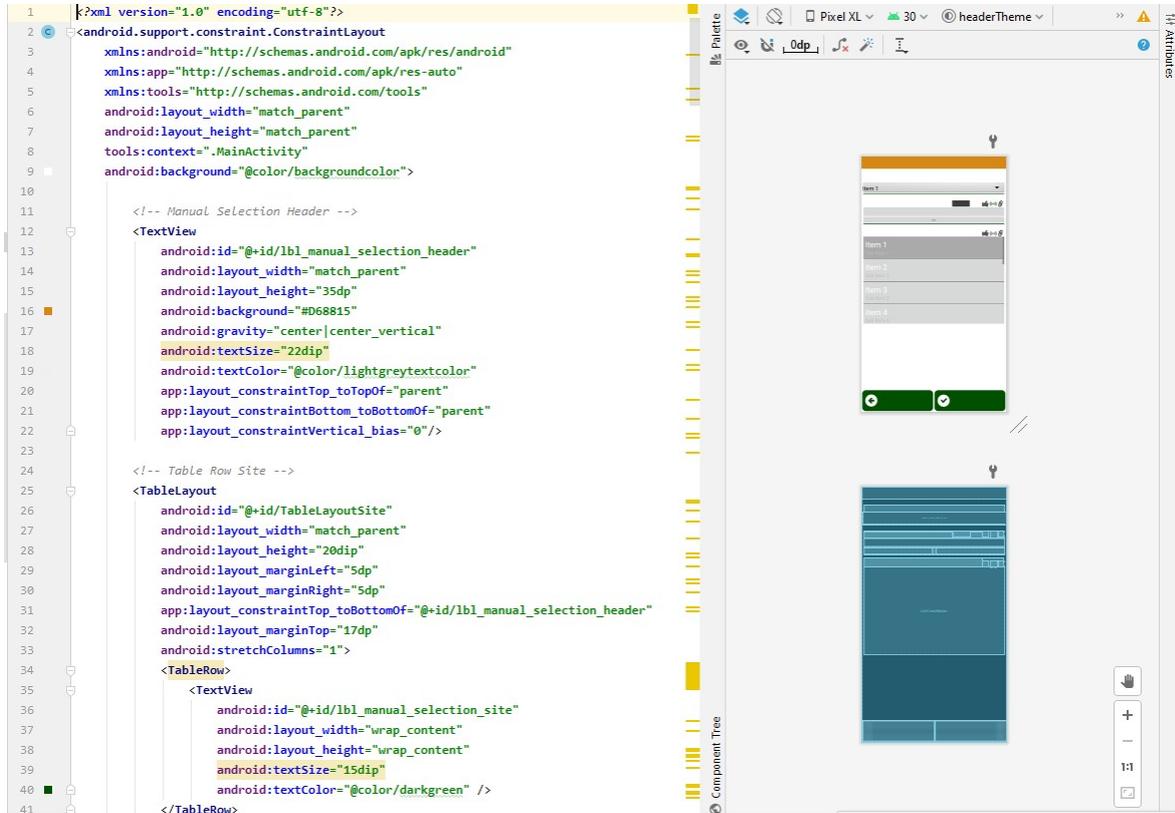
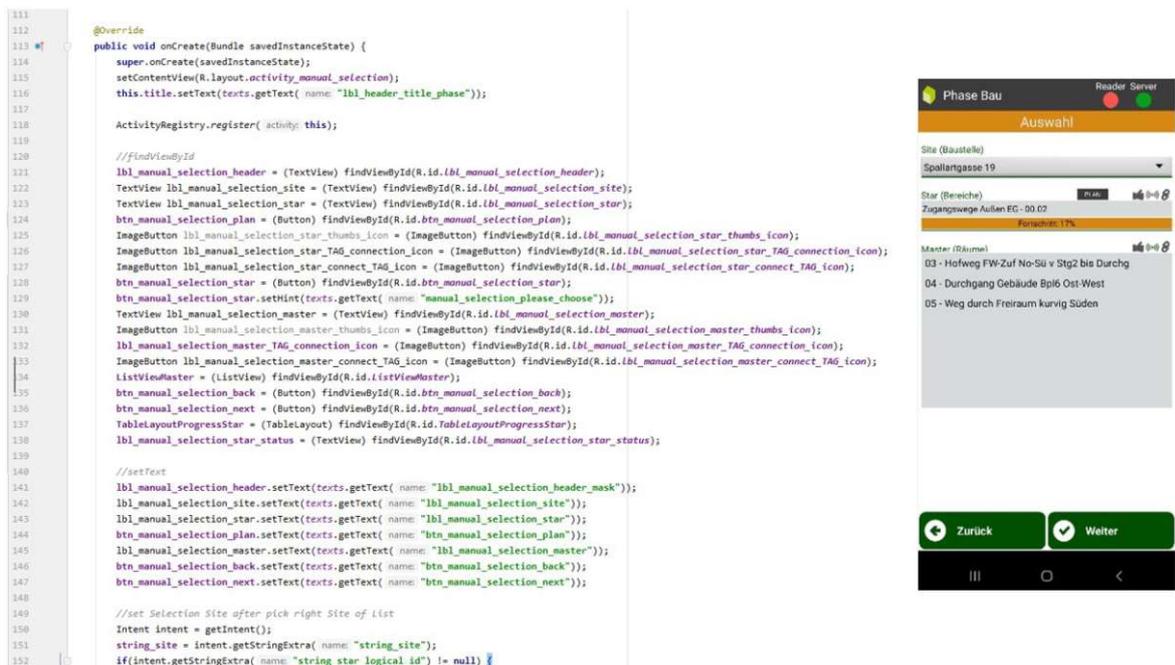


Abb. 217: RFID-Raumbuch Maskenentwicklung und Programmierung, S. 407



## Maske „Baufortschrittsanzeige“

Diese Maske wurde für die schnell einsehbare Anzeige des Baufortschritts konzipiert.

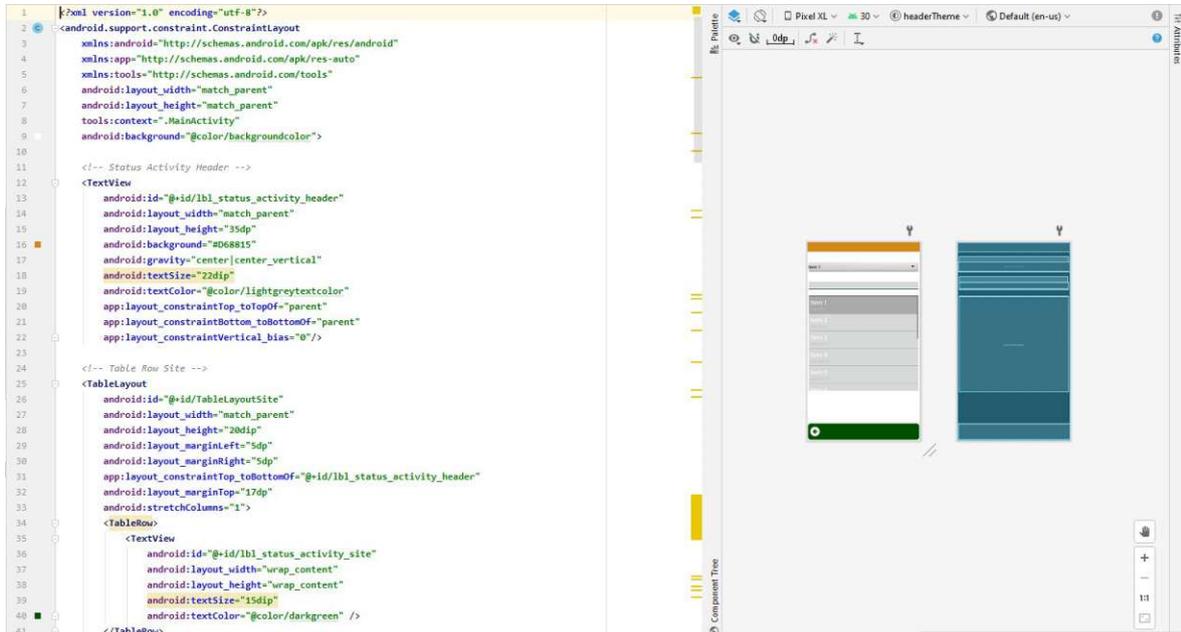
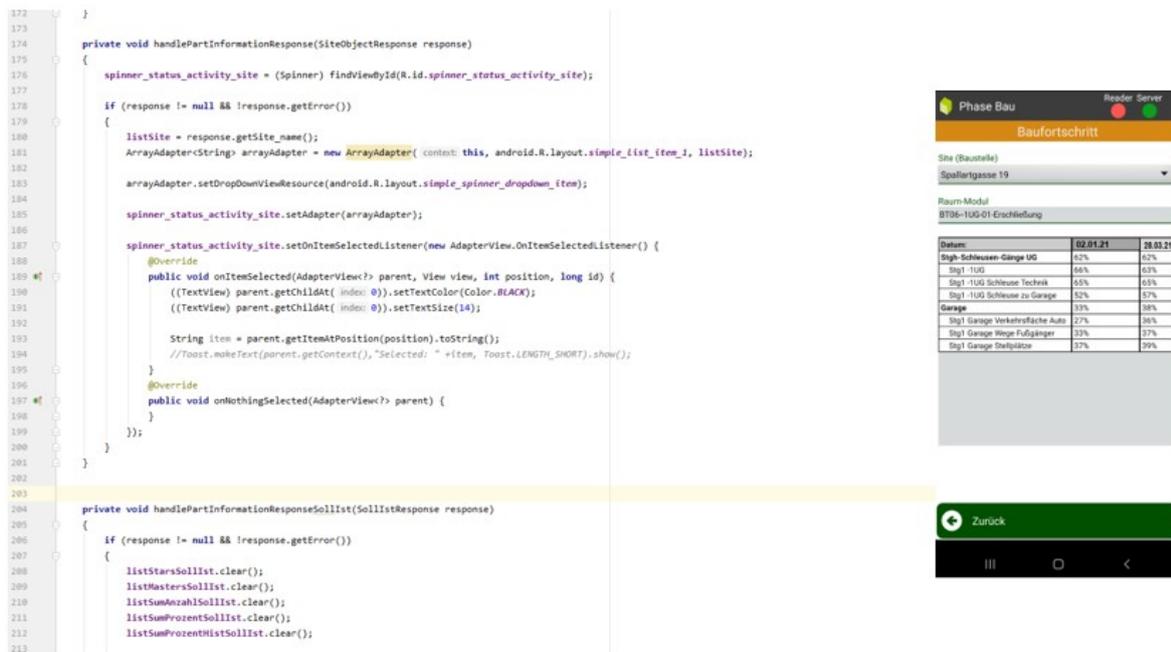


Abb. 218: RFID-Raumbuch Maskenentwicklung und Programmierung, S. 407



Relevante Masken der RFID-Raumbuch Prototypanwendung werden später in Kapitel 4.4.5.5. Funktionsweise der mobilen App / Webapplikation noch genauer vorgestellt.

### 4.4.5.3.2. Webapplikation – (E&P)

In der Webapplikation, konkret der dortigen RFID-Datenbank, wurden im Sinne der Programmierung folgende angeführte Objekttypen entwickelt:

- Site, Star, Master, Detail

Die Objekttypen bilden das Pendant zur TAG-Level Klassifizierung in der Übergabematrix.

#### Objekttyp Site

Der Objekttyp „Site“ bezeichnet die Baustelle. Bei Existenz von mehreren Baustellen könnte hier vorab eine Auswahl getroffen werden.

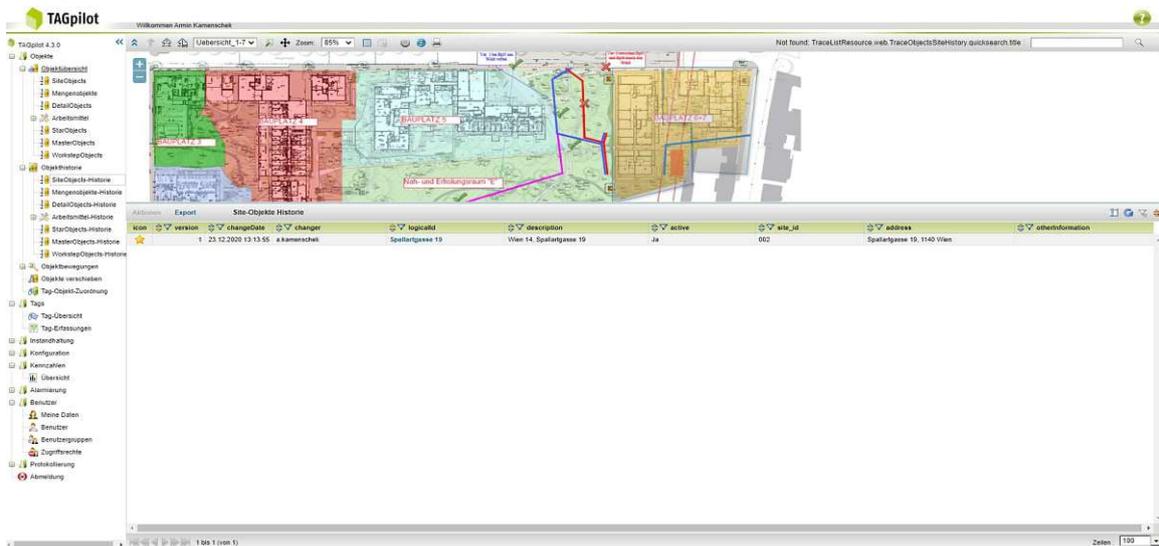


Abb. 219: RFID-Raumbuch Webapplikation Datenbank, S. 407

#### Objekttyp Star

Unter den Objekttyp „Star“ fallen die einzelnen Bereiche des Bauvorhabens, wie z.B. Gewerbe, Whg, Technik usw.

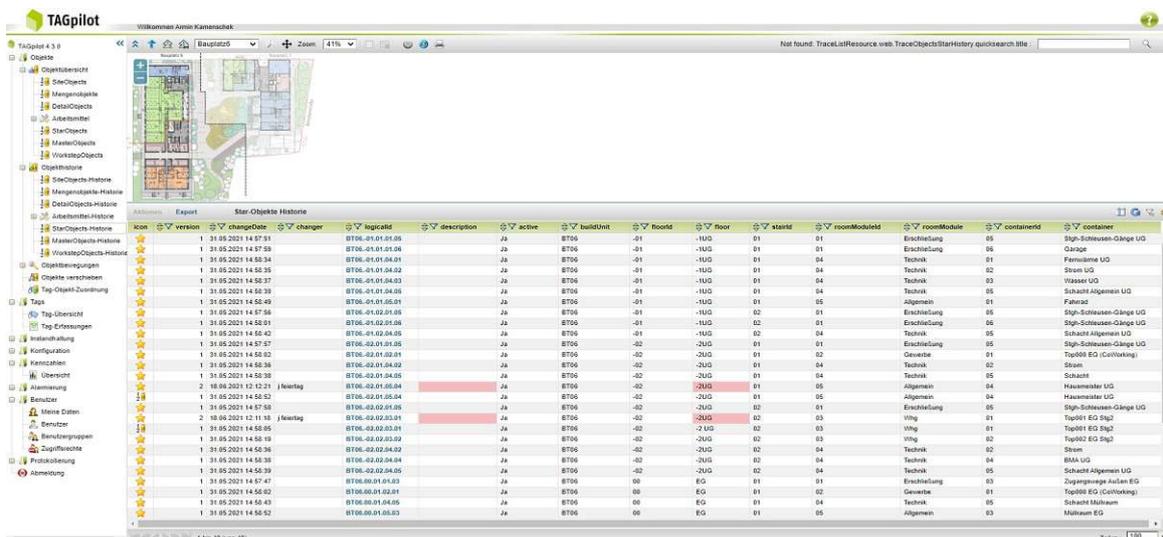


Abb. 220: RFID-Raumbuch Webapplikation Datenbank, S. 407

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

### Objekttyp Master

Mit dem Objekttyp „Master“ sind Räume, wie z.B. Eingang Foyer, Einlagerungsraum Whg, Terrasse Whg, Vorraum Whg, Zimmer Whg, Durchgang usw., definiert.

icon	version	changeDate	changer	logicalid	description	active	master_id	name	roomArea	otherInformation
	1	31.05.2021 14:56:53		BT106.00.01...06.01.02		Ja	02	FreiFz bis Spd Nord Abbeppung		
	1	31.05.2021 14:56:53		BT106.00.01...06.01.04		Ja	04	FreiFz Beete Hof Stg1		
	1	31.05.2021 14:56:54		BT106.00.01...06.01.06		Ja	06	FreiFz Kinderspielfeld Hof		
	1	31.05.2021 14:56:54		BT106.00.01...07.01.01		Ja	01	Chuhweg		
	1	31.05.2021 14:57:42		BT106.00.02...01.02.06		Ja	06	Gang zu Whg E0 in Durchgang Stg2		
	1	31.05.2021 14:57:48		BT106.00.02...01.03.03		Ja	03	Hilfsweg FfW-Zuf.Nr-Se v Stg2 bis Durchg		
	1	31.05.2021 14:57:48		BT106.00.02...01.03.04		Ja	04	Durchgang Dreiecke Rufe Ost-West		
	1	31.05.2021 14:57:51		BT106.00.02...01.03.05		Ja	05	Weg zum Plenum kurzg Stoen		
	1	31.05.2021 14:58:06		BT106.00.02...03.01.02		Ja	02	Vorraum		
	1	31.05.2021 14:58:07		BT106.00.02...03.01.03		Ja	03	Gang		
	1	31.05.2021 14:58:08		BT106.00.02...03.01.04		Ja	04	Wohnküche		
	1	31.05.2021 14:58:10		BT106.00.02...03.01.05		Ja	05	Zimmer1 EB		
	1	31.05.2021 14:58:11		BT106.00.02...03.01.06		Ja	06	Zimmer2 EB		
	1	31.05.2021 14:58:13		BT106.00.02...03.01.07		Ja	07	Ba11		
	1	31.05.2021 14:58:14		BT106.00.02...03.01.08		Ja	08	AR1		
	1	31.05.2021 14:58:15		BT106.00.02...03.01.09		Ja	09	WC1		
	1	31.05.2021 14:58:16		BT106.00.02...03.01.10		Ja	10	Terrasse Loggia-Balkon		
	1	31.05.2021 14:58:19		BT106.00.02...03.02.02		Ja	02	Vorraum		
	1	31.05.2021 14:58:21		BT106.00.02...03.02.03		Ja	03	Gang		
	1	31.05.2021 14:58:22		BT106.00.02...03.02.04		Ja	04	Wohnküche		
	1	31.05.2021 14:58:23		BT106.00.02...03.02.05		Ja	05	Zimmer1 EB		
	1	31.05.2021 14:58:25		BT106.00.02...03.02.06		Ja	06	Zimmer2 EB		
	1	31.05.2021 14:58:26		BT106.00.02...03.02.07		Ja	07	Zimmer3 EB		
	1	31.05.2021 14:58:28		BT106.00.02...03.02.08		Ja	08	Ba11 2/3		
	1	31.05.2021 14:58:29		BT106.00.02...03.02.09		Ja	09	Ba12 Z1-1/2		
	1	31.05.2021 14:58:29		BT106.00.02...03.02.10		Ja	10	AR1		
	1	31.05.2021 14:58:32		BT106.00.02...03.02.11		Ja	11	WC1		

Abb. 221: RFID-Raumbuch Webapplikation Datenbank, S. 407

### Objekttyp Detail

Unter den Objekttyp „Detail“ fallen die einzelnen Bauteile, wie z.B. Boden, Decke, Wand usw.

icon	version	changeDate	changer	logicalid	description	active	detail_id	type	name	floorArea	wallArea	ceilingArea	length	width	thickness	massFloor	massWall
	1	31.05.2021 14:58:37		BT106.01.01...04.05.01.03		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-1								
	1	31.05.2021 14:58:38		BT106.01.01...04.05.01.04		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-2								
	1	31.05.2021 14:58:39		BT106.01.01...04.05.01.05		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-3								
	1	31.05.2021 14:58:39		BT106.01.01...04.05.01.06		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-4								
	1	31.05.2021 14:58:39		BT106.01.01...04.05.03.01		Ja	a	L3	Detail-TAG Boden-1								
	1	31.05.2021 14:58:39		BT106.01.01...04.05.03.02		Ja	b	L3	Detail-TAG Decke-1								
	1	31.05.2021 14:58:39		BT106.01.01...04.05.03.03		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-1								
	1	31.05.2021 14:58:39		BT106.01.01...04.05.03.04		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-2								
	1	31.05.2021 14:58:39		BT106.01.01...04.05.03.05		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-3								
	1	31.05.2021 14:58:39		BT106.01.01...04.05.03.06		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-4								
	1	31.05.2021 14:58:40		BT106.01.01...04.05.05.01		Ja	a	L3	Detail-TAG Boden-1								
	1	31.05.2021 14:58:40		BT106.01.01...04.05.05.02		Ja	b	L3	Detail-TAG Decke-1								
	1	31.05.2021 14:58:40		BT106.01.01...04.05.05.03		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-1								
	1	31.05.2021 14:58:40		BT106.01.01...04.05.05.04		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-2								
	1	31.05.2021 14:58:40		BT106.01.01...04.05.05.05		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-3								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.05.06		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-4								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.05.01		Ja	a	L3	Detail-TAG Boden-1								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.05.02		Ja	b	L3	Detail-TAG Decke-1								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.05.03		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-1								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.05.04		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-2								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.05.05		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-3								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.05.06		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-4								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.07.01		Ja	a	L3	Detail-TAG Boden-1								
	1	31.05.2021 14:58:41		BT106.01.01...04.05.07.02		Ja	b	L3	Detail-TAG Decke-1								
	1	31.05.2021 14:58:42		BT106.01.01...04.05.07.03		Ja	c	L3	Detail-TAG Wlnd-1								

Abb. 222: RFID-Raumbuch Webapplikation Datenbank, S. 407

### 4.4.5.3.3. Import-Schnittstelle – (E&P)

Damit die Attribute aus der Übergabematrix in die RFID-Datenbank der Webapplikation implementiert werden konnten, musste zuvor eine Import-Schnittstelle als

- Excel Importfunktion

entwickelt werden.



Abb. 224: Excel Datenbank Import, S. 407

Erst nach diesem Schritt war es möglich, die in die Übergabematrix implementierten Attribute der Hilfsmatrix in die RFID-Datenbank zu importieren.

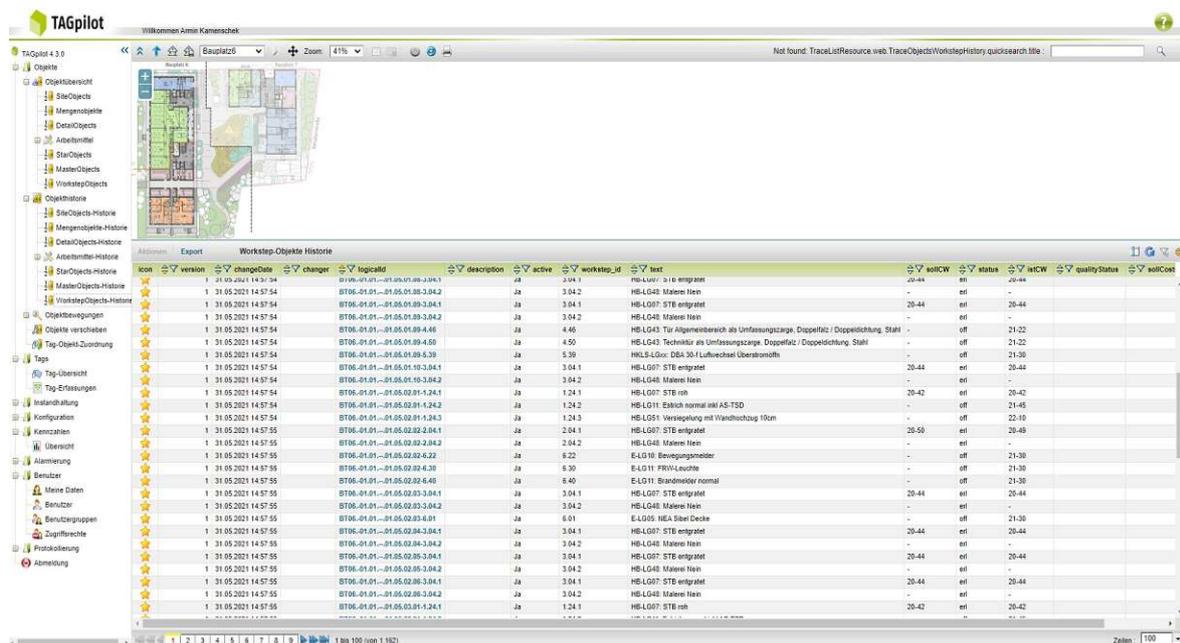


Abb. 223: RFID-Raumbuch Webapplikation Datenbank, S. 407

### 4.4.5.3.4. Persistenz / Server / Webservices / Handheldeinbindung – (E&P)

#### Persistenz <sup>124</sup>

Die Datensätze der Datenbank wurden seitens TAGpilot mit einer Persistenzschicht ausgestattet / versehen.

- Dies bedeutet, dass bei einem geplanten oder ungeplanten Programmabbruch die Daten bzw. der Zustand der Daten und seine logischen Verbindungen gespeichert bleiben und nicht verloren gehen.

Dies war für den späteren Baustelleneinsatz unbedingt notwendig, da es dort durchaus vorkommen konnte, dass kein Netzsignal vorhanden war und somit die Verbindung zum Server abbrach; auch ein eingehender Anruf oder sonstige Vorkommnisse können zur Kollision bei Ausführung der App führen.

<sup>124</sup> vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Persistenz\\_\(Informatik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Persistenz_(Informatik)), aufgerufen am 17.12.21 / Infogespräch TAGpilot

## Server- und Datenbankinstallation / Konfiguration

Parallel zur Entwicklung der Objekttypen in der Webapplikation wurden die Serverinstallation und deren Basiskonfiguration durchgeführt, damit die RFID-Datenbank sowie Masken- und Listenansichten inkl. deren Verknüpfungen einerseits eingebunden, andererseits aber auch für die anstehenden Tests & die Inbetriebnahme vorbereitet werden konnten.

## Webservices

Zudem wurden noch die Webservices, d.h. die Schnittstellen zur mobilen App am TAGpilot Server sowie die Webservice Clients, in der mobilen App entwickelt und programmiert.

## Handheldeinbindung

Auch der Handheld „Zebra 8500“, der als Reader für die UHF TAGs fungiert, wurde samt seiner diesbezüglich notwendigen Funktionen in die Softwareapplikationen implementiert.

Der Handheld wird mit dem Mobiltelefon über Bluetooth gekoppelt und verbindet sich dann bei einem UHF Leseversuch automatisch mit der mobilen App des RFID-Raumbuch Prototyps.



Abb. 206: UHF Handheld  
Zebra, S. 407

### 4.4.5.3.5. RFID-Datenbankstruktur / Objektstruktur – (E&P)

#### Datenbankstruktur

Anbei folgt ein Screenshot bzgl. der RFID-Datenbankstruktur mit den unterschiedlichen Datenbanken einschließlich ihrer logischen Verknüpfungen.

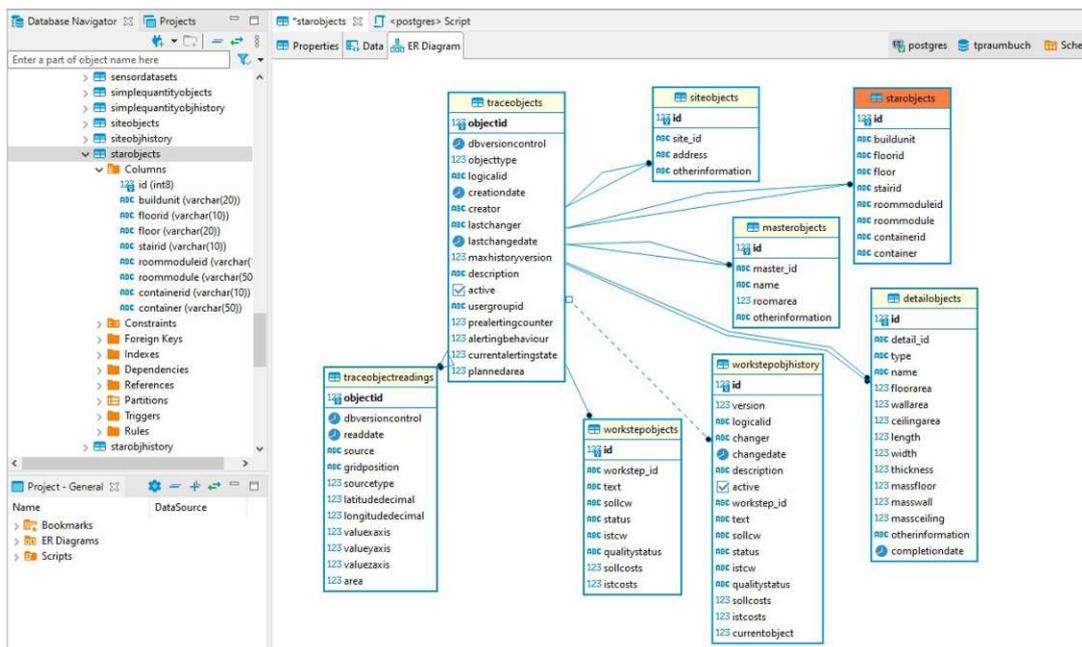


Abb. 225: RFID-Raumbuch Datenbankstruktur, S. 408

## Objektstruktur

Im folgenden Screenshot ist die Objektstruktur als Root-Verzeichnis abgebildet, aus dem die einzelnen Objektbeziehungen erkennbar sind.

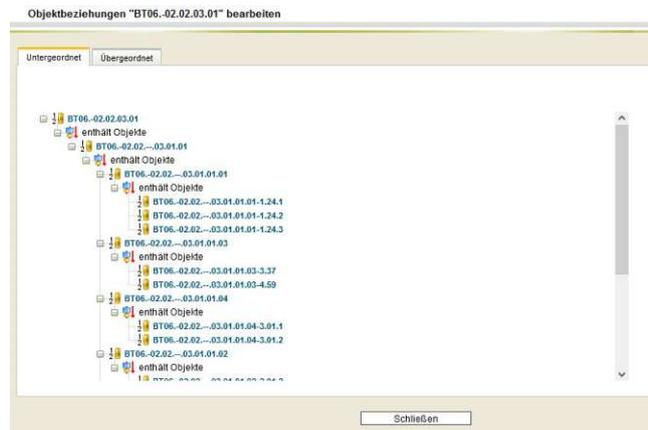


Abb. 226: RFID-Raumbuch Objektstruktur. S. 408

### 4.4.5.4. Tests und Inbetriebnahme Software

#### 4.4.5.4.1. Software Funktionstests TAGpilot Intern --- Labor

TAGpilot führte Softwarefunktionstests im betriebsinternen Labor durch, wobei das Zusammenspiel der diversen Softwarekomponenten (Datenbank, Masken, Listen, Verknüpfungen, Server) bzgl.

- mobiler App und Webapplikation

äußerst gründlich geprüft wurde.

#### Testergebnisse

Die ersten internen Softwarefunktionstests unter Laborbedingungen verliefen erfahrungsgemäß durchwachsen, jedoch waren sie durchaus vielversprechend mit brauchbaren Ergebnissen; Prädikat: befriedigend.

- An einigen Stellen musste noch nachjustiert werden, doch war/ist dies bei neuen Projekten – insbesondere Pilotprojekten im IT-Sektor – durchaus Standard.

Folgetests verliefen nach diversen Fehlerbehebungen besser; diese wurden im Beisein des Autors in der Funktion als BH-ÖBA begutachtet und verdienten durchaus das Prädikat gut/sehr gut.

- Die Software funktionierte.
- Ein weiterer Meilenstein war gelegt und löste nachfolgendes Szenario aus.
- Der positive Verlauf / Abschluss dieser Internen Softwarefunktionstests war essentiell und galt als Voraussetzung für die Inbetriebnahme der Software Parts sowie
- die bevorstehende Zusammenführung von Hardware und Software.

Das „Rollout“ des RFID-Raumbuch Prototyps samt diesbezüglicher Tests im Allgemeinen sowie im speziellen Anwendungsfall unter realen Bedingungen auf der Baustelle war demzufolge freigegeben und konnte daher definitiv stattfinden.

- Die Darlegung dieser Tests erfolgt nach Vorstellung bzw. Abhandlung des Punktes Funktionsweise der mobilen App sowie Webapplikation.

### 4.4.5.5. Funktionsweise mobile App und Webapplikation

Anbei folgt eine kurze Präsentation der Software Parts bzgl. mobiler App und Webapplikation zur Veranschaulichung der Funktionsweisen; die wichtigsten Menüs bzw. Masken (Layouts und Buttons) sowie deren Funktionen werden wie folgt beschrieben.

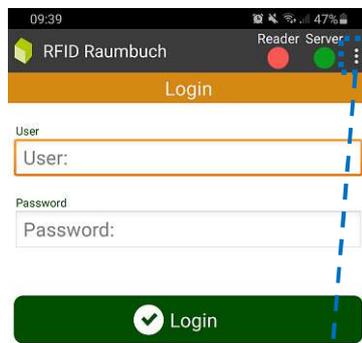
#### 4.4.5.5.1. mobile App

##### App / Login / Einstellungen



##### App-Logo am Mobiltelefon

- Durch Anklicken wird die App gestartet und man gelangt umgehend zur Login Maske.



##### Login Maske

Für die Anmeldung ist die Eingabe von

- Username und
- Password

erforderlich;

Im unteren Bereich der Maske ist eine Support-Hotline mit dazugehöriger Mailadresse konzipiert.

Klickt man ganz oben rechts auf die 3 Punkte, so gelangt man in das Menü Einstellungen.

Abb. 227: RFID-Raumbuch mobile App – Masken / Menüs, S. 407

Support: +43 (0) 1234 - 5678  
Email: test@tagpilot.com



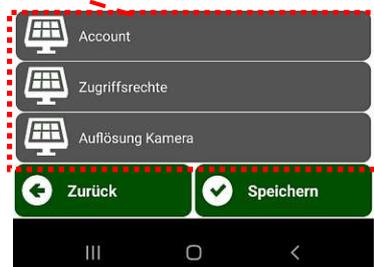
##### Einstellungen

Dabei ist ganz oben die RFID-Raumbuch Version ersichtlich, es folgen Webservice- und URL-Eingaben für die Programmierung.

Die folgenden Buttons sind beim POC nicht verfügbar; nur als Dummies (deswegen ausgegraut dargestellt) konzipiert:

Account, Zugriffsrechte und Auflösung Kamera.

Wie bereits zuvor beschrieben, können diese Buttons jederzeit in die mobile App integriert werden.

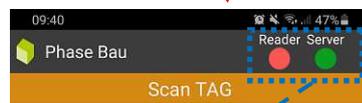


**Hauptmenü**



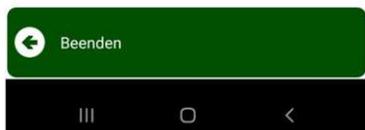
**Menü-Pkt: Scan TAG**

- Hiermit können TAGs direkt gescannt werden:
  - o UHF TAGs mittels Handheld
  - o HF (NFC) TAGs mittels Mobiltelefon



**Scan TAG**

- Nach erstmaliger Vorab-Zuordnung kann der TAG gescannt werden.



**Buttons:**

Reader Status  
 Server Status  
 Rot (inaktiv), Grün (aktiv)

Bitte den TAG scannen



**Auswahl**

Nach erfolgreichem Scan des TAG springt die Anzeige direkt in die jeweilige Auswahl:

In der Folge stehen dann weitere Auswahlmöglichkeiten zur Verfügung  
 (siehe nächste Seite Detail – Gewerke (SOLL-IST)).



Abb. 228: RFID-Raumbuch  
 mobile App – Masken / Menüs,  
 S. 407

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

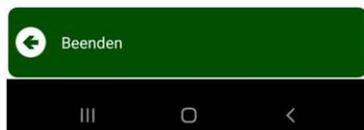
### Hauptmenü



### Menü-Pkt: Manuelle Auswahl

- Die Auswahl der Baustelle, des Bereichs, des Bauteils, des Geschosses, der Stiege, des Abschnittes und des Raumes ist erforderlich:

z.B. konkret in diesem Fall: TOP002 EG



### Auswahl

- Hier kann/muss dann ein Raum angesteuert werden.

Abb. 229: RFID-Raumbuch mobile App – Masken / Menüs, S. 407

### Details

Hier kann/muss eine Auswahl getroffen werden:

- Boden / Decke / Wand stehen zur Auswahl



### Detail – Gewerke (SOLL-IST)

Hier kann/muss eine Auswahl getroffen werden:

- Text (Q)
- KW (T)
- Daumen (Status) offen, in Arbeit, erledigt

Ist in Kombination mit der Webapplikation zu verwenden.

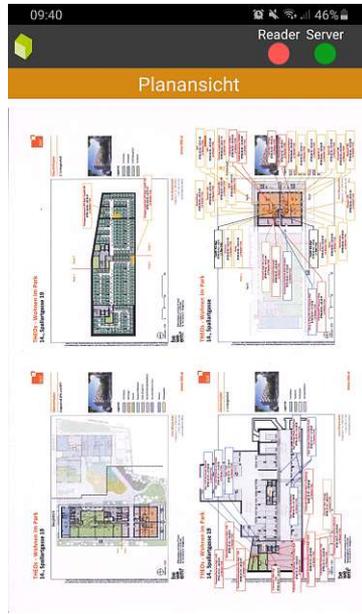


**Auswahl**



**Button: PLAN**

- Hier ist ein Plan mit den TAGs je Geschoss hinterlegt.



**Planansicht**

- Der Plan ist zoombar.
- Auf diesem sind alle TAGs je Geschoss sauber verortet und jederzeit einsehbar.

**Button TAG Status:**

Kann jederzeit gelöst und neu zugeordnet werden.

Grau (kein TAG zugeordnet)

Grün (TAG zugeordnet)

Abb. 230: RFID-Raumbuch  
mobile App – Masken / Menüs,  
S. 407

**Menü-Pkt: Baufortschrittsanzeige**

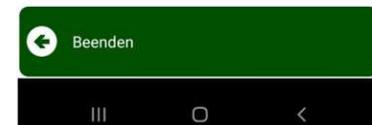
- Die Auswahl der Baustelle, des Bereichs, des Bauteils, des Geschosses, der Stiege, des Abschnittes und des Raumes ist erforderlich.

z.B. konkret in diesem Fall: TOP002 EG

- Das Datum der Vergangenheit ist für den Vergleich mit dem aktuellen Tag frei wählbar.

Datum:	19.06.21	02.08.21
<b>Top001 EG Stg2</b>	18%	17%
Vorraum	34%	24%
Gang	31%	31%
Wohnküche	12%	
Zimmer1 EB	11%	11%
Zimmer2 DB	15%	15%
Bad1	17%	17%
AR1	20%	20%
WC1	13%	13%
Terrasse-Loggia-Balkon	15%	15%
<b>Top002 EG Stg2</b>	15%	17%
Vorraum	19%	29%

**Hauptmenü**



## Hauptmenü



Folgende angeführte Buttons sind beim POC nicht verfügbar; sie sind derzeit nur als Dummies konzipiert (ausgegraute Schaltfläche):

Ausstattung (Langtextbeschreibung möglich)

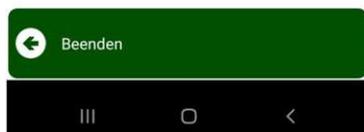
Anweisung – Rückmeldung (für Subunternehmer gedacht)

Planpool (diverse Pläne: PP, HKLS-E-Montagepläne, Verkaufspläne usw.)

Mängelaufnahme (möglich)

Robotik - #Drohne, - #Robohund (Tool, Steuerung und Daten integrierbar)

Weitere Unterlagen (Protokolle, Berichte, Farb- und Materialkonzept, Aufbautenliste, Fenster- und Türliste)



All diese Themen könnten aber jederzeit in die mobile App integriert werden und dieselbe mit neuen Funktionen erweitern.

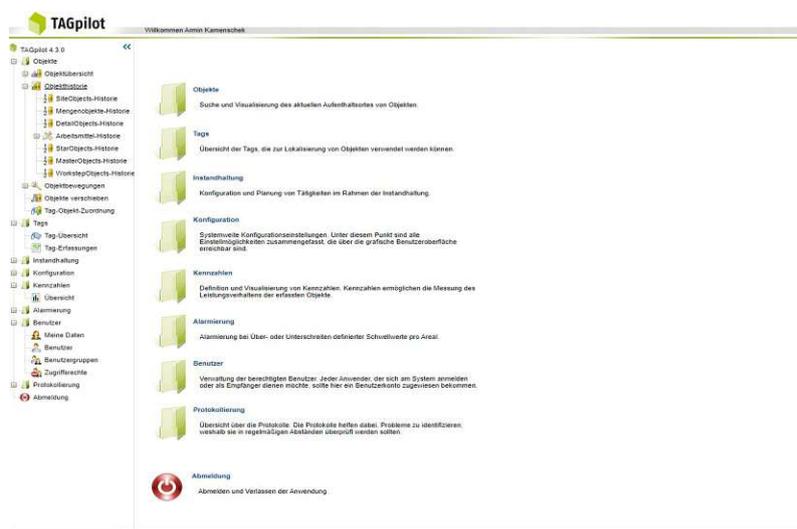
Abb. 231: RFID-Raumbuch mobile App – Masken / Menüs, S. 407

### 4.4.5.5.2. Webapplikation

#### Gesamtübersicht

Anbei folgt die Gesamtübersicht der Webapplikation seitens TAGpilot; die Applikation ist in 2 Abschnitte / Frames geteilt:

- Die linke Seite besteht aus einer Übersicht, dargelegt in einer Art Root-Verzeichnis, die die wichtigsten Funktionen als Menü-Punkte aufzeigt.
- Steuert man nun einen dieser Menü-Punkte an, erscheint dazu augenblicklich auf der rechten Seite die Detailansicht mit weiteren Auswahlmöglichkeiten.



Aus entwicklungstechnischer Hinsicht können nur die nachfolgend angegebenen Details zur Webapplikation preisgegeben werden.

Abb. 232: RFID-Raumbuch Webapplikation Masken, S. 407

### **Menü-Pkt: Gesamtübersicht**

Die folgenden ausgegrauten Punkte sind für den RFID-Raumbuch Prototyp nicht oder kaum relevant.

Der Menü-Pkt. Gesamtübersicht gliedert sich wie folgt:

- Objekte,
- TAGs,
- Instandhaltung,
- Konfiguration,
- Kennzahlen,
- Alarmierung,
- Benutzer,
- Protokollierung;

### **Menü-Pkt: Objekte**

Hierbei werden sämtliche Objekte erfasst und es ist möglich, diese in einer Übersicht mit dazugehöriger Objekthistorie darzustellen.

Neben der Option, auch Objektbewegungen und Verschiebungen zu erfassen, gibt es weiters die Möglichkeit einer logischen TAG-Objekt-Zuordnungsfunktion.

### **Menü-Pkt: TAGs**

Dieser Pkt. enthält eine TAG-Übersicht, bei der alle dem System bekannten und verwendeten TAGs angeführt werden.

- TAGs können den Objekten zugeordnet aber auch erneut gelöst werden.
- Alle TAG-Erfassungen werden zudem aufgezeichnet und mitprotokolliert.

### **Menü-Pkt: Konfiguration**

Dieser Pkt. behandelt die interessante Thematik der Geräteverwaltung; hier werden die Lesegeräte sowie deren Skripts angeführt.

### **Menü-Pkt: Kennzahlen**

Hier besteht die Möglichkeit, aus der Vielzahl an generierten Datensätzen unterschiedlichste Kennzahlen zu definieren sowie zu generieren.

### **Menü-Pkt: Benutzer**

In diesem Menüpunkt werden (eigene sowie fremde) Benutzerdaten, Benutzergruppen und Zugriffsrechte definiert.

### **Menü-Pkt: Protokollierung**

In diesem Menüpunkt sind System-, Geräte-, Nachrichten- sowie Footprintprotokolle gespeichert.

**Menü-Pkt: Objekte**

Anbei folgen nochmals zur besseren Veranschaulichung die in der RFID-Datenbank unter dem Pkt. Objekte angeführten Objekttypen

- Site, Star, Master, Detail,

die mit der TAG-Level-Klassifizierung in der Übergabematrix korrelieren.

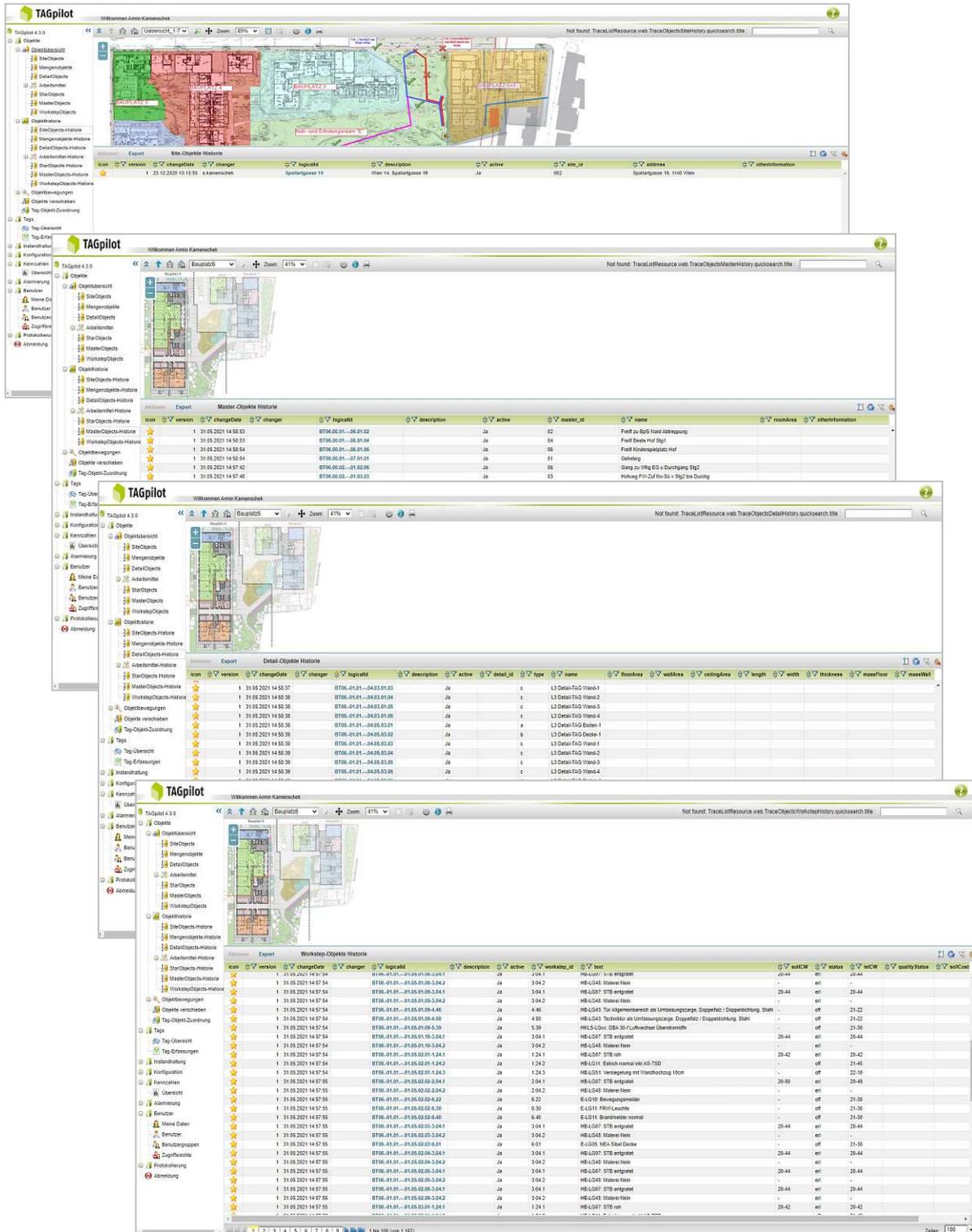


Abb. 233: RFID-Raumbuch Webapplikation Datenbank, S. 407

### Objekttyp Detail

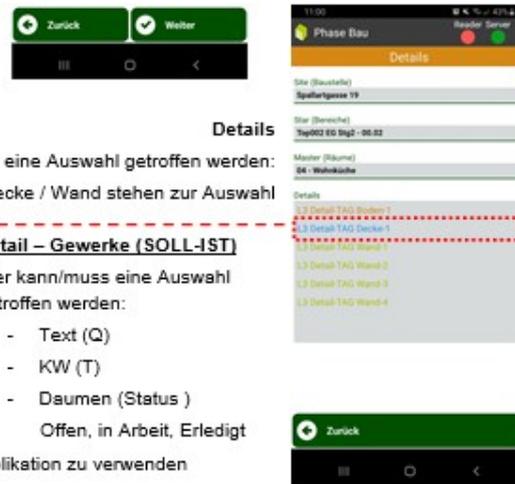
Bei Darlegung der mobilen App hat der Autor unter dem Menü-Pkt.:

- Manuelle Auswahl / Auswahl / Details

angemerkt, dass die dortigen Auswahlmöglichkeiten bei SOLL-IST-Vergleichen in Kombination mit der Webapplikation zu verwenden sind.

Abb. 234: RFID-Raumbuch

mobile App – Masken /  
Menüs, S. 407



Diese Anmerkung ist so gemeint, dass am Mobiltelefon die vorhandenen Details für die Nutzung auf der Baustelle und die Eingabe des SOLL-IST-Vergleichs ausreichen; weitere Zusatzinformationen sind aufgrund der begrenzten Displaygröße des Mobiltelefons nur schwer lesbar. Auswertungen am Mobiltelefon vorzunehmen ist zudem nicht adäquat, so die Meinung des Autors und der Experten.

Deshalb kommt hier die Webapplikation unterstützend ins Spiel; diese kann auf einem Tablet oder Stand-PC mit angeschlossenem Bildschirm genutzt werden.

Die Datensätze der mobilen App und der Webapplikation sind bekanntlich ident.

Auswertungen diverser Natur können – wie bereits vorhin erwähnt – einfacher und übersichtlicher, auch in Kombination mit Visualisierungen in Diagrammform, direkt aus der RFID-Datenbank erstellt werden und die SOLL-IST-Vergleiche anschaulicher darstellen.

ID	description	kw	workstep_id	kwICW	status	istKW	validityStatus	willCosts	istCosts
BT06-01.01-01.05.01.05-0.00	Ja	0.06	21-04	ent	21-05				
BT06-01.01-01.05.01.05-0.005	Ja	0.06	21-04	ent	21-04				
BT06-01.01-01.05.01.05-3.04.1	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.05-3.04.2	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.05-0.005	Ja	0.06	21-04	ent	21-04				
BT06-01.01-01.05.01.05-3.04.1	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.05-3.04.2	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.07-3.04.1	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.07-3.04.2	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.07-4.46	Ja	4.46	-	off	21-22				
BT06-01.01-01.05.01.07-4.50	Ja	4.50	-	off	21-22				
BT06-01.01-01.05.01.08-3.04.1	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.08-3.04.2	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.09-4.46	Ja	4.46	-	off	21-22				
BT06-01.01-01.05.01.09-4.50	Ja	4.50	-	off	21-22				
BT06-01.01-01.05.01.09-5.39	Ja	5.39	-	off	21-30				
BT06-01.01-01.05.01.10-3.04.1	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.01.10-3.04.2	Ja	3.04	20-42	ent	20-42				
BT06-01.01-01.05.02.01-1.24.1	Ja	1.24	21-04	ent	21-05				
BT06-01.01-01.05.02.01-1.24.2	Ja	1.24	21-04	ent	21-05				
BT06-01.01-01.05.02.01-1.24.3	Ja	1.24	21-04	ent	21-05				
BT06-01.01-01.05.02.02-2.04.1	Ja	2.04	20-50	ent	20-49				
BT06-01.01-01.05.02.02-2.04.2	Ja	2.04	20-50	ent	20-49				
BT06-01.01-01.05.02.02-6.30	Ja	6.30	-	off	21-30				
BT06-01.01-01.05.02.02-6.40	Ja	6.40	-	off	21-30				
BT06-01.01-01.05.02.03-3.04.1	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.02.03-3.04.2	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				
BT06-01.01-01.05.02.03-6.01	Ja	6.01	21-04	ent	21-30				
BT06-01.01-01.05.02.04-3.04.1	Ja	3.04	20-44	ent	20-44				

Abb. 235: RFID-Raumbuch  
Webapplikation  
Datenbank,  
S. 407

Mobile App, Webapplikation, Datenbank, Test-Rollout, Kosten für Erstellung bzw. Anpassung, Tests, Aktualisierung inkl. Wartung sind im Sinne der Programmierung mit Stk.-Preis / -Pauschale abdeckbar.

#### 4.4.6. RFID-Raumbuch Prototyp – „Merging“ Hardware mit Software

Nach Abhandlung all dieser Phasen war es nun soweit:

Bzgl. des RFID-Raumbuch Prototyps waren

- sämtliche Vorbereitungsarbeiten,
- Hardware-Komponenten und diesbezügliche technische Tests, sowie auch
- Software-Komponenten und deren technische Tests

positiv abgewickelt worden.

Ein „Merging“, das heißt ein Zusammenführen aller Punkte im Sinne eines Rollout des RFID-Raumbuch Prototyps, und ein diesbezüglicher Funktionstest im Allgemeinen sowie im speziellen Anwendungsfall unter realen Bedingungen auf der Baustelle THEOs Bpl.6 wie auch der Versuch, SOLL-IST-Vergleiche zu generieren, konnte starten.

##### 4.4.6.1. RFID-Raumbuch Prototyp Funktionstests --- Allgemein

In erster Linie ging es nun darum, sich mit dem Handling gemäß ausgewähltem Equipment und den damit zusammenhängenden Routinen vertraut zu machen und erste allgemeine Funktionstests unter realen Bedingungen gemeinsam zu absolvieren.

Gemeinsam bedeutete soviel wie,

der Autor als BH-ÖBA in Absprache mit dem Polier seitens GU als Testpersonen (im Sinne des 4-Augen-Prinzips) und mit TAGnology / TAGpilot als Support im Hintergrund.

Eines der wichtigsten Elemente bei diesen allgemeinen Funktionstests war das Feedback, das themenabhängig jeweils an den Autor als BH-ÖBA, TAGnology oder TAGpilot gerichtet war.

- Ausschließlich so konnten
  - o etwaige auftretende Probleme bzgl. der genannten Punkte aufgedeckt,
  - o Fehler im Team rasch analysiert und passende Lösungen gefunden werden, um diese im Vorfeld der finalen Funktionstests einzusetzen und sich somit optimal auf jene Tests auf der Baustelle vorbereiten zu können.

Insgesamt wurden 5 umfangreiche Testrunden absolviert.

- Die Testergebnisse wurden im Team abgestimmt, offene Punkte gemeinsam abgearbeitet.
- Dies bedeutete dann auch konkret, dass 5 Updates / Anpassungen der mobilen App sowie Webapplikation durchgeführt werden mussten.

Die meisten Punkte bzw. Erkenntnisse betrafen TAGpilot und deren Softwarebereich, aber auch den Autor selbst in seiner Funktion als BH-ÖBA im Sinne des Projektmanagements & der Planung.

Hardware technisch gesehen und TAGnology betreffend, tauchten effektiv wenige Probleme auf, da diese Bereiche im Vorfeld klar analysiert und geregelt worden waren.

Es folgen einige Themenauszüge, geordnet nach Bereichen:

### **Projektmanagement & Planung (BH-ÖBA)**

- Übergabematrix / Hilfsmatrix
  - o Bereinigung von Flüchtigkeitsfehlern in der Datenstruktur
  - o Optimierung von Attributen
  - o Adaptierung von Einträgen in der Hilfsmatrix aufgrund von Änderungen
  - o Anpassung von TAG-Positionen im Plan / 3D-Modell aufgrund von Kollisionen
  - o Einspielen eines neuen Plans aufgrund einer Änderung der TAG-Position

### **Hardware (TAGnology)**

- Reader
  - o Mobiltelefon als Reader bei den HF (NFC) TAGs funktionierte tadellos
  - o Beim Handheld gab es ab und zu Verbindungsprobleme über Bluetooth; diese waren aber softwaretechnischer Natur
- TAGs
  - o Hierzu gab es keine Probleme, weder bei UHF noch bei HF (NFC) sowie Hybrid-TAGs
  - o Nachorderung und Verortung von zusätzlichen TAGs funktionierte problemlos

### **Software (TAGpilot)**

- Mobile App
  - o Anpassung der Darstellung der Menü-Punkte bzw. Funktionen in der mobilen App bzw. Überarbeitung der Auswahl SOLL-IST samt Buttons usw. sowie des Menüpunktes Baufortschrittsanzeige
  - o Optimierung der Einbindung des Handhelds via Bluetooth mittels Software-update durch Fernwartung
  - o Verbindung zu Server abgerissen, wenn keine Anbindung an Mobilfunknetz gegeben, war z.B. in Teilbereichen von UG2 (THEOs) der Fall;  
Technisch wäre es durchaus möglich, eine Kopie der relevanten Daten und Bereiche in einer Offline-Variante herunterzuladen und offline in den Teilbereichen ohne Netzzugang zu agieren; nach dortiger Erledigung der Arbeit und bei Rückkehr in Bereiche, wo wieder Netzeempfang vorhanden ist, erfolgt ein manueller oder automatischer Upload in die RFID-Datenbank mit dortigem bidirektionalem Datenabgleich; dies wäre evtl. ein Erweiterungsthema für ein auf die Dissertation aufbauendes Forschungsprojekt.
- Webapplikation
  - o Login-Probleme aufgrund automatischer Sicherungsjobs am Server wurden behoben
  - o Aufgrund der Bereinigung von Flüchtigkeitsfehlern in der Datenstruktur mussten Files neu eingelesen werden
  - o Aktualisierung von Datenbankverknüpfungen

Nach Absolvierung der allgemeinen Testrunden und Behebung der Probleme zu den jeweiligen Punkten waren sowohl „mobile App“ als auch „Webapplikation“ bereit für die finalen Funktionstests auf der Baustelle.

### 4.4.6.2. RFID-Raumbuch Prototyp Funktionstests --- Baustelle

#### 4.4.6.2.1. Testequipment

Als Testequipment kamen – wie bereits vorab ausgewählt – folgende Komponenten zur Anwendung, die diverse Prozesse durchliefen:

##### Hardware:

- Reader
  - o das Mobiltelefon
    - für HF (NFC) TAGs
  - o der Handheld Zebra 8500 mit zirkularpolarisierter Antenne
    - für UHF TAGs
- TAGs
  - o UHF
    - Confidex Ironside bei STB-Wänden, Trockenbau inkl. Vorsatzschalen
    - Inline Plate TAG für Trockenbau inkl. Vorsatzschalen
    - Confidex Survivor für Fixeinbau in Stahlbeton
  - o HF (NFC)
    - HID global 3,0 cm Ø / 5,0 cm Ø als Klebe-TAGs für Sichtflächen

##### Software:

- Die mobile App sowie Webapplikation (inkl. RFID-Datenbank)

##### Sonstiges:

- Maßband / Zollstab / Distometer zum Einmessen der Position (Höhe, Abstand)
- Spraydose und Kennzeichnungsschild für Markierung der TAG-Bereiche
- Silikon / Akkuschauber und Schrauben für Befestigung der TAGs
- Stoppuhr für Zeitmessung bei Verortung



Abb. 244: Testequipment für finale Tests auf Baustelle, S. 408

#### 4.4.6.2.2. Testsznarien – Baustelle

Gemeinsam mit TAGpilot wurden folgende verschiedene Testsznarien festgelegt. Die Tests wurden hierbei geschossweise konzipiert und je Bereich einzeln durchgeföhrt.

##### - Testsznario A (TeSz A1-a2) UG2

- o UG2 Bereich
  - Einlagerungsraum für TOP001 (A1)
  - Einlagerungsraum für TOP002 (A2)

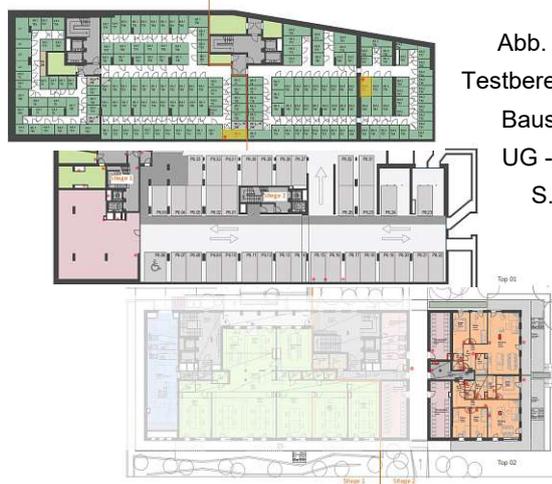


Abb. 245:  
Testbereiche  
Baustelle  
UG - EG,  
S. 408

##### - Testsznario B (TeSz B1-B8) UG1

- o UG1 Bereich
  - Fahrradraum bei Tiefgarage (B1)
  - Schleusen (B2-B4)
    - vor Aufzug (B2), zu Technikräumen (B3), zu Garage (B4)
  - Technikräume (B5-B7)
    - FW (B5), Strom (B6), Wasser (B7)
  - Garage (B8)
    - Stellplätze – Gehwege – Fahrbahn (B8)

##### - Testsznario C (TeSz C1-C5) EG-1/2

- o EG Bereich
  - Stg2 Durchgang Hof zu Bpl.5 (C1)
  - Fahrradraum Durchgang (C2)
  - Vorraum TOP001-002 (C3)
  - TOP001 sowie TOP002 Gesamt (C4-5)

Aus entwicklungstechnischer Hinsicht können nur die hier angegebenen Details zu den Tests preisgegeben werden.

#### Testziele für alle 3 Testsznarien (A, B, C)

Als Testziele waren der TAG-Einbau bzw. die TAG-Verortung, das TAG-Erfassen sowie das Bearbeiten der Detail-Punkte in der mobilen App bzgl. SOLL-IST-Vergleich sowie die Bau-fortschrittsanzeige und Kontrolle der Punkte in der Webapplikation vorgesehen.

Controlling auf der Baustelle durch BH-ÖBA / Polier: Geringer Zeitaufwand; Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM) / Polier, im Sinne des BH-ÖBA / Polier-Honorars mit Pauschale abdeckbar.

Einzelpunkte im Detail:

- TAG Einbau / Verortung
  - o an der dafür vorgesehenen / alternativen Stelle lt. Plan

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

- Kennzeichnung des/der TAGs
- Dokumentation des Zeitaufwands bzgl. Einbau / Verortung in Sekunden
- TAG Pkt.
  - TAG Typ
  - TAG Level
  - Erfassen manuell / Scan TAG
  - Dokumentation der TAG-Erfassungszeit (Millisekunden – Sekunden)
- Mobile App / Webapplikation
  - Nach TAG-Scan soll Anzeige direkt in jeweilige Auswahl (Bereich bzw. Raum) springen
  - Vornehmen von SOLL-IST-Vergleich
  - Baufortschrittsanzeige für Bereiche ist auf dessen Funktionsweise zu kontrollieren
  - Webapplikation: Kontrolle bzgl. Erfassung der Punkte in der RFID-Datenbank
  - Dokumentation des Zeitaufwands bzgl. Erfassen / Kontrolle eines Punktes in Sekunden



Abb. 246: TAG Kennzeichnung, S. 408

#### 4.4.6.2.3. TeSz A1-A2: UG2

##### Bereich Einlagerungsraum TOP001 - 002

##### In Anwendung von

- **Mobiler App**
  - Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs
- **Webapplikation**
  - Kontrolle / Check
- **TAGs**
  - HF (NFC)
    - **HID global 3,0 cm Ø / 5,0 cm Ø als Klebe-TAGs für Sichtflächen**



Abb. 247: Testequipment und Testbereich UG2,  
S. 408

## Testziele

Siehe Testszzenarien (A, B, C) Kapitel 4.4.6.2.2.

## Tests

A1-A2   UG2		ER TOP001 (A1)				ER TOP002 (A2)			
<b>TeSz A1-A2: UG2</b> <b>Bereich Einlagerungsraum TOP001 - 002</b>		<b>Test mit Mobiler App / Webapplikation</b> Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs / Handheld für UHF TAGs <b>TAGs</b> HF (NFC) HID global 3,0 cm u 5,0 cm Ø als Klebe TAGs für Sichtflächen UHF Confidex bronze u Inline Plate FTB, VS abg-D u BA / u Confidex Survivor f STB							
<b>Lfd.Nr.</b>	<b>TAG Einbau / Verortung</b>	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein				
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	50		40					
<b>Lfd.Nr.</b>	<b>TAG</b>								
4	TAG Typ	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF				
5	TAG Level	Master		Master					
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
8	TAG Erfassungzeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden				
<b>Lfd.Nr.</b>	<b>Mobiler App / Webapplikation</b>								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein				
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	15		10					

Tab. 007: RFID-Raumbuch Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle, S. 412

## Testergebnisse

### TeSz A1-A2: UG2

### Bereich Einlagerungsraum TOP001 – 002

In Anwendung von

- mobiler App
  - o Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs
- Webapplikation
  - o Kontrolle / Check
- TAGs
  - o HF (NFC)
    - HID global 3,0 cm Ø / 5,0 cm Ø als Klebe-TAGs für Sichtflächen

TAG-Einbau / -Verortung

- Konnten an der dafür vorgesehenen Stelle lt. Planung durchgeführt werden.
- Die Kennzeichnung der TAGs wurde durchgeführt.
- Der Zeitaufwand für die Verortung – mit vorher stattgefundenener Initialisierung – der HF (NFC) TAGs an der jeweiligen STB-Wand betrug im Schnitt ca. 45 sek. /TAG (TAG einmessen, Untergrund reinigen, TAG-Auswahl, Kleber auftragen, TAG verorten, Kennzeichnung des TAGs, Endkontrolle)

TAG Pkt.

- Als TAG-Typen wurden hier HF (NFC) 3,0 cm Ø sowie 5,0 cm Ø verwendet.
- Diese wurden wie geplant auf Master TAG Ebene verortet.
  - o Eine Zusammenfassung auf Star TAG Ebene wäre optional möglich;

- Das manuelle Erfassen / Zuordnen war möglich, indem das Scannen der TAGs mit dem Mobiltelefon HF (NFC).
- Die diesbezügliche Erfassungszeit dauerte – wie vorgesehen – lediglich Millisekunden.

#### mobile App / Webapplikation

- Nach dem TAG-Scan sprang die Anzeige – wie angedacht – direkt in den jeweiligen Bereich bzw. Raum,
  - o spricht auf die Master TAG Ebene; dieser Pkt. war sauber erledigt.
- Von dort aus konnte die Detailauswahl für Boden, Decke und Wand – im Sinne des SOLL-IST-Vergleichs – vorgenommen werden:
  - o die jeweilige Qualität, z.B. Decke, wurde ausgewählt,
  - o daraufhin wurde neben dem SOLL-Datum, auch das IST-Datum als Jahr und Kalenderwoche ausgewählt sowie
  - o der zugehörige Status, mit den Optionen „offen“, „in Arbeit“ oder „erledigt“, angeklickt.

