



MASTER THESIS

Data Monitoring of Jet Grouting

submitted in satisfaction of the requirement of the degree of
Diplom-Ingenieur
of the Vienna University of Technology of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Paula LENGAUER, BSc

Matr.Nr.: 1225130

unter der Anleitung von

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald GÖGER

Univ.Ass. Dipl.-Ing. Leopold WINKLER

E 234-1

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik

Technische Universität Wien
Karlsplatz 13/234-1, A-1040 Wien

Wien, am 02.10.2017

.....
Paula Lengauer

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich beim Schreiben meiner Diplomarbeit und während meines Studiums unterstützt und begleitet haben.

Bedanken möchte ich mich bei Univ.Ass. Dipl.-Ing. Leopold Winkler, der mich im Zuge meiner Diplomarbeit Teil seines interessanten Forschungsbereichs hat sein lassen. Ohne ihn hätte ich den Zugang zu diesem spannenden und äußerst aktuellen Thema nicht gefunden.

Des Weiteren möchte ich mich bei Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger bedanken, der mir das Verfassen meiner Diplomarbeit im Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement ermöglicht hat.

Ein weiteres sehr großes Dankeschön gebührt den Unternehmen Züblin Spezialtiefbau GmbH, Porr Bau GmbH, Keller Grundbau GmbH, HTB Bau GmbH, ÖBB Infrastruktur AG, Wiener Linien GmbH & Co KG, Blovsky Geotechnik ZT, IGT Geotechnik und Tunnelbau ZT GmbH, FCP Fritsch, Chiari & Partner ZT GmbH und ste.p ZT GmbH und denjenigen Mitarbeitern¹ bzw. Geschäftsführern, die sich die Zeit für ausführliche Fachgespräche mit mir genommen haben. Ohne sie wäre diese Diplomarbeit nicht möglich gewesen.

Nicht zuletzt möchte ich meiner Familie, Freunden und Studienkollegen danken, die mich stets während meiner gesamten Studienzeit unterstützt haben und zu dem Menschen geformt haben, der ich jetzt bin.

¹ Genderhinweis: Die Autorin legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde jedoch oftmals entweder die maskuline oder feminine Form gewählt.

KURZFASSUNG

In der Bau- und Umwelttechnik wird es immer wichtiger, eine konstante Qualität und Sicherheit von Baumaßnahmen zu gewährleisten und diese zu dokumentieren. Daher wird bereits jetzt auf Baustellen eine Vielzahl an Produktions- und Umweltdaten erfasst. Um zukünftig praxistaugliche Monitoringsysteme entwickeln zu können, die in der Lage sind, Qualitäts- und Leistungsdaten zu erheben und diese entsprechend zu verwalten und zu nutzen, ist es wichtig, den Ist-Stand hinsichtlich verfügbarer Systeme und darüber hinaus noch nicht erfüllte Anforderungen der beteiligten Interessensgruppen (Bauherrn, Planer, ausführende Firmen) am Bau zu kennen.

Diese Diplomarbeit setzt an diesen beiden Punkten an und beschreibt wie in aktuellen Systemen Messwerte im Verlauf der Herstellung von DSV-Körpern aufgenommen, analysiert, verwaltet und gegebenenfalls an übergeordnete Datenbanken weitergegeben werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Bestandsanalyse der derzeit verwendeten Systeme im deutschsprachigen Raum. Dabei wurden wichtige Punkte wie einerseits die Funktionsweise und andererseits der Grad der Digitalisierung der jeweiligen Systeme analysiert und ausgewertet, welche die Basis dieser Arbeit bilden. Aufbauend auf dieser Bestandsanalyse wurden die Anforderungen der am Bau involvierten Interessensgruppen an moderne Datenmonitoringsysteme erhoben und daraus Potentiale für weitere Verbesserungen definiert. Diese Potentiale beinhalten unter anderem eine bessere Vernetzung aller Mess- und Verwaltungsgeräte, welche die Datenverwaltung erleichtern und im nächsten Schritt eine vollkommene Automatisierung der Datenverwaltung ermöglichen sollen.

Die Grundlage dieser Arbeit bildet eine Reihe von persönlichen Fachgesprächen mit Spezialisten aus den einzelnen Interessensgruppen der planenden und ausführenden Unternehmen sowie von Seiten der Auftraggeber. Durch qualitative Befragungen und Auswertungen der subjektiven Einschätzungen aller Experten lassen sich Anforderungsprofile, Erfahrungswerte bei der Verwendung aktueller Datenmonitoringsysteme sowie Qualitätsmerkmale ableiten. Anhand der derzeitigen Vorgangsweise und vorhandener Probleme in der aktuellen Datenverwaltung, welche laut Einschätzungen der Experten bestehen, lassen sich mögliche Verbesserungen in der Datenverwaltung sowie der bestehenden Datenmonitoringsysteme abschätzen. Aus diesen Überlegungen wurde ein „idealer Datenfluss“ von der Aufnahme bis zur Speicherung in einer übergeordneten Datenbank zusammengestellt.

Da die derzeit verwendeten Systeme zur vernetzten Verwaltung von Qualitäts- und Prozessdaten bei der Anwendung des Düsenstrahlverfahrens noch keineswegs ausgereift sind, können die Ergebnisse dieser Arbeit somit als Grundlage für die Weiterentwicklung dieser Datenmonitoringsysteme angesehen werden.

ABSTRACT

In the field of civil and environmental technology it gets more and more important to guarantee a constant level of quality and health & safety. Therefore, a lot of production and environment related data are being collected on construction sites. In order to be able to develop practicable data monitoring systems, it is necessary to understand the functionality of currently used systems. An overview of missing elements, required by all parties involved in the construction process (client, constructor, designer), is part of the analysis.

This Master Thesis deals with these two topics und explains how data is currently collected, analysed, stored and transmitted to a global database during the production process of jet grouting elements. The Thesis mainly focuses on the analysis of currently used systems in German-speaking countries. This includes on the one hand the main elements of functionality, and on the other hand the degree of digitalization. Based on this analysis of the status quo, all parties involved in the construction process were asked to define their requirements for modern data monitoring systems. From that, potentials for the improvement of these systems have been defined. Among other things those potentials include a better network of measurement instruments and devices, which facilitate the data management and therefore allow a fully automatic data management.

A number of interviews with experts from all parties in the field of ground engineering represents the basis of this research paper. Due to these interviews and the evaluation of subjective assessments of all experts, a good understanding about experiences made so far, improvement opportunities of current systems as well as quality criterions can be achieved. Due to current forms of approaches and existing problems in data management, potentials for improvements of the data management as well as for currently used systems for data monitoring can be defined. For this reason, an "ideal dataflow" starting from recording the data until the data is transmitted to a global database has been designed.

Currently used systems in the field of quality and production process related data management connected to jet grouting still offer room for improvement. Therefore, the outcome of this Master Thesis can be used as a starting point for the development of interlinked data management systems in this area.

“Everything will be okay in the end. If it’s not okay, it’s not the end”²

“Don’t go through life, grow through life”³

² John Lennon

³ Eric Butterworth

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BDE	Bohrdatenerfassung
BIM	Building Information Modeling
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa = ungefähr
CAD	computer-aided design
CPU	Central Processing Unit
d.h.	das heißt
DSV	Düsenstrahlverfahren
etc.	et cetera
GOK	Geländeoberkante
HDBV	Hochdruckbodenvermörtelung
HDI	Hochdruckinjektionsverfahren
i.d.R.	in der Regel
inkl.	inklusive
min.	mindestens
ÖBA	Örtliche Bauaufsicht
ÖBV	Österreichische Bautechnik Vereinigung
PDF	Portable Document Format
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
u.a.	unter anderem
z.B.	zum Beispiel

RELEVANTE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN

Bindemittel:

Sind Stoffe, durch die feste Stoffe (z.B. Pulver, Sande oder Kiese) miteinander verklebt werden. Bindemittel werden meist in flüssiger oder pastöser Form den zu bindenden Füllstoffen zugesetzt, erhärten und bilden feste Baustoffe.⁴

Cloudbasierte Plattform:

Ist eine IT-Infrastruktur, die beispielsweise Speicherplatz oder eine Anwendungssoftware über das Internet bereitstellt, ohne dass diese auf dem lokalen Rechner installiert werden muss. Die wohl größten Vorteile solcher Plattformen sind das Vernetzen von Benutzern ohne örtliche Verbindung bzw. Nähe und der Zugriff mit jedem beliebigen Endgerät.⁵

Datenmonitoring:

Ist ein Begriff zur unmittelbaren, systematischen Messung, Überwachung und Protokollierung von Daten eines Prozesses oder Vorgangs mittels technischer Hilfsmittel.

Datenmonitoringsysteme:

Sind die notwendigen Hilfsmittel, um ein Datenmonitoring durchzuführen. Sie dienen zur Aufnahme, Speicherung und Aufbereitung der Messwerte. Ohne diese Systeme wäre ein Datenmonitoring nicht möglich.

Systeme, die in der Praxis zum Einsatz kommen, werden entweder firmenintern hergestellt oder von ausführenden Firmen zugekauft. In Österreich verwendete, firmenintern hergestellte Systeme sind „M5“ und „exges“, sowie das „EXJTC“ von Jean-Lutz, das von ausführenden Firmen zugekauft wird.⁶

Düsenstrahlverfahren (DSV):

Ist ein Verfahren im Spezialtiefbau, um Zement-Boden-Körper im Erdreich zu erstellen. Der Boden wird unter Hochdruck aufgeschnitten und mit der eingespritzten Suspension vermischt.

Weltweit werden verschiedenste Synonyme für das DSV verwendet. Einige der gebräuchlichsten sind: Hochdruckbodenvermörtelung, Hochdruckinjektion, Jetting, Soilcrete, Soil-jet, jet grouting, etc.⁷

Für detailliertere Beschreibungen siehe dazu Kapitel 2.3 auf Seite 13.

⁴ Baunetz Wissen: <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/herstellung/bindemittel-zusatzmittel-und-zusatzstoffe-150932>, 25.06.2017

⁵ Huber, W: Industrie 4.0 in der Automobilproduktion, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016, S.230-234

⁶ Zusammenfassung aller Fachgespräche

DSV-Körper:

Mit Hilfe des DSV werden Zement-Boden-Körper hergestellt. Diese werden DSV-Körper genannt.⁷

Globale Datenbank:

Eine globale Datenbank beschreibt eine übergeordnete, standortunabhängige Datenbank. Damit gemeint ist zum Unterschied von dezentraler Datenhaltung auf verschiedenen Systemen, Datenträgern und unter Verwendung verschiedener Datenformate eine zentrale Datenplattform, bei der es keinerlei Datenredundanzen gibt. Auf diese kann von überall aus – also global – zugegriffen werden, was jedoch nicht den Zugriff für Jeden voraussetzt. In dieser Arbeit soll eine solche Datenhaltung als „globale Datenbank“ bezeichnet werden.

Harddisc:

Unter Harddisc fallen folgende Formen von entnehmbaren Speichermedien, mit denen die Herstellparameter am Bohrgerät gespeichert werden können.

- ◆ USB-Stick (Universal Serial Bus) mit Kapazitäten bis 2 TB
- ◆ SD-Karte (Secure Digital Memory Card) mit Kapazitäten bis 2 TB
- ◆ CF-Karte (CompactFlash) mit Kapazitäten bis 256 GB⁸

Idealer Datenfluss:

Der ideale Datenfluss beschreibt die vollkommen automatische und digitale Datenverwaltung von der Aufnahme bis zur Speicherung in einer übergeordneten Datenbank. Dies beinhaltet eine digitale Aufnahme und Ausgabe der Messwerte in Echtzeit, eine automatische und kabellose Weitergabe der Daten, eine automatische Ausgabe von Protokollen, Verwendung einer übergreifenden und standortunabhängigen Software zur Verwaltung aller baustellenrelevanter Daten sowie eine Rückkopplung zur Planung.

Pilgerschrittverfahren:

Beschreibt ein Verfahren zur alternierenden Herstellung von DSV-Körpern. Dabei werden im ersten Schritt sogenannte Primärsäulen erstellt. Diese werden im Abstand des Durchmessers eines zu erstellenden DSV-Körpers hergestellt. Nach der Fertigstellung der Primärsäulen werden Sekundärsäulen erstellt, die in den Zwischenräumen der Primärsäulen platziert werden. Der Grund dafür ist die benötigte Aushärtezeit der DSV-Elemente (beim Erstellen der Sekundärsäulen haben die Primärsäulen bereits eine erforderliche Festigkeit erreicht).⁹

⁷ Berg, J.: Das Düsenstrahlverfahren im Spezialtiefbau, Voraussetzung-Planung-Ausführung, Band 19, expert-Verlag, 2002, S.1-2

⁸ Computer Lexikon: <https://www.computerlexikon.com/definition-harddisc>, 30.06.2017

⁹ Schnell, W: Verfahrenstechnik zur Sicherung von Baugruben, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2. Auflage, 1995, S. 147, 148

Rückfluss:

Austritt der beim Düsvorgang entstandenen Mischung aus eingebrachten Flüssigkeiten und Bodenpartikeln, der in der Regel über den Ringraum im Bohrloch an der Geländeoberfläche des Baugrundes erfolgt.¹⁰

Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS):

Eine speicherprogrammierbare Steuerung hat die Struktur eines Rechners, deren Funktion in einem Programm gespeichert ist. Sie werden vorzugsweise in kommerziellen und industriellen Anwendungen eingesetzt und gelten heute als Kernstück jeder Automatisierung.

Eine SPS überwacht Eingabegeräte, trifft Entscheidungen auf Grund des Programms und steuert über ihre Ausgänge Maschinen und automatisierte Prozesse. Eine SPS besteht aus einer Eingabegruppe, Verarbeitungsgruppe und einer Ausgabegruppe. Als Peripheriegerät gehören noch ein Programmiergerät und eine Bedieneinheit dazu. In Kapitel 2.9.6 wird die Funktionsweise näher erläutert.¹¹

Suspension

Ist ein Stoffgemisch aus einer Flüssigkeit und darin fein verteilten Festkörpern. Mit geeigneten Aggregaten werden diese Feststoffe aufgeschlämmt und in Schwebelage gehalten. Eine Zementsuspension im Speziellen besteht aus einer Wasser-Zement-Mischung.¹²

Telematik:

Der Begriff verbindet die Bereiche Telekommunikation und Information. Systeme oder technische Einrichtungen zur Ermittlung, Speicherung und Verarbeitung von Daten sind mit der Hilfe von Telekommunikationssystemen miteinander vernetzt.¹³

Wasserzementwert:

Gibt das Verhältnis (Volumen oder Gewicht) zwischen Wasser und Zement (beispielsweise einer Suspension) an. Dieser beeinflusst die Viskosität, die Fließgrenze, die Erosionsstabilität und die Festigkeit. Dieser wird auch als w/z-Wert bezeichnet.¹⁴

¹⁰ Berg, J.: Das Düsenstrahlverfahren im Spezialtiefbau, Voraussetzung-Planung-Ausführung, Band 19, expert-Verlag, 2002, S.57, 58

¹¹ IHK für Oberfranken: Grundlagen Speicherprogrammierbarer Steuerungen, ink.online&medien.gmbh, Bayreuth, 28.03.2003, S. 8-23

¹² Chemie.de: http://www.chemie.de/lexikon/Suspension_%28Chemie%29.html, 20.05.2017

¹³ Gabler Wirtschaftslexikon: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/telematik.html>, 30.06.2017

¹⁴ Baunetz Wissen: <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/herstellung/wasserzementwert-150934>, 25.06.2017

Inhaltsverzeichnis

DANKSAGUNG	III
KURZFASSUNG	V
ABSTRACT	VII
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	X
RELEVANTE BEGRIFFSERKLÄRUNGEN	XI
INHALTSVERZEICHNIS	XV
1 EINLEITUNG	1
1.1 MOTIVATION	1
1.2 FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODIK.....	2
1.2.1 FORSCHUNGSFRAGEN	2
1.2.2 METHODIK	2
1.3 AUFBAU UND UMFANG DER ARBEIT	3
1.3.1 FACHGESPRÄCHE	3
1.3.2 ÜBERBLICK	10
2 DSV IM ÜBERBLICK	12
2.1 GESCHICHTE	12
2.2 WARUM SIND AUSFÜHRLICHE MESSUNGEN DES HERSTELLVERFAHRENS UND DER QUALITÄT BEIM DSV NOTWENDIG?	13
2.3 BEGRIFFSBESTIMMUNG.....	13
2.4 UNTERSCHIED ZWISCHEN INJEKTIONEN UND DSV.....	14
2.4.1 DSV	14
2.4.2 INJEKTIONEN	14
2.5 FUNKTIONSWEISE	15
2.5.1 AUSFÜHRUNGSFORMEN	18
2.5.2 VERFAHRENSVARIANTEN	20
2.6 ANWENDUNGSBEREICHE.....	24
2.6.1 STATISCHE WIRKUNG	24

2.6.2	DICHTENDE WIRKUNG	24
2.7	ANFORDERUNGEN AN DIE BAUGRUNDERKUNDUNG	25
2.8	BAUSTELLENEINRICHTUNG	27
2.8.1	BOHRGERÄT	28
2.8.2	MISCH- UND PUMPANLAGE	29
2.8.3	INJEKTIONSCONTAINER	31
2.8.4	ÜBERSCHUSSPUMPE	31
2.8.5	LOGISTIK.....	32
2.9	MESSEINRICHTUNGEN / SENSOREN.....	32
2.9.1	DREHMOMENTSENSOREN.....	33
2.9.2	DRUCKSENSOREN	34
2.9.3	DURCHFLUSSSENSOREN	34
2.9.4	TIEFENSSENSOREN	35
2.9.5	NEIGUNGSSSENSOREN.....	35
2.9.6	VERARBEITUNG DER MESSWERTE.....	36
2.10	ZUSAMMENSETZUNG DES DSV-KÖRPERS.....	38
3	<u>DATENMONITORING – DATENVERWALTUNG</u>	39
3.1	AUFGENOMMENE DATEN WÄHREND DES DSV-HERSTELLUNGSPROZESSES	39
3.1.1	BOHRFORTSCHRITT.....	40
3.1.2	ANPRESS- UND DREHDRECK	40
3.1.3	DREHZAHL BEIM BOHREN UND DÜSEN.....	40
3.1.4	SPÜLDRUCK UND -MENGE.....	40
3.1.5	SUSPENSIONSDRUCK UND -MENGE.....	40
3.1.6	RÜCKZUGSGESCHWINDIGKEIT / HALTEZEIT.....	41
3.1.7	LUFT- UND WASSERDRUCK	41
3.1.8	REZEPTUR DER SUSPENSION	41
3.1.9	BOHRDATENERFASSUNG (BDE)	41
3.1.10	AUSWERTUNG DER PARAMETER.....	47
3.2	NORMENLAGE	53
3.2.1	ÖSTERREICH.....	53
3.2.2	DEUTSCHLAND	57
3.2.3	USA	58
3.3	AKTUELLER STAND DER TECHNIK.....	59

3.4	KREISLAUF DER MESSWERTE	61
3.4.1	AUFNAHME	63
3.4.2	ANALYSE IN ECHTZEIT	67
3.4.3	SPEICHERUNG IN DATENBANK.....	67
3.4.4	AUSWERTUNG	69
3.4.5	AUFBEREITUNG.....	69
3.4.6	MÖGLICHE POTENTIALE	70
3.5	GRAD DER DIGITALISIERUNG	71
3.5.1	3X3 STUFEN DIGITALISIERUNG.....	72
3.5.2	5X5 STUFEN DIGITALISIERUNG.....	75
3.6	BEURTEILUNG UND KLASSIFIZIERUNG DER GESAMMELTEN DATEN.....	80
3.7	ANFORDERUNGSPROFILE DER BETEILIGTEN AM BAU.....	81
3.7.1	BAUHERR	82
3.7.2	PLANER	82
3.7.3	AUSFÜHRENDE UNTERNEHMEN.....	83
3.7.4	ZUSAMMENFASSUNG	84
3.8	DATENMONITORING BEI ANDEREN TUNNEL- UND SPEZIALTIEFBAUVERFAHREN	84
3.8.1	WASSERHALTUNG.....	85
3.8.2	BAUGRUNDVEREISUNG	85
3.8.3	INJEKTIONEN	85
3.8.4	MASCHINELLER TUNNELVORTRIEB	85
3.8.5	BAUGRUBENÜBERWACHUNG	86
3.9	SCHWACHSTELLEN DER DIGITALISIERUNG	86
3.9.1	TECHNISCHE AUSFÄLLE	86
3.9.2	KONNEKTIVITÄTSPROBLEME DER KABELLOSEN DATENÜBERTRAGUNG.....	87
3.9.3	DETAILLIERTE DOKUMENTATION	87
3.9.4	KOMPLEXITÄT	88
3.9.5	MANIPULATION DER SOFTWARE BZW. DER DATEN.....	88
3.9.6	LÖSUNGSANSÄTZE.....	89
4	QUALITÄTSSICHERUNG	91
4.1	NOTWENDIGE ANGABEN	91
4.2	QUALITÄTSSICHERUNG FÜR DSV LAUT ÖBV-MERKBLATT	92
4.3	VORVERSUCHE BZW. LAUFENDE QUALITÄTSKONTROLLE	96

4.3.1	VERFAHRENSÜBERWACHUNG	96
4.3.2	GEOMETRISCHE PRÜFUNGEN	97
4.3.3	SYSTEME ZUR DURCHMESSERBESTIMMUNG	97
4.3.4	MECHANISCHE PRÜFUNGEN	101
4.3.5	DURCHLÄSSIGKEITSPRÜFUNGEN	101
4.3.6	ÜBERWACHUNG	101
4.3.7	BOHRLOCHVERLAUFMESSUNGEN	101
5	<u>GLOBALE DATENBANK</u>	103
5.1	VISUALISIERUNGEN	105
5.2	QUALITÄTSSICHERUNG	108
5.3	NOTWENDIGE EINGANGSDATEN DIESER SOFTWARE	109
6	<u>FORSCHUNGSERGEBNIS UND FAZIT</u>	110
6.1	FRAGE 1: SIND DIE SYSTEME ZUR ERFASSUNG VON HERSTELLDATEN UND ZUR ABWICKLUNG DES QUALITÄTSMANAGEMENTS EINES DSV-KÖRPERS VON UNTERNEHMEN ZU UNTERNEHMEN UNTERSCHIEDLICH?	110
6.2	FRAGE 2: IST-STAND: WELCHEN GRAD DER DIGITALISIERUNG ERFÜLLEN AUSFÜHRENDE UNTERNEHMEN NACH AKTUELLEM STAND DER TECHNIK?	110
6.3	FRAGE 3: WORAUS BESTEHEN DIE ANFORDERUNGSPROFILE FÜR MODERNE SYSTEME DES DATENMONITORINGS BEI DSV-ARBEITEN VON BAUHERR, PLANER UND AUSFÜHRENDEM?	111
6.4	FRAGE 4: KANN EINE VOLLSTÄNDIGE AUTOMATISIERUNG DER DATENVERWALTUNG MIT DEN HEUTZUTAGE AUFGENOMMENEN MESSWERTEN ERZIELT WERDEN ODER MÜSSEN ZUSÄTZLICHE PARAMETER AUFGEZEICHNET WERDEN?	112
6.5	FAZIT	113
6.5.1	BAUHERREN	115
6.5.2	PLANER	115
6.5.3	AUSFÜHRENDE UNTERNEHMEN	116
6.5.4	ZUSAMMENFASSUNG	117
7	<u>VERZEICHNISSE</u>	119
7.1	LITERATURVERZEICHNIS	119
7.1.1	BÜCHER UND ZEITSCHRIFTEN	119
7.1.2	FACHGESPRÄCHE	121

7.1.3	NORMEN UND RICHTLINIEN	121
7.1.4	ONLINE-QUELLEN	122
7.2	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	122
7.3	TABELLENVERZEICHNIS	123
8	<u>ANHANG</u>	125
8.1	AUSFÜHRENDER 1	126
8.2	AUSFÜHRENDER 2	135
8.3	AUSFÜHRENDER 3 UND AUSFÜHRENDER 4.....	140
8.4	AUSFÜHRENDER 5	148
8.5	AUSFÜHRENDER 6	157
8.6	PLANER 1	163
8.7	PLANER 2	170
8.8	PLANER 3 UND PLANER 4.....	177
8.9	PLANER 5	182
8.10	BAUHERR 1	188
8.11	BAUHERR 2 UND BAUHERR 3	194
9	<u>EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG</u>	199

1 EINLEITUNG

1.1 MOTIVATION

„Das Netz ändert Alltag und Produktion. Maschinen ersetzen nicht nur Muskeln, sondern das Denken. Keine Branche kann entkommen“¹⁵

Schlagzeilen dieser Natur nehmen immer häufiger Platz in unseren Tageszeitungen und Wissenschaftsmagazinen ein. Die Digitalisierung, auch digitale Revolution genannt, lässt sich einerseits in unserem Alltag spüren, viel mehr jedoch sind Firmen in den unterschiedlichsten Branchen damit beschäftigt, diese Umstrukturierung zu meistern. Die Digitalisierung ist keine Naturgewalt, der wir uns beugen müssen, sondern viel mehr ein Veränderungsprozess, den wir mitgestalten dürfen. Auch das Bauwesen erfährt Weiterentwicklungen im Bereich der Automatisierung von Arbeitsprozessen.

Aufgrund der Automatisierung verschiedenster Prozesse können Einsparungen in der Bauzeit und in den Kosten erzielt werden, und die immer wichtiger werdende Qualitätssicherung eines Produkts kann dem Kunden einfacher und übersichtlicher vermittelt werden.

Um als ausführendes Unternehmen im Bauwesen konkurrenzfähig zu bleiben, ist es wichtig, am Puls der Zeit zu leben und der digitalen Entwicklung zu folgen. So sind auch Innovationen im Tiefbau von dieser Entwicklung getrieben. Das Datenmonitoring beim DSV ist gekennzeichnet durch die Aufnahme relevanter Herstellungsdaten, welche digital erfasst und in globale, übergreifende Datenbanken geladen werden. Von einer digitalen Plattform können automatisch Abrechnungen und Dokumentationen erstellt werden. Viele administrative Aufgaben des Bauleiters, der örtlichen Bauaufsicht (ÖBA) und des Planers können durch digitale Datenbanken vereinfacht werden. Fehlervermeidung und Reduktion der Arbeitszeit stellen zusätzlich ein großes Verbesserungspotential dar.

Um das Maximum an Verbesserungspotential für Bauprozesse mit Hilfe der Digitalisierung herauszuholen sind nun vorweg IST-Stand, sowie Anforderungen verschiedenster Beteiligter am Bau und mögliche Lösungen für ein digitales Datenmonitoring beim DSV zu analysieren und zu generieren.

¹⁵ Höning, A.: Die industrielle Revolution, RP-Online, 18.06.2014

1.2 FORSCHUNGSFRAGEN UND METHODIK

Um die Entwicklungen des Datenmonitorings beim DSV zu analysieren und das maximale Verbesserungspotential zu generieren, ergeben sich folgenden Forschungsfragen:

1.2.1 FORSCHUNGSFRAGEN

Frage 1:

Sind die Systeme zur Erfassung von Herstelldaten und zur Abwicklung des Qualitätsmanagements eines DSV-Körpers von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich?

Frage 2:

Ist-Stand: Welchen Grad der Digitalisierung erfüllen ausführende Unternehmen nach aktuellem Stand der Technik?

Frage 3:

Woraus bestehen die Anforderungsprofile für moderne Systeme des Datenmonitorings beim DSV von Bauherr, Planer und Ausführendem?

Frage 4:

Kann eine vollständige Automatisierung der Datenverwaltung mit den heutzutage aufgenommenen Messwerten erzielt werden oder müssen zusätzliche Parameter aufgezeichnet werden?

1.2.2 METHODIK

Zur Beantwortung der Forschungsfragen ist eine reine Recherche facheinschlägiger Literatur nicht zielführend, da es sich um sehr aktuelle Fragestellungen handelt, welche zum Teil noch in der Entwicklung stehen. Diese Fragestellungen konnten nur mit Hilfe von geführten Experteninterviews beantwortet werden. Die Fachgespräche wurden mit ausgewählten Firmen, die in den Bereichen Ausführung, Auftraggeberschaft und Planung tätig sind, geführt. Die befragten Experten wurden anhand ihrer Erfahrung im Bereich des DSV, sowie der jeweiligen Interessensgruppe (Ausführer, Bauherr, Planer) ausgewählt. U.a. wurde ein Geschäftsführer eines international tätigen Spezialtiefbauunternehmens befragt, der die prozessoptimierenden und wirtschaftlichen Aspekte der Digitalisierung erläutern konnte. Weiters wurden Fachgespräche mit Experten im Bereich der Forschung und Planung geführt, die im Fachbereich der bautechnischen Entwicklungen Spezialisten sind. Zusätzlich wurden Fachleute aus dem Fachgebiet der Mechatronik befragt, die Spezialwissen in Bereichen des Datenmonitorings, sowie der Sensortechnik aufweisen können. Nicht zuletzt wurden Aspekte der Bauherren, die den Ablauf der DSV-Arbeiten von der kontrollierenden und überwachenden Seite miterleben, einbezogen, um ein gesamtheitliches Ergebnis zu schaffen.

Nachstehend soll ein Überblick über die verwendete Methodik geschaffen werden.

- ◆ Input
 - Literaturrecherche
 - Fachgespräche mit geführtem Fragenbogen
- ◆ Output
 - Informationsgehalt bündeln
 - Analyse des IST-Stands
 - Anforderungsprofile herausarbeiten
 - Entwicklungspotentiale erläutern

1.3 AUFBAU UND UMFANG DER ARBEIT

Die Quellen dieser Arbeit lassen sich grundsätzlich in zwei große Gruppen einteilen. Zum einen wurden Informationen aus Literaturquellen herangezogen und zum anderen wurden Fachgespräche mit Fachexperten aus der Praxis geführt. Die befragten Personen sind wie folgt zu beschreiben:

1.3.1 FACHGESPRÄCHE

Ausführende Unternehmen:

- ◆ **Ausführender 1**
 - Funktion: Gruppenleiter bei Spezialtiefbauunternehmen für leichten Spezialtiefbau und Rammtechnik
 - Firma: österreichisches Bauunternehmen, international tätig
 - Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro
 - Fachspezifisch höchste Ausbildung: Doktorat im Forschungsbereich Mechanik der Werkstoffe und Strukturen
 - Erfahrung: 3 Jahre Bauleitung und 10 Jahre Projektleitung für DSV in Österreich, 7 Jahre Gruppenleitung für Ramm- und Düstechnik
 - Datum des Fachgesprächs: 06.03.2017
- ◆ **Ausführender 2**
 - Funktion: Product Line Manager bei Spezialtiefbauunternehmen
 - Firma: deutsches Spezialtiefbauunternehmen, international tätig
 - Umsatz: rund 2,2 Mrd. Euro
 - Fachspezifisch höchste Ausbildung: Diplomstudium für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
 - Erfahrung: 22 Jahre Product Line Manager

- Datum der Zusendung des Fragebogens: 08.03.2017

◆ **Ausführender 3**

- Funktion: Mechatroniker
- Firma: deutsches Spezialtiefbauunternehmen, international tätig
 - Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Höhere Technische Lehranstalt für Tiefbau
- Erfahrung: 8 Jahre Bauleiter bei Wasserhaltungs-, Brunnenbau-, Bodenvereisungs-, Injektions- und DSV-Arbeiten
Seit 7 Jahren in der Mechatronikabteilung tätig – zuständig für die gesamte Technik der gesteuerten Bohrungen, Injektions-, Bohr- und DSV Datenerfassung, sowie der Steuerungs- und Überwachungstechnik für Wasserhaltungen
- Datum des Fachgesprächs: 14.03.2017

◆ **Ausführender 4**

- Funktion: Mechatroniker
- Firma: deutsches Bauunternehmen, international tätig
 - Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Lehre als Elektriker
- Erfahrung: Polier bei DSV-Baustellen, seit 18 Jahre in der Mechatronikabteilung tätig – zuständig für die gesamte Technik der gesteuerten Bohrungen, Injektions-, Bohr- und DSV Datenerfassung, sowie der Steuerungs- und Überwachungstechnik für Wasserhaltungen
- Datum des Fachgesprächs: 14.03.2017

◆ **Ausführender 5**

- Funktion: Geschäftsführer
- Firma: deutsches Bauunternehmen, international tätig
 - Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Höhere Technische Lehranstalt für Bauwesen
- Erfahrung: 19 Jahre Bau- und Projektleitung in Österreich, 5 Jahre Bereichsleiterposition in Deutschland, 20 Jahre Geschäftsführung
- Datum des Fachgesprächs: 15.03.2017

◆ **Ausführender 6**

- Funktion: Bauleiter

- Firma: österreichisches Bauunternehmen
 - Umsatz: rund 78 Mio. Euro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: befindet sich gerade im Studium für Bauingenieurwesen
- Erfahrung: Bauleiter Spezialtiefbaustellen
- Datum des Fachgesprächs: 31.05.2017

Bauherrn

◆ Bauherr 1

- Funktion: Streckenmanagement und Anlagenentwicklung, Fachbereich Bautechnik, Tunnelbau
- Firma: österreichisches Infrastrukturunternehmen
 - Umsatz: rund 2,4 Mrd. Euro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Diplomstudium für Bergwesen
- Erfahrung: 11 Jahre Mitarbeit und Leitung von Tunnelbauarbeiten in Österreich
- Datum des Fachgesprächs: 12.04.2017

◆ Bauherr 2

- Funktion: Projektleiter
- Firma: österreichisches Infrastrukturunternehmen
 - Umsatz: rund 503 Mio. Euro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Höhere Technische Lehranstalt für Bauwesen
- Erfahrung: seit über 20 Jahren Projektleitung im Wiener U-Bahnbau
- Datum des Fachgesprächs: 08.06.2017

◆ Bauherr 3

- Funktion: technischer Referent
- Firma: österreichisches Infrastrukturunternehmen
 - Umsatz: rund 503 Mio. Euro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Diplomstudium für Bauingenieurwesen
- Erfahrung: seit 10 Jahren ÖBA und Projektsteuerung im Wiener U-Bahnbau
- Datum des Fachgesprächs: 08.06.2017

Planer

◆ Planer 1

- Funktion: Eigentümer eines Planungsbüros und Leiter eines universitären Erdbaulaboratoriums
- Firma: österreichisches Planungsbüro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Doktorat im Forschungsbereich Grundbau und Bodenmechanik (staatlich befugter und beeideter Ziviltechniker)
- Erfahrung: Planende Funktion in der Geotechnik (Baugrunderkundung, geotechnische Gutachten und Baubetreuung, erdstatische Berechnungen) – 34 Jahre Erfahrung
- Datum des Fachgesprächs: 10.03.2017

◆ Planer 2

- Funktion: Projektleiter in einem Planungsbüro
- Firma: österreichisches Planungsbüro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Höhere Technische Lehranstalt für Bauwesen und Prüfung auf Dipl.-HTL-Ing.
- Erfahrung: 37 Jahre Erfahrung im Tunnelbau, leitender Sachbearbeiter für zyklische Vortriebe beim Semmeringbasistunnel und Wiener U-Bahnausbauten, sowie Projektbearbeiter von DSV-Arbeiten im Wiener U-Bahnbau
- Datum des Fachgesprächs: 30.05.2017

◆ Planer 3

- Funktion: Geschäftsführerin eines Planungsbüros
- Firma: österreichisches Planungsbüro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Diplomstudium für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft
- Erfahrung: Planende Funktion im Tunnelbau und U-Bahnbau, sowie im Ingenieurtiefbau und Spezialtiefbau – 30 Jahre Erfahrung, 15 Jahre Geschäftsführung
- Datum des Fachgesprächs: 30.05.2017

◆ Planer 4

- Funktion: Geschäftsführer eines Planungsbüros
- Firma: österreichisches Planungsbüro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Diplomstudium für Kulturtechnik und Wasserwirtschaft

- Erfahrung: Planende Funktion im Tunnelbau und U-Bahnbau, sowie im Ingenieurtiefbau und Spezialtiefbau – 30 Jahre Erfahrung, 15 Jahre Geschäftsführung
- Datum des Fachgesprächs: 30.05.2017

◆ **Planer 5**

- Funktion: Leiter der Ingenieurtiefbau-Abteilung eines Planungsbüros
- Firma: österreichisches Planungsbüro
- Fachspezifisch höchste Ausbildung: Diplomstudium für Bauingenieurwesen
- Erfahrung: Planende Funktion im Brückenbau und Tiefbau, während der letzten Jahre Vertiefung im Wiener U-Bahnbau
- Datum des Fachgesprächs: 07.06.2017

Die Fachgespräche wurden auf Basis eines Fragenkatalogs (aufbauend auf die Forschungsfragen) geführt, der in vier Bereiche gegliedert ist. Der erste Abschnitt beschäftigt sich mit allgemeinen Fragestellungen, wie Informationen zur Person und einem Überblick zum verwendeten DSV-System. Der zweite Bereich beschäftigt sich mit der Funktionsweise und Speicherung der Datenaufnahme. Der dritte Bereich soll die Weiterverwendung der Daten, den Grad der Digitalisierung und die Einsatzhäufigkeit der automatisierten Systeme erörtern. Der vierte Bereich beschäftigt sich einerseits mit Schwachstellen der Systeme und welche Bereiche des Datenmonitorings beim DSV schon vollkommen ausgereift sind. Unmittelbare Verbesserungen und Anforderungsprofile an moderne Datenmonitoringsysteme der Beteiligten am Bau schließen den vierten Teil ab. Der fünfte und letzte Bereich soll die Verwendung von Building Information Modeling (BIM) im Tiefbau erläutern.

Hier ein Überblick über die gestellten Fragen:

Erster Themenblock: Allgemeines

◆ Allgemeine Informationen zur Person

Unternehmen/Firma:	<input type="text"/>
Namen:	<input type="text"/>
Funktion:	<input type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input type="checkbox"/> Planer <input type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Techniker <input type="checkbox"/> Andere
Genauere Bezeichnung der Funktion:	<input type="text"/>

Grafik 1.3.1: Beispiel aus dem Fragebogen

- ◆ Führen Sie als Unternehmen selbst DSV-Arbeiten durch?
 - ◆ Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim DSV?
- Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz den Namen und die Funktionsweise Ihres vertrauten Systems für das Datenmonitoring beim DSV.

Zweiter Themenblock: Datenaufnahme und -speicherung



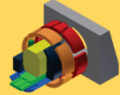
Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines DSV-Körpers simuliert bzw. beschrieben werden.

- ◆ Wo beginnt die Aufnahme von Messwerten? Was wird gemessen?
- ◆ Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?
- ◆ Wo sind die Messsensoren angebracht? Möglicherweise können Sie Skizzen und technische Beschreibungen zur Verfügung stellen.
- ◆ Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt? Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?
- ◆ Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (WLAN, USB, Bluetooth, etc.)?
- ◆ Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Excel-Datei, ...)?
- ◆ Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert, verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?
- ◆ Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Dritter Themenblock: Weiterverwendung der gesammelten Daten

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

- ◆ Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
Entwicklungsstufen	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Grafik 1.3.2: Beispiel aus dem Fragebogen

- ◆ Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?
- ◆ Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?
- ◆ Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?
- ◆ Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100 % automatisiert und digitalisiert sind?
- ◆ Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?
- ◆ An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

Vierter Themenblock: Schwachstellen, Verbesserungen, Anforderungsprofile

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von der Herstellung bis zur Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

- ◆ Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

- ◆ Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?
- ◆ Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?
- ◆ Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?
- ◆ Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?
- ◆ Nehmen wir an, Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Fünfter Themenblock: BIM

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

- ◆ Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?
- ◆ Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

1.3.2 ÜBERBLICK

In Kapitel 2 werden die Grundlagen des DSV erklärt. Hier wird neben der Funktionsweise des Verfahrens auch die notwendige Baustelleneinrichtung erörtert. Der zweite Teil des Kapitels befasst sich mit Anwendungsbereichen des DSV, der Baugrunderkundung und der Messeinrichtungen.

Kapitel 3 beschäftigt sich mit dem Datenmonitoring bzw. der Datenverwaltung der aufgenommenen Herstellparameter. Zuerst wird eine Erläuterung der aufgenommenen Parameter gegeben und danach wird ein Überblick über die Normenlage geschaffen. Der Kreislauf der Messwerte (siehe Kapitel 3.4, Seite 61) soll veranschaulicht werden. Aufgrund von Auswertungen der geführten Fachgespräche wird der Grad der Digitalisierung jedes einzelnen Unternehmens verglichen und analysiert. Daraus werden Anforderungsprofile, aus der Sicht von Planer, Bauherr und Ausführenden an moderne Datenmonitoringsysteme für DSV abgeleitet.

In Kapitel 4 wird die Qualitätskontrolle eines DSV-Körpers betrachtet. Der Anfang des Kapitels bildet einen Überblick über die Normenlage, betreffend der notwendigen Angaben, sowie der

laufenden Qualitätskontrolle und Vorversuche. Im zweiten Teil wird näher auf das ÖBV-Merkblatt „Qualitätssicherung für Bodenvermörtelung“ eingegangen sowie Verfahren zur Durchmesserbestimmung erläutert.

Zuletzt werden in Kapitel 5 Lösungsansätze und Ideen zur Verwirklichung eines modernen Datenmonitoringsystems erläutert.

2 DSV IM ÜBERBLICK

2.1 GESCHICHTE

DSV, international eher als „Jet Grouting“ bekannt, wurde 1979 erstmals in Europa, vor allem in Deutschland und Italien eingesetzt. Ursprüngliche Versuche und Anwendungen stammen jedoch aus Japan und Großbritannien.

„Die Grundlage für das heutige Düsenstrahlverfahren stellt das Hochdruckwasserschneiden dar, welches in den fünfziger Jahren für die Schneidvorgänge von Metallen, Kunststoffen, Keramik und Beton sowie für den staubfreien Abbau von Kohle im Steinkohlbergbau entwickelt wurde.“¹⁶

Dieses Verfahren wurde erstmals 1970 durch ein japanisches Patent weltweit bekannt. Die Firma Keller Grundbau GmbH, führte Ende der 1970er Jahre erstmals eine Gebäudeunterfangung mit Hilfe des DSV in Deutschland durch. Anfang der 1980er Jahre hat sich dieses Verfahren dann europaweit durchgesetzt.¹⁶

Damals wurde es hauptsächlich zur Verfestigung von Böden und zur Absperrung von Grundwasser eingesetzt. Trotz enormer Weiterentwicklungen des Verfahrens seit 1979 ist der Großteil des Einsatzbereichs weitestgehend gleichgeblieben. Diese Weiterentwicklungen geschahen vor allem in den Bereichen der Sensorik und der Geräte zur Aufnahme und Verarbeitung von Daten.

Die Anwendbarkeit erstreckt sich über die unterschiedlichsten Bodentypen. Aufgrund der großen Vielfalt an Injektionsstoffen und moderner Geräte für den Einbau, ist es möglich das DSV innerstädtisch sowie auch in ländlichen Gebieten, in alpinen Gegenden sowie im Flachland, in tonigen sowie in kiesigen Böden, etc. einzusetzen.¹⁷ Trotz der weiten Verbreitung und des häufigen Einsatzes des DSV über die letzten Jahre ist die Technik, vor allem in Bereichen der Software, der Datenaufbereitung, Speicherung sowie der Analyse noch immer nicht vollständig ausgereift, und es werden laufend Verbesserungen durchgeführt. Diese Verbesserungen betreffen in erster Linie die Benutzerfreundlichkeit der Programme sowie das Speichern auf einer cloudbasierten Plattform, wodurch die Verarbeitbarkeit der Daten erleichtert wird.¹⁸ So beschäftigen sich heutzutage viele Forscher und Techniker mit der Aufnahme von Produktions- und Umweltdaten auf der Baustelle, um die konstante Qualität und Sicherheit von Bauvorhaben zu gewährleisten.

¹⁶ Beck, C.: Untersuchung der Auswirkung von Luftummantelung und Pumpencharakteristik auf die Schneidkraft des Düsenstrahls, Dissertation, TU Cottbus, 21.11.2006, S. 3

¹⁷ Berg, J.: Das Düsenstrahlverfahren im Spezialtiefbau, Voraussetzung-Planung-Ausführung, Band 19, expert-Verlag, 2002, S.1-2

¹⁸ Trojer, W.; Schmidt, M.: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf Züblin Spezialtiefbau GmbH, 14.03.2017

2.2 WARUM SIND AUSFÜHRLICHE MESSUNGEN DES HERSTELLVERFAHRENS UND DER QUALITÄT BEIM DSV NOTWENDIG?

Die Mehrheit der mit dem DSV hergestellten Körper werden unter der Geländeoberkante hergestellt und sind nach der Fertigstellung nicht zugänglich. Mit stetiger Ausweitung der Anwendungsgrenzen dieses Verfahrens steigt auch die Komplexität der Gestalt, Tiefe und Größe der DSV-Körper. Aus den geführten Experteninterviews ging hervor, dass bereits Dichtsohlen in über 30 m Tiefe hergestellt werden können. Um Dichtsohlen in solchen Tiefen errichten zu können, ist die digitale Aufzeichnung der Messwerte und Auswertung in Echtzeit von essentieller Bedeutung. Nur so ist gewährleistet, dass das Bohrgestänge mit einer minimalen Abweichung abgeteuft wird und keine Fugen in der späteren Dichtsohle entstehen. Vor einigen Jahren wären solche Vorhaben, aufgrund der fehlenden Messtechnik noch undenkbar gewesen. Um also den Erfolg und die Qualität der hergestellten Produkte sicherstellen zu können, müssen die Lagengenaugigkeit, Abmessungen und Festigkeiten ermittelt werden. Beispielsweise kann durch große Abweichungen der Lagegenauigkeit oder ungewollte Unregelmäßigkeiten in den Abmessungen der Säule, die zugesicherte Qualität nicht mehr erreicht werden. Mit Hilfe aufgenommener Messwerte können die erfolgreiche Herstellung und das Erreichen der vertraglich vereinbarten Qualitäten besser kontrolliert und nachgewiesen werden.

2.3 BEGRIFFSBESTIMMUNG

Laut ÖNORM EN 12716 wird das DSV wie folgt beschrieben:

„Vorgang, der darin besteht, dass Boden oder mäßig festes Gestein in seine Bestandteile zerlegt und mit zementhaltiger Mischung versetzt bzw. teilweise durch diese Mischung ersetzt wird. Das Auflösen des Bodengefüges wird durch einen energiereichen Flüssigkeitsstrahl bewirkt, wobei die Flüssigkeit die Zementsuspension sein kann.“¹⁹

Das DSV hat bis heute selbst in Europa noch keinen einheitlichen Namen gefunden. In Österreich und Deutschland wird der Name DSV verwendet, wohingegen in der Schweiz das DSV den Namen Jetting trägt. Zusätzlich finden sich Firmennamen im alltäglichen Sprachgebrauch häufig wieder. Beispielsweise bezeichnet die Firma Keller Grundbau GmbH das DSV als Soilcrete-Verfahren, bei der Firma Bauer Spezialtiefbau GmbH wird dieses Verfahren Hochdruckinjektion (HDI-Verfahren) genannt und die Firma Züblin Spezialtiefbau GmbH nennt dies Soil-jet.^{20,21}

¹⁹ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 4

²⁰ Berg, J.: Das Düsenstrahlverfahren im Spezialtiefbau, Voraussetzung-Planung-Ausführung, Band 19, expert-Verlag, 2002, S.1-2

²¹ Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, S. 3

Im Erdbau fallen die Begriffe Boden-ERSATZ, Boden-VERDICHUNG, Boden-VERÄNDERUNG, Boden-ENTWÄSSERUNG und Boden-BEWEHRUNG unter den Begriff der **Bodenverbesserungsverfahren**. Das DSV ist Teil der **Bodenveränderung** wie in der folgenden Tabelle dargestellt wird. ²²

PRINZIP	VERFAHREN
Boden-ERSATZ	Bodenaushub, Bodenaustausch
Boden-VERDICHUNG (mechanisch)	Walzenverdichtung, Impulsverdichtung, Dynamische Intensivverdichtung, Rütteldruck- und Rüttelstopfverdichtung
Boden-VERÄNDERUNG (hydraulisch)	Bodenstabilisierung mit Bindemitteln, Injektionen, Düsenstrahlverfahren, Bodenvereisung
Boden-ENTWÄSSERUNG	Vertikaldrains, Flächendrainage, Vakuumkonsolidation, Vorbelastung
Boden-BEWEHRUNG	Geokunststoffe, Bewehrungslagen, Zellkonstruktionen etc.

Tab. 2.3.1: Bodenverbesserungsverfahren²³

2.4 UNTERSCHIED ZWISCHEN INJEKTIONEN UND DSV

2.4.1 DSV

Beim DSV, wird die Struktur des Bodens zerstört. Der aufgeschnittene Boden wird mit einer Suspension, die großteils aus Zement und Wasser besteht, vermischt. Dadurch wird der Boden teilweise durch die Suspension ersetzt, und es entstehen sogenannte DSV-Körper. Überschüssiger Boden und Suspension treten aus dem Bohrloch an der Geländeoberkante (GOK) wieder aus. Das wird Rückfluss genannt. ²⁴

2.4.2 INJEKTIONEN

Dabei werden nur die Poren im Boden mit Suspension gefüllt, ohne dabei die Struktur des Bodens zu zerstören. Injektionen lassen sich grundsätzlich in zwei Bereiche unterteilen:

- ◆ Auffüllinjektionen von Hohlräumen
- ◆ Aufbruch- und Verdichtungsinjektionen

Bei Auffüllinjektionen von Hohlräumen dient der Einpressdruck nur zur Überwindung von Strömungs- oder Eindringwiderständen im Poren- oder Kluftgefüge. Grundsätzlich lässt sich diese je nach Größe der Hohlräume in Hohlrauminjektionen, Lockergesteinsinjektionen und Kluftinjektionen unterteilen.

²² Adam, D.: Aktuelle Entwicklungen im Erd- und Grundbau für Straßen und Eisenbahnwesen, 9. Erdbaufachtagung, 31.01.2013, Kap. 2

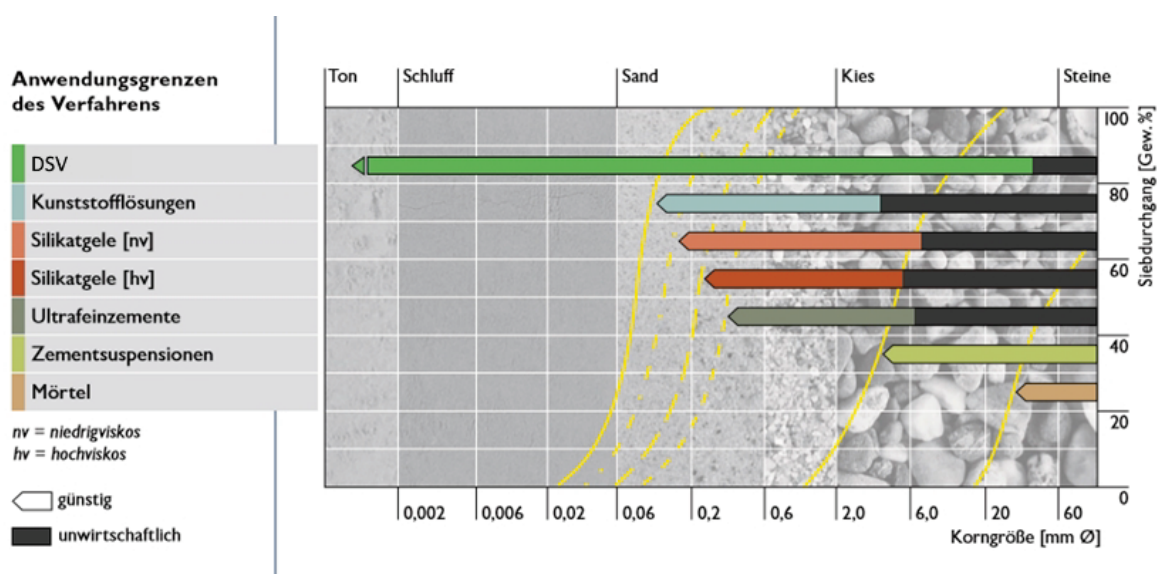
²³ Adam, D.: Aktuelle Entwicklungen im Erd- und Grundbau für Straßen und Eisenbahnwesen, 9. Erdbaufachtagung, 31.01.2013, Kap. 2

²⁴ Schweizerische Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik: Pfahlfundationen – Bemessen, ausführen, prüfen, Herbsttagung, 28.10.2005, S. 78

Bei Aufbruch- und Verdichtungsinjektionen werden vorhandene Hohlräume, Klüfte und Poren erweitert und danach gefüllt. Die Struktur des Injektionsmediums wird verändert aber nicht völlig zerstört, wie es beim DSV der Fall ist.²⁵

2.5 FUNKTIONSWEISE

Durch die genau festgelegte Zumischung des Bindemittels können die bodenmechanischen Eigenschaften des natürlichen Bodens verändert werden. Geeignete Böden sind Lockerböden (Ton, Schluff, Sand, Kies) sowie leicht lösbarer Fels. Für das DSV ist jedoch unwesentlich, welches Porenvolumen und welche Korngröße im Boden vorliegen, viel entscheidender sind die Lagerungsdichte und die Festigkeit des zu bearbeitenden Bodens. Trotzdem lässt sich mit Hilfe der Korngröße im Boden auf die notwendige Suspension schließen.²⁶



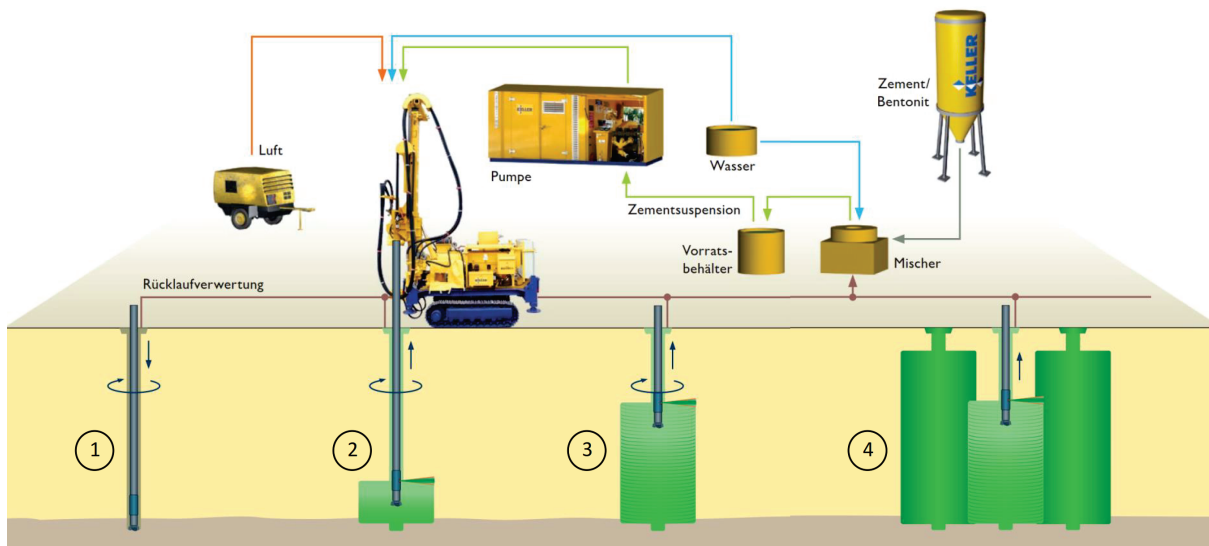
Grafik 2.5.1: Anwendungsgrenzen des Verfahrens²⁷

In Grafik 2.5.1 ist zu sehen, wie die Art des Verfahrens (Druck, Suspensionszusammensetzung) bezogen auf die Korngröße (mm) bzw. den Körnungsanteil (%) variiert. So ist das DSV in allen Böden (Korngrößen 0 bis 60 mm) anzuwenden, da selbst bei bindigen Böden der Druck zum Zerschneiden des Bodens aufgebracht werden kann. Auszunehmen ist ein sehr felsiger (Korngröße größer als 60 mm) Boden. Bei stark nichtbindigen Böden, wie Kies (Korngrößen 2,0 bis 60 mm), sind nur Zementsuspensionen, Feinstbindemittelsuspensionen oder Mörtelinjektionen notwendig, da hier nur die schon vorhandenen Poren im Boden mit Suspensionen verfüllt werden müssen. In sandigen Böden sind Chemikalinjektionen möglich. Um DSV-Körper in tonigen und schluffigen Böden herzustellen sind Hochdruckinjektionen zu verwenden.

