

Diploma Thesis

Digital process support of asphalt paving

submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

Diplomarbeit

Digitale Prozessunterstützung im Asphaltstraßenbau

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

David Bachinger, BSc

Matr.Nr.: 01026919

unter der Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**

Univ.Ass.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ **Melanie Piskernik**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/234-1, A-1040 Wien

Wien, im Juni 2018



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Danksagung

Diese Diplomarbeit wurde am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement – Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik an der Technischen Universität Wien unter der Leitung von Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger verfasst. Die Zweitbetreuung übernahm Univ.Ass.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Melanie Piskernik. Ich möchte mich hiermit bei meinen Betreuern sehr herzlich bedanken, die mich bei Fragen beraten haben und mir mit Hilfestellungen zur Seite standen.

An dieser Stelle möchte ich meinen großen Dank der PORR Bau GmbH, allen voran Bmstr. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christoph Winkler, aussprechen. Herr Winkler lieferte die Idee für die Arbeit und ermöglichte die Zusammenarbeit mit der PORR Bau GmbH.

Darüber hinaus danke ich allen an den Pilotprojekten beteiligten Personen die sich bereit erklärten, einerseits ein neues System zu erlernen und andererseits mir gerne für Interviews zur Verfügung standen. In diesem Zusammenhang ist auch die Kooperationsbereitschaft der Unternehmen hiQ solutions GmbH und Volz Consulting GmbH zu nennen. Zusätzlich sind alle jene zu nennen, die mit mir ihre praktische Erfahrungen geteilt haben.

Ein großer Dank geht an meine Familie, insbesondere an meine Eltern Maria und Josef sowie meine Oma, die mich in jeder Hinsicht unterstützt und mir mein Studium überhaupt erst ermöglicht haben. Darüber hinaus gilt ein herzliches Dankeschön allen meinen Freundinnen und Freunden bzw. den Studienkolleginnen und -kollegen, durch die ich meine Studienzeit sehr genossen habe und immer positiv in Erinnerung behalten werde.

Am Ende sind noch all jene Personen zu nennen, die mich in sonstiger Weise unterstützt haben.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Der Vorgang des Asphaltierens von Straßen stellt einen seit Jahrzehnten unveränderten Grundprozess dar. Um qualitativ hochwertige Asphaltstraßen unter der Einhaltung wirtschaftlicher Rahmenbedingungen herzustellen, müssen die Mischgutproduktion, der Mischguttransport und der Mischguteinbau reibungslos ineinandergreifen. Die Komplexität des Herstellens von Asphaltstraßen liegt demnach in der örtlichen und zeitlichen Koordination der Beteiligten.

Bisherige Versuche die Prozesse im Asphaltstraßenbau zu optimieren, scheiterten an den Grenzen analoger Prozesse. Durch den Einsatz digitaler Technologien soll die Steuerung der gesamten Prozesskette des Asphaltstraßenbaus in Echtzeit ermöglicht werden. Ausführende Bauunternehmen erhoffen sich durch den Einsatz von Prozessoptimierungssoftware sowohl wirtschaftliche Vorteile, als auch den hohen Anforderungen der Auftraggeber im Hinblick auf eine lückenlose Dokumentation gerecht zu werden. Die Hersteller von Prozessoptimierungssoftware versprechen ihren Anwendern ebendiesen Anforderungen gerecht zu werden. Ob sie dieses Versprechen tatsächlich erfüllen können, ist aufgrund der Neuartigkeit der Technologie noch nicht ausreichend nachgewiesen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es darzustellen, welche Veränderungen der Einsatz durchgängiger digitaler Softwarelösungen im Asphaltstraßenbau nach sich zieht. Dazu wird aufbauend auf einer durchgeführten Literaturrecherche eine umfassende Analyse des Ist-Prozesses vorgenommen. Anhand von Pilotprojekten werden zwei Softwarelösungen für die Prozessoptimierung im Asphaltstraßenbau getestet und ein Digitaler-Prozess entworfen. Geführte Interviews mit Prozessbeteiligten validieren die digitale Prozesskette und geben Aufschluss über die Auswirkungen der eingesetzten Technologie auf das Arbeitsumfeld. Eine Wirtschaftlichkeitsanalyse beleuchtet den ökonomischen Aspekt des Einsatzes von Prozessoptimierungssoftware für den Asphaltstraßenbau.

Die Prozessanalyse zeigt, dass durch den digitalen Prozess der Informationsfluss konstant hoch ist und durch die Vermeidung von Medienbrüchen der Informationsgehalt über die Fortdauer eines Projektes gesteigert werden kann. Das hat einerseits positive Auswirkungen auf das Projekt – die Prozessbeteiligten bestätigen vorteilhafte Effekte auf ihr Arbeitsumfeld. Andererseits kann das bauausführende Unternehmen dadurch seine Marktposition stärken und wirtschaftlich agieren. Der Verfasser zeigt, dass der Einsatz von Prozessoptimierungssoftware im Asphaltstraßenbau umfangreiches Potential aufweist.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abstract

Road building techniques have not really changed over the past decades, with the fundamental methods remaining the same. In order to achieve a high quality of the roads and an economic solution it is necessary that the production, transport and placing of the used materials are carefully planned. The local and temporal coordination strategies of the involved parties represent the complexity of road construction techniques.

Previous attempts of optimizing road construction processes failed, as they were limited by analogue processes. In using digital technologies, real time control of the entire process chain of asphalt road construction is possible. In working with digital tools, construction companies expect economic benefits as well as meeting the high demands for complete documentation. Software producers promise to release the potential of digitalization. Due to the recency of this technology, it has not been sufficiently proven whether they can actually fulfill these promises.

The aim of this thesis is to describe the changes in asphalt road construction caused by the implementation of digital software solutions. Based on a literature review, an extensive analysis of the present process is carried out. Two software solutions for optimizing asphalt road construction processes are tested. Later on a digital process is designed. For validating the designed digital process interviews with the involved parties were conducted. Moreover they provide first-hand information of the used technology's effect. A profitability analysis states the economic benefit of using process optimization software in asphalt road construction.

The process analysis shows that using a digital process leads to a constantly high information flow. On top of it, the information content can be increased over the continuity of a project as media discontinuities can be avoided. On the one hand, this has a positive effect on the project, with participants confirming positive impact on their working environment. On the other hand, the construction company can strengthen its market position and operate on a higher economic level. The author of this thesis shows that the use of process optimization software in asphalt road construction has high potential.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius	KFZ	Kraftfahrzeug
a	Jahr	kg	Kilogramm
Abb.	Abbildung	km/h	Kilometer pro Stunde
AG	Aktiengesellschaft	Lkw	Lastkraftwagen
AMA	Asphaltmischanlage	lt.	laut
Bohle	Glättbohle	m	Meter
cm	Zentimeter	min	Minute
D	Deutschland	mm	Millimeter
d.h.	das heißt	Nm³/h	Normkubikmeter pro Stunde
exkl.	exklusive	Ö	Österreich
etc.	et cetera	PC	Personal Computer
EDV	Elektronische Datenverarbeitung	PDF	Portable Document Format
FDVK	Flächendeckende Dynamische Verdichtungskontrolle	POI	Point Of Interest
Fertiger	Straßenfertiger	S.	Seite
ff.	folgende (Seiten)	sog.	sogenannt
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung	t	Tonne
GmbH & Co KG	Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft	t/h	Tonnen pro Stunde
GPS	Global Positioning System		
h	Stunde		
inkl.	inklusive		
Jhdt.	Jahrhundert		



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
1.1	Motivation	13
1.2	Forschungsfrage und Zielsetzung	14
1.3	Methodik	15
1.4	Aufbau	15
2	Grundlagen des Asphaltstraßenbaus	17
2.1	Geschichtliche Entwicklung	17
2.2	Straßenaufbau	19
2.3	Prozesskette	21
2.4	Gerätetechnik im Asphaltstraßenbau	22
2.4.1	Asphaltmischanlage	22
2.4.2	Transport	25
2.4.3	Beschicker	25
2.4.4	Straßenfertiger	26
2.4.5	Verdichtung	31
2.5	Digitale Prozessunterstützung – Aktueller Stand	32
3	Baubetriebliche Prozesse im Asphaltstraßenbau	35
3.1	IST-Prozesskette	37
3.2	DIGITALE-Prozesskette	41
3.3	Gegenüberstellung der Prozesse	44
4	Systemanalyse	45
4.1	Analyse – System Q ASPHALT (hiQ solutions GmbH)	46
4.1.1	Systembeschreibung	47
4.1.2	Schnittstellen	62
4.1.3	Zusammenfassung und Bewertung	63
4.2	Analyse – System BPO ASPHALT (Volz Consulting GmbH)	64
4.2.1	Systembeschreibung	65
4.2.2	Schnittstellen	82
4.2.3	Zusammenfassung und Bewertung	83
4.3	Erhebungsmethodik	84
4.4	Gegenüberstellung der Anwenderfreundlichkeit der analysierten Systeme	90
4.4.1	Projektplanung	91

4.4.2	Ausführung	95
4.4.3	Nachbereitung	102
4.4.4	Systemvergleich in tabellarischer Form	104
4.5	Erfüllung der Erwartungen	105
4.6	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	108
5	Fazit und Ausblick	115
	Literaturverzeichnis	118
	Abbildungsverzeichnis	120
	Tabellenverzeichnis	122
	Anhang 1 – Interview leitendes Baustellenpersonal (BPO) – A44/A46 (D)	123
	Anhang 2 – Interview leitendes Baustellenpersonal (BPO) – S6 (Ö)	131
	Anhang 3 – Interview leitendes Baustellenpersonal (hiQ) – A5 (Ö)	138
	Anhang 4 – Interview leitendes Baustellenpersonal (hiQ) – B45 (Ö)	145
	Anhang 5 – Interview ausführendes Baustellenpersonal (BPO) – A44/A46 (D)	153
	Anhang 6 – Interview ausführendes Baustellenpersonal (BPO) – S6 (Ö)	159
	Anhang 7 – Interview ausführendes Baustellenpersonal (hiQ) – A5 (Ö)	165
	Anhang 8 – Interview ausführendes Baustellenpersonal (hiQ) – A5 (Ö)	171
	Anhang 9 – Interview Mischanlagenpersonal (BPO) – A44/A46 (D)	179
	Anhang 10 – Interview Mischanlagenpersonal (BPO) – S6 (Ö)	183
	Anhang 11 – Interview Mischanlagenpersonal (hiQ) – A5 (Ö)	187
	Anhang 12 – Bautagesberichte (hiQ) – A5 (Ö)	191
	Anhang 13 – Bautagesberichte (BPO) – A44/A46 (D)	206
	Anhang 14 – Bautagesberichte (BPO) – S6 (Ö)	210
	Anhang 15 – Kostenkalkulation 20 000 t – 40 000 t	213
	Anhang 16 – Kostenkalkulation 50 000 t – 70 000 t	216

Kapitel 1

Einleitung

Hinter dem Bau von Asphaltstraßen verbirgt sich ein seit Jahrzehnten unveränderter Grundprozess. Der Prozess ist auf den ersten Blick sehr einfach zu erfassen und scheinbar wenig komplex. Die Komplexität des Asphalteinbauprozesses offenbart sich dem Betrachter¹ erst bei genauerem Hinsehen. Ein großer Planungsaufwand und der Einsatz erheblicher Ressourcen sind erforderlich, um letztendlich ein erfolgreiches Bauvorhaben zu realisieren. Dabei gilt es, die Interessen verschiedenster Gruppen auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen. Die vorliegende Diplomarbeit betrachtet den Kernprozess des Asphalteinbaus samt aller zugehörigen Nebenprozesse. Hier spielen vor allem der Mischguteinbau, der Mischguttransport und die Mischgutproduktion eine wesentliche Rolle. Nur gemeinschaftliches Zusammenwirken dieser drei Teildisziplinen garantiert eine optimale Bauausführung.

1.1 Motivation

Im Asphalteinbau gibt es eine Vielzahl an Prozessen die parallel ablaufen müssen, wodurch ein hoher Koordinationsaufwand des Bauleiters erfordert wird. Es gab bereits in der Vergangenheit Bemühungen und verschiedene Versuche den Asphalteinbau in geordnete Bahnen zu lenken. Diese Versuche brachten allerdings nicht das gewünschte Ergebnis und somit konnte keine erkennbare Optimierung des Prozesses stattfinden. Dies ist vor allem darin begründet, dass statische Listen auf Papier nicht in der Lage waren auch nur annähernd das zu leisten, wozu smarte Technologien heutzutage im Stande sind. Die Verfügbarkeit von mobilem Internet, Smartphones und Tablets motivieren einen neuen, aussichtsreichen Versuch Defizite im Asphalteinbau bzw. im dazugehörigen Organisationsablauf zu identifizieren und Optimierungspotenziale umzusetzen. Durch die Verwendung der Digitalisierung im Industriebereich wurde ein neues Industriezeitalter – die sogenannte Industrie 4.0 – eingeläutet. Auch in der Baubranche ist diese Revolution angekommen und somit zu einem wichtigen Bestandteil der Prozessoptimierung geworden. Allerdings gibt es im Straßenbau Nachholbedarf, da sich in der Vergangenheit nur wenige Projekte mit der Thematik beschäftigt haben, welche sich flächendeckend noch nicht etablieren konnten [9]. Durch die Anwendung von Industrie 4.0 in der Baubranche und diversen anderen Branchen

¹ Soweit in der vorliegenden Diplomarbeit personenbezogene Ausdrücke verwendet werden, umfassen diese Frauen und Männer gleichermaßen.

sind die positiven Effekte bereits eindeutig belegt. Jede Branche kann ihren eigenen Nutzen und ihren eigenen Vorteil aus Industrie 4.0 ziehen. Somit können diese auch bereits jetzt im Asphaltstraßenbau prognostiziert werden. Beispielsweise kann durch smarte Technologien schnell auf unerwartete Probleme während der Bauausführung reagiert werden, wodurch Zeitverzögerungen und Qualitätsverminderungen abgewendet werden können. Ein Vorteil entsteht nicht nur einem Bauunternehmen durch den effizienteren Einsatz von Geldmitteln und Ressourcen, in personeller als auch in maschineller Hinsicht, es sind auch eine Reihe von Synergieeffekten zu erwarten. Diese reichen von Qualitätssteigerungen für den Nutzer bis hin zu möglichen Energieeinsparungen. In weiterer Folge können mit den digital gespeicherten Daten beispielsweise auch Analysen durchgeführt werden, um den Prozess weiter optimieren zu können [7, S. 8 und S. 52].

Ein wichtiger Initiator dieser Diplomarbeit ist das Unternehmen PORR Bau Gesellschaft mit beschränkter Haftung (GmbH), welches nicht nur den Prozess im eigenen Unternehmen ganzheitlich optimieren, sondern auch zukünftig eine federführende Rolle auf dem österreichischen bzw. europäischen Markt einnehmen möchte. Für das Unternehmen ist ein wichtiger Grundsatz im Bereich Straßenbau innovativ, vielfältig und zukunftsweisend zu sein [23].

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, wird danach gestrebt neue Innovationen zu finden und diese umzusetzen. Bevor eine Software bzw. neue Technologien im großen Maßstab eingesetzt werden, müssen die am Markt vorhandenen Programme verglichen, erprobt und evaluiert werden. Nur so kann eine nachhaltige Entscheidung getroffen werden.

1.2 Forschungsfrage und Zielsetzung

Das Ziel der vorliegenden Diplomarbeit ist neben der Vermittlung eines historischen Überblicks und der Betrachtung des aktuellen Standes der Technik im Asphaltstraßenbau, die Beantwortung der zukunftssträchtigen Forschungsfrage:

„Welche baubetrieblichen Veränderungen zieht die Implementierung digitaler Technologien im Asphalteinbauprozess nach sich?“

Die vorliegende Arbeit legt das Augenmerk, neben den technischen Aspekten der digitalen Systemlösungen, auf die Nutzerfreundlichkeit der Anwendungen. Selbst technisch ausgereifte Lösungen sind nur so gut, wie ihre Nutzer im Umgang mit der Softwarelösung sind. Im Rahmen einer Vielzahl von Testtagen, an denen unterschiedliche Baualltagsituationen realisiert wurden und Interviews mit den Nutzern soll ein objektives Bild gezeichnet werden. Diese Erfahrungsberichte werden in weiterer Folge zusammengefasst und bilden die Entscheidungsgrundlage für die Wahl einer Software für den digitalen Asphalteinbauprozess. Das Ziel ist es, durch die Betrachtung der Gesamtheit der vorhandenen Systemlösungen und aufgrund der gewonnenen Erfahrungen, die eingangs gestellte Forschungsfrage umfassend zu beantworten und einen Ausblick auf zukünftige Entwicklungen im digital unterstützten Asphalteinbau zu geben.

1.3 Methodik

Um die Forschungsfrage umfassend zu beantworten, bedarf es einer vielschichtigen Analyse. Zu Beginn ist eine eingehende Recherche der Grundlagen des Asphaltbaus mit Hilfe unterschiedlicher Literaturquellen notwendig, um den Ablauf des Asphaltstraßenbaus zu verstehen. Dazu muss die gesamte Prozesskette samt der dazugehörigen Maschinenteknik durchleuchtet werden, um Abhängigkeiten und Schwachstellen im Prozess zu erkennen. Dazu wird zunächst der IST-Prozess im Rahmen von Lokalaugenscheinen auf einer Autobahnbaustelle und der zugehörigen Mischanlage beobachtet. Die Beobachtungen werden im Zuge von Gesprächen mit dem anwesenden Personal um den Aspekt der persönlichen Sichtweisen vertieft, um den IST-Zustand ganzheitlich zu erfassen.

Im Zuge der Kooperation mit der PORR Bau GmbH werden zwei in Frage kommende Systemanbieter, von insgesamt vier auf dem Markt befindlichen, anhand von Pilotprojekten im Rahmen der Diplomarbeit getestet. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der technischen Zuverlässigkeit und der einfachen Bedienbarkeit der Systeme im laufenden Betrieb.

Basierend auf den ersten Erkenntnissen der Literaturrecherche sowie dem Beobachten des IST-Prozesses wird ein Interviewbogen für die verschiedenen am Einbauprozess beteiligten Personengruppen ausgearbeitet. Zu diesen Personengruppen zählen das leitende Baustellenpersonal, das ausführende Baustellenpersonal und das Mischanlagenpersonal. Die Fragestellungen zielen darauf ab, nach der absolvierten Testphase einen Erfahrungsbericht, sowie einen Vorher-Nachher-Vergleich und Anforderungen an zukünftige Systeme abzugeben. Die Interviews bilden, zusammen mit den Systembewertungen, die Grundlage für die abschließende Analyse der Systemlösungen.

1.4 Aufbau

Dem einleitenden **Kapitel 1** folgt das **Kapitel 2**, welches das Basiswissen rund um den Asphaltstraßeneinbau ausführlich aufbereitet. Neben einem geschichtlichen Abriss wird die Prozesskette nach dem aktuellen Stand der Technik erläutert. Sämtliche Geräte und Zusammenhänge werden umfassend erklärt und der Aufbau einer modernen Asphaltstraße wird beschrieben. Am Ende des Kapitels werden die Pilotbaustellen dargestellt und die Fragestellungen der Interviews präsentiert.

Das **Kapitel 3** beschäftigt sich mit den Anforderungen an neue Prozessabläufe seitens der Mitarbeiter, welche tagtäglich mit dem Asphaltbauprozess betraut sind. Dem gegenüber stehen die Lösungsansätze, welche auf dem Markt befindliche Softwarehersteller anbieten. In diesem Kapitel werden der IST-Prozess und der DIGITALE-Prozess in Form von Flussdiagrammen gegenübergestellt und analysiert, um wesentliche Unterschiede aufzuzeigen.

Kapitel 4 widmet sich zunächst einer Marktanalyse, aus welcher letztendlich die beiden Softwareanbieter hiQ solutions GmbH und Volz Consulting GmbH hervorgehen, deren Softwarelösungen fortan einem Vergleich unterzogen werden. Dazu wurden beide Systeme ausführlichen Praxistests unterzogen und die Erfahrungen von der Planung, über die Ausführung bis hin zur Auswertung

niedergeschrieben und um Aussagen der Anwender aus allen Bereichen ergänzt. Ein tabellarischer Vergleich führt zu einem eindeutigen Testsieger, welcher schlussendlich mit den Anforderungen der Mitarbeiter aus Kapitel 3 verglichen wird. Abschließend erfolgt eine ausführliche, für gewinnorientierte Bauunternehmen wesentliche, Wirtschaftlichkeitsanalyse.

Zum Abschluss der vorliegenden Diplomarbeit werden in **Kapitel 5** die Forschungsfrage beantwortet und die Ergebnisse zusammengefasst. Darüber hinaus wird außerdem ein baubetrieblicher Ausblick gegeben.

Kapitel 2

Grundlagen des Asphaltstraßenbaus

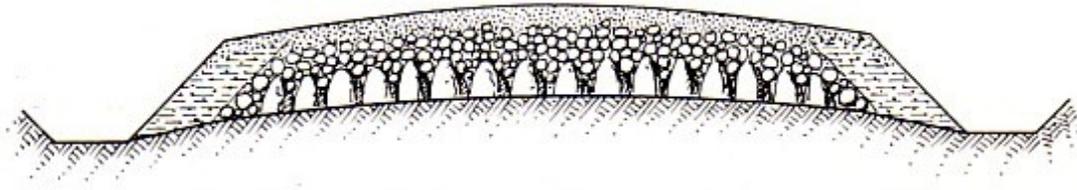
In diesem Kapitel ist das Basiswissen über den Asphaltstraßenbau aufbereitet. Zu Beginn wird ein historischer Überblick von den Anfängen des Straßenbaus im römischen Reich bis zu den aktuellen Entwicklungen gegeben. Danach wird die Prozesskette inklusive (inkl.) aller Prozessbeteiligten und Abhängigkeiten dargestellt. Im Anschluss wird die erforderliche Maschinenteknik erklärt, um den Asphalteinbau nach dem aktuellen Stand der Technik zu bewerkstelligen. Es folgt ein kurzer Abriss zum Thema Straßenaufbau. Abschließend werden aktuelle digitale Systeme erhoben, welche in der Praxis bereits eingesetzt werden. Die Beschreibung der Erhebungsmethodik erfolgt detailliert zum Zwecke einer objektiven, wissenschaftlichen Analyse der gegenübergestellten Systeme.

2.1 Geschichtliche Entwicklung

Der Straßenbau in Europa ist auf das römische Reich zurückzuführen. Aus militärischen Gründen wurde ein europaweites Straßennetz aufgebaut, welches bis zum Zerfall des römischen Reiches im 5. Jahrhundert (Jhdt.) nach Christus bestand. Während manche Wegführung bis heute überdauert hat, ist das Wissen um den Straßenbau während des Mittelalters verloren gegangen. Als Mitte des 18. Jhdt. die politische Lage in deutschen Ländern wieder stabiler wurde, gewann der Straßenbau wieder zunehmend an Bedeutung. Da Holz, im Gegensatz zu Stein, reichlich vorhanden war setzte sich zunächst dieser günstige Baustoff durch. Später wurde diese Bauform durch einen schichtförmigen Straßenaufbau mit einer sogenannten Packlage verdrängt [8, S. 2 ff.].

Der französische Straßenbauingenieur *Tresaguet*² setzte die Packlage 1764 erstmals ein. Dabei bildet die Packlage, eine aus größeren Steinen oder Bruchstücken bestehende Schicht, die unterste Lage. Um eine Kipp- und Lockerungswirkung durch Radkräfte zu vermeiden, verlaufen die Längsseiten der Packlagensteine senkrecht zur Straßenachse, wie Abbildung (Abb.) 2.1 zeigt. Die meisten Straßen, welche in Europa im 19. Jhdt. und 20. Jhdt. bis etwa 1950 gebaut wurden, weisen als Tragschicht die Packlage auf. Zur Verwendung in der Packlage eignen sich Steinstücke, welche durch die manuelle Zerkleinerung von gesprengtem Felsgestein gewonnen wurden.

² Französischer Straßenbauingenieur * 1716 bis † 1796.



Quelle: [26, S.22]

Abb. 2.1: Historischer Straßenaufbau

Die Packlage erwies sich deshalb als vorteilhaft, da bis in die 1930er Jahre das Brechen von Gestein zu Schotter³ häufig manuell erfolgte und deshalb Schotter nur für die Deckschichten verwendet wurde. Insbesondere verursachten größere Radkräfte aufgrund der unzureichenden Kraftverteilung Verdrückungen und Verformungen welche sich als Unebenheiten in der Fahrbahnoberfläche ausprägten. Zudem war die Herstellung der Packlage durch den hohen Arbeitsaufwand sehr unwirtschaftlich. Die technische Überlegenheit von Schottertragschichten bei zunehmenden Radlasten, die industrielle Entwicklung der Natursteinindustrie und die damit verbundene effiziente Herstellung von Tragschichten bewirkten eine Verdrängung der Packlage als Tragschicht [31, S. 134 ff.].

Mit dem massiven Ausbau des Eisenbahn-Schienennetzes in der Mitte des 19. Jhdts. setzte ein vorübergehender Stillstand der Entwicklung des Straßenbaus ein. Die Eisenbahn stellte zu dieser Zeit ein weitaus effizienteres Transportmittel, sowohl für Menschen als auch Güter, dar. Erst durch die zunehmende Verbreitung des Automobils ab den 1920er-Jahren kam es zu einer Trendumkehr und Straßen gewannen wieder zunehmend an Bedeutung für den Überlandverkehr.

Die ersten Straßenbaumaschinen, mit denen Asphaltstraßen nach heutiger Bauweise hergestellt werden konnten, wurden um die Jahrhundertwende des 19. Jhdts. zum 20. Jhdts. entwickelt. 1886 wurden von der Barber Asphalt Paving Company das erste Konzept für einen Straßenfertiger (Fertiger) patentiert. Ähnlich der heutigen Vorgehensweise wurde der sog. Barber-Greene-Fertiger durch Lkws mit Material beschickt, welches durch die Maschine gleichmäßig über die Straßenbreite verteilt und mithilfe einer Glättbohle (Bohle) eingebaut wird. Der erste selbstfahrende Fertiger in Europa wurde 1938 von der Firma Vögele AG produziert. Erst durch den Ablauf von Barber-Greene gehaltenen Patente, war auch für andere Hersteller ab 1955 der Weg frei, die sog. schwimmende Bohle auf den Markt zu bringen. Diese Entwicklung stellt zugleich die wichtigste der Straßenfertigertechnik im 20. Jhdts. dar. Dabei wird die Bohle hinter dem Fertiger hergezogen und der Asphalt dadurch verdichtet und geglättet. Ein wichtiges Merkmal dabei ist, dass die Bohle lediglich gezogen, allerdings in der Höhe nicht geführt wird. Infolgedessen weist die eingebaute Lage eine bessere Ebenheit als die Unterlage auf. In den 1950er-Jahren erfolgte die Einführung einer elektrisch beheizbaren Bohle durch die Vögele Aktiengesellschaft (AG), ein weiterer wichtiger

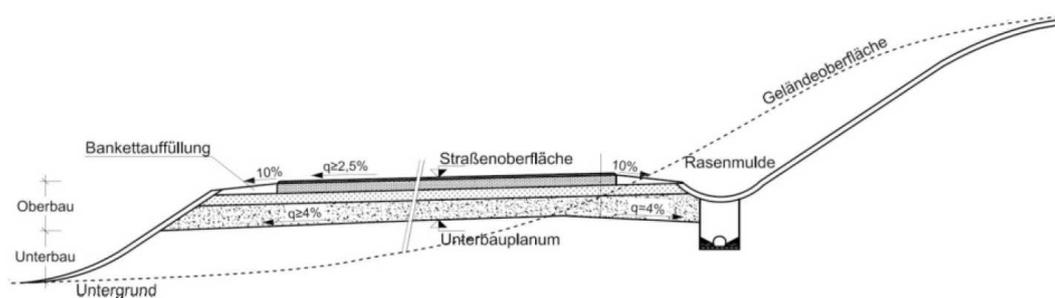
³ Schüttgut aus gebrochenen Mineralstoffen mit einer Korngröße zwischen 32 mm und 63 mm.

Entwicklungsschritt im Asphaltstraßenbau. Dadurch konnte eine gleichmäßige Beheizung von Stampfer und Bodenplatte sichergestellt werden. Bei Verwendung von Bohlen für Bitumen gebundenes Einbaumaterial, benötigt man eine Beheizung um eine glatte Straßenoberfläche zu erzielen. Beträgt die Temperatur der Bodenplatte weniger als 120°C resultiert dies in einer rauen Straßenoberfläche. Mit der Entwicklung der voll ausziehbaren Bohle ab Mitte der 1980er-Jahre wurde es möglich die Größe der Grundarbeitsbreite zu verdoppeln. Dabei wurden hydraulische Hilfsantriebe zum Ausfahren der Bohlen genutzt. Bis 1981 wurden die Bohlen mit Stampfer und Vibrationseinheiten ausgestattet, ehe die Pressleiste als zusätzliches Verdichtungselement von der Vögele AG entwickelt wurde. Mit der Einführung der Doppelstampferbohle Anfang der 1980er Jahre durch die Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft (ABG, heute Volvo CE) wurde der letzte maßgebende Entwicklungsschritt der Hochverdichtungsbohlen – das sind Bohlen mit zwei oder mehreren aktiven Verdichtungsgeräten – getätigt. Die großen Entwicklungsschritte der Maschinenbautechnik waren abgeschlossen. In den 1990er-Jahren wurde verstärkt die Entwicklung von elektronischen Steuerungen und Regelungen vorangetrieben. Zukünftig wird es das Ziel sein die Digitalisierung weiter voranzutreiben, den Automatisierungsgrad zu erhöhen und die Bedienung zu vereinfachen. Damit können die Straßenfertiger in die aktive Kommunikation auf der Baustelle mit eingebunden werden [8, S. 2 ff. und S. 36].

2.2 Straßenaufbau

Die vorliegende Arbeit widmet sich in dem aktuellen Kapitel ausschließlich dem Aufbau von Asphaltstraßen. Im Speziellen wird auf die bituminös gebundenen Schichten des Oberbaus eingegangen.

Im gesamten deutschen Sprachraum wird für die einzelnen Teile des Straßenbauwerks im Querschnitt folgende Terminologie verwendet [13, S. 90 ff.]:



Quelle: [5, S. 6]

Abb. 2.2: Systemskizze Straßenaufbau im Bereich Einschnitt

- Als **Untergrund** wird der anstehende gewachsene Boden bezeichnet. Im Dammbereich erreicht man den Untergrund nach Abtragen des Mutterbodens⁴, im Einschnitt tritt er bei Erreichung der SOLL-Tiefe zutage.
- Als **Unterbau** bezeichnet man die Erdschüttung im Bereich des Dammkörpers. Diese Schicht entfällt im Bereich von Einschnitten. Der Einbau geschieht lagenweise. Die Schichtdicke ist dabei von der Leistung der Einbaugeräte und der Verdichtungswilligkeit des Bodens abhängig. Der Unterbau übernimmt Tragfähigkeitsaufgaben und muss entsprechend diesen Anforderungen verdichtet werden.
- Je nachdem ob man sich im Einschnitts- oder Dammbereich befindet, kommt nach dem Untergrund oder Unterbau der **Oberbau**. Der Oberbau besteht aus mehreren Schichten, welche verschiedene Aufgaben zu erfüllen haben. Der Oberbau kann daher verschiedenartig aufgebaut sein.
 - Die Aufgabe der **Tragschicht** besteht in der Verteilung der von oben kommenden Lasten auf den Unterbau bzw. Untergrund, um ein Nachverdichten der darunter liegenden Schichten zu vermeiden. Je nach den örtlichen Gegebenheiten, Anforderungen und der Bauweise können mehrere Tragschichten in gebundener (mit Bindemittel) oder ungebundener (ohne Bindemittel) Form übereinander liegen.
 - Bei schwer belasteten Straßen wird eine **Binderschicht** zwischen bitumenhaltiger Tragschicht und Deckschicht eingebaut. Die Binderschicht weist einen höheren Porenanteil auf und sorgt dadurch für eine Verzahnung zwischen Trag- und Deckschicht, welche aus technischen Gründen jeweils ein dichtes Gefüge mit geschlossener Oberfläche aufweisen. Die Binderlage überträgt neben vertikalen Kräften auch horizontale Kräfte und leitet diese in die Tragschicht ein. Bei schwach belasteten Straßen wird gänzlich auf eine Binderschicht verzichtet.
 - Die oberste Schicht, wird als **Deckschicht** bezeichnet und ist sämtlichen Einwirkungen aus den Verkehrslasten, dem Abrieb, den Witterungseinflüssen (z.B. Sonne, Frost) und chemischen Angriffen (z.B. Streusalz) ausgesetzt. Zu den Verkehrslasten zählen neben senkrecht wirkenden statischen und dynamischen Kräften auch Brems-, Beschleunigungs- und Seitenreibungskräfte.

Die Anforderungen an die Deckschicht in puncto Standfestigkeit, Verschleißfestigkeit, geringer Verformbarkeit und Dauerfestigkeit sind in der RVS⁵ 03.08.63 in den Tabellen 8–11 angegeben. Dabei sind in den Bemessungstabellen die Oberbauausführung für die einzelnen Lastklassen und für verschiedene Bauweisen im Erdbaubereich angegeben [5, S. 11 ff.].

⁴ Bezeichnet die oberste, durchwurzelte und belebte Bodenschicht.

⁵ Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen – österreichisches Regelwerk.

2.3 Prozesskette

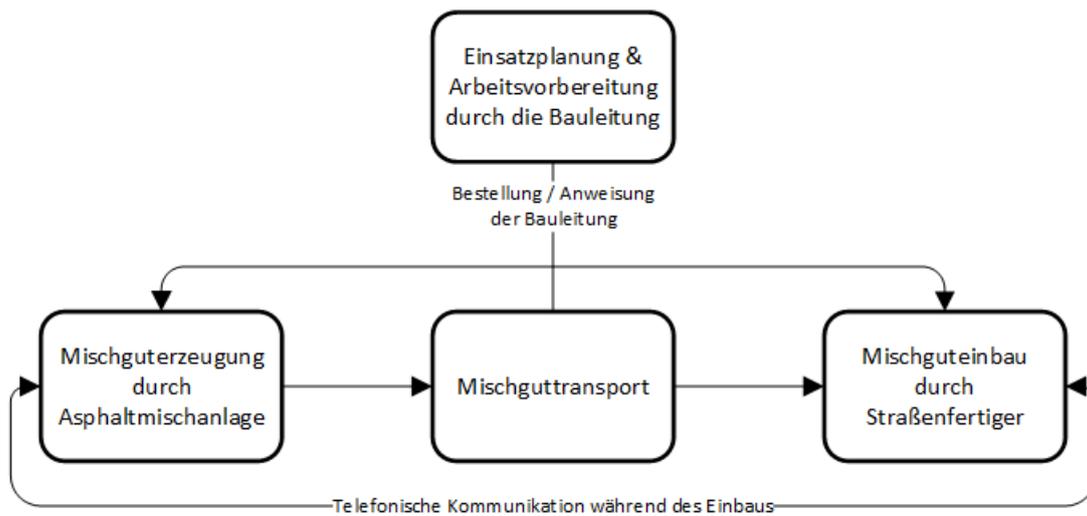
Das Kapitel konzentriert sich ausschließlich auf die Prozesse des Asphaltstraßenbaus, welche nach der Fertigstellung des Oberbauplanums (siehe Kapitel 2.2) abzuwickeln sind. Im Wesentlichen werden drei Kernprozesse definiert (siehe Abb. 2.3):

- Die Mischguterzeugung durch die Asphaltmischanlage (AMA),
- der Mischguttransport und
- der Mischguteinbau auf der Baustelle durch den Straßenfertiger.

Anmerkung: Dem Mischguteinbau durch den Straßenfertiger ist die Walzverdichtung nachgelagert. Diese ist jedoch nicht Gegenstand der Optimierungsmaßnahmen, welche in der vorliegenden Arbeit behandelt werden und wird daher nachfolgend nicht weiter betrachtet.

Die drei Kernprozesse sind allesamt voneinander abhängig und gliedern sich ihrerseits wieder in Teilprozesse, wie im Kapitel 2.4 ausführlich beschrieben wird. Kommt es zu einem Ausfall eines Prozesses, hat das zwangsläufig Auswirkungen auf die beiden anderen, weshalb sie alle gleich wichtig sind und daher gleichermaßen im Fokus stehen sollen. All diese Prozesse koordiniert die Bauleitung, welche die Einsatzplanung und Arbeitsvorbereitung festlegt. Auf den ersten Blick sind die Abhängigkeiten zwischen den Einzelprozessen sehr einfach zu erfassen. Es wird jedoch sehr schnell ersichtlich, dass der Gesamtprozess großen Maschineneinsatz und viel logistisches Geschick erfordert. Zudem sind vor allem die Bereiche Einbau und Transport sehr personalintensiv, wodurch der Faktor Mensch erhebliches Gewicht bekommt.

Die Komplexität liegt im Zusammenspiel von Mensch und Maschine, vor allem aber in der Kommunikation. Zunächst ergehen Anweisungen an alle Projektbeteiligten durch die federführende Bauleitung. Während des laufenden Einbaus übernimmt jedoch der Einbaupolier die Führungsrolle und koordiniert den Einbauprozess. Diese in vielen Fällen übliche Situation führt dazu, dass der Bauleiter nicht aus erster Hand über den Baufortschritt informiert ist und erfordert aktuell eine Vielzahl an Telefonaten um auf dem aktuellen Stand zu bleiben. Genau in diesem komplexen Spannungsfeld von Mensch und Maschine muss der Hebel angesetzt werden, indem der erforderliche Informationsfluss so einfach wie möglich gestaltet wird.



Quelle: [3]

Abb. 2.3: Darstellung der Prozesskette im Asphalteinbau

2.4 Gerätetechnik im Asphaltstraßenbau

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die – zum Asphalteinbau erforderlichen – Anlagen, Maschinen und Geräte gegeben. Ein zentrales Element stellt, neben der AMA, der Straßenfertiger dar.

2.4.1 Asphaltmischanlage

Asphalt im technischen Sinn wird in einer AMA aus Gesteinskörnungen unter Zugabe von Bitumen hergestellt. Heutzutage werden zwei Arten von Mischanlagen unterschieden [4, S. 223 ff.] [31, S. 317 ff.]:

- Bei **Durchlaufmischanlagen** erfolgt ein kontinuierliches Mischen einer einzigen Mischgutsorte. Diese Anlagen werden idealerweise bei Großprojekten eingesetzt, um große Mengen einer Mischgutsorte zu produzieren – entsprechend selten werden sie eingesetzt.
- Im Gegensatz dazu ermöglichen **Chargenmischanlagen** die Produktion verschiedener Mischgutsorten in kurzem Abstand. Diese Art von Anlagen sind sehr flexibel und heute hoch technisiert – sie werden daher überwiegend eingesetzt.

Die installierten technischen Leistungen reichen bei modernen Anlagen von 100 t/h bis 300 t/h. Sowohl Durchlaufmischanlagen als auch Chargenmischanlagen bestehen aus folgenden Anlagenteilen [4, S. 223 ff.] [31, S. 317 ff.]:

- Aufgrund der Vielzahl an Asphaltmischgutsorten ist eine entsprechende Anzahl von Gesteinskörnungen auf der Mischanlage zu lagern. Die Gesteinskörnungen werden auf sauberer und

befestigter Unterlage auf Halden oder in Boxen – idealerweise unter Dach vor Niederschlag und Windverfrachtung geschützt – gelagert. Zunächst werden die Bunker (Abzugstrichter) mittels Förderbändern oder Radladern mit Gesteinskomponenten beschickt. Über die sog. **Vordoseure** (Dosiergeräte), welche gravimetrisch oder volumetrisch arbeiten, erfolgt die rezeptgemäße Aufgabee der einzelnen Gesteinskomponenten auf das Transportband zur Trockentrommel.

- Mit Hilfe eines Elevators oder eines Förderbandes wird das Gestein anschließend der **Trockentrommel** zugeführt. Die Trockentrommel wird nach dem Gegenstromprinzip, bei dem sich das zu trocknende Material gegen die Flamme des Brenners bewegt, betrieben. Die Befeuerung der Trockentrommel erfolgt entweder mit Heizöl, Erdgas oder Flüssiggas. Der Materialdurchsatz wird im Wesentlichen vom Feuchtigkeitsgehalt der Mineralstoffe bestimmt. Die Anfangsfeuchte variiert, allerdings wird diese bei der technischen Leistungsangabe einer Trockentrommel im Allgemeinen mit 5 % angenommen. Des Weiteren wird von einer Endfeuchte von 0,5 % ausgegangen. Bei entsprechend hoher Anfangsfeuchte des Gesteins kann die Trockentrommel zum beschränkenden Faktor und zum Kostentreiber in der Mischgutproduktion werden. Daher sind die witterungsgeschützte Lagerung der Gesteinskomponenten, sowie die Wahl eines günstigen Brennstoffes von enormer Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit einer AMA. Eine unvollständige Trocknung führt zum Aufschäumen des Bindemittels oder zu einer inkompletten Umhüllung der Mineralkörner. Beides ist nicht erwünscht und kann nur durch die Erhöhung der Verweildauer in der Trommel, nicht aber durch eine Erhöhung der Temperatur kompensiert werden, da dies die Gefahr einer unzulässigen Bindemittelverhärtung mit sich bringt. Die Abgastemperatur sollte so gering wie möglich sein und beträgt etwa 140°C bis 150°C. Die Abgase werden samt den mitgerissenen Feinstaubteilen abgesaugt und in einer Entstaubungsanlage gereinigt. Bei einem Materialdurchsatz von 100 t/h ist mit einem Abgasanfall von 30 000 Nm³/h bis 40 000 Nm³/h zu rechnen.
- Die **Entstaubung** der Abgase ist zum einen aufgrund von Umweltschutzvorschriften und zum anderen zur Füllerrückgewinnung, des im Abgas enthaltenen Staubes, erforderlich. Die Entstaubung erfolgt meist in zwei Stufen. Im ersten Schritt erfolgt eine Grobabscheidung aller Körner > 0,5 Millimeter (mm), sowie eine Gaskühlung. Im zweiten Schritt wird die Reinigung der Abgase bis zum Erreichen der erforderlichen Grenzwerte sichergestellt. Alle aus der Grobabscheidung zurückgewonnenen Anteile werden dem Materialstrom direkt wieder zugeführt.
- Der aus dem Filter zurückgewonnene Feinstaub < 0,5 mm findet als Eigenfüller Verwendung und wird in einem **Füllersilo** gelagert.
- Nach dem Trocknen wird das Gestein über einen Heißelevator der **Heißversiebung** zugeführt oder zur Siebungehung transportiert. Unter der Siebanlage ist eine **Heißsilierung**, mit bis zu 100 t Fassungsvermögen je Gesteinskomponente, angeordnet. Die Lagerung

des heißen Gesteins in Silos ermöglicht die Produktion verschiedener Asphaltarten, ohne den Materialfluss in der Trocknungsanlage unterbrechen zu müssen. Die Einhaltung der vorgegebenen Asphaltrezeptur mit geringen Toleranzen wird über die Heißversiebung und angeschlossene Heißsilierung bestmöglich sichergestellt. Werden keine hohen Genauigkeiten an die Einhaltung einer bestimmten Sieblinie gestellt, kommt die Siebumgehung zum Einsatz. Sie ist für Mischgutsorten mit geringen Anforderungen wie z.B. bituminöse Tragschichten geeignet. Die Siebumgehung erlaubt die Mischleistung zu erhöhen. Die Zusammensetzung der Gesteinskörnungen erfolgt dabei ausschließlich über die Vordoseure, daher ist besonders auf die Reinheit der angelieferten Materialien zu achten.

- Die Lagerung von Bitumen erfolgt in isolierten **Bitumentanks**. Die Lagertanks müssen beheizt werden, um die Lagertemperatur von 150°C bis 180°C, je nach Bindemittelsorte, zu gewährleisten.
- Für die Dosierung der mineralischen Komponenten sind in der Regel zwei **Waagen** auf einer AMA vorgesehen:
 - die Gesteinswaage und
 - die Füllerwaage.

Aus den Taschen des Heißmaterialsilos werden die einzelnen Gesteinskomponenten nacheinander in den Wiegebehälter der Gesteinswaage dosiert. Bei der Siebumgehung erfolgt die Verwiegung in einem Arbeitsgang. Die Füllerwaage wird für die Verwiegung von Eigenfüller, Fremdfüller und anderen Zusätzen mineralischer Herkunft herangezogen. Die Verwiegung erfolgt mechanisch oder elektronisch. Die Toleranz wird im Allgemeinen mit 2 % der Höchstlast der Waage beziffert. Nach der Verwiegung werden die mineralischen Komponenten in den **Mischer** eingebracht. Um eine gleichmäßige Vermischung aller Bestandteile (Gestein, Füller, Bitumen) sicherzustellen, wird die rezeptgemäße Bindemittelmenge über mehrere Düsen in den Mischer eingespritzt. Die Mischer sind zumeist als Zweiwellenzwangsmischer ausgeführt. Der Nutzinhalt des Mixers beträgt, je nach Stundenleistung der Anlage, 500 kg bis 5 000 kg je Charge. Die Mischzeit je Charge beträgt etwa 40 Sekunden. Die Einhaltung der Asphaltmischguttemperatur laut RVS und in Abhängigkeit von der Bindemittelsorte bzw. Viskosität erfolgt berührungslos mittels Infrarotmessgeräten.

- Das fertige Mischgut kann direkt auf einen Lkw verladen werden, in vielen Fällen wird es jedoch vor dem Transport zur Einbaustelle in einem **Mischgutsilo** zwischengelagert. Das Vorhandensein von Mischgutsilos erlaubt zum einen die Produktion von Mischgut auf Vorrat und zum anderen die Überbrückung von Unregelmäßigkeiten im Transport. Dadurch wird der AMA ermöglicht kontinuierlich zu produzieren, mehrere Silotaschen erlauben zusätzlich die Bereitstellung von mehreren Rezepturen ohne die Produktion ständig umstellen zu müssen. Die Lagerkapazität der Mischgutsilos beträgt in der Regel 80 t bis 400 t, sie sind wärmeisoliert und in den Auslaufbereichen beheizbar. Die mögliche Einlagerungsdauer hängt von verschiedenen Parametern ab und wird unter anderem von der Konstruktion

und Isolierung des Silos, sowie den Eigenschaften des verwendeten Gesteins beeinflusst. Insbesondere ist bei der Lagerung der Zutritt von Sauerstoff und die damit einhergehende oxidative Verhärtung des Bindemittels, speziell bei hohen Temperaturen des Mischguts bzw. bei der Mischgut-Erzeugung, zu unterbinden.

- Die **Steuerkabine** ist die Schaltzentrale einer AMA. Der Mischmeister steuert von hier aus sämtliche Arbeitsvorgänge und kontrolliert den Produktionsablauf. Die technische Entwicklung der letzten Jahrzehnte hat dazu geführt, dass moderne Mischanlagen mit einer Mikroprozessorsteuerung ausgestattet sind. Sie produzieren nahezu vollautomatisch Mischgut, entsprechend den hinterlegten Rezepten.

2.4.2 Transport

Ein wesentliches Kernelement des Asphaltierprozesses stellt die Transportlogistik dar, auf welche im Rahmen der Diplomarbeit ein besonderes Augenmerk gelegt wird. Die maximale Transportdistanz zwischen der Einbaustelle und der Mischanlage ist im Wesentlichen abhängig von der maximalen Erzeugungstemperatur und der minimal zulässigen Einbautemperatur in Abhängigkeit der Bindemittelqualität des verwendeten Mischgutes.

Die Planung und Bereitstellung der entsprechenden Transportkapazität stellt aufgrund einer Vielzahl an beeinflussbaren und nicht-beeinflussbaren Faktoren eine komplexe Aufgabe dar. Wesentliche Faktoren sind dabei die zugesicherte abrufbare Leistung der AMA, welche entsprechend den Eigentumsverhältnissen der Mischanlage mitunter von Partnern abhängig ist und die Einbauleistung an der Einbaustelle. Hinzu kommen noch die Transportentfernung und die oftmals unvorhersehbare Verkehrssituation. Ein wichtiger Faktor für einen gleichmäßigen Lieferzyklus ist der Einsatz von Fahrzeugen gleicher Ladekapazität.

Vor der Beladung werden die Ladenflächen der Fahrzeuge mit einem nichtbindemittellöslichen Trennmittel besprüht. Dafür eignen sich besonders Emulsionen auf Seifenbasis oder Silikone. Keinesfalls dürfen Mittel verwendet werden, die das Mischgut verändern oder die sich auf die Umwelt negative auswirken (z.B. Diesel, Heizöl oder Sand). Nach der Beladung ist das Mischgut bestmöglich gegen Luftzutritt zu schützen, um zum einen eine Verhärtung des Bitumens durch Oxidation und zum anderen schädliche Einflüsse des Fahrtwindes oder möglicher Niederschläge und dem damit einhergehenden Temperaturverlust zu minimieren. Um den Temperaturverlust weiter zu minimieren, gibt es auf dem Markt Muldenkipper mit einem wärmeisolierten Spezialaufbau, sog. Thermomulden. Diese sind zusätzlich mit einem geschlossenen Aufbau erhältlich und werden vor allem bei langen Transportzeiten oder bei Kleinbaustellen mit länger andauerndem händischen Mischguteinbau eingesetzt [31, S. 240] [8, S. 321].

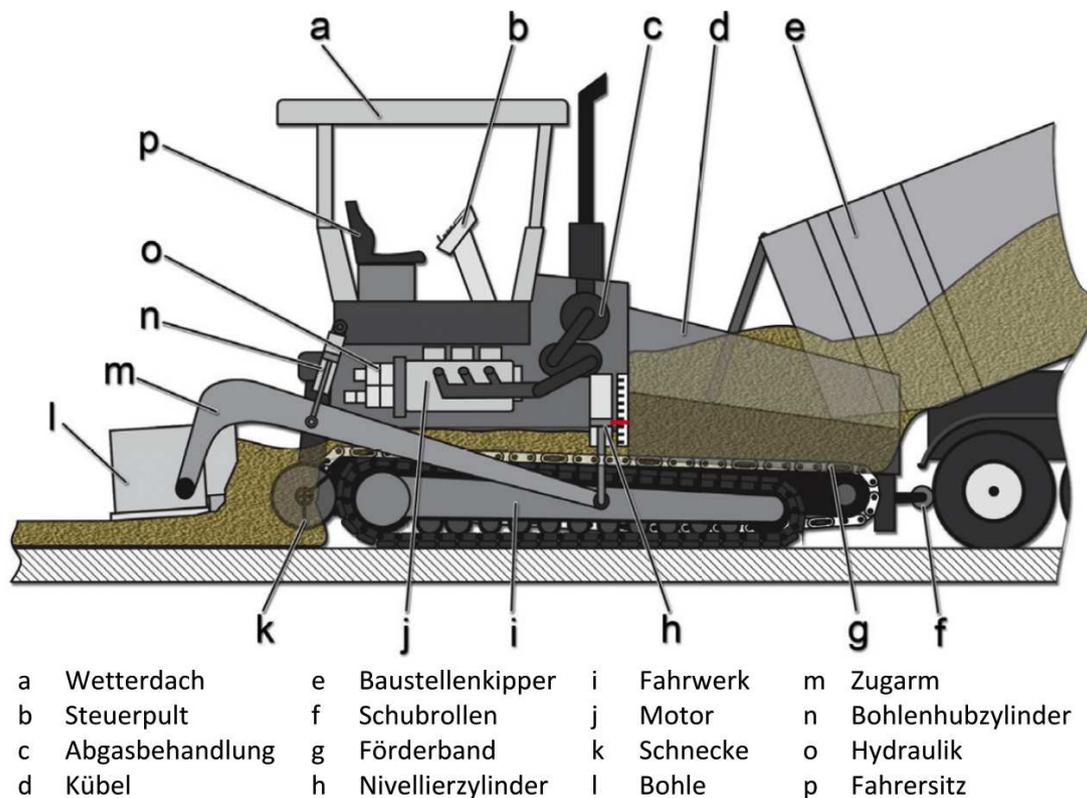
2.4.3 Beschicker

Bei einem Beschicker handelt es sich um eine selbstfahrende Maschine zum Beschicken von Asphaltfertigern mit Einbaumaterial [8, S. 275]. Vor allem bei Großprojekten muss ein kontinuierlicher Materialfluss gewährleistet sein, zumal ein unterbrechungsfreier Mischguteinbau

eine der Grundvoraussetzungen für einen qualitativ hochwertigen Straßenbau darstellt [4, S. 248]. Von einer optimalen Materialzufuhr ausgehend, kann es vorkommen, dass ein Lkw-Wechsel nicht durch den Mischgutvorrat im Fertigerkübel überbrückt werden kann. Um durch diesen Umstand entstehende Stillstände zu vermeiden, werden Beschicker eingesetzt. Zunächst wird das Einbaumaterial vom Lkw an den Beschicker übergeben und anschließend über ein Förderband zum Fertiger gefördert. Die Aufgabe des Schiebens des Lkws während der Materialübergabe wird vom Beschicker übernommen und hat zum Vorteil, dass durch die Entkoppelung von Fertiger und Beschicker keine Stöße beim Andocken des Lkws an den Fertiger weitergegeben werden. Durch die Vermeidung von Stößen und die Erhöhung der Materialbevorratung wird mittels Beschicker die Prozesssicherheit im Einbau deutlich gesteigert. Dadurch leistet diese Technik einen erheblichen Beitrag zur Qualitätssteigerung im Asphaltstraßenbau [8, S. 129 ff.].

2.4.4 Straßenfertiger

In Abb. 2.4 wird ein Straßenfertiger für den Asphalteinbau schematisch dargestellt.



Quelle: [8, S. 30]

Abb. 2.4: Funktionsschema eines Straßenfertigers

Der Asphaltfertiger oder auch Schwarzdeckenfertiger genannt, besteht aus zwei wesentlichen Elementen, dem Traktor und der Bohle. Abhängig von der Ausschreibung erfolgt die Übergabe des Mischguts in Österreich zumeist direkt vom Lkw an den Fertiger (ohne einen Beschicker

zwischenzuschalten). Folglich wird der Lkw vom Fertiger über die Schubrollen (f) geschoben, während dieser das Einbaumaterial in den Kübel (d) entlädt. Unter dem Fahrerstand (a, b, p) wird das Einbaumaterial über ein Förderband (g) zum Ende des Traktors transportiert und über eine Schnecke (k) über die gesamte Straßenbreite verteilt. Die Bohle (l) bewirkt die entsprechende Vorverdichtung und Glättung des Mischguts. Das Eigengewicht der Bohle, Vibratoren, Stampfer und Pressleisten stellen die Vorverdichtung des Materials sicher [8, S. 30 ff.].

Der Vorverdichtungsgrad bei konventionellen Bohlen liegt bei 85 % bis 92 % der *Marshall*⁶-Dichte. Gemessen wird die Raumdichte auf der Baustelle mit einer sog. Strahlensonde⁷. Im Sprachgebrauch wird das Messgerät auch als *Troxler*⁸-Sonde bezeichnet. Bei diesem Messverfahren werden die Strahlungen radioaktiver Isotope gemessen. In weiterer Folge ergeben sich – auf Grund der Beziehungen zu den Messwerten – Resultate für die Dichte und den Wassergehalt des Bodens [8, S. 112] [32, S. 102].

Grundsätzlich werden zwei Arten von Fertigern je nach Fahrwerk (i) unterschieden [8, S. 31]:

- Radfertiger
 - Fahrwerk, meist bestehend aus zwei großen Hinterrädern und zwei bis vier kleinen Vorderrädern
 - Transportfahrt bis 20 Kilometer pro Stunde (km/h) möglich
 - Sehr ruhiger Lauf der Maschine
 - Kurze Unebenheiten können mit Hilfe einer Einzelradaufhängung ohne Anhebung der gesamten Maschine überfahren werden – dadurch gute Selbstnivellierung
 - Geringe Traktion auf losem Untergrund
- Kettenfertiger
 - Kettenlaufwerk bestehend aus einzelnen Kettenplatten
 - Transportfahrt nur bis 5 km/h möglich
 - Unruhiger Lauf durch Umlenkung der Kettenplatten am hinteren Turas⁹
 - Gute Selbstnivellierung bei langen Unebenheiten
 - Gute Traktion auf schwierigem Untergrund

Die Entscheidung für einen Fertigertyp wird, je nachdem ob eine bessere Traktion oder eine höhere Fertigergeschwindigkeit als wichtiger erachtet wird, getroffen. Von Region zu Region kann das Verhältnis von Rad- zu Kettenfertigern deshalb sehr unterschiedlich sein. Zudem spielen die Qualitätsanforderungen und Traditionen in dem jeweiligen Land eine wichtige Rolle [8, S. 31]. Für

⁶ Amerikanischer Straßenbauingenieur und Entwickler von Asphalttestverfahren * 1908 bis + 1977.

⁷ Frühere Bezeichnung: Isotopsonde.

⁸ Nach dem Hersteller Troxler Electronic Laboratories Inc. benannt.

⁹ Großes Kettenrad.

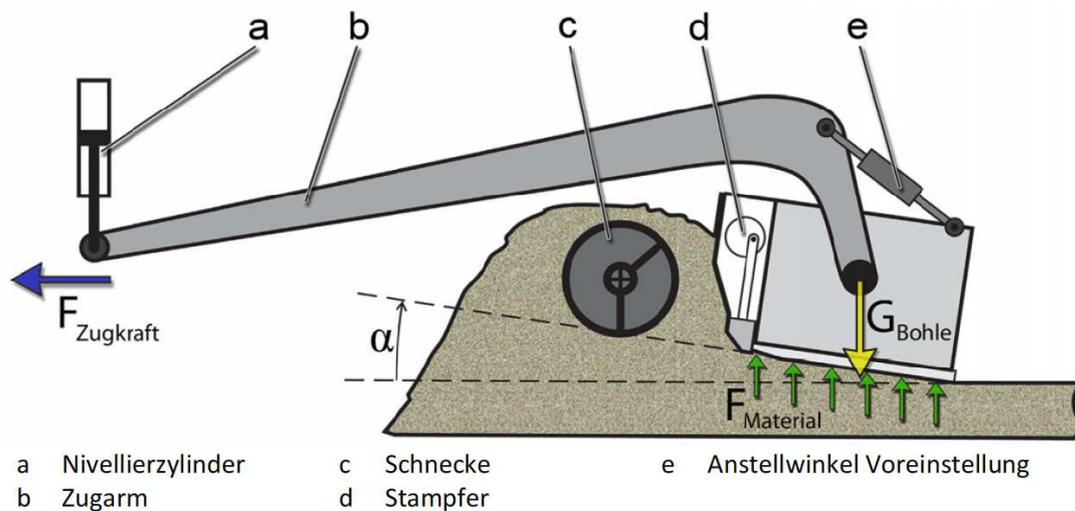
einen Mittelklasse-Fertiger mit einer theoretischen Nennleistung von 800 Tonnen pro Stunde (t/h) ist eine Tagesleistung von 2000 t bis 2500 t ein guter Wert. Die tatsächliche Einbauleistung eines Fertigers ist allerdings von den Gegebenheiten auf der Baustelle und von der individuellen Erfahrung der Einbaupartie abhängig [8, S. 80].

Die bereits erwähnte Bohle, welche durch den Traktor gezogen wird und auf dem Einbaumaterial schwimmt, ist das Kernelement eines Straßenfertigers. Der heiße Walzasphalt wird als Fluid¹⁰ mit großer Viskosität¹¹ betrachtet. Aufgrund der hohen Viskosität von Walzasphalt kann dieser nicht durch Fließen ausweichen und reagiert daher mit Verdichtung auf die Einwirkung der Bohle. Die Bohle wird in der Höhe nicht gehalten und kann sich frei um den Zugpunkt am Fertiger bewegen. Moderne Fertiger verfügen über eine Einrichtung welche die Bohle über Hydraulikzylinder in ihrer aktuellen Position halten, sollte der Einbau gestoppt werden. Dies verhindert ein Absinken der Bohle bei Stillstand und somit Unebenheiten in der fertigen Straße [8, S. 32 ff.]. Dabei sollte das Leerfahren des Kübels weitestgehend vermieden werden, da sich dadurch der Schwerpunkt des Fertiges verlagert. Das erneute Befüllen des Kübels kann zu einer Kippbewegung des Fertigers und durch die Fixierung der Bohle zum Anheben ebendieser führen. Als Resultat entsteht ein Anfahrbuckel. Ohne Haltefunktion würde die Bohle bei längeren Stillständen in des Material einsinken und so scharfkantige Abdrücke in Form der Bohle hinterlassen. Eine weitere Ursache für einen Anfahrbuckel stellt eine lange Wartezeiten dar. Kühlt das Material unter der Bohle zu stark aus, kann es anschließend nicht mehr ausreichend verdichtet werden. Lange Wartezeiten führen regelmäßig zu Einbaufehlern, weshalb auf den kontinuierlichen Einbau des Asphaltmischgutes ein besonders Augenmerk zu legen ist [8, S. 256 ff.]. Eine wichtige Kenngröße bei Bohlen ist der Anstellwinkel, gemessen zwischen dem Untergrund und der Bodenplatte der Bohle. Der Anstellwinkel ist als α in Abb. 2.5 ersichtlich [8, S. 32 ff.].

Um die einzubauende Schichtstärke zu verändern, muss zunächst die Höhe der Zugpunkte am Fertiger verstellt werden. Eine Verschiebung des Zugpunktes nach oben, bewirkt eine Erhöhung des Anstellwinkels der Bohle. Zunächst reagiert die Bohle solange durch Aufsteigen bis sich erneut ein Gleichgewicht zwischen der nach unten wirkenden Gewichtskraft der Bohle und der nach oben wirkenden Auftriebskraft eingestellt hat. Die Wiederherstellung des Kräftegleichgewichts geht mit der Verringerung des Anstellwinkels einher. Des Weiteren hängt der Anstellwinkel, neben der Position der Zugpunkte, auch von der Viskosität des Einbaumaterials, der Einbaugeschwindigkeit und der Bauform der Bohle ab. Auf eine Veränderung eines Parameters reagiert das System sehr träge. Einerseits ist diese Eigenschaft sehr positiv zu erwähnen, da kurzzeitig auftretende Fehleinstellungen verziehen werden. Andererseits sind länger andauernde Abweichungen von den SOLL-Parametern erst sehr spät im Einbauergebnis erkennbar [8, S. 32 ff.].

¹⁰ Gemeinsame Bezeichnung für den nicht-kondensierten Aggregatzustand von Gasen und Flüssigkeiten.

¹¹ Maß für die Zähflüssigkeit von Gasen und Flüssigkeiten. Je größer die Viskosität, desto weniger fließfähig ist das Fluid. Je kleiner die Viskosität, desto fließfähiger ist das Fluid.



Quelle: [8, S. 33]

Abb. 2.5: Funktionsschema einer Bohle

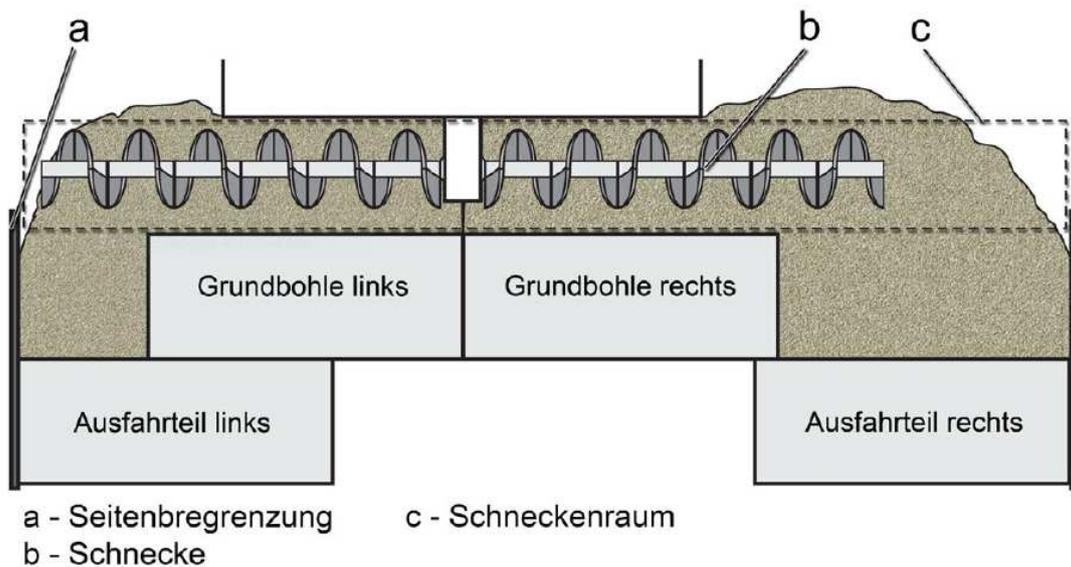
Grundsätzlich werden zwei Haupttypen von Bohlen unterschieden:

- Starre Bohlen (bis zu 16,5 m)
- Vario-Bohlen (9 m bis 10 m (12 m), Breitenänderung bis zu 3 m)

Mit einer starren Bohle ist der Einbau nur mit einer festen Breite möglich. Vario-Bohlen hingegen erlauben eine hydraulische Veränderung der Einbaubreite während des Einbaus. Als Unterkategorie gibt es noch starre Bohlen mit Vario-Endteilen.

Starre Bohlen werden auf der Baustelle aufgebaut und werden für Großprojekte wie z.B. Autobahnen eingesetzt. Hingegen eignen sich im städtischen Straßenbau, mit häufig wechselnden Einbaubreiten, Vario-Bohlen deutlich besser. Vario-Bohlen unterscheiden sich in ihrer Bauform, je nachdem ob sie für den europäischen (siehe Abb. 2.6) oder den nordamerikanischen (siehe Abb. 2.7) Markt bestimmt sind. Während sich bei der europäischen Variante die Ausfahrteile hinter der Basisbohle befinden, verhält es sich bei der nordamerikanischen Variante genau umgekehrt. Die europäische Bauform erlaubt eine hohe Verdichtung bei mäßiger Einbaugeschwindigkeit, während die nordamerikanische Bauform auf eine hohe Einbaugeschwindigkeit zulasten der Verdichtung getrimmt ist.

Bitumen besitzt die Eigenschaft an nahezu allen Materialien zu haften, wenn es in flüssiger Form vorliegt. Das Anhaften kann unterbunden werden, indem die Bodenplatte beheizt wird. Fällt die Temperatur der Bodenplatte unter 120°C, so äußert sich das in einer rauen Straßenoberfläche. Ursprünglich wurden die Bohlen mit Gas beheizt. Heutzutage wird allerdings die elektrische Heizung bevorzugt, da damit auch die Stampfer der Bohle beheizt werden können. Die Investitionskosten für Elektrobohlen fallen höher aus als für Gasbohlen, da zusätzlich ein Stromgenerator benötigt

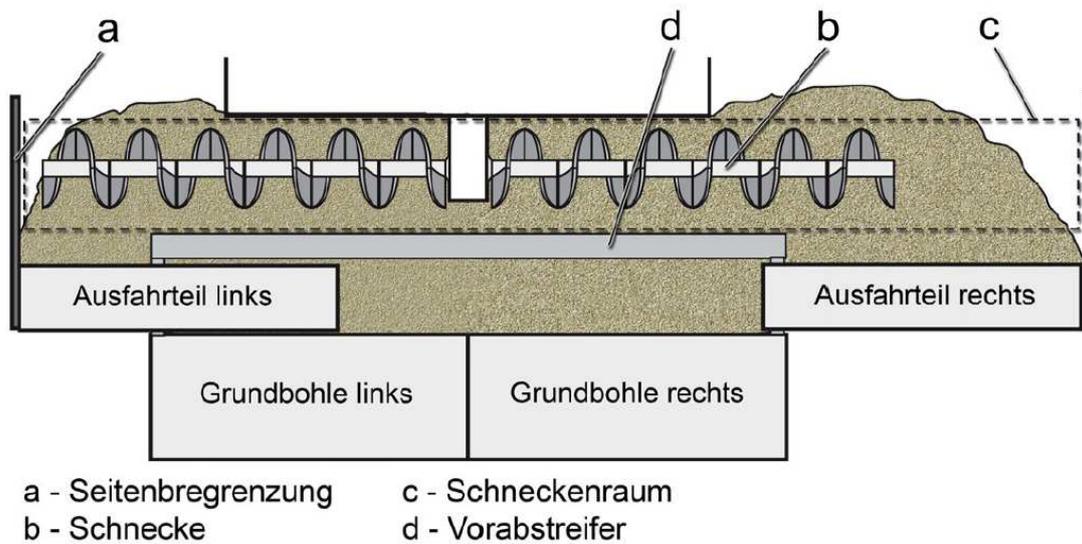


Quelle: [8, S. 35]

Abb. 2.6: Bohle – Europäische Bauform

wird. Elektroböhlen verursachen zudem höhere Energiekosten während des Aufheizvorgangs, da der Dieselmotor in diesem Zeitraum laufen muss. Der Kraftstoffmehrerverbrauch für eine elektrische Heizung während des Einbaus ist jedoch sehr gering. Es ist von entscheidender Bedeutung bei Gasböhlen, ob während des Aufheizvorgangs der Fertigmotor laufen muss und ob die Heizung regelbar ist. Geregelt elektrisch beheizte Böhlen sind bedeutend wirtschaftlicher als unregelmäßig gasbeheizte Böhlen [8, S. 32 ff.].

Derzeit ist noch kein Material bekannt, das den hohen Anforderungen an die Verschleißfestigkeit einer Bodenplatte entspricht und nicht beheizt werden muss. Aktuell erfüllen nur hochlegierte Stähle die Anforderung der hohen Verschleißfestigkeit. Wäre ein Material bekannt, das ein Beheizen der Bohle überflüssig machen würde, wäre dies mit positiven Auswirkungen auf den Bauprozess verbunden. Dies würde bedeuten, dass die Rüstzeiten vor dem Arbeitsbeginn auf ein Minimum reduziert werden könnten. Damit einhergehend könnte die tägliche effektive Arbeitszeit gesteigert und zudem eine Menge an Energie gespart werden, da die Bohle vor dem Einbaubeginn, abhängig von der Außentemperatur, für ca. eine halbe Stunde aufgeheizt werden muss [8, S. 32 ff.].