Mit dem Button „Zurück“ konnte auf das Hauptmenü gewechselt werden, um von dort weitere SOLL-IST-Vergleiche für Decken und Wände zu generieren.

- Unter dem Menü-Pkt. Baufortschrittskontrolle wurden die identen Daten, und zwar in %-Form, wie jene im Menü-Pkt. Detail angezeigt:
  - o Ein Vergleich zu einem vorherigen Datum konnte am Tag der Installation, zu Rohbaubeginn, nicht vorgenommen werden, da keine Vergleichsdaten vorlagen.
  - o Erst im weiteren Verlauf des Rohbaus bzw. Ausbaus (Fenster, Trockenbau, HKLS-E-Leistungen usw.) konnte dies getestet und sukzessive angewendet werden; dies hat gut funktioniert.
- Nun stand noch die Kontrolle der Daten in der Webapplikation an:
  - o Alle Daten wurden rasch und sauber in die RFID-Datenbank übertragen.
- Der Zeitaufwand für das Erfassen und die Kontrolle eines Punktes in der mobilen App, inkl. der SOLL-IST-Vergleich Einträge, lag im Schnitt bei ca. 9 sek.
  - o Eine schnelle, effiziente und einfache Handhabung war also möglich.

Nach Aussage des Poliers ist dies bzgl. SOLL-IST-Vergleich, Abnahmen usw. ein wirklicher Fortschritt und bedeutet vor allem eine enorme Arbeits- und Zeitersparnis im Vergleich zur klassischen Methode (mit Stift und Papiereinsatz), bei der man inkl. Nachbearbeitung einer eigenen Messung zufolge auf ca. 2-3 Minuten pro Überprüfung kam.

Das System hat einwandfrei funktioniert.

Diese Ergebnisse bei den finalen Tests des RFID-Raumbuch Prototyps vor Ort auf der Baustelle für TeSz A1-A2 UG2 unter realen Bedingungen und bei Verwendung von HF (NFC) TAGs zeigten auf, dass es möglich war/ist, SOLL-IST-Vergleiche für das Baustellencontrolling, „Just in Time“ zu generieren.

- Der Nachweis galt/gilt als erfüllt.



#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp



Abb. 249: Testequipment und Testbereich UG1, S. 408

### Testziele

Siehe Testszenerien (A, B, C) Kapitel 4.4.6.2.2.

### Tests

TeSz B1-B8: UG1		Bereich Fahrradraum, Schleuse vor Aufzug, Schleuse zu Technik u Garage, Technikräume, Garage		Test mit Mobilem App / Webapplikation		Mobilesen für HF (NFC) TAGs / Handheld für UHF TAGs	
B1   B8   UG1		Fahrrad Stg Garage (B1)		Schacht 1,6 Fahrradraum (B1)		Garage - Rastst (B8)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		Möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		Möglich
1b	An Alternativer Stelle	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein		Ja
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	45		62			60 (Ist zu höherem Zeitpunkt einbezogen)
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF (UHF) 3,0 cm Ø	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF (UHF) 3,0 cm Ø	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF (UHF) 3,0 cm Ø
4	TAG Typ	Master	Slave	Master	Slave	Master	Slave
5	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
6	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	TAG Erfassungszzeit	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation						
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Ansicht	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-ST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines PK in sek.	12		18			5
B2-B4   UG1		Schleuse vor Aufzug (B2)		Schleuse zu Technik (B3)		Schleuse zu Garage (B4)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	42		45		48	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF (UHF) 3,0 cm Ø	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF (UHF) 3,0 cm Ø	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF (UHF) 3,0 cm Ø
4	TAG Typ	Master	Slave	Master	Slave	Master	Slave
5	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
6	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	TAG Erfassungszzeit	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation						
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Ansicht	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-ST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines PK in sek.	8		6		11	
B5-B7   UG1		Technik Fernwärme (B5)		Schacht 7 Fernwärme (B5)		Technik Strom (B6)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	41		55		50	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF (UHF) 5,0 cm Ø	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF (UHF) 3,0 cm Ø	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF (UHF) 5,0 cm Ø
4	TAG Typ	Master	Slave	Master	Slave	Master	Slave
5	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
6	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	TAG Erfassungszzeit	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation						
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Ansicht	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-ST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines PK in sek.	9		12		10	

Tab. 007: RFID-Raumbuch Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle, S. 412

### Testergebnisse

TeSz B1-B8: UG1

Bereich Fahrradraum, Schleuse vor Aufzug, Schleuse zu Technik und Garage, Technikräume, Garage

In Anwendung von

- mobiler App
  - o Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs
  - o Handheld für UHF TAGs
- Webapplikation
  - o Kontrolle / Check
- TAGs
  - o HF (NFC)
    - HID global 3,0 cm Ø / 5,0 cm Ø als Klebe-TAGs für Sichtflächen
  - o UHF
    - Confidex Survivor für Fixeinbau in Stahlbeton

#### TAG Einbau / Verortung

- Konnte wie bei Test A1-A2 an der dafür vorgesehenen Stelle lt. Planung durchgeführt werden.
- Die Kennzeichnung der TAGs wurde durchgeführt.
- Der Zeitaufwand für die Verortung – mit vorher stattgefundenener Initialisierung – der HF (NFC) TAGs an den Sichtflächen der STB-Wänden betrug auch hier im Schnitt ca. 45 sek. /TAG (TAG einmessen, Untergrund reinigen, TAG-Auswahl, Kleber auftragen, TAG verorten, Endkontrolle). Die UHF TAGs wurden bereits zu einem früheren Zeitpunkt, und zwar beim Herstellen der STB-Wände, miteinbetoniert; der Aufwand für die Verortung eines dieser TAGs belief sich auf ca. 60 sek. (TAG einmessen, TAG-Auswahl, Befestigung auf Bewehrung, Kennzeichnung des TAG, Endkontrolle des sauberen Sitzens vor Schließen der Schalung).

#### TAG Pkt.

- Als TAG-Typen wurden hier ebenso HF (NFC) 3,0 cm Ø sowie 5,0 cm Ø und UHF Confidex Survivor verwendet.
- Dabei wurden wiederum, wie geplant, alle auf Master TAG Ebene verortet.
  - o Eine Zusammenfassung auf Star-TAG-Ebene wäre auch hier optional möglich;
- Das manuelle Erfassen / Zuordnen war möglich, idem das Scannen der TAGs mit dem Mobiltelefon HF (NFC) sowie dem Handheld (UHF).
- Die diesbezügliche Erfassungszeit dauerte – wie vorgesehen – nur Millisekunden

#### mobile App / Webapplikation

- Nach dem TAG Scan sprang auch hier die Anzeige – wie angedacht – direkt in den jeweiligen Bereich bzw. Raum,
  - o spricht auf die Master-TAG-Ebene bei den HF (NFC) TAGs; dieser Pkt. war sauber erledigt.
  - o auf die Star-TAG-Ebene bei den UHF TAGs; dieser Pkt. war sauber erledigt.
- Von dort aus konnte wiederum die Detailauswahl für Boden, Decke und Wand – im Sinne des SOLL-IST-Vergleichs – vorgenommen werden:

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

- die jeweilige Qualität, z.B. Boden, wurde angewählt,
- daraufhin wurde neben dem SOLL-Datum, auch das IST-Datum als Jahr und Kalenderwoche ausgewählt sowie
- der zugehörige Status, mit den Optionen „offen“, „in Arbeit“ oder „erledigt“ angeklickt.

Mit dem Button „Zurück“ konnte auf das Hauptmenü gewechselt werden, um von dort weitere SOLL-IST-Vergleiche für Decken und Wände zu generieren .



Abb. 250: Testauswertung RFID-Raumbuch Prototyp UG1, S. 408

- Unter dem Menü-Pkt. Baufortschrittskontrolle wurden die identen Daten, und zwar in %-Form, wie jene im Menü-Pkt. Detail angezeigt:
  - Ein Vergleich zu einem vorherigen Datum konnte aber auch hier am Tag der Installation zu Rohbaubeginn nicht vorgenommen werden, da keine Vergleichsdaten vorlagen.
  - Erst im weiteren Verlauf des Rohbaus bzw. Ausbaus konnte dies getestet und sukzessive angewendet werden; dies hat auch hier gut funktioniert.
- Nun stand noch die Kontrolle der Daten in der Webapplikation an:
  - Alle Daten wurden rasch und sauber in die RFID-Datenbank übertragen.
- Der Zeitaufwand für das Erfassen und die Kontrolle eines Punktes in der mobilen App, inkl. der Einträge für den SOLL-IST-Vergleich, lag im Schnitt bei ca. 10 sek.
  - Eine schnelle, effiziente und einfache Handhabung war also möglich.

Im Vergleich dazu benötigte man bei Verwendung der klassischen Variante hierfür ca. 3 Minuten.

Das System funktioniert einwandfrei.

Diese Ergebnisse bei den finalen Tests des RFID-Raumbuch Prototyps vor Ort auf der Baustelle für TeSz B1-B8 UG1 unter realen Bedingungen und Verwendung von HF (NFC) sowie UHF TAGs zeigten auf, dass es möglich war/ist, SOLL-IST-Vergleiche für das Baustellencontrolling, „Just in Time“ zu generieren.

- Der Nachweis galt/gilt als erfüllt.

#### 4.4.6.2.5. TeSz C1-C3: EG-1

Bereich Durchgang Hof zu Bpl.5, Fahrradraum Durchgang, Gang zu Whg TOP001-002

##### In Anwendung von

- **mobiler App**
  - o Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs
  - o Handheld für UHF TAGs
- **Webapplikation**
  - o Kontrolle / Check
- **TAGs**
  - o **HF (NFC)**
    - HID global 5,0 cm Ø als Klebe TAGs für Sichtflächen
  - o **UHF**
    - Confidex Ironside bei STB-Wänden, Trockenbau inkl. Vorsatzschalen
    - Inline Plate TAG für Trockenbau inkl. Vorsatzschalen



Abb. 251: Testequipment und Testbereich EG-1, S. 408

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

### Testziele

Siehe Testszenarien (A, B, C) Kapitel 4.4.6.2.2.

### Tests

Tab. 007: RFID-Raumbuch Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle, S. 412

TeSz C1-C3: EG-1 Durchgang Hof zu Bpl5, Fahrradraum Durchgang, Gang zu Whg TOP001-002		Test mit Mobiler App / Webapplikation Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs / Handheld für UHF TAGs					
		TAGs					
		HF (NFC)		UHF Confidex Ironside		UHF Confidex Sunflower 1 STB	
		HID global 5,0 cm Ø als Klebe TAGs für Sichtflächen UHF Confidex Ironside u Inline Plate / TB, VS abg-Ø u BA1					
C1-C2	Durchgang Hof Ost-West (C1)	Fahrrad4 Stg2 zu Hof (C2)		Schach24 Fahrrad4 (C3)			
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung						
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zelaufwand für Einbau und Verortung in sek.	40		45		52	
Lfd.Nr.	TAG						
4	TAG Typ	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Inline-Plate	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Inline-Plate
5	TAG Level	Master		Master		Master	
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungzeit	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobiler App / Webapplikation						
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl!	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-ST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zelaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	12		8		10	
C3	Gang zu Whg EG Durchg (C3)	Schach27 Gang zu Whg (C3)					
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung						
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein		
3	Zelaufwand für Einbau und Verortung in sek.	45		50			
Lfd.Nr.	TAG						
4	TAG Typ	HF (NFC) 5,0 cm Ø	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Inline-Plate	UHF Inline-Plate		
5	TAG Level	Master		Master			
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
8	TAG Erfassungzeit	Milisek	Sekunden	Milisek	Sekunden		
Lfd.Nr.	Mobiler App / Webapplikation						
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl!	Ja	Nein	Ja	Nein		
10	SOLL-ST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
13	Zelaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	10		8			

### Testergebnisse

#### TeSz C1-C3: EG-1

#### Bereich Durchgang Hof zu Bpl.5, Fahrradraum Durchgang, Gang zu Whg TOP001-002

In Anwendung von

- mobiler App
  - o Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs
  - o Handheld für UHF TAGs
- Webapplikation
  - o Kontrolle / Check
- TAGs
  - o HF (NFC)
    - HID global 5,0 cm Ø als Klebe TAGs für Sichtflächen
  - o UHF
    - Confidex Ironside bei STB-Wänden, Trockenbau inkl. Vorsatzschalen
    - Inline Plate TAG für Trockenbau inkl. Vorsatzschalen

TAG Einbau / Verortung

- Konnte an der dafür vorgesehenen Stelle lt. Planung durchgeführt werden.

- Die Kennzeichnung der TAGs wurde durchgeführt.
- Der Zeitaufwand für die Verortung – mit vorher stattgefundenener Initialisierung – der HF (NFC) TAGs an den Sichtflächen der STB-Wänden sowie UHF TAGs, betrug hier im Schnitt idem ca. 45 sek./TAG (TAG einmessen, Untergrund reinigen, TAG Auswahl, Kleber auftragen, TAG verorten, Kennzeichnung des TAG, Endkontrolle).

#### TAG Pkt.

- Als TAG-Typen wurden hier der HF (NFC) 5,0 cm Ø sowie UHF Confidex Ironside und der UHF Inline Plate verwendet.
- Dabei wurden wiederum alle auf Master TAG Ebene verortet.
  - o Eine Zusammenfassung auf Star TAG Ebene wäre auch hier optional möglich;
- Das manuelle Erfassen / Zuordnen war möglich; idem das Scannen der TAGs mit dem Mobiltelefon HF (NFC) sowie dem Handheld (UHF).
- Die diesbezügliche Erfassungszeit dauerte – wie vorgesehen – auch hier nur Millisekunden

#### mobile App / Webapplikation

- Nach dem TAG Scan sprang auch hier die Anzeige direkt in den jeweiligen Bereich bzw. Raum,
  - o sprich auf die Master TAG Ebene bei den HF (NFC) sowie UHF TAGs; dieser Pkt. war sauber erledigt.
- Von dort aus konnte die Detailauswahl für Boden, Decke und Wand – im Sinne des SOLL-IST-Vergleichs – vorgenommen werden:
  - o die jeweilige Qualität, z.B. Wand, wurde ausgewählt,
  - o daraufhin wurde neben dem SOLL-Datum auch das IST-Datum als Jahr und Kalenderwoche ausgewählt sowie
  - o der zugehörige Status, mit den Optionen „offen“, „in Arbeit“ oder „erledigt“ angeklickt.

Mit dem Button „Zurück“ konnte auf das Hauptmenü gewechselt werden, um von dort weitere SOLL-IST-Vergleiche für Decken und Wände zu generieren.

- Unter dem Menü-Pkt. Baufortschrittskontrolle wurden die identen Daten, und zwar in %-Form, wie jene im Menü-Pkt. Detail angezeigt:
  - o Ein Vergleich zu einem vorherigen Datum konnte auch hier am Tag der Installation zu Rohbaubeginn nicht vorgenommen werden, da keine Vergleichsdaten vorlagen.
  - o Erst im weiteren Verlauf des Rohbaus bzw. Ausbaus konnte dies nachgeholt werden; dies hat auch hier gut funktioniert.
- Die Kontrolle der Daten in der Webapplikation stand noch an:
  - o Alle Daten wurden rasch und sauber in die RFID-Datenbank übertragen.
- Der Zeitaufwand für das Erfassen und die Kontrolle eines Punktes in der mobilen App, inkl. der Einträge für den SOLL-IST-Vergleich, lag auch hier im Schnitt bei nur ca. 8 sek.

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

- Eine schnelle, effiziente und einfache Handhabung war also möglich.

Im Vergleich dazu benötigte man bei Verwendung der klassischen Variante hierfür ca. 2-3 Minuten.

Das System hat einwandfrei funktioniert.

Diese Ergebnisse bei den finalen Tests des RFID-Raumbuch Prototyps vor Ort auf der Baustelle für TeSz C1-C3 EG-1 unter realen Bedingungen und Verwendung von HF (NFC) sowie UHF TAGs zeigten auf, dass es möglich war/ist, SOLL-IST-Vergleiche für das Baustellencontrolling „Just in Time“ zu generieren.

- Der Nachweis galt/gilt als erfüllt.

Abb. 252: Testauswertung RFID-Raumbuch Prototyp EG-1, S. 408

Raum-Modul	
BT06-EG-02-Erschließung	
Datum:	09.04.21 15.05.21
Schleusen-Gänge-Stgh EG	24% 29%
Gang zu Whg EG u Durchgang	24% 29%
Zugangswege Außen EG	0% 22%
Hofweg FW-Zuf No-Sü v Stg2 bis	0% 0%
Durchg	
Durchgang Gebäude Bp16	0% 24%
Weg durch Freiraum kurvig Süden	0% 0%

Phase Bau	
Detail - Gewerke	
L3 Detail-TAG Wand-1	
3.29.1	22-29
HB-LG48: Malerei 2-mal, Latex Farbe It W	
ahl Arch	
3.29.2	21-29
HB-LG10: Putz Mineralisch	
3.29.3	21-27
HB-LG47: WDVS Mineralwolle	
3.29.4	20-52
HB-LG07: STB roh	20-52

#### 4.4.6.2.6. TeSz C4-C5: EG-2

##### Bereich TOP001-002

##### In Anwendung von

- mobiler App
  - Handheld für UHF TAGs
- Webapplikation
  - Kontrolle / Check
- TAGs
  - UHF
    - Confidex Ironside bei Trockenbau inkl. Vorsatzschalen
    - Inline Plate TAG für Trockenbau inkl. Vorsatzschalen



- Webapplikation
  - o Kontrolle / Check
- TAGs
  - o UHF
    - Confidex Ironside bei Trockenbau inkl. Vorsatzschalen
    - Inline Plate TAG für Trockenbau inkl. Vorsatzschalen

##### TAG Einbau / Verortung

- Konnte an der dafür vorgesehenen Stelle lt. Planung durchgeführt werden.
- Die Kennzeichnung der TAGs wurde durchgeführt.
- Der Zeitaufwand für die Verortung der UHF TAGs betrug hier im Schnitt ca. 45 sek./TAG (für TAG einmessen, Untergrund reinigen, TAG-Auswahl, Kleber auftragen, TAG verorten, Kennzeichnung des TAG, Endkontrolle).

##### TAG Pkt.

- Als TAG Typen wurden hier der UHF Confidex Ironside und der UHF Inline Plate verwendet.
- Die UHF Ironside wurden auf Master TAG Ebene in 110 cm Höhe, der UHF Inline Plate auf Star TAG Ebene in 160 cm Höhe verortet.
  - o Eine Zusammenfassung auf Star TAG Ebene wäre auch hier optional machbar;
- Das manuelle Erfassen / Zuordnen war möglich, idem das Scannen der TAGs mit dem Handheld (UHF).
- Die diesbezügliche Erfassungszeit dauerte – wie vorgesehen – nur Millisekunden.

##### mobile App / Webapplikation

- Nach dem TAG-Scan sprang auch hier die Anzeige – wie angedacht – direkt in den jeweiligen Bereich bzw. Raum,
  - o spricht auf die Master- / Star TAG-Ebene; dieser Pkt. war sauber erledigt.
- Von dort aus konnte die Detailauswahl für Boden, Decke und Wand – im Sinne des SOLL-IST-Vergleichs – vorgenommen werden:
  - o die jeweilige Qualität, z.B. Wand, wurde ausgewählt,
  - o daraufhin wurde neben dem SOLL-Datum auch das IST-Datum als Jahr und Kalenderwoche ausgewählt sowie
  - o der zugehörige Status „offen“, „in Arbeit“ oder „erledigt“ angeklickt.

Mit dem Button „Zurück“ konnte auf das Hauptmenü gewechselt werden, um von dort weitere SOLL-IST-Vergleiche für Decken und Wände zu generieren.

- Unter dem Menü-Pkt. *Baufortschrittskontrolle* wurden die identen Daten, und zwar in %-Form, wie jene im Menü-Pkt. *Detail* angezeigt:
  - o Ein Vergleich zu einem vorherigen Datum konnte auch hier am Tag der Installation zu Rohbaubeginn nicht vorgenommen werden, da keine Vergleichsdaten vorlagen.
  - o Erst im weiteren Verlauf des Rohbaus bzw. Ausbaus konnte dies nachgeholt werden; dies hat sehr gut funktioniert.
- Die Kontrolle der Daten in der Webapplikation stand noch an:
  - o Alle Daten wurden rasch und sauber in die RFID-Datenbank übertragen.
- Der Zeitaufwand für das Erfassen und die Kontrolle eines Punktes in der mobilen App, inkl. der Einträge für den SOLL-IST-Vergleich, lag auch hier im Schnitt bei ca. 8 sek.

#### 4. RFID-Raumbuch Prototyp

- Eine schnelle, effiziente und einfache Handhabung war also möglich.

Im Vergleich dazu benötigte man bei der Verwendung der klassischen Variante hier wiederum ca. 2-3 Minuten.

Das System hat einwandfrei funktioniert;

Diese Ergebnisse bei den finalen Tests des RFID-Raumbuch Prototyps vor Ort auf der Baustelle für TeSz C4-C5 EG-2 unter realen Bedingungen und Verwendung von UHF TAGs zeigten auf, dass es möglich war/ist, SOLL-IST-Vergleiche für das Baustellencontrolling „Just in Time“ zu generieren.

- Der Nachweis galt/als erfüllt.

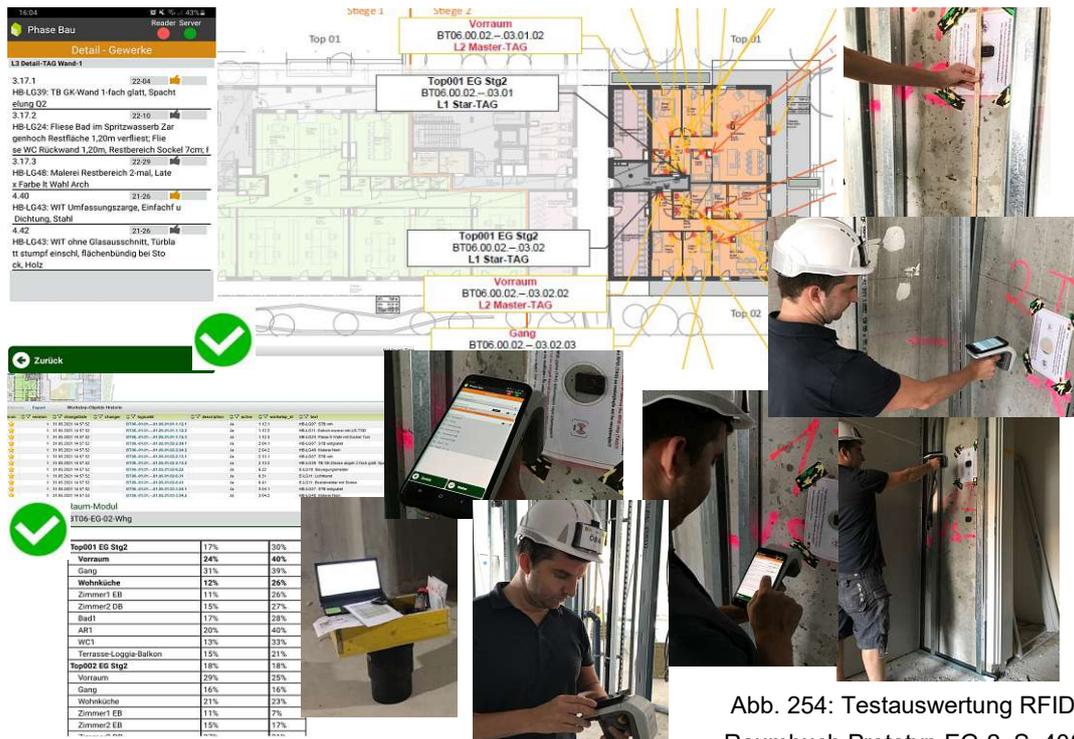


Abb. 254: Testauswertung RFID-Raumbuch Prototyp EG-2, S. 408

In Kapitel 4 Raumbuch Klassisch – RFID wurde aufgezeigt, dass Raumbücher in jeder beliebigen Phase des Lebenszyklus mit ihren Datenstrukturen angewandt werden können und durch die Weiterentwicklung vom klassischen Raumbuch zum RFID-Raumbuch das bis dato vorhandene Schnittstellenproblem sowie viele Informationsverluste auch reell überwunden werden können.

Im Teilabschnitt RFID-Raumbuch Prototyp in der Phase Bau kann – aufbauend auf jeden einzelnen Teilbereich, der durchgeführten Tests und detailliert vorliegenden Testergebnisse – letztendlich resümiert werden, dass der RFID-Raumbuch Prototyp, den es bis dato noch nicht gab, funktioniert und es möglich ist, „Just in Time“ SOLL-IST-Vergleiche für das Baustellencontrolling durchzuführen.

Durch die Verwendung der RFID-Technologie und seiner mannigfaltigen Optimierungspotentiale wird das Controlling am Bau bzgl. dem Faktor Zeit revolutioniert.

Dargelegte Parameter bzgl. Zeit und Kosten in der Planung und am Bau machen das RFID-Raumbuch in seiner Anwendung greifbarer.

Mehr dazu in der ausführlichen Conclusio in Kapitel 6.



## 5. RFID & BIM / RFID & Robotik

### 5.1. Allgemein

In Kapitel 5 wurde im Zuge der Ausarbeitung des RFID-Raumbuch Prototyps hinsichtlich der Digitalisierung von Baustellen parallel dazu noch versucht, die Themen BIM, sowie Robotik - #Robohund (am Boden) und - #Drohne (in der Luft) mit dem Thema RFID am Bau zu verknüpfen bzw. dort zu implementieren, wie auch in ihrem Kontext in die Arbeit zu integrieren.

#### 5.1.1. RFID & BIM / RFID & Robotik Initiierung

In weiterer Folge werden nun

- nach Darlegung des Brainstorming – der Collage – des Konzepts in Kapitel 4.4.1.1. und
- der Prozessanalyse in Kapitel 4.4.1.2. sowie
- des Prozessdiagramms in Kapitel 4.4.1.3.,

weitere wichtige Vorbereitungsschritte für RFID & BIM sowie RFID & Robotik - #Robohund, - #Drohne-Vermessung, betrachtet.

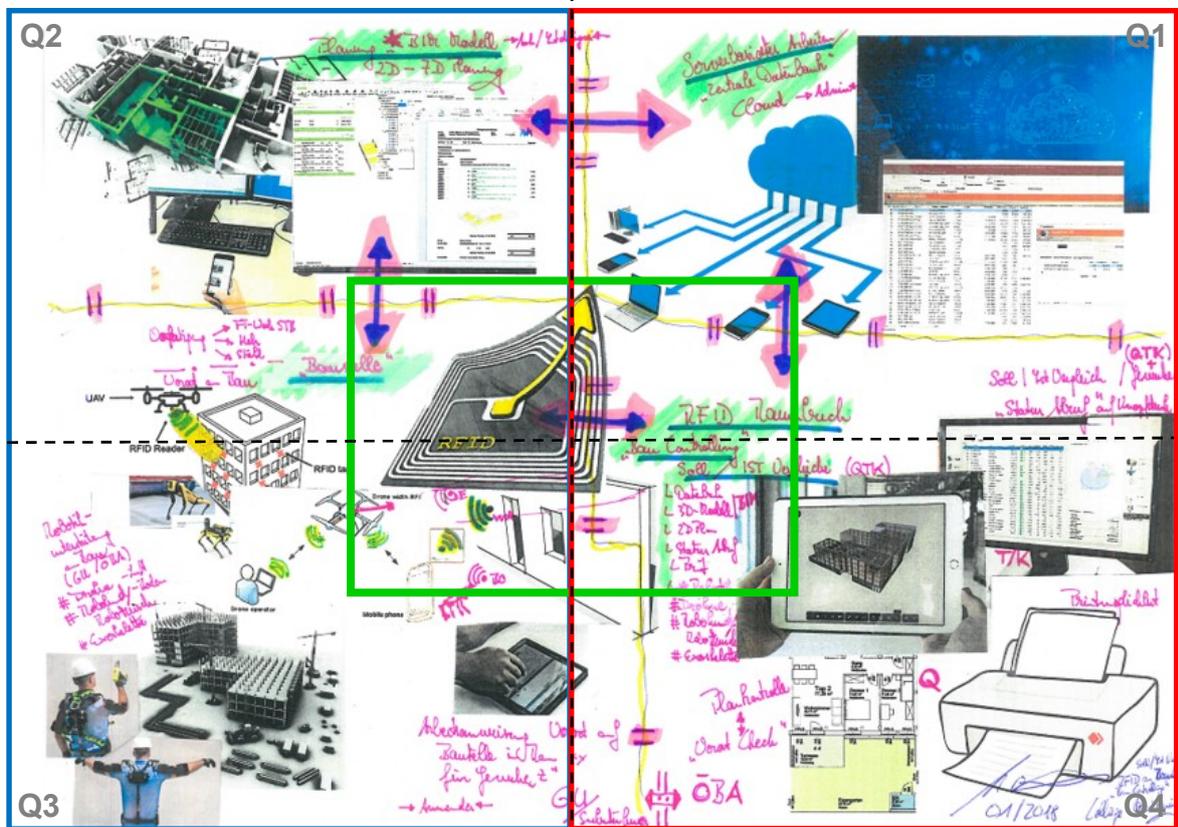


Abb. 001: Collage RFID am Bau / RFID-Raumbuch Dissertation Kamenschek 2018, S. 398

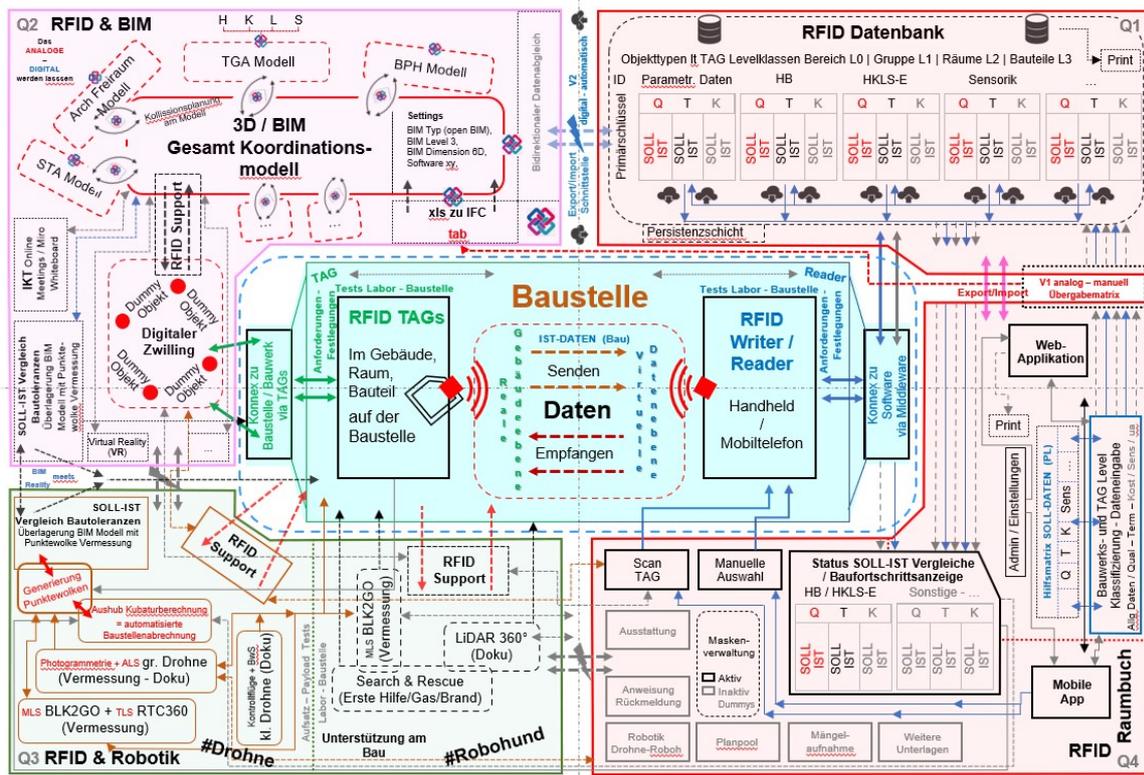


Abb. 140: RFID-Raumbuch Prozessdiagramm, S. 405

Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020 ©

## 5.1.2. RFID & BIM / RFID & Robotik - Organisatorische Vorbereitungen

### 5.1.2.1. Bauvorhaben – Forschungsprojekt (POC)

Wie dargelegt, war für den RFID-Raumbuch Prototyp bereits ein adäquates Bauvorhaben einschließlich der zu erfüllenden Anforderungen an die Testbereiche gefunden worden.

Dasselbe Bauwerk THEOs konnte auch für die Themen BIM und Robotik - #Robohund, - #Drohne-Vermessung genutzt werden, die im Zuge eigener kleiner Forschungsprojekte dem Hauptthema RFID-Raumbuch Prototyp – im Sinne der Dissertation – untergeordnet waren.

### 5.1.2.2. Projektpartner (POC)

#### Anforderungsscheck

Es galt nun auch in diesen Fachbereichen, den Markt nach potentiellen Partnern zu sondieren und jene aufzugreifen, die sich zur Idee des Autors bekannten, bereit waren „etwas Neues zu schaffen“ und ihn bei den Spezialthemen BIM & Robotik unterstützten.

Von vornherein stand auch hier fest, dass ohne adäquate Partner – mit dem notwendigen Wissen und entsprechender Handschlagqualität – die Umsetzung schwer machbar gewesen wäre.

#### Projektpartner RFID & BIM | FCP (Wien – A)

Die diesbezügliche Suche gestaltete sich relativ einfach, denn der Autor kannte das Unternehmen FCP aus seiner beruflichen Vergangenheit im BH-Projektmanagement und wusste somit, dass es in den Bereichen Planung und BIM über sehr viel Know-How verfügte. Zudem

gehört die Firma FCP in diesem Bereich zu den Top-Playern der Ingenieurbüros, wickelt das Unternehmen doch weltweit Projekte ab.

In einem gemeinsamen Kick-Off-Termin stellte der Autor den Geschäftsführern des Unternehmens seine Idee, die Entwicklung eines RFID-Raumbuchs als Prototyp inkl. SOLL-IST-Vergleich in der Phase Bau sowie den weiteren Forschungsansatz der Implementierung von RFID in BIM und dessen angedachte Testung am Projekt THEOs in der Spallartgasse 17-19, 1140 Wien auf Bpl.6-7 anhand seiner Collage vor.

- FCP fand die dargelegte Idee des RFID-Raumbuch Prototyps sowie den diesbezüglichen Versuch, RFID in BIM zu implementieren, sehr spannend und zukunftsfähig.
- Auf die Vorgabe des Autors hin wurde eine gemeinsame Verschwiegenheitserklärung unterzeichnet, die das geistige Eigentum seiner Arbeit schützt.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

Weiters wurde

- seitens des Autors in Absprache mit der TU Wien angeregt, eine Kooperation zwischen FCP, ihm und der TU Wien im Bereich RFID-Forschung und Entwicklung, dem Abhalten von Vorträgen im Rahmen Industrie 4.0, IoT, Netzwerken, einzugehen.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

### **Projektpartner RFID & Robotik - #Robohund | RHOMBERG (Vorarlberg – A)**

Diesbezüglich gestaltete sich die Suche etwas schwieriger, denn Unternehmen zu finden, die mit Robotern arbeiten oder diese entwickeln, gab es nicht allzu viele.

- In diesem Sinne wandte sich der Autor direkt an das Unternehmen Boston Dynamics (zuständig für die Entwicklung von Robohunden und anderer Humanoid-Roboter, auch für militärische Zwecke) und stellte die Anfrage, ob denn im Sinne von Forschung & Entwicklung Interesse vorhanden wäre, sich bei seiner Dissertation im Bereich Robotik einzubringen.
  - o Er bekam eine Absage, mit der Begründung, dass Boston Dynamics ausreichend Forschungsprojekte mit dem Robohund am Laufen hatte.

Die Suche ging weiter und gemäß weiterer Recherche im Internet stieß der Autor auf das Unternehmen Rhomberg aus Vorarlberg; dieses hatte sich 2 Robohunde für Testzwecke zugelegt, und zwar jeweils für den Einsatz im Bahnbau und Hochbau.

- Rhomberg war das erste Unternehmen in Österreich, das im Jahr 2020 mit Experimenten zum Robohund begann.

Der Autor kontaktierte die Geschäftsführung von Rhomberg und stellte seine Idee, die Entwicklung eines RFID-Raumbuchs als Prototyp inkl. SOLL-IST-Vergleich in der Phase Bau sowie den weiteren Forschungsansatz der Implementierung von RFID in Robotik - #Robohund, - #Drohne am Bau und dessen angedachte Testung am Projekt THEOs in der Spallartgasse 17-19, 1140 Wien auf Bpl.6-7 sowie seine Collage vor.

- Rhomberg fand die Idee sehr gut und war von Anfang an ausgesprochen interessiert

daran, was das angedachte Austesten des Robohundes in Kombination mit RFID und weiterem Equipment auf genannter Baustelle im 14. Bezirk betraf.

- Einer der beiden Robohunde namens „Spot“ wurde für den Zeitraum des Forschungsprojekts stets auf Abruf und in Abstimmung mit dem zuständigen Projektleiter von Rhomberg zur Verfügung gestellt.
- Gemäß der Vorgabe des Autors wurde auch mit Rhomberg eine gemeinsame Verschwiegenheitserklärung unterzeichnet, die das geistige Eigentum seiner Arbeit schützt.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

Weiters wurde auch hier

- von seiner Seite in Absprache mit der TU Wien angeregt, eine Kooperation zwischen Rhomberg, ihm und der TU Wien im Bereich RFID-Forschung und Entwicklung, dem Abhalten von Vorträgen im Rahmen Industrie 4.0, IoT, Netzwerken, einzugehen.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

### **Projektpartner RFID & Robotik - #Drohne-Vermessung | KOPA (Wien – A)**

Hier gestaltete sich die Suche anfangs schwieriger. Der Autor begann die Zusammenarbeit mit einem Unternehmen, das sich nach relativ kurzer Zeit durch zahlreiche Fehlverhalten und No-Go's im Projekt (wie z.B. Nichteinhaltung von Terminen, Entwicklung und Versuch, Eigeninteressen gegen Vorgaben der Dissertation sowie des Projekts durchzusetzen usw.) disqualifizierte und sich somit als nicht adäquat erwies.

- Die Zusammenarbeit wurde rasch beendet.

Nichtsdestotrotz ging die Suche nach einem kompetenten Projektpartner weiter und mündete in Erfolg: das Vermessungsunternehmen KOPA konnte für die Spezialaufgaben gewonnen werden.

Der Autor kannte KOPA bereits von den Vermessungstätigkeiten des ÖBB-Tunnels bzgl. des Projekts Spallartgasse Bpl.6-7, wusste jedoch zu diesem Zeitpunkt nicht, dass das Unternehmen eine extrem hohe Kompetenz und außerordentliches Know-How im Bereich der Vermessung in Kombination mit Drohnen hatte.

In einem gemeinsamen Kick-Off-Termin stellte der Autor somit dem Junior Geschäftsführer des Unternehmens und dessen Projektleiter seine Idee, die Entwicklung eines RFID-Raumbuchs als Prototyp inkl. SOLL-IST-Vergleich in der Phase Bau sowie den weiteren Forschungsansatz der Implementierung von RFID und Drohnen-Vermessung und dessen angedachte Testung am Projekt THEOs in der Spallartgasse 17-19, 1140 Wien auf Bpl.6-7, sowie seine Collage vor.

- Auch KOPA fand die dargelegte und bis dato noch nicht existierende Idee der RFID-Raumbuch Prototypentwicklung sowie den diesbezüglichen Versuch, RFID mit Drohnen zu kombinieren, sehr spannend und hielt sie für ein zukunftsfähiges Thema.
- Gemäß der Vorgabe des Autors wurde auch mit KOPA eine gemeinsame Verschwiegenheitserklärung unterzeichnet, die das geistige Eigentum seiner Arbeit schützt.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

Weiters wurde auch hier

- seitens des Autors in Absprache mit der TU Wien angeregt, eine Kooperation zwischen KOPA, ihm und der TU Wien im Bereich RFID-Forschung und Entwicklung, dem Abhalten von Vorträgen im Rahmen Industrie 4.0, IoT, Netzwerken, einzugehen.
  - o Pkt. - Anforderung erledigt

Abschließend hierzu noch folgendes:

Alle drei Projektpartner – sprich FCP, Rhomberg und KOPA – bekannten sich, wie auch TAGnology/TAGpilot, zur Projektidee des Autors, und zwar der Entwicklung eines RFID-Raumbuch Prototyps in der Phase Bau, den es so noch nicht gab, sowie der Erforschung von RFID mit seinen tangierenden Bereichen BIM, Robotik - #Robohund, - #Drohne.

Darüber hinaus wird nach Fertigstellung der Dissertation bzw. des RFID-Raumbuch Prototyps eine weitere Zusammenarbeit in einem größeren Forschungsprojekt im Beisein oben genannter Unternehmen ins Auge gefasst.

Neben dem Hochbau im Wohn- & Industriebau kann sich dies auch noch über weitere Bereiche am Bau, wie z.B. Spezialbau, Brückenbau, Straßenbau und Tiefbau, Tunnelbau usw., erstrecken; also überall dort, wo man RFID anwenden und vertiefen könnte.

Auch bei RFID & BIM sowie RFID & Robotik im Bauwesen herrscht großer Forschungsbedarf, um Weiterentwicklungen zu ermöglichen.

Diese Dissertation kann bzw. soll auch hierzu als Basis-Leitfaden z.B. für zukünftige Bachelor- und Diplomarbeiten und sonstige wissenschaftliche Arbeiten sowie als Anlaufstelle für Studenten dienen, die Interesse haben, sich in diesem Themenbereich zu vertiefen.

## 5.2. RFID & BIM

### 5.2.1. BIM Allgemein

BIM ist die Abkürzung für Building Information Modeling: ein Begriff, der sehr stark von der Sicht- und Herangehensweise der Projektbeteiligten (BH, ÖBA, Architekt, Haustechniker, Statiker, weitere Konsulenten, GU, bis hin zum Facility Manager und Betreiber) abhängt.

#### 5.2.1.1. Begriffsdefinition

Wenn der Begriff BIM fällt, so spricht man von parametrischen Gebäudemodellen mit Attributen für sämtliche Elemente, wie etwa Boden, Decke, Wand, Zusatzobjekte, Ausstattungen usw. Diese Elemente können untereinander vernetzt, d.h. in Verbindung gebracht werden.

Das Unternehmen Autodesk hat den Begriff, seitens der Planung her, sehr stark und federführend geprägt.

Für BIM gibt es zahlreiche Begriffsdefinitionen; anbei die lt. Meinung des Autors passendste Variante:

Lt. buildingSMART versteht man unter BIM <sup>125</sup>

- *„die digitale Abbildung von physikalischen und funktionellen Eigenschaften und somit eine Methode der interdisziplinären Zusammenarbeit auf der Grundlage eines n-dimensionalen, virtuellen Abbilds des Bauwerks. Die Modelle sind dabei die konsistente Abbildung der Information, die eine zuverlässige Basis ist für relevante Entscheidungen und Leistungsvorhersagen treffen zu können.*
- In der Planung, im Bau und im Betrieb können relevante ökonomische und ökologische Auswirkungen (Quantität, Qualität, Kosten, Zeit, Umwelt) simuliert, bewertet und optimiert werden.“*

#### 5.2.1.2. BIM-Entwicklung <sup>126</sup> und Implementierung

Anbei die BIM-Entwicklung im Schnelldurchlauf

- 1957 USA, Pronto, die erste kommerzielle Software für computergestützte Fertigung (CAM) wurde von Dr. Patrick J. Hanratty erfunden.
- 1963 Sketchpad, das erste computergestützte Design (CAD) mit grafischer Benutzeroberfläche wurde von Ivan Sutherland entwickelt
- 1970 Ein Prototyp namens Building Description System (BDS) = Idee von parametrischen Design und 3D-Darstellungen wurde durch Charles M. Eastman erfunden.
- 1980 Der Computerexperte Gábor Bojár schmuggelte Apple Computer nach Ungarn und entwickelte ArchiCAD, später die erste BIM-fähige Software am PC.
- 1986 BIM wird als Begriff zum ersten Mal in einem Artikel von Robert Aish erwähnt.

<sup>125</sup> <https://www.buildingsmart.co.at/bim/glossar/>, aufgerufen am 09.10.20

<sup>126</sup> vgl. <https://diconnex.com/blog/2020/05/05/die-geschichte-von-building-information-modeling/>, aufgerufen am 09.10.20

- 1992 In einem Artikel von G.A van Nederveen und F. Tolman wurde der Sprung vom „Building Model“ zum „Building Information Modeling“ beschrieben. Verschiedene Modelle eines Bauwerks wurden von den Beteiligten zusammengetragen, um ein gemeinsames Bauwerksmodell zu formen.
- 2000 Entwicklung des Programms Revit von Autodesk, mit dem BIM vorangetrieben wurde.
- 2010 BIM durchdrang langsam den Markt; Europäische Gesetzgebung ebnete den Weg, um BIM als Methode / Werkzeug in die Planungs- und Baubranche zu implementieren
- 2020 BIM Anwendungen häufen sich; Gesetzgeber und Auftraggeber erkennen Mehrwert

### BIM Implementierung weltweit (Stand Jahr 2020) <sup>127</sup>

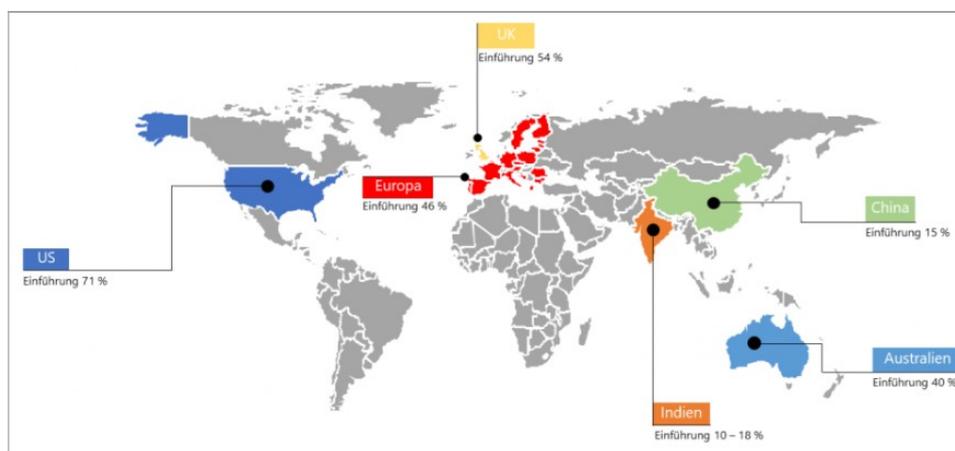


Abb. 257: BIM Implementierung weltweit, S. 408

USA 71% / UK 54% / Europa 46% / Australien 40% / China 15% / Indien 10-18%

Als Pioniere der BIM-Implementierung und deren Anwendung galten und zählen auch heutzutage noch die skandinavischen Länder Norwegen, Finnland, Dänemark und Schweden; diese setzten schon sehr früh auf den Austausch und die Übermittlung von Informationen unter Berücksichtigung internationaler Standards im Bauwesen (buildingSMART – IFC). Europa und die USA zogen diesbezüglich erst später nach.

### 5.2.1.3. BIM Basiswissen

#### 5.2.1.3.1. Datenaustauschformat IFC von buildingSMART

Die Organisation buildingSMART wurde gegründet, um einheitliche Standards (open BIM) in puncto Informationsaustausch auf BIM Basis zu kreieren.

Hierfür hat buildingSMART den IFC-Standard (Industry Foundation Classes), ein Basisdatenmodell für den modellbasierten Datenaustausch, entwickelt.

<sup>127</sup> vgl. <https://diconnex.com/blog/2020/05/05/die-geschichte-von-building-information-modeling/>, aufgerufen

am 09.10.20

### 5.2.1.3.2. BIM Typ - Matrix (open-closed BIM / little-big BIM)<sup>128</sup>

#### open BIM

Beim open BIM-Prozess handelt es sich um eine offene Vorgehensweise, bei der die Wahl des Bearbeitungswerkzeugs frei ist, die Planungspartner sich aber auf einer Planungsplattform koordinieren und austauschen können. Die Plattform und die Austauschformate sind in diesem Fall herstellerunabhängig. Für die Umsetzung eines Open BIM-Prozesses ist ein offenes Datenaustauschformat (z.B. IFC) notwendig.

#### closed BIM

Beim closed BIM-Prozess handelt es sich um eine geschlossene Vorgehensweise, bei der alle Planungsbeteiligten mit der gleichen Software in einem zentralen, gleichzeitig bearbeiteten Modell tätig sind. Ein grundsätzliches Problem der Closed BIM-Variante liegt darin, dass gewerkespezifische Modellanforderungen infolge der einheitlichen Planungssoftware nicht immer abbildbar sind. Zudem müssen alle Projektbeteiligten mit derselben Software arbeiten.

#### little BIM

Bei little BIM wird eine BIM-Software von einem einzigen Planer für dessen spezifische Planung genutzt. Dieses Modell wird nicht durch andere Planer weitergenutzt. Die BIM-Lösung verbleibt daher als Insellösung im spezifischen Tätigkeitsfeld eines Fachplaners. Das Potenzial einer interdisziplinären Nutzung des durchgängigen Gebäudemodells bleibt dabei unerschlossen.

#### big BIM

big BIM bezeichnet demgegenüber eine kollaborative, multidisziplinäre, modellbasierte Kommunikation zwischen allen Beteiligten über alle Lebenszyklusphasen hinweg.

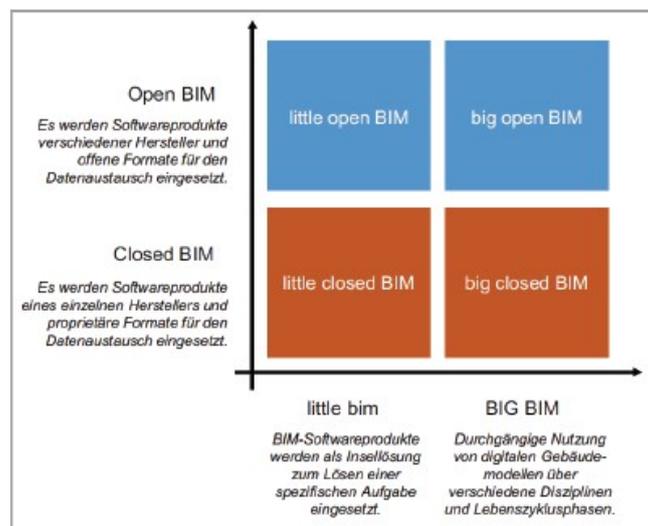


Abb. 258: BIM Modelliermatrix, S. 408

Die Tendenz – das Ziel in der Planung und am Bau besteht darin, zukünftig big open BIM zu etablieren.

<sup>128</sup> vgl. A. Borrmann et al., Building Information Modeling, 2015, S. 12 ff.

### 5.2.1.3.3. BIM Level <sup>129</sup>

#### **BIM Level 0 (CAD) – um das Jahr 1990 herum**

Level 0 beschreibt das konventionelle Arbeiten mit 2D-CAD und den Austausch von papiergedruckten Plänen.

#### **BIM Level 1 (2D – 3D) – um das Jahr 2000 herum**

Hier werden neben der 2D-Zeichnung auch 3D-Modelle erstellt. Es werden allerdings keine Vorgaben zu Datenformaten gemacht. Einzelne Daten werden versendet, eine zentrale Projektplattform existiert jedoch nicht, es wird an eigenen Teilmodellen gearbeitet.

#### **BIM Level 2 (BIMs) – um das Jahr 2010 herum**

Durchgängige Anwendung von 3D-BIM von allen Beteiligten. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Fachplaner jeweils eigene, voneinander unabhängige Modelle erzeugen, die jedoch regelmäßig miteinander abgeglichen werden. Der Datenaustausch basiert auf dem Austausch von Dateien, es kommen herstellerspezifische Formate zum Einsatz.

#### **BIM Level 3 (iBIM) – um das Jahr 2020 herum**

Vollständig integraler, gemeinschaftlicher Prozess der Modellierung eines virtuellen Gebäudemodells in Übereinstimmung mit der Ausführung für die Datenpflege über den gesamten Lebenszyklus in einem gemeinsamen, zentralen Datenmodell unter Einarbeitung von Sachdaten für weiterführende Informationen, die als zusätzliche Dimensionen beschrieben werden. Level 3 sieht die Umsetzung von big open BIM vor.

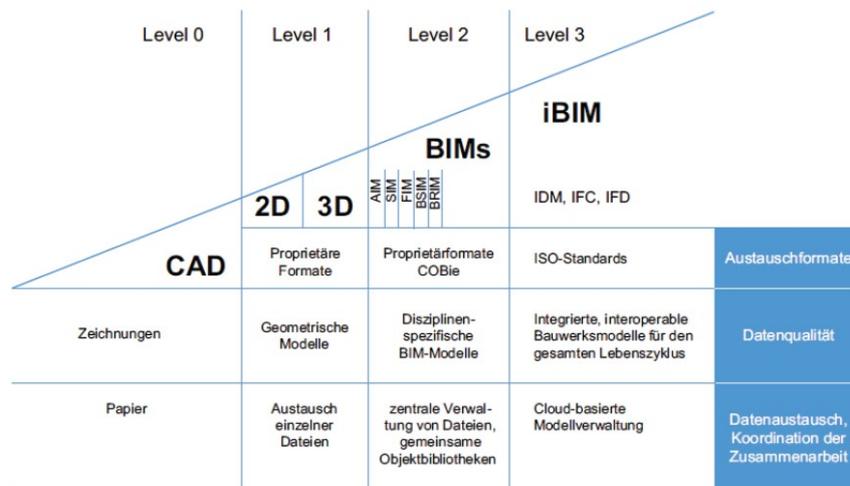


Abb. 259: BIM Level, S. 408

Tendenz - Ziel in der Planung und am Bau ist es, zukünftig BIM Level 3 anzuwenden.

### 5.2.1.3.4. BIM Dimensionen <sup>130</sup>

Neben dem BIM-Typ und dem definierten BIM-Level, die vor allem den Fortschritt der Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten auf einem 3D-BIM-Modell beschreiben, wird der Umsetzungsgrad von Building Information Modeling zusätzlich nach den BIM-Dimensionen kategorisiert.

<sup>129</sup> vgl. A. Borrmann et al., Building Information Modeling, 2015, S. 14 ff.

<sup>130</sup> vgl. <https://www.cfm-news.de/luenendonk-whitepaper-bim-dimensionen>, aufgerufen am 09.10.20

**2D-Modell**

Ist ein zweidimensionales Modell bzw. eine Planzeichnung.

**3D-Modell**

Ist ein dreidimensionales Modell eines Bauwerks mit geometrischen, physikalischen Eigenschaften und funktionalen Attributen.

**4D-Modell**

Das 3D-Modell des Bauwerks wird mit einem Terminplan bzw. den zugehörigen Ausführungsprozessen / Zeit erweitert. Ein 4D-Modell erlaubt die Erstellung von 4D-Bauablaufsimulationen.

**5D-Modell**

Ist ein um den Kostenplan und Kalkulationsinformationen erweitertes 4D-Modell, wodurch eine zeitabhängige Darstellung der Kostenentwicklung im Bauprojekt möglich ist.

**6D-Modell**

Im 6D-Modell werden die Lebenszyklusaspekte (Bewirtschaftung des Bauwerks, Gebäudeabriss) berücksichtigt.

**7D-Modell**

Das 7D-Modell verknüpft das Bauwerksmodell mit Betriebsdaten, wodurch die Nachvollziehbarkeit von Wartungs- und Reparaturmaßnahmen erhöht wird. Die Verwendung der beiden Dimensionen 6D bzw. 7D bewirkt vor allem eine Verbesserung der Nachhaltigkeit im Facility-Management.

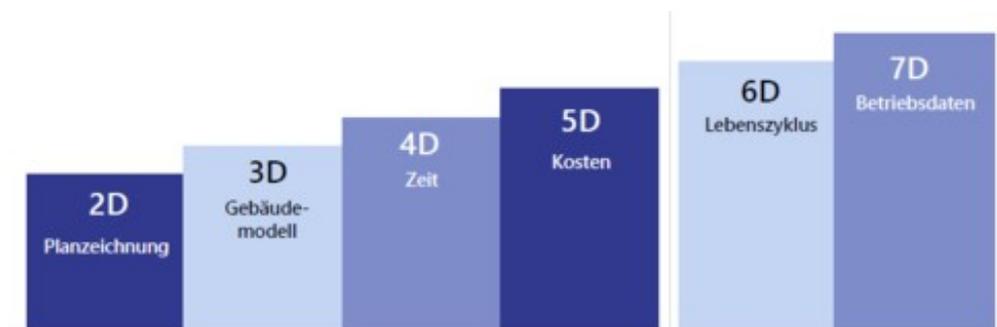


Abb. 260: BIM Dimensionen, S. 408

Tendenz - Ziel in der Planung und am Bau ist es, zukünftig das 5-7D-Modell anzuwenden.

**5.2.1.4. Software**

Es gibt mittlerweile viele Hersteller, die CAD Programme mit BIM-Unterstützung anbieten; so z.B.:

- |                    |                 |  |
|--------------------|-----------------|--|
| - Revit            | von Autodesk    | für bauteilorientierte Gebäudemodelle    |
| - ArchiCAD         | von Graphisoft  | für bauteilorientierte Gebäudemodelle    |
| - Vectorworks      | von Vectorworks | für bauteilorientierte Gebäudemodelle    |
| - Tekla Structures | von Trimble     | für bauteilorientierte Gebäudemodelle    |
| - Powerproject BIM | von Elecosoft   | für Projektmanagement / Projektsteuerung |
| - Bim4you          | von BIB         | für Planungen                            |

## 5.2.2. RFID & BIM | FCP

### 5.2.2.1. Aufgabenstellung

Im Zuge der Dissertation wurde hier versucht, die Themen RFID & BIM zusammenzuführen bzw. weitere Anwendungsmöglichkeiten von BIM am Bau, auch in Kombination mit Robohund und Vermessung, gemeinsam mit dem Unternehmen FCP zu testen.

### 5.2.2.2. Allgemeines

Die Schnittstelle von BIM zur Baustelle liegt bei FCP im Fokus der Digitalisierungsstrategie. Die damit erstellten digitalen Zwillinge können in gemeinsamer Anwendung mit RFID sowie Robohund und Vermessung Synergien erzeugen.

Weiters nutzt das Unternehmen intensiv neue digitale Informations- und Kommunikationssysteme. Diese Themen werden in den nächsten Abschnitten aufgezeigt.

### 5.2.2.3. Anwendungen im Projekt

#### 5.2.2.3.1. RFID-Support

##### Ausgangslage

In mehreren Telefon- und Videokonferenzen sowie Online-Brainstormings über Miro-Whiteboard wurde zwischen FCP und dem Autor die Lage analysiert; schließlich wurde ein Konzept erstellt, wie eine möglichst einfache Datengenerierung sowie ein reibungsloser Informationsaustausch zwischen RFID und dem BIM Modell der Planung, (As-Planned / Design Modell = SOLL-Zustand) umgesetzt werden können.

##### Vorgaben

Auch wurden die Vorgaben der Übergabematrix in Kombination mit der Hilfsmatrix des RFID-Raumbuch Prototyps sowie Funktionsweise und Zusammenspiel besprochen.

- Wichtig dabei war/ist, dass die Darstellung auf der kleinsten Einheit (Detail-TAG Ebene = Level3 TAG) = intelligentes Bauteil mittels den Attributen Bo, De, Wa usw. stattfindet; denn nur so können die Infos auch im BIM dargestellt werden. Auch hier gilt, dass jeder Boden, jede Decke und jede Wand eigene Attribute hat.
- Die Detail-TAGs (Level3) können bei Bedarf auch hier auf Master-TAG-Ebene (Level2), bzw. Star-TAG-Ebene (Level1) zusammengefasst werden.

##### Festlegungen

Die bereits im RFID-Raumbuch Prototyp getroffene Festlegung wurde übernommen, dass nur gewisse Geschosse, Bereiche und Räume – sprich Ausschnitte von Bpl.6 – im Rahmen des Forschungsprojekts von RFID & BIM modelliert werden; dies dient zur Gewährleistung bzw. Wahrung der Übersicht.

- UG2 Bereich Einlagerungsraum für TOP001, TOP002
- UG1 Bereich Fahrradraum bei Tiefgarage, Schleuse vor Aufzug, Technikräume, Garage (Stellplätze, Gehweg, Fahrbahn)

- EG Bereich Stg2 Durchgang, Fahrradraum, Vorraum TOP001-002, TOP001 sowie TOP002 Gesamt

Dies ist vollkommen ausreichend.

### **Datengenerierung**

Wie bereits im konkreten Abschnitt des RFID-Raumbuch Prototyps angemerkt, gab es hierzu 2 Varianten:

#### Variante 1:

- Entweder werden sämtliche Daten wie Bauteil, Geschöß, Stiege, Bereich, Gruppe und Raum sowie dazugehörige Attribute aus den 2D Plandaten / dem 3D-Modell analog – manuell generiert:
  - o dies geschieht mittels Vorlagefiles / Übergabematrix, sofern der Planer / Architekt nicht „3D und BIM-fit“ ist und dies die übrigen Fachplaner auch nicht beherrschen.

#### Variante 2:

- Oder sämtliche Daten wie Bauteil, Geschöß, Stiege, Bereich, Gruppe und Raum werden aus bzw. mit dem 3D-BIM-Modell digital – automatisch über eine Export/Import Schnittstelle generiert – ausgetauscht und in einer eigenen RFID-Datenbank (mit bidirektionalem Datenabgleich sowie automatischer Datensynchronisation unter Berücksichtigung des IFC-Datenaustauschformats) verwaltet, die dann die Basis für den RFID-Raumbuch Prototyp bildet:
  - o funktioniert – wie bereits bekannt – nur, wenn der Planer / Architekt, „3D und BIM-fit“ ist und dies auch die übrigen Fachplaner beherrschen.

Nachdem beim Bauvorhaben THEOs in der Spallartgasse nur 2D Pläne und ein abgespecktes 3D-Modell, jedoch kein BIM-Modell vorlag, musste für die Raumbuchentwicklung die analoge Variante 1 gewählt werden.

- Für das Forschungsprojekt war dies ausreichend, da ja ein Prototyp entwickelt wurde.

### **3D-Modell / Analyse (As-Planned / Design Modell = SOLL Zustand)**

Es war zu Beginn überaus hilfreich, dass bei dem genannten Projekt vom architektonischen Aspekt her, zumindest ein 3D-Modell – wenn schon kein BIM-Modell – vorlag, das mit der Software ArchiCAD erstellt wurde.

- Dieses wurde der Firma FCP für die Analysen zur Verfügung gestellt.
- FCP nutzt standardmäßig die Software Autodesk Revit, doch sind deren Mitarbeiter auch in der Lage, ArchiCAD Pläne und dessen Daten zu bedienen.

Nach der Übermittlung des Modells hat sich FCP mit demselben vertraut gemacht und den bestehenden Informationsgehalt der Bauteile gesichtet.

- Da es sich hierbei um kein beauftragtes BIM-Modell handelte, gab es dazu keine Informationsanforderungen durch den BH / AG – den Autor.
- Ebenso gab es aufgrund des vorliegenden, reinen 3D-Modells, keine ausführung-relevanten Informationen (z.B. Produkt Informationen, LV-Zuweisungen, Bauzeit-planzuordnung) in den Bauteilen.
- Das native Modell des Architekten aus ArchiCAD wurde in weiterer Folge als IFC-Format exportiert,
  - o da dies den open BIM-Standard darstellt. Hierbei wurden noch keine Anpassungen am Modell oder an den Exporteinstellungen getätigt.

Das Resultat war, wie zu erwarten, vielversprechend und bestätigte die Annahme, dass das Modell eine gute Basis für die weitere Arbeit bildete.

### **Analyse und Vergleich der Datenstrukturen RFID-Übergabematrix und IFC-Format**

Die RFID-Datenstruktur / Logik – lt. Übergabematrix als Hilfsmatrix – wurde mit der vorliegenden Modellstruktur des BIM-Modells – lt. IFC-Format – auf Gemeinsamkeiten sowie Differenzen abgeglichen.

Die erste Analyse ergab, dass die RFID-Struktur lt. Übergabematrix, ausgehend vom Gebäude, sich dem Raum und dann dem Bauteil als Boden, Decke und Wand nähert.

- Das ist aus Sicht der Projektsteuerung (BH-ÖBA) sowie GU logisch, weil diese die Prüftätigkeiten ebenfalls raumweise und dann erst bauteilweise abwickeln; z.B. Raum XY, Boden gelegt – erledigt; Wand 1 gemalt – erledigt;  
Wand 2 noch nicht gemalt – offen, ..., Decke 3 abgehängt, gespachtelt gemalt – erledigt.

Die Analyse des BIM-Modells ergab, dass dortiger Ablauf genau umgekehrt ist: aus dem Bauteil als Boden, Decke und Wand, die als Planungselemente angesehen und verwendet werden, bilden sich die Räume hin bis zum Gebäude.

- Auch dies ist aus Sicht der Planung (Arch, BIM-Manager) wiederum einleuchtend. Räume stellen für die Techniker nur den Raum zwischen den Bauteilen dar und dieser bekommt auch nur raumrelevante Informationen.

Da im RFID-Raumbuch Prototyp, aufgrund des fehlenden BIM, eine Übergabematrix die Basis (TOP Down) bildete, war es schwierig diese mit der IFC-Datenstruktur des BIM-Modells (Bottom Up) zu verbinden.

Hätte man sich von Anfang an auf eine gemeinsame Basis geeinigt, wie z.B. die Verwendung der IFC-Datenstruktur in der RFID-Übergabematrix, so wäre es sicher einfacher gewesen, RFID in BIM zu implementieren:

- spricht, die Nutzung eines gemeinsamen Formats für RFID-Raumbuch Datenein- und Auslese sowie BIM Datenein- und -auslese / Zwischenspeicherung in der RFID-Clouddatenbank mit bidirektionalem Datenabgleich sowie automatischer Datensynchronisation, lt. vorhin geschilderter Variante 2.

Dies war aber nicht der Fall, denn die Idee, RFID in BIM zusätzlich zu implementieren, ent-

stand erst später, und zwar zu einem Zeitpunkt, zu dem die Übergabematrix des RFID-Raumbuch Prototyps schon sehr weit entwickelt war.

Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt, S. 412

T  
o  
p  
f  
o  
w  
n

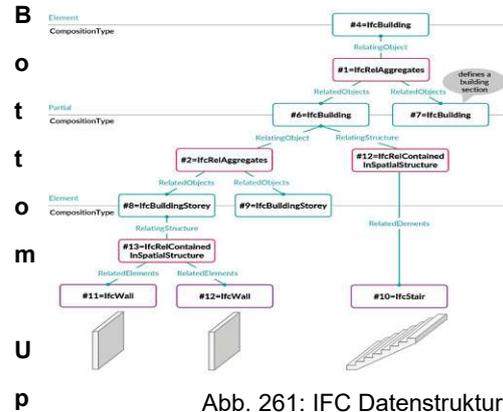


Abb. 261: IFC Datenstruktur, S. 408

### Lösungsansatz um RFID in BIM zu implementieren

Somit musste, zur Überbrückung dieser unterschiedlichen Datenstrukturen, ein Lösungsansatz gefunden werden.