²⁵ Kardel, J.: Injektionstechnische Methoden bei der Sicherung von Altbergbau – ein Überblick, Stump Spezialtiefbau GmbH, Freiberg, 2001, S. 2

²⁶ Beck, C.: Untersuchung der Auswirkung von Luftummantelung und Pumpencharakteristik auf die Schneidkraft des Düsenstrahls, Dissertation, TU Cottbus, 21.11.2006, S. 4

²⁷ Adaptiert von Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, S. 4



Grafik 2.5.2: Schematische Darstellung des DSV²⁸

Um einen derartigen Zement-Boden Körper zu erstellen, muss das Bohrgestänge in die erforderliche Tiefe in den Boden abgeteuft werden. Am tiefsten Punkt des Bohrgestänges befindet sich ein Bohrkopf, wobei der Bohrkopf einen größeren Durchmesser als das Bohrgestänge aufweist. Aufgrund der unterschiedlich großen Durchmesser von Bohrkopf und Bohrgestänge entsteht ein Hohlraum zwischen der Bohrlochwand und dem Bohrgestänge. Dieser Hohlraum wird auch Ringraum genannt, in dem vom Schneidstrahl erodiertes Material zur Geländeoberkante transportiert wird. In Grafik 2.5.2 ist der Ablauf des DSV schematisch dargestellt. Die einzelnen Schritte setzen sich wie folgt zusammen:^{29,30,31}

◆ Schritt 1

Der erste Schritt in Grafik 2.5.2 zeigt das Abteufen des Bohrgestänges, in dem sich die Düse des Schneidstrahls befindet. Das Bohrgestänge wird bis die Tiefe der gewünschten Elementunterkante erreicht ist, abgeteuft.

◆ Schritt 2

Ist die erforderliche Tiefe erreicht, tritt im zweiten Schritt ein Strahl, der sogenannte Schneidstrahl, aus der Düse, die im unteren Bereich des Bohrgestänges angeordnet ist, unter hohem Druck aus. Dabei wird zwischen Ein-, Zwei- und Dreiphasenverfahren unterschieden. Die unterschiedlichen Verfahren sind in Kapitel 2.5.2 ausführlich behandelt.

²⁸ Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, S. 8,9

²⁹ Zilch, K.; Diederrichs, C.; Katzenbach, R.; Beckmann, K.: Geotechnik, Springer-Vieweg, 2.Auflage, 2013, S. 1588-1590

³⁰ Beck, C.: Untersuchung der Auswirkung von Luftummantelung und Pumpencharakteristik auf die Schneidkraft des Düsenstrahls, Dissertation, TU Cottbus, 21.11.2006, S. 5

³¹ Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, S. 4-6

◆ Schritt 3

Der Schneidstrahl tritt rechtwinkelig zum abgeteuften Gestänge aus und schneidet so, im dritten Schritt, den anstehenden Boden unter ständigem Ziehen und Rotieren (bis zu 360° möglich) auf. Je nach Öffnungswinkel der Rotation kann dabei die Form des erstellten DSV-Körpers variieren (siehe Kapitel 2.5.1). Der Schneidstrahl tritt mit einem Druck von 100 bis 600 bar aus, bzw. mit einer Geschwindigkeit von über 100 m/s, um so den anstehenden Boden aufzuschneiden bzw. zu erodieren – die kinetische Energie des austretenden „Druckstrahls“ macht das Lösen des Bodens möglich. Das DSV-Element wird dann durch das Ziehen und die Rotation des Bohrgestänges bis zur Elementoberkante hergestellt. Das überschüssige Boden-Wasser-Zement-Gemisch tritt über den Bohrlochringraum zutage und wird dort gesammelt, gemessen und je nach Zusammensetzung wiederverwendet, aufbereitet oder wegtransportiert (deponiert). Zu beachten ist, dass der entstehende Rückfluss ein weitaus größeres Volumen aufweist, als die eingebrachte Suspension. So ist in kiesigen, sandigen Böden, je nach erforderlicher Festigkeit des DSV-Körpers, mit dem 1 bis 2-fachen Volumen des DSV-Körpers zu rechnen. In bindigen tonig, schluffigen Böden weist der Rückfluss sogar ein bis zu 10-fach vergrößertes Volumen auf.³² An der Elementoberkante wird dann die Pumpe zum Erzeugen des Schneidstrahls abgeschaltet und das Bohrgestänge wird wieder vollständig aus dem Boden gezogen.

◆ Schritt 4

Im vierten Schritt wird der gesamte Vorgang an einer anderen Stelle wiederholt, wobei die einzelnen DSV-Elemente im Pilgerschrittverfahren erstellt werden.

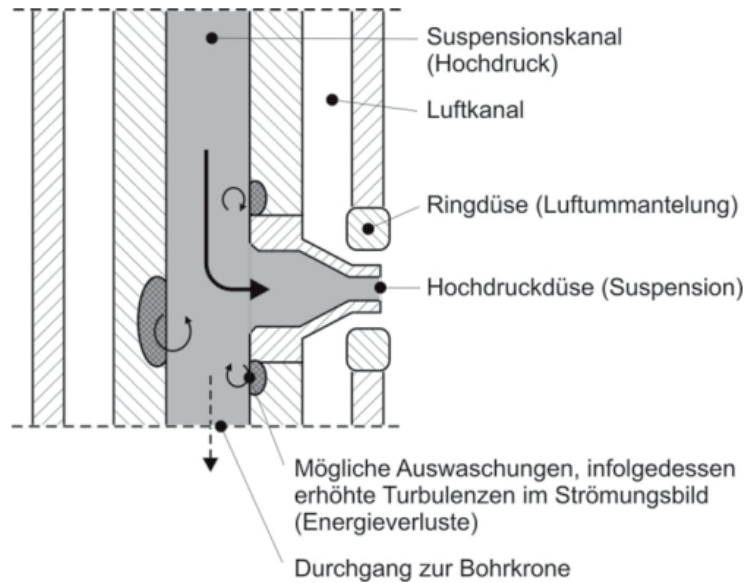
Im Regelfall werden 1 oder 2 Düsen mit einem Durchmesser von 2 bis 6 mm benötigt, wobei die Form dieser Düsen sehr entscheidend für die Effizienz des DSV ist.³³

Schneiddüsen werden teils von DSV-Anbietern selbst hergestellt, aber oftmals werden diese auch von externen Zulieferern bestellt, die Expertise auf diesem Gebiet aufweisen. Denn die Konstruktion des Düsengeräts beeinflusst die Fokussierung des Düsstrahls und somit die im Boden erosiv wirksame Strahlenenergie. Aus diesem Grund wird der Kontrolle über den Zustand der Düse vor und nach dem Düsuvorgang hohe Priorität zugeschrieben. Auch im Qualitätsmanagement stellt das Überprüfen des Zustandes der Düse ein Kriterium dar. Durch achtsame Überwachung der Pumprate während des Herstellungsprozesses können z.B. Verschleißerscheinungen entdeckt werden. So verringert sich z.B. bei konstanter Pumprate der an der Schneiddüse erzeugte Druck durch allmähliches Aufweiten dieser. Mögliche Ver-

³² Breit, K.: Vorlesung Spezialtiefbau DSV, WS2015/16, Folie 19

³³ Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau TU München; Spezialtiefbau Vorlesungsskript, S.8

schleißzonen im Bereich der Düse sind in der Grafik 2.5.3 angedeutet. So kann es zu Aufweitungen im Bereich des Suspensions-, Luftkanals, der Ring-, Hochdruckdüse und zu möglichen Auswaschungen kommen, was zwangsläufig zu Energieverlusten führt.³⁴

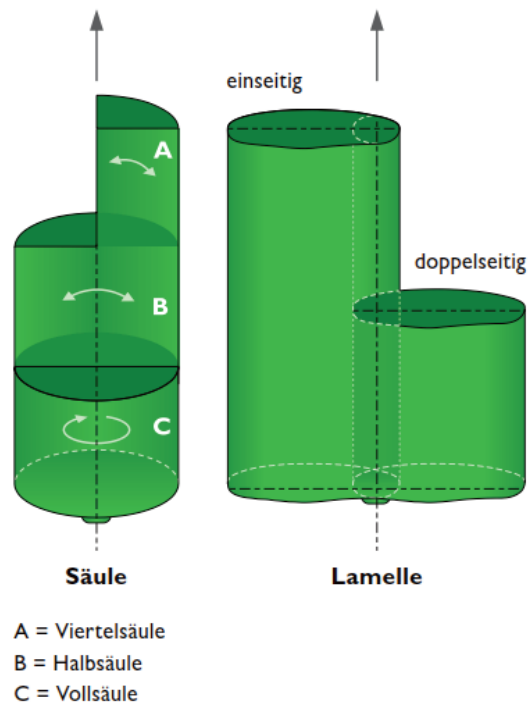


Grafik 2.5.3: Schematischer Schnitt durch einen konventionellen Düsenträger (Zweiphasensystem), mögliche Verschleißzonen angedeutet³⁴

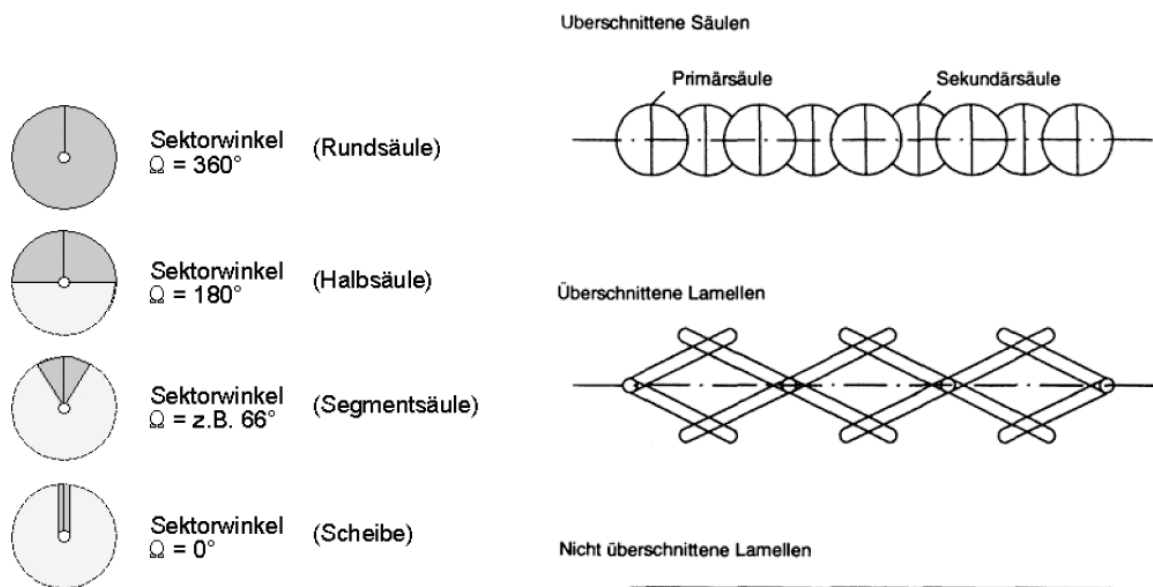
2.5.1 AUSFÜHRUNGSFORMEN

Abhängig davon, wie das Injektionsgestänge während des Ziehvorgangs rotiert wird, können unterschiedliche Geometrien des Zement-Bodenkörpers hergestellt werden. Rotationen zwischen 0 bis 360° erzeugen Vollsäulen, ein abschnittsweises Drehen z.B. von 0 bis 180° erzeugt Halbsäulen. Wenn es während des Ziehvorgangs zur Rotation von wenigen Graden kommt, entstehen ebenflächige Lamellen. Abhängig von der Aneinanderreihung der einzelnen DSV-Elemente können überschnittene bzw. nicht überschnittene Säulen oder Lamellen erzeugt werden. Siehe dazu Grafik 2.5.4 und Grafik 2.5.5.

³⁴ Krentz, M.; Zur guten fachlichen Praxis des Düsenstrahlverfahrens, Geotechnik 38, Ernst&Sohn, 2015, Heft 1, S. 57



Grafik 2.5.4: Geometrieformen eines DSV-Körpers³⁶



Grafik 2.5.5: Links: Ausführungsformen von DSV-Körpern, Rechts: Anordnung von Säulen bzw. Lamellen³⁵

Das Bohrgestänge wird mit einer Geschwindigkeit von 0,1 bis 1 m/min (Ziehgeschwindigkeit) gezogen und dabei gleichmäßig mit einer Geschwindigkeit von 2 bis 15 U/min (Drehgeschwindigkeit) rotiert. Mit der Ziehgeschwindigkeit kann dabei der Umfang des DSV-Körpers beeinflusst werden. Geringe Ziehgeschwindigkeiten führen zu großen Durchmessern, da der Strahl länger an einer Stelle erodierend wirkt. Hohe Ziehgeschwindigkeiten hingegen führen zu

³⁵ Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011, S.153

Schraubflächen. Standardmäßig weisen DSV-Körper Durchmesser von 0,6 bis 2,5 m auf, wobei in vereinzelt Fälle weit größere Durchmesser erreicht werden können.

Die Festigkeiten der DSV-Körper sind stark abhängig vom Zementgehalt in der Zementsuspension und dem anstehenden Boden (Korngrößenverteilung, Lagerungsdichte und Wassergehalt). Mit Kies als anstehenden Boden kann die größte Festigkeit erreicht werden, wohingegen der DSV-Körper in organischen Böden nur 17% der möglichen Festigkeit in Kies erreichen kann. Siehe dazu Tab. 2.5.1.^{33,36}

Bodenart	Festigkeit		
	Kiese	bis	18,00
Sande	bis	14,00	MN/m ²
Schluffe und Tone	bis	10,00	MN/m ²
organische Böden	bis	3,00	MN/m ²

Tab. 2.5.1: Druckfestigkeiten von DSV-Körpern³⁷

2.5.2 VERFAHRENSVARIANTEN

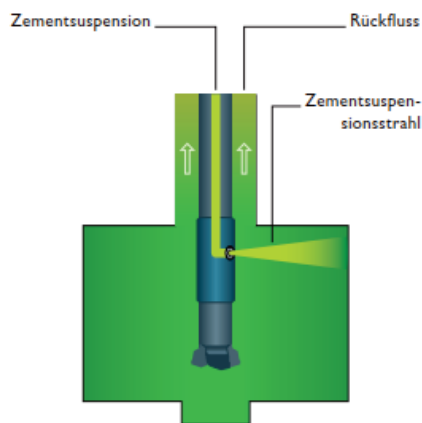
Das DSV lässt sich in drei verschiedene Verfahrensvarianten gliedern. Dabei unterscheidet man das Ein-, Zwei- und Dreiphasenverfahren. Zu beachten ist hierbei, dass die Anzahl der Phasen nicht der Anzahl der Düsen entspricht.

◆ Einphasenverfahren:

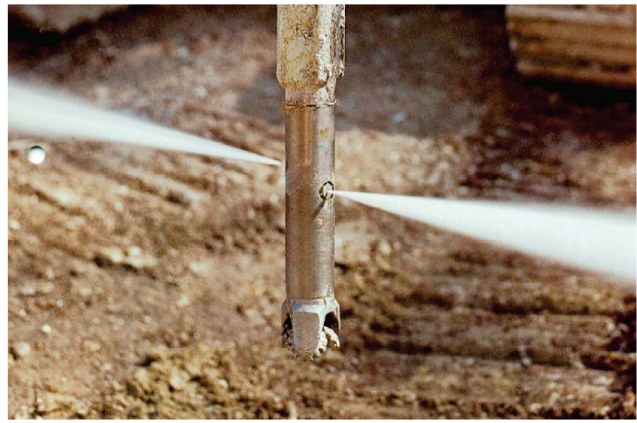
Dabei wird über die Düse ein energiereicher Suspensionsstrahl mit 300 bis 500 bar in den Boden eingebracht. Der Boden wird dabei aufgeschnitten und mit der Suspension vermischt. Grafik 2.5.6 zeigt dabei schematisch den Ablauf des Einphasenverfahrens, wohingegen in Grafik 2.5.7 ein Bohrgestänge (in diesem Fall ein Bohrkopf mit zwei Düsen) abgebildet ist.

³⁶ Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, S. 7

³⁷ Buja, H.-O.; Spezialtiefbaupraxis: Grundlagen, Gerätetechnik, Anwendungen, Praxiserfahrungen, Norderstedt, 1. Auflage, S. 957



Grafik 2.5.6: Schematische Darstellung des Einphasenverfahrens³⁸



Grafik 2.5.7: Aufnahme des Einphasenverfahrens³⁹

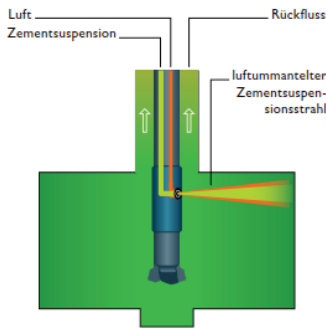
◆ Zweiphasenverfahren:

Um das Aufschneiden zu optimieren, wird zusätzlich zur Suspension noch Wasser oder Luft als zweite Phase verwendet. Grafik 2.5.8 zeigt dabei schematisch den Ablauf des Zweiphasenverfahrens, wohingegen in Grafik 2.5.9 ein Bohrgestänge und eine Düse im Detail dargestellt ist. Das Zweiphasenverfahren kann sowohl mit Luft, als auch mit Wasser als zweiter Komponente erfolgen:

- Suspension und Luft: Der Suspensionsstrahl wird mit 300 bis 500 bar in den Boden gedüst, wobei dieser mit einem Luftstrahl von 2 bis 17 bar ummantelt wird. Dadurch wird der Suspensionsstrahl gebündelt und eine größere Reichweite kann erzielt werden.
- Suspension und Wasser: Wasser dient als Schneidstrahl der mit einem Druck von 300 bis 600 bar aus der Düse austritt. Unterhalb des Wasserstrahls tritt die Zementsuspension mit einem geringeren Druck aus (Mindestdruck 20 bar), die sich mit dem bereits aufgeschnittenen Boden vermischt.

³⁸ Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, S. 6

³⁹ Schweizerische Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik: Pfahlfundationen – Bemessen, ausführen, prüfen, Herbsttagung, 28.10.2005, S.79



Grafik 2.5.8:
Schematische
Darstellung des
Zweiphasenverfahrens
40



Grafik 2.5.9: Aufnahme des Zweiphasenverfahrens⁴¹

◆ **Dreiphasenverfahren:**

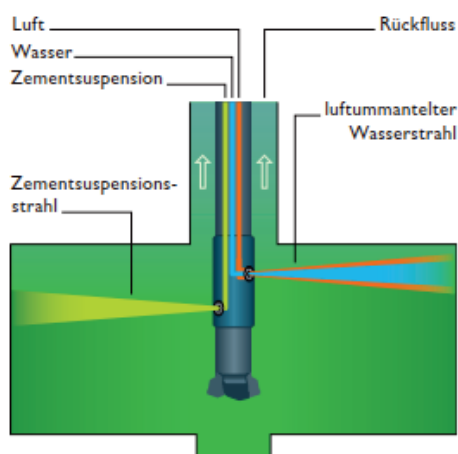
Der anstehende Boden wird mit einem luftummantelten Wasserstrahl aufgeschnitten und danach mit einer Zementsuspension, die aus einer separaten Düse austritt, vermischt. Hier kann wiederum die Reichweite des Schneidstrahls optimiert werden. Grafik 2.5.10 zeigt dabei schematisch den Ablauf des Dreiphasenverfahrens, wohingegen in Grafik 2.5.11 ein Bohrgestänge mit vier Düsen für die Zementsuspension (knapp über dem Bohrkopf) und einer Düse für den luftummantelten Wasserstrahl dargestellt ist.

- Luftstrahl: Druck von 2 bis 17 bar
- Wasserstrahl: Druck von 300 bis 600 bar
- Zementsuspension: Mindestdruck von 20 bar⁴²

⁴⁰ Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, S. 6

⁴¹ Schweizerische Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik: Pfahlfundationen – Bemessen, ausführen, prüfen, Herbsttagung, 28.10.2005, S.80

⁴² Zilch, K.; Diederrichs, C.; Katzenbach, R.; Beckmann, K.: Geotechnik, Springer-Vieweg, 2.Auflage, 2013, S. 1589-1590



Grafik 2.5.10: Schematische Darstellung des Dreiphasenverfahrens⁴³



Grafik 2.5.11: Aufnahme des Dreiphasenverfahrens⁴⁴

Die nachstehende Tabelle, Tab. 2.5.2, soll die zuvor beschriebenen Verfahrensvarianten anhand von vier verschiedenen Kriterien zusammenfassen. Es ist gut zu erkennen, wo die einzelnen Verfahren idealerweise angewendet werden sollen. Anhand Tab. 2.5.2 kann rasch über das zu verwendende Verfahren und dessen Randbedingungen entschieden werden. Wenn z.B. ein kiesiger Boden vorliegt, ist nach Tab. 2.5.2 ersichtlich, dass das Einphasenverfahren nicht mehr anzuwenden ist. Gleiches gilt für die Einsatzbereiche, so ist z.B. für die Herstellung von Lamellenwänden nur das Zweiphasenverfahren geeignet. Weiters ist zu beobachten, dass bei allen Verfahren annähernd die gleichen Drücke der Suspension herrschen.

Verfahren	Prinzip	Material und Pumpendruck	Boden	Einsatzbereiche
Einfachverfahren (Simplex)	Einfachgestänge mit Düse, bei dem der Strahl gleichzeitig zum Schneiden und Vermörteln genutzt wird	Hochdruck Zement-Suspension mit ca. 200 bis 600 bar	erodierbarer Boden, im Grundwasser anwendbar	geringe Tiefe, kleine bis mittlere Durchmesser
Zweifachverfahren (Duplex)	Zweikanal-Bohrgestänge, das aus zwei getrennten, radial angeordneten Zuläufen für Luft und Suspension besteht	Hochdruck Zement-Suspension mit ca. 200 bis 600 bar, Ringdüse koaxial mit 2 bis 12 bar Druckluft	sandiger und kiesiger Boden, im Grundwasser anwendbar	Lamellenwände, Dichtsohlen, Gebäudeunterfangungen, Durchmesser bis 3 m
Dreifachverfahren (Triplex)	Dreikanal-Bohrgestänge mit getrennter Zuführung von Schneidwasser, Luft und Suspension, so dass die Vorgänge Schneiden und Vermörteln räumlich getrennt sind, aber in einem Arbeitsgang ausgeführt werden	Hochdruckwasserstrahl mit Drücken von 300 bis 400 bar, Ringdüse koaxial druckluftummantelt, Zement-Suspensions-Düse von 10 bis 30 bar	sandiger bis kiesiger Boden, im Grundwasser anwendbar	Gebäudeunterfangungen, Dichtwände, Sohlen, Durchmesser von 2 m

Tab. 2.5.2: Prinzip und Merkmale der Herstellverfahren⁴⁵

⁴³ Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, S. 6

⁴⁴ Schweizerische Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik: Pfahlfundationen – Bemessen, ausführen, prüfen, Herbsttagung, 28.10.2005, S.80

⁴⁵ Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011, S.149

2.6 ANWENDUNGSBEREICHE

Durch die unterschiedlichen Gerätetypen und -größen und die Möglichkeit der Variation der Herstellparameter ist das DSV im gesamten Bereich des Spezialtiefbaus einsetzbar. Grundsätzlich kann das Verfahren nach seiner Wirkungsweise in zwei große Bereiche gegliedert werden: statisch und dichtend wirkend.

2.6.1 Statische Wirkung

Statisch wirkend bedeutet, dass die DSV-Elemente tragende und lastableitende Funktionen erfüllen. Fundierungen von Gebäuden sind Paradebeispiele für statisch wirkende Elemente.

Anwendungsbereiche:

- ◆ Unterfangung bestehender Bauwerke
- ◆ Tieferführung von Gründungen bei Lasterhöhung oder unzulässiger Setzung
- ◆ Bodenverbesserung auch unter bestehenden Bauwerken
- ◆ vertikale Dichtungswände (kann auch statische Anforderungen erfüllen)
- ◆ Baugrubenaussteifung unterhalb der Baugrubensohle
- ◆ Wände runder oder polygonaler Schächte
- ◆ Horizontale Schirminjektion im Tunnel- und Stollenbau
- ◆ Bodenvermörtelung zwischen benachbarten Spezialtiefbaumaßnahmen

2.6.2 Dichtende Wirkung

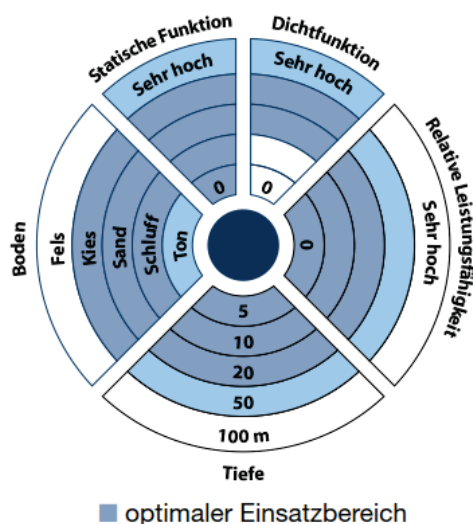
Dichtend wirkend bedeutet, dass die DSV-Elemente Anforderungen hinsichtlich eines geforderten Dichtheitsgrades gegen Wasser oder sonstige Flüssigkeiten erfüllen. Dichtsohlen sind Paradebeispiele für dichtend wirkende Elemente.

Anwendungsbereiche:

- ◆ vertikale Dichtungswände
- ◆ Sohlabdichtung von Baugruben
- ◆ Abdichtung von Leitungsdurchführungen durch einen Baugrubenverbau
- ◆ Bodenvermörtelung zwischen benachbarten Spezialtiefbaumaßnahmen (kann auch dichtende Anforderungen erfüllen)⁴⁶

Bei Variation der Zusammensetzung des Injektionsguts wie z.B. bei Zugabe von speziellen Bindemitteln können je nach Anforderungen DSV-Körper mit hohen Festigkeiten oder hohen Dichtigkeitsanforderungen hergestellt werden.

⁴⁶ Implenia Spezialtiefbau GmbH: <http://www.spezialtiefbau.bilfinger.com/fileadmin/conspezialtiefbau/prospekte/deutsch/Duesenstrahlverfahren.pdf> - Online Prospekt Implenia Spezialtiefbau GmbH, Düsenstrahlverfahren, S. 5



Grafik 2.6.1: Einschätzung optimaler Einsatzbereich⁴⁷

Mit Hilfe von Grafik 2.6.1 können grobe Einschätzungen für den optimalen Einsatzbereich getroffen werden. Dies geschieht anhand von fünf Kriterien:

- ◆ statische Funktion
- ◆ Dichtfunktion
- ◆ relative Leistungsfähigkeit
- ◆ Tiefe
- ◆ Boden

Die Kriterien statische Funktion, Dichtfunktion und relative Leistungsfähigkeit werden jeweils von „Sehr hoch“ bis „0“ abgestuft. Der optimale Einsatzbereich ist mit der Farbe Dunkelblau gekennzeichnet. Bei der Tiefe erfolgt eine Unterteilung in Meter und das Kriterium Boden ist in Bodenarten unterteilt. Von Fels bis Ton.

2.7 ANFORDERUNGEN AN DIE BAUGRUNDERKUNDUNG

Für die Anwendung des DSV ist eine gute und detaillierte Baugrunderkundung, Ausführungsplanung, Kenntnisse über das Injektionsmittel und die verfahrenstechnischen Einstellungen notwendig, um das Baugrundrisiko zu minimieren.

Die Beschaffenheit des Untergrundes sowie Grundwasserverhältnisse müssen für jedes Bauvorhaben bekannt sein. Dies soll zum Nachweis der erforderlichen Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit des Bauwerks und zur Analyse der Auswirkungen der Baumaßnahmen auf den Untergrund dienen. Zur Erkundung des Untergrundes sind geotechnische Untersuchungen im Feld notwendig.

Die laut Norm durchzuführenden Felduntersuchungen dienen vorrangig zur:

⁴⁷ PORR AG: Grundbau-Broschüre, 2012, S. 17

- ◆ Feststellung von Bodeneigenschaften durch Standardversuche
- ◆ Ermittlung des Schichtverlaufes inklusive der Grundwasserverhältnisse
- ◆ Gewinnung von Boden- und Wasserproben zur Durchführung der Laborversuche, um Bodenkennwerte zu bestimmen
- ◆ Gütekontrolle der eingebauten Bodenmassen, wenn der Boden als Baustoff verwendet wird⁴⁸

Betreffend des anstehenden Bodens sind für DSV-Arbeiten vier verschiedene Bereiche auszuarbeiten:

- ◆ Baugrunderkundung, Aufschlussbohrung (Kernbohrung)
- ◆ Ramm- und Drucksondierung
- ◆ Bodengutachten/ geotechnischer Bericht
- ◆ Einbauten & Hohlräume

Baugrunderkundungen und Aufschlussbohrungen müssen dem Umfang gemäß EN 1997/1/2 entsprechen, wobei auch die Fotodokumentation und Bohrprofile bzw. Bodenbeschreibungen laut Norm erfolgen müssen. Zusätzlich sind Angaben über Lagerungsdichte und Konsistenz zu machen.

Ramm- und Drucksondierungen sind im anstehenden Boden vorzunehmen, um Rückschlüsse auf dessen Lagerungsdichte ziehen zu können. Bei Rammsondierungen wird eine Sonde mit festgelegter Energie in den Boden gerammt und dabei die Schlagzahl für eine festgelegte Eindringtiefe gemessen. Rammsondierungen können dabei nach der Masse, mit der die Sonde in den Boden getrieben wird, in leichte (Spitzenquerschnitt 5 cm² / Masse 10 kg), mittelschwere (Spitzenquerschnitt 10 cm² / Masse 30 kg); schwere (Spitzenquerschnitt 15 cm² / Masse 50 kg) und superschwere (Spitzenquerschnitt 16 / 20 cm² / Masse 63,5 kg) Rammsondierung eingeteilt werden. Üblicherweise wird dabei der N10- Wert gemessen, was der Anzahl der Schläge entspricht, die benötigt werden, um die Sonde 10 cm tief in den Boden zu treiben.⁴⁹

Bei Drucksondierungen wird ein Messkopf mit kegelförmiger Spitze bei konstanter Geschwindigkeit in den Boden gedrückt. Dabei werden der Spitzendruck und die Mantelreibung gemessen.

In einem Bodengutachten bzw. geotechnischen Bericht ist die Geologie des anstehenden Bodens zu beschreiben, die alle relevanten Bodenparameter für alle relevanten Bereiche enthalten muss. Darin sind die Kornverteilung, Blockeinlagerungen, Konsistenzklassen nach Atter-

⁴⁸ Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011, S.40,41

⁴⁹ <http://www.baugrundgutachten.info/rammsondierung/>

berg (Konsistenzzahl und Plastizitätszahl), Wassergehalt, Reibungswinkel, Kohäsion, Bemessungswasserstand, sowie die Bestimmung des Grundwassers betreffend betonaggressiver Stoffe und Stoffe, die das Abbinden verzögern enthalten.

Einbauten und Hohlräume sind aufzunehmen und in den Lageplänen inklusiver Abmessungen einzuzeichnen.⁵⁰

2.8 BAUSTELLENEINRICHTUNG

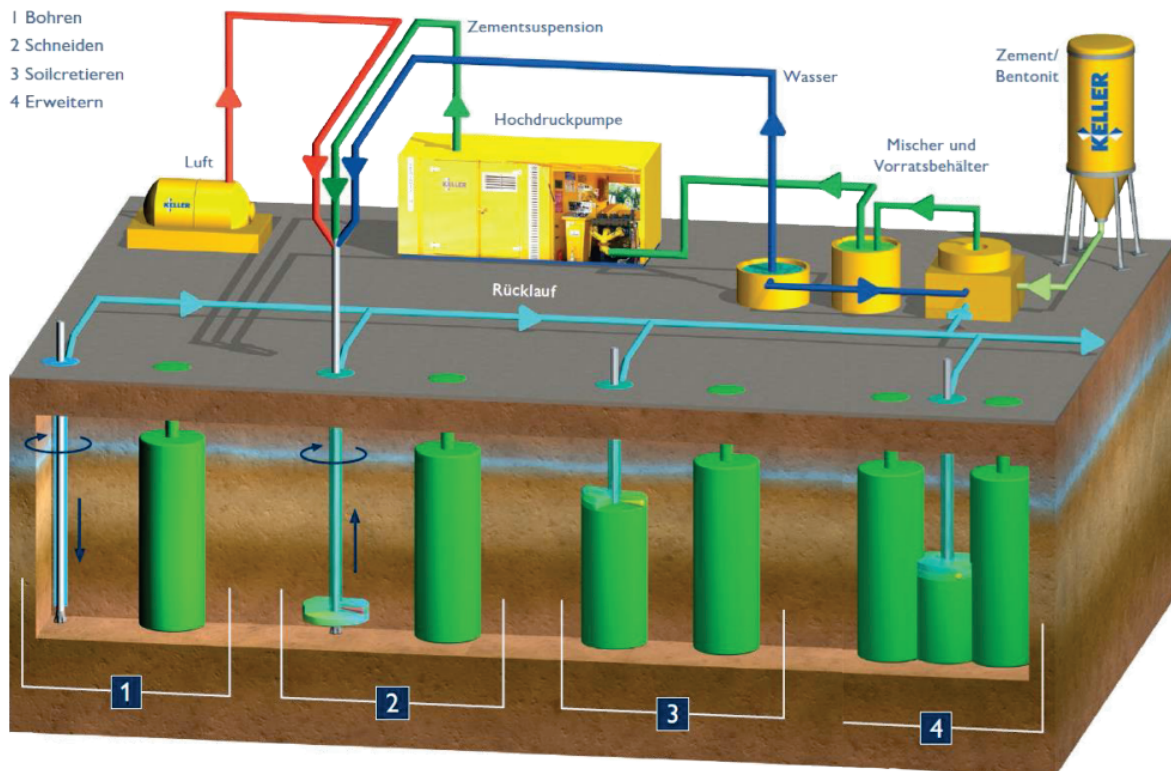
Zur Herstellung von DSV-Körpern müssen neben einem geeigneten Bohrgerät weitere Gerätschaften auf der Baustelle vorhanden sein, um das DSV normgerecht durchführen zu können.

Die gesamte Baustelleneinrichtung zur Herstellung von DSV-Körpern besteht wie auch in Grafik 2.8.1 zu sehen ist, aus:

- ◆ Mannschafts-/Werkzeugcontainer
- ◆ Bohrgerät
- ◆ Zementsilo
- ◆ Zementförderschnecke
- ◆ Dosier- und Mischanlage
- ◆ Hochdruckpumpe für Wasser- und Suspensionsdüsen bis 600 bar
- ◆ Druckluftkompressor
- ◆ Überschusspumpe für Überschusssuspension (Rücklauf)
- ◆ Regel- und Steueranlagen, sowie Überwachungseinrichtungen⁵¹

⁵⁰ ÖBV: <http://baugrube.bautechnik.pro/Ausschreibungsgrundlagen/Ergebnis/f4900a56-2639-4181-8cac-0fff9e262bea>, 10.07.2017

⁵¹ Furch Grundbau GmbH: <http://www.furch-grundbau.de/technik.html>



Grafik 2.8.1: Produktionsschritte und Geräte (Foto: Keller Grundbau)⁵²

In den folgenden Kapiteln werden die wesentlichen Einrichtungen bzw. Geräte einer DSV-Baustelle beschrieben.

2.8.1 BOHRGERÄT

Für das DSV werden die gleichen Bohrgeräte als Trägergeräte eingesetzt wie bei der Pfahlherstellung kleiner Bohrdurchmesser. Diese werden für das DSV modifiziert. Die Geräte unterscheiden sich abhängig vom Einsatzbereich. Dabei kommen lange Lafetten mit Längen zwischen 10 und 15 m zum Einsatz, um den Aufwand beim Nachsetzen der Gestänge zu minimieren. Die Bohreinrichtung kann durch eine sogenannte Gittermastverlängerung bis über 25 m verlängert werden.

In Tab. 2.8.1 sind die technischen Daten verschiedener Bohrgeräten von zwei unterschiedlichen Geräteherstellern gegenübergestellt. Einen wesentlichen Parameter stellt die Motorleistung dar, die zwischen 70 und 160 kW variiert.

⁵² Trunk, U.; Winkler, F.: Düsenstrahlverfahren im Tunnelbau, Geomechanik und Tunnelbau, Ernst&Sohn, Juni 2013, S. 276

Technische Daten	Bauer			Klemm		
	UBW 08 S	UBW 09	IB 10	KB 301	KR 806 DH	KR 401
Schlittenhub [m]	3,7	4,2	7,2	11	3	5,5
Drehmoment [kNm]	12,6	25	12,6	13	5,9	8,8
Motorleistung [kW]	82	122	70	160	79	75
Gesamthöhe [m]	14	22	16,7	27,5	12,5	16
Gestängelänge [m]	12,5	19	15,5	25	12	15
Gewicht [t]	11	19,5	24	34	13	10

Tab. 2.8.1: Bohrgeräte⁵³

Der Durchmesser des Bohr- und Injektionsgestänges liegt zwischen 60 und 140 mm. Um die extremen Tiefen des DSV-Körpers zu erreichen, besteht das Bohrgestänge aus einzelnen Rohrabschnitten, die miteinander verschraubt sind. Dabei sollte die Anzahl der zu verschraubenden Stellen auf ein Minimum reduziert werden. Einzelne Verschraubungen stellen Schwachstellen dar und begünstigen ein Knicken, Losspülen sowie Unwuchten. Aufgrund von Leckagen in den Verschraubungen können Druckverluste entstehen. Die langen Lafetten sind jedoch nicht überall einsetzbar. Bei beschränkten Platzverhältnissen müssen Lafetten so kurz wie möglich gehalten werden. Das Bohrgestänge wird mittels Klemmkopf am Trägergerät befestigt, welches über die Bohrlafette sowohl Drehmomente als auch Druckkräfte überträgt.⁵⁴

Wenn man die Kleingeräte, die hauptsächlich in Kellerräumen eingesetzt werden, vernachlässigt, sind alle Geräte mit zusätzlichen Mess-, Steuer-, und Überwachungseinrichtungen ausgestattet. Diese elektronischen Einrichtungen nehmen die Prozessparameter während des Herstellprozesses auf, wobei hier verschiedene Systeme abhängig vom ausführenden Unternehmen verwendet werden.

2.8.2 MISCH- UND PUMPANLAGE

Abhängig vom zu bearbeitenden Boden muss die Zusammensetzung des Injektionsguts (Zementsuspension) angepasst werden. Anhand von geologischen Untersuchungen kann das passende Mischungsverhältnis zwischen Wasser, Zement, eventuellen Zusatzmitteln und Zusatzstoffen festgestellt werden. Anzahl und Dimension der Mischanlage variiert je nach notwendigem Umfang der jeweiligen Baustoffe.

Neben der richtigen Zusammensetzung der einzudüsenden Zementsuspension, ist auch der vorhandene Druck und die Menge bzw. Geschwindigkeit von Bedeutung. Hohe Fließgeschwindigkeiten der Zementsuspension können in weichen Böden zu Auswaschungen führen. Aus diesem Grund können große Mengen an Injektionsgut in den Boden vordringen, wo dieses nicht mehr zur Tragfähigkeit oder zur Dichtheit des DSV-Körpers beiträgt. Wichtiger noch als

⁵³ Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011, S.155

⁵⁴ Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011, S.155, 156

die optimale Fließgeschwindigkeit ist der Druck des Injektionsgutes. Drücke unter 100 bar können beispielsweise zu ungenügendem Einschneiden des Bodens führen. Drücke über 600 bar können Hebungen und ein ungewolltes, zu weites Eindringen der Suspension in den Boden verursachen.⁵⁵

Zur schnellen Homogenisierung der Suspension werden sogenannte Injektionsmischer verwendet.

„Als Injektionsmischer werden i. d. R. herkömmliche, hochtourige Turbomischer (Kolloidmischer) mit Rührwerk und einer entsprechend leistungsfähigen Dosiereinrichtung verwendet.

Alternativ können vollautomatische Mischanlagen mit Steuerpult eingesetzt werden.“⁵⁶

In der Tab. 2.8.2 sind Verhältniswerte zwischen DSV und Injektionsverfahren dargestellt. Diese sollen zum besseren Verständnis der Mischkapazität dienen. Bei Düsenstrahlinjektionen ist ein 10 bis 20-facher Materialbedarf an Suspension der Hohlrauminjektion notwendig. Daraus ergibt sich beim DSV ein Boden/Suspensionsverhältnis von 40%/60% und bei der Hohlrauminjektion hingegen eines von 75%/25% bis 70%/30%.

Verfahren	Boden	Verhältnis Boden/Suspension	Materialbedarf	Ziehgeschwindigkeit	Bedarf bei 1 m Säulenabschnitt
Düsenstrahlinjektion	Kies	40 % / 60 %	140 bis 280 l/min	20 bis 40 cm/min	700 l und 2,5 bis 5 min
Hohlrauminjektion	Kies	75 % / 25 % bis 70 % / 30 %	10 bis 15 l/min	10 bis 15 cm/min	500 l und 40 min

Tab. 2.8.2: Vergleichswerte DSV und Injektionen⁵⁷

Mischer und Mischanlagen werden verwendet, um die geeignete Zusammensetzung der Suspension zu erzielen, welche in der ÖBGL unter B.4 – Betonmischer und Beton-Mischanlagen zu finden sind.

Geforderte Pumpdrücke werden durch den Einsatz von Hochdruckpumpen erreicht, deren Förderleistung zwischen 200 und 300 l/min und deren Maximaldruck bei 650 bar liegt. Die Pumpen haben Vorrichtungen für Druck- und Mengenregelungen. In der ÖBGL sind diese unter B.7 – Geräte für Betontransport und Betonförderung zu finden.^{58,59}

⁵⁵ Buja, H.-O.; Spezialtiefbaupraxis: Grundlagen, Gerätetechnik, Anwendungen, Praxiserfahrungen, Norderstedt, 1. Auflage, S. 963-970

⁵⁶ Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011, S.156

⁵⁷ Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011, S.157

⁵⁸ Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011, S.157,158

⁵⁹ÖBGL: <http://www.bgl-online.info/BGL/frameset.html?start=2>, 25.09.2017

2.8.3 INJEKTIONSCONTAINER

Bauunternehmen fassen mehrere Elemente der Baustelleneinrichtung zu einer Einheit zusammen und nennt diese Injektionscontainer. Für den Jet-Betrieb, auch Düsvorgang genannt, braucht man ein Silo und einen Mischcontainer. Der Mischcontainer besteht aus einem Mischer mit Waage, womit die Zementmenge eingewogen wird und einer Einrichtung zur Wasserdosierung. Zusätzlich gibt es noch einen Vorratsbehälter. Diese Einheiten werden zu einem Injektionscontainer zusammengefasst. Ein Injektionscontainer besteht also aus:

- ◆ Silo
- ◆ Mischcontainer
 - Mischer mit Waage
 - Wasserdosieranlage
- ◆ Vorratsbehälter

Die Aufbereitung der Suspension erfolgt in dieser vernetzten Einheit von Silo, Mischcontainer und Vorratsbehälter, wobei die Prozesse der Aufbereitung, der Dosierung und der Rohstoffverwaltung mittlerweile vollkommen automatisch ablaufen. Wenn die Vorratsmengen an Rohstoffe zu Ende gehen, wird dieser Rohstoff automatisch erneut bestellt. D.h, wenn das Silo mit Zement ein Minimum erreicht hat, werden automatisch erneut Zementeinheiten bestellt. Das gleiche gilt für Zusatzmittel und -stoffe.⁶⁰

2.8.4 ÜBERSCHUSSPUMPE

Das überschüssige Material, bestehend aus eingebrachten Flüssigkeiten und Bodenpartikeln, die in der Regel über den Ringraum im Bohrloch an der Geländeoberfläche austreten, wird während eines Düsvorgangs mit Hilfe einer Überschusspumpe von der Bohrstelle weggepumpt.

Als Überschusspumpe wird in der Regel eine Schlauchquetschpumpe (oder Peristaltikpumpe) verwendet, da diese extrem robust in ihrer Bauweise ist und „Flüssigkeiten“ mit geleeartiger Konsistenz fördern kann. Je nach Schlauchdurchmesser können auch größere Steine (größer 5 cm Durchmesser) befördert werden.

Der Schlauch stützt sich außen am Gehäuse des Pumpenkopfes ab und wird von innen durch Rollen oder Gleitschuhe, die sich drehen, abgeklemmt. Die Abklemmstelle wird entlang des Schlauches bewegt und das Fördermedium kann so vorangetrieben werden. Der Ansaugunterdruck wird durch die Elastizität des Schlauchmaterials erzeugt.

⁶⁰ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

2.8.5 LOGISTIK

Das alleinige Vorhandensein dieser Gerätschaften auf der Baustelle ist nicht ausreichend. Es müssen zusätzlich logistische Überlegungen auf der Baustelle geklärt werden:

- ◆ Wo befindet sich die Mischanlage mit Siloanlage(n) und die dazugehörige(n) Pumpe(n) mit entsprechender Zugänglichkeit?
- ◆ Wo befindet sich das Bohrgerät in Relation zur Hochdruckpumpe?
- ◆ Wo befindet sich die Überschusspumpe? (Pumpe, mit der der Suspensionsüberschuss/Rücklauf je DSV-Körper weggepumpt wird)
- ◆ Wie wird das überschüssige Material entsorgt?
 - Sammeln in einem Absetzbecken und Abtransport zu einem späteren Zeitpunkt?
 - Abgepumptes Material über einen Saugtankwagen oder Container wegfahren?
 - Installation einer Trennanlage?

Die angeführten baubetrieblichen Fragestellungen werden im Zuge der Baustellenvorbereitung und -einrichtung beantwortet und können zwischen Baustellen variieren.⁶¹

2.9 MESSEINRICHTUNGEN / SENSOREN

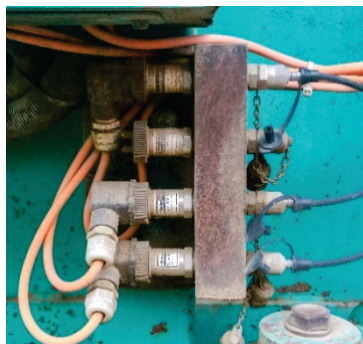
Neben den mechanischen Geräten macht die Sensorik einen großen Teil der Baustelleneinrichtung aus. Nach aktuellem Stand der Technik wird eine elektronische Datenerfassung laut ÖNORM EN 12716 bei der Erstellung eines DSV-Körpers verlangt. Um eine elektronische Datenerfassung durchführen zu können, sind Sensoren zur Aufnahme einzelner Parameter am Bohrgerät notwendig. Neben Sensoren unterschiedlichster Art am Bohrgerät, sind auch Sensoren bei den Mischanlagen, Silos und Hochdruckpumpen nicht mehr wegzudenken. Kapitel 2.9 befasst sich genauer mit den unterschiedlichen Messeinrichtungen am Bohrgerät.

Am Bohrgerät selbst befinden sich hydraulisch betriebene Sensoren für Drehmomente, in der Spülleitung sitzen Druck- und Durchflusssensoren und am Bohrgestänge befindet sich ein Neigungssensor. Ein Tiefensensor wird über einen Seilzug betrieben. In der Grafik 2.9.1, Grafik 2.9.2 und Grafik 2.9.3 sind drei von fünf unterschiedlichen Sensoren dargestellt, die wesentlich für die Ermittlung der Herstellungsdaten sind. Nur der hydraulisch betriebene Sensor für Drehmomente und der Neigungssensor sind hier nicht dargestellt.

Um die Komplexität zu verringern und ein besseres Verständnis für die Funktionsweise zu vermitteln, wurde für den hydraulisch betriebenen Sensor für Drehmomente und den Drucksensor die Funktionsweise von anlogenen Messeinrichtungen beschrieben. Nach aktuellem

⁶¹ Berg, J.: Das Düsenstrahlverfahren im Spezialtiefbau, Voraussetzung-Planung-Ausführung, Band 19, expert-Verlag, 2002, S.53

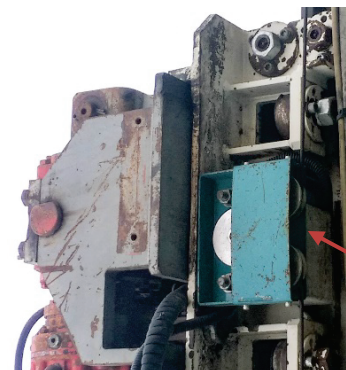
Stand der Technik werden elektronische bzw. digitale Messgeräte verwendet, wodurch eine digitale Anzeige, Speicherung und Aufbereitung der aufgenommenen Messwerte möglich ist.



Grafik 2.9.1:
Drucksensoren⁶²



Grafik 2.9.2:
Durchflussmesser⁶²



Grafik 2.9.3: Seilzug⁶²

2.9.1 DREHMOMENTSSENSOREN

Das Drehmoment kann auf zwei unterschiedliche Arten gemessen werden. Zum einen durch hydraulische Druckunterschiede (Hydraulischer Drehmomentsensor) und zum anderen durch elektrische Spannungsunterschiede (Tachometer).

◆ Hydraulische Drehmomentsensoren

Bei hydraulisch angetriebenen Topdrives (Drehtischen) kann das Drehmoment über den am Hydromotor wirkenden Druck der Hydraulikflüssigkeit ermittelt werden. Ein Hydromotor ist ein Gerät zur Umformung von hydraulischer Energie (Volumenstrom, Wasserdruck) in mechanische Energie (Drehmoment, Drehzahl), was durch die Erzeugung eines bestimmten Drehmoments bei einer bestimmten Drehzahl geschieht. Je höher der Druck, desto höher das Drehmoment. Im Fall eines Hydromotors ist die Drehmomenten-anzeige am Fahrstand. Ein Manometer mit einer geeichten Skala dient zur Anzeige des vorhandenen Drucks.

◆ Tachometer

Die Drehtisch-Drehzahl wird mit einem Tachometer gemessen. Das geschieht mittels eines Gleichstromgenerators, der mit der Drehtischwelle verbunden ist. Je höher die Drehtisch-Drehzahl, desto höher die Spannung, die der Generator erzeugt. Um dies wiederzugeben, wird im Fahrstand ein Voltmeter mit einer geeichten Anzeige in Umdrehungen pro Minute benötigt.⁶³

⁶² Bild selbst aufgenommen am 14.03.2017 in Trumau, Niederösterreich am Werkhof

⁶³ Buja, H.: Bohrtechnik Handbuch: Flach-, Geothermie- und Horizontalbohrverfahren, Grundlage-Gerätetechnik-Anwendung, BoD-Book on Demand, Norderstedt, 2. Auflage, S. 154

2.9.2 DRUCKSENSOREN

Der Druck wird mit Hilfe von einem Manometer gemessen. Dieser kann direkt an der Messstelle sitzen, wodurch allerdings die Druckanzeige nur an der Messstelle selbst abgelesen werden kann. Eine andere Methode wäre einen zusätzlichen Messwertaufnehmer zu montieren, der den Druck auf eine Anzeige am Fahrstand überträgt. Dieser Messwertaufnehmer (Drucksensor) besteht aus einem rohrförmigen Körper mit zwei Kammern. Die untere Kammer ist mit der Leitung verbunden und von der oberen Kammer durch eine Gummimembran getrennt. Die obere Kammer ist mit dem Manometer verbunden. Diese Verbindung stellt ein Schlauch dar, der mit Öl gefüllt ist. Erfährt nun die untere Kammer einen Druck, so wird dieser auf die obere Kammer und das Hydrauliköl übertragen. Das Öl überträgt den Druck schließlich auf das Manometer. In Grafik 2.9.1 ist ein standardmäßiger Drucksensor zu sehen.⁶⁴

2.9.3 DURCHFLUSSSENSOREN

Zur Bestimmung des Durchflusses beim DSV wird der Volumenstrom indirekt über die Fließgeschwindigkeit des Mediums (Suspension) gemessen. Aus der Fließgeschwindigkeit und bekanntem Durchmesser der Rohrleitung, kann mittels der Kontinuitätsgleichung (siehe Formel (2.9.1)) der Volumenstrom berechnet werden.

$$Q \left[\frac{m^3}{s} \right] = v \left[\frac{m}{s} \right] \cdot A [m^2] \quad (2.9.1)$$

Zur Messung des Durchflusses können unterschiedliche Arten von Sensoren verwendet werden. Grafik 2.9.2 zeigt einen am Bohrgerät befestigten Durchflusssensor.

◆ Ultraschalldurchflusssensor:

Dabei wird die Geschwindigkeit eines strömenden Mediums mit Hilfe von akustischen Wellen gemessen. Die Messeinrichtung besteht aus zwei Einheiten, dem Messaufnehmer (Ultraschallsensor) und dem Auswerte- und Übertragungsteil (Transmitter oder Messumformer). Vorteile der akustischen Durchflussmessung sind die Unabhängigkeit vom durchfließenden Medium und der große Messbereich (Bereich einer Messgröße, in dem die Messabweichungen innerhalb festgelegter Grenzen bleiben).⁶⁵

◆ Differenzdruckverfahren:

Dieses Verfahren basiert auf dem Energieerhaltungsgesetz (Strömung nach Bernoulli und Venturi). Dadurch ergibt sich eine Proportionalität zwischen Volumen- bzw. Massendurchfluss und der Quadratwurzel des Differenzdrucks zwischen zwei Messstellen. Die

⁶⁴ Buja, H.: Bohrtechnik Handbuch: Flach-, Geothermie- und Horizontalbohrverfahren, Grundlage-Gerätetechnik-Anwendung, BoD-Book on Demand, Norderstedt, 2. Auflage, S. 155

⁶⁵ Bonfigm, K.W.: Technische Durchflussmessung unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Durchflussmessverfahren, Vulkan-Verlag Essen, 3. Auflage, 2002, S. 190-200

kinetische Energie des Fluids wird in potentielle Energie (Druck) umgewandelt. Ein sogenanntes Primärelement (Messblende, Düse, Venturikanal, etc.) dient zur Verengung der Rohrleitung, wodurch das Fluid eine Geschwindigkeitserhöhung (Erhöhung der kinetischen Energie) erfährt. Dadurch wird der Druck nach der Blende niedriger (Verringerung der potentiellen Energie).⁶⁶

- ◆ Magnetisch-induktiver Durchflussmesser:

Dieses Verfahren basiert auf dem Faraday'schen Gesetz der elektromagnetischen Induktion. Der Messaufnehmer erzeugt aus dem Durchfluss ein elektrisch brauchbares Signal. Eine genaue Erklärung des Messprinzips kann in „Technische Durchflussmessung unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Durchflussmessverfahren“⁶⁷ nachgelesen werden.

2.9.4 TIEFENSSENSOREN

Die Tiefenmessung erfolgt mit Hilfe eines Seilzuges oder Zahnkranzes. Bei der Verwendung des Seilzuges wird der zurückgelegte Weg der Lafette abgelesen, wodurch auf die Tiefe geschlossen werden kann. Ähnlich ist die Funktionsweise eines sogenannten Zahnkranzes. Abhängig von der Größe des Zahnkranzes und dessen Umdrehungen kann auf den zurückgelegten Weg der Lafette und somit auf die Tiefe geschlossen werden. Ein Seilzug zur Bestimmung des zurückgelegten Weges ist in Grafik 2.9.3 zu sehen.⁶⁸

2.9.5 NEIGUNGSSENSOREN

Neigungssensoren ermitteln den Lagewinkel eines Objekts bezüglich des Gravitationsfeldes der Erde.