Quelle: [8, S. 36]

Abb. 2.7: Bohle – Nordamerikanische Bauform

2.4.5 Verdichtung

Die im Kapitel 2.4.4 angesprochene Vorverdichtung von 85 % bis 92 % der Marshall-Dichte durch den Fertiger, liefert lediglich die Vorarbeit für die unbedingt erforderliche Nachverdichtung durch Walzen. In Österreich wird bei Bundesstraßen und Landesstraßen ein Verdichtungsgrad ≥ 98 % der Marshall-Dichte gefordert [1, S. 13]. Mit Fertigern alleine lässt sich der geforderte Verdichtungsgrad nicht erreichen. Der Anteil der erforderlichen Nachverdichtung wird reduziert, je höher und gleichmäßiger die Vorverdichtung durch den Fertiger ist. Eine wesentliche Einflussgröße auf die zur Verfügung stehende Zeitspanne für eine wirksame Walzverdichtung nach dem Einbau, stellt die Einbaudicke dar. Bei ausreichend hohen Einbautemperaturen sind die Zeitspannen für eine wirksame Walzverdichtung ab einer Einbaudicke von 6 cm in den meisten Fällen ausreichend. Speziell in dünnen Schichtstärken eingebautes Mischgut kühlt relativ schnell aus und benötigt daher hohe Einbautemperaturen, günstige Witterungsverhältnisse und entsprechenden Walzeneinsatz um die geforderte Verdichtung sicher zu stellen [4, S. 241 ff.] [31, S. 324 ff.].

Eine qualitativ hochwertige Vorverdichtung reduziert das Risiko ungenügender Verdichtung durch eine Verkürzung des Verdichtungszeitraumes bei ungünstigen Bedingungen. Das Ziel ist es, durch eine optimale Verdichtung entsprechend hohe Lagerungsdichten herzustellen, um einer schädlichen Nachverdichtung durch Verkehrslasten vorzubeugen [4, S. 241 ff.] [31, S. 324 ff.].

Der Walzeneinsatz zur Verdichtung des eingebauten Asphalts bedarf sorgfältiger Planung und genauer Abstimmung mit dem Einbau, um den geforderten Verdichtungsgrad zu erreichen. Die Flächenleistung des Fertigers ist immer im Zusammenhang mit der Flächenleistung der Walzen zu betrachten. Dabei gilt, dass die Flächenleistung des Fertigers stets geringer sein muss, als die Summe der Flächenleistungen aller eingesetzten Walzen ergeben. Die Einbauflächenleistung muss entsprechend reduziert werden, wenn nicht genügend Walzen zur Verfügung stehen. Dieser

Zusammenhang ist dem ausführenden Personal auf der Baustelle jedoch nur schwer zu vermitteln. Zudem ist die Einbaugeschwindigkeit auf das vorhandene Mischgut abzustimmen und sollte möglichst konstant gehalten werden, da diese einen direkten Einfluss auf die Vorverdichtung hat. Mit größer werdender Einbaugeschwindigkeit nimmt die Vorverdichtung ab. Für das Erreichen der geforderten Walzverdichtung ist so früh wie möglich hinter dem Fertiger mit dem Walzen zu beginnen [4, S. 241 ff.] [31, S. 324 ff.].

Um ein Anhaften des eingebauten Mischgutes an der Bandage¹² oder den Reifen zu verhindern, ist Wasser als Trennmittel zu verwenden. Die Berieselung mit beiden Stoffen ist dabei möglichst sparsam einzusetzen. Das Abstellen der Walze auf noch heißen oder nicht ausreichend verdichteten Asphaltsschichten ist aufgrund der Gefahr von Eindrückungen zu unterlassen. Ebenso soll das Ein- bzw. Ausschalten der Vibration nur während der Fahrt erfolgen [4, S. 254].

Das Herstellen einer optimalen Lagerungsdichte des eingebauten Mischguts hat maßgeblichen Einfluss auf nachstehende Faktoren [4, S. 253]:

- Lebensdauer – im Sinne der Dimensionierung
- Ebenflächigkeit – Fahrkomfort, Verkehrssicherheit, Gebrauchsdauer
- Standfestigkeit – Verformung, Verschleiß, Lebensdauer

Folgende Größen haben Einfluss auf die Walzverdichtung [4, S. 253]:

- Einfluss der Unterlage – Standfestigkeit
- Schichtdicke, Verhältnis Schichtdicke zu Größtkorn
- Zusammensetzung des Mischgutes
- Anforderung an die Ebenheit
- Mischguttemperatur
- Viskosität des Bitumens
- Verdichtungszeit – Witterungsbedingungen

2.5 Digitale Prozessunterstützung – Aktueller Stand

In vielen Teilbereichen des Asphaltstraßenbaus hat die Digitalisierung bereits Einzug gehalten. Betrachtet man die einzelnen Prozessschritte von der Planung bis zur Abrechnung des fertigen Projekts erkennt man, dass sich in nahezu jedem Bereich digitale Insellösungen etabliert haben. Als große Herausforderung der nächsten Jahre gilt es diese Teilbereiche zu vernetzen.

¹² Mantel des Walzenkörpers.

Zur Planung des Asphalteinbaus greifen die Bauleiter und Techniker meist auf klassische Formelwerke zur Leistungsermittlung von Maschinenkomplexen¹³ zurück [31, S. 303]. Unterstützt werden diese Berechnungen von Tabellenkalkulationsprogrammen bzw. Terminplanungsprogrammen.

In einer modernen Mischanlage verrichtet eine Vielzahl an Mikroprozessoren ihre Arbeit. Sowohl der Mischvorgang an sich, als auch die Verwiegung erfolgen zum Großteil automatisiert. Die Mischgutrezepturen werden vollautomatisch hergestellt und die Erfassung der Materialströme über die Brückenwaage erfolgt über eine Verwiegesoftware [4, S. 237]. Nachdem alle Daten digital in Form eines elektronischen Lieferscheins vorliegen wird dieser zumeist ausgedruckt und dem Lkw-Lenker als Frachtpapier übergeben, wodurch die digitalen Informationen wieder in analoge Informationen umgewandelt werden.

Nahezu alle Spediteure verfügen heutzutage über ein Flottenmanagementsystem, über welches sie zu jedem Zeitpunkt den Status ihres Lkws abfragen können. In den meisten Fällen ist die GPS-Position des Fahrzeuges bekannt, jedoch wird diese Information dem jeweiligen Auftraggeber nicht zur Verfügung gestellt.

Der eigentliche Asphalteinbau wurde in weiten Teilen digitalisiert. Dies betrifft vor allem die Steuerungs- und Regelungstechnik am Fertiger. Vollelektronische Steuerpulte gehören heutzutage zur Standardausstattung eines Asphaltstraßenfertigers. Der Fertiger verfügt über eine Reihe von Sensoren, unter anderem zur Höhenmessung, die je nach Anwendungsfall und Hersteller variieren. Diese funktionieren je nach Anforderung in Verbindung mit einem Leitdraht oder einem Rotationslasersystem. Mit Hilfe eines Leitdrahts können automatisch die Fahrtrichtung des Fertigers und die Höhe der Bohle bestimmt werden. Mit einem Rotationslaser kann ebenfalls die benötigte Höhe definiert werden.

Des Weiteren wird eine Teilautomatisierung durch leitdrahtbasierte Lenkautomaten, Neigungsfühler und Sensoren zur Regelung der Materialvorlage vor der Bohle sicher gestellt. Auf Grund neuer Technologien kann die Positionierung mit einer Laser-Totalstation und einem GPS-System erfolgen. Voraussetzung für die automatische, leitdrahtlose Nivellierung und Navigation ist das Vorliegen von digitalen, dreidimensionalen Planungsdaten [24, S. 110].

Im Bereich der Verdichtung des eingebauten Mischgutes werden teilweise Walzen eingesetzt, welche mit einer flächendeckenden dynamischen Verdichtungskontrolle FDVK ausgestattet sind. Dabei wird die Walze nicht nur als klassisches Verdichtungsgerät, sondern zeitgleich auch als Messgerät verwendet. Dieses System erlaubt es den Verdichtungsprozess online zu überwachen und entsprechend nachvollziehbar zu dokumentieren [15].

Rund um den Einbauprozess werden Erschwernisse, Fehlstellen und dergleichen häufig photographisch mithilfe von Smartphones festgehalten. Diese Fotos können zur Dokumentation verwendet und über verschiedene Plattformen auch versendet werden.

Nach dem erfolgten Einbau werden die Lieferscheine täglich gesammelt und einem Bautechniker zur technischen Nachkalkulation übergeben. Dabei werden Mehr- bzw. Minderverbräuche und Leistungskennwerte ermittelt um gegebenenfalls steuernd in den Prozess eingreifen zu können. Die Nachkalkulation erfolgt in der Regel mithilfe von Tabellenkalkulationsprogrammen, wobei

¹³ Unterschiedliche Baumaschinen, die in gegenseitiger Abhängigkeit arbeiten.

relevante Daten von den Lieferscheinen abgetippt werden müssen.

Für die Abrechnung der Bauleistung werden die Lieferscheine anschließend in die kaufmännische Abteilung weitergeleitet. Dort werden sie zu Kontrollzwecken et cetera (etc.) erneut in Augenschein genommen und in eine kaufmännische Software eingepflegt.

Der derzeitige Stand der Prozessabfolge verdeutlicht, dass sämtliche Teilbereiche in irgendeiner Form softwaregestützt agieren um ihre Arbeit besser und effizienter zu gestalten. Allerdings wird deutlich erkennbar, dass kaum eine Vernetzung stattfindet. Im Laufe des Prozesses werden eine Menge an Daten erzeugt und digitalisiert, welche oftmals wieder in analoge Form gebracht werden. Die einzelnen Teildisziplinen sind zweifelsohne hoch technisiert und effizient, solange sie sich in ihrer Sphäre bewegen. Die Herausforderung liegt im Datenübergang und begründet die Notwendigkeit von effizienten Schnittstellen und einer übergreifenden Softwarelösung zur durchgängigen Abwicklung des gesamten Straßenbauprojekts.

In der Vergangenheit gab es bereits Versuche, den Straßenbau mit neuen Technologien zu revolutionieren. Ein bekanntes Beispiel dafür ist SmartSite. SmartSite ist ein Forschungs- und Entwicklungsprojekt, das nach dreijähriger Projektphase 2017 beendet wurde. Das Ziel war die Umsetzung smarterer, zukunftsorientierter Prozesse im Straßenbau, die auf Grund vernetzter Straßenbaumaschinen und intelligenter Steuerung erreicht werden können. Es wurde dabei versucht, voneinander unabhängige Wertschöpfungsketten im Bereich Straßenbau zu verknüpfen, um innovative Lösungsansätze in diesem Sektor zu ermöglichen. Berücksichtigt wurden dabei die Bereiche Baumaschine, Baustellenumgebung und Baustellenetze sowie Bauprozessüberwachung. Die Ergebnisse des Projekts können auf der Homepage (<http://smartsite-project.de/>) unter „Final Demonstrator“ eingesehen werden¹⁴ [12].

¹⁴ Es finden sich auf der Homepage seit 2016 keine neuen Eintragungen mehr im Bereich „Aktuelles“. Neue bzw. weitere Eintragungen und Ergebnisse sind nicht öffentlich zugänglich, weshalb das Projekt auf diese Diplomarbeit keinen weiteren Einfluss nimmt.

Kapitel 3

Baubetriebliche Prozesse im Asphaltstraßenbau

Im Zuge von Pilotprojekten wird in der gegenständlichen Arbeit der baubetriebliche Prozess im Asphalteinbau dargestellt. Dabei wurde das Hauptaugenmerk auf dessen Optimierung gelegt. Im Rahmen von geführten Gesprächen mit dem leitenden Baustellenpersonal (Bauleiter, Polier) wurden auch die Vorgänge vor und nach dem eigentlichen Einbau genau durchleuchtet. Besonders wichtig erscheint im Zuge der Analyse in der vorliegenden Diplomarbeit, wo sich Fehlerquellen oder Optimierungspotentiale bereits im Vorfeld bzw. im Nachgang eines Asphaltstraßenprojektes verbergen. Vor allem wird darauf geachtet, an welchen Stellen im Prozess Informationen von einem System in ein anderes übergehen. An diesen Schnittstellen herrscht potentiell die Gefahr Informationen zu verlieren. Vermehrt tritt Informationsverlust beim Übergang von einer Softwarelösung zur anderen und bei der Kommunikation mit anderen Beteiligten auf. Das Ziel muss daher sein, den Informationsgrad vom Beginn des Projektes bis zu dessen Abschluss stetig zu steigern. Oftmals liegen Informationen in verschiedenen Formaten vor und die Problematik besteht darin, diese in eine gebündelte Form zu überführen. Ein weiteres Problem ist, dass vorliegende Informationen nicht in digitalen Formaten weiterverarbeitet werden, sondern in ausgedruckter Form abgelegt und weiterverarbeitet werden. Dadurch sinkt nicht nur der Informationsgehalt enorm, sondern auch die Fehlergefahr durch erneutes Eintippen steigt. Nicht zu vergessen ist der zeitliche Mehraufwand und darüber hinaus wird durch unnötiges Ausdrucken eine Papierverschwendung erzeugt. Gelöst kann diese Problematik dadurch werden, indem ein System die Möglichkeit bietet, möglichst alle Informationen in einem Programm zu bündeln und die Daten weiterzuentwickeln.

Es werden aus wissenschaftlicher Sicht folgende Erwartungen an ein neues System gestellt:

- Flächendeckend **standardisierter Ablauf der Planung und Arbeitsvorbereitung** – derzeit arbeitet jeder Bauleiter nach eigenen Standards, die Vergleichbarkeit und die Weiterführung eines Projektes durch andere Bauleiter wird dadurch kompliziert
- Zentrale Abwicklung der **Auftragsdisposition und Ressourcenbedarfsplanung** – Vermeidung von Terminkollisionen und optimale Nutzung der vorhandenen Kapazitäten
- Einfache Handhabung der **Transportplanung** inkl. Logistikkonzept und Taktplanung

- **Datenaustausch und Kommunikation** zwischen allen Projektbeteiligten während der Ausführung **in Echtzeit**
- **Massenbilanz und Lieferscheindaten** sollen vollständig **digital im System** abgebildet werden
- Umfassende und **vollständige Baudokumentation** im System einfach einzupflegen
- **Entfall von individuellen Listen** in allen Projektstadien
- **Schnelle, systemgestützte Nachkalkulation** nach jedem Einbautag und nach dem Projektabschluss
- Übersichtliche **Materialdisposition** vor und einfache **Verbrauchskontrolle** während und nach dem Asphalteinbau
- Unkomplizierte **Dokumentation** durch lückenlose Aufzeichnung des gesamten Baugeschehens
- Langfristiger Aufbau einer **konzernweiten Datenbank** zur einfachen Informationsbeschaffung, Ermittlung von Aufwandswerten und Kalkulationsansätzen, etc.
- **Steigerung der Kosteneffizienz**

Die im nachfolgenden Kapitel 4 namentlich aufgeführten Anbieter von Systemlösungen bringen zusammengefasst nachstehende Vorteile mit sich, wenngleich nicht jedes System in der Lage ist, sämtliche angeführten Punkte zu leisten:

- **Vernetzung aller Beteiligten** an einem Asphalteinbauprojekt – von der initialen Planung bis zur finalen Auswertung
- **Planung und Arbeitsvorbereitung** werden **zentral** in einer Softwarelösung **erstellt und verwaltet**
- **Optimaler Einsatz aller Ressourcen**, da sämtliche Projekte, Maschinen und Mitarbeiter von einer zentralen Stelle koordiniert werden
- Individuelle Lösungen für **Mischanlage, Transport und Baustelle** – die drei wesentlichen Disziplinen des Asphalteinbaues werden **vollautomatisch und in Echtzeit gesteuert**
- **Optimale Auslastung der Logistik** und detektieren von Unregelmäßigkeiten im Transport durch GPS-Tracking
- **Analyse und Dokumentation in Echtzeit** – Fehlentwicklungen im Projektfortschritt werden sofort sichtbar und es kann unmittelbar darauf reagiert werden

- Implementierungsmöglichkeit einer **automatischen Schnittstelle zum Wiegesystem** – wahlweise auch über die manuelle Lieferscheineingabe oder das Scannen eines QR-Codes¹⁵
- **Umfangreiche Auswertungsmöglichkeiten** – durch einen Vergleich der IST-Daten mit den SOLL-Vorgaben können Rückschlüsse auf das laufende oder Erkenntnisse für das folgende Projekt gewonnen werden
- Deutlich spürbare **Entlastung der Bauleiter**, da viele Koordinierungsaufgaben durch die im Hintergrund laufenden Prozesse abgewickelt werden können
- **Effizienzsteigerung** in der gesamten **Wertschöpfungskette**
- **Systemkompatibilität** unabhängig vom vorhandenen Maschinenpark

Beim Vergleich der obigen Auflistungen wird deutlich erkennbar, dass die Leistungen der Softwarehersteller weitgehend deckungsgleich mit den Anforderungen der zukünftigen Anwender sind. Im Zuge der Pilotprojekte gilt es nun zu überprüfen, inwiefern die angeführten Leistungen im Baubetrieb tatsächlich umgesetzt werden können. Während der Testphase wurde versucht möglichst viele der genannten Themenstellungen abzuarbeiten, wenngleich es im ersten Schritt nicht gelungen ist, alle Prozesslücken zu schließen. Es wurden bereits viele Fortschritte erzielt, jedoch wäre es eine Illusion zu glauben, gewohnte Prozesse durch ein neues System von heute auf morgen grundlegend zu verändern. Die Zielsetzung muss vielmehr lauten die Prozesse evolutionär weiterzuentwickeln, damit die Neu-Anwender, die mit der neuen Technologie konfrontiert sind, die Vorteile lukrieren können. Im Folgenden wird die IST-Prozesskette, sowie die DIGITALE-Prozesskette anhand eines Flussdiagrammes anschaulich dargestellt, um im darauffolgenden Kapitel 3.3 die wesentlichen Unterschiede herauszuarbeiten.

3.1 IST-Prozesskette

Die nachfolgend in Abb. 3.1 und Abb. 3.2 dargestellten Prozessketten basieren auf persönlichen Beobachtungen, Aufzeichnungen und Erkenntnissen im Rahmen der geführten Interviews in den Anhängen 1-11.

Die IST-Prozesskette bildet den Status quo der Abwicklung eines Asphalteinbauprojektes vom Zeitpunkt der Auftragserteilung bis zum Projektende ab. Am Beginn eines Projektes steht bei der IST-Prozesskette ein Kick-Off in Form eines Startgespräches. Im Rahmen dieses Gespräches geht das Projekt von der Kalkulation inkl. aller Kalkulationsansätze in die Hände des Bauleiters über. Mangels geeigneter Schnittstellen geschieht dies auf dem analogen Weg. Nachdem die Bauleitung mit dem Projekt betraut wurde, beginnt diese mit der Ressourcenplanung. Dazu wird auf Papier

¹⁵ QR-Code = Quick Response Code. Ist ein zweidimensionaler Code, welcher die codierten Daten binär darstellt. Durch eine Kamera oder einen Scanner und eine entsprechende Software können die codierten Daten decodiert werden. Entwickelt wurde diese Technologie 1994 durch das japanische Unternehmen Denso.

und/oder in Microsoft Excel und/oder in Microsoft Project geplant. Dabei kommt es darauf an, Mitarbeiter- und Gerätesourcen zu reservieren. Nachgelagert finden Belange der klassischen Arbeitsvorbereitung statt. Vorrangig werden hier die Bauablaufplanung, Materialplanung sowie die Transportplanung organisiert. Ressourcenplanung und Arbeitsvorbereitung werden von den Bauleitern in den selben Softwareprogrammen vorgenommen, sodass es hier zu keinem Systembruch kommt, da die Daten digital übertragen werden. Die beschriebenen Prozesse werden als Einbauplanung zusammengefasst und haben eine abgeschlossene Planung zum Ziel.

Zwischen der Einbauplanung und der Ausführung liegt die Kommunikation mit der Asphaltmischanlage, dem Mischguttransport und der Einbaupartie. Diese erfolgt durch die Bauleitung, z.B. über das Versenden von E-Mails und in Form von Telefonaten.

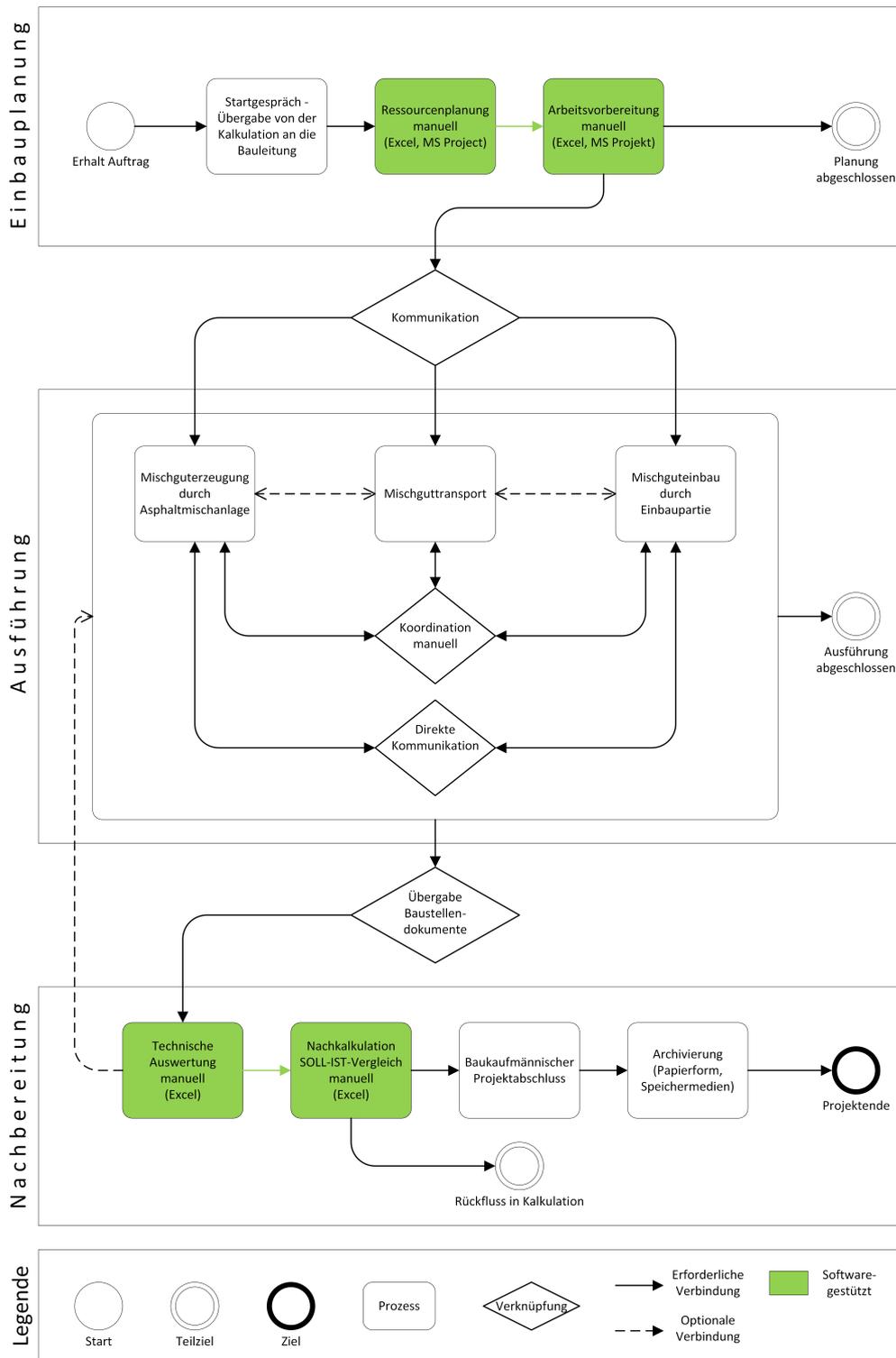
Die Ausführungsphase beginnt damit, dass in den Tagen vor dem geplanten Start der Baumaßnahme letzte, detaillierte Anweisungen an das Asphaltmischwerk, den Spediteur und die Einbaupartie per E-Mail oder Telefon ergehen. Die Mischguterzeugung ist über den Transport untrennbar mit dem Mischguteinbau verbunden. Alle drei Disziplinen sind direkt voneinander abhängig. Durch diese starke Vernetzung ist während des laufenden Einbaus eine intensive Kommunikation zwischen den Beteiligten notwendig. Gegenwärtig koordiniert der Bauleiter sämtliche Beteiligten telefonisch, zusätzlich stimmen sich die Einbaupartie und die Mischanlage auf direktem Wege ab. Die Lkw-Fahrer stehen als Bindeglied zwischen der Mischanlage und der Einbaupartie und kommunizieren mit beiden. Kommt es zu einer Änderung im Ablauf, muss der Bauleiter versuchen alle Beteiligten möglichst zeitgleich über diese zu informieren. Schwierig oder gänzlich unmöglich wird dieses Unterfangen, wenn sehr viele Lkws im Prozess involviert sind – vor allem, wenn nicht alle Handynummern bekannt sind. In den meisten Fällen ist dem so, daher funktioniert die Kommunikation über Umwege durch Weitergabe der Informationen über die Baustelle, die Mischanlage oder die Spediteure. Dadurch wird die Kommunikation nicht nur schwierig und fehleranfällig, sondern vor allem sehr träge. Nicht selten kommt es dabei, aufgrund von Baustellenlärm und Stresssituationen, zu akustischen Missverständnissen und Streitigkeiten im Nachhinein. Bis hin zur Materialendbestellung werden sämtliche Kommunikationsschritte telefonisch bzw. mündlich abgewickelt. Ziel dieser Phase der erfolgreiche Abschluss der Bauausführung.

Ähnlich dem Übergang zwischen Planung und Ausführung, findet auch zwischen Ausführung und Nachbereitung ein Zwischenschritt statt. Dabei geht es um die Übergabe bzw. Übertragung von Baustellendokumenten und Baustellendaten. Auf manuellem Wege werden am Ende eines Einbautages sämtliche Lieferscheine und Baustellentagesberichte physisch übergeben und etwaige Fotos elektronisch an den Techniker zur Auswertung gesendet.

Die Nachbereitung beginnt damit, alle physisch beim Techniker eingelangten Lieferscheine zu sortieren und in eine vorgefertigte Microsoft Excel-Tabelle einzutragen. Daten, welche bereits auf der Mischanlage digital vorgelegen sind, werden erneut digitalisiert. Dieser Arbeitsschritt ist nicht

nur ineffizient, sondern birgt auch ein großes Fehlerrisiko und die Gefahr von Informationsverlust in sich. Erst nach Abschluss der Dateneingabe kann die Tätigkeit der technischen Auswertung beginnen. Dabei werden die eingebaute Tonnage, Einbauzeit, eingebaute Strecke, Einbaugewicht, Rundenzeit etc. ermittelt und mit den Zielvorgaben verglichen. Kommt es dabei zu Abweichungen wird Ursachenforschung betrieben. Die Ergebnisse werden an die Ausführung weitergeleitet, um in weiterer Folge entsprechend reagieren zu können.

Nach Abschluss einer Baumaßnahme wird ein umfassender SOLL-IST-Vergleich der Kalkulationsansätze durchgeführt, um daraus für zukünftige Projekte zu lernen. Daraus gewonnene Erkenntnisse fließen zurück in die Kalkulationsabteilung des jeweiligen Unternehmens. Zum Zweck des kaufmännischen Projektabschlusses werden die Lieferscheine erneut manuell auf Konformität mit der Lieferscheinauflistung seitens des Mischwerkes kontrolliert. Ist das Projekt sowohl technisch, als auch kaufmännisch abgeschlossen, werden die Daten auf Speichermedien und in Papierform archiviert. Mit dem Abschluss der Nachbereitung ist das Projektende erreicht. Die Möglichkeit, das gesamte gesammelte Wissen zu einem späteren Zeitpunkt zu clustern, vollständig abzurufen und dem gesamten Unternehmen zugänglich zu machen ist damit stark eingeschränkt.



Quelle: [3]

Abb. 3.1: IST-Prozesskette nach Auftragserteilung

3.2 DIGITALE-Prozesskette

Die DIGITALE-Prozesskette bildet den Ablauf eines Asphalteinbauprojektes vom Zeitpunkt der Auftragserteilung bis zum Projektende ab. Das Flussdiagramm in Abb. 3.2 zeigt wie dieser nach der Einführung einer Prozessoptimierungssoftware im günstigen Fall ablaufen soll. Am Beginn eines Asphalteinbauprojektes steht bei der DIGITALEN-Prozesskette ein Kick-Off in Form eines Startgespräches. Im Rahmen dieses Gespräches geht das Projekt von der Kalkulation inkl. aller Kalkulationsansätze in die Hände des Bauleiters über. Die Einbauplanung startet mit der manuellen Eingabe der Projektdaten in die Software, da mangels geeigneter Softwareschnittstellen eine direkte Übernahme der Daten nicht möglich ist. Daraus werden die Ressourcenplanung (Personal- und Gerätesressourcen) und die Arbeitsvorbereitung (Bauablaufplanung, Materialplanung und Transportplanung) softwaregestützt abgeleitet. Durch die Eingabe der Daten in die Software, ist die Adaptierung in Falle einer Änderung im digitalen System einfach zu bewerkstelligen. Interne Ressourcen können im digitalen Prozess direkt mit der Software disponiert werden, außerbetriebliche Ressourcen müssen weiterhin extern angefragt werden.

Zur Verknüpfung der Einbauplanung mit der Ausführung bieten Softwarelösungen die Möglichkeit, automatisch, mit Daten aus der Planung befüllte, Dokumente zu erstellen oder diese per E-Mail zu versenden. Auch wenn zukünftig ein Großteil der Kommunikation vollautomatisch über elektronische Medien abgewickelt werden wird, wäre es realitätsfremd zu glauben, dass in naher Zukunft vollständig auf Telefonate oder persönliche Kommunikation in diesem Projektstadium verzichtet werden könnte.

Die Ausführungsphase beginnt beim digitalen Prozess mit dem Versenden der Zugangsdaten zur Prozessoptimierungssoftware, wenige Tage vor dem eigentlichen Einbau. Dabei werden die betreffenden Personen auf der Mischanlage, bei den Spediteuren und der Einbaupartie informiert. Je nach Kenntnisstand der Mitarbeiter bedarf es einer mehr oder weniger ausführlichen Einschulung. Vor allem in den Bereichen der Einbaupartie und des Asphaltmischwerkes wird nach kurzer Zeit eine Routine einstellen, wenn diese regelmäßig mit der Software arbeiten. Die Mischguterzeugung ist über den Transport untrennbar mit dem Mischguteinbau verbunden, alle drei Disziplinen sind direkt voneinander abhängig. Durch diese starke Vernetzung ist während des laufenden Einbaus eine intensive Kommunikation zwischen den Beteiligten notwendig. Müssen wichtige Mitteilungen getätigt werden oder kommt es zu Änderungen im Bauablauf, ist es die Aufgabe des Bauleiters möglichst alle Beteiligten zeitgleich zu informieren. Da diese Utopie nicht erfüllt werden kann, schafft die Prozessoptimierungssoftware Abhilfe. Die Mischguterzeugung, der Mischguttransport und der Mischguteinbau hängen systemisch betrachtet in der DIGITALEN-Prozesskette zusammen. Die drei Disziplinen werden hier in einem Kreislauf angeordnet dargestellt, in dessen Mitte die Prozesssteuerungssoftware steht. Die Software versucht den Einbau anhand der geplanten Parameter abzuwickeln und reagiert in Echtzeit auf die Gegebenheiten rund um das Baugeschehen. Dabei erfolgt die gesamte Kommunikation und Dokumentation über die Software. Der entscheidende Vorteil bei der softwaregestützten Kommunikation über Textnachrichten ist,

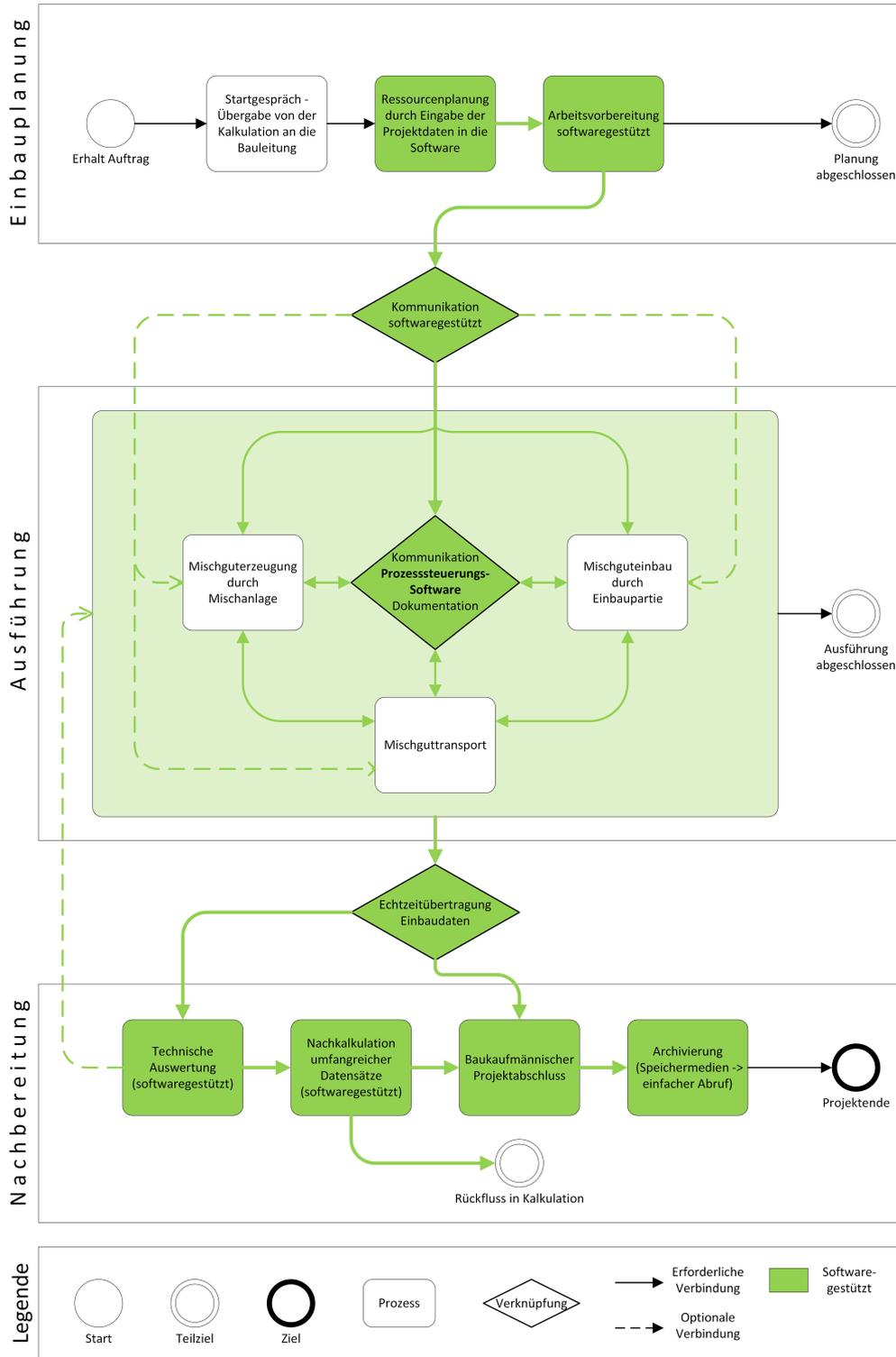
dass durch das Versenden einer Nachricht sowohl Einzelpersonen, Gruppen als auch sämtliche Beteiligte zeitgleich kontaktiert werden können. Akustischen Missverständnissen auf der Baustelle durch Baustellenlärm kann somit vorgebeugt werden. Zusätzlich wird die Kommunikation mit Zeitstempeln versehen dokumentiert und bietet damit Nachvollziehbarkeit. Nicht minder hilfreich im Nachgang, besteht durch den Einsatz von Tablets und Smartphones die Möglichkeit, Geschriebenes an Ort und Stelle mit Fotoaufnahmen zu untermauern und als Baustellendokumentation zu verwenden. Die Prozesssteuerungssoftware verrichtet ihre Arbeit im Hintergrund und nimmt so merklich spürbar Druck von Bauleiter und Polier (mündliche Aussage Anhang 1, Frage 7 und Anhang 2, Frage 11+12). Dadurch werden Kapazitäten frei und die betreffenden Personen sind in der Lage sich um andere Dinge zu kümmern. Zudem behält der Bauleiter ständig den Überblick über den aktuellen Baufortschritt, selbst wenn er nicht vor Ort sein kann und wiederkehrende Telefonate mit der Baustelle diesbezüglich erübrigen sich. Sollte dennoch das Eingreifen des Bauleiters erforderlich werden, kann dies entsprechend ruhiger vonstattengehen, da der softwaregestützte Einbau im Regelfall insgesamt geordneter abläuft. Bis hin zur Materialendbestellung kann auf diese Art und Weise die Ausführungsphase kontrolliert zu einem Ende gebracht werden.

Durch die Übertragung sämtlicher Einbaudaten in Echtzeit ist die Verknüpfung zwischen Ausführung und Nachbereitung als permanenter Prozess zu betrachten.

Durch die Echtzeitübertragung der Daten stehen unmittelbar nach dem Einbau des letzten Lkws sämtliche Einbaudaten für die Nachbereitung zur Verfügung. Eine Eingabe von Lieferscheindaten entfällt gänzlich und somit ist die technische Auswertung softwaregestützt in wenigen Minuten erledigt. Der Techniker kann sich auf seine Kerntätigkeit konzentrieren, die richtigen Schlüsse aus den Auswertungen ziehen, notwendige Adaptierungen unmittelbar in der Software vornehmen und die Baustelle darüber informieren. Durch die schnelle Verfügbarkeit der Auswertungen können diese täglich und vollumfänglich erstellt werden.

Diese Tatsache wirkt sich nicht nur unmittelbar positiv auf einen andauernden Einbau aus, sie ist auch Grundlage für eine ebenso eine schnelle und umfangreiche Nachkalkulation in Form eines SOLL-IST-Vergleiches. Die generierten Daten fließen in die Kalkulationsabteilung des Unternehmens zurück. Parallel zum laufenden technischen Projektabschluss kann der Baukaufmann bereits am kaufmännischen Projektabschluss arbeiten, da er Zugriff auf alle digitalen Lieferscheine hat und nicht den unternehmensinternen Dokumentenlauf abwarten muss. Im Idealfall werden die kaufmännischen mit den technischen Daten zusammengeführt und in der unternehmensweit angewandten Datenbank der Software abgelegt. So steht das Wissen aus abgewickelten Projekten sämtlichen Kalkulanten und Bauleitern für zukünftige Projekte zur Verfügung.

Dadurch ist die Software imstande über das Projektende des Einzelprojektes einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg eines Unternehmens zu leisten.



Quelle: [3]

Abb. 3.2: DIGITALE-Prozesskette nach Auftragserteilung

3.3 Gegenüberstellung der Prozesse

Dieser Abschnitt fasst die Unterschiede zwischen dem Status quo und dem zukünftig digitalen Prozess des Asphaltstraßenbaus zusammen.

Bei der genauen Betrachtung der beiden Flussdiagramme in Abb. 3.1 und Abb. 3.2 wird ersichtlich, dass die Bauprozesse, welche dem Gesamtprojekt „Asphaltierung einer Straße“ zugrunde liegen, exakt gleichbleiben.

Sowohl die Ziele, als auch die Teilziele sind dieselben, lediglich der Weg zur Erreichung dieser unterscheidet sich merklich. Während der IST-Prozess überwiegend analog organisiert und nur in Teilbereichen digitalisiert (grün) ist, ist beim DIGITALEN-Prozess eine durchgehend digitale Prozesskette (grün) erkennbar. Systembrüche und dadurch begründete Ineffizienzen und Fehlergefahren werden eliminiert.

Durch die Digitalisierung des Prozesses werden Planungs-, Koordinations- und Kommunikationsaufgaben für den Bauleiter erleichtert. Darauf und vor allem auf die ganzheitliche Abwicklung des Prozesses in einem Tool zielt der Einsatz einer Prozesssteuerungssoftware ab. Die Auflistung der erwartbaren Vorteile durch den Einsatz digitaler Systeme – am Beginn des aktuellen Kapitels – wird in Kapitel 4.5 auf ihr Eintreten überprüft.

Auf welche Art und Weise verschiedene Softwareanbieter die Umsetzung der DIGITALEN-Prozesskette interpretieren und welche Anforderungen dadurch an Mensch und Maschine gestellt werden, wird im nachfolgenden Kapitel 4 ausführlich behandelt.

Kapitel 4

Systemanalyse

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit der Marktanalyse potentieller Anbieter von Softwarelösungen zur digitalen Prozessunterstützung im Asphaltstraßenbau und der detaillierten Systemanalyse zweier gewählter Systeme.

Zunächst wurde am Markt nach einer passenden Softwarelösung gesucht, wobei sich folgende vier Unternehmen – mit dem jeweiligen Produkt – herauskristallisiert haben:

- hiQ solutions GmbH – Q ASPHALT [27]
- PRAXIS Software AG – VEGAS Takt [28]
- Volz Consulting GmbH – BPO ASPHALT [30]
- WIRTGEN GROUP Holding GmbH – WITOS Paving [25]

Nach gründlicher Recherche wurden die Softwarelösungen der Hersteller hiQ solutions GmbH und Volz Consulting GmbH für einen Testbetrieb bei Pilotprojekten ausgewählt. Die Entscheidung zugunsten dieser beiden Marktanbieter ist aufgrund eines Kriterienkatalogs seitens der PORR Bau GmbH gefällt worden.

Anmerkung: Nachfolgend wird die Entscheidung der PORR Bau GmbH begründet. Es wird betont, dass es sich um ein subjektives Auswahlverfahren handelt, welches auf unternehmensinternen Strukturen beruht. Die Ausschlusskriterien für die beiden anderen Softwarelösungen, betreffen daher nur die PORR Bau GmbH und haben keine allgemein gültige Relevanz.

Die Wahl fiel auf die Systeme Q ASPHALT¹⁶ und BPO ASPHALT¹⁶, weil diese über ein durchgängiges, vom Maschinenhersteller unabhängiges, Gesamtsystem von der Planung bis zum abgeschlossenen Einbau verfügen. Das System Q ASPHALT hat mit der Firma Batsch Waagen & Elektronische Datenverarbeitung (EDV) Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft (GmbH & Co KG) einen starken Kooperationspartner gefunden.

¹⁶ Aus rechtlichen Gründen werden Screenshots aus der Software in dieser Arbeit nicht in voller Auflösung dargestellt.

Sämtliche Mischanlagen der PORR Bau GmbH sind mit Waagensystemen samt dazugehörigen Softwarelösungen der Firma Batsch Waagen & EDV GmbH & Co KG ausgestattet. Daher ist eine Auswahl von Q ASPHALT naheliegend.

Das System BPO konnte vor allem mit einem umfangreichen Leistungsspektrum und namhaften Referenzen überzeugen.

WITOS Paving ist für den Einsatz in einen Konzern mit verschiedenen Fertigerfabrikaten ungeeignet, da es nur mit Vögele Fertigern kompatibel ist.

Das System VEGAS Takt genügt den von der PORR Bau GmbH gestellten Leistungsanforderungen ebenfalls nicht. Trotz vierjähriger Marktpräsenz sind von der PORR Bau GmbH geforderte Referenzen nicht vorhanden.

Ein weiteres Auswahlkriterium für die PORR Bau GmbH bestand darin, dass die gewählten Anbieter auch Softwarelösungen in anderen Baubereichen anbieten sollten. Dabei geht es vor allem um Bauprozesse, bei denen die Transportlogistik für den Erfolg einer Baumaßnahme von Bedeutung ist, wie dies beispielsweise bei großen Massenbewegungen im Erdbau oder bei umfangreichen Betoniermaßnahmen der Fall ist. Da dieses Kriterium sowohl von hiQ solutions GmbH als auch Volz Consulting GmbH erfüllt wurde, wurden diese beiden Unternehmen für den weiteren Entscheidungsverlauf ausgewählt.

Anmerkung: Nachfolgend wird für das Produkt Q ASPHALT vom Unternehmens hiQ solutions GmbH die Kurzform „hiQ“ verwendet. Für das Produkt BPO ASPHALT vom Unternehmen Volz Consulting GmbH wird die Kurzform „BPO“ verwendet.

4.1 Analyse – System Q ASPHALT (hiQ solutions GmbH)

Das System Q ASPHALT von der hiQ solutions GmbH verknüpft alle Glieder der Wertschöpfungskette logisch anhand ihrer Plandaten miteinander. Das System arbeitet app- und webbasiert auf Smartphones und Tablets der Betriebssysteme Android und iOS, die Planung findet am Personal Computer (PC) statt. Die Vielzahl der möglichen Kommunikationskanäle ermöglicht einen einfachen, ständigen Informationsaustausch zwischen allen Beteiligten. Dafür werden sämtliche, mit dem Einbau betraute Personen bzw. Personengruppen (Bauleitung, Asphaltmischwerk, Lkw-Fahrer, Einbaupartie) mit geeigneten Endgeräten ausgestattet oder es werden die bereits vorhandenen Geräte verwendet. Bei laufendem Einbau werden die Planwerte um Echtzeitdaten, wie z.B. Lieferscheindaten und GPS-Informationen, ergänzt und ermöglichen dadurch einen fortlaufenden SOLL-IST-Vergleich und eine permanente, dynamische Projektsteuerung. Der Vorteil der Software liegt darin, dass die Software den Bauablauf rückwärts aufrollen kann. Das System berechnet den ganzen Prozess bis zur AMA neu, sollte ein Parameter nicht dem Sollwert entsprechen. Q ASPHALT versteht sich als ein System, welches über die Bereitschaft aller Beteiligten, sich zu einem gemeinsamen Bauablauf zu bekennen, funktioniert. Es erlaubt den Beteiligten jederzeit, durch das Bereitstellen prozessrelevanter Informationen, den Ablauf zu optimieren indem die Pläne durch das System dynamisch neu kalkuliert werden. Diese Her-

angehensweise erlaubt den effektiven und effizienten Einsatz von Ressourcen und Stillstände, welche die Qualität der Asphaltoberfläche beeinträchtigen, werden minimiert. Auf diese Art und Weise erfolgt von der Planung über die Ausführung eine lückenlose Dokumentation und Leistungserfassung, welche durch eine abschließende Nachkalkulation vervollständigt werden kann [17, S. 309 ff.].

4.1.1 Systembeschreibung

Das System Q ASPHALT wurde auf der Baustelle A5 im Zeitraum von 28. August bis 15. September 2017, 14 Tage lang unter persönlicher Aufsicht und Dokumentation des Verfassers getestet (siehe Anhang 12). Weitere sechs Testtage wurden unter Fernaufsicht im Zeitraum von 18. bis 26. September 2017 durchgeführt.

Hardware

Folgende Hardware wurde dabei von hiQ solutions GmbH bereitgestellt

- Mobiles Endgerät:
 - Samsung Galaxy Xcover (Smartphone)
 - Samsung Galaxy Tab Active (Tablet)
- Befestigung: Tablethalterung mit Saugnapf
- Zubehör: Powerbank, Netzteile, Ladekabel

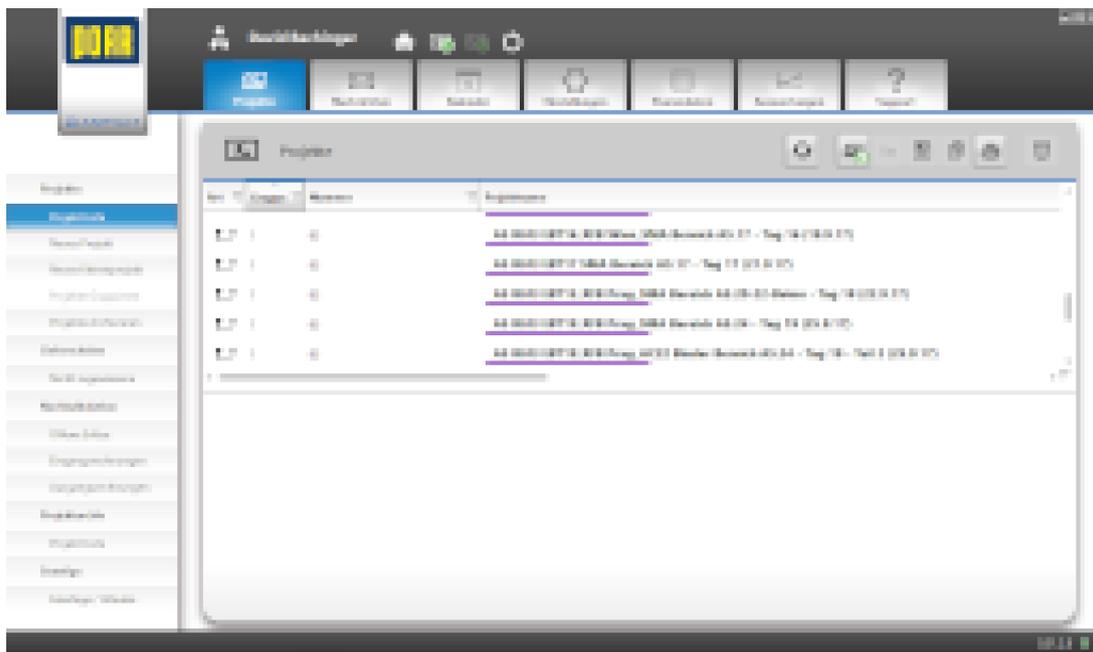
Basiswissen

Der nun folgende Abschnitt stellt die prinzipielle Funktionsweise der Optimierungssoftware von hiQ solutions GmbH dar. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass kein Anspruch auf eine vollständige Schritt-für-Schritt-Anleitung erhoben wird, dazu wird auf das Benutzerhandbuch der Software verwiesen. Vielmehr geht es darum, einen Überblick über die Software von der Planung über den Einbau bis zur Auswertung einer Baustelle zu geben und positive sowie negative Punkte aufzuzeigen.

Die Einbauplanung einer Asphaltbaustelle erfolgt zunächst auf einem PC. Dazu muss eine - Planungssoftware, welche vom Hersteller (hiQ solutions GmbH) zur Verfügung gestellt wird, installiert werden. Dabei ist die Software von hiQ solutions GmbH die einzige, die als Planungssoftware kompatibel ist und verwendet werden kann. Während der Testphase war diese ausschließlich für das Betriebssystem Windows verfügbar.

Initial wird vom Softwarehersteller ein Benutzername inkl. Kennwort mit Administratorrechten an den Projektverantwortlichen vergeben. Der Administrator ist dann in weiterer Folge in der Lage je nach Bedarf zusätzliche Benutzer mit unterschiedlichen Rollenzuordnungen anzulegen. Nach erfolgreicher Installation der Software und dem Login mit den zugewiesenen Zugangsdaten erscheint für den Nutzer die in Abb. 4.1 dargestellte Startseite. Im oberen Bereich der Ansicht

sind sieben verschiedene Registerkarten („Projekte“, „Nachrichten“, „Kalender“, „Einstellungen“, „Stammdaten“, „Auswertungen“, „Support“) auszuwählen, je nach gewählter Registerkarte verändert sich der Navigationsbereich im linken Bereich der Ansicht. Im Folgenden werden die wichtigsten Registerkarten detailliert erläutert. Die nicht erwähnten Registerkarten sind für die grundlegende Funktion der Software von untergeordneter Bedeutung und erschließen sich dem softwareaffinen Anwender bei vermehrter Nutzung von selbst. Der in Abb. 4.1 gezeigte Startbildschirm entspricht zugleich der Registerkarte „Projekte“. Hier können sämtliche in Planung bzw. Ausführung befindliche, als auch abgeschlossene Projekte aufgerufen werden, die vom Nutzer erstellt wurden. Durch einen Doppelklick auf ein Projekt gelangt man in die Detailansicht.

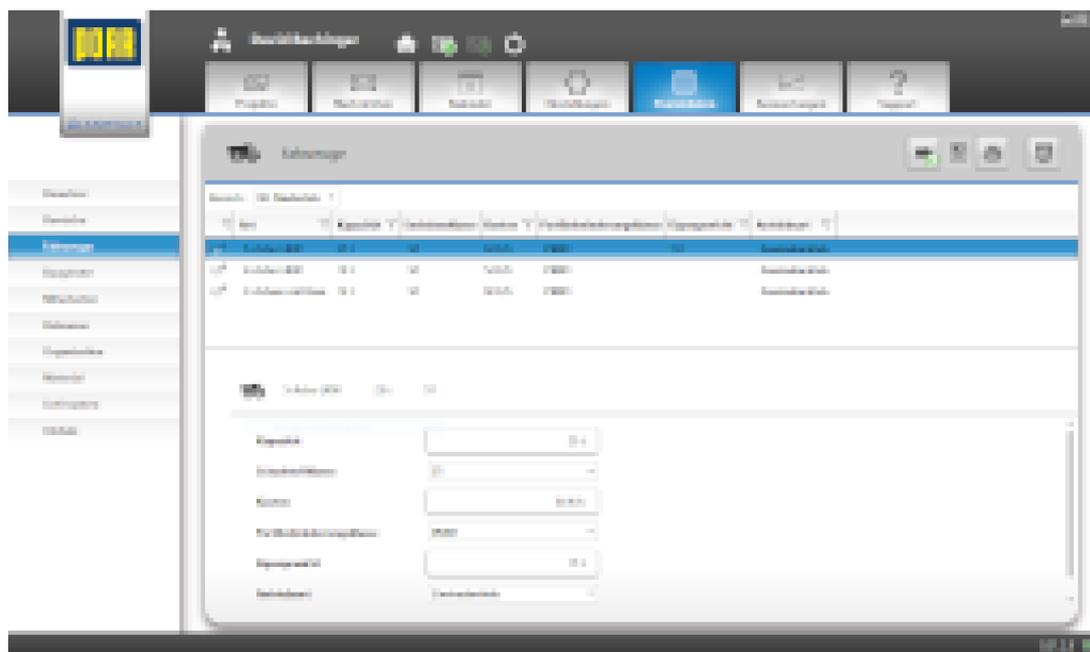


Quelle: [20]

Abb. 4.1: Q ASPHALT Startbildschirm mit Projektübersicht

Um ein Projekt auswählen und bearbeiten zu können, bedarf es zunächst der Erstellung eines ebensolchen. Bevor ein neues Projekt angelegt werden kann, müssen eine Reihe von Stammdaten angelegt werden. Dazu wird die Registerkarte „Stammdaten“ aufgerufen. In der Navigationsleiste links, die in Abb. 4.2 zu finden ist, sind alle Stammdatenkategorien aufgelistet.

Es ist ratsam die Eingabe der Firmenstammdaten sorgfältig vorzunehmen und immer auf dem aktuellen Stand zu halten. Dadurch können zu einem späteren Zeitpunkt Unannehmlichkeiten bei der Planung aufgrund fehlender oder unzureichend gepflegter Stammdaten vermieden werden. Die Einträge in der Navigationsleiste der Registerkarten sind im gesamten Planungsprogramm logisch von oben nach unten miteinander verknüpft. Daher ist es ratsam die Eingabe sämtlicher



Quelle: [20]

Abb. 4.2: Q ASPHALT Registerkarte Stammdaten

Stammdatenkategorien der Reihe nach von oben nach unten – wie die linke Navigationsleiste in Abb. 4.2 aufzählt – vorzunehmen.

In der Kategorie „Benutzer“ können vom Administrator weitere Benutzer mit verschiedenen Rollen- bzw. Bereichszuordnungen angelegt werden. Die neuen Benutzer werden mit Username, Passwort, Vornamen, Nachnamen, IMEI¹⁷ (im Falle eines mobilen Endgerätes) sowie einer Farbzusammenhang registriert. Zudem können jedem Nutzer eine oder mehrere vordefinierte Rollen zugeordnet werden. Diese Rollen umfassen „Projektleiter“, „Polier“, „Walzenfahrer“, „Lkw-Fahrer“, „Fertigerfahrer“, „Administrator“, „Poweruser¹⁸“, „Bauleiter“, „Bohlenmann¹⁹“ und „Mischmeister“. Nachdem im nächsten Schritt Bereiche definiert wurden, können diese später den einzelnen Benutzern zugeordnet werden.

In der Kategorie „Bereiche“ können beispielsweise Baugebiete oder Niederlassungen definiert werden, die der Firmenstruktur entsprechen. Zusätzlich können hier Festlegungen zum Thema Arbeitszeiten (Mannschaft, Lkw-Fahrer) und Eigenüberwachung (Überwachungsintervall von Einbaudicke, Ebenheit, Verdichtungsgrad, etc.) getroffen werden.

In der Kategorie „Fahrzeuge“ werden die Fahrzeugdaten der Lkws festgelegt. Entscheidend ist hierbei die Ladekapazität je Lkw-Type. Beispielsweise ist dieser Reiter in Abb. 4.2 geöffnet.

¹⁷ International Mobile Equipment Identity.

¹⁸ Die Benutzer die sich – im Vergleich zu anderen Nutzern – intensiv mit der Software beschäftigen.

¹⁹ In Deutschland gebräuchliches Wort für Bohleneinsteller.

In der Kategorie „Baugeräte“ können verschiedene Fertiger und Walzen angelegt werden. Vor allem bei der Eingabe der Spezifikationen des Straßenfertigers ist Sorgfalt angebracht. Die Richtigkeit der Angaben über die Arbeitsbreite sowie die Fertigergeschwindigkeit sind in diesem Zusammenhang von enormer Bedeutung, da der Straßenfertiger als Schlüsselgerät über die Leistung der gesamten Baumaßnahme entscheidet.

In der Kategorie „Mitarbeiter“ können Listen über Mitarbeiter inkl. Personal- und Kontaktdaten sowie Bereichszuordnung und deren Funktion im Prozess geführt werden.

In der Kategorie „Kolonnen“ können die, zuvor in der Kategorie „Mitarbeiter“ angelegten, Personen einzelnen Kolonnen zugeordnet werden.

In der Kategorie „Organisation“ ist es möglich ein Firmenlogo hochzuladen.

In der Kategorie „Material“ können die verschiedenen Mischgutsorten mit ihren Eigenschaften (minimale / maximale Einbaudicke, Lastklassen, Verwendung, Wichte etc.) angegeben werden. Dabei wird zwischen den beiden Unterkategorien Planmaterial und Anlagenmaterial unterschieden. Im Bereich Planmaterial kann die gesamte Palette an Mischgutsorten eingegeben werden. Im Bereich Anlagenmaterial erfolgt, nach dem Erstellen von Mischanlagen in der Kategorie „Lieferanten“, eine detaillierte Zuordnung welches Mischgut von welcher Mischanlage bezogen werden kann. Dabei ist zu beachten, dass die Listennummer im Bereich Anlagenmaterial der von der Mischanlage zugewiesenen Materialnummer entspricht. Mit dieser Übereinstimmung ist eine eindeutige Materialzuordnung in der Software möglich.

In der Kategorie „Lieferanten“ werden AMAs, Spediteure und andere Subunternehmer eingegeben. Wichtig sind hierbei vor allem die AMAs, da ihre Leistungskennwerte und ihre Standorte ausschlaggebend für die Prozessleistung sind. Im Bereich Lkw-Lieferanten können die Namen der Spediteure samt deren Fuhrpark eingegeben werden, im Bereich Subunternehmer können die Kontaktdaten von Subunternehmern hinterlegt werden.

In der Kategorie „Globals“ können separiert nach Baugebieten globale Einstellungen zu Zeiten und Kosten definiert werden. Unter Zeiten werden die Umsetzzeiten von Fertigern in Abhängigkeit von der Umsetzdistanz festgelegt. Unter Kosten sind die Kosten für Fertiger, Walzen und Lkws in einer Übersicht dargestellt und können dort auch verändert werden. Hierbei fließen der Stundensatz [€/h], die Pauschale/Baustelleneinsatz [€] und der Stundensatz [€/h] ein.

Das Hinterlegen der Kosten in den Kategorien Mitarbeiter, Baugeräte, Materialien und Lieferanten ist ein besonderes Merkmal der Software Q Asphalt. Dadurch wird der Software erlaubt, eine Kostenprognose für die jeweilige geplante Baumaßnahme abzugeben. Diese Option ermöglicht dem Planer in späterer Folge verschiedene Varianten nicht nur aufgrund von technischen Aspekten, sondern auch aufgrund von finanziellen Aspekten zu bewerten. Es ist allerdings kein Muss

sämtliche Kosten ins System einzupflegen, genauso wenig wie das Hinterlegen sämtlicher möglicher Datensätze in anderen Kategorien. Wenn Pflichtfelder in einer Kategorie vorhanden sind, weist das System spätestens vor dem Abspeichern darauf hin.

Die Eingabe der Firmenstammdaten ist einmalig und sorgfältig vorzunehmen. Nach erfolgter Eingabe stehen die Daten für alle zukünftigen Projekte zur Verfügung, es bedarf jedoch laufender Aktualisierung der Stammdaten um eine einwandfreie Funktion der Software zu gewährleisten.

Projektplanung

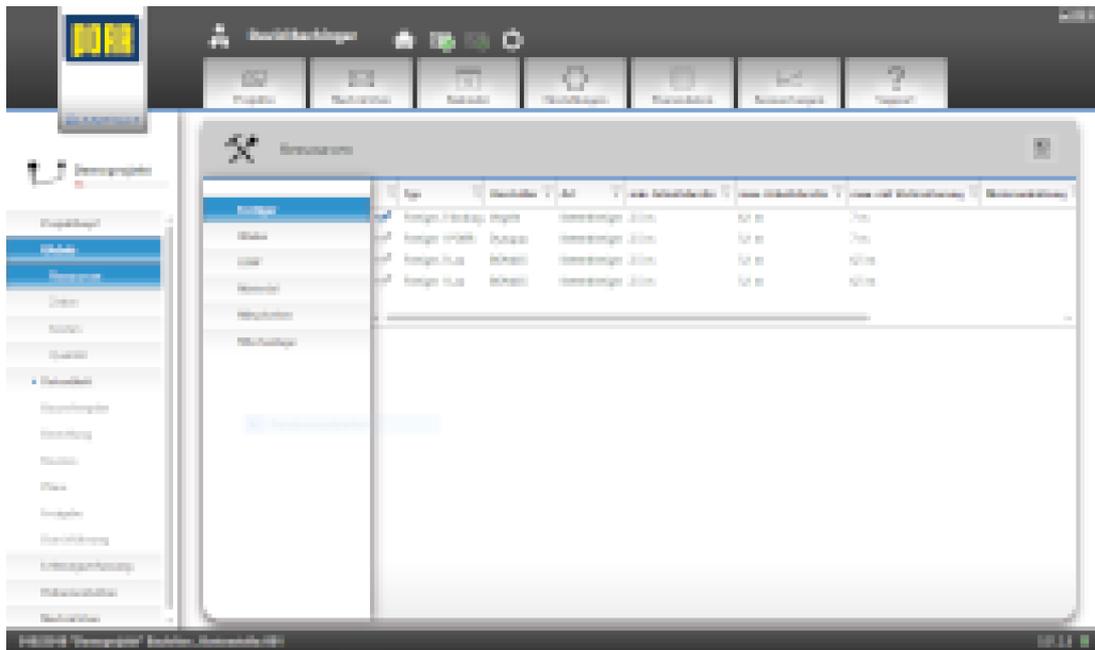
Nachdem die Eingabe der Stammdaten abgeschlossen ist, kann mit der Planung eines Projektes begonnen werden. Ein neues Projekt kann angelegt werden, indem auf das Symbol „Neues Projekt“ im oberen Bildschirmbereich neben dem Benutzernamen geklickt wird. Zusätzlich besteht die Möglichkeit ein neues Projekt in der Registerkarte „Projekte“ zu starten. Dort ist es auch möglich ein bereits bestehendes Projekt zu kopieren.

Zu Beginn müssen in der Kategorie „Projektkopf“ die Eckdaten des Projekts eingegeben werden. Die wichtigsten sind: Projektname, Projektnummer, Ort, Baubeginn, Bauende, Auftraggeber und Bauleiter.

Wie in Abb. 4.3 ersichtlich können in der Kategorie „Globals“ die zuvor in den Stammdaten angelegten Ressourcen ausgewählt und dem neuen Projekt zugeordnet werden. Des Weiteren können Einstellungen zu Zeiten, das aktuelle Projekt betreffend, getroffen werden. In einem sehr hohen Detailgrad besteht hier die Möglichkeit Fahrzeiten, Verweilzeiten, Rüstzeiten, Arbeitszeiten und Umsetzzeiten projektspezifisch anzupassen. Außerdem können hier zudem individuelle Kostenanpassungen sowie Art und Umfang der Qualitätskontrollen festgelegt werden.

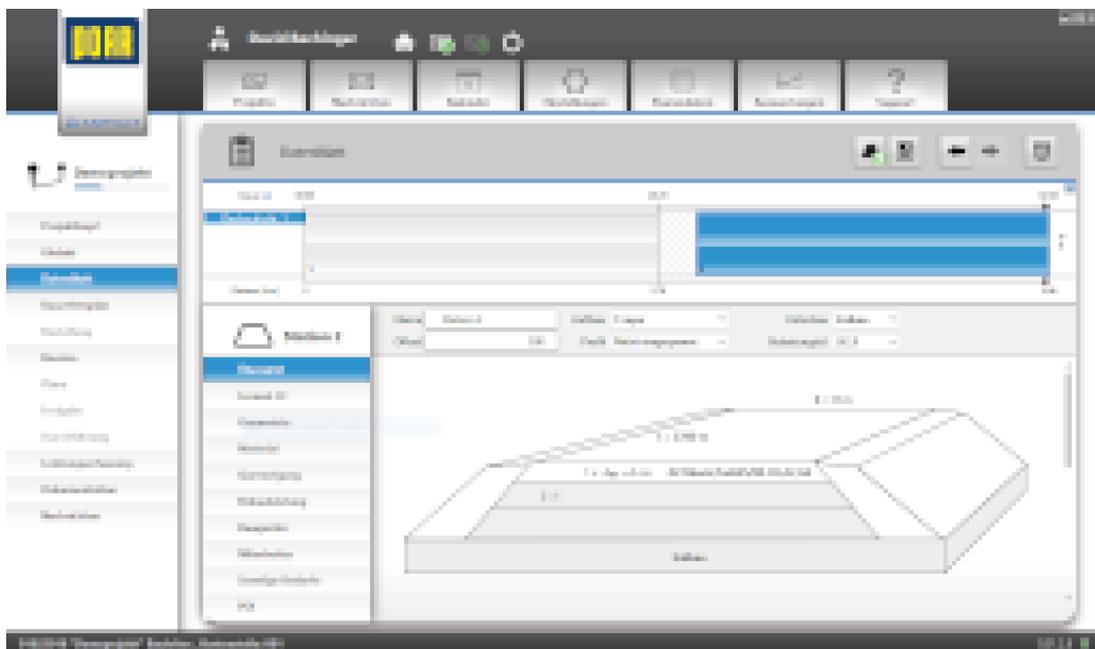
Wie in Abb. 4.4 ersichtlich, erfolgt die Eingabe der Straßengeometrie in der Kategorie „Datenblatt“ entweder über die sog. Formel 23²⁰ oder direkt über die Geometrie der einzelnen Stationen. Dabei werden die technischen Abmessungen des Asphaltüberbaus eingegeben – ein Import der Geometrie aus anderen Programmen bzw. eine Modellierung des Unterbaus ist nicht möglich. Des Weiteren wird das Material der jeweiligen Schichten und die Querneigung definiert. Hier gibt es zusätzlich die Möglichkeit Parameter bezüglich der Einbauleistung zu ändern oder Adaptierungen bei den Baugeräten und Mitarbeitern vorzunehmen. Schließlich können auch noch sonstige Bedarfe (z.B. Verkehrssicherung, Waschen, Reinigen, etc.) und POIs hinterlegt werden. Abbildung 4.4 zeigt die Übersicht einer bereits erfolgten Eingabe der Geometrie einer ausgewählten Station.

²⁰ Diese Bezeichnung bezieht sich auf die fortlaufende Formelnummerierung des Dokuments REB-VB (Regelungen für die elektronische Bauabrechnung-Verfahrensbeschreibung) 23.003 des deutschen Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ab. Die Formel mit der Nummer 23 steht dabei in diesem Dokument für die Flächen- oder Mengenermittlung aus Querprofilen.



Quelle: [20]

Abb. 4.3: Q ASPHALT Projektplanung



Quelle: [20]

Abb. 4.4: Q ASPHALT Eingabe der Straßengeometrie

Beim Aufrufen der nächsten Kategorie „Bauzeitenplan“ können Einstellungen zu Arbeitszeiten und Festlegungen zur Lkw-Anzahl und Tonnenleistung getroffen werden. Anschließend wird auf Basis aller bisher eingegebenen Projektdaten ein Bauzeitplan erstellt. Dieser wird wahlweise in tabellarischer Form oder als Timeline²¹ angezeigt. Aus dem Bauzeitplan kann der prognostizierte Bauablauf abgelesen werden. Sollte dieser in zeitlicher Hinsicht nicht den Anforderungen des Anwenders genügen, können die zuvor getätigten Einstellungen adaptiert werden und im Anschluss ein neuer Bauzeitplan berechnet werden. Auf diese Weise hat der Anwender die Möglichkeit den Bauablauf zu optimieren.

In der Kategorie „Bestellung“ werden die Bestellmengen der einzelnen Materialien aufgelistet und vom Planer bestätigt. Für die gesamte Bestellung muss zudem eine Auftragsnummer vergeben werden, welche mit dem Mischwerk abgestimmt ist, damit die digitalen Lieferscheine im System der richtigen Baustelle zugeordnet werden können. Zusätzlich werden hier erneut sämtliche Baugeräte, Mitarbeiter und sonstigen Bedarfe – beispielsweise Verkehrssicherung, Randsteine setzen, Reinigen, Waschen, etc. – aufgelistet.

In der Kategorie „Routen“ stehen dem Planer eine detaillierte Beschreibung der Transportrouten samt zeitlicher Abfolge zur Verfügung. In einem Kartenausschnitt sind alle POIs (u.a. die Mischanlagen sowie Baustellenbeginn und Baustellenende) dargestellt und die vorgeschlagenen Routen sind eingetragen. Die Routen können über das Hinzufügen von Wegpunkten verändert werden bzw. können eine Reihe weiterer POIs in der Karte hinzugefügt werden.

In der Kategorie „Pläne“ sind zusätzliche Pläne, welche im Zuge der Berechnung des Bauzeitplanes generiert wurden, abrufbar. Dazu zählen der Einbauplan für die Baustelle, der Transportplan für die Frächter, der Produktionsplan für die AMA, ein Mitarbeiter- & Geräteinsatzplan für den Bauleiter und ein Prüfplan für die Verdichtungskontrolle. Es besteht die Möglichkeit sämtliche Pläne in Microsoft Excel zu exportieren und an die entsprechenden Personen weiterzuleiten, ohne dass diese über einen Systemzugang verfügen müssen.