Das Unternehmen buildingSMART, das den IFC-Standard als Basisdatenmodell für den modellbasierten Datenaustausch erfunden hatte und diesen laufend weiterentwickelt, arbeitet bereits an einer Lösung zur Überbrückung unterschiedlicher Datenstrukturen, indem, unter Berücksichtigung des IFC-Formats, intelligente „Relationships“ bzw. Beziehungen und Abhängigkeiten zwischen den Bauteilen bestehen sollen.

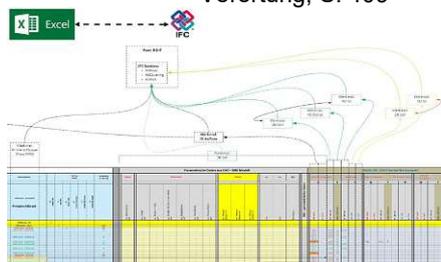
Hierdurch „weiß“ ein jedes Bauteil, zu welchen anderen Bauteilen es eine Beziehung hat. So z.B. „wüsste“ ein Raum, welche Wände, welche Oberflächenqualitäten an ihn angrenzen und folglich könnten die Oberflächenqualitäten indirekt aus dem Raum herausgelesen werden.

- Dieser Ansatz konnte hier leider nicht weiterhelfen, da diese Entwicklung noch nicht weit genug fortgeschritten ist.
- Dies wird mit großer Wahrscheinlichkeit noch einige Jahre in Anspruch nehmen.

Aus diesem Grund müssen Anwender derzeit ihre eigenen Algorithmen zwischen den unterschiedlichen Datenstrukturen erstellen und Daten teils manuell oder (teil-)automatisiert vor dem Gebrauch umstrukturieren.

In unserem speziellen Fall sah der Lösungsansatz im Sinne des RFID-Raumbuch Prototyps und der Variante 1 vor, dass im BIM-Modell die Datenstrukturen in „Dummy Objekte“ verpackt werden.

Abb. 262: RFID-TAG Dummy Verortung, S. 409



- Das heißt, dass die RFID-TAGs mit den entsprechenden Informationen der Übergabematrix, auf Raum- und Bauteilebene als eigene Elemente im BIM-Modell – dem digitalen Zwilling – abgebildet werden. Dabei besteht die Möglichkeit, zwischen Raum- und / oder nur Bauteilebene, wie Boden, Decke und Wand, auszuwählen.
  - o Hier im Modell ist die Darstellung auf Raumebene ersichtlich.

### Umsetzung

FCP hat die RFID-Datenstruktur aus der Übergabematrix als Dummy Objekte in Archi-CAD implementiert und mittels IFC-Export einen digitalen Zwilling erstellt, der vor Ort auf der Baustelle mit Hilfe eines Tablets optimal seine Anwendung fand. Somit konnte man

**das ANALOGE - DIGITAL werden lassen,**

spricht die Kontrollen vor Ort mittels Plan wurden durch digitale Hilfsmittel abgelöst.

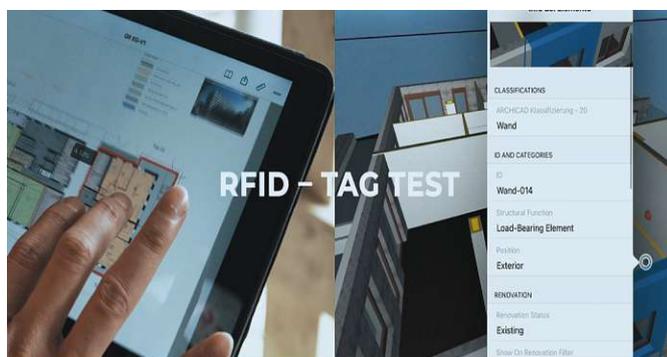


Abb. 263: RFID-TAG Dummy Objekte, S. 409

Durch die Nutzung des offenen IFC-Formats ist eine Softwareneutralität gewährleistet.

Dieser digitale Zwilling könnte nun als Grundlage für die Datenerfassung auf der Baustelle dienen.

Zur optimalen Einbindung der Modelle in die RFID-Raumbuch Applikation, benötigt dieselbe einen IFC-Viewer, der eine Visualisierung des Modells sowie eine Navigation durch das Modell ermöglicht – ebenso sind weitere, zusätzliche Funktionalitäten erforderlich (z.B. Schnitte legen, Verortung mit Referenzpunkt, Isolieren von Kategorien).

Die Eingabe von Informationen vor Ort, z.B. die IST-Fertigstellung, muss über GUIDs (Globally Unique Identifier) mit den virtuellen Dummy-Objekten verknüpft werden, sodass auch nach wiederholtem Laden von aktuellen Modellen die Zuordnung der Information zum entsprechenden Dummy-Objekt bestehen bleibt und mit den SOLL-Daten im Sinne des Baustellencontrollings verglichen werden kann.

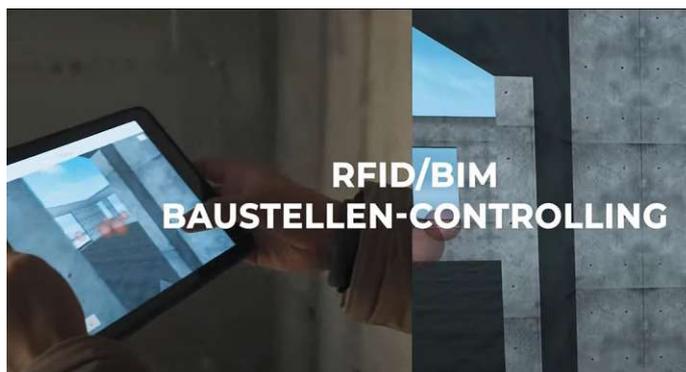


Abb. 264: RFID/BIM Baustellencontrolling, S. 409

### **Testergebnisse**

Die Erfassung und Verfolgbarkeit von Arbeiten auf der Baustelle über einen digitalen Zwilling stellt einen sehr lukrativen BIM-Anwendungsfall dar. Durch die digitale Eingabe dieser Informationen konnten

- die Prüfungen und Abnahmen vor Ort durch BH-ÖBA, Polier, ausführende Firmen, Planer viel zeiteffizienter werden (Zeitersparnis 85-90 %),
- schnellere und gezieltere Prognosen sowie Vorhersagen über den Bauverlauf erstellt werden,
- SOLL-IST-Vergleiche im Sinne des Baustellencontrollings auf BIM-Basis mittels Knopfdruck generiert werden.

Im speziellen Anwendungsfall gibt es aber noch einige Herausforderungen zu bewältigen, um Verbesserungen bzw. Optimierungen zu erzielen, und zwar:

- Zukünftiges Bestreben von Variante 2, sämtliche Daten und Attribute mittels BIM-Modell zu generieren
- Generierung und Pflege einer RFID-Datenbank in Kooperation mit Raumbuch
- Usability des digitalen Werkzeugs vor Ort verfeinern
- Komplexes Datenmanagement / Verknüpfungen / Wartung des Systems prüfen

#### **5.2.2.3.2. Virtual Reality (VR)**

Im Zuge der Bearbeitung von RFID & BIM wurde auch Virtual Reality am BIM-Modell / digitalen Zwilling ausgetestet.

- Nach kurzer Einführung durch das Unternehmen FCP konnte sich der Autor einigermaßen schnell und einfach im Gebäude fortbewegen. Dies erwies sich als sehr sinnvolles Zusatzfeature.



Abb. 265: Virtual Reality Test, S. 409

#### **5.2.2.3.3. RFID/BIM meets Reality – SOLL-IST-Vergleich Punktwolke**

Das von FCP erstellte BIM-Modell – der digitale Zwilling – wurde auch für SOLL-IST-Vergleiche der Bautoleranzen im Rohbau herangezogen.

Hierfür hat der Projektpartner KOPA seine Daten in Form von Punktwolken aus der digitalen Vermessung in der Luft mittels Drohne und auf dem Boden mittels Robohund und der Standvermessung zur Verfügung gestellt.



Abb. 266: Überlagerung BIM-Modell mit Punktwolke Vermessung, S. 409



Abb. 267: RFID/BIM meets Reality, S. 409



#### Auswertung:

- Vergleich der Punktwolkendaten Bau (IST-DATEN)
- Vergleich der 3D- BIM-Bestandsdaten im Modell (SOLL-DATEN)
  - o Überlagerung / Gegenüberstellung von Punktwolke (KOPA) mit 3D- BIM-Bestandsmodell (Planung - FCP) für Bautoleranzmessungen im Sinne des Baucontrollings und SOLL-IST-Vergleichs
  - o „Virtuality meets Reality“<sup>131</sup>

Nähere Details hierzu siehe Kapitel 5.3.6. Vermessung KOPA.

#### 5.2.2.3.4. Online Meetings / Miro-Whiteboard

Hinsichtlich der Abhandlung all der getätigten Besprechungen und Termine (Online – Face to Face) konnten einige neue und sehr effiziente digitale Tools – im Sinne der Nutzung digitaler Informations- und Kommunikationssysteme – ausgetestet werden.

Als nennenswertes Beispiel gilt die Nutzung des Onlinetool Miro-Whiteboard als Plattform zum Brainstormen, das neben der Telefon- und Videokonferenz mit allen Teilnehmern live genutzt wurde.

<sup>131</sup> vgl. Eigendefinition Armin Kamenschek

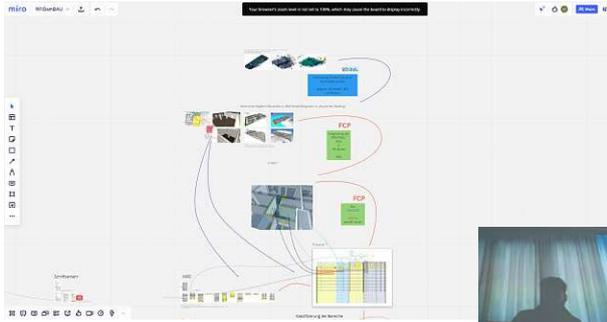
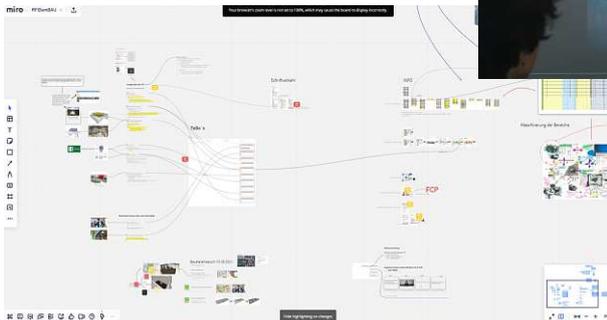


Abb. 268: RFID/BIM Online Meetings / Miro-Whiteboard, S. 409



In Kapitel 5.2. RFID & BIM wurde aufgezeigt, dass es möglich war RFID & BIM erfolgreich zu verknüpfen und demzufolge den RFID-Support im Sinne der Digitalisierung zu ermöglichen. Optimierungspotentiale von RFID & BIM sowie BIM im Allgemeinen auf der Baustelle sind gegeben, und zwar mittels Verknüpfung des digitalen Zwillings mit dem Gebäude – sprich der Verbindung der virtuellen Datenebene mit der realen Gebäudeebene – sowie Nutzung von VR Anwendung und SOLL-IST-Vergleichen im Sinne von Bautoleranzmessungen. Hinsichtlich Digitalisierung der Baustelle kamen auch neue IKT-Systeme zur Anwendung.

Mehr dazu in der ausführlichen Conclusio in Kapitel 6.

#### 5.2.2.4. BIM Imagefilm – Fotocollage – Presse

##### Imagefilm

Ein kurzer Imagefilm bzgl. RFID & BIM dient nun zur visuellen Veranschaulichung der vorher angeführten und ausführlich integrierten Themenbereiche.

<https://www.youtube.com/watch?v=75ftRjND7qA>



Abb. 269: Imagefilm Diss AKAM RFID - #BIM, S. 409

## Fotocollage



Abb. 270: Fotocollage Diss AKAM RFID - #BIM, S. 409

## Presse

Dissertationsartikel am Institut für Hochbau 1 TU Wien, 2022

<https://www.h1arch.tuwien.ac.at/forschung/dissertationen/rfid-am-bau/>

## 5.3. RFID & Robotik

### 5.3.1. Robotik Allgemein

Robotik - Roboter sind Begriffe, die zusammen mit dem Wort *Digitalisierung* die Gesellschaft des 21. Jahrhundert prägen. Vor einigen Jahrzehnten bzw. Jahren noch kaum bekannt, beeinflussen sie bereits heute (bewusst oder unbewusst) unser Alltagsleben, Arbeit und Freizeit, und werden dies zukünftig wohl noch viel mehr tun, sei es am Boden wie auch in der Luft.

#### 5.3.1.1. Begriffsdefinition

Im Science-Fiction-Stück R.U.R. (Rossum's Universal Robots) des tschechischen Schriftstellers Karel Čapek aus dem Jahr 1920

- wurde erstmals das Wort "Robot" in der englischen Sprache verwendet. Es kommt aus dem tschechischen „Robota“, was so viel wie Fronddienst bzw. Zwangsarbeit bedeutet. Die Uraufführung erfolgte am 25. Januar 1921. In dem international erfolgreichen Stück sehen autonom denkende Maschinen den Menschen zum Verwechseln ähnlich. Nachdem sie ein Bewusstsein entwickelt hatten, rebellieren die Roboter gegen ihre Rolle als Arbeitssklaven und löschen die Menschheit aus.

Populär wurde der Begriff „Roboter“ aber primär durch die Science-Fiction-Romane des US-amerikanischen Autors Isaac Asimov, in denen menschenähnliche Roboter eine zentrale Rolle spielen.

- Asimov prägte den Begriff der „Robotik“ für das wissenschaftliche Gebiet, das sich mit der Konstruktion von Robotern beschäftigt. In der 1942 erschienenen Erzählung „Runabout“ formulierte er die drei Gesetze der Robotik:<sup>132</sup>
  - „1. Ein Roboter darf keinen Menschen verletzen oder durch Untätigkeit zu Schaden kommen lassen.
  2. Ein Roboter muss den Befehlen eines Menschen gehorchen, es sei denn, solche Befehle stehen im Widerspruch zum ersten Gesetz.
  3. Ein Roboter muss seine eigene Existenz schützen, solange dieser Schutz nicht dem ersten oder zweiten Gesetz widerspricht.“

Diese Gesetze gelten auch heute noch in der Roboterherstellung und Anwendung.

Lt. infineon bezeichnet Robotik<sup>133</sup>

- „einen Teilbereich der Ingenieur- und Naturwissenschaften, der Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik und andere einschließt. Robotik befasst sich mit dem Entwurf, der Konstruktion, dem Betrieb und der Nutzung von Robotern sowie Computersystemen für deren Steuerung, sensorische Rückkopplung und Informationsverarbeitung. Ein Roboter ist eine Einheit, die diese Interaktion mit der physischen Welt auf der Basis von Sensoren, Aktoren und Informationsverarbeitung umsetzt.“

<sup>132</sup> vgl. <https://www.it-business.de/was-ist-ein-roboter-a-677989/>, aufgerufen am 24.02.21

<sup>133</sup> vgl. <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/grundlagen-robotics/>, aufgerufen am 18.01.21

## 5.3.2. Robotik Entwicklungen

### 5.3.2.1. Robotik Entwicklung am Boden <sup>134</sup>

Die Faszination für humanoide Maschinen und mechanische Helfer zieht sich durch die letzten Jahrhunderte. Nachfolgend einige Highlights aus der Historie bis zur Gegenwart.

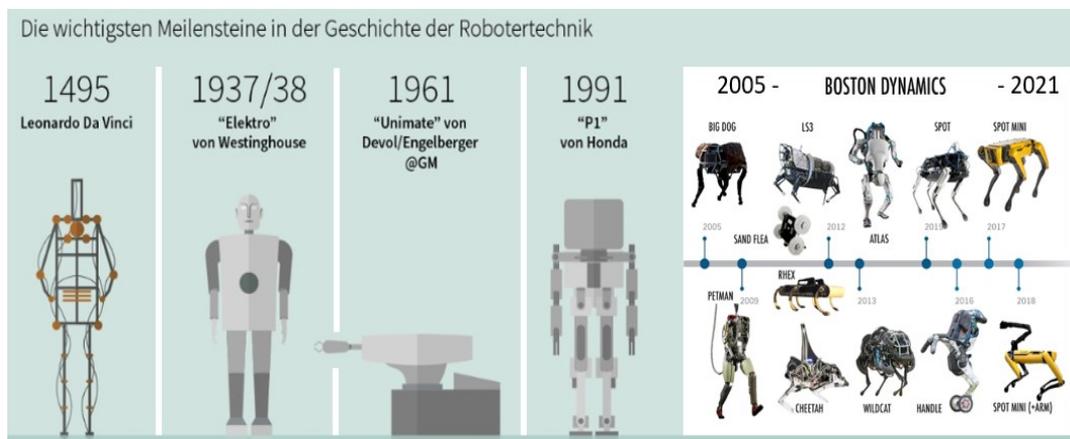


Abb. 271: Roboterentwicklung am Boden, S. 409

#### 1495 Leonardo Da Vinci

Im Jahr 1495 entwarf das Multigenie und der Universalgelehrte Leonardo da Vinci vermutlich die erste menschenähnliche Maschine. Die „Mechanical Knight“ („Mechanischer Ritter“) getaufte Konstruktion konnte sitzen und stehen. Weitere Funktionen waren das Anheben des Visiers und die vollständige Beweglichkeit der Arme. Für die Bewegungen sorgte ein komplexes System aus Seilen und Rollen.

#### 1937-39 Mr. Elektro

Auf der New Yorker Weltausstellung im Jahre 1939 hatte „Elektro“ seinen großen Auftritt. Der über zwei Meter große und mehr als 120 Kilogramm schwere humanoide Roboter konnte dank eines integrierten Plattenspielers rund 700 Worte sprechen. Neben beweglichen Armen und Beinen bestach der mechanische Mann mit den Eigenschaften, verschiedenfarbige Lichter unterscheiden und Zigarre rauchen zu können.

#### 1961 Industrieroboter

George Devol erhielt 1961 das Patent auf den ersten Industrieroboter. Im selben Jahr kam der „Unimate“ auf einer Montagelinie von General Motors zum Einsatz. Er bestand aus einer computerähnlichen Box, die mit einer weiteren Box und einem Arm verbunden war. Der Roboter entnahm schwere Druckgussteile von einer Montagelinie und schweißte sie anschließend auf Autokarosserien. Dieser Abschnitt in der Produktion war zu der damaligen Zeit für menschliche Arbeiter mit hohen gesundheitlichen Risiken verbunden. Neben der Gefahr durch chemische Substanzen gab es nicht selten Unfälle, bei denen Arbeiter Gliedmaßen verloren.

In Europa begann das Zeitalter der Industrie-Roboter ab den 1970er Jahren. Hierzu gibt es heute bereits Ö-Normen sowie AUVA- und TÜV-Vorschriften, die den Einsatz regeln.

<sup>134</sup> vgl. <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/grundlagen-robotics/>, aufgerufen am 18.01.21

**1991 P1 Honda entwickelt sich zu ASIMO** <sup>135</sup>

Honda begann 1986 mit der Entwicklung seiner humanoiden Roboter. Ziel war es, einen Roboter zu schaffen, der den Menschen im täglichen Leben unterstützte.

Es waren viele Entwicklungsschritte (vom reinen Laufroboter, über Gangsimulationen, Stabilisierung im Gelände und Prototypenherstellung mit Oberkörper) notwendig, bis der „P1“ 1991 vorgestellt wurde. Er trug seinen Steuerungscomputer am Rücken, wog ca. 160 kg und war ca. 1,9 m groß.

Aus dem „P1“ wurde „ASIMO“ (**A**dvanced **S**tep in **I**nnovation **M**obility) weiterentwickelt und im Jahre 2000 vorgestellt. „ASIMO“ wog ca. 56 kg und war 1,3 m groß; dies war eine bemerkenswerte Leistung dank erfolgreicher Optimierung.

**2005 – 2020 Boston Dynamics** <sup>136</sup>

Boston Dynamics entstand 1992 aus der Ausgründung des MIT und gilt heute als das am weitesten fortgeschrittene Robotik-Unternehmen der Welt. Es forscht neben der Herstellung von Simulationssoftware vor allem an der Entwicklung autonomer Laufroboter (anfangs nur für das Militär, später ab 2005 auch für den privaten Bereich).

Bekannt sind die hochmobilen Roboter, wie z.B. BigDog, Spot, Atlas oder Handle. Seit 2019 ist der Robohund „Spot“ auch kommerziell erwerbbar.

**5.3.2.2. Robotik Entwicklung in der Luft** <sup>137</sup>

Roboter in der Luft werden auch unter dem Synonym „Drohne“ oder UAV – „Unmanned Aerial Vehicle“ geführt. Nachfolgend einige Highlights aus der Historie bis zur Gegenwart.



Abb. 272: Roboterentwicklung in der Luft,  
S. 409

**1783 Heißluftballon**

Die Gebrüder Mongolfier lassen 1783 in Annonay in Frankreich den ersten unbemannten Heißluftballon steigen.

**1849 Ballonbomben auf Venedig**

Am 22. August 1849 werden vom Königreich Österreich-Ungarn mit Wasserstoffbomben ausgestattete Ballons über Venedig abgeworfen, um die dortigen Aufstände niederzuschla-

<sup>135</sup> vgl. <https://asimo.honda.com/>, aufgerufen am 12.01.21

<sup>136</sup> vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Boston\\_Dynamics](https://de.wikipedia.org/wiki/Boston_Dynamics), aufgerufen am 20.01.21

<sup>137</sup> vgl. <https://www.welt.de/geschichte/article135929763/Kleine-Geschichte-der-Drohnen.html>, aufgerufen am 28.01.21

*gen. Mittels Zündschnur wird die Sprengladung abgeworfen.*

### **1914 – 1918 1. Weltkrieg**

*Entwicklung der ersten unbemannten Flugzeuge, die per Funk gesteuert werden.*

### **1939 – 1945 2. Weltkrieg**

*Einsatz von Ballonbomben durch Großbritannien und Japan.*

### **1960 Drohnennutzung für Aufklärungszwecke**

*Die USA nutzen in den 1960er Jahren Drohnen zu Aufklärungszwecken für die Staaten Kuba, Vietnam, oder Nordkorea.*

### **1955 – 1975 Vietnamkrieg**

*Die USA verwenden Drohnen zur Lokalisierung von Stellungen der Boden-Luft-Raketen.*

### **1998 – 1999 Kosovo-Krieg**

*Im Kosovo-Krieg werden für Kampffjets lasergesteuerte Zielmarkierungen an Objekten mittels Drohnen angebracht; die USA testen den Erstflug ihres Langstreckenaufklärers Global Hawk (bis dato teuerste Drohne).*

### **2013 Amazon Tests bzgl. Paketzustellung**

*Amazon testet Paketzustellungen per Drohne, wobei die Testphase immer noch läuft.*

### **2016 - 2022 DJI Drohne Phantom 4 / DJI Mavic2 Enterprise / DJI Matrice 600 Pro**

Im Jahre 2006 wurde DJI, heute einer der besten Drohnenhersteller der Welt, in China gegründet. 2016 stellte DJI die Phantom 4 Drohne (ein Quadcopter) mit High-Tech-Lernfunktion vor. Die Drohne kann nicht nur Hindernissen ausweichen, sondern auch Menschen, Tieren und Gegenständen mithilfe fotografischer Bilder auf intelligente Weise folgen.

Information: Die DJI Drohne war nicht (wie andere Drohnen) auf ein GPS-Signal beschränkt, was einen wichtigen Meilenstein für Consumer-Drohnen darstellt.

In den Jahren von 2017 bis 2022 brachte DJI noch viele weitere Drohnenmodelle auf dem Markt. Die wichtigsten sind:

- kleinere Drohnen, z.B. die DJI Mavic2 Enterprise Dual mit Wärmebildkamera als Quadcopter.
- größere Drohnen, z.B. die DJI Matrice 600Pro als Hexaconcopter.

## **5.3.3. Robotik Anwendungsgebiete - Sonstiges**

### **5.3.3.1. Robotik Anwendung am Boden <sup>138</sup>**

*Das zentrale Einsatzgebiet der Roboter am Boden stellt immer noch das **Militär** dar.*

---

<sup>138</sup> vgl. <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/grundlagen-robotics/>, aufgerufen am 18.01.21

An zweiter Stelle folgt die **Industrie** mit dem Einsatz von Industrierobotern. Frühere Industrieroboter wurden im Produktionsprozess durch Schutzvorrichtungen vom Menschen getrennt, waren fix montiert, somit immobil und zudem aufwändig zu programmieren.

Mittlerweile wurden diese starren Industrieroboter durch neue **kollaborative Roboter** „Cobots (collaborative robots)“ ersetzt:

- sie arbeiten mit dem Menschen gemeinsam im Produktionsprozess und
- sind auch nicht mehr durch Schutzvorrichtungen von diesem getrennt, wobei
- die Roboter kompakt und leicht zu programmieren sind.

Industrieroboter sind also programmierbar; sie werden in Fabriken zur Bearbeitung und Montage von Werkstücken eingesetzt. Die Roboter bestehen meistens aus einem oder mehreren Roboterarmen, einem Greifer, verschiedenen Sensoren, Werkzeughalter und einer (meist fix montierten, bei neueren Modellen auch mittels Controller geregelten) Steuerungseinheit. Die globale Roboterichte lag im Jahr 2015 pro 10.000 Mitarbeiter in Europa bei durchschnittlich 99, in den USA bei 84 und in Asien bei 63 Robotern. Diese Zahl erhöht sich Jahr für Jahr.

Auch **Autonome Transportsysteme**, sogenannte Automated Guided Vehicle (AGV), werden als Roboter-Anwendungen geführt.

- Diese sind fahrerlos und mit eigenem Antrieb ausgestattet, werden automatisch gesteuert und lösen langsam, aber sicher die klassischen, sperrigen Förderbänder in ihrer Funktion ab.
- Zudem sind sie universell einsetzbar, d.h. sowohl outdoor auf großen Lagerflächen als auch indoor in Lagerhallen, und können bis zu 2 Tonnen an Ladegewicht mit einer Geschwindigkeit von bis zu 2 Meter pro Sekunde transportieren.
- Die Navigation erfolgt mittels Laser oder Scanner.

Weiters bedient man sich des Einsatzes von **Service-Robotern**. Diese erledigen Dienstleistungen im

- privaten Bereich als Rasenmäher, Staubsauger, Fensterreiniger, Haushaltshilfe, Therapiehilfe, Überwachungshilfen oder Spielzeugroboter:

Auch im Bereich der **Land- und Forstwirtschaft** und der **Medizin** können mithilfe von Robotern viele Prozesse optimiert werden.

Dies gilt auch im **Bauwesen**, und zwar als

- RFI- Support für: Dokumentationszwecke, Vermessungen, Kontrollgänge, Erste Hilfe, Tragehilfen usw. mittels z.B. humanoider Roboter oder Robohunde.

### **Humanoide Roboter / Roboter in Tierform und Künstliche Intelligenz (KI)**

Darunter versteht man Maschinen, deren Konstruktion der menschlichen Gestalt bzw. jener der Tierwelt nachempfunden wurde. Roboter mit künstlicher Intelligenz auszustatten, ist ein Hauptziel der Wissenschaft. Um dies zu realisieren und die notwendige Entwicklung zu schaffen, muss der Roboter (humanoid oder Tierroboter) aktiv am sozialen Leben der Mitmenschen oder Tiere teilnehmen.

Die Interaktion zwischen Mensch und Maschine funktioniert in diesem Fall über

- Spracherkennung, Gestensteuerung, Mimikanalyse usw.

Bei solchen Interaktionen haben die **Sicherheit und der Schutz des Menschen** sowie der Daten-In- und -Output höchste Priorität. Es gelten die 3 Gesetze von Asimov.

Auch die **Antriebssysteme von Robotern** stellen ein wichtiges Thema dar:

- Früher waren dies ausschließlich Verbrennungsmotoren;
- heutzutage stehen folgende Alternativen zur Auswahl: elektrischer Antrieb oder Hydraulikantrieb.

Bzgl. der **Steuerung** gibt es einmal mehr verschiedene Systeme, die prinzipiell in drei Phasen und zwar Wahrnehmung, Verarbeitung, Aktion ablaufen.

Die Wahrnehmung erfolgt meist über Sensoren, die vom Roboter verarbeitet und als Signale an die Motoren weitergegeben werden. Diese lösen dann die Aktion aus.

Bei der Anwendung von KI kann die Interaktion zwischen Mensch und Maschine mittels

- direktem Modus durch den Menschen geschehen:
  - o der Mensch hat die komplette Kontrolle, der Roboter folgt der Vorgabe des Menschen.
- Supervision-Modus erfolgen:
  - o der Mensch gibt Position und Aufgabe vor, der Roboter versucht, die Aufgabenstellung und Lösung eigenständig lt. Vorgabe zu finden.
- teilautonomen Modus ablaufen:
  - o der Mensch gibt die allgemeine Aufgabe vor, der Roboter ermittelt autonom die erforderlichen Positionen und notwendigen Bewegungen, um das Ziel zu erreichen.
- autonomem Modus stattfinden:
  - o der Mensch gibt keine Vorgabe, der Roboter erkennt automatisch seine Aufgabe und führt diese selbstständig aus.

### 5.3.3.2. Robotik Anwendung in der Luft <sup>139</sup>

Allgemein kann auch hier gesagt werden, dass das **Militär** das zentrale Einsatzgebiet von Robotern / Drohnen ist.

Im **Industriebereich** können durch den Einsatz von Robotik in der Luft z.B. Gebäude- oder Brücken-Hochspannungsleitungen schneller und leichter inspiziert werden.

Es gibt auch weitere Einsatzmöglichkeiten von Drohnen im Sinne von **Services**; dabei erledigen sie

---

<sup>139</sup> vgl. <https://tipsfordrones.com/de/die-geschichte-der-drohnen-meilensteine-die-sie-wissen-mussen/>, aufgerufen am 28.01.21

- *Dienstleistungen im privaten Bereich, wie z.B. Pakete abholen und versenden. Der Einsatz von Drohnen für Luftbild-, Foto- und Filmaufnahmen ist heutzutage sehr verbreitet, auch fürs Gaming werden sie gerne genutzt.*

*In der **Landwirtschaft** werden Drohnen derzeit zur Bestandsaufnahme und zum Kartieren von Feldern und Wiesen sowie für Bewässerungssysteme eingesetzt. Zudem kommen sie bei der Ausbringung von Düngemitteln zum Einsatz.*

*In der **Logistik** können Drohnen teilweise schon zum Liefern von Waren und dergleichen verwendet werden.*

*Im **Such- und Rettungsdienst** kann man sich mithilfe von Drohnen einen raschen Überblick aus der Luft verschaffen bzw. in schlecht oder nicht zugängliche Gebiete schneller vordringen, um dem Patienten rascher zur Hilfe zu kommen.*

*Die **Filmproduktion** wird derzeit stark durch neue, schnelle sowie kostengünstige Luftbildaufnahmen geprägt.*

*Im **Bauwesen** können Drohnen für Vermessungen, Punktwolkenerzeugung und daraus resultierende SOLL-IST-Vergleiche (3D-BIM-Modell vs. Realität) herangezogen werden. Weiters können Kubaturmessungen bei Aushub oder Kubaturmassen bei Infrastrukturtassen rasch ermittelt und erfasst werden. Ebenso sind Photogrammetrie- sowie Dokumentationsaufnahmen möglich. Bei Brücken sowie deren Tragwerken und Pfeilern können genauso wie bei Tunnelbauwerken im Infrastrukturbau Inspektionen schnell durchgeführt werden. Hierbei können Haarrisse im Tragwerk mittels hochauflösenden Kameras rasch ermittelt oder mittels Wärmebildkameras Bauwerke gescannt werden.*

#### **Antriebssysteme bei Drohnen**

- *waren früher die Verbrennungsmotoren;*
- *heutzutage steht der alternative und größtenteils schon sehr gut funktionierende Elektroantrieb mittels leistungsstarker Akkus zur Verfügung.*

#### **Steuerung / Freigaben**

- *der Drohnen geschieht über Controller bzw. Tablets; sie werden auch Flight Controller genannt. Notwendige Freigaben werden bei der österreichischen Flugsicherungsbehörde Austro Control (ACG) eingeholt.*

***Der Datenschutz** ist auch sehr wichtig, wobei dieser durch verschlüsselte Kommunikation zwischen Drohne und Flight Controller gewährleistet wird.*

*Zusammenfassend kann im Sinne der Entwicklung und Anwendung von Robotik am Boden und in der Luft übereinstimmend festgestellt werden, dass das Militär bis dato sehr großen Einfluss auf die Technologien hatte und weiterhin hat.*

*Der gewerbliche sowie private Entwicklungs- und Anwendungsbereich hat teilweise erst sehr spät (z.B. bei Drohnen) eingesetzt, nimmt inzwischen aber kontinuierlich an Bedeutung zu.*

### 5.3.4. Roboter - Drohnenfirmen am Markt

#### Roboterfirmen

Japan: Fanuc, Yaskawa, Mitsubishi, Denso, Epson, Omron, Toyota, Honda

Schweiz: ABB, Stäubli / Deutschland/China: KUKA / Dänemark: Universal Robots

USA: Boston Dynamics (Roboterhund Spot, Humanoidroboter Atlas), Logistikroboter, DARPA

#### Drohnen

China: DJI (Matrice600Pro FPV, Mavic2 Enterprise, Phantom4 RTK),

Yuneec (Typhoon Q-500) / USA: Autel Robotics

Schweden: UMS / Österreich: Diamond Aircraft, Schiebel / Deutschland: EMT

Italien: Leonardo / Frankreich: Parrot

#### 5.3.4.1. Robotik vs Mensch (Risiko vs Chance)

Es gibt immer wieder Vorurteile, ja, es besteht eine gewisse Skepsis bzgl. des Einsatzes von Robotern. Viele Menschen haben Angst und sehen es als großes Risiko, durch den Einsatz von Robotern möglicherweise ihren Job zu verlieren.

- Dies ist einerseits auf die negative Berichterstattung zurückzuführen, andererseits auf den Mangel an Fachwissen im jeweiligen Anwendungsbereich, wie auch dem generellen Verneinen, neue Technologien auszutesten und anzuwenden.

Der Autor möchte dieses doch gravierende und immer wiederkehrende Vorurteil des Risikos anhand eines praktischen Beispiels mittels „Cobots“<sup>140</sup> vom kanadischen Industrieunternehmen Paradigm Electronics widerlegen:

Durch den Einsatz von herkömmlichen Industrierobotern konnte keine Produktivitätssteigerung mehr erreicht werden. Somit entschied sich die Geschäftsführung, kollaborative Roboter „Cobots“ einzusetzen.

- Nach kurzer Zeit konnte aufgrund des Technologiewechsels die Produktivität um 50% gesteigert werden, kein Arbeitsplatz ging verloren.
- Das Personal an den Maschinen übernahm neue Technologieaufgaben (wie z.B. die Programmierung von Maschinen oder Qualitätskontrollen), die durch den Umstieg auf „Cobots“ entstanden sind.
  - o Konkret bedeutet dies, dass das Personal seine freigewordenen Ressourcen, die vorher an die Steuerung der alten Maschine gebunden waren, nun effizienter einsetzen konnte.

Dasselbe Szenario gilt auch für Drohnen sowie generell bei vielen Prozessen für das gesamte Bauwesen im Sinne der Digitalisierung der Baustelle.

- Auch hier wirken die neuen Systeme, wie z.B. die Anwendung von RFID, Drohnen und Robotern, unterstützend und entlastend; das Personal kann seine frei gewordenen Ressourcen anderen Themen widmen.

**Effizienzsteigerung gelingt GEMEINSAM (im Einklang von Mensch und Maschine).**

<sup>140</sup> vgl. <https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/grundlagen-robotics/>, aufgerufen am 18.01.21

### 5.3.5. RFID & Robotik - #Robohund | RHOMBERG

#### 5.3.5.1. Aufgabenstellung

Im Zuge der Dissertation wurde hier versucht, das Thema RFID und Robohund sowie weitere Robohund-Anwendungsmöglichkeiten am Bau, wie auch diverse Aufsätze / Payloads, gemeinsam mit dem Projektpartner Rhomberg zu testen.

#### 5.3.5.2. Allgemeines

##### 5.3.5.2.1. Robohund - Typ

Nachfolgend wird nun der – im Zuge der Dissertationsausarbeitung zur Verfügung stehende und ausgewählte – Robohund namens „Spot“ von Boston Dynamics samt seiner Spezifikationen erläutert.

#### Robohund „Spot“ von Boston Dynamics

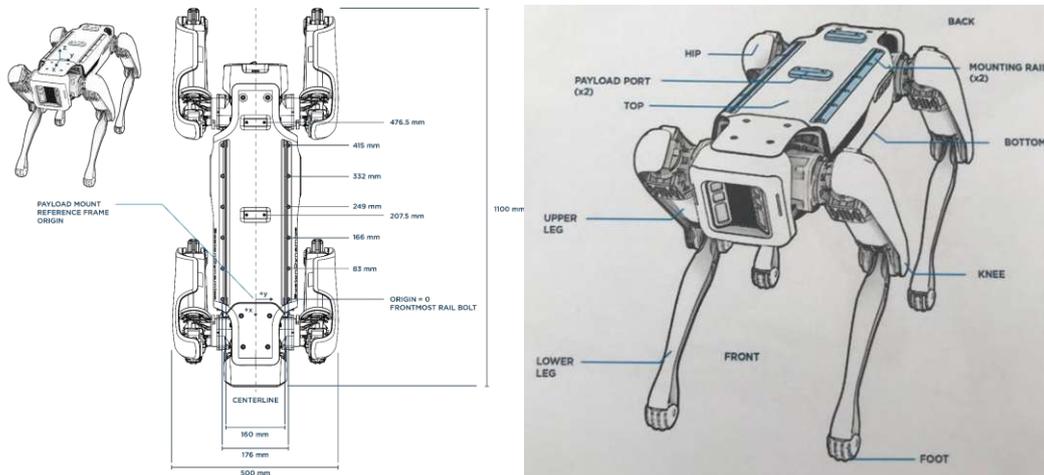


Abb. 273 Robohund „Spot“ Abmessungen - Fotos, S. 409



### 5.3.5.2.2. Robohund - Spezifikation

Der Roboterhund „Spot“ besitzt nachstehende Abmessungen in mm (LxBxH);

Diese wurden von Boston Dynamics bzw. von einem seitens des Autors eigenen Robohund-Fitting im Zuge der Halterungsherstellung für verschiedene Anwendungen / Payloads in Kombination mit dem Download von Unterlagen erhoben.

- Länge 1.100 mm (Kopf bis Hinterbein)
- Breite 200 mm (Torso Körper / 500 mm Bein zu Bein Außenkante)
- Höhe 840 mm (Boden zu OK Rückentorso, normal stehend, nicht streckend)  
191 mm (liegend am Boden = Höhe Torso)

„Spot“ wiegt ca. 32 kg; er hat im Inneren seines Torso einen Hauptrechner, der von einer Kunststoffhartschale als Hülle umgeben ist.

Diese Hülle entspricht der Schutzklasse IP54. Der Robohund hat eine CE-Zulassung und ist im Temperaturbereich von -20° C bis +45° C einsetzbar.

Bewegt wird der Roboterhund mittels Servomotoren in den Beinbereichen, die von einem leistungsstarken Akku (an der Unterseite des Bauches situiert) mit einer max. Laufzeit von ca. 90 min. gespeist wird.

- Der Tausch des Akkus ist in wenigen Minuten möglich, die Ladezeit des Akkus beträgt ca. 120 min.

Die Servomotoren in den Beinen sind einigermaßen gut geschützt.

Gesteuert wird der Robohund mittels Controller im X-Box Design über WLAN, demzufolge

- ist keine Kabelverbindung notwendig.

Weiters besitzt der Robohund API-Schnittstellen (Application Programming Interface), mittels derer zusätzliche Services programmiert und externe Applikationen integriert werden können.

Der Robohund kann einen max. Payload von ca. 14 kg aufnehmen, was im Verhältnis zu seinem Eigengewicht von ca. 32 kg viel ist.

Er besitzt 5 integrierte Stereo-Kameras, und zwar

- zwei im Kopfbereich,
- je eine seitlich am Torso
- und eine an der Rückseite,

mit denen er sich in der Umgebung orientiert.

„Spots“ normale Sichtweite beträgt ca. 4 m. Diese kann mittels Spezialaufsatz um ein Vielfaches erhöht werden.

Der Robohund wurde seitens Boston Dynamics mit folgenden Aufsätzen / Payloads ausgeliefert:

- LiDAR 360° Aufsatz mit integrierten Kameras kombiniert mit Core CPU.
- Core CPU: Sie dient zur Ausführung von Applikationen, zur Anbindung von diversen Sensoren und Messgeräten sowie zur Unterstützung diverser Aufsätze.

Robo-Greifarm: war seitens Boston Dynamics im Jahre 2021 noch nicht auslieferbar,

- jedoch sollte dieses Tool zu einem späteren Zeitpunkt verfügbar sein.

Weitere Aufsätze / Payloads können

- von Drittanbietern in Form von
  - Kameras, Scannern auf dem Hund mittels bereits dort vorgesehener Railvorrichtungen montiert werden,
- aber auch, wie konkret für die Dissertation
  - vom Autor in Eigenregie für den RFID-Support oder für Search & Rescue bzw. die Vermessung als Prototyp angefertigt werden.

Der Kostenpunkt der Standardauslieferung mit oben genanntem Equipment beläuft sich auf ca. 80.000 €.

### 5.3.5.2.3. Robohund - Technische Betrachtung

Die Tests wurden im Labor sowie bei diversen Begehungen auf der Baustelle im Beisein von Rhomberg durchgeführt.

„Spot“ ist ein reiner Laufroboter im Hundedesign und kann als Transportmittel angesehen werden.

Aufgrund seiner Konstruktion, vor allem seines technisch fortschrittlichen Beindesigns, kann er sich problemlos über schwieriges Terrain wie Erdreich, Sand, Schotter, Schnee, gebündelte Bewehrungseisen oder Böden wie Stahlbeton, Fliesen, Holz – also indoor wie outdoor – bewegen.

Auch einen leichten Schubser konnte er problemlos austarieren;

- dies ist seiner komplexen Programmierung in Abstimmung mit der Sensorik zu verdanken.

Das Überwinden von lockerem Gefälle +/-30° sowie Hindernissen ≤ 30 cm in Form von Stufen und Stiegen war kein Problem.

In Situationen von Platzenge wurde es für den Einsatz des Robohundes schon schwieriger, denn „Spot“ benötigt mindestens 80 cm an lichter Breite für das Passieren eines Durchganges. Alles was größtmäßig darunter liegt, irritiert ihn, und Fehlbewegungen waren die Folge.

Eine weitere Problematik stellten Abgründe oder Löcher in Umwehrungen bei Stiegen dar; diese konnte der Roboter mit seiner Sensorik nicht zielgenau erfassen.

- So kam er beim Stufensteigen auf der Baustelle des Öfteren zu Fall, und musste mittels „Reset“ neu gestartet und, sofern notwendig, auch zur Reparatur geschickt werden.

Auch beim Gang über Gerüste oder gerüstähnliche Konstruktionen hatte der Roboter seine Probleme, denn durch die verursachten Vibrationen funktionierte die Sensorik desselben nicht mehr korrekt:

- die Folge waren Fehlbewegungen und Stürze.

Eine Besonderheit stellt die Navigation des Robohundes dar. Mittels seiner 5 Stereo-Kameras orientiert sich „Spot“ optisch in seinem Umfeld, erkennt Hindernisse und kartographiert seine Wegeführung Intern mit / zeichnet diese auf.



Abb. 274: Robohund „Spot“ Stereokameras, S. 409

Der Robohund ist mit verschiedenen Modi ausgestattet, in denen er sich fortbewegen kann;

- diese reichen von Schleichen über Gehen bis hin zu Laufen und Springen.

Auch ein Autowalk-Modus ist integriert.

- Hierzu benötigt „Spot“ beim Start ein Fiducial (ähnlich wie 2D-Barcode / Matrix Code in A4-Format) als Start- und Orientierungspunkt;



Abb. 275: Robohund „Spot“ im Autowalk-Modus, S. 409

- Dieses wird zunächst gescannt und dann als Ausgangspunkt im Robohund-Rechner gespeichert. Ab dem Fiducial startet „Spot“ dann mit der Aufzeichnung der Wegeführung, bis man sie schließlich per Knopfdruck beendet.
  - o Der Robohund kann sodann den Weg immer und immer wieder in derselben Routine mit diversen Aufgabenstellungen, wie z.B. dem Auslesen von TAGs oder Aufzeichnen von Fotos für Dokumentationen usw., begehen; er kann dabei auch Hindernissen, die sich ihm in den Weg stellen, ausweichen.
- Problematischer gestaltet sich die Thematik bei schlechten Lichtverhältnissen sowie Glas- oder Spiegelflächen; auch lange, monotone Flure oder große Hallen mit wenigen Orientierungspunkten irritieren den Robohund.

Begehungen können jederzeit bei Tag oder bei Nacht und bei jeder Witterung stattfinden.

- der Robohund wird in diesem Sinne nicht müde – lediglich sein Akku entleert sich.

Gesteuert wird „Spot“ über einen Controller, der mittels WLAN (2,4 Ghz) mit dem Robohund verbunden ist.

- Wird diese Verbindung unterbrochen, stoppt der Robohund automatisch und begibt sich in Sitzposition.
- Im Umfeld von „Spot“ muss stets auf Signalstörungen durch Container, Maschinen oder Materialien geachtet werden und
  - o diese gibt es auf der Baustelle zu Genüge.



Abb. 276: Robohund „Spot“ Controller, S. 409

Die benötigte Energie bezieht der Robohund aus einem Akku, der an der Unterseite seines Torsos integriert ist.



Abb. 277: Robohund „Spot“  
Akku an Unterseite  
Torso, S. 409

- Die Akkus haben sich als Schwachstelle erwiesen:
  - o Einerseits entladen sie sich schnell bei intensiver Nutzung,
  - o andererseits müssen die Akkus nach jedem Gebrauch vollständig aus dem Robohund entfernt werden, da sie sich sonst tiefenentladen.

Die Wartung / Inspektion und Reinigung von „Spot“ gestaltet sich da schon einfacher; sie beschränkt sich auf wenige Punkte.

- Wartung / Physische Inspektion
  - o Check der 5 Stereo-Kameras auf Schäden oder Verschmutzung
  - o Lüfter auf Lautstärke oder auffällige Geräusche überprüfen
  - o Mechanik inkl. Servomotoren sowie Gehäuse auf Schäden kontrollieren
- Reinigung
  - o Lüfterreinigung war problemlos möglich
  - o Oberflächliche Reinigung war idem rasch möglich
    - Für tiefgründige Reinigung anhand mittels Strahlwasser und Hochdruckreiniger ist Schutzart nicht ausreichend

Witterungsbedingt ist „Spot“ mit einem IP54-Gehäuse ausgestattet, das gegen Staub und Spritzwasser schützt. Im Normalfall ist dies ausreichend, am Bau aber definitiv zu wenig.

- Es wäre vorteilhaft, den Robohund mit einer IP69-Schutzart auszustatten, damit man ihn nach intensiven Begehungen und möglichen starken Verschmutzungen auch mittels Hochdruckreiniger säubern könnte.

Schnelle Reparaturen im Sinne eines Austauschs der abnehmbaren Gehäuseteile konnte man selbst vornehmen.

- Für alle anderen Arten von Reparaturen, im Speziellen bei Softwarefehlern oder Defekten der Aufsätze, musste „Spot“ samt Equipment an Boston Dynamics retourniert werden.
  - o Die Reparaturdauer inkl. Rücktransport dauerte ca. 4 Wochen.

Aufsätze / Payloads sind der eigentliche Vorteil und Mehrwert des Robohundes.

- „Spot“ wurde nämlich als Laufroboter konzipiert.
- Die Aufsätze / Payloads können auf dem Rücken an dafür vorgesehen „Rails“ montiert und befestigt werden; sofern notwendig, kann die erforderliche Software über die API-Schnittstelle eingespielt werden, um die diversen Aufsätze / Payloads zu steuern oder gewonnenen Sensordaten an den Host weiterzuleiten, um eine Verarbeitung zu ermöglichen.
  - o Ein diesbezügliches Angebot wird seitens Boston Dynamics oder Drittanbietern in den nächsten Monaten Prognosen zufolge zügig ausgeweitet werden.
- Details zu diversen Aufsatz / Payloadtests siehe Kapitel 5.3.5.4. Anwendungen

### 5.3.5.3. Robohund – RFID-Support

Im Sinne des RFID-Supports sollte der Robohund „Spot“ bei der TAG Auslese am Bau – outdoor sowie indoor – unterstützend mitwirken.

Damit dies geschehen kann, müssen Tests vorab im Labor absolviert werden; bei einem positiven Verlauf derselben, können die Tests auf der Baustelle fortgesetzt werden.

Von den gemeinsam mit TAGnology eingeplanten und durchzuführenden 4 Testszenarien wurden bereits 2 für den RFID-Raumbuch Prototyp durchgeführt und im Detail erklärt bzw. besprochen.

- **Testszenario 1a - 1c (TeSz 1a - 1c)**
  - o TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor
- **Testszenario 2 (TeSz 2)**
  - o TAG und Reader Tests für Robotik, - #Robohund --- Labor
- **Testszenario 3 (TeSz 3)**
  - o TAG und Reader Tests für Robotik, - #Drohne --- Labor
- **Testszenario 4a - 4c (TeSz 4a - 4c)**
  - o TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle

Im Folgenden wird nun Testszenario 2 (TeSz2) für den Robohund als vorletzter Test dargestellt, bevor dann abschließend im nächsten Kapitel Testszenario 3 (TeSz3) für die Drohnen diskutiert wird.

Aus entwicklungsstechnischer Hinsicht können nur die hier angegebenen Details zu den Tests preisgegeben werden.

### 5.3.5.3.1. TeSz 2: TAG und Reader Tests für Robotik - #Robohund --- Labor

#### In Anwendung

- Vom TAGnology High Industrial UHF Reader
- am matrixförmigen Wandaufbau mit UHF TAGs



Abb. 059: Reader, S. 401



Abb. 194a: Matrix-förmige Testwand  
UHF Labor, S. 406

#### Testziele

In diesem Labortest sollte geprüft werden, ob sich der Robohund des Herstellers Boston Dynamics als geeignetes RFID-Equipmentträger- und Kommunikationssystem eignet.

Im Rahmen des Tests wurde das RFID-System, bestehend aus der intelligenten Reader Elektronik sowie einem Antennensystem, am Robohund befestigt.

Das Kabel zwischen Robohund und dem Controller (kabelgebundenes System) musste entsprechend lang ausfallen, um reichlich Spielraum zu generieren, damit der Robohund problemlos an den matrixförmigen Wandaufbau und die TAGs herankommen konnte.

- Der Robohund hatte in seiner Funktion als Testobjekt die Aufgabe, die diversen RFID-Antennen in den räumlichen Nahbereich der Matrixwand zu bringen, um
  - o im Idealfall die dort verorteten TAGs zu erfassen bzw.
  - o im „Worst-Case“ nicht zu erfassen.

Der Robohund wurde seitens Rhomberg und vom Autor mittels Controller als Fernsteuerung an die gewünschten Positionen manövriert.

- Mit den 4 Setups am Reader konnte wiederum experimentiert werden.
  - o Ausleseversuche sowie Ergebnisse wurden im Beisein von und durch TAGnology protokolliert.
- Eventuelle, vorhandene Interferenzen zwischen Roboter dem RFID-TAG sowie dem RFID-Reader sollten messtechnisch erfasst und daraus resultierende Beeinflussungen der Lesefunktion des TAGs bzw. Readers dokumentiert werden.

#### Beförderung der Lesesysteme und Handling des Equipments

Seitens des Autors wurde auf der Baustelle eine Halterung – als Prototyp – hergestellt, die

die Montage des RFID-Equipments am Rumpf bzw. Rücken des Robohundes ermöglichte.



Abb. 278 - 279: Robohund „Spot“ Aufsatz fertig für RFID-Support, S. 409

Das Testequipment (Reader, Antenne, Kabel usw.) wog um die 1,0 kg, die Halterung weitere 0,5 kg.

- Der Robohund konnte das Gesamtgewicht von ca. 1,5 kg problemlos tragen.

Die RFID-Antennen wurden an der Halterung, jeweils ganz vorne über dem Kopfbereich (Sichtfeld des Roboters durfte nicht eingeschränkt sein) befestigt.

- Hiermit wurde ein geringer Abstand von Antenne zu TAG sowie ausreichende Bewegungsfreiheit des Robohundes gewährleistet.

Der Test wurde auch hier mit insgesamt 3 unterschiedlichen RFID-Antennen durchgeführt.

- Der erste Bewegungs- und Lesetest wurde mit einer linearpolarisierten UHF RFID-Antenne durchgeführt.

Abb. 280: Test mit linearpolarisierter Antenne Typ 1, S. 409



- Auch ein zweiter Test wurde mit einer linearpolarisierten Antenne, die aber um 90° im Vergleich zum ersten Test gedreht wurde, durchgeführt.



Abb. 281: Test mit linearpolarisierter Antenne Typ2, S. 410

- Der Robohund konnte – im Sinne des Handlings der beiden Tests mit den linearpolarisierten Antennen – die Last der Antennen ohne Probleme tragen und auch präzise für Leseversuche ausrichten.
- Der dritte Antennentest wurde unter Verwendung einer robusten zirkularpolarisierten „Mid-Range“-Antenne durchgeführt.
  - Die Antenne war etwas schwerer, doch auch in diesem Fall konnte der Robohund die Last der Antenne – im Sinne des Handlings – ohne Probleme tragen sowie für präzise Leseversuche ausrichten.

Abb. 282 - 283: Test mit zirkularpolarisierter Antenne, S. 410



### **Antennentest - Erfassung**

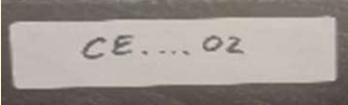
Parallel zu den Handling-Tests wurden einmal mehr für jeden einzelnen Antennentyp Lesetests durchgeführt.

- Die beiden zuvor, auf linearpolarisierten Antennen basierenden, durchgeführten RFID-Lesetests haben gezeigt, dass es zwischen den beiden Antennen enorme Abweichungen in der Lesereichweite gab.
- Auch die Ausleuchtungszonen der beiden linearpolarisierten Antennentypen waren nicht sonderlich präzise, da sie sehr sauber auf den jeweiligen TAG ausgerichtet werden mussten.
- Zur Behebung dieser Schwachpunkte bzw. zum Lösen oben genannter Themen musste auch hier eine zirkularpolarisierte Antenne zum Einsatz kommen.

### **TAG Typentest – Reichweiten**

So wie beim Test des RFID-Raumbuch Prototyps, wurden auch hier passive 16+1 UHF

TAGs am matrixförmigen Wandaufbau verortet.

AG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side Classic		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Iron-Side		4,0 x 4,0 x 1,0
UHF Gen2 EPC Label		10,0 x 2,0 x 0,1
Confidex Steelwave Micro II		7,0 x 2,0 x 1,0
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Beim Durchführen der diversen Lesetests im Labor konnte durch die 4 auf den MicroSD-Karten gespeicherten Setups bzw. Settings eine Sendeleistung von minimal 17 dBm / 50 mW bis maximal 31,5 dBm / 1.400 mW abgedeckt werden.

- Mit der geringsten, aber dennoch ausreichenden Sendeleistung von 17 dBm / 50 mW konnten die TAG- Typen erfasst werden.
- Eine derart geringe Sendeleistung machte es – wie bereits beim Test des Raumbuches aufgezeigt – möglich, nur einen der TAGs ohne Querlesungen zu erfassen, der sich in einer geringen räumlichen Distanz zu seinem Nachbar-TAG befand.
- Mit steigender Sendeleistung erhöhte sich auch proportional die Reichweite und der geforderte Leseabstand konnte somit lt. Anforderung erreicht werden.

<b>Test mit Industrial UHF Reader</b> Antenne: zirkularpolarisiert TAG Art: UHF				Industr. UHF Reader	Indust Hand-held Terminal
				Sendeleistung 17 dBm / 50 mW	Sendeleistung 27 dBm / 500 mW
TAG Nr. Matrix	TAG Typ	TAG EPC	Gehäuse	Reichweite in cm	Reichweite in cm
1	Confidex Iron-Side	01...01	Kunststoff	20	-
7		01...02		40	-
12		01...03		40	-
14		01...04		30	-
2	Confidex Iron-Side	02...01	Kunststoff	5	-
8a		02...02		10	-
11		02...03		5	-
13		02...04		3	-
8b	UHF Gen2 EPC Label	Ce...03	Papier Smartlabel	35	-
4	Confidex Steel-wave Micro II	03...01	Kunststoff	5	-
6		03...02		15	-
9		03...03		5	-
15		03...04		10	-
3	Confidex Survivor	04...01	Kunststoff	50	-
5		04...02		70	-
10		04...03		65	-
16		04...04		80	-

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Alle UHF TAGs konnten gelesen werden.

Die Lese- Erfassungsdauer lag im Millisekunden-Bereich.

Die besten TAG-Leseversuche waren ident mit jenen des RFID-Raumbuches und wurden lt. Tabelle mit dem

- Confidex Iron-Side (TAG Nr. 1, 7, 12, 14) erreicht.
- Auch der TAG Typ Confidex Survivor (TAG Nr. 3, 5, 10, 16) hat gute Ergebnisse erzielt.
- Das Smartlabel hat ebenso gut abgeschnitten, ist in seiner Anwendung aber filigran und als Klebe-TAG kaum geschützt.

### Interferenztests

Bei den Interferenztests wurde das Frequenzspektrum im Bereich von 850-880 MHz analysiert. Weder das Einschalten, noch das Steuern des Robohundes hat im Betriebs-

modus, im für die UHF-Lesung relevanten Teil des Frequenzspektrums, messbare Auswirkungen gezeigt.

Zusätzlich wurde die Änderung der Lesereichweite in den unterschiedlichen Arbeitsmodi des Robohundes überprüft, mit dem Ergebnis, dass die Reichweite für alle räumlichen Einbauvarianten der RFID-Antennen konstant blieb.

Sowohl das Frequenzspektrum als auch die Lesereichweite zeigten für alle einzelnen Betriebsmodi des Robohundes, einschließlich dem ausgeschalteten Zustand, ein unverändertes Verhalten.



Abb. 201: Interferenzmessung, S. 407

## Testergebnisse

### **TeSz 2: TAG und Reader Tests für RFID-Robotik, - #Robohund --- Labor**

In Anwendung

- vom TAGnology High Industrial UHF Reader
- am matrixförmigen Wandaufbau mit UHF TAGs

Die Verwendung einer zirkularpolarisierten Antenne ist Voraussetzung für ein genaues Erfassen der TAGs.

Alle UHF TAGs konnten gelesen werden.

- Die UHF TAGs mit den besten Leseergebnissen (und evtl. noch weitere ähnliche TAGs) können nun in einer weiteren Phase auf der Baustelle ausgetestet werden.

Der It Anforderung geforderte Leseabstand kann durch Erhöhen der Sendeleistung erreicht werden.

Es sind keine Interferenzen aufgetreten.

Die realisierten Lesetests wie auch die im Labor durchgeführte Eignungsprüfung des Robohundes als Transportsystem für das RFID-Equipment sind positiv verlaufen.

Der Robohund erwies sich als Plattform, der nicht nur ein System tragen, sondern dasselbe auch eigenständig mit Energie versorgen kann.

Der Eigenenergieverbrauch des Robohundes war/ist relativ hoch; dadurch fällt es schwer, das derzeit kabelgebundene Power-Management mittels API-Schnittstelle an den Hund anzudocken.

Zusätzlich verfügt der Robohund über Kommunikationsschnittstellen, die für eine Datenübertragung an das übergeordnete System (Software & Backend) genutzt werden könnten.

All diese Ergebnisse im Labor untermauerten die technische Funktionsfähigkeit von RFID in Kombination mit dem Robohund;

- Die gestellten Anforderungen wurden erfüllt.

Tests hinsichtlich diverser Reader bzw. TAGs, Antennenausrichtung, Konnektivität, Spannungsversorgung per Kabel sowie Störungen an ruhenden und aktiven Robotern konnten im Labor in Phase 1 der technischen Machbarkeitsprüfung durchgeführt werden.

Ein Feintuning der Tests aus Phase 1 könnte/müsste in einer Phase 2 – aufbauend auf der Dissertation – für ein Rollout folgen.

Dies heißt,

- Optimierung des Powermanagements des RFID-Readers
  - o dessen Anbindung / Einbindung über API-Kommunikationsschnittstelle des Robohundes.
- Verwendung von Reader-Standardmodulen
- Weiterentwicklung der Befestigungen, Halterungen / Payload

#### 5.3.5.4. Anwendungen im Projekt

Der Robohund wurde mit diversen Aufsätzen / Payloads ausgestattet und diese wurden so gut wie möglich auch ausgetestet.

##### 5.3.5.4.1. LiDAR 360° in Kombination mit Core CPU

LiDAR 360° Aufsatz mit integrierten Kameras kombiniert mit Core CPU;

(LiDAR = Light Detection And Ranging system – mittels Laserstrahlen)

- Mit diesem Aufsatz im Kopfbereich des Robohundes wird die normale Sichtweite von ca. 4 m auf eine Reichweite von ca. 100 m erhöht; (ähnliches Prinzip wie jenes des Fernglases)
- Der Einsatz in der Dämmerung / Dunkelheit sowie ein Terrainwechsel stellen somit kein Problem mehr dar.



Abb. 284: Robohund „Spot“ mit LiDAR und Core Aufsatz, S. 410

Der Core, sprich eine eigene am hinteren Rücken montierte CPU, unterstützt den LiDAR 360° und dient zur Ausführung von Applikationen sowie zur Anbindung von diversen Sensoren und Messgeräten.

Diese beiden Aufsatzkombinationen ermöglichen übliche Fotodokumentationen oder die Erzeugung von Panoramabildern.



Abb. 285 - 286: Robohund „Spot“ mit LiDAR Aufsatz bei Fotodokumentation, S. 410



Der Robohund kann auch für Überwachungstätigkeiten (bei Tag und Nacht) sowie herkömmliche Rundgänge und Kontrollchecks eingesetzt werden.

#### 5.3.5.4.2. BLK2GO (Vermessung)

Diesen Pkt. streift der Autor lediglich kurz, weil derselbe im Kapitel 5.3.6. Drohne – Vermessung noch detaillierter und ausführlicher beschrieben wird.

- Der Robohund von Rhomberg wurde im Beisein vom Vermessungsunternehmen KOPA mit einem BLK2GO, sprich mobilen Laserscanner von Leica, am Rücken ausgestattet.

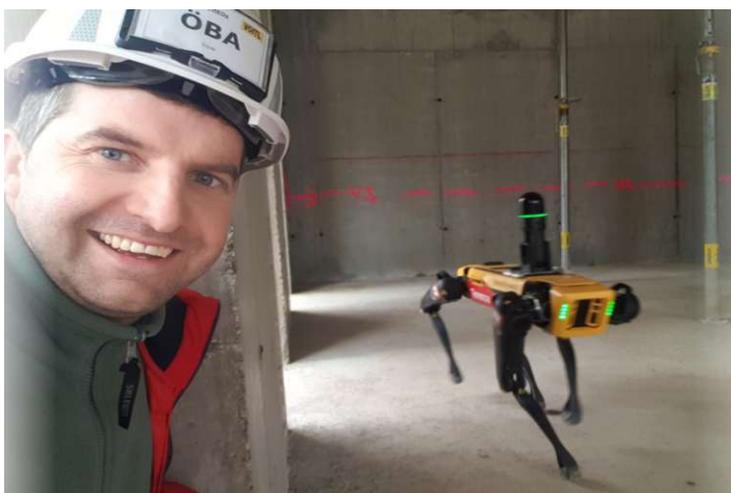


Abb. 287 - 288: Robohund „Spot“ mit BLK2GO Aufsatz bei Vermessung, S. 410



Mit diesem Tool war es möglich, unstrukturierte Punktwolken zu erzeugen, indem Mensch und Robohund gemeinsam die Baustelle durchstreifen.

- Dabei sollte im Sinne des Baustellencontrollings das Ziel sein, SOLL-IST-Vergleiche zwischen Modell und Gebautem inkl. Bautoleranzmessung zu ziehen.

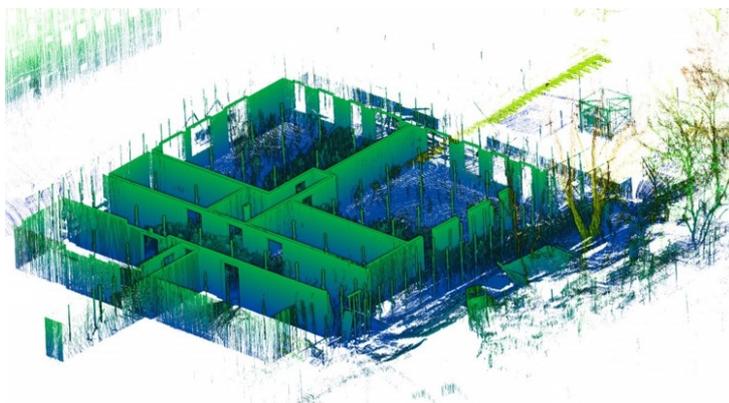


Abb. 289: Punktwolke aus Vermessung, S. 410

Zusätzlich zum BLK2GO wurde das Standgerät Leica RTC360 unterstützend eingesetzt, um die Genauigkeit der Messungen mittels Fixpunkten zu erhöhen.

#### 5.3.5.4.3. Search & Rescue (Erste Hilfe/Gas/Brandfall)

Mit diesem Aufsatz / Payload soll / kann der Robohund wertvolle Unterstützung im Sinne der Ersthilfe leisten. Er ist mit einem Medi-Pack, Feuerlöscher und LED-Licht ausgestattet.



Abb. 290 - 291: Robohund „Spot“ mit Aufsatz Search & Resclue, S. 410



Der Robohund kann in jene Bereiche, wie z.B. mit Gaslecks oder CO<sub>2</sub>-Austritten, manövriert werden (Lage überprüfen), die für den Menschen gefährlich oder nur mit schwerem Atemschutz zugänglich wären.

#### 5.3.5.4.4. RFID-Support --- Baustelle

Im Sinne des RFID-Supports sollte der Robohund bei seinen Dokumentationsrundgängen auf der Baustelle – indoor und outdoor – die TAG-Auslese autonom unterstützen.

Labortests bzgl. der TAG-Auslese sind in diesem Sinne positiv verlaufen.

Erste Baustellentests mit dem Robohund bzgl. RFID-Halterung und Trageverhalten wurden bereits als Probeversuche im Vorfeld der Phase 2 (für ein Rollout) absolviert.