- ◆ kapazitiver Flüssigkeitsneigungssensor

Zur Neigungsmessung können sogenannte kapazitive Flüssigkeitsneigungssensoren eingesetzt werden. Ein kapazitiver Flüssigkeitsneigungssensor beruht auf dem Funktionsprinzip der neigungsabhängigen Änderung einer Differenzkapazität. Eine dielektrische Flüssigkeit ist eine Teilfüllung zwischen den Elektroden des Kondensators. Diese behält bei Neigung der Messzelle ihre Lage aufgrund der Gravitation gegenüber der Horizontalen bei. Dadurch entsteht abhängig vom Neigungswinkel eine Differenzkapazität zwischen den Elektrodenpaaren, die erfasst und ausgewertet wird. Daraus können Aussagen über die Neigung des Sensors zur Vertikalen getroffen werden.

⁶⁶ Bonfigm, K.W.: Technische Durchflussmessung unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Durchflussmessverfahren, Vulkan-Verlag Essen, 3. Auflage, 2002, S. 75-80

⁶⁷ Bonfigm, K.W.: Technische Durchflussmessung unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Durchflussmessverfahren, Vulkan-Verlag Essen, 3. Auflage, 2002, S. 123-150

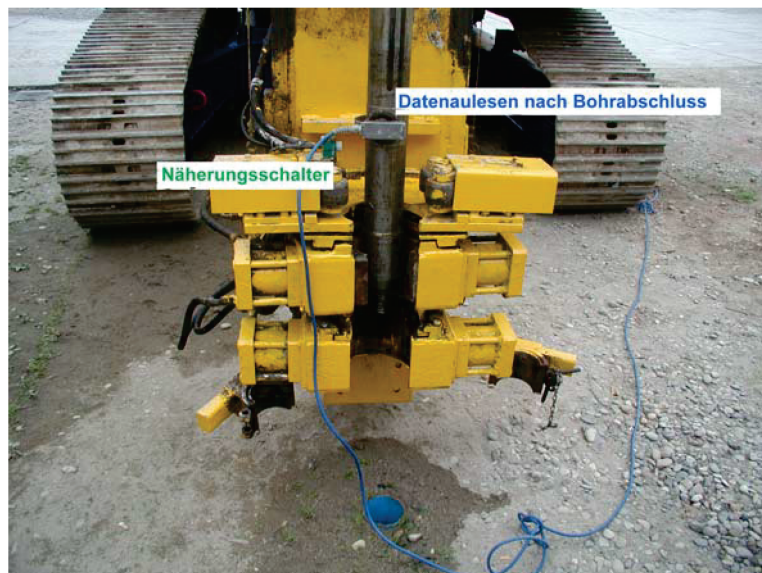
⁶⁸ Ausführer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

- ◆ Micro Electro Mechanical Sensor (MEMS)

Eine zunehmend häufig eingesetzte Messeinrichtung zur Neigungsmessung stellt MEMS (Micro Electro Mechanical Sensor) dar. Der Vorteil von MEMS ist ihre kleine Bauweise und ihr geringer Energieverbrauch.

- ◆ Horizontal- und Vertikalinklinometer

Weiters können auch Horizontal- und Vertikalinklinometer verwendet werden, wobei diese bereits in das Bohrgestänge des Bohrgeräts integriert werden können, wodurch keine separate Messung notwendig ist.⁶⁹



Grafik 2.9.4: Bohrinklinometer⁷⁰

2.9.6 VERARBEITUNG DER MESSWERTE

Aufgrund der unterschiedlichsten Aufbauten und Funktionsweisen der Sensoren, werden die Messwerte aufgenommen und an die Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) übertragen. In der Begriffserklärung auf Seite XIII wurde bereits der grundlegende Aufbau einer SPS erläutert. In Kapitel 2.9.6 wird nun näher auf die Funktionsweise eingegangen. In Grafik 2.9.5 ist eine SPS auf einem Bohrgerät für DSV-Arbeiten zu sehen.



Grafik 2.9.5: SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)⁷¹

⁶⁹ Knitsch, H.; Pandrea, P: Bohrlochabweichung und Bohrlochvermessung, Geotechnik-Kolloquium, GeTec, 13.03.2008, S. 8-11

⁷⁰ Knitsch, H.; Pandrea, P: Bohrlochabweichung und Bohrlochvermessung, Geotechnik-Kolloquium, GeTec, 13.03.2008, S.11

⁷¹ Bild selbst aufgenommen am 14.03.2017 in Trumau, Niederösterreich am Werkhof

Eine SPS setzt sich aus folgenden Einheiten zusammen:

- ◆ Eingabegruppe

Die SPS nimmt über die Eingabegruppe eine Vielzahl digitaler und analoger Signale auf, die von den Sensoren am Bohrgerät zur Steuerung des Herstellungsprozesses kommen.

- ◆ Verarbeitungsgruppe

Die von der Eingabegruppe aufgenommenen und aufbereiteten Signale werden in der Zentraleinheit oder central processing unit (CPU) abhängig vom Steuerungsprogramm logisch verknüpft.

- ◆ Ausgabegruppe

In der Ausgabegruppe greift die SPS in den Steuerungsprozess ein. Signale aus der Verarbeitungsphase werden so aufbereitet, dass regulierende Sensoren oder Meldeeinrichtungen damit angesteuert werden können.

- ◆ Programmiergerät

Das Programmiergerät ist notwendig, um die Konfigurationsdaten für die SPS-Hardware und das Anwendungsprogramm in die CPU der Zentralbaugruppe zu übertragen.

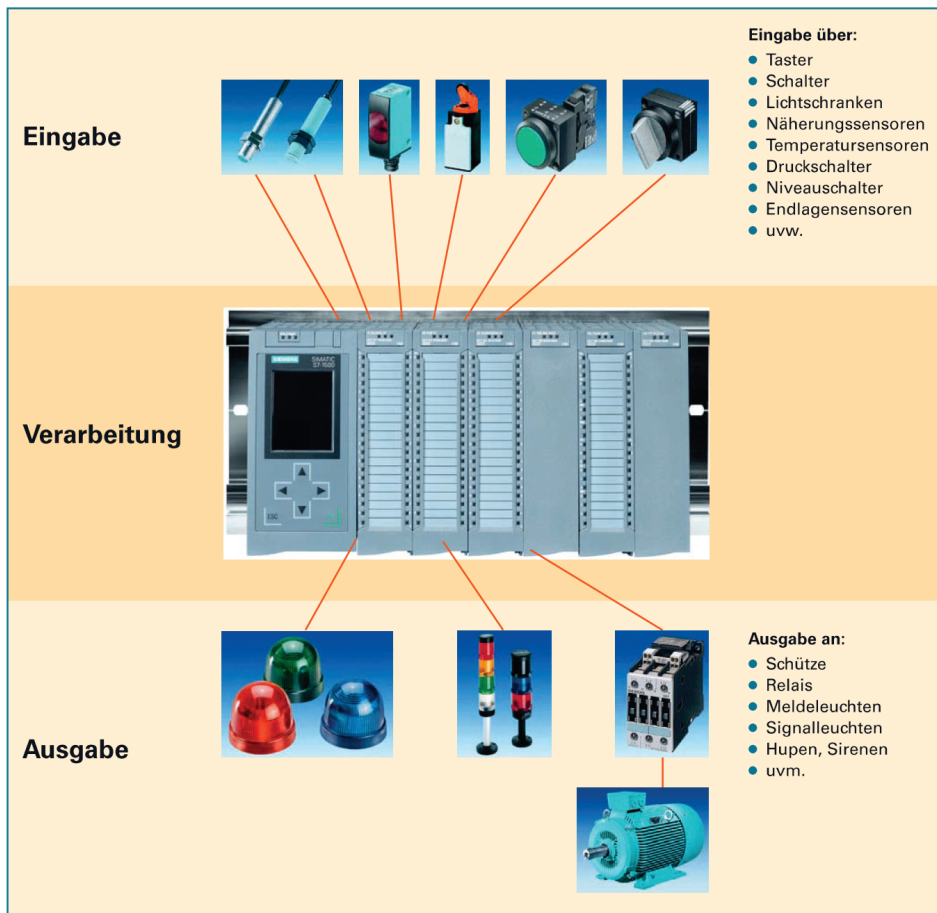
- ◆ Bedieneinheit

Eine Bedieneinheit, die größtenteils in Form eines Tablets am Bohrgerät vorhanden ist, ermöglicht die Darstellung von Prozessinformationen, sowie die Eingabe neuer Steuerungsparameter durch das Personal.^{72, 73}

Grafik 2.9.6 dient dem besseren Verständnis und soll einen Überblick der drei großen Bereiche „Eingabe“, „Verarbeitung“ und „Ausgabe“ einer SPS geben.

⁷² IHK für Oberfranken: Grundlagen Speicherprogrammierbarer Steuerungen, ink.online&medien.gmbh, Bayreuth, 28.03.2003, S. 8-23

⁷³ Ausführer 3; Ausführer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017



Grafik 2.9.6: Wirkungsweise einer SPS⁷⁴

2.10 ZUSAMMENSETZUNG DES DSV-KÖRPERS

Beton wird nach einer geeigneten Rezeptur je nach Anwendungsbereich hergestellt. Dadurch können für den Anwendungsfall vorgegebene Eigenschaften erreicht werden. Beim DSV werden sogenannte DSV-Körper erstellt, die aus Zement, Wasser und Bodenkörnern bestehen. Aufgrund der häufig fehlenden Angaben über die Art der Gesteinskörnung im Boden (Korngröße, Lagerungsdichte), können keine exakten Materialangaben zu den DSV-Körpern gemacht werden, ohne weitere Materialprüfungen vorzunehmen.

Je nach Art der Gesteinskörnung können sich die Eigenschaften des entstehenden Betons stark verändern. Ein Beispiel wäre die Festigkeit, die bereits in Tab. 2.5.1 auf Seite 20 diskutiert wurde. Aus diesem Grund hat die Qualitätssicherung beim DSV einen sehr hohen Stellenwert. Nach heutigem Stand der Technik, ist es z.B. noch nicht möglich, eine Druckfestigkeitsbestimmung in Echtzeit durchzuführen, weil der Faktor „Gesteinskörnung“ beim DSV sehr komplex ist.⁷⁵

Tatsächliche Festigkeitswerte des DSV-Elements können nur nach der Herstellung anhand von Rückflussproben oder Bohrkernen ermittelt werden.

⁷⁴ http://www.christiani.de/pdf/85345_probe.pdf, 14.07.2017, S. 9

⁷⁵ Buja, H.-O.: Spezialtiefbaupraxis: Grundlagen, Gerätetechnik, Anwendungen, Praxiserfahrungen, Norderstedt, 1. Auflage, S. 957

3 DATENMONITORING – DATENVERWALTUNG

3.1 AUFGENOMMENE DATEN WÄHREND DES DSV-HERSTELLUNGSPROZESSES

Wie in Kapitel 2.5 beschrieben, hängt die Form und Größe des DSV-Körpers von vielen Faktoren ab, was die Ermittlung der Geometrie dieses Boden-Zement-Körpers sehr kompliziert gestaltet. Die Reichweite des Hochdruckstrahls und das Vermischen des Injektionsgutes mit dem Boden hängen sehr stark von den geotechnischen Parametern des Bodens ab. Um den Herstellungsprozess kontrollieren und anpassen zu können, werden die sogenannten Herstellungsparameter aufgezeichnet.

Die **Herstellungsparameter** sind:

- ◆ Bohrfortschritt
 - ◆ Anpressdruck
 - ◆ Drehdruck/ Drehmoment
 - ◆ Drehzahl beim Bohren
 - ◆ Spüldruck
 - ◆ Spülmenge
 - ◆ Suspensionsdruck
 - ◆ Suspensionsmenge
 - ◆ Drehzahl beim Düsen
 - ◆ Rückzugsgeschwindigkeit/Haltezeit
 - ◆ Luftdruck
 - ◆ Wassermenge und -druck
 - ◆ Rücklauf
 - ◆ Eventuelle Bohrhindernisse
 - ◆ Düsenanzahl, Düsendurchmesser
 - ◆ Rezeptur der Suspension
- Diese werden elektronisch aufgezeichnet

Abgesehen von Düsenanzahl, Düsendurchmesser und Rezeptur der Suspension werden diese Parameter mit fortschreitender Tiefe elektronisch erfasst. Die elektronische Datenerfassung erlaubt die Aufnahme, Verarbeitung und Ausgabe der Herstellparameter. In der graphischen Ausgabe werden diese Parameter abhängig von der Tiefe und der jeweiligen passenden Einheit in Diagrammform abgebildet. Jeder Parameter wird in einem separaten Diagramm dargestellt.

3.1.1 BOHRFORTSCHRITT

Der Bohrfortschritt wird in Meter pro Stunde [m/h] angegeben. Dafür ist eine Bohrfortschrittmessung oder eine Tiefenmessung abhängig von der Zeit erforderlich. Wie in Kapitel 2.9 beschrieben kann der Tiefensensor in Form eines Seilzuges oder Zahnkranzes am Bohrgerät angebracht sein. Der zurückgelegte Weg der Lafette wird in Abhängigkeit von der Zeit gemessen. Der Bohrfortschritt kann auch als Vorschubgeschwindigkeit angegeben werden.

3.1.2 ANPRESS- UND DREHDRUCK

Anpressdruck und Drehdruck werden in Bar [bar] angegeben. Der Drehdruck ist der Hydraulikdruck des Drehantriebes, ein Maß für das notwendige Drehmoment beim Bohren. Wohingegen der Anpressdruck den Druck, mit dem das Bohrgestänge in den Untergrund gedrückt wird, angibt. Beispielsweise kann man bei Bohrhindernissen, je nach Typ einen Anstieg des Drehdrucks oder des notwendigen Anpressdrucks sehen. Durch diese Parameter werden Hindernisse erkannt und durch Anpassung der Leistung des Bohrgeräts der Bohrfortschritt konstant gehalten. Dadurch wird eine optimale Nutzung des Bohrgeräts erreicht.

3.1.3 DREHZAHL BEIM BOHREN UND DÜSEN

Die Drehzahl beim Bohren wie auch die Drehzahl beim Düsen wird in Umdrehungen pro Minute [U/min] angegeben. Mit der Drehzahl beim Düsen kann der Durchmesser des DSV-Körpers beeinflusst werden. Vor allem die Drehzahl beim Düsen stellt einen wichtigen Herstellungsparameter dar. Durch sie wird der Durchmesser des erzeugten DSV-Körpers maßgeblich beeinflusst. Je schneller das Gestänge beim Düsen gedreht wird, desto kleiner ist der erzielte Durchmesser.

3.1.4 SPÜLDRUCK UND -MENGE

Um das Abteufen der Bohrlafette zu erleichtern, tritt während dem Bohrvorgang eine Spülflüssigkeit aus, die in der Regel eine Zementsuspension ist. Spülmenge und -druck hängen stark vom anstehenden Boden ab. Der Spüldruck wird in Bar [bar] angegeben und die Spülmenge in Liter pro Minute [l/min]. Im Normalfall erreichen Bohrungen mit kleinen DSV Gestängen (Bohrdurchmesser ca. 100 mm) Spülmengen zwischen 50 und 80 l/min und Bohrungen mit großem Gestänge (Bohrdurchmesser ca. 140 mm) zwischen 80 und 120 l/min. Der Spüldruck liegt dabei zwischen 20 und 40 bar.

3.1.5 SUSPENSIONSDRUCK UND -MENGE

Der Suspensionsdruck wird in Bar [bar] und die Suspensionsmenge in Liter pro Minute [l/min] angegeben. Der Suspensionsdruck beeinflusst den Durchmesser des DSV-Körpers und das Auftreten eventueller Auswaschungen und Hebung aufgrund von zu hohen Drücken (> 600 bar). Wohingegen bei zu geringen Drücken (< 100 bar) unzureichende Durchmesser

geschaffen werden. Bei plötzlichem Anstieg der Suspensionsmenge kann auf Hohlräume oder auf das Abfließen der Suspensionsflüssigkeit geschlossen werden, was die Qualität des DSV-Körpers stark beeinträchtigt.

3.1.6 RÜCKZUGSGESCHWINDIGKEIT / HALTEZEIT

Rückzugsgeschwindigkeit oder auch Haltezeit wird in Zentimeter pro Minute [cm/min] angegeben. Es handelt sich dabei um das Ziehen des Bohrgestänges und gibt Aufschluss über die Geschwindigkeit, mit der das Bohrgestänge während des Düsenvorgangs aus dem Boden gezogen wird. Es ist ein wesentlicher Parameter, der den Durchmesser des DSV-Elements beeinflusst. Dabei beeinflusst die Rückzugsgeschwindigkeit – wie in Kapitel 3.1.3 beschrieben – in Zusammenhang mit der Drehzahl beim Düsen den Durchmesser des DSV-Körpers. Langsames Ziehen mit entsprechendem Suspensionsdruck formt DSV-Körper mit großem Durchmesser, wohingegen aus schnellem Ziehen Schraubenflächen resultieren.

3.1.7 LUFT- UND WASSERDRUCK

Abhängig von der Art des Verfahrens (Zwei- oder Dreiphasensystem) werden der Luftdruck, Wassermenge und -druck aufgezeichnet. Die Messung erfolgt dabei über Druck- und Durchflusssensoren (Siehe Kapitel 2.9.2 und 2.9.3). Mit diesen Parametern kann der Raum, der durch die Düsen aufgeschnitten wird beeinflusst werden.⁷⁶

3.1.8 REZEPTUR DER SUSPENSION

Die Hauptbestandteile der Suspension sind Zement, Wasser sowie eventuelle Zusatzstoffe und Zusatzmittel. Abhängig vom anstehenden Boden kann der Wasserzementwert (w/z-Wert), die Menge der Zusatzstoffe und -mittel variiert werden. Damit kann der Durchmesser und die erreichte Festigkeit des DSV-Körpers beeinflusst werden. Bei der genauen Rezeptur der Suspension handelt es sich um Betriebsgeheimnisse. Weiters unterscheidet sich diese zwischen den Bauunternehmen. Aus diesem Grund kann die Zusammensetzung in dieser Arbeit nicht gelistet werden.

3.1.9 BOHRDATENERFASSUNG (BDE)

Namhafte Spezialtiefbauunternehmen im deutschsprachigen Raum machen bei anspruchsvollen Bohrarbeiten von einer Bohrdatenerfassung (BDE) Gebrauch. Mit Hilfe dieser Bohrdatenerfassung, die die oben genannten Herstellungsparameter bezogen auf das Bohren aufzeichnet, können Rückschlüsse auf die Geologie des Bodens gezogen werden. Die Herstellungsparameter, die den Bohrvorgang beschreiben, sind: Anpressdruck, Drehdruck, Vorschubgeschwindigkeit, Drehmoment, Drehzahl, Spülwasserdurchfluss und Spülwasserdruck. Anhand eines Beispiels ist es am einfachsten, den Vorgang zur Gliederung der Geologie zu

⁷⁶ Zusammenfassung aus den Fachgesprächen

beschreiben. Da diese Parameter mit fortschreitender Tiefe aufgezeichnet werden, kann z.B. ein Anstieg im Bohrdruck in Tiefe „X“ festgestellt werden. Daraus resultiert eine geringere Vorschubgeschwindigkeit, womit auf eine Änderung einer geologischen Schicht zu schließen ist. Das heißt, Änderungen der geologischen Formation können mit dem Bohrdatenschreiber quantitativ ermittelt werden. Es ist aber keine qualitative Aussage über das Bodenprofil möglich. Um einen Bohrdatenschreiber für eine geologische Beurteilung einsetzen zu können, müssen Anpressdruck, Spülpumprate und Drehmoment konstant gehalten werden. Ändert sich der Vorschub über Zeit und Tiefe, ist auf eine Änderung der Geologie zu schließen.

Dies ist jedoch nicht die übliche Anwendung eines Bohrdatenschreibers. In der Praxis werden für gewöhnlich die Herstellungsparameter vom Bohrmeister abhängig von der Geologie angepasst, um einen DSV-Körper mit geforderten Abmessungen in möglichst kurzer Zeit herstellen zu können. Nur so kann eine hohe Wirtschaftlichkeit erzielt werden.⁷⁷

Nach aktuellem Stand der Technik können diese Herstellungsdaten digital bzw. automatisch aufgezeichnet werden. Diese Daten werden am Bohrgerät gespeichert und können in Echtzeit auf einem PC, Laptop oder Tablet graphisch und numerisch ausgewertet werden. Je nach Hersteller variiert der Aufnahmeprozess dieser Herstellparameter. Unterschiede sind in der Art und Vielfalt der aufgenommenen Daten und der Software zu erkennen. Dabei ist klar zu erkennen, dass Baufirmen, die die notwendigen Ressourcen zur Entwicklung eigener Software besitzen, Vorteile in der Datenaufzeichnung gegenüber Baufirmen haben, welche die benötigte Software von externen Anbietern zukaufen müssen. Eine elektronische Datenerfassung der Herstellparameter ist der aktuelle Stand der Technik. Jedoch ist die automatische Weitergabe der gespeicherten Messdaten vom Bohrgerät in eine übergeordnete, zentrale Datenbank, noch wenig verbreitet. Damit gemeint ist zum Unterschied von dezentraler Datenhaltung auf verschiedenen Systemen, Datenträgern und unter Verwendung verschiedener Datenformate eine zentrale Datenplattform, bei der es keinerlei Datenredundanzen gibt. Auf diese kann von überall aus – also global – zugegriffen werden. Im weiteren Text soll eine solche Datenhaltung als „globale Datenbank“ bezeichnet werden.

Die verwendete Software unterscheidet sich bei den einzelnen Unternehmen. Dabei setzen Unternehmen teilweise auf firmenintern programmierte Programme, andere Unternehmen hingegen kaufen die notwendige Software von externen Anbietern zu.^{78, 79, 80}

⁷⁷ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

⁷⁸ Ausführer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

⁷⁹ Ausführer 3; Ausführer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

⁸⁰ Ausführer 6: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 78 Mio. Euro), 31.05.2017

Während die PORR Bau GmbH und HTB Bau GmbH vom Jean-Lutz-System Gebrauch machen (Zukauf), haben Keller Grundbau GmbH und Züblin Spezialtiefbau GmbH eigene Systeme zur Messung und Aufbereitung der Herstellparameter entwickelt. So nennt sich die Eigenentwicklung der Keller Geräte & Service GmbH (KGS) „M5“ und die Eigenentwicklung der Mechatronikabteilung der Firma Züblin Spezialtiefbau GmbH „Injektionsdatenerfassung“ (IDE). IDE ist dabei nur die Bezeichnung der Software für den internen Gebrauch. Züblin Spezialtiefbau verkauft diese Software an andere Firmen unter dem Namen „extended geologic solution“ (exges). In dieser Arbeit wird immer die Bezeichnung exges zur Beschreibung der Software verwendet.

3.1.9.1 FIRMENINTERN ENTWICKELTE SYSTEME

Wie in 3.1.9 erläutert sind firmenintern entwickelte Systeme eine von zwei Möglichkeiten Zugriff auf eine Aufnahme- und Verarbeitungssoftware für DSV-Arbeiten zu bekommen. Die verfügbaren Systeme sind bereits soweit ausgereift, dass diese sowohl für die Aufnahme und Wiedergabe der Herstellparameter in Echtzeit benutzt werden können, aber auch die Fähigkeit besitzen, diese aufgenommenen Daten übersichtlich und benutzerabhängig zu verwalten und vereinzelt Analysen zu erstellen. Außerdem bieten diese Softwareprodukte bereits eine kabellose Anbindung für den Datentransfer, wodurch ein Datenaustausch mit anderen Systemen und Analysetools wesentlich erleichtert wird. Zwei bekannte zurzeit verwendete Systeme sind „exges“ und „M5“.^{81, 82, 83}

3.1.9.2 JEAN-LUTZ-SYSTEM

Das Jean-Lutz-System fällt in die Gruppe der zugekauften Software. In Grafik 3.1.1 sind Einrichtungen zur Steuerung und Überwachung des Herstellungsprozesses mit dem Jean-Lutz-System dargestellt. Jean Lutz SA ist ein französisches Unternehmen mit Hauptwohnsitz in Jurançon, Frankreich, das 1975 vom Herrn Jean Lutz gegründet worden ist. Diese Firma ist auf die Herstellung und Entwicklung von Mess- und Steuergeräten für den Spezialtiefbau spezialisiert und ihre Kunden sind vor allem ausführende Spezialtiefbauunternehmen. Im Zuge der geführten Fachgespräche mit Experten wurde festgestellt, dass Unternehmen, die den Zukauf einer Aufnahme- und Auswertesoftware in Kauf nehmen, meist hinsichtlich vernetztes Datenmonitoring und Verwaltung weniger weit fortgeschritten sind. Das resultiert in einer grö-

⁸¹ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

⁸² Ausführer 3; Ausführer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

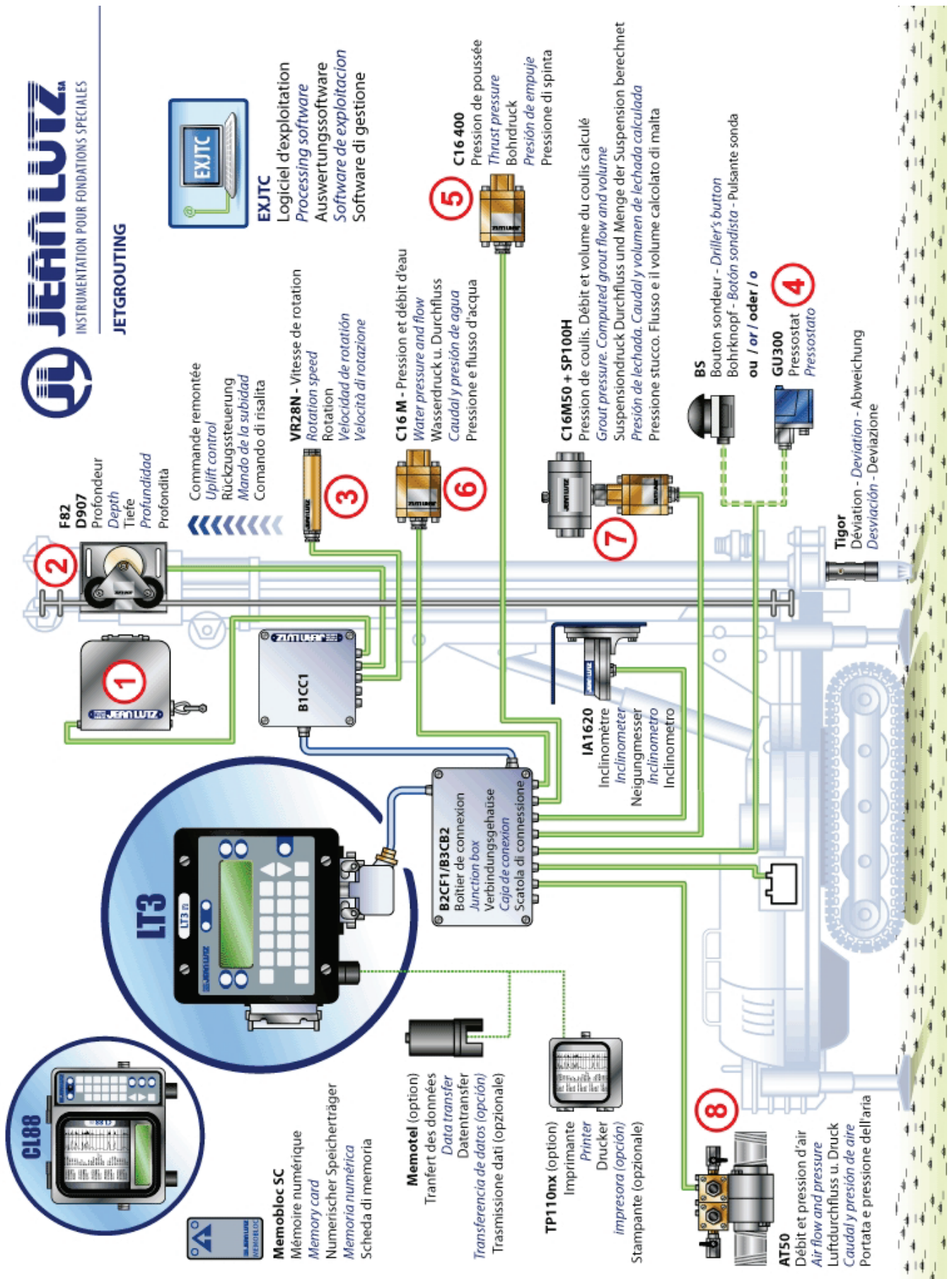
⁸³ Ausführer 2: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 2,2 Mrd. Euro), 08.03.2017

ßeren Anzahl an Schnittstellen während des Datenmonitoringprozesses und einer eingeschränkteren Gestaltung der Auswertung. In Grafik 3.1.1 sind alle Komponenten für eine elektronische Datenaufzeichnung auf einem DSV-Gerät dargestellt.^{84, 85, 86}

⁸⁴ Jean Lutz SA: <http://www.jeanlutzsa.fr/DNN/de/DieFirma/Vorstellung.aspx>

⁸⁵ Ausführer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

⁸⁶ Ausführer 6: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 78 Mio. Euro), 31.05.2017



Grafik 3.1.1: Funktionsweise Jean-Lutz-System⁸⁷

⁸⁷ Adaptiert von Jean Lutz SA, URL: http://www.jeanlutzsa.fr/DNN/en/Products/Devices/LT3_CL88.aspx

Diese beruhen auf dem Prinzip der bereits in Kapitel 2.9 beschriebenen Sensoren. In Grafik 3.1.1 sind folgende Sensoren abgebildet:

- ◆ Tiefensensoren (Nummer 1 und 2)
- ◆ Rotationssensoren/Drehmomentensensoren (Nummer 3)
- ◆ Pressostat/Druckregler (Nummer 4)
- ◆ Drucksensoren für Anpressdruck (Nummer 5)
- ◆ Wasserdrucksensor (Nummer 6)
- ◆ Suspensionsdrucksensor (Nummer 7)
- ◆ Luftdrucksensor (Nummer 8)

Es werden auch Durchflusssensoren für Suspensionsflüssigkeit, Wasser und Luft angeboten. Mit Hilfe der Neigungsmessung kann die Neigung der Lafette erfasst und somit auf Bohrabweichungen geschlossen werden. Auch hier werden wieder die einzelnen Größen abhängig von der Tiefe und Zeit aufgezeichnet.

Diese Daten werden lokal auf dem Bohrgerät gespeichert. Das Speichermedium kann ein Universal Serial Bus (USB) – Stick, eine Secure Digital Memory Card (SD-Karte), aber auch ein Compact Flash Disc (CF-Karte) sein.

3.1.9.3 PRINZIPIELLER DOKUMENTATIONSFLUSS

◆ Schritt 1

Im ersten Schritt erfolgt die elektronische Aufnahme der Herstellparameter (siehe Kapitel 3.1.1 bis 3.1.7), die in Echtzeit auf einem Ausgabegerät, z.B. Tablet, wiedergeben und gespeichert werden. Die Aufnahme der Herstellparameter erfolgt über geeignete Sensoren, die in Grafik 3.1.1 mit den Nummern 1 bis 8 gekennzeichnet sind.

◆ Schritt 2

Die aufgenommenen Daten dienen zur Überwachung und Steuerung des Herstellungsprozesses. Der Bohrmeister hat Zugriff auf die Echtzeitwiedergabe. Mit Hilfe dieser Auswertung sind eventuelle Mängel beim Bohr- und Düsvorgang erkennbar, wodurch der Bohrmeister noch während des Herstellungsprozesses die Prozesseinstellungen ändern kann (siehe in Grafik 3.1.1 „LT3“ und „CL88“), um den DSV-Erfolg zu optimieren. Die SPS unterstützt diese Interaktion.

◆ Schritt 3

Die Daten werden vom Bohrgerät in Form einer Harddisc oder einer kabellosen Verbindung auf ein weiteres Ausgabegerät (PC oder Tablet) übertragen. Dort werden die Her-

stelldaten in einer proprietären Software wiedergegeben, verwaltet und visualisiert. Abhängig von der verwendeten Software sind die Verwaltung sowie die Visualisierung unterschiedlich weit entwickelt.

- **Jean-Lutz-System**

Dieses System ermöglicht nur eine graphisch und numerische Auswertung in Form von PDF-Dateien.

- **Exges und M5**

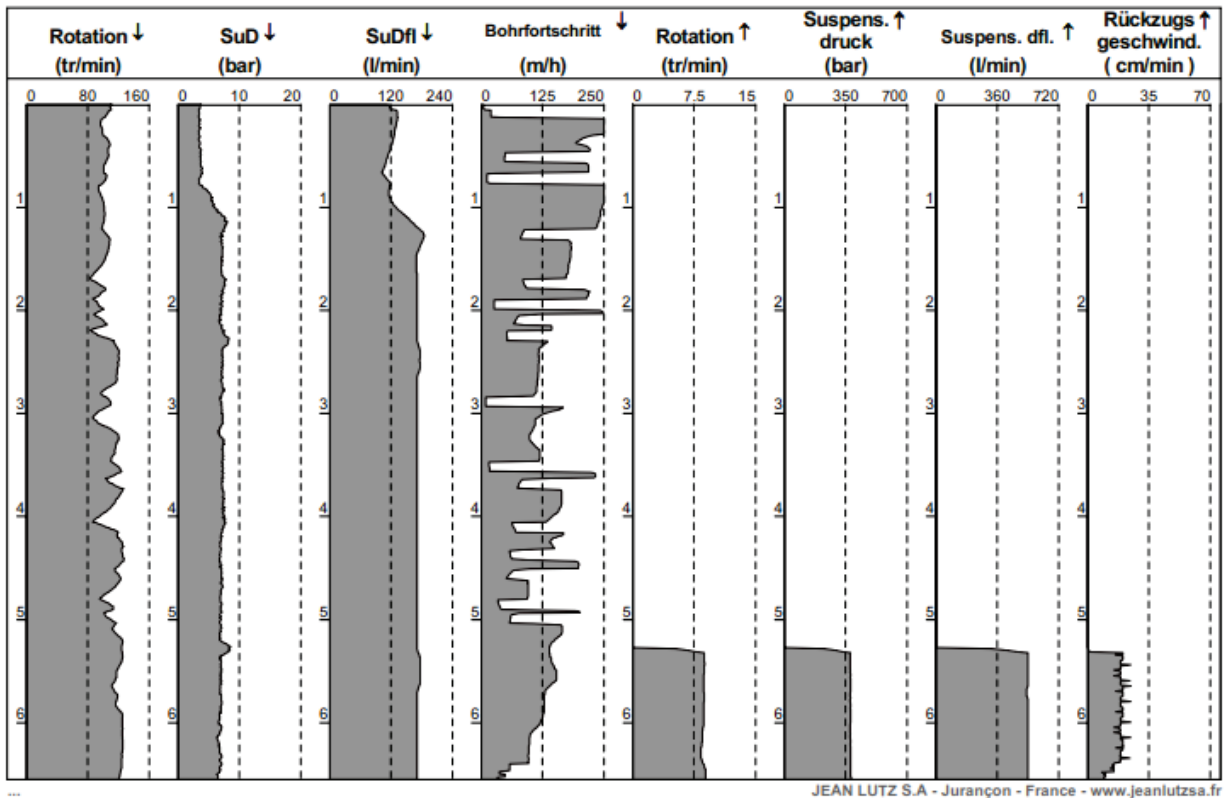
Diese ermöglichen bereits eine benutzerdefinierte Gestaltung der graphischen Auswertung. Diese kann sowohl in der Software dargestellt werden und das Ein-, Ausblenden und Vergleichen einzelner Parameter ermöglichen. Jede benutzerdefinierte Auswertung kann als PDF-Datei exportiert werden.

In Kapitel 3.4 werden diese genannten Schritte noch genauer erläutert. Diese Gliederung soll einen Überblick geben und für ein besseres Verständnis sorgen.

3.1.10 AUSWERTUNG DER PARAMETER

In Grafik 3.1.2 ist die graphische Auswertung der Herstellungsparameter, die am Beginn des Kapitels 3.1 beschrieben sind, zu sehen. Die Einheit für die Rotation in [tr/min] stammt aus dem französischen und ist mit Umdrehungen pro Minute [U/min] gleichzusetzen. Spüldruck (SuD) in [bar], der Spüldurchfluss (SuDfl) in [l/min], der Bohrfortschritt in [m/h], Suspensionsdruck in [bar], Suspensionsdurchfluss in [l/min], sowie die Rückzugsgeschwindigkeit in [cm/min] besitzen die gleichen Bezeichnungen wie anfangs in Kapitel 3.1 erklärt. Die Pfeile neben den einzelnen Messgrößen, geben die Bewegungsrichtung der Lafette an. In der Kopfzeile sind zusammenfassende Kenngrößen gelistet, auf die in Kapitel 3.4 genauer eingegangen wird.

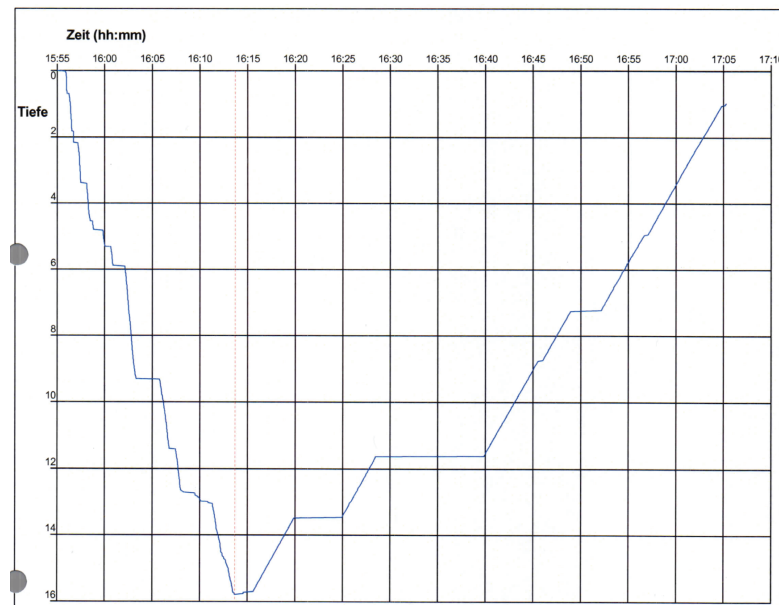
		Korneuburg Hochdruckinjektion		(Vertrag FLADNI)
Datum : 15.12.2016	Bohrdauer : 00:06:44	Injektionsvolumen Bohrung : 0,794 m ³	Bohrtiefe : 0,00-6,55 m	
Anfang : 17:00:07	HDI-dauer : 00:08:27	Injektionsvolumen HDI : 3,984 m ³	Düsstrecke : 1,28 m	
Ende : 17:16:04		Injektionsvolumen HDI pro Meter : 3112 l/m		
HDI-Säule S.21			EXJTC 5.74/LC2JTC898DE	



Grafik 3.1.2: graphische Auswertung der Herstellerparameter, Jean-Lutz-System⁸⁸

Auch wenn verschiedene Unternehmen die Software des gleichen Anbieters verwenden, hat jedes Unternehmen unterschiedliche Präferenzen hinsichtlich der Darstellung der aufgezeichneten Herstellparameter. So legt beispielsweise ein österreichisches Bauunternehmen darauf Wert, die Verteilung der Vorgänge Bohren, Düsen und Stillstand über die Tiefe und Zeit darzustellen. Diese Darstellung ist von Vorteil und essentiell, um Abschätzungen zur Bauzeit machen zu können. Eine derartige Darstellung ist in Grafik 3.1.3 zu sehen. Die Kurve mit negativer Steigung (fallend) stellt den Bohrvorgang dar und die Kurve mit positiver Steigung (steigend) den Düsenvorgang. Die Plateaus dazwischen sind auf Stillstände zurückzuführen.

⁸⁸ HTB Bau GmbH; Düsenstrahlverfahren, Prospekt HTB Bau GmbH, Kap. Qualitätssicherung



Grafik 3.1.3: Zeit-Tiefen-Abhängigkeit des Herstellvorganges⁸⁹

Grundsätzlich sind die beschriebenen firmeninternen Eigenentwicklungen vergleichbar mit dem Jean-Lutz-System. In Tab. 3.1.1 ist gelistet, welche Parameter von den jeweiligen Systemen aufgezeichnet werden. Hier wurden beispielhaft die Systeme exges und Jean-Lutz verglichen. Dabei lassen sich zwei wesentliche Unterschiede erkennen:

◆ **Anpressdruck und Drehdruck**

Diese werden nur bei exges aufgezeichnet. Ein Anstieg des Anpress- bzw. Drehdrucks lässt auf Bohrhindernisse schließen.

◆ **Haltezeit vs. Rückzugsgeschwindigkeit**

Weiters zeichnet exges die Haltezeit und das Jean-Lutz-System die Rückzugsgeschwindigkeit auf. Dabei handelt es sich im Wesentlichen um zwei unterschiedliche Darstellungen desselben Parameters. Durch eine einfache Umrechnung können die Abhängigkeiten dargestellt werden, siehe Formel (3.1.1) auf Seite 53.

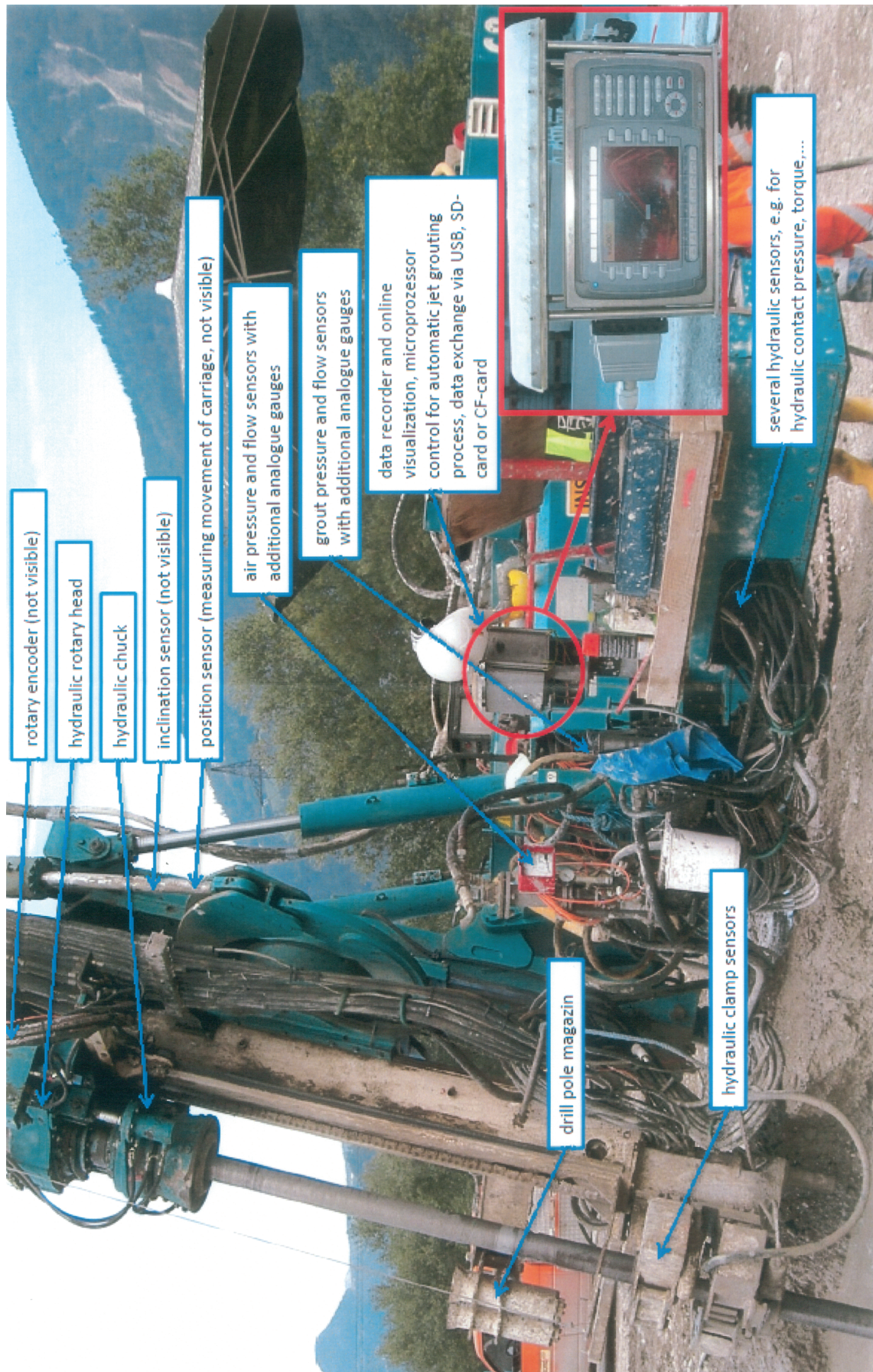
exges	Jean-Lutz
<ul style="list-style-type: none"> • Bohrfortschritt • Anpressdruck • Drehdruck • Drehzahl beim Bohren • Spüldruck • Spüldurchfluss • Suspensionsdruck • Suspensionsdruchfluss • Drehzahl beim Düsen • Haltezeit • Bohrhindernis 	<ul style="list-style-type: none"> • Bohrfortschritt • Drehzahl beim Bohren • Spüldruck • Spüldurchfluss • Suspensionsdruck • Suspensionsdruchfluss • Drehzahl beim Düsen • Rückzugsgeschwindigkeit

Tab. 3.1.1: Vergleich der Systeme IDE und Jean-Lutz

⁸⁹ HTB Bau GmbH: DSV-Protokoll, Baustelle Münchendorf, 02.05.2017

Je nach Anforderungen können Unternehmen, die die Software firmenintern entwickeln, rasch Anpassungen durchführen. Z.B. kann je nach Bedarf sehr rasch ein zusätzlicher Sensor eingebaut und entsprechend ausgewertet werden. Wohingegen Unternehmen mit zugekaufter Software diesbezüglich eingeschränkt sind.

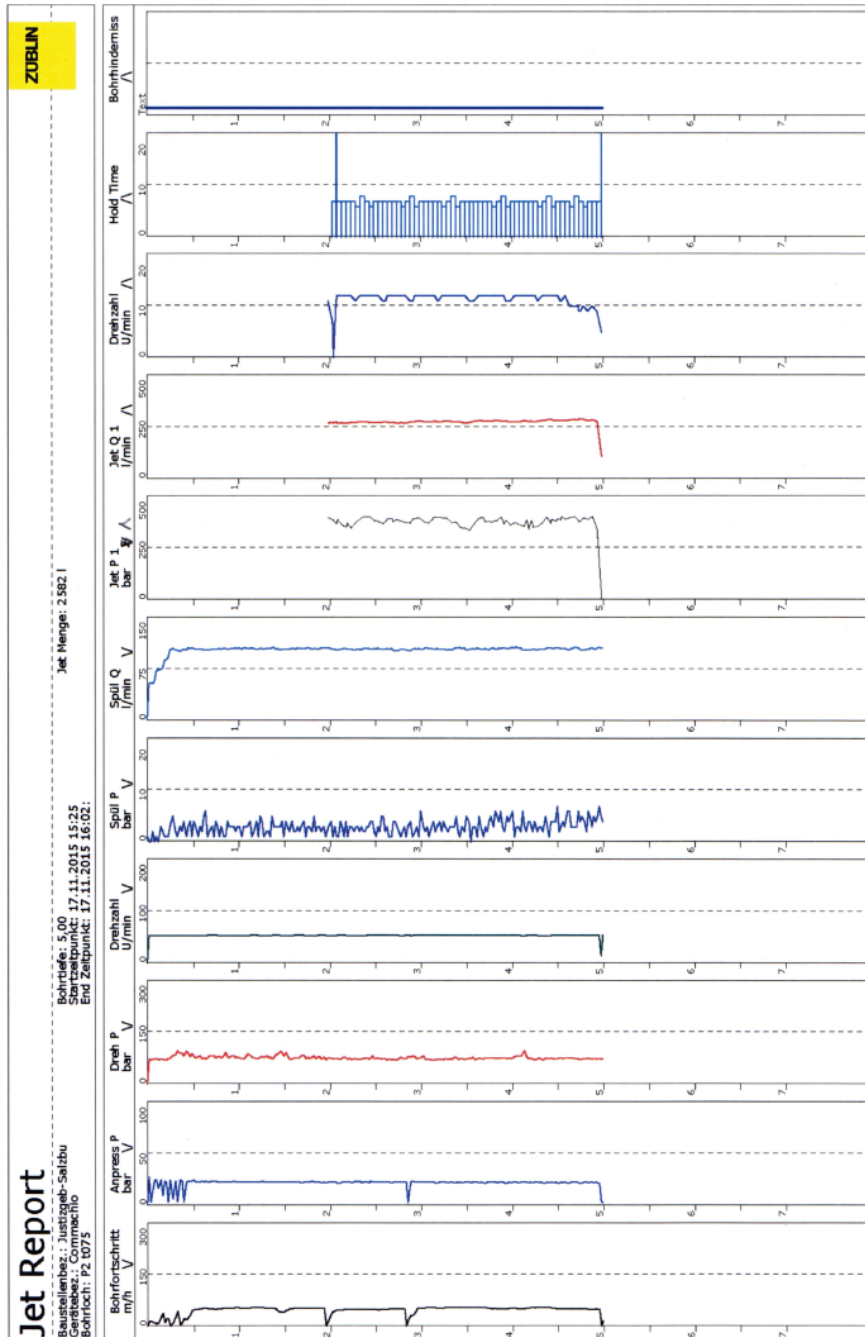
In Grafik 3.1.4 ist die Anordnung aller Sensoren am Bohrgerät dargestellt. So befinden sich am Ausleger ein Inklinometer (Neigungsmesssensor) und ein Positionssensor. Neben dem Ausleger am Trägergerät befinden sich ein Luftdruck-, Luftdurchflusssensor, Suspensionsdruck- und Suspensionsdurchflusssensoren mit zusätzlichen Messuhren. Außerdem sind weitere hydraulische Sensoren für Druck- und Drehmomentenmessungen angebracht. Ein elektronisches Wiedergabegerät dient zur Datenaufnahme und Visualisierung und enthält einen Mikroprozessor zur automatischen Steuerung eines DSV-Vorganges. Die dazugehörigen Daten können via USB-Schnittstelle, SD-Karte oder CF-Karte ausgelesen werden.



Grafik 3.1.4: Anordnung der Sensoren⁹⁰

Aufgrund der internen Softwarelösung von der Firma Züblin Spezialtiefbau GmbH zur Datenaufzeichnung, unterscheidet sich auch die graphische Wiedergabe der Herstellungsparameter zu der von der Firma Jean Lutz SA.

Nachstehend in Grafik 3.1.5 ist ein Protokoll aller Herstellungsdaten der Firma Züblin Spezialtiefbau GmbH, die während des gesamten Herstellungsvorganges aufgezeichnet wurden, zu sehen.⁹¹



Grafik 3.1.5: Beispiel: Jet Bericht, Züblin⁹²

⁹⁰ Ausführer 3 ; Ausführer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

⁹¹ Ausführer 3; Ausführer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

⁹² Züblin Spezialtiefbau GmbH: Jet Bericht von Justizgebäude Salzburg, 2015

Wenn man nun die Datenaufzeichnung der Firma Jean Lutz SA in Grafik 3.1.2 mit der Datenaufzeichnung der Firma Züblin Spezialtiefbau GmbH in Grafik 3.1.5 vergleicht, fällt auf, dass der Anpressdruck und der Drehdruck nicht gemessen werden. Der Drehdruck ist der Hydraulikdruck des Drehantriebes – also ein Maß für das notwendige Drehmoment beim Bohren. Bei Bohrhindernissen kann man, je nach Typ einen Anstieg des Drehdruckes sehen oder ein Ansteigen des Anpressdruckes, um den Bohrfortschritt konstant zu halten. Züblin Spezialtiefbau GmbH benutzt diese Parameter zum Untermauern von Hindernissen, wie beispielsweise Beton, Mauerwerk, etc. Beim Düsen zeichnet die Firma Züblin Spezialtiefbau GmbH Düsdurchfluss, Drehzahl, Haltezeit und eventuelles Bohrhindernis auf. Wohin gegen Jean Lutz SA die Aufzeichnung eventueller Bohrhindernisse vernachlässigt und die Rückzugsgeschwindigkeit anstatt der Haltezeit misst. Ob Haltezeit oder Rückzugsgeschwindigkeit gemessen wird, ist herstellerabhängig und gibt im Grunde dieselbe Information wieder, denn durch eine einfache Umrechnung von der Haltezeit kann auf die Rückzugsgeschwindigkeit geschlossen werden. In Grafik 3.1.5 ist die Haltezeit mit 8 sec gegeben, und die Hubhöhe beträgt 5 cm (20 Striche pro Meter). Aus diesen Werten kann mit Hilfe von Formel (3.1.1) die Rückzugsgeschwindigkeit ermittelt werden. Es ergibt sich eine Rückzugsgeschwindigkeit von 37,5 cm/min

$$\frac{\text{Hubhöhe [cm]}}{\text{Haltezeit [sec]}} \cdot 60 = \text{Rückzugsgeschwindigkeit [cm/min]} \quad (3.1.1)$$

3.2 NORMENLAGE

3.2.1 ÖSTERREICH

Die elektronische Messdatenerfassung ist auch in den zuständigen Normen vorgeschrieben. Die wichtigste Norm zur Ausführung, Überwachung, Prüfung und Kontrolle von DSV-Arbeiten in Österreich ist die ÖNORM EN 12716 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Düsenstrahlverfahren (Hochdruckinjektionen, Hochdruckbodenvermörtelung, Jetting)“. Diese Norm beschreibt ein Teilgebiet des Spezialtiefbaues, welches noch in keiner anderen österreichischen Norm behandelt wurde. Die ÖNORM EN 12716 muss aber in vielen Fällen mit anderen Dokumenten gemeinsam verwendet werden. Beispielsweise beschreibt die österreichische Norm ÖNORM B 4452:1998 „Erd- und Grundbau. Dichtwände im Untergrund“ in einem Abschnitt die Herstellung von Dichtwänden mit dem DSV. Bei einem Bauvorhaben, welches die Herstellung von Dichtwänden beinhaltet, müssen also beide Normen berücksichtigt werden. Jedoch ist diese Norm betreffend der Überwachung der Ausführung sehr allgemein formuliert, beinhaltet aber andere ausführungsrelevante Angaben. So wird laut ÖNORM B 4452:1998 eine möglichst vollständige Erfassung und Dokumentation der Ausführungsdaten während der einzelnen Phasen der Wandherstellung gefordert. Eine elektronische Datenerfassung wäre bei der alleinigen Verwendung der ÖNORM B 4452:1998 aber nicht notwendig.

3.2.1.1 KONTROLLE DER DSV-KÖRPER

Laut ÖNORM EN 12716 sollten bei der Herstellung von DSV-Elementen folgende Daten aufgezeichnet werden:

- ◆ Abmessungen
- ◆ Düsparameter, Beobachtung des Rückflusses

und, wenn erforderlich:

- ◆ Festigkeit, Verformbarkeit, Durchlässigkeit oder Dichte des verfestigten Materials.

Es wäre wirtschaftlich nicht vertretbar die Abmessungen jedes einzelnen DSV-Körpers zu messen, da die Verfahren zur Bestimmung der Abmessungen nach heutigem Stand der Technik aufwendig sind. Laut Norm ist nur eine begrenzte Anzahl von Elementen nach der Herstellung auf ihre Abmessungen und Materialeigenschaften zu prüfen. Jedoch ist eine genaue Anzahl der zu prüfenden Körper nicht festgelegt.