In der Kategorie „Freigabe“ wird je nach Projektfortschritt der jeweilige Projektstatus zugeordnet. Folgender Status kann definiert werden:

- Planung abschließen
- Projekt durchführen
- Projekt technisch abschließen
- Projekt kaufmännisch abschließen
- Projekt archivieren

²¹ Zeitstrahl.

Der jeweilige Status steht in einem definierten Zusammenhang mit anderen, das heißt (d.h.) der nachfolgende Status kann erst freigeschaltet werden, wenn der vorherige erreicht worden ist. Die Planung muss demnach abgeschlossen sein, bevor das Projekt in Durchführung gehen kann. Für eine IST-Daten Erfassung ist der Status „Projekt durchführen“ eine Voraussetzung. Nach dem Abschluss einer Baustelle wird das Projekt sowohl technisch als auch kaufmännisch abgeschlossen und kann später archiviert werden. Mit zunehmendem Projektfortschritt können merklich weniger Parameter verändert und Daten bearbeitet werden. In der Software wird detailliert beschrieben, wie sich das Ändern des Status auf den weiteren Projektverlauf und die Bearbeitungsmöglichkeiten auswirkt. Beispielsweise impliziert der Status „Kaufmännisch abschließen“, dass Projekte (Leistungserfassung, Eingangs- und Ausgangsrechnungen) nicht mehr bearbeitet werden können.

Über die Funktion „Projektstatus zurücksetzen“ kann jederzeit zu einem vorhergehenden Projektstatus zurückgekehrt werden, sodass Änderungen noch nachträglich vorgenommen werden können. Allerdings ist dabei zu beachten, dass eventuell bereits gespeicherte Daten verloren gehen bzw. Planungsdaten verändert werden können.

In der Kategorie „Durchführung“ befinden sich bis auf den Mitarbeiter- & Geräteeinsatzplan dieselben Pläne wie in der Kategorie „Pläne“. Der wesentliche Unterschied dabei ist, dass die Kategorie „Durchführung“ im Gegensatz zur Kategorie „Pläne“ mit IST-Daten der Baumaßnahme befüllt ist. Somit können die Daten erst nach der erfolgten Baumaßnahme eingetragen werden. Mit diesen Werten kann ein SOLL-IST-Vergleich vorgenommen werden.

In der Kategorie „Leistungserfassung“ werden im Nachgang alle beteiligten Mitarbeiter, Geräte sowie Materialflüsse und sonstige Bedarfe (z.B. Verkehrssicherung, Waschen, Reinigen, etc.) aufgelistet. Außerdem gibt es in dieser Kategorie die Möglichkeit einer ausführlichen Nachkalkulation, der Erfassung von Eingangs- und Ausgangsrechnungen sowie des IST-Aufmaßes. Viele Datensätze werden dabei automatisch aus den Plan-Daten bzw. den IST-Daten aus der Bauausführung generiert. Diese Datensätze können hier weiterbearbeitet und ergänzt werden. Andere Datensätze wie Eingangsrechnungen, Ausgangsrechnungen, IST-Aufmaß, Erlöse etc. müssen in jedem Fall eingegeben werden um eine vollständige Nachkalkulation zu erhalten.

In der Kategorie „Dokumentation“ findet der Nutzer eine Reihe von vorgefertigten Verträgen, Prozessunterlagen, Checklisten und Sicherheitsdatenblättern. Diese Dokumente liegen als Portable Document Format (PDF)-Dateien vor und können direkt heruntergeladen und übernommen werden.

In der Kategorie „Nachrichten“ werden Nachrichten aufgelistet, sofern diese im Baustellenbetrieb verfasst wurden. Diese können nach verschiedenen Kategorien gefiltert werden.

Ausführung

Nachdem ein Projekt auf den Status „Projekt durchführen“ gesetzt wurde, kann es in Ausführung gehen. Dies muss vom Ersteller der Einbauplanung durchgeführt werden und ist unbedingt erforderlich, da ansonsten keine Echtzeitdaten-Erfassung stattfinden kann.

Zu Beginn der Rüstzeit des Fertigers muss die Hardware (Samsung Galaxy Tab Active inkl. Halterung) an einer geeigneten Position am Fertiger montiert werden. Als besonders geeignet hat sich dabei die Montage im Bereich des Bedienpults (in Fahrtrichtung links) herauskristallisiert (siehe Abb. 4.5 und Abb. 4.6). Von dieser Position ist es möglich, das für die Eingabe erforderliche, Kennzeichen des Lkws besonders leicht einzusehen. Allerdings ist die Bedienung des Systems auch von anderen Montagepositionen möglich. Die Montage ist individuell von jeder Einbaupartie abhängig und sollte so erfolgen, dass die Bedienung der Hardware bestmöglich in den Prozessablauf integriert werden kann.



Quelle: [2]

Abb. 4.5: Montage Tablet PORR
Fertiger – Baustelle A5



Quelle: [2]

Abb. 4.6: Montage Tablet Strabag
Fertiger – Baustelle A5

Um das System nutzen zu können, muss die auf dem Tablet vorinstallierte App Q ASPHALT geöffnet werden. Unmittelbar danach erscheint eine Anmeldemaske, über welche man durch die Eingabe der hinterlegten Zugangsdaten in das Programm einsteigen kann. Im ersten Schritt wird eine Liste der vorhandenen Projekte angezeigt. Dort wird das entsprechende Projekt und im nächsten Schritt die entsprechende Rollenzuteilung (hier: Straßenfertiger) ausgewählt. Nach dem Durchlaufen dieser Routine wird durch das Drücken der Schaltfläche „Rüsten Start“ der Einbautag im System gestartet. Ab diesem Zeitpunkt beginnt die voreingestellte Rüstzeit zu laufen. Während dieser Zeitspanne bereitet die Einbaupartie den Fertiger und sämtliche Gerätschaften für den Einbautag vor.

Läuft der Einbautag planmäßig an, so werden in dieser Zeit die ersten Lkws in der Mischanlage beladen und die digitalen Lieferscheine über die automatische Schnittstelle versendet. Diese

Lieferscheine erscheinen dann auf der Benutzeroberfläche der Straßenfertigeransicht. Wenn das Rüsten des Geräts abgeschlossen ist, wird dies durch den Bediener des Systems bestätigt und der Einbau kann begonnen werden. Im Optimalfall trifft zu diesem Zeitpunkt der erste geplante Lkw auf der Baustelle ein.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die wichtigsten Bildschirmansichten für die Einbaupartie. In Abb. 4.7 ist die Straßenfertigeransicht dargestellt. In den obersten beiden Zeilen sind für den Nutzer Informationen über das aktuelle Projekt und die letzte Aktualisierung der Daten ersichtlich. Darunter sind in vier Felder unterteilt aussagekräftige Kennzahlen dargestellt. Im linken oberen Feld ist der Einbauabschnitt, welcher Auskunft über die aktuelle und geplante Anzahl an Lkws pro Einbautag gibt, ausgewiesen. Rechts oben findet sich die Einbaumenge, wobei hier die bereits eingebaute und die geplante Gesamtmenge ausgewiesen sind. Die bereits verstrichene sowie die prognostizierte Einbaudauer sind im linken, unteren Feld im Format HH:MM angeführt. Aus dem rechten, unteren Feld ist die voraussichtliche Restmenge ersichtlich.

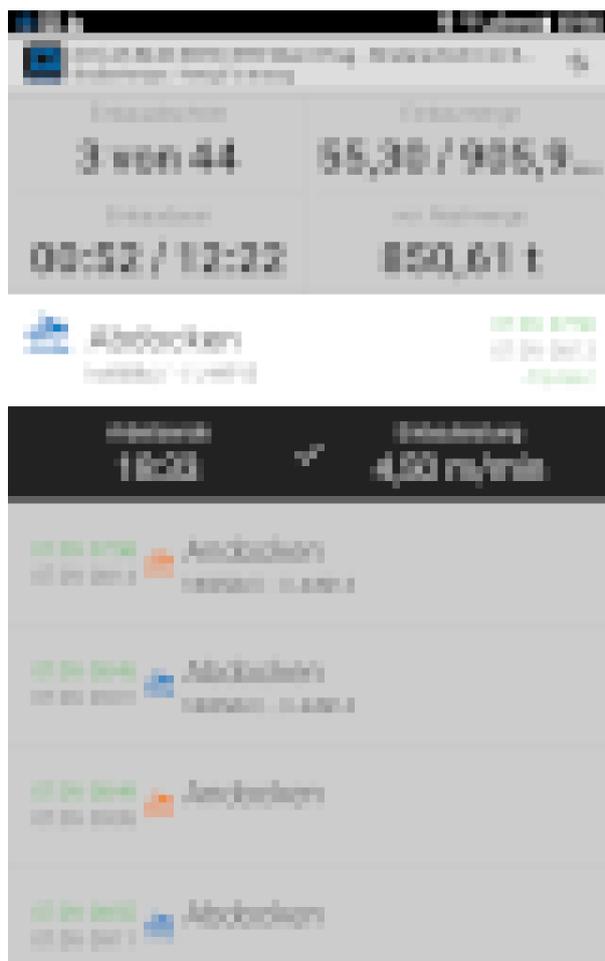
Im weißen Feld darunter wird links die nächste auszuführende Aktion in Symbol und Text angezeigt (hier: Abdocken). Zusätzlich sind hier, das für die Zuordnung notwendige Lkw-Kennzeichen sowie die Lieferscheinnummer ersichtlich. Rechts sind in der obersten Zeile das aktuelle Datum und die Uhrzeit, in der mittleren Zeile das geplante Datum und die Uhrzeit und in der untersten Zeile die daraus resultierende zeitliche Abweichung dargestellt.

Im schwarzen Feld darunter ist das prognostizierte Arbeitsende bei der angezeigten Einbauleistung ersichtlich. Das schwarze Feld dient allerdings auch als Schaltfläche um den im weißen Feld ersichtlichen Prozess auszulösen.

In der unteren Bildschirmhälfte sind die weiteren geplanten Prozesse (hier: Andocken bzw. Abdocken) mit SOLL-Zeitpunkten und prognostizierten Zeitpunkten aufgelistet. An dem Vorhandensein eines Lkw-Kennzeichens bzw. einer Lieferscheinnummer ist ersichtlich, dass dieser Lkw bereits im Mischwerk beladen wurde.

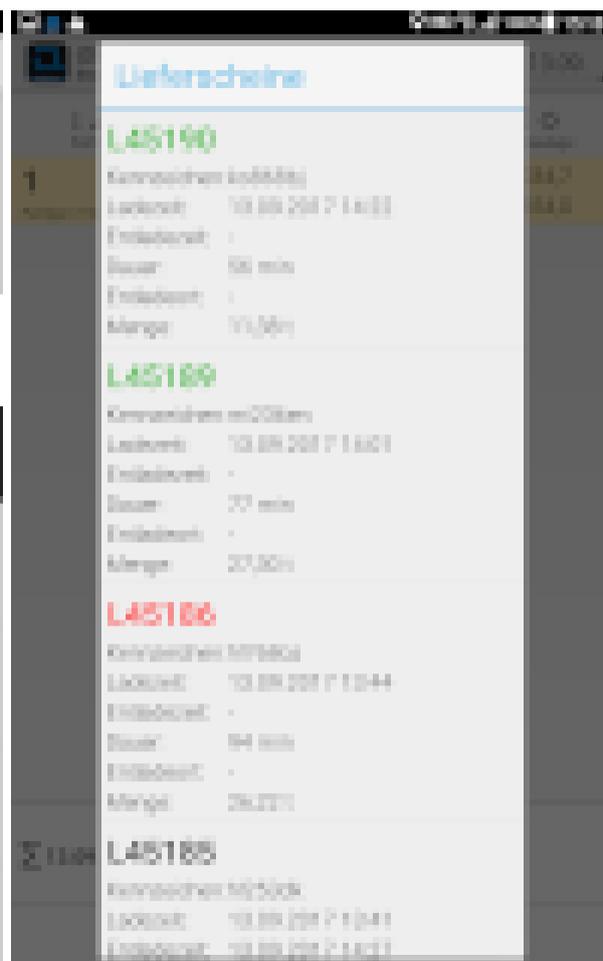
In Abb. 4.8 ist die Lieferscheinansicht dargestellt, auf die direkt in der App zugegriffen werden kann. In dieser Ansicht sind sämtliche aktuelle und zuvor eingebaute Lieferscheine aufgelistet. Für diese Lieferscheine liegen bereits alle Daten vor und sind in schwarzer Schrift dargestellt. Noch nicht eingebaute Lieferscheine sind in roter bzw. grüner Schrift dargestellt. Die Unterscheidung wird dadurch getroffen, ob der Beladezeitpunkt bereits länger als 90 Minuten zurückliegt (rot) oder kürzer (grün).

Während des Einbaus gibt es zusätzlich die Möglichkeit sich über den sog. Online Client (siehe Abb. 4.9) eine Übersicht über den laufenden Einbau zu verschaffen. Diese Übersicht ist webbasiert und kann von jedem beliebigen Endgerät, welches über einen Webbrowser und Internetzugang verfügt, aufgerufen werden. Dabei ist dieser Zugang vor allem für beobachtende Beteiligte wie



Quelle: [20]

Abb. 4.7: Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Straßenfertigeransicht



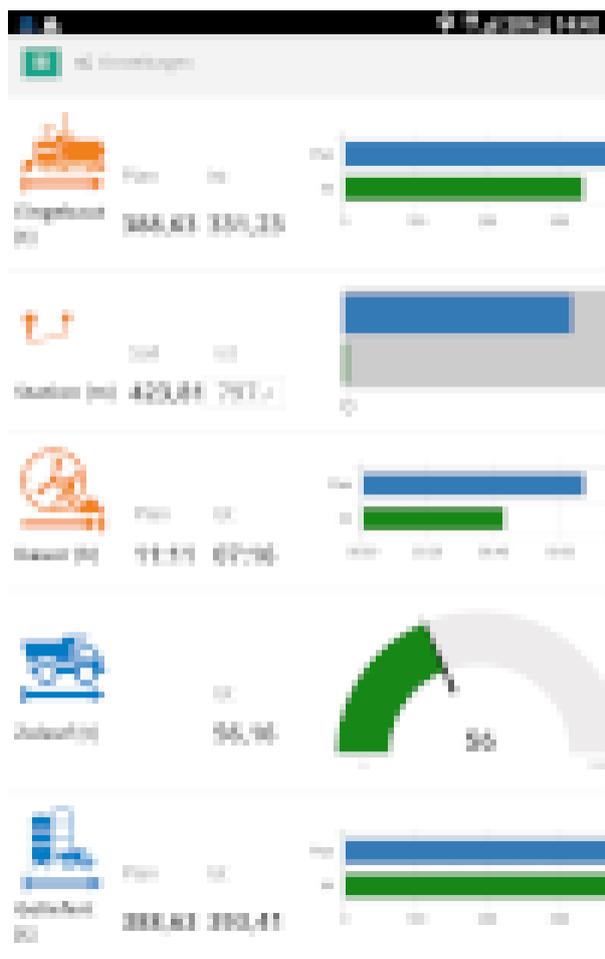
Quelle: [20]

Abb. 4.8: Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Lieferscheinansicht

z.B. den Bauleiter, aber auch als zusätzliche Informationsquelle für die Einbaupartie interessant. In Abb. 4.10 ist erneut die Straßenfertigeransicht dargestellt, unmittelbar vor dem Einbauende. Es ist ersichtlich, dass planmäßig 34 Lkws eingebaut wurden, die Einbaumenge wurde um 37,34 t überschritten und die Einbauzeit betrug beinahe das Doppelte. Aus der Abb. 4.10 ist zudem erkennbar, dass derzeit der letzte Lkw angedockt ist, nach dem Abdocken erfolgt automatisch das „Einbau Ende“. Der Einbautag wird durch bestätigen des Status „Abrüsten Ende“ abgeschlossen.

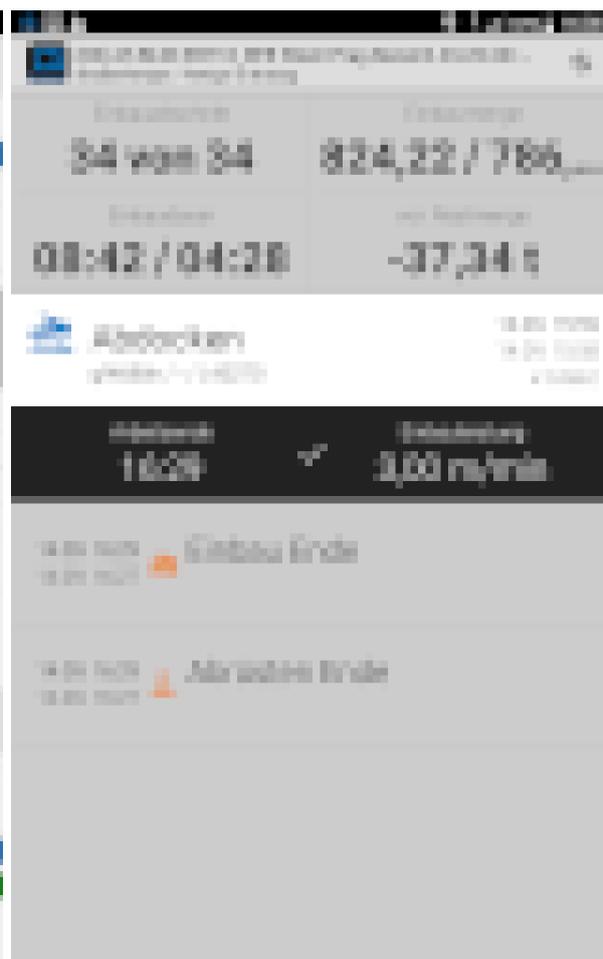
Derzeit erlaubt der im Tablet verbaute Akku keinen ganztägigen Betrieb ohne zusätzliche Stromversorgung. Daher ist von der Einbaupartie Sorge zu tragen, dass über die zur Verfügung gestellte Ladehardware (Powerbank und Ladekabel) die Stromversorgung sichergestellt ist.

Um den Prozess allumfassend abbilden zu können stellt die Einbindung aller Lkws die logische Konsequenz dar. Zu diesem Zweck sieht das System Q ASPHALT vor, sämtliche am Einbau beteiligte Lkws mit Smartphones auszustatten, um zumindest deren Standortdaten abgreifen



Quelle: [20]

Abb. 4.9: Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Online Client



Quelle: [20]

Abb. 4.10: Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Straßenfertigeransicht

zu können. Ist es nicht möglich Ortungsdaten zu erhalten, greift das System auf hinterlegte Routendaten zurück. In diesem Fall erfolgen die Berechnungen im Echtzeit-Modus auf Basis dieser hinterlegten Daten. Zukünftig könnten die Lkws mithilfe der Smartphones aktiv in das Prozessgeschehen eingebunden werden. Aufgrund von negativen Erfahrungen im Vorfeld des Pilotprojekts wurde jedoch gänzlich darauf verzichtet die Lkw-Fahrer mit Smartphones auszustatten. Insbesondere scheitert es dabei an vertraglich nicht geklärten Details, missbräuchlicher Privatnutzung der Geräte und schlichtweg dem Unwillen mancher Lkw-Lenker sich auf Neuerungen einzulassen.

Auswertung

Neben der Kontrolle des laufenden Einbauprozesses ist es von entscheidender Bedeutung schnelle, aussagekräftige Auswertungen nach dem erfolgten Einbau zu erhalten, um auf etwaige Fehlentwicklungen reagieren zu können.

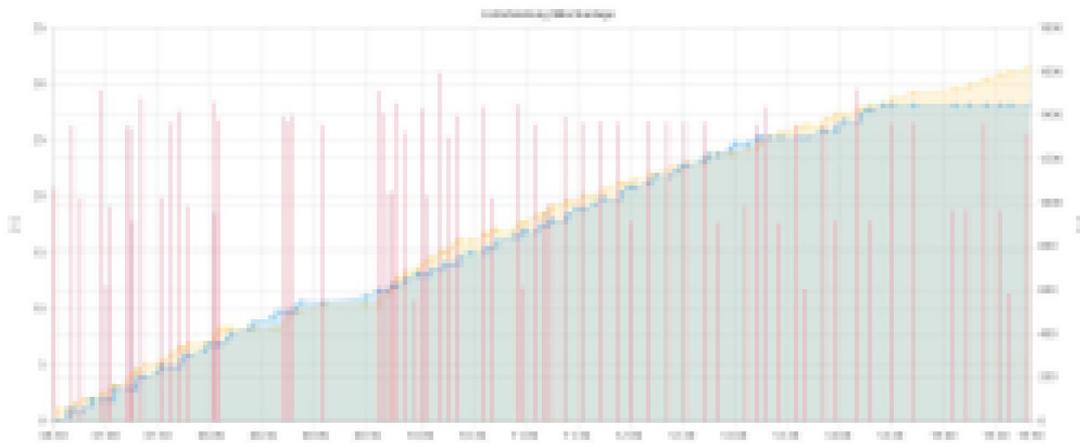
Um an Auswertungen zu gelangen stehen im System von hiQ zwei Varianten zur Verfügung. Zum einen über die Planungssoftware. Dazu muss über die Software ein entsprechend abgeschlossenes Projekt ausgewählt werden. Über die Registerkarte „Auswertungen“ gelangt der Nutzer schließlich zu den Auswertungen.

Der Nutzer findet dabei folgende Struktur vor:

- Planung/Durchführung
 - Baustellenplanung-Betriebserfassung
 - * Tagesprojekte (PDF & Microsoft Excel-Export funktionsfähig)
 - * Kleinstprojekte (PDF & Microsoft Excel-Export funktionsfähig)
 - Lkw Bestellung
 - * Bildschirmanzeige (PDF & Microsoft Excel-Export nicht funktionsfähig)
- Abschließende Auswertung
 - Baustellen-Tages-Auswertung
 - * Tagesprojekte (PDF & Microsoft Excel-Export funktionsfähig)
 - * Kleinstprojekte (PDF & Microsoft Excel-Export funktionsfähig)
 - Zeiten Auswertung
 - * Einbau (Microsoft Excel-Export funktionsfähig)
 - * Transport (Microsoft Excel-Export funktionsfähig)

Je nach Menüauswahl können PDF- oder Microsoft Excel-Dateien exportiert werden. In seltenen Fällen kann der Export – auf Grund eines Softwarefehlers – fehlerhaft sein. In einem solchen Fall besteht die alternative Möglichkeit einen Screenshot aufzunehmen.

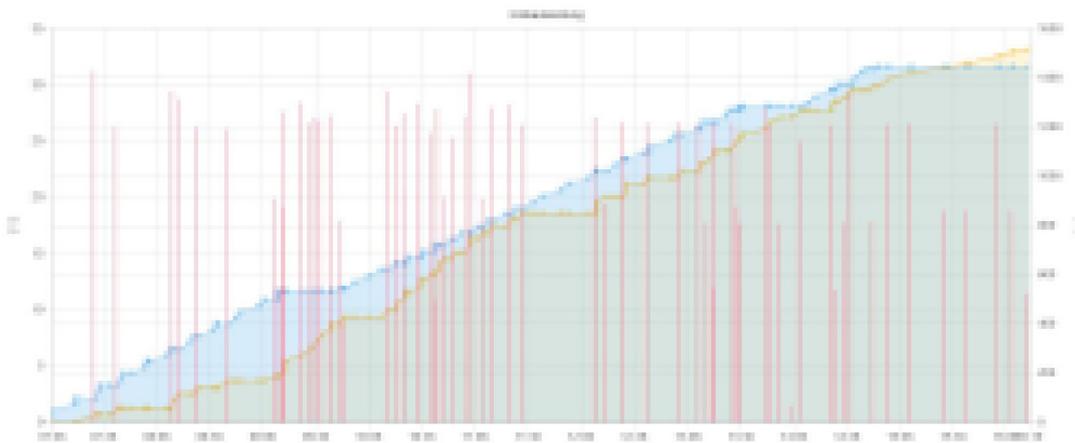
Zum anderen gibt es die Möglichkeit über den „Online-Client“ an graphische Auswertungen samt den dazugehörigen Microsoft Excel-Dateien zu gelangen. So können online eine Reihe von Kennzahlen abgerufen werden und über die Rubrik „Live-Auswertung“ erhält der Nutzer Informationen über die Lieferleistung der Mischanlage, die Einbauleistung und die Lieferleistung pro Stunde. Allerdings besteht eine Einschränkung, indem die aussagekräftigen Diagramme nicht standardisiert exportiert werden können. Die Darstellungen stehen daher nur als Screenshot zur Verfügung, es besteht allerdings die Möglichkeit die Diagramme aus den vorhandenen Datensätzen in Microsoft Excel nachzumodellieren.



Blau=IST-Kurve, Gelb=SOLL-Kurve, Rot=Lkw-Lademenge

Quelle: [20]

Abb. 4.11: hiQ Auswertung – Lieferleistung Baustelle A5 (15.09.2017)



Blau=IST-Kurve, Gelb=SOLL-Kurve, Rot=Lkw-Lademenge

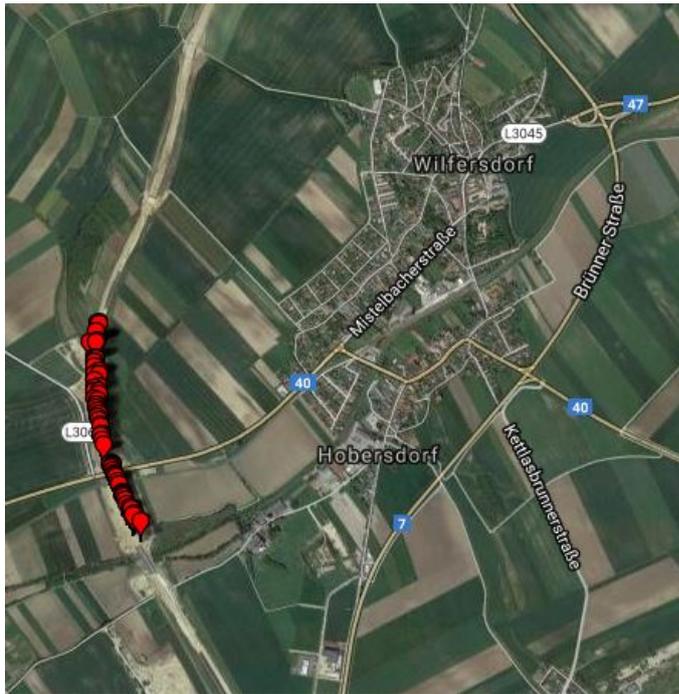
Quelle: [20]

Abb. 4.12: hiQ Auswertung – Einbauleistung Baustelle A5 (15.09.2017)

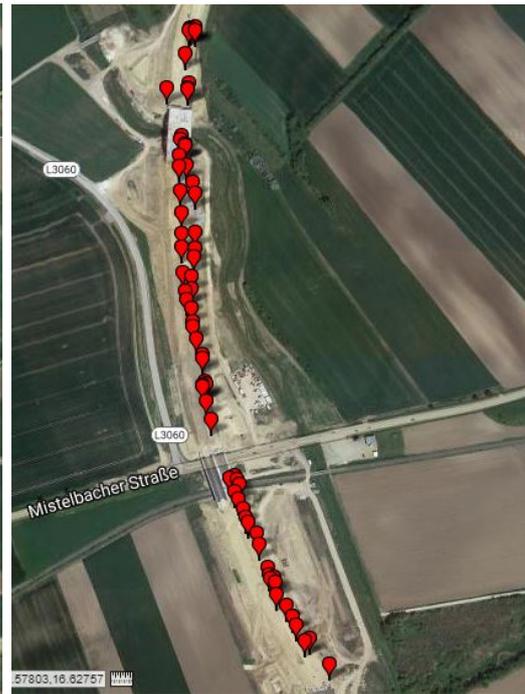
In Abb. 4.11 ist beispielhaft die Lieferleistung eines Einbautages, in Abb. 4.12 die dazugehörige Einbauleistung dargestellt. In beiden Abbildungen ist die SOLL-Kurve in blauer Farbe die IST-Kurve in oranger Farbe ausgewiesen. Die roten Säulen stellen jeweils einen Lkw dar, die Höhe der Säule wird durch die Lademenge bestimmt. Während die Kurve der IST-Lieferleistung in Abb. 4.11 sehr gut mit der SOLL-Kurve übereinstimmt, kommt es bei Abb. 4.12 zu deutlich größeren Abweichungen zwischen den beiden Kurven. Im Idealfall finden die Be- bzw. Entladungen versetzt in regelmäßigen Abständen statt. Vor allem in der ersten Tageshälfte ist dies nicht der Fall, erkennbar an der Verdichtung der roten Säulen und den dazwischen auftretenden Zeitabständen. Problematisch sind hierbei vor allem die Plateaus in der gelben Kurve der Abb. 4.12 zu werten. Aus der vorliegenden Auswertung geht lediglich hervor, dass zu diesen Zeitpunkten kein Einbau stattgefunden hat. Ob es sich dabei um einen geplanten Umsetzungsvorgang des Fertigers handelte oder ob der Stillstand, mit allen negativen Auswirkungen, erzwungen wurde lässt sich hieraus nicht ableiten.

Anmerkung: Die Abweichung von etwa 100 t zwischen der Lieferleistung und der Einbauleistung rührt daher, dass diese Menge zwar für die Baustelle A5 produziert wurde, allerdings an anderer Stelle ohne Abbildung im System eingebaut wurde.

Eine weitere Möglichkeit der Visualisierung besteht darin, die aufgezeichneten GPS-Koordinaten des Einbaus aus dem Microsoft Excel-Dokument „Einbau“ (Abschließende Auswertung → Zeiten-Auswertung → Einbau) zu kopieren und in eine Karte einzubinden. Dies funktioniert beispielsweise über die Webseite: <http://www.gpsvisualizer.com/> in welche die Koordinaten eingefügt und das gewünschte Kartenmaterial kostenlos exportiert werden kann (Stand: 16.02.2018). Abbildung 4.13 und Abb. 4.14 geben Aufschluss darüber in welchem Bereich am 15.09.2015 auf der Baustelle A5 asphaltiert worden ist.



Quelle: [16]



Quelle: [16]

Abb. 4.13: GPS-Visualisierung Übersicht –
Baustelle A5 15.09.2017

Abb. 4.14: GPS-Visualisierung Detail –
Baustelle A5 15.09.2017

4.1.2 Schnittstellen

Um ein System zur Optimierung des Asphaltbauprozesses etablieren zu können, bedarf es in einer Arbeitsumgebung mit verschiedensten Maschinenherstellern der Schaffung von zuverlässigen Schnittstellen.

Q ASPHALT ist ein offenes, plattformunabhängiges System. Es benötigt keine externen Daten von Baumaschinen oder eine zusätzliche Sensorik um ordnungsgemäß zu arbeiten. Im Wesentlichen ist nur eine Schnittstelle zwischen der Warenwirtschaftssoftware der AMA und Q ASPHALT notwendig.

Für das Pilotprojekt wurde diese automatische Schnittstelle am Standort Maustrenk der WMW Weinvierteler Mischwerk Gesellschaft m.b.H & Co KG, welche über ein automatisches Warenwirtschaftssystem aus dem Hause Batsch verfügt, eingerichtet. Diese AMA diente als Hauptlieferant für die Baustelle A5, nur in Ausnahmefällen (z.B. Defekte, Kapazitätsengpässe) wurde auf die AMA Markgrafneusiedl desselben Unternehmens zurückgegriffen.

Die Einrichtung der Schnittstelle zwischen der Warenwirtschaftssoftware und Q ASPHALT wurde durch die Firma Batsch Waagen & EDV GmbH & Co KG, in Form eines Softwareupdates, per Fernwartung durchgeführt. Über die technische Umsetzung des Datentransfers liegen keine Kenntnisse vor.

Folgende Daten werden von der AMA an die Optimierungssoftware übertragen²²:

- Lieferschein-Datum
- Lieferschein-Nummer
- Zeitpunkt Leerverwiegung
- Zeitpunkt Vollverwiegung
- Lieferant/Asphaltmischwerk
- Materialbezeichnung
- Bruttogewicht
- Nettogewicht
- KFZ-Kennzeichen (Zugmaschine)
- Baustellenzuordnung
- Mischguttemperatur

Sollte es aus einem Grund (z.B. Softwareprobleme, Internetanbindung etc.) zu Problemen mit der automatischen Schnittstelle kommen, können die entsprechenden Informationen über den sog. AMA-Client eingegeben und über das mobile Internet versendet werden. Ebenso stellt die manuelle Eingabe auf der Mischanlage eine Alternative dar, wenn es sich um eine Anlage handelt, die nur in seltenen Fällen oder kurzfristig für eine Baumaßnahme herangezogen wird. Ist die Eingabe der Daten in dem AMA-Client nicht möglich (z.B. kein Endgerät vorhanden, Zeitmangel) besteht zusätzlich die Möglichkeit die Lieferscheindaten auf der Baustelle einzugeben.

4.1.3 Zusammenfassung und Bewertung

Bei dem System Q ASPHALT von hiQ solutions GmbH handelt es sich um eine Optimierungssoftware im Bereich Asphalteinbau, welche unabhängig von den zum Einsatz kommenden Baumaschinenfabrikaten übergeordnet einsetzbar ist. Dabei basiert die Planung ausschließlich auf einem Windows-Programm. In der Ausführungsphase kommen Android und iOS Endgeräte sowie Webbrowser zum Einsatz. Der Abschluss eines Projektes findet erneut unter Windows bzw. auf Geräten mit installiertem Webbrowser statt.

Die Programmierer der Software haben versucht alle Facetten des Asphalteinbaues detailreich

²² Bei dieser Auflistung handelt es sich nicht um Daten aus einer gesicherten Quelle des Softwareherstellers, da diese nicht an Dritte weitergegeben werden. Die Auflistung leitet sich aus den im „AMA-Client“ möglichen Eingaben ab und unterliegt der Annahme, dass die vorkommenden Datensätze ausreichend sind, um einen Lieferschein im System weiterzuverarbeiten.

in einer Software umzusetzen. Über weite Strecken funktioniert diese Umsetzung, allerdings ist der hohe Detailgrad und die Feinheit der Adjustiermöglichkeiten nicht benutzerfreundlich. Viele Features in der Software sind in Untermenüs verschachtelt und lassen eine intuitive Bedienung für den Nutzer nur bedingt zu. Neben der Anwendung als Prozessoptimierungssoftware ist das Programm auch zur Kostenprognose einsetzbar. Aus Sicherheitsgründen werden jedoch nur wenige Unternehmen dazu bereit sein, ein derart sensibles Datenpaket, bestehend aus Leistungsdaten, verknüpft mit Daten aus der Kostenkalkulation, über die Server eines externen Softwareanbieters abzuwickeln.

Die zu Beginn der Zusammenfassung angeführte Auflistung an Softwareplattformen lässt vermuten, dass Q Asphalt eine hohe Kompatibilität mit diesen besitzt. Allerdings verbergen sich hier einige Schwächen. Die Tatsache, dass die Planungssoftware nur für Windows angeboten wird, ist der fehlenden Marktdurchdringung von macOS in der Baubranche geschuldet und daher nachvollziehbar. Die eigentliche Einschränkung liegt darin begründet, dass die Planung über ein fest installiertes Programm abläuft, welches nicht einfach über die Homepage des Herstellers heruntergeladen werden kann. Der Planer ist somit auf seinen persönlichen PC angewiesen.

Zum Zwecke der Steuerung und Überwachung des Einbauprozesses können sowohl Android als auch iOS Endgeräte auf der Baustelle zum Einsatz kommen. Diese beiden Hersteller verfügen über einen weltweiten Duopol wodurch sich die Diskussion über eine softwaretechnische Einschränkung in diesem Teilbereich des digitalen Prozesses erübrigt. Die Fernüberwachung eines laufenden Einbaus kann zudem über jeden Webbrowser erfolgen.

Der Abschluss eines Projektes ist, wie schon zu Beginn die Planung, an das Windows-Programm von hiQ gebunden. Grafische Auswertungen müssen über einen Webbrowser im sog. „Online-Client“ abgerufen werden.

Die Software hiQ ist in vielerlei Hinsicht zu detailreich und lässt bei intensiver Verwendung Fehler in der technischen Umsetzung erkennen. Die technischen Schwächen, welche über alle Projektphasen von der Planung, über die Ausführung bis hin zur Auswertung regelmäßig aufgetreten sind, verkomplizieren die Einschulung und Benutzung der Software. Damit das Produkt für die Nutzer praxistauglich wird und zu einer Prozessoptimierung im Straßenbau beitragen kann, müssen die Fehler behoben und Verbesserungen nachgereicht werden.

4.2 Analyse – System BPO ASPHALT (Volz Consulting GmbH)

Das System BPO ASPHALT von Volz Consulting GmbH bildet sämtliche Schritte von der initialen Planung, über die Ausführung in Echtzeit bis hin zur abschließenden Auswertung und Dokumentation in einer Softwarelösung ab. Das System arbeitet basierend auf einer Webapplikation. Die Verwendung der Software ist demnach ortsunabhängig auf jedem Endgerät, welches über einen Webbrowser und eine funktionsfähige Internetverbindung verfügt, möglich.

Die Motivation zur Optimierung des Bauablaufes zehrt aus der Erkenntnis, dass die Transportlogistik zwischen der AMA und dem Fertiger Schwachstellen aufweist. Aus unzureichender

Abstimmung resultiert, dass die Materialversorgung der Baustelle vielfach nach dem sog. „Push-Prinzip“ funktioniert. Allgemein bedeutet dies, dass jeder Arbeitsschritt individuell gesteuert werden muss und die Produktion unabhängig von der Nachfrage der nächsten Stufe erfolgt. Im Straßenbau passiert also die Materialversorgung seitens der Mischanlage unabhängig von der momentanen Bedarfssituation auf der Baustelle. Daraus resultiert, dass der Fertiger seine Einbaugeschwindigkeit nach der jeweiligen Liefersituation ausrichten muss. Das Ziel eines optimierten Bauablaufes ist es, den Straßenfertiger in den Fokus der Wertschöpfungskette zu rücken. Dazu werden die korrelierenden Prozesse über das „Pull-Prinzip“ gesteuert. Bei diesem Prinzip erfolgt die Produktion entsprechend dem Bedarf in der nächsten Stufe. Der Straßenfertiger fungiert als maßgebendes Gerät, von dem ausgehend die Produktionsrate der Mischanlage bestimmt wird [29, S. 23 ff.] [8, S. 2 ff.] [10, S. 38 ff.].

Nach der erfolgreichen Planung einer Baumaßnahme erfolgt der Übergang zur Prozesssteuerung in Echtzeit. Zu diesem Zweck werden sämtliche, am Einbau beteiligte Personen bzw. Personengruppen (Bauleitung, Asphaltmischwerk, Lkw-Fahrer, Einbaupartie) mit geeigneten Endgeräten ausgestattet bzw. werden die vorhandenen Geräte verwendet. Über einen Zugangscode, welcher nur tagesaktuelle Gültigkeit besitzt, erlangen diese Personen Zugang zum System. Ohne Modifikationen an den Baumaschinen vornehmen zu müssen, entsteht während der Bauausführung eine Vernetzung der Mischanlage, der Transportlogistik und der Baustelle. Durch diese Vernetzung herrscht zu jedem Zeitpunkt Klarheit über sämtliche projektbezogenen Materialflüsse. So verbessert sich nur der Prozessablauf auf der Baustelle, auch in der Mischanlage lässt sich die Produktion genau auf den Bedarf der Baustelle abstimmen. Durch eine Nachrichtenzentrale können gezielt Nachrichten an Einzelpersonen oder Gruppen versendet werden, wodurch sich die Kommunikation immens erleichtert. Über ein Bautagebuch können wichtige Ereignisse schriftlich dokumentiert und durch Bilder untermauert werden [29, S. 23 ff.].

Kommt es während der generierten Bauausführung zu Abweichungen wird über die dynamische Taktanpassung ein neuer Taktplan und in Echtzeit an alle Beteiligten übermittelt. Eine enorme Arbeitsbelastung und ein erheblicher Zeitverlust durch die Kommunikation der Änderungen an alle Personen entfällt somit.

Das System BPO ASPHALT unterstützt einen unproblematischen Bauablauf, indem das baubegleitende Planen und Improvisieren reduziert wird. Alle Beteiligten werden dadurch entlastet, die Planungsgüte wird zeitgleich erhöht, überflüssige Büroarbeit wird vermieden und sowohl die Einbauleistung als auch die Einbauqualität steigen [18, S. 10 ff.].

4.2.1 Systembeschreibung

Das System BPO ASPHALT wurde auf der Baustelle A44/A46 im Zeitraum von 17. Juli 2017 bis zum 20. Juli 2017 (siehe Anhang 13) sowie auf der Baustelle S6 im Zeitraum von 03. Oktober 2017 bis zum 04. Oktober 2017 getestet (siehe Anhang 14). Sämtliche Testtage wurden persönlich beaufsichtigt und dokumentiert.

Hardware

Folgende Hardware wurde dabei von Volz Consulting GmbH bereitgestellt:

- Mobiles Endgerät: Sony Xperia Tablet
- Befestigung: Tablethalterung mit Schnellspannvorrichtung
- Zubehör: Powerbank, Netzteile, Ladekabel

Basiswissen

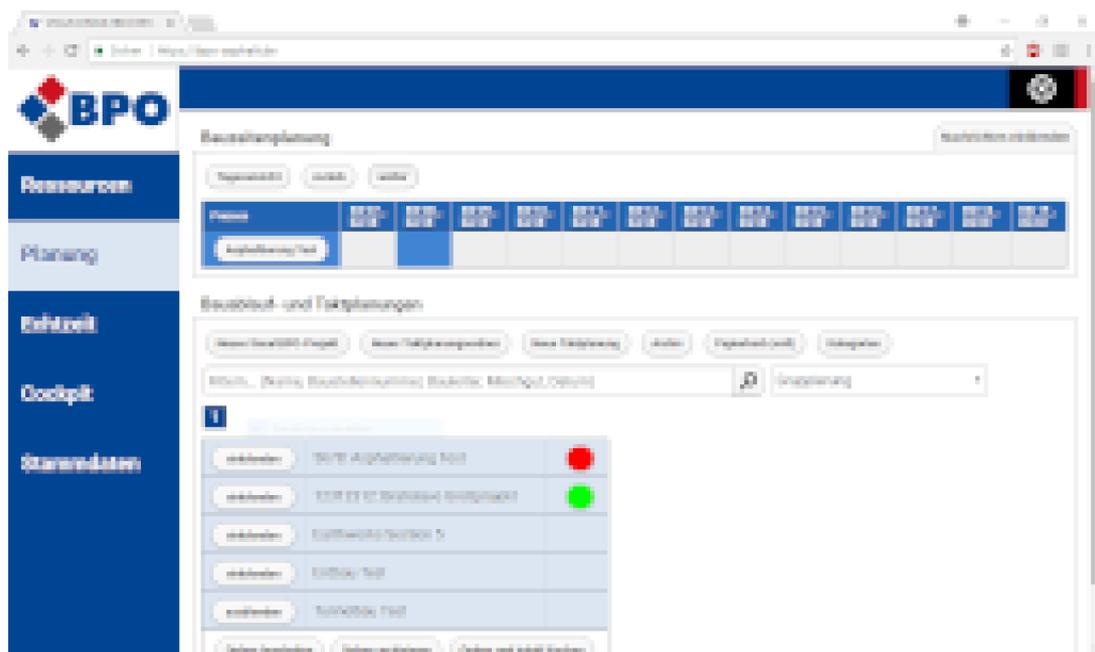
Der nun folgende Abschnitt stellt die prinzipielle Funktionsweise der Optimierungssoftware der Volz Consulting GmbH dar. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass kein Anspruch auf eine vollständige Schritt-für-Schritt-Anleitung erhoben wird. Vielmehr geht es in diesem Kapitel, wie auch schon im Kapitel 4.1, darum, einen Überblick über die Software, von der Planung, über den Einbau, bis zur finalen Auswertung einer Baustelle zu geben und positive sowie negative Punkte aufzuzeigen.

Die Planung einer Asphaltbaustelle kann von einem beliebigen Endgerät mit einem installierten Webbrowser und einer funktionsfähigen Internetverbindung erfolgen. Es wird empfohlen die Planung von einem PC aus vorzunehmen. Allerdings muss dafür keine Software installiert werden, da die Anwendung webbasiert funktioniert. Zu Beginn müssen lediglich Zugangsdaten in Form eines Benutzernamens inkl. Kennwort zur Verfügung gestellt werden. Die Verwaltung dieser Daten erfolgt zentral beim Softwarehersteller bzw. dem jeweiligen Systemadministrator eines Unternehmens. Nachdem Zugangsdaten ausgestellt wurden, berechtigen diese den Nutzer zur Planung, Verwaltung und Auswertung von Projekten. Weiteres Basiswissen ist aufgrund der Einfachheit des Systems nicht erforderlich. Zusätzliches Systemwissen wird in den nachfolgenden Unterkapiteln im Rahmen der Planung, Ausführung und Auswertung umfänglich vermittelt.

Projektplanung

Der Login in das System erfolgt über einen Webbrowser durch Eingabe der Adresse <https://bpo-asphalt.de> (Stand: 17.02.2018). Vom Hersteller wird die Verwendung von Google Chrome empfohlen, da die Software für diesen Webbrowser optimiert ist. Nach der erfolgreichen Anmeldung erscheint für den Nutzer der Startbildschirm, welcher in Abb. 4.15 ersichtlich ist. Auf der linken Seite ist eine Navigationsleiste mit folgenden Einträgen zu sehen: „Ressourcen“, „Planung“, „Echtzeit“, „Cockpit“, „Stammdaten“. In dieser Ansicht sind ein Kalender sowie eine Auflistung aller vorhandenen Projekte dargestellt, welche nach verschiedenen Kategorien gefiltert werden können.

In der Kategorie „Stammdaten“ können Adressdatensätze und Ressourcen (Maschinen & Mitarbeiter) angelegt werden. Ebenso können hier Firmendaten und Briefkopffdaten für die Mischgutbestellung eingegeben, Parameter verändert, ein Mischgutsortenkatalog bzw. eine Baustellenliste erstellt und Lokalisierungseinstellungen (Sprache und Einheitensystem) getroffen werden. Bei



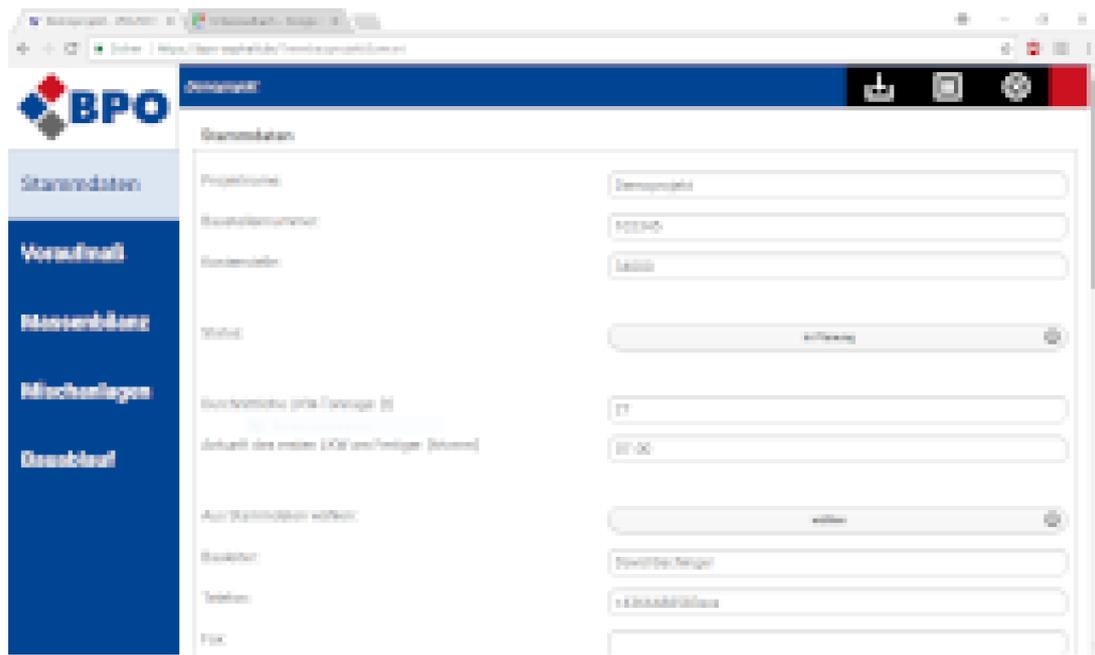
Quelle: [19]

Abb. 4.15: BPO Startbildschirm – Online Client

der erstmaligen Verwendung der Software lohnt es sich durch das intuitive Menü der Kategorie „Stammdaten“ zu arbeiten. Ein wesentliches Merkmal ist die Einfachheit der Softwarelösung, welche ein Anlegen der Stammdaten nicht unbedingt erforderlich macht, um ein Projekt zu planen. Zum Anlegen von wiederkehrenden Ressourcen sowie dem Aufbau einer Materialdatenbank wird, vor allem bei häufiger Verwendung der Software, dringend geraten. Durch voreingestellte Ressourcen und Materialien kann eine kürzere Bearbeitungszeit für die Projektplanung erzielt werden.

Unter der Kategorie „Planung“ kann unmittelbar durch einen Klick auf die Schaltfläche „Neues SmartBPO Projekt“ mit der Erstellung eines Projektes begonnen werden. Eine neue Bildschirmdarstellung (siehe Abb. 4.16), mit den Kategorien „Stammdaten“, „Voraufmaß“, „Massenbilanz“, „Mischanlagen“ und „Bauablauf“, in der Navigationsleiste öffnet sich. In der rechten oberen Ecke des Bildschirms findet der Nutzer einen schwarzen Balken mit drei Schaltflächen vor, welche von links nach rechts zum Speichern, der Rückkehr aus dem Projekt auf die Startseite und zum Logout dienen.

Im Projekt gibt es erneut die Kategorie „Stammdaten“, nicht zu verwechseln mit der gleichnamigen Kategorie auf der Startseite, welche globale Stammdaten definiert. Die aktuelle Kategorie „Stammdaten“ definiert ausschließlich projektspezifische Stammdaten. Nach dem erfolgreichen Ausfüllen der Projektstammdaten kann mit der Kategorie „Voraufmaß“ fortgefahren werden. Ein Zwischenspeichern beim Wechsel zwischen den Kategorien ist dabei nicht erforderlich.



Quelle: [19]

Abb. 4.16: BPO Projektplanung

In der Kategorie „Vorausmaß“ wird zunächst in – vom Unternehmen individuell gewünschte – Abschnitte unterteilt die Stationierung bzw. Kilometrierung eingegeben. Die Abschnitte können dabei frei benannt werden. Je Abschnitt besteht die Möglichkeit verschiedenen Materialien bzw. Schichtaufbauten zu definieren. Zudem muss mindestens einem Abschnitt ein POI für die spätere Routenplanung zugeordnet werden. Darüber hinaus besteht hier die Möglichkeit einen sog. Geofence über den Baustellenbereich zu legen, welcher es in der Endausbaustufe erlaubt ein- bzw. ausfahrende Lkws automatisch zu registrieren. Dabei wird ein geografisches Gebiet definiert, welches der Baustelle entspricht. Um ein erfolgreiches Erfassen im Geofence zu gewährleisten, benötigen die Lkws GPS-Empfang. Ist kein GPS-Signal vorhanden, ist ein manuelles Eintragen der Ankunftszeit des Lkws auf der Baustelle nötig. Ist der Zeitstempel der Baustellenankunft nicht gewünscht, wird der erste Zeitstempel für den Lkw beim Entladevorgang gesetzt.

In der Kategorie „Massenbilanz“ muss anschließend die Randausbildung definiert werden, damit die Software die erforderlichen Massen des jeweiligen Materials ermitteln kann. In dieser Kategorie können ganze Abschnitte oder einzelne Schichten vom Einbau ausgenommen werden. Am Ende werden die ermittelten Massen nach Teilbereichen aufgegliedert und als kumulierte Gesamtmasse ausgewiesen.

Anmerkung: Achtung, sollten Stationen vom Einbau einer Materialschicht ausgenommen werden gibt es in diesem Menü weder zu diesem, noch zu einem späteren Zeitpunkt eine Warnung durch die Software. Wird beispielsweise der Einbau der Binderschicht in einer Station deaktiviert, lässt

die Software dennoch den Einbau der Deckschicht in derselben Station zu. Um Planungsfehler zu vermeiden ist in diesem Bereich besondere Sorgfalt vom Planer gefordert.

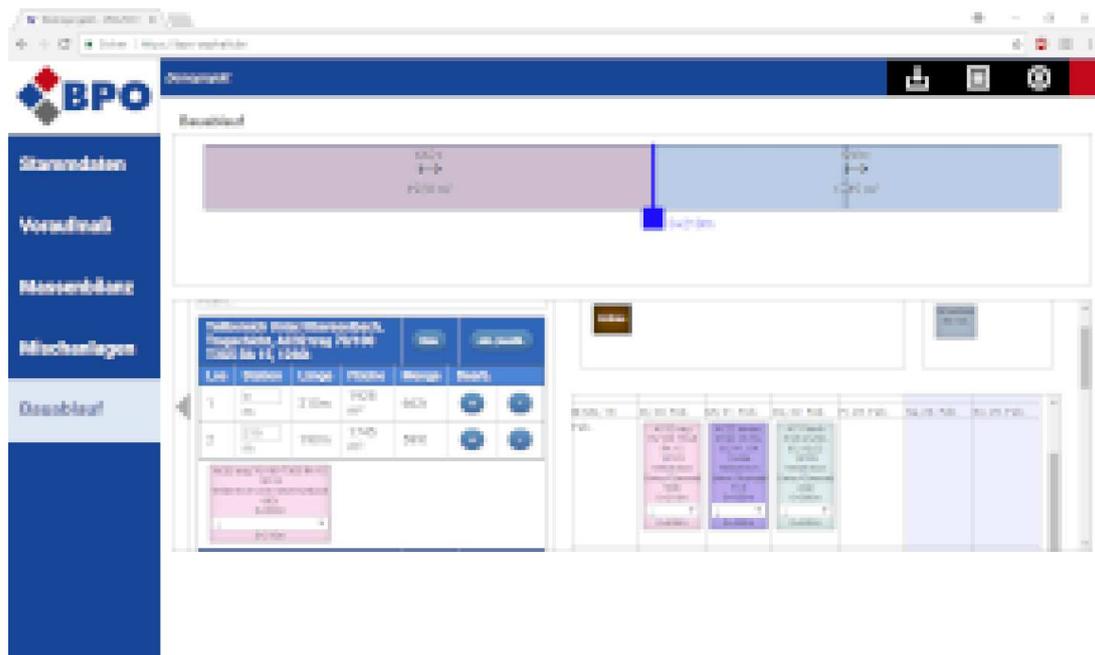
In der Kategorie „Mischanlagen“ kann eine neue Mischanlage angelegt bzw. falls vorhanden über ein Dropdown-Menü aus den Stammdaten ausgewählt werden. Wird eine neue Mischanlage angelegt ist es, neben dem obligatorischen Ausfüllen der geforderten Informationen, erforderlich den Standort der Mischanlage auf der Karte festzulegen. Aus dem Mischanlagenstandort errechnet die Software einen Vorschlag für den optimalen An- bzw. Abfahrtsweg zur bzw. von der Baustelle. Dieser Routenvorschlag kann vom Planer, durch einfaches Ziehen der Routen, an die aktuellen Gegebenheiten angepasst werden. Daraus leiten sich die Fahrzeiten ab. Einige Zeitspannen, wie „Mischgut laden“ oder „Wiegen“ sind vom Hersteller voreingestellt, können jedoch adaptiert werden. Mit der Eingabe der Zeiten sind die wesentlichen Parameter hinterlegt und es kann zur Planung des Bauablaufes übergegangen werden.

In der Kategorie „Bauablauf“ (siehe Abb. 4.17) können nun Tageslose aus den einzubauenden Abschnitten des Gesamtprojektes gebildet werden. Zu diesem Zweck wählt der Planer eine entsprechende Materialschicht aus einem Abschnitt aus und definiert über die Schaltfläche „Neu“ die Tageslose in denen diese Schicht eingebaut werden soll. Dabei stehen dem Planer folgende Optionen zur Einteilung in Tageslose zur Auswahl:

- Definition über die Anzahl der Tage, in denen der Einbau abgeschlossen werden soll
- Definition über die Tonnage, welche von dem jeweiligen Material pro Tag eingebaut werden soll
- Definition über die Strecke in Meter, die von der jeweiligen Schicht pro Tag eingebaut werden soll

Sollte ein weiteres Tageslos erforderlich sein, kann dies einfach durch einen Klick auf das „+ - Symbol“ hinzugefügt werden. Eine Feinjustierung der Tagesloseinteilung ist über einen Schieberegler möglich. Eine besonders hervorzuhebende Option, welche diese Software maßgeblich vom Konkurrenzprodukt unterscheidet, ist die Möglichkeit die Tageslose nun in beliebiger Reihenfolge in den Kalender zu ziehen, welcher ebenfalls in Abb. 4.17 ersichtlich ist. Dies bedeutet, dass nicht auf dem gesamten Abschnitt die Schichten in der vorgesehenen Reihenfolge eingebaut werden müssen. Je nach den baustellenspezifischen Gegebenheiten besteht beispielsweise die Möglichkeit im System abzubilden zuerst auf dem gesamten Abschnitt die Tragschicht einzubauen, um anschließend nur in einem Teilbereich die Binderschicht bzw. Deckschicht einzubauen und zu einem späteren Zeitpunkt den noch fehlenden Bereich fertigzustellen. Diese Option trägt maßgeblich zur Flexibilität der Software bei.

Anschließend kann ein Dokument „Einbaukonzept“ zur Weiterverteilung exportiert werden,



Quelle: [19]

Abb. 4.17: BPO Bauablauf

welches eine Zusammenstellung aller geplanten Projektdaten beinhaltet. Um die Optimierungsoftware in der Einbauphase in Echtzeit nutzen zu können, muss hier der Schalter „Taktplanung erstellen“ aktiviert werden. Danach wird das Projekt gespeichert und über die Schaltfläche im rechten oberen Bereich auf die Startseite zurückgekehrt.

Anmerkung: Versucht der Planer die Schichten in verkehrter Reihenfolge – z.B. Deckschicht vor Binderschicht – einzubauen, wird er durch einen Hinweis darauf aufmerksam gemacht. Achtung: Durch quittieren dieses Hinweises ist dies dennoch möglich.

Wählt man nun das Projekt auf der Startseite erneut aus, wird ersichtlich, dass für jedes Tageslos eine sog. Taktplanung erstellt wurde. Öffnet man eine Taktplanung über die Schaltfläche „Öffnen“ stehen in der Navigationsleiste folgende Eintragungen zur Verfügung: „Stammdaten“, „Mischgut“, „Rundenzeit“, „Fuhrpark“, „Fahrplan“ und „Simulation“.

In der Kategorie „Stammdaten“ können ein letztes Mal die Stammdaten für den aktuellen Einbautag vor dem tatsächlichen Einbau adaptiert werden. Sind seit der Planung keine Änderung aufgetreten, kann fortgefahren werden.

In der Kategorie „Mischgut“ können abschließende Einstellungen zum Einbaubeginn, der Mischgutsorte, der durchschnittlichen Tonnage je Lkw, der durchschnittlichen Einbaugeschwindigkeit und zum Fertigerstillstand beim Lkw-Wechsel getroffen werden. Des Weiteren können hier Einbauunterbrechungen festgelegt werden. Einige Zahlenwerte in dieser Kategorie werden automatisch

von der Software bestimmt und orientieren sich an den bereits aus den im Planungsprozess getroffenen Einstellungen. Beispiele sind die geplante Tagestonnage und die Einbaubreite.

In der Kategorie „Rundenzeit“ können Einstellungen zu den Lkw-Pausen getroffen werden. Die hinterlegten Zeiten entsprechen den EU-Richtlinien diesbezüglich. Es bietet sich in dieser Kategorie auch die Möglichkeit die Zeitspannen der einzelnen Rundenbestandteile je Lkw zu adaptieren. Beispielsweise kann hier die Dauer vom Mischgut laden oder wiegen verändert werden. Vor allem bei länger andauernden Projekten kann der Lerneffekt genutzt und das Optimierungspotential an dieser Stelle gehoben werden. Für den Ersteinsatz empfiehlt es sich die Standardwerte zu belassen, da eine Adaptierung ein großes Detailwissen voraussetzt.

In der Kategorie „Fuhrpark“ wird der rechnerische Mischgutbedarf [t/h] auf die zur Verfügung stehenden Mischanlagen aufgeteilt. Unterschreitet die Produktionskapazität den Bedarf, verzögert sich der Einbau entsprechend. Aus der, den Mischanlagen zugewiesenen, Tonnage kann die Software die Anzahl der benötigten Lkws rechnerisch ermitteln. Der rechnerische Wert kann anschließend durch einen gewählten Wert überschrieben werden.

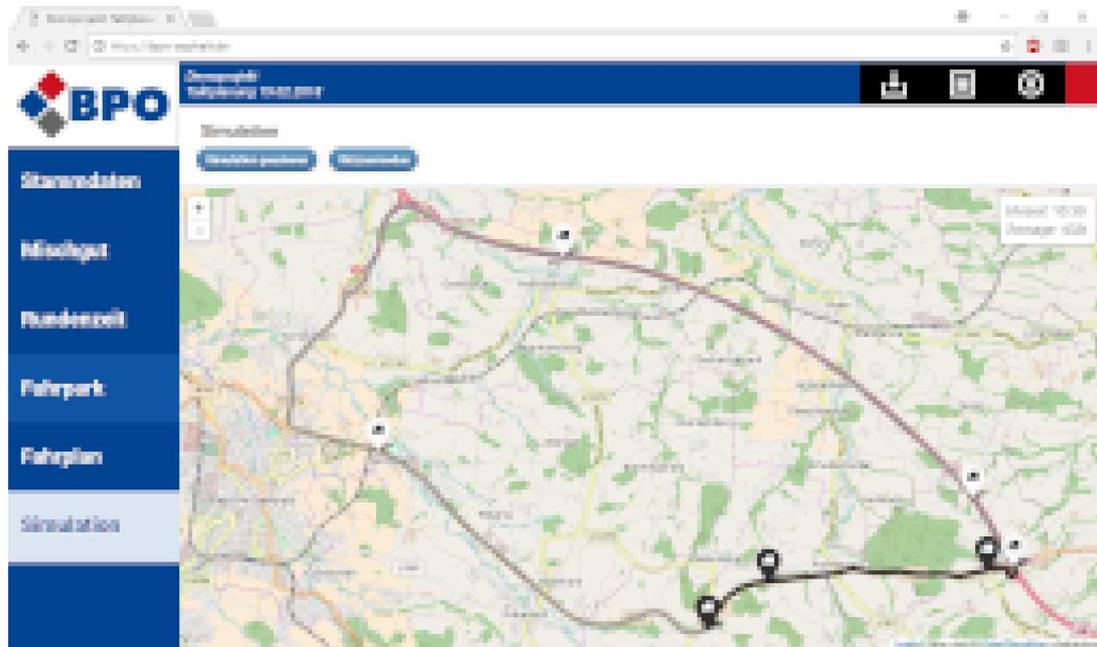
In der Kategorie „Fahrplan“ wird durch betätigen der Schaltfläche „Taktpläne berechnen und simulieren“ die Berechnung der Taktpläne und die Simulation des Einbaus angestoßen. In dieser Ansicht können ebenso Taktpläne (Mischanlage und Baustelle) sowie das Logistikkonzept als PDF-Datei erzeugt werden. In Abb. 4.18 ist das Taktdiagramm für einen Einbautag dargestellt. Die blauen horizontalen Balken stellen dabei jeweils den Umlauf eines Lkws dar. Der dunklere Bereich im Balken weist dabei einen Entladevorgang aus. Mit den entsprechenden Entladevorgängen steigt der rote Graph der eingebauten Menge bis zum Erreichen der Zielmenge an.



Quelle: [19]

Abb. 4.18: BPO Taktdiagramm

In der Kategorie „Simulation“ ist für den Planer eine animierte Simulation abrufbar, welche es ermöglicht etwaige Planungsfehler visuell zu erkennen. Vor allen Dingen aber signalisiert eine funktionierende Simulation dem Planer, dass die Planung erfolgreich abgeschlossen wurde. Zudem eignet sie sich besonders für repräsentative Zwecke.

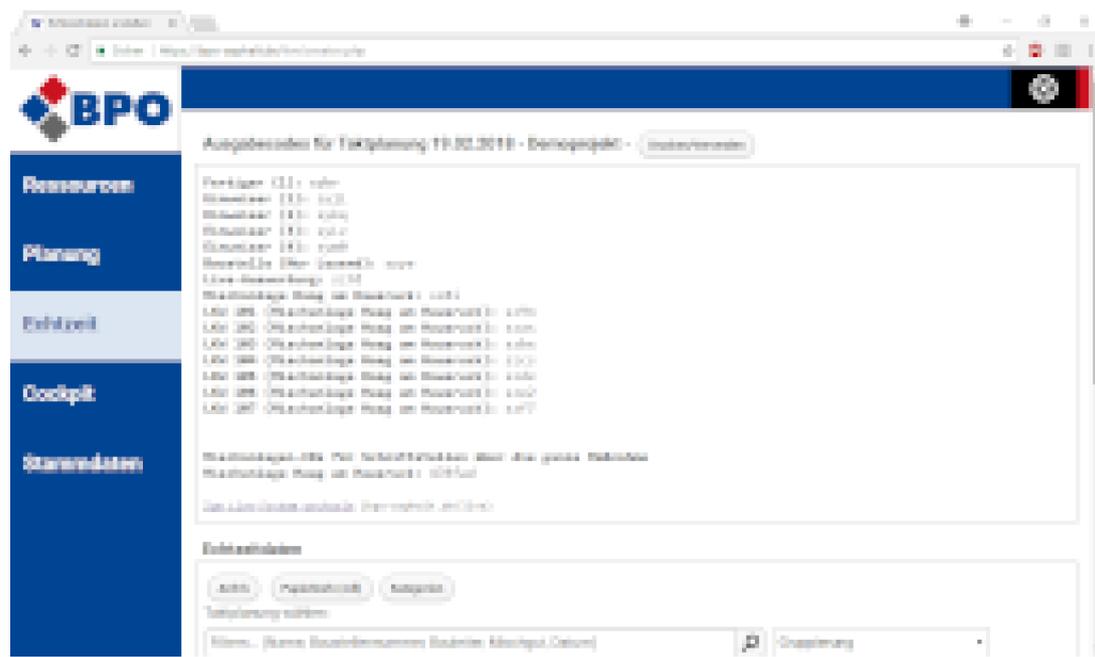


Quelle: [19]

Abb. 4.19: BPO Simulation

Anschließend wird die fertige Taktplanung gespeichert und auf den Startbildschirm zurückgekehrt.

Durch Auswahl der Kategorie „Echtzeit“ auf dem Startbildschirm wird der Übergang von der Planungsphase in die Ausführungsphase eingeleitet. Hinter der Bezeichnung Echtzeitdaten verbirgt sich ein System welches vierstellige Codes bestehend aus Kleinbuchstaben und Ziffern erzeugt. Diese Codes werden an alle am Einbau beteiligten Personen verteilt, haben Gültigkeit für den aktuellen Einbautag und dienen als Login für die zugeteilte Rolle. Über die Schaltfläche „Echtzeitdaten erstellen“ werden ebendiese Codes erstellt. Zur Veranschaulichung der Kategorie Echtzeit wurden in Abb. 4.20 die Ausgabecodes für die Taktplanung eines Demoprojektes erzeugt.



Quelle: [19]

Abb. 4.20: BPO Echtzeitdaten

Ausführung

Durch die Erzeugung der Ausgabecodes ist ein Tageslos bzw. eine Taktplanung, unabhängig vom Projektstatus, für die Ausführung freigegeben.

Im Laufe der Rüstzeit des Fertigers muss die Hardware (Sony Xperia Tablet inkl. Halterung) an einer geeigneten Position am Fertiger montiert werden. Wie bereits in Kapitel 4.1.1 beschrieben hat sich der Bereich des Bedienpults (in Fahrtrichtung links) als gut geeigneter Montagepunkt erwiesen, da von dieser Position aus die Kennzeichen der Lkws besonders gut eingesehen werden kann (siehe Abb. 4.21). Anders verhält es sich in Abb. 4.22, hier wurden an einem Beschicker zwei Tablets für zwei Einbaukolonnen, welche unmittelbar hintereinander heiß an heiß einbauen, montiert. In diesem Fall werden die Tablets von einem Arbeiter bedient, der eigens für die Bedienung des Systems abgestellt ist. Darauf bezogen, ist dieses Pilotprojekt einzigartig, da bei den anderen Projekten keine Personalressourcen für die ausschließliche Bedienung des Systems vorhanden waren. Bei diesen Projekten musste das System vom Arbeiter an der Bohle bedient werden. Abbildung 4.22 zeigt, dass die Montageposition des Tablets individuell von Einbaupartie zu Einbaupartie variiert werden kann. Diese Flexibilität der getesteten Softwaresysteme gewährleistet, auf verschiedene Maschinenkonfigurationen, Baustelleneinheiten und veränderte Arbeitskraftressourcen angemessen reagieren zu können.

Um das System in Echtzeit nutzen zu können, muss die auf dem Tablet vorinstallierte App BPO-LIVE geöffnet werden. Diese App kann kostenlos über den App Store auf iOS-Geräte bzw. über den Google Play Store auf Android-Geräte geladen werden. Außerdem ist es unabhängig



Quelle: [2]

Abb. 4.21: Montage Tablet PORR
Fertiger – Baustelle S6



Quelle: [2]

Abb. 4.22: Montage Tablet Oevermann
Beschicker – Baustelle A44/46

von der App jederzeit möglich, über ein mobiles oder ortsgebundenes Endgerät mit einem installierten Webbrowser in das Live-System einzusteigen. Zu diesem Zweck muss folgender Link: <https://bpo-asphalt.de/live/> (Stand: 17.02.2018) aufgerufen werden.

Durch die Eingabe des vierstelligen Codes – dieser wird vom Bauleiter mitgeteilt – erfolgt der Login in das System. Ein wesentliches Merkmal der Software ist dabei, dass durch die Eingabe eines Codes sowohl die Projektzuordnung als auch die Rollenzuteilung im Hintergrund automatisch erfolgt.