- Der Reader musste in den Nahbereich des TAGs gelangen.
- Es kam dieselbe Halterung wie im Labor zum Einsatz;
  - o Die Höhe der Standard-TAG-Verortung am Bau war mit ca. 1,1 m über FOK vorgegeben, so dass der Robohund mühelos in den Nahbereich des TAGs gelangen konnte.



Abb. 292 - 295: Robohund „Spot“ mit Aufsatz für RFID-Support auf Baustelle, S. 410

### **Testergebnisse**

- Ergebnis zufriedenstellend / gut
  - o Feintuning des Systems notwendig
- Alternative Halterungen, wie z.B. seitlich als Satteltaschen, oder Ähnliches wären in weiterer Folge zu prüfen

### **5.3.5.4.5. Tragehilfe (Kleinmaterial – Maschinen)**

Nennenswert ist zudem, dass der Robohund als Tragehilfe für Kleinmaterial oder Maschinen usw. eingesetzt werden kann.

In Kapitel 5.3.5 RFID & Robotik - #Robohund wurde aufgezeigt, dass es möglich war, den RFID-Support mittels Robohund im Sinne der Digitalisierung zu bewerkstelligen, wenngleich noch einiges an Feintuning für ein Rollout bevorsteht.

Optimierungspotentiale von RFID & Robotik - #Robohund auf der Baustelle sind vorhanden, ein Einsatz des Robohundes für Dokumentations- und Kontrollgänge, als Service- und Transportvehikel mit diversen Aufsätzen und Payloads konnte durchgeführt werden.

Mehr dazu in der ausführlichen Conclusio in Kapitel 6.

### **5.3.5.5. Robohund Imagefilm – Fotocollage – Presse**

#### **Imagefilm**

Ein kurzer Imagefilm bzgl. Robotik - #Robohund dient nun zur visuellen Veranschaulichung der vorher angeführten und ausführlich integrierten Themenbereiche.

<https://www.youtube.com/watch?v=jySDjVWfBHY>



Abb. 296: Imagefilm Diss AKAM RFID & Robotik - #Robohund, S. 410

Fotocollage



Abb. 297: Fotocollage Diss AKAM RFID & Robotik - #Robohund, S. 410

Presse

Dissertationsartikel am Institut für Hochbau 1 TU Wien, 2022

<https://www.h1arch.tuwien.ac.at/forschung/dissertationen/rfid-am-bau/>

TAGnology RFID-Labor Voitsberg Graz, 2020

[www.meinbezirk.at](http://www.meinbezirk.at)

Blogartikel zu Digital Construction – Hexagon Leica, Significance and Challenges For The Future Construction Industry, 2021

<https://blog.hexagongeosystems.com/digital-construction-significance-and-challenges-for-the-construction-industry-of-the-future/>

### 5.3.6. RFID & Robotik - #Drohne – Vermessung | KOPA

#### 5.3.6.1. Aufgabenstellung

Im Zuge der Dissertation wurde hier versucht, das Thema RFID und Drohne sowie weitere Anwendungsmöglichkeiten von Drohnen am Bau – in puncto Vermessung mit hybriden Messsystemen, Dokumentation und Überprüfung des Bauprozesses mittels Punktwolken für die Baustellendigitalisierung – gemeinsam mit dem Projektpartner KOPA zu testen.

#### 5.3.6.2. Allgemeines

##### 5.3.6.2.1. Drohnen - Typen

Anbei folgt nun die Erläuterung der im Zuge der Dissertationsausarbeitung zur Verfügung stehenden / gewählten Drohntypen samt ihrer Spezifikationen.

#### DJI Mavic 2 Enterprise Dual (Quadcopter)



Abb. 298: Drohne DJI Mavic 2 Enterprise Dual und Equipment, S. 410

#### DJI Phantom 4 (Quadcopter)



Abb. 299: Drohne DJI Phantom 4 und Equipment, S. 410

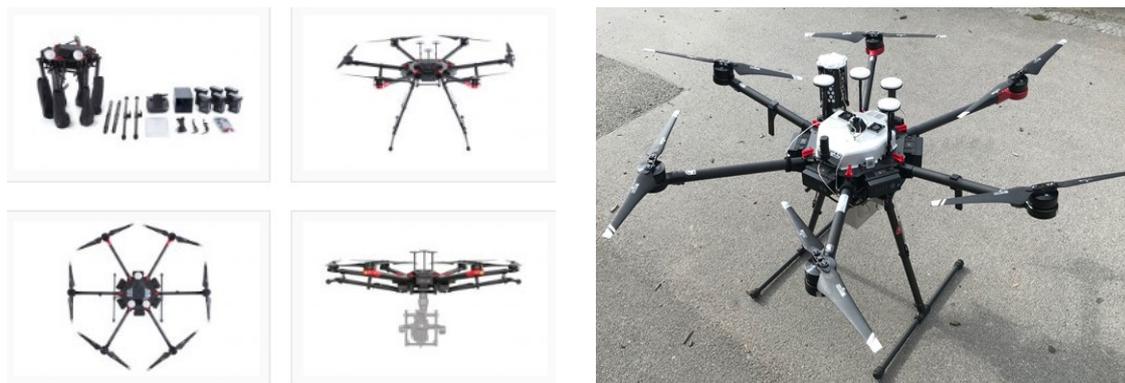
**DJI Matrice 600 Pro (Hexacopter)**

Abb. 300: Drohne DJI Matrice 600 Pro und Equipment, S. 410

**5.3.6.2.2. Drohnen - Spezifikationen**

Nachdem hier 3 verschiedene Drohnen ausgewählt wurden, erscheint es sinnvoll, deren Spezifikationen in tabellarischer Form anzuführen, um sie besser miteinander vergleichen und austesten zu können.

Spezifikationen	DJI Mavic 2 Enterprise Dual	DJI Phantom 4	DJI Matrice 600 Pro
<b>Fluggerät</b>			
Drohnengröße	Mittel	Mittel	Groß
Abmessungen ohne Propeller in mm	354	350	1.133
Propelleranzahl / Coptertyp	4 Quadcopter	4 Quadcopter	6 Hexacopter
Gewicht in Gramm (g)	899 inkl. Gimbalglas	1380	9.500 inkl. Batterien
Stromversorgung	Akku 1 Stk.	Akku 1 Stk.	Akku 6 Stk.
Max. Flughöhe in m	6.000	6.000	2.500
Max. Steiggeschwindigkeit in m/sek	5	6	5
Max. Sinkgeschwindigkeit in m/sek	3	4	3
Max. Speed in m/sek. In km/h	20 65 km/h	20 72 km/h	18 65 km/h
Flugmodi	Divers	Divers	Divers
Max. Flugzeit in min	31	28	18-40
Positionsbestimmung GPS / GLONASS	GPS / GLONASS	GPS / GLONASS	GPS / GLONASS

Betriebstemp. In °C	-15 bis + 40	-15 bis + 40	-15 bis + 40
Landegestell	Fix	Fix	Einziehbar
<b>Gimbal</b>			
Kontrollierter Bereich	Fix montiert Nickwinkel -90° bis +30°	Fix montiert Nickwinkel -90° bis +30°	Optional Zenmuse X3, X5, XT ua möglich
Stabilisierung	3-Achsen (Nicken, Rollen, Gieren)	3-Achsen (Nicken, Rollen, Gieren)	3-Achsen (Nicken, Rollen, Gieren)
<b>Kamera</b>			
Typ	Normale Kamera und Wärmebildkamera	Normale Kamera Wärmebildkamera möglich	Normale Kamera Wärmebildkamera möglich
Bildqualität	4K mit 12 Megapixel	4K mit 20 Megapixel	Abhängig von eingesetzter Kamera
Videoqualität	Bis 4K	UHD-Aufnahme	Lt. Kamerawahl
<b>Steuerung</b>			
Steuerung Frequenzband in GHz	Controller oder Mobiltelefon 2,5 GHz	Controller oder Tablet 2,5 GHz	Controller und Tablet
Handling	Einfach	Einfach	Einfach
<b>Zusatz - Sonstiges</b>			
VR Ready	Ja	Ja	Ja
Mobile App	DJI Pilot	DJI Go 4	
SK-Kartenspeicher	MicroSD	MicroSD	MicroSD
Rotorenschutz	Ja	Ja	Nein
Lieferumfang	Ladegerät, Reserveakku, Ersatzpropeller Landeblicklicht Scheinwerfer Lautsprecher	Ladegerät, Reserveakku, Ersatzpropeller	Ladegerät, Reserveakku, Ersatzpropeller
Payload in kg	0,5	0,5	3,0 – 5,0
Transport	Im Koffer zusammengeklappt	Im Koffer zusammengeklappt	Zusammen- geklappt
<b>Kosten</b>			
Kosten ca. in €	3.500 – 5.000 Je nach Equipment	1.950 – 2.500 Je nach Equipment	6.000 – 10.000 Je nach Equipment

Tab. 008: Drohnen Spezifikationstabelle, S. 412

### 5.3.6.2.3. Drohnen - Technische Betrachtung

Die Tests wurden im Beisein des Unternehmens KOPA in diversen Flügen im Labor sowie auf der Baustelle oberirdisch wie auch unterirdisch – im darunterliegenden ÖBB-Tunnel – durchgeführt. Bei allen 3 Drohnen konnten die vom Hersteller bekanntgegebenen Spezifikationen bestätigt werden.

- Diverse notwendige Arbeiten vor bzw. nach dem Flug (wie z.B. Bescheideinholung, Flugfreigabe und Datenauswertung) mussten abgewickelt werden; flugtechnisch gesehen, waren alle Drohnen angenehm in der Handhabung: die Manövrier- und Navigationsfähigkeit war bei allen Drohnen sehr gut.
- Auch haben die Drohnen der Kälte oder Hitze standgehalten,
  - o es wurde lediglich die Akkuleistung ein wenig beeinträchtigt.
- Stärkerem Wind, Regen oder Staub konnten alle 3 Drohnen ohne Probleme trotzen.
- Die beiden kleineren Drohnen eigneten sich für Indoor- und Outdoorflüge.
- Die große Drohne ist nur für Outdoorflüge geeignet.
  - o Um Schäden an der Drohne oder dem Umfeld zu verhindern, ist die Verwendung der jeweiligen Schutzvorrichtungen, wie z.B. Propellerschutz oder Käfigschutz (wo es möglich ist) sowie der Einsatz von Fallschirmen, zu empfehlen.

### 5.3.6.3. Drohnen – RFID-Support

Im Sinne des RFID-Support sollten die oben genannten Drohnen bei der TAG-Auslese am Bau, sei es outdoor (mit evtl. Propellerschutz) wie auch indoor (mit Käfigschutz als Käfigdrohne), unterstützend mitwirken.

Um dies zu erreichen, mussten vorab Tests im Labor absolviert werden. Ein positiver Verlauf derselben war die Voraussetzung für die Fortsetzung der Tests auf der Baustelle.

Von den gemeinsam mit TAGnology geplanten, durchzuführenden 4 Testszenarien wurden bereits deren 3 abgewickelt und im Detail erklärt bzw. besprochen.

- **Testszenario 1a - 1c (TeSz 1a - 1c)**
  - o TAG- und Reader-Tests für RFID-Raumbuch --- Labor
- **Testszenario 2 (TeSz 2)**
  - o TAG- und Reader-Tests für Robotik, - #Robohund --- Labor
- **Testszenario 3 (TeSz 3)**
  - o TAG- und Reader-Tests für Robotik, - #Drohne --- Labor
- **Testszenario 4a - 4c (TeSz 4a - 4c)**
  - o TAG- und Reader-Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle

Testszenario 3 (TeSz3) galt noch als offen und wurde in der Reihung als letzter Test darge-

legt und besprochen.

Aus entwicklungstechnischer Hinsicht können nur die hier angegebenen Details zu den Tests preisgegeben werden.

### 5.3.6.3.1. TeSz 3: TAG und Reader Tests für Robotik - #Drohne --- Labor

#### In Anwendung

- vom TAGnology High Industrial UHF Reader
- am matrixförmigen Wandaufbau + Gitterwand mit UHF TAGs

Abb. 298 - 300: Drohnen

Drohne klein: DJI Phantom 4,

DJI Mavic 2 Enterprise Dual

Drohne groß: DJI Matrice 600 Pro,  
S. 410



Abb. 194b: Matrix-förmige Testwand UHF Labor + Gitterwand, S. 406

#### Testziele

Ähnlich wie bei den Robohund betreffenden Tests galt es auch hier, die Eignung unterschiedlicher Transportsysteme (= Drohrentypen) für das RFID-Erfassungssystem zu prüfen und RFID-Lesetests durchzuführen, wobei die Erfahrung aus den bereits absolvierten Tests berücksichtigt wurde.

Das RFID-System, bestehend aus der bereits bekannten intelligenten Reader Elektronik sowie einem Antennensystem, sollte – ähnlich wie beim Robohund – direkt an der Drohne befestigt sein. Aufgrund des dortigen Platzmangels wurde es – im Sinne des Labortests – auf einem Tisch im Umfeld des Wandaufbaus positioniert.

Die Antenne sollte an der Drohne montiert sein. Das Kabel zwischen Reader und dem Controller (kabelgebundenes System) musste entsprechend lang ausfallen, um reichlich Spielraum zu generieren, damit die Drohne im Flug an den Wandaufbau mit den TAGs gelangen konnte.

Zudem wurde die Drohne noch mit einem Sicherheitsseil ausgestattet, damit man sie bei Bedarf in der Luft auf Position halten konnte.

- Als Drohnenpiloten hatten KOPA und der Autor die Aufgabe, die Drohne in der Funktion als Testobjekt – ausgestattet mit diversen RFID-Antennen – in den räum-

lichen Nahbereich der Wand zu fliegen, um

- im Idealfall die dort verorteten TAGs zu erfassen bzw.
- im „Worst-Case“ nicht zu erfassen.
- Die Drohne wurde mittels Controller als Fernsteuerung manövriert.
- Auch diesbezüglich konnte mit den 4 Setups am Reader experimentiert werden.
  - Ausleseversuche sowie Ergebnisse wurden im Beisein von und durch TAG-nology protokolliert.
- Eventuelle, vorhandene Interferenzen zwischen Drohne, dem RFID-TAG sowie dem RFID-Reader sollten messtechnisch erfasst und daraus resultierende Beeinflussungen der Lesefunktion des TAGs bzw. Readers dokumentiert werden.

### **Beförderung der Lesesysteme und Handling des Equipments**

Für den Einsatz waren die 3 bereits bekannten Drohnen verfügbar:

- DJI Phantom 4
- DJI Mavic 2 Enterprise Dual
  - Diese beiden Drohnen waren Quadcopter, von der Dimension her kleiner, konnten wenig Payload (max. 0,5 kg) aufnehmen und waren für Indoor- und Outdoorflüge geeignet.
- DJI Matrice 600 Pro
  - Diese Drohne war ein Hexacopter, von der Dimension her größer, konnte mehr Payload (ca. 3,0 - 5,0 kg) aufnehmen und war nur für Outdoorflüge geeignet.

Es wurden nur 2 der 3 Drohnen – konkret die kleinen Modelle, weil indoor-tauglich – ausgetestet.

Für das Drohnenfitting / die Drohmentests im Labor wurden für die einzelnen Drohnen maßgeschneiderte Halterungen gefertigt, damit das RFID-Equipment dort befestigt werden konnte. Bei den Lesetests wurden dieselben Antennentypen (zuerst linearpolarisierte Antennen, dann zirkularpolarisierte Antennen) eingesetzt, um einen direkten Vergleich mit den anderen angewendeten Systemen, wie z.B. dem Robohund, zu ziehen.

- Der erste Bewegungs- und Lesetest wurde mit einer linearpolarisierten UHF RFID-Antenne durchgeführt.



Abb. 301 - 302: Drohmentests mit linearpolarisierter Antenne, S. 410

- Die 2 kleinen Drohnen waren nur bedingt in der Lage, die Last der leichten Antenne zu tragen, auch dann nicht, wenn hilfreiche Stabilisierungs-Sensoren deaktiviert wurden.
  - Präzise Leseversuche waren mit diesem Antennentyp kaum möglich.
  - Hier musste bzgl. Handling manuell nachgeholfen werden, indem die Drohne samt Antenne in der Luft per Seil bzw. per Hand in die Nähe der Wand mit den TAGs geführt wurde.
  - Somit waren präzise Leseversuche gewährleistet.



Abb. 303 - 305: Drohntests mit linearpolarisierter Antenne, S. 410

- Der zweite Test wurde mit einer zirkularpolarisierten Antenne durchgeführt.
  - Die 2 kleinen Drohnen waren gar nicht in der Lage, die Last der schwereren Midrange UHF Antenne zu tragen.
    - Präzise Leseversuche waren mit diesem Antennentyp bei manuellem Handling aber durchaus möglich.



Abb. 306 - 307: Drohntests mit zirkularpolarisierter Antenne, S. 410

Die große Drohne kam im Labor aufgrund der engen Platzverhältnisse und dem Aspekt, Schaden im Flugbetrieb durch erzeugenden Wind, Kollisionen mit Einrichtungsgegenständen usw. anzurichten, nicht zum Einsatz.

- Sie wäre jedoch physisch durchaus in der Lage gewesen, das gesamte RFID-Equipment – bestehend aus UHF Reader, RFID-Antennen und Anschlusskabeln – problemlos zu tragen.

### **Antennentest - Erfassung**

Parallel zu den Handling-Tests wurden auch hier wiederum für jeden einzelnen Antennentyp Lesetests durchgeführt.

Die Antennentests verliefen ähnlich wie beim System Robohund.

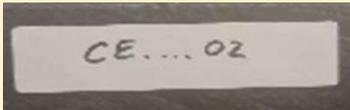
- Die anfangs durchgeführten Tests mit linearpolarisierten Antennen haben auch hier gezeigt, dass es enorme Abweichungen in der Lesereichweite gab.
- Auch die Ausleuchtungszonen waren nicht besonders präzise, da sie sehr sauber auf den jeweiligen TAG ausgerichtet werden mussten.
- Dies zeigte die Notwendigkeit, auch hier zukünftig auf den Einsatz einer zirkularpolarisierten UHF RFID-Antenne zu setzen, damit unabhängig von der Montagelage einzelner TAGs die korrespondierende Erfassungswahrscheinlichkeit für alle TAGs maximiert werden kann und gleichzeitig eine genauere Ausleuchtungszone der Antenne erreicht wird.
  - o Bei einer äußerst niedrigen Sendeleistung des Readers konnten bereits gute Erfassungsergebnisse erzielt werden.

### **TAG Typentest – Reichweiten**

Anbei folgt die Auflistung, der beim Labortest verwendeten passiven UHF TAGs am matrixförmigen Wandaufbau bzw. an der Gitterwand mit UHF TAGs.

Aus den Erfahrungen der letzten Tests wurden hier nur mehr die 3 Erstgereihten UHF TAGs für den Test herangezogen. Diese waren:

- Confidex Iron-Side Classic, Confidex Survivor sowie das Smartlabel UHF Gen2

TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side Classic		5,1 x 4,7 x 1,4
UHF Gen2 EPC Label		10,0 x 2,0 x 0,1
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Beim Durchführen der diversen Lesetests im Labor konnten die Settings der Sendeleistung von minimal 17 dBm / 50 mW bis maximal 31,5 dBm / 1.400 mW abgedeckt werden.

- Alle TAGs konnten mit den beiden kleinen Drohnen ausgelesen werden;
  - o Eine manuelle Hilfe war hier aber erforderlich.
- Die Lese- Erfassungsdauer lag im Millisekunden-Bereich.

<b>Test mit Industrial UHF Reader</b>				Industr. UHF Reader	Indust Hand-held Terminal
Antenne: zirkularpolarisiert				Sendeleistung	Sendeleistung
TAG Art: UHF				17 dBm / 50 mW	27 dBm / 500 mW
TAG Nr. Matrix	TAG Typ	TAG EPC	Gehäuse	Reichweite in cm	Reichweite in cm
1	Confidex Iron-Side	01...01	Kunststoff	20	-
7		01...02		40	-
12		01...03		40	-
14		01...04		30	-
2	Confidex Iron-Side	02...01	Kunststoff	5	-
8a		02...02		10	-
11		02...03		5	-
13		02...04		3	-
8b	UHF Gen2 EPC Label	Ce...03	Papier Smartlabel	35	-
4	Confidex Steel-wave Micro II	03...01	Kunststoff	5	-
6		03...02		15	-
9		03...03		5	-
15		03...04		10	-
3	Confidex Survivor	04...01	Kunststoff	50	-
5		04...02		70	-
10		04...03		65	-
16		04...04		80	-

Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

### Interferenztests

Bei den Interferenztests wurde – so wie beim Testgeschehen Robohund – im ersten Schritt das Frequenzspektrum im Bereich von 850-880 MHz analysiert.

Weder das Einschalten noch das Steuern der Drohne zeigte im Betrieb, im für die UHF Lesung relevanten Teil des Frequenzspektrums, messbare Auswirkungen.



Abb. 201: Interferenzmessung, S. 407

Zusätzlich wurde auch hier die Änderung der Lesereichweite in unterschiedlichen Arbeitsmodi der Drohne ermittelt, mit dem Ergebnis, dass die Reichweite für alle räumlichen Einbauvarianten der RFID-Antennen konstant blieb.

Sowohl das Frequenzspektrum als auch die Lesereichweite zeigten für alle einzelnen Betriebsmodi der Drohne, einschließlich im ausgeschalteten Zustand, ein unverändertes Verhalten.

### Testergebnisse

#### **TeSz 4: TAG und Reader Tests für Robotik - #Drohne --- Labor**

In Anwendung von

- TAGnology High Industrial UHF Reader
- am matrixförmigen Wandaufbau + Gitterwand mit UHF TAGs

Die Verwendung einer zirkularpolarisierten Antenne ist auch bei der Anwendung von Drohnen notwendig, um ein genaues Erfassen der TAGs zu ermöglichen.

Alle UHF TAGs konnten gelesen werden.

- Eine manuelle Hilfe war hier aber erforderlich.

Die Flugversuche der kleinen Drohnen mit dem RFID-Equipment waren nicht erfolgreich.

Interferenzen sind keine aufgetreten.

Diese Ergebnisse im Labor untermauerten zwar die technische Funktionsfähigkeit von RFID in Kombination mit Drohnen,

- die gestellten Anforderungen wurden aber nur teils erfüllt.

Tests hinsichtlich diverser Reader bzw. TAGs, Antennenausrichtung, Konnektivität, Spannungsversorgung per Kabel sowie Streuungen an ruhenden bzw. aktiven Robotern konnten in Phase 1 der technischen Machbarkeitsprüfung im Labor durchgeführt werden.

Ein Feintuning der Tests aus Phase 1 könnte/müsste – so wie beim Robohund – in einer Phase 2, aufbauend auf die Dissertation, für ein Rollout folgen.

Dies heißt,

- Optimierung und Weiterentwicklung
  - o des bestehenden Powermanagements = Umstellung von kabelgebundener Stromversorgung auf kabellose Stromversorgung mittels Akku.

- Entwicklung eines Funkmoduls mit
  - o Datenweitergabe an Cloud mittels Einsatz eines Mobiltelefons (dieses hat alle nötigen Komponenten wie GSM-Modul, Sim-Datenkarte, GPS, Akku, Kabelanbindung Reader – Telefon-Cloud bereits integriert).
- Montage des Funkmoduls als Mobiltelefon
  - o auf oder unter der Drohne direkt angebaut / verkabelt (ist als Payload sehr leicht).
- Optimierung der Reader und der Antenne, wobei
  - o das Readermodul kleiner ausfallen muss.
  - o die Antenne auf jeden Fall zirkularpolarisiert sein und ebenso von der Größe her kleiner konzipiert werden muss.
- Weiterentwicklung der Befestigungen, Halterungen / Payload.
- Evtl. Test alternativer Drohnen, die mehr Payload tragen können.

#### 5.3.6.4. Datenerfassung durch Hybride Messverfahren - Grundlagen

Für die Erzeugung von Punktwolken kamen verschiedene moderne bzw. innovative Aufnahmemethoden zum Einsatz, die sich gegenseitig in Ihrer Anwendung ergänzen.

##### Abkürzungen

Anbei folgt die Erklärung der gängigsten Abkürzungen, die auf den nachstehenden Seiten mehrfach verwendet werden.

- MLS – Mobile Laser Scanning
- TLS – Terrestrisches Laser Scanning
- ALS – Airborne Laser Scanning

##### 5.3.6.4.1. Mobiles Laser Scanning (MLS) mittels BLK2GO

Mobile Laser Scanner bieten die Möglichkeit, die Umgebung bzw. das Umfeld in kürzester Zeit zu erfassen.

Sie gewährleisten dabei eine ausreichende Genauigkeit (indoor +/-10 mm lt. Angabe d. Herstellers) zur Verifikation von Baufortschritten durch Abgleich des Bestandes mit dem hinterlegten BIM-Modell.

Im Zuge der Dissertation kam hierbei der BLK2GO von Leica Geosystems zum Einsatz.<sup>141</sup>

*„Der BLK2GO ist ein tragbarer bildgebender Laserscanner, der einen digitalen 3D-Zwilling erstellt, während man sich durch einen Raum bewegt.*

*Es ist der schnellste und einfachste Weg, ein großes Gebäude, eine Struktur oder eine Umgebung zu scannen.“*

---

<sup>141</sup> vgl. in Anlehnung an <https://shop.leica-geosystems.com/de/de-DE/blk2go.overview>, aufgerufen am 14.02.21

Im Gegensatz zum klassischen terrestrischen Laser-Scanning kann mithilfe des tragbaren Laserscanners, ähnlich dem Airborne Laserscanning, eine unstrukturierte Punktwolke kinematisch erzeugt werden.

Hierfür wird durch Fusionierung von Sensoren der Inertialen Messeinheit (IMU) und durch Detektion von Bildmerkmalen in den bildgegebenen Sensoren die Trajektorie des Instrumentes rekonstruiert. Anhand dieser Trajektorie kann dann anschließend die vom Laserscanner erfasste Punktwolke koordinativ richtig abgebildet werden.



Abb. 308 - 309: BLK2GO Handvermessungsgerät, S. 410

#### 5.3.6.4.2. Terrestrisches Laser Scanning (TLS) mittels RTC360

Bei der Erfassung von Bauprozessen mittels terrestrischer Laser-Scanner lassen sich im Gegensatz zum mobilen Laser-Scanning alle Gegebenheiten erfassen, die außerordentliche Genauigkeit erfordern.

Die Vermessung erfolgt dabei stationär an einzelnen Standpunkten, die anschließend in der Datenauswertung zueinander registriert werden. Dies bedeutet, dass durch die Detektion von Überlagerungen in den einzelnen Scanstandpunkten deren räumlicher Zusammenhang auf wenige Millimeter genau rekonstruiert werden kann.

Durch die Erfassung von Zieltafeln, die zuvor konventionell mittels Totalstation eingemessen wurden, wird das Ergebnis georeferenziert, also in das gewünschte Koordinatensystem transformiert.

Moderne Laserscanner, wie der Leica RTC360, gewährleisten gemäß ihren technischen Fähigkeiten, Bestände mit bis zu 2 Millionen Punkten pro Sekunde mit einer Genauigkeit im Millimeterbereich zu erfassen.



Abb. 310: RTC 360 Standvermessungsgerät, S. 410

Auf diese Weise können Bauprozesse effizient, hochgenau und georeferenziert erfasst werden, sodass selbst lokale Deformationen von Bauteilen detektiert werden können.

Als Ergebnis wird eine kolorierte Punktwolke produziert, die die einzelnen stationären Standpunkte beinhaltet.

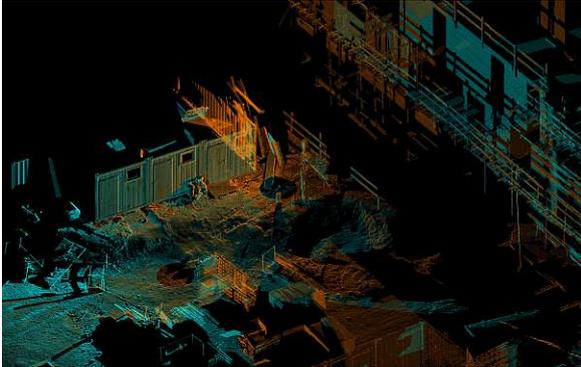


Abb. 311: Registrierung zweier Scanstandpunkte, S. 410

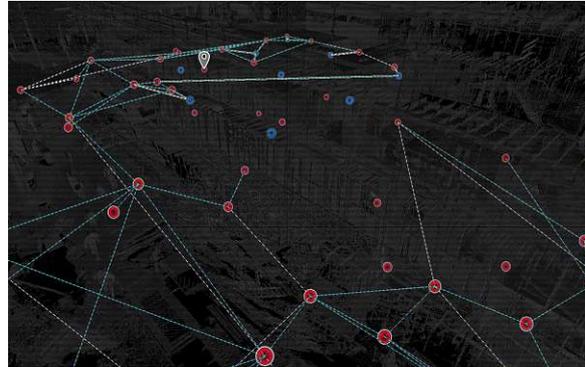


Abb. 312: Registrierte 3D Punktwolke kombiniert aus TLS und MLS Daten, S. 410

### 5.3.6.4.3. Photogrammetrie mit LiAirV70 & Airborne Laser Scanning (ALS)

Die luftgestützte Vermessung bietet die Möglichkeit, effizient und flächendeckend zu vermessen, ohne dabei laufende Bauarbeiten einzuschränken bzw. zu behindern. Im Wesentlichen gliedert sich die Art der luftgestützten Datenerfassung in die Vermessung mittels Photogrammetrie und die Vermessung mittels Airborne Laser Scanning (ALS).

Der im Rahmen des Forschungsprojekts eingesetzte Sensor LiAirV70 ermöglicht die Auswertung beider Verfahren, wobei im folgenden Abschnitt kurz auf deren Eigenschaften sowie Vor- und Nachteile eingegangen wird.



Abb. 313: Green Valley LiAirV70 Laserscanner inkl. Kamera, S. 410

### Photogrammetrie

Bei der Photogrammetrie handelt es sich um ein passives Aufnahmeverfahren, bei dem mittels Kamera mehrere Bilder erfasst werden und daraus eine 3D-Repräsentation erstellt werden kann.

Durch die Verknüpfung der Bilder anhand von Ident-Punkten (Image Features) kann deren Lage und Ausrichtung rekonstruiert werden (Structure from Motion).

In der Photogrammetrie spricht man von der Berechnung der äußeren Geometrie (EO = Exterior Orientation), also Lage und Ausrichtung der Kamerapositionen, sowie der Bemessung der Inneren Geometrie (IO = Interior Geometry), womit die Kamerakalibrierung gemeint ist; Parameter wie Bildhauptpunkt, Brennweite und Verzeichnungsparameter definieren die Berechnung.

Moderne Auswertungsalgorithmen ermöglichen nach Ausrichtung des Bildverbandes das „Matching“ von einzelnen korrespondierenden Pixeln im Bildverband, um anschließend mittels Vorwärtsschritt die 3D-Koordinaten des im Bild ersichtlichen Pixels rekonstruieren zu können.

Die Photogrammetrie bietet somit die Option einer kostengünstigen Aufnahmemethode, die bereits mit dem Einsatz einfacher Kamerasysteme ermöglicht wird; die für die Vermessung notwendige Genauigkeit kann jedoch nur mit entsprechender Ausstattung, wie z.B. einer professionellen Messkamera, RTK-GPS der Kameradrohne sowie Referenzpunkten am Boden gewährleistet werden.

Weiters ist zu erwähnen, dass die Photogrammetrie nur ermöglicht, Objekte, die im Bild selbst sichtbar sind, zu erfassen; die Erfassung von Geländehöhen in vegetativen Gebieten ist somit nur beschränkt möglich.

Die Photogrammetrie wird jedoch als Erweiterung für die meisten gängigen ALS Systeme gesehen, um neben der Punktwolke auch ein Orthophoto zu erstellen.

Die aufwändigen Prozesszeiten werden durch die Verwendung moderner Computersysteme als immer weniger einschränkender Faktor gesehen.

Messverfahren Funktionsweise:

Abb. 314: Photogrammetrie  
Funktionsweise,  
S. 411

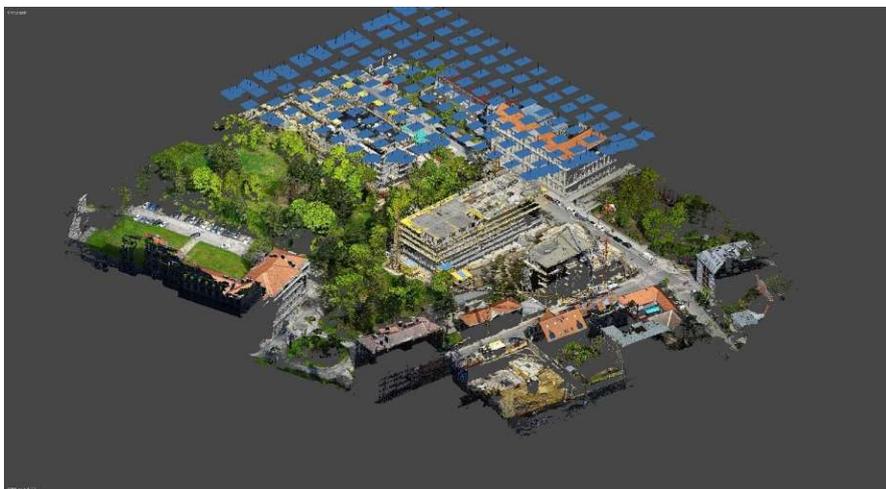
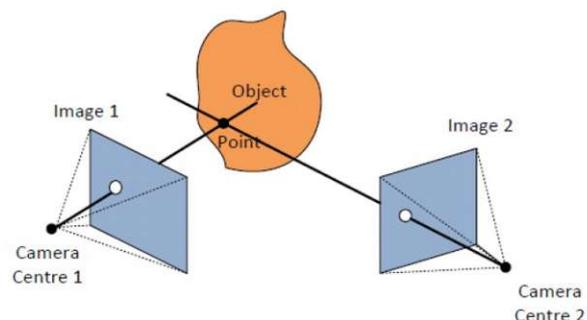


Abb. 315:  
Registrierte  
Bildverband  
und Photo-  
grammetrie  
Punktwolke,  
S. 411

### Airborne Laser Scanning (ALS)

Bei der Vermessung mittels Airborne Laser Scanning (ALS) handelt es sich – so wie auch beim terrestrischen Laser Scanning – um ein aktives Aufnahmeverfahren.

Hierbei wird die Distanz zwischen Flugobjekt / Drohne und dem zu erfassenden Objekt mittels Laserimpulsen bestimmt.

Durch Fusionierung dieser Daten mit weiteren Sensoreinheiten des Flugobjekts, wie dessen genauer Position (RTK-GNSS / DGNSS) und Ausrichtung (hochgenaue IMU), kann die Lage des zu vermessenden Bestandes genau rekonstruiert werden.

Durch die aktive Sensoreinheit ist das Airborne Laser Scanning im Gegensatz zur Photogrammetrie auch in der Lage, in tiefere Vegetationsschichten einzudringen (First und Last Impulse) und kann auch bei schlechten Sichtbedingungen sowie bei Nacht eingesetzt werden.

Messverfahren Funktionsweise:

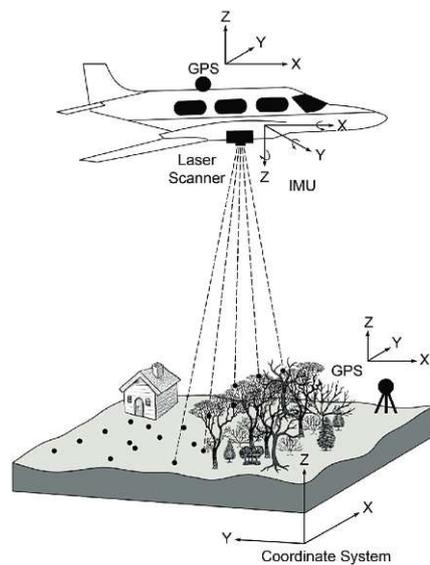


Abb. 316: Airborne Laser Scanning  
Funktionsweise, S. 411

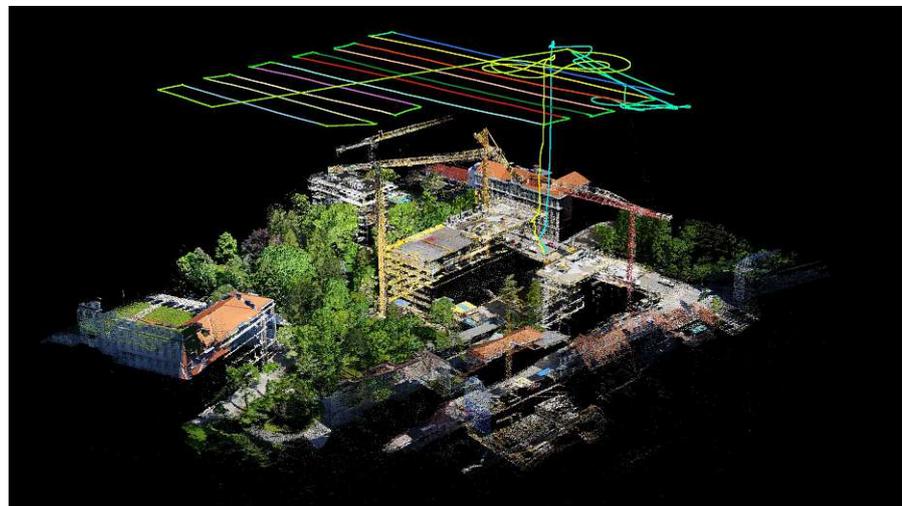


Abb. 317:  
Airborne Laser  
Scanning  
Punktwolke mit  
Trajektorie, S. 411

### 5.3.6.5. Anwendungen im Projekt

#### 5.3.6.5.1. RFID-Support --- Baustelle

Im Sinne des RFID-Support sollten die Drohnen – deckend mit dem Robohund – die TAG Auslese auf der Baustelle, indoor und outdoor, unterstützen.

Die Labortests bzgl. TAG Auslese sind positiv, bzgl. Flugtauglichkeit negativ verlaufen.

Erste Drohnentests am Bau bzgl. RFID-Halterungen und Flugversuche wurden als Probeversuche im Vorfeld der Phase 2 – trotz teils negativer Labortests – absolviert.

- Der Reader musste in den Nahbereich des TAGs gelangen.
- Es kam dieselbe Halterung wie im Labor zum Einsatz;
  - o die Höhe der Standard TAG Verortung am Bau war auch hier mit ca. 1,1 m über FOK vorgegeben, sodass die Drohnen genug Platz hatten, in den Nahbereich des TAG zu schweben.



Abb. 318 - 321: Drohnen mit Aufsatz für RFID-Support auf Baustelle, S. 411



#### Testergebnisse

- Ergebnis nicht zufriedenstellend;
  - o Feintuning des Systems notwendig.
- Alternative Halterungen wären in weiterer Folge zu prüfen.
- Idem Test alternativer kleiner Drohnen, die mehr Payload tragen können.
- Optimierung der Reader und der Antenne sowie des Powermanagements;
  - o Module müssen kleiner und somit leichter werden.

### 5.3.6.5.2. Vermessung mittels Robohund & MLS (BLK2GO) & TLS (RTC360)

Der vom Unternehmen Rhomberg zur Verfügung gestellte Robohund wurde am Rücken mit einem mobilen Laser-Scanner BLK2GO ausgestattet. Hierfür wurde eine eigene Halterung gebastelt.

Mit der Führung von „Spot“ über die Baustelle startete der Robohund gleichzeitig mit der Aufnahme der Messungen.



Abb. 287 - 288: Robohund „Spot“ mit BLK2GO Aufsatz bei Vermessung, S. 410

Nach einmaligem Anlernen der Trajektorie konnte der Robohund völlig automatisiert Bestandsänderungen im Sinne eines SOLL-IST-Vergleichs vermessen; gesteuert wurde er mittels Controller. Unterstützend zum Gerät BLK2GO wurde zusätzlich der Leica RTC360 eingesetzt. Mit diesem Scanner konnten die durch den BLK2GO gewonnenen Daten verifiziert werden.

Abb. 310: RTC 360 Standvermessungsgerät, S. 410



#### Ablauf

##### Baustelle - Messprozedere

- Eintreffen auf Baustelle
- Ausstattung des Robohundes mit dem Leica BLK2GO
- Vermessung mittels Robohund / Leica BLK2GO
- Vermessung mittels terrestrischen Laser-Scannern - Leica RTC360

##### Büro - Datenauswertung

- Auswertung der Daten mittels Leica Register 360
  - o Registrierung der Punktwolke
    - Matching der MLS und TLS Daten
  - o Georeferenzierung der Daten

- Auswertung mittels Leica 3DR / ArchiCAD
  - o Vergleich der Punktwolkendaten intern (IST-DATEN)
  - o Vergleich der 3D- BIM-Bestandsdaten im Modell (SOLL-DATEN)
    - Überlagerung / Gegenüberstellung von Punktwolke (KOPA) mit 3D-BIM-Bestandsmodell (Planung - FCP) für Bauleranzmessungen im Sinne des Baucontrollings und SOLL-IST-Vergleichs
    - „Virtuality meets Reality“<sup>142</sup>

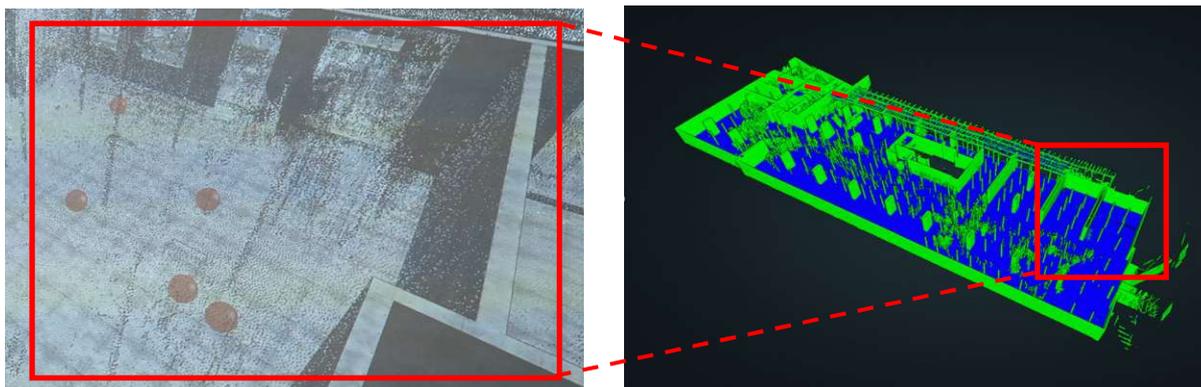


Abb. 289: Punktwolke aus Vermessung, S. 410

### Testergebnisse

Die BLK2GO-Messung zur Rohbauabweichung liegt im Toleranzbereich, die Messung hat im Durchschnitt 1,0 cm ergeben. Dies konnte nur mit Unterstützung des Leica RTC360 und dank seiner Genauigkeit gewährleistet werden.

Infolge der Auswertung der Vermessungsdaten wurden mehrere kleine Probleme ersichtlich, die durch zukünftige Optimierungen leicht behoben werden können.

Durch die starre Verbindung des Leica BLK2GO – über die Halterung – mit dem Roboter

- kam es zu ruckartigen Übertragungen der Schritte des Roboters. Diese Bewegungen haben sich negativ auf die Trajektorien-Berechnung des Sensors ausgewirkt und somit das Messergebnis verschlechtert.
- Zudem sind aufgrund der tiefgelegenen Montage durchgehend Teile des Roboters miterfasst worden.
  - o Für eine weitere Verwendung müsste das Tragsystem mit einer Art Federung ausgestattet sowie in seiner Position optimiert werden.

Bei Gegenüberstellung der MLS-Daten mit den Daten des TLS wurde festgestellt, dass es

- durch die teilweise langen Wege des mittels Roboter erfassten Gebietes zu einem „Sensordrift“ kam und dadurch die Daten eine geringere absolute Genauigkeit darstellten.
  - o Um diese „Sensordrifts“ bzw. Abweichungen zu vermeiden, muss man in Zukunft mehrere kürzere Wege oder Schleifen messen oder zwischenzeitlich

<sup>142</sup> vgl. Eigendefinition Armin Kamenschek

diese erfassten Schleifen mittels terrestrischer Laserscans verknüpfen.

- Die genaue Herangehensweise muss jedoch durch Abwägung der zu erzielenden Resultate und unter Betrachtung der benötigten Effizienz des Roboters festgelegt werden (z.B. welche Toleranzen beim SOLL-IST-Vergleich notwendig sind).

Die Gegenüberstellung der Punktwolkendaten mit dem BIM-Modell des Planungsteams benötigt ein gut strukturiertes, georeferenziertes 3D-Modell, um die Daten der Punktwolke und damit die Bauprozesse direkt und zukünftig vollautomatisch verifizieren zu können.

- Im Fall des Projektes lag das 3D-Modell nur in einem lokalen System vor und wurde händisch von FCP eingepasst.
  - Um die Georeferenzierung des Laserscans zu gewährleisten, muss im Vorfeld ein Festpunktfeld mit Messmarken geschaffen werden oder ein Teil der Route Gegebenheiten aufweisen, die über den gesamten Beobachtungszeitraum unverändert bleiben.

### 5.3.6.5.3. Drohnenflüge mit großer Drohne & ALS

Für die Outdoor-Befliegung des Areals mittels Drohnen mussten vorab einige organisatorische Maßnahmen getroffen werden.

- Die wichtigste Handlung galt der Gesetzeskonformität, d.h. es musste sichergestellt werden, nicht mit dem Gesetz in Konflikt zu geraten und nicht illegal zu fliegen.  
Aufgrund der innerstädtischen Lage des Bauplatzes, dem Bundesheergelände nebenan und der Dimension der Drohne/n musste deshalb – laut geltenden Bestimmungen – eine Flugbewilligung bei der Austro Control eingeholt werden.
  - Diese wurde innerhalb von 2 Monaten nach Antragstellung ausgestellt und hatte eine Gültigkeit von 6 Monaten.
- Die jeweiligen Piloten mussten über Drohnenführerscheine verfügen.

Die ALS-Befliegung für die Dissertation wurde anhand drei verschiedener Termine (Epochen lt. Bezeichnung Vermessung) durchgeführt. Weitere Befliegungen folgten.

#### Für diese Befliegungen standen 3 Drohnen zur Auswahl:

- DJI Phantom 4
- DJI Mavic 2 Enterprise Dual
  - Diese beiden Drohnen waren Quadcopter und von der Dimension her kleiner; sie konnten wenig Payload (max. 0,5 kg) aufnehmen und waren für Indoor- und Outdoorflüge geeignet.
- DJI Matrice 600 Pro
  - Diese Drohne war ein Hexacopter und von der Dimension her größer; sie

konnte mehr Payload (um die 3-5 kg) aufnehmen und war nur für Outdoorflüge geeignet.

Abb. 298 - 300: Drohnen  
 Drohne klein: DJI Phantom 4,  
 DJI Mavic 2 Enterprise Dual  
 Drohne groß: DJI Matrice 600 Pro,  
 S. 410



Im Sinne von Outdoorflügen kam die DJI Matrice 600 Pro mit entsprechender Zusatzausrüstung (redundantes System – GNSS, Fernbedienung, Akku, Fallschirm) zum Einsatz, die alle Bedingungen für einen Gebrauch im dicht besiedelten Gebiet erfüllt.

Diese Drohne kann mit verschiedensten Sensoren ausgestattet werden (normale Kamera für Videoaufnahmen, Wärmebildkamera etc.).

Als ALS Sensor kam der LiAirV70 Sensor mit Zusatz Kameramodul zum Einsatz. Neben dem Scanner und dem Kameramodul besteht das System aus zwei auf der Drohne montierten GNSS Antennen, die mithilfe der externen Basisstation für die hochgenaue Positionierung verantwortlich ist.



Abb. 322 - 323: Flugvorbereitung ALS Flug, S. 411

Der Flug wurde mit einem eigenen Drohnenpiloten auf einer Flughöhe um die 110 m über Grund durchgeführt.

## Ablauf

### Büro – Vorarbeiten

- Flugplanung mittels UGCS Flugplansoftware im Büro unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten (Baufeld wurde vorab besichtigt)
  - o Definierung aller wichtigen Parameter:
    - Flughöhe, Streifenabstand / Überlappung, Geschwindigkeit, Beachtung der örtlichen Gegebenheiten

### Baustelle - Fliegen

- Eintreffen auf Baustelle
  - o Wetter- und Windcheck vor Auspacken des Equipments

- Messen und Platzierung von Messtafeln / Checkboards zur Kontrolle des Messergebnisses und Feldkalibrierung der Messkamera
  - o Einmessung dieser Tafeln mittels RTK-GNSS oder Totalstation (Leica GS18T | Leica TS 16)
- Installation der Basisstation und Starten der GNSS Rohdatenaufzeichnung (wird zur Berechnung der Differential GNSS Lösung benötigt)
  - o Alternativ: Erwerb von Referenz-GNSS.Rohdaten vom APOS (Austrian Positioning System) das vom BEV (Bundesamt für Vermessung) betrieben wird
- Vorbereiten der Drohne und Messinstrumente
  - o Installation der Sensoren und Initialisierung
  - o Übertragen der Flugmission, Freigabe durch Austro Control
  - o Überprüfung Drohne und Bedingungen (Meteorologie, Gegebenheiten)
- Messflug
  - o Dauer von ca. 10 min. für Abfliegen von vordefinierter Route
  - o Datensichtung und Sicherung noch vor Ort auf Baustelle
    - Bei Datenverlust 2. oder 3. Flug je nach Wetterlage

### **Büro - Datenauswertung**

- Auswertung mittels LiGeoreference, LiPowerline, Agisoft (Software)
  - o Berechnung der Flugtrajektorie mittels DGNSS
  - o Berechnung der Punktwolke
  - o Photogrammetrische Auswertung mittels Agisoft - Orthophotos
  - o Berechnung weiterer Auswertungen / Besprechung Ergebnisse
    - Geländemodelle
    - Kubaturberechnungen
    - Vergleich mit Bestandsmodell
- Farbkartierungen
  - Schnitte etc.
  - Topographische Karten
  - Aufbereitung Webviewer

### **Testergebnisse**

Die Befliegung mittels ALS Scanner und Kameramodul ermöglicht

- eine effiziente und schnelle Lösung zur Dokumentation und Kontrolle von Bauprozessen.

Bei der Befliegung im innerstädtischen Bereich muss vor allem auf gute GNSS-Signalbedingungen der Basisstation geachtet werden.

- Hierbei kann aber alternativ auf die Daten des BEV zurückgegriffen werden.

- Die resultierenden Daten ermöglichen eine Vielzahl an Auswertungsmöglichkeiten (siehe oben).
- Aus diesem Grund ist eine Absprache aller Beteiligten sehr wichtig, um über die Möglichkeiten der gewonnenen Daten aufzuklären und somit den optimalen Mehrwert zu erhalten.

Vollautomatisierte Auswerteroutinen (Erstellung von Punktwolken, Orthofotos und Upload auf Webviewer) sowie deren direkte Einbindung in das Baustellenmanagement können in Zukunft eine wichtige Hilfe für die Abwicklung von Bauprojekten darstellen.

- Wichtig ist hierbei seitens der Planer ein georeferenziertes BIM-Modell zu erhalten, um die – durch die Vermessung – gewonnenen Daten direkt gegenüberstellen zu können.

Die ALS-Punktwolke zeigt klar den Baufortschritt auf und kann darüber hinaus zur Kubaturberechnung von Erdmassen herangezogen werden.

Die Kubaturberechnung wurde zwischen Epoche 2 und 3 der Befliegungen durchgeführt. Nach Auswertung des ALS-Flugs und Berechnung der Punktwolken wurden die Bodenpunkte im Bereich des Aushubs klassifiziert und anschließend ein Geländemodell in Leica 3DR (Software) berechnet.

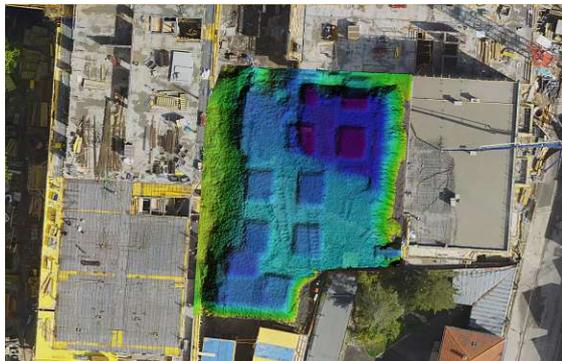


Abb. 324: Differenz-Geländemodell farbcodiert, S. 411

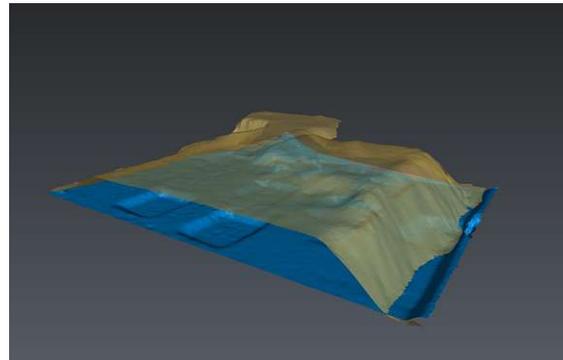


Abb. 325: Geländemodell 3D, S. 411

Die berechnete Kubatur lautet wie folgt:

**Kubaturberechnung ALS Befliegung  
(Epoche 2 30.04.21, Epoche 3 18.05.21)**

Auftrag	6 m <sup>3</sup> (Flug 1)
Abtrag	-3.378 m <sup>3</sup> (Flug 3)
<b>Kubaturmasse</b>	<b><u>-3.372 m<sup>3</sup></u></b>

Nach Rücksprache mit dem GU und Bekanntgabe seiner tatsächlichen Aushubmassen – lt. Aufmaßblättern und Abrechnung – von 3.398 m<sup>3</sup> sowie nach gemeinsamer Nachkontrolle der Werte und Erhebungsmethoden konnte bestätigt werden, dass die Kubaturberechnung gemäß ALS-Befliegung, tatsächlich eine Punktlandung war. (Eine Abweichung von 26 m<sup>3</sup> bei knappen 4.000 m<sup>3</sup> Aushubmasse ist gering bzw. marginal und somit tolerierbar.)

Auch Schnittansichten der Befliegungen, aus denen die Höhenniveaus der beiden Gebäude Bpl.6-7 sowie Geländeoberkanten erkennbar sind, wurden erstellt.

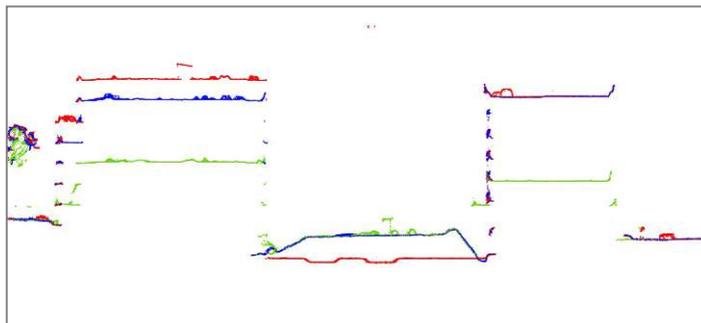


Abb. 326: Schnittansicht der ALS Befliegungen, S. 411

#### 5.3.6.5.4. Drohnenflüge mit den kleinen Drohnen

Während der Bauzeit standen noch anderweitige, ober- und unterirdische Kontrollflüge / Beweissicherungsmaßnahmen an. Im Sinne der Baumaßnahmen wurde z.B. bei Bpl.7 der Tunnel der Vorortelinie mittels Brückentragwerk und Lastabtragung über Bohrpfähle überbaut. Zu diesem Zweck waren vorab bzw. sind während der Bautätigkeiten sowie nach Fertigstellung des Bauvorhabens unterirdische Tunnelinspektionen und Bestandsaufnahmen und Dokumentationen vorzunehmen.

Hierzu traf man die Entscheidung, dass die kleinen Drohnen, wie z.B. DJI Mavic 2 Enterprise Dual mit Thermokamera, sowie die DJI Phantom 4 zum Einsatz kommen sollten.



Abb. 327 - 328: Tunnelbefliegung, S. 411

Der Tunnel wurde zudem über die gesamte Bauzeit mittels automatischem Monitoringssystem – unter Anwendung von fix installierten Messprismen im Tunnel – bei Berücksichtigung eines Sicherheitsmanagementplans (SMP-Plan) lt. Vorgabe ÖBB verknüpft.

#### Ablauf

##### Büro – Vorarbeiten

- Abstimmung mit ÖBB bzgl. Tunnelsperre
  - o Tunnelsperre wurde nachts genehmigt
  - o Flugplanung war nicht notwendig, da Settings und wichtige Parametereingaben vor Ort im Tunnel gemacht werden konnten

## **Tunnel – Fliegen**

- Eintreffen bei S-Bahnstation Breitensee
  - o Gemeinsamer Abgang im Beisein des ÖBB-Streckenmanagements
    - Freigabe durch ÖBB für Eintritt in Tunnel
- Flüge mit Dokumentationstätigkeiten wurden absolviert,
  - o Fotodokumentationen sowie Wärmebildaufnahmen gemacht,
    - Rissbildungen an und in Tunnelwänden wurden im Flug ermittelt.

## **Büro - Datenauswertung**

- Auswertung mittels Vorher-Nachher-Vergleich sprich Tunnelerst- und -folgebefliegungen
- Abstimmung mit SMP Beteiligten und Integration der Daten sowie Dokumentation in Berichte für BH-ÖBA und ÖBB

## **Testergebnisse**

Kontrollflüge und Luftbildaufnahmen konnten ohne Probleme mehrmals auf einfache und sehr rasche Weise erledigt werden. In diesem Sinne wurden auch einige Anweisungen an das gewerbliche Personal, durch den an der Drohne befestigten Lautsprecher, gegeben.

Die Tunnelbefliegung mit den kleinen Drohnen und die Verwendung der Wärmebildkamera auf der DJI Mavic Enterprise Dual Drohne hat im Großen und Ganzen gut funktioniert.

- Die Abstände von der Drohne zur Tunnelwand sollten eine konstante Länge haben; somit war die Ausrichtung der Drohne entlang der Tunnelwand für die Inspektion maßgebend, um eine saubere Dokumentation zu generieren.
- Vorsicht beim Fliegen war durch die Signalführung hinsichtlich der Oberleitung geboten.
- Auch musste beim Fliegen auf die Messprismen an der Tunnelschale sowie die fix-installierten Messinstrumente in den Seitennischen Acht gegeben werden.
  - o Die Foto-Dokumentation war während des Fluges durch Verwendung des Zusatzscheinwerfers auf der Drohne leicht zu handhaben.



Abb. 329: THEOs Bpl6-7  
Drohnenluftbildaufnahme Fotodoku, S. 411

### **5.3.6.5.5. Webviewer**

Anbei folgen die Links zu den einzeln erstellten Webviewern bzgl. Vermessungsarten und Drohnenflügen, die zukünftig im Projekt – im Sinne von vernetztem Arbeiten, IOT und Co. – allen Projektbeteiligten, gemäß vorheriger Erklärung, zur Verfügung stehen sollten.

Webviewer - Befliegungen [https://web.kopa.at/potree/project/KOPA\\_9331.html](https://web.kopa.at/potree/project/KOPA_9331.html)



Webviewer – Befliegung 1 + TLS + MLS [https://web.kopa.at/potree/project/KOPA\\_9331-1.html](https://web.kopa.at/potree/project/KOPA_9331-1.html)

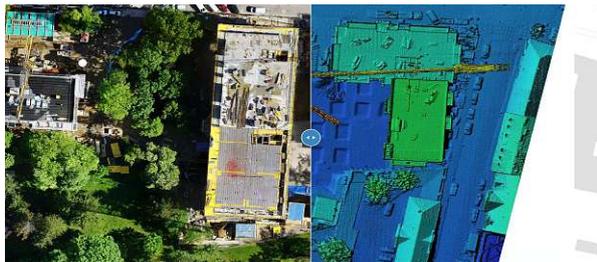


Abb. 330 - 333:  
Webviewer diverse  
Befliegungen, S. 411

Webviewer – Orthophotos <https://web.kopa.at/GIS/9331-1/>



Webviewer – Orthophoto – Geländemodell [https://web.kopa.at/GIS/9331-1\\_DEM.html](https://web.kopa.at/GIS/9331-1_DEM.html)



In Kapitel 5.3.6 RFID & Robotik - #Drohne - Vermessung wurde aufgezeigt, dass es im Sinne der Digitalisierung nicht möglich war den RFID-Support mittels Drohne zu bewerkstelligen. Diesbezüglich gibt es noch viel an Arbeit und Feintuning für ein Rollout zu leisten.

Optimierungspotentiale von RFID & Robotik - #Drohne auf der Baustelle sind vorhanden, abseits des RFID-Supports ist ein Einsatz mit kleinen oder großen Drohnen für Vermessungsarbeiten, Dokumentations- und Inspektionstätigkeiten, Photogrammetrie- oder ALS Flüge, SOLL-IST-Vergleiche bei Rohbauvermessungen sowie Aushub- und Kubaturvermessungen gegeben.

Mehr dazu in der ausführlichen Conclusio in Kapitel 6.

### 5.3.6.6. Drohne – Vermessung Imagefilm – Fotocollage – Presse

#### Imagefilm

Ein kurzer Imagefilm bzgl. Robotik - #Drohne-Vermessung dient nun zur visuellen Veranschaulichung der vorher angeführten und ausführlich integrierten Themenbereiche.

<https://www.youtube.com/watch?v=1i6Rqgths-0>



Abb. 334: Imagefilm Diss AKAM RFID & Robotik - #Drohne-Vermessung, S. 411

#### Fotocollage



Abb. 335: Fotocollage Diss AKAM RFID & Robotik - #Drohne-Vermessung, S. 411



#### Presse

Dissertationsartikel am Institut für Hochbau 1 TU Wien, 2022

<https://www.h1arch.tuwien.ac.at/forschung/dissertationen/rfid-am-bau/>

## 6. Conclusio – Ausblick

### 6.1. Allgemein

Nach Abhandlung sämtlicher dissertationsrelevanter Punkte in den dargelegten Kapiteln,

- Kapitel 0 Formales
  - Eidesstattliche Erklärung
  - Schutz des geistigen Eigentums - Copyright ©
  - Danksagung
  - Kurzfassung / Abstract
  - Schlüsselbegriffe
  - Inhaltsverzeichnis
- Kapitel 1 Einleitung
  - Motivation und Anstoß
  - Wissenschaftliche Fragestellungen
  - Forschungsmethode
- Kapitel 2 Stand der Technik – Forschung
  - Literaturrecherche
  - Plattformen – Studien – Forschungsprojekte
- Kapitel 3 Grundlagen
  - Digitalisierung
  - Auto-ID-Systeme
  - RFID im Detail
- Kapitel 4 Raumbuch Klassisch – RFID
  - Begriffsdefinition
  - Raumbuch Allgemein
  - Vom klassischen Raumbuch zum RFID-Raumbuch
  - RFID-Raumbuch Prototyp in der Phase Bau
- Kapitel 5 RFID & BIM / RFID Robotik
  - Allgemein
  - RFID & BIM
  - RFID & Robotik - #Robohund, - #Drohne
- Kapitel 6 Conclusio - Ausblick
  - Kapitel 1-7
- Kapitel 7 Anhang
  - Grafiken – Diagramme – Masken
  - Tabellen
  - Planmaterial
  - Literaturverzeichnis
  - Tabellenverzeichnis
  - Abbildungsverzeichnis
  - Imagefilme / Presse

folgt nun im anschließenden Kapitel 6 die jeweils dem Themenkontext zugehörige Conclusio sowie – wo erforderlich – ein Ausblick als Zusammenfassung gepaart mit der Beantwortung der wissenschaftlichen Fragestellungen, sofern zutreffend.

## 6.2. Kapitel im Detail

### 6.2.0. Kapitel 0 Formales | Conclusio - Ausblick

Einleitend wurden in Kapitel 0 Formales die Eidesstattliche Erklärung, der Schutz des geistigen Eigentums - Copyright © sowie eine Danksagung seitens des Autors an wichtige Personen und Unternehmen im Sinne der Dissertation dargelegt. Des Weiteren folgten die Kurzfassung bzw. der Abstract der wissenschaftlichen Arbeit, die Aufzählung der Schlüsselbegriffe und das Inhaltsverzeichnis.

### 6.2.1. Kapitel 1 Einleitung | Conclusio - Ausblick

In Kapitel 1 Einleitung wurden die Motivation – der Anstoß zur Niederschrift der Arbeit – sowie die Wissenschaftlichen Fragestellungen - Forschungsfragen und die angewandte Forschungsmethode erläutert.

### 6.2.2. Kapitel 2 Stand der Technik – Forschung | Conclusio - Ausblick

In Kapitel 2 Stand der Technik – Forschung ging es um die Recherche hinsichtlich Literatur in diversen klassischen Medien, wie etwa Büchern, Zeitschriften und Studien, sowie neuen Medien wie Internet, Blogs, Plattformen usw. Dabei wurde der aktuelle Stand der Technik bezüglich der in der Dissertation des Autors angeführten Themenbereiche und Begriffen, wie Digitalisierung im Allgemeinen, RFID, BIM und Robotik, aktuelle Forschungsprojekte bzw. Studien sowie Plattformen im Bereich RFID am Bau auf internationaler Ebene, außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, im Speziellen der DACH-Region (Deutschland, Österreich, Schweiz), aufgezeigt.

Aus der umfangreichen Literaturrecherche und dem Output der jeweiligen Themenbereiche war erkennbar, dass bezüglich oben genannter Begriffe – an sich und auf selbige Funktionsweise beschränkt – sowohl auf internationaler Ebene außerhalb Europas als auch auf europäischer Ebene, mit speziellen Fokus auf die DACH-Region, reichlich Literatur – Unterlagen vorhanden sind; diese sind aber lediglich in Fragmenten nutzbar, da nur Teilbereiche für vorliegende Dissertation von Bedeutung sind.

Bzgl. der Begriffe in Kombination mit RFID liegt auf internationaler Ebene außerhalb Europas sowie auf europäischer Ebene, speziell mit Fokus auf die DACH-Region, sehr wenig an Literatur u.a. Unterlagen vor; sofern Dokumente vorhanden sind, gibt es diese als Inselösungen.

Hinsichtlich Forschungsprojekten – Studien – Plattformen zu RFID am Bau gibt es bereits international sowie auch auf europäischer Ebene – im Speziellen in Deutschland – zahlreiche Zusammenschlüsse von Universitäten mit differenzierten Forschungsschwerpunkten. Es wird dort generell mehr in Forschung & Entwicklung neuer Technologien investiert als in Österreich.

Diese Tatsache lässt erahnen, dass es hierzu in Österreich noch viel Luft nach oben gibt.

### 6.2.3. Kapitel 3 Grundlagen | Conclusio - Ausblick

Aufbauend auf Kapitel 2 Stand der Technik – Forschung wurden in Kapitel 3 Grundlagen

die umfangreichen Themenblöcke Digitalisierung, Auto-ID-Systeme im Überblick sowie RFID im Detail ausführlichst behandelt. Bzgl. der Thematik **Digitalisierung** gibt es in Österreich in jederlei Hinsicht viel zu tun.