Als Mindestkontrolle beim DSV ist die Aufzeichnung der Düsparameter und die Beobachtung des Rückflusses bei allen hergestellten Elementen durchzuführen. Auch diese Festlegung ist für viele Firmen in der Praxis nicht vollständig umsetzbar. Betrachtet man beispielsweise Kleinstgeräte für Kellerräume. Diese Geräte werden gegen die Decke des Kellers verspreizt und müssen oft händisch geführt werden. Selbst einzelne, große österreichische Bauunternehmen können bei solchen Kleinstgeräten noch keine elektronische Datenerfassung der Herstellparameter anbieten. Bei der Verwendung dieser Geräte kann also diese Vorschrift laut Norm nur teilweise eingehalten werden.

Ein weiteres Beispiel, bei dem die elektronische Datenerfassung nicht durchgängig sichergestellt werden kann, ist bei Ausfall der Messgeräte oder von Teilen davon. Ein Ausfall der Messgeräte ist durch die rauen Bedingungen auf einer Baustelle nicht vollkommen auszuschließen. Aufgrund der immer stärker werdenden Digitalisierung von Bauprozessen und der aus vertraglichen Gründen geforderten Abhängigkeit von Messwerten müssen Systemausfälle der Messgeräte vertraglich geregelt werden. So sollte die Entwicklung nicht in eine Richtung gehen, bei der DSV-Körper aufgrund fehlender elektronischer Datenerfassung vom Bauherrn nicht abgenommen werden. Ein weiterer kritischer Punkt wäre die Abrechnung nach verbrauchtem Suspensionsvolumen, da bei fehlenden Messwerten die Menge nicht genau erfasst werden kann. Diese Aspekte müssen in Zukunft verstärkt auf vertraglicher oder normativer Basis abgewickelt werden. Dabei sollten auch die Messgeräte selbst – wie in Kapitel 3.9, Seite 86 beschrieben – stetig verbessert werden.⁹³

⁹³ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 22

3.2.1.2 ERSCHWERTE VERHÄLTNISSE

Laut ÖNORM B 12716 ist bei erschweren Verhältnissen genauer festgelegt, welche Parameter aufgezeichnet werden müssen. Laut ÖNORM B 4402 gibt es drei geotechnische Kategorien (GK1-3). Diese Einstufung gibt das geotechnische Risiko eines Bauvorhabens wieder. Die Kategorien setzen sich aus dem Schwierigkeitsgrad der Konstruktion, den Baugrundverhältnissen und den Wechselbeziehungen zwischen Bauwerk und Umgebung zusammen. Wobei GK1 kleine und einfache Bauwerke über dem Grundwasser repräsentiert und GK3 für Bauwerke und Baugrundverhältnisse mit hohem Schwierigkeitsgrad steht.⁹⁴

Für DSV-Arbeiten bei Bauwerken mit Schwierigkeitsgrad der geotechnischen Kategorien 2 und 3 sind folgende Parameter bei allen Elementen kontinuierlich festzuhalten (außer bei kurzzeitig, unvermeidlichen Anlagenstörungen):

- ◆ Drücke und Durchflussraten der Flüssigkeit(en)
- ◆ Zieh- und Drehgeschwindigkeit des Düsengestänges⁹⁵

Diese Vorschreibung sollte laut Ausführendem 1 (siehe Kapitel 1.3.1) genauer definiert werden. Was sind „kurzzeitige, unvermeidliche Anlagenstörungen“? Die Definition „kurzzeitige, unvermeidliche Anlagenstörungen“ ist in der Norm nicht genauer definiert. Daraus ergibt sich, dass ausführende Firmen es ebenfalls vermeiden, dies genauer festzulegen, um zusätzlichen Aufwendungen aufgrund von maschinentechnischen Ausfällen zu entgehen.⁹⁶

3.2.1.3 TAGESBERICHTE

Laut ÖNORM EN 12716 müssen am Ende des Tages oder einer Schicht Berichte zur Arbeitsdurchführung von DSV-Arbeiten ausgefüllt werden. Ein Tagesbericht dient zur Dokumentation der beendeten Arbeiten eines Tages. Daten werden aus dem Bohrgerät ausgelesen und in den Tagesbericht eingetragen.

Zuerst werden Angaben zu den verwendeten Geräten (Bohrgerät, Pumpe, Mischer), der Baustellenbezeichnung, dem Auftraggeber und der jeweiligen Schicht gemacht. Danach sind technische Angaben bezüglich des DSV-Herstellungsprozesses gelistet, wo die Herstellparameter wie auch die Tiefe des Säulenfußes und -kopfes und der Durchmesser angegeben sind. Daneben sind Angaben zu der verwendeten Suspension (Anteil Wasser, Anteil Zement, Mischungsgewicht, -volumen und -dichte) und Verfahrenstyp zu entnehmen. In einem weiteren Abschnitt darunter sind die Herstellzeiten wie auch die jeweiligen Höhenkoten und Längen der hergestellten Säulen zu finden, woraus sich eine Summe der Bohrstrecke und Düsstrecke

⁹⁴ Plankel, A.; Die neue ÖNORM B 4402 Geotechnische Untersuchungen für Bautechnische Zwecke, 3P Geotechnik, 2005, S. 4

⁹⁵ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 25

⁹⁶ Ausführender 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

ergibt. Im unteren Teil des Tagesberichts sind Angaben zu Rücklaufmessungen und eventuellen Anmerkungen zu finden.⁹⁷ Bei der Rücklaufmessung werden Angaben zur Suspensionsdichte protokolliert. Unerwartete Veränderungen sollten analysiert werden. Außerdem müssen unerwartete Verringerungen des Rückflusses unverzüglich untersucht und beseitigt werden. Sie können auf ein Verstopfen des Ringraums im Bohrloch hinweisen.⁹⁸

Nachstehend sind zwei Berichte zu sehen. Zum einen ein Tagesbericht der Misch- und Pumpanlage und zum anderen ein Tagesbericht der Düsgeräte. Häufig versorgt eine Misch- und Pumpanlage auf einer Baustelle im Wechsel ein Düsgerät während des Düsvorgangs, während das zweite Düsgerät die nächste Bohrung abteuft. Baubetrieblich kann es aus diesem Grund zu längeren Stillliegezeiten kommen, da es sich bei der Misch- und Pumpanlage um ein Schlüsselgerät handelt. Hinsichtlich der Datendokumentation und -verwaltung liegt die Problematik in der Praxis einerseits in der Anzahl der Schnittstellen und andererseits in der Art der Darstellung. Die hohe Anzahl an Schnittstellen, die ein Datensatz von der Aufnahme am Bohrer bis zur Eintragung in die beiden Protokolle durchläuft, stellen eine hohe Fehleranfälligkeit und organisatorischen Aufwand dar. Zusätzlich trägt eine eher unübersichtliche tabellarische Darstellungsform sowie das Vorhandensein von zwei unterschiedlichen Protokollen dazu bei, dass eventuelle Mängel nicht sofort erkennbar sind.

Tagesbericht Misch- und Pumpanlage

BAUSTELLE : BEREICH				Pumpe :						
DATUM :				Aufsicht :						
Schicht ab bis				Unterschrift :						
Anweisungen der Bauleitung										
		Wert	Sichtvermerk							
Wasserdruck (bar)										
Wassermenge (l/min)										
Suspensionsdruck (bar)										
Suspensionsmenge (l/min)										
		Mischung A	Mischung B							
Zement/Mischung (kg)										
Wasser/Mischung (kg)										
Mischungsgewicht (kg)										
Mischungsverhältnis (l)										
Dichte der Mischung (kg/l)										
Mischungskontrollen										
		Zeit		Dichte (kg/l)						
Suspensionskontrollen										
Säulen N°	Zähler Beginn Bohren	Zähler Ende Bohren	Zähler Beginn Vorschneiden	Zähler Ende Vorschneiden	Zähler Beginn Düsen	Zähler Ende Düsen	Düsenzzeit Beginn	Düsenzzeit Ende	Wasserdruck	Suspensionsdruck
Unterbrechungen		Anzahl der Mischungen =								
Beginn	Ende	Ursache der Unterbrechung								Anmerkungen und Beobachtungen
Name :										
Unterschrift :										

Grafik 3.2.1: Tagesbericht Misch- und Pumpanlage⁹⁹

Tagesbericht Düsgeräte

BAUSTELLE : BEREICH				Gerät :										
DATUM :				Aufsicht :										
Schicht ab bis				Unterschrift :										
Anweisungen der Bauleitung					Arbeitsabfolge für die Einzelsäulen									
		Vorschneiden	Düsenstrahlarbeit	Bohren										
Tiefe des Säulenfußes (m)														
Tiefe des Säulenkopfes (m)														
Düsendurchmesser (mm)														
Vorschubhöhe (cm)														
Zeit pro Hub (s)														
Drehgeschwindigkeit (rpm)														
Wasserdruck (bar)														
Wassermenge (l/min)														
Suspensionsdruck (bar)														
Suspensionsmenge (l/min)														
Luftdruck (bar)														
Bohrlochkontrollen														
Säulen N°	Säulennummer	Bohrung Beginn	Bohrung Ende	Bohrung Tiefe	Vorschnei den Ende	Vorschnei den Beginn	Düsen Beginn	Düsen Ende	Düsen End-tiefe	Wasser-druck	Suspensionsdruck	Hubhöhe	Zeit pro Hub	Luftdruck
Suspensionsmessungen														
Säulen-Nummer	Tiefe	Suspensionsdichte	Probe N°	Anmerkungen und Beobachtungen										
Bohrmeister :														
Unterschrift :														

Grafik 3.2.2: Tagesbericht Düsgeräte¹⁰⁰

⁹⁷ Ausführer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

⁹⁸ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 22,23

⁹⁹ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 32

¹⁰⁰ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 33

3.2.2 DEUTSCHLAND

Es gibt eine deutsche Norm, die DIN 18321 „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Düsenstrahlarbeiten“, die erst im September 2016 aktualisiert wurde. In Kapitel 3, der DIN 18321, wird die Ausführung von DSV-Arbeiten behandelt. Bei der Anwendung dieser Norm sind insbesondere die DIN 4123 „Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude“ und die DIN EN 12716 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) — Düsenstrahlverfahren (Hochdruckinjektion, Hochdruckbodenvermörtelung, Jetting)“ zu beachten. DIN 4123 beschreibt keinerlei Vorgaben zur Dokumentation, Überwachung, Prüfung oder Kontrolle der Ausführung und ist daher in diesem Fall vernachlässigbar. Da es sich bei der DIN EN 12716 und der in Kapitel 3.2.1 beschriebenen ÖNORM EN 12716 um einen Eurocode (EN) handelt, sind die Forderungen ident. Aufgrund dessen wird in diesem Abschnitt nur auf die DIN 18321 näher eingegangen.

3.2.2.1 DIN 18321

Die DIN 18321 formuliert die Vorgehensweisen des DSVs ausführlicher und übersichtlicher als die DIN EN 12716 bzw. die ÖNORM EN 12716. Dies ist bei Betrachtung der folgenden Vorgehensweisen, welche speziell auf den **Düsvorgang** bezogen sind, ersichtlich. Die einzelnen Vorgehensweisen werden dabei genau beschrieben.

- ◆ Das gewählte DSV-System, DSV-Parameter und die Herstellungsabfolge sind Sache des Auftragnehmers, wobei vorliegende DSV-Parameter von Probeelementen eingehalten werden müssen.
- ◆ Werden Zielgrößen des Düsvorgangs nicht erreicht oder Gefahren (wie z.B. für die Standsicherheit von baulichen Anlagen) erkannt, müssen diese sofort dem Auftraggeber bekannt gemacht werden.
- ◆ Es ist nach Abschluss des Düsvorgangs der erforderliche Suspensionsspiegel bis zum Erhärten zu erhalten, um eventuelle Verluste der Suspension zu erkennen. Treten Verluste (infolge Ausfließens in unterirdische Hohlräume) auf, sind sofort Gegenmaßnahmen zu treffen.¹⁰¹

Zur **Qualitätskontrolle** werden genaue und übersichtliche Angaben betreffend der aufzunehmenden und der zu prüfenden Parametern gemacht. Es sind Protokolle der DSV-Arbeiten vom Auftragnehmer zeitnahe dem Auftraggeber zu übergeben, die folgendes beinhalten müssen:

Ergebnisse aus Standardprüfungen:

- ◆ Dichtemessung der Frischsuspension zweimal je Arbeitsschicht und Mischer,

¹⁰¹ Deutsches Normungsinstitut: DIN 18321, 04.2016, S. 9,10

- ◆ Dichtemessung des Rückflusses zweimal je Arbeitsschicht und Gerät, die als Rückstellproben mindestens bis zur Beendigung der DSV-Arbeiten einzulagern sind,
- ◆ Beobachtung der Festigkeitsentwicklung an Proben des Rückflusses.

Für jeden Düsvorgang

- ◆ Bezeichnung, vorgesehene Neigung, Richtung und Endtiefe des Düsgestänges je Bohrloch,
- ◆ Datum und Uhrzeit des Düsbeginns und des Düsendes,
- ◆ Lage des Ansatzpunktes,
- ◆ Art und Zusammensetzung der DSV-Suspension,
- ◆ zeitlicher und tiefenabhängiger Verlauf von Zieh- und Drehgeschwindigkeit durch kontinuierliche Aufzeichnung,
- ◆ zeitlicher und tiefenabhängiger Verlauf von Druck und Menge der beim Düsen verwendeten Medien durch kontinuierliche Aufzeichnung,
- ◆ gemessene Höhenlage und Länge des Düskörpers
- ◆ besondere Vorkommnisse, z. B. Austritte von schwimmfähigen Stoffen wie Kohle oder Holz, un stetiger Rückfluss, jegliche Produktionsstörungen.

Weitergehende Kontrollmaßnahmen, z. B.

- ◆ Einmessung des Ansatzpunktes des Düsgestänges,
- ◆ Messungen des Verlaufs des Düsgestänges,
- ◆ Bestimmung des Durchmessers der DSV-Körper,
- ◆ Entnahme von Proben aus den DSV-Körpern,
- ◆ Untersuchungen der Proben bei statisch beanspruchten DSV-Körpern, z.B. für Unterfangungen, verankerte Dichtsohlen
- ◆ Sondierungen, Probelastungen und Anlegen von Schürfen, sind besondere Leistungen.¹⁰²

Während in der EN 12716 nur teilweise präzise Formulierung vorliegen, sind die anzuführenden Parameter nicht übersichtlich dargestellt. Sie sind über das gesamte Dokument verteilt, wodurch die Übersichtlichkeit der geforderten Leistungen verloren geht.

3.2.3 USA

Die „Jet Grouting Guideline“ vom Geo-Institute of ASCE (American Society of Civil Engineers) Grouting Committee – Jet Grouting Task Force ist die relevante amerikanische Richtlinie. Die Jet Grouting Task Force ist eine Arbeitsgruppe, die unparteiisch gegenüber allen Beteiligten

¹⁰² Deutsches Normungsinstitut: DIN 18321, 04.2016, S. 10,11

des Projekts betreffend DSV agiert. Diese Richtlinie beinhaltet Bestimmungen über Qualifikation, Material, Geräte, Untersuchungen und Herstellungsverfahren für Beteiligte, die in Projektbestimmungen eingebaut werden können.

Betreffend der Ausführung ist hier geregelt, dass ausreichende Pumpdrücke und Durchflussraten verwendet werden sollen, jedoch sind keine Grenzwerte dafür gegeben. Geräte müssen zur ständigen und automatischen Aufzeichnung bestimmter Parameter vorhanden sein. Es sollte zumindest die folgende Sensorik vorhanden sein, sowie die folgenden Parameter abhängig von der Tiefe aufgezeichnet werden:

- ◆ Druckmesser an der Bohranlage zur Messung von Suspensions-, Wasser- und Luftdruck
- ◆ Durchflussmesser zur Messung von Durchflussrate und Durchflussmenge von der Suspension
- ◆ Aufnahmegerät für die Rückzugsgeschwindigkeit
- ◆ Aufnahmegeräte für die Drehzahl

Zusätzlich ist ein Kommentar zur Vorgehensweise bei einem Ausfall der Aufzeichnungsgeräte verfasst. Der Auftragnehmer ist verpflichtet, sorgfältig an der Reparatur des Gerätes zu arbeiten. Während dieser Zeit, muss der Auftragnehmer die Messwerte manuell (d.h. Ablesen der Messwerte am Anzeigegerät direkt bei den Sensoren) aufzeichnen und diese im Tagesbericht niederschreiben.

Unter Qualitätsmanagement und Qualitätssicherung ist ein weiterer Unterpunkt zu finden, der die aufzunehmenden Parameter auflistet. Die Geräte müssen im Stande sein kontinuierlich alle Durchflussmengen, Durchflussdrücke, Drehzahl, Bohrtiefe und Rückzugsgeschwindigkeit aufzuzeichnen. Rückzugsgeschwindigkeit und die Drehzahl pro Minute [U/min] sollte vom Bohrmeister eingestellt und nicht automatisiert werden. Diese elektronisch aufgenommenen Messwerte sollten dem Bauherrn und Planer in einem Format übergeben werden, das zuvor vereinbart worden ist. Der Auftragnehmer muss außerdem eine Software zur Verarbeitung und graphischen Auswertung der Messwerte zu Verfügung stellen. Die verwendete Software muss vorher mit Bauherr und Planer abgesprochen werden.

Die notwendigen Angaben im Tagesbericht sind analog zur EN 12716 beschrieben.¹⁰³

3.3 AKTUELLER STAND DER TECHNIK

Nach heutigem Stand der Technik werden während des Herstellungsprozesses eines DSV-Körpers die Herstellungsparameter in Echtzeit aufgenommen. Der Grund dafür ist die relativ gute Aussagekraft über die „Effizienz“ des Herstellungsprozesses und der Einfachheit dieser

¹⁰³ Jet Grouting Task Force: Jet Grouting Guideline, Geo-Institute of ASCE Grouting Committee, 06.2009, S. 20-25

Aufzeichnung. Die Herstellungsparameter sind vom Hersteller beeinflussbar und werden in Abhängigkeit vom anstehenden Boden bestimmt. So wird die Rückzugsgeschwindigkeit im Kies schneller als im Sand sein, um einen gleichmäßigen DSV-Körper herstellen zu können. Jedoch ist die Auswertung dieser Messdaten vollkommen unabhängig von der Interaktion zwischen der Suspension mit dem anstehenden Boden, welche schlussendlich den fertigen DSV-Körper bildet. Die ausführenden Firmen in Österreich haben nur eine automatische Aufzeichnung der Herstellungsparameter und sind noch nicht in der Lage eine Analyse des hergestellten DSV-Körpers betreffend der Geometrie und Festigkeiten in Echtzeit zu erstellen.

Zurzeit wird in der baubetrieblichen Forschung vermehrt an der Echtzeitbestimmung des Durchmessers gearbeitet. Laut Ausführendem 1 und Ausführendem 5 (siehe Kapitel 1.3.1) wäre die Durchmesserbestimmung in Echtzeit ein großer Fortschritt, da mit dieser Kontrolle an jeder Stelle der Durchmesser festgestellt werden kann. So würde es durch die Echtzeitmessung, nicht mehr zu ungewollten Einschnürungen (Bereiche mit geringerem Durchmesser) über einige Dezimeter kommen. Solche ungewollten Einschnürungen sind vor allem bei der Herstellung von Dichtsohlen ein großer Nachteil, da sie potentiell undichte Stellen darstellen. Dadurch ist die Qualität der Dichtsohle stark eingeschränkt oder im schlimmsten Fall ihre Funktion als abdichtendes Element nicht gegeben. Das soll in Zukunft mit der Durchmesserbestimmung in Echtzeit verhindert werden.

Die große Schwierigkeit der Echtzeit-Analyse des hergestellten DSV-Körpers ist die Komplexität des Bodens. Um Durchmesser- oder Festigkeitsbestimmungen durchführen zu können, muss die Interaktion zwischen dem Boden und der Suspension bekannt sein. Um diese Interaktion bestimmen zu können, muss eine komplexe Datenbank zur Beschreibung des anstehenden Bodens vorhanden sein, die in Echtzeit mit den Herstellungsparametern an jeder Stelle des DSV-Körpers interagiert. Es wurden bereits einige Forschungsversuche durchgeführt, um ein Verfahren zur Druckfestigkeitsbestimmung von DSV-Körpern in Echtzeit zu entwickeln. Aufgrund der Komplexität des Bodenaufbaus wurden allerdings bis dato keine hinreichend genauen Ergebnisse der Druckfestigkeit erzielt.¹⁰⁴

Wenn neben der problemlosen Aufnahme der Herstellungsparameter in Zukunft eine Echtzeit Bestimmung des Durchmessers und der Festigkeiten möglich wäre, würde dadurch die Qualitätssicherung bei DSV-Arbeiten erleichtert werden, und auf teilweise sehr zeitaufwändige Vorversuche könnte bedingungslos verzichtet werden.

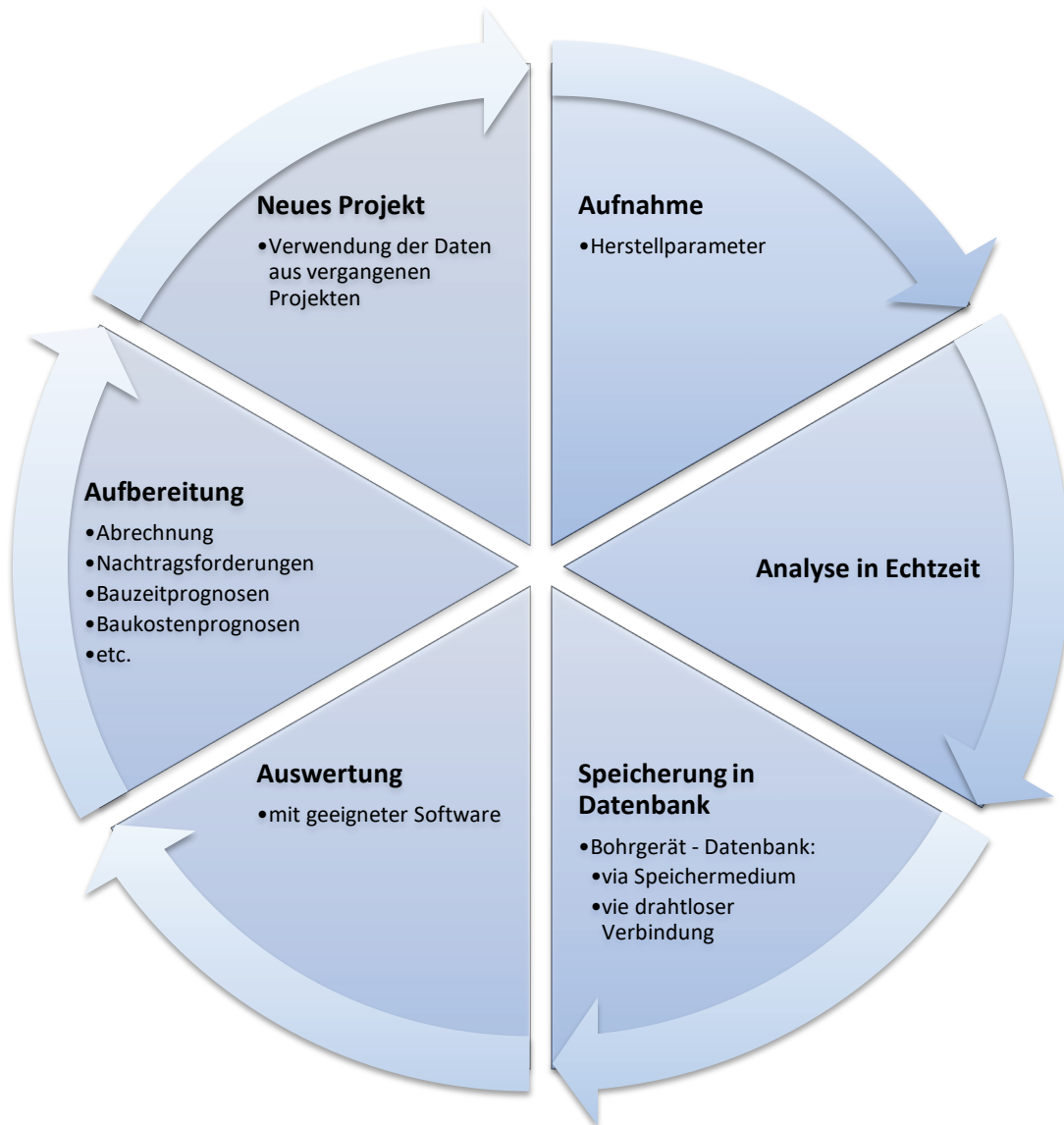
¹⁰⁴ Krentz, M.; Zur guten fachlichen Praxis des Düsenstrahlverfahrens, Geotechnik 38, Ernst&Sohn, 2015, Heft 1, S. 60-64

3.4 KREISLAUF DER MESSWERTE

In diesem Kapitel wird der „Weg“ der aufgenommenen Daten analysiert. Die Messwerte entstehen ab Beginn des Abteufens der Bohrung. Mit dem BDE werden die gewünschten Parameter während der Bohrung aufgenommen.

Abhängig vom Hersteller des DSV-Körpers variieren die aufgenommenen Daten minimal und auch die graphische Auswertung kann auf unterschiedlichste Arten ausgegeben werden – wie bereits in Kapitel 3.1 beschrieben worden ist.

In Grafik 3.4.1 werden die beschriebenen Abfolgen aus Kapitel 3.4 graphisch dargestellt – beginnend bei der Aufnahme der Herstellparameter zur Analyse bzw. Wiedergabe in Echtzeit. Von der lokalen Speicherung am Bohrergerät können Datensätze über ein Speichermedium (SD- , CF-Karte oder USB-Stick) oder eine kabellose Verbindung in eine Datenbank transferiert werden. Darauf folgt eine Auswertung in einer dafür konzipierten Software, woraus zum einen DSV-Protokolle und zum anderen automatisch weiterführende Dokumente (z.B. Abrechnung, Nachtragsforderungen, Bauzeit-, Baukosteprognosen) erstellt werden können. Ausgewertete Datensätzen können als Referenzwerte in neue Projekte einfließen, bei denen dann der Kreislauf wieder von neuem beginnt.



Grafik 3.4.1: Kreislauf der Messwerte

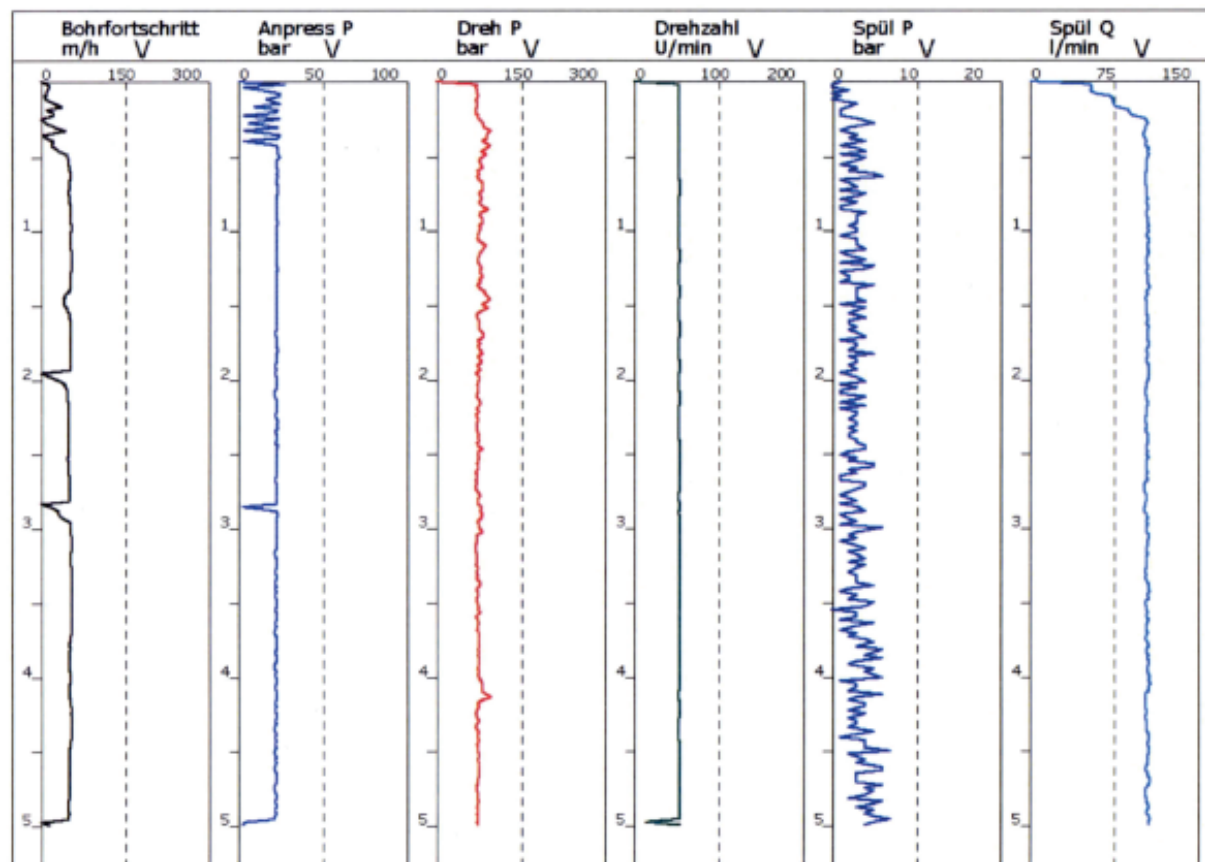
3.4.1 AUFNAHME

3.4.1.1 AUFNAHME DER BOHRDATEN

Aufgenommene Daten während der Bohrung, d.h. während des Abteufens der Lafette, sind:

- ◆ Bohrfortschritt [m/h]
- ◆ Anpressdruck [bar]
- ◆ Drehdruck [bar]
- ◆ Drehzahl [U/min]
- ◆ Spüldruck [bar]
- ◆ Spüldurchfluss [l/min]

Der in Grafik 3.4.2 dargestellte Pfeil neben der Einheit gibt die Richtung, in die sich das Bohrgestänge gerade bewegt, an. So ist hier zu sehen, dass es sich um das Abteufen der Lafette handelt. Diese Parameter werden in Abhängigkeit von der Tiefe gemessen und über diese Abhängigkeit graphisch dargestellt, wie in Grafik 3.4.2 zu sehen ist.



Grafik 3.4.2: Beispiel: Bohrbericht, Züblin¹⁰⁵

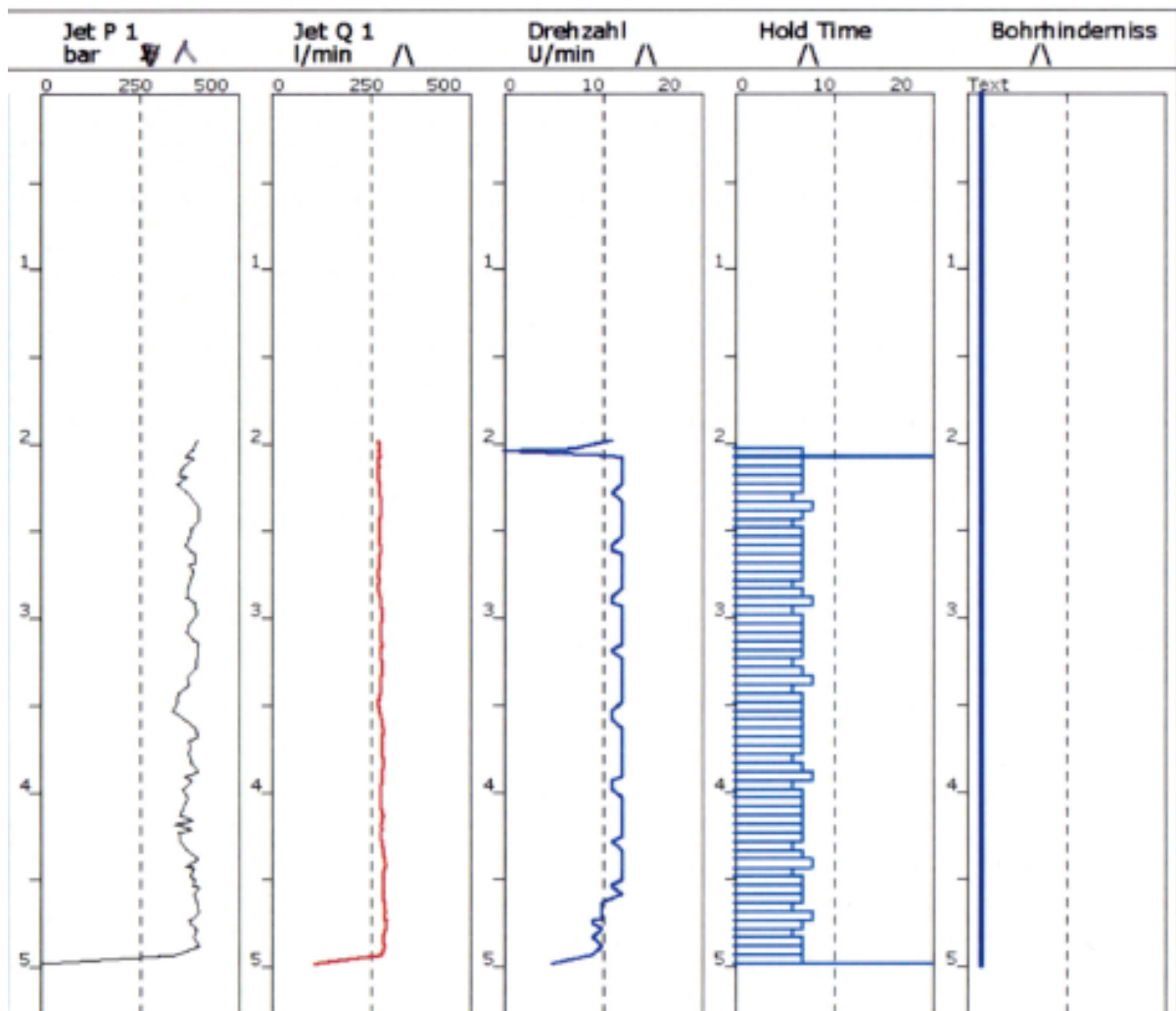
¹⁰⁵ Züblin Spezialtiefbau GmbH: Jet Bericht von Justizgebäude Salzburg, 2015

3.4.1.2 AUFNAHME DER DÜSDATEN

Wenn die Bohrkronen die gewünschte Tiefe erreicht hat, wird das Bohrgestänge wieder gezogen. Je nach gewünschter Geometrie des DSV-Körpers wird das Bohrgestänge entweder gedreht oder hin und her geschwenkt und der Düsvorgang abhängig von der notwendigen Verfahrensvariante (siehe Kapitel 2.5.2) beginnt. Dieser Düsvorgang startet bei der Tiefe bis zu der das Bohrgestänge abgeteuft wurde und endet, wenn die Düsen im Bohrgestänge die gewünschte Tiefe der Oberkante des zu entstehenden DSV-Körpers erreicht hat. Die aufgenommenen Daten während des Düsvorgangs sind:

- ◆ Düsdruk [bar]
- ◆ Düsdurchfluss [l/min]
- ◆ Drehzahl [U/min]
- ◆ Haltezeit
- ◆ Bohrhindernis

Der in Grafik 3.4.3 dargestellte Pfeil neben der Einheit gibt die Richtung, in die sich das Bohrgestänge gerade bewegt, an. So ist hier zu sehen, dass es sich um das Ziehen der Lafette handelt. Auch hier werden diese Parameter wieder in Abhängigkeit von der Tiefe graphisch dargestellt wie in Grafik 3.4.3 zu sehen ist.



Grafik 3.4.3: Beispiel: Bericht während des Düsvorgangs, Züblin¹⁰⁶

3.4.1.3 GESAMTER DSV-BERICHT

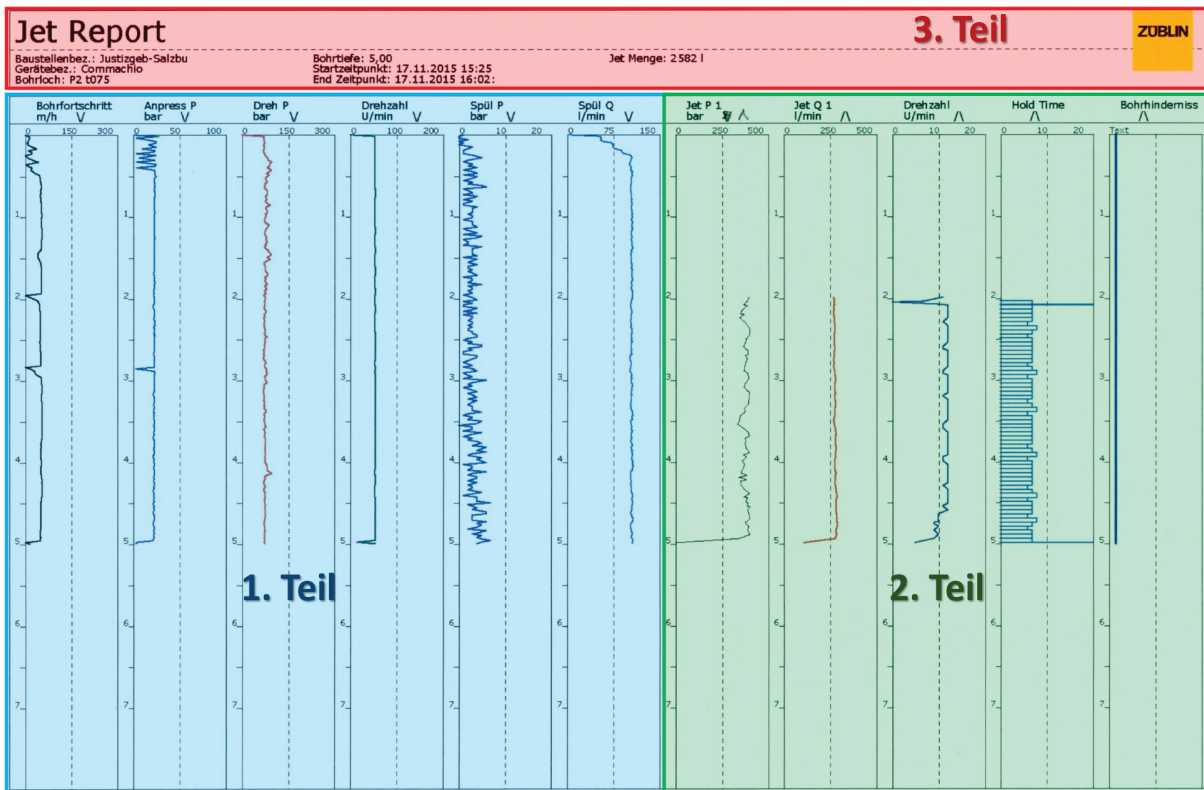
Zusätzlich werden von dem gesamten Herstellungsprozess eines DSV-Körpers der Startzeitpunkt und Endzeitpunkt, Bohrtiefe sowie die verbrauchte Suspensionsmenge explizit angegeben. Neben diesen gemessenen Werten werden auch die Baustellenbezeichnung, Gerätebezeichnung und die Bohrlochbezeichnung niedergeschrieben, wie in Grafik 3.4.4 zu sehen ist.

Jet Report		
Baustellenbez.: Justizgeb-Salzbu	Bohrtiefe: 5,00	Jet Menge: 2582 l
Gerätebez.: Commachio	Startzeitpunkt: 17.11.2015 15:25	
Bohrloch: P2 t075	End Zeitpunkt: 17.11.2015 16:02:	

Grafik 3.4.4: Beispiel: Kopfzeile DSV-Bericht, Züblin¹⁰⁶¹⁰⁵

Diese drei Bestandteile (Grafik 3.4.2, Grafik 3.4.3 und Grafik 3.4.4) bilden den gesamten DSV-Bericht eines DSV-Körpers, siehe Grafik 3.4.5.

¹⁰⁶ Züblin Spezialtiefbau GmbH: Jet Bericht von Justizgebäude Salzburg, 2015

Grafik 3.4.5: Beispiel: DSV-Bericht, Züblin¹⁰⁷

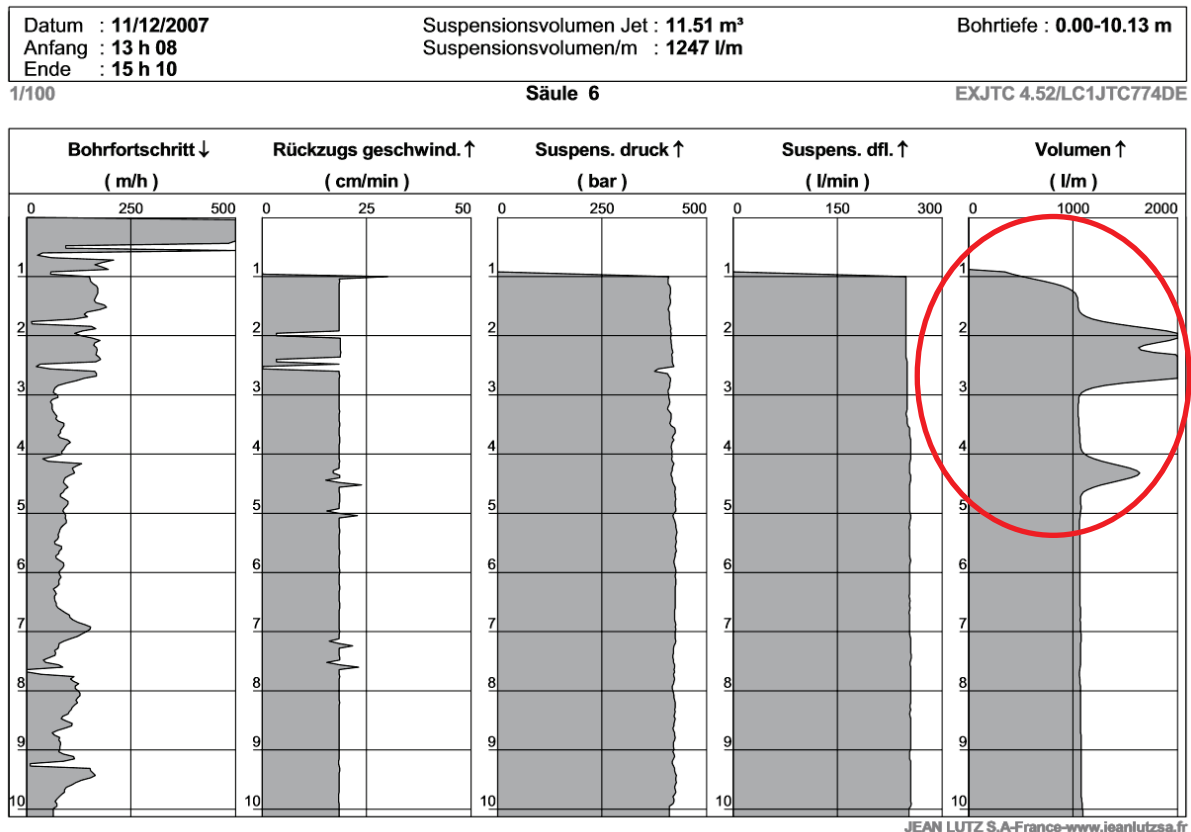
Um einen DSV-Bericht erstellen zu können, reicht aber die alleinige Messung dieser Parameter über die jeweiligen Sensoren nicht aus. Zur Ausgabe dieser Messwerte in dieser Form, ist eine Software zur Speicherung und Verarbeitung der Daten notwendig. Nach der Übertragung der Messwerte von der SPS auf das Anzeigegerät, können die Daten dort in einer entsprechenden Software wiedergegeben werden. Diese Software ermöglicht eine Echtzeitanalyse in Form einer graphischen Auswertung oder eines numerischen Ausgabemodells, die wiederum ein sofortiges Eingreifen in den Herstellprozess durch den Bohrmeister ermöglicht.

◆ Beispiel zu unterschiedlichen Aufnahmearten

Bauunternehmen im deutschsprachigen Raum wenden unterschiedliche Methoden zur Aufnahme der Messwerte an. Messwerte können in klar definierten Zeitintervallen oder abhängig vom Bohr- und Ziehfortschritt aufgenommen werden. Ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen legt Wert darauf, Messwerte sogar in Zehntel-Sekundenschritten aufzunehmen. Der einfache Grund dafür ist, dass nur so einzelne Druckspitzen z.B. durch Fracking (Aufspringen des Bodens) und der folgende, rasche Druckabfall erkannt werden können. Ein Beispiel dafür ist in Grafik 3.4.6 zu sehen. In einer Tiefe von 2,5 m verzeichnet das Injektionsvolumen einen raschen Anstieg. Gründe dafür wären beispielsweise ein Hohlraum im Boden, der das Wegrinnen der Suspension verursacht oder ein extrem weicher Bodenaufbau, in dem unter gleichem Druck der Suspensionsstrahl

¹⁰⁷ Adaptiert von Züblin Spezialtiefbau GmbH: Jet Bericht von Justizgebäude Salzburg, 2015

tiefer in den Boden eindringen kann. Auch in diesem Fall wird ein größeres Suspensionsvolumen benötigt.



Grafik 3.4.6: Beispiel Aufzeichnungen mit Jean-Lutz-System¹⁰⁸

3.4.2 ANALYSE IN ECHTZEIT

Die Analyse in Echtzeit erfolgt derzeit ausschließlich durch den Bohrmeister. Dieser steht in enger Rücksprache mit dem Pumpenfahrer, um möglichst schnell auf Veränderungen der Bodenverhältnisse reagieren zu können. Dabei zählt in erster Linie die Erfahrung des Bohrmeisters, welcher anhand der gelieferten Messwerte und seiner Erfahrung das Bohrgerät steuert. Dabei sollen in Zukunft (wie in Kapitel 3.3 beschrieben) Messungen der Festigkeit und des Durchmessers in Echtzeit der hergestellten DSV-Körper den Bohrmeister in seiner Tätigkeit unterstützen und die Qualität sichern.

3.4.3 SPEICHERUNG IN DATENBANK

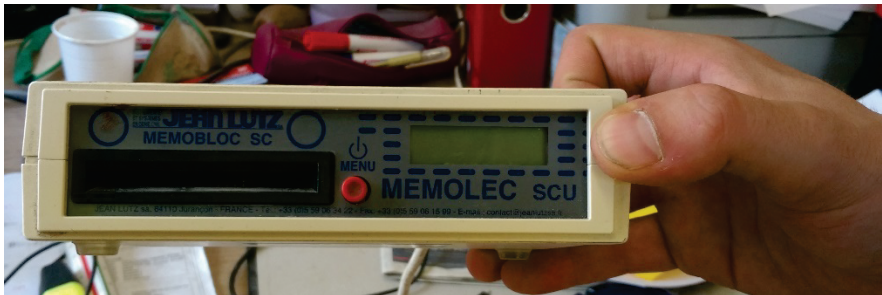
Die aufgezeichneten Daten werden im ersten Schritt lokal am Bohrgerät auf einem Speichermedium, das sich im Anzeigegerät befindet, gespeichert. Über eine kabellose Verbindung oder über ein Speichermedium werden die gespeicherten Daten vom lokalen Speicherort am Bohrgerät in eine übergreifende Datenbank geladen.

¹⁰⁸ HTB: Düsenstrahlverfahren, S. 3

Eine direkte kabellose Übertragung ist technisch möglich, man will aber vermeiden, dass diese Daten Mitarbeiter, die nicht direkt auf der Baustelle arbeiten, in Echtzeit mitverfolgen können. Der Hintergrund dafür ist die selbständige Arbeitsweise des Bohrmeisters, die aus baubetrieblicher Sicht beibehalten werden soll. Der Bohrmeister ist auf der Baustelle geschult, den Bohrdatenschreiber selbst zu bedienen und Korrekturen selbstständig vorzunehmen. Die Rücksprache zwischen Bohrmeister und Pumpenfahrer muss ständig möglich sein, um eventuelle Druckdifferenzen an der Pumpe auszugleichen. Nur so kann die entsprechende Qualität des DSV-Elements erreicht werden. Das Eingreifen von externen Mitarbeitern würde den Kommunikationsprozess zwischen Bohrmeister und Pumpenfahrer stören.^{109,110,111}

Bei der Mehrheit der Baustellen erfolgt der Datentransfer von DSV-Daten noch nicht vollständig automatisiert. Die Daten der meisten Baustellen enden in der Software am Bohrgerät, bevor sie händisch via einer Harddisc auf einen Firmenlaptop übertragen werden müssen. Diese muss aus dem Bohrgerät entnommen werden und die darauf gespeicherten Herstellparameter mit Hilfe eines Auslesegeräts auf einen Computer transferiert werden. In Grafik 3.4.7 ist ein derartiges Auslesegerät zu sehen, wobei sich links das Laufwerk für die Speicherkarte befindet.

Der Datentransfer funktioniert entweder über eine kabellose Verbindung oder ein Speichermedium im Normalfall problemlos. Das wesentliche Problem stellt die Datenverwaltung dar. Einerseits wird die übersichtliche Verwaltung der Daten und andererseits die Verknüpfung der Herstelldaten der einzelnen Gewerke vernachlässigt.



Grafik 3.4.7: Auslesegerät von Jean-Lutz¹¹²

Es sind bereits Softwarelösungen am Markt erhältlich, mit denen die Herstelldaten über eine drahtlose Verbindung direkt vom Bohrgerät in eine globale Software implementiert werden können. Die firmenintern hergestellten Softwares wie exges und M5 verfügen über diese Fähigkeit. Diese Softwarelösungen besitzen eine benutzerfreundliche Oberfläche, wodurch das

¹⁰⁹ Ausführer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

¹¹⁰ Ausführer 3; Ausführer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹¹¹ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹¹² Ausführer 6: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 78 Mio. Euro), 31.05.2017

Verwalten und Veranschaulichen der aufgenommenen Herstellparameter optimiert werden kann. Laut Ausführendem 5, Geschäftsführer eines namhaften deutschsprachigen Spezialtiefbauunternehmens, werden solche neuartigen Softwarelösungen bereits bei 15 % ihrer Baustellen für Injektionsarbeiten verwendet, jedoch erhöht sich der Anteil dieser Baustellen stetig.

113,114

3.4.4 AUSWERTUNG

Durch am Markt befindliche Softwarelösungen zur benutzerfreundlichen Verwaltung und Speicherung der Daten wird das Hantieren, Auffinden und Aufbereiten von Datenmaterial vereinfacht. Es können einzelne Protokolle leicht gefunden werden und Datensätze können durch diese übersichtliche Aufbereitung für verschiedenste Anwendungen weiterverwendet werden. So ist es möglich aus diesen Daten automatisch weiterführende Dokumente erstellen zu lassen, z. B. Abrechnungen, Aufmaßblätter, Materialverbrauchsrechnung. Voraussetzung dafür ist, dass die Abrechnung nach der tatsächlich verbrauchten Menge erfolgt. In der Praxis wird jedoch in den meisten Fällen nach der plangemäßen Kubatur abgerechnet.

3.4.5 AUFBEREITUNG

Es werden anhand der Messwerte der Durchflusssensoren der Suspension und der gedüsten Zeit verbrauchte Gesamtvolumina errechnet. Diese werden, wie in Grafik 3.1.2 auf Seite 48 zu sehen ist, in der Kopfzeile des DSV-Protokolls, angegeben. Aus diesen Daten kann direkt eine Abrechnung erstellt werden. Nach heutigem Stand der Technik stellen jedoch die Aufzeichnungen der Mischanlagen eine große Ungenauigkeit dar, da diese Schwankungen verursachen und nicht mit 100%iger Genauigkeit mischen können. Dadurch kann ein hoher zusätzlicher Zementverbrauch verursacht werden.¹¹⁵

3.4.5.1 ABRECHNUNG

Nach aktuellem Stand der Technik erfolgt die Abrechnung noch zum Großteil mit dafür geeigneten Abrechnungsprogrammen, in denen händisch die relevanten Daten eingegeben werden. Es gibt diesen Schritt zu automatisieren, jedoch darf in Zukunft, laut Ausführenden 5, eine Plausibilitätsprüfung nicht vernachlässigt werden.

Wenn nicht anders vereinbart, wird laut Leistungsverzeichnis nach der plangemäßen Kubatur abgerechnet. D.h. Angaben über das verbrauchte Suspensionsvolumen fließen in der Abrechnung nur für eventuelle Mehrkostenforderungen ein.¹¹⁶

¹¹³ Ausführender 3; Ausführender 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹¹⁴ Ausführender 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹¹⁵ Ausführender 3; Ausführender 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹¹⁶ FSV Wien: Leistungsbeschreibung von Verkehr und Infrastruktur, 4. Auflage, 01.05.2015

Neben der Abrechnung können die aufgenommenen Herstellparameter zur Dokumentation der geologischen Randbedingungen und vor allem zur Erstellung von Nachtragsforderungen aufgrund von geänderten geologischen Bedingungen verwendet werden.

3.4.5.2 BAUZEIT- UND BAUKOSTENPROGNOSEN

Bauzeitprognosen und Baukostenprognosen werden in Zukunft genauer und früher kalkulierbar sein. Jedoch werden die Herstelldaten alleine nicht zur Erstellung einer Bauzeitprognose verwendet. Die Bauzeitprognose erfolgt durch ein Aufsummieren der durchschnittlichen Maschinenleistungen pro Woche.¹¹⁷

3.4.6 MÖGLICHE POTENTIALE

Neben der Automatisierung der Erstellung von weiterführenden Dokumenten (z.B. Abrechnung) und Bauzeit- und Baukostenprognosen wird auch die Lagebestimmung der Ansatzpunkte der DSV-Elemente vereinfacht. Ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen schafft es bereits, die Informationen, die in der firmeninternen entwickelten Software hinterlegt sind, mit dem Bohrgerät zu verbinden. Die Koordinaten des Lageplans sind in dieser Software hinterlegt und können an das GPS gesteuerte Bohrgerät gesandt werden. So kann der Ansatzpunkt des DSV-Körpers automatisch und exakt angefahren werden. Auf einem Bildschirm im Bohrgerät wird die Genauigkeit des Ansatzpunktes, Bezugshöhe sowie die Richtung zu Norden des Bohrgeräts angezeigt.

Um solche modernen Systeme auch für einen SOLL/IST-Vergleich verwenden zu können, muss es auf aktuellen Stand des Baufortschritts gehalten werden. Ein österreichisches Spezialtiefbauunternehmen überträgt bereits die Daten der Inclinometermessungen sowie die Koordinaten der Ansatzmessungen in den AutoCAD-Plan, der im System hinterlegt ist. Hier wird eine Rückkoppelung während der Ausführung zur Planung geschaffen. So ist ein Überprüfen, ob die Abweichungen der Ansatzpunkte und Bohrabweichungen die Toleranzen einhalten, möglich. Mit Hilfe zweier Empfänger am Bohrgerät, die die Richtung zu Norden des Bohrgerätes bestimmen, können diesen Messungen Richtungen zugeordnet werden. Nur so können die erstellten DSV-Körper lage- und richtungsgenau in den AutoCAD-Plan eingetragen werden. Ziel ist es, diesen Rückkoppelungsprozess zu vereinfachen bzw. dieses Vorgehen zum Stand der Technik zu machen.