Im Idealfall erfolgt die Anmeldung im System zu Beginn der Rüstzeit des Fertigers, um frühzeitig einen bestmöglichen Überblick über die Vorgänge in der Mischanlage zu erhalten.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen aussagekräftige Bildschirmansichten für die Einbaupartie. In Abb. 4.23 ist die Startbildschirm abgebildet, wenn der Login-Code für den Fertiger verwendet wird. In diesem Fall wurde das sog. Live-System über den standardmäßig auf dem Tablet installierten Google Chrome Webbrowser aufgerufen, erkennbar an der Adresszeile im oberen Bildschirmbereich. In der darunterliegenden Zeile ist links das tagesaktuelle Datum erkennbar, rechts befindet sich eine schwarz-weiße Schaltfläche zum Verlassen des Systems. Unterhalb des Datums erhält der Anwender auf der Baustelle Auskunft über die Materialsorte. Auf der linken Seite wird die bereits eingebaute Menge, in der Mitte die Menge im Zulauf und auf der rechten Seite die noch ausstehende Menge ausgewiesen. Die dritte Zeile ist für einen SOLL-IST-Vergleich vorgesehen, der in Abb. 4.23 allerdings nicht mit Daten gespeist wurde. Auf der linken Seite würde dabei die SOLL-Stationierung, in der Mitte die IST-Stationierung und auf der rechten Seite die Abweichung in Tonnen ausgewiesen werden.

Unterhalb befindet sich im Hauptfeld der Bildschirmansicht eine Auflistung von Lkws und weiteren anstehenden Vorgängen. Das Vorhandensein von Einträgen zeigt dem Nutzer an, dass

bereits Lkws beladen wurden. Die Listeneinträge geben Aufschluss darüber, welches Material der betreffende Lkw geladen hat, das Kennzeichen und den Frächter sowie in welcher Runde sich der jeweilige Lkw befindet. Zusätzlich werden hier die Lademenge und der aktuelle Status des Lkw ausgewiesen. Folgende Status können dabei auftreten:

- Zeitangaben mit positivem Vorzeichen (voraussichtliches Eintreffen)
- Zeitangaben mit negativem Vorzeichen (Zeitrückstand)
- Wartet + Zeitangabe (Lkw ist bereits auf der Baustelle)
- Wird entladen + Entladeort (Material wird bereits an einem Fertiger eingebaut)

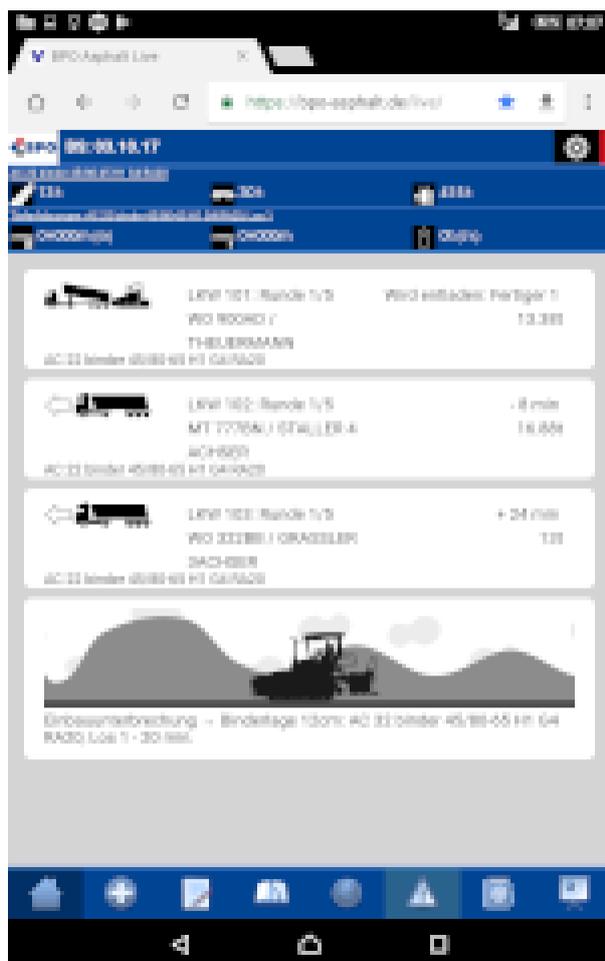
Jeder der Listeneinträge stellt dabei auch eine Schaltfläche dar. Durch einen erstmaligen Druck auf diese kann zunächst in einem Untermenü die Ankunft des Lkw auf der Baustelle bestätigt werden. Wurde ein Geofence in der Planung definiert, kann die Ankunft eines Lkws automatisch registriert werden – sofern ein GPS-Signal vorhanden ist. Nach der Ankunft des Lkws auf der Baustelle ist der Status im System solange auf „wartend“ bis dieser am Fertiger andockt. Mit der erneuten Auswahl des Lkws und bestätigen der Schaltfläche „Entladen beginnen“ im Untermenü, beginnt auch im System der Entladevorgang. Ist der Entladevorgang beendet, wird im Untermenü die Schaltfläche „Entladen beenden“ gewählt und damit auch im System beendet.

Am unteren Bildschirmrand kann über einen Druck auf die Symbole in der blauen Leiste zwischen verschiedenen Ansichten gewechselt werden. Von links nach rechts stehen folgende Ansichten zur Verfügung: „Startbildschirm“ (siehe Abb. 4.23), „Ungeplanten Lkw hinzufügen“, „Bearbeitungsansicht“, „Baustellentagebuch“ (siehe Abb. 4.24), „Meldung senden“ (siehe Abb. 4.25), „Telefonverzeichnis“ und „Live-Auswertung“ (siehe Abb. 4.26).

Die Ansicht „Ungeplanten Lkw hinzufügen“ ist intuitiv bedienbar und ermöglicht es einen nicht im System registrierten Lkw direkt und unkompliziert auf der Baustelle nachzutragen.

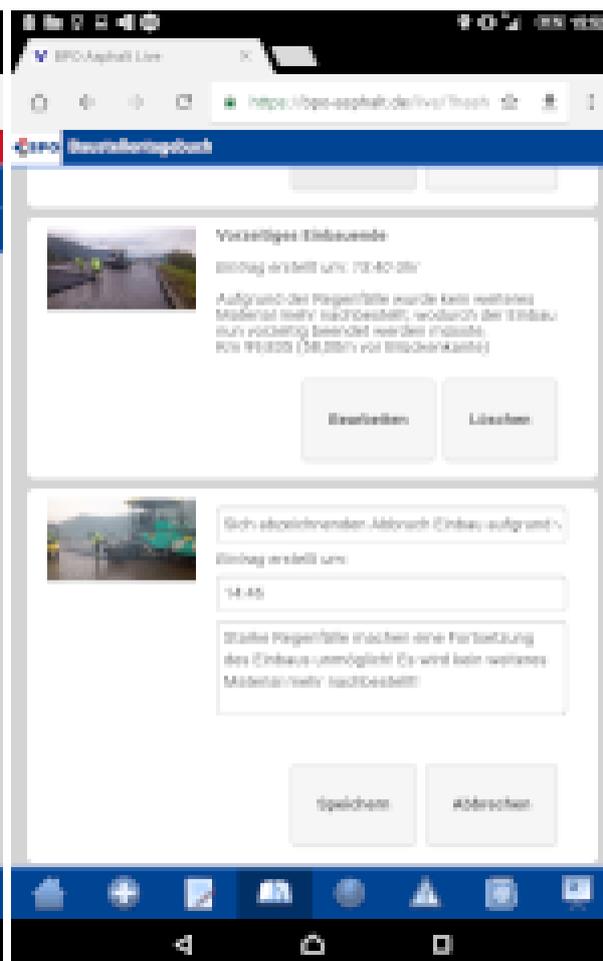
Die „Bearbeitungsansicht“ zeigt die Abfolge aller geplanten und bereits ausgeführten Vorgänge des aktuellen Einbautages. Vorgänge wie z.B. Einbauunterbrechungen können in dieser Ansicht verschoben werden bzw. auftretende Verzögerungen hinzugefügt werden. Durch eine Änderung der Vorgänge in der Abfolge und ein anschließendes Absenden werden alle beteiligten Personen über eine Nachricht in der App über die geänderten Bedingungen informiert.

Das in Abb. 4.24 dargestellte „Baustellentagebuch“ ermöglicht es über einfaches Verfassen einer Nachricht und/oder Hinzufügen eines Bildes einen Dokumentationseintrag zu erstellen. Einträge die hier erstellt werden sind für das gesamte berechnete Baustellenpersonal ersichtlich und können von den betreffenden Personen auch bearbeitet oder gelöscht werden. In der Auswertungsphase



Quelle: [19]

Abb. 4.23: Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Straßenfertigeransicht



Quelle: [19]

Abb. 4.24: Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Baustellentagebuch

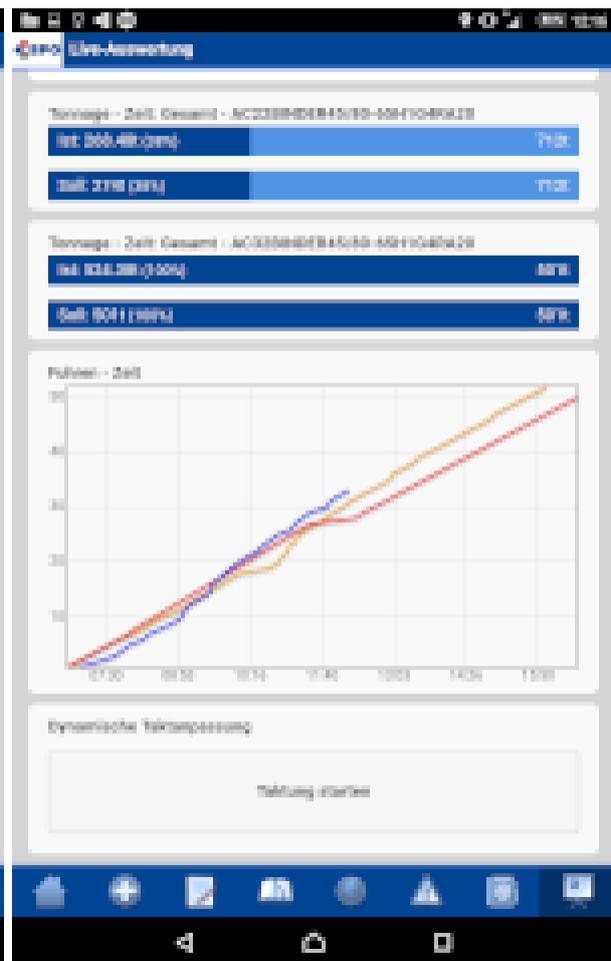
besteht die Möglichkeit sämtliche Baustellentagebucheinträge in einem automatisch generierten Bericht zusammenzufassen.

In der Ansicht „Karte“ sind alle in der Planung definierten POIs sowie sämtliche Lkws abgebildet, sofern das System über einen Zugriff auf deren Standortdaten verfügt. Bei den ausgeführten Pilotprojekten auf der Baustelle A44/A46 standen die Standortdaten der Lkws nur teilweise, auf der Baustelle S6 gar nicht zur Verfügung. Die grundsätzliche Funktion der Software ist dadurch nicht betroffen, da die Ankunftszeit manuell eingetragen wird bzw. beim Entladen ein Zeitstempel gesetzt wird.

Über das in Abb. 4.25 erkennbare Fenster „Meldung senden“ werden automatisch durch das System generierte Nachrichten, sowie durch einen Nutzer für bestimmte Zielgruppen verfasste Nachrichten angezeigt bzw. versendet. Automatische Systemnachrichten werden erstellt, wenn



Quelle: [19]



Quelle: [19]

Abb. 4.25: Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Nachrichten

Abb. 4.26: Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Live-Auswertung

beispielsweise Veränderungen in der „Bearbeitungsansicht“ vorgenommen werden oder die Gesamttonnage im Einbauverlauf angepasst wird. Zudem eröffnet dieses Fenster die Möglichkeit, direkt mit einer Gruppe an beteiligten Personen, einbaurelevante Informationen per Textnachricht zu teilen.

Über das „Telefonverzeichnis“ können die Telefonnummern des Bauleiters, des Einbaumeisters, der Mischanlage sowie die Telefonnummern von anderen hinterlegten Beteiligten abgerufen werden. Sofern das verwendete Endgerät in der Lage ist Telefonate aufzubauen, kann durch einen Druck auf die entsprechende Nummer direkt ein Anruf getätigt werden.

Die in Abb. 4.26 dargestellte „Live-Auswertung“ liefert über graphische Darstellungen und einer umfangreichen Auflistung an Kennzahlen einen detaillierten Überblick über den aktuellen Einbautag. Hinsichtlich der Restmenge, Tonnagen, Schichtdicke, Zeiten und Einbaugeschwindigkeit

werden hier abschnittsweise Auswertungen bereitgestellt. Durch die Eingabe einer vor Ort gemessenen Stationierung oder der Eingabe der Arbeitszeiten in diesem Fenster werden Auswertungen in Teilbereichen zusätzlich präzisiert bzw. überhaupt ermöglicht. Diese Auswertungen werden in Echtzeit mit dem laufenden Einbau mitgeführt.

Eine Option muss in diesem Zusammenhang besonders hervorgehoben werden. Durch Auswählen der Schaltfläche „Eingebaute Tonnage: Gesamt“ öffnet sich ein detaillierter SOLL-IST-Vergleich des laufenden Einbaus. In Abb. 4.26 sind ein Balkendiagramm sowie ein Liniendiagramm erkennbar. Betrachtet man die Graphen im Liniendiagramm, so stellt der rote Graph die geplante Leistungskennlinie dar. Der blaue Graph zeichnet den aktuellen Einbauverlauf auf.

Weichen die SOLL-Kennlinie und die IST-Kennlinie bedeutend voneinander ab, hat dies beträchtliche Auswirkungen auf den weiteren geregelten Einbauverlauf, da der Taktplan darauf abzielt die SOLL-Kennlinie einzuhalten. Für den Fall, dass die aktuelle Einbauleistung unter der prognostizierten Leistung liegt, kommt es zu einer Aufstauung der geplanten Ladezeitpunkte im Mischwerk. Das bedeutet, dass der Mischmeister vor Ort in der Mischanlagenansicht erkennt, dass der geplante Beladezeitpunkt für mehrere Fahrzeuge bereits verstrichen ist. Würde der Mischmeister nun versuchen sämtliche ausstehenden Fahrzeuge unmittelbar hintereinander zu beladen, um den Rückstand auszugleichen würde dies zu einer Rudelbildung²³ führen. Für den umgekehrten Fall, dass die Einbauleistung über der prognostizierten Menge liegt, würde das System den Einbau künstlich drosseln, da die geplanten Beladezeitpunkte erst weiter in der Zukunft liegen. In einer derartigen Situation kann über die Schaltfläche „Taktung starten“ eine neue SOLL-Kennlinie (orange) erzeugt werden.

Festgehalten werden muss, dass eine Neutaktung nur dann sinnvoll ist, wenn ein äußerer Umstand diese erforderlich macht. Solche Umstände können unter anderem falsche Annahmen in der Planung, Nichteinhaltung des Belade- oder Entladeintervalls, Logistikprobleme etc. sein. Durch das gezielte Auslösen einer neuen Taktung werden sämtliche Taktpläne auf Basis der aktuellen Datenlage neu berechnet und lenken damit den laufenden Einbau wieder in geregelte Bahnen.

Durch Auswählen der Schaltfläche „Verladene Tonnage“ ist es möglich die bestellte Gesamtmenge in Tonnen, rechtzeitig vor dem Einbauende, nach oben oder unten zu korrigieren. Das Verändern der Gesamtmenge löst eine automatische Nachricht an die Mischanlage aus, wodurch die telefonische Kommunikation weitgehend entfallen kann.

Eine weitere nützliche Möglichkeit um die Übersicht zum Einbauende hin zu behalten, stellt die Möglichkeit Lkws zu deaktivieren dar. Im Fenster „Meldung senden“ können unter „Lkw-Status“ Lkws deaktiviert werden, nachdem sie ihre letzte Fuhre abgeladen haben. Sie scheiden damit aus dem Einbauprozess aus und scheinen nicht mehr auf. Neben der Erhöhung der Übersichtlichkeit trägt dies auch zur Steigerung der Genauigkeit der Auswertung bei.

Ist der Einbau auf der Baustelle beendet sollten nach Möglichkeit die abschließenden IST-Werte

²³ Unerwünschte Ansammlung von Lkws.

von der Baustelle im Fenster „Live-Auswertung“ eingetragen werden um spätere Auswertungen zu präzisieren. Endgültig abgeschlossen werden kann der Einbautag allerdings erst im Planungsportal unter „Echtzeit“ → „Einbautag abschließen“. In der Regel erfolgt dies durch den Bautechniker oder Bauleiter im Büro.

Derzeit erlaubt der im Tablet verbaute Akku keinen ganztägigen Betrieb ohne zusätzliche Stromversorgung. Daher ist von der Einbaupartie Sorge zu tragen, dass über die zur Verfügung gestellte Ladehardware (Powerbank und Ladekabel) die Stromversorgung sichergestellt ist. Um den Prozess allumfassend abbilden zu können stellt die Einbindung aller Lkws die logische Konsequenz dar. Zu diesem Zweck sieht das System BPO ASPHALT für sämtliche am Einbau beteiligten Lkws einen Zugang zum System vor. Über die kostenlos verfügbare App „BPO Live“ sind die Fahrer in der Lage sich in das System einzuloggen. Die entscheidenden Vorteile dabei sind, dass die Fahrer aktiv in die Baustellenkommunikation eingebunden werden kann und deren Standortdaten bekannt sind. In der Praxis erweist sich die Einbindung der Lkw-Fahrer über Smartphones als kompliziert, da diese teilweise nicht mit dem Umgang von Smartphones vertraut sind und daher zusätzliche Schulungen erforderlich wären. Aus diesem Grund wurde in den Pilotprojekten gänzlich darauf verzichtet die Lkw-Fahrer mit Smartphones auszustatten. Allerdings konnte alternativ auf der Baustelle A44/46 eine vertragliche Vereinbarung zwischen der PORR Oevermann GmbH und einem Frächter getroffen werden, sodass GPS-Daten aus dessen Flottenmanagementsystem verwendet werden durften. So konnte ein kleiner Teil der Fahrzeuge vollständig mit der GPS-Position im System abgebildet werden, ohne dass die Lenker einen Beitrag dazu leisten mussten. Diese Herangehensweise stellt im ersten Schritt einen zukunftsorientierten Lösungsansatz dar.

Auswertung

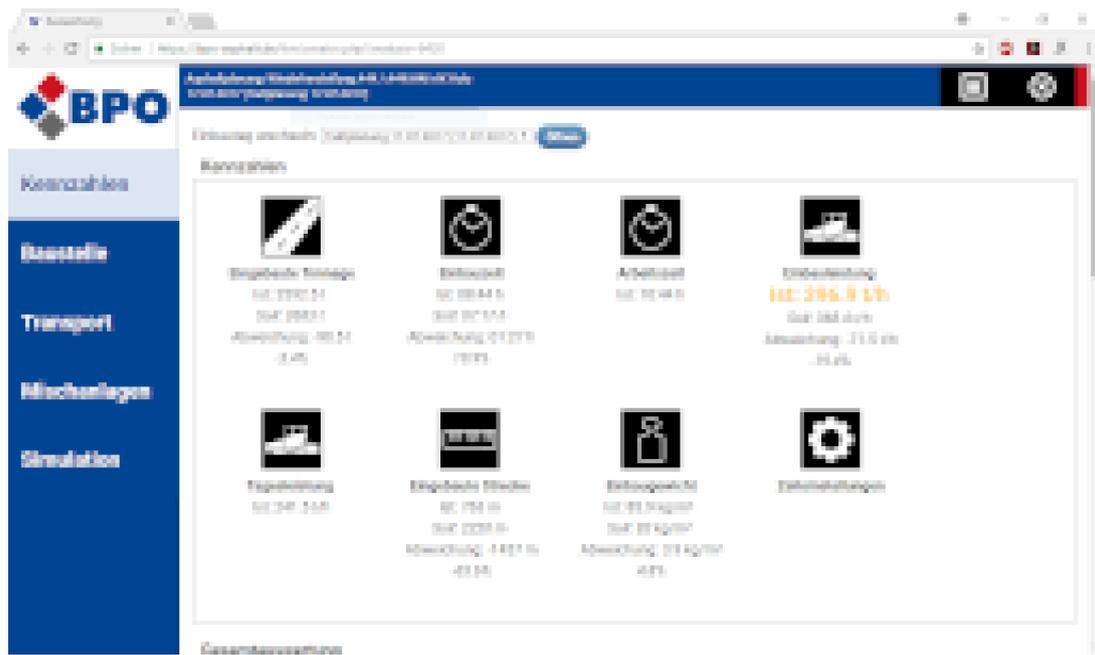
Neben den Echtzeit-Auswertungen aus dem Live-System ist es, wie bereits in Kapitel 4.1.1 erläutert, von maßgeblicher Bedeutung, schnelle, tagesaktuelle Analysen zu erhalten, um entsprechende Steuerungsmaßnahmen ergreifen zu können.

Bereits während des laufenden Einbaus stehen den berechtigten Personen die aktuellen Einbaudaten zur Verfügung. Diese können wie bereits in Kapitel 4.2.1 beschrieben über das Fenster „Live-Auswertung“ auf einem Endgerät aufgerufen werden. Im Folgenden werden die Möglichkeiten der abschließenden Auswertung, nachdem ein Einbautag abgeschlossen ist, erläutert.

Um an Auswertungen in aufbereiteter Form zu gelangen werden diese zentral über das Planungsportal abgerufen. In der Kategorie „Echtzeit“ wird das entsprechende Projekt gewählt und über die Schaltfläche „Auswertung öffnen“ gelangt man in das in Abb. 4.27 dargestellte Fenster.

Auf der linken Seite ist eine Navigationsleiste mit folgenden Einträgen zu sehen: „Kennzahlen“, „Baustelle“, „Transport“, „Mischanlagen“ und „Simulation“.

Die Startseite der Auswertung stellt gleichzeitig die Kategorie „Kennzahlen“ dar. Auf übersichtliche Art und Weise erhält der Nutzer eine Auflistung relevanter Leistungsdaten zum gewählten Einbautag (siehe Abb. 4.27). Weiter unten (im Bildausschnitt nicht zu sehen) ist es möglich Daten



Quelle: [19]

Abb. 4.27: BPO Auswertung – Übersicht Baustelle A44/A46 (17.08.2017)

zu exportieren. Von Interesse ist vor allem die Dokumentation, welche unter „Dokumentation drucken“ als PDF-Datei exportiert werden kann. Diese Datei enthält sämtliche Inhalte der Auswertung in einem Bericht zusammengefasst. Außerdem kann an dieser Stelle ein Export von Lieferscheindaten in Microsoft Excel erfolgen.

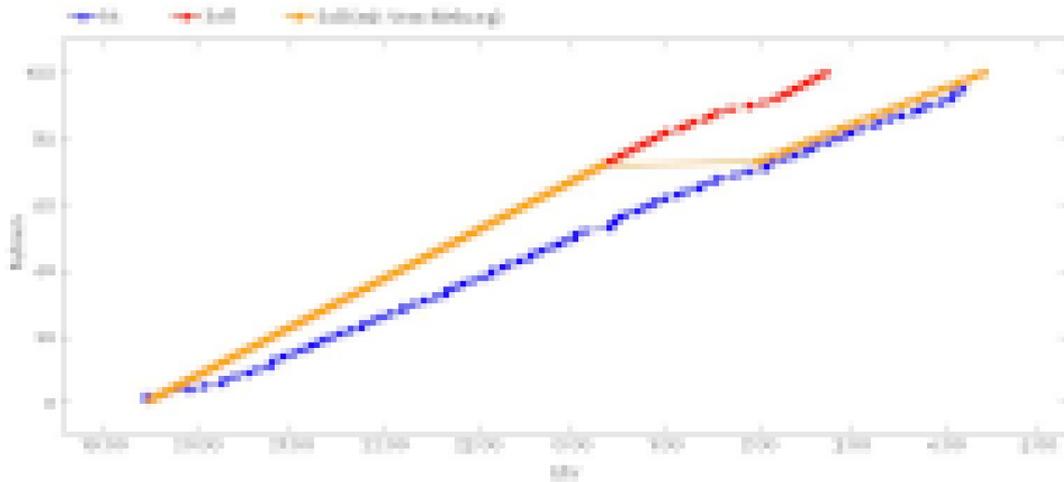
In der Kategorie „Baustelle“ stehen umfassende Informationen zum Einbau in Tabellenform zur Verfügung. Spalten können dabei je nach Anforderung ein- bzw. ausgeblendet, sowie nach Suchbegriffen durchsucht werden. Abgeleitet aus der Tabelle steht ein Diagramm zum zeitlichen Verlauf des Baufortschrittes (siehe Abb. 4.28) zur Verfügung. Ebenso ist Kartenmaterial (siehe Abb. 4.29), welches Aufschluss über den Einbauort der einzelnen Fuhren gibt, verfügbar.

In der Kategorie „Transport“ stehen detaillierte Informationen rund um den Transport des Asphaltmischgutes zur Verfügung. Es können eine Rundenzeitenanalyse (siehe Abb. 4.30), ein Taktdiagramm, ein Diagramm zu den wartenden Lkw auf der Baustelle und eine Standzeitenanalyse abgerufen werden.

Die Kategorie „Mischanlagen“ weist vergleichbar mit der Kategorie „Kennzahlen“ eine Auflistung relevanter Leistungsdaten, die Mischanlage betreffend, aus. Ebenso ist in dieser Kategorie ein Diagramm, das den SOLL-Ladetakt und IST-Ladetakt ausweist, abgebildet.

In der Kategorie „Simulation“ kann zu Auswertungszwecken eine Einbausimulation der IST-Daten des Einbautages abgespielt werden. Dies kann entweder im sog. Skizzenmodus oder im Kartenmodus erfolgen. Dabei werden die Bewegungen der Lkws, sofern sie aufgezeichnet wurden, abgespielt. Dieses Analysewerkzeug ist vor allem hilfreich, um Unregelmäßigkeiten beim Transport auf den Grund zu gehen bzw. diese überhaupt zu erkennen. Wenn beispielsweise mehrere Lkws

gleichzeitig an einem Ort Pause machen oder nicht vorgesehene Routen wählen und somit den kontrollieren Einbauablauf gefährden, ist dies hier erkennbar.



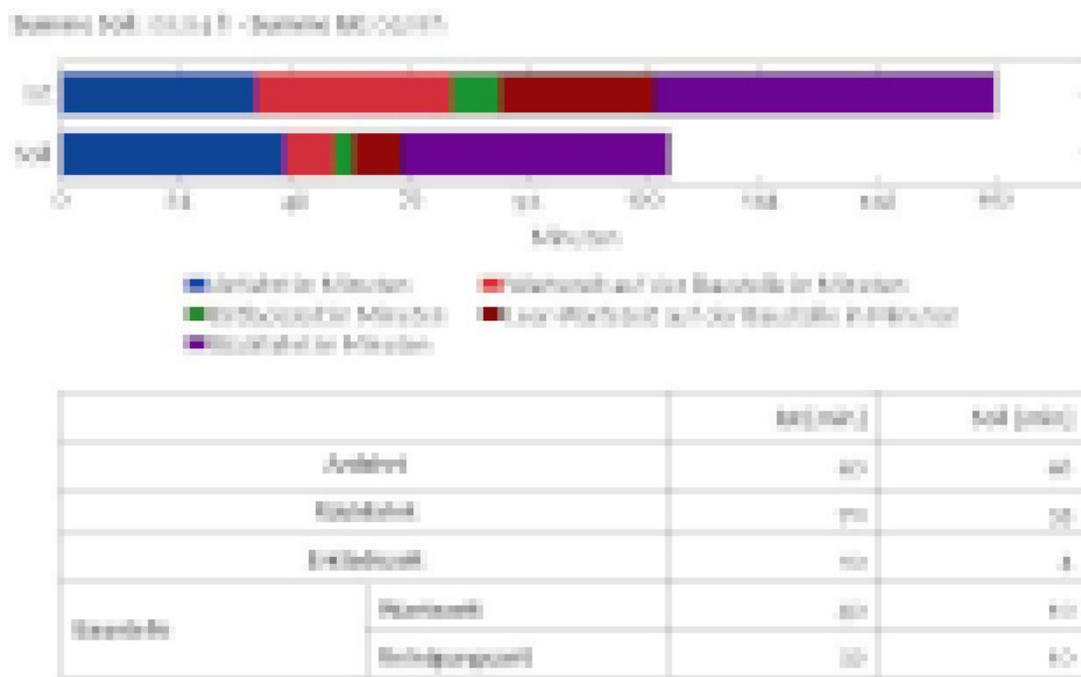
Quelle: [19]

Abb. 4.28: BPO Auswertung – Baufortschritt Baustelle A44/A46 (17.08.2017)



Quelle: [19]

Abb. 4.29: BPO Auswertung – GPS-Visualisierung Baustelle A44/A46 (17.08.2017)



Quelle: [19]

Abb. 4.30: BPO Auswertung – Rundenzeitenanalyse Baustelle A44/A46 (17.08.2017)

4.2.2 Schnittstellen

Die Anforderungen an die Schnittstelle ergeben sich in diesem Kapitel gleichermaßen wie zuvor in Kapitel 4.1.2. Bei BPO ASPHALT handelt es sich ebenso wie bei Q ASPHALT um ein offenes plattformunabhängiges System. Das System benötigt weder externe Daten von Baumaschinen noch eine zusätzliche Sensorik. Für ein ordnungsgemäßes Funktionieren der Software ist lediglich eine Schnittstelle mit der Warenwirtschaftssoftware der Mischanlage vonnöten.

Bei den beiden Pilotprojekten, bei denen das System BPO ASPHALT zum Einsatz kam, wurde die Datenübertragung von den AMAs auf zwei verschiedene Arten bewerkstelligt. Bei der Baustelle A44/A46 handelte es sich um eine größere Baumaßnahme, welche zeitgleich von bis zu drei Mischanlagen versorgt wurde. Daher wurde auf allen drei Mischanlagen (AMS Asphaltmischwerke Stolberg GmbH – Geilenkirchen, Kemna Bau Andreae GmbH & Co KG – Düsseldorf und Asphaltmischwerk NRW GmbH & Co KG) eine automatische Schnittstelle eingerichtet. Bei der Baustelle S6, einer kleineren Baumaßnahme, wurde auf eine Automatisierung verzichtet und die Daten wurden vom Mischmeister manuell in das System eingepflegt.

Die Einrichtung der Schnittstellen zwischen der Warenwirtschaftssoftware und BPO ASPHALT wurde von der Volz Consulting GmbH koordiniert und von den Wiegesoftwareherstellern durchgeführt. Im Falle des Asphaltmischwerks NRW GmbH & Co KG kommt die Software aus dem Hause PRAXIS Software AG und die Umsetzung der Schnittstelle wurde in Form eines Softwareupdates, per Fernwartung durchgeführt. Genaue technische Details über die Schnittstelle werden von BPO für Programmierer in Form eines Leitfadens zur Verfügung gestellt.

Dieser Leitfaden steht auch für die vorliegende Diplomarbeit zur Verfügung. Folgende Datenpakete werden dabei von der AMA an die Optimierungssoftware übertragen:

- Mischanlagen-Identifikationscode
- Uhrzeit der Vollwägung (Format: YYYY–MM–DD HH:MM:SS)
- Uhrzeit der Leerwägung (Format: YYYY–MM–DD HH:MM:SS)
- Produktgruppe
- Zuladung in Tonnen
- Lieferscheinnummer
- Kennzeichen der Zugmaschine
- Mischgutsorte/Produktbezeichnung

Sollte es aus einem Grund (z.B. Softwareprobleme, Internetanbindung etc.) zu Problemen mit der automatischen Schnittstelle kommen, können die entsprechenden Informationen auch über die Mischanlagenansicht eingegeben und über das mobile Internet versendet werden. Ebenso stellt die manuelle Eingabe auf der Mischanlage eine Alternative dar, wenn es sich um eine Anlage handelt, die nur in seltenen Fällen oder kurzfristig für eine Baumaßnahme herangezogen wird. Ist die Eingabe der Daten über die Lieferscheinansicht nicht möglich (z.B. kein Endgerät vorhanden, Zeitmangel) besteht zusätzlich die Möglichkeit die Lieferscheindaten auf der Baustelle einzugeben.

4.2.3 Zusammenfassung und Bewertung

Bei dem System BPO ASPHALT der Volz Consulting GmbH handelt es sich um eine Optimierungssoftware im Bereich des Asphalteinbauprozesses. Die Software funktioniert übergeordnet und kann unabhängig von Baumaschinenfabrikaten und Mischanlagenherstellern operieren. Von der Planung, über die Ausführung, bis hin zur Auswertung ist die Software durchgehend webbasiert, wobei vom Hersteller die Verwendung von Google Chrome empfohlen wird. Unterstützend kann in der Ausführungsphase auch die App „BPO Live“ genutzt werden, welche über den App Store für iOS-Geräte bzw. über den Google Play Store für Android-Geräte bezogen werden kann. Sowohl die App „BPO Live“ als auch der Webbrowser Google Chrome können kostenlos bezogen werden.

Die Entwickler der Software konzentrieren sich mehrheitlich auf die Kompetenz der Prozessoptimierung. Eine Erweiterung zur Kostenprognose hat das Unternehmen zwar im Portfolio, diese kam im Rahmen der Testphase jedoch nicht zum Einsatz. Den Programmierern ist es gelungen den gesamten Wertschöpfungsprozess des Asphalteinbaus detailreich in einer Software zu

verarbeiten. Alle Facetten des Asphaltbaus werden übersichtlich aufbereitet und die Bedienung der Software gestaltet sich durchgehend intuitiv.

Ein besonderer Vorteil der Softwarelösung von Volz Consulting GmbH ist, dass praktisch von überall auf das System zugegriffen werden kann, sofern ein geeignetes Endgerät mit installiertem Webbrowser und einer Internetverbindung vorhanden ist. Diese Ortsunabhängigkeit macht das System in allen Projektphasen hochgradig flexibel.

Nach eingehenden Tests ist die technische Umsetzung über alle Projektphasen durchgehend positiv zu bewerten. Bei intensiver Nutzung lassen sich einige Schwächen in der Umsetzung erkennen, welche aber auf die allgemeine Prozessplanung keinen Einfluss nehmen. Beispielsweise erfolgt beim Schließen eines Arbeitsbereichs, keine automatische Aufforderung eingegebene Daten zu speichern – wodurch dies leicht vergessen werden kann. Des Weiteren muss die Eingabe der Einbauleistung in m/min erfolgen, und kann nicht in t/h angegeben werden.

Im Bereich der „Live-Auswertung“ ist die Informationsdichte für den alltäglichen Gebrauch zu umfassend. Die Möglichkeit nur ausgewählte Daten anzuzeigen und somit einen besseren Überblick zu verschaffen, gibt es nicht.

In der Gesamtheit betrachtet, handelt es sich um ein ausgereiftes, praxistaugliches Produkt, welches sich im Baustelleneinsatz bewährt hat.

4.3 Erhebungsmethodik

Um Neuerungen in einer Branche umsetzen zu können bedarf es geeigneter Projektpartner, welche es erlauben anhand von Pilotprojekten In-situ-Tests durchzuführen. Mit der PORR Bau GmbH wurde ein geeigneter Projektpartner gefunden, welcher über entsprechende Projekte verfügt. Folgende Projekte wurden im Rahmen dieser Diplomarbeit als Pilotprojekte ausgewählt:

- A5 Nord/Weinviertel Autobahn – Baulos 3 (Neubau); Bereich: Schrick/Mistelbach – Poysdorf Süd (Österreich (Ö)) kurz: Baustelle A5
- A44/A46 – AK Holz (Wiederherstellung); Bereich: Jüchen/Mönchengladbach (Deutschland (D)) kurz: Baustelle A44/A46
- S6 Semmering Schnellstraße – ARGE Massenbergraben (Sanierung); Bereich: Schladnitz/Leoben (Ö) kurz: Baustelle S6

Wie bereits im Unterkapitel 1.3 erläutert, führen zwei verschiedene Herangehensweisen zum Ergebnis dieser Arbeit. Einerseits basiert es auf den Pilotprojekten, im Zuge derer die Softwarelösungen zweier ausgewählter Softwarehersteller umfassend getestet wurden. Andererseits wird das Resultat durch Befragungen der mit den Softwareanwendungen betrauten Personengruppen untermauert.

Um einen anfänglichen Überblick über die gängige Einbaupraxis zu erlangen, wurde im Mai

2017 damit begonnen mehrere Einbautage auf der Baustelle A5 aus einer beobachtenden bzw. hinterfragenden Position heraus zu analysieren. Diese Herangehensweise diente der Erlangung eines besseren Prozessverständnisses und dem Erkennen von Schwachstellen im Asphaltierungsprozess. Nach den initialen Tagen auf der Baustelle A5 und zahlreichen Gesprächen mit dem Personal vor Ort erfolgte der Erstkontakt mit den beiden Softwareherstellern „hiQ solutions GmbH“ und „Volz Consulting GmbH“. Basierend auf den Erfahrungen der Lokalaugenscheine, den Verbesserungswünschen des gewerblichen Personals und den von den Softwareherstellern angebotenen Lösungen wurde ein Interviewbogen entwickelt. Es wurden dabei separate Fragebögen für bestimmte Personengruppen entwickelt. Diese betreffen das leitende Baustellenpersonal, das ausführende Baustellenpersonal sowie das Mischanlagenpersonal.

Um die Vergleichbarkeit zwischen den beiden Softwarelösungen sicherzustellen, stellt ein Parallelbetrieb beider Systeme auf derselben Baustelle die Optimallösung dar. Aufgrund organisatorischer Gründe war es jedoch nicht möglich den gleichzeitigen Einsatz beider Systeme auf einer Baustelle umzusetzen. Daher wurde schon bei der Auswahl der Pilotprojekte darauf geachtet, gleichartige Baustellen zu wählen. Im Speziellen handelt es sich bei den gewählten Projekten allesamt um Baumaßnahmen im höherrangigen Straßennetz. Die Rahmenbedingungen sind in allen betrachteten Fällen ähnlich, sodass eine zufriedenstellende Vergleichbarkeit gewährleistet ist. Die Handhabung der Software in der Planungsphase ist getrennt vom Einsatz auf der Baustelle zu betrachten. In der Planungsphase können jederzeit Änderungen vorgenommen werden und das Beseitigen eines Fehlers ist möglich, da in dieser Phase Arbeitsschritte mehrfach wiederholt werden können. Hingegen ist das System besonders in der Einbauphase gefordert, in Echtzeit und einwandfrei zu arbeiten. Erfolgte Eingaben können in dieser Projektphase nicht wiederholt werden.

Insgesamt fanden auf der Baustelle A5 (hiQ) 14 Einbautage unter persönlicher Aufsicht und sechs weitere unter Fernaufsicht statt. Die Baustelle A44/A46 (BPO) wurde für drei Tage vor Ort betreut, sowie die Baustelle S6 (BPO) für zwei Tage.

Im Anschluss an die erfolgten Testphasen wurden die Softwareanwender und Prozessbeteiligten entsprechend den ausgearbeiteten Fragebögen interviewt. Durch die Fragestellungen sollten die Mitarbeiter motiviert werden, Erfahrungen im Umgang mit der jeweiligen Systemlösung sowohl positiver als auch negativer Natur zu schildern. Durch gezielte Nachfrage bei den jeweiligen Interviewpartnern und durch die Anregung einer konstruktiven Diskussion konnten sowohl Schwachpunkte und Anforderung softwaretechnischer Natur, als auch persönliche Ängste und Hoffnungen herausgefiltert werden. Soll sich der Erfolg einer Neuerung einstellen, muss auf die persönlichen Bedürfnisse der Anwender eingegangen werden.

Nachfolgend werden die erstellten Fragebögen, je Berufsgruppe, wiedergegeben. Dabei variieren die Anzahl der Fragen und die Themengebiete, welche in den Interviews angesprochen werden, entsprechend.

Fragstellungen an das leitende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Was war der Auslöser für die Einführung des hiQ/BPO-Systems zur Prozessoptimierung im Asphalteinbau?
2. In welcher Form wurden die Prozessbeteiligten (Bauleiter, Polier, Mischwerk, Logistik, Fertigerpartie) auf die Einführung des neuen Systems vorbereitet?
3. Herrscht bereits ein Prozessdenken oder sehen Ihre Mitarbeiter die Einführung des hiQ/BPO-Systems nur als Anweisung von oben herab?
 - a) Wie funktioniert die Weisungskette, um alle Prozessbeteiligten zur ordnungsgemäßen Bedienung des Systems anzuleiten?
4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen?
5. In welcher Form erfolgt die Weiterleitung von Informationen an Gruppen- bzw. Bereichsleitung? Welche Informationen werden weitergeleitet?
6. Gibt es auf der Baustelle Probleme beim Funknetzempfang bzw. beim Empfang von mobilen Daten? Wenn ja, wie wurden diese gehandhabt?
 - a) Welches Datenvolumen ist je Endgerät vorgesehen?
 - b) Gibt es Probleme mit der Überschreitung des Datenvolumens?

Projektplanung

7. Hat sich der Planungsprozess durch die Einführung des hiQ/BPO-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie den Planungsprozess vor und nach der Einführung des hiQ/BPO-Systems)
 - a) Wohin hat sich der Planungsaufwand verschoben? Warum?
 - b) Wie detailliert wird die Planung vorgenommen?
 - c) Werden Umsetzzeiten, Pausen etc. in der Planung berücksichtigt?
 - d) Werden detaillierte Routenplanungen inkl. Points Of Interest (POIs) (z.B. Baustellenein- bzw. -ausfahrten, Putzplatz, Wendeplatz) vorgegeben?

Arbeitsvorbereitung

8. Hat sich die Arbeitsvorbereitung durch die Einführung des hiQ/BPO-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie Arbeitsvorbereitung vor und nach der Einführung des hiQ/BPO-Systems)
 - a) Wohin hat sich der Arbeitsaufwand verschoben? Warum?

Transportlogistik

9. Verlassen Sie sich zu 100 % auf die Vorgaben von hiQ/BPO hinsichtlich Lkw-Anzahl, prognostizierte Einbauzeit bzw. Einbauleistung oder rechnen Sie noch betriebsinterne Faktoren ein?

10. Werden Zufahrts- und Abfahrtswege bzw. Baustelleneinfahrten und -ausfahrten vorgegeben?
11. Wie wird zwischen den Projektbeteiligten kommuniziert?
 - a) Mischanlage und Fertiger?
 - b) Werden die Lkws auch in die Kommunikation während des Bauprozesses eingebunden (z.B. durch die Möglichkeit von Kurznachrichten zwischen dem ausführenden Personal und Bauleitung)?

Asphalteinbau

12. Nützen Sie aktiv die Möglichkeit den Einbauprozess online einzusehen, oder sind für Sie nur Eckdaten von Bedeutung?

Asphaltfertiger

13. Werden Daten vom Asphaltfertiger abgerufen? (z.B. Asphalteinbautemperatur, Telematikdaten etc.)

Verdichtung

14. Gibt es eine flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle bzw. ist diese in einer Form angedacht?

Nachbereitung

15. Welche Rückmeldungen von der Baustelle gehen zum Bauleiter, Baukaufmann, Kalkulant?
 - a) Welche Auswertungen sind für Sie entscheidend?
 - b) Welche Schlüsse werden unmittelbar daraus gezogen?
 - c) Welche Schlüsse werden langfristig daraus gezogen? Zeichnen sich bereits erste Tendenzen ab?
16. Werden sämtliche Lieferscheine digital abgebildet oder gibt es an Stellen des Prozesses noch Lieferscheine in Papierform und somit mögliche Fehlerquellen oder Ineffizienzen?
17. Wird das Thema Wirtschaftlichkeit bei der Anwendung des hiQ/BPO-Systems großgeschrieben oder stehen für Sie die Arbeitserleichterung bzw. die verbesserte Dokumentation im Vordergrund?
 - a) Können Sie Kosteneinsparungen aufgrund des verringerten Verwaltungsaufwandes im Nachgang feststellen?
 - b) Wenn ja, in welcher Form wird die verbesserte Dokumentation des Einbauprozesses genutzt bzw. weitergegeben?

Fragestellungen an das ausführende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Wie funktioniert die Handhabung der Mobilgeräte im Arbeitsalltag?
 - a) Stromversorgung (Akku, Stromnetz des Fertigers, Powerbank, Zwischenladung)

- b) In wessen Zuständigkeit fallen die jeweiligen Geräte?
2. Sehen Sie sich mit Ihrem Team als Teil des Gesamtprozesses und folgen den Systemanweisungen oder vertrauen Sie auf Ihre Erfahrungswerte?
 - a) Fühlen Sie sich durch die neuen Maßnahmen auf dem Weg zum „gläsernen Mitarbeiter“, weil die Überwachung stetig zunimmt?
 - b) Mit welchen Vorteilen/Nachteilen sehen Sie sich durch die neue Technologie konfrontiert?
3. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen.

Transportlogistik

4. Auf welchem Weg bestellen Sie Mischgut vom Mischwerk? (Telefonisch? App? Mail?)
 - a) Zu welchem Zeitpunkt bestellen Sie Mischgut? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)
 - b) Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbaustart?
 - c) Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk während des Einbaus?
 - d) Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbauende?
5. Wird die Möglichkeit der Kommunikation mit den Lkws genutzt bzw. machen Sie von der Kartenansicht der Lkws Gebrauch?
 - a) Stimmen die prognostizierten Ankunftszeiten der Lkws mit den tatsächlichen Ankunftszeiten überein?
6. Inwiefern besteht die Möglichkeit von der Baustelle aus ins tagesaktuelle Baugeschehen einzugreifen?
 - a) Gibt es die Möglichkeit die Zielmenge zu korrigieren?
7. Wie wird ein halbvoller Lkw im System beim Umsetzen gehandhabt?

Asphalteinbau

8. Wie viele Personen umfasst eine Einbaupartie? Hat sich diese Anzahl durch den Einsatz des hiQ/BPO-Systems verändert?
9. Hat sich der Arbeitsaufwand für die einzelnen am Prozess beteiligten Personen verändert? Wenn ja, für wen und in welchem Umfang?
10. Wer nimmt eingehende Mischgutlieferungen an?
 - a) Was passiert bei Nicht-Annahme einer Lieferung?
11. Wann wird der Asphalteinbauprozess gestartet?
 - a) Wenn bereits mehrere Lkws in Schlange (Rudelbildung) stehen?
 - b) Wenn sich ausreichend Lkws im Zulauf befinden um einen kontinuierlichen Betrieb aufrecht erhalten zu können?
12. Wie lautet das Prozedere beim kontrollierten Einbauende?
 - a) Wer bestellt wie die notwendige Restmenge an Mischgut?

Asphaltfertiger

13. Wie funktioniert die Handhabung des mobilen Endgerätes?
 - a) Stromversorgung
 - b) Ist die App intuitiv zu bedienen?
 - c) Muss das Gerät täglich auf- und abgebaut werden?
14. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?
15. Reagieren Sie auf einen verminderten Zulauf oder fahren Sie mit gleichbleibendem Tempo bis das Material im Kübel aufgebraucht ist?

Fragestellungen an das Mischanlagenpersonal

Allgemein

1. War die Integration des neuen Systems in die Mischanlage mit einem wesentlichen Aufwand verbunden?
 - a) Wie wurde die Integration durchgeführt?
2. Kommt es durch das hiQ/BPO-System zu Prozessveränderungen auf der Mischanlage?
 - a) Mehraufwand durch zusätzlichen Arbeitsschritt/automatische Integration?
3. Welche Vorgaben erhalten Sie für die Produktion? Halten Sie sich an die Systemvorgaben?
4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden diese abgerufen.
5. Auf welchem Weg langen Bestellungen von der Baustelle ein? (Telefonisch? App? Mail?)
 - a) Zu welchem Zeitpunkt langen Bestellungen ein? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)
 - b) Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle vor dem Einbaustart?
 - c) Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle während des Einbaus?
 - d) Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle vor dem Einbauende?
6. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?
 - a) Wird gezielt getaktet?
 - b) Werden Lkws von anderen Baustellen zwischengereicht?

Die Interviews wurden unter Einverständnis der Befragten in Form einer Audioaufzeichnung dokumentiert. Insgesamt wurden elf Interviews mit einer Gesamtdauer von mehr als 5,5 h aufgezeichnet. Im Nachgang wurden die Interviews inhaltlich vollständig transkribiert. Basierend auf Gesprächsinhalten werden systembedingte und persönlich bedingte Vor- und Nachteile interpretiert und finden Eingang in die abschließende Bewertung der getesteten Systeme. In den Anhängen 1–11 befinden sich die vollständigen Mitschriften aller Interviews.

4.4 Gegenüberstellung der Anwenderfreundlichkeit der analysierten Systeme

Das vorliegende Kapitel beschäftigt sich nach den durchgeführten Pilotprojekten mit einem eingehenden Vergleich der beiden Softwarelösungen, Q ASPHALT von der hiQ solutions GmbH und BPO ASPHALT von der Volz Consulting GmbH. Für die Akzeptanz einer Neuerung im Allgemeinen und einer Softwarelösung im Speziellen müssen die Vorteile für die Benutzer auf der Hand liegen. Bereits nach einer kurzen Einarbeitungsphase sollte eine Übergabe der Systemlösung an die Projektbeteiligten möglich sein. Ist ein selbstständiges Arbeiten mit dem neuen System im Arbeitsalltag implementiert, muss die Belegschaft im nächsten Schritt Vertrauen in die neue Methode aufbauen. Daher wird im Folgenden ein besonderer Fokus auf die Bedienerfreundlichkeit und die technische Zuverlässigkeit gelegt. Die Bewertung erfolgt aufgrund der Erkenntnisse aus den durchgeführten Pilotprojekten. Die Aussagen basieren auf Baustellenprotokollen, Datenaufzeichnungen der Softwarelösungen und den zu Protokoll gegebenen Interviews der Anwender.

In diesem Kapitel wird die Bedienerfreundlichkeit in den drei Stadien der Projektplanung, Ausführung und der abschließenden Auswertung bewertet. Am Ende der Bewertung des jeweiligen Themengebietes gibt der Verfasser eine tabellarische Auflistung von relevanten Aussagen zu beiden Systemen. Die Interviews in voller Länge können in den Anhängen 1–11 nachgelesen werden.

Vorweg ist zu bemerken, dass keines der beiden getesteten Systeme vollkommen selbsterklärend funktioniert. Dies ergibt sich schon alleine aus der Komplexität des zugrunde liegenden Asphalt-einbauprozesses und dem jeweiligen Systemaufbau. Jedes der beiden Systeme erfordert eine Einarbeitungszeit, welche von den Fähigkeiten der Mitarbeiter abhängig ist. In diesem Zusammenhang bieten beide Hersteller Schulungen an, deren Besuch zumindest für das Schlüsselpersonal empfohlen wird, um das vollständige Potential der jeweiligen Softwarelösung ausschöpfen zu können.

Anmerkung: Wenn in diesem Kapitel auf Aussagen von Mitarbeitern der verschiedenen Projektpartner zurückgegriffen wird, werden diese aus Rücksicht auf ihre Privatsphäre, trotz ausdrücklicher Erlaubnis nicht namentlich genannt.

Ein grundlegender Unterschied liegt im Systemaufbau der beiden Softwarelösungen. Während sich hiQ solutions GmbH für eine Hybridlösung aus programm-basierten und webbasierten Bausteinen entschlossen hat, ist die Lösung von Volz Consulting GmbH vollständig webbasiert.

Die Vielzahl an Portalen (Q ASPHALT, Online-Client, AMA-Client), welche über unterschiedliche Kanäle (PC-Programm, App, Webbrowser) aufgerufen werden, führen bei hiQ zur Unübersichtlichkeit. Hingegen gibt es bei BPO einen Zugang für das leitende Personal, alle anderen Beteiligten können über einen Link oder wahlweise über die App in das System einsteigen.

Durch den Zugang zu BPO via Webbrowser, ist der Start der Software einfach und keineswegs aufwändig. Es herrscht keine Notwendigkeit einer festen Programminstallation. Die optionale „BPO-Live“-App ist sowohl über den Apple App Store, als auch über den Google Play Store kostenlos verfügbar. Im Gegensatz dazu hat sich hiQ solutions GmbH dazu entschlossen die Verteilungshoheit über ihre Anwendungen zu behalten. Weder die Installationsdatei für das Computerprogramm, noch für die Smartphone-App stehen zum freien Download auf der Homepage des Herstellers oder in gängigen App Stores zur Verfügung. Dieser Umstand erschwert die Verbreitung der Software, da Nutzer den Bezug von Programmen und Applikationen über die genannten Kanäle bevorzugen. Anwendungen, die nicht zum Download angeboten werden, sind schwer zugänglich und die Verbreitung der Software impliziert einen zeitlichen und organisatorischen Mehraufwand. Dieser Umstand ist aus Sicht des Verfassers als klarer Nachteil für das System von hiQ zu bewerten.

4.4.1 Projektplanung

Die bereits umfassend erläuterte Gebundenheit an ein installiertes Softwareprogramm bei der Software von hiQ solutions GmbH stellt ein Manko in Sachen Bedienerfreundlichkeit dar. Volz Consulting GmbH hat in dieser Hinsicht eine anwenderfreundlichere Systemwelt geschaffen. Beide Softwarelösungen benötigen für die Planung einen Internetzugang, da zum einen eine Anmeldung erforderlich ist und zum anderen Projektdaten vom Server abgefragt bzw. Berechnungen über den Server abgewickelt werden. Dadurch erschließt sich für den Anwender kein Vorteil durch die feste Installation des Programms auf einem PC. Im Gegenteil, durch die Gebundenheit an Windows in der Planung ergibt sich eine Einschränkung für den Nutzer.

Noch bevor bei Q ASPHALT mit der Planung einer Baumaßnahme begonnen werden kann, ist die Eingabe einer Reihe von Stammdaten erforderlich (siehe Kapitel 4.1.1), auf welche bei BPO ASPHALT verzichtet werden kann. Ein wesentlicher Unterschied ergibt sich dadurch, dass bei hiQ sämtliche Nutzer (inkl. oft wechselnder Lkw-Fahrer) über Zugangsdaten verfügen müssen, um sich im System anmelden zu können. Diese Fülle an Stammdaten muss zunächst erstellt und in weiterer Folge gepflegt werden. Bei BPO verfügt lediglich das Schlüsselpersonal über dauerhafte Zugangsdaten, alle weiteren Beteiligten werden mit temporären, für den Einbautag gültigen, Login-Codes ausgestattet. Daher entfällt bei BPO die aufwändige Wartung von Personenstammdaten fast gänzlich.

Ein Grund für die vermehrte Eingabe von Stammdaten bei hiQ ist auf die Tatsache zurückzuführen, dass die Softwarelösung sowohl als Prozessoptimierungssoftware, als auch als Kostenplanungssoftware zum Einsatz kommen kann. Eine Option zur Kostenplanung ist bei BPO ebenfalls verfügbar, war jedoch nicht Teil des getesteten Softwarepakets. Die Nutzung als Kostenplanungssoftware ist von Vorteil, da durch die Adaption maßgebender Parameter innerhalb kurzer Zeit Kostenvergleiche angestellt werden können. Dieser Mehrwert bedingt allerdings, dass sämtliche Kosten von Mitarbeitern, Baugeräten, Materialien, Lieferanten etc. eingepflegt und aktuell gehalten werden müssen. Die Kostenkalkulation in die Software zu integrieren verlangt ein Mehr an Daten – kann aber ein Vorteil sein, zumal damit eine laufende Kostenverfolgung möglich

ist. Nach einer abgewickelten Baumaßnahme ist letztendlich sogar die Abrechnung über hiQ möglich. In der Praxis verfügt allerdings jede Bauunternehmung über eine Spezialsoftware für Kostenkalkulationen und Abrechnungen. Unternehmen werden daher mit den implementierten Werkzeugen kaum das Auslangen finden. Viele Unternehmen im Infrastruktursegment decken eine Reihe von Gewerken ab und verfügen daher über eine umfassende Buchhaltungslösung und sind an einer Einzellösung wenig interessiert. Vielmehr sollte daher die Frage gestellt werden, wie die Daten aus der Optimierungssoftware in eine bestehende Buchhaltungssoftware überführt werden können.

Im Rahmen der Pilotprojekte wurde mehrmals geäußert bzw. entstand zunehmend der Eindruck, dass die Priorität der Mitarbeiter auf der Optimierung des Prozesses liegt. Die Kostenplanung nimmt dabei eine nachrangige Rolle ein. Mit der Prozessoptimierung stellen sich Kosteneinsparungen automatisch ein. Die Pflege umfänglicher Stammdaten können und wollen die technischen Angestellten nicht übernehmen, da diese den Fokus vom eigentlichen Asphaltbauprozess lenkt.

Bei der Stammdateneingabe in Q ASPHALT ist in einer Unterkategorie der Punkt der sog. „LKW Lieferanten“ mit besonders vielen möglichen Eingaben aufgefallen. Hier werden zuerst der Name der Spedition, eine Kontaktperson mit Vornamen und Nachnamen, E-Mail, Telefon, Fax und Anschrift eingegeben. Für jede Spedition können danach Fahrzeuge mit insgesamt 14 weiteren Attributen angelegt werden. Folgende Attribute werden erfasst: Kennzeichen, Art, Antriebsart, Achsen, Emissionsklasse, Partikelminderungsklasse, Leergewicht, Status, Kapazität, Stundensatz, Tagessatz, Monatssatz, Flatrate und Beschreibung. Sammlungen in diesem Ausmaß sind für die Prozessoptimierung nicht notwendig. Aufgrund der Tatsache, dass diese Daten auch für die Berechnung des Einbauplans nicht notwendig sind, stellt sich umso mehr die Frage der Sinnhaftigkeit diese Daten einzugeben und zu pflegen. Sollte ein Datensatz aus dieser Reihe für ein Projekt relevant werden, kann er beim Spediteur nachgefragt werden.

Allgemein wird für die Eingabe der Stammdaten im Programm hiQ viel Zeit anberaumt, wodurch die Verwaltungsarbeit zu Beginn des Planungsprozesses erhöht wird. Hinzu kommt, dass viele Details zu beachten sind, welche sich dem ungeübten Anwender nicht unmittelbar erschließen. Tritt zu einem späteren Zeitpunkt ein Fehler auf, ist dieser oft mühsam in den Stammdaten zu suchen.

Die Software BPO ASPHALT schafft es hingegen nahezu ohne Stammdaten auszukommen. Eine Planung ist ohne jegliche Eingabe von Stammdaten möglich. Der Detailgrad der Eingaben für die Planung ist wesentlich geringer und beschränkt sich auf das Wesentliche. In manchen Fällen ist daher mehr Umsicht des Planers gefragt. Dennoch ist es möglich und auch empfehlenswert Schlüsselpersonal mit sämtlichen Kontaktdaten und wiederkehrende Ressourcen (Geräte und Mitarbeiter) in den Stammdaten anzulegen. Informationen, welche bei einer Planung ohne vorherige Eingabe der Stammdaten erforderlich werden, müssen im Planungsprozess manuell eingegeben werden. Zudem empfiehlt es sich einmalig ein Unternehmenslogo und sämtliche Unternehmensdaten hochzuladen, sodass bei automatisch generierten Dokumenten ein vollständiger Briefkopf

erstellt werden kann und es keiner Nachbearbeitung bedarf. Für den geübten Anwender werden noch Parametereinstellungen in den Stammdaten ermöglicht, jedoch müssen weder Stammdaten angelegt noch Einstellungen verändert werden um ein Projekt initial zu planen.

Betrachtet man nun die Planung in den beiden Systemen, so ist deren Abwicklung in beiden Systemen sehr verschieden. Mit BPO wird der Ansatz der modularen Planung verfolgt. Dabei wird im ersten Schritt ein Projekt in seinen Grundzügen geplant. Die Detailplanung der einzelnen Tageslose erfolgt erst im zweiten Schritt. Dadurch ist es möglich, auf Änderungen welche sich im Zuge des Bauablaufes ergeben, flexibel zu reagieren indem die Detailplanung entsprechend nachgeführt wird. Das Unternehmen hiQ solutions GmbH hingegen verfolgt den Ansatz, ein Projekt von Anfang bis zum Ende, bis in das letzte Detail durchzuplanen. Dadurch kann die Planung im Projektfortschritt nicht flexibel angepasst werden, wenn beispielsweise ein Abschnitt ausgelassen wird oder ein Einbautag nicht stattfinden kann.

Das System von Volz Consulting GmbH räumt dem Nutzer zusätzlich die Möglichkeit ein, Abschnitte in beliebiger Reihenfolge fertigzustellen oder teilweise fertigzustellen und zu einem späteren Zeitpunkt fortzufahren, solange die Schichtenabfolge korrekt ist. Das System von hiQ solutions GmbH hingegen geht davon aus, dass im gesamten geplanten Bereich zuerst die Tragschicht, danach die Binderschicht und am Ende die Deckschicht eingebaut wird. Im Zuge der Pilotprojekte hat sich gezeigt, dass diese theoretische Annahme oftmals nicht der Praxis entspricht. Daher ist die Notwendigkeit der Flexibilisierung des Bauablaufes in der Software absolut gegeben, um die Software im Baubetrieb anwenden zu können.

Hat sich der Planer erst auf die systemischen Gegebenheiten des jeweiligen Produktes eingestellt, funktioniert die Planung in beiden Fällen. Schwierigkeiten während des digital gestützten Prozesses können auch auf Anwenderfehler zurückzuführen sein.

Ein Kritikpunkt der beide Softwarelösungen gleichermaßen betrifft ist der sparsame Umgang mit Systemmeldungen. Bei einer Planung in BPO wurde für ein Pilotprojekt eine Zeitstempel-einstellung falsch gesetzt, welche zur Folge hatte, dass der Entladevorgang der Lkws auf der Baustelle nicht mehr beendet werden konnte. Infolgedessen sind keine Lkws mehr auf der Mischanlage zur Beladung eingetroffen. Dieser Fehler konnte erst durch den Kundensupport des Unternehmens behoben werden und hätte bei Fortbestand zu mangelhaften Datenaufzeichnungen an diesem Einbautag geführt.

An einer anderen Stelle im Planungsprozess bei BPO kann beispielsweise bei einem dreischichtigen Aufbau auf den Einbau der mittleren Schicht verzichtet werden. Versucht man im nächsten Schritt die verbleibende obere Lage vor der unteren Lage einzubauen wird der Planer durch eine Systemmeldung darauf hingewiesen. Dies ist jedoch nicht der Fall, wenn die verbleibenden Lagen zwar in der richtigen Reihenfolge eingebaut, jedoch auf die deaktivierte mittlere Lage vergessen wird. In beiden Fällen wäre eine Systemmeldung hilfreich, um den Planer auf die Konsequenzen

der Einstellungskonstellation aufmerksam zu machen.

Ähnlich verhält es sich im System hiQ bei der Materialbestellung. Hier muss ein Material bevor es in den Einbau gehen kann unbedingt auf den Status „Bestätigt“ gestellt und mit einer Listennummer versehen werden. Der Projektstatus kann trotz Fehlen dieser beiden Parameter auf „Projekt durchführen“ gestellt werden, mit der Konsequenz, dass beim Einbau in Echtzeit keine Lieferscheindaten auf der Baustelle ankommen. Auch in diesem Fall wäre eine Systemmeldung hilfreich, welche auf diesen Missstand aufmerksam macht.

Die Softwarelösung von hiQ solutions GmbH versucht durch umfangreiches Erfassen von Stammdaten dem Planer viele Aufgaben abzunehmen. Durch viele Abhängigkeiten ist allerdings ein undurchsichtiges Datenwerk entstanden, welches die Bedienerfreundlichkeit und den Planungsspielraum sehr stark einschränkt. Die Softwarelösung von Volz Consulting GmbH beschränkt sich auf die Erfassung der notwendigen Daten und erlaubt dem Planer in weiten Teilen eine eigenständige Planung, die an den richtigen Stellen durch die Software unterstützt wird.

Zuordnung	Aussage
Baubüro hiQ Anhang 3 Frage 7	Der Planungsaufwand hat sich ganz klar verkompliziert. Es musste sehr viel Zeit investiert werden, um die Planung annähernd dem anzupassen, was auf der Baustelle gebaut wird. Die Planungssoftware ist nicht in der Lage flexibel genug auf Änderungen im Tagesablauf zu reagieren. Der Aufwand war höher, als wenn es auf Papier geplant worden wäre.
Baubüro hiQ Anhang 3 Frage 9	„Man hat glaube ich gesehen, dass man sich nicht auf die Werte verlassen kann die das Programm ausspuckt, dadurch greift man auf Altbewährtes zurück.“
Baubüro hiQ Anhang 4 Frage 7	Bei der Erstanwendung entsteht ein sehr hoher Planungsaufwand, da zusätzlich die Stammdaten eingegeben werden müssen. Der Planungsaufwand wird erhöht, weil sich die Planung nicht mehr nur über die Ermittlung der Lkw-Anzahl über die Umlaufzeit beschränkt. Für Folgeprojekte wird sich der Aufwand verringern. Verschiedene Schichten mussten in extra Projekten geplant werden, da sonst die zeitliche Abfolge der Stationen nicht bestimmt werden konnte. Dadurch wird der Planungsaufwand enorm erhöht und es geht am Sinn einer Gesamtplanung vorbei, wenn am Ende erst wieder nur Fragmente geplant werden.

Tab. 4.1: Auswertungstabelle Planung hiQ

Zuordnung	Aussage
Baubüro BPO Anhang 1 Frage 3	Die Planung mit BPO ist vorteilhaft, um mangelnde Erfahrung direkt nach der Ausbildung rasch zu kompensieren. In ein bis zwei Jahren wird nicht mehr darüber gesprochen werden, ob der Asphalteinbau digital unterstützt erfolgt – es wird wahrscheinlich Standard sein.
Baubüro BPO Anhang 1 Frage 7	Die erstmalige Planung nimmt auch mit BPO sehr viel Zeit in Anspruch, da die zu asphaltierende Fläche sehr genau eingegeben werden muss – die Tagesplanung ist danach sehr einfach. „Der Vorteil bei BPO ist ganz einfach, man muss sich noch viel intensiver bei der Planung damit beschäftigen, wie wenn man es einfach so macht.“ ... „Nachteil ist mir so bis jetzt nicht wirklich aufgefallen. Es ist für uns Bauleiter ein schönes Werkzeug. Es nimmt uns auch Arbeit ab. Es ist eine deutliche Erleichterung.“
Baubüro BPO Anhang 2 Frage 7+9	Derzeit geht jeder Einbauleiter unterschiedlich in der Prozessvorbereitung vor – bei größeren Baustellen wird eine detaillierte Planung in Form von Microsoft Excel vorgenommen. Die Einführung eines digitalen Systems würde den Vorteil bringen, dass es zu einer einheitlichen Struktur in der Planung kommt. Der Planungsaufwand ist mit BPO nach wie vor gegeben, er wird jedoch anders abgewickelt. Bezüglich der Lkw-Anzahl wird man sich nicht hundertprozentig auf die Software verlassen, da auch die Erfahrung von jedem Bauleiter in die Lkw-Disposition einfließt.

Tab. 4.2: Auswertungstabelle Planung BPO

Kernaussagen der Interviews:

hiQ: Der Planungsaufwand wurde durch den Einsatz von hiQ deutlich erhöht. Das System ist wenig flexibel, weshalb sich die Einsätze auf der Baustelle nur unzureichend planen lassen.

BPO: Der Planungsaufwand – vor allem bei erstmaligen Eingabe eines Projektes – ist sehr hoch, bietet aber den Vorteil einer einheitlichen Planungsstruktur. Der Bauleiter muss sich vorab intensiv mit allen Aspekten des Asphalteinbaus auseinandersetzen, wodurch Verzögerungen in der Ausführung vermieden werden können.

4.4.2 Ausführung

Beide Systeme müssen zunächst mit einer Halterung an einer geeigneten Position am Fertiger befestigt werden. Das Unternehmen hiQ solutions GmbH hat zu diesem Zweck eine Standardhalterung aus dem KFZ-Zubehörhandel aus Kunststoff mit Saugnapf zur Verfügung gestellt. Das Unternehmen Volz Consulting GmbH setzt zur Befestigung auf eine Halterung aus dem

Bereich der Bühnentechnik, welche an ein Rohr oder eine Platte geklemmt werden kann. Je nach System wird daher eine glatte, saubere Fläche oder ein geeignetes Rohr bzw. Platte zur Befestigung der Halterung benötigt. Bei jedem Fertiger wurde eine geeignete Stelle gefunden, jedoch hat sich gezeigt, dass die Standardhalterung den Vibrationsbelastungen auf einem Fertiger nicht standhält. Im Zuge des Pilotprojektes auf der A5 wurden zwei Kunststoffhalterungen von hiQ verschlissen, bei der Spezialhalterung von BPO liegen keine derartigen Berichte vor. Beim Einsatz von hiQ-Zubehör muss daher ständig eine Ersatzhalterung vorgehalten werden um die Einsatzfähigkeit zu gewährleisten.

Nach erfolgter Montage des Tablets erfolgt die Anmeldung im System. Im Falle von hiQ mittels Benutzername und Kennwort, im Falle von BPO mittels vierstelligem Ausgabecode. Das Anmeldeprozedere bei hiQ erstreckt sich über mehrere Eingaben und Auswahlmöglichkeiten. Im Gegensatz dazu reicht bei BPO der vierstellige Code um das Ansichtsfenster zu erreichen. Dieses System hat vor allem den Vorteil vor unautorisiertem Zugriff geschützt zu sein, wenn die Zugangsdaten beispielsweise durch Weitergabe in falsche Hände gelangen. Die tägliche Verteilung der Zugangsdaten ist allerdings auch mit einem entsprechenden Arbeitsaufwand verbunden.

Ist der Einbau angelaufen und haben sich die Nutzer an die Systembedienung gewöhnt, sind beide Systeme im laufenden Betrieb einfach zu handhaben. Dennoch gibt es Punkte in der Bedienung, die nach den Rückmeldungen der Nutzer Verbesserungspotenzial aufweisen. Für die Einbaupartie ist es meist von Interesse, welche Tonnage auf dem aktuell angedockten Lkw geladen ist. Diese wichtige Information ist bei hiQ nur durch zwei Tastendrucke in Erfahrung zu bringen, BPO stellt diese Information auf den ersten Blick zur Verfügung stellt.