Am Bau und in dem damit eng verbundenen Bereich der Planung erfordert es – wie dargelegt – ein generelles Überdenken der bis dato vorhandenen oder gelebten traditionellen Geschäftsmodelle / Prozesse.

Hier gibt es sehr großes Entwicklungspotential (siehe Kap. 3.1.2.1., S. 13) und es scheint unumgänglich, schnellstmöglich auf den Digitalisierungszug der Industrie 4.0 aufzuspringen.

Die Digitalisierung samt ihrer Prozesse darf nicht nur in einer Phase der Wertschöpfungskette stattfinden; vielmehr muss der Fokus auf die Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette / des gesamten Lebenszyklus liegen.

Sämtliche relevante Daten, Strukturen und Informationen der aktuellen Phase Bau sowie der vorgelagerten Phase Planung und der nachfolgenden Phasen Betrieb – Abriss müssen auf virtueller Datenebene (CAD, BIM, IKT, Protokolle, Dokumente) am Planungsmodell und auf der realen Gebäudeebene (Gebäude, Raum, Bauteil) vor Ort auf der Baustelle via Cloud-computing, in Datenbanken, in virtuellen Projekträumen sowie mittels Dokumentenmanagementsystemen (DMS) oder Produktdatenmanagementsystemen (PDM), ständig und überall für alle Projektbeteiligten (selbstverständlich mit Admin- und Zugriffsrechten gesichert) – bestmöglich in digitaler Form verfügbar – vorliegen.

Das digitale Schnittstellenproblem zwischen der virtuellen Datenebene (CAD, BIM, IKT, Dokumente) am Planungsmodell und der realen Gebäudeebene (Gebäude, Raum, Bauteil) vor Ort auf der Baustelle sowie im Phasenmodell des Lebenszyklus muss geschlossen werden.

Durch die ausführliche Analyse diverser **Auto-ID-Systeme** konnte aufgezeigt werden, dass durch deren Anwendung

- das digitale Schnittstellenproblem zwischen virtueller Datenebene und realer Gebäudeebene drastisch reduziert, bzw.
- durch den Einsatz von RFID sogar komplett eliminiert werden kann.

Im direkten Vergleich zum Barcode (1D-4D) weist RFID neben wenigen Nachteilen eine Vielzahl an Vorteilen auf. (siehe Kap. 3.2.4.4., S. 31)

Lt. Rücksprache mit Experten wird der Barcode zukünftig weiterhin eine wichtige Rolle spielen, jedoch durch den Einsatz von RFID an Einfluss verlieren.

Die beiden Auto-ID-Systeme werden auch in naher Zukunft nebeneinander agieren. Wichtig ist, die Synergien zu nutzen, um aus bestehenden Gegebenheiten neue Entwicklungen zu generieren.

Synergien zu nutzen, gilt es auch für die anderen Auto-ID-Systeme in Kombination mit **RFID** am Bau, wie z.B.

- Anwendung des Barcodes in der Materiallogistik,
- Fingerprint sowie Iris-Scan in der Personallogistik bei Zutrittssystemen,
- RFID beim Tracking von Materialien, Personen, Werkzeugen, Gütern und Geräten, Maschinen und Bauteilen sowie bei SOLL-IST-Vergleichen im Sinne des Baustellencontrollings zu unterstützen.

Auch bzgl. Wertschöpfungskette im Phasenmodell des Lebenszyklus eines Bauwerks konnte in der Theorie aufgezeigt werden, dass RFID funktioniert und einen großen Nutzen stiftet.

- Der vernetzte Informations- und Datenfluss, sprich das Vereinen der virtuellen Datenebene mit der realen Gebäudeebene, ermöglicht zukünftig die Anwendung und Nutzung von Cloudcomputing, Big Data sowie IoT im engeren Sinn.

Der RFID-Technologie sind unter Berücksichtigung der zahlreichen Chancen – bei minimalen Risiken – kaum Grenzen gesetzt. Mittels fortschrittlicher Technik wird RFID bereits heutzutage in gewissen Bereichen / Branchen (siehe Kap. 3.3.5.1. - 3.3.5.8., S. 72 ff.), wenn auch nur unterdurchschnittlich oft und intensiv, eingesetzt.

#### - **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-1:**

**Wie zielführend ist es, RFID in der Baubranche zu implementieren bzw. welche Anwendungsmöglichkeiten von RFID in der Baubranche sind gegeben?**

Eine Implementierung in der Baubranche ist längst überfällig bzw. dringend notwendig, zudem sehr sinnvoll und zielführend; Es wurde ausführlich dargelegt, dass es in allen Segmenten im Bereich der Baubranche, wie z.B. dem Tief- und Infrastrukturbau, dem Hochbau und vor allem direkt auf der Baustelle, enormes Potential für den Einsatz von RFID gibt. (siehe Kap. 3.3.5.9., S. 97-107)

Die sehr speziellen und einzigartigen Merkmale von RFID, wie z.B.

- die Resistenz gegen Schmutz/Nässe, äußere Einflüsse,
- die Nichtnotwendigkeit einer Sichtverbindung zum Lesen & Beschreiben des Transponders (TAG),
- die kontaktlose und schnelle Datenübertragung mittels Luftschnittstelle als Radio-Funkwellen,
- die eindeutige und unverwechselbare Identifizierung (ID) sowie Sicherheit (z.B. gegenüber Barcode, der einfach kopiert werden kann),
- die Möglichkeit der Bespielbarkeit des TAGs durch weitere Daten- und Informationspakete,
- die Vermeidung des Informations- und Datenverlustes zwischen der virtuellen Datenebene (CAD, BIM, IKT, Dokumente) am Planungsmodell und der realen Gebäudeebene (Gebäude, Raum- und Bauteil) vor Ort auf der Baustelle sowie im Phasenmodell des Lebenszyklus,

sind wesentlich und bezeichnend für dieses geniale Auto-ID-System.

In diesem Zusammenhang lässt die RFID-Technologie andere Technologien bereits weit hinter sich. Mit dieser Einzigartigkeit können bei Implementierung in bestehende oder neue Systeme signifikante Ziele, wie

- Prozessoptimierung und Automatisierung,
- Anwendung bei eindeutiger Identifizierung (ID) und Trackingmöglichkeit von
  - o Materialien,
  - o Personen,
  - o Werkzeugen,
  - o Gütern und Geräten,

- Maschinen,
  - Einsatz von RFID und Sensorik,sowie vor allem
  - Effizienz- und Produktivitätssteigerung mit damit verbundener Zeit- und Kostensparnisin jeglicher Hinsicht erreicht werden.

Es geht zukünftig darum, RFID als System stetig weiterzuentwickeln. Nach Rücksprache mit Experten erwartet man dadurch im Bereich der Transponder und Reader sowie bei anderen erforderlichen Komponenten eine weitere beachtliche Kostenreduktion und somit werden zukünftige Investitionen in diese neue Technik interessant.

Wichtig ist, dass, einerlei in welcher Branche / Teilsparte, vor Einführung und Anwendung eines neuen Auto-ID-Systems – hier im speziellen bei RFID – eine genaue und detaillierte Prozessanalyse des jeweiligen und konkreten Anwendungsfalls erfolgt, in dem die essentiellen W-Fragen, wie z.B. das Wo, Wie, Wie lange und Warum der Anwendung, beantwortet werden.

Denn nur so lässt sich das RFID-System mit seinen individuellen Unterscheidungsmerkmalen und technischen Vorgaben & Fähigkeiten zielgerecht an das neue Einsatzgebiet, sprich seine Bereichs- und Branchenumgebung, anpassen.

- RFID gibt es nämlich nicht als Universalsystem von der Stange zu kaufen.

Wie bereits erwähnt, hängt der Erfolg von RFID nicht vom Zufall, sondern vielmehr von diversen Pionier- und Pilotprojekten ab.

Um Visionen zu leben und diese dann umzusetzen, müssen viel Forschung & Entwicklung betrieben und diverse Tests im Labor sowie in der Realität durchgeführt werden; somit wird ermöglicht, dass derart komplexe – bereichsübergreifende – Techniken, wie RFID, reibungslos funktionieren und in der Praxis bestehen bzw. zur Anwendung kommen.

#### **6.2.4. Kapitel 4 RB Klassisch - RFID | Conclusio - Ausblick**

Nachdem in Kapitel 3 die Grundlagen zu Digitalisierung, Auto-ID-Systeme im Überblick sowie RFID im Detail geklärt worden waren, wurden in Kapitel 4 Raumbuch Klassisch – RFID, die Themenblöcke Raumbuch Begriffsdefinition / Raumbuch Allgemein, der Wandel vom klassischen Raumbuch zum RFID-Raumbuch sowie der RFID-Raumbuch Prototyp in der Phase Bau erforscht und dargelegt.

Im Kapitel **Raumbuch Begriffsdefinition** bzw. **Raumbuch Allgemein** (siehe Kap. 4.1. - 4.2., S. 111 ff.) wurden Raumbuch-Begriffe, Funktion & Inhalt, Raumbuch-Typen (manuell, Datenbank-Programm, Webapplikation) inkl. Raumbuch-Anwendungen am Markt sowie das Raumbuch als Steuerungstool im Phasenmodell des Lebenszyklus sehr ausführlich beschrieben.

- Es wurde aufgezeigt, dass Raumbücher in jeder beliebigen Phase des Lebenszyklus einsetzbar sind.
- Wichtig ist, festzuhalten, dass man in diesem Fall die relevanten Datenstrukturen, Datenebenen und Inhalte über den gesamten Lebenszyklus hinweg – in den ein-

zelenen, aber doch zusammenhängenden Phasen (Planen, Bauen, Betreiben, Abriss) – betrachtet.

Auch wenn gewisse Akteure oft nur in einer Phase und dort dann evtl. nur kurz in Kontakt mit dem Raumbuch kommen, ist es dennoch ratsam, sämtliche vorgelagerte und nachfolgende Phasen inkl. jener Phase, in der man sich befindet, zu betrachten:

- Dabei gilt es, all deren Prozesse sowie das zugrundeliegende durchgehende Datenmanagement zu berücksichtigen.

Unter dem Kapitel **vom klassischen Raumbuch zum RFID-Raumbuch** wurde die Weiterentwicklung des Raumbuches anhand eines plakativen Beispiels gemäß Lebenszyklus dargelegt: (siehe Kap. 4.3., S. 118 ff.)

- In der Phase Projektentwicklung - Planung werden auf der
  - o virtuellen Datenebene, „SOLL-DATEN“ als Vorgaben definiert.
- In der Phase Bauen / Betreiben wird dann das Bauwerk hergestellt / betrieben und dabei werden auf der
  - o realen Gebäudeebene „IST-DATEN“ generiert.

Mittels am und im Bauwerk verorteter RFID-Transponder (TAGs) und den darin oder in einer Datenbank gespeicherten Daten wird die virtuelle Datenebene (CAD, BIM, IKT, Dokumente) am Planungsmodell mit der realen Gebäudeebene (Gebäude, Raum, Bauteil) vor Ort auf der Baustelle, im Sinne von „*Virtuality meets Reality*“, <sup>143</sup> verbunden.

- Das analoge Schnittstellenproblem sowie die Informationsverluste gehören durch den Einsatz digitaler RFID-Transponder somit auch in der Praxis der Vergangenheit an.

Das Kapitel **RFID-Raumbuch Prototyp in der Phase Bau** ist in mehrere Teilbereiche gegliedert, wie z.B. Initiierung, Organisatorische Vorbereitungen, Projektmanagement & Planung, Hardware, Software sowie „Merging“, die Zusammenführung der Komponenten, bspw. Hardware mit Software. (siehe Kap. 4.4., S. 123 ff.)

- All diese Teilbereiche funktionieren nur aufeinander aufbauend und jeder Teilbereich gilt als wichtig, um zum Gesamtpaket des RFID-Raumbuch Prototyps beizutragen.

Im Teilbereich Initiierung wurden zu Beginn sämtliche für das RFID-Raumbuch notwendigen Informationen gesammelt und mittels Brainstorming in Collageform skizziert. (siehe Kap. 4.4.1., S. 123 ff.) Diese Collage / Konzeptskizze war die Basis für das Prozessdiagramm und definierte die genaue und detaillierte Funktionsweise des RFID-Raumbuch Prototyps sowie deren Vorgänge und Arbeitspakete.

Auf die Initiierung folgend, wurden alle Organisatorischen Vorbereitungsmaßnahmen getroffen, die der RFID-Raumbuch Prototyp erforderte. (siehe Kap. 4.4.2., S. 129 ff.)

Hierzu zählten die Wahl eines adäquaten Bauvorhabens für das Forschungsprojekt sowie die Suche nach potentiellen Partnern am Markt, die den Autor bei der Entwicklung des

---

<sup>143</sup> vgl. Eigendefinition Armin Kamenschek

RFID-Raumbuchs gemäß seiner Vorstellungen unterstützen konnten.

- Alle Punkte konnten positiv abgeschlossen werden.

Der Teilbereich Projektmanagement & Planung (siehe Kap. 4.4.3., S. 140 ff.) war sehr umfangreich. Hier wurde zu Beginn im Sinne einer Bauwerks-Klassifizierung das Bauvorhaben sauber und logisch strukturiert sowie nach Nutzungen klassifiziert.

Für die Datenerhebung gab es grundsätzlich 2 Möglichkeiten bzw. Varianten:

- Variante 1: Entweder werden sämtliche Daten sowie dazugehörige Attribute aus den 2D-Plandaten / dem 3D-Modell analog & manuell generiert;
- Variante 2: oder es werden sämtliche Daten aus bzw. mit dem 3D-BIM-Modell digital bzw. automatisch über eine Export/Import-Schnittstelle ausgetauscht.

Nachdem beim Forschungsprojekt lediglich 2D-Pläne und ein abgespecktes 3D-Modell, jedoch kein BIM-Modell vorlag, musste für die Raumbuchentwicklung die analoge Variante 1 gewählt werden.

Dies war nicht die beste Gegebenheit, aber dennoch eine gute Basis:

- Für das Forschungsprojekt war dies verkraftbar und auch möglich, da ein Prototyp entwickelt wurde.
- Für zukünftige Projekte soll und muss jedoch Variante 2 – das digitale, automatische Ein- und Auslesen der Daten via BIM-Modell mittels Export/Import Schnittstelle – zum Tragen kommen und demnach die analoge Variante 1 samt dem Zwischenschritt Übergabematrix, ablösen bzw. dauerhaft ersetzen.

Die Bauwerks-Klassifizierung beinhaltete verschiedene Ebenen / Hierarchien im Sinne von Bauteilen, Geschossen, Stiegen, Bereichen, Gruppen, Räumen und Bauteilen, die in die Übergabematrix eingetragen wurden:

- diese Übergabematrix war die Basis für das Einlesen der Daten in die spätere RFID-Raumbuch Prototyp-Software-datenbank.

Aufgrund der Bauwerks-Klassifizierung mit ihrer durchdachten hierarchischen Struktur, entstand für jeden Eintrag eine eindeutige und unverwechselbare ID in Form eines Primärschlüssels.

Darüber wurde eine TAG Level-Klassifizierung für die Transponder (TAGs) gestülpt. Diese TAG-Struktur war in Kombination mit dem Primärschlüssel elementarer Bestandteil für die später folgende Attributeinbindung, Programmierung sowie Verortung am Bau.

Wichtig dabei war, dass die Darstellung auf der kleinsten Einheit (Detail-TAG Ebene = L3 Level) für Boden, Decke und Wand stattfand, denn nur so konnten die Infos auch später im BIM dargestellt werden. Die Detail-TAGs (L3 Level) können nach Belieben auf Master TAG Ebene (L2 Level) bzw. Star TAG Ebene (L1 Level) am Transponder auf der Baustelle zusammengefasst und dargestellt sowie angezeigt werden.

Darauf folgend wurden die Attributsdaten definiert; die Verknüpfung der Attributsebenen mit der Bauwerks- und TAG Ebene geschah mittels Hilfsmatrix.

- All die Punkte, Projektmanagement & Planung betreffend, konnten positiv abgeschlossen werden.

Parallel zur Übergabematrix wurde der Teilbereich bzgl. Hardware abgewickelt (siehe Kap. 4.4.4., S. 158 ff.). In diesem ebenfalls sehr umfassenden Abschnitt wurden die notwendigen

Hardwarekomponenten hinsichtlich TAGs und Readern und deren Anforderungen und Test-szenarien aufgelistet bzw. erläutert, sowie folglich die für den RFID-Raumbuch Prototyp ge-tätigte Auswahl und Entscheidung dargelegt und für die Tests vorbereitet.

Aus den verschiedenen, sehr detaillierten, TAG- und Reader Testszenarien – im Labor so-wie auf der Baustelle – die sehr positiv verliefen, konnten finale Festlegungen für die dies-bezügliche Anwendung im RFID-Raumbuch Prototyp und für die darauffolgende Software-Programmierung mit dem Projektpartner TAGnology/TAGpilot gemacht werden.

Im darauffolgenden Teilbereich Software wurden alle softwaretechnisch relevanten Punkte bzgl. RFID-Raumbuch Prototyp-Entwicklung behandelt. (siehe Kap. 4.4.5., S. 205 ff.)

- Diverse Vorgaben sowie Festlegungen wurden für die Programmierung der mobilen App für das Mobiltelefon sowie für die Webapplikation getätigt, wie auch Masken und Designvorgaben definiert.
- Es folgten Softwarefunktionstests im betriebsinternen Labor von TAGpilot, die nach diversen Feedbackrunden sehr positive Testergebnisse hervorbrachten; diese waren die Basis bzw. Freigabe für das Rollout des RFID-Raumbuch Prototyps – samt dies-bezüglicher Tests im Allgemeinen sowie im speziellen Anwendungsfall – unter realen Bedingungen auf der Baustelle.

Diese abschließenden Funktionstests fielen unter das „Merging“ - Zusammenführung der Komponenten - Hardware mit Software. (siehe Kap. 4.4.6., S. 226 ff.)

- **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-2:**

**Ist es möglich, mit IT-gestützten Bauprozessen, unter Einsatz / Implikation von smarten Trackingsystemen, z.B. anhand eines RFID-Raumbuch Prototyps für den Hochbau, „Just in Time“ SOLL-IST-Vergleiche für das Baustellencontrolling zu gene-rieren?**

Auf Basis der vorliegenden Arbeit und Testergebnisse kann hiermit bestätigt werden, dass die vorgegebenen Testziele bzgl.

- TAG Einbau bzw. TAG Verortung,
- TAG Erfassen sowie das Bearbeiten der Detail-Punkte in der mobilen App bzgl. SOLL-IST-Vergleich,
- Baufortschrittsanzeige und Kontrolle der Punkte in der Webapplikation

auf der Baustelle positiv verlaufen sind. (siehe Kap. 4.4.6.2.3 - 4.4.6.2.6, S. 230 - 243)

Somit kann die wissenschaftliche Fragestellung, ob unter Einsatz / Implikation von smarten Trackingsystemen anhand eines RFID-Raumbuch Prototyps für den Hochbau, „Just in Time“ SOLL-IST-Vergleiche für das Baustellencontrolling generiert werden konnten, mit einem klaren JA beantwortet werden.

- Der RFID-Raumbuch Prototyp, den es bis dato noch nicht gab (sprich das „Taggen“ von Räumen und in weiterer Folge von Details wie Boden, Wand, Decke, Zusatz-attributen), funktioniert.

Zukünftig geht es darum, dass sämtliche generierte Feedbacks aus den RFID-Raum-buch Prototyp-Tests im Sinne des POC bei der zukünftigen Optimierung und Weiterent-wicklung der mobilen App sowie Webapplikation berücksichtigt werden.

Darunter fallen, z.B.

- zukünftiges digitales / automatisches Einlesen der Daten via BIM-Modell,
- die Implementierung einer Offline-Version,
- die Einbindung zusätzlicher Buttons, die derzeit nur Dummys sind,
- ...

Auch externes Feedback, wie z.B. die individuelle Anpassung des RFID-Raumbuchs mittels Erweiterung / Programmierung von Zusatzmodulen soll – je nach Möglichkeit – Berücksichtigung finden.

- **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-3:**

**Welche Optimierungspotentiale bewirkt RFID am Bau für das Controlling?**

Die RFID-Technologie revolutioniert den Bereich des Controllings am Bau.

Anbei folgt die Nennung einiger Potentiale, die beim Einsatz dieser Auto-ID-Technik zum Tragen kommen. (siehe Kap. 4.4.6.2.3 - 4.4.6.2.6, S. 230 - 243)

- Mit der funktionierenden „Just in Time“-Datenübertragung ist eine beachtliche Zeit- und dadurch resultierende Kostenersparnis verbunden (**Faktor „Zeit“** als großer Benefit):
  - o getestet und bestätigt, bedarf es nur mehr einiger Klicks am Display und die Arbeit ist im Sinne von Quantitäts-, Qualitäts- und Termin- (sowie zukünftig auch Kosten) -kontrolle relativ schnell erledigt.
  - o die Daten liegen aufgrund der genauestens geplanten und ausgeführten Vorarbeiten – im Sinne des Projektmanagements, Hardware-Software-Thematik – sauber gespeichert in der Datenbank der Webapplikation vor.
  - o alle Projekt- bzw. Prozessbeteiligten, wie z.B. BH-ÖBA, Polier, Bauleitung, Techniker haben ständig und überall Zugriff auf die stets aktuellen Daten der Baustelle.
  - o das mühsame Nachbearbeiten von Daten entfällt aufgrund vorab genau getätigter Festlegungen im Team.
- Die Baustelle wird – im Sinne von Prozessoptimierung und Automatisierung – schließlich „digitaler“:
  - o Analoge Tools, wie z.B. Zettel, Bleistift u.Ä. gibt es zwar noch als Backup, diese gehören jedoch bei Kontrollen und Abnahmen der Vergangenheit an.
- Notwendige Effizienz- und Produktivitätssteigerungen auf der Baustelle sind die logischen Nebeneffekte dieser Optimierung durch RFID.
  - o Der RFID-Raumbuch Prototyp unterstützt die Baustellenprozesse stark im Sinne der Digitalisierung.
- Zeitliche Prognosen für die Abgabe von richtungsweisenden Entscheidungen sind somit genauer ables- und vorhersehbar.

- **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-4:**

**Mit welchen Parametern bzgl. Zeit und Kosten ist im Planungsprozess auf der virtuellen Datenebene sowie am Bau auf der realen Gebäudeebene bei der Anwendung von RFID im Sinne des Raumbuch Prototyps zu rechnen?**

Anbei eine grobe Aufschlüsselung der in Anspruch genommenen Zeit- und Kostenparameter / Zuordnung, die im Laufe des RFID-Raumbuch Prototyps angefallen sind;

Abhängig sind diese Werte von der Projektgröße sowie Projektdauer, der verwendeten Technologie (analoges / digitales Einlesen) und der gewünschten Darstellungstiefe durch BH-ÖBA; Analog kann dies auch auf den GU / weitere Interessenten umgelegt werden.

### Parameter

- Bauwerks-Klassifizierung:
  - o am Plan – xls Matrix durch BH-ÖBA: Hoher Zeitaufwand
    - Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM), im Sinne des BH-ÖBA-Honorars mit Pauschale abdeckbar.
- TAG Level-Klassifizierung:
  - o am Plan – xls Matrix durch BH-ÖBA: Hoher Zeitaufwand
    - Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM), im Sinne des BH-ÖBA-Honorars mit Pauschale abdeckbar.
- Attribute – Verknüpfungen:
  - o am Plan – xls Matrix durch BH-ÖBA: Mittlerer Zeitaufwand
    - Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM), im Sinne des BH-ÖBA-Honorars mit Pauschale abdeckbar.
- TAG Level-Verortung:
  - o am Plan / 3D-Modell durch Arch: Geringer Zeitaufwand
    - Zeit und Kosten seitens Arch (Planung), im Sinne des Planerhonorars mit Pauschale abdeckbar.
  - o auf der Baustelle durch BH-ÖBA / Polier: Mittlerer Zeitaufwand
    - Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM) / Polier, im Sinne des BH-ÖBA- / Polierhonorars mit Pauschale abdeckbar.
- Hardware:
  - o TAG und Reader, Test - Rollout
    - Kosten für Erstellung & Anpassung, Tests, Aktualisierung inkl. Wartung, im Sinne der Programmierung mit Stk.-Preis / -Pauschale abdeckbar.
- Software:
  - o Mobile App, Webapplikation, Datenbank, Test - Rollout
    - Kosten für Erstellung & Anpassung, Tests, Aktualisierung inkl. Wartung, im Sinne der Programmierung mit Stk.-Preis / -Pauschale abdeckbar.
- Controlling – SOLL-IST-Vergleich / Baufortschritt:
  - o auf der Baustelle durch BH-ÖBA / Polier: Geringer Zeitaufwand
    - Zeit und Kosten seitens BH-ÖBA (PM) / Polier, im Sinne des BH-ÖBA / Polierhonorars mit Pauschale abdeckbar.

(Zeitaufwandsdefinition: gering 40h, mittel 80h, hoch 120h)

### 6.2.5. Kapitel 5 RFID & BIM / RFID & Robotik | Conclusio - Ausblick

In Kapitel 5 wurde im Zuge der Ausarbeitung der Dissertation – hinsichtlich der Digitalisierung von Baustellen – parallel dazu noch versucht, die Themen BIM, sowie Robotik - #Robohund und - #Drohne-Vermessung mit dem Thema RFID am Bau zu verknüpfen / zu implementieren, und in ihrem Kontext in die Arbeit zu integrieren.

Kapitel 5.1 beinhaltet, ähnlich wie beim Kapitel 4. RFID-Raumbuch, allgemeine Initiierungs- sowie organisatorische Vorbereitungsmaßnahmen im Sinne von Prozessanalyse, Bauvorhaben- und Projektpartnercheck.

In Kapitel 5.2 ging es darum, diverse Anwendungsmöglichkeiten von BIM am Bau, unter anderem **RFID & BIM** sowie weitere Kombinationen mit Robohund und Vermessung, gemeinsam mit dem Projektpartner FCP zu testen.

Zuerst wurde BIM im Allgemeinen bzw. dessen Entwicklung, anschließend BIM-Basiswissen, wie z.B. Datenaustauschformate, BIM-Typen, BIM-Level, BIM-Dimensionen sowie unterschiedliche BIM-Software am Markt, dargelegt und erläutert.

Darauf aufbauend wurde versucht, RFID & BIM zu kombinieren; d.h. es wurde untersucht und ausgetestet, ob ein RFID-Support im Projekt möglich war.

#### - **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-5:**

##### **Besteht die Möglichkeit RFID & BIM im Sinne der Digitalisierung zu verknüpfen?**

Die Frage kann mit einem JA beantwortet werden. Die RFID & BIM-Verknüpfung als RFID-Support konnte dargelegt bzw. bestätigt werden. (siehe Kap. 5.2.2.3.1., S. 255-260)

Für die Datengenerierung gibt es, wie bereits beim RFID-Raumbuch Prototyp dargelegt, grundsätzlich 2 Möglichkeiten bzw. Varianten:

- Variante 1: Entweder werden sämtliche Daten sowie dazugehörige Attribute aus den 2D-Plandaten / dem 3D-Modell analog bzw. manuell generiert.
- Variante 2: oder es werden sämtliche Daten aus bzw. mit dem 3D-BIM-Modell digital bzw. automatisch über eine Export/Import-Schnittstelle ausgetauscht.

Es wurde die analoge Variante 1 gewählt.

Der Lösungsansatz war nun jener, aus dem 3D-Modell mittels IFC-Export einen digitalen Zwilling zu formen, und dort die RFID-Daten in Dummy-Objekte zu packen.

- Somit konnte man **das ANALOGE - DIGITAL werden lassen**; sprich, die analogen Kontrollen (SOLL-IST-Vergleiche, Abnahmen usw.) vor Ort mittels Plan, Stift und Papier, wurden durch digitale Hilfsmittel, in Kombination mit RFID, abgelöst.

#### - **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-6:**

##### **Welche Optimierungspotentiale bewirkt die Verknüpfung von RFID & BIM sowie BIM im Allgemeinen auf der Baustelle, im Sinne der Digitalisierung?**

Durch die Anwendung von BIM-Modellen (= digitaler Zwilling des Gebäudes) in Kombination mit RFID oder weiteren Applikationen, können auf der Baustelle beachtliche Optimierungspotentiale genutzt werden: (siehe Kap. 5.2.2.3.2. – 5.2.2.3.4., S. 260-262)

- RFID-TAGs bieten einen großen Mehrwert, da sie die Verknüpfung des digitalen Zwillings zum Gebäude herstellen, sprich die Verbindung der virtuellen Datenebene mit der realen Gebäudeebene ermöglichen.

- SOLL-IST-Vergleiche im Sinne des Baustellencontrollings sind auf Knopfdruck möglich.
- Durch die digitalen Prüfungen und Abnahmen vor Ort auf der Baustelle durch BH-ÖBA, den Polier gemeinsam mit FCP, waren enorme Zeitersparnisse feststellbar.
- Es besteht die Möglichkeit der Erstellung von schnelleren Prognosen bzgl. des Bauablaufs.
- Usability und die Robustheit der TAGs überzeugen hierbei gegenüber den alternativen Auto-ID-Methoden der Verortung, wie QR- oder Barcodes.

Es gibt jedoch zukünftig noch ein paar Herausforderungen, die bzgl. RFID & BIM zu bewältigen sind:

- das Ziel besteht, sämtliche Daten und Attribute mittels BIM-Modell (Variante 2) digital bzw. automatisch, anstatt (Variante 1) analog bzw. manuell zu generieren.
- die Erstellung und Pflege einer RFID-Datenbank für BIM & Raumbuch
- die Optimierung der Usability des digitalen Werkzeugs vor Ort
- die Optimierung des komplexen Datenmanagements / der Verknüpfungen sowie der Wartung des Systems

Des Weiteren wurde Virtual Reality am BIM-Modell / digitalen Zwilling am BvH THEOs ausgetestet:

- dies ist eine sinnvolle Anwendung und speziell in den Projektfrühphasen von Nutzen.

Ebenso konnte das 3D-BIM-Modell – der digitale Zwilling – für SOLL-IST-Vergleiche der Bauleranzen im Rohbau, in Kombination mit den Punktwolken aus der Vermessung (Boden Robohund, Luft Drohne) mit KOPA – im Sinne von „*Virtuality meets Reality*“<sup>144</sup> – herangezogen werden:

- 3D-BIM-Bestandsdaten-Modell = SOLL-DATEN vs. Punktwolkendaten Bau = IST-DATEN; auch dies stellt einen zukünftigen Mehrwert für alle Projektbeteiligten dar.

Zu guter Letzt konnte durch die intensive Nutzung digitaler Informations- und Kommunikationssysteme, (IKT) im Sinne von

- Telefon- und Videokonferenzen diverser Hersteller,
- Nutzung von Onlinetools, wie z.B. Miro-Whiteboard zum Brainstormen,
- Nutzung von Projektplattformen sowie Datenbanksystemen für den Datenaustausch

aufgezeigt werden, dass Digitalisierung sehr einfach, aber dennoch effizient vorangetrieben werden kann bzw. muss.

Diese getesteten Anwendungsfälle stellen wichtige Schritte bezüglich der Digitalisierung der Baustelle dar und ermöglichen unterstützend, durch beachtliche Steigerung der Effizienz im Sinne von Zeit- und Kostenersparnis,

- die bisher schwache Produktivität anzukurbeln / zu steigern und dadurch
- die Qualität der Bauausführung zu verbessern.

In Kapitel 5.3. ging es um **RFID & Robotik**. Es folgte zunächst eine **Allgemeine Einführung** zum Thema **Robotik**; d.h. die Robotik am Boden (Laufroboter - **Robohund**) sowie Roboter

---

<sup>144</sup> vgl. Eigendefinition Armin Kamenschek

in der Luft (**Drohne**) samt zugehöriger Begriffsdefinitionen, Entwicklungen sowie Firmen am Markt wurden thematisiert. Auf diesen Allgemeinteil aufbauend, folgten dann getrennte Detailkapitel bzgl. Robohund und Drohne.

In Kapitel 5.3.5. wurde versucht, die Thematik **RFID & Robotik - #Robohund** sowie weitere Anwendungsmöglichkeiten des Robohundes am Bau, inkl. diverser Aufsätze / Payloads, gemeinsam mit dem Projektpartner Rhomberg zu testen.

Als führendes Unternehmen der Branche hat Boston Dynamics den Zugang zu Robotern sowie den Einstieg in das Thema Robotik sehr vereinfacht und die Sparte damit gewissermaßen revolutioniert. Robohund „Spot“ ist eine bedeutende Weiterentwicklung im Segment der Laufroboter.

Im Rahmen der Forschungsarbeit konnten viele Erkenntnisse bzgl. seines Typs, seiner Spezifikationen – der Manövrierfähigkeit und dem Handling – sowie zahlreicher Facetten des durchaus nicht alltäglichen / abstrakten Themas kennengelernt sowie studiert werden.

Im Sinne des RFID-Supports sollte Robohund „Spot“ bei seinen Dokumentationsrundgängen auf der Baustelle – outdoor und indoor – die TAG Auslese autonom unterstützen.

Damit dies geschehen konnte, wurden vorab in Testphase 1 diverse Labortests (bzgl. Beförderung, Antennentests, TAG Typentests sowie Interferenzttests) durchgeführt.

#### - **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-5:**

**Besteht die Möglichkeit, RFID & Robotik - #Robohund im Sinne der Digitalisierung zu verknüpfen?**

Nach absolvierter Testphase 1 und den vorliegenden Testergebnissen (bzgl. diverser Reader bzw. TAGs, Antennenausrichtung, Konnektivität, Spannungsversorgung per Kabel, Streuungen an ruhenden sowie aktiven Robotern) kann diese Frage mit JA beantwortet werden; es ist durchaus möglich, RFID und Robotik - #Robohund miteinander zu verknüpfen. (siehe Kap. 5.3.5.3., S. 277-284)

- Ein Feintuning der Tests aus Phase 1 könnte bzw. müsste in einer Phase 2 – aufbauend auf die Dissertation – für ein Rollout folgen.

Hierzu wurden bereits erste Baustellentests mit dem Robohund bzgl. RFID-Halterung und Trageverhalten als Probeversuche – im Vorfeld der Phase 2 – absolviert.

- Das Ergebnis war zufriedenstellend, Tendenz gut.

#### - **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-6:**

**Welche Optimierungspotentiale bewirkt die Verknüpfung von RFID und Robotik - #Robohund sowie Robotik - #Robohund im Allgemeinen auf der Baustelle, im Sinne der Digitalisierung?**

Der Robohund ist bereits mit einer Auto-Walk-Funktion ausgestattet, die aber noch nicht sehr ausgeprägt ist; somit übernimmt der Mensch noch die Steuerung.

- Zielsetzung ist es, den Roboter in absehbarer Zeit autonom und eigenständig mit diversen Aufgaben (RFID-TAG Auslese, Doku- und Kontrollgängen usw.) zu betrauen, wodurch der Mensch dann entlastet wird, im Background agieren und andere Tätigkeiten erledigen kann bzw. nur bei Bedarf, z.B. Problemen, eingreifen kann.
  - o Bis dies tatsächlich in die Realität umgesetzt wird, sind noch viele offene „To-Do's“ zu lösen und es wird wohl einige Zeit vergehen.

Auf der Baustelle kann sich der Robohund im Großen und Ganzen auf und über jedem Terrain gut bewegen.

- Probleme, z.B. das Passieren von Engstellen, Treppensteigen oder Erkennen von

Löchern bzw. diversen Oberflächen, wie auch monoton wirkenden Gängen, sind ebenfalls im Zuge von Software-Updates lösbar.

Der Robohund ist und bleibt ein reines Service- und Transportvehikel. Erst durch den Gebrauch seiner Aufsätze / Payloads, wie

- RFID-Support
- LiDAR (Doku-Tätigkeiten)
- BLK2GO (Vermessung)
- Search & Rescue (Erste Hilfe/Gas/Brandfall)

ergibt sich auf der Baustelle ein Mehrwert; es sind unterstützende und durchaus sinnvolle Maßnahmen am Bau, die die Robotik generell betreffen. (siehe Kap. 5.3.5.4., S. 284-287)

- Für ein Rollout bedarf es aber noch etlicher Feintunings:
  - o z.B. ist beim RFID-Support das Durchlaufen von Phase 2 im Sinne einer Optimierung des Systems unbedingt notwendig.

Neben den derzeit doch sehr hohen Anschaffungskosten und aufgrund des lediglich zufriedenstellenden technischen Reifegrades (momentan mehr Spielzeug als technisches Hilfsmittel) sowie noch vieler offener optimierbarer Punkte, sind

- temporäre Einsätze des Robohundes – im Sinne von Testläufen auf der Baustelle – gerechtfertigt;
- dauerhafte Einsätze des Robohundes aber noch nicht zu empfehlen.

Es ist stark anzunehmen, dass die Entwicklung im Bereich der Robotik, darunter des Einsatzes von Robohunden, oder sonstiger Vehikel in naher Zukunft rasant voranschreiten wird. Es gilt, vor allem neue Aufsätze & Payloads, die den Robohund für Baustelleneinsätze interessant machen, im Auge zu behalten.

In Kapitel 5.3.6. wurde versucht, die Thematik **RFID & Robotik - #Drohne** sowie weitere Anwendungsmöglichkeiten von Drohnen am Bau – in puncto Vermessung mit hybriden Messsystemen, Dokumentation und Überprüfung des Bauprozesses mittels Punktwolken im Zusammenspiel mit 3D-BIM-Modellen für die Baustellendigitalisierung – gemeinsam mit dem Projektpartner KOPA zu testen.

Im Rahmen der gegenständlichen Forschungsarbeit konnten auch hier viele neue Aspekte bzgl. der Baustellendigitalisierung mit kleinen und großen Drohnen studiert werden.

Im Sinne des RFID-Supports sollten die Drohnen bei der TAG Auslese am Bau, sei es outdoor (mit evtl. Propellerschutz) wie auch indoor (mit Käfigschutz als Käfigdrohne), unterstützend mitwirken.

Damit dies geschehen konnte, wurden auch hier vorab in Testphase 1 diverse Labortests (bzgl. Beförderung, Antennentests, TAG Typentests sowie Interferenztests) durchgeführt.

#### - **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-5:**

**Besteht die Möglichkeit, RFID & Robotik - #Drohne im Sinne der Digitalisierung zu verknüpfen?**

Nach absolvierter Testphase 1 mit den kleinen Drohnen und gemäß vorliegender Testergebnisse, kann diese Frage mit NEIN beantwortet werden. (siehe Kap. 5.3.6.3., S. 292-299) Im aktuellen Stadium ist die Verwendung von Drohnen in Kombination mit RFID noch nicht möglich.

- Die Payload, bestehend aus Halterung und Reader, konnte nicht eigenständig von

der Drohne (sondern nur durch manuelle Hilfe) getragen werden.

Erst nach Realisierung eines weiteren Feintunings und neuerlicher Tests der Systeme in einer Phase 2 kann die Drohnenanwendung bei positivem Ergebnis, im Sinne des RFID-Supports, für ein Rollout / Einsatz auf der Baustelle empfohlen werden.

- Trotz negativer Labortests fanden erste Drohnenflüge am Bau (mit kleinen Drohnen) als Probeversuche bzgl. RFID-Halterungstests – im Vorfeld der Phase 2 – statt; das Ergebnis war abermals nicht zufriedenstellend.

#### - **Wissenschaftliche Fragestellung – Forschungsfrage FF-6:**

**Welche Optimierungspotentiale bewirkt die Verknüpfung von RFID und Robotik - #Drohne sowie Robotik - #Drohne im Allgemeinen auf der Baustelle, im Sinne der Digitalisierung?**

Mit der zu erwartenden Weiterentwicklung von Halterungen und Reader als Hardware (für Drohnen) sowie der Leistungsfähigkeit (Hubleistung) selbst bzgl. UAVs, wie auch im Bereich der Akku-Technologie, ist davon auszugehen, dass kleinere Fluggeräte bald in der Lage sein werden, mehr und mehr an Gewicht zu tragen, und es dabei schaffen werden, länger in der Luft zu bleiben.

- Ziel ist es, zukünftig einen möglichst effizienten Einsatz von Drohnen für die automatisierte Erfassung der RFID-TAGs – ohne direkten Operator – zu gewährleisten; diesbezüglich gibt es noch einiges an Arbeit zu erledigen.

Neben dem RFID-Support konnten durch den Einsatz von Drohnen auf der Baustelle noch andere wichtige Tätigkeiten, wie z.B. Vermessungsarbeiten oder Dokumentations und Inspektionstätigkeiten im Sinne einer Optimierung der Baustelle hinsichtlich der Digitalisierung, erledigt werden. Hierfür kamen kleine wie auch große Drohnen zum Einsatz. (siehe Kap. 5.3.6.5., S. 304-313)

Vermessungen mittels Robohund & MLS (BLK2GO) in Kombination mit TLS (RTC360) am Boden sind durchwegs positiv verlaufen;

- auch hier kann nach Optimierung diverser Punkte mit besseren Ergebnissen gerechnet werden.

Befliegungen im Sinne von Vermessungsarbeiten via Photogrammetrie oder ALS, unter Anwendung der großen Drohne, konnten mit positivem Ergebnis durchgeführt werden.

- Diesbezüglich waren die Tests mittels Punktwolkenerzeugungen für
  - o SOLL-IST-Vergleiche der Rohbauabweichungen mit dem 3D-BIM-Modell von FCP, bzw.
  - o Aushub, Kubaturvermessungen und Berechnungensowie der daraus generierten Ergebnisse sehr vielversprechend und Punktlandungen im wahrsten Sinne des Wortes.

Auch das Befliegen der Baustellen mit den kleinen Drohnen für Dokumentations- oder Inspektionszwecke war erfolgreich. Diese generierten Daten / Unterlagen sollten zukünftig – im Sinne der Digitalisierung – allen Projektbeteiligten als Mehrwert und für das vernetzte Arbeiten zur Verfügung stehen.

Die derzeit größte, für die Zukunft nicht vollends absehbare, Herausforderung in puncto Drohnen stellen die geltenden rechtlichen Rahmenbedingungen dar, die für Missionen im innerstädtischen Bereich zum Teil längere Bewilligungs- und Vorlaufzeiten erfordern.

Auch aufgrund der rechtlichen Möglichkeiten werden Drohnen zukünftig einen noch größeren Anteil an der Digitalisierung der Bauabläufe und bei der Erstellung von digitalen Zwillingen im Planungs- sowie Bauablauf haben.

### **6.2.6. Kapitel 6 Conclusio - Ausblick**

Conclusio - Ausblick bzgl. Kapitel 0-7

### **6.2.7. Kapitel 7 Anhang**

Zum Abschluss folgte in Kapitel 7 der Anhang mit den enthaltenen Grafiken – Diagrammen – Masken, Tabellen, dem Planmaterial, Literatur-, Tabellen- und Abbildungsverzeichnis, den Imagefilmen sowie Presseartikel.





Photo & Videography directed by Louie Soriano | © by Armin Kamenschek – Dissertation RFID am Bau

Abb. 002: Projektpartner RFID am Bau / RFID-Raumbuch Dissertation Kamenschek 2018-2022, S. 398



Abb. 003: Digitales Bauprojekt: Planen, Bauen, Betreiben, S. 398

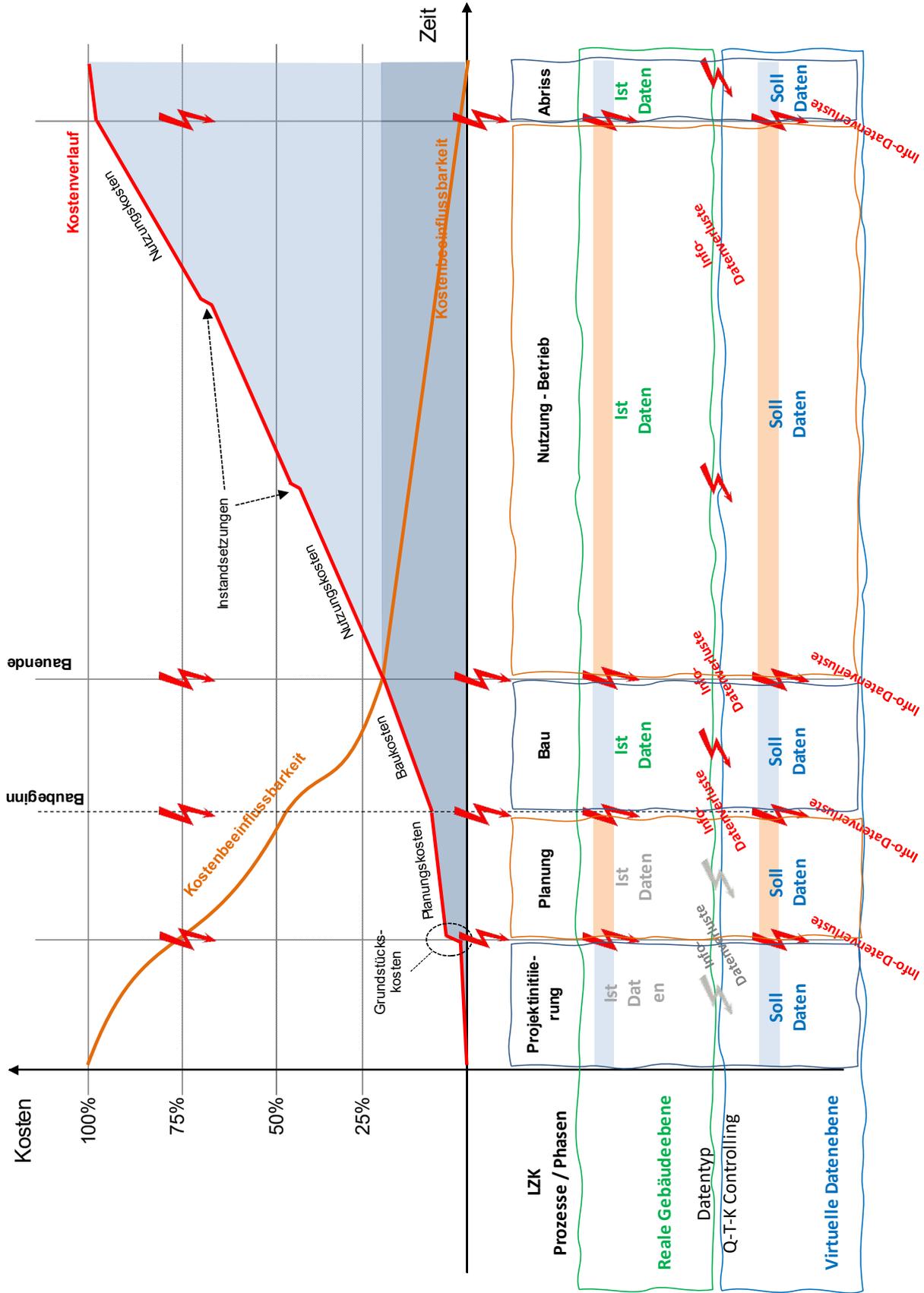


Abb. 004: Phasen d. Lebenszyklus: Info – u. Datenverluste aufgrund digitalem Schnittstellenproblem, S. 398

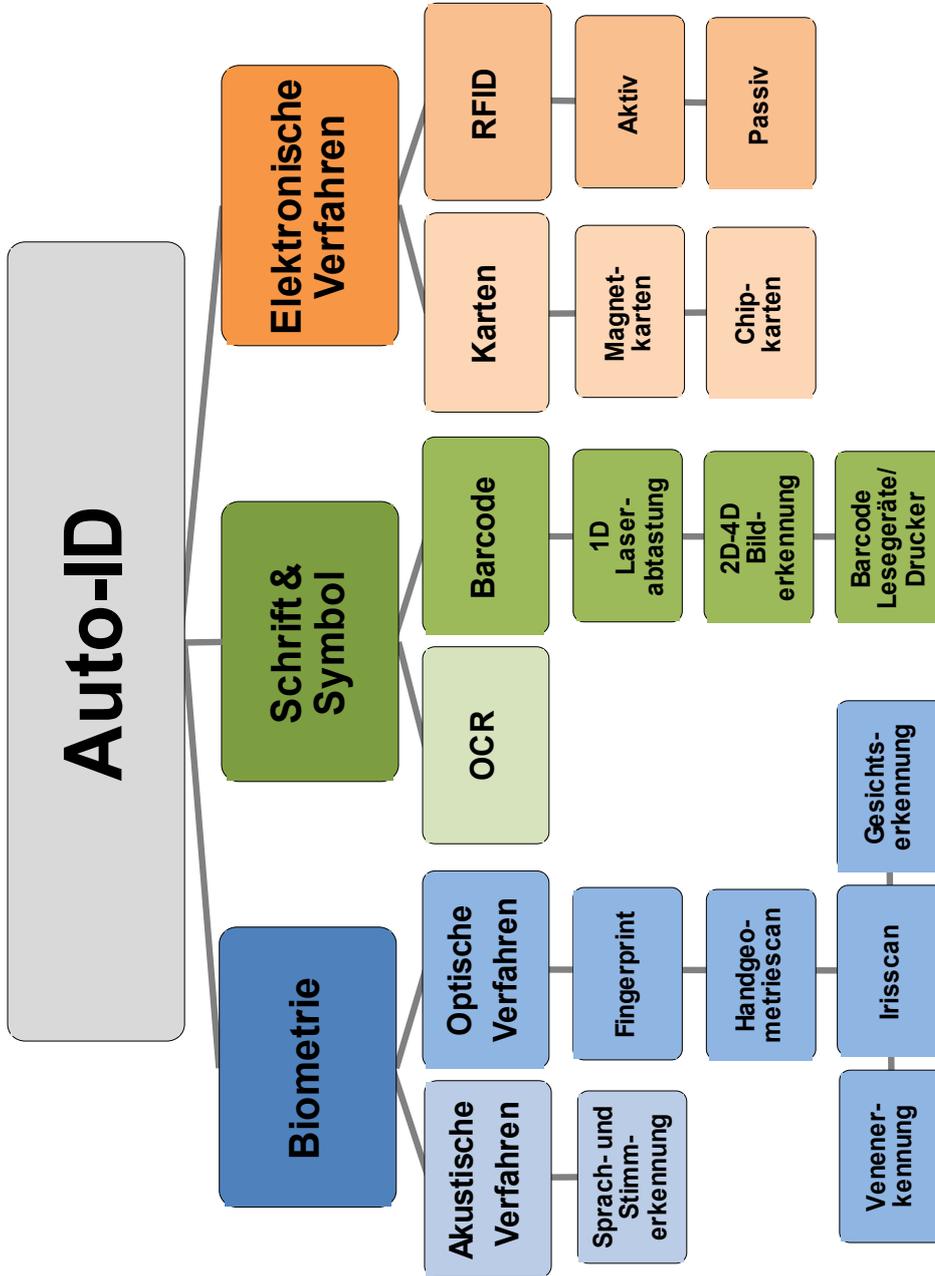


Abb. 006: Auto-ID-Systeme, S. 398

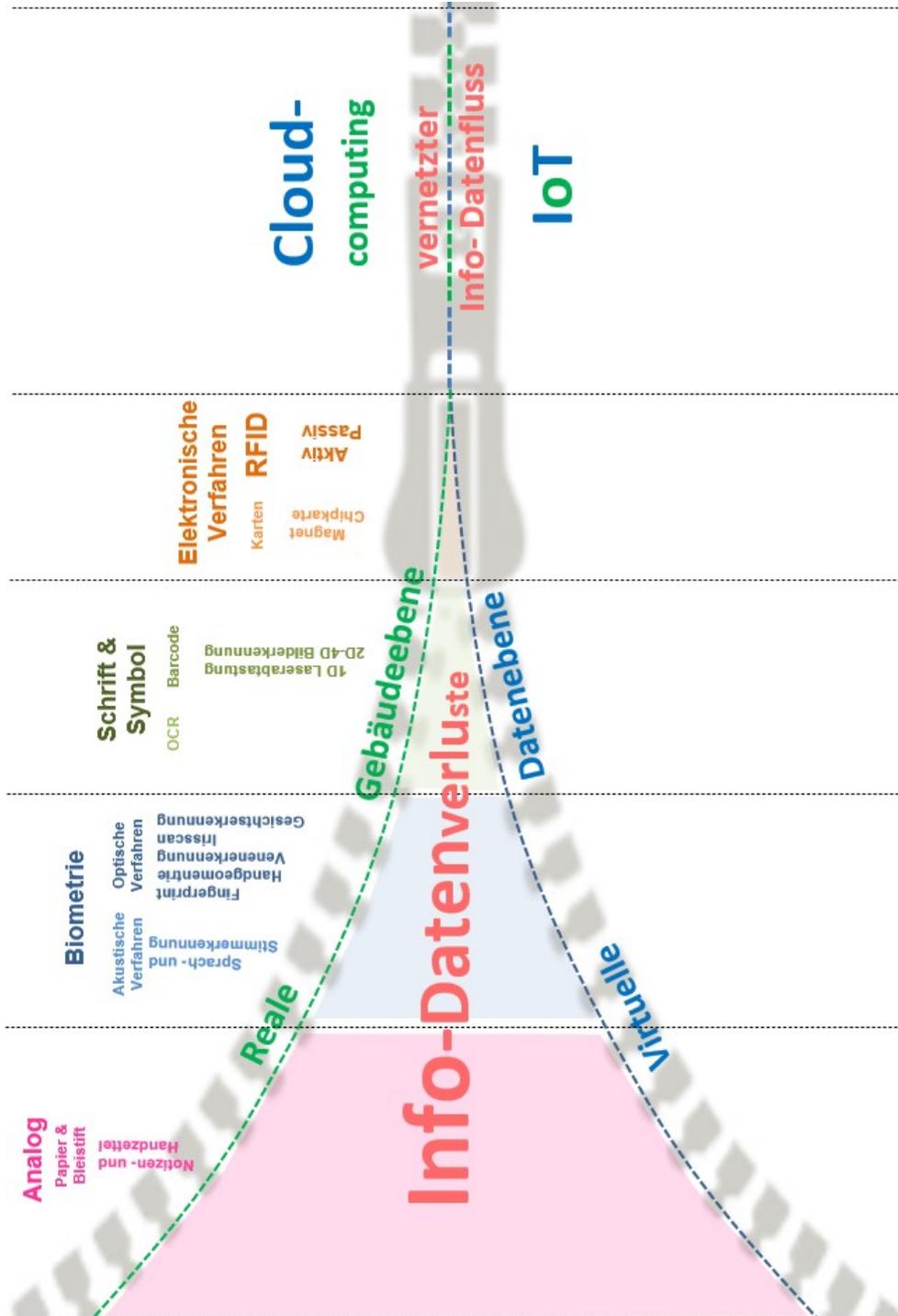


Abb. 033: Auto-ID-Darstellung Info-Datenverlust Analog vs Digitaler Verfahren, S. 399

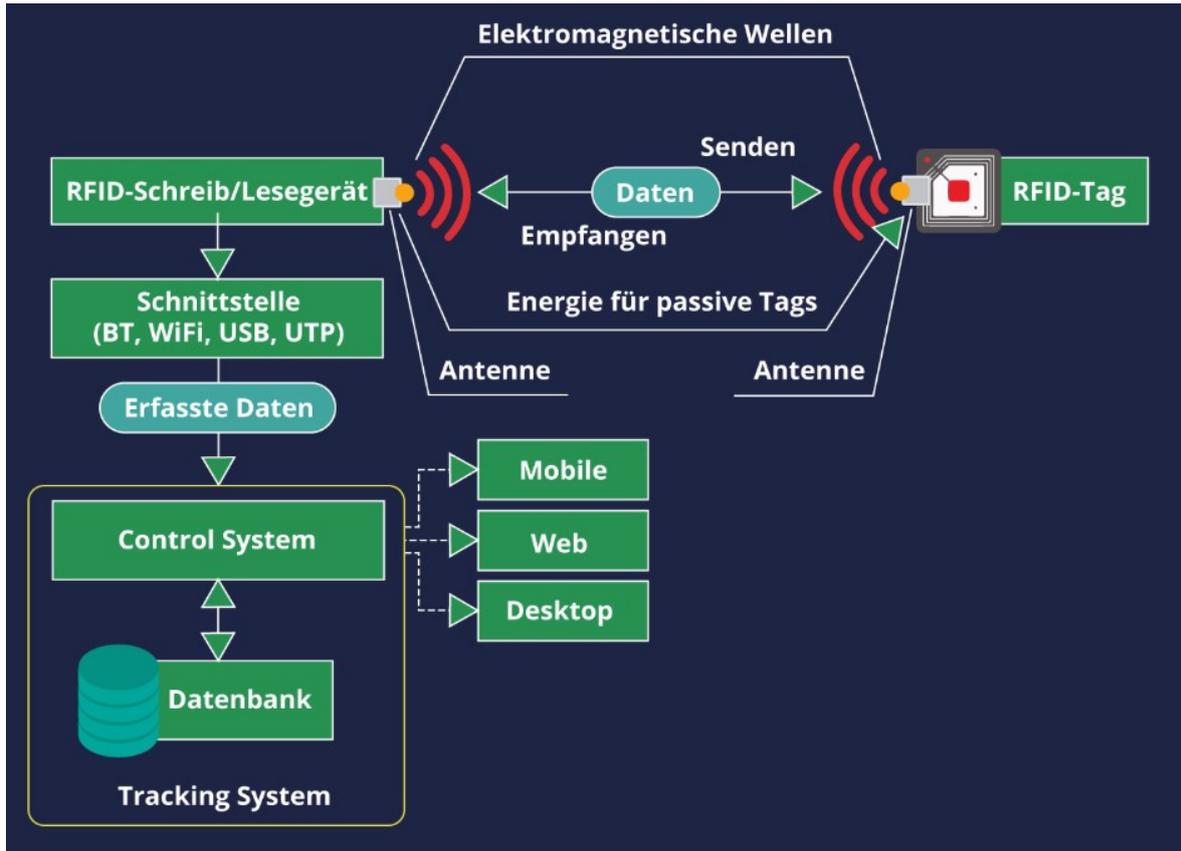


Abb. 034: RFID-Funktionsweise im Detail, S. 399

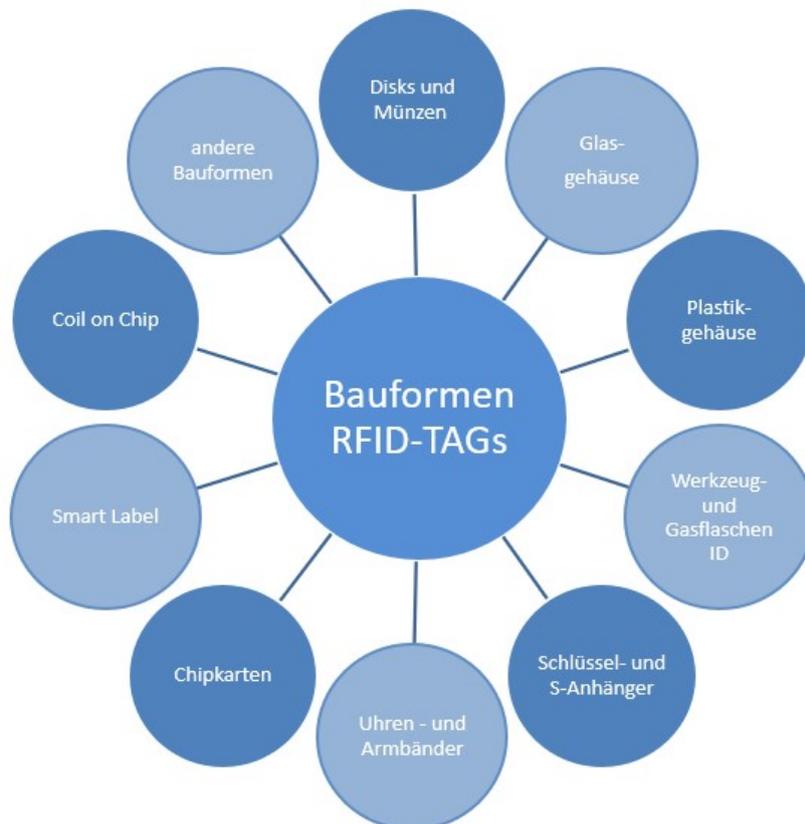


Abb. 038: RFID-TAG Bauformen, S. 400

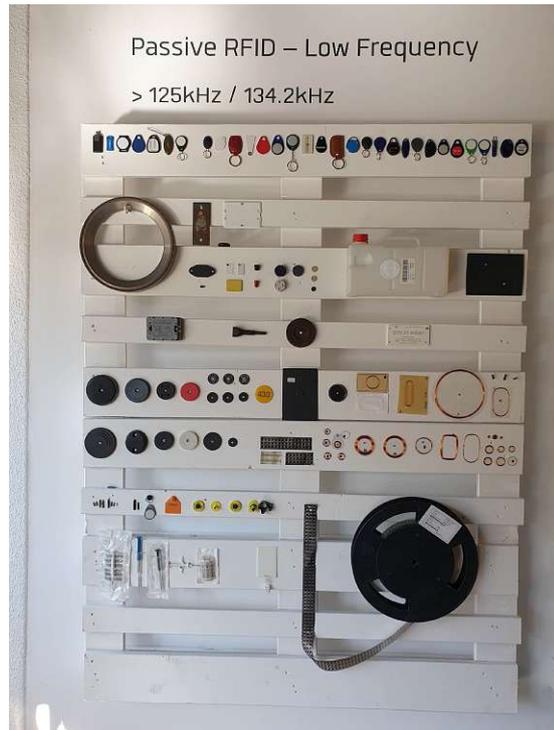


Abb. 058: Diverse RFID-TAGs – passiv, aktiv, S. 401

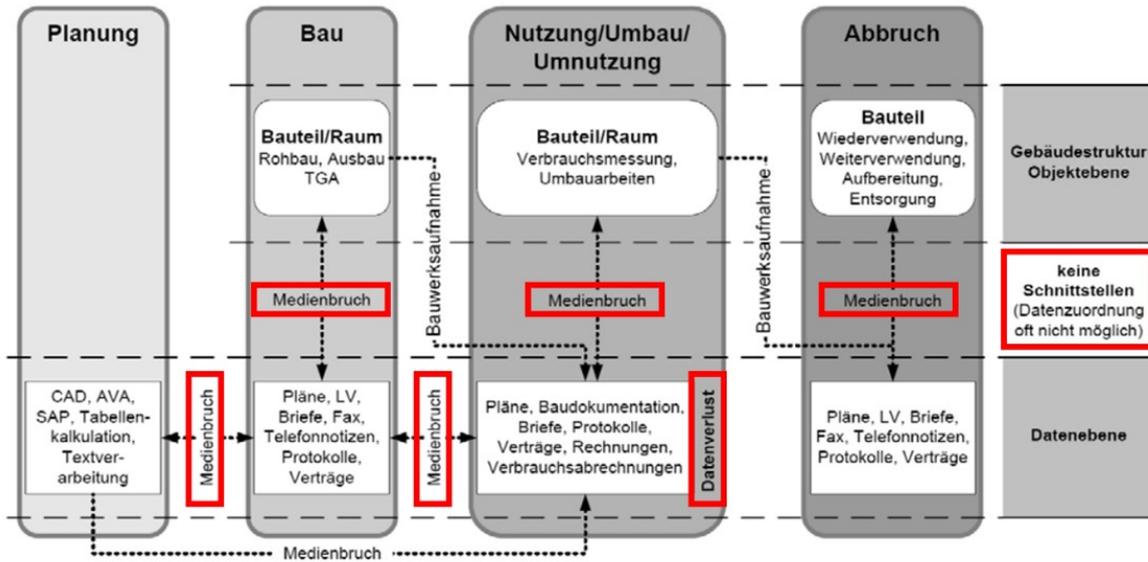


Abb. 005: Klassisches Datenflussmodell d. Lebenszyklus ohne RFID mit Informations- u. Datenverlusten sowie Medienbrüchen, S. 398

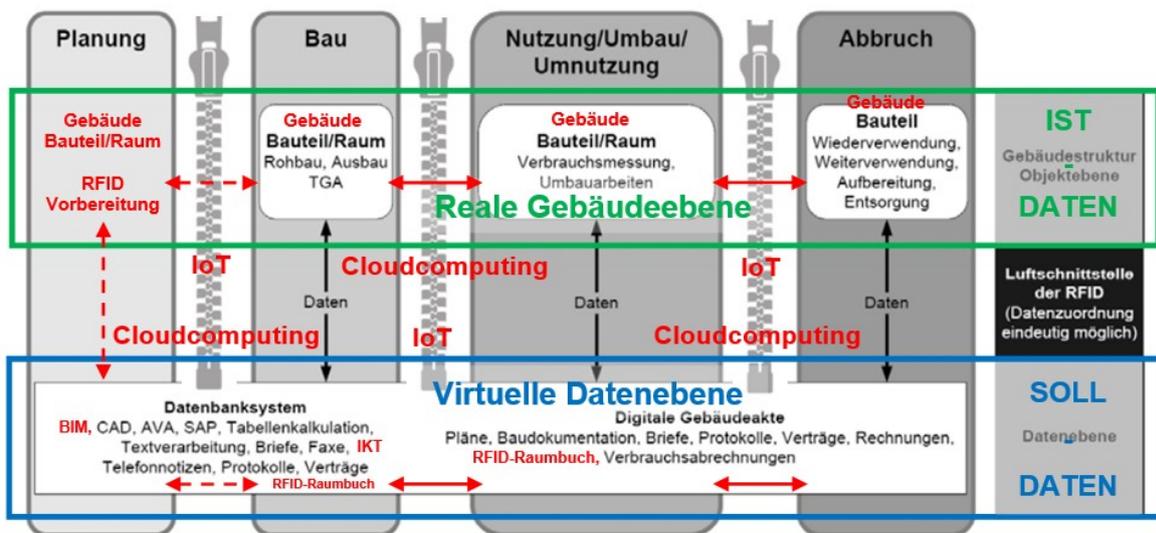


Abb. 080: Durchgängiges Datenflussmodell d. Lebenszyklus mit RFID ohne Informations- u. Datenverluste sowie ohne Medienbrüche, S. 402