Diese ins AutoCAD eingetragenen Messwerte ermöglichen auch eine 3D-Darstellung, welche die IST-Lage und IST-Länge der Säulen zeigt. Zusätzlich ist noch eine einfache Grundrissdarstellung von Interesse, da hier die Zwickel zwischen den einzelnen Säulen veranschaulicht werden können.¹¹⁸

¹¹⁷ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹¹⁸ Deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 2,2 Mrd. Euro): Vortrag über die Baustelle in St. Kanzian, Koralmbahn, 27.04.2017

Die gespeicherten Daten dieser globalen Datenbank können in unterschiedlichen Layouts ausgegeben werden. Mögliche Ausgabeformen sind:

- ◆ Eine zeitliche Darstellung; in welchen Kalenderwochen welche Säulen hergestellt wurden
- ◆ Darstellung der Herstellparameter: die Herstellungsparameter können in Abhängigkeiten von Tiefe und Zeit graphisch dargestellt werden
- ◆ Darstellung der Längen der Säulen
- ◆ Darstellung des Injektionsvolumens
- ◆ Darstellung der Bohrabweichung (Inklinometermessung)

Der große Nachteil ist die Zeitintensität, um eine derartige übersichtliche Darstellung zu verwalten. Laut Angaben von Experten dieses deutschen Spezialtiefbauunternehmens werden täglich mehrere Stunden zur Aktualisierung der Pläne in den Systemen verbracht.

Neben der Weiterentwicklung der digitalen Vernetzung einzelner Abschnitte eines Bauprozesses wurden im Zuge der Fachgespräche mit Experten auch Potentiale in der technischen Aufnahme prozessspezifischer Daten aufgezeigt.

Die Durchmesserbestimmung in Echtzeit würde enorme Vorteile hinsichtlich der Qualitätssicherung der DSV-Elemente mit sich bringen. Mit Hilfe dieser Echtzeitbestimmung entfielen aufwendige Verfahren zur Durchmesserbestimmung, die einerseits zusätzliche Zeit, als auch Kosten in Anspruch nehmen. Aufgrund des großen Aufwandes dieser Verfahren, werden diese nur bei ausgewählten Elementen durchgeführt. So sind Fehler bei anderen Elementen nicht vollkommen auszuschließen, wodurch eine große Unsicherheit in der Qualitätskontrolle entsteht. Diese Verfahren nach aktuellem Stand der Technik werden in Kapitel 4.3.3 beschrieben.

Echtzeit-Durchmesserbestimmungen könnten bei jedem herzustellenden Element eingesetzt werden, wodurch die Anforderungen hinsichtlich des Durchmessers an jeder Stelle des Elements garantiert werden könnten.^{119,120, 121}

3.5 GRAD DER DIGITALISIERUNG

Der Grad der Digitalisierung kann in drei Entwicklungsstufen (in der Folge mit „1“, „2“ und „3“ bezeichnet) eingeteilt werden, welche anhand von Einschätzungen in den Bereichen Messung, Speicherung und Analyse bestimmt werden. Diese drei Bereiche stützen sich auf den Kreislauf der Messwerte (siehe Kapitel 3.4) und analysieren die Abfolge des Datenflusses, wobei diese folgendermaßen definiert sind:

- ◆ **Messung:** Aufnahme der Herstellparameter

¹¹⁹ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹²⁰ Ausführer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

¹²¹ Planer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 10.03.2017

- ◆ **Speicherung:** Speicherung der Herstellparameter am Bohrgerät bzw. Vernetzung zu einer globalen Datenbank und dortige Speicherung
- ◆ **Analyse:** Ausgabe von DSV-Protokollen bzw. Datenimport in geeignete Software zur Verwaltung und Analyse. Eventuelle Rückkoppelung mit der Planung.

3.5.1 3x3 Stufen Digitalisierung




Anhand von Tab. 3.5.1 kann der Grad der Digitalisierung eines Unternehmens abgeschätzt werden, wobei Entwicklungsstufe 1 keinerlei digitale Prozessschritte enthält und in Entwicklungsstufe 3 alle Prozessschritte digital und automatisch ablaufen. Diese Tabelle wurde in den jeweiligen Fachgesprächen mit Experten aus der Praxis benutzt, um den Grad der Digitalisierung des eigenen Unternehmens abschätzen zu können.

Die Kettensymbole sollen eine Verbindung bzw. Schnittstelle zum nächsten Bereich darstellen und das Tunnelsymbol beschreibt die Schnittstelle zu einer globalen Datenbank oder die Rückkoppelung zur Planung.

„Analoges Datenmanagement ist gekennzeichnet durch analoge Messung und Aufnahme in handgeschriebenen Protokollen.“

Bei teilweise digitalem Datenmanagement werden Schnittstellen zum Teil bereits direkt durch direkte Verbindungen wie W-LAN Verbindungen ersetzt. Proprietäre Softwarelösungen von einzelnen Herstellern werden in der Analyse verwendet.

Digitales Datenmanagement der Zukunft zeichnet sich durch direkte Schnittstellen und Echtzeit-Analyse durch Cloud basierende Lösungen aus.“¹²²

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
Entwicklungsstufe	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Tab. 3.5.1: Digitales Datenmanagement in 3 Stufen¹²³

¹²² Winkler, L.: Digitales Datenmanagement, Vortrag bei der 4th Arabian Tunnelling Conference 2017 & 20th Gulf Engineering Forum, 21.-22.02.2017

¹²³ Winkler, L.: Digitales Datenmanagement, Vortrag bei der 4th Arabian Tunnelling Conference 2017 & 20th Gulf Engineering Forum, 21.-22.02.2017

Wenn man nun Tab. 3.5.1 mit Grafik 3.4.1 auf Seite 62 vergleicht, können die Entwicklungsstufen 1 bis 3 der Vollständigkeit des Kreislaufes zugeordnet werden.

◆ **Entwicklungsstufe 1 – analoges Datenmanagement**

Diese beinhaltet eine analoge Messung und Aufbewahrung einzelner handgefertigter Protokolle. Eine Aufnahme der Herstellparameter wird anhand analoger Sensoren durchgeführt, wodurch eine Echtzeit-Darstellung dieser Parameter nicht möglich ist. Das hat zur Folge, dass aufgrund der fehlenden Übersichtlichkeit eventuelle, verbessernde Eingriffe des Bohrmeisters in den Herstellungsprozess nicht zeitgerecht durchführbar sind. D.h. der zweite Punkt (Analyse in Echtzeit) des Kreislaufes aus Grafik 3.4.1 ist hier nicht vorhanden. Die Speicherung in einer Datenbank erfolgt in Form von Ablegen der Protokolle in Papierform. Auch Punkt vier und fünf (Auswertung und Aufbereitung) sind nicht vorhanden.

◆ **Entwicklungsstufe 2 – teilweise digitales Datenmanagement**

Hier werden die Herstellparameter digital aufgezeichnet und können somit auch in Echtzeit mitverfolgt werden. D.h., der erste und der zweite Punkt des Kreislaufes sind erfüllt. Die Daten müssen dann über ein Speichermedium vom Bohrgerät auf einen Computer übertragen werden, wobei die Wiedergabe der aufgenommenen Daten nur in einzelnen Datensets erfolgt. Aus einer Software können nur einzelne DSV-Protokolle in PDF-Format erstellt werden. Die Analyse kann nur anhand dieser DSV-Protokolle durchgeführt werden. Eine Speicherung und Verwaltung aller Daten in einer benutzerfreundlichen, umfangreichen Datenbank, sowie das automatische Ausgeben einzelner Dokumente ist hier nicht möglich. Eine Rückkopplung zur Planung findet hier nicht statt.

◆ **Entwicklungsstufe 3 – digitales Datenmanagement**

Diese verfolgt exakt den Kreislauf aus Grafik 3.4.1. Bei dieser Stufe erfolgt eine digitale Aufnahme der Herstellparameter, welche anschließend analysiert bzw. in Echtzeit wiedergegeben werden. Anschließend erfolgt eine kabellose Übertragung der Daten in eine geeignete Software. Mit Hilfe dieser Software werden die Herstelldaten entsprechend aufbereitet und verwaltet. Dadurch ist eine automatische Erstellung weiterführender Dokumente wie Abrechnung, Nachtragsforderungen, Bauzeitprognosen und Baukostenprognosen möglich. Während des gesamten Kreislaufs erfolgen die Weitergabe und Verarbeitung von Daten digital, automatisch und aufgrund Cloud basierender Programme örtlich ungebunden. Eine Rückkopplung zur Planung soll dadurch ermöglicht werden.

Der Grad der Digitalisierung wurde dabei nur mit Hilfe von Angaben ausführender Firmen ermittelt. Vertreter anderer Interessensgruppen konnten nur Vermutungen zum Grad der Digitalisierung aufstellen, da sie in ihrer Tätigkeit nicht mit Datenmonitoringsystemen im Detail zu

tun haben. Eine zusammenfassende Aussage aller befragten Experten lässt sich nur sehr schwer treffen, da die Aussagen stark variieren.

Ausführender 1 gab an, dass die von ihnen verwendeten Datenmonitoringsysteme in den Bereichen der Messung und der Speicherung in Entwicklungsstufe 2 liegen, wobei es zu keiner Analyse der Daten kommt. Zum gleichen Ergebnis kam auch Ausführender 6.

Hier ist anzumerken, dass Ausführender 1 und Ausführender 6 von unterschiedlichen Baufirmen sind, welche jedoch das gleiche System von externen Herstellern zukaufen. Aufgrund der gleichen Angaben in beiden unabhängigen Befragungen kann man darauf schließen, dass die Einschätzung über die Arbeitsweise des verwendeten Systems stimmig ist. Auch technische Recherchen über dieses System haben zur selben Antwort geführt.^{124, 125}

Ausführender 3, Ausführender 4 und Ausführender 5 arbeiten im gleichen Unternehmen, jedoch in völlig unterschiedlichen Position und Fachbereichen. Ausführender 3 und Ausführender 4 schätzen ihr System mit einer vollkommen digitalen Arbeitsweise ein. Das System, das ihr Unternehmen verwendet, fällt ihrer Meinung nach in den Bereichen der Messung, der Speicherung und der Analyse in Entwicklungsstufe 3. Ausführender 5 hingegen schätzt das System etwas anders ein. Seiner Meinung nach ist das System in allen drei Bereichen größtenteils in Entwicklungsstufe 2 und nur in Einzelfällen in Entwicklungsstufe 3.

Es ist eindeutig zu erkennen, dass die Einschätzung der Systeme zwischen den Befragten variiert. Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt, sind firmenintern entwickelte Systeme bezüglich der digitalen und automatischen Abwicklung der Datenverwaltung weiter fortgeschritten. Ausführender 3, Ausführender 4 und Ausführender 5 arbeiten mit firmenintern entwickelten Systemen. Daraus erklärt sich die Einschätzung in höhere (digitalere) Entwicklungsstufen im Vergleich zu Ausführenden 1 und Ausführenden 6. Durch Recherchen über die technische Funktionsweise dieses Systems hat sich herausgestellt, dass tatsächlich in den Bereichen Messung und Speicherung Entwicklungsstufe 3 garantiert werden kann. Im Bereich der Analyse erfolgt jedoch noch keine automatische Ausgabe von Dokumenten, wie Abrechnung, Nachtragsforderung, Bauzeit- und Baukostenprognosen. Weiters findet keine Rückkoppelung zur Planung statt.^{126, 127}

Ausführender 2 arbeitet mit einem dritten System. Laut seinen Einschätzungen kann man das System in den Bereichen Messung und Speicherung in Entwicklungsstufe 3 einordnen. In der Analyse ordnet sich das System zwischen Entwicklungsstufe 2 und 3 ein. Diese Einschätzung

¹²⁴ Ausführender 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

¹²⁵ Ausführender 6: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 78 Mio. Euro), 31.05.2017

¹²⁶ Ausführender 3; Ausführender 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹²⁷ Ausführender 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

ist sehr treffend, denn das verwendete System läuft vollkommen automatisch ab und die Aufbereitung und Verwaltung der Daten erreicht einen hohen Grad an Individualität, Funktionsvielfalt und Benutzerfreundlichkeit. Auch gibt es Einzelfälle, bei denen Rückkopplungen zur Planung geschaffen werden. Es werden Durchmesser, Bohransatzpunkte sowie Bohrlochabweichungen im Plan eingezeichnet. Dies dient zum SOLL/IST-Vergleich. Im Bereich der Analyse kann jedoch die automatische Ausgabe von Dokumenten, wie Abrechnung, Nachtragsforderung, Bauzeit- und Baukostenprognosen nicht garantiert werden. Auch hier handelt es sich um ein firmenintern entwickeltes System.¹²⁸

3.5.2 5X5 STUFEN DIGITALISIERUNG

Die Systematik gemäß Tab. 3.5.1 war Grundlage für die Fachgespräche. Sie wurde aufgrund von Erkenntnissen, welche während der Fachgespräche erzielt wurden, erweitert. In den Fachgesprächen wurde die Erfahrung gemacht, dass zwei weitere Stufen im Datenfluss, nämlich 4. Vernetzung mit Planung und 5. globale Verwaltung, notwendig sind – siehe dazu Tab. 3.5.2. Zusätzlich wurden die Entwicklungsstufen konkretisiert und um zwei Entwicklungsstufen erweitert, welche die Übergänge zwischen den Entwicklungsstufen aus Tab. 3.5.1 berücksichtigen. Aufbauend auf Messung, Speicherung und Analyse, die bereits in Kapitel 3.5 erklärt wurden, gilt nun zusätzlich:

◆ 4. Vernetzung mit Planung

„Vernetzung mit Planung“ beschreibt die Verwendung einer globalen Cloud basierenden Datenbank. Von dieser kann von überall aus – also global – zugegriffen werden, was aber nicht den unbeschränkten Zugriff aller Beteiligten voraussetzt. Daraus ergibt sich eine vierte Entwicklungsstufe, wodurch eine noch genauere Zuordnung geschaffen werden soll. Digital beschreibt nur die Art der Datenverwaltung, jedoch beschreibt Entwicklungsstufe 3 noch nicht, in welcher Form auf diese Datenverwaltung zugegriffen und der Datentransfer abgewickelt wird. Entwicklungsstufe 4 ist bei einer drahtlosen Vernetzung und Cloud basierende Softwarelösungen erreicht.

◆ 5. Globale Verwaltung

Die Herkunft der zu verwaltenden Daten ist nicht zu vernachlässigen. Ziel soll sein eine übergreifende Software zur Verwaltung aller Tiefbaudaten der gesamten Baustelle einzusetzen. Es sollen Herstellparameter und daraus erstellte Dokumente (Abrechnungen, Nachtragsforderungen, Baukostenprognosen, Bauzeitprognose, etc.) aller Gewerke in einer Software verwaltet werden. Das soll die Übersichtlichkeit und Benutzerfreundlichkeit der Verwaltung weiter steigern. Erfüllt ein System die Anforderung der globalen Verwaltung, kann dieses System in Entwicklungsstufe 5 eingeordnet werden.

¹²⁸ Ausführlicher 2: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 2,2 Mrd. Euro), 08.03.2017

Anhand eines Beispiels sollen nun die Schritte des „idealen“ Datenflusses und die dazugehörigen Entwicklungsstufen von Tab. 3.5.2 beschrieben werden. In Grafik 3.5.1 ist der ideale Datenfluss in Rot dargestellt. Diese soll eine bessere Einschätzung des Grades der Digitalisierung der Unternehmen ermöglichen.

◆ **Messung**

Die Herstellparameter einer DSV-Säule werden während der Herstellung in Echtzeit aufgenommen und auf einem Ausgabegerät wiedergegeben.

- Entwicklungsstufe 1: Die Aufnahme erfolgt mit analogen Sensoren und die Wiedergabe in Form handgefertigter Protokolle.
- Entwicklungsstufe 2 bis 5: Die Aufnahme erfolgt mit digitalen Sensoren und die Wiedergabe auf einem Ausgabegerät in digitaler Form.

◆ **Speicherung**

Die aufgenommenen Herstellparameter jeder einzelnen Säule werden am Bohrgerät gespeichert.

- Entwicklungsstufe 1: Ablage der handgefertigten Protokolle.
- Entwicklungsstufe 2: Speicherung auf einem Speichermedium am Bohrgerät und Weitergabe der Daten in Form einer Harddisc.
- Entwicklungsstufe 3 bis 5: Speicherung auf einem Speichermedium am Bohrgerät und Weitergabe der Daten über eine kabellose Verbindung.

◆ **Analyse und Visualisierung**

Die aufgenommenen Herstellparameter jeder einzelnen Säule können auf jedem beliebigen (d.h. standortunabhängigen) Computer (Ausgabegerät am Bohrgerät, auf einem Computer im Büro, etc.) analysiert, aufbereitet und graphisch ausgewertet werden.

- Entwicklungsstufe 1: händisches Erstellen einer Tabellenkalkulation.
- Entwicklungsstufe 2: Die aufgenommenen Daten werden von der Harddisc auf einen Computer übertragen. Mit Hilfe einer proprietären Software können die Herstellparameter abhängig von der Tiefe und der Zeit graphisch ausgegeben werden. Dies geschieht in Form einer PDF-Datei für jede Säule.
- Entwicklungsstufe 3 bis 5: Auf die aufgenommenen Daten kann über eine geeignete Software über eine kabellose Verbindung zugegriffen werden. In dieser Software können Anzeigoptionen für eine anschauliche Visualisierung ausgewählt werden.

◆ Vernetzung mit Planung






Nach der Analyse, Visualisierung auf Aufbereitung der Herstelltdaten können Rückkopplungen mit der Planung geschaffen werden. Daraus resultiert ein SOLL/IST-Vergleich. Durchmesser, Bohransatzpunkte und Bohrlochverlaufsmessungen jeder DSV-Säule werden in den Plan importiert und eingezeichnet. So können rasch Aussagen über den DSV-Erfolg getroffen werden.

- Entwicklungsstufe 1 und 2: nicht vorhanden
- Entwicklungsstufe 3: Daten der erstellten PDF-Dateien jeder einzelnen Säule werden händisch ausgelesen und in dem Plan eingezeichnet.
- Entwicklungsstufe 4 und 5: Durch die Verwendung einer Cloud basierenden Software kann von jedem Standort auf die Daten zugegriffen werden. Die Software kann mit dem verwendeten Zeichenprogramm verknüpft werden, sodass die relevanten Datensätze aus der Aufnahme- und Verwaltungssoftware in das Zeichenprogramm digital importiert werden können. So erfolgt eine automatische Aktualisierung des Plans.

◆ Globale Verwaltung

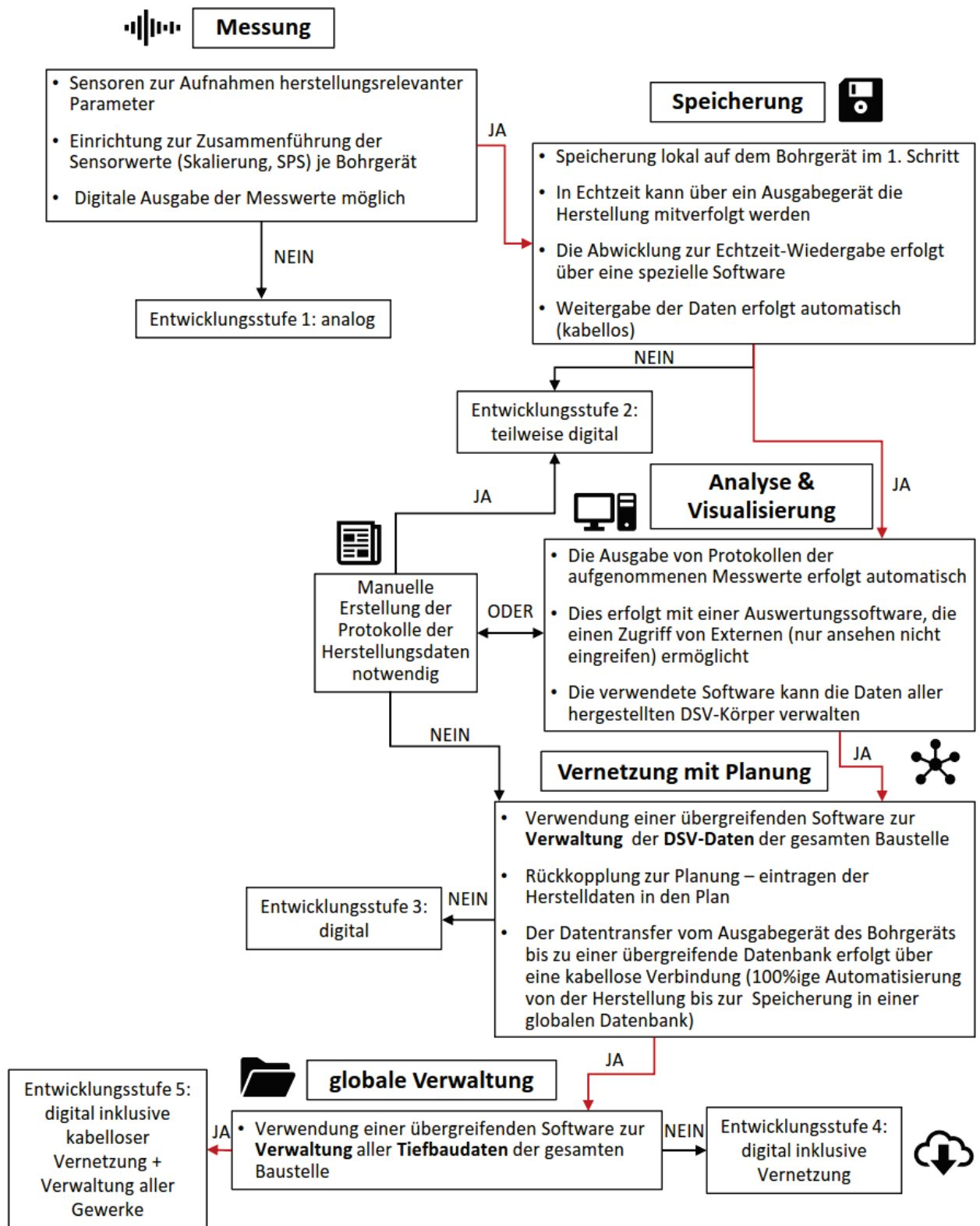
Zusätzlich ist nun eine globale Verwaltung aller Baustellendaten unterschiedlicher Gewerke in einer Software möglich. Bis zum vierten Punkt des Datenflusses (Vernetzung mit Planung) wurden nur DSV-Daten in einer Software gespeichert, verwaltet und aufbereitet. Nun soll eine Plattform geschaffen werden, in der die Daten der unterschiedlichen Gewerke verwaltet werden. So werden neben DSV-Daten Daten von Schlitzwänden, Erdbewegungen, Bohrpfählen, etc. verwaltet. Einerseits wird so die Handhabung und Verwaltung vereinfacht und andererseits sind so Abhängigkeiten der einzelnen Gewerke besser zu erkennen. Bauzeit und daraus resultierende Baukosten können somit genauer prognostiziert werden. Dies ist nur mit Cloud basierenden Systemen möglich, da somit die Anzahl der Schnittstellen geringgehalten werden kann. Die Anwendung von proprietärer Software für eine globale Verwaltung schafft eine unüberschaubare Anzahl an Schnittstellen, sodass eine erhöhte Fehleranfälligkeit resultiert, die nicht vertretbar ist. Cloud basierende Systeme mit einer globalen, also standortunabhängigen, Verwaltung werden alle Entwicklungsstufe 5 zugeordnet.

In Tab. 3.5.2 und Grafik 3.5.1 sind die in Kapitel 3.5.2 beschriebenen Schritte der Datenverwaltung zusammenfassend dargestellt. In Tab. 3.5.2 ist die 5x5-Stufen Digitalisierung zu sehen und in Grafik 3.5.1 der in Rot dargestellte ideale Datenfluss.

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse & Visualisierung		4. Vernetzung mit Planung		5. globale Verwaltung	
	Methode		Methode		Methode		Methode		Methode	
Entwicklungsstufe										
1. analog	analog	indirekt	analog	indirekt	Tabellenkalkulation	*	*	*	*	*
2. teilweise digital	digital	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export - Import Files	*	*	*	*
3. digital	digital / Software	direkt	Datenbank	direkt	real - time Analyse	direkt	proprietäre Software	Export - Import Files	*	*
4. digital inklusive kabelloser Vernetzung	digital / Software	direkt	Datenbank	direkt	real - time Analyse	direkt	cloud-basierte Software	wireless Datentransfer	*	*
5. digital inklusive kabellose Vernetzung + Verwaltung aller Gewerke	digital / Software	direkt	Datenbank	direkt	real - time Analyse	direkt	cloud-basierte Software	wireless Datentransfer	*	wireless Datentransfer aller Baustellendaten

Tab. 3.5.2: Digitales Datenmanagement in 5 Stufen¹²⁹

¹²⁹ Erstellung auf Basis von: Winkler, L.: Digitales Datenmanagement, Vortrag bei der 4th Arabian Tunnelling Conference 2017 & 20th Gulf Engineering Forum, 21.,22.02.2017



Grafik 3.5.1: wesentliche Schritte in der Datenverwaltung

3.6 BEURTEILUNG UND KLASSIFIZIERUNG DER GESAMMELTEN DATEN

Die Beurteilung und Klassifizierung von Daten ist laut baubetrieblichen Fachleuten ein Bereich, der nur sehr schwer digitalisiert werden kann. In der heutigen Zeit wird der Begriff Digitalisierung sehr häufig und in unterschiedlichstem Kontext verwendet. Grundsätzlich bedeutet Digitalisierung einerseits das Umwandeln analoger Daten in digitale und andererseits beschreibt es die Automatisierung von Prozessen und Geschäftsmodellen durch das Vernetzen digitaler Technik, Information und Menschen. Diese beiden Definitionen treffen auch auf die Digitalisierung im Bauwesen zu. Der vollständig digitalisierte Prozess der Datenverwaltung beim Bauprozess des DSV ist gekennzeichnet durch:¹³⁰

Technische Bauprozessdaten:

- ◆ Aufnahme der Herstellungsparameter
- ◆ Speicherung dieser Messwerte auf einer globalen Datenbank (Cloud)
- ◆ Automatische Implementierung dieser Daten in eine Auswertungssoftware
- ◆ Analyse der aufgenommenen Daten
- ◆ Qualitätskontrolle/ Konformitätsprüfung der Suspension
 - Ausgabe der Herstellungsparameter
 - Eventuelle Ausgabe der Abmessungen und Festigkeitskennwerte
 - Beurteilung, ob die Anforderungen an den DSV-Körper erreicht wurden (Software, die Plausibilität prüft)

Betriebswirtschaftliche Bauprozessdaten:

- ◆ Abhängig vom Abrechnungsmodell, automatische Erstellung der Abrechnung
- ◆ Nach der Herstellung der ersten DSV-Körper können die Materialmengen für die gesamte Baustelle abgeschätzt werden. Es erfolgen automatische Bestellungen zusätzlich notwendiger Materialien.
- ◆ Bauzeit- und Baukostenprognosen
- ◆ Rückschluss auf das Bodenprofil mit Hilfe von Herstellungsparametern und Materialkennwerten – Nachweis eventueller Mehrkostenforderungen

Gerätetechnik:

- ◆ Automatische GPS-Steuerung zum Ansatzpunkt
- ◆ Ortung der Geräte aus der Zentrale (Telematik)
- ◆ Erkennung von Verschleißerscheinungen

¹³⁰ Gabler Wirtschaftslexikon: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/-2046143105/digitalisierung-v3.html>, 12.07.2017

Die große Herausforderung der Digitalisierung von Bauprozessen ist entsprechend der Meinung vieler baubetrieblichen Fachleute das Verlorengelassen des ingenieurmäßigen Denkens. Es muss in Zukunft die elektronische Datenerfassung kritisch hinterfragt werden, weil rechnergeschützte Entscheidungsprozesse in vielen Spezialfällen und bei kleinen Ausschlägen der Messkurve nicht ingenieurmäßig getroffen werden. Die Analyse ist für die Digitalisierung ein sehr heikles Thema. Laut Planer 3 und Planer 4 ist eine Interpretation ein Muss. Man hat zwar aufgenommene Daten, aber ein Sachverständiger muss diese trotzdem interpretieren und eine Conclusio dazu verfassen. Das Fachwissen eines Experten kann aus heutiger Sicht praktisch nicht durch eine Software ersetzt werden.^{131,132,133,134, 135}

Dazu müssen Systeme entwickelt werden, die qualifizierten Facharbeiten die Möglichkeit geben mit dem jeweiligen System zu interagieren bzw. fundierte Entscheidungen zu treffen. Im Fachjargon wird diese Anwendungsform „Werkzeugszenario“ genannt. Dem gegenüber steht das „Automatisierungsszenario“. Das wesentliche Merkmal des Automatisierungsszenarios ist das Fehlen von qualifizierten Anwendern, wodurch in solch einen Prozess nicht eingegriffen werden kann und dieser zur Minimierung von Fehlern bei der Routinetätigkeit im Arbeitsprozess dienen soll.¹³⁶

Ein weiterer Kritikpunkt kommt im Zuge der Digitalisierung zur Sprache: Wie ist vorzugehen, wenn ein Messgerät ausfällt? Die Sensoren sind mittlerweile so gut verbaut und abgedichtet, dass diese auf Schmutz und Nässe nicht mehr empfindlich sind. Auch die Computer zur Aufnahme und Auswertung der Messwerte sind mittlerweile Stoß-, Feuchtigkeits- und Schmutzresistent. Jedoch kann es aufgrund der rauen Bedingungen auf einer Baustelle immer wieder passieren, dass Kabel beschädigt werden. Vorfälle dieser Art, haben beispielsweise einen Ausfall des Messgerätes zur Folge. Da die elektronische Auswertung als Grundlage eines Leistungsnachweises für den Bauherrn dient, muss im Vertrag eindeutig geregelt werden, was in solchen Fällen zu tun ist. Ein Stillstand auf der Baustelle bis die elektronische Aufzeichnung wieder einwandfrei funktioniert, ist sicherlich keine wirtschaftliche Lösung.¹³⁷

3.7 ANFORDERUNGSPROFILE DER BETEILIGTEN AM BAU

Für die Entwicklung moderner Monitoringsysteme sind die Anforderungen der Beteiligten am Bau von großer Bedeutung. Baumaßnahmen müssen bestmöglich aufgenommen, analysiert

¹³¹ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹³² Ausführer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

¹³³ Ausführer 2: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 2,2 Mrd. Euro), 08.03.2017

¹³⁴ Ausführer 6: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 78 Mio. Euro), 31.05.2017

¹³⁵ Planer 3; Planer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 30.05.2017

¹³⁶ Windelband, L.; Spöttl, G.: Diffusion von Technologie in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des Internet der Dinge, 2012, S. 217

¹³⁷ Ausführer 3; Ausführer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

und verwaltet werden können. Experten wurden im Zuge der Fachgespräche zu Anforderungen resultierend aus diesen modernen Datenmonitoringsystemen befragt. Diese wurde nach einzelnen Themen kategorisiert und den drei großen Gruppen der Beteiligten am Bau zugeordnet – Bauherr, Planer und ausführende Firma.

3.7.1 BAUHERREN

Ein Bauherr möchte den Arbeitserfolg bei DSV-Arbeiten anschaulich, in Form von Bildern, Grafiken, Protokollen und ausführlichen Beschreibungen präsentiert bekommen. Anhand dessen sollte nachgewiesen sein, dass das ausführende Unternehmen den geforderten Stand der Technik und die Leistungen in der erforderlichen Qualität erbracht hat. Die Aufgabe des Bauherrn ist die Qualität zu prüfen. Die bereitgestellten Unterlagen benötigt er zur Nachvollziehbarkeit und als Beweismaterial für spätere Mängelbehebungen. Da der Bauherr nicht zu 100 % der Arbeitszeit auf der Baustelle vor Ort sein kann, legt er großen Wert auf die Nachvollziehbarkeit.

Wie bereits in Kapitel 3.6 erwähnt, erhält der Bauherr in der Praxis häufig nur gefilterte Datensätze der aufgenommenen Herstellparameter. Es sollen ausgewählte, transparente Datensätze an ihn übergeben werden, wobei diese nicht gefiltert sein sollen. Gefilterte Datensätze sind wenig aussagekräftig und können daher nicht als Beweismaterial verwendet werden. Außerdem sollen alle beteiligten Parteien über denselben Datensatz verfügen.

Der Bauherr will die Messwerte sehr zeitnahe erhalten, damit man im Bauablauf darauf schnell reagieren kann. Die Messwerte werden für den Leistungsnachweis benötigt.^{138, 139}

3.7.2 PLANER

Der Planer hat grundsätzlich die gleichen Anforderungen wie der Bauherr, aber zusätzlich dient ihm die elektronische Datenaufzeichnung als Qualitätskriterium und für die Beurteilung, ob die Wahl der Herstellparameter korrekt war. Der Planer ist mit der verwendeten Technik vertraut und möchte bei jedem Projekt dazulernen. Darum hinterfragt er die Herstellungsprozesse, um diese bei der nächsten Baustelle zu optimieren. Er legt keinen Wert auf eine 100%ig vollständige Dokumentation, sondern lernt aus den Prozessen.

Zusätzlich wäre es der Wunsch von Planungsseite, auf Basis der elektronischen Datenerfassung detaillierte Rückschlüsse auf das Bodenprofil ziehen zu können.

Der Planer muss mit dem verwendeten System im Vorhinein vertraut sein, denn er muss seine Planung so aufbauen, dass man mit dem gewählten System arbeiten kann. Am Plan müssen Bohransatzpunkte koordinativ und die Richtung der Bohrung angegeben werden.

¹³⁸ Bauherr 1: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Infrastrukturunternehmen (Umsatz: rund 2,4 Mrd. Euro), 12.04.2016

¹³⁹ Bauherr 2; Bauherr 3: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Infrastrukturunternehmen (Umsatz: rund 503 Mio. Euro), 08.06.2017

Zusätzlich will der Planer Zugriff auf Referenzwerte von früheren Baustellen haben. Damit kann er in der Planung Zeit und Kosten sparen, sowie das Risiko minimieren.

Für einen Planer wäre es von enormen Vorteil, durch die Aufzeichnung der Herstellparameter qualitative Rückschlüsse auf den Boden ziehen zu können.^{140, 141, 142, 143,}

3.7.3 AUSFÜHRENDE UNTERNEHMEN

Die ausführende Firma setzt das Datenmonitoring der Herstellparameter zur Steuerung des Herstellprozesses, Fehlervermeidung, Nachweispflicht und Qualitätskontrolle ein. Durch eine detaillierte Dokumentation der Herstelldaten kann sich das ausführende Unternehmen vor späteren Mängeln schützen bzw. bei unerwartetem Mehraufwand während des Herstellungsprozesses Mehrkostenforderungen verlangen.

Je genauer die Aufzeichnung während der Herstellung erfolgt, desto weniger Qualitätsprüfungen sind im Nachhinein notwendig, da es sich bei den Qualitätsprüfungen nur um Qualitätssicherung des eingebrachten Materials und Abmessungen des Baukörpers handelt.

Die Bauabwicklung mit modernen Datenmonitoringsystemen soll ohne zusätzliche Aufwendungen erfolgen.

Einen Mehrwert haben außerdem Systeme, die von jeder Säule automatisch einen Mittelwert von der Bohrzeit, Düszeit, und der Zeit des Stillstands während des Vorgangs bilden und das in Form von Protokollen aufzeichnen. Diese Auswertungen vereinfachen die Kalkulation.^{144, 145, 146}

¹⁴⁰ Planer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 10.03.2017

¹⁴¹ Planer 2: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 30.05.2017

¹⁴² Planer 3; Planer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 30.05.2017

¹⁴³ Planer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 07.06.2017

¹⁴⁴ Ausführender 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

¹⁴⁵ Ausführender 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹⁴⁶ Ausführender 6: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 78 Mio. Euro), 31.05.2017

3.7.4 ZUSAMMENFASSUNG

Tab. 3.7.1 zeigt eine Zusammenfassung der Anforderungsprofile an moderne Datenmonitoringsysteme beim DSV der am Bau Beteiligten:

Bauherr	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Gute graphische Darstellung ◆ Nachweis der erbrachten Leistungen und Qualität (Formulare, Protokolle, Beschreibungen, etc.) ◆ Beweismaterial für spätere Mängelbehebungen ◆ Verlässlichkeit ◆ Nachvollziehbarkeit ◆ Übersichtlichkeit ◆ Vollständige Datensätze – keine gefilterten Daten ◆ Rasche Übermittlung der Messwerte 	Bauherr = Planer
Planer	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Gute graphische Darstellung ◆ Nachweis der erbrachten Leistungen und Qualität (Formulare, Protokolle, Beschreibungen, etc.) ◆ Beweismaterial für spätere Mängelbehebungen ◆ Verlässlichkeit ◆ Nachvollziehbarkeit ◆ Übersichtlichkeit ◆ Vollständige Datensätze – keine gefilterten Daten ◆ Rückschlüsse auf das Bodenprofil ◆ Ausreichend Material, um Wahl der Herstellparameter hinterfragen zu können (aus Fehlern möchte gelernt werden) ◆ Datenbanken als zukünftige Referenzwerte gebrauchen 	
Ausführende Firma	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Datenaufzeichnung wird eingesetzt: <ul style="list-style-type: none"> • zur Fehlervermeidung • zur Nachweispflicht • für Qualitätskontrolle • für Abrechnung und Mehrkostenforderungen ◆ Geringere Anforderungen (Anzahl) für die Qualitätsprüfungen nach der Herstellung ◆ Abwicklung ohne zusätzlichen Aufwendungen ◆ automatische Erstellung des Mittelwerts von Prozesszeiten 	

Tab. 3.7.1: Zusammenfassung der Anforderungsprofile

3.8 DATENMONITORING BEI ANDEREN TUNNEL- UND SPEZIALTIEFBAUVERFAHREN

Gerade in Bereichen, die sich in einer ständigen Entwicklung und Veränderung befinden, ist es wichtig relevante, ähnliche Bereiche zu analysieren und von weiter fortgeschrittenen Technologien zu lernen. Nur so ist es möglich, schneller bessere Entwicklungen und Lösungen zu finden.

Deshalb darf man in der Digitalisierung nicht nur das DSV betrachten, sondern, muss auch den Stand der Technik anderer Tiefbauprozesse analysieren. Andere Prozesse einer Tiefbaustelle bezüglich Digitalisierung sind nicht weiter fortgeschritten. Injektionstechnik, Bohrtechnik, Baugrundvereisung und Wasserhaltung einer Baugrube weisen im Wesentlichen den

gleichen Stand der Technik auf. Unter den Begriff Bohrtechnik fallen Erkundungsbohrung, Produktionsbohrung, Explorationsbohrung, Aufschlussbohrung, etc.

3.8.1 WASSERHALTUNG

Bei der Wasserhaltung einer Baugrube werden die Pumprate (wie viel Wasser wird aus dem Boden herausgepumpt, Umkehrung zum DSV) und die Pegelstände ständig online aufgezeichnet. Bei der Wasserhaltung ist es grundsätzlich notwendig aufzuzeichnen, wie viel Wasser gepumpt wird bzw. wie viel Wasser sich im Umlauf befindet und welchen Einfluss diese Pumpraten auf die Pegelstände haben. Mit dieser Aufzeichnung kann der Wasserstand sehr gut kontrolliert werden.

3.8.2 BAUGRUNDVEREISUNG

Bei der Herstellung einer Baugrundvereisung wird Sole durch zuvor hergestellte Bohrungen gepumpt und wird dort auch zirkuliert. Bei diesem Vorgang ist wichtig zu wissen, welche Solemengen mit welcher Pumprate aktuell gepumpt werden und wie sich die Temperatur im Boden entwickelt. Auch hier werden die Daten in Echtzeit aufgenommen und online gestellt. Ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen hat jetzt gerade eine Baustelle in der Schweiz, bei der ein online-tool eingerichtet worden ist, mit dem die Datenaufzeichnungen in der Schweiz von jedem beliebigen Standort mitverfolgt werden können.

3.8.3 INJEKTIONEN

Das Datenmonitoring von Injektionen und DSV ist vergleichbar. Im Vergleich zum DSV sind die Drücke bei Injektionen geringer, da hier nicht die anstehende Bodenstruktur aufgeschnitten wird, sondern nur die schon vorhandenen Poren im Boden verfüllt werden.¹⁴⁷

3.8.4 MASCHINELLER TUNNELVORTRIEB

Das Datenmanagement beim maschinellen Tunnelvortrieb ist etwas fortgeschrittener als beim DSV. Die Maschinen verfügen über eine elektronische Datenaufzeichnung und eine automatische Datenweitergabe. Zusätzlich wird dort schon von vernetzten Programmen Gebrauch gemacht. Ein österreichisches Planungsbüro verwendet dafür beispielsweise das Programm „TUNNEL:Monitor“, welches von den Planungsbüros iC consulenten ZT, IGT ZT und 3G ZT entwickelt wurde. Das ist eine Software zur Tunneldokumentation, die geologische Dokumentationen, Messergebnisse der geologischen Messungen, Aufmaßblätter vom Vortrieb (was wurde eingebaut, wie viele Spieße, wie viel Spritzbeton, welche Bewehrung, etc.) speichert

¹⁴⁷ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

und verwaltet. Diese Software ist verknüpft mit der Abrechnung, d.h. daraus können automatisch Abrechnungen erstellt werden. Die Messdaten werden im ASCII-Format in diese Software eingelesen und ausgewertet.¹⁴⁸

3.8.5 BAUGRUBENÜBERWACHUNG

Die Erfassung von geotechnischen Messdaten in der Digitalisierung ist ebenfalls weiter fortgeschritten. Bei der geotechnischen Überwachung von Baugruben werden zur Überprüfung der Standsicherheit automatische Totalstationen verwendet. Diese messen Messspiegel, die auf der Baustelle versetzt sind. Von diesen aufgenommenen Daten erfolgt eine automatische Auswertung. Zur Überwachung der Geländedeformation können Programme wie GEODATA, DMT-Geo-Monitoring, GEOCOMP, GETEC verwendet werden.^{149, 150, 151}

3.9 SCHWACHSTELLEN DER DIGITALISIERUNG

Mit Hilfe technologischer Entwicklungen werden Prozesse beschleunigt, automatisiert, objektiviert, menschliche Fehler werden ausgeschaltet und Abläufe besser strukturiert. Das trifft natürlich auf die Entwicklungen im Bauwesen zu. Jedoch dürfen die negativen Seiten der Entwicklungen nicht außer Acht gelassen werden und müssen analysiert und optimiert werden. Aufgrund dessen wurden in den Fachgesprächen die Schwachstellen der modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik behandelt.

3.9.1 TECHNISCHE AUSFÄLLE

3.9.1.1 SOFTWARE

Bereits nach aktuellem Stand der Technik werden die Bohrgeräte über eine Software gesteuert. Funktioniert diese Software nicht, kann das jeweilige Gerät nicht gestartet werden. Eine Fehlermeldung der Software kann somit die Gesamtheit der DSV-Arbeiten lahmlegen. Oftmals sind es Ursachen wie Softwareupdates, die zu Software- und somit zu Geräteausfällen führen können. Wie bereits in Kapitel 3.1 beschrieben, wird die Software entweder firmenintern entwickelt oder sie wird von externen Herstellern zugekauft. Im Falle von Softwareausfällen haben vor allem Unternehmen mit zugekauften Softwareprodukten Nachteile. Diese haben entsprechende Techniker nicht vor Ort auf der Baustelle, wodurch lange Stillliegezeiten entstehen können.

¹⁴⁸ Planer 2: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 30.05.2017

¹⁴⁹ Bauherr 1: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Infrastrukturunternehmen (Umsatz: rund 2,4 Mrd. Euro), 12.04.2016

¹⁵⁰ Risto, S.: Bachelorarbeit Monitoring im Tiefbau, 03.11.2016, S.11

¹⁵¹ Bauherr 2; Bauherr 3: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Infrastrukturunternehmen (Umsatz: rund 503 Mio. Euro), 08.06.2017

3.9.1.2 SENSORIK

Unter den Begriff „Sensorik“ fallen alle in Kapitel 2.9 und 3.1 beschriebenen elektronischen Komponenten zur Datenerfassung eines Datenmonitoringsystems. Zum einen die Sensoren (Druck-, Durchfluss-, Drehmomenten-, Tiefen-, Neigungs-, Rotations-, Positionssensor, etc.) an sich und zum anderen deren elektronischen Verbindungen in Form von Kabeln oder kabellosen Verbindungen, wobei dabei Sender- und Empfängereinrichtungen zu berücksichtigen sind.

Aufgrund der rauen Bedingungen auf der Baustelle, bedingt durch Witterungseinflüsse und den Einsatz großer Maschinen unter den baubetrieblichen Rahmenbedingungen sind die Sensoren Schmutz, Feuchtigkeit und Vibrationen ausgesetzt, wodurch es unvermeidlich zu Ausfällen in der Datenerfassung kommen kann. Durch die Kraft der eingesetzten Maschinen kann es zum Abreißen der Kabel kommen, wodurch die elektronische Verbindung unterbrochen wird.

Neben der Sensorik kann es durch Schmutz, Nässe und Vibrationen zum Ausfall des Anzeigerätes kommen.

Durch den Ausfall der Sensorik ist die Aufnahme der Herstellungsparameter unterbrochen, wodurch es zum Fehlen eines Aufnahmeprotokolls kommt, das wiederum eine Lücke in der Abrechnung darstellt.

3.9.2 KONNEKTIVITÄTSPROBLEME DER KABELLOSEN DATENÜBERTRAGUNG

Dieser Punkt betrifft Datenverwaltungssysteme, die schon in ihrer Gesamtheit automatisch und digital ablaufen. D.h. der Datentransfer zwischen den einzelnen Komponenten erfolgt über eine kabellose Verbindung. In diesem Fall muss meist die Verfügbarkeit des Telekommunikationsnetzes gegeben sein. Vor allem in abgechiedenen Regionen kann das Fehlen oder Ausfallen der Telekommunikationsverbindung zu Übertragungsproblemen führen. Bei Tunnelarbeiten kann hingegen die Konnektivität nach aktuellem Stand der Technik durch Zusatzeinrichtungen garantiert werden.

3.9.3 DETAILLIERTE DOKUMENTATION

Aufgrund der Datenaufzeichnung in Sekundenbruchteilen können sehr genaue Auswertungen des DSV-Erfolgs gemacht werden. Aufgrund des Vorhandenseins unzähliger Dokumente können alle Unregelmäßigkeiten eines DSV-Elements erkannt werden. Erfahrungen der Experten aus der Praxis bestätigen, dass einzelne kleine Unregelmäßigkeiten, das Gesamtergebnis der DSV-Arbeiten nicht beeinflussen. Aufgrund der komplexen Zusammensetzung des anstehenden Bodens kann es durchaus zu Unregelmäßigkeiten kommen, die bereits in der Planung durch Sicherheitsfaktoren berücksichtigt werden. Aufgrund dieser Unregelmäßigkeiten kommt es oft zu Diskussionen auf der Baustelle, in denen sich die ausführenden Firmen rechtfertigen

müssen. Die Interpretation der aufgenommenen Daten sollte daher von einem Sachverständiger vorgenommen werden. Nur ein Auflisten der aufgenommenen Daten ohne Beschreibung und Erklärung ist nicht ausreichend.

Die enormen Datenmengen werden vor der Weitergabe an andere Beteiligte am Bau gefiltert und verdichtet. Vor allem für Bauherrn stellt dies einen Nachteil dar, da gefilterte Daten zur Qualitätskontrolle und für eventuelle, spätere Mängelbehebungen oftmals unzureichend sind.

3.9.4 KOMPLEXITÄT

Die baubetriebliche Komplexität stellt eine weitere Herausforderung dar. Die Systeme sind teilweise derart komplex, dass die beteiligten Mitarbeiter leicht den Überblick verlieren. Man bräuchte hochqualifiziertes Personal, um alles vollkommen fachgerecht bedienen zu können. Die Komplexität der Anwendung und Bedienung verursacht in der Praxis viele Bedienungsfehler aufgrund ungenügender Schulung.

3.9.5 MANIPULATION DER SOFTWARE BZW. DER DATEN

In die Datenmonitoringsysteme kann theoretisch manuell eingegriffen werden. Es ist nach aktuellem Stand der Technik möglich die Zeichencodierung (z.B. ASCII, UNICODE), in dem die Messdaten ausgelesen werden, zu verändern. Dies liegt daran, dass die Zeichencodierung, auf dem die Interpretationssoftware aufgebaut ist, meist ein einfach gestalteter Code ist, der ohne Spezialwissen lesbar ist. Dieser kann leicht angepasst und editiert werden, wodurch Messwerte möglicherweise verfälscht werden könnten. Jedoch legen bereits jetzt Softwarehersteller großen Wert auf Datenschutz. Durch neue Sicherheitsstandards wird die Manipulation der Software bzw. der Daten weitestgehend verhindert. ^{152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161}

¹⁵² Ausführer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

¹⁵³ Ausführer 2: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 2,2 Mrd. Euro), 08.03.2017

¹⁵⁴ Ausführer 3; Ausführer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹⁵⁵ Ausführer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

¹⁵⁶ Bauherr 1: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Infrastrukturunternehmen (Umsatz: rund 2,4 Mrd. Euro), 12.04.2016

¹⁵⁷ Planer 2: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 30.05.2017

¹⁵⁸ Planer 3; Planer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 30.05.2017

¹⁵⁹ Ausführer 6: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 78 Mio. Euro), 31.05.2017

¹⁶⁰ Planer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 07.06.2017

¹⁶¹ Bauherr 2; Bauherr 3: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Infrastrukturunternehmen (Umsatz: rund 503 Mio. Euro), 08.06.2017

3.9.6 LÖSUNGSANSÄTZE

Mögliche Lösungen, um die oben genannten Schwachstellen der Digitalisierung zu minimieren sind in Tab. 3.9.1 dargestellt:

Technische Ausfälle – Software	Penibles Testen aller Updates vor der Installation und garantierte Verfügbarkeit von Spezialisten nach jedem Update
Technische Ausfälle – Sensorik	Es muss eine Sensorik, die den Bedingungen auf der Baustelle standhalten kann, eingebaut werden. Außerdem sollte eine ausreichende Anzahl an Ersatzteilen auf jeder Baustelle vorhanden sein. Das Personal muss geschult werden diese technischen Gebrechen möglichst eigenständig zu beheben.
Konnektivitätsprobleme der kabellosen Datenübertragung	Das betrifft nur Datenverwaltungssysteme, die schon in ihrer Gesamtheit automatisch ablaufen. Telekommunikationsverbindungen werden stetig stabiler, sogar in Tunnel gibt es bereits sehr gute Verbindungen. (Tunnelbaumaschinen sind darauf angewiesen) In sehr abgeschiedenen Regionen mit instabiler und langsamer Telekommunikationsverbindungen kann allenfalls auf eine Funk- oder Bluetooth-Verbindung zurückgegriffen werden, die innerhalb einer Baustelle eine automatische Datenverwaltung ermöglichen. Jedoch ist die langsamere Datenübertragung zu berücksichtigen.
Kundenservice	Es können immer schwieriger technische Gebrechen auf der Baustelle ohne Experten behoben werden. Bei Zukauf der Software gewinnt der „Kundenservice“ der Zulieferfirma oder eigenes Fachpersonal (z.B. Mechatroniker) an Bedeutung. Es müssen zu jeder Zeit an jedem Ort Experten verfügbar sein. Es muss möglich sein, defekte Kabel oder Sensorik auf der Baustelle rasch auszutauschen.
Detaillierte Dokumentation	Es muss das Verständnis und das Hintergrundwissen zur Materie weiter geschult werden.
Schulung	Es müssen Schulungen bzw. Umschulungen zur Bedienung der Geräte vorgenommen werden. Es müssen Schulungen für die modernen Datenverwaltungssysteme der Mitarbeiter angeboten werden bzw. verpflichtend sein.

Filterung der Daten	Einigung aller Beteiligten auf die Form und den Detaillierungsgrad der weitergegebenen Dateien vor Beginn des Bauvorhabens.
Datenmengen	Die Art der Datenübergabe muss schon vor Beginn des Bauvorhabens mit allen Beteiligten festgelegt werden. Bei der Verwendung einer globalen Datenbank könnte jeder die von ihm gewünschten Daten separat aufrufen.
Manipulation der Software und der Daten:	Die Software zur Verarbeitung der Herstelldaten muss verschlüsselt sein, sodass von keinem Beteiligten Daten im Nachhinein verändert werden können.
Interpretation der Daten:	Die Interpretation der Daten muss auch in Zukunft von einem Sachverständiger durchgeführt werden.

Tab. 3.9.1: Zusammenfassung der Schwachstellen

Alle Schwachstellen sind grundsätzlich mit einfachen Methoden und Umstrukturierungen zu beseitigen. Softwareausfälle stellen die größte Schwachstelle in Verbindung mit der Komplexität dar und sind somit die größte Herausforderung der Digitalisierung. Zeitlich gesehen wird das Beheben dieser Schwachstellen auch die längste Vorlaufzeit benötigen. Alle anderen genannten Schwachstellen können durch zusätzliches Personal, zusätzliche Schulungen, sowie genaue Festlegungen in den Ausschreibungen minimiert werden.

4 QUALITÄTSSICHERUNG

Besonders im Spezialtiefbau stellt die Qualitätssicherung eine schwierige Aufgabe dar, weil sich diese Bauwerke meist der direkten Kontrolle und Beobachtung entziehen. Trotzdem darf dieser Punkt nicht vernachlässigt werden. Um eine Qualitätssicherung überhaupt zu ermöglichen, müssen entsprechende Einrichtungen und Überwachungen angefordert und betrieben werden. Neben exakter Planung und fachgerechter Ausführung auf diesem Gebiet werden für die Qualitätssicherung besondere Kenntnisse verlangt, wobei ständige Innovationen und Weiterentwicklungen passieren müssen.

In der europäischen Ausführungsnorm EN 12716 ist das DSV genormt. Darin ist neben den verschiedensten Verfahrensvarianten und Einzelheiten zur Ausführung auch die Qualitätskontrolle geregelt, wobei immer Gebrauch von einer anwendungsspezifischen Norm gemacht werden muss.

Der Überbegriff Qualitätssicherung ist grundsätzlich in drei unterschiedliche Teile geteilt, die zeitlich voneinander getrennt werden können. Es müssen vor Beginn der Planungs- und Ausführungsarbeiten sogenannte „notwendige Angaben“ laut EN 12716 vorliegen, weiters müssen vor Beginn der eigentlichen Ausführungsarbeiten „Vorversuche“ (Eignungsprüfungen, Probe-säulen) durchgeführt werden, und zuletzt erfolgt die „Qualitätskontrolle“ während bzw. nach den Ausführungsarbeiten.^{162, 163}

4.1 NOTWENDIGE ANGABEN

In der EN 12716 sind unter Punkt 4 alle **notwendigen Angaben**, die vor Beginn der Planungs- und Ausführungsarbeiten verfügbar sein müssen, aufgelistet.

- ◆ Ausführliche Beschreibung des Untergrundaufbaues; Angabe seiner geotechnischen Eigenschaften innerhalb des vorgesehenen Konstruktionsbereichs
- ◆ Hydrogeologische Bedingungen
- ◆ Randbedingungen (benachbarte Gebäude, unterirdische Bauwerke und Einbauten, Freileitungen und andere Ausführungsbehinderungen, Zugänglichkeiten)
- ◆ Umwelanforderungen; besonders hinsichtlich der Entsorgung des ausgetragenen Rückflusses
- ◆ Zulässige Verformung zu unterfangender oder benachbarter Bauwerke¹⁶⁴

¹⁶² Meinhard, K., Drucker P.: Qualitätssicherung Bodenvermörtelung – ein neues österreichisches Merkblatt, TU Wien, S.1-2

¹⁶³ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 11,22,23

¹⁶⁴ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 11

Eine digitale Erfassung dieser notwendigen Angaben in einem Modell existiert nach aktuellem Stand der Technik am Markt nicht. Es gibt lediglich einzelne Insellösungen, in denen hydrologische, geologische bzw. Bauwerksverformungen aufgezeichnet und visualisiert werden. Eine Verknüpfung dieser findet nur teilweise bis gar nicht statt.