Die wesentliche Information, um einen Lkw andocken zu können, ist das Fahrzeugkennzeichen. Daher sollte diese Information besonders gut zu lesen sein. In der Software von hiQ solutions GmbH sind die wiederkehrenden Vorgänge „Andocken“ bzw. „Abdocken“ in sehr großer Schrift, das Fahrzeugkennzeichen allerdings in kleiner Schrift und Kleinbuchstaben dargestellt (siehe Abb. 4.7). Die ebenfalls ausgewiesene Lieferscheinnnummer ist für die Einbaupartie von geringem Interesse. Auch bei der Software BPO ist diese wesentliche Information in der Straßenfertigeransicht nicht in den Vordergrund gerückt (siehe Abb. 4.23).

Die Softwarelösung von hiQ bietet im Gegensatz zu BPO keine Möglichkeit getätigte Aktionen wieder rückgängig zu machen. Falscheingaben (z.B. falscher Lkw angedockt, versehentliches Einbauende etc.) können somit nicht widerrufen werden.

Ein Fehler in der Software von hiQ solutions GmbH wurde im Laufe des Pilotprojektes durch ein Systemupdate bereinigt. Bis zum Update konnte die Restmenge nur vor dem letzten zu entladenden Lkw angepasst werden. Ein frühzeitiges Anpassen der Restmenge war somit nicht möglich, ist jedoch in Baubetrieb unbedingt erforderlich. Außerdem besteht keine Möglichkeit einen Einbautag im System frühzeitig, noch bevor alle geplanten Lkws abgefertigt wurden, zu

beenden. Dazu muss zuerst umständlich die Restmenge nach unten korrigiert werden, bevor der Einbautag beendet werden kann. Aufgrund der fehlenden Möglichkeit eine Aktion rückgängig zu machen wäre eine Sicherheitsabfrage vor dem Beenden des Einbaus wünschenswert, da durch diese Aktion das Projekt mit Echtzeitdatenerfassung unwiderruflich beendet wird. Bei BPO muss ein Einbautag am Tablet nicht explizit beendet werden – ein einfacher Logout reicht. Vor dem Logout sind jedoch die Erfassung der Arbeitszeit sowie die Eingabe der erreichten Stationierung für die Auswertung bzw. die weitere Planung sinnvoll. Endgültig abgeschlossen wird ein Einbautag durch den Bauleiter oder Techniker im Planungsportal.

Zwei Optionen, welche bei BPO besonders hervorgehoben werden müssen, sind die Möglichkeit über Textnachrichten zu kommunizieren sowie die Möglichkeit der Dokumentation über ein digitales Baustellentagebuch. Beide Funktionen standen bei hiQ im Projektzeitraum nicht zur Verfügung, erleichtern aber den gesamten Einbauprozess auf der Baustelle und die nachfolgende Auswertung ungemein.

Zuordnung	Aussage
Baubüro hiQ Anhang 3 Frage 12	Auch zukünftig wäre es interessant Live-Daten zur Verfügung zu haben, vor allem bei großer räumlicher Trennung, da nicht ständig angerufen oder hingefahren werden muss. Zu jedem Zeitpunkt liegen wesentliche Daten und Fakten vor – vor allem im Hinblick auf die weitere Planung vorteilhaft.
Baubüro hiQ Anhang 4 Frage 11	Die Kommunikation zwischen der Mischanlage und dem Fertiger erfolgte auch während der Testphase per Telefon. Einerseits verwehrte sich die Mischanlage gegen die aktive Nutzung des Systems (geeigneter Zugang für die Mischanlage fehlt), andererseits besteht keine Möglichkeit Nachrichten über das System zu versenden.
Baubüro hiQ Anhang 4 Frage 16	Trotz der automatischen Schnittstelle bei dem Projekt Laa an der Thaya kam es zu Abweichungen zwischen der im System ausgewiesenen Menge und der Menge welche den Lieferscheinen entnommen werden konnte.
Baustelle hiQ Anhang 7 Frage 2	Bis dato hat der Fertigerfahrer jeden Lieferschein händisch mitgeschrieben und die Menge kumuliert. Zukünftig kann das Mitschreiben entfallen, dennoch bleibt der Überblick stets erhalten. Das System von hiQ solutions GmbH stellt sicher eine Erleichterung dar – vor allem bei großen Baustellen ist die Verwendung des Systems sehr gut vorstellbar. „Das ist nicht schlecht.“ Die Einbaupartie hat kein Problem mit der Einführung einer Prozesssteuerungssoftware, dann wer ordnungsgemäß arbeitet hat nichts zu verbergen. Allerdings besteht die Angst, dass die Einbaudaten, zum Nachteil der Baufirma, in die Hände des Auftraggebers gelangen könnten.

Baustelle hiQ Anhang 7 Frage 4+5	Derzeit läuft sämtliche Kommunikation mit dem Mischwerk telefonisch ab. Bestellvorgänge über die abzuwickeln ist durchaus vorstellbar, allerdings bedarf es einer Einschulung auf das System, damit die Mitarbeiter sicher im Umgang damit werden. Derzeit wird oft mit den Lkw-Fahrern telefoniert, da oftmals nachgefragt werden muss, wo sie sich gerade befinden.
Baustelle hiQ Anhang 7 Frage 8+9+10	Selbst bei Großbaustellen ist kein zusätzlicher Mitarbeiter für die Bedienung des Systems notwendig, da sich der Arbeitsaufwand nicht erhöht. Der Einsteller an der Bohle in Fahrtrichtung links übernimmt die Bedienung des Systems, da von dieser Position die beste Sicht auf den Lkw herrscht.
Baustelle hiQ Anhang 8 Frage 2	„Also ich sehe das eigentlich nicht als Überwachung, im Gegenteil sehe ich das als Hilfe.“ Im Endeffekt wird jede Partie daran gemessen, was am Ende des Tages eingebaut wurde. Warum die Leistung zwischenzeitlich eingebrochen ist, muss gegebenenfalls ohnehin geklärt werden. Vorteilhaft ist, dass ein genauer Überblick über die eingebaute Tonnage, die Anzahl der geladenen Lkws und den Materialzulauf herrscht, sodass nicht unbedingt telefonischer Kontakt mit der Mischanlage aufgenommen werden muss. Die Vorteile überwiegen eindeutig die Nachteile.
Baustelle hiQ Anhang 8 Frage 4	Der entscheidende Vorteil ist, dass die Baustelle mit dem System bereits unmittelbar nach der Beladung über sämtliche Menge Bescheid weiß und nicht erst zu dem Zeitpunkt, wenn der Lkw bereits vor Ort ist. Dadurch kann früher nachbestellt und somit Zeit zum Einbauende hin gewonnen werden. Prinzipiell ist es vorstellbar die Restmengenbestellung über die App abzuwickeln.
Baustelle hiQ Anhang 8 Frage 8+9	An der Anzahl der Mitarbeiter hat sich durch den Einsatz des hiQ-Systems nichts verändert. Mit Ausnahme des Systembedieners, für den sich eine vernachlässigbare Mehrbelastung durch das System ergibt, ändert sich nichts am Arbeitsaufwand während des Einbaus.
Baustelle hiQ Anhang 8 Frage 11	Mit dem hiQ-System könnte der Einbaustart früher erfolgen, da der Materialzulauf bekannt ist und nicht abgewartet werden muss, bis zwei oder drei Lkws auf der Baustelle eingetroffen sind.

Misch- anlage hiQ Anhang 11	<p><i>(Anmerkung: Mischanlage nur passiver Anwender)</i></p> <p>Die Implementierung der Mischanlagenschnittstelle per Fernwartung ist problemlos verlaufen. Aufgrund der Tatsache, dass das System im nur im Hintergrund läuft kommt es zu keinerlei Prozessveränderungen im laufenden Betrieb. Würde die Mischanlage über einen Systemzugang verfügen, würde dieser auch aktiv genutzt werden. Die Endbestellung über die App abzuwickeln wäre von Vorteil, da Mengenanpassungen aufgezeichnet werden würden. Durch Aufzeichnungen der gesamten Bestellhistorie können Konflikte von vorne herein vermieden werden. In Situationen in denen es auf der Mischanlage ohnehin schon laut und stressig ist, wäre eine schriftliche Bestellung per App von Vorteil, um Missverständnissen bei der telefonischen Kommunikation vorzubeugen. Zudem wäre es für die Mischanlage auch hilfreich über die Standorte der Lkws Bescheid zu wissen.</p>
--	---

Tab. 4.3: Auswertungstabelle Ausführung hiQ

Zuordnung	Aussage
Baubüro BPO Anhang 1 Frage 3	<p>Ein Nachteil bei BPO ist, dass die Nutzer überwacht werden können, ohne zu wissen, wann genau dies passiert. Ebenso Nachteilig ist, dass der Einbau so vonstatten geht, wie dies der letzte Planer speichert hat. <i>(Anmerkung: Problematisch nur dann, wenn mehrere Personen über volle Zugriffsrechte auf ein Projekt verfügen.)</i></p>
Baubüro BPO Anhang 1 Frage 11	<p>Derzeit wird während des Baugeschehens noch telefonisch kommuniziert. Theoretisch ist aber mit dem neuen System eine selektive Kommunikation mit den Mischanlagen oder Fahrern möglich. Ein großer Vorteil dabei ist, dass die Kommunikation dokumentiert wird, wodurch hinterher Streitigkeiten vermieden werden könnten. Die Korrektur der Bestellmenge ist ebenfalls dokumentiert über das BPO-System möglich.</p>
Baubüro BPO Anhang 2 Frage 11+12	<p>Im klassischen Sinn erfolgt die Kommunikation zwischen der Baustelle und der Mischanlage während des Bauablaufes rein telefonisch. Kommt BPO zum Einsatz ergibt sich eine Mischform aus Kommunikation über die App und Telefonie. Dadurch ist der Bauleiter in die Kommunikation zwischen Mischanlage und Baustelle involviert und auch die Baudokumentation ist online verfolgbar. Der Bauleiter ist ständig über alle Vorgänge auf der Baustelle informiert und kann bei Bedarf einen Bautechniker auf die Baustelle schicken um reagieren zu können. „Also nutzt es mir als Bauleiter sicher auch.“</p>

Baustelle BPO Anhang 5 Frage 4+11	Die BPO-App wird etwa eine Stunde vor dem geplanten Einbaubeginn gestartet, dann sollte – wenn alles gut läuft – bereits Material im Zulauf sein. Erst wenn dies nicht der Fall ist wird telefonisch Rücksprache gehalten. Wenn man im BPO-System sieht, dass nach dem Eintreffen des ersten Lkw die nächsten bereits im Zulauf sind, wird mit dem Einbau begonnen. Verfügt man nicht über diese Information wird gewartet, bis sich fünf bis sechs Fahrzeuge vor dem Fertiger befinden. Wenn die Planung stimmt, dann kann dieser Rückstand über die gesamte Einbaudauer nicht mehr aufgeholt werden. Die Telefonate sind durch den Einsatz von BPO weniger geworden, da keine Rücksprache mehr über den Zulauf gehalten werden muss.
Baustelle BPO Anhang 5 Frage 8	Bei einer Großbaustelle ist die Bedienung des Systems schon sehr personalaufwändig, aber für einen reibungslosen Einbauablauf unbedingt notwendig. Bei kleineren Baustellen übernehmen die Bohlenmänner das Einweisen der Lkws.
Baustelle BPO Anhang 6 Frage 1+2	Das System ist im Arbeitsalltag sehr leicht handzuhaben. Persönliche Erfahrungswerte sind unverzichtbar, dennoch stellt das System eine Arbeitserleichterung dar, da die Kommunikation mit der Mischanlage sehr einfach ist und ein ständiger Überblick über den Zulauf herrscht. „Ich selber als Mitarbeiter draußen sehe da keine Nachteile. Ich könnte mir keine vorstellen.“
Baustelle BPO Anhang 6 Frage 4	Klassisch erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor, während und kurz vor Ende des Einbaus telefonisch, es ist aber durchaus vorstellbar zukünftig weitestgehend auf Telefonate zu verzichten und die Kommunikation hauptsächlich über die BPO-App abzuwickeln.
Baustelle BPO Anhang 6 Frage 6	Je früher der Einbaumeister in der Lage ist die Restmenge zu bestellen, desto besser für die Mischanlage, da diese im Idealfall nicht abgestellt werden muss. Wenn der Mischmeister über die App einen Überblick über den zeitlichen Ablauf des Asphalteinbaus hat, kann er gegebenenfalls kontinuierlich Mischen und muss die Anlage nicht unter Volllast betreiben.
Baustelle BPO Anhang 6 Frage 9+13	Die wenigen, am Tablet zu erledigenden, Eingaben werden nicht als zusätzlicher Arbeitsaufwand empfunden. Die App ist, wie von einem Smartphone gewohnt, intuitiv zu bedienen. Feinheiten sind natürlich verbesserungswürdig, aber im Großen und Ganzen funktioniert die App einwandfrei.
Baustelle BPO Anhang 6 Frage 11	Vor dem Einbaustart wird aktuell abgewartet bis mindestens zwei Lkws vor dem Fertiger stehen, da es ansonsten schon nach dem ersten Lkw zu einer Unterbrechung kommt. Bei der Verwendung des BPO-Systems würde nach dem Eintreffen des ersten Lkw Nachschau gehalten werden, ob der Zulauf kontinuierlich ist und es könnte sofort mit dem Einbau begonnen werden.

Misch-anlage BPO Anhang 9	<i>(Anmerkung: Mischanlage nur passiver Anwender)</i> Die Implementierung der Mischanlagenschnittstelle per Fernwartung war mit keinem großen Aufwand verbunden. Das Einloggen in das System BPO erfolgt innerhalb einer Minute und gelegentliche Eingaben in das System halten im laufenden Betrieb nicht auf. Derzeit wird weder auf den Taktplan geachtet, noch werden die Möglichkeiten der Kommunikation in der App genutzt. „Ich denke auch wir als Mischanlage könnten da bestimmt auch profitieren. Wenn es funktioniert und es hilft allen, dann solle man sich dem auch nicht verwehren.“
Misch-anlage BPO Anhang 10	<i>(Anmerkung: Mischanlage aktiver Anwender)</i> Für die Dauer der Testphase wurden die Lieferscheine manuell in das BPO-System eingegeben. Die manuelle Eingabe ist mit einem großen Aufwand und einer hohen Fehlergefahr verbunden, mit einer automatischen Schnittstelle würde das System unbemerkt im Hintergrund arbeiten. Im Regelbetrieb erfolgt die Kommunikation ausschließlich telefonisch, während der Testphase wurde jedoch verstärkt auf die BPO-App für Kommunikationszwecke gesetzt. Es wurde danach getrachtet die Taktvorgaben des Systems bestmöglich einzuhalten, allerdings mussten aufgrund der Wetterkapriolen einige kurzfristige Änderungen vorgenommen werden.

Tab. 4.4: Auswertungstabelle Ausführung BPO

Kernaussagen der Interviews:

hiQ: Der Mehraufwand für die Bedienung des Systems auf der Baustelle ist sehr gering. Es herrscht Skepsis ob der Tatsache, dass eine Überwachung der Einbaupartie stattfinden könnte. Dennoch überwiegen die Vorteile des Systems. Der telefonische Kontakt mit der Mischanlage kann auf ein Minimum reduziert werden, wenn sämtliche Informationen über den Materialfluss bekannt sind. Gerade zu Einbaubeginn und zu Einbauende können dadurch Verzögerungen vermieden werden. Von Seiten der Mischanlage, als auch von Seiten der Baustelle ist es vorstellbar zukünftig Bestellvorgänge über die App abzuwickeln.

BPO: Die App funktioniert intuitiv. Je nach Umfang der Baustelle ist der Arbeitsaufwand für die Bedienung des Systems unterschiedlich hoch. Eine mögliche unbemerkte Überwachung der Nutzer wird als problematisch gesehen. Dennoch überwiegen die Vorteile des Systems vor allem in den Bereichen der Kommunikation und Dokumentation. Sowohl die Kommunikation als auch die Dokumentation sind online einsehbar und ermöglichen schnelle Reaktionen im laufenden Betrieb sowie die Vermeidung von Streitigkeiten im Nachhinein. Die Anzahl der Telefonate zwischen der Baustelle und der Mischanlage reduziert sich durch den Einsatz von BPO klar und es ist vorstellbar zukünftig mehrheitlich auf die Kommunikation über die BPO-App zu setzen.

4.4.3 Nachbereitung

Besonders wichtig bei der Auswertung eines Einbautages ist, dass die relevanten Kennzahlen schnell und übersichtlich aufbereitet werden können. In der Regel benötigt ein Techniker etwa ein bis zwei Stunden um einen konventionellen Einbautag vollumfänglich auszuwerten. Aufgrund dieser langen Zeitdauer wird oftmals auf eine genaue Auswertung verzichtet – aber gerade hier liegt enormes Potential. Nur durch eine umfassende Auswertung können Steuerungsmaßnahmen getroffen und somit Zeit und Geld gespart werden. Wenn alle Systeme funktionieren liefern beide Anwendungen einwandfreie Datensätze. Wie in den Kapiteln 4.1.1 und 4.2.1 bereits verdeutlicht wurde, gibt es jedoch gravierende Unterschiede in der Aufbereitung der Daten. Q ASPHALT stellt über unterschiedliche Zugänge eine Menge an Rohdaten zur Verfügung, deren optische Aufbereitung nicht klar strukturiert ist und dadurch für den Nutzer verwirrend erscheint. BPO ASPHALT hingegen bietet übersichtliche, fertig aufbereitete Berichte. Aus den Rohdaten von hiQ, welche in Form von Microsoft Excel-Dateien vorliegen, könnten zwar ebenso aussagekräftige Auswertungen abgeleitet werden, allerdings entspricht dies nicht der Grundidee einer ganzheitlichen digitalen Prozessunterstützung. Das System von Volz Consulting GmbH schneidet in dieser Kategorie eindeutig besser ab.

Zuordnung	Aussage
Baubüro hiQ Anhang 3 Frage 15+17	Das Thema Dokumentation wird in Zukunft für die Auftraggeber an Wichtigkeit gewinnen. Im Falle von Klärungsbedarf kann die Baustellendokumentation vorgelegt werden und der Diskussionsbedarf wird minimiert.
Baubüro hiQ Anhang 3 Anhang 4 Frage 16	Aktuell werden die Lieferscheine auf der Baustelle abgesammelt und in der kaufmännischen Abteilung mit der Eingangsrechnung der Mischanlage abgeglichen. Es ist zu überlegen, ob nicht zukünftig alle Lieferscheine durchgehend digital gehandhabt werden sollten, um mögliche Fehlerquellen bei der Weiterverarbeitung zu minimieren.

Tab. 4.5: Auswertungstabelle Nachbereitung hiQ

Zuordnung	Aussage
Baubüro BPO Anhang 1 Frage 15	„Ich glaube der große Vorteil bei der BPO ist immer für die Folgebaustelle, weil man immer aus der Baustelle raus lernt und für die nächste das dann wieder besser machen kann.“
Baubüro BPO Anhang 1 Frage 16	Derzeit ist die Lieferscheinkette noch nicht geschlossen – die Weiterverarbeitung der Lieferscheine erfolgt noch in manueller Form. Eine digitale Verarbeitung ist jedoch denkbar und stellt die Zukunft dar – würde eine enorme Arbeitserleichterung bedeuten.
Baubüro BPO Anhang 1 Frage 17	Der Aufwand für den Asphalteinbauprozess wird nicht stark erhöht, dennoch werden aufgrund der gewonnenen Daten eine Vielzahl an neuen Möglichkeiten geschaffen.
Baubüro BPO Anhang 1 Zusätzliche Aussagen	Durch BPO besteht die Möglichkeit zur sofortigen Auswertung, woran es gelegen hat, dass bestimmte Vorgabewerte nicht eingehalten wurden. Zudem kann die App als Bautagebuch verwendet werden. Wenn im Zweischichtbetrieb gearbeitet wird und der Bauleiter nicht ständig vor Ort sein kann, behält er trotzdem den Überblick.
Baubüro BPO Anhang 2 Frage 5	BPO liefert am Ende des Tages Nachkalkulationswerte für eine tieferegehende Analyse im Falle von Schwierigkeiten, denn schwierige und größere Baustellen erfordern schnelle Reaktionen bereits am Folgetag.
Baubüro BPO Anhang 2 Frage 15+17	Nach Tageseinsätzen sind durch den Einsatz von BPO auf Knopfdruck Erkenntnisse für den Folgetag möglich, ohne dass ein bis zwei (drei) Stunden für die Analyse aufgewendet werden müssen. Bautagesberichte vom Einbaupolier langen oft erst ein bis zwei Tage später ein, dann ist es oftmals schon zu später für eine Reaktion.
Baubüro BPO Anhang 2 Frage 17	Digitale Systeme können zur verbesserten internen Dokumentation genutzt werden. Der Einbaumeister könnte verstärkt in der Prozessdokumentation mitwirken, da der Bauleiter oder Bautechniker nicht ständig vor Ort sein können. Eine freiwillige Weitergabe der Dokumentation wird nicht erfolgen, da Fehler nicht preisgegeben werden wollen – jedoch können Erkenntnisse für interne Verbesserungen genutzt werden. Die umfangreiche Dokumentation bringt auch den Vorteil mit sich, gewisse Dinge dem Bauherrn gegenüber einfacher nachweisen zu können.

Tab. 4.6: Auswertungstabelle Nachbereitung BPO

Kernaussagen der Interviews:

hiQ: Die umfangliche Baustellendokumentation ist im Falle von nachträglichem Klärungsbedarf der Lösungsfindung zuträglich. Zukünftig sollten sämtliche Lieferscheine durchgehend digital gehandhabt werden, um Fehlerquellen bei der Weiterverarbeitung zu vermeiden.

BPO: Der Bedienungsaufwand während des laufenden Asphaltbauprozesses ist gering, dennoch werden aufgrund der gewonnenen Daten eine Vielzahl an neuen Auswertungsmöglichkeiten geschaffen. Eine zukünftig durchgehend digitale Verarbeitung der Lieferscheine würde zusätzlich eine enorme Arbeitserleichterung bedeuten. Auf Knopfdruck können nach Einbauende Kennzahlen zum abgelaufenen Einbautag generiert werden. Dadurch ergeben sich Optionen für kurzfristige Reaktionen auf der einen und Möglichkeiten für langfristige Lerneffekte auf der anderen Seite.

4.4.4 Systemvergleich in tabellarischer Form

Der zusammenfassende Systemvergleich erfolgt auf Basis der Europäischen Norm EN ISO 9241-110:2008 (D) - „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung“ (siehe Tab. 4.7) [6]. In Kapitel 4 „Grundsätze der Dialoggestaltung und dazugehörige Empfehlungen“ werden sieben Grundsätze – die in Tabelle 4.7 aufgelistet sind – für die Gestaltung und Bewertung eines Dialoges zwischen Systemnutzer und Software als wichtig beschrieben. Diese stellen eine Herangehensweise dar, um die wichtigsten Gesichtspunkte der Gebrauchstauglichkeit von Softwarelösungen zu bewerten.

Danach folgen weitere Tabellen (Tab. 4.8 - Tab. 4.11) mit zusätzlichen Bewertungskriterien. Die Bewertung erfolgt basierend auf dem Fachwissen des Verfassers, welches im Zuge der Pilotprojekte, der geführten Interviews und im Rahmen der Verfassung der vorliegenden Arbeit erlangt wurde.

In sämtlichen nachstehenden Tabellen wird folgende Symbolik verwendet:

- + erfüllt/sehr zufriedenstellend
- ~ teilweise erfüllt/zufriedenstellend
- nicht erfüllt/wenig zufriedenstellend

Kriterien – EN ISO 9241-110:2008 (D)	hiQ	BPO
Aufgabenangemessenheit	~	+
Selbstbeschreibungsfähigkeit	–	+
Erwartungskonformität	~	+
Lernförderlichkeit	~	+
Steuerbarkeit	~	+
Fehlertoleranz	–	~
Individualisierbarkeit	–	–

Tab. 4.7: Tabellarischer Systemvergleich nach EN ISO 9241-110:2008 (D)

Kriterien – Allgemein/Systemeinrichtung	hiQ	BPO
Freier Download in gängigen App Stores	–	+
Unabhängigkeit von Betriebssystem	–	+
Webbasierter Systemaufbau	~	+
Temporäre Logindaten	–	+

Tab. 4.8: Tabellarischer Systemvergleich – Allgemein/Systemeinrichtung

Kriterien – Einbauplanung	hiQ	BPO
Bedienbarkeit/Übersichtlichkeit	~	+
Planungsflexibilität	–	+
Offline Planung	–	–

Tab. 4.9: Tabellarischer Systemvergleich – Einbauplanung

Kriterien – Ausführung	hiQ	BPO
Ersichtlichkeit einbaurelevanter Daten	~	+
Individuelle Kommunikation/Dokumentation	–	+

Tab. 4.10: Tabellarischer Systemvergleich – Ausführung

Kriterien – Nachbereitung	hiQ	BPO
Aufbereitung der Einbaudaten	–	+

Tab. 4.11: Tabellarischer Systemvergleich – Nachbereitung

4.5 Erfüllung der Erwartungen

Im Kapitel 3 werden in den einleitenden Worten die Erwartungen seitens der Beschäftigten rund um den Asphalteinbauprozess an die neue Prozessabfolge aufgelistet. Direkt im Anschluss folgt eine Übersicht der gebotenen Leistungen ausgewählter Softwarehersteller. Die Leistungen decken in der Theorie die Anforderungen weitgehend ab. Nach einer umfangreichen Versuchsreihe und der angeschlossenen Analyse der Softwarelösungen wurde eine Gegenüberstellung der Systeme in Kapitel 4.4.4 durchgeführt. Aus den Tabellen 4.7 bis 4.11 geht eindeutig hervor, dass das System BPO ASPHALT der Volz Consulting GmbH die Aufgaben einer praxisorientierten Lösung besser erfüllt als das System Q Asphalt der hiQ solutions GmbH.

In diesem Kapitel werden die theoretischen Erwartungen bzw. Ankündigungen in Themenblöcke zusammengefasst und den Erfahrungen aus der Praxis gegenübergestellt, um bewerten zu können, inwiefern sich diese decken. Aufgrund der Erkenntnis, dass sich BPO Asphalt als digitale Prozessunterstützung im Straßenbau besser eignet, wird nachfolgend nur mehr dieses System für

die Bewertung herangezogen. Dabei wird auf die Aussagen von BPO-ASPHALT-Nutzern aus den Tabellen 4.2 bis 4.6 sowie die Anhänge 1–11 im Allgemeinen verwiesen. Ergänzt werden die Ausführungen durch persönlich, im Zuge der vorliegenden Diplomarbeit, erlangte Erkenntnisse.

Anmerkung: In fett gedruckter Schrift werden die zentralen Erwartungen an das System, welche dieses auch zu erfüllen verspricht, zusammengefasst. Als Antwort wird in Form von Praxisberichten dazu Stellung genommen.

- **Standardisierte Abwicklung von Vorgängen und zentrale Verwaltung von Projektdaten. Dazu zählen die Planung, Arbeitsvorbereitung, Auftragsdisposition, Ressourcenbedarfsplanung sowie die Transportplanung.**

Naturgemäß geht jeder Einbauleiter unterschiedlich an die Planung eines Projektes heran. Bei größeren Baustellen geschieht dies meist in Form von Microsoft Excel-Listen. Durch den Einsatz von BPO kommt es zu einer einheitlichen Struktur in der Planung. Als entscheidender Vorteil wird genannt, dass durch die intensive Planung die Prozesssicherheit steigt und die Risiken minimiert werden. Die Planung mit der Software nimmt auch mit BPO einige Zeit in Anspruch, allerdings wird durch die Einteilung in Tageslose die Auftragsdisposition enorm erleichtert. Die Transportplanung bzw. die Berechnung der Lkw-Anzahl mit der Software funktionieren einwandfrei. Dadurch, dass die Bauleiter oftmals jahrelange Erfahrung haben, korrigieren sie die Ausgabewert dennoch auf Basis ihres Wissens. Alle Projektdaten werden zentral auf einem Server gespeichert und sind, je nach Zugriffsrechten, für den entsprechenden Personenkreis einsehbar. Um die Ressourcen in einem Baugebiet effektiv auslasten zu können bietet BPO eine Softwareerweiterung zur Ressourcenplanung. Dieses Werkzeug wurde im Zuge der Diplomarbeit nicht getestet.

- **Vollständige Vernetzung von Mischanlage, Transport und Baustelle durch intensiven Datenaustausch (Lieferscheindaten) und Kommunikation in Echtzeit. Daraus abgeleitet Verbrauchkontrolle und Massenbilanz in Echtzeit.**

Derzeit wird während dem Bauablauf telefonisch kommuniziert. Durch Baustellenlärm verursachte Verständigungsprobleme und der Nachteil, dass jeweils mit nur einer Person kommuniziert werden kann, gehören der Vergangenheit an. Durch selektive Kommunikation über Textnachrichten ist ein schneller, eindeutiger Informationsfluss gewährleistet. Durch die Übermittlung der Lieferscheindaten herrscht zu jedem Zeitpunkt Klarheit über den Materialverbrauch, die Massenbilanz und den aktuellen Projektfortschritt. Sollte es zu gravierenden Abweichungen vom geplanten Bauablauf kommen, ist das System in der Lage die Einbaupläne in Echtzeit neu zu berechnen und alle Beteiligten darüber zu informieren.

- **Vollständige Baudokumentation für eine umfassende Nachweisführung. Darauf basierend der Aufbau einer unternehmensweiten Datenbank, um langfristig technische und kaufmännische Erkenntnisse zu gewinnen.**

Ein großer Vorteil ist, dass die gesamte Kommunikation in Form von Textnachrichten inkl. der Endbestellung dokumentiert wird. Zudem gibt es die Möglichkeit über Fotos

und kurze Textaufzeichnungen ein digitales Bautagebuch zu führen. Alle Daten werden in Echtzeit übertragen, wodurch der Bauleiter ständig über alle Vorgänge auf der Baustelle informiert bleibt, selbst wenn er nicht vor Ort sein kann. Diese Daten können sowohl für die interne Dokumentation und zur Generierung von Lerneffekten, als auch für die externe Dokumentation und die Nachweisführung gegenüber Vertragspartnern genutzt werden. Durch den langfristigen Aufbau einer Datenbank entsteht sowohl im technischen, als auch im kaufmännischen Bereich Wissen, welches nicht an Einzelpersonen geknüpft ist und somit für jedes weitere Folgeprojekt im Unternehmen genutzt werden kann.

- **Schnelle, systemgestützte Nachkalkulation, Analyse und Auswertung.**

Durch den Einsatz von BPO ist die Nachkalkulation eine Sache von Minuten, nicht wie bisher von Stunden. Es besteht die Möglichkeit zur sofortigen Analyse und Auswertung. Komplexe Baustellen erfordern schnelle Rückschlüsse, welche aufgrund der umfangreichen Möglichkeiten mit BPO einfach zu erkennen sind.

- **Optimaler Ressourceneinsatz von der Baustelle über die Transportlogistik bis hin zur Asphaltmischanlage.**

Durch die Informationen über den Materialfluss wird ein zeitigerer Einbau am Morgen und ein früheres Baustellenende am Abend erwartet. (*Anmerkung: Ein quantitativer Zeitvergleich ist derzeit noch nicht möglich, da zu diesem Zweck ein Betrachtungszeitraum von mehreren Jahren notwendig wäre.*) Dadurch werden Stillstände vermieden, die Einbauzeit wird reduziert und die Effizienz wird insgesamt erhöht. Durch die Kenntnis des zeitlichen Verlaufs des Materialbedarfs ist der Mischmeister in der Lage die Mischanlage im optimalen Leistungsbereich zu betreiben. Dies kann Energieeinsparungen durch einen kontinuierlichen Betrieb bewirken. (*Anmerkung: Auch hier gilt, dass noch keine Vergleichswerte – auf Grund der erst kürzlichen Markteinführung des Systems – verfügbar sind.*)

- **Systemkompatibilität und automatische Mischanlagenschnittstellen**

Das System von BPO funktioniert vollständig unabhängig von Maschinenherstellern, da keine Maschinendaten für den ordnungsgemäßen Betrieb benötigt werden. Die Verlässlichkeit des Systems ist allerdings stark abhängig von der Schnittstelle zur Mischanlage. Die Übergabe der Lieferscheindaten kann entweder durch manuelle Eingabe, QR-Code-Scan oder automatisch erfolgen. Um die Fehlergefahr zu minimieren und keinen zusätzlichen Arbeitsaufwand zu schaffen ist eine automatische Schnittstelle unerlässlich. Diese ist gegebenenfalls durch vertragliche Einigung zu erwirken, in der technischen Umsetzung allerdings problemlos durchführbar.

Schlussendlich werden all diese Anstrengungen auch deswegen unternommen, um die Bauleiter zu entlasten und nicht zuletzt, um die Kosteneffizienz zu steigern und dadurch einen Vorteil am Markt zu erlangen. Ersteres wird durch die Bauleiter eindeutig bestätigt, da die Anzahl der Telefonate und Koordinierungstätigkeiten während der Testphase deutlich abgenommen

haben. Die Steigerung der Kosteneffizienz wird im nachfolgenden Kapitel „4.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung“ eingehend durchleuchtet. Eines sei vorweg genommen, endgültige Aussagen zum Thema digitaler Asphalteinbau können erst nach mehrjährigen Praxistests getroffen werden. Dennoch wird in diesem Kapitel deutlich, dass ein Unternehmen, durch die Auswahl einer geeigneten Prozesssteuerungssoftware, den Anforderungen und Erwartungen seiner Beschäftigten im Asphalteinbau gerecht werden kann.

4.6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Jedes gewinnorientierte Unternehmen verfolgt aus nachvollziehbaren Gründen das Ziel wirtschaftlich erfolgreich zu arbeiten. Das beste System wird auf dem Markt nur bestehen können, wenn sie neben Optimierungen im Prozessablauf auch zu ökonomischen Vorteilen führt.

Nachfolgend wird eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt. Zu Beginn werden zu diesem Zweck die Baukosten in Anlehnung an die ÖNORM B 2061:1999 09 01, Preisermittlung für Bauleistungen, berechnet. Dem gegenüber stehen die Kosten für die Prozesssteuerungssoftware. Abschließend wird quantifiziert, welche Einsparungen in welcher Höhe durch das System möglich sind bzw. zu welchem Zeitpunkt sich der Einsatz des Systems bereits amortisiert.

Die ÖNORM B 2061:1999 09 01 führt folgende Kostenpunkte an [22]:

- Einzelkosten
- Baustellen-Gemeinkosten
- Geschäftsgemeinkosten
- Sonstige Gemeinkosten
- Bauzinsen
- Wagnis
- Gewinn

Bei der Kostenermittlung wurden nur diejenigen Kostenarten beachtet, welche unmittelbar durch den Einsatz einer Prozessoptimierungssoftware beeinflusst werden. Daher finden in der Berechnung folgende Kostenarten Beachtung:

- Einzelkosten
 - Einzellohnkosten
 - Einzelgerätekosten

- Baustellen-Gemeinkosten
 - zeitgebundene Kosten der Baustelle

Anmerkung: Die Kosten für die Mischanlagen werden nachfolgend nicht berücksichtigt. Die Mischanlagen befinden sich oftmals nicht im Eigenbesitz der Baufirmen bzw. bedienen meist mehrere Baumaßnahmen gleichzeitig. Kausale Einsparungseffekte durch den Einsatz einer Prozessoptimierungssoftware sind dadurch nur schwer festzumachen.

Die Berechnung basiert auf der ÖBGL²⁴ 2015, abgemindert²⁵ an praxisnahe Werte seitens der PORR Bau GmbH und in Anlehnung an den Kollektivvertrag für Bauindustrie und Baugewerbe (gültig ab 1. Mai 2017). Grundlage der Berechnung sind zudem 150 Einbautage zu je 10 h pro Tag. Es werden zwei gesonderte Berechnungen für eine Jahresleistung von 20 000 t bis 40 000 t und eine Jahresleistung von 50 000 t bis 70 000 t durchgeführt, da in Abhängigkeit davon die Kosten für die Logistik variieren. [21].

Einzelkosten

Einzellohnkosten – Einbaupartie (mengenunabhängig)

Anzahl	Aufgabe	Lohnkosten/(h*Person)	Lohnkosten/h
1	Einbaupolier	40,00 €/h	40,00 €/h
1	Fertigerfahrer	35,00 €/h	35,00 €/h
2	Bohlenmann	30,00 €/h	60,00 €/h
1	Helfer	25,00 €/h	25,00 €/h
2	Walzenfahrer	30,00 €/h	60,00 €/h
1	Lkw-Fahrer	25,00 €/h	25,00 €/h
Jährliche Einzellohnkosten – Asphalteinbau			367 500 €/a

Tab. 4.12: Einzellohnkosten Einbaupartie

Einzellohnkosten – Transport 20 000 t – 40 000 t

Anzahl	Aufgabe	Lohnkosten/(h*Person)	Lohnkosten/h
3	Lkw-Fahrer	25,00 €/h	75,00 €/h
Jährliche Einzellohnkosten – Transport (kleiner Fuhrpark)			112 500 €/a

Tab. 4.13: Einzellohnkosten Transport 20 000 t – 40 000 t

²⁴ Österreichische Baugeräteliste.

²⁵ Der Korrekturfaktor zur Abminderung der ÖBGL-Werte, sowie die Annahmen zum Kraftstoffverbrauch und den Kraftstoffkosten können aus den Anhängen 15+16 entnommen werden.

Einzellohnkosten – Transport 50 000 t – 70 000 t

Anzahl	Aufgabe	Lohnkosten/(h*Person)	Lohnkosten/h
5	Lkw-Fahrer	25,00 €/h	125,00 €/h
Jährliche Einzellohnkosten – Transport (großer Fuhrpark)			187 500 €/a

Tab. 4.14: Einzellohnkosten Transport 50 000 t – 70 000 t

Einzelgerätekosten – Einbaugeräte (mengenunabhängig)

Anzahl	ÖBGL-Nr.	Bezeichnung	Gerätek./(h*Gerät)	Gerätekosten/h
1	E.3.01.0080	Fertiger	50,34 €/h	50,34 €/h
2	D.8.30.0800	Walze	28,89 €/h	57,77 €/h
1	P.2.01.0260	Kranwagen	32,76 €/h	32,76 €/h
1	P.4.20.0050	Wasserwagen	1,60 €/h	1,60 €/h
Jährliche Einzelgerätekosten – Asphaltsteinbau				213 718 €/a

Tab. 4.15: Einzelgerätekosten Einbaugeräte

Einzelgerätekosten – Transportgeräte 20 000 t – 40 000 t

Anzahl	ÖBGL-Nr.	Bezeichnung	Gerätek./(h*Gerät)	Gerätekosten/h
2	P.2.02.0320	4-Achser	37,04 €/h	74,08 €/h
1	P.3.00.0135	Zugmaschine	21,49 €/h	21,49 €/h
1	P.4.42.0300	Muldenkipper	6,52 €/h	6,52 €/h
Jährliche Einzelgerätekosten – Transport (kleiner Fuhrpark)				153 132 €/a

Tab. 4.16: Einzelgerätekosten Transportgeräte 20 000 t – 40 000 t

Einzelgerätekosten – Transportgeräte 50 000 t – 70 000 t

Anzahl	ÖBGL-Nr.	Bezeichnung	Gerätek./(h*Gerät)	Gerätekosten/h
3	P.2.02.0320	4-Achser	37,04 €/h	111,12 €/h
2	P.3.00.0135	Zugmaschine	21,49 €/h	42,98 €/h
2	P.4.42.0300	Muldenkipper	6,52 €/h	13,02 €/h
Jährliche Einzelgerätekosten – Transport (großer Fuhrpark)				250 701 €/a

Tab. 4.17: Einzelgerätekosten Transportgeräte 50 000 t – 70 000 t

Baustellen-Gemeinkosten

Zeitgebundene Kosten der Baustelle – Summe der Gehaltskosten

(Anmerkung: Die Gehaltskosten sind umgelegt auf eine Einbaustunde)

Anzahl	Position	Beschreibung	Gehaltskosten/h
1	Angestellter	Bauleiter, Bautechniker, Baukaufmann	60 €/h
Jährliche zeitgebundene Kosten – Summe der Gehaltskosten			90 000 €/a

Tab. 4.18: Zeitgebundene Kosten – Angestellte

Zusammenfassung der Einbaukosten nach Einbaumenge

20 000 t – 40 000 t	Kosten	50 000 t – 70 000 t	Kosten
Einbaupartie Lohnkosten	367 500 €/a	Einbaupartie Lohnkosten	367 500 €/a
Transport Lohnkosten	112 500 €/a	Transport Lohnkosten	187 500 €/a
Einbaupartie Gerätekosten	213 718 €/a	Einbaupartie Gerätekosten	213 718 €/a
Transport Gerätekosten	153 132 €/a	Transport Gerätekosten	250 701 €/a
Summe der Gehaltskosten	90 000 €/a	Summe der Gehaltskosten	90 000 €/a
Gesamtkosten jährlich	936 850 €/a	Gesamtkosten jährlich	1 109 419 €/a

Tab. 4.19: Übersicht Einbaukosten nach Einbaumenge

Kosten für die Prozesssteuerungssoftware

Dem gegenüber stehen die jährlichen Kosten für den „Digitalen Asphalteinbau“. Diese umfassen die Lizenzkosten für die Prozesssteuerungssoftware sowie die Kosten für die Einrichtung und Wartung der Schnittstellen vom Wiegesystem der Mischanlagen zum System. Zudem werden Schulungskosten für die neue Software, IT²⁶-Kosten für die Bereitstellung der Hardware und etwaige Serviceleistungen sowie eine Position für Zentralregie für eine übergeordnete Betreuung berücksichtigt. Diese Kosten werden auf Basis des derzeitigen Wissensstands und auf Grund interner Unterlagen der PORR Bau GmbH wie folgt erwartet:

Position	Kosten
Lizenzkosten für die Prozesssteuerungssoftware	7 000 €/a
Kosten für die Einrichtung und Wartung der Mischanlagenschnittstellen	1 000 €/a
Schulungskosten für Softwarenutzer (Administration, Planung, Ausführung)	1 000 €/a
IT-Kosten für die Bereitstellung der Hardware und Serviceleistungen	1 000 €/a
Zentralregie - Kosten für übergeordnete Betreuung	500 €/a
Jährliche Kosten Prozesssteuerungssoftware	10 500 €/a

Tab. 4.20: Kosten Prozesssteuerungssoftware

²⁶ Informationstechnik.

Quantifizierung der Einsparungen

Durch die neue Prozessabfolge dürfen keine zusätzlichen Kosten entstehen, im Gegenteil, langfristig muss diese zu Kosteneinsparungen führen, um eine Berechtigung zu haben. Nachfolgend wird aufgezeigt an welchen Stellen im Prozess Einsparungen zu erwarten sind und in welcher Höhe diese monetär zu bewerten sind.

Einsparpotentiale beim Asphalteinbau:

- Einbaubeginn ab dem ersten Lkw möglich, da Zulauf bekannt – kein Warten auf weitere Lkws vor Einbaubeginn – Zeitrückstand gleich zu Tagesbeginn vermeiden
- Endbestellung bereits frühzeitig möglich, da Zulauf bekannt – kein Warten mit der Endbestellung bis alle Lkws eingetroffen sind – Baustelle früher abschließen
- Durchgängige Organisation der gesamten Wertschöpfungskette
- Effizienzsteigerung beim Betrieb der Mischanlage

Einsparpotentiale bei der Organisation:

- Standardisierte Prozess- und Ressourcenplanung
- Vereinfachte Kommunikation/Koordination während des gesamten Prozesses
- Konzernweite Datenbank auf gleicher Basis – Erfahrungswerte anderer Niederlassungen können genutzt werden
- Steigerung der Effektivität durch Vermeidung von Zurückstufung bereits digitalisierter Daten in eine analoge Form
- Vermeidung von Eingabefehlern und der daraus resultierenden Fehlersuche
- Verbesserte Nachbereitung – ausführliche Auswertung für einen Einbautag nimmt 1 bis 3 Arbeitsstunden eines Technikers in Anspruch
- Nachbearbeitung der Papierlieferscheine (sortieren, kontrollieren, erfassen, ablegen etc.) 0,5 bis 1 Minuten je Lieferschein (Kaufmann)

Aus der Tabelle 4.21 geht hervor, dass bereits eine Effizienzsteigerung im Gesamtprozess um etwa 1 % (je nach Jahreseinbauleistung) ausreicht, um Kostenäquivalenz zu erreichen. Aus der Aufstellung in Tabelle 4.19 ist ersichtlich, dass etwa 90 % der Kosten auf der Baustelle (Lohnkosten+Gerätekosten) entstehen und nur etwa 10 % in der Organisation (Gehaltskosten) anfallen. Demnach können bereits kleine Optimierungsmaßnahmen im Bauablauf beträchtliche Kostenersparnisse bewirken.

Dieser Zusammenhang ist folgend erläutert: Eine Stunde Asphalteinbau exklusive (exkl.) Material inkl. Geräte und Personal kostet lt. Tabelle 4.19 und den zu Grunde liegenden Annahmen ca. 550 € bis 700 €. Dafür wurden die jährlichen Gesamtkosten durch die Einbautage und die Einbaustunden pro Tag dividiert, um die Kosten für eine Stunde zu erhalten. Eine tägliche zehnmünütige Verkürzung der Arbeitszeit auf der Baustelle führt bei 150 Einbautagen pro Jahr zu einer Verkürzung der Arbeitszeit um 25 Stunden. In Geldwert ausgedrückt führt dies zu einer Einsparung von 13 750 € bis 17 500 €. Prozentuell ausgedrückt entspricht das einer Ersparnis von ca. 1,7 %.

Aufgrund der Erfahrungen im Rahmen der Pilotprojekte ist allerdings davon auszugehen, dass das Einsparungspotential beträchtlich höher liegt. Einsparungen von jeweils 10 bis 15 Minuten zu Einbaubeginn und zu Einbauende liegen durchaus im realistischen Bereich. Im Umkehrschluss würde das eine jährliche Arbeitszeitverkürzung von 50 h bis 75 h bedeuten, welche mit 27 500 € bis 52 500 € zu bewerten wäre. Prozentuell ausgedrückt würde damit das Einsparungspotential seitens der Baustelle auf bis zu 5 % ansteigen.

Werden die Einsparungen auf Seiten der Angestellten in selber Höhe bewertet, so ergeben sich Kostenreduktionen für den Gesamtprozess in Höhe der in Tabelle 4.21 angeführten Werte. Im Vergleich mit Tabelle 4.20 ist erkennbar, dass mit einer Effizienzsteigerung von 2 %, bei einer Jahreseinbauleistung zwischen 20 000 t – 40 000 t, bereits sämtliche Kosten für die Prozesssteuerungssoftware gedeckt sind. Bei einer jährlichen Einbauleistung zwischen 50 000 t – 70 000 t erfolgt die Kostendeckung bereits bei einer Effizienzsteigerung von weniger als 1 %. Zu beachten ist, dass die Einsparungen auf Seiten der Angestellten prozentuell betrachtet deutlich höher ausfallen könnten, das Potential monetär bewertet jedoch nicht in dem Ausmaß vorhanden ist. Diese Tatsache ist in Tabelle 4.19 erkennbar, da die administrativen Gehaltskosten mit 90 000 €/a im Vergleich zu den Lohn- und Gerätekosten einen geringen Kostenanteil ausmachen.

20 000 t – 40 000 t		50 000 t – 70 000 t	
Gesamtkosten jährlich	936 850 €/a	Gesamtkosten jährlich	1 109 419 €/a
1,0 % davon entspricht	9 368 €/a	1,0 % davon entspricht	11 094 €/a
2,0 % davon entspricht	18 737 €/a	2,0 % davon entspricht	22 188 €/a
3,0 % davon entspricht	28 105 €/a	3,0 % davon entspricht	33 283 €/a
4,0 % davon entspricht	37 474 €/a	4,0 % davon entspricht	44 377 €/a
5,0 % davon entspricht	46 842 €/a	5,0 % davon entspricht	55 471 €/a
7,5 % davon entspricht	70 264 €/a	7,5 % davon entspricht	83 206 €/a
10,0 % davon entspricht	93 685 €/a	10,0 % davon entspricht	110 942 €/a

Tab. 4.21: Einsparungspotential in Abhängigkeit von der jährlichen Einbaumenge

Aus den Berechnungen und Zusammenstellungen in diesem Kapitel wird klar ersichtlich, dass bereits Optimierungen im Bereich von wenigen Prozent, Einsparungen in der Höhe von mehreren zehntausend Euro pro Einbaupartie erwarten lassen. Es bedarf dazu, die bewährten Abläufe kritisch zu hinterfragen, innovativ zu überdenken und neu strukturiert aufzustellen. Die Auswahl einer geeigneten Prozesssteuerungssoftware unterstützt maßgeblich dabei dieses Potential zu heben. In einem gewinnorientierten Wirtschaftsunternehmen könnte der Einsatz einer Softwarelösung den entscheidenden Vorteil am Markt bringen bzw. einen wertvollen Beitrag zur Gewinnmaximierung leisten.

Kapitel 5

Fazit und Ausblick

Die eingangs gestellte Frage „Welche Veränderungen zieht die Implementierung digitaler Prozesse im Asphaltbauprozess nach sich?“, muss aus verschiedenen Blickwinkeln beantwortet werden.

Für die Prozesssicherheit und Dokumentation des Asphaltbauprozesses bringt die digitale Technologie viele Vorteile mit sich. Bestrebungen den Asphaltierungsprozess zu erneuern, gab es schon früher, wie in Kapitel 2.5 am Beispiel SmartSite erläutert wurde. Bisherige Versuche konnten sich allerdings noch nicht flächendeckend etablieren.

Smartphones und Tablets erlauben heutzutage eine Prozesssteuerung in Echtzeit – auf veränderte Rahmenbedingungen kann sofort durch eine Neuberechnung aller Pläne reagiert werden. Durch neue Technologien kommt es zu neuen, revolutionären Möglichkeiten in der Kommunikation, welche man sich heute im Asphaltbau zu Nutze macht. Die Möglichkeit durch das Versenden von Textnachrichten und Fotos mit mehreren Personen zur gleichen Zeit zu kommunizieren, nimmt enormen Druck von den Bauleitern, wodurch sie sich vermehrt anderen Aufgaben widmen können. Die Prozesssteuerung in Echtzeit ermöglicht erstmals einen kontinuierlichen Einbau von Asphalt, ohne den Arbeitsaufwand wesentlich zu erhöhen. Das Resultat dieser Bemühungen ist am Ende eine bessere Qualität der Straße, welche durch Kontinuität im Einbau erzielt werden kann.

Werden die neuen Prozessabfolgen aus dem Blickwinkel des leitenden Personals betrachtet, wird deutlich, dass Innovationen in der Branche kritisch entgegen getreten wird. Gerade in einem Bereich in dem sich über Jahrzehnte kaum Veränderungen etablieren konnten, sind Neuerungen eine Herausforderung. Der aufgeschlossene Nutzer erkennt allerdings sehr schnell, dass Softwarelösungen erstmals die Möglichkeit bieten, sämtliche Vorgänge von der Planung, über die Ausführung, bis zum Projektabschluss in einem Tool abzuwickeln. Derzeit werden Planung, Kommunikation, Dokumentation und Kontrolle über eine Vielzahl an Methoden abgewickelt, wodurch viele Ressourcen gebunden werden. Mit der Einführung eines durchgängigen Systems kann ein Großteil dieser Vorgänge in ein System verlagert werden. Die Bedienung einer Optimierungssoftware erfordert zwar ebenso Wissen und Zeit – persönliche Kommunikation und Expertise können dadurch nicht ersetzt werden – sehr wohl aber kann der Arbeitsprozess effektiver und attraktiver gestaltet werden.

Aus der Sicht des ausführenden Personals gibt es bereits nach den ersten Tests positive Signale, wenngleich an manchen Stellen Bedenken aufgrund einer möglichen Überwachung geäußert wurden. Die Einbaupartien haben vor allem den Vorteil durch das Wissen um den Materialzulauf sehr schnell für sich genutzt. Ebenso bringt die Möglichkeit, Bestellungen von der Baustelle über das Tablet zu erledigen, klare Vorteile mit sich. In beiden Fällen spart sich der Einbaupolier Telefonate unter Stresssituationen in einer oftmals lauten Umgebung. Missverständnisse und Streitigkeiten können dadurch weitgehend vermieden werden, da der gesamte Nachrichtenverlauf dokumentiert wird. Im Umkehrschluss ergeben sich dieselben Vorteile für die Mischanlage, welche durch Taktvorgaben und eindeutige Kommunikation Planungssicherheit erhält. Die Angst vor Überwachung wurde zwar geäußert, vielmehr sehen die Arbeiter jedoch Potential in der Technologie, um ihre gute Arbeit weiter zu verbessern.

Die Erkenntnisse aus den Pilotprojekten zeigen, dass die bedachte Wahl einer geeigneten Softwarelösung nicht nur zu einer besseren Prozesssteuerung führt, sondern auch wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt. Die Effizienzsteigerung des Gesamtprozesses und damit gleichbedeutend das Einsparungspotential werden mit 5 % bewertet. In Abhängigkeit von der jährlichen Einbaumenge einer Partie entspricht das einer monetären Einsparung in einer Bandbreite von 45 000 €/a bis 55 000 €/a. Die jährlichen Systemkosten von 10 500 € amortisieren sich bei einer Jahrestonnage von 20 000 t – 40 000 t bereits ab einer Effizienzsteigerung von weniger als 2 %. Bei einer Jahrestonnage von 50 000 t – 70 000 t amortisieren sich die Systemkosten bereits ab einer Effizienzsteigerung von weniger als 1 %. Neben den Kosteneinsparungen welche sich aus der Prozessumstellung ergeben, könnte zukünftig die Forderung einer Prozessoptimierungssoftware in der RVS oder ähnlichem als Anschlag dienen.

In Deutschland arbeitet das Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) an „Maßnahmen zur Steigerung der Asphalteinbauqualität“ wie aus einem Rundschreiben vom 13.12.2016 hervorgeht. Darin wird ein besonderes Augenmerk auf die Themenbereiche Temperatur und den möglichst störungsfreien Einbau des Asphaltmischgutes gelegt. Seit dem Jahr 2014 sind Beschicker und thermoisolierte Transportmulden im Asphaltstraßenbau an Bundesfernstraßen in der Bundesrepublik Deutschland verpflichtend. Die logische Konsequenz in diesem Marktumfeld und mit den zur Verfügung stehenden technischen Mitteln ist, dass in naher Zukunft der Einsatz von Prozesssteuerungssoftware vorgeschrieben wird [11].

Im Zuge der Diplomarbeit wurde erkannt, dass die Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft (ASFINAG) in Österreich Bestrebungen zur Erhöhung der Asphalteinbauqualität verfolgt und zukünftig verfolgen wird. Ebenso haben österreichische Landesregierungen in ihren Ausschreibungsunterlagen entsprechende Maßnahmen definiert. In aktuellen Projektausschreibungen wird beispielsweise der Einsatz von Prozesssteuerungssoftware als Zuschlagskriterium angeführt und mit entsprechenden Vorteilen nach dem Bestbieterprinzip honoriert [14].

Allerdings dürfen diese neuen Rahmenbedingungen nicht als zwanghafte Umstellung betrachtet

werden. Vielmehr sollte das Momentum genutzt werden, um das gesamte Arbeitsumfeld aus einem innovativen Gedanken und einer wirtschaftlichen Motivation heraus einen Schritt voran zu bringen.

Ein weiterer Effekt der sich als Begleiterscheinung einstellen könnte, ist eine Effizienzsteigerung auf Seiten der Mischanlage. Durch die Einbindung der Mischanlage in den Bauprozess wird ihre regulierende Wirkung verdeutlicht. Diese besteht darin, dass sie die Lkws nicht mehr schnellstmöglich nach ihrem Eintreffen, sondern kontrolliert nach dem Taktplan abfertigen kann. Für die Mischanlage ergibt sich der Vorteil, dass der Mischgutbedarf über die Einbauzeit sehr genau bekannt ist. Dadurch ist ein Betrieb am optimalen Betriebspunkt möglich und oftmaliges, energieintensives Abschalten und erneutes Anfahren der Mischanlage kann vermieden werden.

Das Optimierungspotential der Software kann ausgeschöpft werden, indem alle Beteiligten ein gemeinsames Prozessverständnis entwickeln. Die Produktion, der Einbau und der Transport von Mischgut sind engmaschig miteinander verknüpft. Es ist daher von enormer Bedeutung mit der Einführung neuer Systeme auch das Bewusstsein für ein ganzheitliches Systemdenken zu fördern. Der Autor dieser Diplomarbeit gelangt nach umfänglichen Recherchen zur festen Überzeugung, dass der Einsatz von Prozessoptimierungssoftware bereits in wenigen Jahren zum Stand der Technik zählen wird.

Literaturverzeichnis

- [1] M. Anthofer et al. *Anforderungen an Asphaltsschichten - RVS 08.16.01*. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2010.
- [2] D. Bachinger. *Eigenaufnahme*. 2017.
- [3] D. Bachinger. *Eigenentwurf*. 2018.
- [4] R. Blab et al. *Asphalt Handbuch*. Wien: GESTRATA, 2010.
- [5] R. Blab et al. *Oberbaubemessung - RVS 03.08.63*. Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2016.
- [6] *EN ISO 9241-110 - Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil:110: Grundsätze der Dialoggestaltung*. Europäisches Komitee für Normung, 2008.
- [7] A. Gilchrist. *Industry 4.0 - The Industrial Internet of Things*. Apress, 2016. ISBN: 9781484220467.
- [8] M. Kappel. *Angewandter Straßenbau - Straßenfertiger im Einsatz*. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016. ISBN: 9783658121501.
- [9] M. King. *How Industry 4.0 and BIM are Shaping the Future of the Construction Environment*. <https://www.gim-international.com/content/article/how-industry-4-0-and-bim-are-shaping-the-future-of-the-construction-environment>, abgerufen am 30.03.2018.
- [10] J. Kirsch. *Organisation der Bauproduktion nach dem Vorbild industrieller Produktionssysteme - Entwicklung eines Gestaltungsmodells eines Ganzheitlichen Produktionssystems für den Bauunternehmer, Reihe F, Heft 63*. Universitätsverlag Karlsruhe, 2009.
- [11] S. Krause. *Maßnahmen zur Steigerung der Asphalteinbauqualität*. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2016.
- [12] M. Müller. *Smart Site - Smarte Technologien für den intelligenten Straßenbau*. <http://smartsite-project.de/index.php/aktuelles>, abgerufen am 01.04.2018.
- [13] H. Natzschka. *Straßenbau: Entwurf und Bautechnik*. Vieweg+Teubner Verlag, 2011. ISBN: 9783834813435.
- [14] o.V. *Ausschreibungsunterlagen (LV/P170420.10) - S36 Murtal Schnellstraße, Abschnitt: Feistritz - Zeltweg Ost, RFB Scheifling, km 12.603 - 23.626*. ASFINAG, 2017.

- [15] o.V. *Flächendeckende Dynamische Verdichtungskontrolle (FDVK) mit unterschiedlich angeregten dynamischen Walzen*. <http://www.igb.tuwien.ac.at/forschung/abgeschlossene-projekte/projektetails/datum/2005/04/26/flaechendeckende-dynamische-verdichtungskontrolle-fdvk-mit-unterschiedlich-angeregten-dynamischen/>, abgerufen am 18.03.2018.
- [16] o.V. *GPS Visualizer*. <http://www.gpsvisualizer.com/>, abgerufen am: 16.02.2018.
- [17] o.V. *Prozessoptimierung - Die nächste Dimension*. In: Straße und Autobahn, 4/2017.
- [18] o.V. *Prozessoptimierung im Straßenbau*. In: bpz - Die Praxis der Bauunternehmer, 4/2016.
- [19] o.V. *Screenshot BPO ASPHALT*. 2017.
- [20] o.V. *Screenshot Q ASPHALT*. 2017.
- [21] *ÖBGL 2015 - Österreichische Baugeräteliste*. Bauverlag, 2015.
- [22] *ÖNORM B 2061 - Preisermittlung für Bauleistungen (Verfahrensnorm)*. Österreichisches Normungsinstitut, 1999.
- [23] PORR. *Nachhaltige Infrastruktur - PORR baut Zukunft*. PORR Bau GmbH, 2012.
- [24] R. Schlug. *Vögele Einbaufibel, 2. Auflage*. Josef Vögele AG, 2007.
- [25] R. Schlug. *VÖGELE WITOS Paving*. <https://www.voegele.info/de/technologien>, abgerufen am: 12.03.2018.
- [26] A. Speck. *Der Kunststraßenbau*. Sammlung ViaStoria, 1950.
- [27] F. Tengg. *hiQ solutions*. <http://www.hiq-solutions.at/index.php?id=home&L=0>, abgerufen am: 13.03.2018.
- [28] B. Volkmann. *VEGAS - Baustellensteuerung im Asphalteinbau im preiswerten Einstieg*. <http://www.baustellenapp.com/index.php/vegas>, abgerufen am: 14.03.2018.
- [29] S. Volz. *Prozesssteuerung im Straßenbau*. In: BauPortal, 4/2015.
- [30] S. Volz. *Volz Consulting*. <http://volzconsulting.de/>, abgerufen am: 14.03.2018.
- [31] H.-G. Wiehler et al. *Straßenbau*. 5., stark bearb. Aufl. Berlin: Huss-Medien, Verlag Bauwesen, 2005. ISBN: 3345008122.
- [32] K. J. Witt. *Grundbau Taschenbuch - Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 7. Auflage*. Ernst & Sohn, 2008. ISBN: 9783433018439.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Historischer Straßenaufbau	18
2.2	Systemskizze Straßenaufbau im Bereich Einschnitt	19
2.3	Darstellung der Prozesskette im Asphalteinbau	22
2.4	Funktionsschema eines Straßenfertigers	26
2.5	Funktionsschema einer Bohle	29
2.6	Bohle – Europäische Bauform	30
2.7	Bohle – Nordamerikanische Bauform	31
3.1	IST-Prozesskette nach Auftragserteilung	40
3.2	DIGITALE-Prozesskette nach Auftragserteilung	43
4.1	Q ASPHALT Startbildschirm mit Projektübersicht	48
4.2	Q ASPHALT Registerkarte Stammdaten	49
4.3	Q ASPHALT Projektplanung	52
4.4	Q ASPHALT Eingabe der Straßengeometrie	52
4.5	Montage Tablet PORR Fertiger – Baustelle A5	55
4.6	Montage Tablet Strabag Fertiger – Baustelle A5	55
4.7	Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Straßenfertigeransicht	57
4.8	Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Lieferscheinansicht	57
4.9	Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Online Client	58
4.10	Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Straßenfertigeransicht	58
4.11	hiQ Auswertung – Lieferleistung Baustelle A5 (15.09.2017)	60
4.12	hiQ Auswertung – Einbauleistung Baustelle A5 (15.09.2017)	60
4.13	GPS-Visualisierung Übersicht – Baustelle A5 15.09.2017	62
4.14	GPS-Visualisierung Detail – Baustelle A5 15.09.2017	62
4.15	BPO Startbildschirm – Online Client	67

4.16 BPO Projektplanung	68
4.17 BPO Bauablauf	70
4.18 BPO Taktdiagramm	71
4.19 BPO Simulation	72
4.20 BPO Echtzeitdaten	73
4.21 Montage Tablet PORR Fertiger – Baustelle S6	74
4.22 Montage Tablet Oevermann Beschicker – Baustelle A44/46	74
4.23 Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Straßenfertigeransicht	76
4.24 Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Baustellentagebuch	76
4.25 Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Nachrichten	77
4.26 Bildschirmdarstellung auf dem Tablet – Live-Auswertung	77
4.27 BPO Auswertung – Übersicht Baustelle A44/A46 (17.08.2017)	80
4.28 BPO Auswertung – Baufortschritt Baustelle A44/A46 (17.08.2017)	81
4.29 BPO Auswertung – GPS-Visualisierung Baustelle A44/A46 (17.08.2017)	81
4.30 BPO Auswertung – Rundenzeitenanalyse Baustelle A44/A46 (17.08.2017)	82

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Tabellenverzeichnis

4.1	Auswertungstabelle Planung hiQ	94
4.2	Auswertungstabelle Planung BPO	95
4.3	Auswertungstabelle Ausführung hiQ	99
4.4	Auswertungstabelle Ausführung BPO	101
4.5	Auswertungstabelle Nachbereitung hiQ	102
4.6	Auswertungstabelle Nachbereitung BPO	103
4.7	Tabellarischer Systemvergleich nach EN ISO 9241-110:2008 (D)	104
4.8	Tabellarischer Systemvergleich – Allgemein/Systemeinrichtung	105
4.9	Tabellarischer Systemvergleich – Einbauplanung	105
4.10	Tabellarischer Systemvergleich – Ausführung	105
4.11	Tabellarischer Systemvergleich – Nachbereitung	105
4.12	Einzellohnkosten Einbaupartie	109
4.13	Einzellohnkosten Transport 20 000 t – 40 000 t	109
4.14	Einzellohnkosten Transport 50 000 t – 70 000 t	110
4.15	Einzelgerätekosten Einbaugeräte	110
4.16	Einzelgerätekosten Transportgeräte 20 000 t – 40 000 t	110
4.17	Einzelgerätekosten Transportgeräte 50 000 t – 70 000 t	110
4.18	Zeitgebundene Kosten – Angestellte	111
4.19	Übersicht Einbaukosten nach Einbaumenge	111
4.20	Kosten Prozesssteuerungssoftware	111
4.21	Einsparungspotential in Abhängigkeit von der jährlichen Einbaumenge	113

Anhang 1 – Interview leitendes Baustellenpersonal (BPO) – A44/A46 (D)

Anhang 1

Fragestellungen an das leitende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Was war der Auslöser für die Einführung des BPO-Systems zur Prozessoptimierung im Asphalteinbau?

Antwort (00:18): Um Prozesse zu optimieren und zu analysieren wo noch Einsparpotentiale vorhanden sind; Mischanlage kam aufgrund von sehr vielen Standzeiten auf die Fa. Overmann zu – Overmann wollte ein Werkzeug haben um an Stellschrauben drehen zu können; neuer Mitarbeiter hat das System schon von seiner vorherigen Arbeitsstelle gekannt und auch bei Fa. Overmann vorgeschlagen

2. In welcher Form wurden die Prozessbeteiligten (Bauleiter, Polier, Mischwerk, Logistik, Fertigerpartie) auf die Einführung des neuen Systems vorbereitet?

Antwort (01:49): 8 Wochen vor dem Einbaustart (03.07.2017) erste Vorbereitung der Mischanlagen auf die Systemeinführung; die Bauleiter haben bereits im Februar 2018 begonnen sich mit dem BPO-System auseinanderzusetzen; erstmalige Planung erfordert doch einiges an Wissen/Vorlaufzeit; Mischanlage war sofort im Boot, keine Berührungängste; generell sind keine Berührungängste mit dem BPO-System geäußert worden; Schwierigkeiten die verschiedenen Einbaubreiten im System abzubilden (zuerst wurde ein Einbauplan erstellt, angelehnt an diesen die Eingabe im BPO-System erledigt); Grund für dein Einbauplan: manche Bereiche bis 13m können mit einem Fertiger zu bewerkstelligt werden; sollte der Einbau, aufgrund der vorgefundenen Bedingungen, nicht wie geplant mit einem Fertiger erfolgen können, so stimmen dennoch die ermittelten Massen laut dem BPO-System

3. Herrscht bereits ein Prozessdenken oder sehen Ihre Mitarbeiter die Einführung des BPO-Systems nur als Anweisung von oben herab?

Antwort (05:07): nicht sehr viele Berührungspunkte mit BPO beim Einbau auf der Baustelle (Einbaumeister/Einweiser direkter Kontakt); einziger Nachteil: man kann überwacht werden, man weiß jedoch als Nutzer nicht zu welchem Zeitpunkt das passiert

Weiterer Nachteil: Ausführung geht so vonstatten, wie das der Nutzer, welcher zuletzt gespeichert hat, vorgesehen hat; Problem kann nach der Testphase durch projektbezogene Zugriffsrechte in den Griff bekommen werden; in der aktuellen Testphase kann theoretisch jeder Bauleiter des Unternehmens auch in fremden Projekten etwas verändern (später nur mehr Oberbauleiter, Bauleiter und Einbaumeister; je nach Wunsch des Unternehmens)

Akzeptanz ist bereits gut; Umdenken in das BPO-System, vor allem bei älteren Kollegen, noch schwierig; prinzipiell sind die Arbeiter dem System gegenüber sehr offen; der Kernprozess bleibt ja der gleiche, nur die Arbeit im Hintergrund wird jetzt mit einer Software erledigt; es werden beim Einbau dennoch händische Aufzeichnungen über die Lieferscheine geführt (kumulierte Menge für die Endbestellung) für den Fall, dass das System einmal ausfällt (Vertrauen noch nicht zu 100% gegeben); den gesunden Menschenverstand und das Handy sollte man trotz der Verwendung des BPO-Systems nicht ausschalten

a. Wie funktioniert die Weisungskette um alle Prozessbeteiligten zur ordnungsgemäßen Bedienung des Systems anzuleiten?

kein Druck von oben; stattdessen einfache, offene Kommunikation, dass ein neues System getestet wird (Erfahrungen vom Oberbauleiter)
offene Herangehensweise; mehrere jüngere Kollegen planen ihre Baustellen mit dem BPO-Planungstool, auch wenn BPO in der Ausführung noch nicht angewendet wird; vorteilhaft um mangelnde Erfahrung direkt nach der Schule wett zu machen; in 1-2 Jahren wird man darüber nicht mehr sprechen, dann ist digitalisierter Asphalteinbau wahrscheinlich Standard; es muss sich auf einen Standard geeinigt werden (Kosten, unnötig kompliziert)

4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen?

Antwort (10:08): Planung wird per PC gemacht, alles Weitere wird per App von einem Mobilgerät abgerufen; „Computer hochfahren dauert länger als die Planung da zu machen“ (lt. Bauleiter 2min); Zugangscodes werden per WhatsApp versendet

5. In welcher Form erfolgt die Weiterleitung von Informationen an Gruppen- bzw. Bereichsleitung? Welche Informationen werden weitergeleitet?

Antwort (11:20): Es erfolgt keine Weiterleitung von Informationen, da befugte/interessierte Personen ebenso über einen Systemzugang verfügen und somit selbstständig die entsprechenden Informationen in Echtzeit abfragen können

6. Gibt es auf der Baustelle Probleme beim Funknetzempfang bzw. beim Empfang von mobilen Daten? Wenn ja, wie wurden diese gehandhabt?