7. Anhang

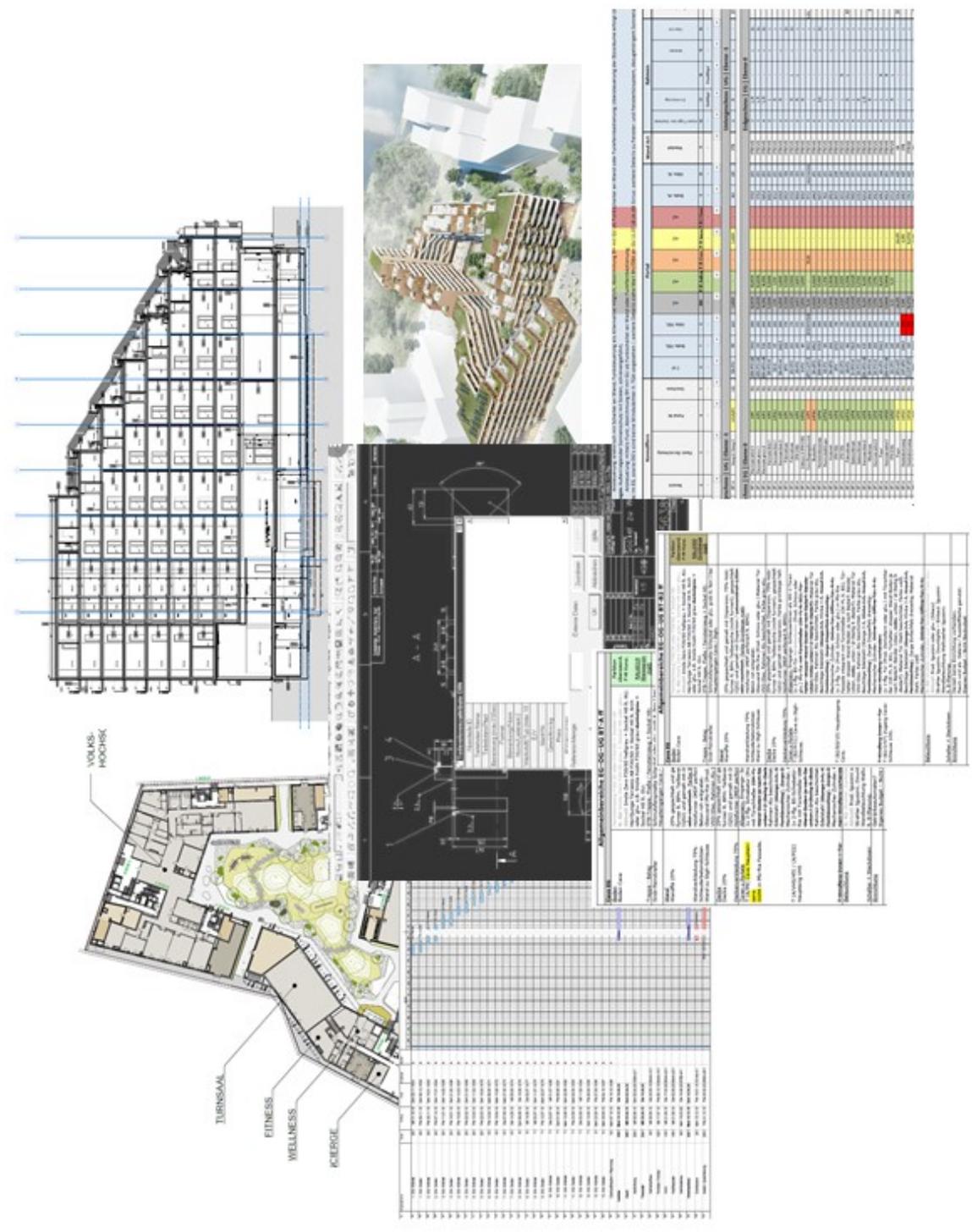


Abb. 138: Raumbuchkomponenten, S. 405

7. Anhang

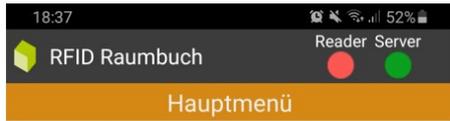


Abb. 229: RFID-Raumbuch mobile App – Masken / Menüs, S. 407

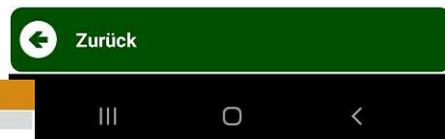
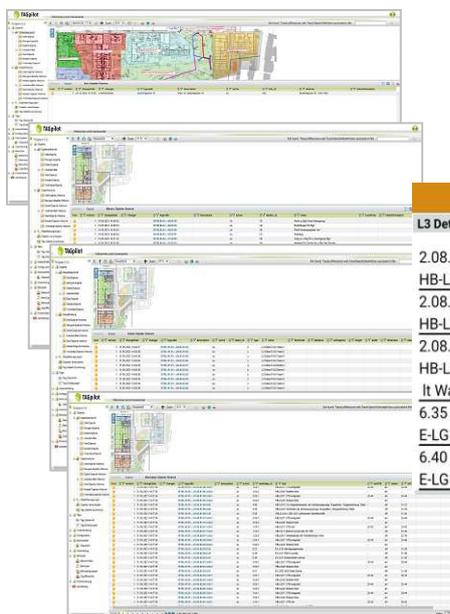
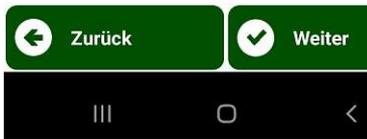
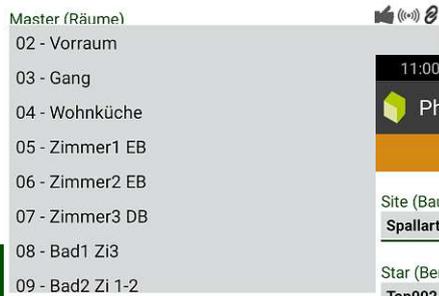
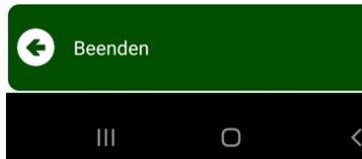
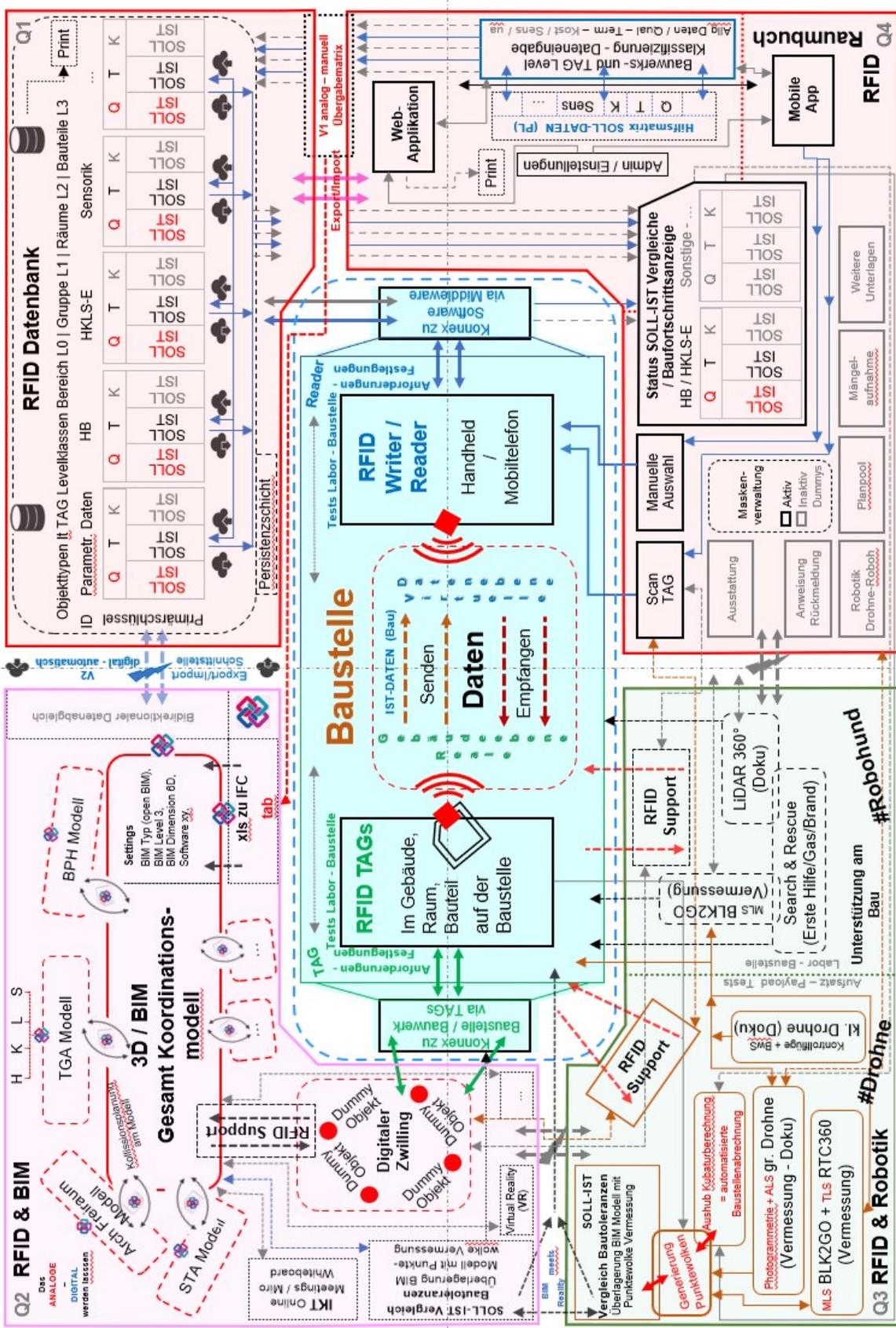


Abb. 233: RFID-Raumbuch Webapplikation Datenbank, S. 407



Armin Kamenscheck, Eigenregie, 2020 ©

Abb. 140: RFID-Raubuch Prozessdiagramm, S. 405

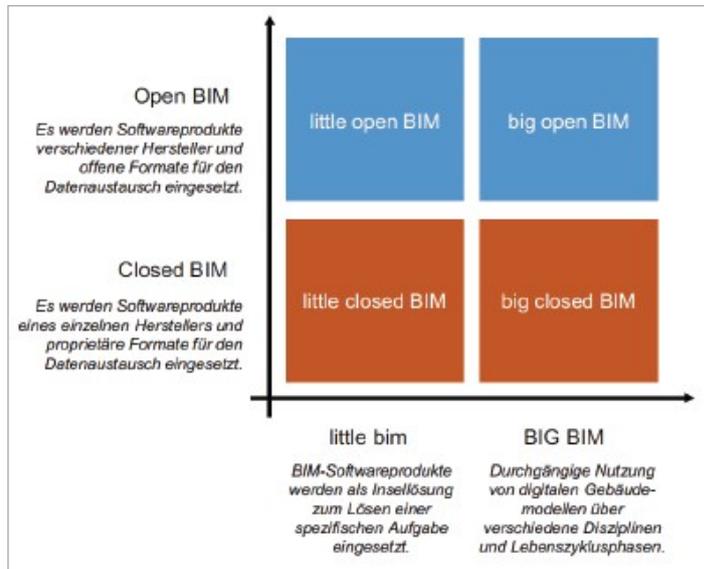


Abb. 258: BIM Modelliermatrix, S. 408

	Level 0	Level 1	Level 2	Level 3	
		2D	3D	AIM SIM FIM BSIM BRIM	
		<b>BIMs</b>			
				<b>iBIM</b>	
				IDM, IFC, IFD	
	<b>CAD</b>	Proprietäre Formate	Proprietärformate COBie	ISO-Standards	Austauschformate
Zeichnungen		Geometrische Modelle	Disziplinspezifische BIM-Modelle	Integrierte, interoperable Bauwerksmodelle für den gesamten Lebenszyklus	Datenqualität
Papier		Austausch einzelner Dateien	zentrale Verwaltung von Dateien, gemeinsame Objektbibliotheken	Cloud-basierte Modellverwaltung	Datenaustausch, Koordination der Zusammenarbeit

Abb. 259: BIM Level, S. 408

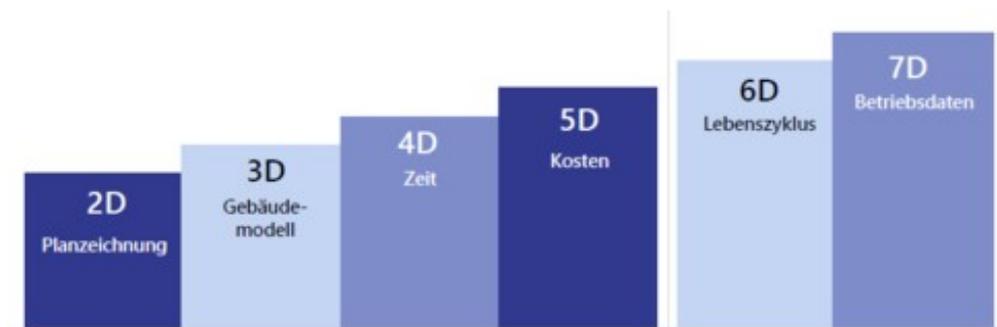


Abb. 260: BIM Dimensionen, S. 408



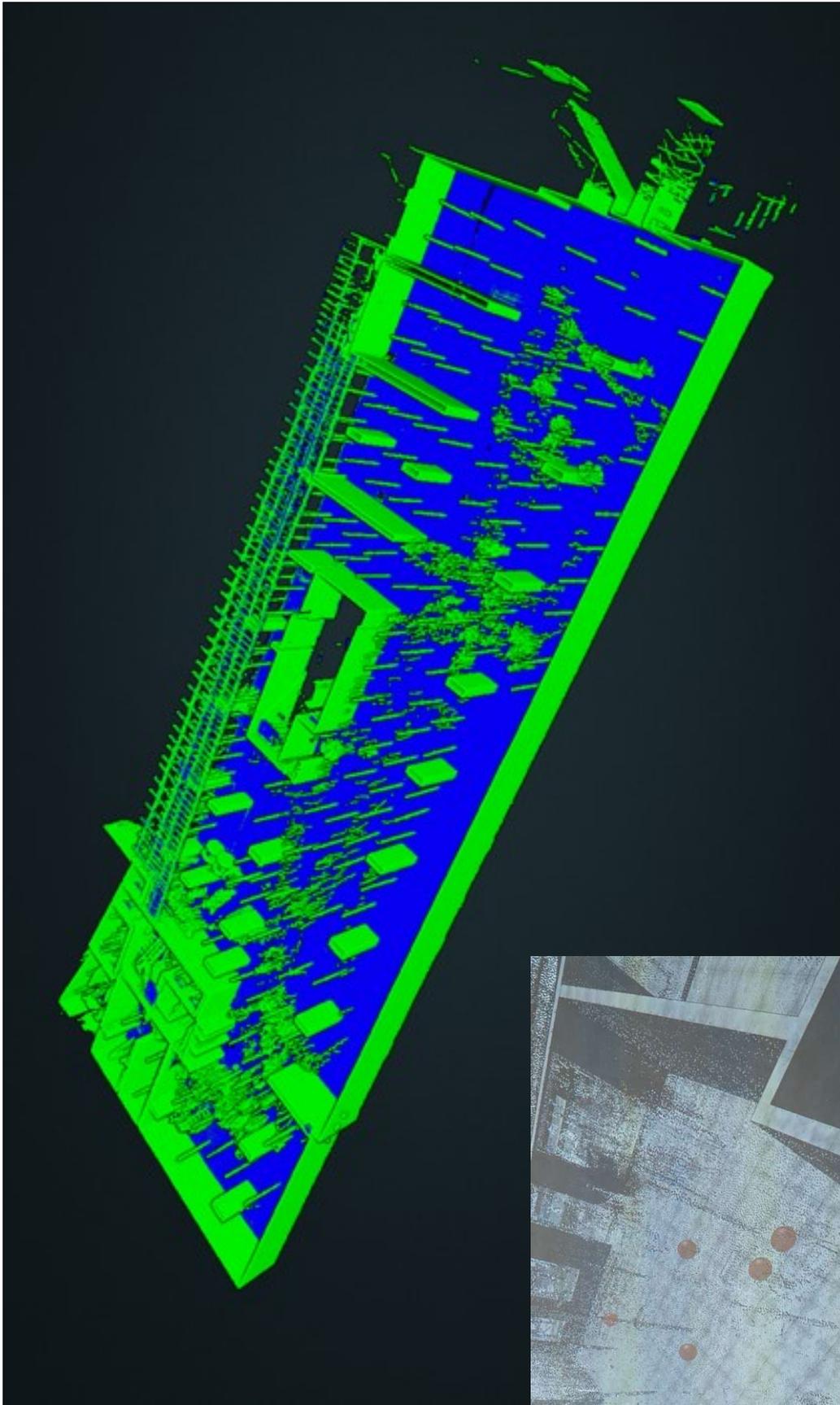


Abb. 289: Punktwolke aus Vermessung, S. 410

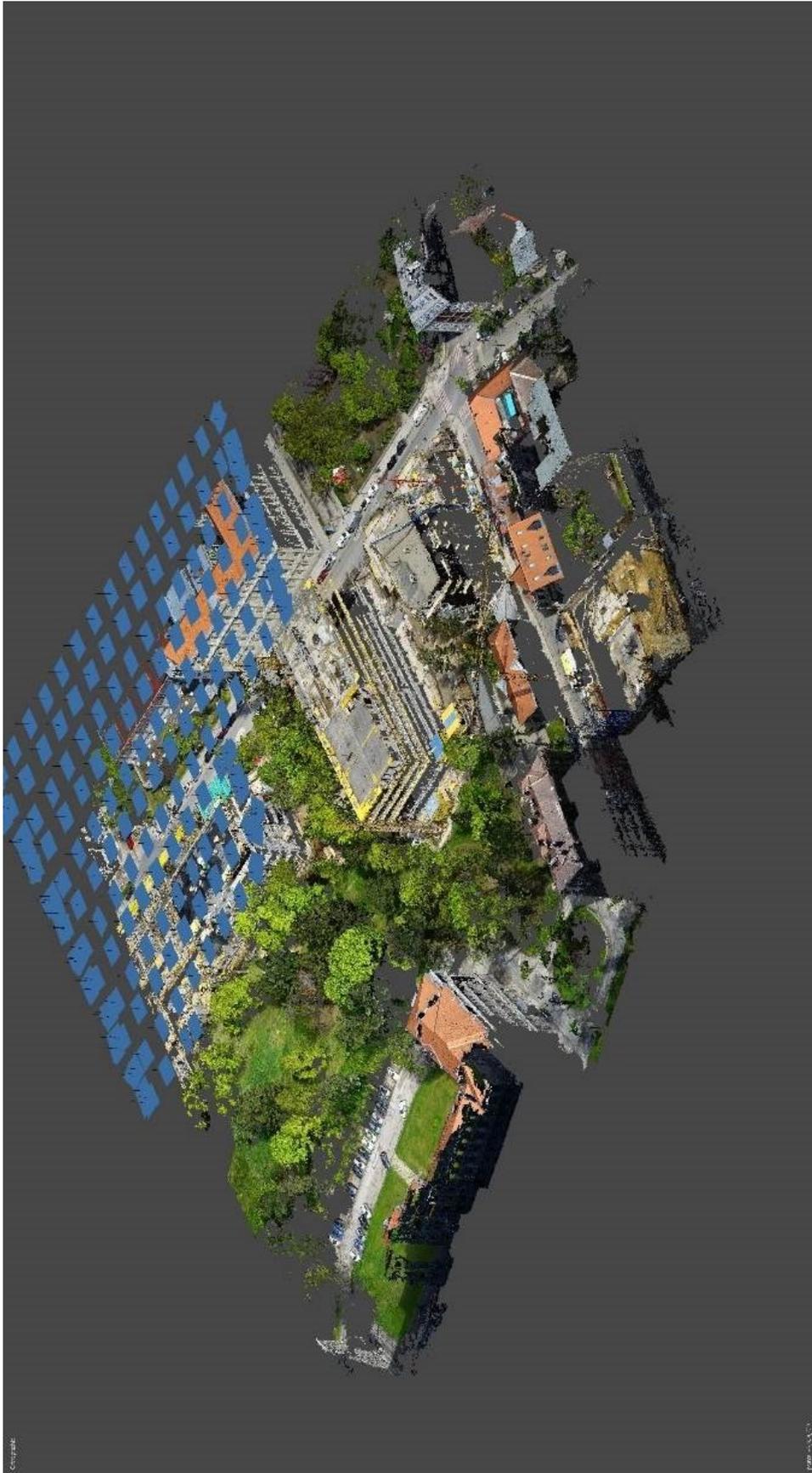


Abb. 315: Registrierte Bildverband und Photogrammetrie Punktwolke, S. 411

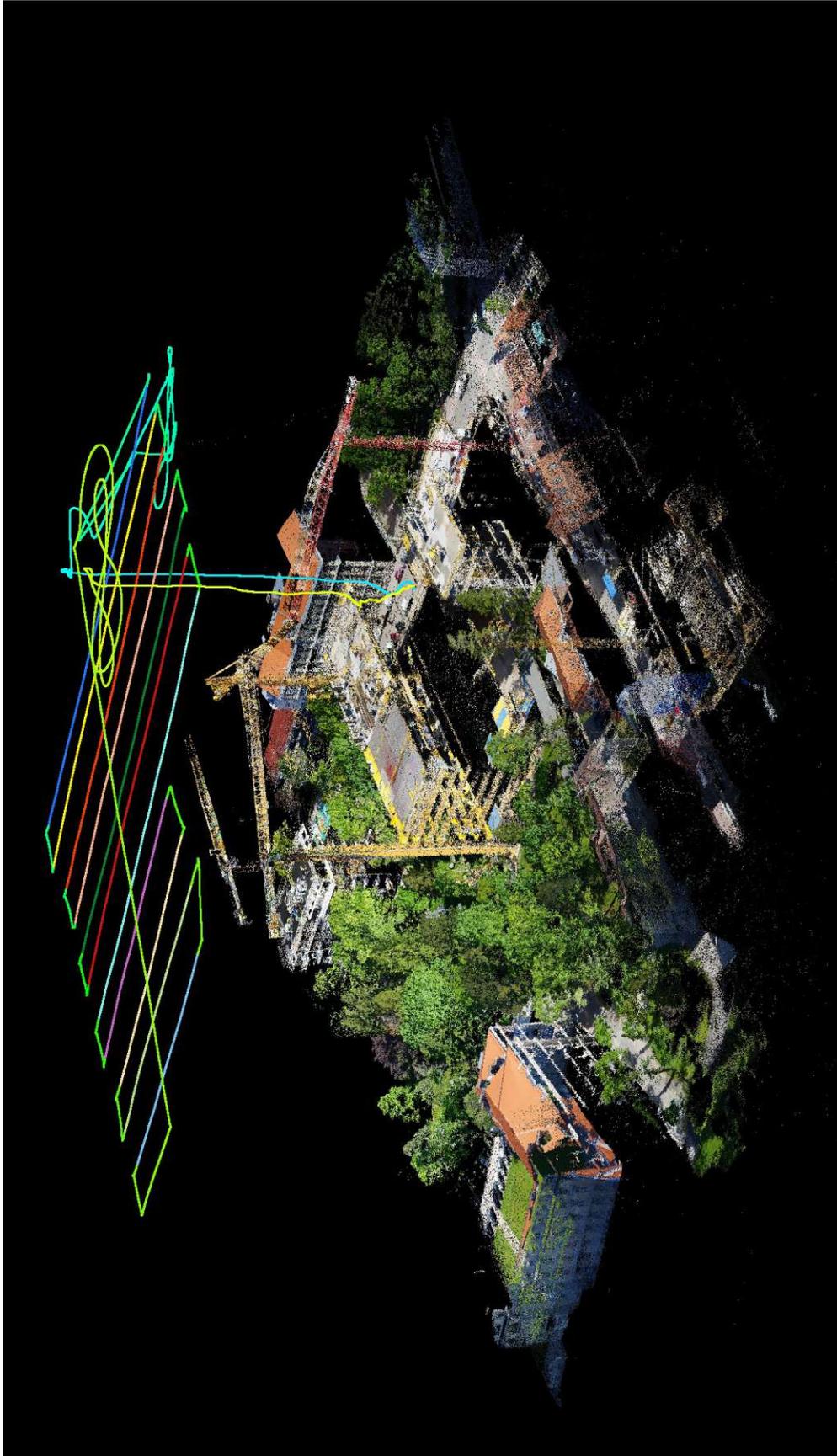


Abb. 317: Airborne Laser Scanning Punktwolke mit Trajektorie, S. 411

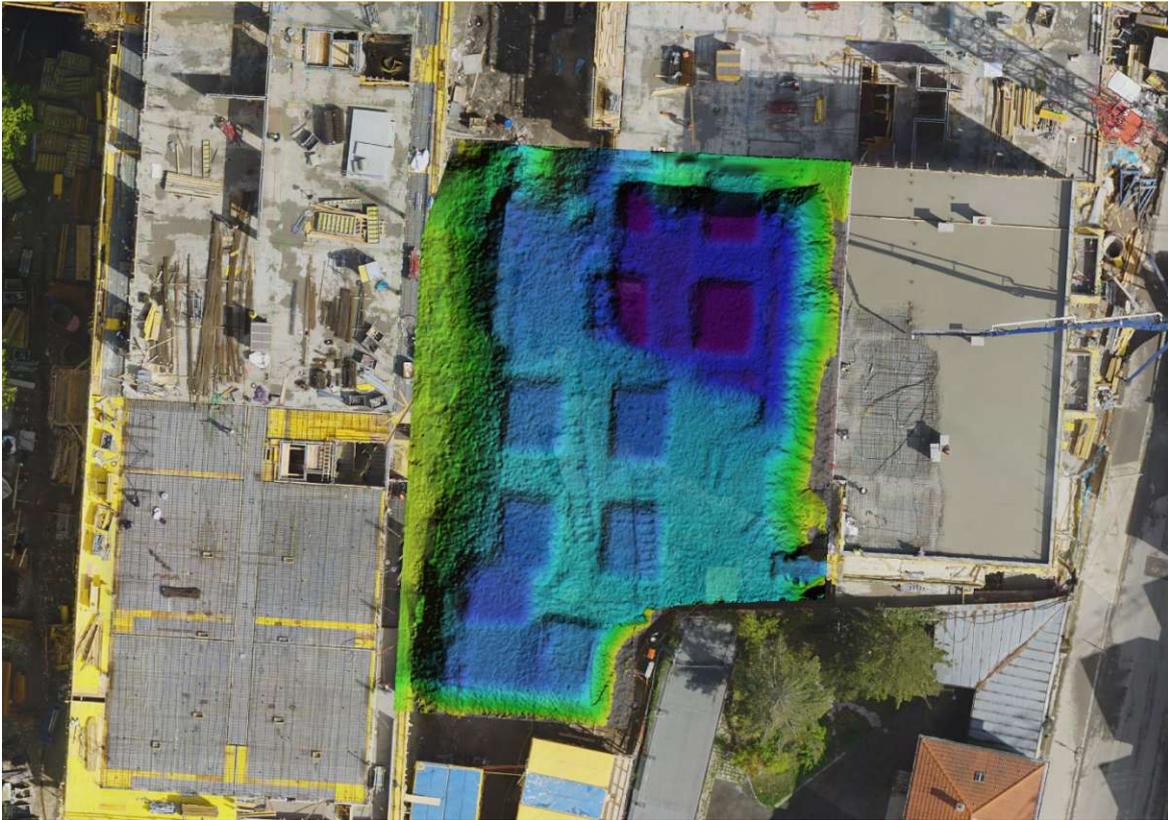


Abb. 324: Differenz-Geländemodell farbcodiert, S. 411

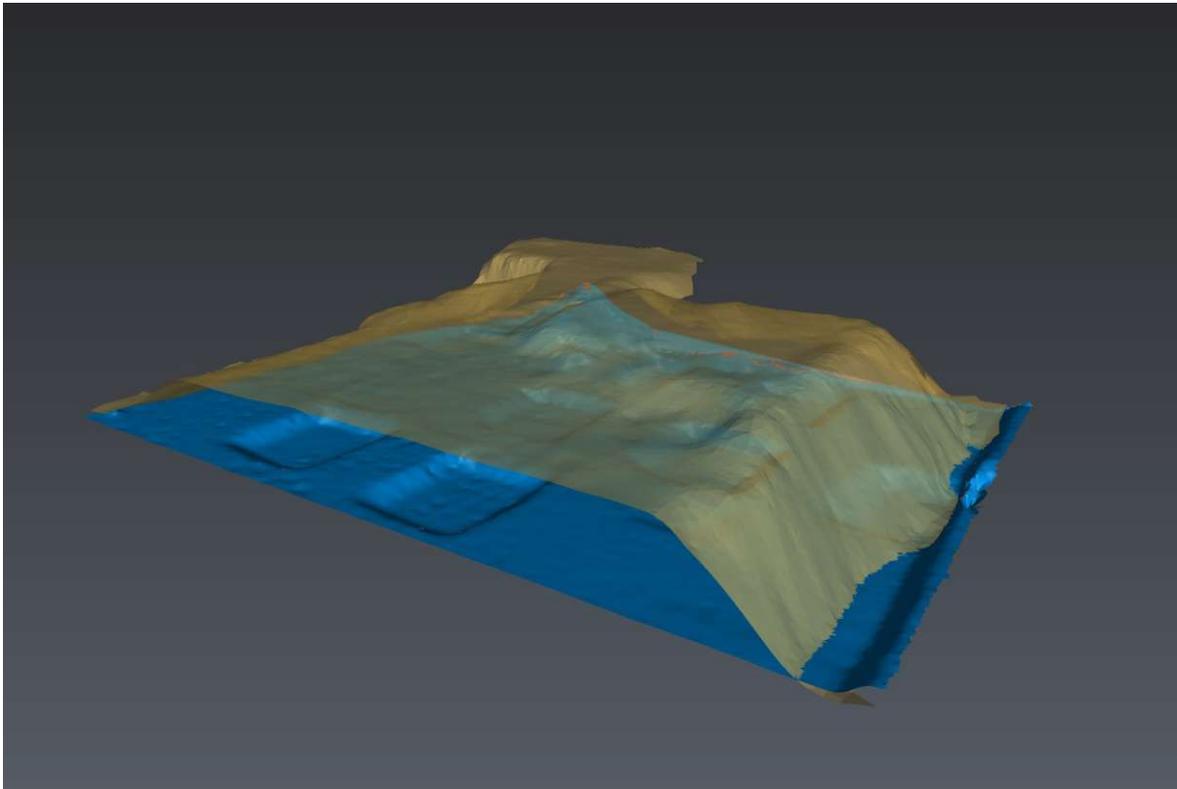


Abb. 325: Geländemodell 3D, S. 411

## 7.2. Tabellen

## 7.2.1. Tabellen Vergleiche

Auto-ID →	Biometrie		Schrift & Symbol		Elektronische Verfahren	
Merkmale ↓	Akustische Verfahren	Optische Verfahren	OCR	Barcode	Karten	RFID
	Sprach- und Stimmerkennung	Fingerprint, Handgeometriescan, Venenerkennung, Irisscan, Gesichtserkennung		1D Laserabtastung, 2D-4D Bildererkennung	Magnet - Chipkarte	Aktiv - Passiv
Datenerfassung	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich	Datenerfassung möglich
Datenspeicherung Intern-Extern	Datenspeicherung Intern möglich	Datenspeicherung Intern möglich	Datenspeicherung Intern-Extern möglich	Datenspeicherung Intern möglich	Datenspeicherung Intern möglich	Datenspeicherung Intern-Extern möglich
anfallende Daten-menge	groß	groß	groß	klein	mittel	klein-groß
Einmalbeschreibbar - Wiederbeschreibbar	-	-	-	Einmalbeschreibbar	Wiederbeschreibbar	Wiederbeschreibbar
Maschinenlesbarkeit	gut - aufwändig	gut - aufwändig	gut - aufwändig	gut - einfach	gut - einfach	sehr gut - einfach
Pulzfähigkeit	nicht gegeben	nicht gegeben	nicht gegeben	nicht gegeben	nicht gegeben	gegeben
Handling durch Personen	einfach	einfach	einfach	einfach	einfach	einfach
Lesbarkeit bei Einfluss durch Schmutz/Nässe	-	gering	groß	gering	nicht lesbar	keinen Einfluss
Lesbarkeit bei Einfluss durch Abdeckung	-	nicht lesbar	nicht lesbar	nicht lesbar	nicht lesbar	keinen Einfluss
Lesbarkeit bei Einfluss durch Richtung und Lage	-	nicht lesbar	gering	gering	nicht lesbar	keinen Einfluss
Lesbarkeit bei Abnutzung - Verschleiß	-	nicht lesbar	gering	gering	nicht lesbar	keinen Einfluss
Anschaffungskosten	mittel	hoch	mittel	gering	gering	mittel - hoch
Betriebs- und Wartungskosten	gering	mittel	gering	gering	mittel	mittel
Unbefugtes Ändern - Manipulieren	schwer möglich	schwer möglich	leicht möglich	leicht möglich	unmöglich	unmöglich
Schreib- und Lesegeschwindigkeiten	schnell ca 1,0 sek	sehr langsam ca 5,0 sek	sehr langsam ca 5,0 sek	schnell ca 1,0 sek	langsam ca 5,0 sek	sehr schnell ca 0,5 sek
Sichtverbindung notwendig oder nicht	nicht notwendig	notwendig	notwendig	notwendig	nicht notwendig	nicht notwendig
Anwendung über Kontakt oder Kontaktlos	Kontaktlos	Kontakt und Kontaktlos	Kontakt	Kontaktlos	Kontakt und Kontaktlos	Kontaktlos
Maximal Entfernung bei Auslese	mittel 0 - 1m	sehr gering direkter Kontakt notwendig	sehr gering mm - 1cm	gering 0 - 50cm	sehr gering direkter Kontakt notwendig	klein-sehr groß 0 - 100m

Tab. 001: Auto-ID-Systemvergleich Gesamt / Barcode - RFID, S. 412

## 7. Anhang

Transponder- typ Merkmale	LF-TAG	HF-TAG	UHF-TAG	SUHF-TAG
Frequenz	135 kHz	13,56 MHz (NFC-Frequenz)	868 Mhz	2,45 GHz
Datenübertragungsraten	gering	höher	hoch	sehr hoch
Schreib- und Lesereichweite	0 - 1cm	bis zu 1m (NFC mm - cm)	über 1m	ca. 6m bei passiven TAGs ca. 100m bei aktiven TAGs
Kopplung	induktive Kopplung		elektro-magnetische Kopplung	
Datenübertragungsverfahren	Duplexverfahren / Sequentielles Verfahren			
Energieversorgung TAG-Art	Passiv	Passiv und Semi-Aktiv	Passiv und Aktiv	
Datenspeicherung	Data on TAG / Data on Network			
Speicherfähigkeit - Zugriff	Read-Only, Write-Once_Read-Many, Read-Write (i. d. R bis 2 kBit Speicher)	Read-Only, Write-Once_Read-Many, Read-Write (i. d. R bis 2 kBit Speicher)	Read-Only, Write-Once_Read-Many, Read-Write (i. d. R bis 256 kBit Speicher bei aktiven TAGs)	
Speichertechnologie	bei beschreibbaren TAGs (induktive K) nicht flüchtige Speicher EEPROM, FRAM; (Daten bleiben ohne Stromversorgung erhalten)		bei beschreibbaren TAGs (elektro-magnetische K) flüchtige Speicher SRAM; (Daten benötigen Batterieversorgung um erhalten zu bleiben)	
Pulzfähigkeit (Antikollision)	möglich (bis zu 25 Stk)	möglich (bis zu 100 Stk)	möglich (bis zu 500 Stk)	
Einflussfaktoren - Störeffekte auf TAG u Reader	Flüssigkeit - Absorbtion des TAG (Verluste) Einfluss - niedrig	Flüssigkeit - Absorbtion des TAG (Verluste) Einfluss - hoch	Flüssigkeit - Absorbtion des TAG (Verluste) Einfluss - sehr hoch	
	Metall - Abschwächung des TAG Magnetfeldes		Metall - Reflexion des TAG an Metalloberfläche (Interferenz), Abstandsmaterial vorsehen	
	Elektrisch - niedrig	Elektrisch - hoch	Elektrisch - sehr hoch	
	TAG- Reader Umgebungsbedingungen Mechanische/Thermische/Chemische/Witterung/ Einflüsse durch Fremdkörper - niedrig		TAG- Reader Umgebungsbedingungen Mechanische/Thermische/Chemische/Witterung/ Einflüsse durch Fremdkörper - hoch	
ca. Kosten für Transponder	passiv 0,89l - 2,40l	passiv 0,94l - 2,45l	passiv 1,09l - 3,50l	aktiv 20,00l - 90,00l
Bauformen	Smartlabel, Coils, Karten, Disks, Münzen, Glasgehäuse	Smartlabel, Disks, Schlüsselanhänger, Kunststoffgehäuse	Smartlabel, Disks, Kunststoffgehäuse, Uhren, Schlüsselanhänger, Chipkarten	
Anwendungshäufigkeit in der Praxis	gering - mittel	hoch	sehr hoch	mittel

Tab. 002: RFID-Frequenzen und Merkmale, S. 412



7. Anhang

HB-LG1		Boden kompakt		
Info	ID	Kurztext		Langtext
-	1.00	Allgemeintext		Langtext Platzhalter
Estrich normal	1.01.1	HB-LG07: STB roh		Langtext Platzhalter
	1.01.2	HB-LG11: Estrich normal inkl AS-TSD		Langtext Platzhalter
HB-LG2		Decke kompakt		
Info	ID	Kurztext		Langtext
-	2.00	Allgemeintext		Langtext Platzhalter
STB roh	2.01.1	HB-LG07: STB roh		Langtext Platzhalter
	2.01.2	HB-LG48: Malerei Nein		Langtext Platzhalter
	2.02.1	HB-LG07: STB roh		Langtext Platzhalter
HB-LG3		Wand kompakt		
Info	ID	Kurztext		Langtext
-	3.00	Allgemeintext		Langtext Platzhalter
STB roh	3.01.1	HB-LG07: STB roh		Langtext Platzhalter
	3.01.2	HB-LG48: Malerei Nein		Langtext Platzhalter
	3.02.1	HB-LG07: STB roh		Langtext Platzhalter
HB-LG4		Por-Fe-Tue-Sosch komp		
Info	ID	Kurztext		Langtext
-	4.00	Allgemeintext		Langtext Platzhalter
Portale	4.01	HB-LG42: Portal Alu Aussen mit Sonnenschutzglas		Langtext Platzhalter
	4.02	HB-LG42: Portal Alu Innen		Langtext Platzhalter
	4.03	HB-LG43: Portal Alu Beschläge		Langtext Platzhalter
HB-LG0		Sonstiges		
Info	ID	Kurztext		Langtext
-	0.00	Allgemeintext		Langtext Platzhalter
Weg	0.01	HB-LG31: Schlo Rigol bodeneben bei Whg		Langtext Platzhalter
Fahrrad	0.02	HB-LG31: Schlo Rigole bodeneben auf Gehweg/Garage		Langtext Platzhalter
HKLSE-LG5		HKLS		
Info	ID	Kurztext		Langtext
-	5.00	Allgemeintext		Langtext Platzhalter
Raumbdiengerät	5.01	HKLS-LG35: Raumbdiengerät		Langtext Platzhalter
VBH-Verteiler	5.02	HKLS-LG37: FBH-Verteiler		Langtext Platzhalter
HKLSE-LG6		Elektro+MSR		
Info	ID	Kurztext		Langtext
-	6.00	Allgemeintext		Langtext Platzhalter
Sibel	6.01	E-LG05: NEA Sibel Decke		Langtext Platzhalter
	6.02	E-LG05: NEA Sibel Wand		Langtext Platzhalter
	6.03	-		-
Verteiler	6.04	E-LG06: NS E-Verteiler		Langtext Platzhalter
	6.05	E-LG06: NS M-Verteiler		Langtext Platzhalter
	6.06	-		-
Stark-Schw-Dat-Multi	6.07	E-LG08: Starkstromverkabelung		Langtext Platzhalter
	6.08	E-LG08: Schwachstromverkabelung		Langtext Platzhalter
	6.09	E-LG08: Datenverkabelung + Dosen		Langtext Platzhalter
	6.10	E-LG08:Multimediaverkabelung (UPC-SAT) + Steckdose		Langtext Platzhalter
	6.11	-		-
Tragsysteme	6.12	E-LG09: Rohr-Tragsystem Boden		Langtext Platzhalter
	6.13	E-LG09: Rohr-Tragsystem Wand		Langtext Platzhalter
	6.14	E-LG09: Rohr-Tragsystem Decke		Langtext Platzhalter
	6.15	-		-
Schalter-Steckdosen	6.16	E-LG10: UP Schalter, Steckdose		Langtext Platzhalter
	6.17	E-LG10: UP Schalter, Steckdose Küchenset		Langtext Platzhalter
	6.18	E-LG10: UP Schalter, Steckdose Zimmerset		Langtext Platzhalter
	6.19	E-LG10: UP Schalter, Steckdose Wohnzimmerset		Langtext Platzhalter
	6.20	E-LG10: UP Schalter		Langtext Platzhalter
	6.21	E-LG10: AP Schalter, Steckdose		Langtext Platzhalter
Bewegungsmelder	6.22	E-LG10: Bewegungsmelder		Langtext Platzhalter
Sonnenschutzta	6.23	E-LG10: Funktaster + Strom f Sonnenschutzkasten		Langtext Platzhalter
GSA	6.24	E-LG10: GSA Aussen		Langtext Platzhalter

Tab. 004: RFID-Raumbuch Hilfsmatrix, S. 412

## 7.2.3. Tabellen diverse Tests

### 7.2.3.1. RFID-Raumbuch Prototyp – Technische Tests --- Labor – Baustelle

#### TeSz 1a: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor

#### High Industrial Reader UHF

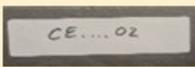
TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side Classic		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Iron-Side		4,0 x 4,0 x 1,0
UHF Gen2 EPC Label		10,0 x 2,0 x 0,1
Confidex Steelwave Micro II		7,0 x 2,0 x 1,0
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4

Abb. 194a: Matrix-förmige Testwand UHF Labor, S. 406



Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Test mit Industrial UHF Reader				Industr. UHF Reader	Hand- held Terminal
Antenne: zirkularpolarisiert				Sendeleistung 17 dBm / 50mW	Sendeleistung 27 dBm / 500mW
TAG Art: UHF				Reichweite in cm	Reichweite in cm
TAG Nr. Matrix	TAG Typ	TAG EPC	Gehäuse		
1	Confidex Iron-Side	01...01	Kunststoff	20	-
7		01...02		40	-
12		01...03		40	-
14		01...04		30	-
2	Confidex Iron-Side	02...01	Kunststoff	5	-
8a		02...02		10	-
11		02...03		5	-
13		02...04		3	-
8b	UHF Gen2 EPC Label	Ce...03	Papier Smartlabel	35	-
4	Confidex Steelwave Micro II	03...01	Kunststoff	5	-
8		03...02		15	-
9		03...03		5	-
15		03...04		10	-
3	Confidex Survivor	04...01	Kunststoff	50	-
5		04...02		70	-
10		04...03		65	-
16		04...04		80	-

### TeSz 1b: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor Industrial Handheld UHF

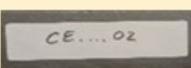
TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side Classic		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Iron-Side		4,0 x 4,0 x 1,0
UHF Gen2 EPC Label		10,0 x 2,0 x 0,1
Confidex Steelwave Micro II		7,0 x 2,0 x 1,0
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4

Abb. 194a: Matrix-förmige Testwand UHF Labor, S. 406



Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Test mit Industrial Handheld				Industrial UHF Reader	Industrial Handheld Terminal
Antenne: zirkularpolarisiert				Sendeleistung 17 dBm / 50mW	Sendeleistung 27 dBm / 500mW
TAG Art: UHF				Reichweite in cm	Reichweite in cm
TAG Nr. Matrix	TAG Typ	TAG EPC	Gehäuse		
1	Confidex Iron-Side	01...01	Kunststoff	20	60
7		01...02		40	120
12		01...03		40	110
14		01...04		30	80
2	Confidex Iron-Side	02...01	Kunststoff	5	30
8a		02...02		10	40
11		02...03		5	20
13		02...04		3	10
8b	UHF Gen2 EPC Label	Ce...03	Papier Smartlabel	35	-
4	Confidex Steelwave Micro II	03...01	Kunststoff	5	15
6		03...02		15	30
9		03...03		5	15
15		03...04		10	25
3	Confidex Survivor	04...01	Kunststoff	50	130
5		04...02		70	200
10		04...03		65	180
16		04...04		80	230

### TeSz 1c: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor Mobiltelefon HF (NFC)

TAG Typ	Foto	Abmessungen
Confidex on Metal		2,5x2,5 cm
Confidex Links		2,5x2,5 cm
HID global		3,0 cm Ø
HID global		5,0 cm Ø
NFC round TAG mini		1,5 cm Ø
NFC-QR TAG		5,5 cm

Abb. 195: Ausstellungswand HF (NFC)  
Labor / Tischauflage,  
S. 406



Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Test mit Demo Applikation für NFC TAG				Mobiltelefon	
Antenne: Mobiltelefon					
TAG Art: HF (NFC)					
TAG Nr.	TAG Typ	Abmessung	Gehäuse	Reichweite in cm	
1	Confidex on Metal	2,5 x 2,5 cm	Smartlabel	2,0	
2	Confidex Links	2,5 x 2,5 cm	Smartlabel	1,5	
3	HID global	3,0 cm Ø		1,0	
4	HID global	5,0 cm Ø		1,0	
5	NFC round TAG mini	1,5 cm Ø		0,5	
6	NFC-QR TAG	5,5 cm		1,0	

### TeSz 4a: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle High Industrial Reader UHF

TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4
Inline Plate		12,0 x 6,8 x 0,4

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412



Abb. 196: Testbereiche Baustelle, S. 407

		Boden-Decken-Wandverortung										Industrial UHF-Reader																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		STB					GK					STB					GK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
5D-Maße Sonderstellung Abmessungen AUC Anmerkungen Baujahr	01 20 dBm / 100 mW Abstrahlsp. AUC Industrie UHF-Reader	02 27 dBm / 1500 mW Abstrahlsp. AUC Industrie UHF-Reader	03 30 dBm / 1500 mW Abstrahlsp. AUC Industrie UHF-Reader	04 31 dBm / 1400 mW Abstrahlsp. AUC Industrie UHF-Reader	05a	05b	06a	06b	07a	07b	08a	08b	09a	09b	09c	09d	09e	09f	09g	09h	09i	09j	09k	09l	09m	09n	09o	09p	09q	09r	09s	09t	09u	09v	09w	09x	09y	09z	09aa	09ab	09ac	09ad	09ae	09af	09ag	09ah	09ai	09aj	09ak	09al	09am	09an	09ao	09ap	09aq	09ar	09as	09at	09au	09av	09aw	09ax	09ay	09az	09ba	09bb	09bc	09bd	09be	09bf	09bg	09bh	09bi	09bj	09bk	09bl	09bm	09bn	09bo	09bp	09bq	09br	09bs	09bt	09bu	09bv	09bw	09bx	09by	09bz	09ca	09cb	09cc	09cd	09ce	09cf	09cg	09ch	09ci	09cj	09ck	09cl	09cm	09cn	09co	09cp	09cq	09cr	09cs	09ct	09cu	09cv	09cw	09cx	09cy	09cz	09da	09db	09dc	09dd	09de	09df	09dg	09dh	09di	09dj	09dk	09dl	09dm	09dn	09do	09dp	09dq	09dr	09ds	09dt	09du	09dv	09dw	09dx	09dy	09dz	09ea	09eb	09ec	09ed	09ee	09ef	09eg	09eh	09ei	09ej	09ek	09el	09em	09en	09eo	09ep	09eq	09er	09es	09et	09eu	09ev	09ew	09ex	09ey	09ez	09fa	09fb	09fc	09fd	09fe	09ff	09fg	09fh	09fi	09fj	09fk	09fl	09fm	09fn	09fo	09fp	09fq	09fr	09fs	09ft	09fu	09fv	09fw	09fx	09fy	09fz	09ga	09gb	09gc	09gd	09ge	09gf	09gg	09gh	09gi	09gj	09gk	09gl	09gm	09gn	09go	09gp	09gq	09gr	09gs	09gt	09gu	09gv	09gw	09gx	09gy	09gz	09ha	09hb	09hc	09hd	09he	09hf	09hg	09hh	09hi	09hj	09hk	09hl	09hm	09hn	09ho	09hp	09hq	09hr	09hs	09ht	09hu	09hv	09hw	09hx	09hy	09hz	09ia	09ib	09ic	09id	09ie	09if	09ig	09ih	09ii	09ij	09ik	09il	09im	09in	09io	09ip	09iq	09ir	09is	09it	09iu	09iv	09iw	09ix	09iy	09iz	09ja	09jb	09jc	09jd	09je	09jf	09jg	09jh	09ji	09jj	09jk	09jl	09jm	09jn	09jo	09jp	09jq	09jr	09js	09jt	09ju	09jv	09jw	09jx	09jy	09jz	09ka	09kb	09kc	09kd	09ke	09kf	09kg	09kh	09ki	09kj	09kl	09km	09kn	09ko	09kp	09kq	09kr	09ks	09kt	09ku	09kv	09kw	09kx	09ky	09kz	09la	09lb	09lc	09ld	09le	09lf	09lg	09lh	09li	09lj	09lk	09ll	09lm	09ln	09lo	09lp	09lq	09lr	09ls	09lt	09lu	09lv	09lw	09lx	09ly	09lz	09ma	09mb	09mc	09md	09me	09mf	09mg	09mh	09mi	09mj	09mk	09ml	09mm	09mn	09mo	09mp	09mq	09mr	09ms	09mt	09mu	09mv	09mw	09mx	09my	09mz	09na	09nb	09nc	09nd	09ne	09nf	09ng	09nh	09ni	09nj	09nk	09nl	09nm	09nn	09no	09np	09nq	09nr	09ns	09nt	09nu	09nv	09nw	09nx	09ny	09nz	09oa	09ob	09oc	09od	09oe	09of	09og	09oh	09oi	09oj	09ok	09ol	09om	09on	09oo	09op	09oq	09or	09os	09ot	09ou	09ov	09ow	09ox	09oy	09oz	09pa	09pb	09pc	09pd	09pe	09pf	09pg	09ph	09pi	09pj	09pk	09pl	09pm	09pn	09po	09pp	09pq	09pr	09ps	09pt	09pu	09pv	09pw	09px	09py	09pz	09qa	09qb	09qc	09qd	09qe	09qf	09qg	09qh	09qi	09qj	09qk	09ql	09qm	09qn	09qo	09qp	09qq	09qr	09qs	09qt	09qu	09qv	09qw	09qx	09qy	09qz	09ra	09rb	09rc	09rd	09re	09rf	09rg	09rh	09ri	09rj	09rk	09rl	09rm	09rn	09ro	09rp	09rq	09rr	09rs	09rt	09ru	09rv	09rw	09rx	09ry	09rz	09sa	09sb	09sc	09sd	09se	09sf	09sg	09sh	09si	09sj	09sk	09sl	09sm	09sn	09so	09sp	09sq	09sr	09ss	09st	09su	09sv	09sw	09sx	09sy	09sz	09ta	09tb	09tc	09td	09te	09tf	09tg	09th	09ti	09tj	09tk	09tl	09tm	09tn	09to	09tp	09tq	09tr	09ts	09tt	09tu	09tv	09tw	09tx	09ty	09tz	09ua	09ub	09uc	09ud	09ue	09uf	09ug	09uh	09ui	09uj	09uk	09ul	09um	09un	09uo	09up	09uq	09ur	09us	09ut	09uu	09uv	09uw	09ux	09uy	09uz	09va	09vb	09vc	09vd	09ve	09vf	09vg	09vh	09vi	09vj	09vk	09vl	09vm	09vn	09vo	09vp	09vq	09vr	09vs	09vt	09vu	09vv	09vw	09vx	09vy	09vz	09wa	09wb	09wc	09wd	09we	09wf	09wg	09wh	09wi	09wj	09wk	09wl	09wm	09wn	09wo	09wp	09wq	09wr	09ws	09wt	09wu	09wv	09ww	09wx	09wy	09wz	09xa	09xb	09xc	09xd	09xe	09xf	09xg	09xh	09xi	09xj	09xk	09xl	09xm	09xn	09xo	09xp	09xq	09xr	09xs	09xt	09xu	09xv	09xw	09xx	09xy	09xz	09ya	09yb	09yc	09yd	09ye	09yf	09yg	09yh	09yi	09yj	09yk	09yl	09ym	09yn	09yo	09yp	09yq	09yr	09ys	09yt	09yu	09yv	09yw	09yx	09yy	09yz	09za	09zb	09zc	09zd	09ze	09zf	09zg	09zh	09zi	09zj	09zk	09zl	09zm	09zn	09zo	09zp	09zq	09zr	09zs	09zt	09zu	09zv	09zw	09zx	09zy	09zz
5D-Maße Sonderstellung Abmessungen AUC Anmerkungen Baujahr	01 20 dBm / 100 mW Abstrahlsp. AUC Industrie UHF-Reader	02 27 dBm / 1500 mW Abstrahlsp. AUC Industrie UHF-Reader	03 30 dBm / 1500 mW Abstrahlsp. AUC Industrie UHF-Reader	04 31 dBm / 1400 mW Abstrahlsp. AUC Industrie UHF-Reader	05a	05b	06a	06b	07a	07b	08a	08b	09a	09b	09c	09d	09e	09f	09g	09h	09i	09j	09k	09l	09m	09n	09o	09p	09q	09r	09s	09t	09u	09v	09w	09x	09y	09z	09aa	09ab	09ac	09ad	09ae	09af	09ag	09ah	09ai	09aj	09ak	09al	09am	09an	09ao	09ap	09aq	09ar	09as	09at	09au	09av	09aw	09ax	09ay	09az	09ba	09bb	09bc	09bd	09be	09bf	09bg	09bh	09bi	09bj	09bk	09bl	09bm	09bn	09bo	09bp	09bq	09br	09bs	09bt	09bu	09bv	09bw	09bx	09by	09bz	09ca	09cb	09cc	09cd	09ce	09cf	09cg	09ch	09ci	09cj	09ck	09cl	09cm	09cn	09co	09cp	09cq	09cr	09cs	09ct	09cu	09cv	09cw	09cx	09cy	09cz	09da	09db	09dc	09dd	09de	09df	09dg	09dh	09di	09dj	09dk	09dl	09dm	09dn	09do	09dp	09dq	09dr	09ds	09dt	09du	09dv	09dw	09dx	09dy	09dz	09ea	09eb	09ec	09ed	09ee	09ef	09eg	09eh	09ei	09ej	09ek	09el	09em	09en	09eo	09ep	09eq	09er	09es	09et	09eu	09ev	09ew	09ex	09ey	09ez	09fa	09fb	09fc	09fd	09fe	09ff	09fg	09fh	09fi	09fj	09fk	09fl	09fm	09fn	09fo	09fp	09fq	09fr	09fs	09ft	09fu	09fv	09fw	09fx	09fy	09fz	09ga	09gb	09gc	09gd	09ge	09gf	09gg	09gh	09gi	09gj	09gk	09gl	09gm	09gn	09go	09gp	09gq	09gr	09gs	09gt	09gu	09gv	09gw	09gx	09gy	09gz	09ha	09hb	09hc	09hd	09he	09hf	09hg	09hi	09hj	09hk	09hl	09hm	09hn	09ho	09hp	09hq	09hr	09hs	09ht	09hu	09hv	09hw	09hx	09hy	09hz	09ia	09ib	09ic	09id	09ie	09if	09ig	09ih	09ii	09ij	09ik	09il	09im	09in	09io	09ip	09iq	09ir	09is	09it	09iu	09iv	09iw	09ix	09iy	09iz	09ja	09jb	09jc	09jd	09je	09jf	09jg	09jh	09ji	09jj	09jk	09jl	09jm	09jn	09jo	09jp	09jq	09jr	09js	09jt	09ju	09jv	09jw	09jx	09jy	09jz	09ka	09kb	09kc	09kd	09ke	09kf	09kg	09kh	09ki	09kj	09kl	09km	09kn	09ko	09kp	09kq	09kr	09ks	09kt	09ku	09kv	09kw	09kx	09ky	09kz	09la	09lb	09lc	09ld	09le	09lf	09lg	09lh	09li	09lj	09lk	09lm	09ln	09lo	09lp																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								

Boden-Decken-Wanderroutung		Industrial UHF-Reader	
STB	GK	STB	GK
<p><b>Info-TAG</b></p> <p>SD-Karte Sensibilisierung Antennentyp Reader</p> <p>20 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>27 dBm / 500 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>31 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>30 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>30 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>27 dBm / 500 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>20 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p>			
<p><b>Info-TAG</b></p> <p>Tags-Act</p> <p>Kurzbeschreibung TAG-Typ (LF, HF, UHF, ...) Frequenzband Abmessung (L x B x H)</p> <p>aktiv 2-Transponder Ragdoll M 2.400 - 2.483 GHz 70 x 31 x 11,2 mm</p>			
<p><b>Info-Testort</b></p> <p>GeschloÙ</p> <p>Einbauort - Material (STB, GK, Schutzgruppe) Einbauort (einbaufertig, an GS-Sicher-Flekt, geklebt) Einbaulage (über/unter RDOF-FW-Wand-Decke in cm) Übersichtskung in cm Güte</p> <p>-11UG STB einbaufertig Wand 2,5 cm Beton 2,5 cm CSF/90 Bz röhre Oberrf</p>			
<p><b>Leser-Distanz</b></p> <p>einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig</p> <p>0,05 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm 150,00 cm</p>			
<p><b>Leser-zu-Material</b></p> <p>einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig</p> <p>0,05 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm 150,00 cm</p>			
<p><b>Leser-Distanz</b></p> <p>einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig</p> <p>0,05 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm 150,00 cm</p>			
<p><b>Spezielles Anmerkungen</b></p> <p>nicht anbaufertig - eigenart Controller notwendig</p>			
<p><b>Info-TAG</b></p> <p>SD-Karte Sensibilisierung Antennentyp Reader</p> <p>20 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>27 dBm / 500 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>31 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>30 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>30 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>27 dBm / 500 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p> <p>20 dBm / 1000 mW zirkularpolar. Ant. Industrial UHF-Reader</p>			
<p><b>Info-TAG</b></p> <p>Tags-Act</p> <p>Kurzbeschreibung TAG-Typ (LF, HF, UHF, ...) Frequenzband Abmessung (L x B x H)</p> <p>aktiv 2-Transponder Ragdoll M 2.400 - 2.483 GHz 70 x 31 x 11,2 mm</p>			
<p><b>Info-Testort</b></p> <p>GeschloÙ</p> <p>Einbauort - Material (STB, GK, Schutzgruppe) Einbauort (einbaufertig, an GS-Sicher-Flekt, geklebt) Einbaulage (über/unter RDOF-FW-Wand-Decke in cm) Übersichtskung in cm Güte</p> <p>-11UG STB einbaufertig Wand 2,5 cm Beton 2,5 cm CSF/90 Bz röhre Oberrf</p>			
<p><b>Leser-Distanz</b></p> <p>einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig</p> <p>0,05 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm 150,00 cm</p>			
<p><b>Leser-zu-Material</b></p> <p>einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig</p> <p>0,05 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm 150,00 cm</p>			
<p><b>Leser-Distanz</b></p> <p>einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig einbaufertig</p> <p>0,05 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm 150,00 cm</p>			
<p><b>Spezielles Anmerkungen</b></p> <p>nicht anbaufertig - eigenart Controller notwendig</p>			

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

		Bodenverortung - Bodenaufbau 16cm				Industrial UHF-Reader				
		Ausgleichschüttung, Dampfbremse, Dämmplatten, PE-Folie, H-Estrich, Belag Parkett-Fliese (P-F)								
Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	
<p><b>50-Karte</b> Sonderleistung Annenstr. 10 Reader</p> <p>20 Ohm / 100 mW effizient. Ant. Industrial UHF-Reader</p>	<p><b>01</b> aktiv 27-Temporeler Kontakt M</p> <p>2,400 - 2,485 GHz 70 x 31 x 11,5 mm</p>	<p><b>02</b> passiv - UHF</p>	<p><b>03</b> passiv Confidex Survivor UHF</p> <p>865 - 938 MHz 55 x 26 x 14 mm</p>	<p><b>04</b> passiv InLine TAG Plate HF / UHF</p> <p>HF 13,55 MHz UHF 860 - 960 MHz 120 x 88 x 3,7 mm</p>	<p><b>05</b> passiv Confidex Invisibile UHF</p> <p>860 - 960 MHz 51,5 x 42,5 x 10 mm</p>	<p><b>06</b> passiv - UHF</p>	<p><b>07</b> passiv Confidex Invisibile UHF</p> <p>865 - 938 MHz 85 x 21 x 10 mm</p>	<p><b>08</b> passiv - UHF</p>	<p><b>09</b> passiv - UHF</p>	<p><b>10</b> passiv - UHF</p>
<p><b>Info-Testort</b> Erläuterung - Material (STR, GK, Schlierenorg.) Erläuterung (einkont. an GK-Stapel (Balk, Winkel)) Erläuterung über (unter) BODEN/COX/Wand-Dicke in cm Übersichtung in cm Güte</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	
<p><b>Leer-Distanz</b> 400cm 500cm 1000cm 2500cm 5000cm 10000cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	
<p><b>Sonstige - Anmerkungen</b> nicht anwendbar, eigenartiger Gestaltung vornehmlich Controller notwendig</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	

		Bodenverortung - Bodenaufbau 16cm				Industrial UHF-Reader				
		Ausgleichschüttung, Dampfbremse, Dämmplatten, PE-Folie, H-Estrich, Belag Parkett-Fliese (P-F)								
Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	Info-TAG	
<p><b>50-Karte</b> Sonderleistung Annenstr. 10 Reader</p> <p>20 Ohm / 100 mW effizient. Ant. Industrial UHF-Reader</p>	<p><b>01</b> aktiv 27-Temporeler Kontakt M</p> <p>2,400 - 2,485 GHz 70 x 31 x 11,5 mm</p>	<p><b>02</b> passiv - UHF</p>	<p><b>03</b> passiv Confidex Survivor UHF</p> <p>865 - 869 MHz 55 x 26 x 14 mm</p>	<p><b>04</b> passiv InLine TAG Plate HF / UHF</p> <p>HF 13,55 MHz UHF 860 - 960 MHz 120 x 88 x 3,7 mm</p>	<p><b>05</b> passiv Confidex Invisibile UHF</p> <p>860 - 960 MHz 51,5 x 42,5 x 10 mm</p>	<p><b>06</b> passiv - UHF</p>	<p><b>07</b> passiv Confidex Invisibile UHF</p> <p>865 - 938 MHz 85 x 21 x 10 mm</p>	<p><b>08</b> passiv - UHF</p>	<p><b>09</b> passiv - UHF</p>	<p><b>10</b> passiv - UHF</p>
<p><b>Info-Testort</b> Erläuterung - Material (STR, GK, Schlierenorg.) Erläuterung (einkont. an GK-Stapel (Balk, Winkel)) Erläuterung über (unter) BODEN/COX/Wand-Dicke in cm Übersichtung in cm Güte</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	<p>-11UG STR einkont. Bodenaufl. 16cm BODEN 2,5 cm C25/F8 B2 - Ro. Aufbau</p>	
<p><b>Leer-Distanz</b> 400cm 500cm 1000cm 2500cm 5000cm 10000cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	<p>0,00 cm 5,00 cm 10,00 cm 25,00 cm 50,00 cm 100,00 cm P-F 55,00 cm</p>	
<p><b>Sonstige - Anmerkungen</b> nicht anwendbar, eigenartiger Gestaltung vornehmlich</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	<p>TAG auf ob. Bew.-Lage STR; Foto-Aufb. 16cm; STR-Dicke = 0,00cm</p>	

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412



### TeSz 4b: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Baustelle Industrial Handheld UHF

TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4
Inline Plate		12,0 x 6,8 x 0,4