4.2 QUALITÄTSSICHERUNG FÜR DSV LAUT ÖBV-MERKBLATT

Die Qualitätskontrolle bzw. Qualitätssicherung erfolgt in der Regel durch eine Eigenüberwachung der ausführenden Firma bzw. durch die örtlichen Bauaufsichten. Sehr häufig wird zusätzlich die Überprüfung der projektgemäß geforderten Parameter des fertiggestellten DSV-Körpers verlangt, wofür prüfbare Probekörper und die Durchführung von Laborprüfungen notwendig sind. In Österreich gibt es keine offiziellen Vorgaben für die Nachweisführung von Materialkenngrößen, weil kein bauaufsichtliches Zulassungsverfahren oder ähnliches existiert. Das Merkblatt der österreichischen Bautechnik Vereinigung (ÖBV) „Qualitätssicherung für Bodenvermörtelung“ beschreibt ausführlich die Vorgehensweise für die Qualitätssicherung, um dieses Diskussionspotential auf der Baustelle wegzuschaffen.

In diesem Merkblatt sind praxisorientierte Anweisungen verfasst worden, die bereits in der Planung und Ausschreibung von DSV-Körpern aufscheinen können, jedoch erst bei der Herstellung, Überwachung und Prüfung angewandt werden.

Betreffend der Qualitätssicherung ist dieses ÖBV-Merkblatt in zwei große Themenbereiche unterteilt und zwar in „Überwachung der Ausführung, Baustellendokumentation“ und in „Nachweisführung der Materialkenngrößen und planungsspezifischen Anforderungen“.

Im ersten Abschnitt „Überwachung der Ausführung, Baustellendokumentation“ handelt es sich um Methoden zur Dokumentation der Probengewinnung. Die geforderte Qualität kann dabei anhand unterschiedlichster Kennwerte sichergestellt und dokumentiert werden.

- ◆ Bindemittelsuspension, Injektionsgut
Rheologische (Fließverhalten und Deformation bei Einwirkung äußerer Kräfte) und physikalische Eigenschaften der Suspension werden in Bezug auf die Anforderungen geprüft und dokumentiert.
- ◆ Rückstellprobe Bindemittel
Entnahme und Dokumentation von Trockenproben aus dem Silo-LKW. Auch dessen Lagerung muss vorschriftsgemäß erfolgen.
- ◆ Bohrdatenerfassung
Manuelle Bohrdatenerfassung mit Hilfe eines Bohr-/ Herstellprotokolls
Selbstschreibende Bohrdatenerfassung mittels Bohrdatenschreiber
- ◆ Bohrdatenabweichung

Bohrabweichung überprüfen in Abhängigkeit von Anforderungen an DSV-Körper (Tiefe + Neigung bestimmt Bohrabweichung). Mit Hilfe folgenden Geräten kann dies bestimmt werden:

- Inklinometer (Neigungssonde)
- Integrierte Messsonde
- ◆ Abmessung der hergestellten DSV- und Injektionskörper
Dabei handelt es sich um eine Liste von Verfahren, mit denen die Geometrie der DSV-Körper ganz oder teilweise festgestellt werden kann. Darunter fallen unter anderem die oben genannten firmenspezifischen Methoden wie das Hydrophonverfahren, ACI und TEMPJET (siehe Kapitel 4.3.3). Mechanische Verfahren mittels Tastsonde, -schirm, -bohrung sowie Rücklaufanalyse sind direkte bzw. indirekte Bestimmungsverfahren für den Säulendurchmesser. Die wohl einfachste Methode zur Abmessungsbestimmung ist das Freilegen des DSV-Körpers.¹⁶⁵

Der zweite große Themenbereich „Nachweisführung der Materialkenngrößen und planungsspezifischen Anforderungen“ beschäftigt sich nicht mit dem gesamten produzierten DSV-Körper wie im ersten Themenbereich, sondern nur mit einzelnen Probeentnahmen kleineren Maßstabs.

Dadurch wird eine einheitliche in-situ Probenentnahme zur Ermittlung der Materialkennwerte erreicht. Betreffend der Probengewinnung und -behandlung empfiehlt das Merkblatt fünf Proben aus dem jeweils maßgebenden Homogenbereich zu entnehmen, um die Materialkenngrößen ausreichend genau bestimmen zu können.

Anforderungen an die DSV-Körper sind im Wesentlichen definiert durch:

- ◆ Abmessung
- ◆ einaxiale Druckfestigkeit
- ◆ Bruchstauchung
- ◆ Verformungsmodul
- ◆ Durchlässigkeitsbeiwert
- ◆ Erosionsstabilität
- ◆ Chemische Widerstandsfähigkeit

Die Proben können auf vier verschiedene Arten entnommen werden:

- ◆ Kernbohrungen
- ◆ Einfachlinerrohre
- ◆ Doppellinerrohre

¹⁶⁵ Österreichische Bautechnik Vereinigung: Qualitätssicherung für Bodenvermörtelung, Sept. 2012, S. 5-8

◆ Frischmörtelentnahme (auch Rückflussprobenentnahme)

Die Entscheidung, welches dieser vier Verfahren anzuwenden ist, wird aufgrund von projektspezifischen Anforderungen getroffen.

Zur Durchführung einer Kernbohrung ist eine Mindestdruckfestigkeit von 5 N/mm² notwendig. Eine Kernbohrung liefert einen sehr hohen Informationsgehalt, es besteht die Gefahr, dass die Kernqualität unter einer mangelhaften Qualität des Bohrvorgangs leidet. Dies führt zu starken Verfälschungen der Materialkennwerte.

Mit dem Linerverfahren können Probekörper bereits nach kurzer Erhärtungszeit gewonnen werden. Einfach- oder Doppellinerrohre werden in den noch flüssigen DSV-Körper abgeteuft. Das Innenrohr wird nach kurzer Erhärtungszeit (abhängig vom verwendeten Bindemittel) nach 5 bis 10 Stunden wieder gezogen. Die Vorteile sind ein durchgehender Kerngewinn und die Möglichkeit der Bestimmung der Frühfestigkeit. Dadurch können die tatsächlichen Verhältnisse sehr gut bestimmt werden.

Die Frischmörtelentnahme erfolgt über einen speziell vorgesehenen Behälter, der an das Bohrgestänge angebracht wird. Der Frischmörtel wird anschließend in eine Probeform gegossen, wobei das Größtkorn entsprechend begrenzt werden muss, wie in den folgenden zwei Bildern veranschaulicht wird.



Grafik 4.2.1: Frischmörtelentnahmegesäß¹⁶⁶

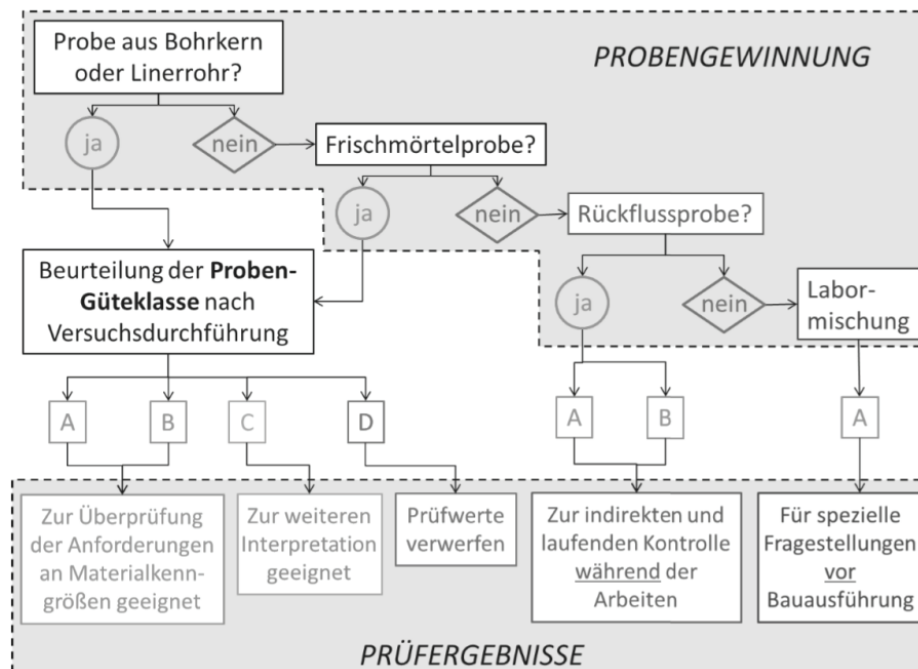


Grafik 4.2.2: Begrenzung des Größtkorns¹⁶⁶

Das Merkblatt formuliert weiters wie die Proben transportiert (Schutz gegen Erschütterungen), gelagert (feucht und frostsichere Lagerung), ausgeschalt und beurteilt (optisch, oberflächliche Risse, Hohlstellen, etc.) werden sollen. Infolge dessen können die Güteklassen der einzelnen Probekörper bestimmt werden. Es gibt vier Güteklassen – Güteklasse A bis D – wobei Güteklasse A einen homogenen Prüfkörper mit geschlossener Oberfläche beschreibt und Güteklasse D eine sehr stark gestörte Struktur.

¹⁶⁶ Meinhard, K., Drucker P.: Qualitätssicherung Bodenvermörtelung – ein neues österreichisches Merkblatt, TU Wien, S.4

Wie in Grafik 4.2.3 veranschaulicht sind zur Überprüfung der Anforderungen an Materialkenngrößen des DSV-Körpers ausschließlich Proben der Güteklasse A und B zu verwenden. Prüfergebnisse von Proben mit der Güteklasse C sind nur als Diskussionsgrundlage für weitere Interpretationen geeignet. Wenn keine Prüfergebnisse der Güterklasse A oder B vorliegen, ist das Prüfverfahren (Probenentnahmeverfahren) anzupassen. Die Prüfung von Rückflussproben dient zur indirekten und laufenden Kontrolle während der Arbeiten für die ausführende Firma. Ein fehlender Rückfluss ist ein Warnzeichen: eine Verstopfung im Rücklauf führt zum Aufbau hoher Drücke und einer akuten Gefahr unkontrollierter Hebungen.



Grafik 4.2.3: Flussdiagramm zur Beurteilung der Prüfergebnisse¹⁶⁷

Neben der optischen Beurteilung der Prüfkörper wird zusätzlich noch eine Druckfestigkeitsprüfung empfohlen. Es sollen einaxiale Druckfestigkeitsprüfungen von den Bodenmörtelproben nach der ÖNORM B 4415 durchgeführt werden.¹⁶⁸

Weiters sind alle verfahrensabhängigen Parameter zu dokumentieren. Die zeitlich variablen Größen sind ständig zu erfassen: Drehzahl, Bohr- und Ziehgeschwindigkeit, Druck, Durchflüsse von Wasser, Luft und Suspension.¹⁶⁹

¹⁶⁷ Meinhard, K., Drucker P.: Qualitätssicherung Bodenvermörtelung – ein neues österreichisches Merkblatt, TU Wien, S.9

¹⁶⁸ Meinhard, K., Drucker P.: Qualitätssicherung Bodenvermörtelung – ein neues österreichisches Merkblatt, TU Wien, S.2-9

¹⁶⁹ Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau: Spezialverfahren, TU München, S. 10

4.3 VORVERSUCHE BZW. LAUFENDE QUALITÄTSKONTROLLE

Liegen keine Erfahrungswerte von vergleichbaren Bodenbedingungen vor, müssen vor Beginn Probeelemente erstellt werden. Damit sollen alle kritischen Bedingungen, die gleichzeitig auftreten können, erfasst werden. So kann auch sichergestellt werden, dass mit den gewählten DSV-Parametern die Planungserfordernisse erfüllt werden können.

Wenn vor Baubeginn Probeelemente hergestellt wurden und die Möglichkeit besteht diese freizulegen, sind die mechanischen und geometrischen Eigenschaften dieses Probeelements durch eine einfache Sichtprüfung oder durch Laborversuche an Kernbohrungen festzustellen. Kann das Probeelement nicht freigelegt werden, müssen direkte Messungen noch vor dem Abbinden der DSV-Suspension vorgenommen werden oder durch indirekte Prüfungen (geophysikalische Messungen) mechanische und geometrische Eigenschaften beurteilt werden.¹⁷⁰

4.3.1 VERFAHRENSÜBERWACHUNG

- ◆ Messgeräte zur Messung der Düsparemeter sind vor Beginn der Arbeiten zu kalibrieren.
- ◆ Druckverluste in langen Leitungen sind zu berücksichtigen.
- ◆ Die Neigung des Bohrgestänges muss vor und während des Bohrens überprüft werden.
- ◆ Menge und Aussehen des Rückflusses muss dokumentiert werden. Außerdem muss die Dichte des Rückflusses regelmäßig bestimmt und protokolliert werden.
- ◆ Folgende Prüfungen sind an Suspensionen durchzuführen:
 - Vorversuche
 - Dichte
 - Absetzmaß (gemessen nach 3h im 1000 cm³ Messzylinder mit 60 mm Durchmesser)
 - Marsh-Viskosität
 - Abbindezeit
 - Einaxiale Druckversuche an zylindrischen Proben (Verhältnis Höhe/Durchmesser: 2,0), nach 3, 7, 28 Tagen und, falls langsam, erhärtende Mischungen verwendet werden, nach 56 Tagen
 - Versuche während der eigentlichen Arbeit
 - Dichte (min. zweimal pro Schicht), Marsh-Viskosität (täglich)
 - Absetzmaß (täglich)¹⁷¹

¹⁷⁰ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 23

¹⁷¹ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 23, 24

4.3.2 GEOMETRISCHE PRÜFUNGEN

- ◆ Sichtprüfungen und direkte Messungen sind die wirksamsten Verfahren, stellen jedoch auch die aufwendigste Variante dar und sind deshalb während der laufenden Produktion nur schwer durchführbar.
- ◆ Wenn keine Sichtprüfung möglich ist, sind Querschnittsangaben eines Elements durch Kernbohrungen oder Vollkronenbohrungen schräg zur Achse des Elements zu machen.
- ◆ Die Länge des Elements wird durch Kernbohrungen, Vollkernbohrungen oder Sondierungen parallel zur Elementachse bestimmt.
- ◆ Bei Kernbohrungen soll die Neigung der Kernbohrungsachse gemessen werden.
- ◆ Kernbohrungen dürfen erst nach einer festgelegten Erhärtingszeit durchgeführt werden.
- ◆ Es ist eine geeignete Kernbohrmethode zu wählen, um repräsentative Proben zu erhalten.

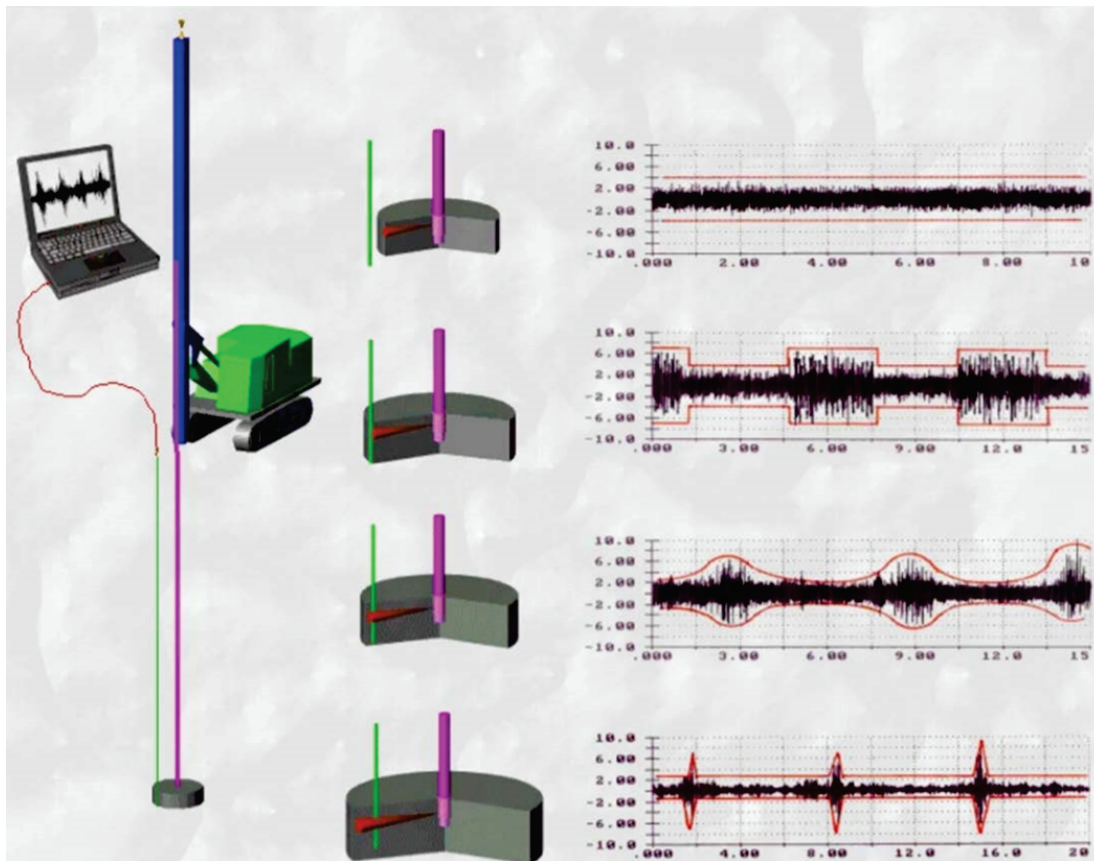
4.3.3 SYSTEME ZUR DURCHMESSERBESTIMMUNG

4.3.3.1 HYDROPHONVERFAHREN

Eine potentielle Möglichkeit zur Bestimmung der geometrischen Abmessungen von DSV-Säulen wurde von dem Unternehmen Bilfinger Spezialtiefbau GmbH entwickelt und patentiert. Bilfinger Spezialtiefbau GmbH ist seit 2005 Teil der Implenia AG. Diese verwendet den sogenannten Reichweitentest, wenn ein Freilegen der Probesäule nicht in Frage kommt oder zu aufwendig ist. Dafür wird das „Hydrophonverfahren“ angewandt. Hiermit können Probeelemente in beliebiger Tiefe getestet werden. Es bietet bereits bei der Optimierung der Strahlenweite im Herstellungsprozess einen großen Vorteil. Für dieses Verfahren benötigt man sand- oder bentonitgestützte Bohrungen möglichst parallel zur DSV-Säule mit eingestellten Horchpegelrohren. Diese zeigen den periodischen Kontakt des rotierenden Schneidstrahls während des Düsens. Diese Pegel werden mit Wasser gefüllt und mit einem Schalldrucksensor bestückt. Während der Herstellung befindet sich der Sensor höhengleich zum Schneidstrahl und zeichnet die Schalldrucksignale beim Überstreichen des Schneidstrahls am Horchpegel auf. Wenn der Schneidstrahl auf den Horchpegel trifft und der projizierte Säulendurchmesser somit erreicht wird, hat dies ein charakteristisches Signal zur Folge. Die darauf treffende Energie wird in ein Analogsignal umgewandelt und in einer Computersoftware ausgewertet. Daraus kann eine eindeutige Aussage über die Reichweite des Schneidstrahls getroffen werden.

Alternativ dazu können in die Pegelrohre färbige Stangen oder Rohre gestellt werden, an deren Mantelfläche nach dem Düsen Erosionsspuren darauf schließen lassen, ob der Düsenstrahl den Pegel erreicht hat.¹⁷²

In Grafik 4.3.1 sind vier Säulenabschnitte mit unterschiedlichen Durchmessern zu sehen. Die grünen Linien stellen dabei das Pegelrohr dar und die rote Linie das Bohrgestänge, von dem der Düsenstrahl radial austritt und den Boden aufschneidet. Im ersten Säulenabschnitt wird das Pegelrohr vom Düsenstrahl nicht erreicht, wodurch keinerlei Energieveränderungen aufgezeichnet werden. In den anderen drei Säulenabschnitten wird das Pegelrohr erreicht, jedoch werden unterschiedliche Energiespitzen gemessen.¹⁷³



Grafik 4.3.1: Hydrophonverfahren bei Bilfinger Spezialtiefbau GmbH¹⁷⁴

4.3.3.2 TEMPJET

Das Unternehmen PORR Bau GmbH hat ein Verfahren zur Durchmesserbestimmung von DSV-Körpern mit dem Namen „TEMPJET“ entwickelt und patentiert. Dieses Verfahren basiert auf der numerischen Simulation der Wärmeentwicklung in der hydrierenden DSV-Säule und dem Abfließen der Wärme in den anstehenden Boden. Eingangparameter sind dabei die Eigenschaften des verwendeten Bindemittels, die thermischen Eigenschaften der DSV-

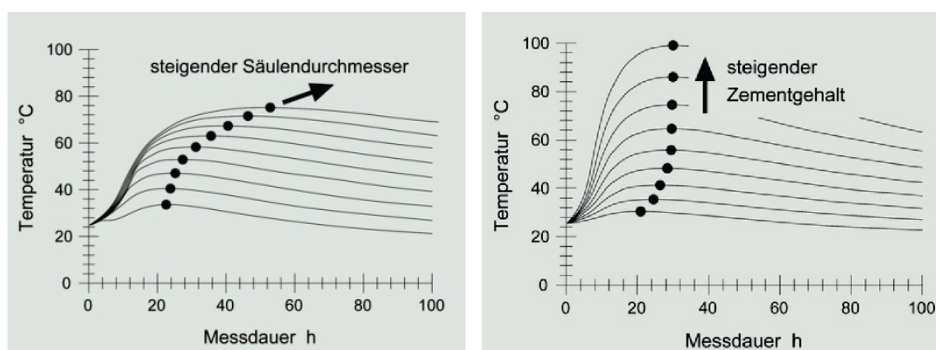
¹⁷² Hebecker, R.: Tiefe DSV/Jetting-Sohle in Trogbaugrube, Neubau U-Bahn U5 in Berlin, Mitteilung der Geotechnik Schweiz, 05.2015, S.6-7

¹⁷³ Hebecker, R.: Tiefe DSV/Jetting-Sohle in Trogbaugrube, Neubau U-Bahn U5 in Berlin, Mitteilung der Geotechnik Schweiz, 05.2015, S.6-7

¹⁷⁴ Hebecker, R.: Tiefe DSV/Jetting-Sohle in Trogbaugrube, Neubau U-Bahn U5 in Berlin, Mitteilung der Geotechnik Schweiz, 05.2015, S.6-7

Suspension, sowie die thermischen und bodenphysikalischen Eigenschaften des angrenzenden Bodens. Durch Beurteilung der auf der Baustelle gemessenen und numerisch berechneten Temperaturentwicklung im Inneren der Säule, lassen sich Rückschlüsse auf den Säulendurchmesser und den Zementgehalt schließen. Es ist hier kein Abteufen von zusätzlichen Messgeräten wie beim Hydrophonverfahren (siehe Kapitel 4.3.3.1) notwendig. Dadurch können Zeit- und Materialeinsparungen erzielt werden, was einen wirtschaftlichen Vorteil gegenüber dem Hydrophonverfahren mit sich bringt.¹⁷⁵

In Grafik 4.3.2 wird die Messdauer der vorherrschenden Temperatur gegenübergestellt, wobei diese beiden Größen in der linken Grafik in Abhängigkeit des Säulendurchmessers und in der rechten Grafik in Abhängigkeit vom Zementgehalt dargestellt werden. Hier ist eindeutig zu sehen, dass bei steigendem Säulendurchmesser und bei steigendem Zementgehalt die Temperatur im DSV-Körper ansteigt. Größere Temperaturanstiege werden, durch steigenden Zementgehalt erzielt.



Grafik 4.3.2: Auswertung des TEMPJET-Verfahrens¹⁷⁶

4.3.3.3 ACOUSTIC COLUMN INSPECTOR (ACI)

Ein weiteres patentiertes Verfahren stammt von der Firma Keller Grundbau GmbH und zwar handelt es sich hier um den „Acoustic Column Inspector“, kurz ACI. Um die Reichweite des Düsenstrahls zu ermitteln, werden hier über Piezosensoren die Schwingungen, die der Düsenstrahl beim Auftreffen auf die Pegelstange erzeugt, gemessen, womit die Reichweite optisch und akustisch feststellbar ist. Somit können Anschlüsse an bestehende Elemente wie Bohrpfähle und Spundwände nachgewiesen werden. Dieses Verfahren und das Hydrophonverfahren können während der Herstellung eingesetzt werden und liefern Ergebnisse in Echtzeit. Bei dem Tempjet-Verfahren ist – nach dem derzeitigen Stand der Technik – eine Auswertung notwendig, wodurch die Ergebnisse des hergestellten DSV-Körpers erst im Nachhinein verfügbar sind.¹⁷⁷

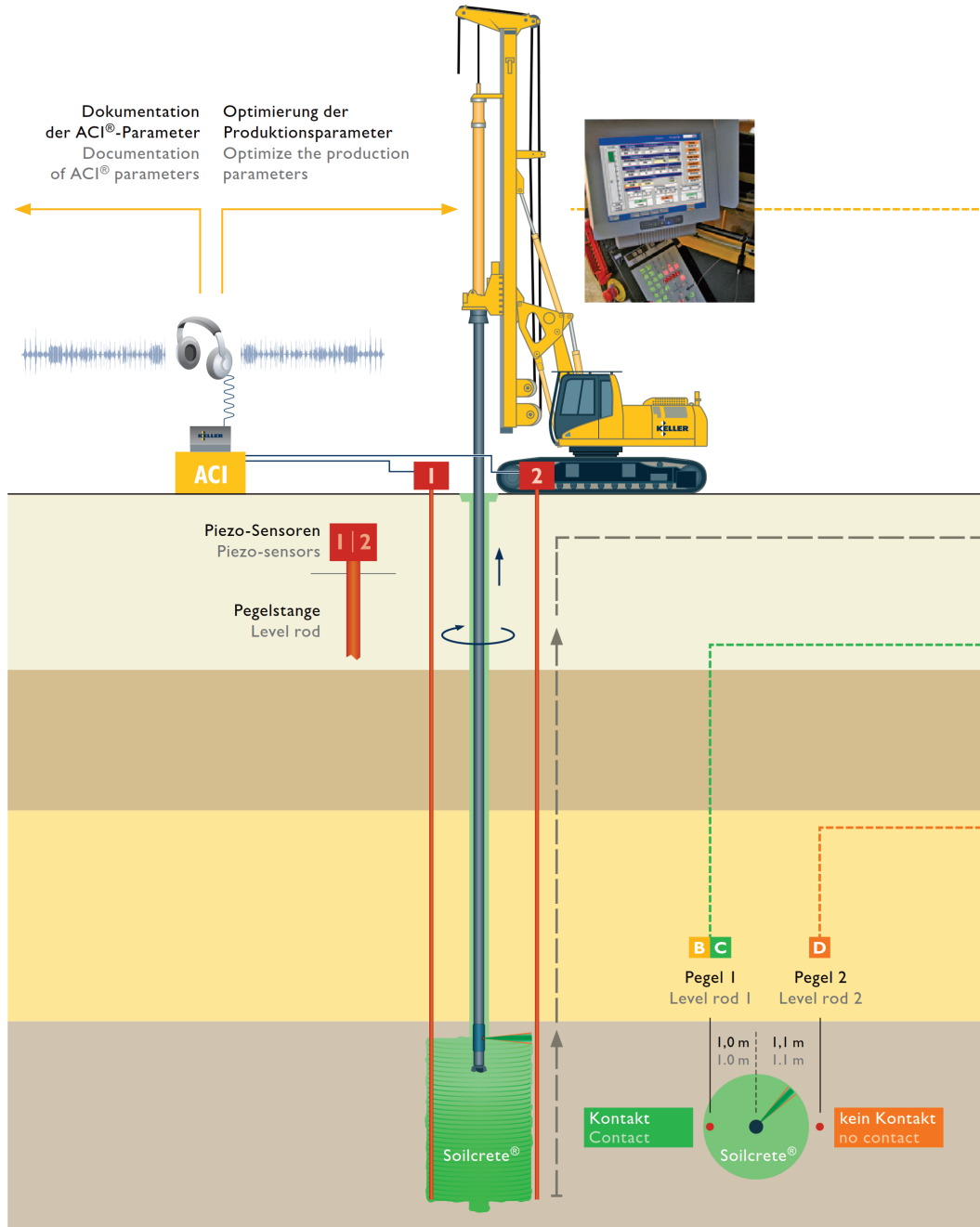
¹⁷⁵ TEMPJET: Laufende Qualitätskontrolle und –sicherung, Software für thermische Durchmesserbestimmung von Düsenstrahlsäulen, World of PORR 160/2012, S.1-2

¹⁷⁶ TEMPJET: Laufende Qualitätskontrolle und –sicherung, Software für thermische Durchmesserbestimmung von Düsenstrahlsäulen, World of PORR 160/2012, S. 2

¹⁷⁷ Keller Grundbau GmbH: <http://www.kellergrundbau.at/itemacms/content/files/broschueren/aci.pdf> - Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Acoustic Column Inspector –ACI, Prospekt 67-04D, S.2

In Grafik 4.3.3 sind die mit den Nummern 1 und 2 bezeichneten Pegelstangen zu sehen, die mit Piezosensoren ausgestattet sind. Durch akustische Signale, die vom ACI ausgegeben werden, kann auf den Durchmesser geschlossen werden. Pegelstange 1, die 1,0 m vom Bohrgestänge entfernt ist, wird erreicht. Wohingegen Pegelstange 2, die 1,1 m vom Bohrgestänge entfernt liegt, nicht erreicht wird. Der Durchmesser ist also größer als 1,0 aber kleiner als 1,1 m.

Versuchsaufbau zur Durchmesserbestimmung mittels ACI®
ACI® test setup to determine the diameter of columns



Grafik 4.3.3: Acoustic Column Inspector¹⁷⁸

¹⁷⁸ Keller Grundbau GmbH: <http://www.kellergrundbau.at/itemacms/content/files/broschueren/aci.pdf> - Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Acoustic Column Inspector –ACI, Prospekt 67-04D, S.2

4.3.4 MECHANISCHE PRÜFUNGEN

- ◆ Einaxiale Druckversuche sind an Probekörpern mit dem Verhältnis Höhe/Durchmesser = 2,0 durchzuführen.
- ◆ Druckfestigkeitsprüfungen sind an vier Proben des DSV-Körpers aus je 1000 m³ Volumen durchzuführen.
- ◆ Spaltzugversuche und Scherversuche sind an Bohrkernen durchzuführen.
- ◆ Die mechanischen Prüfungen sind zu festgelegten Zeiten nach dem Abbinden durchzuführen.

4.3.5 DURCHLÄSSIGKEITSPRÜFUNGEN

- ◆ Wasserdichtigkeit des DSV-Körpers soll durch Pumpversuche und/oder Wasserstandsmessungen beurteilt werden.
- ◆ Wasserdichtigkeit kann durch Bohrlochmessungen überprüft werden.

4.3.6 ÜBERWACHUNG

- ◆ Die Überwachung der Herstellparameter ist von wesentlicher Bedeutung für die Qualitätskontrolle.
- ◆ Bei DSV-Arbeiten in der geotechnischen Kategorie 2 und 3 müssen folgende Parameter aufgezeichnet werden:
 - Drücke und Durchflussraten der Flüssigkeiten
 - Zieh- und Drehgeschwindigkeit des Düsengestänges
- ◆ Ist ein erhöhtes Risiko bezüglich Verformungen der Nachbargebäude zu erwarten, müssen geeignete Überwachungs- und Alarmsysteme installiert werden.

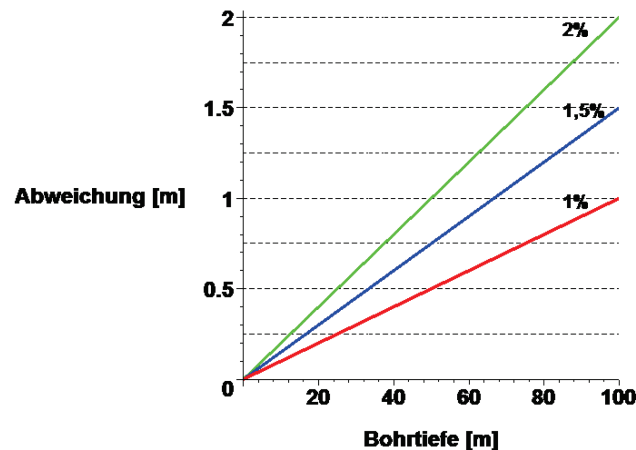
4.3.7 BOHRLOCHVERLAUFMESSUNGEN

Neben der Durchmesserbestimmung ist die Bohrlochverlaufsmessung ein wesentlicher Teil der Qualitätskontrolle von DSV-Körpern. Vor allem für den Erfolg und die Qualität von abdichtenden Bauwerken (beispielsweise Dichtsohlen) ist die Lagegenauigkeit der hergestellten Bohrung von großer Bedeutung. Bereits durch eine einzige kleinere Fehlstelle kann die Dichtigkeit des Bauwerks zunichtegemacht werden.

Laut ÖNORM EN 12716 sollte die Abweichung der Bohrung gegenüber der theoretischen Achse bis in eine Tiefe von 20 m gleich oder weniger als 2 % der Bohrtiefe betragen. Bei größeren Tiefen und bei horizontalen DSV-Arbeiten können davon abweichende Toleranzen festgelegt werden.¹⁷⁹

¹⁷⁹ Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002, S. 21

Abweichungen im größeren Maße können zu einem Anbohren der Nachbarsäule führen. Wenn diese schon erhärtet oder teilweise erhärtet ist, kann sich der Düsenstrahl nicht mehr nach geplantem Ausmaß ausbreiten und der untere Teil dieser Säule fehlt. Dies wird „Verschattung“ genannt. Verschattungen können aufgrund von alten Fundamenten, hartem Fels, Pfählen im Boden, oder durch andere Hindernisse entstehen. Daher ist die Bohrabweichung mit Hilfe eines Inklinometers zumindest stichprobenartig zu überprüfen.¹⁸⁰



Grafik 4.3.4: Bohrlochabweichung von 1%, 1,5%, 2% in Abhängigkeit der Bohrtiefe¹⁸¹

Je nach Dichtheitsgrad und Tiefe des herzustellenden Bauwerks müssen zugelassene Abweichungen festgelegt werden. In Grafik 4.3.4 können die Bohrabweichungen in Meter abhängig von der Tiefe und der zugelassenen Bohrabweichung in Prozent abgelesen werden. Bei einer zugelassenen Bohrabweichung von 1,5 % sind beispielsweise bei einer Dichtsohle in 30 m Tiefe bereits Abweichungen von 45 cm Bohrabweichung zu erwarten. Aufgrund dieser Bohrabweichung besteht das Risiko der Bildung von Lücken in der Sohle zum einen durch nicht mehr vom Düsenstrahl erreichten Boden und zum anderen durch das Phänomen der Verschattung.¹⁸²

Mit Hilfe der Messungen soll der Bohrlochverlauf in einem globalen oder lokalen Koordinatensystem dargestellt werden können. Für eine vollständige räumliche Vermessung müssen mehrere Messprinzipien und daher mehrere Messgeräte verwendet werden. Es können unterschiedliche Sensoren zur Neigungsmessung eingesetzt werden, wie in Kapitel 2.9.5 beschrieben wurde.

¹⁸⁰ Boley, C.: Handbuch Geotechnik, Grundlagen – Anwendungen – Praxiserfahrungen, Vieweg+Teubner Verlag, 1. Auflage, 2012, S. 500

¹⁸¹ Knitsch, H.; Pandrea, P: Bohrlochabweichung und Bohrlochvermessung, Geotechnik-Kolloquium, GeTec, 13.03.2008, S. 2

¹⁸² Knitsch, H.; Pandrea, P: Bohrlochabweichung und Bohrlochvermessung, Geotechnik-Kolloquium, GeTec, 13.03.2008, S.8-11

5 GLOBALE DATENBANK

Um eine voll automatische und digitale Datenverarbeitung bzw. Datenverwaltung für DSV-Daten zu schaffen, ist es notwendig eine Software für eine globale Datenbank zur Verwaltung aller aufgenommenen Herstelldaten und Qualitätskennwerte zu entwickeln.

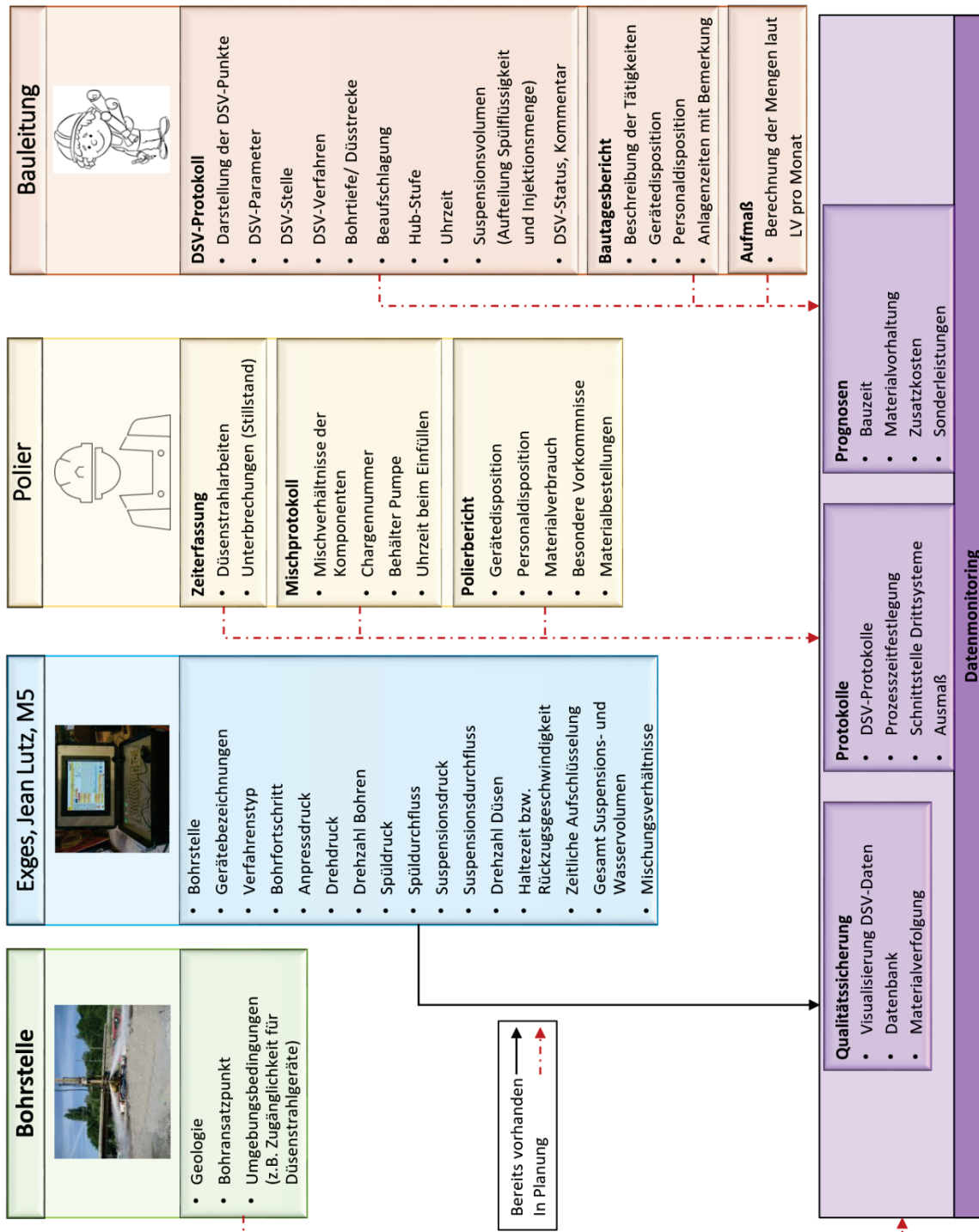
In Grafik 4.3.1 sind alle notwendigen und somit aufzunehmenden Parameter für ein vollkommen automatisches Datenmonitoring während der Ausführung gelistet. Die zu erfassenden Parameter wurden in vier Kategorien unterteilt:

- ◆ Bohrstelle
- ◆ Aufnahmesoftware
- ◆ Polier
- ◆ Bauleitung

Grafik 4.3.1 repräsentiert ein modernes Datenmonitoring während der Ausführungsphase und bezieht sich auf die ersten zwei Stufen des Datenflusses der 5x5 Stufen Digitalisierung (siehe Tab. 3.5.2) – Messung und Speicherung.

Diese vier Kategorien wurden zur Verdeutlichung der Aufgabenverteilung und der Vielzahl der notwendigen Daten während der Ausführungsphase gewählt. Für jede Kategorie wurden die notwendigen Daten bzw. Aufgaben gelistet. Polier und Bauleitung sind auf Ausgaben der ersten beiden Kategorien angewiesen. Nur durch eine digitale Datenübergabe ist eine digitale Weiterverarbeitung der Daten möglich, was wiederum die Grundlage für ein vollkommen digitales System voraussetzt. Zusätzlich wird veranschaulicht, dass die Ausgabe jeder einzelnen Kategorie Teil eines einheitlichen, globalen und digitalen Datenmonitorings ist.

Weiters wurde mit Pfeilabhängigkeiten dargestellt, welche dieser Parameter bereits auf der Baustelle aufgenommen werden bzw. in Zukunft aufgenommen werden sollen. Die Gesamtheit der aufgenommenen bzw. eingegebenen Parameter wird zur Qualitätssicherung, Dokumentation und Prognostizierung der Bauarbeiten verwendet. Nach aktuellem Stand der Technik werden nur die notwendigen Angaben für die Qualitätssicherung wie die Visualisierung der DSV-Daten, Erstellung von Datenbanken und die Zusammenfassung des verbrauchten Materials in digitaler und automatischer Form wiedergegeben. Grund dafür ist einerseits das Fehlen einer globalen Datenbank zur automatischen Erstellung von Bauablaufdokumentationen und Prognosen bezogen auf Zeit und Kosten sowie die digitale Aufbereitung der Eingabedaten. Eingabedaten wie geologische Beschreibungen, Beschreibungen der Umgebungsbedingungen, Mischprotokoll, Polierbericht, Bautagesbericht, etc. müssen in entsprechender Form zur digitalen Verwaltung und automatischen Weiterverarbeitung aufbereitet werden.



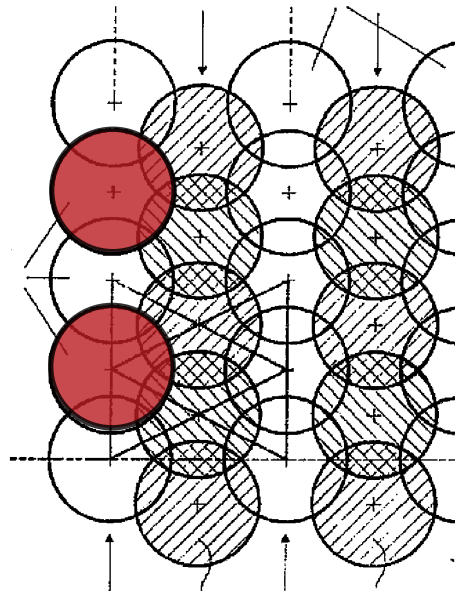
Grafik 4.3.1: Datenverwaltung während der Ausführungsphase in Zukunft¹⁸³

¹⁸³ Lengauer, P.: Datenverwaltung in Zukunft, aufbauend auf Forschungsprojekt von Winkler, L., Erstellungsdatum 29.03.17

5.1 VISUALISIERUNGEN

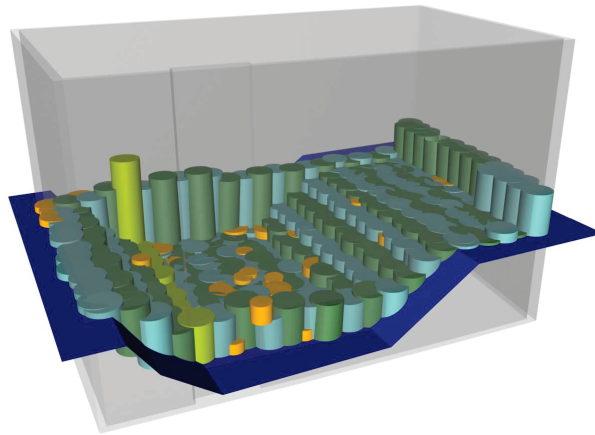
In Kapitel 4.3 wurde erläutert, wie anhand von Qualitätskontrollen der DSV-Erfolg bestimmt werden kann. Neben Materialprüfungen sind die Durchmesserbestimmung und Bohrlochverlaufsmessung wesentliche Punkte der Qualitätskontrolle, die graphisch dargestellt werden können. In Grafik 5.1.1 ist eine Visualisierung des Grundrisses von DSV-Säulen zu sehen. Dabei handelt sich um einen SOLL/IST-Vergleich, denn die tatsächlichen Durchmesser und die Bohrabweichungen werden im Plan eingezeichnet. Mit Hilfe dieser Visualisierungen können rasch Aussagen über die Qualität des gesamten Bauwerks getroffen werden. Durch Nichteinhaltung von Grenzwerten, der überlappenden Flächen der einzelnen Säulen (Zwickel), kann die geforderte Dichtheit nicht garantiert werden. Abhängig von der Art des anstehenden Bodens sind unterschiedliche Grenzwerte der Zwickel vorgeschrieben. So sind beispielsweise beim Bauprojekt der Koralmbahn Baulos St. Kanzian der Keller Grundbau GmbH für einen Abschnitt Zwickel kleiner $0,1 \text{ cm}^2$ einzuhalten, um die Dichtheit zu garantieren.

Anhand zusätzlicher Aufrissdarstellungen kann die Einhaltung der geforderten Länge und Position mit einem Blick festgestellt werden.



Grafik 5.1.1: Visualisierung bereits abgewickelter DSV-Arbeiten Grundriss¹⁸⁴

¹⁸⁴ Adaptiert von Toth, P.; Weber, A.: Verfahren zum Herstellen einer Dichtsohle nach dem Düsenstrahlverfahren, Europäische Patentanmeldung: EP 0 918 110 A1, 1999, S.6



Grafik 5.1.2: Visualisierung bereits abgewickelter DSV-Arbeiten, 3D Darstellung¹⁸⁵

Bei der Erstellung einer übersichtlichen Datenbank ist die Visualisierung ein wichtiger Bestandteil. Mögliche Visualisierungen sind in Grafik 5.1.1 und Grafik 5.1.2 zu sehen. Mit Hilfe graphischer Darstellungen kann einerseits ein sofortiger Überblick über bereits abgewickelte und noch abzuwickelnde DSV-Körper gegeben werden, andererseits dient die Darstellung als Teil der Qualitätskontrolle. Abweichungen des Ansatzpunktes und Bohrlochverlaufes sind sofort ersichtlich.

Weiters soll in Zukunft „mit einem Mausklick“ auf dem eingefärbten DSV-Körper ein Fenster mit allen herstellungsrelevanten Daten geöffnet werden können. Mögliche Daten, die in der globalen Datenbank je DSV-Körper gespeichert werden sollen, sind:

- ◆ Jet-Bericht
- ◆ Pumpenprotokoll
- ◆ Mischprotokoll
- ◆ Durchmesserbestimmungen
- ◆ Abweichungen des Bohransatzpunkts und Bohrlochverlaufes

Nur so ist es möglich einen Überblick über die vorhandenen Daten zu bekommen und diese für etwaige Weiterverwendungen bereit zu halten. Die vollständige Visualisierung und Hinterlegung relevanter Daten wird derzeit in Österreich noch nicht verwendet.

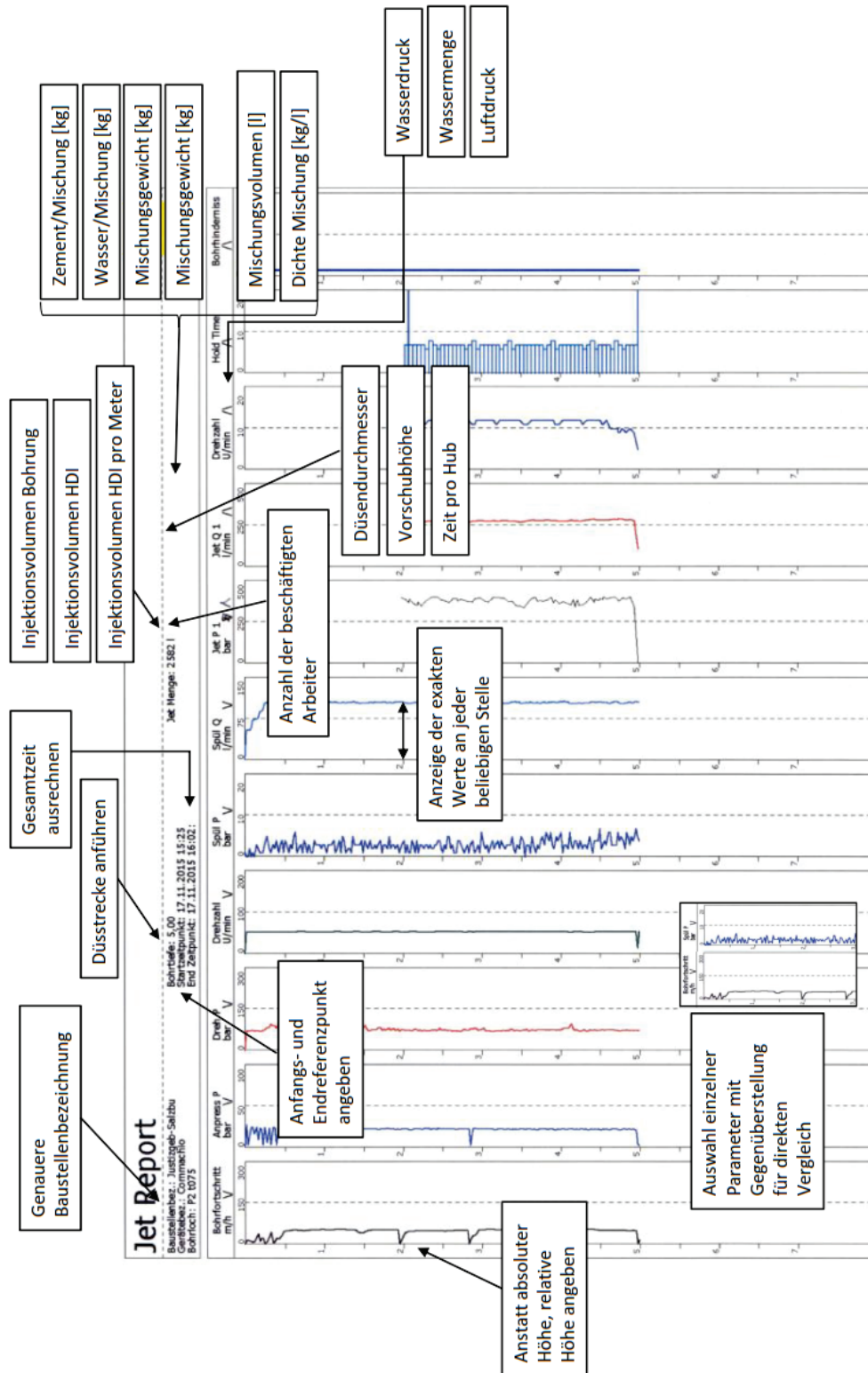
Ein Ausnahmefall ist ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen, das ihre firmenintern entwickelte Software auf der Baustelle St. Kanzian verwendet. Hier wird bereits von einer globalen Datenbank mit Visualisierungen Gebrauch gemacht. Zusätzlich wird der Baufortschritt in CAD-Programmen in unterschiedlichsten 3D-Darstellungen veranschaulicht. Die Daten werden dabei via txt-Dateien in die CAD-Software eingelesen.

Ein großer Bestandteil der Eingangsdaten in solch eine globale Software sind die Herstellparameter, die in Form eines DSV-Berichts abgelegt werden. Je nachdem, welche Software zur

¹⁸⁵ Knitsch, H.; Tsiolakis, A.: Messtechnische Überwachung von Düsenstrahlarbeiten, GeTec, 2006, S.8

Aufnahme der Herstellungsparameter verwendet wird, variiert die Darstellung dieser DSV-Berichte. Um den Import dieser Protokolle in eine globale Datenbank zu ermöglichen, muss die Darstellung vereinheitlicht und detaillierter gestaltet werden.

Beispiele zur Verbesserung von DSV-Berichten sind in Grafik 5.1.3 visualisiert.



Grafik 5.1.3: mögliche Verbesserungen eines DSV-Berichts¹⁸⁶

¹⁸⁶ Adaptiert von Züblin Spezialtiefbau GmbH: Jet Bericht von Justizgebäude Salzburg, 2015

Der Hintergrund der extrem genauen Darstellung des DSV-Berichts ist die daraus resultierende, problemlose Weitergabe der Daten zur Ausgabe verschiedenster Protokolle oder Beschreibungen. Ziel ist es aus dem DSV-Bericht in einer globalen Datenbank folgende Protokolle zu erstellen:

- ◆ Bautagesbericht
- ◆ Materialverbrauch
- ◆ Berechnung der Mengen laut LV → Aufmaßblätter
- ◆ Bauzeitprognosen
- ◆ Baukostenprognose

Nur durch die Einhaltung des Kreislaufes der Messwerte (siehe Grafik 3.4.1) sowie durch die Verwendung von globalen Datenbanken (siehe Tab. 3.5.2) wird es in Zukunft möglich sein diese Protokolle automatisch zu erstellen.

5.2 QUALITÄTSSICHERUNG

Neben den Herstellungsparametern sollen zukünftig die Ergebnisse der Qualitätssicherung, die nach dem Herstellungsprozess abgewickelt wird, in die globale Datenbank integriert werden. So formulierten alle befragten Planer ihre zukünftige Anforderung an moderne Datenmonitoringsysteme.

Wie auch schon im Kapitel 4.2 beschrieben, dienen die nachstehenden Kennwerte zur Qualitätskontrolle:

- ◆ Bindemittelsuspension, Injektionsgut
- ◆ Rückstellprobe Bindemittel
- ◆ Bohrdatenerfassung (entspricht den Herstellungsparametern)
- ◆ Bohrdatenabweichung
- ◆ Abmessung der hergestellten DSV- und Injektionskörper

Wenn die Ergebnisse dieser Überprüfungen zusätzlich in die Datenbank einbezogen werden, kann ein besserer Überblick über das Endprodukt geschaffen werden. Herstellparameter alleine reichen nicht aus, um mit entsprechender Sicherheit zu behaupten, den geplanten DSV-Körper erstellt zu haben. Dies kann nur mit Hilfe der kontinuierlichen Qualitätssicherung geschehen. Ein Blick in die Software reicht somit aus, die geforderte Qualität des DSV-Körpers zu überprüfen bzw. nachzuweisen.

Im Zuge der Fachgespräche wurde einerseits eine Bestandsanalyse der Datenmonitoringsysteme durchgeführt und zum anderen wurden Schwachstellen derer und Anforderungen an zukünftiger Systeme erhoben. Anhand der Auswertung dieser Fachgespräche ergaben sich notwendige Angaben für zukünftige Monitoringsysteme, um das Datenmonitoring beim DSV vollkommen automatisch und digital zu gestalten. (siehe Tab. 5.3.1)

5.3 NOTWENDIGE EINGANGSDATEN DIESER SOFTWARE

Aufbauend auf die Auswertungen der Fachgespräche sowie den technischen Möglichkeiten wurden vom Autor fünf Kategorien für die Eingangsdaten zukünftiger Softwares festgelegt – baustellenspezifische Daten, Herstellungsparameter, Lage und Volumen, Mischungsverhältnisse und Qualitätsdaten. Diese wurden tabellarisch in Tab. 5.3.1 dargestellt. Farblich wird gekennzeichnet, ob und in welchem Grad eine digitale Aufzeichnung bereits vorhanden ist.