Antwort (12:00): Bei dem aktuellen Projekt ist eine Stelle bekannt, an welcher der Empfang etwas schlechter ist, aber ansonsten sind keine Probleme aufgetreten; auch die schlechtere Datenübertragungsrate reicht für das System aus, um problemlos zu arbeiten; bei einer vergangenen Baustelle gab es jedoch nicht einmal Handyempfang, geschweige denn mobiles Internet; Bedenken über mögliche Auswirkungen – Lkws müssen manuell erfasst werden, da auch der Zulauf nicht mehr aktualisiert werden kann; sollte ein empfangsfreier Raum über größere Strecken vorliegen, dann ist eine manuelle Erfassung die bessere Alternative

a. Welches Datenvolumen ist je Endgerät vorgesehen?

Konnte nicht beantwortet werden; wird ein Hotspot per Smartphone eingerichtet, ist ein deutlicher Anstieg des Datenvolumens zu erkennen (wurde jedoch nicht genauer quantifiziert); lt. Projektbetreuer sollte nicht mehr als 1GB Datenvolumen pro Monat verbraucht werden

b. Gibt es Probleme mit der Überschreitung des Datenvolumens?

Keine Probleme bekannt; bei missbräuchlicher Nutzung jedoch vorstellbar

Projektplanung

7. Hat sich der Planungsprozess durch die Einführung des BPO-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie den Planungsprozess vor und nach der Einführung des BPO-Systems)

Antwort (16:14): Die erstmalige Planung nimmt auch mit dem BPO-System viel Zeit in Anspruch, da die zu asphaltierende Fläche schon sehr genau eingegeben werden muss; Tagesplanung danach sehr einfach, Vorbereitung jedoch sehr aufwändig; bei einem großen Baulos ist immer noch eine detaillierte, manuelle Vorplanung unerlässlich (hat sich nicht verändert), die Eingabe in das BPO-System war aber schlussendlich in 1,5h erledigt; Vorlaufzeit vor der Eingabe in das BPO-System hat 1-2 Tage in Anspruch genommen

- a. Wohin hat sich der Planungsaufwand verschoben? Warum?

Manuelle Vorplanung wie gehabt; zusätzlich kommt die Eingabe in das BPO-Planungstool hinzu; jedoch wird die Tagesplanung enorm erleichtert, da von Beginn an bereits das gesamte Projekt in das BPO-System eingegeben wurde

- b. Wie detailliert wird die Planung vorgenommen?

„Der Vorteil bei BPO ist ganz einfach, man muss sich noch viel intensiver bei der Planung damit beschäftigen, wie wenn man es einfach so macht“; Grund dafür ist, dass man auch sämtliche Bauwerke mitberücksichtigen muss, auf welche man ansonsten erst im Zuge der laufenden Baumaßnahme reagieren würde; mangelnde Planung widerspiegelt sich sofort in Einbrüchen in der Einbauleistung (kein Mischgut, Einbaugeschwindigkeit zu gering etc.); „Nachteil ist mir jetzt so bis jetzt nicht wirklich aufgefallen“; „Es ist für uns Bauleiter ein schönes Werkzeug. Es nimmt uns auch Arbeit ab.“; „Es ist eine deutliche Erleichterung“

- c. Werden Umsetzzeiten, Pausen etc. in der Planung berücksichtigt?

Werden mit eingepflegt (sehr einfach zu handhaben) und sollte auch gemacht werden, da sonst die ganze Planung nicht funktioniert; die Zeit fehlt ja an einer anderen Stelle, gerade wenn man von einer Einbauleistung von 10h ausgeht und eine entsprechende Einbauleistung in dieser Zeit geplant hat
Lkw-Pausen werden von der Planungssoftware selbständig bestimmt; kein Eingriff notwendig; man bestimmt lediglich, dass die Lkws Pausen machen müssen; daraus ergeben sich die Lkw-Anzahl und mögliche Fehlermeldungen z.B. Lenkzeitüberschreitungen
Lkws-sind nicht in die aktive Kommunikation eingebunden; Folge dessen werden auch keine Pausenzeiten vorgegeben; auf der aktuellen Baustelle stellt dieser Umstand kein Problem dar, da von der Mischanlage ausreichend Lkws zu Verfügung gestellt werden; bei einer derart hohen Lkw-Anzahl (ca. 70) sind naturgemäß mehrere Frächter beteiligt, sodass auch die Anfahrtszeit zur Erstbeladung auf der Mischanlage unterschiedlich lange in Anspruch nimmt und somit schon aufgrund dieser Tatsache die Pausenproblematik entschärft wird; man kann allerdings in der Taktplanung schon erkennen, dass zur Pausenzeit die Leistungskurve flacher wird und evtl. langsamer mit dem Fertiger gefahren werden muss; Fehlende Einbindung der Lkws wird durch eine zu große Lkw-Anzahl abgefangen (die Lkw-Fahrer verfügen nach wie vor über eine freie

Pauseneinteilung); es ist möglich die Vorlenkzeiten im BPO-System einzugeben, hier ist das allerdings nicht der Fall; tatsächlich ist hier die Lkw Anzahl so hoch, dass die Einbauleistung auch während der Pausenzeit nicht gedrosselt werden musste; hätte man sich an BPO gehalten, wäre dies wahrscheinlich der Falls gewesen; die Lkws werden jedoch von der Mischanlage zur Verfügung gestellt; die ermittelte Lkw-Anzahl wurde mit BPO ermittelt und als Richtwert an die Mischanlage weitergegeben; diese haben die Anzahl um ca. 20% erhöht um Lenkzeitüberschreitungen bzw. Leistungseinbrüche zu vermeiden

d. Werden detaillierte Routenplanungen inkl. POIs (z.B. Baustellenein- bzw. ausfahrten, Putzplatz, Wendepunkt) vorgegeben?

Für jede Mischanlage sind die Ein- u. Ausfahrten definiert worden; die An- u. Abfahrtsroute wurde bereits im Vorfeld mit den Frächtern bzw. Mischanlagen abgestimmt, um genaue Planungsgrundlagen zu erhalten; Putzplatz wird vorgegeben (nicht im BPO eingegeben, jedoch kommuniziert); ohne aktive Lkw-Einbindung ist das ja auch nicht möglich; Schwierigkeit, dass sich in dem Baugebiet auf der Karte noch nichts befindet, POIs erschwert oder nicht zu setzen

Arbeitsvorbereitung

8. Hat sich die Arbeitsvorbereitung durch die Einführung des BPO-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie Arbeitsvorbereitung vor und nach der Einführung des BPO-Systems)

Antwort (28:08): wurde bereits beantwortet

- a. Wohin hat sich der Arbeitsaufwand verschoben. Warum?

Wurde bereits beantwortet

Transportlogistik

9. Verlassen Sie sich zu 100% auf die Vorgaben von BPO hinsichtlich Lkw-Anzahl, prognostizierte Einbauzeit bzw. Einbauleistung oder rechnen Sie noch betriebsinterne Faktoren ein?

Antwort (28:20): Asphaltanlieferung ist in Deutschland üblicherweise „Frei Bau“, auch hier ist das der Fall; manche Kollegen fahren die Strecken im Lkw-Tempo ab um somit an genaue Planungsdaten zu gelangen (Zeitaufwand, richtige Tageszeit muss eingehalten werden) – dieser Schritt kann von BPO abgenommen werden (Routenzeitermittlung); erfahrungsgemäß sind die Lkws eher schneller, als von BPO ermittelt (unerlaubte Abkürzungen, Geschwindigkeitsüberschreitungen, besserer Verkehrsfluss in der Nacht); durch Lkw-Einbindung (GPS) ist ein Fehlverhalten sehr leicht aufzudecken

10. Werden Zufahrts- und Abfahrtswege bzw. Baustelleneinfahrten und -ausfahrten vorgegeben?

Wurde bereits beantwortet

11. Wie wird zwischen den Projektbeteiligten kommuniziert?

Antwort (31:10):

- a. Mischanlage und Fertiger?

Gegenseitiger Telefonkontakt; theoretisch auch selektive Kommunikation mit den Mischanlagen/Fahrern möglich, tatsächlich wird aber auch noch auf das altbewährte Kommunikationsmittel (Handy) zurückgegriffen; ein großer Vorteil ist jedoch, dass die Kommunikation dokumentiert ist, was hinterher zu weniger Streitigkeiten führen könnte (im Falle von Mängel etc.)

Mischanlage nützt auch dein Einblick in das System (können allerdings nicht in den Prozess eingreifen); Korrektur der Bestellmenge könnte über das BPO-System vorgenommen werden, wird derzeit aber noch nicht angewendet (erstmal klein anfangen während der Testphase)

- b. Werden die Lkws auch in die Kommunikation während des Bauprozesses eingebunden (z.B: durch die Möglichkeit von Kurznachrichten zwischen dem ausführenden Personal und Bauleitung)?

Aktuell ist das nicht der Fall

Asphalteinbau

12. Nützen Sie aktiv die Möglichkeit den Einbauprozess online einzusehen, oder sind für Sie nur Eckdaten von Bedeutung?

Antwort (34:45): es wird sehr oft per App ein Einblick in den laufenden Prozess genommen; befindet man sich im Soll (Soll-Ist-Vergleich)

Asphaltfertiger

13. Werden Daten vom Asphaltfertiger abgerufen? (z.B. Asphalteinbautemperatur, Telematikdaten etc.)

Antwort (36:25): es werden keine Daten abgegriffen

Verdichtung

14. Gibt es eine flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle bzw. ist diese in einer Form angedacht?

Antwort (38:42): keine FDVK derzeit; nach wie vor wird die Verdichtung vom Labor (stichprobenartig) über die Troxlersonde gemessen; wäre sehr sinnvoll, wenn z.B. eine Walze zum Wassertanken fährt, müssen die anderen diesen Part übernehmen; gerade im aktuellen Fall mit 7 oder 8 im Einsatz befindlichen Walzen können die Geräteführer das nicht mehr überblicken; zumindest Überfahrtskontrolle für größere Maßnahmen empfohlen; auch Temperaturkontrolle (Thermoscan) angedacht; allerdings sollte man nicht mit Kanonen auf Spatzen schießen

Nachbereitung

15. Welche Rückmeldungen von der Baustelle gehen zum Bauleiter, Baukaufmann, Kalkulant?

Antwort (44:05):

- a. Welche Auswertungen sind für Sie entscheidend?
Welche Menge wurde eingebaut (hier: 90t weniger – erfreulich)
- b. Welche Schlüsse werden unmittelbar daraus gezogen?
- c. Welche Schlüsse werden langfristig daraus gezogen? Zeichnen sich bereits erste Tendenzen ab?

„Ich glaube der große Vorteil bei der BPO ist immer für die Folgebaustelle, weil man immer aus der Baustelle raus lernt und für die nächste das dann wieder besser machen kann“

16. Werden sämtliche Lieferscheine digital abgebildet oder gibt es an Stellen des Prozesses noch Lieferscheine in Papierform und somit mögliche Fehlerquellen oder Ineffizienzen.

Antwort (44:37): derzeit erfolgt die Weiterbearbeitung der Lieferscheine noch in manueller Form in Münster (Ist jeder Lieferschein vorhanden?) – digitale Verarbeitung ist jedoch denkbar und stellt auch die Zukunft dar – enorme Arbeitserleichterung; Lieferscheinkette noch nicht geschlossen

17. Wird das Thema Wirtschaftlichkeit bei der Anwendung des BPO-Systems großgeschrieben oder stehen für Sie die Arbeitserleichterung bzw. die verbesserte Dokumentation im Vordergrund.

Antwort (50:10): Einführung des BPO-Systems ist eine wirtschaftliche Entscheidung mit dem positiven Nebeneffekt der Arbeitserleichterung (Fa. Kemna hat bereits mehr Erfahrung)

a. Können Sie Kosteneinsparungen aufgrund des verringerten Verwaltungsaufwandes im Nachgang feststellen?

Noch nicht quantifizierbar; Denkbar mit vollständig digitaler Lieferscheinkette – in der Testphase noch nicht (Verweis auf Fa. Kemna); ein großer Brocken in Form der Lkws-Disposition wird von den Mischanlagen gestemmt; hätte man diesen Part im eigenen Unternehmen, so würde hier das größte Potential liegen

b. Wenn ja, in welcher Form wird die verbesserte Dokumentation des Einbauprozesses genutzt bzw. weitergegeben.

Aufwand nicht stark erhöht, jedoch hat man aufgrund der gewonnenen Daten eine Vielzahl an neuen Möglichkeiten geschaffen

Zusätzliche Aussagen:

Eine Externe Stromversorgung am Fertiger hat sich bewährt; Powerbanks sind nicht die optimale Lösung, da die Tablets damit nicht geladen werden; der Stromverbrauch ist höher als die Ladeleistung; auf der aktuellen Baustelle gibt es auch eine Beleuchtung in Form von Lichtmasten, über welche auch Strom bezogen werden kann; Stromversorgung aller Gerätschaften wird zukünftig eine Herausforderung werden

Eingabe in das BPO-System ist bei kleineren und einfacheren Projekten auch ohne Vorplanung denkbar (fixe Breite; geradeaus); komplexere Projekte erfordern derzeit eine zusätzliche Vorplanung

Sofortige Analysemöglichkeit am nächsten Tag woran es gelegen hat, dass die geplante Einbauleistung in der Nacht zuvor nicht eingehalten wurde

BPO kann – wenn es richtig genutzt wird – als Bautagebuch verwendet werden

Im Falle eines unvorhersehbaren Ereignisses (Starkregen, technisches Gebrechen etc.) werden die folgenden Maßnahmen per Handy und nicht per App kommuniziert. Sich daraus ergebende Daten werden im Falle eines Einbauabbruchs im Nachgang in das BPO-System eingegeben um die aktuelle Planung wieder anzupassen (Stationierung ändern)

Soll-Ist-Vergleich möglich im System, jedoch fehlerbehaftet, da die Stationierung sehr genau gemessen werden kann, die eingebaute Menge jedoch nur geschätzt werden kann (Welche Menge befindet sich im Beschicker/Kübel)

Das BPO-System ermittelt eine optimale Fertigergeschwindigkeit, der Fertigerfahrer hat darauf allerdings keinerlei Einblick (Warum?) und kann sich Folge dessen auch nicht daran orientieren; bei gravierenden Änderungen bezüglich der Einbaugeschwindigkeit kommen Anweisungen vom Bauleiter/Einbaumeister an den Fertigerfahrer; theoretisch besteht aber die Möglichkeit für jede Person sich die App auf sein Smartphone zu laden, um sich die Einbaudaten anzusehen (Arbeiter sollten sich allerdings auf ihre Arbeit konzentrieren anstatt mit dem Smartphone zu „spielen“); Bedienung der App findet auf einer anderen Ebene statt (Oberbauleiter, Bauleiter/Einbaumeister); zusätzliche Daten sind für den Arbeiter für seine Arbeit nicht relevant

Fast ausschließlich Thermomulden im Einsatz, da die Temperatur zu einer immer größeren Thematik wird; gesetzliche Vorgabe und daher absolute Notwendig, um am Markt bestehen zu können; jedoch haben viele Frächter auch schon vor Inkrafttreten des Gesetzes auf Thermomulden umgerüstet, da dieses Gesetz absehbar war und somit ein Marktvorteil generiert werden konnte; in Deutschland ist die Notwendigkeit von Thermomulden aufgrund der größeren Distanzen eher gegeben als in Österreich

Falschbuchungen auch mit BPO nicht ausgeschlossen (Anwenderproblem)

Hat sich durch das BPO-System der Arbeitsaufwand erhöht? Gibt es eine Mehrbelastung? – Der Arbeitsaufwand bleibt gleich, da die Vorbereitung immer gemacht werden musste, jedoch ändert sie sich im Zuge der Einführung des BPO-Systems

Es gibt Kollegen die wollen von BPO nichts wissen – bleiben stehen und machen es nach wie vor so, wie sie es gelernt haben – funktioniert ja auch; durch eigenständiges Anwenden der Software oder durch den Austausch mit Anwendern ändern sie eventuell selbstständig ihre Meinung

Parallel zum laufenden Projekt wurde eine „normale Asphaltplanung“, mit dem selben Ergebnis wie mit BPO gemacht – es funktioniert tatsächlich – Vertrauen in das System wurde dadurch gefestigt

Wenn im Zweischichtbetrieb gearbeitet wird und der Bauleiter nicht immer vor Ort sein kann, behält er trotzdem dem Überblick.

Soll-Ist-Vergleich (Einbau) wird immer am nächsten Tag angesehen

Durch Dokumentation im eigenen Verantwortungsbereich, können Ungereimtheiten im Nachhinein sehr schnell und unkompliziert geklärt haben – gut solange man ordnungsgemäß arbeitet – Qualitätssteigerung (z.B. falls die Mischanlagen aufgrund zu hoher Wartezeiten an das Unternehmen herantritt)

Anhang 2 – Interview leitendes Baustellenpersonal (BPO) – S6 (Ö)

Anhang 2

Fragestellungen an das leitende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Was war der Auslöser für die Einführung des BPO-Systems zur Prozessoptimierung im Asphalteinbau?
Antwort (00:13 (Teil 1)): Ende 2016 ist ein Unternehmen aus Wien mit einer Prozessoptimierungssoftware an die PORR herangetreten; an die Niederlassung Knittelfeld (zwei Mischanlagen: Knittelfeld, Mürzzuschlag) ist dann seitens der Zentrale für einen Test herangetreten worden

2. In welcher Form wurden die Prozessbeteiligten (Bauleiter, Polier, Mischwerk, Logistik, Fertigerpartie) auf die Einführung des neuen Systems vorbereitet?
Antwort (00:55 (Teil 1)): Bauleiter (Manfred) wurde involviert und er hat seinerseits versucht, im Rahmen kurzer Gespräche, seine Mannschaft auf die Testphase vorzubereiten; Digitalisierung schreitet voran – Sinnhaftigkeit solcher Maßnahmen wird von der Mannschaft verstanden

3. Herrscht bereits ein Prozessdenken oder sehen Ihre Mitarbeiter die Einführung des BPO-Systems nur als Anweisung von oben herab?
Antwort (01:41 (Teil 1)): Asphalteinbau ist ein sehr lohnintensiver Geschäftsbereich (Folge: daher sind die Mitarbeiter eher knapp bemessen); vorsichtiger Umgang mit Neuerungen; Akzeptanz ist immer ein heikles Thema; wenn man jedoch einen Mehrwert für die Beteiligten herausholen/herausarbeiten kann und nicht nur einen möglichen Mehrwert für das Unternehmen beschreibt, stellt sich die Akzeptanz mit der Zeit automatisch ein, da sie den Mehrwert erkennen.
 - a. Wie funktioniert die Weisungskette um alle Prozessbeteiligten zur ordnungsgemäßen Bedienung des Systems anzuleiten?
 Gesamte Hierarchie der PORR Struktur von oben nach unten durch; Konzerngedanke steht am Beginn – Gebietsbauleitung – Bauleiter – Mischgutpartien

4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen.
Antwort (03:21 (Teil 1)): Technisches Personal: Handys (Smartphones), Laptops und PCs (in der Zentrale in Knittelfeld)
 Einbaupartie: Tablet-PCs und theoretisch auch Handys (Firma oder privat)
 Es ist alles an Hardware vorhanden, was zur Einführung einer Softwarelösung notwendig ist

5. Wenn ja, in welcher Form erfolgt die Weiterleitung von Informationen an Gruppen- bzw. Bereichsleitung? Welche Informationen werden weitergeleitet?
Antwort (03:55 (Teil 1)): bei größeren Baustellen auch Interesse daran, wie der Einbautag läuft; am Ende des Tages Nachkalkulationswerte in Form eines PDF, digital oder als Ausdruck für eine tiefergehende Analyse im Fall von Schwierigkeiten; schwierige und größere Baustellen erfordern schnelle Reaktionen bereits am Folgetag (möglichen Anpassungen: Lkw-Anzahl, Soll-Ist-Vergleich der Einbauleistung

und Adaptierung), bei kleineren Maßnahmen genügt Analysegespräch am Ende des Tages ohne Datenauswertung

6. Gibt es auf der Baustelle Probleme beim Funknetzempfang bzw. beim Empfang von mobilen Daten? Wenn ja, wie wurden diese gehandhabt?

Antwort (06:38 (Teil 1)): Im Zuständigkeitsbereich der Niederlassung gibt es bestimmt Baugebiete ohne Handyempfang, wo ein Einsatz von BPO nicht möglich wäre; würde wahrscheinlich kleinere Baumaßnahmen betreffen, wo die Notwendigkeit des digital unterstützten Asphalteinbaus nicht unbedingt gegeben ist; auf Autobahnen (im höherrangigen Straßennetz) sollte flächendeckend eine Internetverbindung gegeben sein derzeit

- a. Welches Datenvolumen ist je Endgerät vorgesehen?

Datenvolumen ist in der PORR gesichert

- b. Gibt es Probleme mit der Überschreitung des Datenvolumens?

Bezüglich missbräuchlicher Verwendung werden sich die Zeiten in Zukunft ändern

Projektplanung

7. Hat sich der Planungsprozess durch die Einführung des BPO-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie den Planungsprozess vor und nach der Einführung des BPO-Systems)

Antwort (07:18 (Teil 1)): derzeit wird bei größeren Baustellen eine detaillierte Planung in Form von Excel-Listen vorgenommen und entsprechend mit dem Polier kommuniziert, damit die Disposition funktioniert; die Einführung eines digitalen Systems würde den Vorteil bringen, dass es zu einer einheitlichen Struktur der Planung kommt (derzeit geht jeder Einbauleiter unterschiedlich in der Prozessvorbereitung vor)

- a. Wohin hat sich der Planungsaufwand verschoben? Warum?

Planungsaufwand ist nach wie vor gegeben, er wird jedoch anders abgewickelt; längerfristig gesehen könnte ein System geschaffen werden, das vergleichbar wird und zudem ein Archiv, mit Zugriff auf bereits abgewickelte Baustellen, entstehen

- b. Wie detailliert wird die Planung vorgenommen?

Frage der Sinnhaftigkeit im Vorfeld so exakt („mit jedem Deka Mischgut“) zu planen, da der Einbau in der Praxis von sehr vielen Faktoren abhängig ist: Mischgutpartie, Einbaupolier, Transportlogistik

- c. Werden Umsetzzeiten, Pausen etc. in der Planung berücksichtigt?

Berücksichtigt ja, aber die Einhaltung ist erneut von sehr vielen Faktoren abhängig: Personen, Mischanlage (Mischmeister), Transportunternehmen (Fahrern), Ortskenntnis, Verkehrssituation (stündlich) – Taktung und Planung schön und gut, aber die Ist-Situation unterscheidet sich dann doch oft gravierend

- d. Werden detaillierte Routenplanungen inkl. POIs (z.B. Baustellenein- bzw. ausfahrten, Putzplatz, Wendeplatz) vorgegeben?

Aufgrund der günstigen Situation, dass die Transportunternehmen regional verfügbar sind, reicht es meistens aus mitzuteilen wo sich die Baustelle befindet um einen reibungslosen Ablauf zu gewährleisten; die Lkw-Fahrer kommunizieren untereinander auch per Funk; es gibt Stammfahrer die dauerhaft für die Mischgutpartie im Einsatz sind und die Informationen entsprechend an die anderen Lenker weiterleiten; bei großen Bauweisen ist in Erwägung zu ziehen Putzplatz und Wendeplatz vorzugeben, es wird jedoch angezweifelt ob sich die Fahrer dann tatsächlich daran halten werden – Kommunikation vor Ort auf der Baustelle wird als besser erachtet

Arbeitsvorbereitung

8. Hat sich die Arbeitsvorbereitung durch die Einführung des BPO-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie Arbeitsvorbereitung vor und nach der Einführung des BPO-Systems)

Antwort (12:15 (Teil 1)): wurde bereits im Zuge der Frage 7 ausführlich beantwortet

- a. Wohin hat sich der Arbeitsaufwand verschoben. Warum?

Transportlogistik

9. Verlassen Sie sich zu 100% auf die Vorgaben von BPO hinsichtlich Lkw-Anzahl, prognostizierte Einbauzeit bzw. Einbauleistung oder rechnen Sie noch betriebsinterne Faktoren ein?

Antwort (12:27 (Teil 1)): man wird sich nicht zu 100% auf die Software verlassen, da auch die Erfahrung von jedem Einbauleiter/polier mit in die Lkw-Disposition einfließt; man wird auch „zu Fuß rechnen“ und sich durchdenken, ob die Vorgaben der Software so in die Realität umsetzbar sind; da der Markt an Frächtern begrenzt ist, müssen die Transporteure auch bei Laune gehalten werden; d.h. man im Klartext, dass die eine oder andere Baumaßnahme künstlich in die Länge gezogen wird um die Lkws nicht vorzeitig abschreiben zu müssen

10. Werden Zufahrts- und Abfahrtswege bzw. Baustelleneinfahrten und -ausfahrten vorgegeben?

Antwort (13:39 (Teil 1)): wurde bereits im Zuge der Frage 7d ausführlich beantwortet;

werden aktuell auch schon vorgegeben, gerade in Siedlungen muss darauf geachtet werden wo gefahren werden darf und wo nicht; können später auch in der App abgebildet werden

11. Wie wird zwischen den Projektbeteiligten kommuniziert?

Antwort (14:00 (Teil 1)):

- a. Mischanlage und Fertiger?

ohne BPO: telefonisch

Mit BPO: eine Mischform aus Kommunikation über die App und Telefonie (auch um zu überprüfen ob die Systeme einwandfrei laufen) – derzeit noch kein 100%iges Vertrauen in das System vorhanden

- b. Werden die Lkws auch in die Kommunikation während des Bauprozesses eingebunden (z.B: durch die Möglichkeit von Kurznachrichten zwischen dem ausführenden Personal und Bauleitung)?

Derzeit werden die Lkws nicht und wenn dann nur in der Mischanlage oder auf der Baustelle in die Kommunikation eingebunden; lückenlose Einbindung aller Lkws sehr schwierig, da sehr viele Fremdfirmen als Frächter auf Baustellen tätig sind (Einschulungsaufwand wäre sehr hoch); nicht aktive Kommunikation vorstellbar (GPS-Datenabfrage), verpflichtende aktive Eingaben der Lkw-Fahrer sind noch nicht vorstellbar, aber es ist durchaus Potential in der Kommunikation vorhanden (Information an alle über veränderte Bedingungen etc.)

Asphalteinbau

12. Nützen Sie aktiv die Möglichkeit den Einbauprozess online einzusehen oder sind für Sie nur Eckdaten von Bedeutung?

Antwort (16:16 (Teil 1)): auch während des Einbaus besteht Interesse den Einbauprozess online einsehen zu können; man ist in die Kommunikation zwischen Einbaupartie und Mischanlage eingebunden; Dokumentation online verfolgbar – alles in Ordnung oder man schickt bei Bedarf einen Techniker auf die Baustelle um reagieren zu können; rechtzeitige Anwesenheit bei Probenentnahmen; Stichwort: schwierige Baustellen; „Also es nutzt mir als Bauleiter sicher auch“; am Tagesende/Prozessende sind die Eckdaten von Interesse

Asphaltfertiger

13. Werden Daten vom Asphaltfertiger abgerufen? (z.B. Asphalteinbautemperatur, Telematikdaten etc.)

Antwort (17:25 (Teil 1)): nein; Einbaupartie/Bauleiter hat ein Stechthermometer zur Stichprobenartigen Kontrolle oder im begründeten Verdachtsfall mit dabei; es ist denkbar, dass zukünftig auch Daten vom Fertiger abgefragt werden

Verdichtung

14. Gibt es eine flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle bzw. ist diese in einer Form angedacht?

Antwort (18:18 (Teil 1)): auf manchen Baustellen vorgeschrieben und auch verwendet; muss noch vereinfacht werden, da derzeit sehr viele Schritte nötig sind damit ein FDVK-System funktioniert - kalibrieren erforderlich; alle Walzen miteinander vernetzen; Bedienbarkeit für den Walzenfahrer muss einfach sein damit ein entsprechender Mehrwert generiert werden kann; Kontrolle (stichprobenartig) wird bei den Autobahnbaulosen durch das Labor übernommen

Nachbereitung

15. Welche Rückmeldungen von der Baustelle gehen zum Bauleiter, Baukaufmann, Kalkulant?

Antwort (19:24 (Teil 1)):

- a. Welche Auswertungen sind für Sie entscheidend?

Einbauleistung; Tonnage pro Stunde über den reinen Einbauprozess bzw. über die gesamte Arbeitszeit; Transportzeiten/Umlaufzeiten vom Mischguttransport – Kalkulationsfaktoren

- b. Welche Schlüsse werden unmittelbar daraus gezogen?

Unmittelbar: nach den Tageseinsätzen Adaptierungen für den Folgetag, ohne dass man dafür ein bis zwei Stunden für die Analyse aufwenden muss (Berichte vom Polier langen oft erst ein bis zwei Tage später ein – oftmals zu spät); reagieren für den nächsten Tag, vorausgesetzt es ist der nötige Spielraum vorhanden (Lkws hinzufügen/weglassen)

c. Welche Schlüsse werden langfristig daraus gezogen? Zeichnen sich bereits erste Tendenzen ab?

Zentraler Ort wo Einbaudaten aufgezeichnet und abrufbar sind; Datenbank wo bereits realisierte Projekte abrufbar sind (welche Einbauleistungen wurden dort geschafft; Kalkulationsansätze erhalten); zentrale Verfügbarkeit (inklusive Filtermöglichkeit: nach Größe des Bauloses, Landesstraße, Gemeindestraße, Einkaufsmarkt etc.) vorsehen; Mehrwert durch verfügbare Daten

16. Werden sämtliche Lieferscheine digital abgebildet oder gibt es an Stellen des Prozesses noch Lieferscheine in Papierform und somit mögliche Fehlerquellen oder Ineffizienzen.

Antwort (22:19 (Teil 1)): Ohne automatische Schnittstelle sind Fehler natürlich nicht ausgeschlossen – muss von der Anlage (Wiegesystem) automatisiert funktionieren (es darf kein zusätzlicher, händischer Prozessschritt zwischengeschaltet sein); Lieferscheine sind nach wie vor nötig, da sie dem Bauherrn oftmals zu Kontrollzwecken zustehen; Ausblick: Denken wird sich auch bei den Bauherren wandeln

17. Wird das Thema Wirtschaftlichkeit bei der Anwendung des BPO-Systems großgeschrieben oder stehen für Sie die Arbeitserleichterung bzw. die verbesserte Dokumentation im Vordergrund.

Antwort (00:15 (Teil 2)): Vorrangig ist, dass es durch den Einsatz digitaler Systeme zu einer Arbeitserleichterung für die Prozessbeteiligten (Einbaupartie, Mischmeister und technisches Personal) kommen sollte; es darf kein Mehraufwand entstehen, wenn dann muss sich dieser in der Waage mit den daraus gewonnenen Vorteilen halten bzw. sollten diese überhandnehmen; es entsteht eventuell über die Zeit mehr Prozessdenken, welches tiefergehend im Prozessablauf genützt werden wird; in dieser Entwicklung steckt noch zusätzliches Potentiale, auch in wirtschaftlicher Hinsicht

a. Können Sie Kosteneinsparungen aufgrund des verringerten Verwaltungsaufwandes im Nachgang feststellen?

Digitale Systeme würden sicherlich zu Einsparungen führen, wenn man bedenkt, dass für eine gute Nachkalkulation eines Einbautages durch einen Techniker oder Bauleiter ca. 1- 3 Stunden aufgewendet werden müssen; mit dem digitalen System hätte man das per Knopfdruck zur Verfügung

b. Wenn ja, in welcher Form wird die verbesserte Dokumentation des Einbauprozesses genützt bzw. weitergegeben.

Zur verbesserten internen Dokumentation (mehr Fotos und Niederschriften) des Einbauprozesses; Einbaumeister wirkt in der Dokumentation (Probenentnahme, Bauaufsicht, Beanstandungen, Schwierigkeiten) mit, da Techniker oder Bauleiter nicht ständig vor Ort sein können; freiwillige Weitergabe an den Bauherrn wird

nicht erfolgen, solange das nicht in Normen oder Ausschreibungen gefordert wird; Fehler wollen nicht freiwillig preisgegeben werden, aber man kann sie für interne Verbesserungen nützen; Vorteil, weil man gegenüber dem Bauherrn gewisse Dinge einfacher nachweisen kann oder die Abwicklung der Baustelle einfacher funktioniert

Anhang 3 – Interview leitendes Baustellenpersonal (hiQ) – A5 (Ö)

Anhang 3

Fragestellungen an das leitende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Was war der Auslöser für die Einführung des hiQ-Systems zur Prozessoptimierung im Asphalteinbau?

Antwort (00:10): Ziel war es, einen besseren Überblick über den Tagesablauf und die Lieferung des Mischguts zu bekommen um schlussendlich eine bessere Mischgutqualität zu erzielen; es wurde vom Vorgesetzten nachgefragt, welche Erwartungen an ein digitales System gestellt werden bzw. ob es überhaupt in Frage kommen würde; die Niederlassung Gänserndorf hat sich schlussendlich dazu entschlossen das System von hiQ im Rahmen eines Pilotprojekts zu testen; wichtig – es darf nichts kosten (ist immer ein entscheidender Faktor); die Kosten müssen gering sein, weil es sich um ein Pilotprojekt handelt
Einschub (Projektbetreuer): für das Projekt in Laa an der Thaya hat die Nutzung des Systems auch einen finanziellen Vorteil gebracht

2. In welcher Form wurden die Prozessbeteiligten (Bauleiter, Polier, Mischwerk, Logistik, Fertigerpartie) auf die Einführung des neuen Systems vorbereitet?

Antwort (01:55): für das technische Personal im Rahmen eines Meetings in der Niederlassung Gänserndorf; auf der Baustelle durch direkte Kommunikation durch den Mitarbeiter von hiQ; dem Projektbetreuer bzw. dem Interviewer (Learning by Doing);

3. Herrscht bereits ein Prozessdenken oder sehen Ihre Mitarbeiter die Einführung des hiQ-Systems nur als Anweisung von oben herab?

Antwort (02:35):

- a. Wie funktioniert die Weisungskette um alle Prozessbeteiligten zur ordnungsgemäßen Bedienung des Systems anzuleiten?

Interne Mitarbeiter sind eher wissbegierig - Ziel das Bauvorhaben zu vereinfachen, Externe Mitarbeiter (Lkw-Fahrer) sind sehr misstrauisch – glauben, dass sie vorrangig überprüft werden (Pausen, Ort) – müssen erst vom Gegenteil überzeugt werden; Mischanlage ist gesprächsbereit und positiv eingestellt

4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen?

Antwort (03:59): Smartphone (App), Laptop (Softwareprogramm)

5. In welcher Form erfolgt die Weiterleitung von Informationen an Gruppen- bzw. Bereichsleitung? Welche Informationen werden weitergeleitet?

Antwort (04:23): Aufgrund der Tatsache, dass es sich um ein Pilotprojekt gehandelt hat, gab es keine Weisung Ergebnisse in irgendeiner Form weiterzuleiten; es wurde jedoch schon Interesse vom Leiter der Mischanlage am Projektverlauf bekundet

6. Gibt es auf der Baustelle Probleme beim Funknetzempfang bzw. beim Empfang von mobilen Daten? Wenn ja, wie wurden diese gehandhabt?

Antwort (05:11): Empfangsproblematik war vorhanden (Einschnitt), woraufhin von der ÖBA (Österreichische Betondecken Ausbau GmbH) ein Hotspot der Fa. hiQ übernommen wurde

- a. Welches Datenvolumen ist je Endgerät vorgesehen?

Keine Informationen darüber

- b. Gibt es Probleme mit der Überschreitung des Datenvolumens?

Nur bei den Lkw-Fahrern

Projektplanung

7. Hat sich der Planungsprozess durch die Einführung des hiQ-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie den Planungsprozess vor und nach der Einführung des hiQ-Systems)

Antwort (05:48):

- a. Wohin hat sich der Planungsaufwand verschoben? Warum?

Planungsaufwand hat sich ganz klar verkompliziert; Planungssoftware ist nicht in der Lage flexibel genug auf Änderungen im Tagesablauf zu reagieren (wenn sich fix geplante Strecken aus diversen Gründen verschieben); es musste sehr viel Zeit investiert werden, um die Planung annähernd dem anzupassen, was tatsächlich auf der Baustelle gebaut wird; Aufwand, damit es auf der Baustelle anwendbar war, war höher als der Aufwand, wenn es auf Papier geplant worden wäre.

- b. Wie detailliert wird die Planung vorgenommen?

Frage b. und c. wurden als eine Frage gestellt und beantwortet

- c. Werden Umsetzzeiten, Pausen etc. in der Planung berücksichtigt?

Umsetzzeiten und Pausen wurden berücksichtigt - wurden benötigt um den Prozess abzuändern und nicht mehr dem entsprochen (Interpretation: Pausen und Umsetzzeiten wurden berücksichtigt um die Planung an die Realität anzupassen)

Vorher: Planung basierend auf Erfahrungswerten in Absprache mit dem Einbaupolier (Tagesprogramm für den nächsten Tag, geplante Tonnage, Bestellung der Lkws entsprechend dieser Angaben)

- d. Werden detaillierte Routenplanungen inkl. POIs (z.B. Baustellenein- bzw. ausfahrten, Putzplatz, Wendeplatz) vorgegeben?

In der Software werden POIs hinterlegt; derzeit wird am Tag davor auf der Baustelle kommuniziert wie die Zu- u. Abfahrt zur/von der Baustelle zu erfolgen hat; alleine durch das Eingeben in das Programm wird man nicht das Auslangen finden; es wird sich auch zukünftig nicht ändern, dass man einige Tage im Vorfeld das Einbauprogramm mit dem Einbaupolier durchbespricht

Arbeitsvorbereitung

8. Hat sich die Arbeitsvorbereitung durch die Einführung des hiQ-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie Arbeitsvorbereitung vor und nach der Einführung des hiQ-Systems)

Antwort (08:49): wurde bereits in Frage 7 ausführlich beantwortet

- a. Wohin hat sich der Arbeitsaufwand verschoben. Warum?

Transportlogistik

9. Verlassen Sie sich zu 100% auf die Vorgaben von hiQ hinsichtlich Lkw-Anzahl, prognostizierte Einbauzeit bzw. Einbauleistung oder rechnen Sie noch betriebsinterne Faktoren ein?

Antwort (09:02): „Man hat glaube ich gesehen, dass man sich nicht auf die Werte verlassen kann die das Programm ausspuckt, dadurch greift man auf altbewährtes zurück.“

10. Werden Zufahrts- und Abfahrtswege bzw. Baustelleneinfahrten und -ausfahrten vorgegeben?

Antwort (09:36): wurde bereits in Frage 7d ausführlich beantwortet

11. Wie wird zwischen den Projektbeteiligten kommuniziert?

Antwort (09:45):

- a. Mischanlage und Fertiger?

Selbst beantwortet: es wird per Telefon kommuniziert und nicht die App verwendet; beruht auch auf dem Hintergrund, dass mit der App nur die Zielmenge korrigiert werden kann und keine Chat Funktion implementiert ist; außerdem lehnt die Mischanlage das neue System kategorisch ab – wird auf keinem Endgerät abgerufen, somit ist die Möglichkeit der Kommunikation über das System von vorne herein ausgeschlossen

- b. Werden die Lkws auch in die Kommunikation während des Bauprozesses eingebunden (z.B: durch die Möglichkeit von Kurznachrichten zwischen dem ausführenden Personal und Bauleitung)?

Selbst beantwortet: die Lkws sind nicht mit Smartphones oder Tablets ausgestattet worden

Asphalteinbau

12. Nützen Sie aktiv die Möglichkeit den Einbauprozess online einzusehen oder sind für Sie nur Eckdaten von Bedeutung?

Antwort (10:37): der Bauleiter hat aus Zeitgründen dem System während der Testtage keine Beachtung schenken können; der Bautechniker hat die Möglichkeit genutzt um während des Einbaus über die aktuellen Vorgänge auf der Baustelle informiert zu sein; auch zukünftig interessant Live-Daten zu haben, weil man nicht ständig auf der Baustelle anrufen oder extra hinfahren muss; Vorteil bei großer räumlicher Trennung, dass zu jedem Zeitpunkt wesentliche Daten abgerufen werden können, ohne einen Anruf tätigen zu müssen; interessant für die weitere Planung am

nächsten Tag „wo stehe ich“; man muss weniger telefonieren und man hat die Daten und Fakten vorliegen

Asphaltfertiger

13. Werden Daten vom Asphaltfertiger abgerufen? (z.B. Asphalteinbautemperatur, Telematikdaten etc.)

Antwort (11:52): nein, derzeit nicht

Verdichtung

14. Gibt es eine flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle bzw. ist diese in einer Form angedacht?

Antwort (12:16): bei den Großwalzen werden über einen sogenannten „Asphalt-Manager“ Aufzeichnungen gemacht (eine Walze – 151); Einbaukontrolle erfolgt über die Isotopsonde (Troxler-sonde) des Bautechniklabors; stichprobenartige Kontrolle und Rückmeldung des Laboranten an den Walzenfahrer

Nachbereitung

15. Welche Rückmeldungen von der Baustelle gehen zum Bauleiter, Baukaufmann, Kalkulant?

Antwort (13:24):

a. Welche Auswertungen sind für Sie entscheidend?

Wünschenswert wäre die Einbauleistung über das gesamte Baulos bzw. über die einzelnen Schichten; um dezidierte Leistungsansätze für ein bestimmtes Material bei einer gewissen Schichtdicke auf der Autobahn zu erhalten; es gibt viele Daten und man kann sich sehr viel damit „spielen“; es stellt sich die Frage wo der Nutzen endet und wo die Spielerei beginnt; gute Dokumentation bei einer Linienbaustelle, welche im Falle einer Störung dem Bauherrn vorlegt werden kann, wenn Klärungsbedarf herrscht; Problematik mit häufigem Ortswechsel und damit entstandenen Mehrkosten bei dem aktuellen Projekt sehr gut dokumentiert; allerdings gibt es dazu keine vertragliche Regelung, daher nicht relevant

An die kaufmännische Abteilung gehen nur „Zahlen“ weiter

b. Welche Schlüsse werden unmittelbar daraus gezogen?

kurzfristige Reaktionen werden ermöglicht (Fehlersuche und Fehlerbehebung vereinfacht) z.B. liegt es an der Mischanlage, Frächtern, Lkw-Anzahl

c. Welche Schlüsse werden langfristig daraus gezogen? Zeichnen sich bereits erste Tendenzen ab?

Aussagekraft für den Bauzeitplan, Prognose über den Projekterfolg bei längeren Projekten (frühzeitiges Erkennen von Missständen)

Größter Wert wäre, wenn man Projekte in Gruppen einteilen könnte

(Autobahnen, Landstraßen) und daraus neue Kalkulationsansätze ziehen könnte – Rückfluss in die Kalkulation

16. Werden sämtliche Lieferscheine digital abgebildet oder gibt es an Stellen des Prozesses noch Lieferscheine in Papierform und somit mögliche Fehlerquellen oder Ineffizienzen.

Antwort (17:59): abgesammelte Lieferscheine von der Baustelle kommen in die kaufmännische Abteilung; dort werden sie mit den Eingangsrechnungen der Mischanlage abgeglichen; jeder Lieferschein wird dahingehend überprüft, dass die Tonnage mit der Rechnung übereinstimmt (Sammelausdruck der Lieferscheine von der Mischanlage wird zu Hilfe genommen); es ist zu überlegen, ob nicht zukünftig alle Lieferscheine digital gehandhabt werden soll: Polier müsste die Lieferscheine nicht mehr einsammeln; mögliche Fehlerquelle könnte ausgemerzt werden (verlieren, vertippen); Auswertungen können verfälscht werden, da Tippfehler niemals ausgeschlossen werden können; Input: alles was einmal ausdruckt wurde lag/liegt irgendwo in digitaler Form vor; jedes Mal wenn eine solche Information erneut abgetippt wird besteht die Gefahr von Fehlern und ist zudem wahnsinnig ineffizient

17. Wird das Thema Wirtschaftlichkeit bei der Anwendung des hiQ-Systems großgeschrieben oder stehen für Sie die Arbeitserleichterung bzw. die verbesserte Dokumentation im Vordergrund.

Antwort (19:51): in Zukunft muss beides das Ziel sein, in Zukunft wird für Auftraggeber wie ASFINAG und Co die Dokumentation an Wichtigkeit gewinnen; Wirtschaftlichkeit ist ein ständiger Begleiter um Geld zu verdienen

- a. Können Sie Kosteneinsparungen aufgrund des verringerten Verwaltungsaufwandes im Nachgang feststellen?

Ja sicher, bei der passenden Baustelle. Wie oft braucht man ein solches System? Darauf basierend muss entschieden werden ob das System hilfreich ist oder nicht. Wird das System nur sehr unregelmäßig verwendet, ist jede erneute Verwendung mit einer Einlernphase verbunden, wodurch die Zeitersparnis zunichtegemacht wird. Laut dem Bauleiter ist das System in derzeitiger Form nur für Projekte anwendbar, an denen mindestens drei Tage lang gearbeitet wird.

- b. Wenn ja, in welcher Form wird die verbesserte Dokumentation des Einbauprozesses genutzt bzw. weitergegeben.

Eine Erleichterung mit Sicherheit für die gesamte Projektdokumentation; Einbauqualität soll auch verbessert werden und dafür ist es sehr hilfreich, wenn die Einbaupartien sehen, wann der nächste Lkw voraussichtlich auch der Baustelle eintreffen wird

Zusätzliche Aussagen:

Projektbetreuer: auch kleine Projekte müssen in irgendeiner Form geplant werden. Man könnte eine Software für die Termin- und Ressourcenplanung verwenden indem nur Eckdaten des jeweiligen Projekts eingegeben werden müssen. Kleine Projekte werden in dieser einfachen Form belassen, größere Projekte werden in einer detaillierteren Form durchgeplant.

Derzeit findet innerhalb der Bauleiterschaft im Baugebiet Gänserndorf gerade die Umstellung von einer Termin- und Ressourcenplanung von MS Excel auf MS Project statt, eine weitere Umstellung wäre derzeit nicht zumutbar. Zu Bedenken ist, dass eine Ressourcenplanung für Asphaltbaustellen wieder nur eine Einzellösung wäre, tatsächlich spielen oftmals andere Gewerke wie z.B. Kanalarbeiten etc. auch eine Rolle. Im MS Project können alle verschiedenen Parteien abgebildet werden.

Anhang 4 – Interview leitendes Baustellenpersonal (hiQ) – B45 (Ö)

Anhang 4

Fragestellungen an das leitende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Was war der Auslöser für die Einführung des hiQ-Systems zur Prozessoptimierung im Asphaltteinbau?
Antwort (00:10): Bieterkriterium, bei der Ausschreibung des Bauvorhabens Umfahrung Laa an der Thaya/Süd von der niederösterreichischen Landesregierung; Bieterkriterium hätte bei Nichterfüllung einen Abzug von mindestens €16.000 bedeutet; zeitgleich wurden von der PORR-Zentrale erste Anstrengungen in Richtung digital unterstütztem Asphaltteinbau unternommen (zufällige zeitliche Überschneidung mit der hiQ-Testphase der Niederlassung Gänserndorf)

2. In welcher Form wurden die Prozessbeteiligten (Bauleiter, Polier, Mischwerk, Logistik, Fertigerpartie) auf die Einführung des neuen Systems vorbereitet?
Antwort (02:17): Schulung mit der Fa. hiQ auf Bauleiterebene vor der Durchführung der Asphaltierungsarbeiten (Dauer: etwas mehr als ein halber Tag ca. 08:00-14:00 Uhr); Unterstützung durch den Projektbetreuer während der Durchführung der Asphaltierungsarbeiten; auf der Mischanlage waren nur sehr wenige Vorbereitungen zu treffen, da eine automatische Schnittstelle zwischen Hersteller Wiegesoftware und Fa. hiQ eingerichtet wurde; Schulung durch hiQ beschränkte sich auf eine Präsentation der Planungssoftware, der Rest war Learning by Doing.

3. Herrscht bereits ein Prozessdenken oder sehen Ihre Mitarbeiter die Einführung des hiQ-Systems nur als Anweisung von oben herab?
Antwort (04:16): Akzeptanz hängt sehr stark von den Fertigerpartien ab (die Partie aus Gänserndorf nimmt das System besser an als die Partie aus Krems); Komplette Ablehnung erfährt man meist von den Lkw-Fahrern – trotz Aufklärung am ersten Tag, besteht die Angst, dass sie überwacht werden; Lkw-Fahrer wurden in weiterer Folge nicht mehr mit mobilen Geräten ausgestattet; eine Fülle von Ausreden, warum ein Smartphone im Lkw nicht geladen werden konnte wurde präsentiert; allgemein wird von den Lkw-Fahrern versucht, das neue System zu umgehen (ausschalten, in Alufolie wickeln etc.); generell ist es logistisch eine große Herausforderung alle Lkws mit Endgeräten auszustatten, da sich die Fahrer oder Frächter oftmals täglich ändern (Thema Ausfassung und Rückgabe der Endgeräte)
 - a. Wie funktioniert die Weisungskette um alle Prozessbeteiligten zur ordnungsgemäßen Bedienung des Systems anzuleiten?
 Im eigenen Unternehmen ist die Weisungskette kein Problem; um die Lkw-Lenker mit an Bord zu holen, müssten die Frächter vertraglich zur Nutzung des digitalen Systems verpflichtet werden; Frächter wurden beim aktuellen Bauvorhaben vorab über die Verwendung des hiQ-Systems informiert; bei der Ausgabe der Smartphones (bei erster Fuhre aus der Mischanlage) wurden die Lenker zudem dezidiert darauf hingewiesen, dass diese Maßnahme aufgrund eines Ausschreibungskriteriums der NÖ Landesregierung vollzogen wird und nicht aus Gründen der Überwachung – ist auf kein Verständnis getroffen („war schade um die Zeit“)

4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen?

Antwort (07:45): Zugang zur Planungssoftware über Laptop (Bauleiter); auf der Baustelle über Tablet am Fertiger (Einbaupartie); Smartphones (Lkws) nach den anfänglichen Problemen nicht mehr im Einsatz

5. In welcher Form erfolgt die Weiterleitung von Informationen an Gruppen- bzw. Bereichsleitung? Welche Informationen werden weitergeleitet?

Antwort (08:36): im konkreten Fall nicht angedacht; in spezieller Form jedoch schon, da der Projektbetreuer am 1. Dezember 2017 vor dem Vorstand eine Präsentation über die Erfahrungen und Möglichkeiten der digitalen Systeme halten wird; derzeit hat noch niemand Interesse an den Daten gezeigt (ausgenommen AG)

6. Gibt es auf der Baustelle Probleme beim Funknetzempfang bzw. beim Empfang von mobilen Daten? Wenn ja, wie wurden diese gehandhabt?

Antwort (10:32): keine Empfangsprobleme in Laa an der Thaya, vermutlich sehr stark von der regionalen Netzqualität abhängig

- a. Welches Datenvolumen ist je Endgerät vorgesehen?

Keine Informationen darüber

- b. Gibt es Probleme mit der Überschreitung des Datenvolumens?

Berichte über missbräuchliche Verwendung des Datenvolumens bekannt (zum Fernsehen beispielsweise); wäre relativ einfach zu beheben, indem gewisse Anwendungen oder Inhalte einfach gesperrt werden

Projektplanung

7. Hat sich der Planungsprozess durch die Einführung des hiQ-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie den Planungsprozess vor und nach der Einführung des hiQ-Systems)

Antwort (11:54):

- a. Wohin hat sich der Planungsaufwand verschoben? Warum?

Planungsaufwand hat sich durch das hiQ-System etwas erhöht, weil sie sich nicht mehr nur auf die Ermittlung der Lkw-Anzahl über die Umlaufzeit beschränkt; zusätzlich muss die Trasse eingegeben werden; bei erstmaligen Verwendung müssen außerdem die Stammdaten (Geräte, Mannschaften) eingepflegt und zugewiesen werden; manches hat im Programm am Anfang nicht funktioniert, manches auch zum Schluss noch nicht (POIs: Route der Hinfahrt konnte bestimmt werden, die Rückfahrt allerdings nicht – wurde vom System vorgegeben) Verschiedene Schichten mussten in extra Projekten geplant werden, da sonst die zeitliche Abfolge nicht bestimmt werden konnte (hiQ geht davon aus, dass zuerst die gesamte Tragschicht, danach die gesamte Binderschicht und zum Schluss die gesamte Deckschicht eingebaut wird – entspricht allerdings oft nicht der Realität) Mehrtagesprojekte sind laut dem Projektbetreuer generell mit Problemen behaftet (konkret Absetzen am Tagesende und erneutes Ansetzen am nächsten Morgen)

Planungsaufwand wird enorm erhöht, wenn für jede Schicht ein extra Projekt angelegt werden muss – geht am Sinn einer gesamten Planung vorbei, wenn am Ende erst wieder nur Fragmente geplant werden
 Stationen (Formel 23) konnten nicht flexibel eingegeben werden, um später in beliebiger Reihenfolge abgearbeitet zu werden – es ist nicht möglich eine Station herauszupicken und diese dann separat in Ausführung zu bringen;
 Brutal ausgedrückt für eine schnurgerade Strecke ist das System geeignet, für andere Projekte ist das System zu unflexibel
 bei Erstanwendung sehr hoher Planungsaufwand; für Folgeprojekte wird sich der Aufwand verringern, da alle Stammdaten bereits eingepflegt sind

b. Wie detailliert wird die Planung vorgenommen?

Sehr detailliert inkl. jeder Verbreiterung und Verschmälerung; alle Geräte und Ressourcen wurden erfasst; Zu-, Abfahrten je Abschnitt; Bereiche wo bereits Asphalt liegt wurden eingepflegt

c. Werden Umsetzzeiten, Pausen etc. in der Planung berücksichtigt?

Umsetzzeiten wurden zu Beginn global definiert; durch die Eingabe der Stationen (noch zu asphaltieren/bereits asphaltiert) ergeben sich die Umsetzungsvorgänge automatisch durch die Software; Fertigerpausen wurden nicht vorgesehen; Fertigerpausen führen sich ad absurdum, wenn man bedenkt, dass ein kontinuierlicher Einbau vorgeschrieben ist - somit ist eine Mittagspause eigentlich nicht möglich

d. Werden detaillierte Routenplanungen inkl. POIs (z.B. Baustellenein- bzw. ausfahrten, Putzplatz, Wendepplatz) vorgegeben?

Es wurden mehrere Einbaubereiche definiert und für jeden Bereich je ein POI für die Einfahrt und Ausfahrt vorgesehen; Putzplatz wurde nicht definiert; Wendepplatz wurde auch nicht gesetzt – hat sich durch die Baustelleneinfahrt bzw. –ausfahrt ergeben
 Eingabe der POIs war mit einem sehr hohen Aufwand verbunden (Routenzuordnung für einzelne Bereiche etc.)
 Für die Lkw-Lenker wurden zusätzlich Handouts mit einer exakten Routenbeschreibung inkl. Fotos ausgegeben, da viele noch nie in der Region tätig waren; außerdem wurde in Laa an der Thaya eine extra Beschilderung für die Baustellenzufahrten (4 Zufahrten) aufgestellt – dieser Aufwand entspricht der normalen Vorgehensweise (sinnlose Umwege kosten mehr Geld)

Arbeitsvorbereitung

8. Hat sich die Arbeitsvorbereitung durch die Einführung des hiQ-Systems verändert? Wenn ja, inwiefern? (Beschreiben Sie Arbeitsvorbereitung vor und nach der Einführung des hiQ-Systems)

Antwort (20:35): bereits in Frage 7 beantwortet

- a. Wohin hat sich der Arbeitsaufwand verschoben. Warum?

Transportlogistik

9. Verlassen Sie sich zu 100% auf die Vorgaben von hiQ hinsichtlich Lkw-Anzahl, prognostizierte Einbauzeit bzw. Einbauleistung oder rechnen Sie noch betriebsinterne Faktoren ein?

Antwort (21:06): Bauleiter hat sich nicht auf die prognostizierte Lkw-Anzahl verlassen; je nach Eingabe wurden bis zu 22 Lkws vom System vorgeschlagen, wobei manche Fahrzeuge laut dieser Planung nur einen Umlauf zu absolvieren gehabt hätten (aufgrund der globalen Einstellungen); gewählt wurden dann 12-14 Lkws, an den letzten beiden Tagen (Tragschicht) wurde auf 16 Lkws erhöht; System wurde auf die gewünschte Zahl hin getrimmt – falsche Vorgehensweise; Einsatzzeitüberschreitung wurde vom System prognostiziert und ist tatsächlich auch eingetreten (Vorlenkzeiten wurden nicht berücksichtigt)

10. Werden Zufahrts- und Abfahrtswege bzw. Baustelleneinfahrten und -ausfahrten vorgegeben?

Antwort (24:16): bereits in Frage 7 beantwortet

11. Wie wird zwischen den Projektbeteiligten kommuniziert?

Antwort (24:27):

- a. Mischanlage und Fertiger?

Per Telefon (laufende Telefonate zwischen Mischmeister und Fertigerfahrer) und nicht per App; Material wird vorbestellt durch den Bauleiter – Details über etwaige Änderungen werden dann auf direktem Wege kommuniziert
Kommunikation per App nicht möglich: zum einen verwehrt sich die Mischanlage gegen das System (läuft zwar im Hintergrund, schaut aber nicht rein); zum anderen können keine Nachrichten über die App versendet werden; es gibt kein „Mischanlagen-Cockpit“

- b. Werden die Lkws auch in die Kommunikation während des Bauprozesses eingebunden (z.B: durch die Möglichkeit von Kurznachrichten zwischen dem ausführenden Personal und Bauleitung)?

Lkws wurden nur zu Beginn mit Smartphones ausgestattet – konstruktive Zusammenarbeit in Verbindung mit dem System war nicht möglich
Jedoch wurde auf klassischem Wege - per Telefon - über je einen Vertreter der fünf Frächter zwischen den Lkw-Lenkern und der Einbaupartie kommuniziert

Asphalteinbau

12. Nützen Sie aktiv die Möglichkeit den Einbauprozess online einzusehen oder sind für Sie nur Eckdaten von Bedeutung?

Antwort (27:29): vor Ort war es schon sehr interessant zu sehen wie das ganze Programm funktioniert (eingebaute Menge, Zulauf, gemischte Menge); ansonsten sind hauptsächlich die Eckdaten von Bedeutung (tatsächlich eingebaute Menge am Ende des Tages – wichtigste Kennzahl)

Asphaltfertiger

13. Werden Daten vom Asphaltfertiger abgerufen? (z.B. Asphalteinbautemperatur, Telematikdaten etc.)

Antwort (28:48): es werden keine Daten vom Fertiger abgerufen

Verdichtung

14. Gibt es eine flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle bzw. ist diese in einer Form angedacht?

Antwort (29:11): es war eine Walze mit GPS und dynamischer Verdichtungskontrolle ausgerüstet auf der Baustelle; Daten hinsichtlich der Verdichtung wurden aufgezeichnet, weil dies ein Bieterkriterium in der Ausschreibung war; nachdem nur eine von fünf Walzen mit dem System ausgestattet war handelt es sich dabei um eine reine Augenauswischerei, um den Auftraggeber zu befriedigen; zu wenige entsprechende Walzen im Konzern vorhanden; Kommunikation zwischen den Walzen ist folglich auch nicht möglich; sinnvoll ist FDVK auf alle Fälle – Walzenüberfahrten, Verdichtung (farbliche Darstellung) und Temperatur können ausgelesen werden – wenn das System vollumfänglich eingesetzt wird; für Qualitätsverbesserung/Qualitätssicherung ist FDVK auf alle Fälle gut; Anwenderfreundlichkeit muss noch verbessert werden (BOMAG – Datenverlust bei falschem Ausstieg aus dem System; Projekt muss in relativ viele, kleine Abschnitte unterteilt werden für die Anwendung der FDVK); Einschub Projektbetreuer: evtl. sind bereits bessere Systeme auf dem Markt; Walzen verschiedener Hersteller müssen kommunizieren können; Einschulung der Walzenfahrer erforderlich

Nachbereitung

15. Welche Rückmeldungen von der Baustelle gehen zum Bauleiter, Baukaufmann, Kalkulant?

Antwort (35:47):

- a. Welche Auswertungen sind für Sie entscheidend?

Tagesmengen, Mengen je Schichte im Durchschnitt (pro Tragschicht, Binderschicht und Deckschicht) um zu prüfen, ob die Werte aus der Kalkulation erreicht wurden oder nicht; Mehr- oder Minderverbrauch konnte auch festgestellt werden;

- b. Welche Schlüsse werden unmittelbar daraus gezogen?

Kurzfristige Reaktion für den Folgetag bzw. die Folgetage; an der Linie konnte erkannt werden, dass es einen Mehrverbrauch gibt; direkter Schluss: Anweisung an die neue Partie nicht zu breit zu asphaltieren

- c. Welche Schlüsse werden langfristig daraus gezogen? Zeichnen sich bereits erste Tendenzen ab?

Ist der Meinung, dass digitale Systeme, zumindest bei großen Projekten, zum Standard werden; Eigeninteresse an guter Dokumentation der Qualität und des Einbaus selbst; Auftraggeber fordern zusehends mehr Daten – Nachfrage kann befriedigt werden

16. Werden sämtliche Lieferscheine digital abgebildet oder gibt es an Stellen des Prozesses noch Lieferscheine in Papierform und somit mögliche Fehlerquellen oder Ineffizienzen.

Antwort (44:44): Lieferscheine werden derzeit in Papierform mit den Rechnungen mitgeschickt – vorstellbar das in digitaler Form abzuwickeln; wenn die Rechnung, wie derzeit üblich, in Papierform versendet wird, kommen kiloweise Lieferscheine als Anlage mit; Lieferscheine auf der Rechnung werden in der kaufmännischen Abteilung, mit den Lieferscheinen die auf der Baustelle eingesammelt worden sind, abgeglichen; fehlen Lieferscheine müssen diese angefordert werden – Kontrolle mit sehr viel Aufwand verbunden;

Trotz der automatischen Schnittstelle beim Projekt Laa an der Thaya kam es zu Abweichungen zwischen der im System ausgewiesenen Menge und der Menge, welche den Lieferscheinen entnommen werden konnte;

17. Wird das Thema Wirtschaftlichkeit bei der Anwendung des hiQ-Systems großgeschrieben oder stehen für Sie die Arbeitserleichterung bzw. die verbesserte Dokumentation im Vordergrund.

Antwort (48:59): Mischform aus beiden Motivationen

- a. Können Sie Kosteneinsparungen aufgrund des verringerten Verwaltungsaufwandes im Nachgang feststellen?

Kosteneinsparung im Hinblick auf die Dokumentation, da keine Excel-Listen mehr befüllt werden müssen; es muss nicht mehr Lieferschein für Lieferschein eingegeben werden

Kosteneinsparung hinsichtlich der Rechnungslegung (siehe Frage 16) – „Papierkrieg“ etwas verringern

- b. Wenn ja, in welcher Form wird die verbesserte Dokumentation des Einbauprozesses genützt bzw. weitergegeben.

Dokumentation durch digitale Systeme und FDVK-Walzen wird mit Sicherheit gegenüber dem Ist-Stand verbessert; nachdem die Einbaudaten auch dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden müssen, finden sich auch weitere Verwendung

Zusätzliche Aussagen:

Wahrscheinlich ist das Bieterkriterium durch Lobbying in die Ausschreibung aufgenommen worden

Im Betondeckenbau checkt der Gruppenleiter des Öfteren wie der Einbau von statten geht, da die Baustellen oft sehr weit entfernt sind (mitunter auch in anderen Ländern) – somit bleibt er trotz räumlicher Trennung up to date.

Bestellung erfolgt schon im Vorfeld per E-Mail durch den Bauleiter

Fragestellung: Ab welcher Projektgröße macht es Sinn ein digitales System zur Prozessoptimierung einzusetzen. Tagesgeschäft vieler Parteien (Künette schließen, Gehsteig asphaltieren, Hauseinfahrt, Parkplatz etc.) lässt sich in der hiQ-Planungssoftware nur sehr

schwer darstellen. Ein Regelarbeitstag lässt sich im kommunalen Flächengeschäft generell nur sehr schwer planen.

Vision (Projektbetreuer): Kleinprojekte mit groben Randbedingungen (Menge, Ort etc.) erstellen um den Terminplan/die Ressourcenplanung möglicherweise zu ersetzen. Software kann dazu verwendet werden ein Bautagebuch für die Ablage zu führen.

Der Bauleiter wickelt nur größere Projekte ab; er gibt die Anzahl der Großgeräte bereits im Vorfeld vor um zum einen die Leistung zu steuern und zum anderen sinnlose Kosten zu vermeiden – lässt sich auch auf andere Baubereiche ummünzen (Hintergrund: Der Bauleiter ist meist mit dem Bau von Fundamenten von Windkraftanlagen beschäftigt)

Potential: Lieferscheine könnten zukünftig, nach dem Vorbild der Paketdienste, digital auf der Baustelle unterschrieben werden; Kontrolle kann durch eine Software übernommen werden und es müsste nur mehr Fehlermeldungen gesondert nachgegangen werden; Hinterlegung der GPS-Daten auf dem Lieferschein; die Verknüpfung zwischen dem baubetrieblichen und dem kaufmännischen Part muss hergestellt werden; Voraussetzung ist ein digitaler Lieferschein, welcher von einer automatischen Schnittstelle auf der Mischanlage erzeugt wird, damit ein ganzheitlicher Prozess entstehen kann

Anmerkung: keine hundertprozentige Überzeugung für das Programm; weil man sich aufgrund der Fehler nicht auf das Programm verlassen mag oder kann; Planung ist sehr aufwändig und zudem fehleranfällig (z.B. Ermittlung der Lkw-Anzahl); Vertrauen ist sofort weg, wenn die Planung beim ersten Mal nicht funktioniert; Schwächen in der Software wurden lokalisiert – Ansätze diese Schwächen zu umgehen wurden gefunden – die fehlerhafte Software ist aber in jedem Fall verbesserungswürdig

Anhang 5 – Interview ausführendes Baustellenpersonal (BPO) – A44/A46 (D)

Anhang 5

Fragestellungen an das ausführende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Wie funktioniert die Handhabung der Mobilgeräte im Arbeitsalltag?

Antwort (00:10):

- a. Stromversorgung (Akku, Stromnetz des Fertigers, Powerbank, Zwischenladung)

Bereits im Interview „leitendes Personal“ abgedeckt; Stromversorgung am für Tablets am Fertiger unerlässlich bzw. praktischer; derzeit verwendete Powerbanks sind nicht stark genug; der Einweiser auf der Baustelle (Erfassung Baustellenankunft) kann an den Lichtmasten bzw. im Auto stationär aufladen

- b. In wessen Zuständigkeit fallen die jeweiligen Geräte?

Der Einbaumeister kümmert sich um die Tablets; er gibt das Equipment zu Beginn aus und sammelt es am Ende des Einbautages wieder ein; kümmert sich auch um die Ladung der Geräte; denkbar, dass im Falle einer Tagschicht die Geräte am Tagesende im Baubüro abgegeben bzw. zum Laden gegeben werden; aktuell wird das aufgrund der Nachtschicht im Hotel erledigt – je nach Gegebenheiten situationselastisch; im aktuellen Fall wurden Geräte nur an Oevermann Mitarbeiter ausgegeben, daher gibt es keine Problematik; sollten zukünftig Geräte auch an Fremdfirmen ausgegeben werden, müssen diese vertraglich dazu verpflichtet werden und die Nutzer die Übernahme bestätigen

2. Sehen Sie sich mit Ihrem Team als Teil des Gesamtprozesses und folgen den Systemanweisungen oder vertrauen Sie auf Ihre Erfahrungswerte?

- a. Fühlen Sie sich durch die neuen Maßnahmen auf dem Weg zum „gläsernen Mitarbeiter“, weil die Überwachung stetig zunimmt?
 b. Mit welchen Vorteilen/Nachteilen sehen Sie sich durch die neue Technologie konfrontiert?

3. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen.

Transportlogistik

4. Auf welchem Weg bestellen Sie Mischgut vom Mischwerk ein? (Telefonisch? App? Mail?)

Antwort (02:11; telefonisch)

- a. Zu welchem Zeitpunkt bestellen Sie Mischgut? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)

Wochenbestellung (am Freitag wird für die kommende Woche bestellt, damit die Mischanlage entsprechend Bitumen (2 Tage Vorlaufzeit) und Splitte ordern kann); Tagesbestellung erfolgt am Vorabend des Einbautages; einerseits werden im BPO-System die Tonnagen genau erfasst, andererseits werden dennoch telefonische Absprachen mit der Mischanlage getätigt (kann sich nach der Testphase, mit zunehmendem Vertrauen in das System, ändern)

- b. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbaustart?
 Wenn sich der Einbaumeister nicht telefonisch bei der Mischanlage meldet, geht diese davon aus, dass der Einbau wie geplant stattfindet (lt. Vereinbarung mit der Mischanlage); die App wird ca. 1h vor Einbaustart gestartet, dann sollte – wenn alles gut läuft – bereits ein Zulauf vorhanden sein; ist dies nicht der Fall, wird telefonisch Rücksprache gehalten (Vorteil: man telefoniert nur mehr, sollte ein Fehler auftreten)
- c. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk während des Einbaus?
 Immer wieder telefonisch; zusätzlich wird aber auch die App eingesehen
- d. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbauende?
 Entweder über eine Tonnage oder eine Uhrzeit (wann kommt der letzte Lkw auf die Baustelle) – beides wird telefonisch kommuniziert

5. Wird die Möglichkeit der Kommunikation mit den Lkws genutzt bzw. machen Sie von der Kartenansicht der Lkws Gebrauch?

Antwort (04:47):

- a. Stimmen die prognostizierten Ankunftszeiten der Lkws mit den tatsächlichen Ankunftszeiten überein?
 Routen- u. verkehrsabhängig; es gab eine Vollsperrung die Woche zuvor, aufgrund der zu hohen Lkw-Anzahl bekam das die Baustelle allerdings nicht zu spüren (sehr großer Puffer in Form von Lkws vorhanden); bei genauer Lkw-Anzahl lt. BPO wäre es zu Verzögerungen gekommen – gegen höhere Gewalten ist kein Kraut gewachsen
6. Inwiefern besteht die Möglichkeit von der Baustelle aus ins tagesaktuelle Baugeschehen einzugreifen?
 a. Gibt es die Möglichkeit die Zielmenge zu korrigieren?
7. Wie wird ein halbvoller Lkw im System beim Umsetzen gehandhabt?