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412



Abb. 196: Testbereiche Baustelle, S. 407

		Boden-Decken-Wandverortung										Handheld Terminal UHF-Reader																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		STB					OK					STB					OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Sendeleistung Antennentyp Reisler	UHF RFID 30 dBm/1500 mW horizontal, linear polar. Ant. Handheld Terminal	UHF RFID Cross Dipol 30 dBm/1500 mW horizontal, linear polar. Ant. Handheld Terminal	Foto zu TAG	O1a	O1b	O1c	O1d	O1e	O1f	O1g	O1h	O1i	O1j	O1k	O1l	O1m	O1n	O1o	O1p	O1q	O1r	O1s	O1t	O1u	O1v	O1w	O1x	O1y	O1z	O1aa	O1ab	O1ac	O1ad	O1ae	O1af	O1ag	O1ah	O1ai	O1aj	O1ak	O1al	O1am	O1an	O1ao	O1ap	O1aq	O1ar	O1as	O1at	O1au	O1av	O1aw	O1ax	O1ay	O1az	O1ba	O1bb	O1bc	O1bd	O1be	O1bf	O1bg	O1bh	O1bi	O1bj	O1bk	O1bl	O1bm	O1bn	O1bo	O1bp	O1bq	O1br	O1bs	O1bt	O1bu	O1bv	O1bw	O1bx	O1by	O1bz	O1ca	O1cb	O1cc	O1cd	O1ce	O1cf	O1cg	O1ch	O1ci	O1cj	O1ck	O1cl	O1cm	O1cn	O1co	O1cp	O1cq	O1cr	O1cs	O1ct	O1cu	O1cv	O1cw	O1cx	O1cy	O1cz	O1da	O1db	O1dc	O1dd	O1de	O1df	O1dg	O1dh	O1di	O1dj	O1dk	O1dl	O1dm	O1dn	O1do	O1dp	O1dq	O1dr	O1ds	O1dt	O1du	O1dv	O1dw	O1dx	O1dy	O1dz	O1ea	O1eb	O1ec	O1ed	O1ee	O1ef	O1eg	O1eh	O1ei	O1ej	O1ek	O1el	O1em	O1en	O1eo	O1ep	O1eq	O1er	O1es	O1et	O1eu	O1ev	O1ew	O1ex	O1ey	O1ez	O1fa	O1fb	O1fc	O1fd	O1fe	O1ff	O1fg	O1fh	O1fi	O1fj	O1fk	O1fl	O1fm	O1fn	O1fo	O1fp	O1fq	O1fr	O1fs	O1ft	O1fu	O1fv	O1fw	O1fx	O1fy	O1fz	O1ga	O1gb	O1gc	O1gd	O1ge	O1gf	O1gg	O1gh	O1gi	O1gj	O1gk	O1gl	O1gm	O1gn	O1go	O1gp	O1gq	O1gr	O1gs	O1gt	O1gu	O1gv	O1gw	O1gx	O1gy	O1gz	O1ha	O1hb	O1hc	O1hd	O1he	O1hf	O1hg	O1hi	O1hj	O1hk	O1hl	O1hm	O1hn	O1ho	O1hp	O1hq	O1hr	O1hs	O1ht	O1hu	O1hv	O1hw	O1hx	O1hy	O1hz	O1ia	O1ib	O1ic	O1id	O1ie	O1if	O1ig	O1ih	O1ii	O1ij	O1ik	O1il	O1im	O1in	O1io	O1ip	O1iq	O1ir	O1is	O1it	O1iu	O1iv	O1iw	O1ix	O1iy	O1iz	O1ja	O1jb	O1jc	O1jd	O1je	O1jf	O1jg	O1jh	O1ji	O1jj	O1jk	O1jl	O1jm	O1jn	O1jo	O1jp	O1jq	O1jr	O1js	O1jt	O1ju	O1jv	O1jw	O1jx	O1jy	O1jz	O1ka	O1kb	O1kc	O1kd	O1ke	O1kf	O1kg	O1kh	O1ki	O1kj	O1kk	O1kl	O1km	O1kn	O1ko	O1kp	O1kq	O1kr	O1ks	O1kt	O1ku	O1kv	O1kw	O1kx	O1ky	O1kz	O1la	O1lb	O1lc	O1ld	O1le	O1lf	O1lg	O1lh	O1li	O1lj	O1lk	O1ll	O1lm	O1ln	O1lo	O1lp	O1lq	O1lr	O1ls	O1lt	O1lu	O1lv	O1lw	O1lx	O1ly	O1lz	O1ma	O1mb	O1mc	O1md	O1me	O1mf	O1mg	O1mh	O1mi	O1mj	O1mk	O1ml	O1mm	O1mn	O1mo	O1mp	O1mq	O1mr	O1ms	O1mt	O1mu	O1mv	O1mw	O1mx	O1my	O1mz	O1na	O1nb	O1nc	O1nd	O1ne	O1nf	O1ng	O1nh	O1ni	O1nj	O1nk	O1nl	O1nm	O1nn	O1no	O1np	O1nq	O1nr	O1ns	O1nt	O1nu	O1nv	O1nw	O1nx	O1ny	O1nz	O1oa	O1ob	O1oc	O1od	O1oe	O1of	O1og	O1oh	O1oi	O1oj	O1ok	O1ol	O1om	O1on	O1oo	O1op	O1oq	O1or	O1os	O1ot	O1ou	O1ov	O1ow	O1ox	O1oy	O1oz	O1pa	O1pb	O1pc	O1pd	O1pe	O1pf	O1pg	O1ph	O1pi	O1pj	O1pk	O1pl	O1pm	O1pn	O1po	O1pp	O1pq	O1pr	O1ps	O1pt	O1pu	O1pv	O1pw	O1px	O1py	O1pz	O1qa	O1qb	O1qc	O1qd	O1qe	O1qf	O1qg	O1qh	O1qi	O1qj	O1qk	O1ql	O1qm	O1qn	O1qo	O1qp	O1qq	O1qr	O1qs	O1qt	O1qu	O1qv	O1qw	O1qx	O1qy	O1qz	O1ra	O1rb	O1rc	O1rd	O1re	O1rf	O1rg	O1rh	O1ri	O1rj	O1rk	O1rl	O1rm	O1rn	O1ro	O1rp	O1rq	O1rr	O1rs	O1rt	O1ru	O1rv	O1rw	O1rx	O1ry	O1rz	O1sa	O1sb	O1sc	O1sd	O1se	O1sf	O1sg	O1sh	O1si	O1sj	O1sk	O1sl	O1sm	O1sn	O1so	O1sp	O1sq	O1sr	O1ss	O1st	O1su	O1sv	O1sw	O1sx	O1sy	O1sz	O1ta	O1tb	O1tc	O1td	O1te	O1tf	O1tg	O1th	O1ti	O1tj	O1tk	O1tl	O1tm	O1tn	O1to	O1tp	O1tq	O1tr	O1ts	O1tt	O1tu	O1tv	O1tw	O1tx	O1ty	O1tz	O1ua	O1ub	O1uc	O1ud	O1ue	O1uf	O1ug	O1uh	O1ui	O1uj	O1uk	O1ul	O1um	O1un	O1uo	O1up	O1uq	O1ur	O1us	O1ut	O1uu	O1uv	O1uw	O1ux	O1uy	O1uz	O1va	O1vb	O1vc	O1vd	O1ve	O1vf	O1vg	O1vh	O1vi	O1vj	O1vk	O1vl	O1vm	O1vn	O1vo	O1vp	O1vq	O1vr	O1vs	O1vt	O1vu	O1vv	O1vw	O1vx	O1vy	O1vz	O1wa	O1wb	O1wc	O1wd	O1we	O1wf	O1wg	O1wh	O1wi	O1wj	O1wk	O1wl	O1wm	O1wn	O1wo	O1wp	O1wq	O1wr	O1ws	O1wt	O1wu	O1wv	O1ww	O1wx	O1wy	O1wz	O1xa	O1xb	O1xc	O1xd	O1xe	O1xf	O1xg	O1xh	O1xi	O1xj	O1xk	O1xl	O1xm	O1xn	O1xo	O1xp	O1xq	O1xr	O1xs	O1xt	O1xu	O1xv	O1xw	O1xx	O1xy	O1xz	O1ya	O1yb	O1yc	O1yd	O1ye	O1yf	O1yg	O1yh	O1yi	O1yj	O1yk	O1yl	O1ym	O1yn	O1yo	O1yp	O1yq	O1yr	O1ys	O1yt	O1yu	O1yv	O1yw	O1yx	O1yy	O1yz	O1za	O1zb	O1zc	O1zd	O1ze	O1zf	O1zg	O1zh	O1zi	O1zj	O1zk	O1zl	O1zm	O1zn	O1zo	O1zp	O1zq	O1zr	O1zs	O1zt	O1zu	O1zv	O1zw	O1zx	O1zy	O1zz	O1aa	O1ab	O1ac	O1ad	O1ae	O1af	O1ag	O1ah	O1ai	O1aj	O1ak	O1al	O1am	O1an	O1ao	O1ap	O1aq	O1ar	O1as	O1at	O1au	O1av	O1aw	O1ax	O1ay	O1az	O1ba	O1bb	O1bc	O1bd	O1be	O1bf	O1bg	O1bh	O1bi	O1bj	O1bk	O1bl	O1bm	O1bn	O1bo	O1bp	O1bq	O1br	O1bs	O1bt	O1bu	O1bv	O1bw	O1bx	O1by	O1bz	O1ca	O1cb	O1cc	O1cd	O1ce	O1cf	O1cg	O1ch	O1ci	O1cj	O1ck	O1cl	O1cm	O1cn	O1co	O1cp	O1cq	O1cr	O1cs	O1ct	O1cu	O1cv	O1cw	O1cx	O1cy	O1cz	O1da	O1db	O1dc	O1dd	O1de	O1df	O1dg	O1dh	O1di	O1dj	O1dk	O1dl	O1dm	O1dn	O1do	O1dp	O1dq	O1dr	O1ds	O1dt	O1du	O1dv	O1dw	O1dx	O1dy	O1dz	O1ea	O1eb	O1ec	O1ed	O1ee	O1ef	O1eg	O1eh	O1ei	O1ej	O1ek	O1el	O1em	O1en	O1eo	O1ep	O1eq	O1er	O1es	O1et	O1eu	O1ev	O1ew	O1ex	O1ey	O1ez	O1fa	O1fb	O1fc	O1fd	O1fe	O1ff	O1fg	O1fh	O1fi	O1fj	O1fk	O1fl	O1fm	O1fn	O1fo	O1fp	O1fq	O1fr	O1fs	O1ft	O1fu	O1fv	O1fw	O1fx	O1fy	O1fz	O1ga	O1gb	O1gc	O1gd	O1ge	O1gf	O1gg	O1gh	O1gi	O1gj	O1gk	O1gl	O1gm	O1gn	O1go	O1gp	O1gq	O1gr	O1gs	O1gt	O1gu	O1gv	O1gw	O1gx	O1gy	O1gz	O1ha	O1hb	O1hc	O1hd	O1he	O1hf	O1hg	O1hi	O1hj	O1hk	O1hl	O1hm	O1hn	O1ho	O1hp	O1hq	O1hr	O1hs	O1ht	O1hu	O1hv	O1hw	O1hx	O1hy	O1hz	O1ia	O1ib	O1ic	O1id	O1ie	O1if	O1ig	O1ih	O1ii	O1ij	O1ik	O1il	O1im	O1in	O1io	O1ip	O1iq	O1ir	O1is	O1it	O1iu	O1iv	O1iw	O1ix	O1iy	O1iz	O1ja	O1jb	O1jc	O1jd	O1je	O1jf	O1jg	O1jh	O1ji	O1jj	O1jk	O1jl	O1jm	O1jn	O1jo	O1jp	O1jq	O1jr	O1js	O1jt	O1ju	O1jv	O1jw	O1jx	O1jy	O1jz	O1ka	O1kb	O1kc	O1kd	O1ke	O1kf	O1kg	O1kh	O1ki	O1kj	O1kk	O1kl	O1km	O1kn	O1ko	O1kp	O1kq	O1kr	O1ks	O1kt	O1ku	O1kv	O1kw	O1kx	O1ky	O1kz	O1la	O1lb	O1lc	O1ld



### TeSz 4c: TAG und Reader Tests für RFID-Raumbuch --- Labor Mobiltelefon HF (NFC)

TAG Typ	Foto	Abmessungen
Confidex on Metal		2,5x2,5 cm
Confidex Links		2,5x2,5 cm
HID global		3,0 cm Ø
HID global		5,0 cm Ø
NFC round TAG mini		1,5 cm Ø
NFC-QR TAG		5,5 cm

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

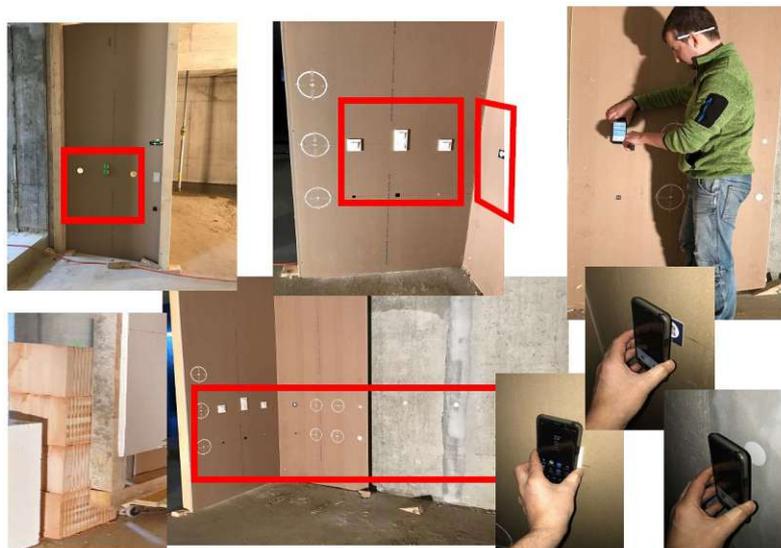


Abb. 209: Test – Auslesereichweiten HF (NFC) auf Baustelle, S. 407

		Wandverortung										Handy NFC-Reader									
		OK 1/2-fach beplankt Wand als HIZ / Ytong										Handy NFC-Reader									
		OK 2-fach beplankt / STB in Schalterobernimm integriert										Handy NFC-Reader									
Sendeleistung Antennentyp Reader	HF																				
	13,56 MHz Handy Android																				
TAG-Nr. & Verortung am Plan	10a	Foto an TAG										Foto an TAG									
	11a	Foto an TAG										Foto an TAG									
Info-TAG	TAG-4rt	Kartenschiebung										Kartenschiebung									
	TAQ-Typ (LF, HF, UHF, ...)	HF										HF									
Freiquerschnitt	55 x 55 x 2,0 mm	55 x 55 x 2,0 mm										55 x 55 x 2,0 mm									
	Abmessung (L x B x H)	25 x 25 x 1 mm										25 x 25 x 1 mm									
Info-Testert	Geschütz	-IUG										-IUG									
	Einbauten - Material (STB, OK, in Schalterobern...)	OK auf OK geklebt, auf OK geklebt, auf OK geklebt, 5-fach bepl. 0,0 cm OK keine Spaltverklebung										OK auf OK geklebt, auf OK geklebt, auf OK geklebt, 5-fach bepl. -1,25 cm OK keine Spaltverklebung									
Leak-Distanz	0,00 cm	0,00 cm										0,00 cm									
	1,00 cm	1,00 cm										1,00 cm									
Reader zu Material	2,00 cm	2,00 cm										2,00 cm									
	3,00 cm	3,00 cm										3,00 cm									
max. Distanz	4,00 cm	4,00 cm										4,00 cm									
	5,00 cm	5,00 cm										5,00 cm									
Sonderige Anmerkung	NFC TAG auf OK geklebt	NFC TAG auf OK geklebt										NFC TAG an OK-Sticker flüchtig, Abschirmung mit 1 Lage OK									
Sendeleistung Antennentyp Reader	HF																				
	13,56 MHz Handy Android																				
TAG-Nr. & Verortung am Plan	14a	Foto an TAG										Foto an TAG									
	15a	Foto an TAG										Foto an TAG									
Info-TAG	TAG-4rt	Kartenschiebung										Kartenschiebung									
	TAQ-Typ (LF, HF, UHF, ...)	HF										HF									
Freiquerschnitt	20 x 20 x 1,0 mm	20 x 20 x 1,0 mm										20 x 20 x 1,0 mm									
	Abmessung (L x B x H)	30 x 30 x 0,5 mm										30 x 30 x 0,5 mm									
Info-Testert	Geschütz	-IUG										-IUG									
	Einbauten - Material (STB, OK, in Schalterobern...)	OK auf OK geklebt, auf OK geklebt, 2-fach bepl. 0,0 cm OK keine Spaltverklebung										OK auf OK geklebt, auf OK geklebt, auf OK geklebt, 2-fach bepl. -1,25 cm OK keine Spaltverklebung									
Leak-Distanz	0,00 cm	0,00 cm										0,00 cm									
	1,00 cm	1,00 cm										1,00 cm									
Reader zu Material	2,00 cm	2,00 cm										2,00 cm									
	3,00 cm	3,00 cm										3,00 cm									
max. Distanz	4,00 cm	4,00 cm										4,00 cm									
	5,00 cm	5,00 cm										5,00 cm									
Sonderige Anmerkung	NFC TAG an OK-Sticker flüchtig, Abschirmung mit 1 Lage OK	NFC TAG an OK-Sticker flüchtig, Abschirmung mit 1 Lage OK										NFC TAG an OK-Sticker flüchtig, Abschirmung mit 1 Lage OK									

Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle, S. 412

## 7.2.3.2. RFID-Raumbuch Prototyp – Funktionstests --- Baustelle

TeSz A1-A2: UG2

Bereich Einlagerungsraum TOP001–002

## Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs

A1-A2   UG2		ER TOP001 (A1)		ER TOP002 (A2)					
<b>TeSz A1-A2: UG2</b> <b>Bereich Einlagerungsraum TOP001 - 002</b>		<b>Test mit Mobiler App / Webapplikation</b> Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs / Handheld für UHF TAGs <b>TAGs</b> HF (NFC) HID global 3,0 cm u 5,0 cm Ø als Klebe TAGs für Sichtflächen UHF Confidex Ironside u Inline Plate 1 TB, VS abg-D u BA / u Confidex Survivor f STB							
<b>Lfd.Nr.</b>	<b>TAG Einbau / Verortung</b>	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein				
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	50		40					
<b>Lfd.Nr.</b>	<b>TAG</b>								
4	TAG Typ	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF				
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master				
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden				
<b>Lfd.Nr.</b>	<b>Mobile App / Webapplikation</b>								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein				
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	15		10					

Tab. 007: RFID-Raumbuch-Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle, S. 412

TeSz B1-B8: UG1

Bereich Fahrradraum, Schleuse vor Aufzug, Schleuse zu Technik u Garage, Technikräume, Garage

Mobiltelefon für HF /NFC) TAGs

Handheld für UHF TAGs

TeSz B1-B8: UG1		Test mit Mobiler App / Webapplikation							
Bereich Fahrradraum, Schleuse vor Aufzug, Schleuse zu Technik u Garage, Technikräume, Garage		Mobiltelefon für HF (NFC) TAGs / Handheld für UHF TAGs							
B1 / B8   UG1		Fahrrad1 Stg Garage (B1)		Schacht1,3,6 Fahrradraum (B1)		Garage - Kanal (B3)		Garage Weg, Stpl, Vklf (B8)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kenzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	45		62				00 (da zu früherem Zeitpunkt einbetoniert)	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF			HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Survivor
4	TAG Typ	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF			HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Survivor
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master			Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich			Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich			Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden			Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation	Ja	Nein	Ja	Nein			Ja	Nein
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein			Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich			Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich			Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich			Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	12		18				5	
B2-B4   UG1		Schleuse vor Aufzug (B2)		Schleuse zu Technik (B3)		Schleuse zu Garage (B4)			
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
2	Kenzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein		
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	42		45		48			
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF Inline Plate		
4	TAG Typ	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF Inline Plate		
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master	Star	Master		
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden		
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein		
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein		
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	8		6		11			
B5-B7   UG1		Technik Fernwärme (B5)		Schacht6,7 Fernwärme (B5)		Technik Strom (B6)		Technik Wasser (B7)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kenzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	41		55		50		58	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Inline Plate
4	TAG Typ	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF	HF (NFC) 3,0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Inline Plate
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master	Star	Master	Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	9		12		10		7	

Tab. 007: RFID-Raumbuch-Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle, S. 412

**TeSz C1-C3: EG-1**

**Bereich Durchgang Hof zu Bp15, Fahrradraum Durchgang, Gang zu Whg TOP001-002**

**Mobiltelefon für HF /NFC) TAGs**

**Handheld für UHF TAGs**

C1-C2		Durchgang Hof Ost-West (C1)		Fahrrad4 Stg zu Hof (C2)		Schacht28 Fahrrad4 (C2)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	40		45		52	
Lfd.Nr.	TAG						
4	TAG Typ	HF (NFC) 5.0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5.0 cm Ø	UHF Inline Plate	HF (NFC) 5.0 cm Ø	UHF Inline Plate
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master	Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation						
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	12		8		10	
C3		Gang zu Whg EG Durchg (C3)		Schacht27 Gang zu Whg (C3)			
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein		
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	45		50			
Lfd.Nr.	TAG						
4	TAG Typ	HF (NFC) 5.0 cm Ø	HF (NFC) 5.0 cm Ø	UHF Inline Plate	UHF Inline Plate		
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master		
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich		
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden		
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation						
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein		
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich		
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	10		8			

Tab. 007: RFID-Raubuch-Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle, S. 412

TeSz C4-C5: EG-2

Bereich TOP001-002

Handheld für UHF TAGs

TeSz C4: EG-2 TOP001		Test mit Mobiler App / Webapplikation							
		Mobiletelefon für HF (NFC) TAGs / Handheld für UHF TAGs							
		TAGs							
		HF (NFC)							
		HfU global 3,0 cm u 5,0 cm Ø als Klebe TAGs für Sichtflächen							
		UHF Confidex Inkside u Inline Plate f TB, VS abg-D u BA/ Confidex Survivor f STB							
C4		ER TOP001 (A1)		02 - Vorräum (C4)		03 - Gang (C4)		04 - Wohnküche (C4)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	50		50	44	40		48	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 3,5 cm Ø	UHF Confidex Inkside	UHF Inline Plate	UHF Confidex Inkside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside
4	TAG Typ	Star	Master	Star auf 160cm Höhe	Master auf 110cm Höhe	Star	Master	Star	Master
5	TAG Level	Star	Master	Star auf 160cm Höhe	Master auf 110cm Höhe	Star	Master	Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	15		12		8		10	
C4		05 - Zimmer1 EB (C4)		06 - Zimmer2 DB (C4)		07 - Bad1 (C4)			
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich			Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich			Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein			Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	50				45		60	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside			HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside
4	TAG Typ	Star	Master			Star	Master	Star	Master
5	TAG Level	Star	Master			Star	Master	Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich			Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich			Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden			Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein			Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich			Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich			Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich			Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	12				9		14	
C4		08 - AR1 (C4)		09 - WC1 (C4)		10 - Terrasse-Loggia-Balkon (C4)			
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.			42		49		55	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside
4	TAG Typ	Star	Master	Star	Master	Star	Master	Star	Master
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master	Star	Master	Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.			11		8		14	
C4		Schacht29 Wohnküche (C4)		Schacht30 Bad (C4)					
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein				
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	62		59					
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Inkside				
4	TAG Typ	Star	Master	Star	Master				
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master				
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
8	TAG Erfassungszeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden				
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein				
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	11		15					

Tab. 007: RFID-Raumbuch-Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle, S. 412

7. Anhang

TeSz C5: EG-2 TOP002		Test mit Mobiler App / Webapplikation							
		Mobiletelefon für HF (NFC) TAGs / Handheld für UHF TAGs							
		TAGs							
		HF (NFC)							
		HID global 3,0 cm u 5,0 cm Ø als Klebe TAGs für Sichtflächen							
		UHF Confidex Ironside u Inline Plate f TB, VS abg-D u BA / Confidex Survivor f STB							
C5		ER TOP001 (AG)		02 - Vorraum (C5)		03 - Gang (C5)		04 - Wohnküche (C5)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung								
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	40		50	44	40		48	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	UHF Inline Plate	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside
4	TAG Typ	Star	Master	Star auf 160cm Höhe	Master auf 110cm Höhe	Star	Master	Star	Master
5	TAG Level	Star	Master	Star auf 160cm Höhe	Master auf 110cm Höhe	Star	Master	Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungzeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	10		12		8		10	
C5		05 - Zimmer1 EB (C5)		06 - Zimmer2 EB (C5)		07 - Zimmer3 DB (C5)		08 - Bad1 Z13 (C5)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung								
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	50		46		45		60	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside
4	TAG Typ	Star	Master	Star	Master	Star	Master	Star	Master
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master	Star	Master	Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungzeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	12		11		9		14	
C5		09 - Bad2 Z1-2 (C5)		10 - AR1 (C5)		11 - WC1 (C5)		12 - Terrasse-Loggia-Balkon (C5)	
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung								
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	44		42		49		55	
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside
4	TAG Typ	Star	Master	Star	Master	Star	Master	Star	Master
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master	Star	Master	Star	Master
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich
8	TAG Erfassungzeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein	Ja	Nein
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	12		11		8		14	
C5		Schacht31 Wohnküche (C5)		Schacht32 Bad (C5)					
Lfd.Nr.	TAG Einbau / Verortung								
1a	An vorgesehener Stelle lt. Plan	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
1b	An Alternativer Stelle	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
2	Kennzeichnung des/der TAGs	Ja	Nein	Ja	Nein				
3	Zeitaufwand für Einbau und Verortung in sek.	60		55					
Lfd.Nr.	TAG	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside	HF (NFC) 5,0 cm Ø	UHF Confidex Ironside				
4	TAG Typ	Star	Master	Star	Master				
5	TAG Level	Star	Master	Star	Master				
6	Manuelles Erfassen des TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
7	Scan TAG	Möglich	Nicht möglich	Möglich	Nicht möglich				
8	TAG Erfassungzeit	Millisek	Sekunden	Millisek	Sekunden				
Lfd.Nr.	Mobile App / Webapplikation								
9	Nach TAG Scan, Anzeige springt direkt in jeweilige Auswahl	Ja	Nein	Ja	Nein				
10	SOLL-IST Vergleich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
11	Baufortschrittsanzeige	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
12	Kontrolle Einträge in Webapplikation	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich	Möglich - Funktioniert	Nicht möglich				
13	Zeitaufwand für Erfassen / Kontrolle eines Pkt in sek.	10		13					

Tab. 007: RFID-Raumbuch-Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle, S. 412

### 7.2.3.3. RFID-Robotik - #Robohund --- Labor

#### TeSz 2: TAG und Reader Tests für Robotik - #Robohund --- Labor

#### High Industrial Reader UHF

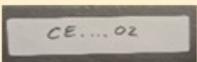
TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side Classic		5,1 x 4,7 x 1,4
Confidex Iron-Side		4,0 x 4,0 x 1,0
UHF Gen2 EPC Label		10,0 x 2,0 x 0,1
Confidex Steelwave Micro II		7,0 x 2,0 x 1,0
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4

Abb. 194a: Matrix-förmige Testwand UHF Labor, S. 406



Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

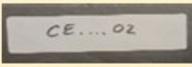
Test mit Industrial UHF Reader				Industr. UHF Reader	Industr. Hand-Terminal
Antenne: zirkularpolarisiert				Sendeleistung 17 dBm / 50mW	Sendeleistung 27 dBm / 500mW
TAG Art: UHF				Reichweite in cm	Reichweite in cm
TAG Nr. Matrix	TAG Typ	TAG EPC	Gehäuse	Reichweite in cm	Reichweite in cm
1	Confidex Iron-Side	01...01	Kunststoff	20	-
7		01...02		40	-
12		01...03		40	-
14		01...04		30	-
2	Confidex Iron-Side	02...01	Kunststoff	5	-
8a		02...02		10	-
11		02...03		5	-
13		02...04		3	-
8b	UHF Gen2 EPC Label	Ce...03	Papier Smartlabel	35	-
4	Confidex Steelwave Micro II	03...01	Kunststoff	5	-
8		03...02		15	-
9		03...03		5	-
15		03...04		10	-
3	Confidex Survivor	04...01	Kunststoff	50	-
5		04...02		70	-
10		04...03		65	-
16		04...04		80	-

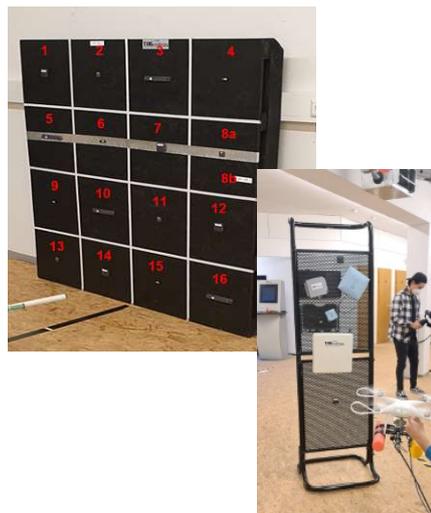
### 7.2.3.4. RFID-Robotik - #Drohne --- Labor

#### TeSz 3: TAG und Reader Tests für Robotik - #Drohne --- Labor

#### High Industrial Reader UHF

Abb. 194b: Matrix-förmige Testwand  
UHF Labor + Gitterwand,  
S. 406

TAG Typ	Foto	Abmessungen in cm (LxBxD)
Confidex Iron-Side Classic		5,1 x 4,7 x 1,4
UHF Gen2 EPC Label		10,0 x 2,0 x 0,1
Confidex Survivor		15,5 x 2,6 x 1,4



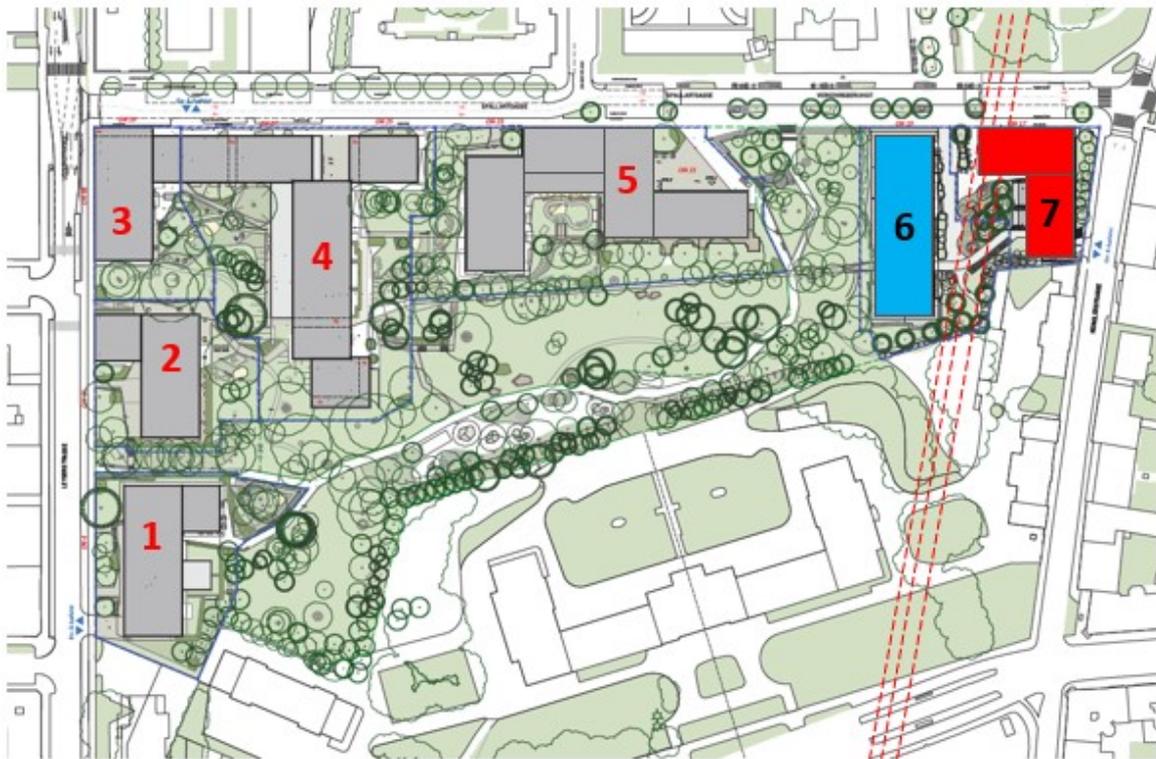
Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor, S. 412

Test mit Industrial UHF Reader				Indust. UHF Reader	Indust. Hand-Terminal
Antenne: zirkularpolarisiert				Sendeleistung 17 dBm / 50mW	Sendeleistung 27 dBm / 500mW
TAG Art: UHF				Reichweite in cm	Reichweite in cm
TAG Nr. Matrix	TAG Typ	TAG EPC	Gehäuse	Reichweite in cm	Reichweite in cm
1	Confidex Iron-Side	01...01	Kunststoff	20	-
7		01...02		40	-
12		01...03		40	-
14		01...04		30	-
2	Confidex Iron-Side	02...01	Kunststoff	5	-
8a		02...02		10	-
11		02...03		5	-
13		02...04		3	-
8b	UHF Gen2 EPC Label	Ce...03	Papier Smartlabel	35	-
4	Confidex Steel-waves Micro II	03...01	Kunststoff	5	-
6		03...02		15	-
9		03...03		5	-
15		03...04		10	-
3	Confidex Survivor	04...01	Kunststoff	50	-
5		04...02		70	-
10		04...03		65	-
16		04...04		80	-

## 7.3. Planmaterial

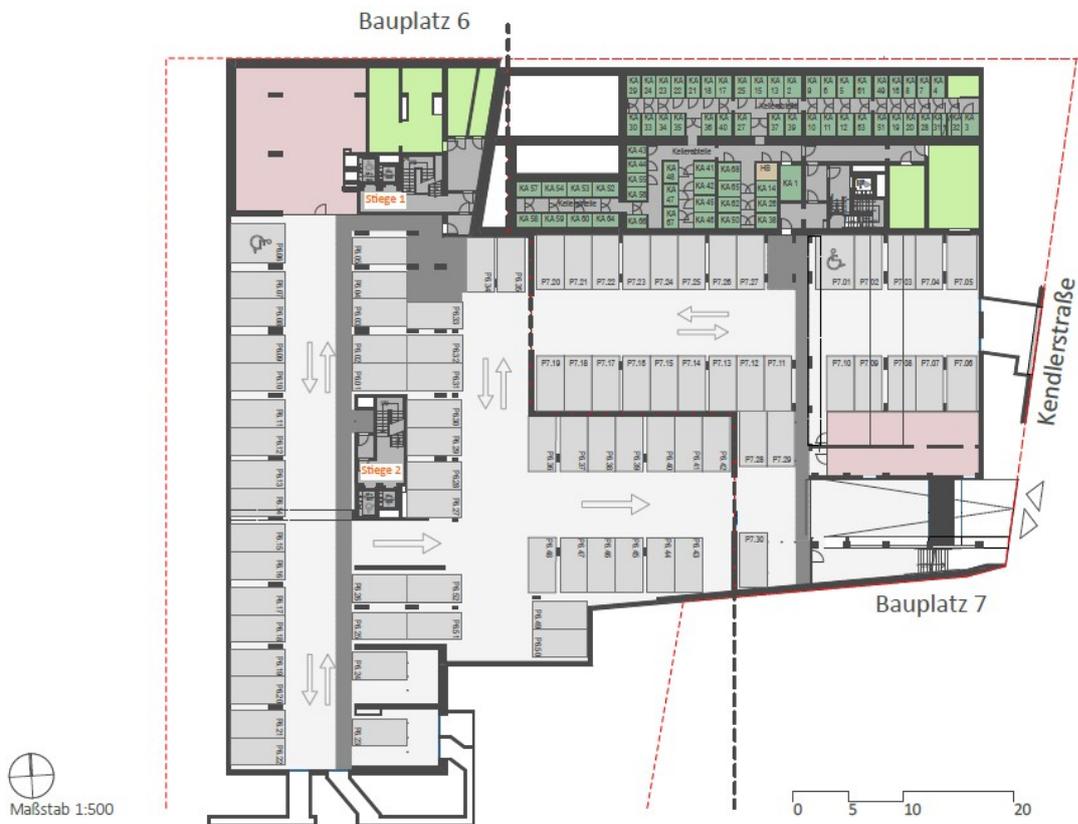
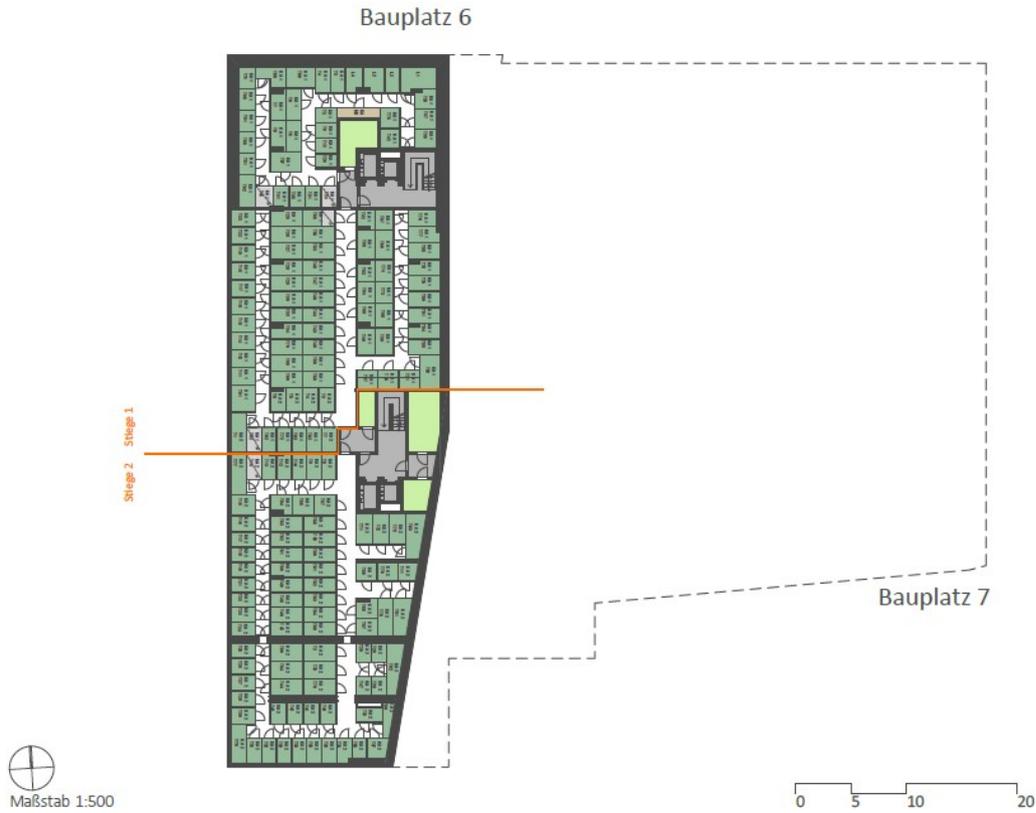
### 7.3.1. Übersicht – Lageplan

Abb. 141-142 : THEOs 1140 Wien – Übersicht Bpl.1-7, S. 405



7.3.2. Grundrisse

Abb. 146 - 159: THEOs Bpl.6-7 Grundrisse UG - OG, S. 405



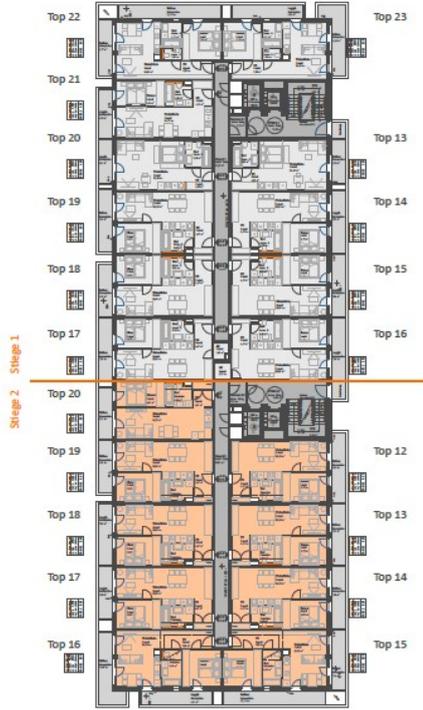
7. Anhang

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Dissertation ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this doctoral thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



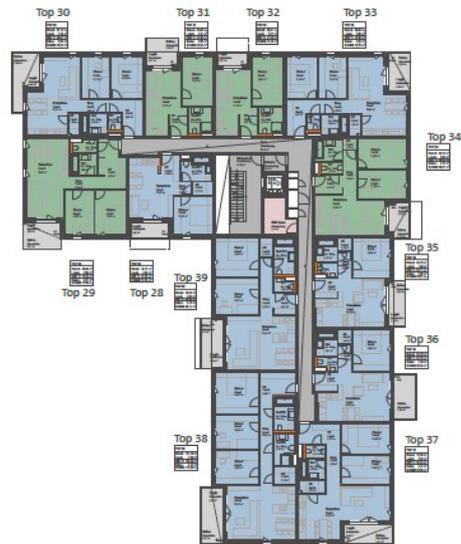
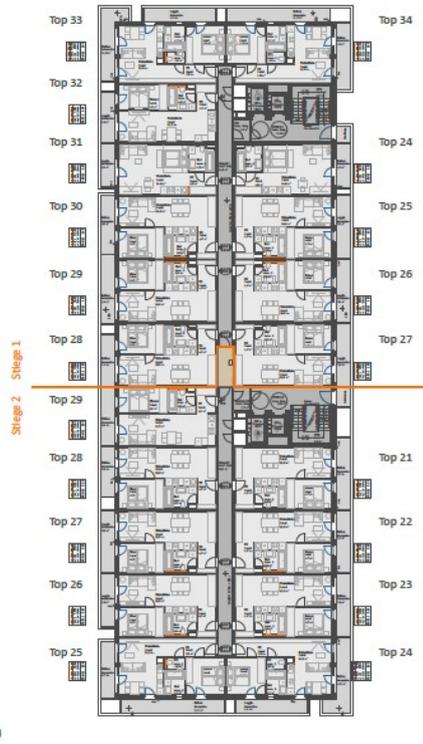
7. Anhang

Bauplatz 6



Bauplatz 7

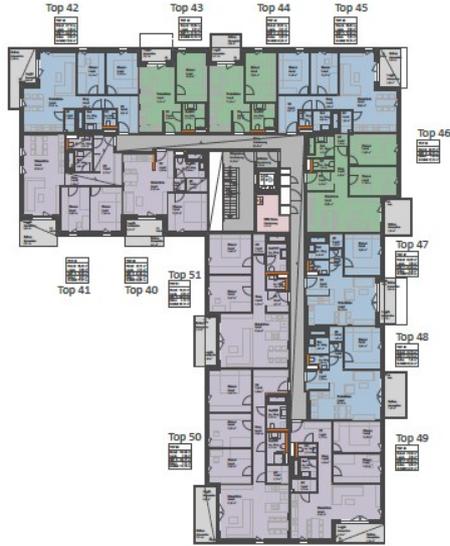
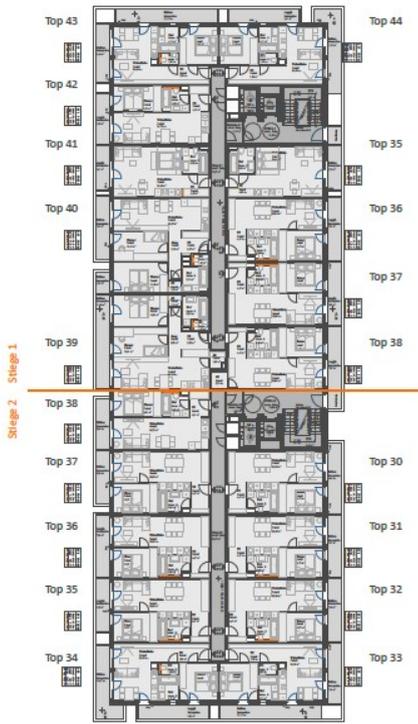
Bauplatz 6



Bauplatz 7

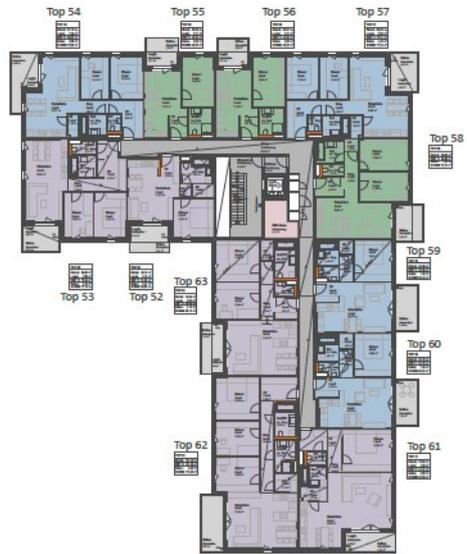
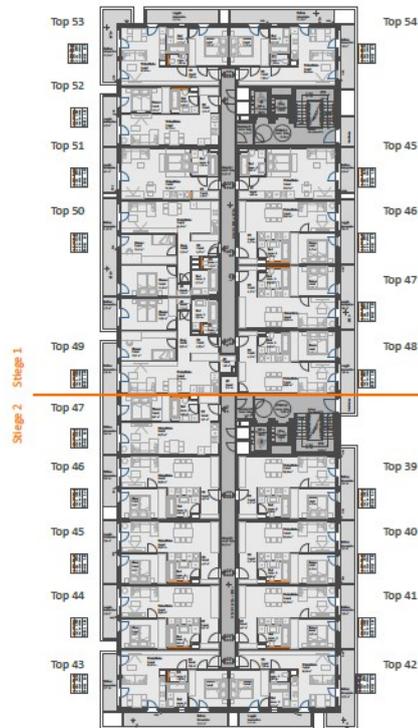
7. Anhang

Bauplatz 6



Bauplatz 7

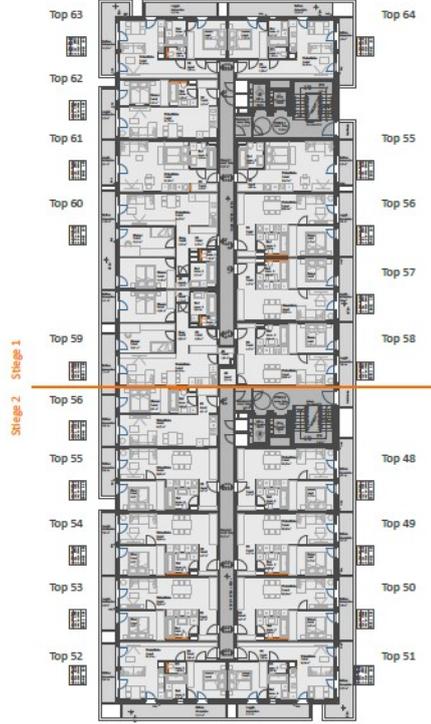
Bauplatz 6



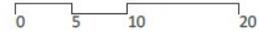
Bauplatz 7

7. Anhang

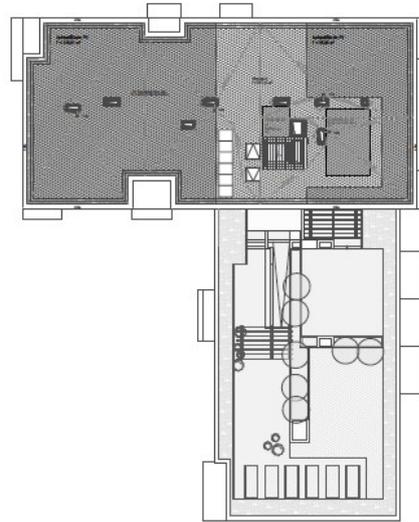
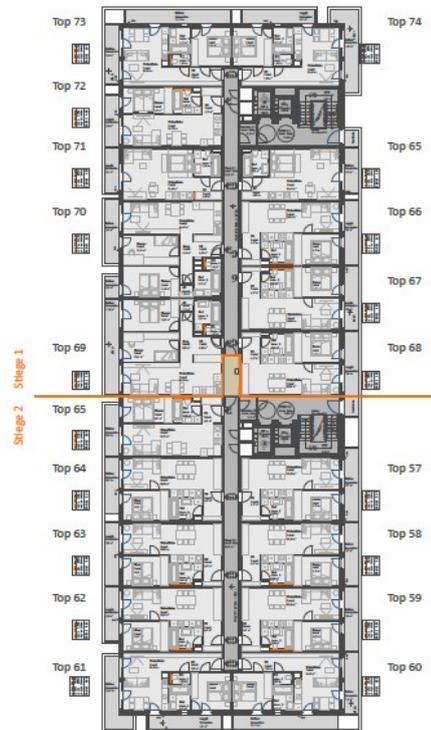
Bauplatz 6



Bauplatz 7



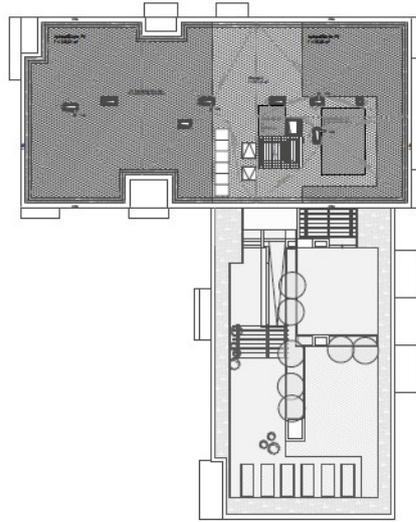
Bauplatz 6



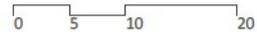
Bauplatz 7



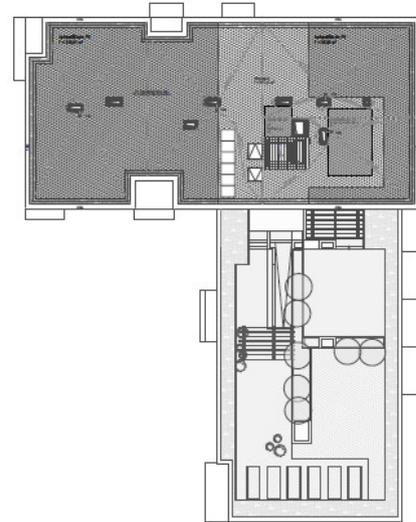
Bauplatz 6



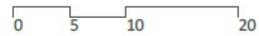
Bauplatz 7



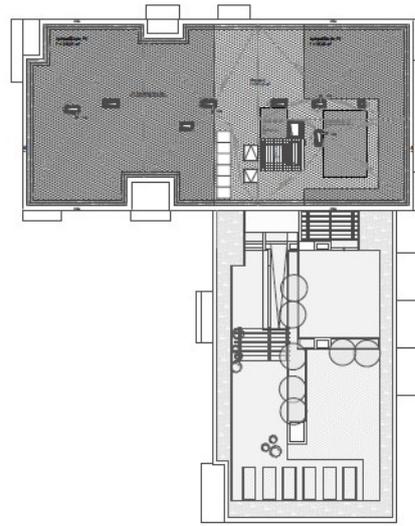
Bauplatz 6



Bauplatz 7

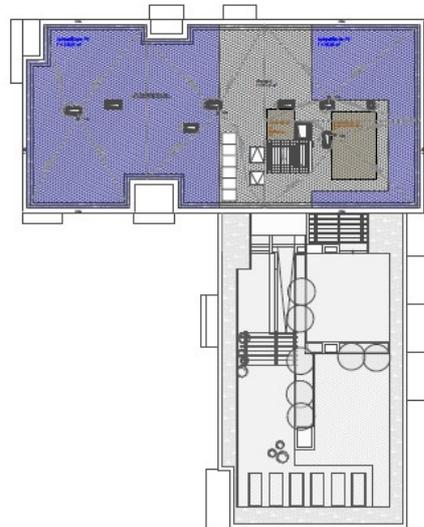
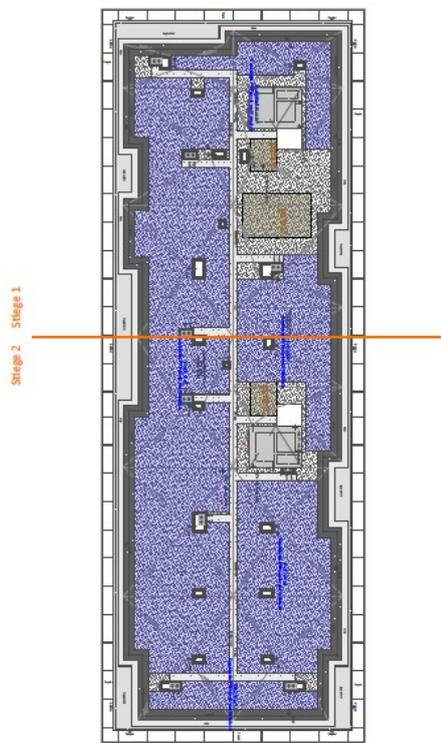


Bauplatz 6



Bauplatz 7

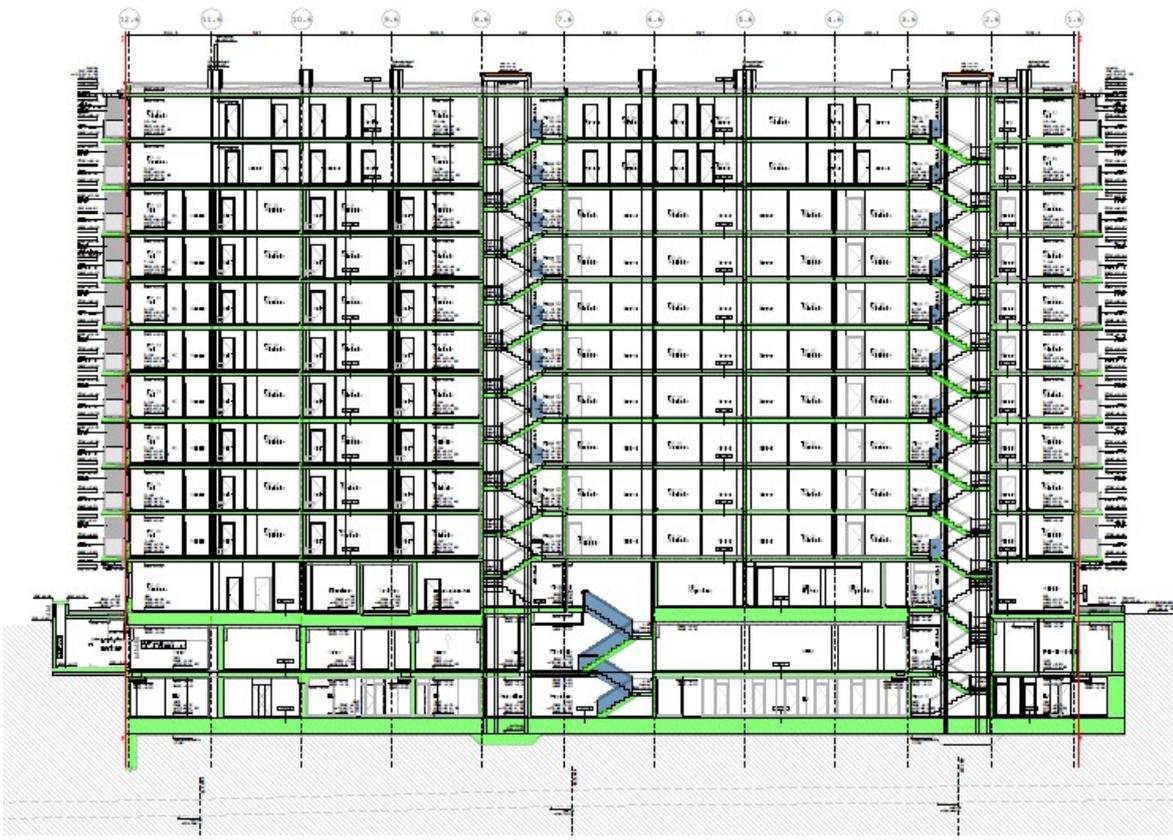
Bauplatz 6



Bauplatz 7

7.3.3. Schnitte

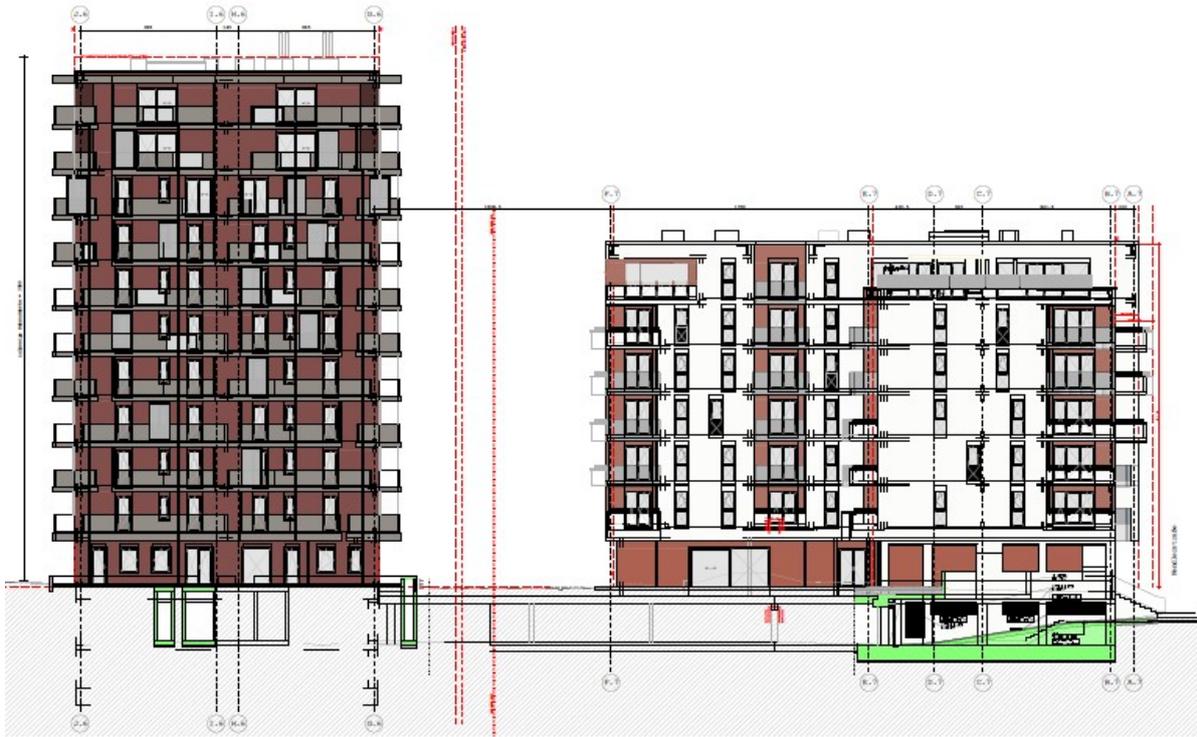
Abb. 160 - 161: THEOs Bpl.6-7 Schnitte, S. 405



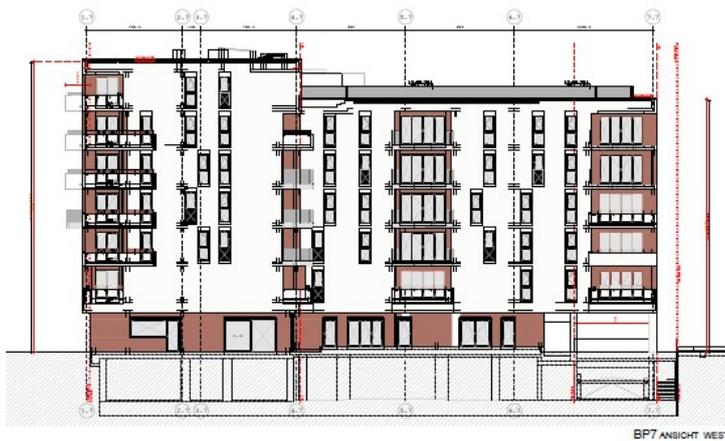
### 7.3.4. Ansichten

Abb. 162 - 165: THEOs Bpl.6-7 Ansichten (N-S-O-W), S. 405





BP6 ANSICHT WEST



BP7 ANSICHT WEST

7.3.5. TAG Klassifizierung - Verortung Bpl.6 UG2, UG1, EG

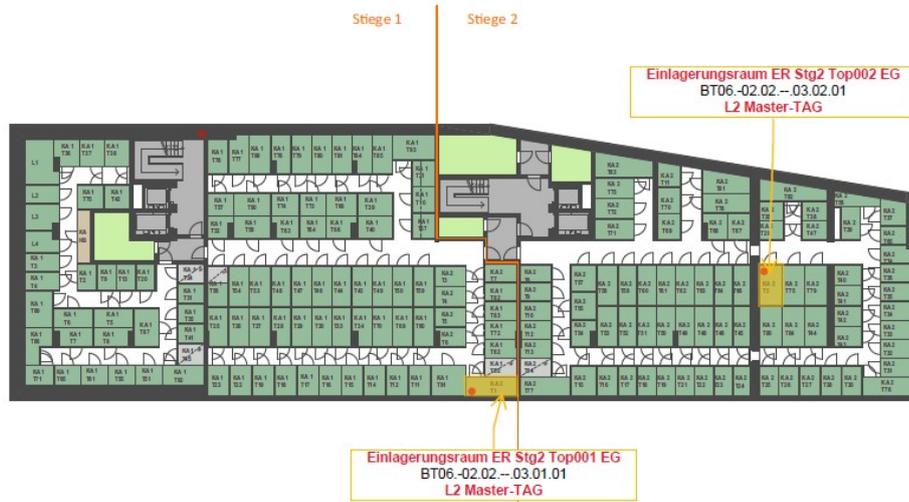


Abb. 248: UG2, S. 408

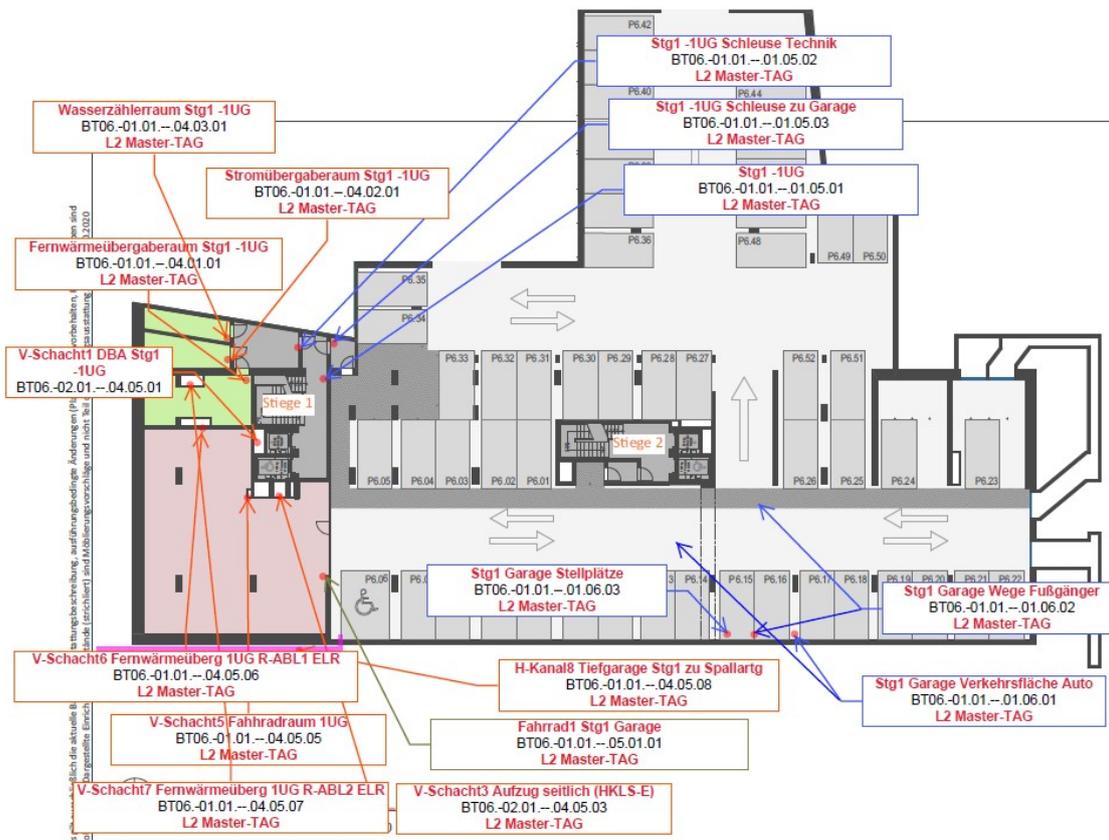


Abb. 250: UG1, S. 408



## 7.4. Renderings und Fotos



Abb. 166 - 169: THEOs Bpl.6-7 Renderings, S. 406



Abb. 170: THEOs Bpl.6-7 Rendering Luftbild, S. 406



Abb. 171: THEOs Bpl.6-7 Drohnenluftbildaufnahme Phase Rohbau, S. 406

## 7. Anhang



Abb. 122-123: Spezialtiefbau Bohrgeräte Baustelle 1140, S. 404



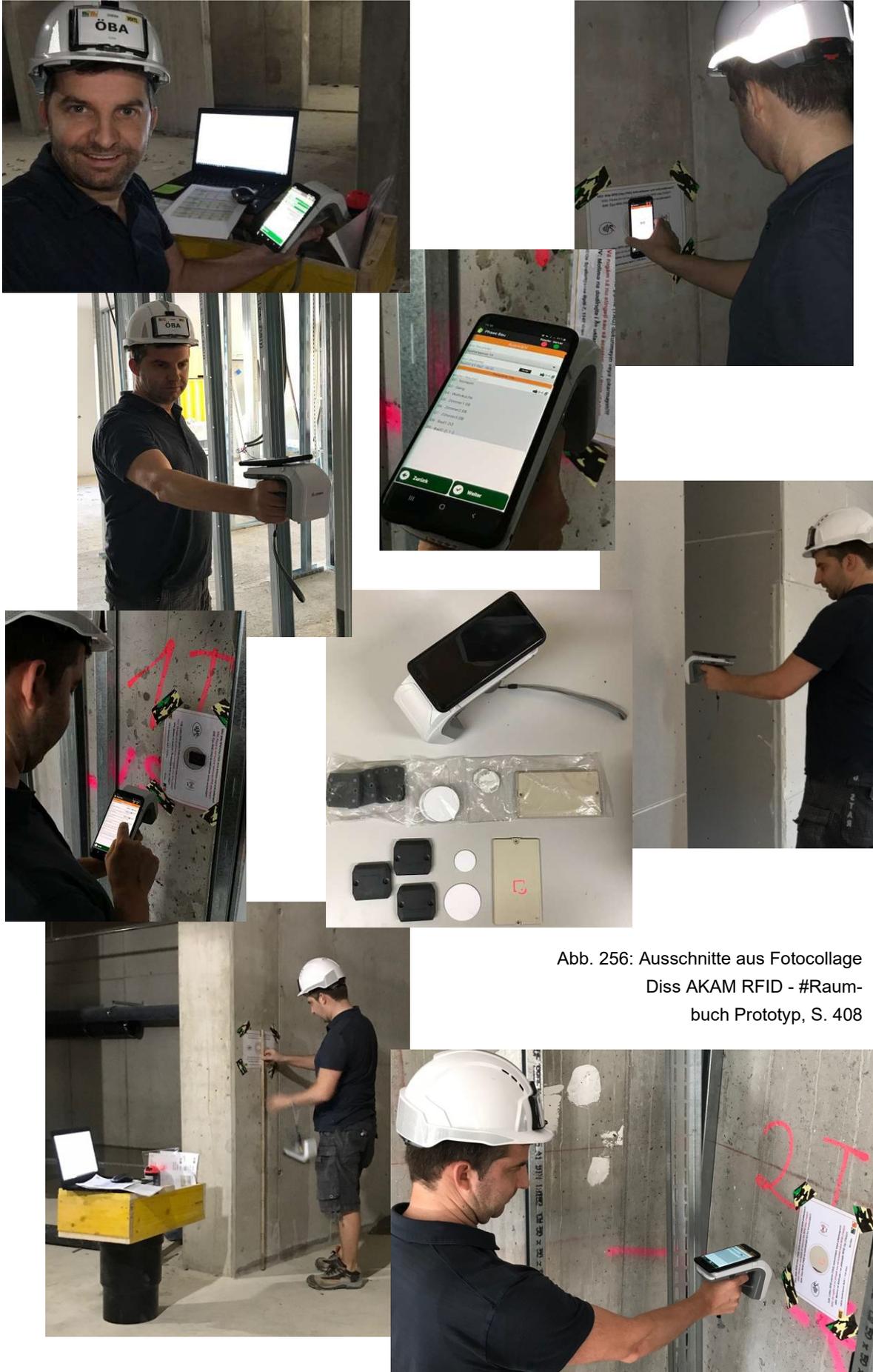


Abb. 256: Ausschnitte aus Fotocollage  
Diss AKAM RFID - #Raum-  
buch Prototyp, S. 408



7. Anhang



Abb. 278 - 279: Robohund „Spot“ Aufsatz fertig für RFID-Support, S. 409



Abb. 285 - 286: Robohund „Spot“ mit LiDAR Aufsatz bei Fotodokumentation, S. 410

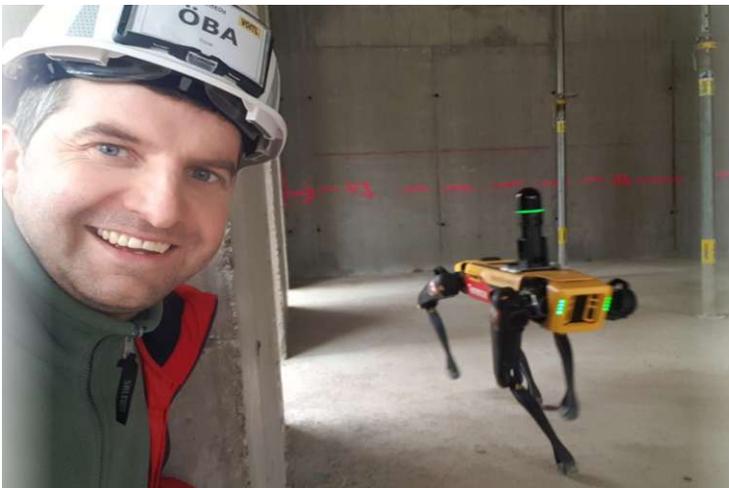


Abb. 287 - 288: Robohund „Spot“ mit BLK2GO Aufsatz bei Vermessung, S. 410



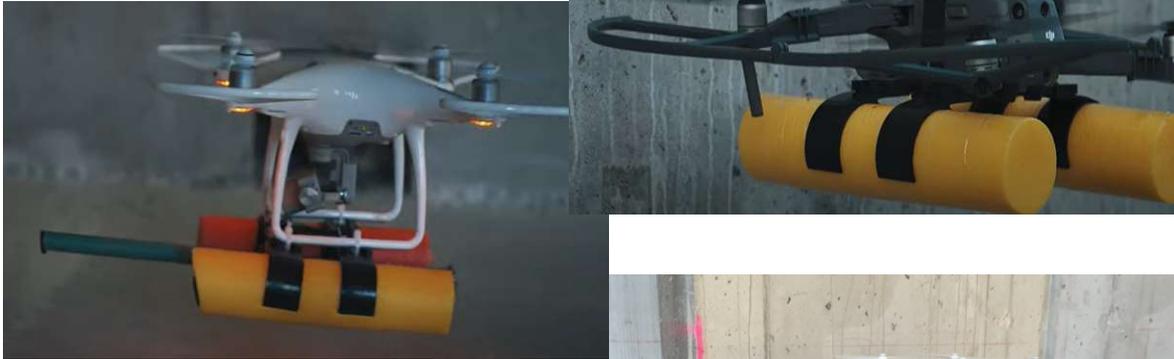


Abb. 318 - 321: Drohnen mit Aufsatz für RFID-Support auf Baustelle, S. 411





Abb. 297: Ausschnitt aus Fotocollage Diss AKAM RFID & Robotik - #Robohund, S. 410