Kategorien	Baustellen spezifische Daten	Herstellungsparameter	Lage und Volumen	Mischungsverhältnisse	Qualitätsdaten
sehr gut	Bauteilbezeichnung	Bohrfortschritt [m/h]	Bohrtiefe [m]	Zement/Mischung [kg]	Durchmesserbestimmung
gut	Bohrgeräteezeichnung	Anpressdruck [bar]	Tiefe Säulenfuß [m]	Wasser/Mischung [kg]	Bohrlochverlaufsmessung
mittel	Pumpenbezeichnung	Drehdruck [bar]	Tiefe Säulenkopf [m]	Mischungsgewicht [kg]	einaxiale Druckfestigkeit
nicht vorhanden	Mischerbezeichnung	Drehzahl beim Bohren [U/min]	Düstrecke [m]	Mischungsvolumen [l]	Verformungsmodul
	Bohrlochbezeichnung	Spüldruck [bar]	Säulenneigung [°]	Dichte Mischung [kg/l]	Durchlässigkeitsbeiwert
	Startzeitpunkt (Datum, Uhrzeit)	Spülmenge [l/min]	Injektionsvolumen Bohren [m³]	Rücklaufmessungen - Suspensionsdichte	Bruchstauchung
	Endzeitpunkt (Datum, Uhrzeit)	Suspensionsdruck [bar]	Injektionsvolumen Düsen [m³]		Erosionsstabilität
	Bohrdauer	Suspensionsmenge [l/min]	Injektionsvolumen Düsen pro Meter [m³]		chem. Widerstandsfähigkeit
	Düsdauer	Drehzahl beim Düsen [U/min]	Düsendurchmesser [mm]		
	Art des Verfahrens	Rückzugsgeschwindigkeit [cm/min] oder Haltezeit [s]	Düsenanzahl		
	Auftraggeber	Luftdruck [bar]	Säulen-Grundfläche [m²]		
	Geologie	Wassermenge [l/min]	Summe DS-Körper [m³]		
	Plandaten für den SOLL/IST-Vergleich	Wasserdruck [bar]			
		Eventuelle Bohrhindernisse			
		Vorschubhöhen [cm/m]			
		Zeit pro Hub [s]			

Tab. 5.3.1: Eingangsdaten in globale Datenbank¹⁸⁷

¹⁸⁷ Lengauer, P.: Notwendige Eingangsdaten dieser Software, Erstellungsdatum: 28.03.17

6 FORSCHUNGSERGEBNIS UND FAZIT

In diesem Abschnitt werden die gewonnenen Daten, Meinungen und Ergebnisse aus Literaturrecherchen und geführten Fachgesprächen mit Experten unterschiedlicher Firmen bezüglich Datenmonitoring beim DSV überblicksmäßig zusammengefasst und die vier eingangs gestellten Forschungsfragen beantwortet.

6.1 FRAGE 1: SIND DIE SYSTEME ZUR ERFASSUNG VON HERSTELLDATEN UND ZUR ABWICKLUNG DES QUALITÄTSMANAGEMENTS EINES DSV-KÖRPERS VON UNTERNEHMEN ZU UNTERNEHMEN UNTERSCHIEDLICH?

Systeme zur Aufzeichnung, Speicherung und Verwaltung der Herstellparameter variieren unter den ausführenden Unternehmen. Grundsätzlich gibt es zwei Gruppen von Systemen:

- ◆ Zukauf der Software
- ◆ Firmenintern hergestellte Software

Die Hälfte der befragten Unternehmen verwenden eine firmenintern hergestellte Software und die andere Hälfte kauft die Software für das Datenmonitoring zu.

Neben den Systemen zur Aufzeichnung von Herstellparametern sind Systeme zur Bestimmung des Durchmessers sowie von Druckfestigkeiten im Einsatz, jedoch muss hier klar nach dem Zeitpunkt der Messung unterschieden werden. Nach heutigem Stand der Technik ist es nicht möglich Durchmesser und Druckfestigkeiten in Echtzeit, d.h. zeitgleich zur Herstellung, zu bestimmen ohne dafür zusätzliche Vorrichtungen in den Boden einzubauen. Mit Hilfe des ACI und des Hydrophonverfahrens kann zwar der Durchmesser in Echtzeit bestimmt werden. Diese werden aber nur bei der Erstellung von Probesäulen verwendet, da aufgrund des Abteufens der Pegelstangen und des Einrichtens des Messgeräts ein hoher zeitlicher Aufwand entsteht. Die Komplexität des Bodens gestaltet die Bestimmungen in Echtzeit sehr schwierig. Verbesserte Verfahren dafür sollen aber in den kommenden Jahren auf den Markt gebracht werden. Die zurzeit verwendeten Systeme zur Bestimmung des Durchmessers nach der Herstellung der DSV-Körper sind das Hydrophonverfahren, TEMPJET und der ACI. Diese Systeme wurden von unterschiedlichen Firmen entwickelt, weshalb sich die Funktionsweisen dieser unterscheiden.

Was die Qualitätskontrolle anbelangt sind noch keinerlei Verfahren digitalisiert und können in Echtzeit abgewickelt werden. Diese werden ausführlich im ÖBV Merkblatt „Qualitätssicherung für Bodenvermörtelung“ beschrieben.

6.2 FRAGE 2: IST-STAND: WELCHEN GRAD DER DIGITALISIERUNG ERFÜLLEN AUSFÜHRENDE UNTERNEHMEN NACH AKTUELLEM STAND DER TECHNIK?

Aufgrund der geführten Experteninterviews konnte ein guter Überblick über den Grad der Digitalisierung jedes einzelnen Unternehmens gewonnen werden. Der Grad der Digitalisierung

wird anhand der 3x3 Stufenmatrix mit Auswertungen in den Bereichen Messung, Speicherung und Analyse von Daten zur DSV bestimmt. Unternehmen, die die Software selbst entwickeln, zeichnen sich durch einen höheren Digitalisierungsgrad aus, da durch Rückkopplungen im eigenen Unternehmen besser auf die Baustellenbedürfnisse eingegangen werden kann.

Bei der Verwendung von firmenintern hergestellten Softwareprogrammen laufen Herstellungsprozesse von der Aufnahme bis hin zur Analyse digital und automatisch ab. D.h. die Herstellparameter werden digital aufgezeichnet und können über eine Aufzeichnungssoftware in Echtzeit mitverfolgt werden. In dieser Software werden alle relevanten Herstellparameter jedes hergestellten DSV-Körpers verwaltet. Die Herstellparameter können jederzeit online abgerufen werden. Eine Vernetzung zu einer globalen Datenbank oder die Rückkopplung zur Planung sind noch nicht Stand der Technik.

Unternehmen, die ein Softwarepaket von externen Herstellern zukaufen, verfügen über eine digitale Aufnahme der Herstellparameter sowie eine digitale Ausgabe dieser Parameter auf dem Bohrgerät. Die automatische Weitergabe der Herstellparameter zur Verwaltung in der Software ist nicht möglich. Dies muss durch händisches Übertragen und manuelles Erstellen von Protokollen durch einen Mitarbeiter auf der Baustelle erfolgen. Auch das System zur Verwaltung der Daten ist weniger ausgereift.

Aufbauend auf Erfahrungswerten aus den Fachgesprächen wurde aus der 3x3-Stufenmatrix eine 5x5 Stufenmatrix mit zwei weiteren Entwicklungsstufen entwickelt. Anhand der 5x5-Stufenmatrix soll eine bessere Einschätzung des Grades der Digitalisierung erfolgen.

6.3 FRAGE 3: WORAUS BESTEHEN DIE ANFORDERUNGSPROFILE FÜR MODERNE SYSTEME DES DATENMONITORINGS BEI DSV-ARBEITEN VON BAUHERR, PLANER UND AUSFÜHRENDEM?

Die Beteiligten am Bau wurden in drei Gruppen unterteilt: Bauherr, Planer und Ausführende. Jeder der befragten Experten musste eine Beschreibung der Anforderungen der einzelnen Beteiligungsgruppen abgeben. Daraus lässt sich folgendes zusammenfassen:

Dem **Bauherrn** dient die Aufzeichnung der Herstellparameter als Nachweis der erbrachten Leistungen bzw. als Beweismaterial für spätere Mängelbehebungen. Aufgrund dessen ist eine gute graphische Darstellung zur Übersichtlichkeit und Nachvollziehbarkeit wichtig. Weiters sollen vollständige Datensätze der aufgenommenen Daten ausgewertet und Zugriff auf ungefiltertes Material gewährt werden. Gefilterte Datensätze sind wenig aussagekräftig und können daher nicht als Beweismaterial verwendet werden.

Der **Planer** hat sehr ähnliche Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme wie der Bauherr. Die oben beschriebenen Anforderungen des Bauherrn treffen auf den Planer zu. Zusätzlich wird eine ausführlichere Beschreibung der Leistungen gefordert, da so mögliche Fehler bei zukünftigen Projekten vermieden werden können. Mit Hilfe der Herstellparameter kann

auf die Effizienz des Baufortschritts geschlossen werden, woraus Verbesserungsmöglichkeiten für zukünftig Baustellen generiert werden können.

Das **ausführende Unternehmen** setzt das Datenmonitoring ausschließlich zur Überwachung des Herstellprozesses, als Instrument zur Nachweispflicht sowie für Teile der Qualitätssicherung ein. Außerdem soll die Bauabwicklung mit modernen Datenmonitoringsystemen ohne zusätzliche Aufwendungen erfolgen.

6.4 FRAGE 4: KANN EINE VOLLSTÄNDIGE AUTOMATISIERUNG DER DATENVERWALTUNG MIT DEN HEUTZUTAGE AUFGENOMMENEN MESSWERTEN ERZIELT WERDEN ODER MÜSSEN ZUSÄTZLICHE PARAMETER AUFGEZEICHNET WERDEN?

Auswertungen der Fachgespräche haben ergeben, dass die Menge der aufgezeichneten Daten des Bohrgeräts vollkommen ausreicht, um den Herstellungs- und Verwaltungsprozess eines DSV-Körpers ganzheitlich zu automatisieren. Vereinzelt machen Bauunternehmen im deutschsprachigen Raum bereits von einem Injektionscontainer Gebrauch, indem die Dosierung und Beschickung des Mischcontainers vollautomatisch abläuft. Die Pumprate kann über einen Durchlaufsensor elektronisch gemessen werden, wobei ein Mitarbeiter auf der Baustelle die Pumpe beispielsweise bei Druckabfall händisch steuern muss. Die automatische Datenaufzeichnung und Speicherung endete jedoch nach dem Herstellungsprozess. Die Daten aus dem Misch- und Pumpvorgang bleiben auf den Geräten bis diese händisch ausgelesen werden.

Die großen Mangelerscheinungen der vollständigen Automatisierung und Digitalisierung ist das Zusammenführen und das Digitalisieren (Umgebungsbedingungen, Qualitätssicherung, etc.) der Daten in einer globalen Datenbank. Zum einen sind noch keine geeigneten Softwarelösungen am Markt und zum anderen bereiten die Komplexität der unterschiedlichsten Datenformate der Geräte und Eigenheiten jeder einzelnen Baustelle Schwierigkeiten in der Umsetzung. Softwareunternehmen arbeiten bereits daran, eine globale und einheitliche Plattform für unterschiedlichste Arten von Daten und Baustellen zu schaffen.

Der ideale, digitale Datenfluss wurde von der Messung bis zur Speicherung in einer globalen Datenbank in fünf Schritte unterteilt – Messung, Speicherung, Analyse und Visualisierung, Vernetzung mit Planung und globale Datenbank. Der ideale Datenfluss ist dadurch ausgezeichnet, dass alle Schnittstellen durch eine drahtlose Verbindung durchlaufen werden und die Aufbereitung und Speicherung in einer übergreifenden, benutzerfreundlichen und standortunabhängigen Datenbank erfolgt. Weiters sollen Daten aller Gewerke einer Baustelle in einer Software verwaltet und verknüpft werden. Anhand der 5x5-Stufenmatrix kann der Grad der Digitalisierung bis zum idealen Datenfluss abgeschätzt werden.

6.5 FAZIT

Um eine vollkommen digitale Baustelle zu schaffen wird zu Beginn ein digitales Planungsmodell mit allen planerischen Infos benötigt. Während der Herstellung ist eine digitale Erfassung der Ausführungsdaten und eine laufende digitale Rückkopplung zur Planung notwendig. Es muss ein Soll-Ist-Vergleich mit den Herstellungsempfehlungen gemacht werden, um so den Bohrmeister in seinen Entscheidungen zu unterstützen.

In Tab. 6.5.1 sind die Auswertungen der einzelnen Fachgespräche tabellarisch zusammengefasst. Die Antworten der einzelnen Befragten wurden in Kategorien unterteilt, nach denen ein Vergleich zu anderen Gesprächspartnern hergestellt werden kann.

Zusätzlich wurden Diagramme (siehe Grafik 6.5.1, Grafik 6.5.2 und Grafik 6.5.3) zur Veranschaulichung der Einschätzungen der Befragten in den unterschiedlichsten Bereichen erstellt. Um eine graphische Auswertung zu schaffen, mussten die Antworten der Befragten quantifiziert werden. Dies wurde anhand eines Punktesystems bewerkstelligt, das einen Wertebereich von 1 bis 10 aufweist, wobei „1“ Bereiche wiederspiegelt, in denen noch viele Weiterentwicklungen zur vollkommenen Digitalisierung notwendig sind und „10“ Bereiche, die schon vollkommen digital und automatisch ablaufen.

Aufbauend auf den Auswertungen je Interessensgruppe (Bauherr, Planer, Ausführender) wurden die Leistungsbereiche zusammengefasst (Mittelwertbildung). Die Zusammenfassung der einzelnen Interessensgruppen sowie die Zusammenfassung aller Befragten wurde in Grafik 6.5.4 veranschaulicht. Es muss berücksichtigt werden, dass diese Mittelwerte aufgrund der teilweise starken Streuung nicht repräsentativ sind. Dennoch kann eine grobe Verallgemeinerung und Zusammenfassung dargestellt werden. Daran ist eindeutig zu sehen, dass die Bauherren am wenigsten Erfahrung und Wissen über digitale moderne Systeme aufweisen, wohingegen Ausführende am meisten Erfahrung mit Datenmonitoringsystemen haben. Planer bilden annähernd den Mittelwert aller Befragten. Dieses Ergebnis ist keineswegs überraschend, denn schließlich sind die Ausführenden diejenigen, die am meisten damit arbeiten und diejenigen, die diese Systeme zum Teil sogar selbst entwickeln.

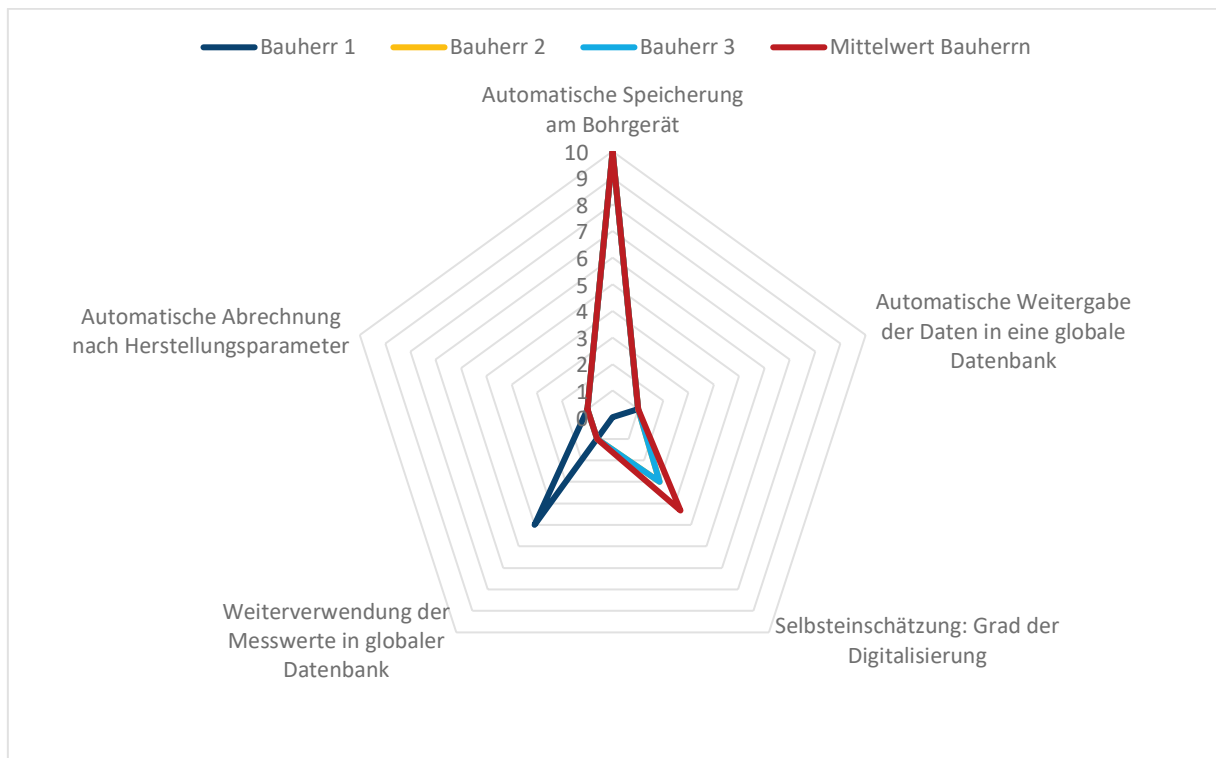
Experten	Bewertungskriterien											
	Automatische Speicherung am Bohrerzeit	Automatische Weitergabe der Daten in eine globale Datenbank	Selbsteinschätzung: Grad der Digitalisierung	Fortgeschrittenere Prozesse	Weiternutzung der Messwerte in globaler Datenbank	Mögliche Weiterverwendungen der Messwerte	Automatische Abrechnung nach Herstellungsparameter	Einsatzfähigkeit (globale Datenbank)	Schwachstellen	Verbesserungen		
Ausführender 1	✓	x	Messung, Speicherung: Entwicklungsstufe 2 Analyse: Entwicklungsstufe 1	gleich auf sind: Injektionen	x	keine Angaben	x	< 10%	Technische Ausfälle, ingenieurmäßiges Denken geht verloren	händische Übertragung vermeiden		
Ausführender 2	✓	x	Messung, Speicherung: Entwicklungsstufe 3 Analyse: Entwicklungsstufe 2+3	✓	✓	Implementierung in BIM Systeme	x	100%	Empfindlichkeit der Sensoren gegen Schmutz, Feuchtigkeit und Vibration	keine Angaben		
Ausführender 3	✓	✓	Entwicklungsstufe 3	gleich auf sind: Injektionen, Bohrtechnik, Baugrundvereisung, Wasserhaltung	x	Abrechnung, Bauzeit- und Baukostenprognose	Nein, Messdaten müssen mit einem bestimmten Prozentsatz erhöht werden	98%	Komplexität der Systeme, ingenieurmäßiges Denken geht verloren	Softwaretechnische Anpassungen, Verbesserung der automatischen Druck/Mengen Regelung		
Ausführender 4	✓	✓	Entwicklungsstufe 3	gleich auf sind: Injektionen, Bohrtechnik, Baugrundvereisung, Wasserhaltung	x	Abrechnung, Bauzeit- und Baukostenprognose	Nein, Messdaten müssen mit einem bestimmten Prozentsatz erhöht werden	98%	Komplexität der Systeme, ingenieurmäßiges Denken geht verloren	Softwaretechnische Anpassungen, Verbesserung der automatischen Druck/Mengen Regelung		
Ausführender 5	✓	✓	Großteils Entwicklungsstufe 2 in Einzelfällen Entwicklungsstufe 3	gleich auf sind: Injektionen, Bohrtechnik, Baugrundvereisung, Wasserhaltung	x	Abrechnung, Dokumentation zu Änderungen der geologischen Randbedingungen, Nachtragsforderungen	Nein, Plausibilitätsprüfung darf nicht wegfallen	10-15%	Fehlende Schulung des Personals, elektronische Defekte (Kabelriss)	Durchmesserbestimmung in Echtzeit		
Ausführender 6	✓	x	Entwicklungsstufe 2	keine	x	Abrechnung, Mehrkostenforderungen, Bauzeitprognose	x	0%	Empfindlichkeit der Sensoren und der Elektronik des Aufnahmeapparats	Durchmesserbestimmung in Echtzeit		
Bauherr 1	✓	x	keine Angaben	gleich auf sind: Stützmittel für Tunnelbau, geotechnische Messdaten für Baugruben	eventuell für Mehrkostenforderungen	keine Angaben	x	keine Angaben	ingenieurmäßiges Denken geht verloren, Fälligkeit von Daten, zu einfache Manipulation der Software	3D-Darstellung mit Schnittstellen ins AutoCAD		
Bauherr 2	✓	x	Entwicklungsstufe 2+3	Gebäudeüberwachung (Hebung, Setzung, Neigung), gleich auf: Grundwasserhaltung	x	als grundlegende Referenzwerte für zukünftige Baustellen	Nein, es wird immer nach Planmaß abgerechnet	keine Angaben	zu große Datenmengen	keine Angaben		
Bauherr 3	✓	x	Entwicklungsstufe 2+3	Gebäudeüberwachung (Hebung, Setzung, Neigung), gleich auf: Grundwasserhaltung	x	als grundlegende Referenzwerte für zukünftige Baustellen	Nein, es wird immer nach Planmaß abgerechnet	keine Angaben	zu große Datenmengen	keine Angaben		
Planer 1	✓	x	Entwicklungsstufe 2	Injektionen	keine Angaben	keine Angaben	Düsparmeter können nicht direkt in die Abrechnung einfließen	keine Angaben	zu genaue Datenaufzeichnung	keine Angaben		
Planer 2	✓	✓	Entwicklungsstufe 3	gleich auf sind: Injektionen, Bohrfähle, Grundwasserhaltung	✓	Abrechnung, als grundlegende Referenzwerte für zukünftige Baustellen	Ja, aber es muss die Vorgehensweise geregelt sein	100%	Programmierfehler, Ausfall der Datenübertragung	keine Angaben		
Planer 3	✓	x	Entwicklungsstufe 2	gleich auf sind: Injektionen, Grundwasserhaltung, Erdaushub mit GPS-Steuerung, Dammschüttung, Bohrungen	keine Angaben	Abrechnung, als grundlegende Referenzwerte für zukünftige Baustellen	keine Angaben	10%	Interpretation, Manipulation der Software, Überwachung, fehlende Schulung des Personals	keine Angaben		
Planer 4	✓	x	Entwicklungsstufe 2	gleich auf sind: Injektionen, Grundwasserhaltung, Erdaushub mit GPS-Steuerung, Dammschüttung, Bohrungen	keine Angaben	Abrechnung, als grundlegende Referenzwerte für zukünftige Baustellen	keine Angaben	10%	Interpretation, Manipulation der Software, Überwachung, fehlende Schulung des Personals	keine Angaben		
Planer 5	✓	x	Messung, Speicherung: Entwicklungsstufe 2 Analyse: Entwicklungsstufe 1	gleich auf sind: Injektionen, Erdbau, Baugrundvereisung	x	als grundlegende Referenzwerte für zukünftige Baustellen	Nein, es wird immer nach Planmaß abgerechnet	80%	zu große Datenmengen, zu einfache Manipulation der Software	keine Angaben		
Zusammenfassung	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Eine automatische Speicherung am Bohrerzeit erfolgt bei 100% der Systeme der befragten Firmen.</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Unternehmen der Ausführenden 2, Ausführenden 3, Ausführenden 4 und Ausführenden 5 verwenden vereinzelt als einzige der Befragten eine globale Datenbank.</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Eine Weiterverwendung der Messwerte existiert nicht. Ausnahme: Unternehmen des Ausführenden 2</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Es sind unterschiedlichste Meinungen vertreten wie eine automatische Abrechnung abgewickelt werden soll.</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Bezüglich der Sensoren sind Unterschiede in der technischen Entwicklung zu sehen. Ingenieurmäßiges Denken mangelnde Schulung und zu große, unübersichtliche Datenmengen sind die größten Schwachstellen.</div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">Hier schwanken die Werte sehr stark, da eine globale Datenbank unterschiedlich verstanden wurde. Software zur Analyse und Speicherung mit drahtloser Vernetzung zum Geräte wurde vereinzelt auch als globale Datenbank verstanden.</div>	

Tab. 6.5.1: Zusammenfassung der Fachgespräche

6.5.1 BAUHERREN

Die Aussagen der Bauherren in den jeweiligen Fachgesprächen wurden in fünf Kategorien unterteilt. Das Ergebnis zeigt deutlich, dass die automatische Speicherung der DSV-Daten am Bohrgerät bereits problemlos funktioniert, wobei die Weiterverwendung der Messwerter in einer globalen Datenbank nur laut einem Experten vereinzelt angewandt wird. Eine automatische Abrechnung nach Herstellparameter sowie eine automatische Weitergabe der Daten in eine globale Datenbank sind noch nicht vorhanden. Zusätzlich wurde ein Mittelwert der einzelnen Einschätzungen gebildet, der in Grafik 6.5.1 in Rot dargestellt ist.

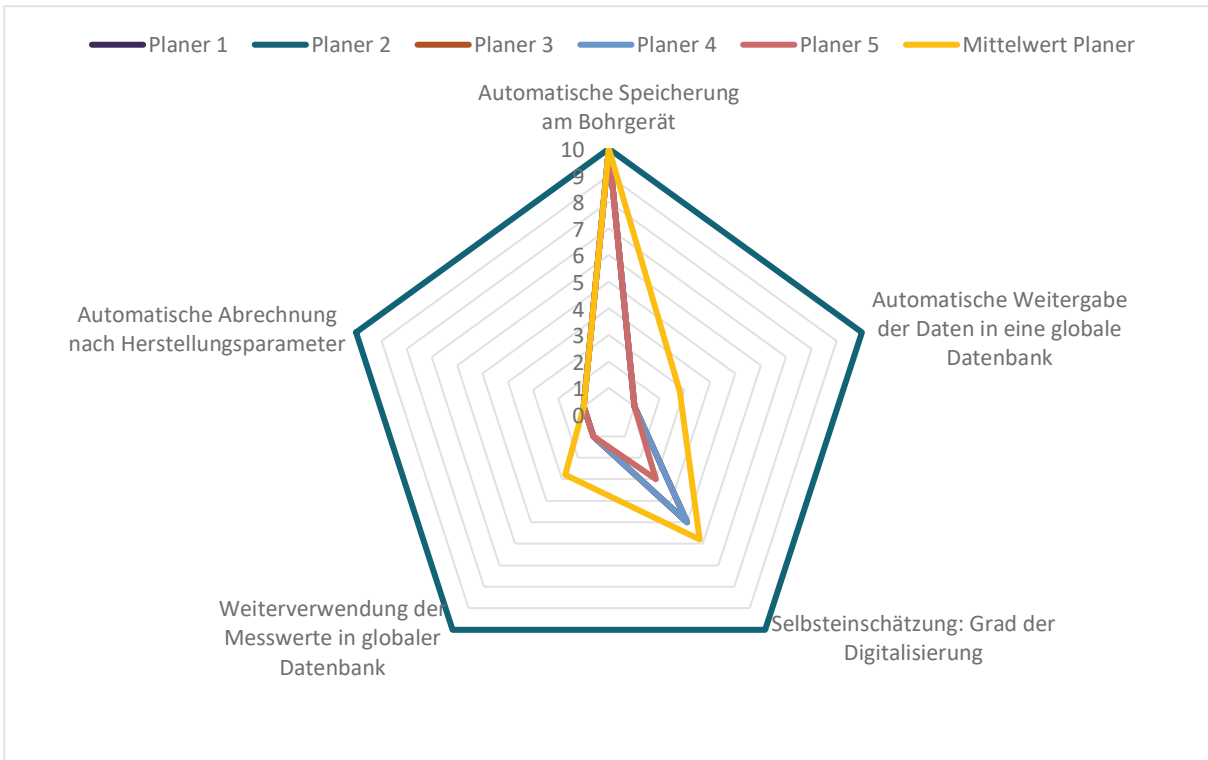
Zu beachten ist, dass es sich dabei um subjektive Einschätzungen der Bauherren handelt.



Grafik 6.5.1: Auswertung der Fachgespräche mit Bauherren

6.5.2 PLANER

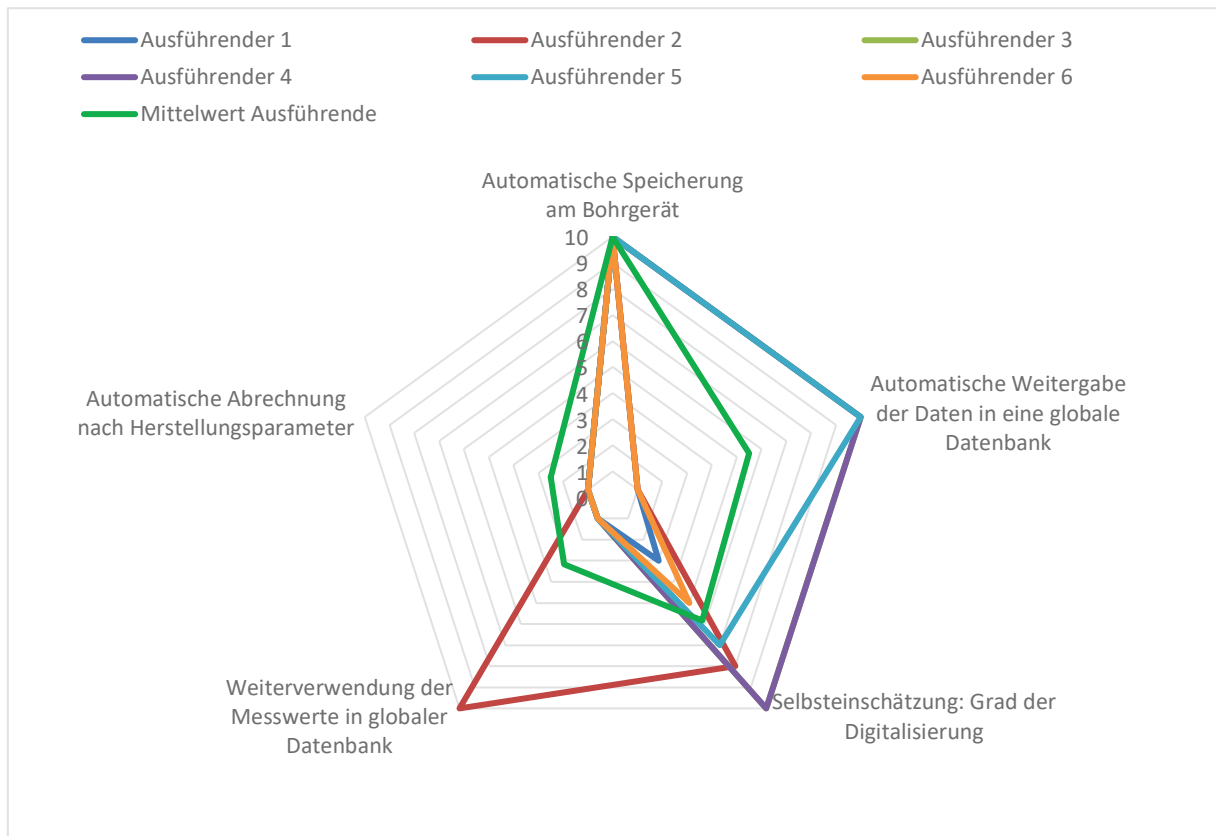
Die Aussagen der Planer in den jeweiligen Fachgesprächen wurden in fünf Teilbereiche gegliedert. Das Ergebnis zeigt, dass die Aussagen von Planer 2 stark von den Aussagen der anderen befragten Planer abweichen. Die übrigen Planer hingegen kamen zu ähnlichen Einschätzungen der Datenmonitoringsysteme. Ihre Meinung deckt sich stark mit der Meinung der Bauherren. Die automatische Speicherung der DSV-Daten am Bohrgerät funktioniert nach aktuellem Stand zu 100 %, jedoch ist eine automatische Abrechnung nach Herstellparameter sowie eine automatische Weitergabe der Daten in eine globale Datenbank praktisch noch nicht vorhanden. Aufgrund der starken Streuung der Aussagen der befragten baubetrieblichen Experten ist in diesem Fall der Mittelwert nicht repräsentativ. Zu beachten ist, dass es sich dabei um subjektive Einschätzungen der Planer handelt.



Grafik 6.5.2: Auswertung der Fachgespräche mit Planern

6.5.3 AUSFÜHRENDE UNTERNEHMEN

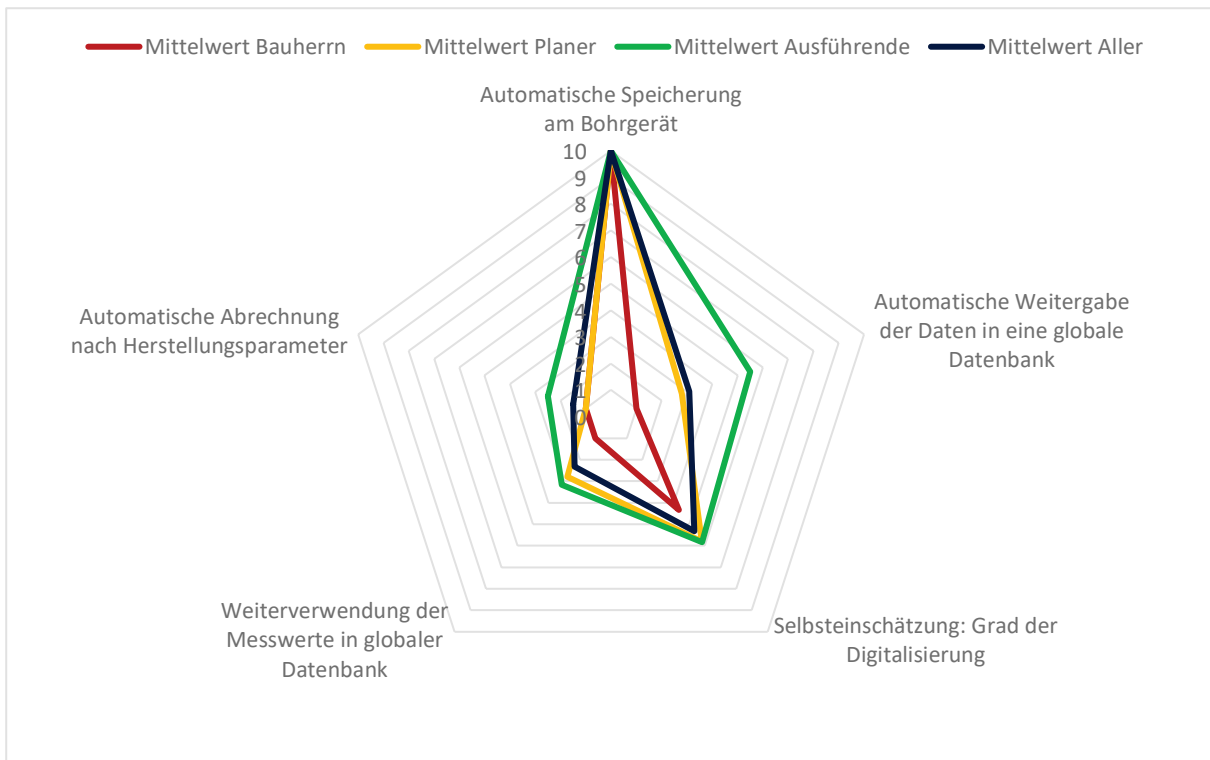
Die Aussagen der ausführenden Unternehmen in den jeweiligen Fachgesprächen wurden in fünf Bereiche kategorisiert. Es ist eine sehr starke Streuung aller Kategorien zu verzeichnen. Alleinig die Kategorie automatische Speicherung am Bohrgerät wird von allen Befragten mit 100 % beantwortet. Auch ist klar zu sehen, dass eine automatische Abrechnung nach Herstellungsparametern noch nicht Stand der Technik ist. In den übrigen Kategorien kann keine allgemeine Aussage getroffen werden. Aufgrund dessen ist der Mittelwert als wenig repräsentativ anzusehen. Zu beachten ist, dass es sich dabei um subjektive Einschätzungen der ausführenden Unternehmen handelt.



Grafik 6.5.3: Auswertung der Fachgespräche mit Ausführenden

6.5.4 ZUSAMMENFASSUNG

In Grafik 6.5.4 wurden die Mittelwerte der Grafik 6.5.1, Grafik 6.5.2 und Grafik 6.5.3 zusammengefasst. Klar ersichtlich ist, dass der Mittelwert der ausführenden Unternehmen in allen Kategorien höher ausfällt. Da die ausführenden Unternehmen am häufigsten moderne Datenmonitoringsysteme einsetzen und direkt verwenden, können deren Aussagen als am repräsentativsten angesehen werden. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass es sich bei der Darstellung in Grafik 6.5.4 um Mittelwerte handelt, weshalb einzelne Einschätzungen von Experten ein anderes Bild zeigen können. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die automatische Speicherung der DSV-Daten am Bohrgerät lückenlos funktioniert, jedoch werden die weiteren Schritte des idealen Datenflusses in der Praxis nur vereinzelt bis gar nicht umgesetzt. In diesen Bereichen liegt sehr großes Verbesserungspotential.



Grafik 6.5.4: Zusammenfassung nach Leistungsgruppen

7 VERZEICHNISSE

7.1 LITERATURVERZEICHNIS

7.1.1 BÜCHER UND ZEITSCHRIFTEN

Adam, D.: Aktuelle Entwicklungen im Erd- und Grundbau für Straßen und Eisenbahnwesen, 9. Erdbaufachtagung, 31.01.2013

Adam, D.: Untergrunderkundung, Grundbau und Bodenmechanik 1, TU Wien, 2016

Beck, C.: Untersuchung der Auswirkung von Luftummantelung und Pumpencharakteristik auf die Schneidkraft des Düsenstrahls, Dissertation, TU Cottbus, 21.11.2006

Berg, J.: Das Düsenstrahlverfahren im Spezialtiefbau, Voraussetzung-Planung-Ausführung, Band 19, expert-Verlag, 2002

Bonfigm, K.W.: Technische Durchflussmessung unter besonderer Berücksichtigung neuartiger Durchflussmessverfahren, Vulkan-Verlag Essen, 3. Auflage, 2002, S. 190-200

Breit, K.: Vorlesung Spezialtiefbau DSV, WS 2015/16

Buja, H.: Bohrtechnik Handbuch: Flach-, Geothermie- und Horizontalbohrverfahren, Grundlage-Gerätetechnik-Anwendung, BoD-Book on Demand, Norderstedt, 2. Auflage

Buja, H.-O.: Spezialtiefbaupraxis: Grundlagen, Gerätetechnik, Anwendungen, Praxiserfahrungen, Norderstedt, 1. Auflage

Hebecker, R.: Tiefe DSV/Jetting-Sohle in Trogbaugrube, Neubau U-Bahn U5 in Berlin, Mitteilung der Geotechnik Schweiz, 05.2015

HTB Bau GmbH; Düsenstrahlverfahren, Prospekt HTB Bau GmbH, Kap. Qualitätssicherung

HTB: Düsenstrahlverfahren

Huber, W: Industrie 4.0 in der Automobilproduktion, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016

IHK für Oberfranken: Grundlagen Speicherprogrammierbarer Steuerungen, ink.online&medien.gmbh, Bayreuth, 28.03.2003

Jean Lutz SA: Produktdatenblatt Jean-Lutz-System

Jet Grouting Task Force: Jet Grouting Guideline, Geo-Institute of ASCE Grouting Committee, 06.2009

Kardel, J.: Injektionstechnische Methoden bei der Sicherung von Altbergbau – ein Überblick, Stump Spezialtiefbau GmbH, Freiberg, 2001

Knitsch, H.; Pandrea, P: Bohrlochabweichung und Bohrlochvermessung, Geotechnik-Kolloquium, GeTec, 13.03.2008

Knitsch, H.; Tsiolakis, A.: Messtechnische Überwachung von Düsenstrahlarbeiten, GeTec, 2006

Krentz, M.; Zur guten fachlichen Praxis des Düsenstrahlverfahrens, Geotechnik 38, Ernst&Sohn, 2015, Heft 1

Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau TU München; Spezialtiefbau Vorlesungsskript

Lehrstuhl für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau: Spezialverfahren, TU München

Maybaum, G.; Mieht, P.; Oltmanns, W.; Vahland, R.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage, 2011

Meinhard, K., Drucker P.: Qualitätssicherung Bodenvermörtelung – ein neues österreichisches Merkblatt, TU Wien

Plankel, A.; Die neue ÖNORM B 4402 Geotechnische Untersuchungen für Bautechnische Zwecke, 3P Geotechnik, 2005

PORR AG: Grundbau-Broschüre, 2012

Pühringer, Martin: Beispiel DSV-Tagesbericht von PORR Bau GmbH von der Baustelle Universitätsklinikum St. Pölten, 12.04.2016

Risto, S.: Bachelorarbeit Monitoring im Tiefbau, 03.11.2016

Schachinger, T.; Gaube, H.; Krainer, G.: Erkenntnisse aus dem Versuchsfeld Untersammelsdorf für die Gestaltung der Vortriebsmaßnahmen, Geomechanik und Tunnelbau, Ernst&Sohn, April 2010

Schnell, W: Verfahrenstechnik zur Sicherung von Baugruben, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2. Auflage, 1995

Schweizerische Gesellschaft für Boden- und Felsmechanik: Pfahlfundationen – Bemessen, ausführen, prüfen, Herbsttagung, 28.10.2005

TEMPJET: Laufende Qualitätskontrolle und –sicherung, Software für thermische Durchmesserbestimmung von Düsenstrahlsäulen, World of PORR 160/2012

Toth, P.; Weber, A.: Verfahren zum Herstellen einer Dichtsohle nach dem Düsenstrahlverfahren, Europäische Patentanmeldung: EP 0 918 110 A1, 1999, S.6

Trunk, U.;Winkler, F.: Düsenstrahlverfahren im Tunnelbau, Geomechanik und Tunnelbau, Ernst&Sohn, Juni 2013

Windelband, L.; Spöttl, G.: Diffusion von Technologie in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des Internet der Dinge, 2012

Winkler, L.: Digitales Datenmanagement, Vortrag bei der 4th Arabian Tunnelling Conference 2017 & 20th Gulf Engineering Forum, 21.,22.02.2017

Zilch, K.; Diederrichs, C.; Katzenbach, R.; Beckmann, K.: Geotechnik, Springer-Vieweg, 2.Auflage, 2013

Züblin Spezialtiefbau GmbH: Jet Bericht von Justizgebäude Salzburg, 2015

7.1.2 FACHGESPRÄCHE

Ausführender 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro), 06.03.2017

Ausführender 2: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 2,2 Mrd. Euro), 08.03.2017

Ausführender 3; Ausführender 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

Ausführender 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein deutsches Spezialtiefbauunternehmen (Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro), 15.03.2017

Ausführender 6: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Bauunternehmen (Umsatz: rund 78 Mio. Euro), 31.05.2017

Bauherr 1: Fragebogen über Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Infrastrukturunternehmen (Umsatz: rund 2,4 Mrd. Euro), 12.04.2016

Bauherr 2; Bauherr 3: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV mit Fokus auf ein österreichisches Infrastrukturunternehmen (Umsatz: rund 503 Mio. Euro), 08.06.2017

Keller Grundbau GmbH: Vortrag über die Baustelle in St. Kanzian, Koralmbahn, 27.04.2017

Planer 1: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 10.03.2017

Planer 2: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 30.05.2017

Planer 3; Planer 4: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 30.05.2017

Planer 5: Fachgespräch zum Datenmonitoring beim DSV, 07.06.2017

7.1.3 NORMEN UND RICHTLINIEN

Deutsches Normungsinstitut: DIN 18321, 04.2016

Österreichische Bautechnik Vereinigung: Qualitätssicherung für Bodenvermörtelung, Sept. 2012

Österreichisches Normungsinstitut: ÖNORM EN 12716, 2002

7.1.4 ONLINE-QUELLEN

Baunetz Wissen: <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/herstellung/wasserzementwert-150934>, 25.06.2017

Baunetz Wissen: <https://www.baunetzwissen.de/beton/fachwissen/herstellung/bindemittel-zusatzmittel-und-zusatzstoffe-150932>, 25.06.2017

Chemie.de: http://www.chemie.de/lexikon/Suspension_%28Chemie%29.html, 20.05.2017

Computer Lexikon: <https://www.computerlexikon.com/definition-harddisc>, 30.06.2017

Furch Grundbau GmbH: <http://www.furch-grundbau.de/technik.html>, 30.03.2017

Gabler Wirtschaftslexikon: <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/telematik.html>, 30.06.2017

Implenia Spezialtiefbau GmbH: <http://www.spezialtiefbau.bilfinger.com/fileadmin/conspezialtiefbau/prospekte/deutsch/Duesenstrahlverfahren.pdf> - Online Prospekt Implenia Spezialtiefbau GmbH, Düsenstrahlverfahren

INITS - Universitäres Gründerservice Wien GmbH: Jahresbericht 2015/16

Jean Lutz SA: <http://www.jeanlutzsa.fr/DNN/de/DieFirma/Vorstellung.aspx>

Keller Grundbau GmbH: <http://www.kellergrundbau.at/itemacms/content/files/broschueren/aci.pdf> - Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Acoustic Column Inspector –ACI, Prospekt 67-04D, 30.03.2017

Keller Grundbau GmbH: www.keller-mts.ch – Online Prospekt Keller Grundbau GmbH, Soilcrete Verfahren, Prospekt 67-03D, 07.04.2017

ÖBGL: <http://www.bgl-online.info/BGL/frameset.html?start=2>, 25.09.2017

ÖBV: <http://baugrube.bautechnik.pro/Ausschreibungsgrundlagen/Ergebnis/f4900a56-2639-4181-8cac-0fff9e262bea>, 10.07.2017

Höning, A.: Die industrielle Revolution, RP-Online, 18.06.2014

7.2 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Grafik 1.3.1: Beispiel aus dem Fragebogen	7
Grafik 1.3.2: Beispiel aus dem Fragebogen	9
Grafik 2.5.1: Anwendungsgrenzen des Verfahrens	15
Grafik 2.5.2: Schematische Darstellung des DSV	16
Grafik 2.5.3: Schematischer Schnitt durch einen konventionellen Düsenstrahlverfahren (Zweiphasensystem), mögliche Verschleißzonen angedeutet.....	18
Grafik 2.5.4: Geometrieformen eines DSV-Körpers	19
Grafik 2.5.5: Links: Ausführungsformen von DSV-Körpern, Rechts: Anordnung von Säulen bzw. Lamellen	19
Grafik 2.5.6: Schematische Darstellung des Einphasenverfahrens	21
Grafik 2.5.7: Aufnahme des Einphasenverfahrens	21
Grafik 2.5.8: Schematische Darstellung des Zweiphasenverfahrens	22

Grafik 2.5.9: Aufnahme des Zweiphasenverfahrens	22
Grafik 2.5.10: Schematische Darstellung des Dreiphasenverfahrens.....	23
Grafik 2.5.11: Aufnahme des Dreiphasenverfahrens	23
Grafik 2.6.1: Einschätzung optimaler Einsatzbereich	25
Grafik 2.8.1: Produktionsschritte und Geräte (Foto: Keller Grundbau)	28
Grafik 2.9.1: Drucksensoren.....	33
Grafik 2.9.2: Durchflussmesser	33
Grafik 2.9.3: Seilzug.....	33
Grafik 2.9.4: Bohrinklinometer	36
Grafik 2.9.5: SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung)	36
Grafik 2.9.6: Wirkungsweise einer SPS	38
Grafik 3.1.1: Funktionsweise Jean-Lutz-System	45
Grafik 3.1.2: graphische Auswertung der Herstellerparameter, Jean-Lutz-System.....	48
Grafik 3.1.3: Zeit-Tiefen-Abhängigkeit des Herstellvorganges	49
Grafik 3.1.4: Anordnung der Sensoren	51
Grafik 3.1.5: Beispiel: Jet Bericht, Züblin	52
Grafik 3.2.1: Tagesbericht Misch- und Pumpanlage	56
Grafik 3.2.2: Tagesbericht Düsengeräte.....	56
Grafik 3.4.1: Kreislauf der Messwerte.....	62
Grafik 3.4.2: Beispiel: Bohrbericht, Züblin.....	63
Grafik 3.4.3: Beispiel: Bericht während des Düsenvorgangs, Züblin	65
Grafik 3.4.4: Beispiel: Kopfzeile DSV-Bericht, Züblin	65
Grafik 3.4.5: Beispiel: DSV-Bericht, Züblin	66
Grafik 3.4.6: Beispiel Aufzeichnungen mit Jean-Lutz-System	67
Grafik 3.4.7: Auslesegerät von Jean-Lutz.....	68
Grafik 3.5.1: wesentliche Schritte in der Datenverwaltung	79
Grafik 4.2.1: Frischmörtelentnahmegerät	94
Grafik 4.2.2: Begrenzung des Größtkorns	94
Grafik 4.2.3: Flussdiagramm zur Beurteilung der Prüfergebnisse	95
Grafik 4.3.1: Hydrophonverfahren bei Bilfinger Spezialtiefbau GmbH.....	98
Grafik 4.3.2: Auswertung des TEMPJET-Verfahren.....	99
Grafik 4.3.3: Acoustic Column Inspector.....	100
Grafik 4.3.4: Bohrlochabweichung von 1%, 1,5%, 2% in Abhängigkeit der Bohrtiefe	102
Grafik 4.3.1: Datenverwaltung während der Ausführungsphase in Zukunft	104
Grafik 5.1.1: Visualisierung bereits abgewickelter DSV-Arbeiten Grundriss	105
Grafik 5.1.2: Visualisierung bereits abgewickelter DSV-Arbeiten, 3D Darstellung	106
Grafik 5.1.3: mögliche Verbesserungen eines DSV-Berichts	107
Grafik 6.5.1: Auswertung der Fachgespräche mit Bauherrn.....	115
Grafik 6.5.2: Auswertung der Fachgespräche mit Planern.....	116
Grafik 6.5.3: Auswertung der Fachgespräche mit Ausführenden	117
Grafik 6.5.4: Zusammenfassung nach Leistungsgruppen	118

7.3 TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 2.3.1: Bodenverbesserungsverfahren.....	14
--	----

Tab. 2.5.1: Druckfestigkeiten von DSV-Körpern.....	20
Tab. 2.5.2: Prinzip und Merkmale der Herstellverfahren	23
Tab. 2.8.1: Bohrgeräte.....	29
Tab. 2.8.2: Vergleichswerte DSV und Injektionen	30
Tab. 3.1.1: Vergleich der Systeme IDE und Jean-Lutz.....	49
Tab. 3.5.1: Digitales Datenmanagement in 3 Stufen	72
Tab. 3.5.2: Digitales Datenmanagement in 5 Stufen	78
Tab. 3.7.1: Zusammenfassung der Anforderungsprofile.....	84
Tab. 3.9.1: Zusammenfassung der Schwachstellen	90
Tab. 5.3.1: Eingangsdaten in globale Datenbank.....	109
Tab. 6.5.1: Zusammenfassung der Fachgespräche	114

8 Anhang

Fragebogen

Erstellt von: Paula Lengauer

Zweck: Für meine Diplomarbeit mit dem Titel „Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren“ an der TU Wien im Forschungsbereich „Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik“ unter der Leitung von Herrn Prof. Gerald Goger.

Mein Betreuer: Studienassistent DI Leopold Winkler



Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren

In der Bau- und Umwelttechnik wird es immer wichtiger die konstante Qualität und Sicherheit von Baumaßnahmen zu gewährleisten und auch zu dokumentieren. Dabei werden bereits jetzt auf der Baustelle eine Vielzahl an Produktions- und Umweltdaten erfasst. Um moderne Monitoringsysteme zu entwickeln, die Qualität und Leistung erheben, ist es wichtig die diversen Anforderungen der Beteiligten am Bau zu kennen. Im Zuge meiner Diplomarbeit mit dem Titel „Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren“ versuche ich den Weg bzw. Kreislauf von Messwerten, die während der Herstellung von Bodenvermörtelungskörpern (DSV) aufgenommen werden, zu analysieren. Beginnend von der Aufnahme während der Herstellung bis zur Auswertung und Speicherung. Nun geht es mir aber vorrangig nicht um Methoden zur Qualitätssicherung von Bodenvermörtelungskörpern, die erst nach der Herstellung durchgeführt werden. Ich beschäftige mich mit Systemen, die bereits in den Herstellungsprozess einbezogen werden, um auch eventuelle Korrekturmaßnahmen durchführen zu können. Schwerpunkte meiner Diplomarbeit sind somit, die Aufnahme von Messwerten während der Herstellung und vor allem im Weiteren, was mit diesen Daten bezüglich Auswertung, Aufbereitung, Speicherung, etc. geschieht. Die derzeit verwendeten Systeme zur Erfassung von Herstellungsdaten eines Bodenvermörtelungskörpers unterscheiden sich von Unternehmen zu Unternehmen. Auch werden der Grad der Digitalisierung bzw. das Vorhandensein einer globalen vernetzten Datenbank, der aufgenommenen Daten zwischen Unternehmen und Baustellen variieren. Um moderne Monitoringsysteme zu entwickeln, ist es wichtig die diversen Anforderungen der Beteiligten am Bau zu kennen. Nur durch Gespräche mit Spezialisten wie Ihnen ist es für mich möglich einen Einblick in diese Thematik zu gewinnen. Im Fokus dieser Befragung soll eine Bestandsanalyse, sowie Anforderungsprofile für die Zukunft stehen und nicht vertrauliche, firmenspezifische Produktionsdaten einzelner Systeme. Ich möchte mich schon jetzt für Ihre Zeit und Ihr Bemühen bedanken!

Paula Lengauer

8.1 AUSFÜHRENDER 1

Unternehmen/Firma:

österreichisches Bauunternehmen, international tätig
Umsatz: rund 3,9 Mrd. Euro

Namen:

Ausführender 1

Funktion:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung | <input type="checkbox"/> Planer |
| <input checked="" type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) | <input type="checkbox"/> Kalkulation |
| <input type="checkbox"/> Techniker | <input type="checkbox"/> Andere |

Genauere Bezeichnung der Funktion:

Gruppenleiter Leichter Spezialtiefbau + Rammtechnik

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl-Arbeiten durch?

Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz den Namen und die Funktionsweise Ihres vertrauten Systems für das Datenmonitoring beim DSV.

Die laufende Kontrolle bzw. das Datenmonitoring wird mit dem Jean-Lutz System durchgeführt. Jean Lutz ist ein französischer Hersteller und wird zur Dokumentation der Herstellparameter angewandt. Dieses System wird neben DSV-Arbeiten auch für Schlitzwände und Bohrpfähle angewandt.

Es gibt kein Online-System zur Durchmesserbestimmung, bei dem schon während des Abbohrens der Durchmesser bestimmt werden kann und in einer Datenbank gespeichert wird.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines Bodenvermörtelungskörpers mit DSV simuliert bzw. beschrieben werden.

Wo beginnt die Aufnahme von Messwerten? Was wird gemessen?

Die Aufnahme beginnt beim Abbohren. Aufgenommen werden die Herstellparameter, die man protokollieren möchte.

Beim Abbohren werden folgende Parameter aufgenommen: Bohrtiefe, Bohrgeschwindigkeit (Fortschritt), Rotation, Suspensionsdruck, Suspensionsmenge in Abhängigkeit von Tiefe und Zeit.

Beim Düsen werden folgende Parameter aufgenommen: Tiefe, Rückzugsgeschwindigkeit, Rotation, Suspensionsdruck, Suspensionsmenge, Luftdruck, manchmal auch Luftmenge

Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?

jede Sekunde, geringer ist nicht sinnvoll mehr aber auch nicht, aufgrund der Rückzugsgeschwindigkeiten.

Beispiel: Rückzugsgeschwindigkeiten 60cm/min -> 1cm/sec und die Auflösung der Tiefe entspricht 1cm. Deshalb muss auf jeden Fall pro Sekunde aufgenommen werden.

Wo sind die Messsensoren angebracht? Möglicherweise können Sie Skizzen und technische Beschreibungen zur Verfügung stellen.