Asphalteinbau

8. Wie viele Personen umfasst eine Einbaupartie? Hat sich diese Anzahl durch den Einsatz des BPO-Systems verändert?

Antwort (07:12): 1 Fertigerfahrer, 2 Leute an der Bohle

Summa summarum für 2 Fertiger: 6 Leute auf den Fertigern, 8 Walzenfahrer, 2 Einweiser (1 Mann beim Beschicker, 1 Mann der die Lkws auffädelt und Baustellenankunft eintippt im System) + Polier + Einbaumeister; Bedienung des Systems schon recht personalaufwändig, aber für einen reibungslosen Ablauf absolut notwendig, vor allen Dingen bei so großen Massen; die Woche zuvor gab es noch einen Einweiser mehr (1 Mann für die Baustellenankunft, 1 Mann für das Auffädeln); bei kleineren Maßnahmen sind keine oder weniger Einweiser notwendig; durch die Einführung von BPO sind jetzt bis zu 2 Personen mehr auf der Baustelle beschäftigt (1 Mann an der Baustelleneinfahrt, 1 Mann am zum Entladen am Beschicker); Kostenfaktor; bei kleineren Baustellen übernehmen die Bohlenmänner das Einweisen der Lkws oder es wird (momentan) schlichtweg ohne BPO eingebaut

9. Hat sich der Arbeitsaufwand für die einzelnen am Prozess beteiligten Personen verändert? Wenn ja, für wen und in welchem Umfang?

Antwort (10:08): kein Mehraufwand für die ohnehin am Einbauprozess beteiligten Personen, da die Bediener des BPO-Systems zusätzlich eingesetzt werden

10. Wer nimmt eingehende Mischgutlieferungen an?

Antwort (11:01): Einweiser am Beschicker

- a. Was passiert bei Nicht-Annahme einer Lieferung?

Vergessener Sattel bleibt dann solange in Warteschleife, bis jemandem auffällt, dass der Lkw noch nicht entladen wurde; betreffender Lkw wird dann schnell abgefertigt, allerdings können die Zeitstempel nachträglich nicht mehr verändert werden; für die betreffenden Runden stimmen dann die Rundenzeiten nicht mit der Realität überein; BPO zeigt durch blinken des entsprechenden Lkws an, dass dieser sich bereits seit 1h wartend auf der Baustelle befindet

Der Mischanlage würde ein Fehler spätestens auch dann auffallen, wenn ein Lkw bereits wieder zu beladen ist, jedoch noch nicht im System aufscheint (da er noch nicht entladen wurde)

Sollte ein Lkw tatsächlich nicht eingebaut werden (falsches Mischgut, zu kalt etc.) so gibt es eine Option um dem Lkw zu stornieren

Oberbauleiter hat mitbekommen, dass aufgrund der zu hohen Lkw Anzahl bereits mehr als 10 Lkw eine Wartezeit von > 1h aufwiesen – Nachfrage

11. Wann wird der Asphaltinbauprozess gestartet?

Antwort (14:00): wenn man im BPO-System sieht, dass die nächsten Lkws bereits im Zulauf sind, dann wird begonnen; verfügt man nicht über diese Information wird gewartet, bis sich 5-6 Fahrzeuge vor dem Fertiger befinden; beginnt man nicht pünktlich mit dem Einbau oder erst dann, wenn sich ein Rudel an Lkws gebildet hat, dann bringt man das System von Beginn an aus dem Gleichgewicht; wenn die Planung stimmt (scharf gerechnet) dann holt man diesen Rückstand über die gesamte Einbaudauer auch nicht mehr herein; Aufholen eines Rückstandes ist bei der Tragschicht eher möglich als bei der Deckschicht; Rüsten/Vorbereitungen für den Einbau beginnen ca. 1h vorher; wenn Markierungsarbeiten anstehen noch früher, ansonsten benötigt die Bohle ca. 1h um auf Betriebstemperatur zu kommen; alle Geräte in Position bringen; Telefonate sind durch den Einsatz von BPO weniger geworden, da man keine Rücksprache mehr über den Zulauf halten muss

- a. Wenn bereits mehrere Lkws in Schlange (Rudelbildung) stehen?

Ohne BPO-System

- b. Wenn sich ausreichend Lkws im Zulauf befinden um einen kontinuierlichen Betrieb aufrecht erhalten zu können?

Mit BPO-System

12. Wie lautet das Prozedere beim kontrollierten Einbauende?

- a. Wer bestellt wie die notwendige Restmenge an Mischgut?

Asphaltfertiger**13. Wie funktioniert die Handhabung des mobilen Endgerätes?**

- a. Stromversorgung
- b. Ist die App intuitiv zu bedienen?
- c. Muss das Gerät täglich auf- und abgebaut werden?

14. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?

Antwort (17:44): es wird schneller gefahren um wieder Ordnung in den Ablauf zu bekommen; der Partie ist bewusst, dass das nicht optimal ist, da ein kontinuierlicher Einbau das erklärte Ziel ist; Walzen müssen auch bei höherer Geschwindigkeit die Verdichtung gewährleisten können; im schlimmsten Fall mit der Mischanlage sprechen um die Mischleistung zu drosseln (telefonisch)

15. Reagieren Sie auf einen verminderten Zulauf oder fahren Sie mit gleichbleibendem Tempo bis das Material im Kübel aufgebraucht ist?

Antwort (19:58): Bei zu geringem Zulauf von der Mischanlage wird erwartet, dass die Mischanlage diesen Umstand umgehend an die Baustelle weitermeldet (Störungsmeldung); erste Maßnahme: Einbaugeschwindigkeit wird gedrosselt; bei größerer Störung: Abbruch inkl. Erstellung einer Tagesnaht; System verringert das Einbautempo bei fehlendem Zulauf
bei kleiner Störung wird aktuell die Geschwindigkeit gedrosselt (nach telefonischer Rücksprache), bei größerer Störung wird die Geschwindigkeit beibehalten und die Bohle hochgehoben
Bei zu geringem Zulauf von der Mischanlage wird erwartet, dass die Mischanlage diesen Umstand umgehend an die Baustelle weitermeldet (Störungsmeldung); erste Maßnahme: Einbaugeschwindigkeit wird gedrosselt; bei größerer Störung: Abbruch inkl. Erstellung einer Tagesnaht; System verringert das Einbautempo bei fehlendem Zulauf.

Zusätzliche Aussagen:

Buchung einer Teilentladung ist möglich, es wird allerdings versucht nach Möglichkeit den sowohl den Lkw, als auch Beschicker und Fertiger leerzufahren; ansonsten muss das Material oft entsorgt werden (bei Umsetzung von > 1h, je nach Außentemperatur); alternativ versucht man die Lkws voll zu halten und die Geräte leer;
es wird nicht genau eingegeben welche Tonnage sich noch auf dem Lkw befindet, allerdings stellt man durch diese Vorgehensweise sicher, dass der teilentladene Lkw erneut angedockt werden kann

Endgeräte (iPads) werden täglich vom Fertiger abgenommen um aufgeladen (vom Einbaumeister) zu werden; auch Gefahr durch Witterung oder Diebstahl (mit einem iPad kann jeder was anfangen, mit einem Bedienelement eines Fertigers jedoch nicht); die Bedienelemente des Fertigers werden dort belassen, da auch unter Tags ständig auf der Baustelle gearbeitet wird und somit die Diebstahlgefahr minimiert ist

Alle wichtigen Informationen werden nach wie vor per Telefon mitgeteilt

Möglichkeit der Dokumentation in BPO (Bautagebuch) wird aktuell noch zu wenig verwendet

Der Mischanlage kann aufgrund von BPO einfach nachgewiesen werden, dass die Wartezeiten nicht von der Baustelle verschuldet wurden, sondern in der zu hohen Anzahl an Lkws begründet liegen

Prozessdenken – dank motiviertem Team (jeder weiß worum es geht, jeder ist informiert); großer Geldumsatz; der Oberbauleiter hat am ersten Tag vor dem Einbaubeginn eine Ansprache vor der Belegschaft gehalten; zu Beginn waren alle skeptisch ob 6000to tatsächlich klappen würden; am ersten Abend hat sich herausgestellt, dass es möglich ist – alle waren motiviert

Vor der Einführung des BPO-Systems waren 2500-3000to in einer Tagschicht (Verkehrslage/Mischanlage nur für einen Kunden/nur eine Mischgutsorte) möglich; Vergleich nicht zulässig; hoher Aufwand (Nachtarbeit, zusätzliche Leute zur Bedienung des Systems) ist nur bei sehr hohen Tonnagen gerechtfertigt, ansonsten würde sich das nicht rentieren

Anhang 6 – Interview ausführendes Baustellenpersonal (BPO) – S6 (Ö)

Anhang 6

Fragestellungen an das ausführende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Wie funktioniert die Handhabung der Mobilgeräte im Arbeitsalltag?

Antwort (00:13): sehr leicht zu handhaben – nichts anderes wie ein Handy (Smartphone)

- a. Stromversorgung (Akku, Stromnetz des Fertigers, Powerbank, Zwischenladung)

Bei einer Einsatzdauer von 9-11h keine Akkuausfälle – wenn der Bildschirm bei Nicht-Benützung ausgeschaltet wird; bei längerer Einsatzdauer eventuell problematisch; fix installierte Stromversorgung am Fertiger vorsehen

- b. In wessen Zuständigkeit fallen die jeweiligen Geräte?

Frage nicht gestellt – für die Testtage wurden die Geräte von dem Projektbetreuer bzw. dem Interviewer übernommen.

2. Sehen Sie sich mit Ihrem Team als Teil des Gesamtprozesses und folgen den Systemanweisungen oder vertrauen Sie auf Ihre Erfahrungswerte?

Antwort (01:08): die Erfahrungswerte sind gut, aber das System stellt eine Arbeitserleichterung dar; genaue Übersicht über den Zulauf zur Baustelle; Kommunikation mit der Mischanlage (Antworten auf folgende Fragen: Welche Menge wurde geliefert? Welche Menge ist bereits eingebaut? Welche Menge ist noch ausständig?)

- a. Fühlen Sie sich durch die neuen Maßnahmen auf dem Weg zum „gläsernen Mitarbeiter“, weil die Überwachung stetig zunimmt?

„Ich finde das nicht als Überwachung“; „Man kann ohnehin nicht mehr als arbeiten“; keine Angst davor – der Mensch kann nicht mehr als arbeiten und man macht das Beste daraus; das System ist ganz gut um die Lkws besser zu überwachen – anders kann das nicht bewerkstelligt werden

- b. Mit welchen Vorteilen/Nachteilen sehen Sie sich durch die neue Technologie konfrontiert?

Positiv: Übersicht (man ist ständig über alle Abläufe informiert), Lkw-Überwachung

Negativ: keine Nachteile vorstellbar „Ich selber als Mitarbeiter draußen sehe da keine Nachteile. ... Ich könnte mir keine vorstellen.“

3. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen.

Antwort (02:36): normalerweise Tablet-PC, aber auch über das Smartphone möglich (mit dem jeweiligen Zugangscode)

Transportlogistik

4. Auf welchem Weg bestellen Sie Mischgut vom Mischwerk ein? (Telefonisch? App? Mail?)

Antwort (03:07): Baustelle wird besichtigt und aufgrund dessen werden die Lkws bestellt; Monatsprogramm/Mischgutplan mit Mischmeister abgestimmt (im Hintergrund vom Büro ausgearbeitet); Bestellung erfolgt telefonisch; Ladezeiten werden von der Einbaupartie vorgegeben

- a. Zu welchem Zeitpunkt bestellen Sie Mischgut? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)

Aus eigener Erkenntnis erfolgt die endgültige Absprache immer am Tag vor dem tatsächlichen Einbau

- b. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbaustart?

Telefonische Kommunikation – gerade bei widrigen Umständen (Schlechtwetter etc.)

- c. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk während des Einbaus?

Klassisch erfolgt die Kommunikation während des Einbaus telefonisch; durchaus vorstellbar zukünftig weitestgehend auf Telefonate zu verzichten und die Kommunikation hauptsächlich über die BPO-App abzuwickeln

- d. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbauende?

Zum Einbauende hin nimmt die Kommunikation zu – klassisch telefonisch; durchaus vorstellbar zukünftig weitestgehend auf Telefonate zu verzichten und die Kommunikation hauptsächlich über die BPO-App abzuwickeln

5. Wird die Möglichkeit der Kommunikation mit den Lkws genutzt bzw. machen Sie von der Kartenansicht der Lkws Gebrauch?

Antwort (05:51): Kartenansicht wurde bei der Baustelle Lauslingbach genutzt – Ansicht ist super

Es gibt ein paar wenige Lkw-Fahrer mit denen aktuell telefonischer Kontakt gehalten wird; diese Stammpfahrer bringen Geräte von A nach B und sind von großer Bedeutung; diese Fahrer teilen wiederum die anderen Lenker ein (Respektsperson/Zugpferd)

- a. Stimmen die prognostizierten Ankunftszeiten der Lkws mit den tatsächlichen Ankunftszeiten überein?

Prognosezeiten stimmten in Lauslingbach im Großen und Ganzen mit der Realität überein

6. Inwiefern besteht die Möglichkeit von der Baustelle aus ins tagesaktuelle Baugeschehen einzugreifen?

Antwort (07:13): je früher der Einbaumeister die Restmenge eingibt, desto besser für die Mischanlage, da diese nicht abgestellt werden muss und zudem kontinuierlicher mischen kann; wenn der Mischmeister einen Überblick über den zeitlichen Ablauf

des Einbaus hat, muss er die Mischanlage gegebenenfalls nicht unter Vollast betreiben oder abstellen;
Veränderung der Taktung ist möglich (dynamische Anpassung bei zu hohen Abweichungen zwischen Soll und Ist)

- a. Gibt es die Möglichkeit die Zielmenge zu korrigieren?
Korrektur der Zielmenge ist jederzeit während des Einbaus möglich

7. Wie wird ein halbvoller Lkw im System beim Umsetzen gehandhabt?
Möglichkeit nicht bekannt; persönliche Einschätzung: Teilentladung ist möglich, wird aber in der Praxis nicht verwendet, da dies einen zu großen Aufwand darstellt und ohnehin nur einen Schätzwert darstellt - keine „Apothekerwissenschaft“

Asphalteinbau

8. Wie viele Personen umfasst eine Einbaupartie? Hat sich diese Anzahl durch den Einsatz des BPO-Systems verändert?

Antwort (09:25): 5-6 Personen (im Normalfall 5 Personen: 1 Fertigerfahrer, 1 Walzenfahrer, 2 Einsteller und 1 Helfer); die Bedienung Systems muss nebenbei erledigt werden

9. Hat sich der Arbeitsaufwand für die einzelnen am Prozess beteiligten Personen verändert? Wenn ja, für wen und in welchem Umfang?

Antwort (10:04): die wenigen zu erledigenden Eingaben am Tablet werden nicht als zusätzlicher Arbeitsaufwand empfunden; Einwand Hübler Manfred: im normalen Arbeitsablauf kein Mehraufwand, langfristig könnte aber durch zusätzliche Dokumentationsaufgaben (bildlich, schriftlich) ein Mehraufwand auf den Einbaumeister zukommen; andere Parteien verfügen grundsätzlich über eine Person mehr, somit sollte der Mehraufwand verkraftbar sein (Einbaumeister würde mehr zum übergeordneten Organisator für BPO-System, Endbestellung etc. werden)

10. Wer nimmt eingehende Mischgutlieferungen an?

Antwort (11:45): Mann an der Bohle in Fahrtrichtung links

a. Was passiert bei Nicht-Annahme einer Lieferung?

Wird nur sehr selten passieren, da immer jemand an der Bohle steht, sollte es dennoch vorkommen, beginnt der entsprechende Lkw zu blinken (Zeitüberschreitung) bzw. die Mischanlage meldet sich, wenn der entsprechende Lkw nicht mehr zur Beladung im System aufscheint; Einschub: Fehlermeldung bei Verlassen der Baustelle ohne Entladung möglich?

11. Wann wird der Asphalteinbauprozess gestartet?

Antwort (11:26):

a. Wenn bereits mehrere Lkws in Schlange (Rudelbildung) stehen?

Aktuell wird gewartet bis mindestens 2 Lkws vor dem Fertiger stehen bevor losgefahren wird, sonst kommt es schon nach dem ersten Lkw zu einer Unterbrechung; im Besonderen beim SMA-Einbau muss ohne BPO auf einen weiteren Lkw vor dem Einbau gewartet werden

- b. Wenn sich ausreichend Lkws im Zulauf befinden um einen kontinuierlichen Betrieb aufrecht erhalten zu können?

Bei Verwendung des BPO-Systems würde nach dem Eintreffen des ersten Lkws Nachschau gehalten werden, ob der Zulauf kontinuierlich ist und mit dem Einbau begonnen werden

12. Wie lautet das Prozedere beim kontrollierten Einbauende?

Antwort (14:55):

- a. Wer bestellt wie die notwendige Restmenge an Mischgut?
Einbaumeister

Asphaltfertiger

13. Wie funktioniert die Handhabung des mobilen Endgerätes?

Antwort (15:05):

- a. Stromversorgung
Aktuelle keine fixe Stromversorgung am Fertiger installiert – Versorgung provisorisch über eine Powerbank gewährleistet
- b. Ist die App intuitiv zu bedienen?
Nicht anders zu bedienen als ein Handy (Smartphone) – Benutzer ist im Umgang mit Smartphones versiert; Symbolsprache eindeutig; Eingabe des Codes funktioniert einwandfrei; Feinheiten sind natürlich verbesserungswürdig, aber im Großen und Ganzen funktioniert die App einwandfrei – man findet sich leicht zurecht („keine Wissenschaft“)
- c. Muss das Gerät täglich auf- und abgebaut werden?
Im Zuge des Rüstens bzw. Abrüstens würde auch das Tablet samt zugehöriger Halterung abgebaut werden (Schutz vor Diebstahl, Witterung, Feuchtigkeit); Gerät inkl. Powerbank wird derzeit zum Laden mit nach Hause genommen

14. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?

Antwort (17:47): aktuell wird schnellstmöglich, abhängig von den zur Verfügung stehenden Walzen, eingebaut
zukünftig wäre wichtig eine Rudelbildung bereits im Mischwerk aufzubrechen, da ein bereits beladener Lkw, im Sinne der Qualität (Temperatur), so schnell wie möglich eingebaut werden sollte – Mischmeister muss sich an die Takte halten und somit den Zulauf strecken

15. Reagieren Sie auf einen verminderten Zulauf oder fahren Sie mit gleichbleibendem Tempo bis das Material im Kübel aufgebraucht ist?

Antwort (20:13): es wird versucht die Geschwindigkeit solange zu drosseln, bis der Zulauf wieder gegeben ist; sollte das nicht möglich sein, wird etwas Material im Kübel belassen um die Temperatur zu halten und gestoppt

Zusätzliche Aussagen

Kommunikation könnte insgesamt ruhiger ablaufen durch den Chat in der BPO-App; Anzahl der Telefonate würde reduziert werden; Überhören eines Anrufes wird ausgeschlossen; Verständigungsprobleme durch die hohe Laustärke werden eliminiert

Fixe Stromversorgung in Zukunft vorsehen – am Red Bull Ring wurde das bereits so gehandhabt (für Roadscan)

Anhang 7 – Interview ausführendes Baustellenpersonal (hiQ) – A5 (Ö)

Anhang 7

Fragestellungen an das ausführende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Wie funktioniert die Handhabung der Mobilgeräte im Arbeitsalltag?

Antwort (00:17):

- a. Stromversorgung (Akku, Stromnetz des Fertigers, Powerbank, Zwischenladung)

Die Kombination aus einem vollgeladenen Geräteakku und einer vollgeladenen Powerbank hat die Energieversorgung über den Tag sichergestellt; falls der Akku knapp werden sollte gibt es die Möglichkeit die Akkus am Fertiger oder im Firmenbus zwischenzuladen; vorteilhaft wäre es eine fixe Stromquelle für die Versorgung der Tablets am Fertiger zu montieren

- b. In wessen Zuständigkeit fallen die jeweiligen Geräte?

Der jüngere Mitarbeiter, der am besten im Umgang mit dem System war, hat das System bedient und auf den ordnungsgemäßen Zustand des Geräts geachtet; Zuständigkeit - in einer Partie findet sich immer ein Mitarbeiter, der auf das System aufpasst; ein Mitarbeiter übernimmt im Normalfall die Bedienung des Systems und ein zweiter Mitarbeiter sollte auch mit der Handhabung vertraut sein, falls der andere ausfällt

2. Sehen Sie sich mit Ihrem Team als Teil des Gesamtprozesses und folgen den Systemanweisungen oder vertrauen Sie auf Ihre Erfahrungswerte?

Bis jetzt hat der Fertigerfahrer jeden Lieferschein händisch aufgeschrieben und die Menge kumuliert um ständig den Überblick über die eingebaute Menge (Soll-Ist-Vergleich) zu behalten; in Zukunft stellt das System sicher eine Erleichterung dar, vor allem bei größeren Baustellen ist die Verwendung des Systems sehr gut vorstellbar – „Das ist nicht schlecht“

- a. Fühlen Sie sich durch die neuen Maßnahmen auf dem Weg zum „gläsernen Mitarbeiter“, weil die Überwachung stetig zunimmt?

Eigentlich hat die Einbaupartei damit kein Problem – wer ordnungsgemäß arbeitet hat nichts zu verbergen; wenn man ein Handy dabei hat, ist man schon überwacht – egal ob ein oder mehrere Geräte.

- b. Mit welchen Vorteilen/Nachteilen sehen Sie sich durch die neue Technologie konfrontiert?

Das Gerät ist sicher gut für größere Baustellen, es besteht allerdings die Angst, dass die Daten in die Hände des Auftraggebers gelangen könnten. Erlangen Wissen über: Standort; Wartezeit auf Material; an Stellen wo Wartezeiten aufgetreten sind, kühlt das Material unter dem Fertiger aus und folglich wird die erforderliche Verdichtung nicht mehr erreicht; Befürchtung, dass der Auftraggeber genau an diesen schlechten Stellen, Bohrproben, zum Nachteil der Baufirma, nehmen lässt.

Einziger Vorteil, dass nicht mehr mitgeschrieben werden muss, um den Überblick zu behalten, da die notwendigen Informationen (verbraucht Material, Material

im Zulauf) sofort auf dem Gerät abgerufen werden können – man weiß zu jedem Zeitpunkt darüber Bescheid, was bereits erledigt ist und was noch ausstehend ist.

3. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen.

Antwort (05:38): per App oder Smartphone auf einem Android Smartphone während der Testphase (Anmerkung: es ist auch eine App für iOS erhältlich); der Online-Client kann plattformunabhängig über einen Webbrowser aufgerufen werden – wurde genutzt um zu kontrollieren, ob die händische Rechnung mit dem berechneten Wert aus dem System übereinstimmt

Transportlogistik

4. Auf welchem Weg bestellen Sie Mischgut vom Mischwerk ein? (Telefonisch? App? Mail?)

Antwort (06:13): es wird telefonisch bestellt (früher per Telefonzelle, ab 1995/96 per Handy) und es hat bisher immer gut funktioniert; eine Bestellung per App ist vorstellbar, es ist allerdings eine Einschulung auf das System erforderlich, damit die Mitarbeiter sicher im Umgang damit werden; man muss sich als Anwender sicher sein können, dass die Mischanlage die Bestellung erhalten hat; bis dato hat die Kommunikation per Telefon immer problemlos und schnell funktioniert – zukünftig ist die Kommunikation per App vorstellbar

- a. Zu welchem Zeitpunkt bestellen Sie Mischgut? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)

Der Bauleiter muss das Mischgut vorbestellen, die Arbeiter auf der Baustelle haben damit nichts zu tun; die Einbaupartie beeinflusst den Ladebeginn auf der Mischanlage und das Einbauende; Information über den Beladezeitpunkt geht vom Einbaupolier/Fertigerfahrer, über den Bauleiter zur Mischanlage (Einbaupolier/Fertigerfahrer und Bauleiter stehen in ständigem Kontakt)

- b. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbaustart?

Vor dem Einbaustart wird immer mit dem Mischwerk kommuniziert, sei es um Korrekturen bei Lademenge vorzunehmen, den Einbau wegen Schlechtwetters nicht stattfinden zu lassen oder den sonstigen Ablauf zu besprechen.

- c. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk während des Einbaus?

Wenn der Zulauf ohne Probleme kommt findet keine Kommunikation während des Einbaus statt

- d. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbauende?

Die bestellte Menge wird gemischt, dann wird telefonisch die Restmenge bestellt und die entsprechenden Lkws werden auf die Mischanlage geschickt. Meist wird noch ein zusätzlicher Lkw auf der Mischanlage abgestellt, welcher dann, je nach Bedarf, noch mit einer kleinen Menge beladen wird oder abgeschrieben werden kann. Allenfalls erfolgt derzeit die gesamte Kommunikation per Telefon.

5. Wird die Möglichkeit der Kommunikation mit den Lkws genützt bzw. machen Sie von der Kartenansicht der Lkws gebrauch?

Antwort (10:43): Frage kann nicht beantwortet werden, da Lkws nicht mit GPS-fähigen Geräten ausgestattet wurden und somit keine Daten abgefragt werden konnten.

Mit den Lkw-Fahrern wird derzeit telefonisch kommuniziert, da oftmals nachgefragt werden muss, wo sie sich gerade befinden etc.

- a. Stimmen die prognostizierten Ankunftszeiten der Lkws mit den tatsächlichen Ankunftszeiten überein?

Stimmen überein, solange die Lkws tatsächlich fahren und sich an die Vorgaben halten.

6. Inwiefern besteht die Möglichkeit von der Baustelle aus ins tagesaktuelle Baugeschehen einzugreifen?

Antwort (11:38): System wurde vom Befragten nicht bedient, daher ist eine Auskunft nicht möglich

- a. Gibt es die Möglichkeit die Zielmenge zu korrigieren?

Anmerkung: Es ist möglich die Zielmenge/Restmenge über die App zu korrigieren

7. Wie wird ein halbvoller Lkw im System beim Umsetzen gehandhabt?

Antwort – 12:20: Anmerkung: Split-Paving kann gemacht werden, indem die Lademenge beim Abdocken korrigiert wird und die Restmenge durch erneute händische Eingabe eines Lkws an einer anderen Stelle entladen wird.

Asphalteinbau

8. Wie viele Personen umfasst eine Einbaupartie? Hat sich diese Anzahl durch den Einsatz des HIQ-Systems verändert?

Antwort (14:02): Es muss kein zusätzlicher Mitarbeiter für die Bedienung des Systems eingestellt werden; selbst bei einer Großbaustelle ist kein zusätzlicher Mitarbeiter erforderlich, wenn alle auf das System eingeschult sind; Anmerkung: die Einbaupartie besteht aus 5 Personen

9. Hat sich der Arbeitsaufwand für die einzelnen am Prozess beteiligten Personen verändert? Wenn ja, für wen und in welchem Umfang?

Antwort (15:03): Nein

10. Wer nimmt eingehende Mischgutlieferungen an?

Antwort (15:14): Der Einsteller an der linken Bohle in Fahrtrichtung (Hilfsarbeiter); hat mehr Zeit als der Fertigerfahrer und kann schneller mit dem Lkw-Fahrer kommunizieren; Rücksprache für den Fall, dass die Liefermenge auf dem digitalen Lieferschein nicht mit der Liefermenge auf der Hardcopy übereinstimmt; an dieser Position hat man zudem die beste Sicht auf das Kennzeichen des Lkws

- a. Was passiert bei Nicht-Annahme einer Lieferung?

Anmerkung: keine Fehlermeldung oder dergleichen – der nicht verbuchte Lieferschein bleibt beim Lkw;

aus diesem Grund schreibt der Fertigerfahrer jeden Lieferschein manuell mit und kumuliert die Menge

11. Wann wird der Asphalt einbauprozess gestartet?

Antwort (17:10): Wenn die Maschinen betriebsbereit sind und der erste Lkw eintrifft wird dieser sofort eingebaut; der erste Umlauf stellt selten ein Problem dar, da am Morgen die Silos im Mischwerk mit Mischgut vollgefüllt sind und die Lkws somit nach der Reihe eintreffen – bis der erste Lkw entladen ist, kommt der nächste schon auf der Baustelle an; Probleme mit dem Materialzulauf beginnen meist erst mit dem zweiten oder dritten Umlauf

a. Wenn bereits mehrere Lkws in Schlange (Rudelbildung) stehen?

Nein, sobald der erste Lkw eintrifft wird mit dem Einbau begonnen.

b. Wenn sich ausreichend Lkws im Zulauf befinden um einen kontinuierlichen Betrieb aufrecht erhalten zu können?

Bei der Verwendung eines Systems würde man die Ansicht in der App nützen.

12. Wie lautet das Prozedere beim kontrollierten Einbauende?

Antwort (18:50): Telefonische Bestellung – detaillierte Beschreibung siehe 4d

a. Wer bestellt wie die notwendige Restmenge an Mischgut?

Restmenge wird vom Fertigerfahrer/Einbaupolier telefonisch bestellt

Asphaltfertiger

13. Wie funktioniert die Handhabung des mobilen Endgerätes?

Antwort (19:18):

a. Stromversorgung

Siehe Frage 1a

b. Ist die App intuitiv zu bedienen?

Auch als nicht-geübter Anwender findet man sich mit der Bedienung der App zurecht; „Das ist nicht so schwer, meiner Meinung“; wer mit der Bedienung eines Smartphones vertraut ist, sollte auch in der Lage sein diese App zu bedienen

c. Muss das Gerät täglich auf- und abgebaut werden?

Das Gerät darf nicht auf der Baustelle/am Fertiger verbleiben; aufgrund des Wetters und der Gefahr von Diebstahl; das gesamte System sollte in einem kompakten Koffer gelagert und transportiert werden können – es werden immer sämtliche Werkzeuge und Kleingeräte am Ende des Tages eingepackt und mitgenommen

14. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?

Antwort (20:52): Wird je nach Baustelle individuell gehandhabt - allerdings darf man sich erst gar nicht in solche Situationen bringen, indem man vorher überlegt; sollte dennoch ein Rückstau auftreten, dann wird die Einbaugeschwindigkeit stark erhöht; Vollgas geben, damit das Material abgearbeitet wird; Hintergrund ist, dass das

Material nicht abkühlen darf, damit es sich verdichten lässt, es darf also nicht gewartet werden; Vollgas ist auch nicht das Beste für die Qualität, aber besser als das Mischgut entsorgen zu müssen

15. Reagieren Sie auf einen verminderten Zulauf oder fahren Sie mit gleichbleibendem Tempo bis das Material im Kübel aufgebraucht ist?

Antwort (22:01): Bei vermindertem Zulauf wird die Einbaugeschwindigkeit gedrosselt; würde die App eine sehr geringe optimale Einbaugeschwindigkeit vorschlagen z.B. 1,5m/min würde sich der Fertigerfahrer nicht an diese Vorgabe halten; Hintergrund ist, dass bei sehr geringer Geschwindigkeit die Bohlenverdichtung (Anmerkung: Vorverdichtung) leicht ansteigt und sich die Bohle etwas aufhebt, was in weiterer Folge zu einem Mehrverbrauch führt; in manchen Situationen wie z.B. bei längeren Unterbrechungen (Defekt in der Mischanlage) muss die Bohle aufgehoben werden, das eingebaute Mischgut wird verdichtet und eine Stoßfuge erstellt; danach wird erneut angesetzt und gewartet bis wieder frisches Mischgut auf die Baustelle geliefert wird – beste Lösung in einer solchen Situation; man kann die Einbaugeschwindigkeit zwar etwas drosseln, aber sehr langsam zu fahren ist nach Aussage des Fertigerfahrers nicht gut

Zusätzliche Aussagen:

Einbaupolier will möglichst wenig Material wegschmeißen, exakte Endbestellung notwendig.

Anhang 8 – Interview ausführendes Baustellenpersonal (hiQ) – A5 (Ö)

Anhang 8

Fragestellungen an das ausführende Baustellenpersonal

Allgemein

1. Wie funktioniert die Handhabung der Mobilgeräte im Arbeitsalltag?

Antwort (00:11):

- a. Stromversorgung (Akku, Stromnetz des Fertigers, Powerbank, Zwischenladung)

Stromversorgung wurde über die Geräteakkus und zusätzliche Powerbanks sichergestellt; für einen regulären Einbautag ist die Stromversorgung problemlos sichergestellt und ausreichend – Handhabung absolut in Ordnung; es besteht die Möglichkeit (evtl. mit leichten Adaptierungen) die Tablets am Fertiger aufzuladen – Stromversorgung ist vorhanden; mit einer fixen Stromversorgung müsste sich niemand mehr um die Ladung der Geräte über Nacht kümmern (Vorteil (Input Interviewer): Vergessen der Geräte verhindern, Ausfall der Geräte vermeiden, keine Versorgungsproblematik im Falle eines längeren Einbautages oder Schichtbetriebs)

- b. In wessen Zuständigkeit fallen die jeweiligen Geräte?

Einsteller oder Fahrer sollten sowohl Bedienung als auch Einsatzfähigkeit (Aufbau, Abbau, Laden) sicherstellen; die Zuständigkeit muss klar einer Person zugeordnet werden, sonst gibt niemand auf das Gerät Acht; diejenige Person die am affinsten im Umgang mit dem System ist wird sich herauskristallisieren; Fahrer halt laut Einbaupolier die Zeit und die Möglichkeit das Tablet zu bedienen – könnte somit selber einbaurelevante Daten abrufen; (bessere) Montage wäre sichergestellt (evtl. Frontscheibe, durch Dach teilweise vor Witterung geschützt), Fahrer hat zwar keine perfekte Sicht auf die Kennzeichen der Lkws beim Andocken, er würde aber laut Einbaupolier nach einiger Zeit die Lkw-Kennzeichen auswendig kennen (Anmerkung: setzt voraus, dass die Anzahl der Lkw nicht zu groß wird); am Ende muss individuell jede Partie für sich über die Verantwortlichkeit entscheiden; hängt auch stark davon ab, ob das Gerät über Nacht geladen werden muss und wenn ja, wer dafür Sorge trägt; wenn es eine Stromversorgung für das Tablet am Fertiger gibt, könnte das Gerät über Nacht in einer versperbaren Box am Fertiger aufbewahrt werden, muss nur ein Bediener gefunden werden; die Einsatzfähigkeit in puncto Stromversorgung wird durch den Fertiger sichergestellt – Verantwortung für die ordnungsgemäße Verwahrung liegt bei der gesamten Partie

2. Sehen Sie sich mit Ihrem Team als Teil des Gesamtprozesses und folgen den Systemanweisungen oder vertrauen Sie auf Ihre Erfahrungswerte?

Antwort (04:21):

- a. Fühlen Sie sich durch die neuen Maßnahmen auf dem Weg zum „gläsernen Mitarbeiter“, weil die Überwachung stetig zunimmt?

„Also ich sehe das eigentlich nicht als Überwachung, im Gegenteil sehe ich das als Hilfe“; im Endeffekt wird die Partie daran gemessen, was am Ende des Tages geleistet und eingebaut wurde; warum die Leistung zwischendurch eingebrochen

ist, muss gegebenenfalls ohnehin geklärt werden; bei Verfehlen des Tagesziels wird derzeit auch nachgefragt woran es liegt (mögliche Gründe: Mischanlage, Lkws, ...) – ob eine Datenaufzeichnung stattfindet ist demnach nicht von Bedeutung

Man ist als Einbaupartie ohnehin Teil eines Gesamtprozesses, ein Prozessdenken herrscht jedoch nicht vor (Anmerkung: Es scheint als würde die Frage nicht richtig verstanden) – hiQ-System wird als Hilfe angesehen

b. Mit welchen Vorteilen/Nachteilen sehen Sie sich durch die neue Technologie konfrontiert?

„Nachteil sehe ich jetzt einmal überhaupt keinen“; Nachteil könnte sein, dass die Bedienung des Systems einmal erlernt werden muss – sobald das System erlernt wurde, was bekanntlich nicht sehr schwer war, funktioniert es problemlos; erster Tag ist immer etwas kritisch zu sehen (Einlernphase);

Vorteile: genauer Überblick über eingebaute Menge, Materialzulauf, Anzahl an Lkws im Einsatz, Lkws geladen – man braucht nicht unbedingt telefonisch mit der Mischanlage Kontakt aufzunehmen; geht davon aus, dass man mit einem ausgereiften System, einen Ausdruck einer Tagesstatistik erstellen kann – als Beilage zum Tagesbericht, sollte nicht ohnehin in Zukunft das gesamte Berichtswesen digital ablaufen; die Vorteile überwiegen eindeutig die Nachteile – wüsste nicht was ein Nachteil sein könnte

3. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden die notwendigen Informationen abgerufen.

Antwort (08:38): auf den Smartphones der Mitarbeiter wurde die App nicht installiert – war für die Kürze der Testphase nicht gewollt; sollte ein System eingeführt werden, wäre es sehr wünschenswert die jeweilige App auch auf den Smartphones der Mitarbeiter zu installieren; die Bedienung des Systems erfolgt über ein, am Fertiger montiertes, Tablet; aus Gründen der besseren Übersicht besteht die Möglichkeit zwei Tablets am Fertiger zu montieren, für einen ordnungsgemäßen Betrieb reicht allerdings ein Tablet pro Fertiger aus

Transportlogistik

4. Auf welchem Weg bestellen Sie Mischgut vom Mischwerk ein? (Telefonisch? App? Mail?)

Antwort (10:20): Niederlassungsleiter erstellt einen Fertiger-Einteilungsplan, auf Basis dieses Plans werden die Mischanlagen zugeteilt und dort Mischgut bestellt

a. Zu welchem Zeitpunkt bestellen Sie Mischgut? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)

Fertiger-Einteilungsplan wird etwa einen Monat im Voraus geführt, ist jedoch bereits für die kommende Woche mit sehr vielen Unsicherheiten behaftet – gibt jedoch eine Richtlinie für die Gerätedisposition vor; die detaillierte Tagesplanung wird von Tag zu Tag festgelegt (Wetter, Verschiebung, Fertigstellung nicht geschafft, verfrühte Fertigstellung, Vorziehung, Vorarbeiten nicht geleistet etc.), da sehr viele Grauzonen zu berücksichtigen sind; zwei bis drei Wochen im Voraus wird auch mit den Mischanlagen abgesprochen, ob das benötigte Material in ausreichender Menge an dem jeweiligen Tag verfügbar ist (bereits andere

Bestellungen vorhanden?); einen Tag vor dem Einbau kommunizieren der Polier und der Mischmeister telefonisch und legen fest; dabei wird die exakte Menge festgelegt, welche nach der bereits erfolgten Vorbestellung, tatsächlich abgerufen wird; Vorbestellung ist unbedingt notwendig, da für die Bestellung und Lieferung von Bitumen und Zuschlagstoffen eine Vorlaufzeit benötigt wird.

b. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbaustart?

Polier ruft am Nachmittag/Abend vor dem Einbautag eine Menge an Mischgut ab (telefonisch); zusätzlich wird kommuniziert wie viele Lkws fahren werden und wann die erste Beladung stattzufinden hat– diese Information ist ausreichend für das Mischwerk; bei guter Witterung beginnt der Mischmeister wie vereinbart zu mischen; bei Schlechtwetter oder drohendem Schlechtwetter hält der Mischmeister vor Einbaubeginn telefonische Rücksprache mit dem Einbaupolier; Einbaupolier ist ein Verfechter des persönlichen Gesprächs mit dem Mischmeister was den Bestellprozess betrifft; tritt der Vorstellung zukünftig die Kommunikation nur mehr per App abzuwickeln sehr skeptisch gegenüber; gibt zu bedenken, dass es vermutlich länger dauern würde bzw. sei das wahrscheinlich auch seinem Alter und dem dadurch zögerlichen Umgang mit der neuen Technologie geschuldet;

c. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk während des Einbaus?

Telefonisch – aber nur dann, wenn der Zulauf nicht erwartungsgemäß vorstatten geht (Mischgut kommt in geringer Menge an – wo liegt das Problem? Kapazität der Mischanlage erreicht, weil viele andere Kundschaften auch bedient werden müssen (Lkws stehen auf der Mischanlage Schlange). Kapazität der Mischanlage nicht erreicht, zusätzliche Lkws könnten bedient werden (Schicke mehr Lkws). Mischanlage defekt.)

Wenn alles optimal läuft gibt es keinen Grund die Mischanlage anzurufen.

Anmerkung: Bei Verwendung eines Optimierungssystems hat man ständig den Überblick über den Zulauf. Man erspart sich das eine oder andere Telefonat, weil die Lkws eventuell schon unterwegs sind und bereits im System aufscheinen.

d. Wie erfolgt die Kommunikation mit dem Mischwerk vor dem Einbauende?

Derzeit mischt das Mischwerk bis die bestellte Menge erreicht ist und meldet sich dann telefonisch beim Einbaupolier; System bietet Vorteil, da man zu jedem Zeitpunkt einen Überblick über sämtliche Mengen hat (eingebaute/ausständige Menge) und somit Lkws zeitgerecht abgeschrieben werden können, anstatt unnötigerweise erneut auf die Mischanlage geschickt zu werden; derzeit nur durch mühsames absammeln und addieren aller Lieferscheine möglich; entscheidender Vorteil ist, dass man mit dem System immer nach der Beladung über sämtliche Mengen Bescheid weiß und nicht erst zum Zeitpunkt, wenn der Lkw bereits vor Ort ist – dadurch kann früher nachbestellt und somit Zeit gewonnen werden; derzeit muss entweder abgewartet werden bis die Lkws eingetroffen sind oder es wird telefonische Rücksprache gehalten – klarer Vorteil für das System;

Prinzipiell vorstellbar die Restmengenbestellung über die App abzuwickeln

5. Wird die Möglichkeit der Kommunikation mit den Lkws genützt bzw. machen Sie von der Kartenansicht der Lkws gebrauch?

Antwort (20:54): Lkws wurden nicht mit Smartphones oder dergleichen ausgestattet – keine Aussage möglich

Vorteil wäre, dass man sehen könnte wo sich die Lkws gerade befinden und ob sie sich bewegen oder stehen; befinden sich mehrere an einer Stelle; Ziel soll nicht sein, den Lkw-Fahrern ihre Pausen strittig zu machen, allerdings sollen sie wissen, dass sie nicht tun und lassen können was sie wollen;

- a. Stimmen die prognostizierten Ankunftszeiten der Lkws mit den tatsächlichen Ankunftszeiten überein?

Es wurde während der Testphase nicht sonderlich auf die prognostizierten Zeiten geachtet

6. Inwiefern besteht die Möglichkeit von der Baustelle aus ins tagesaktuelle Baugeschehen einzugreifen?

Antwort (24:35):

- a. Gibt es die Möglichkeit die Zielmenge zu korrigieren?

Die Möglichkeit besteht; zu Beginn der Testphase hat das noch nicht einwandfrei funktioniert, nach dem Update sehr wohl; man muss mit dem Ablauf des Programms vertraut sein, da nicht zu jedem beliebigen Zeitpunkt eine Mengenkorrektur vorgenommen werden kann (nur beim An-/Abdockvorgang); ist die Zielmenge einmal erreicht, kann kein zusätzlicher Einbau mehr hinzugefügt werden (Thematik - fehlende Rückgängig-Funktion); Endbestellung über die App abzuwickeln wäre vorstellbar, wenn die Mischanlage den Erhalt der korrigierten Zielmenge bestätigt (zusätzlich wäre eine Kommunikation per Chatfunktion hilfreich)

7. Wie wird ein halbvoller Lkw im System beim Umsetzen gehandhabt?

Antwort (29:36): wenn ein Lkw „gesplittet“ werden muss und auf derselben Baustelle wieder eingebaut wird, ist das aus Sicht des Einbaupoliers nicht relevant; sollte ein „gesplitteter“ Lkw auf einer anderen Baustelle mit einer anderen Kostenstellennummer eingebaut werden müssen hat dieses Thema Relevanz; ist es absehbar/kalkulierbar könnte von der Mischanlage ein zweiter Lieferschein erstellt werden (wird derzeit so gehandhabt); Anmerkung: wünschenswert wäre, sich mit dem System an die aktuellen Gegebenheiten anpassen zu können; „Split-Paving“ ist möglich, wird aber derzeit nicht verwendet, sondern nur auf einer Baustelle getestet, daher keine Notwendigkeit

Asphalteinbau

8. Wie viele Personen umfasst eine Einbaupartie? Hat sich diese Anzahl durch den Einsatz des hiQ-Systems verändert?

Antwort (31:42): Nach wie vor 6 Leute – Anzahl hat sich nicht verändert; „Heraussuchen welches Kennzeichen das ist und das dann zu bestätigen, ist eigentlich keine Arbeit“; die Zeit, das System während des Entladevorgangs zu bedienen, ist vorhanden; Mitarbeiter hat die Gesamte Entladedauer Zeit die wenigen Eingaben zu tätigen; Anmerkung: um eine genaue Statistik zu erhalten müssen auch die Eingaben möglichst exakt getätigt werden – Wo liegt welche Charge?

9. Hat sich der Arbeitsaufwand für die einzelnen am Prozess beteiligten Personen verändert? Wenn ja, für wen und in welchem Umfang?

Antwort (33:21): mit Ausnahme des Mitarbeiters, für den sich eine kleine, jedoch zu vernachlässigende Mehrbelastung ergibt, ändert sich nichts am Arbeitsaufwand während des Einbaus; Aufbau des Systems kann während der Rüstzeit erfolgen; es dauert mindestens 30 Minuten bis der Fertiger auf Betriebstemperatur ist – in dieser Zeit finden sich ein paar Minuten um die Einsatzfähigkeit (Montieren-Einschalten-Einloggen) des Systems herzustellen;

Einbaupolier geht davon aus, dass die Planung zukünftig von ihm gemacht werden muss, was zu einem, derzeit nicht quantifizierbaren Mehraufwand, führen würde;

Fragestellung wer die Planung im Unternehmen tatsächlich übernimmt; Anmerkung: Es wird davon ausgegangen, dass die Planung vom technischen Personal übernommen wird.

10. Wer nimmt eingehende Mischgutlieferungen an?

Antwort (40:27): Annahme erfolgte während der Testphase durch den Einsteller (Mann an der Bohle), könnte aber auch durch den Fertigerfahrer bewerkstelligt werden (laut Einbaupolier)

- a. Was passiert bei Nicht-Annahme einer Lieferung?

Keine Auswirkung – Lkw ist einfach nicht angedockt (bleibt auf dem Status: Beladen) Anmerkung: unter 90 Minuten wird der Lieferschein in grüner Schrift dargestellt, über 90 Minuten, seit Beladezeitpunkt, in roter Schrift. Meines Wissens ist auch eine Doppelbeladung eines Lkws möglich – selbst wenn dem Lkw noch ein Lieferschein zugeordnet ist, kann er von der Mischanlage erneut beladen werden, ohne dass es eine Fehlermeldung gibt – sollte in irgendeiner Form gelöst werden; derzeit merkt man eventuell erst sehr spät beim Andocken in der Auswahl, dass ein Lkw-Kennzeichen doppelt vorhanden ist – Auswertung wird verfälscht;

Vergessen des Andockens eines Lkws ist laut Einbaupolier während der Testphase nicht vorgekommen, daher kann keine gesicherte Auskunft darüber gegeben werden

11. Wann wird der Asphalteinbauprozess gestartet?

Antwort (43:00): wegen einem Lkw auf der Baustelle wird der Einbauprozess noch nicht gestartet – es wird zumindest gewartet bis ein zweiter auf der Baustelle eingetroffen ist

- a. Wenn bereits mehrere Lkws in Schlange (Rudelbildung) stehen?

Es wird mindestens auf zwei oder drei Lkws gewartet um eine gewisse Menge zum Einbauen auf der Baustelle zu haben; geht man vom Worst-Case, einem Lkw mit einer Lademenge von zehn Tonnen, aus, müsste man den Einbau sofort nach dem Ansetzen wieder unterbrechen – Ziel eines kontinuierlichen Einbaus (langsam oder schnell) kann nur mit einer entsprechenden Menge an Mischgut auf der Baustelle bewerkstelligt werden

- b. Wenn sich ausreichend Lkws im Zulauf befinden um einen kontinuierlichen Betrieb aufrecht erhalten zu können?

Mit dem hiQ-System könnte früher mit dem Einbau begonnen werden, da man sehr genau weiß, wann der nächste Lkw auf der Baustelle eintreffen wird (idealerweise weißt das System die prognostizierte Ankunftszeit, ergänzt durch eine Kartenansicht, aus); Anwendung sehr gut vorstellbar, um von Beginn an kontinuierlich einbauen zu können und um das System nicht von selbstverschuldet aus dem Takt zu bringen

12. Wie lautet das Prozedere beim kontrollierten Einbauende?

Antwort (46:07): siehe Frage 4d

- a. Wer bestellt wie die notwendige Restmenge an Mischgut?

Derzeit telefonische Restmengenbestellung durch den Einbaupolier – Endbestellung per App durchaus vorstellbar

Asphaltfertiger

13. Wie funktioniert die Handhabung des mobilen Endgerätes?

Antwort (46:35):

- a. Stromversorgung

Siehe Frage 1a

- b. Ist die App intuitiv zu bedienen?

Je länger man die App bedient, desto sattelfester wird man im Umgang damit; sehr stark davon abhängig, wie versiert die jeweiligen Nutzer im Umgang mit Smartphones sind; „Aber wie gesagt, es ist sicherlich zum Erlernen, das ist nicht so schwer“; ein Mitarbeiter benötigt vielleicht eine Woche, der andere 14 Tage, aber danach hat man das System im Griff – es kehrt Routine in der Bedienung ein

- c. Muss das Gerät täglich auf- und abgebaut werden?

Tablet muss abgebaut werden, Halterung könnte am Fertiger verbleiben. Abbauen deswegen, weil Tablets eventuell nicht entsprechend gegen Witterungseinflüsse geschützt sind (Kälte, Wärme, Nässe). Gefahr von Diebstahl – daher täglich auf- und abbauen (stellt keinen wesentlichen Aufwand dar)

14. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?

Antwort (50:07): Schnelles Abarbeiten löst die Rudelbildung nicht auf sondern lässt sie bestehen (Verlagerung des Problems auf die Mischanlage und dann wieder auf die Baustelle usw.); es wird versucht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit zu fahren, jedoch neigt man dazu die Geschwindigkeit leicht zu erhöhen; die Geschwindigkeit wird keinesfalls unverhältnismäßig angehoben um keine Einbußen in der Qualität hinnehmen zu müssen – kontinuierlicher Einbau hat Priorität; bei einer Normalgeschwindigkeit von 3,0 m/min würde die Geschwindigkeit maximal auf 4,0-4,5 m/min erhöht werden (um die Situation etwas zu entspannen, da man ja den Grund für die Rudelbildung nicht genau kennt)

15. Reagieren Sie auf einen verminderten Zulauf oder fahren Sie mit gleichbleibendem Tempo bis das Material im Kübel aufgebraucht ist?

Antwort (53:02): Wenn die Einbaupartie noch keine Pause gemacht hat, dann wird eher danach getrachtet, den noch ausstehenden Lkw schnellstmöglich einzubauen; stehen dauernd mehrere Lkws vor dem Fertiger ist die Anzahl der Lkws wahrscheinlich zu hoch gewählt – System wird in diesem Fall auch nichts nützen (Anmerkung: In diesem Fall wird nicht auf die vom System vorgeschlagenen/voreingestellten Parameter geachtet); in so einem Fall liegt kein Systemfehler, sondern ein anderweitiges Versagen vor; wenn ein System zur Optimierung des Asphalteinbaus angewendet wird muss es vom Anfang bis zum Ende durchgezogen werden, um das volle Potential auszuschöpfen

Zusätzliche Aussagen:

Einbaupartie (Strabag) wurde in keiner Weise durch den Bauleiter auf die Anwendung des hiQ-Systems vorbereitet (wurde nicht einmal erwähnt)

STRATAKT: Stratakt wurde zu Beginn von den Lkw-Fahrern sehr belächelt, aber am Ende haben sie sich daran gehalten und man hatte sie somit im Griff. Ob das System nun effizient, gut oder schlecht war sei dahingestellt.

Derzeit beschränkt sich der Planungsaufwand des Einbaupoliers für den Folgetag auf wenige Rechnungen und hauptsächlich einer geistigen Vorbereitung auf alle Eventualitäten des Einbautages. Der Tagesablauf wird sozusagen im Kopf durchgespielt – eine Planung in schriftlicher Form erfolgt nicht und ist auch nicht zweckmäßig; Tagesablauf ist in weiten Teilen planbar, ein Anteil an unvorhersehbaren Ereignissen bleibt jedoch bestehen – dies erfordert ein entsprechend flexibles Tool

Anmerkung: Selbst die beste Softwarelösung kann eine gut ausgebildete und aufeinander abgestimmte Einbaupartie nicht ersetzen – im besten Fall wird eine sehr gute Partie noch besser

Es ist durchaus vorstellbar auf die Systemvorgaben in puncto Geschwindigkeit zu achten um den Einbau wieder in geregelte Bahnen zu leiten

Anhang 9 – Interview Mischanlagenpersonal (BPO) – A44/A46 (D)

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



Anhang 9

Fragestellungen an das Mischanlagenpersonal

Allgemein

1. War die Integration des neuen Systems in die Mischanlage mit einem wesentlichen Aufwand verbunden?

Antwort (00:11): kein großer Aufwand, es gab eine kurze Einweisung; es sind Schnittstellenproblematiken mit der Waagesoftware aufgetreten, welche über Ferndiagnose in den Griff bekommen werden konnten; „Mit einem großen Aufwand war es jetzt nicht verbunden“; BPO-Live wurde als fixer Tab angelegt – anklicken – einloggen per ausgesendetem Code – funktioniert

- a. Wie wurde die Integration durchgeführt?

Die Schnittstelle wurde, so hat es den Anschein, auch per Fernzugriff eingerichtet

2. Kommt es durch das BPO-System zu Prozessveränderungen auf der Mischanlage?

Antwort (01:40): nein, bis auf das Einloggen in das System zu Arbeitsbeginn

- a. Mehraufwand durch zusätzlichen Arbeitsschritt/automatische Integration?

kein Mehraufwand, wenn das System läuft; Einloggen ist eine Sache von 1 Minute; sollte sich die Mischgutsorte ändern, muss diese auch im System geändert werden – „Das sind Sachen die halten nicht auf“; wenn schon kein Mehrwert, dann zumindest kein Mehraufwand „Das ist das A und O“

3. Welche Vorgaben erhalten Sie für die Produktion? Halten Sie sich an die Systemvorgaben?

Antwort (03:44): Taktplan ist bekannt, wird jedoch nicht eingehalten; ist auch sehr schwierig zu handhaben, da sich die Lkws selbstständig beladen; Lkws (9) sind so bestellt, dass sie alle 10 - 15 Minuten auf der Mischanlage ankommen, beladen und wieder abfahren; man könnte den Lkw-Fahrern jedoch bei der Leerwägung sagen, dass sie noch eine gewisse Zeitspanne bis zur Beladung warten müssen

4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden diese abgerufen.

Antwort (04:56): Desktop PC (kein zusätzliches Gerät für das BPO-System)

5. Auf welchem Weg langen Bestellungen von der Baustelle ein? (Telefonisch? App? Mail?)

Antwort (06:06): Bestellung läuft telefonisch ab – generell lässt sich sagen, dass zum jetzigen Zeitpunkt in der Testphase das BPO-System nicht für die Kommunikation herangezogen wird

- a. Zu welchem Zeitpunkt langen Bestellungen ein? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)

Bestellkette läuft nicht direkt von Oevermann an die Mischanlage; die Fa. Kemna ist als Koordinator zwischengeschaltet; Liefermenge der Mischanlage war tatsächlich immer höher als die laut BPO vorgegebene Menge (Fa. Kemna hält

sich vermutlich nicht an die Vorgabe laut BPO, sondern koordiniert nach eigenem Ermessen)

Gesamtbestellung über 2 Wochen; die aktuelle Tagesleistung wird am Morgen des jeweiligen Einbautages telefonisch abgerufen

b. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle vor dem Einbaustart?

Aktuell: wenn sich niemand von der Baustelle meldet, werden die Lkws wie bestellt rausgeschickt; bei eigenen Baustellen wird vor der ersten Beladung noch Rücksprache gehalten

c. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle während des Einbaus?

Keine Kommunikation mit Oevermann – wenn, dann nur über die Fa. Kemna

d. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle vor dem Einbauende?

Mischanlage mischt die Bestellung, sprich 9 Lkws zu je 3 Runden, raus und meldet sich im Anschluss bei der Fa. Kemna (Kordinator) – vermutlich findet danach ein Informationsaustausch zwischen der Fa. Kemna und dem Einbaumeister vor Ort auf der Baustelle statt

6. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?

Antwort (12:26): aktuell werden die Lkws laut der „Hofliste“ (first in – first out) abgearbeitet – so schnell wie möglich

a. Wird gezielt getaktet?

Aktuelle keine gezielte Taktung, es war aber auch noch nie der Fall, dass das eingefordert wurde; Problematik hier, dass die Lkws von der Mischanlage gestellt werden – wäre das nicht der Fall, wäre es der Mischanlage völlig egal welcher Lkw zuerst fahren würde und ein Takt wäre denkbar; ein Takt ist generell denkbar, wenn es entsprechende Absprachen gibt, allerdings ist das im aktuellen Fall eine Kostenfrage; als Mischanlage hat man das Interesse, die Lkws so schnell wie möglich wieder vom Hof zu schicken, es sei denn es gibt eine klare Anweisung (Erschwernis, Störung) von der Baustelle

b. Werden Lkws von anderen Baustellen zwischengereicht?

Diese Frage stellt sich momentan nicht – bei Klärung aller Rahmenbedingungen (vor allen Dingen Kosten) allerdings denkbar

Zusätzliche Aussagen:

Hersteller der Wiegesoftware: PRAXIS – Software (PRAXIS AG)

Mischanlage ist nur als Juniorpartner beim dem Projekt involviert – AMA der Fa. Kemna ist federführend und übernimmt die Koordination der drei beteiligten Mischanlagen

Einbauabbruch könnte über das BPO-System erkannt werden – die Mischanlage ist aber erstmal froh, dass die Systemeinführung geklappt hat; an Feinheiten mit dem Systemumfang kann dann zukünftig gearbeitet werden

„Aber wie gesagt, ich denke auch wir als Mischanlage können da bestimmt profitieren“

„Aber, wenn es denn...wenn es funktioniert und es hilft allen, dann sollte man sich dem eigentlich auch nicht verwehren“

Die Anfänge waren ein bisschen nervig – es hat teilweise nicht funktioniert, aber jetzt wo es läuft ist der Systemstart eine Sache von einer Minute

Anhang 10 – Interview Mischanlagenpersonal (BPO) – S6 (Ö)

Anhang 10

Fragestellungen an das Mischanlagenpersonal

Allgemein

1. War die Integration des neuen Systems in die Mischanlage mit einem wesentlichen Aufwand verbunden?

Antwort (00:07): Zusatzinformation: die Schnittstelle funktioniert nicht automatisch – die Eingabe in das BPO-System erfolgt per Hand

Integration war mit keinem wesentlichen Aufwand verbunden – die Eingabe der Lieferscheinnummer (6-7-stellig) stellt einen großen Mehraufwand und zusätzlich eine große Fehlergefahr dar (man hat nur mehr Zahlen im Kopf); Eingabe der Tonnage während des Testbetriebs okay

- a. Wie wurde die Integration durchgeführt?

Händische Eingabe im BPO-Live (Onlinetool – browserbasiert); inkl.

Lieferscheinnummer und Tonnage (Kennzeichen, wird nach der erstmaligen

Eingabe gespeichert) – sehr hohe Konzentration erforderlich („da raucht dir der Kopf“) – auf Dauer nicht zumutbar

2. Kommt es durch das BPO-System zu Prozessveränderungen auf der Mischanlage?

Antwort (01:04): Prozessveränderung bei der Erfassung durch das zusätzliche Eintippen im BPO-Live

- a. Mehraufwand durch zusätzlichen Arbeitsschritt/automatische Integration?

Testphase: eintippen in das BPO-Live Onlinetool

Nach erfolgter Integration: über die Schnittstelle mit dem Hersteller der

Wiegesoftware bestimmt kein Mehraufwand mehr – es läuft im Hintergrund – kein Mehraufwand

3. Welche Vorgaben erhalten Sie für die Produktion? Halten Sie sich an die Systemvorgaben?

Antwort (01:44): beim ersten von vier Testtagen wurde der Taktplan eingehalten, in weiterer Folge, aufgrund der Witterungsverhältnisse, nicht mehr; es wird versucht, das Mischgut in den Schönwetterphasen – den Taktplan im Auge behaltend – so schnell wie möglich rauszumischen

4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden diese abgerufen.

Antwort (04:05): BPO-Live über Browser am PC (vorzugsweise Chrome)

5. Auf welchem Weg langen Bestellungen von der Baustelle ein? (Telefonisch? App? Mail?)

Antwort (04:24): Alle Bestellungen langen telefonisch auf der Mischanlage ein

- a. Zu welchem Zeitpunkt langen Bestellungen ein? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)

Monatsbestellung bildet das Grundgerüst – in einer kurzen Besprechung am

Montag wird die aktuelle Woche im Detail durchbesprochen – zu 90% passt diese

Bestellung – am Vortag wird dann endgültig fixiert was am nächsten Tag geschehen soll

b. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle vor dem Einbaustart?

Telefonisch

c. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle während des Einbaus?

Grundsätzlich telefonisch, jedoch während der aktuellen Testphase auch verstärkt per App, was prinzipiell reichen würde – Mischung aus beidem

d. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle vor dem Einbauende?

Während der Testtage per App – im Regelfall telefonisch (Durchsage welche Lkws unterwegs sind – Fehlergefahr groß)

6. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?

Antwort (06:57): in der Testphase wurde versucht die Lkws auseinanderzuhalten indem sie mit 10-15min Wartezeit beaufschlagt werden (entweder kommen die Fahrer in das Mischmeisterbüro, es wird per Täfelchen angezeigt oder sie stehen unter dem Silo ohne beladen zu werden)

a. Wird gezielt getaktet?

Ja, es wird versucht den „Knoten“ aufzulösen

b. Werden Lkws von anderen Baustellen zwischengereiht?

Es werden Lkws zwischengereiht, aber nur solche die auch schon im Tagesplan aufgeschienen sind – wer bestellt hat, bekommt auch etwas; es wird allerdings, unabhängig vom Taktplan, vom Mischmeister ein Mischplan erstellt und abgearbeitet; so kommt es dazu, dass Bestellungen die nicht zeitgerecht eingelangt sind, entweder gar nicht oder nur verzögert bearbeitet werden

Zusätzliche Aussagen

Grund für diskontinuierlichen Zulauf: 5-6 Lkws waren auf der Mischanlage und haben Pause gemacht; nach Ladebeginn wurde danach getrachtet die nächsten Lkws etwas schneller zu beladen, um an die Baustelle das Signal zu schicken, dass ab jetzt wieder mit (größerem) Zulauf zu rechnen ist; Erkenntnis: zurückfallen in alte Muster – bei Einhaltung des Taktes könnte ebenso mit dem Einbau begonnen werden; außerdem waren die Silos ausreichend gefüllt

It. Mischmeister könnte die Einbaupartie in diesem Fall schneller einbauen, wodurch aber wieder die Kontinuität leidet; Erkenntnis: Prozessdenken noch nicht zu 100% gegeben

Am ersten Testtag waren zu Beginn des Regens noch 200to Mischgut fertig gemischt in den Silos der Mischanlage – mangelnde Kommunikation (hat in diesem Fall nichts mit BPO zu tun – allgemeine Aussage); Einbindung einer genauen Wetterprognose sinnvoll

Auf der Mischanlage wäre sogar ein Anmeldeterminial vorgesehen. Mittels einer Scheckkarte erfolgt die Anmeldung und dem Fahrer wird im Anschluss mitgeteilt, zu welcher Beladestelle er fahren muss (und theoretisch auch wann); hat mit dem Schenk-System (Waage) funktioniert und wurde mit der Übernahme durch den Hersteller der Wiegesoftware nicht

mehr weiter bedient; Einwand Mischmeister: würde man einen Countdown anzeigen, würden die Lkw-Fahrer eher später als früher zur Beladung kommen und der Taktplan würde wieder über den Haufen geworfen werden

Anhang 11 – Interview Mischanlagenpersonal (hiQ) – A5 (Ö)

Anhang 11

Fragestellungen an das Mischanlagenpersonal

Allgemein

1. War die Integration des neuen Systems in die Mischanlage mit einem wesentlichen Aufwand verbunden?
Antwort (00:08): Kein wesentlicher Aufwand - wurde von der Firma Batsch durchgeführt
 - a. Wie wurde die Integration durchgeführt?
 Durchführung durch ein Systemupdate (Anmerkung: Wahrscheinlich per Fernwartung) der Firma Batsch, welches anschließend durch einen Mitarbeiter getestet wurde – ohne wesentliche Probleme verlaufen; kleines Problem mit den Rezeptnummern nach der Implementierung während der Testphase; es gab von Zeit zu Zeit eine Fehlermeldung im Batsch System, welche allerdings durch einen einfachen Mausklick entfernt/behoben werden konnte
2. Kommt es durch das hiQ-System zu Prozessveränderungen auf der Mischanlage?
Antwort (00:47): Es kommt zu keinen Prozessveränderungen – alles wie gehabt;
Anmerkung: System läuft im Hintergrund
 - a. Mehraufwand durch zusätzlichen Arbeitsschritt/automatische Integration?
Anmerkung: kein Mehraufwand
3. Welche Vorgaben erhalten Sie für die Produktion? Halten Sie sich an die Systemvorgaben?
Antwort (01:06): Es gibt keinen Taktplan; Anmerkung: Mischanlage wurde nicht aktiv in den Prozess mit dem neuen System eingebunden. Zum einen war die Ablehnung zunächst sehr groß, zum andern ist das System für die Anwendung in der Mischanlage noch nicht ausgereift
4. Über welche Zugänge zum System verfügen Sie bzw. über welche Endgeräte werden diese abgerufen.
Antwort (01:21): Die Mischanlage verfügt über keinen Zugang zum System; wenn die Mischanlage über einen Systemzugang verfügen würde, würde man diesen auch aktiv nutzen; Anmerkung: Zugang wäre über ein Gerät mit einem Browser (vorzugsweise Google Chrome) möglich; könnte demnach am PC aufgerufen werden; um sämtliche Beteiligten dazu zu bringen an einem Strang zu ziehen, darf ein wesentlicher Teilnehmer am Prozess zukünftig nicht mehr ausgegrenzt werden – nicht förderlich für die Akzeptanz
5. Auf welchem Weg langen Bestellungen von der Baustelle ein? (Telefonisch? App? Mail?)
Antwort (02:21): Deadline für Vorbestellung Donnerstag, 12:00 Uhr für die kommende Woche; Bestellungen kommen per E-Mail von den Baufirmen, damit ein Beleg über die Bestellung vorliegt – Vermeidung von Diskussionen

- a. Zu welchem Zeitpunkt langen Bestellungen ein? (Am Vorabend für den folgenden Tag?)

Deadline für Vorbestellung Donnerstag, 12:00 Uhr für die kommende Woche.

- b. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle vor dem Einbaustart?

am Vorabend wird über die Anzahl der Lkws, den Verladetermin und eine eventuelle Taktung gesprochen; je nach Baufirma kommt diese Information entweder vom Bauleiter oder Polier; (Anmerkung aus Gespräch vor dem Interview: kurz vor der ersten Beladung wird der Polier angerufen um Rücksprache zu halten, ob die Einbaupartie bereit für den Einbau ist)

- c. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle während des Einbaus?

Es wird laufend telefonisch kommuniziert (wie viele Lkws kommen zur Mischanlage, wie viele sind bereits beladen und unterwegs) und nicht nur für den Fall, dass Probleme auftauchen; Kommunikation um einen reibungslosen Ablauf aufrecht zu erhalten.

- d. Wie erfolgt die Kommunikation mit der Baustelle vor dem Einbauende?

Mit dem Polier wird vor dem Mischstart besprochen welche Menge er tatsächlich an dem Tag abruft. Des Weiteren wird darüber gesprochen welche Menge an Mischgut er „schwarz“ (d.h. vorgemischt) nimmt; auf dieses Ziel wird hingearbeitet, danach wird erneut kommuniziert um die Resttonnage abzustimmen; gesamte Kommunikation erfolgt telefonisch

6. Wie reagieren Sie auf einen Lkw-Rückstau (Rudelbildung)?

Antwort (07:57):

- a. Wird gezielt getaktet?

Wenn mit dem Polier eine Vereinbarung über die Taktung getroffen wurde und es auch möglich ist diese einzuhalten, dann wird diese auch eingehalten. Gibt der Polier die Anweisung, die Sattel so schnell wie möglich rauszuschicken, so gilt diese Anweisung.

- b. Werden Lkws von anderen Baustellen zwischengereicht?

Wenn für eine größere Baustelle vorgemischt wurde, dann werden für kleinere Baustellen Zwischenmischungen erstellt und verladen. Gibt es keine Vormischung und zusätzlich einen Rückstau, wird danach getrachtet, dass in etwa alle Abnehmer zu gleichen Teilen bedient werden. Es wird dennoch darauf geachtet, die Taktung bestmöglich einzuhalten. Ist das allerdings betriebsbedingt nicht mehr möglich, so kommen die Abnehmer abwechselnd an die Reihe.

Zusätzliche Aussagen:

Chatfunktion in einer App, wenn es bei kurzen Informationen bleibt, würde durchaus Anklang finden. Wenn ein Informationsfluss puncto Lkws oder Mischgut stattfinden würde wäre das kein Problem. Ist theoretisch vorstellbar. Kommunikation würde bei Anwendung eines digitalen Systems wahrscheinlich sowohl über die Chatfunktion in der App als auch Telefongesprächen laufen.

Endbestellvorgang über die App abzuwickeln wäre von Vorteil, wenn die App diese Mengenanpassungen aufzeichnet und abspeichert. Wenn es Aufzeichnungen über die gesamte Bestellhistorie gibt können Konflikte von vorne herein ausgeräumt werden. Für die Mischanlage ist es wichtig, dass die angeforderte Menge auch tatsächlich abgenommen wird (Abnahmegarantie) – wer bezahlt am Ende das überschüssige Mischgut. Gerade in Situationen in denen es ohnehin schon laut und stressig ist, wäre eine schriftliche Bestellung per App von Vorteil, um Missverständnissen bei der telefonischen Kommunikation vorzubeugen.