Abb. 335: Ausschnitt aus Fotocollage Diss AKAM RFID & Robotik - #Drohne-Vermessung, S. 411

## 7.5. Literaturverzeichnis

### 7.5.1. Bücher

- K. Finkenzeller et al., RFID-Handbuch,  
2015, 7. Auflage, Carl Hanser Verlag
- P. Jehle et al., Intellibau,  
2011, 1. Auflage, Springer Verlag
- P. Jehle et al., Intellibau 2,  
2012, 1. Auflage, Springer Verlag
- M. Helmus et al., RFID in der Baulogistik,  
2009, 1. Auflage, Vieweg+Teubner Verlag
- C. Kern, Anwendung von RFID-Systemen,  
2007, 2. Auflage
- A. Borrmann et al., Building Information Modeling,  
2015, 1. Auflage, Springer Verlag
- C. Achammer et al., BIM for LCS,  
2013, 1. Ausgabe, NWV Verlag
- A. Moring et al., Bits and Bricks: Digitalisierung von Geschäftsmodellen in der Immobilienbranche,  
2018, 1. Auflage, Gabler Verlag
- W. Günthner et al., Digitale Baustelle,  
2011, 1. Auflage, Springer Verlag
- D. Schmidt, RFID im Mobile Supply Chain Event Management,  
2006, 1. Auflage, Springer Verlag
- D. Arnold et al., Handbuch Logistik,  
2008, 3. Auflage, Springer Verlag
- O.-E. Heisereich et al., Logistik,  
2011, 4. Auflage Gabler Verlag
- G. Tamm et al., RFID-Informatik,  
2005, 1. Auflage, Springer Verlag
- H. Lechner, BauProjektManagement  
2011, 3. Auflage, TU Graz Verlag

### 7.5.2. Paper – Berichte

- W. Günthner et al., Technikleitfaden für RFID-Projekte, 2011, 1. Auflage, Verlag des Bayerischen Unternehmensverbandes Metall und Elektro
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, Risiken und Chancen des Einsatzes von RFID-Systemen, 2005, 1. Auflage

### 7.5.3. Plattformen – Studien – Forschungsprojekte

- FIATECH Plattform
  - o Smart Chips-Projekt, 2003, USA
- Studie Construction Management tools using 3D-CAD, VR, RFID and Photography Technologies, 2006, Waseda University, Japan
- Projekt RFID-Tagging Technology - bre, im Rahmen des Construction Research Programme des dti, 2007, Großbritannien
- Build Up, European Construction Technology Plattform - ECTP
  - o Projekt PROMISE (Product Lifecycle Management and Information Tracking using Smart Embedded Systems), 2003, Europäische Union
- Plattform ARGE RFIDimBau
  - o RFID-Intelligente Bauteile, 2006, TU Dresden, Deutschland
  - o Indoornavigation, 2012, TU Darmstadt, Deutschland
  - o RFID-Baulogistik, 2009, BU Wuppertal, Deutschland
- Projekt ForBAU, 2007, fml TU München, Deutschland
- bmvit, Studie Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen, 2018
- Plattform 4.0, Planen.Bauen.Betreiben, Arbeit.Wirtschaft.Export: Thesen der Zukunft

### 7.5.4. Firmen

#### - Roboterfirmen

Japan: Fanuc, Yaskawa, Mitsubishi, Denso, Epson, Omron, Toyota, Honda

Schweiz: ABB, Stäubli / Deutschland/China: KUKA / Dänemark: Universal Robots

USA: Boston Dynamics (Roboterhund Spot, Humanoidroboter Atlas), Logistikroboter, DARPA

#### - Drohnen

China: DJI (Matrice600Pro FPV, Mavic2 Enterprise, Phantom4 RTK),

Yuneec (Typhoon Q-500)

USA: Autel Robotics

Schweden: UMS / Österreich: Diamond Aircraft, Schiebel / Deutschland: EMT

Italien: Leonardo / Frankreich: Parrot

## 7.5.5. Internetquellen

### TU-Wien

- <https://www.h1arch.tuwien.ac.at/forschung/dissertationen/rfid-am-bau/> (Institut für Hochbau und Entwerfen, Wien – A)

### Projektpartner

- [www.tagnology.com](http://www.tagnology.com) (RFID-Experten, Voitsberg bei Graz – A)
- [www.fcp.at](http://www.fcp.at) (BIM Experten, Ingenieurbüro, Wien – A)
- [www.rhomberg.com](http://www.rhomberg.com) (Robohund Experten, Bauträger und Bauunternehmen, Vorarlberg – A)
- [www.kopa.at](http://www.kopa.at) (Drohnen Experten, Vermessungsbüro, Wien – A)
- [www.voitl.at](http://www.voitl.at) (Bauunternehmen, Wien – A)
- [www.oesw.at](http://www.oesw.at) / [www.immo-360.at](http://www.immo-360.at) (Bauherr Baustelle 1140, Wien – A)

### Wissenschaftliche Datenbanken - Literaturrecherche

- <https://www.empirio.de/empiriowissen/qualit-u-quant-forschmeth> (Forschungsmethoden)
- <https://dl.acm.org/> (ACM Digital Library)
- <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (IEEE Digital Library)
- <https://www.wiso-net.de/login?targetUrl=%2Fdosearch> (Wiso2+3 Datenbank)
- <https://www.irb.fraunhofer.de/bauforschung/baufolit/> (Fraunhofer IRB – BAUFO)
- <https://scholar.google.com/> (Google Scholar)
- <https://library.ethz.ch/standorte-und-medien.html> (INSPEC)

### Sonstiges

- <https://wi-lex.de/>
- <https://www.elektronik-kompodium.de>
- <https://de.wikipedia.org/wiki>
- <https://hub.hslu.ch>
- <https://industrie-wegweiser.de>
- <https://academy.technikum-wien.at>
- <https://morethandigital.info>

- <https://wko.at>
- <https://www.rfid-journal.de>
- <https://www.fts-hennig.at>
- <https://www.rfid-basis.de>
- <http://www.rfid-in-action.eu/public/rfid-reference-model/rfid-reference-model>
- [www.smart-tec.com](http://www.smart-tec.com)
- [www.huayuan.de](http://www.huayuan.de)
- <https://ec.europa.eu>
- <https://digitale-landwirtschaft.com>
- <https://www.waldwissen.net>
- <https://rfid-sicherheit.com>
- <https://www.spiegel.de>
- <https://www.public-manager.com>
- <https://bornemann.net>
- <https://www.recknagel-online.de>
- <https://qw-software.de>
- <https://www.onetools.de>
- <https://www.rib-software.com>
- <https://www.drofus.com>
- <https://prevera.at>
- <https://www.youtube.com>
- <https://www.buildingsmart.co.at>
- <https://diconnex.com>
- <https://www.it-business.de>
- <https://www.infineon.com>
- <https://asimo.honda.com>
- <https://www.welt.de>
- <https://tipsfordrones.com>

- [meinbezirk.at](http://meinbezirk.at)
- <https://blog.hexagongeosystems.com>
- <https://web.kopa.at>

### **7.5.6. Reisen und Besichtigungen**

- Reise nach Südtirol und Besichtigung des technisch innovativen Bauernhofes Ploner im Pustertal, 2020

### **7.5.7. Gespräche, Interviews, Telefon- und Videokonferenzen**

- Laufende Gespräche, Abstimmungen, Telefon- und Videokonferenzen (TelKo, Vi-Ko) mit Projektpartner TAGnology über gesamten Dissertationszeitraum
- Laufende Gespräche, Abstimmungen, Telefon- und Videokonferenzen (TelKo, Vi-Ko) mit Projektpartner FCP über gesamten Dissertationszeitraum
- Laufende Gespräche, Abstimmungen, Telefon- und Videokonferenzen (TelKo, Vi-Ko) mit Projektpartner Rhomberg über gesamten Dissertationszeitraum
- Laufende Gespräche, Abstimmungen, Telefon- und Videokonferenzen (TelKo, Vi-Ko) mit Projektpartner KOPA über gesamten Dissertationszeitraum
- Telefonische Befragung zum Thema RFID und Gesundheitswesen mit leitenden Angestellten des OWS Wien / AKH Wien, 2020
- Telefonische Befragung zum Thema RFID im Groß- und Einzelhandel mit leitenden Angestellten der Spar European Shopping (SES), 2020
- Gespräch – Interview mit Bauer - Tierarzt aus dem Pustertal, Südtirol 2020
- Gespräch – Interview mit Projektleiter des Ingenieurbüros 3PGeo – Geotechnik, Wien 2020
- Gespräch – Interview mit Projektleiter der ÖBB Infrastruktur, Wien 2020
- Gespräch – Interview mit Gruppen-, Bauleitern, Technikern, Polieren diverser Bauunternehmen, Wien 2020

## 7.6. Abbildungsverzeichnis

Abb. 001: Collage RFID am Bau / RFID-Raumbuch Dissertation Kamenschek 2018 .....	S. iii, v, 124, 245, 331, 415 Armin Kamenschek, Eigenregie, 2018 ©
Abb. 002: Projektpartner RFID am Bau / RFID-Raumbuch Dissertation Kamenschek 2018-2022 .....	S. iv, vi, 332, 415 Armin Kamenschek, Eigenregie, 2017 - 2021 ©
Abb. 003: Digitales Bauprojekt: Planen, Bauen, Betreiben .....	S. 14, 332 bmvit, Studie Potenziale der Digitalisierung im Bauwesen, S. 37
Abb. 004: Phasen d. Lebenszyklus: Info- u. Datenverluste aufgrund digitalem Schnitt- stellenproblem.....	S. 16, 333 Armin Kamenschek, Eigenregie, 2009 ©
Abb. 005: Klassisches Datenflussmodell d. Lebenszyklus ohne RFID mit Informa- tions- u. Datenverlusten sowie Medienbrüchen .....	S. 17, 338 P. Jehle et al., Intellibau, 2011, S. 31
Abb. 006: Auto-ID-Systeme .....	S. 18, 334 Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020 ©
Abb. 007: Sprach- und Stimmerkennung .....	S. 19 <a href="https://www.die-wirtschaftszeitung.de/aktuelles/ki-befluegelt-die-spracher-kennung/">https://www.die-wirtschaftszeitung.de/aktuelles/ki-befluegelt-die-spracher-kennung/</a>
Abb. 008: Fingerprint .....	S. 20 <a href="https://mytechdecisions.com/mobility/qualcomm-fingerprint-sensor-secure/">https://mytechdecisions.com/mobility/qualcomm-fingerprint-sensor-secure/</a>
Abb. 009: Handgeometriescanner .....	S. 20 <a href="https://www.idemia.com/press-release/morphowave-compact-idemia-pushesboundaries-again-2019-09-09">https://www.idemia.com/press-release/morphowave-compact-idemia-pushesboundaries-again-2019-09-09</a>
Abb. 010: Venenscanner .....	S. 20 <a href="https://www.sicherheit.info/wie-sicher-ist-die-handvenenerkennung">https://www.sicherheit.info/wie-sicher-ist-die-handvenenerkennung</a>
Abb. 011: Irisscan .....	S. 21 <a href="https://www.dermalog.com/news/article/iris-biometrics-2017">https://www.dermalog.com/news/article/iris-biometrics-2017</a>
Abb. 012: Gesichtserkennung .....	S. 21 <a href="https://www.eventbrite.de/blog/gesichtserkennung-emotion-tracking-events/">https://www.eventbrite.de/blog/gesichtserkennung-emotion-tracking-events/</a>
Abb. 013: OCR-Scanner .....	S. 22 <a href="https://www.indiadataentryhelp.com/ocr-icr-services">https://www.indiadataentryhelp.com/ocr-icr-services</a>
Abb. 014: 1D–4D Barcodes .....	S. 22 M. Helmus et al., RFID in der Baulogistik, 2009, S. 206
Abb. 015: 1D–Barcode .....	S. 23 <a href="https://www.itwissen.info/Code-128-code-128.html">https://www.itwissen.info/Code-128-code-128.html</a>
Abb. 016: 2D–Barcode .....	S. 23 K. Finkenzeller et al., RFID-Handbuch, 2015, S. 3
Abb. 017: Stapel-Codes .....	S. 24 <a href="https://softmatic.com/pdf417.html">https://softmatic.com/pdf417.html</a>

Abb. 018: Matrix-Codes .....	S. 24
<a href="https://www.cognex.com/de-ch/resources/symbologies/2-d-matrix-codes/data-matrix-codes">https://www.cognex.com/de-ch/resources/symbologies/2-d-matrix-codes/data-matrix-codes</a>	
Abb. 019: QR-Code .....	S. 25
<a href="https://www.qr-code-generator.com">https://www.qr-code-generator.com</a>	
Abb. 020: 3D–Barcode .....	S. 25
<a href="https://yahe.sh/3d-barcode-mit-farbfiltren-auslesen/">https://yahe.sh/3d-barcode-mit-farbfiltren-auslesen/</a>	
Abb. 021: 4D–Barcode .....	S. 25
<a href="https://www.vebicode.ch/barcodes/4d-barcodes/">https://www.vebicode.ch/barcodes/4d-barcodes/</a>	
Abb. 022: stationäres Lesegerät – Barcodegate .....	S. 26
<a href="http://www.barcodegate.com/">http://www.barcodegate.com/</a>	
Abb. 023 - 024: mobile Lesegeräte – Barcodescanner / Handheld .....	S. 26
<a href="https://www.zebra.com/de/de/products/scanners/ultra-rugged-scanners.html">https://www.zebra.com/de/de/products/scanners/ultra-rugged-scanners.html</a>	
<a href="https://www.zebra.com/de/de/products/mobile-computers/handheld.html">https://www.zebra.com/de/de/products/mobile-computers/handheld.html</a>	
Abb. 025: Barcode–Drucker .....	S. 27
<a href="https://www.zebra.com/de/de/products.html">https://www.zebra.com/de/de/products.html</a>	
Abb. 026: Magnetkarte .....	S. 27
<a href="https://www.inplastor.at/magnetkarte-loco-300oe-400027-1.html">https://www.inplastor.at/magnetkarte-loco-300oe-400027-1.html</a>	
Abb. 027: Chipkarte .....	S. 28
<a href="https://www.bankaustria.at/debitkarte.jsp">https://www.bankaustria.at/debitkarte.jsp</a>	
Abb. 028: iButton .....	S. 28
<a href="https://demiurg.pl/ibutton-readers-without-led">https://demiurg.pl/ibutton-readers-without-led</a>	
Abb. 029: RFID-Funktionsweise Allgemein .....	S. 29
<a href="https://www.smart-tec.com/de/auto-id-welt/rfid-technologie">https://www.smart-tec.com/de/auto-id-welt/rfid-technologie</a>	
Abb. 030: RFID-Transponder .....	S. 30
<a href="https://www.indiamart.com/proddetail/rfid-tags-rfid-uhf-paper-tags-mettalic-tags-non-mettalic-tags-22511364362.html">https://www.indiamart.com/proddetail/rfid-tags-rfid-uhf-paper-tags-mettalic-tags-non-mettalic-tags-22511364362.html</a>	
Abb. 031: RFID-Reader .....	S. 30
<a href="http://smartid.com.vn/so-sanh-cac-loai-dau-doc-the-tu-uhf-rfid-zebrafx7500fx9500mc9190-zrfd8500.html">http://smartid.com.vn/so-sanh-cac-loai-dau-doc-the-tu-uhf-rfid-zebrafx7500fx9500mc9190-zrfd8500.html</a>	
Abb. 032: Middleware .....	S. 30
<a href="https://starporttech.com/abcs-rfid-understanding-using-radio-frequency-identification/">https://starporttech.com/abcs-rfid-understanding-using-radio-frequency-identification/</a>	
Abb. 033: Auto-ID-Darstellung Info-Datenverlust Analog vs Digitaler Verfahren .	S. 33, 335
Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020 ©	
Abb. 034: RFID-Funktionsweise im Detail .....	S. 35, 336
<a href="https://www.informatik-aktuell.de/betrieb/netzwerke/rfid-anwendungs-gebiete">https://www.informatik-aktuell.de/betrieb/netzwerke/rfid-anwendungs-gebiete</a>	
Abb. 035: Transpondererklärung .....	S. 36
<a href="https://www.smart-tec.com/de/auto-id-welt/rfid-technologie">https://www.smart-tec.com/de/auto-id-welt/rfid-technologie</a>	
Abb. 036: Antennen / Spulen .....	S. 37
<a href="https://learnchannel-tv.com/de/sensor/rfid-in-automation/rfid-frequencies-and-distance-range/">https://learnchannel-tv.com/de/sensor/rfid-in-automation/rfid-frequencies-and-distance-range/</a>	
Abb. 037: Trägermedium .....	S. 37
<a href="https://rfid-finder.com/rfid-auto-id-technologie/rfid-transponder/">https://rfid-finder.com/rfid-auto-id-technologie/rfid-transponder/</a>	

Abb. 038:	RFID-TAG Bauformen .....	S. 38, 336
	Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020 ©	
Abb. 039:	Disks und Münzen .....	S. 39
	TAGnology RFID Labor Graz	
Abb. 040:	Glasgehäuse Schnitt – Aufbau .....	S. 39
	Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S.17	
Abb. 041:	Glasgehäuse – Form .....	S. 40
	TAGnology RFID Labor Graz	
Abb. 042:	Injektionsnadel und Glasgehäuse .....	S. 40
	<a href="https://yzhmkj2019.en.made-in-china.com/product/hFLnKEachpVj/China-Injec-table-Implant-Fish-RFID-Animal-Pet-Microchip-Syringe-Livestock-Tag-for-Dog.html">https://yzhmkj2019.en.made-in-china.com/product/hFLnKEachpVj/China-Injec-table-Implant-Fish-RFID-Animal-Pet-Microchip-Syringe-Livestock-Tag-for-Dog.html</a>	
Abb. 043:	Plastikgehäuse Schnitt - Aufbau .....	S. 40
	Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S.18	
Abb. 044:	Plastikgehäuse – Form .....	S. 40
	<a href="https://www.aldridgesecurity.co.uk/asec-0474-asec-id40-transponder-chip-to-suit-vauxhall.html">https://www.aldridgesecurity.co.uk/asec-0474-asec-id40-transponder-chip-to-suit-vauxhall.html</a>	
Abb. 045:	Metal-TAG Gasflasche Schnitt .....	S. 41
	Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S.19	
Abb. 046:	Metal-TAG Gasflasche Schnitt – Aufbau .....	S. 41
	<a href="https://www.global-tag.com/portfolio/tiny-xs-in-metal-rfid-uhf-micro-tag/">https://www.global-tag.com/portfolio/tiny-xs-in-metal-rfid-uhf-micro-tag/</a>	
Abb. 047:	Metal-TAG Form .....	S. 41
	TAGnology RFID-Labor Graz	
Abb. 048:	Metal-TAG auf Container .....	S. 41
	<a href="http://leghornseals.com/international/container_rfid_metal_TAG_UHF_TS10.htm">http://leghornseals.com/international/container_rfid_metal_TAG_UHF_TS10.htm</a>	
Abb. 049:	elektronischer Schlüsseltransponder .....	S. 41
	<a href="https://www.dom.at/de/produkte?theme=elektronischezutrittskontrolle&amp;category1=medien&amp;category2=transponder&amp;sort=tag-recommended">https://www.dom.at/de/produkte?theme=elektronischezutrittskontrolle&amp;category1=medien&amp;category2=transponder&amp;sort=tag-recommended</a>	
Abb. 050:	RFID-Schlüsselanhänger .....	S. 41
	<a href="https://www.rfidhy.com/de/rfid-products/rfid-plastic-keyfob/">https://www.rfidhy.com/de/rfid-products/rfid-plastic-keyfob/</a>	
Abb. 051:	RFID-Uhren, Silikon- Stoffarmbänder, Einmalarmbänder .....	S. 42
	<a href="https://huayuan.de/rfid-produkte/rfid-armbänder/">https://huayuan.de/rfid-produkte/rfid-armbänder/</a>	
Abb. 052:	Chipkarten einfach .....	S. 42
	<a href="https://idtronic-smarttag.de/rfid-technologie/rfid-chipkarten/">https://idtronic-smarttag.de/rfid-technologie/rfid-chipkarten/</a>	
Abb. 053:	Chipkarte mit Mikrochip .....	S. 42
	<a href="https://hybridsautos.blogspot.com/2019/09/iball-hybrid-dual-card-reader.html">https://hybridsautos.blogspot.com/2019/09/iball-hybrid-dual-card-reader.html</a>	
Abb. 054:	Smartlabel Klebeetiketten .....	S. 43
	TAGnology RFID-Labor Graz	
Abb. 055:	Smartlabel - Aufbau .....	S. 43
	<a href="https://www.identible.de/rfid-transponder/rfid-karten/">https://www.identible.de/rfid-transponder/rfid-karten/</a>	
Abb. 056:	Coil on Chip normal .....	S. 43
	<a href="https://www.security-warehouse.com/100pcs-iso14443a-s50-chip-smart-card-chip-13-56mhz-ic-card-coil-rfid-tags-ic-card-chip-antenna-c.html">https://www.security-warehouse.com/100pcs-iso14443a-s50-chip-smart-card-chip-13-56mhz-ic-card-coil-rfid-tags-ic-card-chip-antenna-c.html</a>	

Abb. 057: Coil on Chip mit Spule am Chip .....	S. 43
<a href="https://www.grupopremo.com/603-4dc15nf-smd-3d-coil-for-nfc-near-field-communication-125khz-1356mhz-0477uh-41x172x160mm">https://www.grupopremo.com/603-4dc15nf-smd-3d-coil-for-nfc-near-field-communication-125khz-1356mhz-0477uh-41x172x160mm</a>	
Abb. 058: Diverse RFID-TAGs – passiv, aktiv .....	S. 44, 337
TAGnology RFID-Labor Graz	
Abb. 059: Reader .....	S. 45, 170, 177, 278
TAGnology RFID-Labor Graz	
Abb. 060: Diverse Antennentypen .....	S. 46
<a href="https://www.ident.de/news/siemens-transparente-prozesse-mit-dem-rf600-uhf-rfid-system">https://www.ident.de/news/siemens-transparente-prozesse-mit-dem-rf600-uhf-rfid-system</a>	
Abb. 061: Linear und Zirkularpolarisation .....	S. 46
<a href="https://de.universaldenker.org/lektionen/286">https://de.universaldenker.org/lektionen/286</a>	
Abb. 062: Antennenausrichtung Direktional und Omni-Direktional .....	S. 47
<a href="https://www.fts-hennig.at/ratgeber/rfid-infos/#antennen">https://www.fts-hennig.at/ratgeber/rfid-infos/#antennen</a>	
Abb. 063: Mastercontroller mit Controller .....	S. 47
<a href="https://www.fts-hennig.at/ratgeber/rfid-infos/#antennen">https://www.fts-hennig.at/ratgeber/rfid-infos/#antennen</a>	
Abb. 064: Stationärer Reader am Gate .....	S. 48
<a href="https://www.tagnology.at/arrowgate/">https://www.tagnology.at/arrowgate/</a>	
Abb. 065: Stationärer Reader am Lauf-Rollenband .....	S. 48
<a href="https://www.turck.de/de/erfassung-auf-itemlevel-mit-uhfrfid-10340.php">https://www.turck.de/de/erfassung-auf-itemlevel-mit-uhfrfid-10340.php</a>	
Abb. 066: Mobiler Reader als Handheld (UHF) .....	S. 48
<a href="https://www.zebra.com/de/de/products/rfid/rfid-handhelds/rfd8500.html">https://www.zebra.com/de/de/products/rfid/rfid-handhelds/rfd8500.html</a>	
Abb. 067: Mobiler Reader als Mobiltelefon (HF-NFC) .....	S. 48
<a href="https://www.smava.de/blog/finanz-news/nfc-zahlungen-bei-aldi-nord/">https://www.smava.de/blog/finanz-news/nfc-zahlungen-bei-aldi-nord/</a>	
Abb. 068: ERP / LVS-Schema .....	S. 49
<a href="https://www.agiplan.de/services/it-beratung/warehouse-management-system-auswahl/">https://www.agiplan.de/services/it-beratung/warehouse-management-system-auswahl/</a>	
Abb. 069: Schreib- Lesereichweite / Kopplung .....	S. 51
<a href="https://www.agiplan.de/services/it-beratung/warehouse-management-system-auswahl/">https://www.agiplan.de/services/it-beratung/warehouse-management-system-auswahl/</a>	
Abb. 070: Frequenzbereiche für Nahfeld- und Fernfeldübertragung .....	S. 52
<a href="https://www.logistics-journal.de/not-reviewed/2005/3/rfid">https://www.logistics-journal.de/not-reviewed/2005/3/rfid</a>	
Abb. 071: Datenübertragungsverfahren .....	S. 53
<a href="https://learnchannel-tv.com/de/sensor/rfid-in-automation/half-duplex-full-duplex-sequential-rfid-systems/">https://learnchannel-tv.com/de/sensor/rfid-in-automation/half-duplex-full-duplex-sequential-rfid-systems/</a>	
Abb. 072: Passive Transponder .....	S. 54
<a href="https://wiki.tum.de/display/logistikkompodium/RFID-Transponder">https://wiki.tum.de/display/logistikkompodium/RFID-Transponder</a>	
Abb. 073: Aktive Transponder .....	S. 54
<a href="https://learnchannel-tv.com/de/sensor/rfid-in-automation/types-of-rfid-transponders/">https://learnchannel-tv.com/de/sensor/rfid-in-automation/types-of-rfid-transponders/</a>	
Abb. 074: EPC Gen 2 Spezifikation .....	S. 57
<a href="https://www.rfid-basis.de/rfid-technik.html">https://www.rfid-basis.de/rfid-technik.html</a> / GS1 Germany	
Abb. 075: IP-Schutzarten .....	S. 60
<a href="https://www.baunetzwissen.de/elektro/fachwissen/schutz/schutzarten--ip-code-152990">https://www.baunetzwissen.de/elektro/fachwissen/schutz/schutzarten--ip-code-152990</a>	

Abb. 076: Frequenzen International .....	S. 61
P. Jehle et al., Intellibau, 2011, S. 20	
Abb. 077: EPC Klassen .....	S. 62
P. Jehle et al., Intellibau, 2011, S. 21	
Abb. 078: ISO Normen .....	S. 63
P. Jehle et al., Intellibau, 2011, S. 21	
Abb. 079: RFID-Logo .....	S. 64
<a href="https://www.dr-datenschutz.de/transparenz-und-kontrolle-durch-eu-weites-logo-fuer-rfid/">https://www.dr-datenschutz.de/transparenz-und-kontrolle-durch-eu-weites-logo-fuer-rfid/</a>	
Abb. 080: Durchgängiges Datenflussmodell d. Lebenszyklus mit RFID ohne Informations- u. Datenverluste sowie ohne Medienbrüche .....	S.67, 338
P. Jehle et al., Intellibau, 2011, S. 36	
Abb. 081: Prozessanalyse .....	S. 71
<a href="https://refa.de/international-globales-consulting/prozessanalysen">https://refa.de/international-globales-consulting/prozessanalysen</a>	
Abb. 082: RFID-OP-Besteck und vergessene OP-Schere im Körper .....	S. 73
<a href="https://www.richrfid.com/news/micro-ceramic-metal-tag">https://www.richrfid.com/news/micro-ceramic-metal-tag</a>	
<a href="https://healthcare-in-europe.com/de/news/neue-technik-verhindert-vergessenenes-op-besteck.html">https://healthcare-in-europe.com/de/news/neue-technik-verhindert-vergessenenes-op-besteck.html</a>	
Abb. 083: RFID-Armbandscan / RFID basierte Dokumentation .....	S. 73
<a href="https://expertswhogetit.ca/digital-transformation/battery-free-barcode-scanners-for-patient-care-without-interruption">https://expertswhogetit.ca/digital-transformation/battery-free-barcode-scanners-for-patient-care-without-interruption</a>	
<a href="https://idtronic-rfid.com/white-paper/healthcare-identifikation/">https://idtronic-rfid.com/white-paper/healthcare-identifikation/</a>	
Abb. 084: RFID-Champion Chip .....	S. 75
<a href="http://79.170.44.80/runrider.co.uk/?p=449">http://79.170.44.80/runrider.co.uk/?p=449</a>	
Abb. 085: RFID-Bodenantennen in Matten .....	S. 75
<a href="https://www.rfid-wiot-search.com/de/loesungssuche/exakte-zeitmessung-bei-laufveranstaltungen-mit-uhf-rfid">https://www.rfid-wiot-search.com/de/loesungssuche/exakte-zeitmessung-bei-laufveranstaltungen-mit-uhf-rfid</a>	
Abb. 086: Fälschungssicheres RFID-Ticket .....	S. 76
<a href="https://pr-com.de/company_news/hid-global-liefert-faelschungssichere-rfid-tickets-fuer-die-fussball-wm-2018/">https://pr-com.de/company_news/hid-global-liefert-faelschungssichere-rfid-tickets-fuer-die-fussball-wm-2018/</a>	
Abb. 087: Landwirtschaft 4.0 .....	S. 78
<a href="https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/digitalisierung-arbeitswirtschaft-und-prozesstechnik/dlg-merkblatt-447">https://www.dlg.org/de/landwirtschaft/themen/technik/digitalisierung-arbeitswirtschaft-und-prozesstechnik/dlg-merkblatt-447</a>	
Abb. 088: Automatisierte Ernte .....	S.79
<a href="https://www.ortomec.com/de/erntemaschine-7000-version-foglia/">https://www.ortomec.com/de/erntemaschine-7000-version-foglia/</a>	
Abb. 089: Mehrwegbehälter RFID-Tracking .....	S. 79
<a href="https://logistra.de/news/nfz-fuhrpark-lagerlogistik-intralogistik-mehrwegbehaelter-obst-und-gemuese-im-vollautomatischen-lager-14081.html">https://logistra.de/news/nfz-fuhrpark-lagerlogistik-intralogistik-mehrwegbehaelter-obst-und-gemuese-im-vollautomatischen-lager-14081.html</a>	
Abb. 090: Fütterungsroboter .....	S. 79
<a href="https://www.stamfordagricultural.co.uk/trioliet-automatic-feeding-systems/">https://www.stamfordagricultural.co.uk/trioliet-automatic-feeding-systems/</a>	
Abb. 091: Melkautomat .....	S. 79
<a href="https://www.bayerische-staatszeitung.de/staatszeitung/wirtschaft/detailansicht-wirtschaft/artikel/digitalisierung-im-kuhstall.html#topPosition">https://www.bayerische-staatszeitung.de/staatszeitung/wirtschaft/detailansicht-wirtschaft/artikel/digitalisierung-im-kuhstall.html#topPosition</a>	

Abb. 092:	RFID-TAGs .....	S. 80
	<a href="https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/transport-und-logistik/transponder-technologie">https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/holz-und-markt/transport-und-logistik/transponder-technologie</a>	
Abb. 093:	RFID-Reader .....	S. 80
	<a href="https://www.holzkurier.com/rundholz/2007/05/jede_information.html">https://www.holzkurier.com/rundholz/2007/05/jede_information.html</a>	
Abb. 094:	motormanuelle Holzfällung .....	S. 80
	<a href="https://www.lavozdegalicia.es/noticia/somosagro/forestal/2019/09/13/llega-nueva-generacion-motosierras-50cc/00031568364395783756560.htm">https://www.lavozdegalicia.es/noticia/somosagro/forestal/2019/09/13/llega-nueva-generacion-motosierras-50cc/00031568364395783756560.htm</a>	
Abb. 095:	hochmechanisierte Holzfällung .....	S. 80
	<a href="https://forestmachinemagazine.com/john-deere-1270g-harvester-report-operator-robbie-robertson/">https://forestmachinemagazine.com/john-deere-1270g-harvester-report-operator-robbie-robertson/</a>	
Abb. 096:	digitale Poltervemessung .....	S. 81
	<a href="https://fovea.eu/ifovea_pro_woodpile_measurement#konfiguration">https://fovea.eu/ifovea_pro_woodpile_measurement#konfiguration</a>	
Abb. 097:	Sägewerk .....	S. 81
	<a href="https://www.kanzianholz.at/">https://www.kanzianholz.at/</a>	
Abb. 098:	Bolus, Glastransponder .....	S. 82
	<a href="https://www.rfidup.com/rfid-animal-bio-chemical-electronic-ceramic-rumen-bolus-tag-for-cattle-cow-sheep-stomach/?lang=de">https://www.rfidup.com/rfid-animal-bio-chemical-electronic-ceramic-rumen-bolus-tag-for-cattle-cow-sheep-stomach/?lang=de</a>	
Abb. 099:	Kuh mit RFID-Halsband - Ohrmarke .....	S. 82
	<a href="https://www.agriexpo.online/prod/nedap-livestock-management/product-172197-11374.html">https://www.agriexpo.online/prod/nedap-livestock-management/product-172197-11374.html</a>	
Abb. 100:	RFID-Glastransponderinjektion .....	S. 83
	<a href="https://www.istockphoto.com/de/search/2/image?phrase=dog+microchip">https://www.istockphoto.com/de/search/2/image?phrase=dog+microchip</a>	
Abb. 101:	RFID-Glastransponderlauslese .....	S. 83
	<a href="https://www.istockphoto.com/de/foto/chip-gm510174742-86142951">https://www.istockphoto.com/de/foto/chip-gm510174742-86142951</a>	
Abb. 102:	Supply-Chain / Lieferkette .....	S. 84
	<a href="https://www.zetes.com/de/technologien-supplies/rfid-in-der-lieferkette">https://www.zetes.com/de/technologien-supplies/rfid-in-der-lieferkette</a>	
Abb. 103:	Autoproduktionslinie .....	S. 85
	<a href="https://www.audi-mediacyber.com/de/produktion-232">https://www.audi-mediacyber.com/de/produktion-232</a>	
Abb. 104:	RFID-Reader .....	S. 85
	<a href="https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2017/01/small-but-impressive.html">https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2017/01/small-but-impressive.html</a>	
Abb. 105:	Logistikübersicht .....	S. 86
	<a href="https://www.haltermann-carless.com/de/blog/haltermann-carless-staerken-im-supply-chain-management">https://www.haltermann-carless.com/de/blog/haltermann-carless-staerken-im-supply-chain-management</a>	
Abb. 106:	RFID-Gate .....	S. 87
	<a href="https://www.comepack.de/rfid-im-behaeltermangement/">https://www.comepack.de/rfid-im-behaeltermangement/</a>	
Abb. 107:	RFID-Behälter und Ladungsmittel .....	S. 87
	<a href="https://www.l-mobile.com/infothekbeitrag/rfid-behaeltermangement-mit-l-mobile/">https://www.l-mobile.com/infothekbeitrag/rfid-behaeltermangement-mit-l-mobile/</a>	
Abb. 108:	RFID-Flughafengepäck Tracking .....	S. 88
	<a href="https://atstravel.co.ke/blog/2019/05/06/airlines-embracing-bag-tracking/">https://atstravel.co.ke/blog/2019/05/06/airlines-embracing-bag-tracking/</a>	
Abb. 109:	Schema RFID-Förderband Tracking .....	S. 88
	<a href="https://de.hopelandrfid.com/blog/uhf-rfid-airport-baggage-automatic-sorting-system_b118">https://de.hopelandrfid.com/blog/uhf-rfid-airport-baggage-automatic-sorting-system_b118</a>	

Abb. 110: RFID-Mülltonnen Tracking .....	S. 88
<a href="https://huayuan.de/rfid-mulltonnen-tag/">https://huayuan.de/rfid-mulltonnen-tag/</a>	
Abb. 111: Lager Gatescan .....	S. 90
<a href="https://www.palladiogroup.com/service/infact/">https://www.palladiogroup.com/service/infact/</a>	
Abb. 112: Verkauf Handheld UHF-NFC .....	S. 90
<a href="https://www.detego.com/retail_insights_de/retail-de/6-schritte-zur-digitalen-transformation-im-einzelhandel-mit-rfid/">https://www.detego.com/retail_insights_de/retail-de/6-schritte-zur-digitalen-transformation-im-einzelhandel-mit-rfid/</a>	
Abb. 113: RFID-Einkaufswagen Amazon .....	S. 91
<a href="https://www.manager-magazin.de/unternehmen/amazon-fresh-einkaufswagen-mit-scanner-funktion-in-los-angeles-ein-a-e3a203b6-af88-47cd-917a-e7ff70bd03be">https://www.manager-magazin.de/unternehmen/amazon-fresh-einkaufswagen-mit-scanner-funktion-in-los-angeles-ein-a-e3a203b6-af88-47cd-917a-e7ff70bd03be</a>	
Abb. 114: RFID-Diebstahlsicherung .....	S. 91
<a href="https://locationinsider.de/checkpoint-mit-neuen-loesungen-fuer-inventarisierung-und-diebstahlschutz/">https://locationinsider.de/checkpoint-mit-neuen-loesungen-fuer-inventarisierung-und-diebstahlschutz/</a>	
Abb. 115: RFID-Zutrittskontrolle Terminal .....	S. 92
<a href="https://www.pikist.com/free-photo-skicv/cs">https://www.pikist.com/free-photo-skicv/cs</a>	
Abb. 116: RFID-Schlüsseltransponder und Zylinder .....	S. 92
<a href="https://www.dom.at/de">https://www.dom.at/de</a>	
Abb. 117: ePass Aufbau.....	S. 93
<a href="https://estavisum.at/welche-anforderungen-muss-ein-reisepass-fur-esta-erfullen/">https://estavisum.at/welche-anforderungen-muss-ein-reisepass-fur-esta-erfullen/</a>	
Abb. 118: ePass Scanportal .....	S. 93
<a href="https://www.t-online.de/leben/reisen/reisetipps/id_69891186/easypass-so-funktioniert-die-automatische-grenzkontrolle.html">https://www.t-online.de/leben/reisen/reisetipps/id_69891186/easypass-so-funktioniert-die-automatische-grenzkontrolle.html</a>	
Abb. 119: RFID-Buchaus- und rückgabeterminal TU-Wien.....	S. 94
TU-Wien Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020	
Abb. 120: POS-Terminal – Zahlung mit Kontakt .....	S. 95
<a href="https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/news/artikel/2018/08/23/apotheken-muessen-kunden-ueber-den-umgang-mit-bankdaten-informieren">https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/news/artikel/2018/08/23/apotheken-muessen-kunden-ueber-den-umgang-mit-bankdaten-informieren</a>	
Abb. 121: POS Terminal – Kontaktlose Zahlung NFC .....	S. 96
<a href="https://oesterreich.orf.at/stories/3083854/">https://oesterreich.orf.at/stories/3083854/</a>	
Abb. 122 - 123: Spezialtiefbau Bohrgeräte Baustelle 1140 .....	S. 98, 387
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 124: Einbau eines Geotextilvlieses mit RFID-TAG .....	S. 99
<a href="https://www.public-manager.com/aktuelles/einzelansicht/archive/2015/december/article/sprechende-strassen-innovative-auslesung-von-rfid-etiketten-im-asphalt.html">https://www.public-manager.com/aktuelles/einzelansicht/archive/2015/december/article/sprechende-strassen-innovative-auslesung-von-rfid-etiketten-im-asphalt.html</a>	
Abb. 125: Zugsicherungssystem Eurobalisen .....	S. 100
<a href="https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/schiennetz/dokumente-und-daten/etcs-zugbeeinflussung/etcs-ausbau">https://infrastruktur.oebb.at/de/geschaeftpartner/schiennetz/dokumente-und-daten/etcs-zugbeeinflussung/etcs-ausbau</a>	
Abb. 126: Tunnelportale und Lagerflächen .....	S. 101
<a href="https://www.systemair.com/lt/pagalba/naudinga-zinoti/pozemine-infrastruktura/">https://www.systemair.com/lt/pagalba/naudinga-zinoti/pozemine-infrastruktura/</a>	
Abb. 127: TBM und Tübbingeinbau .....	S. 101
<a href="https://www.herrenknecht-formwork.com/blog-detail?tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&amp;tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&amp;tx_news_pi1%5Bnews%5D=26&amp;cHash=e3e94d0c1e59d5c27724ad8915132086">https://www.herrenknecht-formwork.com/blog-detail?tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&amp;tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&amp;tx_news_pi1%5Bnews%5D=26&amp;cHash=e3e94d0c1e59d5c27724ad8915132086</a>	

Abb. 128: Risse in Stahlbetonbrücke .....	S. 102
<a href="https://www.tum.de/nc/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/details/34497/">https://www.tum.de/nc/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/details/34497/</a>	
Abb. 129: Stahlbrücke -Verbindungen .....	S. 102
<a href="https://planerinfo24.de/br%C3%BCcke-%C3%BCber-die-a5-leichte-wartungsfreie-aluminiumkonstruktion-komplettiert-radwegenetz-zwischen">https://planerinfo24.de/br%C3%BCcke-%C3%BCber-die-a5-leichte-wartungsfreie-aluminiumkonstruktion-komplettiert-radwegenetz-zwischen</a>	
Abb. 130: Fischauf- und abstiegsanlage .....	S. 102
<a href="https://boku.ac.at/map/ivet/services-equipment/rfid-pit-tag-fischoekologisches-monitoring">https://boku.ac.at/map/ivet/services-equipment/rfid-pit-tag-fischoekologisches-monitoring</a>	
Abb. 131: Kennzeichnung mittels Transponder .....	S. 102
<a href="http://wanderfische.eu/index.php?option=com_content&amp;view=category&amp;layout=blog&amp;id=101&amp;Itemid=288&amp;lang=de">http://wanderfische.eu/index.php?option=com_content&amp;view=category&amp;layout=blog&amp;id=101&amp;Itemid=288&amp;lang=de</a>	
Abb. 132: THEOs Wohnen u Gewerbe 1140 Wien .....	S. 103
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 133: Sirius Wohnen u Gewerbe 1210 Wien .....	S. 103
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 134: HOERBIGER Büro-Produktionsgebäude, 1210 Wien .....	S. 103
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 135: Ernst Happel Stadion .....	S. 103
<a href="https://www.vienna.at/oefb-laenderspiel-gegen-uruguay-gedenken-an-ernst-happel-in-wien/5523058">https://www.vienna.at/oefb-laenderspiel-gegen-uruguay-gedenken-an-ernst-happel-in-wien/5523058</a>	
Abb. 136: Wiener Stadthalle 1150 Wien .....	S. 103
<a href="https://www.oehb.at/de/ehf-euro-2020/spielorte/articlearchivshow-wiener-stadthalle">https://www.oehb.at/de/ehf-euro-2020/spielorte/articlearchivshow-wiener-stadthalle</a>	
Abb. 137: Angriffsmöglichkeiten auf RFID-Systeme .....	S. 110
Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S. 275	
Abb. 138: Raumbuchkomponenten .....	S. 112, 339
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 139: Phasenmodell des Lebenszyklus .....	S. 117
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 140: RFID-Raumbuch Prozessdiagramm .....	S. 126, 246, 341
Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020 ©	
Abb. 141 - 142: THEOs 1140 Wien – Übersicht Bpl.1-7 .....	S. 131, 372
ÖSW / Armin Kamenschek Adaptierung	
Abb. 143: THEOs Bpl.6-7 Übersicht Forschungsprojekt .....	S. 132
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 144 - 145: THEOs Bpl.6-7 EG / UG .....	S. 133
BWM Architekten, Wien	
Abb. 146 - 153: THEOs Bpl.6-7 Grundrisse UG - OG .....	S. 134, 373 - 376
BWM Architekten, Wien	
Abb. 154 - 161: THEOs Bpl.6-7 Grundrisse UG - OG und Schnitte .....	S. 135, 377 - 380
BWM Architekten / zweiarchitekten, Wien	
Abb. 162 - 165: THEOs Bpl.6-7 Ansichten (N-S-O-W) .....	S. 136, 381 - 382
zweiarchitekten, Wien	

Abb. 166 - 169: THEOs Bpl.6-7 Renderings .....	S. 136, 385
BWM Architekten / Colz, Grafiker, Wien	
Abb. 170: THEOs Bpl.6-7 Rendering Luftbild .....	S. 137, 386
BWM Architekten / Colz, Grafiker, Wien	
Abb. 171: THEOs Bpl.6-7 Drohnenluftbildaufnahme Phase Rohbau .....	S. 137, 386
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 172 - 177: THEOs Bpl.6-7 Bauwerksklassifizierung UG - EG .....	S. 146
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 178 - 181: THEOs Bpl.6-7 Bauwerksklassifizierung OG - DD.....	S. 147
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 182: THEOs Bpl.6 PP-Grundriss mit TAG Verortung im EG .....	S. 149
zweiarchitekten, Wien / Armin Kamenschek Adaptierung	
Abb. 183: THEOs Bpl.6 Verkaufsplan-Grundriss mit TAG Verortung im EG .....	S. 149
BWM Architekten, Wien / Armin Kamenschek Adaptierung ©	
Abb. 184: LB-HB und HKLS-E für Ausschreibungen .....	S. 151
Armin Kamenschek Adaptierung ©	
Abb. 185: THEOs Bpl.6-7 Bauzeitpläne .....	S. 154
GU VOITL / Armin Kamenschek Adaptierung	
Abb. 186: Linearpolarisierte UHF Antenne .....	S. 171
TAGnology Testlabor	
Abb. 187: Zirkularpolarisierte UHF Antenne .....	S. 171
TAGnology Testlabor	
Abb. 188: UHF Reader .....	S. 171
TAGnology Testlabor	
Abb. 189: Signalampel mit Hupe .....	S. 172
TAGnology Testlabor	
Abb. 190: UHF Controller (Mastercontroller) .....	S. 172
TAGnology Testlabor	
Abb. 191: Laptop für Datenauswertung .....	S. 173
TAGnology Testlabor	
Abb. 192: Kabelequipment .....	S. 173
TAGnology Testlabor	
Abb. 193: UHF Handheld Nordic ID Merlin .....	S. 174, 183, 196, 198
TAGnology Testlabor	
Abb. 194a: Matrix-förmige Testwand UHF Labor .....	S. 175, 177, 183, 278, 352, 353, 370
TAGnology Testlabor	
Abb. 194b: Matrix-förmige Testwand UHF Labor + Gitterwand .....	S. 293, 371
TAGnology Testlabor	
Abb. 195: Ausstellungswand HF (NFC) Labor / Tischauflage .....	S. 176, 187, 354
TAGnology Testlabor	

Abb. 196: Testbereich Baustelle .....	S. 176, 190, 193, 196, 211, 355, 360
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 197: Test mit linearpolarisierter Antenne Typ 1 .....	S. 178
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 198: Test mit linearpolarisierter Antenne Typ 2 .....	S. 179
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 199: Test mit zirkularpolarisierter Antenne .....	S. 179
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 200: Test – Auslesereichweiten UHF Reader Labor .....	S. 181
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 201: Interferenzmessung .....	S. 182, 186, 189, 195, 199, 203, 283, 298
TAGnology Testlabor	
Abb. 202: Test – Auslesereichweiten UHF Handheld Labor .....	S. 185
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 203: Test – Auslesereichweiten HF (NFC) Labor .....	S. 189
TAGnology Testlabor	
Abb. 204a: Testequipment im Labor .....	S. 178
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 204b: Testequipment auf Baustelle .....	S. 190, 191
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 205: Test – Auslesereichweiten UHF Reader auf Baustelle .....	S. 191
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 206: UHF Handheld Zebra .....	S. 196, 198, 216
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 207: Test – Auslesereichweiten UHF Handheld Baustelle .....	S. 198
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 208: Testwand Baustelle HF (NFC) .....	S. 200
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 209: Test – Auslesereichweiten HF (NFC) auf Baustelle .....	S. 202, 363
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 210 - 213, 227 - 231, 234: RFID-Raumbuch mobile App – Masken / Menüs ....	S. 208,
TAGpilot / Armin Kamenschek	
	218 - 222, 225, 340
Abb. 214 – 215, 232: RFID-Raumbuch Webapplikation Masken .....	S. 209, 222
TAGpilot	
Abb. 216 - 218: RFID-Raumbuch Maskenentwicklung und Programmierung ....	S. 210 - 212
TAGpilot	
Abb. 219 - 223, 233, 235: RFID-Raumbuch Webapplikation - Datenbank .....	S. 213 - 215,
TAGpilot	
	224, 243, 340
Abb. 224: Excel Datenbank Import .....	S. 215
<a href="https://www.thaicreate.com/community/dotnet-import-excel-to-database.html">https://www.thaicreate.com/community/dotnet-import-excel-to-database.html</a>	

Abb. 225:	RFID-Raumbuch Datenbankstruktur .....	S. 216
	TAGpilot	
Abb. 226:	RFID-Raumbuch Objektstruktur .....	S. 217
	TAGpilot	
Abb. 244:	Testequipment für finale Tests auf Baustelle .....	S. 228
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 245:	Testbereiche Baustelle UG – EG .....	S. 229
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 246:	TAG Kennzeichnung .....	S. 230
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 247:	Testequipment und Testbereich UG2 .....	S. 230
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 248:	Testauswertung RFID-Raumbuch Prototyp UG2 .....	S. 233, 383
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 249:	Testequipment und Testbereich UG1 .....	S. 234
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 250:	Testauswertung RFID-Raumbuch Prototyp UG1 .....	S. 236, 383
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 251:	Testequipment und Testbereich EG-1 .....	S. 237
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 252:	Testauswertung RFID-Raumbuch Prototyp EG-1 .....	S. 240, 384
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 253:	Testequipment und Testbereich EG-2 .....	S. 241
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 254:	Testauswertung RFID-Raumbuch Prototyp EG-2 .....	S. 243, 384
	Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 255:	Imagefilm Diss AKAM RFID - #Raumbuch Prototyp .....	S. 244, 413
	Armin Kamenschek, Eigenregie Imagefilm Diss AKAM RFID - #Raumbuch Prototyp ©	
Abb. 256:	Fotocollage Diss AKAM RFID - #Raumbuch Prototyp .....	S. 244, 388
	Armin Kamenschek, Eigenregie ©	
Abb. 257:	BIM Implementierung weltweit .....	S. 251
	<a href="https://diconnex.com/blog/2020/05/05/die-geschichte-von-building-information-modeling/">https://diconnex.com/blog/2020/05/05/die-geschichte-von-building-information-modeling/</a>	
Abb. 258:	BIM Modelliermatrix .....	S. 252, 342
	A. Borrmann et al., Building Information Modeling, 2015, S. 13	
Abb. 259:	BIM Level .....	S. 253, 342
	A. Borrmann et al., Building Information Modeling, 2015, S. 15	
Abb. 260:	BIM Dimensionen .....	S. 254, 342
	<a href="https://www.cafm-news.de/luenendonk-whitepaper-bim-dimensionen">https://www.cafm-news.de/luenendonk-whitepaper-bim-dimensionen</a>	
Abb. 261:	IFC Datenstruktur .....	S. 258, 343
	FCP, Eigenregie	

Abb. 262: RFID-TAG Dummy Verortung .....	S. 258, 389
Armin Kamenschek, Eigenregie ©	
Abb. 263: RFID-TAG Dummy Objekte .....	S. 259
Armin Kamenschek, Eigenregie Imagefilm Diss AKAM RFID - #BIM ©	
Abb. 264: RFID/BIM Baustellencontrolling .....	S. 259
Armin Kamenschek, Eigenregie Imagefilm Diss AKAM RFID - #BIM ©	
Abb. 265: Virtual Reality Test .....	S. 260
Armin Kamenschek, Eigenregie Imagefilm Diss AKAM RFID - #BIM ©	
Abb. 266: Überlagerung BIM Modell mit Punktwolke Vermessung .....	S. 261
Armin Kamenschek, Eigenregie ©	
Abb. 267: RFID/BIM meets Reality .....	S. 261
Armin Kamenschek, Eigenregie Imagefilm Diss AKAM RFID - #BIM ©	
Abb. 268: RFID/BIM Online Meetings / Miro-Whiteboard .....	S. 262
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 269: Imagefilm Diss AKAM RFID - #BIM .....	S. 262, 413
Armin Kamenschek, Eigenregie Imagefilm Diss AKAM RFID - #BIM ©	
Abb. 270: Fotocollage Diss AKAM RFID - #BIM .....	S. 263
Armin Kamenschek, Eigenregie ©	
Abb. 271: Roboterentwicklung am Boden .....	S. 265
<a href="https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/grundlagen-robotics/">https://www.infineon.com/cms/de/discoveries/grundlagen-robotics/</a>	
<a href="https://www.reddit.com/r/BostonDynamics/comments/fa67ts/bostondynamics_robotics_timeline/">https://www.reddit.com/r/BostonDynamics/comments/fa67ts/bostondynamics_robotics_timeline/</a>	
Abb. 272: Roboterentwicklung in der Luft .....	S. 266
<a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Ballonbombe">https://de.wikipedia.org/wiki/Ballonbombe</a>	
<a href="https://twitter.com/civmilair/status/719801968177373184">https://twitter.com/civmilair/status/719801968177373184</a>	
<a href="https://www.wiwo.de/technologie/forschung/fortschritt-paketzustellung-per-drohne/9248660-7.html">https://www.wiwo.de/technologie/forschung/fortschritt-paketzustellung-per-drohne/9248660-7.html</a>	
DJI Drohnen, Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 273: Robohund „Spot“ Abmessungen - Fotos .....	S. 272
<a href="https://www.bostondynamics.com/">https://www.bostondynamics.com/</a>	
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 274: Robohund „Spot“ Stereokameras .....	S. 275
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 275: Robohund „Spot“ im Autowalk-Modus .....	S. 275
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 276: Robohund „Spot“ Controller .....	S. 276
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 277: Robohund „Spot“ Akku an Unterseite Torso .....	S. 276
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 278 - 279: Robohund „Spot“ Aufsatz fertig für RFID-Support .....	S. 279, 390
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 280: Test mit linearpolarisierter Antenne Typ 1 .....	S. 279
Armin Kamenschek, Eigenregie	

Abb. 281: Test mit linearpolarisierter Antenne Typ 2 .....	S. 279
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 282 - 283: Test mit zirkularpolarisierter Antenne .....	S. 280
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 284: Robohund „Spot“ mit LiDAR und Core Aufsatz .....	S. 284
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 285 - 286: Robohund „Spot“ mit LiDAR Aufsatz bei Fotodokumentation .....	S. 285, 390
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 287 - 288: Robohund „Spot“ mit BLK2GO Aufsatz bei Vermessung ...	S. 285, 305, 390
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 289: Punktwolke aus Vermessung .....	S. 286, 306, 344
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 290 - 291: Robohund „Spot“ mit Aufsatz für Search & Rescue .....	S. 286
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 292 - 295: Robohund „Spot“ mit Aufsatz für RFID-Support auf Baustelle .....	S. 287
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 296: Imagefilm Diss AKAM RFID & Robotik - #Robohund .....	S. 287, 414
Armin Kamenschek, Eigenregie Imagefilm Diss AKAM RFID & Robotik - #Robohund ©	
Abb. 297: Fotocollage Diss AKAM RFID & Robotik - #Robohund .....	S. 288, 392
Armin Kamenschek, Eigenregie ©	
Abb. 298: Drohne DJI Mavic 2 Enterprise und Equipment .....	S. 289, 293, 308
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 299: Drohne DJI Phantom 4 und Equipment .....	S. 289, 293, 308
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 300: Drohne DJI Matrice 600 Pro und Equipment .....	S. 290, 293, 308
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 301 - 305: Drohnen tests mit linearpolarisierter Antenne .....	S. 294 - 295
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 306 - 307: Drohnen tests mit zirkularpolarisierter Antenne .....	S. 295
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 308 - 309: BLK2GO Handvermessungsgerät .....	S. 300
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 310: RTC 360 Standvermessungsgerät .....	S. 300, 305
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 311: Registrierung zweier Scanstandpunkte .....	S. 301
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 312: Registrierte 3D Punktwolke kombiniert aus TLS und MLS Daten .....	S. 301
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 313: Green Valley LiAir V70 Laserscanner inkl. Kamera .....	S. 301
KOPA für Diss AKAM ©	

Abb. 314: Photogrammetrie Funktionsweise .....	S. 302
<a href="https://www.gim-international.com/content/article/dense-image-matching-2">https://www.gim-international.com/content/article/dense-image-matching-2</a>	
Abb. 315: Registrierte Bildverband und Photogrammetrie Punktwolke .....	S. 302, 345
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 316: Airborne Laser Scanning Funktionsweise .....	S. 303
<a href="https://www.researchgate.net/figure/Typical-airborne-laser-scanning-system_fig6_315797574">https://www.researchgate.net/figure/Typical-airborne-laser-scanning-system_fig6_315797574</a>	
Abb. 317: Airborne Laser Scanning Punktwolke mit Trajektorie .....	S. 303, 346
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 318 - 321: Drohnen mit Aufsatz für RFID-Support auf Baustelle .....	S. 304, 391
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 322 - 323: Flugvorbereitung ALS Flug .....	S. 308
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 324: Differenz-Geländemodell farbcodiert .....	S. 310, 347
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 325: Geländemodell 3D .....	S. 310, 347
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 326: Schnittansicht der ALS Befliegungen .....	S. 311
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 327 - 328: Tunnelbefliegung .....	S. 311
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 329: THEOs Bpl6-7 Drohnenluftbildaufnahme Fotodoku .....	S. 312
Armin Kamenschek, Eigenregie	
Abb. 330 - 333: Webviewer diverse Befliegungen .....	S. 313
KOPA für Diss AKAM ©	
Abb. 334: Imagefilm Diss AKAM RFID & Robotik - #Drohne-Vermessung .....	S. 314, 414
Armin Kamenschek, Eigenregie Imagefilm Diss AKAM RFID & Robotik - #Drohne-Vermessung ©	
Abb. 335: Fotocollage Diss AKAM RFID & Robotik - #Drohne-Vermessung .....	S. 314, 392
Armin Kamenschek, Eigenregie ©	

## 7.7. Tabellenverzeichnis

Tab. 001: Auto-ID-Systemvergleich Gesamt / Barcode – RFID .....	S. 31, 348
Neugruppierung-Adaptierung der Tabelle in Anlehnung an K. Finkenzeller, RFID-Handbuch, 2015, S.10	
Tab. 002: RFID-Frequenzen und Merkmale .....	S. 65, 349
Erweiterung der Tabelle nach Gespräch mit TAGnology in Anlehnung an P. Jehle, Intellibau, 2011, S.27	
Tab. 003: RFID-Raumbuch Übergabematrix Detailausschnitt .....	S. 142 - 145,
Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020 © 147 - 148, 150, 152 - 155, 157, 258, 343, 350	
Tab. 004: RFID-Raumbuch Hilfsmatrix .....	S. 156 - 157, 351
Armin Kamenschek, Eigenregie, 2020 ©	
Tab. 005: RFID-TAG Testtabelle Labor .....	S. 180, 181, 184, 185, 188, 189, 281, 282,
TAGnology / Armin Kamenschek, 2020 © 296, 297, 352 - 354, 370, 371	
Tab. 006: RFID-TAG Testtabelle Baustelle ....	S. 192 - 194, 197 - 199, 201 - 203, 355 - 364
TAGnology / Armin Kamenschek, 2020 ©	
Tab. 007: RFID-Raumbuch Prototyp Funktionstesttabelle Baustelle ..	S. 231, 234, 238, 241
TAGnology / Armin Kamenschek, 2020 © 365 - 369	
Tab. 008: Drohnen Spezifikationstabelle .....	S. 290 - 291
KOPA / Armin Kamenschek, 2020 ©	

## 7.8. Imagefilmen / Presse

### 7.8.1. Imagefilme

#### 7.8.1.1. RFID - Raumbuch Prototyp | TAGnology

<https://www.youtube.com/watch?v=otEVyOGQGtI>



Abb. 255: Imagefilm Diss AKAM RFID - #Raumbuch, S. 408

#### 7.8.1.2. RFID - BIM | FCP

<https://www.youtube.com/watch?v=75ftRjND7qA>



Abb. 269: Imagefilm Diss AKAM RFID - #BIM, S. 409

### 7.8.1.3. Robotik - #Robohund | Rhomberg

<https://www.youtube.com/watch?v=iySDjVWfBHY>



Abb. 296: Imagefilm Diss AKAM RFID & Robotik - #Robohund, S. 410

### 7.8.1.4. Robotik - #Drohne – Vermessung | KOPA

<https://www.youtube.com/watch?v=1i6Rgqths-0>



Abb. 334: Imagefilm Diss AKAM RFID & Robotik - #Drohne - Vermessung, S. 411

### 7.8.1.5. Photo & Videography | Louie Soriano

[www.louiesoriano.com](http://www.louiesoriano.com)

## 7.8.2. Presse

### 7.8.2.1. Allgemein (RFID-Raumbuch, BIM, Robotik - #Robohund, - #Drohne)

Dissertationsartikel am Institut für Hochbau 1 TU-Wien, 2022

<https://www.h1arch.tuwien.ac.at/forschung/dissertationen/rfid-am-bau/>

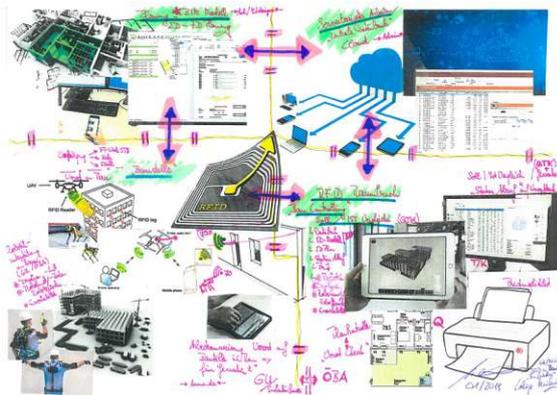


Abb. 001: Collage RFID am Bau / RFID-Raumbuch  
Dissertation Kamensчек 2018,  
S. 398



Abb. 002: Projektpartner RFID am Bau / RFID-  
Raumbuch Dissertation Kamensчек 2018-2022,  
S. 398

### 7.8.2.2. Spezielle Artikel

#### Robohund

TAGnology RFID-Labor Voitsberg Graz, 2020

[www.meinbezirk.at](http://www.meinbezirk.at)

#### Digitalisierung

Blogartikel zu Digital Construction – Hexagon Leica, Significance and Challenges For The Future Construction Industry, 2021

<https://blog.hexagongeosystems.com/digital-construction-significance-and-challenges-for-the-construction-industry-of-the-future/>

## 7.9. Lebenslauf

### Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Armin Kamenschek, BA

---



---

#### • ANGABEN ZUR PERSON

- Geburtsdatum/ort: [REDACTED]
  - Heimatort: [REDACTED]
  - Wohnort: [REDACTED]
  - Staatsangehörigkeit: [REDACTED]
  - Familienstand: [REDACTED]
- 
- 

#### • BILDUNGSGANG

- **2018 – 2022** **Doktorat - Architektur**  
- *Thema: IT Gestützte Bauprozesse – Einsatz / Implikation von RFID als smartes Trackingsystem am Bau im Sinne eines RFID-Raumbuch Prototyps, um „Just in Time“ SOLL-IST-Vergleiche zu ermöglichen, sowie Versuch, BIM und Robotik mit der Thematik im Zuge der Digitalisierung zu verknüpfen*
  - **2013** **Diplom - Bauingenieurwesen** ~ (mit gutem Erfolg bestanden)  
- *Thema: Lebenszykluskostenberechnung für ein Visitorcenter & Olympisches Museum in Sochi in der Planungsphase Vorentwurf*
  - 2011 – 2013 Bauingenieurwesen ~ TU-Wien / FH-Campus Wien (A)  
*Studienzweig bautechnische Abwicklung internationaler Großprojekte*  
- *Schwerpunkte Studium: Projektentwicklung & Baumanagement, Bauwirtschaft & Infrastruktur*
  - **2011** **Bachelor of Arts (BA) - Politikwissenschaft** ~ (mit gutem Erfolg bestanden)
  - **2010** **Diplom - Architektur** ~ (mit ausgezeichnetem Erfolg bestanden)  
- *Thema: Visitorcenter & Museum für Sochi 2014*
  - 2008 – 2011 Politikwissenschaft ~ Uni-Wien, (A)  
- *Schwerpunkte Studium: EU, Internationale Politik*
  - 2008 – 2010 Architektur- und Bauingenieurwesen ~ TU-Wien (A)  
- *Schwerpunkte Studium: Leichtbaukonstruktionen, Nachhaltiges Bauen, Klimahäuser, Tragwerk, Projektentwicklung & Management*
  - 2003 – 2004 Int. Wirtschaftsstudium ~ WU-Wien, Architekturstudium ~ TU-Wien (A)
  - **2003** **Diplom - Handelsoberschule** ~ (mit sehr gutem Erfolg bestanden)
  - 1999 – 2003 Besuch der Handelsoberschule (HOB) in Bruneck ~ ( I )
  - **1999** **Gesellenbrief - Abschluss der Lehre** ~ (mit sehr gutem Erfolg bestanden)
  - 1994 – 1999 Besuch der Berufsschule für Tischler in Bruneck ~ ( I )
  - 1994 – 1995 Besuch des Grundlehrganges für Handwerk in Bruneck ~ ( I )
- 
- 

#### • BERUFSERFAHRUNG

- 2017 – 2023 Techn. Projektleiter f Großproj. / BH-ÖBA bei ÖSW AG ~ Wien (A)
- 2016 – 2017 Techn. Projektleiter f Großproj. / GP bei STRABAG SE / MBS ~ Wien (A)
- 2012 – 2015 Projektleiter bei M.O.O.CON GmbH - Gebäudeentwicklung ~ Wien (A)  
tangierende Bereiche: Strategieberatung, FM & Relocation
- 2011 – 2012 Architekt bei Arch. Büro Slipek+Homolka ZT GmbH ~ Wien (A)
- 2011 Architekt bei Arch. Büro Henke und Schreieck ~ Wien (A)
- 2010 – 2011 Architekt bei Arch. Büro Schiessl ~ Wien (A)
- 2008 – 2010 Mitarbeit in Architektur- Ingenieurbüros während dem Studium ~ (A)
- 2008 – 2009 Teilnahme an Wettbewerben ~ (A)
- 2003 – 2009 Ferialarbeit im elterlichen Betrieb – Geschäft ( I )
- 1999 – 2003 Nachmittagsarbeit, (während Schule) im elterlichen Betrieb – Geschäft ( I )
- 1994 – 1999 Tischlertätigkeit bei der Firma Unterberger KG in Bruneck ( I )