„Nutzen auf jeden Fall. Es wäre auf jeden Fall praktisch. Einfach aus dem Grund, weil man nachher eh weiß auch wo die Lkws sind. Auch wie sie retour kommen. Das ist halt praktisch. Die Kommunikation sehe ich zum Beispiel auch sehr praktisch“

Problematisch könnte das System werden, wenn mehrere Baustellen parallel das System anwenden. Mehrere Konversationen, mehrere Lkws gleichzeitig müssen gleichzeitig koordiniert werden.

Angesprochen auf die Verwendung bei einem Großprojekt, sprich die Mischanlage wird für andere Abnehmer gesperrt und bedient nur eine Baustelle: (10:28)

„Sehe ich eigentlich keine Nachteile, da sehe ich nur Vorteile“

Aussagen im Gespräch vor dem Interview:

Da es sich um eine Beteiligungsmischanlage handelt, befindet sich die Mischanlage im Spannungsfeld der Anteilseigner. Laut Angaben des Personals auf der Mischanlage mangelt es seitens der Bauleiter oftmals an der Fähigkeit die Bestellungen im Voraus untereinander entsprechend zu koordinieren. Es ist bekannt, dass die Mischanlage Maustrenk eine Maximalkapazität von ca. 100 t/h besitzt. Nicht selten kommt es jedoch vor, dass an einem Tag Bestellungen von den Eigentümern einlangen, welche diese Kapazität bei weitem übersteigen. Das sollte nicht der Fall sein, da es eine wöchentliche Bauleitersitzung gibt, um genau solche Themen zu diskutieren. Es mangelt laut der Mischanlage bei vielen Bauleitern an der notwendigen sozialen Kompetenz um solche Konfliktsituationen zu bewältigen. Des Weiteren wird auch davon berichtet, dass manche Poliere versuchen die Einbauleistung durch die Beistellung weiterer Lkws zu erhöhen, obwohl die nicht die Logistik, sondern die Kapazität der Mischanlage den beschränkenden Faktor darstellt. In diesen Fällen fehlt schlichtweg das Verständnis für den Gesamtprozess und auch das Verständnis, dass durch eine entsprechende Koordination zwischen den Firmen der Ablauf für alle Beteiligten effizienter gestaltet werden kann – die Kommunikation ist in dem Fall stark verbesserungswürdig.

Anhang 12 – Bautagesberichte (hiQ) – A5 (Ö)

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 1

Material:	AC 22 binder, Pmb, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	28.08.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	587,84 to	Menge:	624,46 to		
Einbauzeit:	09:00 - 17:57	Einbauzeit:	11:04 - 16:02		
Lkws:	7	Lkws:	7		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Einbaubeginn stark verzögert; Beginn erst um ca. 11:00 Uhr statt, wie geplant, um 09:00 Uhr - Begründung: Erschwernis beim Ansetzen an der Brücke; Einschulung am neuen Fertiger und Einstellarbeiten aufgrund des neuen Gerätes - mehr als 5 Lkws in der Warteschlange zum Einbaubeginn 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - aufgrund eines Unwetters hat die AMA Maustrenk keine Internetverbindung, dementsprechend können keine Lieferscheindaten über die Schnittstelle auf die Baustelle gelangen; sämtliche LFS müssen händisch über den AMA-Client eingegeben werden - schleppender Einbau, da ständig Einstellarbeiten am neuen Fertiger erforderlich sind (Bohle, Förderschnecke verkürzen, Bleche einstellen etc.) - Problem bei 2. Lage; Walzenfahrer hat die 1. Lage im Anschlussbereich seitlich zu dünn ausgewalzt - herausreißen der zuvor eingebauten Tragschicht im Anschlussbereich notwendig - Zeitverzögerung ca. 1 h - Zusätzliche Erschwernis - ein Mitarbeiter erleidet einen Arbeitsunfall; der Betroffene muss ins Krankenhaus zur Untersuchung wodurch sich die Einbauleistung verringert 				
Einbauende	- keine Aufzeichnungen				
System	<ul style="list-style-type: none"> - ein Tablet lässt keinen Login ins System zu - Abfrage API Serverinformation fehlgeschlagen - Bei einem Tablet musste Q-Asphalt deinstalliert und erneut Installiert werden, um die App zum laufen zu bringen - fehlende Möglichkeit in der Fertigeransicht die Tonnage des aktuell angedockten Lkws einzusehen - nur über Umweg "Abdocken" und "Abbrechen" möglich - Eingabe über den AMA-Client am Tablet nicht möglich (Darstellungsproblematik); nur über privates Handy möglich 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - Mitarbeiter sind mit der Fülle der Auswahlmöglichkeiten in der App überfordert - Angst davor eine falsche Aktion zu setzen (Fehlergefahr sehr groß) - Tonnage des aktuell angedockten Lkw muss ersichtlich sein, ohne eine Aktion setzen zu müssen - Prognose, welche Distanz mit der aktuellen Lkw-Ladung zurückgelegt werden kann wäre sinnvoll 				
Fazit	- eine permanente Eingabe über den AMA Client ist der Fertigerpartie nicht zumutbar, vor allem aufgrund der schlechten Darstellung und der Fülle an zu tätigen Eingaben; Systembetrieb wäre ohne eine Person, eigens abgestellt für die Eingabe in den AMA Client, nicht möglich gewesen				

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 2			
Material:	AC 22 binder, Pmb, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ
		Datum:	29.08.2017
Geplante Einbaudaten		Tatsächliche Einbaudaten	
Menge:	967,26 to	Menge:	932,35 to
Einbauzeit:	06:30 - 18:38	Einbauzeit:	07:34 - 17:28
Lkws:	8	Lkws:	6
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Einbaubeginn um ca. 1h verzögert; der Grund liegt vor allem in der fehlenden Motivation der Einbaupartie - AMA Maustrenk weiterhin offline - LFS-Daten müssen erneut über den AMA Client eingegeben werden 		
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - Kommunikationsbarrieren zwischen dem Einbaupolier und dem Bauleiter - Lkws eines Frächters sind frühzeitig auf der Baustelle eingetroffen - Fehler im Informationsfluss - erschwertes Ansetzen im Bereich der Brückenübergänge (FÜG, Mulden, falsche Höhe des Planums) erschwert den Arbeitsablauf (im System nicht sehr gut abzubilden) - Mittagspause (selbst initiiert) wird von 12:00 - 12:30 Uhr abgehalten, obwohl das im System nicht so vorgesehen war - 12:45 Uhr AMA Maustrenk defekt, ab 13:15 Uhr alle Lkws abgearbeitet - 14:33 Uhr 1. Lkw aus Markgrafneusiedl trifft ein; Erfassung der LFS erfolgt manuell in der App (zusätzliche Person notwendig) - 15:43 Uhr erneute, nicht geplante, Fertigerpause (selbst initiiert) 		
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - Prozedere: Korrektur der Restmenge auf 0,01 to; anschließendes Andocken eines fiktiven Lkws mit dieser Menge 		
System	<ul style="list-style-type: none"> - im AMA Client ist ein Tippfehler unterlaufen - kann dieser rückgängig gemacht werden? (3 to zu wenig um ca. 08:50 Uhr) - Korrektur des Tippfehlers wird über beabsichtigte "Falscheingabe" (3 to Mehrmenge um ca. 09:28 Uhr) korrigiert - fehlende Möglichkeit eine Fertigerpause zu einem gewünschten Zeitpunkt vorzugeben - kann eine Lkw-Ladung gesplittet werden, ohne im Anschluss den LFS erneut händisch erfassen zu müssen? 		
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - erneut gefordert: einfache Abfrage der Lademenge des aktuellen Lkws ohne mehrere Toucheingaben (die mitunter ein unbeabsichtigtes, frühzeitiges Abdocken des Lkws zufolge haben können) - Tablethalterung muss stabiler ausgeführt werden - wird im Betrieb und während des Umsetzens im Speziellen sehr starken Vibrationen ausgesetzt; könnte zum Bruch der Halterung oder Verlust des Tablets führen - Fehlende Möglichkeit "Einbauende" jederzeit aktivieren zu können 		
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Klärung: Durchführung - Produktionsplan: 01.01.2101 (Warum dieses Datum) - fehlende Motivation und Aufgeschlossenheit der Einbaupartie gegenüber dem neuen System verhindern eine angemessene Nutzung - System läuft nebenbei mit, es wird den Anzeigen jedoch nur sehr wenig Beachtung geschenkt; fehlende Daten der AMA tragen nicht zum Systemvertrauen bei 		

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 3

Material:	AC 22 binder, Pmb, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	30.08.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	460,05 to	Menge:	320,95 to		
Einbauzeit:	12:00 - 18:21	Einbauzeit:	13:44 - 19:48		
Lkws:	7	Lkws:	7		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Einbaustart stark verzögert; erster im System angedockter Lkw um 13:44 Uhr (Einbau hat jedoch auch schon davor stattgefunden) - Bestätigung von AMA: Internetverbindung ist nach dem Unwetter wieder aufrecht 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - Auftragsnummer wurde nicht eingegeben, daher kommen trotz gesendeter Daten der AMA keine LFS auf der Baustelle an, da sie vom System nicht zugeordnet werden können - es herrscht schlechter Empfang im Einschnitt, daher wird versucht, für die weitere Testphase einen mobilen Hotspot zu organisieren - Nachdem ein neues Projekt, inkl. Auftragsnummer, erstellt wurde funktioniert das System wie geplant; Testtag wird jedoch wegen fehlender Datenaufzeichnungen am Einbaubeginn aufgrund eines Planungsfehlers abgebrochen; die Tablets bleiben am Fertiger montiert und das System bleibt weiter in Betrieb; Ziel ist es, den Mitarbeitern die Möglichkeit zu geben, den selbstständigen Umgang mit dem System, in einer stressfreien Situation, zu erlernen 				
Einbauende	- keine Aufzeichnungen				
System	- es muss eine Fehlermeldung im Planungstool erscheinen, wenn einer derart essentielle Eingabe, wie die Auftragsnummer, fehlt (Projekt kann ohne Auftragsnummer nicht in Echtzeit ausgeführt werden, weil LFS-Daten nicht übermittelt werden können) - Planung darf so nicht abschließbar sein				
Input der Anwender					
Fazit	- Polier wirkt aufgrund des nun funktionierenden Systems interessiert - LFS kommen automatisch auf der Baustelle an; Mehraufwand für die Einbaupartie verschwindet zunehmend				

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 4 - Teil 1

Material:	AC 22 binder, Pmb, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	31.08.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	301,23 to	Menge:	231,48 to		
Einbauzeit:	07:00 - 10:07	Einbauzeit:	07:20 - 09:12		
Lkws:	6	Lkws:	6		
Einbaustart	- Einbaustart leicht verzögert ca. 07:20 Uhr				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - nachdem der erste Lkw eingebaut wurde, kommt es zu einer Unterbrechung aufgrund eines Defekts an der Förderschnecke des Fertigers - fehlender Zulauf - Vermutung: AMA oder Lkws kommen nicht mehr hinterher (tatsächlicher Grund: zweites Projekt wurde auf den Status "In Durchführung" gesetzt) - LFS müssen am Desktop "neu verarbeitet" werden - solche die jedoch bereits händisch erfasst wurden, dürfen nicht mehr zugewiesen werden, da sie sonst doppelt gebucht werden; betrifft die LFS L44719 - L44721 - nachdem die LFS fälschlicherweise trotzdem "neu verarbeitet" wurden, mussten sie vom Support auf 0,01 to gesetzt werden und durch "An- bzw. Abdocken" abgearbeitet werden - ungünstiger Tagesverlauf: nach dem Umsetzen muss der Fertiger an der Förderschnecke repariert werden, da sich Schrauben gelockert haben 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - Korrektur der Restmenge ist nur vor der letzten Beladung möglich (Anmerkung: wurde später im Zuge eines Updates geändert) - ab dem Zeitpunkt händischer LFS-Eingabe werden keine Daten mehr im Einbauplan aufgelistet, obwohl alle Daten ordnungsgemäß eingegeben wurden; folglich wird keine kumulierte Menge mehr berechnet; Wo sind diese Daten gelandet? Eingaben umsonst? 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - Grund für fehlende Lieferscheine: zwei Projekte am selben Tag mit gleicher Auftragsnummer ("In Durchführung") ermöglichen dem System keine eindeutige Zuordnung der LFS-Daten - wird ein Projekt erst nach der Beladung des ersten Lkws gestartet, so kommen diese LFS nicht auf der Baustelle an; sind auch nicht unter nicht zugewiesene LFS aufzufinden - manuelle Eingabe (Tonnage) wurde korrekt erledigt, beim Abdocken wird jedoch immer die voreingestellte Lademenge von 25 to angezeigt? Begründung? 				
Input der Anwender	- LFS müssen vom System erkannt werden, wenn Sie doppelt vorhanden sind - ungeachtet von Groß- oder Kleinschreibung				
Fazit					

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar. The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 4 - Teil 2

Material:	AC 22 binder, Pmb, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	31.08.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	1454,76 to	Menge:	Systemaufzeichnungen nicht brauchbar		
Einbauzeit:	13:00 - 18:52	Einbauzeit:	12:56 - 17:02		
Lkws:	6	Lkws:	14		
Einbaustart	- pünktlich				
Einbauverlauf	- geregelt				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - geregelt - Systemaufzeichnungen nicht brauchbar - es wird keine kumulierte Menge ausgegeben - laut Mitschrift 367,98 to eingebaut 				
System	- Systemaufzeichnungen nicht brauchbar - es wird keine kumulierte Menge ausgegeben				
Input der Anwender					
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - System funktioniert nicht zuverlässig - Klärung: 6 Lkws tatsächlich auf der Baustelle im Einsatz; welche Bedeutung haben die Lkws (W1 - W4, W8, E6, I7, U6) 				

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 5			
Material:	AC 22 binder, Pmb, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ Datum: 04.09.2017
Geplante Einbaudaten		Tatsächliche Einbaudaten	
Menge:	1024,89 to	Menge:	1069,50 to
Einbauzeit:	07:00 - 18:49 & 07:00 - 07:50	Einbauzeit:	07:54 - 18:45
Lkws:	6	Lkws:	7
Einbaustart	- Einbaustart verspätet; neue Partie muss auf das neue System eingeschult werden; zusätzlich muss sich die Partie auf dem neuen Fertiger einarbeiten		
Einbauverlauf	- Partie sehr motiviert den Einbau rasch und mit Hilfe des neuen Systems zu bewerkstelligen - geplanter Ablauf der einzelnen Flächen wird nicht eingehalten, stellt jedoch kein Problem dar (Gesamtmenge ändert sich nicht) 09:15 - 10:15 Uhr Umsetzungsvorgang (inkludiert erneutes händisches Ansetzen)		
Einbauende	- geregelt		
System	- Fragestellung: Wie wird die Geschwindigkeit berechnet? (lt. Rücksprache mit hiQ = Sollgeschwindigkeit; auf Basis welcher Daten wird diese berechnet?) - Zeitstempel (Einbaustart) kann am Tablet, durch Wischen vom rechten Tabletrand hinzugefügt oder entfernt werden; Sinnhaftigkeit fraglich, da zwischen dem Andocken und dem Einbaustart ohnehin wenig Zeit vergeht; wenn dann sollte die Erfassung eines derartigen Zeitstempels vom Planer bestimmt werden und nicht von der Fertigerpartie		
Input der Anwender	- Lkw-Kennzeichen sollte in größerer Schrift und Großbuchstaben dargestellt werden; LFS-Nummer ist im Moment des Andockens von geringer Bedeutung, das Lkw-Kennzeichen stellt jedoch die essentielle Information für den Systembediener dar		
Fazit	- schnellere Fertigstellung als geplant - Partie arbeitet bereits vom ersten Tag an aktiv mit dem System		

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 6

Material:	AC16 trag 70/100 T3G5 RA15 AC11 deck PmB 45/80, A2,G3	System:	hiQ	Datum:	05.09.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	339,71 to / 57,40 to	Menge:	331,23 to / 48,78 to		
Einbauzeit:	07:30 - 16:38	Einbauzeit:	08:07 - 16:28		
Lkws:	4	Lkws:	6		
Einbaustart	- Einbaubeginn leicht verzögert				
Einbauverlauf	<p>- geregelt</p> <p>- eine Teilentladung eines Lkws ist derzeit nicht praktikabel einzugeben (Wechsel von Rampe 1 auf Rampe 2); in der Praxis wird ein entsprechender Lkw entweder der einen oder der anderen Einbaustelle zugeordnet</p> <p>Vorschlag: Nach einer Teilentladung bleibt der entsprechende Lkw weiterhin in der Liste der Lkws und wird an die erste Stelle gereiht um nach dem Wechsel der Einbaustelle erneut andockt zu werden</p> <p>- Materialwechsel funktioniert nach der Eingabe des letzten Lkws mit Material 1 automatisch, jedoch wird kurze Zeit später eine Restmenge von -273,83 to ausgewiesen (= -331,23to + 57,40 to); entzieht sich jeglicher Logik</p>				
Einbauende	<p>- passt man die Einbaumenge nicht vor dem Andocken des letzten Lkws auf die exakte Lademenge dieses Lkws an, so muss danach ein Lkw mit Lademenge 0,01 to andockt werden (geringste Lademenge); weder erscheint diese Vorgehensweise logisch noch ist sie sinnvoll, da die Einbaudaten verfälscht werden</p> <p>- Beachtet man jedoch diese Vorgehensweise, so funktioniert das Einbauende reibungslos</p>				
System	- Online Client (Gesamtübersicht) zeigt gesamte bestellte Menge an, obwohl es sich um verschiedene Materialien handelt; verwirrend, da Q-Asphalt zunächst nur die Gesamtmenge des ersten Materials anzeigt - vereinheitlichen				
Input der Anwender	- Einbauende mit 0,01 to damit man zum Einbauende gelangt erscheint nicht logisch				
Fazit					

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 7

Material:	AC22 binder, PmB, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	06.09.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	960,26 to	Menge:	786,13 to		
Einbauzeit:	07:00 - 18:41	Einbauzeit:	07:30 - 16:25		
Lkws:	7	Lkws:	8		
Einbaustart	- Einbaubeginn leicht verzögert (Grund nicht verifizierbar), ansonsten jedoch reibungsloser Anlauf der Baustelle				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - geregelt, jedoch ist die Anzahl der Lkws für einen kontinuierlichen Einbau zu gering gewählt; mit dem Systemvorschlag von 9 Lkws wäre ein wirtschaftlicher Einbau möglich (Vorgabe seitens der Bauleitung war jedoch mit 7 Lkws zu planen) - während des Einbaus sind zwei Tablethalterungen aufgrund der Dauerbeanspruchung durch die starken Vibrationen gebrochen (Bruchstellen: Kugelgelenk, Schiebeverbindung) 				
Einbauende	- geregelt				
System	<ul style="list-style-type: none"> - Systemupdate wurde durchgeführt: Restmenge und Gesamtmenge können jetzt zu jedem beliebigen Zeitpunkt angepasst werden; Lkws werden in der Liste entsprechend hinzugefügt oder weggenommen; funktioniert im Testbetrieb problemlos - nach dem Andocken fehlt die LFS-Nummer in der Lieferscheinansicht; Warum? 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - Schriftgröße beim Lkw-Kennzeichen wurde im Zuge des Updates nicht umgestellt - eine Option zur Teilentladung fehlt auch nach dem Update weiterhin 				
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Woher kommt die Differenz zwischen Einbauplan und Produktionsplan in Bezug auf die Menge? (Produktionsplan 794,11 to, Einbauplan 786,13 to) - Einbaupartie gewinnt zunehmend an Vertrauen in das System; läuft sehr stabil 				

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 8

Material:	AC22 binder, PmB, 25/55-65, H1, G4 AC22 binder, PmB 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	07.09.2017
Geplante Einbaudaten		Tatsächliche Einbaudaten			
Menge:	905,91 to / 179,18 to	Menge:	Systemaufzeichnungen nicht brauchbar		
Einbauzeit:	07:00 - 18:28	Einbauzeit:	07:19 - ??:??		
Lkws:	9	Lkws:	7		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Einbaubeginn leicht verzögert; Fertiger nicht in Position, jedoch ist der notwendige Zulauf auch nicht gegeben (nur 2 Lkws um 07:20 Uhr auf der Baustelle eingetroffen) - System will zuerst vollständig das Material 25/55-65 einbauen, dann erst 45/80-65; genau diesen Umstand sollte die Planung in Linienform verhindern 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - geregelt, jedoch ist die Anzahl der Lkws für einen kontinuierlichen Einbau zu gering gewählt; 6 Lkws sind dauerhaft, 1 Kranwagen sporadisch im Einsatz; mit dem Systemvorschlag von 9 Lkws wäre ein wirtschaftlicher Einbau möglich; Stillstände erwartet - Materialwechsel funktioniert zunächst nicht, da dieser im Einbauplan erst einen Lkw später vorgesehen ist; System muss automatisch erkennen, dass es bei der Anlieferung eines neuen Materials umschalten muss; im Anschluss schaltet das System automatisch um, jedoch wird als Gesamtmenge des Materials 45/80-65, 157 to anstatt 179 to geplante Menge ausgewiesen; Begründung? Die Restmenge wird nach Erreichen der Einbaumenge als negativer Wert ausgewiesen, sprich die Materialumstellung wurde erneut nicht erkannt. Danach wird erneut automatisch auf die korrekte Gesamtmenge des Materials 45/80-65 umgestellt, jedoch wird auch das bereits eingebaute Material 25/55-65 hinzugerechnet, folglich wird die Restmenge erneut negativ ausgewiesen. Später wird die Gesamtmenge erneut auf 169 to korrigiert. Begründung? 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - bei einer noch ausstehenden Menge von ca. 350 to werden keine Lkws mehr nachgereicht; beim Versuch den nächsten Lkw, mittels Auswahl aus der Liste, einzugeben wird versehentlich "Einbau Ende" gedrückt (sehr schwer von Andocken/Abdocken zu unterscheiden) - System lahmgelegt, da die Eingabe auch vom Support nicht rückgängig gemacht werden kann 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - während des gesamten Einbaus wurden keine Anpassungen an der Restmenge vorgenommen; System kommt offensichtlich mit dem mehrmaligen Materialwechsel nicht zurecht - System muss je nach angeliefertem Material auf die jeweilige Restmenge wechseln 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - Andocken/Abdocken als Wort zu ähnlich; farbliche/symbolische Gestaltung forcieren - in LFS Ansicht sollte ersichtlich sein, welches Material der jeweilige Lkw geladen hat - es muss die Möglichkeit geschaffen werden jede Aktion auch rückgängig zu machen (nach dem Vorbild anderer Softwarelösungen) da eine falscher Toucheingabe die gesamte Dokumentation eines Einbautages zunichtemacht 				
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - das System ist derzeit noch nicht in der Lage mehrmalige Materialwechsel korrekt abzuwickeln 				

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 9			
Material:	AC22 binder, PmB, 25/55-65, H1, G4	System:	hiQ
		Datum:	08.09.2017
Geplante Einbaudaten		Tatsächliche Einbaudaten	
Menge:	806,39 to	Menge:	612,80 to
Einbauzeit:	07:00 - 15:18	Einbauzeit:	07:10 - 13:55
Lkws:	7	Lkws:	8
Einbaustart	- nach dem Systemstart wird eine falsche Einbaumenge ausgewiesen; 92 to (4 Lkws) statt geplanter 806,39 to		
Einbauverlauf	<p>- 07:29 Uhr Gesamtmenge wird automatisch auf 175 to korrigiert; Woher kommt dieser Wert?</p> <p>- da die Gesamtmenge nicht korrekt ist, wird eine Änderung der Menge auf 600 to vorgenommen; Fertigeransicht übernimmt diese Änderung nicht, Online Client jedoch schon</p> <p>- Vermutung über die Ursache für die falsche Einbaumenge und Endzeit: ein LFS befindet sich nach dem missglückten Einbauende des Vortages noch in der Warteschleife und senkt somit die prognostizierte Tagesleistung; das vorraussichtliche Einbauende wird nach hinten verschoben; Update: Vermutung durch hiQ bestätigt und behoben</p> <p>- 08:30 Uhr Einbaumenge wird automatisch auf ursprünglich geplante Menge hochkorrigiert, obwohl bereits zuvor eine manuelle Korrektur auf 600 to vorgenommen wurde; Anpassung der Menge wurde vom System nicht übernommen oder nicht orrekt durchgeführt.</p>		
Einbauende	- funktioniert sowohl über Korrektur der Restmenge, als auch über den zusätzlichen Einbau problemlos		
System	<p>- LFS mit gleicher LFS-Nummer doppelt im Einbauplan (Aufteilung? Warum?) -> Split Paving</p> <p>- Arbeitsende im Projektkopf 11.09.2017, 14:36 Uhr; Warum?</p> <p>- System berechnet neues Arbeitsende: 09.09.2017, 02:09 Uhr; Uhrzeit liegt außerhalb der Arbeitszeit</p> <p>- trotz Andockens wird der LFS in der LFS-Ansicht nicht schwarz dargestellt bzw. keine Entladezeit vermerkt</p> <p>- 12:30 Uhr Online-Client und Fertigeransicht unterscheiden sich im Zulauf, gelieferter Menge und Einbaumenge</p>		
Input der Anwender	- LFS die sich vom Vortag, aus welchem Grund auch immer, noch in der Warteschleife befinden müssen aus dem System ausgeschieden werden (Zeitfenster definieren)		
Fazit	- Vertrauen in das System, aufgrund des unverständlichen Systemsverhaltens, erneut geschwächt		

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 10+11

Material:	AC22 binder, PmB, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	11+12.09.17
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	1400 to / 863,2 to	Menge:	1163,18 to / 1043,70 to		
Einbauzeit:	07:00 - 18:49 & 07:00 - 14:13	Einbauzeit:	07:22 - 17:19 & 08:14 - 17:08		
Lkws:	8	Lkws:	8		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Tag 1</u>: Einbaubeginn leicht verzögert (3 Lkws in Warteschlange) - 3 Lkws in Warteschlange sind vertretbar; Start optimal ohne ins Stocken zu geraten - <u>Tag 2</u>: erneutes Ansetzen wegen 10m fehlender Strecke vom Vortag notwendig; diesem Umstand wurde jedoch in der Bestellung der Lkws nicht Rechnung getragen, daher stehen zum Einbaubeginn 5 Lkws in der Warteschlange 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Tag 1</u>: Ablauf optimal, da zwei Walzen auch für die entsprechend notwendige Verdichtung sorgen - Einbau muss aufgrund von Regen am Nachmittag unterbrochen werden; Abbruch und erneuter Anlauf benötigen eine Zeit von ca. 1,5 h - <u>Tag 2</u>: Die eingebaute Menge stimmt nicht mit der gelieferten Menge überein, obwohl nachweislich alles eingebaut wurde. Wo ist die Differenzmenge? - Einbau funktioniert für den Rest des Tages problemlos 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Tag 1</u>: geregelt über Korrektur der Restmenge; verbleibende Menge wird problemlos auf den nächsten Einbautag verschoben - <u>Tag 2</u>: geregelt über Korrektur der Restmenge 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Tag 1</u>: App schlägt zu Beginn eine Einbaumenge von ca. 1550 to für den ersten Einbautag vor - Arbeitsende ca. 21:00 Uhr (außerhalb der vorgegebenen Arbeitszeit) - >60 Lkw-Anlieferungen - nachdem der erste Lkw abgeladen wurde, schlägt das System eine Einbaumenge von ca. 1400 to für den Ersten Einbautag vor - Arbeitsende ca. 20:00 Uhr - <60 Lkw-Anlieferungen - <u>Tag 2</u>: Planmenge für den 2. Einbautag wird aufgrund der Planmenge des 1. Einbautages berechnet, obwohl diese nicht tatsächlich eingebaut wurde; es sollte eine dynamische Anpassung auf die Differenzmenge stattfinden 				
Input der Anwender					
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - Bauleitung gewinnt zunehmend Vertrauen in das System; auf Systemempfehlung wurde für die aktuelle Einbauwoche ein zusätzlicher Lkw geordert (8 Lkws statt 7 Lkws) 				

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 12

Material:	AC22 binder, PmB, 45/80-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	13.09.2017
Geplante Einbaudaten		Tatsächliche Einbaudaten			
Menge:	1091,34 to	Menge:	1115,48 to		
Einbauzeit:	07:00 - 17:43	Einbauzeit:	07:36 - 17:32		
Lkws:	7	Lkws:	8		
Einbaustart	- Einbaubeginn um ca. 30 min verzögert				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - geregelt und kontinuierlich - Umsetzungsvorgang auf Achse wird wie geplant durchgeführt (durch definiertes Offset in der Planung) - 15:10 Uhr 2 LFS kommen nicht auf der Baustelle an (L45192+L45193); auch nicht in den nicht zugewiesenen LFS zu finden - händische Eingabe am Tablet erfolgt - Update: weiters kommt es bei den LFS mit der Endung 194, 195, 197 und 190 zu Problemen 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - System funktioniert auf den ersten Blick zum Einbauende hin wieder ordnungsgemäß, jedoch ist die gesamte Einbaumenge, im Vergleich zur Gesamtübersicht der AMA, zu hoch - Vermutung, es könnte sein, dass LFS von Lkws welche für die Baustelle bestimmt waren, jedoch nicht von der betreuten Partie eingebaut worden sind, aus Unachtsamkeit dennoch "eingebaut" wurden (zwischenzeitliche Verwirrung) - unbedingt separate Auftragsnummern verwenden 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - nachdem 2 LFS nicht angekommen sind, werden die weiteren LFS wieder ordnungsgemäß empfangen, jedoch scheinen sie in der Straßenfertigeransicht nicht direkt auf (müssen beim Andocken aus der Liste gesucht werden); sowohl in der LFS-Ansicht, als auch im Online-Client werden sie jedoch angezeigt - laut Mischanlage liegen keine Fehlermeldungen oder ein kurzzeitiger Internetausfall vor - nach einer händischen Eingabe eines LFS kommt es gelegentlich vor, dass beim Abdocken dieses Lkws keine LFS-Nummer angezeigt wird und die zuvor eingegebene Tonnage flasch ist 				
Input der Anwender					
Fazit	- System läuft über weite Strecken ordnungsgemäß, kleine Probleme führen jedoch zu massiver Verunsicherung aller am Einbau beteiligten Personen, sodass 100%iges Vertrauen derzeit noch nicht aufgebaut werden kann.				

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 13

Material:	AC22 binder, PmB, 25/55-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	14.09.2017
Geplante Einbaudaten (2 Fertiger)		Tatsächliche Einbaudaten (2 Fertiger)			
Menge:	1807,05 to	Menge:	1289,44 to (nicht plausibel)		
Einbauzeit:	07:00 - 19:47	Einbauzeit:	07:17 - 14:46 (nicht plausibel)		
Lkws:	8	Lkws:	13		
Einbaustart	- beide Fertiger sind mit dem System bestens vertraut und starten problemlos in den Tag				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - Fertiger 1: L45212 wird trotz richtigen Andockens mit 28,06 to angezeigt, obwohl dieser Lkw nachweislich (lt. LFS) nur 20,14 to geladen hat; Beweis: ein 4-Achser ist nicht in der Lage, die vom System angezeigte Menge zu laden; zu beachten: tatsächlich war ein Lkw mit 28,06 to zu diesem Zeitpunkt im Umlauf; Wie kommt es zu dieser Verwechslung? - Rücksprache mit hiQ ergibt, dass der Fehler seitens der Mischanlage zu suchen sei (erscheint nicht plausibel, da die Schnittstelle dort vollautomatisch funktioniert) - Fertiger 2 arbeitet eigenständig; Fertiger 1 wird nach längerer Systemanwendungspause betreut - nach einer unglücklichen Gesamtmengenkorrektur müssen alle Lkws über den Fertiger 2 abgefertigt werden (Dokumentation der Einbaumenge bleibt somit vollständig); die Sinnhaftigkeit ist zu hinterfragen; später führt eine "Doppelbuchung" dazu, dass keine LFS mehr durchkommen - Planungsfehler (Anpassung während des Tages) seitens der Bauleitung führt dazu, dass ca. 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - am Tagesende werden alle LFS des Fertiger 1 mit dem Tablet des Fertiger 2 mit dem Vermerk (175°C) gebucht, um eine Zuordnung möglich zu machen - abrupter Abbruch aufgrund eines aufziehenden Sturmes 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - Nachteil: trotz separatem Login sind für jede Partie beide Fertiger sichtbar (Verwechslungsgefahr); Fragestellung: Wozu ist dann der separate Login erforderlich, wenn alle Nutzer über sämtliche Rechte verfügen? - System ist für gemeinsamen Einbau konzipiert; Zulauf wird nicht separat angezeigt, damit sind viele Vorteile für die Einbaupartie dahin (Umsetzung zugegebenermaßen schwierig) - Korrektur der Gesamtmenge auf einem Fertiger ändert diese auf beiden Fertigern, mit der Konsequenz, dass ein Fertiger als nächste Aktion "Einbau Ende" aktiviert hat 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - die beiden Einbaupartien müssen unabhängig voneinander arbeiten können (Wozu dient der separate Login?) - gesetzte Aktionen (z.B. Einbauende) müssen unbedingt rückgängig gemacht werden können 				
Fazit	- wenn nicht jemand abgestellt ist, der sich intensiv mit der Bedienung des Systems auseinandersetzt, wird die digitale Unterstützung bei einem derartigen Einbauverlauf sehr schnell verworfen werden				

Bautagesbericht A5 - Baulos 3 - EBT 14

Material:	AC22 binder, PmB, 25/55-65, H1, G4	System:	hiQ	Datum:	15.09.2017
Geplante Einbaudaten (2 Fertiger)			Tatsächliche Einbaudaten (2 Fertiger)		
Menge:	1444,54 to	Menge:	keine kumulierte Menge ausgewiesen		
Einbauzeit:	07:00 - 14:58	Einbauzeit:	07:23 - 15:32		
Lkws:	11	Lkws:	12		
Einbaustart	- geregelt, Fertiger 1 arbeitet den, durch den Abbruch am Vortag verursachten Rest, am Morgen noch ab und wechselt danach die Einbaustelle (gemeinsamer Einbau)				
Einbauverlauf	- geregelt, jedoch zum Ende hin nicht durchschaubar; versehentliche Eingabe kann nie ausgeschlossen werden				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - Restmenge wird noch oben korrigiert, beide Fertiger übernehmen einen Anteil - am Ende bleiben 3,16 to beim Fertiger 1 stehen (theoretisch fehlt 1 Lkw mit dieser Menge); ohne Zutun wird diese Menge dann auf 0,00 to gesetzt und dem Fertiger 2 zugewiesen; Warum? - Restmenge 22,49 to vorhanden, jedoch kein Lkw mehr gelistet (weil <25to Durchschnittsmenge) - MI 2XX EN konnte nicht mehr angedockt werden; System eigenständig auf "Einbauende"? 				
System	- Wie erkennt das System, dass die ausstehenden 3,16to dem Fertiger 2 zuzuweisen sind?				
Input der Anwender	- Rückgängig-Button muss unbedingt geschaffen werden; Einbauende ist unumkehrbar - letzter Lkw wird nicht im System abgebildet - Person welche die Einbaudaten im Büro weiterverarbeitet weiß nicht über den Einbauverlauf Bescheid und somit sind Ungereimtheiten sind vorprogrammiert				
Fazit	- System läuft weitestgehend ordnungsgemäß, einen vollständigen Einbautag ohne kleinen Fehler gab es jedoch bis dato nicht.				

Anhang 13 – Bautagesberichte (BPO) – A44/A46 (D)

Bautagesbericht A44/A46 - EBT 1

Material:	SMA 8 S Gw 25/55-55 A	System:	BPO	Datum:	17.07.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	2683 to	Menge:	2593 to		
Einbauzeit:	19:30 - 02:47	Einbauzeit:	19:27 - 04:11		
Lkws:	34	Lkws:	36		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Einbaubeginn pünktlich - etwa 5 Lkws warten vor der Kolonne bevor der Einbau tatsächlich beginnt 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - geregelt - nach dem pünktlichen Beginn verläuft der Einbau langsamer als geplant; der Rückstand kann nicht mehr aufgeholt werden und vergrößert sich bis zum Einbauende hin kontinuierlich- Belieferung von 2 Mischanlagen läuft problemlos - tendenziell warten zuviele Lkws vor dem Fertiger - durchschnittlich etwa 10 Lkws; langsamer Einbau verschärft das Problem - erst im letzten Einbaudrittel entspannt sich die Lage, bis um etwa 3 Uhr kurzzeitig kein Lkw mehr auf der Baustelle ist 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - als Folge des langsameren Einbaus verlängert sich die Einbauzeit um etwa 2,5h - Einbauende geregelt; Endbestellung läuft allerdings nicht über die App, sondern wird klassisch per Telefon abgewickelt 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - funktioniert einwandfrei - 1 Person fungiert als Einweiser im Vorfeld (markiert das Eintreffen der Lkws auf der Baustelle im System und fäldelt die Lkws vor den Beschickern auf) - 1 Person bedient 2 Tablets an den Beschickern um den Entladevorgang im System abzubilden (für jede Kolonne jeweils ein Gerät) 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - manche Lkws fahren bereits im Vorfeld durch das Geofence und werden somit automatisch als "auf der Baustelle eingetroffen" markiert - Geofence kleiner machen - man muss sehr darauf Acht geben, dass man die Lkws dem richtigen Fertigern zuordnet; <p>Anmerkung: beide Tablets sind auf einem Beschicker montiert, wodurch der Vorgang etwas unübersichtlich wird</p>				
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - System funktioniert zu 100% einwandfrei 				

Bautagesbericht A44/A46 - EBT 2

Material:	SMA 8 S Gw 25/55-55 A	System:	BPO	Datum:	18.07.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	3011 to	Menge:	2416 to		
Einbauzeit:	19:30 - 00:46	Einbauzeit:	19:28 - 03:03		
Lkws:	50	Lkws:	46		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Lkws treffen früher auf der Baustelle ein als geplant - Beschicker haben sehr viel Puffermasse, daher müssen einige Lkws auf der Baustelle eingetroffen sein, bevor mit dem Einbau begonnen werden kann - 11 Lkws warten vor der Kolonne bevor der Einbau tatsächlich beginnt - zu viele - tats. Einbaubeginn um 19:53 Uhr, weil ein Fertigerfahrer zu spät auf der Baustelle erschienen ist 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - Rückstand zu Beginn bereits 6% - Rückstand bleibt zunächst über den Einbauverlauf in etwa konstant; im letzten Viertel des Einbaus steigt der Rückstand an, weil es zu Problemen im Zulauf kommt - Belieferung von 2 Mischanlagen läuft problemlos - einmal vorhandener Rückstand kann bei planmäßigem Einbau nicht mehr aufgeholt werden - beim Verlassen der Baustelle um etwa 23:15 Uhr stehen ca. 15 Lkws auf der Baustelle in der Warteschlange - um etwa 01:45 Uhr kommt es zu einem kurzen Einbruch im Zulauf - vermutlich aufgrund der vorgeschriebenen Pausen der Lkws 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - verspätet und mit geringerer Einbaumenge als geplant; nicht anwesend - lt. Berichten Einbauende geregelt; Endbestellung läuft allerdings nicht über die App, sondern wird klassisch per Telefon abgewickelt 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - funktioniert grundsätzlich einwandfrei - 3 Lkws mussten jedoch manuell ins System eingegeben werden, offensichtlich Probleme mit der Schnittstelle - 1 Person fungiert als Einweiser im Vorfeld (markiert das Eintreffen der Lkws auf der Baustelle im System und fädelt die Lkws vor den Beschickern auf) - 1 Person bedient 2 Tablets an den Beschickern um den Entladevorgang im System abzubilden (für jede Kolonne jeweils ein Gerät) - 1 Tablet (Farbe: schwarz) überhitzt aufgrund der starken Sonneneinstrahlung 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - manche Lkws fahren bereits im Vorfeld durch das Geofence und werden somit automatisch als "auf der Baustelle eingetroffen" markiert - Geofence kleiner machen - Lkws treffen tendenziell zu früh ein - Anfahrtszeit verkürzen - man muss sehr darauf Acht geben, dass man die Lkws dem richtigen Fertiger zuordnet; <p>Anmerkung: beide Tablets sind auf einem Beschicker montiert, wodurch der Vorgang etwas unübersichtlich wird</p>				
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - System macht das, was es soll - selbst die Eingabe nicht automatisch übermittelter Lieferscheine funktioniert ohne Probleme 				

Bautagesbericht A44/A46 - EBT 3

Material:	AC 32 T S K RA 30/45	System:	BPO	Datum:	19.07.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	3664 to	Menge:	3464 to		
Einbauzeit:	19:30 - 03:27	Einbauzeit:	20:11 - 04:03		
Lkws:	43	Lkws:	51		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Einbaubeginn etwa 40 min verspätet; Grund nicht bekannt; nicht anwesend - aus dem Einbauprotokoll ist ersichtlich, dass zum Zeitpunkt des Einbaustarts etwa 20 Lkws auf der Baustellen warten 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - geregelt - konstant hinterherhinkend bis zum geplanten Umsetzungsvorgang - aufgrund des stark verspäteten Einbaubeginns befinden sich um etwa 20:30 Uhr etwa 30 Lkws auf der Baustell; diese werden jedoch sukzessive abgearbeitet - Planung sieht zwei Einbauabschnitte, mit einer Einbauunterbrechung von 1 h für das Umsetzen vor; tatsächlich kommt es zu keiner Einbauunterbrechung, sondern es wird gestaffelt umgesetzt und der Einbau erfolgt mehr oder weniger kontinuierlich - kein Leistungseinbruch erkennbar - aufgrund des zu großzügig geplanten Umsetzungsvorgangs kann der Rückstand vom Beginn in einen Vorsprung gegenüber der Planung umgewandelt werden (Fehleinschätzung in der Planung) - im letzten Drittel der Einbauzeit bricht der Zulauf ein, wodurch es im letzten Viertel der Einbauzeit erneut zu einem Rückstand gegenüber der Planung kommt - aufgrund erschwelter Zufahrt zur Einbaustelle (Rangieren) kommt es zu einem kurzzeitigen 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - verspätet und mit geringerer Einbaumenge als geplant - Einbauende geregelt; Endbestellung läuft allerdings nicht über die App, sondern wird klassisch per Telefon abgewickelt 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - funktioniert einwandfrei - selbst von 3 Mischanlagen - 1 Person fungiert als Einweiser im Vorfeld (markiert das Eintreffen der Lkws auf der Baustelle im System und fäldelt die Lkws vor den Beschickern auf) - 1 Person bedient 2 Tablets an den Beschickern um den Entladevorgang im System abzubilden (für jede Kolonne jeweils ein Gerät) - Anpassungen beim Geofence und bei der Anfahrtszeit haben zu den gewünschten Effekten geführt - kein verfrühtes Eintreffen und kein versehentliches Einfahren in den Geofence mehr 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - man muss sehr darauf Acht geben, dass man die Lkws dem richtigen Fertignern zuordnet; Anmerkung: beide Tablets sind auf einem Beschicker montiert, wodurch der Vorgang etwas unübersichtlich wird - Planung in zwei Abschnitten hat nicht zum gewünschten Ergebnis geführt (Fehleinschätzung) - besser einen durchgängigen Abschnitt planen 				
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - System funktioniert zu 100% einwandfrei 				

Anhang 14 – Bautagesberichte (BPO) – S6 (Ö)

Bautagesbericht S6 - ARGE Massenbergl - EBT 1

Material:	AC 22 binder, Pmb, 45/80-65, H1, RA20 AC 32 binder, Pmb, 45/80-65, H1, RA20	System:	BPO	Datum:	03.10.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	458 to / 498 to	Menge:	457,7 to / 529,74 to		
Einbauzeit:	07:00 - 17:15	Einbauzeit:	07:02 - 15:34		
Lkws:	8	Lkws:	8 dauerhaft, 2 für je einen Umlauf		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Einbaustart pünktlich & reibungslos - System läuft von Beginn an wie geplant 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - für den Einbau der Tieferfräsung waren 2h veranschlagt, jedoch war der Einbau nach etwa 1h erledigt; Folge: Projekt eilt der Planung voraus - Planung wurde abschnittsweise vorgenommen, daher ist es wichtig beim Materialwechsel auch den Abschnitt zu wechseln - nach der geplanten Einbauunterbrechung (Umsetzen zwischen Abschnitt 1 u. 2) wechselt das System automatisch auf den nächsten Abschnitt bzw. wird erkannt, dass das neue Material einem anderen Abschnitt zuzuordnen ist. ACHTUNG: wenn ein Abschnitt nicht vollständig bis zur geplanten Menge eingebaut wird, wechselt das System wieder auf diesen, noch nicht abgeschlossenen Abschnitt zurück, wenn das entsprechende Material wieder verfügbar ist. hier: System wechselt nach Abschnitt 2 erneut in den Abschnitt 1, da in diesem noch 3 to AC22 fehlen - Achtung Abschnittswechsel nicht vergessen 				
Einbauende	<ul style="list-style-type: none"> - Einbau wird aufgrund von Regenfällen frühzeitig abgebrochen; trotz des frühzeitigen Abbruchs wurde die geplante Tagesstrecke erreicht, jedoch das Streckenziel um 58m verfehlt - massiver Mehrverbrauch - Anpassung der Menge über "Verladene Menge" funktioniert einwandfrei 				
System	<ul style="list-style-type: none"> - Problem: AMF kann am Desktop keine zusätzlichen Lkws hinzufügen (notwendig, da 2 Lkws nur einen Umlauf am Morgen fahren) 8 Lkws verbleiben wie geplant bei der Baustelle; hinzufügen ist am Tablet zunächst möglich, jedoch muss ein erneuter Login vorgenommen werden, um einen weiteren Lkw hinzufügen zu können; Grund ist auch nach Rücksprache mit Hr. Volz nicht eruierbar - es wurde nicht dynamisch nachgetaktet. Aufgrund des schnellen Voranschreitens des Projekts wäre das aber sinnvoll gewesen. AMF Taktplan wies lange Wartezeiten aus, um wieder auf die Soll-Kurve zurückzukommen; Folge: Taktplan wurde nicht mehr eingehalten 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - Stehzeiten der Lkws außerhalb von Baustelle oder Mischanlage sollen ersichtlich sein (dafür müssen allerdings die GPS-Daten der Lkws aufgezeichnet werden) - sowohl in der Planungsansicht, als auch in der Mischanlagenansicht wird die kumulierte Menge des jeweiligen Materials angezeigt, sinnvoller wäre es jedoch die Materialmenge abschnittsweise darzustellen; ohne zusätzliche Kommunikation weiß die Mischanlage nicht, dass am Morgen nur 46 to von geplanten 458 to AC22 gemischt werden müssen !Fehlerquelle! 				
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - einfache Handhabung (intuitiv), bis auf die Tatsache, dass das hinzufügen neuer Lkws nicht reibungslos vonstatten ging, läuft das System ohne Probleme. - alle Beteiligten sind motiviert und sehen einen Vorteil in der Nutzung des Systems - Kommunikation läuft fast ausschließlich über Tablet; Dokumentation ebenso 				

Bautagesbericht S6 - ARGE Massenberg - EBT 2

Material:	AC 22 binder, Pmb, 45/80-65, H1, RA20 AC 32 binder, Pmb, 45/80-65, H1, RA20	System:	BPO	Datum:	03.10.2017
Geplante Einbaudaten			Tatsächliche Einbaudaten		
Menge:	712 to / 501 to	Menge:	757,2 to / 524,4 to		
Einbauzeit:	06:45 - 16:36	Einbauzeit:	07:00 - 15:52		
Lkws:	9	Lkws:	9		
Einbaustart	<ul style="list-style-type: none"> - Einbaubeginn pünktlich, obwohl Mischanlage für ca. 30-45min ausgefallen war und daher mit der Produktion hinterherhinkt - Auswirkungen auf die Baustelle jedoch gering, da zu Beginn am Brückenübergang eine Mulde aufzufüllen ist - im Einbauplan hängt die Baustelle jedoch hinten nach - dyn. Taktanpassung vorgenommen 				
Einbauverlauf	<ul style="list-style-type: none"> - ein Lkw mit AC32 wird in den Abschnitt 1 eingebaut, jedoch als Abschnitt 2 gebucht; Erkenntnis: es ist möglich das System zu überstimmen und ein nicht geplantes Material einem Abschnitt zuzuordnen - ein Lkw AC22 wurde nachträglich angedockt, System erkennt jedoch, dass dieses Material dem 1. Abschnitt zuzuordnen ist - Abschnittswechsel erfolgt immer automatisch im Zuge eines Materialwechsels. Wurde ein Abschnitt nicht bis zur Zielmenge eingebaut, wird fälschlicherweise wieder in diesen zurückgewechselt, obwohl man sich bereits bei einem späteren Abschnitt befindet. Gefahr, dass dieser Abschnittswechsel auf der Baustelle vergessen wird sehr hoch. Lkws können zwar weiter ordnungsgemäß abgefertigt werden, die Dokumentation ist dann jedoch fehlerhaft und die Auswertungen somit nicht aussagekräftig. 				
Einbauende	- Anpassung der Menge über "Verladene Menge" funktioniert einwandfrei				
System	<ul style="list-style-type: none"> - Problem: ein Häkchen bei einem Zeitstempel wurde in Planung vergessen zu setzen; Folge: nach der Aktion "Entladen beginnen" verschwindet der Lkw sofort aus der Auflistung; Aktion "Entladen Ende" nicht möglich - in weiterer Folge scheinen in der AMF keine freien Lkws mehr auf, da sie nicht korrekt entladen wurden (Folge des vergessenen Zeitstempels) - Kundensupport behebt das Problem, da der Zugriff über PORR Netzwerk nicht funktioniert, Eingriff in die Stammdaten eines laufenden Projektes möglich 				
Input der Anwender	<ul style="list-style-type: none"> - Warum werden nachträglich hinzugefügte Lkws in der Liste anders dargestellt (ohne Leerzeichen bzw. Sonderzeichen)? - Potential des Systems wird von den Bauleitern weniger in der Optimierung des Prozesses an sich gesehen, vielmehr jedoch in der stark verkürzten Nachkalkulationsphase. Durch die schnelle Datenauswertung ergibt sich die Möglichkeit Optimierungspotential unmittelbar zur erkennen und bereits am Folgetag zu nützen (z. B. durch Beistellung eines zusätzlichen Lkws etc.) 				
Fazit	<ul style="list-style-type: none"> - durch die dynamische Taktanpassung wird der Takt von der AMF besser eingehalten als am 03.10.2017, es besteht jedoch weiterhin Optimierungspotential - es herrscht hohe Zufriedenheit unter der Belegschaft des Fertigers und der AMF; alle Beteiligten sehen sich am Anfang eines Optimierungsprozesses zum jeweiligen Vorteil ihrer Tätigkeit 				

Anhang 15 – Kostenkalkulation 20 000 t – 40 000 t

Kostenkalkulation eines Asphaltteinbautages bei einer jährlichen Einbauleistung von 20 000 t - 40 000 t

Auszug ÖBGL-Liste

ÖBGL-Nummer	Beschreibung	Kurzbezeichnung	Mittlerer NW	Leistung	Nutzungsjahre	Vorhaltemonate	Monat. Satz Rep.	Mtl. Rep.	Mtl. A+V Beitrag	Gewicht
D.8.30.0880	Tandem-Vibrationswalze	Walze	125 500,00 €	51 kW	4 Jahre	30 Monate	2,60%	3 260,00 €	4 760,00 €	8000 kg
E.3.01.0080	Schwarzdeckenfertiger, mit Raupenfahrwerk	Fertiger	257 500,00 €	107 kW	6 Jahre	45 Monate	2,50%	6 450,00 €	6 950,00 €	14 150 kg
P.2.01.0260	Lastkraftwagen 6 x 4	Kranwagen	120 500,00 €	280 kW	9 Jahre	45 Monate	2,20%	2 650,00 €	3 490,00 €	8300 kg
P.2.02.0320	Lastkraftwagen 8 x 4	4-Achser	131 500,00 €	330 kW	9 Jahre	45 Monate	2,20%	2 890,00 €	3 810,00 €	9500 kg
P.3.00.0135	Sattelzugmaschine 4 x 2	Zugmaschine	82 100,00 €	175 kW	9 Jahre	45 Monate	2,20%	1 810,00 €	2 380,00 €	5200 kg
P.4.20.0050	Tiefeladeanhänger, einachsiger, mehrachsiger	Wasserwagen	11 300,00 €	-	11 Jahre	45 Monate	1,80%	203,00 €	338,00 €	1300 kg
P.4.42.0300	Sattelanhängen mit Kippvorrichtung	Muldenkipper	46 000,00 €	-	11 Jahre	45 Monate	1,80%	830,00 €	1 380,00 €	4385 kg

Grundlagen:	
Kalkulatorischer Zinssatz (p)	6,50%
Abminderungsfaktor ÖBGL (c)	0,50 [-]
Kraftstoffverbr. Baumaschinen	0,12 l/kWh
Kraftstoffverbrauch Lkws	0,06 l/kWh
Kraftstoffkosten	1,00€/l
Globaler Lastfaktor (λ)	0,80 [-]

Geräte

Anzahl	ÖBGL-Nummer/Kurzbezeichnung	Einzelgeräte						Maschinenpark					
		Abschreibung	Zinsung	Mtl. A+V	Mtl. A+V Beitrag	Mtl. Rep	Mtl. Vorhaltek.	Tägl. Vorhaltek.	Std. Vorhaltek.	Betriebsst.	Geräte/h	Ges. Vorhaltek.	Ges. Betriebst.
2	D.8.30.0880 - Walze	3,33%	0,43%	3,77%	2 363,58 €	1 631,50 €	3 995,08 €	133,17 €	23,50€/h	28,89€/h	47,00€/h	10,77€/h	57,77€/h
1	E.3.01.0080 - Fertiger	2,22%	0,43%	2,66%	3 419,03 €	3 218,75 €	6 637,78 €	221,26 €	39,05€/h	50,34€/h	39,05€/h	11,30€/h	50,34€/h
1	P.2.01.0260 - Kranwagen	2,22%	0,65%	2,87%	1 730,51 €	1 325,50 €	3 056,01 €	101,87 €	17,98€/h	14,78€/h	17,98€/h	14,78€/h	32,76€/h
2	P.2.02.0320 - 4-Achser	2,22%	0,65%	2,87%	1 888,49 €	1 446,50 €	3 334,99 €	111,17 €	19,62€/h	17,42€/h	39,24€/h	34,85€/h	74,08€/h
1	P.3.00.0135 - Zugmaschine	2,22%	0,65%	2,87%	1 179,05 €	903,10 €	2 082,15 €	69,40 €	9,24€/h	21,49€/h	12,25€/h	9,24€/h	21,49€/h
1	P.4.20.0050 - Wasserwagen	2,22%	0,79%	3,02%	170,44 €	101,70 €	272,14 €	9,07 €	1,60€/h	0,00€/h	1,60€/h	0,00€/h	1,60€/h
1	P.4.42.0300 - Muldenkipper	2,22%	0,79%	3,02%	693,83 €	414,00 €	1 107,83 €	36,93 €	6,52€/h	0,00€/h	6,52€/h	0,00€/h	6,52€/h
Summe Einbaupartie					82,12€/h		31,47€/h	113,59€/h			105,62€/h		142,48€/h
Summe Transport					38,38€/h		26,66€/h	65,05€/h			58,00€/h		102,09€/h

Personal

Anzahl	Aufgabe	Lohnkosten
1	Einbaupoller	40,00 €
1	Fertigerfahrer	35,00 €
2	Bohlenmann	30,00 €
1	Helfer	25,00 €
2	Walzenfahrer	30,00 €
1	Lkw-Fahrer	25,00 €
3	Lkw-Fahrer	25,00 €

Zuordnung	Personen für die Einbaupartie
3	Personen für den Transport

z	Verzinsung [%]
v	Vorhaltemonate [Monate]
n	Nutzungsjahre [Jahre]
p	Kalkulatorischer Zinssatz [%]
k	Monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung [%]
K	Monatlicher Betrag für Absch. und Verzinsung [€/Monat]
x	Abminderungsfaktor ÖBGL [-]
M	Mittlerer Neuwert [€]
r	monatlicher Satz für Reparaturkosten [%]
R	Monatlicher Betrag für Reparaturen [€/Monat]
λ	Globaler Lastfaktor [-]

$$a = \frac{100}{v} [\%]$$

$$z = p * n * \frac{100}{2 * v} [\%]$$

$$k = a + z [\%]$$

$$K = k * M * \alpha [€/Monat]$$

$$R = r * M * \alpha [€/Monat]$$

$$\text{Vorhaltekosten monatlich} = K + R [€/Monat]$$

$$\text{Vorhaltekosten täglich} = (K + R) / 30 [€/Kalendertag]$$

$$\text{Vorhaltekosten stündlich} = (K + R) / 170 [€/Vorhaltestunde]$$

$$\text{Betriebsstoffe} = \text{kWh} * \text{Kraftstoffverbr} * \lambda * \text{Schmierstunde} * \text{Kraftstoffkosten} [€/h]$$

Einzelkosten (Grundlage: 20 000to - 40 000 to pro Jahr, 150 Einbautage zu je 10h)
 Arbeitsstunden pro Tag 10
 Einbautage pro Jahr 150

Einzellohnkosten (Einbaupartie/Transport)

Anzahl	Aufgabe	Lohnkosten/h	Lohnkosten
1	Einbaupolier	40,00 €/h	40,00 €/h
1	Fertigerfahrer	35,00 €/h	35,00 €/h
2	Bohlenmann	30,00 €/h	60,00 €/h
1	Helfer	25,00 €/h	25,00 €/h
2	Walzenfahrer	30,00 €/h	60,00 €/h
1	Lkw-Fahrer	25,00 €/h	25,00 €/h
3	Lkw-Fahrer	25,00 €/h	75,00 €/h
Stündlich	Einbaupartie		245,00 €/h
Täglich	Einbaupartie		2450,00 €/d
Jährlich	Einbaupartie		367500,00 €/a
Stündlich	Transport		75,00 €/a
Täglich	Transport		750,00 €/a
Jährlich	Transport		112500,00 €/a

Einzelgerätekosten (Einbaupartie/Transport)

ÖBGL-Nummer	Anzahl	Kurzbezeichnung	Gerätekosten/h	Gerätekosten
D.8.30.0800	2	Walze	28,89 €/h	57,77 €/h
E.3.01.0080	1	Fertiger	50,34 €/h	50,34 €/h
P.2.01.0260	1	Kranwagen	32,76 €/h	32,76 €/h
P.2.02.0320	2	4-Achser	37,04 €/h	74,08 €/h
P.3.00.0135	1	Zugmaschine	21,49 €/h	21,49 €/h
P.4.20.0050	1	Wasserwagen	1,60 €/h	1,60 €/h
P.4.42.0300	1	Muldenkipper	6,52 €/h	6,52 €/h
Stündlich	Einbaupartie			142,48 €/h
Täglich	Einbaupartie			1424,79 €/d
Jährlich	Einbaupartie			213717,78 €/a
Stündlich	Transport			102,09 €/a
Täglich	Transport			1020,88 €/a
Jährlich	Transport			153131,58 €/a

Baustellen-Gemeinkosten

Zeitgebundene Kosten der Baustelle (Summe der Gehaltskosten umgelegt auf die Einbautzeit)

Anzahl	Position	Beschreibung	Gehaltskosten
1	Angestellter	Bauleiter, Bautechniker, Baukaufmann	90000,00 €/a
Stündlich			60,00 €/h
Täglich			600,00 €/d
Jährlich			90000,00 €/a

Zusammenfassung

Einzelkosten

Einzellohnkosten

Einzelgerätekosten

Baustellen-Gemeinkosten

Summe der Gehaltskosten

Einbaupartie	367500 €/a
Transport	112500 €/a
Einbaupartie	213718 €/a
Transport	153132 €/a

	90000 €/a
--	-----------

Einbaupartie Lohn + Gerät	581218 €/a
Umgelegt auf 20 000to	29,1 €/to
Umgelegt auf 30 000to	19,4 €/to
Umgelegt auf 40 000to	14,5 €/to

Transport Lohn + Gerät	265632 €/a
Umgelegt auf 20 000to	13,3 €/to
Umgelegt auf 30 000to	8,9 €/to
Umgelegt auf 40 000to	6,6 €/to

Gehaltskosten	90000 €/a
Umgelegt auf 20 000to	4,5 €/to
Umgelegt auf 30 000to	3,0 €/to
Umgelegt auf 40 000to	2,3 €/to

Gesamtkosten ohne Material	936849 €/a
Umgelegt auf 20 000to	46,8 €/to
Umgelegt auf 30 000to	31,2 €/to
Umgelegt auf 40 000to	23,4 €/to

Anhang 16 – Kostenkalkulation 50 000 t – 70 000 t

Kostenkalkulation eines Asphaltteinbautages bei einer jährlichen Einbauleistung von 50 000 t - 70 000 t

Auszug ÖBGL-Liste

ÖBGL-Nummer	Beschreibung	Kurzbezeichnung	Mittlerer NW	Leistung	Nutzungsjahre	Vorhaltemonate	Monat. Satz Rep.	Mtl. Rep.	Mtl. A+V Beitrag	Gewicht
D.8.30.0880	Tandem-Vibrationswalze	Walze	125 500,00 €	51 kW	4 Jahre	30 Monate	2,60%	3 260,00 €	4 760,00 €	8000 kg
E.3.01.0080	Schwarzdeckenfertiger, mit Raupenfahrwerk	Fertiger	257 500,00 €	107 kW	6 Jahre	45 Monate	2,50%	6 450,00 €	6 950,00 €	14150 kg
P.2.01.0260	Lastkraftwagen 6 x 4	Kranwagen	120 500,00 €	280 kW	9 Jahre	45 Monate	2,20%	2 650,00 €	3 490,00 €	8300 kg
P.2.02.0320	Lastkraftwagen 8 x 4	4-Achser	131 500,00 €	330 kW	9 Jahre	45 Monate	2,20%	2 890,00 €	3 810,00 €	9500 kg
P.3.00.0135	Sattelzugmaschine 4 x 2	Zugmaschine	82 100,00 €	175 kW	9 Jahre	45 Monate	2,20%	1 810,00 €	2 380,00 €	5200 kg
P.4.20.0050	Tiefeladeanhänger, einachsiger, mehrachsiger	Wasserwagen	11 300,00 €	-	11 Jahre	45 Monate	1,80%	203,00 €	338,00 €	1300 kg
P.4.42.0300	Sattelanhängers mit Kippvorrichtung	Muldenkipper	46 000,00 €	-	11 Jahre	45 Monate	1,80%	830,00 €	1 380,00 €	4385 kg

Grundlagen:

Kalkulatorischer Zinssatz (p)	6,50%
Abminderungsfaktor ÖBGL (α)	0,50 [-]
Kraftstoffverbr. Baumaschinen	0,12 l/kWh
Kraftstoffverbrauch Lkws	0,06 l/kWh
Kraftstoffkosten	1,00€/l
Globaler Lastfaktor (λ)	0,80 [-]

Geräte

Anzahl	ÖBGL-Nummer/Kurzbezeichnung	Einzelgeräte					Maschinenpark							
		Abschreibung	Zinsung	Mtl. A+V	Mtl. Rep	Mtl. A+V Beitrag	Tägl. Vorhaltek.	Std. Vorhaltek.	Geräte/h	Betriebsst.	Geräte/h	Ges. Vorhaltek.	Ges. Betriebsst.	Ges. Geräte/h
2	D.8.30.0880 - Walze	3,33%	0,43%	3,77%	1 631,50 €	2 363,58 €	133,17 €	23,50€/h	28,89€/h	47,00€/h	10,77€/h	47,00€/h	10,77€/h	57,77€/h
1	E.3.01.0080 - Fertiger	2,22%	0,43%	2,66%	3 218,75 €	3 419,03 €	221,26 €	39,05€/h	50,34€/h	39,05€/h	11,30€/h	39,05€/h	11,30€/h	50,34€/h
1	P.2.01.0260 - Kranwagen	2,22%	0,65%	2,87%	1 730,51 €	1 730,51 €	101,87 €	17,98€/h	32,76€/h	17,98€/h	14,78€/h	17,98€/h	14,78€/h	32,76€/h
3	P.2.02.0320 - 4-Achser	2,22%	0,65%	2,87%	1 446,50 €	1 888,49 €	111,17 €	3 334,99 €	17,42€/h	19,62€/h	37,04€/h	58,85€/h	52,27€/h	111,12€/h
2	P.3.00.0135 - Zugmaschine	2,22%	0,65%	2,87%	1 179,05 €	1 179,05 €	69,40 €	12,25€/h	21,49€/h	12,25€/h	9,24€/h	21,49€/h	18,48€/h	42,98€/h
1	P.4.20.0050 - Wasserwagen	2,22%	0,79%	3,02%	101,70 €	170,44 €	9,07 €	272,14 €	1,60€/h	1,60€/h	1,60€/h	1,60€/h	0,00€/h	1,60€/h
2	P.4.42.0300 - Muldenkipper	2,22%	0,79%	3,02%	693,83 €	693,83 €	36,93 €	6,52€/h	6,52€/h	13,03€/h	6,52€/h	13,03€/h	0,00€/h	13,03€/h
Summe Einbaupartie								82,12€/h	113,59€/h	31,47€/h	113,59€/h	105,62€/h	36,85€/h	142,48€/h
Summe Transport								38,38€/h	26,66€/h	65,05€/h	96,38€/h	70,75€/h	167,13€/h	

Personal

Anzahl	Aufgabe	Lohnkosten
1	Einbaupoller	40,00 €
1	Fertigerfahrer	35,00 €
2	Bohlenmann	30,00 €
1	Helfer	25,00 €
2	Walzenfahrer	30,00 €
1	Lkw-Fahrer	25,00 €
5	Lkw-Fahrer	25,00 €

Zuordnung	Personen für die Einbaupartie
8	Personen für die Einbaupartie
5	Personen für den Transport

z	Verzinsung [%]
v	Vorhaltemonate [Monate]
n	Nutzungsjahre [Jahre]
p	Kalkulatorischer Zinssatz [%]
k	Monatlicher Satz für Abschreibung und Verzinsung [%]
K	Monatlicher Betrag für Absch. und Verzinsung [€/Monat]
x	Abminderungsfaktor ÖBGL [-]
M	Mittlerer Neuwert [€]
r	monatlicher Satz für Reparaturkosten [%]
R	Monatlicher Betrag für Reparaturen [€/Monat]
λ	Globaler Lastfaktor [-]

$$a = \frac{100}{v} [\%]$$

$$z = p * n * \frac{100}{2 * v} [\%]$$

$$k = a + z [\%]$$

$$K = k * M * \alpha [€/Monat]$$

$$R = r * M * \alpha [€/Monat]$$

$$\text{Vorhaltekosten monatlich} = K + R [€/Monat]$$

$$\text{Vorhaltekosten täglich} = (K + R) / 30 [€/Kalendertag]$$

$$\text{Vorhaltekosten stündlich} = (K + R) / 170 [€/Vorhaltestunde]$$

$$\text{Betriebsstoffe} = \text{kW} * \text{Kraftstoffverbr} * \lambda * \text{Schmierstunde} * \text{Kraftstoffkosten} [€/h]$$

Einzelkosten (Grundlage: 50 000to - 70 000 to pro Jahr, 150 Einbautage zu je 10h)
 Arbeitsstunden pro Tag 10
 Einbautage pro Jahr 150

Einzellohnkosten (Einbaupartie/Transport)

Anzahl	Aufgabe	Lohnkosten/h	Lohnkosten
1	Einbaupolier	40,00 €/h	40,00 €/h
1	Fertigerfahrer	35,00 €/h	35,00 €/h
2	Bohlenmann	30,00 €/h	60,00 €/h
1	Helfer	25,00 €/h	25,00 €/h
2	Walzenfahrer	30,00 €/h	60,00 €/h
1	Lkw-Fahrer	25,00 €/h	25,00 €/h
5	Lkw-Fahrer	25,00 €/h	125,00 €/h
Stündlich	Einbaupartie		245,00 €/h
Täglich	Einbaupartie		2450,00 €/d
Jährlich	Einbaupartie		367500,00 €/a
Stündlich	Transport		125,00 €/a
Täglich	Transport		1250,00 €/a
Jährlich	Transport		187500,00 €/a

Einzelgerätekosten (Einbaupartie/Transport)

ÖBGL-Nummer	Anzahl	Kurzbezeichnung	Gerätekosten/h	Gerätekosten
D.8.30.0800	2	Walze	28,89 €/h	57,77 €/h
E.3.01.0080	1	Fertiger	50,34 €/h	50,34 €/h
P.2.01.0260	1	Kranwagen	32,76 €/h	32,76 €/h
P.2.02.0320	3	4-Achser	37,04 €/h	111,12 €/h
P.3.00.0135	2	Zugmaschine	21,49 €/h	42,98 €/h
P.4.20.0050	1	Wasserwagen	1,60 €/h	1,60 €/h
P.4.42.0300	2	Muldenkipper	6,52 €/h	13,03 €/h
Stündlich	Einbaupartie			142,48 €/h
Täglich	Einbaupartie			1424,79 €/d
Jährlich	Einbaupartie			213717,78 €/a
Stündlich	Transport			167,13 €/a
Täglich	Transport			1671,34 €/a
Jährlich	Transport			250700,82 €/a

Baustellen-Gemeinkosten

Zeitgebundene Kosten der Baustelle (Summe der Gehaltskosten umgelegt auf die Einbautzeit)

Anzahl	Position	Beschreibung	Gehaltskosten
1	Angestellter	Bauleiter, Bautechniker, Baukaufmann	90000,00 €/a
Stündlich			60,00 €/h
Täglich			600,00 €/d
Jährlich			90000,00 €/a

Zusammenfassung

Einzelkosten

Einzellohnkosten

Einzelgerätekosten

Baustellen-Gemeinkosten

Summe der Gehaltskosten

Einbaupartie	367500 €/a
Transport	187500 €/a
Einbaupartie	213718 €/a
Transport	250701 €/a
	90000 €/a

Einbaupartie Lohn + Gerät	581218 €/a
Umgelegt auf 50 000to	11,6 €/to
Umgelegt auf 60 000to	9,7 €/to
Umgelegt auf 70 000to	8,3 €/to

Transport Lohn + Gerät	438201 €/a
Umgelegt auf 50 000to	8,8 €/to
Umgelegt auf 60 000to	7,3 €/to
Umgelegt auf 70 000to	6,3 €/to

Gehaltskosten	90000 €/a
Umgelegt auf 50 000to	1,8 €/to
Umgelegt auf 60 000to	1,5 €/to
Umgelegt auf 70 000to	1,3 €/to

Gesamtkosten ohne Material	1109419 €/a
Umgelegt auf 50 000to	22,2 €/to
Umgelegt auf 60 000to	18,5 €/to
Umgelegt auf 70 000to	15,8 €/to