Am Bohrgerät, je nachdem wie die Lafette gestaffelt ist, gibt es einen Tiefensensor (Laser), ein Zugband oder einen Zahnkranz. Das Zugband misst den zurückgelegten Weg der Lafette, womit man auf die Tiefe schließen kann. Das Gleiche passiert mit einem Zahnkranz, wobei man die Größe des Zahnkranzes wissen muss, z.B. ein Zahnkranz ist 2cm. Zurückgelegter Weg der Lafette kann auch mit einem Sensor gemessen werden und so auf die Tiefe schließen.

Drehmotor der die Drehungen misst. Es gibt einen Abnehmer (Sensor) am Drehmotor, der die Anzahl der Drehungen misst.

Durchflussmesser zur Messung von Suspensionsmenge, -druck und Luftmenge, -druck am Bohrgerät

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt? Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Speicherung erfolgt auf einer Speicherkarte am Gerät. Das Speichermedium ist ein USB-Sticks, eine Speicherkarte in Form einer vergrößerten Scheckkarte oder eine gewöhnliche SD-Karte. Die Daten auf dieser Karte werden später ausgelesen.

Es gibt auch Systeme, bei denen die Daten sofort online zu einem Datenspeicher gesandt werden, die dann von jedem mitverfolgt werden können. Das Problem jedoch ist der Ausfall dieser Datenspeicherung bei mangelnder GSM-Verbindung. Es ist ein riesiges Problem, wenn der Datensatz eines gesamten Tages fehlt oder sogar die Geräte 2 Tage stillstehen müssen bis ein Techniker zur Wiederherstellung dieser Verbindung kommt.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

Eine automatische Weiterverarbeitung der Herstellerdaten gibt es nicht. Der Polier schreibt die Herstellerdaten von der graphischen Auswertung in das Tagesprotokoll.

Meines Wissens ist die Firma Keller die einzige Firma, die es ermöglicht die Daten vom Baugerät automatisch an eine übergreifende Datenbank zu senden. Keller hat dies jetzt das erste Mal bei der Baustelle Untersammelsdorf praktiziert.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Auf der Speicherkarte werden nur Daten gespeichert. Die Auswertung erfolgt mit Hilfe einer Software am Computer. Mit Hilfe dieser Software kann ein Protokoll erstellt werden, in dem alle Herstellparameter in Abhängigkeit von der Zeit und Tiefe graphisch dargestellt werden. Das Einlesen der Daten und die Erstellung des Protokolls erfolgen wiederum händisch.

Diese Software wird auch von Jean-Lutz zur Verfügung gestellt.

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?

Nein, die automatische Datenverarbeitung endet am Bohrgerät. Die händisch eingetragenen Messwerte in das Tagesprotokoll werden je nach Abrechnungsvertrag für Abrechnungen verwendet.

Die elektronische Aufzeichnung der Herstellparameter ist noch nicht Pflicht laut Norm. Der Bautagesbericht schon.



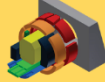
Es gibt Bohrgeräte, bei denen die elektronische Aufzeichnung noch gar nicht möglich ist. Z.B. bei Bohrgeräten für Kellerräume. Diese haben nur eine Hand-Lafette, die im Keller gegen die Decke verspreizt wird und dann wird gedüst. Diese müssen noch mit der Hand gesteuert werden und haben noch kein automatisches Ziehen.

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Nein

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Unser Unternehmen würde in die Entwicklungsstufe 2 in den Bereichen Messung und Speicherung passen, wobei der 3. Schritt Analyse fast gar nicht durchgeführt wird. Am ehesten noch als Tabellenkalkulation.

Zusammenfassend steht unser Unternehmen nach dieser Einstufung zwischen Entwicklungsstufe 1 und 2.

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Noch fast gar nicht. Alleine die Aufzeichnung der Herstellparameter ist digital. Danach erfolgt alles händisch.

Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?

Für die Bohrdatenerfassung wird die Software vom Gerätehersteller (Jean-Lutz) zur Verfügung gestellt. Für die Auswertung/ Analyse gibt es nur Einzellösungen - Software wird von einem Unternehmen für den internen Gebrauch programmiert.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Injektionen: Protokolle werden vielleicht automatisch ausgegeben. Die große Hürde ist der automatische Datentransfer vom Protokoll in den Tagesbericht und die Analyse.

Bei unserem Unternehmen ist in der Digitalisierung kein anderer Prozess fortgeschrittener. Es befinden sich alle Spezialtiefbauprozesse auf einem ähnlichen Level.

Züblin Spezialtiefbau ist diesbezüglich weiter fortgeschrittener, weil diese eigene Mechatroniker haben, die sich mit der Weiterentwicklung der Geräte beschäftigen. Wir kaufen die Geräte am Markt ein.

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Ja, wird sich in den nächsten 5 Jahren umstellen. Wir haben im Gesamten also auch im kaufmännischen und administrativen Bereich die Digitalisierung bis 2020 als Schwerpunkt, wo es darum geht Arbeitsprozesse, wie Lieferscheine, Rechnungen, Mängelbehebungen zu digitalisieren.

Ausführende Firmen sehen die Digitalisierung anders als Planer und Bauherr. Der Planer hätte gerne jede Datei und viele bunte Bilder. Wenn aber z.B. in der graphischen Darstellung der Herstellungsparameter unerwartete kleine "Zacken" sind, wird dies vom Planer nicht mehr abgenommen, weil es hier Kleinigkeiten gibt, die nicht passen. Das ist die Gefahr von sehr vielen Parameter. Da gibt es dann immer weniger Leute, die ingenieurmäßig denken und den Grund von Unregelmäßigkeiten nicht mehr hinterfragen. Denn die DSV-Säule ist ja trotz der kleinen Unregelmäßigkeit noch immer in Ordnung. Die Baufirma hat immer die Haftung für ein Produkt. Sie stellen her was am Plan definiert ist, haben dafür die Verantwortung dies plangemäß herzustellen und müssen Protokolle liefern. Was passiert, wenn einen Tag die Messung ausfällt? Ich sitze in der Euronorm für DSV als Österreichvertreter im Ausschuss und auch dort wird über die elektronische Datenaufzeichnung diskutiert: Ist es Pflicht? Ist es gewünscht? Was passiert bei Aufzeichnungsausfällen? Steht die Baustelle dann still? Ich kann ja nur das verrechnen was dokumentiert wurde. Die ÖBA hat sich früher damit auseinandergesetzt was auf der Baustelle gemacht wurde. Jetzt wird zum Teil nur noch auf Protokolle gewartet. Wenn aber das Protokoll nicht zu 100% richtig ist, oder ein bisschen anders aussieht als gewünscht, dann wird dies nicht akzeptiert. Früher wurde dies auf der Baustelle angeschaut und verstanden.

Baufirmen sind sich einig es wird keiner die Digitalisierung aufhalten. Wenn man hier als Ausführender nicht mitmacht, wird man keine Aufträge mehr bekommen. Jedoch muss man immer hinterfragen: Wer kontrolliert die Digitalisierung? Wer hat das ingenieurmäßige Denken noch, um diese Daten interpretieren zu können?

Mit der Digitalisierung ist es leicht Protokolle, Auswertungen und Analysen zu erstellen, einen Plan zu generieren und es werden damit auch was das Vergessen von Säulen oder andere Fehler durch Ungenauigkeit angeht, keine Fehler mehr passieren. Materialabrechnung- und Logistik, Erstellung von Lieferscheinen sind Aufgabenstellungen, die durch die Digitalisierung sicher vereinfacht werden, aber nicht alle Prozesse werden damit einfacher.

Man sollte immer nur so genau aufnehmen, so genau ein Verfahren ist. Sprichwort: Im Stahlbau rechnet man mit mm im Betonbau mit cm und im Grundbau ist man froh, wenn das Vorzeichen stimmt. Im

Grundbau vor allem DSV durch die Suspension-Boden Mischung (ungewisse Parameter des Bodens) können auch in der Planung nur ungefähre Ergebnisse errechnet/geschätzt werden. Deshalb ist auch eine genaue Dokumentation nicht sinnvoll.

Eine Möglichkeit, um solche Probleme der Digitalisierung für Ausführende zu umgehen: Da die Bau-firma die Haftung übernimmt, haben sie auch eine/n Nachweispflicht/Nachweisapparat, dass sie sagen können auf der ganzen Baustelle werden die DSV-Körper gleich hergestellt. Wenn der Bauherr diese Protokolle kontrolliert, kann er unter Umständen Fehler feststellen. Z.B. dass der Bohrmeister einen Meter zu kurz gebohrt hat oder Suspensionsdruck vereinzelt zu gering ist. Weil die Baufirma aber mit den Herstellparametern garantiert, dass alle DSV-Körper auf die gleiche Art und Weise hergestellt wurden und der Bauherr nur eine Bodenprobe zu Verfügung stellt, haftet die Baufirma für die Mängel einzelner Säulen nicht mehr.

Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit. Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Nein. Ich habe auch noch keine Erfahrungen damit. Die einzige Baustelle (in Österreich), wo dies angewandt wurde, ist die Baustelle in Untersammelsdorf der Firma Keller.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

< 10%

Es ist nicht abhängig von Bauherrn und Projektvolumen. Der einzige Grund ist, dass diese ausführliche Dokumentation noch nicht in der Norm vorgeschrieben wird.

Bauherr kann es auch noch nicht verlangen, weil es normativ nicht geregelt ist. Ein Tagesprotokoll ist laut Norm vorgeschrieben und somit ausreichend.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Technische Ausfälle: mechanische Ausfälle, Softwareausfälle, Software-Updates, Internetausfälle - ein Mechatroniker muss extra auf die Baustelle kommen, um Probleme bei den neuen Geräten zu beheben, da ein Techniker heutzutage nicht mehr ausreicht. Oft müssen einfache Software-Updates durchgeführt werden. Vergleich mit modernem Auto.

Wenn Mechatroniker erst in 2 Tage auf der Baustelle sein kann, stehen die DSV-Geräte 2 Tage still - extrem hohe finanzielle Verluste (Gerätekosten/Tag 4000€). Auch Zeit spielt eine Rolle - Arbeiten müssen verschoben werden.

Zu genaue Dokumentation: es wird nicht mehr ingenieurmäßig geprüft

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

In der Zukunft: dass man händische Übertragungen vermeidet bzw. ausschaltet – Fehlerquellen durch händische Übertragung vermeiden.

In der nahen Vergangenheit: gibt es nicht - mit dem Jean-Lutz System arbeiten wir seit 10 Jahren.

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Bauherr: will viele, bunte Bilder wo keine Fehler ersichtlich sind, möchte nachgewiesen haben, dass das Unternehmen auch den Stand der Technik und die Leistungen erbracht hat. Der Bauherr prüft die Qualität und will eine ausreichende Dokumentation der Arbeiten für spätere Mängelbehebung. Bauherr will nur ein Werk: das haben wir gemacht. Will das vielleicht einer Behörde überreichen und bei Mängeln will er diese nachvollziehen können. Er ist oft gar nicht dabei, und kann bei Ausfall von Geräten die Leistung nicht bezahlen, weil keine Dokumente vorhanden sind.

Planer: hat gerne das gleiche wie der Bauherr, aber zusätzlich als Qualitätskriterium und Beurteilung, ob die Wahl der Herstellungsparameter korrekt war, um dazuzulernen und nachzufragen. Er hinterfragt die Herstellungsprozesse. Er legt keinen Wert auf eine 100%ig richtige Dokumentation, er lernt aus den Prozessen.

Ausführender: Datenmonitoring ist zur Fehlervermeidung, Nachweispflicht und Qualitätskontrolle und oft ist es für ihn eine zusätzliche Belastung vor allem durch unnötige Diskussionen, wenn Systeme ausfallen. Er hat selbst die Haftung - darum versteht er die Herstellungsprozesse und ist auch immer vor Ort.

Das gemeinsame Anforderungsprofil von allen ist, dass alles zu 100% funktioniert.

Zusatz Info: In der neuen Fassung der EN 12716 wird eine dauernde digitale Überwachung mit kurzfristigen Ausfällen gefordert, wobei "kurzfristig" nicht genau definiert wird. Sprich eine elektronische Datenerfassung wird gefordert, was natürlich ein Problem für die Kleinstgeräte (Kellergeräte) darstellt.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

zuverlässig, aussagekräftig, ohne zusätzliche Aufwendungen, Ressourcenbindung (dass man z.B. 2 Leute braucht, die sich ständig damit beschäftigen)

Wir kaufen ein Bohrgerät und auf diesem installieren wir die Datenaufzeichnung, Software. Computer für das Datenmonitoring soll in Zukunft auch zugekauft werden, wie jetzt das Jean-Lutz-System. Wir haben keine eigenständige Entwicklung, weil die eigene Entwicklung keiner bezahlen würde. Software wird von einem Unternehmen wie eguana gekauft.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Nichts

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Gerätetechnik: Düsengerät, alternative Lösungsansätze Rücklaufentsorgung

Personalschulung

Aus interner Qualitätskontrolle: dass eigene Datenbanken zur Verfügung stehen, Fluktuation im Unternehmen im Auge behalten. Know-How muss im Unternehmen bleiben aber externe Leute werden ich auch brauchen.

Digitalisierung ist Voraussetzung, um in Zukunft nicht ausgeschlossen zu werden, aber nicht um Marktführer zu werden. Auch zur Einhaltung eines gewissen Qualitätsstandards ist Digitalisierung hilfreich. Der Bauherr wird in 10 oder 20 Jahren ein Tagesprotokoll in heutiger Form nicht mehr akzeptieren. Man sollte einfach am Zug der Zeit sein. Man wird diese Daten auch für zusätzliche Bestimmungen

verwenden. Durch Digitalisierung wird der Arbeitsprozess aber nicht wesentlich verschnellert, weil um das was ich nach der Herstellung schneller bin (weil alle Daten bereits im System vorhanden sind) muss ich vorher mehr Zeit investieren, um die erforderlichen Daten ins System zu implementieren.

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

In unserem internen Planungsbüro ist BIM sehr hochgeschrieben. Im Hochbau wird es sehr oft verwendet vor allem, weil interaktive Planungen mit dem Bauherrn gemacht werden können und für einzelne Bauteile rasch Abrechnungen erstellt werden können und so sofort auf die Kosten reagiert werden kann.

Im Spezialtiefbau wird es noch gar nicht verwendet. Fallweise in der Planung, wenn der Spezialtiefbau mit dem Hochbau verknüpft wird.

Im Hochbau wird BIM in der Ausführung weitergeführt, aber im Spezialtiefbau gar nicht. Im normalen Tiefbau (U-Bahnbau) kann sein? Weiß ich nicht.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

Wird nicht verwendet.

8.2 AUSFÜHRENDER 2

Unternehmen/Firma:	deutsches Spezialtiefbauunternehmen, international tätig Umsatz: rund 2,2 Mrd. Euro
Namen:	Ausführender 2
Funktion:	<input type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input type="checkbox"/> Ausführer (z.B. Bauleitung) <input checked="" type="checkbox"/> Techniker <input type="checkbox"/> Planer <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Andere
Genauere Bezeichnung der Funktion:	Product Line Manager

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl - Arbeiten durch? Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz den Namen und die Funktionsweise Ihres vertrauten Systems für das Datenmonitoring beim DSV.

M5 - Eigenentwicklung der KGS - Keller Geräte Service GesmbH, Renchen

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines Bodenvermörtelungskörpers mit DSV simuliert bzw. beschrieben werden.

Wo beginnt die Aufnahme von Messwerten? Was wird gemessen?

Druck und Durchfluss aller Medien (Luft, Suspension, Wasser); Zeit, Tiefe, Vorschub, Drehmoment, Anpressdruck

Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?

in 1sek oder 2sek Schritten

Wo sind die Messsensoren angebracht? Möglicherweise können Sie Skizzen und technische Beschreibungen zur Verfügung stellen.

Im Wesentlichen am Bohrgerät, mit Ausnahme des Suspensionsdurchflusses, der wird über die Pumpenhuber per Funk an die Datenerfassungseinheit am Bohrgerät gesandt.

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt? Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Die Datenerfassungseinheit befindet sich am Bohrgerät, hat einen internen Speicher für bis zu einem Jahr und zusätzlich einen USB Anschluss zum Auslesen der Daten. Über den QPM (Quality Production Manager) können die Daten auch Online abgefragt werden.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

siehe oben

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Die Daten werden über ein ebenfalls eigen entwickeltes Programm (Log-Vis) ausgelesen und grafisch dargestellt

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?

siehe oben




Die Daten werden teilweise für die Abrechnung verwendet, dienen aber jedenfalls zum Ausführungsnachweis.

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Ja, dies ist möglich und wird bei Bedarf auch über eine Access Datenbank durchgeführt.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss Entwicklungsstufen	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Messung: 3

Speicherung: 3

Analyse: 2+3

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Keine Angaben

Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?

Nachdem wir über eigene Produkte verfügen, kann über andere am Markt erhältliche Systeme keine Angabe gemacht werden.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Bei uns ist der Standard beim DSV auch bei anderen Produkten vorhanden.

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Bei uns ist das Datenmonitoring und -management bereits zu 100% digitalisiert.

Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Eine automatische Abrechnung erfolgt nicht über diese Daten.

Nur bei vereinzelt Großprojekten wird eine Art BIM System aus den gewonnenen Daten aufgebaut.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

zu 100%

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Die Sensoren sind Schmutz, Feuchtigkeit und Vibrationen ausgesetzt, dadurch kommt es unvermeidlich ab und zu zu Ausfällen in der Datenerfassung.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

Keine Angaben

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Grundsätzlich gilt für alle, sich an die Empfehlungen der EN 12716 zu halten.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

100% Datensicherung

Saubere und eindeutige Darstellung aller Parameter für den gesamten Herstellungsprozess.

Stabile Sensorik

Es darf keine Nachbearbeitung der Daten möglich sein!

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Aufzeichnung, Speicherung und Darstellung der Parameter.

Eine automatische Übernahme in ein BIM System ist noch mit „Handarbeit“ verbunden.

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Keine Angaben

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

bereits bei obenstehenden Fragen abgehandelt

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

Keine Angaben

8.3 AUSFÜHRENDER 3 UND AUSFÜHRENDER 4

Unternehmen/Firma:	deutsches Spezialtiefbauunternehmen, international tätig Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro
Namen:	Ausführender 3 & Ausführender 4
Funktion:	<input checked="" type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input type="checkbox"/> Planer <input checked="" type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Techniker <input type="checkbox"/> Andere
Genauere Bezeichnung der Funktion:	Mechatroniker

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl - Arbeiten durch? Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?
 Ja Nein

Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz den Namen und die Funktionsweise Ihres vertrauten Systems für das Datenmonitoring beim DSV.

Wir arbeiten mit einer eigens entwickelten Software. Von den Messsensoren werden während der Herstellung Daten aufgenommen und diese können über diese Software in Echtzeit mitverfolgt werden. Diese kann auch die Herstellerdaten sofort auswerten und speichert diese grundsätzlich lokal auf dem jeweiligen Gerät. Diese Daten können dann mittels USB-Stick übertragen werden. Das Ausgabegerät (Tablet, PC) ist auch netzwerkfähig. Das heißt wenn gewünscht, können diese Daten von anderen, die sich gerade nicht auf der Baustelle befinden, angesehen werden. Da dieses System firmenintern erstellt wurde, können, wenn vom Bauherrn gewünscht, auch etwaige andere (nicht standardisierte) Messwerte aufgezeichnet werden.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines Bodenvermörtelungskörpers mit DSV simuliert bzw. beschrieben werden.

Wo beginnt die Aufnahme von Messwerten? Was wird gemessen?

Mit Beginn der Bohrung.

Gemessen werden: Bohrfortschritt, Anpressdruck, Drehdruck, Drehzahl beim Bohren, Spüldruck, Spülmenge, Suspensionsdruck, Suspensionsmenge, Drehzahl beim Düsen, Haltezeit, Bohrhindernis

Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?

Die Daten werden mit entsprechenden Sensoren aufgenommen. Standardmäßig pro Sekunde. Kann aber auch öfter erfolgen. Der kritische Punkt ist der Arbeitsprozess des CPUs. Wie schnell kann der CPU arbeiten? Man legt vorher fest wie oft man Werte aufnehmen will. Ansonsten würde man an unnötiger Datenflut ersticken. Vor allem wenn man Druckspitzen hervorheben will, ist ein kurzes Messintervall von Vorteil.

Wo sind die Messsensoren angebracht? Möglicherweise können Sie Skizzen und technische Beschreibungen zur Verfügung stellen.

Hydraulisch betriebene Sensoren: für Drehmomente am Bohrgerät

In Spülleitung sitzen Druck- und Mengensensoren

Tiefensensoren über Seilzug

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt? Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Daten werden mittels Sensor aufgenommen und die erste Zusammenführung bzw. Skalierung der verschiedensten Messwerte erfolgt mittels SPS (Speicherprogrammierbare Steuerung). Der Drucksensor nimmt unterschiedliche Stromstärken von 4-20mA auf, diese müssen auf eine Einheit skaliert werden. Das erfolgt mit der SPS und von dort werden sie weiter an ein Speicher-, Auswertungs-, Aufbereitungsgerät gesandt, wo diese Daten dann in die Software implementiert werden. Speicherung dieser Daten erfolgt am Gerät.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

Der 2. Schritt ist die Übertragung der Daten auf weitere PCs. Dies kann mittels USB-Stick, E-Mail, oder über eine W-LAN Verbindung erfolgen. Je nachdem wie es gewünscht wird. Es wäre auch möglich ein Modem daran zu hängen, damit man komplett unabhängig ist.

Wenn mit eguana zusammengearbeitet wird, hängt immer ein Modem daran, damit man in regelmäßigen Abständen Daten herunterladen kann und diese dann in die von Ihnen entwickelten Software integrieren kann.

Mittlerweile hat man auch schon in Tunnels W-LAN, weil dies auch für die TBMs gebraucht wird. Auch das Handy funktioniert schon im Tunnel.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

In die Software werden die skalierten Werte eingespielt, weil jeder Sensor eine eigene Skalierung hat. Es gibt unterschiedliche Sensoren die alle unterschiedlich skaliert sind. Die Sensoren haben 4 -20 mA. Es gibt auch Sensoren mit 0-4mA, die sind aber eher selten. Das sind alles Drucksensoren. Zum Jetten haben sie höhere Drücke, als zum Spülen oder die Hydraulikdrücke. Diese sind also unterschiedlich eingestellt und skaliert. Und werden dann in der Software in der richtigen Einheit bzw. Größe abgelegt und ausgegeben.

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?

Ja, aber zurzeit nur für Injektionen (eguna, Semmering) für DSV-Arbeiten gibt es das noch nicht. Wäre technisch grundsätzlich möglich. Wird jetzt auch beim Bauprojekt Semmering Basistunnel angestrebt, jedoch ist man sich finanziell noch nicht einig, da dies ein finanzieller Mehraufwand für den Bauherrn ist.

Der Bauherr hat auch keinen Zugriff auf diese interne Aufnahme- bzw. Ausgabesoftware. Der Bauherr bekommt nur Protokolle (Excel-Datei) mit den entsprechenden Herstellungsparametern. Er bekommt nicht die Sekundenwerten, sondern nur Daten mit Tiefenzuwachs. (Kann mit Filter über Software gefiltert werden)

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?



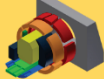
Nach Abschluss der Baustelle wird ein Sammelbericht in der Kalkulationsabteilung abgegeben und die haben das als Referenz. Rohdaten werden ganz selten aufgehoben. (zu viele Daten)

Diese Werte werden noch nicht für Prognose der Bauzeit und Kosten verwendet.

Auch bei Abrechnungswerte muss aufgepasst werden, da die Suspensionsmenge, die während der Herstellung aufgenommen wird, oft nicht der tatsächlichen Menge entspricht.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Entwicklungsstufe 3

Die Analyse ist fertig, sobald das Bohrloch abgeschlossen ist, weil auch das Protokoll automatisch ausgegeben wird. Es wird auch intern auf eine eigene Datenbank geschrieben. Es wird noch auf keine online Datenbank geschrieben (offline). Das wäre der einzige Schritt der noch zur 100%igen Digitalisierung fehlt (eguana). Bei Injektionen werden die Daten schon auf eine online Datenbank gespielt.

Wie digital wirklich die Abwicklung erfolgt, hängt vom Kunden ab! (Abhängig vom Bauherrn. Sind sehr oft im Bereich Digitalisierung nicht sehr fortgeschritten)

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Ja, bei Injektionen.

Wird zurzeit noch verhandelt, aber wenn sie sich preislich einig sind, kommt auch DSV dazu.

Das Datenmonitoring bei der Wasserhaltung erfolgt auch digital. Auch dieser Bereich ist schon sehr digital - hier wird alles schon online abgewickelt.

Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?

Auswertung erfolgt auf Basis von MS Office Standardprodukten (Excel, Access) und PDF Creator und für die globale Speicherung werden Produkte wie z.B. von eguana gekauft.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Injektionen

Wasserhaltung

Bei diesen beiden Verfahren wird auch schon Gebrauch von online Datenbanken gemacht, was beim DSV erst teilweise passiert.

Bei DSV ist nur noch die Durchmesserbestimmung in Echtzeit, die entwickelt werden muss. Wird aber schon daran gearbeitet.

Festigkeitsmessungen können meiner Meinung nach nicht digital erfolgen. Festigkeiten müssen nach der Erhärtung an Proben ermittelt werden. Es stellt sich aber immer wieder die Frage, ob das auch wirklich sinnvoll ist und gebraucht wird.

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Voll automatisiert ist es schon, jedoch endet der Prozess der Digitalisierung nie. Man muss immer dabei bleiben. Ich versuche die Prozesse seit 1990 zu digitalisieren, und es wird noch lange nicht aufhören. Z.B. eguana gibt es jetzt erst seit einem Jahr. Hätte vorher auch nie jemand gedacht, dass das so gut geht.

Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Abgerechnet kann nach Anzahl der Körper, nach Laufmeter Unterfangung, nach Kilogramm Bindemittel (Zement), m^3 Suspension oder durch eine Pauschalabrechnung erfolgen.

Man könnte schon nach Volumen Suspension abrechnen, das ja auch in Echtzeit aufgenommen wird. Jedoch darf man nie vergessen, dass die Messdaten immer geringer sind als der tatsächliche Verbrauch. Grund dafür ist, dass vorher gemischt werden muss und am Abend oder/und zu Mittag gereinigt werden muss, wodurch bis zu $1 m^3$ Suspension pro Tag verloren gehen kann. Man muss also z.B. die Messdaten um 5% erhöhen, um auf das abzurechnende Volumen zu kommen.

Perfekt für ausführende Firmen wäre eine Abrechnung nach Tonnen Material und Gerätestunden (Regiearbeit).

Es sind am Gerät ein Summenzähler eingebaut, sodass eigentlich aus den aufgenommenen Daten direkt eine Abrechnung erstellt werden kann. Das Problem sind oft noch Mischanlagen, die immer wieder Schwankungen verursachen und nicht zu 100% genau mischen. Allein beim Zementverbrauch kann man am Tag bis zu 100kg verlieren (vor allem bei großen Mischanlagen die auf m^3 genau mischen).

Spülverluste werden auch aufgezeichnet. Es kann auch sein, dass der Bauherr das nicht glaubt. Herstellereigene Software - warum soll diese stimmen!

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

98%

Auch bei Kleinstgeräten wird eine digitale Aufzeichnung gemacht.

Ist abhängig vom Bauherr. Viele "kleine" Bauherrn verlangen das nicht, weil es ein zusätzlicher finanzieller Aufwand ist.

Öffentlichen Auftraggebern verlangen es immer.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

So kompliziert, dass Bohrmeister schon teilweise den Überblick verlieren. Man braucht eigentlich schon ein überqualifiziertes Personal, um alles bedienen zu können.

Wenn er die Bohrung unterbricht, um zu spülen, muss ein zusätzlicher Knopf gedrückt werden, damit man weiß es wird jetzt gespült und nicht gebohrt. Das wird sehr oft vergessen. Beim Jetten hingegen geht das schon automatisch (richtungsabhängige Erkennung ob bohren oder spülen).

Es muss alles perfekt sein. Keiner versteht mehr mögliche Zacken in der graphischen Darstellung der Herstellungsdaten. Jeder will ein perfektes Protokoll. Es fehlt an ingenieurmäßigem Denken.

Schmutz, Dreck und Feuchtigkeit sind kein Problem. Sensoren sind verbaut und gut abgedichtet. Sind mittlerweile auch „Kärcher sicher“

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

Softwaretechnische Anpassungen: Vereinfachungen der Softwarebedienung z.B., dass Protokolle leichter ausgedruckt und Daten ausgeblendet werden können (vereinfachte Darstellung), größere Knöpfe.

Automatische Druck/Mengen Regelungen: Druck wird angegeben (maximal Druck, Arbeitsdruck). Es wird bis zu dem max. Druck hingearbeitet. Wenn dieser erreicht ist, gibt es Haltezeiten, wenn eine gewisse Haltezeit erreicht ist, wird abgeschaltet. Damit hat man automatisch notwendige Kriterien erfüllt.

Andererseits wenn man maximale Pumpmenge einstellt und es wird die maximale Pumpmenge schon vor dem maximalen Druck erreicht, dann wird mit dieser Menge weitergefahren egal welcher Druck sich einstellt. Das ist eine zusätzliche Vereinfachung zur Erstellung des geforderten DSV-Körpers.

Gibt es zwar schon, wird aber jetzt verbessert.

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Keine Angaben

Beispiel Semmering: Bauherr wollte zusätzliche Herstellparameter aufgezeichnet haben. Nicht nur Anpressdruck und Drehdruck, sondern Anpresskraft und Drehmoment. Auch beim Kernbohren wollte er Leitfähigkeit (z.B. sind dann stark kalkige Schichten sofort erkennbar) und Temperatur des Spülwassers haben. Das war bis jetzt das Speziellste.

Wenn es diese Sensorik am Markt gibt, ist es kein Problem diese am Gerät einzubauen. Das ist der große Vorteil, wenn man selber Systeme entwickelt und diese nicht zukaft.

Ein weiterer großer Vorteil ist, dass Reparaturen sehr schnell durchgeführt werden können. Ersatzteile und Personal haben wir alles im Haus. Softwareprobleme werden über Fernwartung gelöst.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Ein perfektes technisches Verständnis der Beteiligten auf der Baustelle.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Nichts, endet nie.

Hängt auch stark von den Wünschen des Bauherrn ab, auch im Bereich BIM kann man noch viel weiterentwickeln.

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

100 Sachen 😊

Durchmesserbestimmung

Geräte-/Anlagenentwicklung

Qualitätssicherung: Es ist Vorschrift 3 Mal am Tag Marsh-Trichter-Messung und Dichtemessung zu machen und nicht mehr. Ist sehr wenig Prüfung für einen ganzen Tag. (200m³ Mischung und 3 Stichproben ist sehr wenig)

Software Entwicklung

Suspensionsqualitätssicherung

Es wurden auch schon teilweise vollautomatisierte Silofüllstandsüberwachungen entwickelt, dadurch könnte man den Materialstand auf der Baustelle jederzeit online verfügbar haben, auch für die Bauerfolgsrechnung am Monatsende (wie viel Zement habe ich noch), Anlieferung automatisch wiegen und Daten aufnehmen, etc. Die große Frage: Wo ist es sinnvoll aufzuhören?

Kritischer Punkt der Digitalisierung: Softwareunternehmen, die diese Ideen nicht so schnell umsetzen können

Wir haben probiert unsere Bohrlochvermessung auf ein Android-App umschreiben zu lassen, da arbeiten wir jetzt aber schon seit über einem Jahr. Softwareentwicklung dauert so lange bis man es brauchen kann - das ist nicht baustellenpraktisch. Man muss für jede Baustelle das Umfeld neu einrichten. Das dauert einfach zu lange. Zusammenfassend: Die Software wird das begrenzende Element sein, weil man es nicht schnell genug nachziehen kann.

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

BIM wird in der Ausführung nicht nachgezogen und vervollständigt, weil es nicht "handlebar" ist. Zu viel Änderungen auf der Baustelle, die nicht in das Schema passen. BIM gibt immer ein Schema vor nachdem gearbeitet werden sollte.

In der Fertigung ist das was Anderes. In der Fertigungsstraße erfolgt immer alles gleich. Auf der Baustelle aber nicht, schon gar nicht im Tiefbau.

Es werden Teile vom BIM in Zukunft realisierbar sein, wie z.B. die Bauzeitprognosen und Kostenprognosen, die aufgrund von schon abgewickelten Leistungen bestimmt werden kann. (Wie genau kann die abgeschätzt werden? Wie kann man die Leistungssteigerung zu Beginn bewerten?) Ein Kostenplan im Vorhinein zu bestimmen wird sehr schwierig sein. Bei Injektionen z.B. weiß man vorher nie wie viel hinein gedüst wird. Die ausführende Firma wird aber nach Liter bezahlt.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

2 oder 3 verschiedene Programme haben wir im Konzern. Ich weiß allerdings nicht, wie diese heißen. Ich glaube eines davon ist Revit.

8.4 AUSFÜHRENDER 5

Unternehmen/Firma:	deutsches Spezialtiefbauunternehmen, international tätig Umsatz: rund 3,4 Mrd. Euro
Namen:	Ausführender 5
Funktion:	<input checked="" type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input type="checkbox"/> Planer <input checked="" type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Techniker <input type="checkbox"/> Andere
Genaue Bezeichnung der Funktion:	Geschäftsführer

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl - Arbeiten durch? Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz den Namen und die Funktionsweise Ihres vertrauten Systems für das Datenmonitoring beim DSV.

IDE (Injektionsdatenerfassung) - Abteilung: Mechatronik in Trumau, diese entwickeln die Datenschreiber, Datenaufzeichnungsgeräte und Software selbst

Züblin verkauft diese Software und Hardware auch an externe. Dann heißt diese Software und Hardware jedoch EXGES-Extended Geologic Solution.

Bei IDE, die wir selbst verwenden, sind wir in der Entwicklung immer einen Schritt voraus.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines Bodenvermörtelungskörpers mit DSV simuliert bzw. beschrieben werden.

Wo beginnt die Aufnahme von Messwerten? Was wird gemessen?

Daten werden einerseits auf dem Bohrgerät aufgezeichnet. Das wird BDE (Bohrdatenerfassung) genannt. Wird bei allen anspruchsvolleren Bohrarbeiten verwendet, wo man auch einen Rückschluss auf die Geologie haben möchte. Dort werden Bohrdatenschreiber eingesetzt, mit denen festgestellt werden kann wie die Bohrung verlaufen ist.

Bohrdatenschreiber: Parameter der Maschine werden aufgezeichnet und zwar: Anpressdruck, Vorschubgeschwindigkeit, Drehmoment (kN), Drehzahl, Spülwassermenge und Spülwasserdruck. Diese werden mit fortschreitender Tiefe aufgezeichnet. Wenn z.B. ab 10 Meter Tiefe der Bohrdruck ansteigt und die Vorschubgeschwindigkeit geringer wird, kann man so einen Rückschluss auf eine Änderung einer geologischen Schicht ziehen. Änderung der geologischen Formation kann man mit dem Bohrdatenschreiber schon eindeutig erkennen. Es ist aber keine qualitative Aussage möglich. Wenn man einen Bohrdatenschreiber nun wirklich zur Bestimmung der geologischen Formation nutzen möchte, müssen einige Parameter konstant gehalten werden. Ich muss mit einem konstanten Anpressdruck, mit einer konstanten Spülpumpenrate und mit einem konstanten Drehmoment bohren und zeichne

nur den Vorschub auf. Wenn sich dann der Vorschub ändert, dann habe ich tatsächlich eine Änderung der Geologie.

Jedoch wird das für gewöhnlich nie so ausgeführt, weil der Bohrmeister auf die Geologie reagiert, um einen gleichmäßigen Körper in kurzer Zeit (Wirtschaftlichkeit) zu erstellen. Z.B. dreht der Bohrmeister in einer härteren Schicht das Drehmoment höher, dann braucht man mehr Anpressdruck und die Spülmenge ändert sich. Diese Vorgänge kann ich aus dem Bohrdatenschreiber erkennen. Ich kann erkennen, ob das Änderungen sind, die der Bohrmeister getroffen hat, oder habe ich die Werte konstant gehalten, dann sind es Änderungen im Boden.

Datenerfassung während des Jet-Vorgangs: Druck der Pumpe (beim Bohren und Ziehen), Pumprate (beim Bohren und Ziehen), Rückzugsgeschwindigkeit des Gestänges pro Meter oder pro Zeiteinheit. Diese 3 Parameter sind wesentlich, da die Steuerung, des zu erzielenden Durchmesser hauptsächlich über die 3 (Pumpdruck, Pumprate, Rückzugsgeschwindigkeit) Einstellungen erfolgt. Mit diesen 3 Einstellungen wird die geforderte Säule hergestellt.

Wo werden die Daten aufgenommen: Pumpdruck und Pumprate kann im Container an der Jetpumpe direkt gemessen werden, indem man nach der Jet-Pumpe einen Durchflussmesser hat, der das Volumen misst und ein Druckgeber, der den Pumpendruck misst. Dasselbe kann auch am Bohrgerät installiert werden - Durchflussmesser und Druckmesser sind am Bohrgerät und die Daten werden über ein Kabel oder eine Funk-Fernverbindung zum Datenaufzeichnungsgerät gesandt. Diese Funk-Fernbedienung wird immer häufiger verwendet.

Die Aufnahme der Herstellparameter erfolgt ab Beginn der Bohrung. Beim Abbohren des Bohrloches werden schon die Bohrdaten aufgenommen (Pumprate und Pumpdruck) in Abhängigkeit der Tiefe. Dann beginnt der Jet-Vorgang von der entsprechenden Tiefe bis zur Oberkante des DSV-Körpers. Die Aufzeichnungen beim Jetten beziehen sich immer auf die Tiefenstufe. Das heißt Bohrgeräte müssen auch mit einem Tiefenschreiber ausgestattet sein, damit das Datenaufnahmegerät erkennt, wo sich die Bohrkronen in Bezug auf die GOK befindet.

Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?

Datenaufnahme passiert in 10tel Sekunden Schritten. Die Auswertung kann dann beliebig dargestellt werden.

Der Grund für die kurzen Aufnahmeintervalle sind Frack-Effekte (Das Aufspringen des Bodens), was in sehr kurzer Zeit passiert. Das heißt man sieht einen Anstieg des Pumpendrucks und dann einen plötzlichen Abfall. Wenn man über längere Zeitintervalle aufzeichnet, dann sind diese Druckabfälle nicht erkennbar.

Die Daten die ausgegeben werden, sind auf größere Zeitintervalle skaliert.

Wo sind die Messensoren angebracht? Möglicherweise können Sie Skizzen und technische Beschreibungen zur Verfügung stellen.

siehe 2 Fragen weiter oben

Zusatz Info: Was ist ein Injektionscontainer? Für den Jet-Betrieb braucht man 2 Einheiten. Ein Silo und einen Mischcontainer (Mischer mit einer Waage, womit die Zementmenge eingewogen wird und eine Wasserdosierung, welches auch über einen hydraulischen Durchflussmesser gesteuert wird - dort werden Mischungen angemischt). Zusätzlich gibt es noch einen Vorratsbehälter. Diese Einheit wird Injektionscontainer genannt.

Aufbereitung der Suspension erfolgt also im Injektionscontainer, der mittlerweile auch voll automatisiert ist. Es wird automatisch dosiert und auch wenn Chargen leer sind, wird die nächste automatisch gefordert.

Der Mischer mischt ständig und pumpt die Suspension in den Vorratsbehälter und die Jet-Pumpe wird von diesem Vorratsbehälter beschickt.

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt? Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Daten werden im 1. Schritt lokal am Bohrgerät gespeichert.

Eine direkte online Übertragung ist technisch möglich, aber wir haben bewusst keine online-Verbindungen, weil die Bohrmeister auf der Baustelle geschult sind, dass sie diese Bohrdatenschreiber auch selbst anwenden können. Es muss sich auch jeder Bohrmeister selbst ein System zur Benennung dieser Daten überlegen, da auf keinen Fall zwei Elemente den gleichen Namen haben dürfen - Katastrophe in der Datenverwaltung.

Bedienung des Bohrdatenschreibers erfolgt durch den Bohrmeister. Wenn jetzt z.B. der Pumpendruck abfällt muss er über Funk oder Telefon sofort dem „Mischmeister“ diesen Abfall melden. Es ist sehr wichtig, dass diese Kommunikation auch tatsächlich funktioniert. Dies wird erschwert je mehr Personen mitreden. Auch deswegen wird keine direkte online-Übertragung gemacht.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

Über W-LAN oder USB-Stick werden diese Daten in eine übergreifende Datenbank geladen. Es passiert jedoch noch hauptsächlich über USB-Stick.

Hier ist eguana zurzeit der Vorreiter, indem Sie sich über W-LAN die Daten am Ende des Tages holen und in ihre Software integrieren.

Testversuch bei einer Großbaustelle in Bayern mit 12 Injektionspumpen, wo bereits die vollautomatische Datenaufzeichnung (globale Datenbank mit Datentransfer über W-LAN Verbindung) getestet wurden. Es hat schon sehr gut funktioniert. Ziel ist, dass es in Zukunft überall nur noch so funktioniert. Züblin hat mit eguana einen Kooperationsvertrag vereinbart, bei dem eguana die Software für einen monatlichen Fixpreis zur Verfügung stellt. Meiner Meinung nach ist das ein sehr gutes System, weil normalerweise hat man als Unternehmen hohe Entwicklungskosten im Haus, und so bezahlt man nur, das was man auch wirklich nützt. Z.B. es sind 3 User (Techniker, die die Auswertung machen) auf der Baustelle, dann bezahlt man auch nur für 3 User die Lizenzen.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Excel-Format: Excel-Listen und graphische Excel-Auswertungen

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?

Es gibt 2 Systeme:

Ein System ist in unserem technischen Büro: Erstellung einer Datenbank, für die Dokumentation und Ablage von baustellenrelevante Daten einer Baugrube. Daten z.B. von Schlitzwandherstellung, Bohrpfahlherstellung, Ankerprotokolle, Spannprotokolle von Ankern, Messwerte von Inklinometern, Verformungsmesswerte von Sohlhebungen, etc. werden aufgenommen und abgelegt. Und so abgelegt, dass man eine 3D-Übersicht von dem gesamten Projekt hat. In der 3D-Darstellung können die einzelnen Elemente angeklickt werden. Dort sind dann alle relevanten Daten hinterlegt. Z.B. das Schlitzwandprotokoll, Betonierprotokoll, Bewehrungsanteil, etc.

Das 2. System macht eguana: Die machen auch zuerst eine 3D-Übersicht über die gesamte Baustelle und einzelne Elemente können auch hier wieder angeklickt werden, wo die relevanten Daten hinterlegt sind. Jedoch spezialisieren sie sich für Injektionen, DSV und Anker. Neu bei eguana ist, dass sie sich direkt die Daten von der Baustelle, von dort wo sie produziert werden, holen. Das geschieht über W-LAN.

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Ja.

Um die Daten online zur Verfügung zu haben, müssen wir uns noch besser strukturieren.



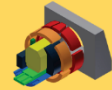
Die wesentlichen Herstelltdaten werden in einer Access-Datenbank zusammengefasst. Dies geschieht noch nicht automatisch. Das wird noch händisch von einem Techniker zusammengefasst. So können sich Referenzwerte nach aktuellem Stand der Technik geholt werden.

Bzgl. automatische Abrechnung. Schwierig, weil nicht genau nach den Herstellparametern abgerechnet werden kann. Aber ja, es ist im Prinzip so angedacht. Zurzeit werden noch eigene Abrechnungsprogramme verwendet, wo händisch die relevanten Daten eingegeben werden.

Der nächste Schritt wäre diese Abrechnung zu automatisieren. Die Herstelltdaten, die dann für die Abrechnung verwendet werden, müssen aber zuerst sowieso auf Plausibilität geprüft werden, das wird nicht wegzudenken sein. Man kann sich nicht zu 100% auf die Elektronik verlassen.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
Entwicklungsstufen	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Großteils Entwicklungsstufe 2 in einzelnen Fällen 3

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Ja, und vereinzelt mit 100%iger Automatisierung.

Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?

Ja. Zur Datenerfassung wird eine selbst programmierte Software verwendet und die Software für die Datenverwaltung kaufen wir zu.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Weiter glaube ich nicht. Aber ziemlich gleich auf sind Injektionstechnik, Bohrtechnik (Erkundungsbohrung, Produktionsbohrung, Explorationsbohrung, Aufschlussbohrung, etc.), Baugrundvereisung und Wasserhaltung einer Baugrube.

Wasserhaltung: Die Pumpraten (wie viel Wasser wird aus dem Boden herausgepumpt; Umkehrung zum DSV) der Pumpen und die Pegelstände werden ständig online aufgezeichnet. D.h. man möchte festhalten, wie viel Wasser wird gepumpt (wie viel Wasser ist im Umlauf) und welchen Einfluss haben diese Pumpraten auf die Pegelstände. Damit kontrolliert man den Wasserstand.

Baugrundvereisung: Sole wird durch vorher hergestellte Bohrungen gepumpt, wo sie auch zirkuliert wird. Bei diesem Vorgang ist wichtig zu wissen: welche Solemengen werden aktuell gepumpt, und mit welcher Pumprate und auch die Temperaturentwicklungen im Boden. Auch hier werden die Daten online gestellt. Wir haben z.B. jetzt gerade eine Baustelle in der Schweiz, bei der ich mich über das Internet einloggen kann und mir täglich die Temperaturverläufe der Baustelle anschauen kann.

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Who knows 😊

Vereinzel erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Daten können verwendet werden zur:

Abrechnung

Dokumentation zu Änderungen der geologischen Randbedingungen

Erstellung von Nachtragsforderungen aufgrund von geänderten geologischen Bedingungen (sehr hilfreich dafür)

Bauzeit und Baukostenprognose kann daraus auch abgeleitet werden. Die Herstellungsdaten alleine verwende ich nicht um eine Bauzeitprognose zu machen. Die Bauzeitprognose erfolgte durch die Mittelung der Leistung der Bohrgeräte pro Woche und dies wird aufsummiert bis zum Bauende. Das ist ein Nebenprodukt der Aufzeichnung der Herstellungsparameter.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

70-75%, die eine digitale Bohrdatenerfassung haben

2 von 15 Baustellen, wo das eguana-Konzept verwendet wird. Bei den 15 Baustellen sind auch Baustellen mit 3 Mann eingerechnet)

Grundsätzlich kostet diese ausführliche Dokumentation zusätzlich etwas, jedoch wird es sehr häufig bereits in der Ausschreibung gefordert.

Ich bin aber ein Verfechter, dass die Ausschreiber das bereits in der Ausschreibung fordern. Es gibt Baustellen die brauchen das nicht. Es wäre sinnvoll das als eigene Position zu formulieren.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

In der Anwendung und Bedienung, weil sehr oft die Schulung fehlt, dass das Personal nicht mit der Software umgehen kann -> viele Bedienungsfehler aus ungenügender Schulung

elektronische Defekte: z.B., weil ein Kabel abgerissen ist und die elektronische Verbindung dadurch nicht mehr funktioniert, oder der PC ausfällt wegen Verschmutzung und Nässe.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

Durchmesserbestimmung in Echtzeit

Zumeist kommen die Verbesserungen durch Anforderungen auf der Baustelle.

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Bauherr, Planer: Anforderungen sind meistens übertrieben oder meistens damit behaftet, dass sie nicht wissen wovon sie sprechen. Viele Planungsbüros und Bauherrn übernehmen für neue Projekte oft Pläne, Ausschreibungen, etc. von alten, ähnlichen Projekten (copy-paste). Sie nehmen an: die ausführende Firma wird schon wissen wie sie damit umgehen muss. Das ist der aktuelle Stand, der in der Bauwirtschaft passiert. Keine gute Entwicklung. Qualität der Ausschreibungen und Planungsbüros wird

immer schlechter, weil geglaubt wird, dass mit billigen Arbeitskräften sehr viel abgedeckt werden kann. Meiner Meinung nach ist Qualität eine Preis-Frage.

Die Anforderungen des Planers und Bauherrn sollten aber sehr hoch sein und auf das Projekt bezogen sein. Es macht einen riesen Unterschied, ob ich eine Baugrube für ein Einfamilienhaus baue, oder ob ich eine U-Bahn in der Wiener Innenstadt baue. Da müssen auch andere Maßstäbe angesetzt werden. Zu unterscheiden was das Projekt braucht, können nur gute Planungsbüros.

Große Auftraggeber in Österreich sind ÖBB, ASFiNAG, und Energie-Unternehmen. ÖBB als Bauherr eignet sich selbst Wissen an für das was sie bauen wollen. Daher sind die Ausschreibungen sehr gut und eindeutig formuliert. Das sollte eigentlich ein gutes Planungsbüro auch machen. Letztendlich entscheidet der Bauherr was der kaufen will. Möchte er ein billiges Produkt, weil es sehr schnell errichtet werden muss. Oder möchte er ein Produkt mit großer Nachhaltigkeit (Infrastruktur) und das muss auch verschiedene Ansprüche haben. Zurzeit bewegen wir uns eher weg von der Qualität und hin zu einer schnellen Lösung und es wird immer mehr vergessen was effektiv notwendig ist. Know-How für das Detail geht verloren.

Zurück zu den Anforderungsprofilen. Ein Bauherr und ein Planer wünschen sich ein System, das verlässlich (reale Daten wiedergeben), nachvollziehbar und gut übersichtlich ist. Viele machen den Fehler, dass Sie den Planern, Bauherrn und ÖBA mit Daten überschütten, die ja in großen Mengen mit Datenmonitoringsystemen aufgenommen werden. Die Kunst dabei liegt darin, dass nur eine gefilterte Auswahl der Daten geordnet und strukturiert dem Bauherrn, Planern und ÖBA übergeben wird.

Ausführender: Die ausführende Firma nutzt diese aufgenommen Daten zur Qualitätskontrolle. Als Unternehmer muss ich sichergehen, dass die DSV-Säule, die niemand sieht, tatsächlich an der geplanten Stelle in der geforderten Größe vorhanden ist. Wenn danach Schäden, z.B. am darüberstehenden Gebäude entstehen, weil die DSV-Säule nicht gemäß den Anforderungen erstellt wurde, kann sich das ausführende Unternehmen durch eine detaillierte Dokumentation der Herstellungsdaten schützen. Für die ausführende Firma dienen die Datenmonitoring Systeme also zur Qualitätssicherung der eigenen Leistung. Je genauer die Aufzeichnung während der Herstellung erfolgt, desto weniger Qualitätsprüfungen sind im Nachhinein notwendig. Da es sich bei den Qualitätsprüfungen ja auch nur um Qualitätssicherung des eingebrachten Materials und Abmessungen des Baukörpers handelt.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Habe ich eigentlich keine, da wir ein sehr gutes Arbeitsteam im Haus haben, das sich mit der Mechatronik beschäftigt. Wenn die so weiterarbeiten wie bisher, sind meine Wünsche alle erfüllt.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Datenerfassung, Datenbanken, Visualisierungen

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Eines vorweg. marktführender Unternehmer nur mit dem Ausbau der Digitalisierung wird man nicht werden. Marktführer in einem Gewerk, wie dem Spezialtiefbau, wird man nur durch verschiedenste Maßnahmen. Da gehört zum einen die EDV und Digitalisierung dazu. Aber es ist eine Illusion nur durch die Digitalisierung Marktführer zu werden.

Bestandteile um Marktführer zu werden sind: Gutes Personal, gute Geräte, gutes Qualitätsmanagement, Digitalisierung

Mein Geld würde ich in die Forschung zur Bestimmung des Durchmessers in Echtzeit investieren. Das ist noch nicht soweit fortgeschritten, dass es auch in Echtzeit visualisiert werden kann.

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

Es gibt ein paar Ansätze. Die Schwierigkeit von BIM speziell im Tiefbau, sind die Grundlagen, die man braucht, um eine Planung und Abwicklung im BIM zu erstellen. Diese Voraussetzungen (alle Informationen, um Bauwerk in 3D in der Planung zu erstellen) sind von Seiten des Bauherrn und Planers oft noch gar nicht vorhanden.

Wenn ich BIM voll betreiben möchte, brauche ich auch eine andere Struktur der Mitarbeiter. Ich brauche ein Team, das eine Elektronikausbildung hat und das Verständnis für das Bauwesen nur noch sekundär ist.

PORR beschäftigt sich mit dem Thema schon bei einem speziellen Bauwerk. Stadionbau in Doha in der Wüste. Dort fängt man quasi bei null an. Dort ist BIM sicherlich ein vernünftiges Mittel.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

Weiß ich nicht.

8.5 AUSFÜHRENDER 6

Unternehmen/Firma:	österreichisches Bauunternehmen Umsatz: rund 78 Mio. Euro
Namen:	Ausführender 6
Funktion:	<input type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input type="checkbox"/> Planer <input checked="" type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Techniker <input type="checkbox"/> Andere
Genauere Bezeichnung der Funktion:	Streckenmanagement und Anlagenentwicklung, Fachbereich Bautechnik, Tunnelbau

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl-Arbeiten durch? Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz den Namen und die Funktionsweise Ihres vertrauten Systems für das Datenmonitoring beim DSV.

Die laufende Kontrolle bzw. Datenmonitoring wird mit dem Jean-Lutz System durchgeführt. Jean-Lutz ist ein französischer Hersteller und wird zur Dokumentation der Herstellparameter angewandt.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines Bodenvermörtelungskörpers mit DSV simuliert bzw. beschrieben werden.

Wo beginnt die Aufnahme von Messwerten? Was wird gemessen?

Die Aufnahme beginnt beim Abbohren. Es ist bei uns für jede Baustelle eine einheitliche Höhenkote angegeben, bei der die Aufnahme beginnen soll. Das ist auf den Protokollen mit „m ü. NN“ angegeben. Hier in Münchendorf liegt das bei 185m.

Aufgenommen werden Herstellparameter über Sensoren, die auf der Maschine verbaut sind. Beim Abbohren wird Bohrfortschritt, Anpressdruck, Drehmoment, Rotation, Suspensionsdruck, Suspensionsmenge in Abhängigkeit von der Tiefe und Zeit aufgenommen.

Beim Düsen werden Rückzugsgeschwindigkeit, Rotation, Suspensionsdruck, Suspensionsmenge, Luftdruck in Abhängigkeit von der Tiefe und Zeit gemessen.

Diese Parameter können in einem Programm ausgelesen werden und daraus können Protokolle ausgedruckt werden, in denen die Herstellparameter graphisch dargestellt sind.

Zusätzlich werden die Zeiten aufgezeichnet. Dann kann im Nachhinein festgestellt werden wie lange man fürs Bohren und Düsen gebraucht hat und wie viel Stillstand für die Produktion von einem DSV-Körper gebraucht wird. Das ist wichtig für Bauzeitprognosen.

Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?

Das Ziehen erfolgt in 2 cm Schritten und alle 2 cm wird gedüst. Und so ergibt sich für jede 2 cm-Stufe ein Wert. Beim Bohren wird auch alle 2 cm gemessen. Das ist meiner Meinung nach ausreichend.

Wo sind die Messensoren angebracht? Möglicherweise können Sie Skizzen und technische Beschreibungen zur Verfügung stellen.

Auf der Maschine sind Sensoren für Druckmessung, Durchflussmessung, Rotationsmessung und Rückzugsgeschwindigkeit beim Jetten.

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt? Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Die Speicherung erfolgt auf einer Speicherkarte am Gerät. Das Speichermedium ist eine Speicherkarte im Scheckkartenformat. Der Grund für die Größe ist die Unempfindlichkeit dieses Mediums. Die Daten auf dieser Karte werden später mit Hilfe eines Auslesegeräts am Computer ausgelesen.

Es gibt auch Systeme, bei denen die Daten sofort online zu einem Datenspeicher gesandt werden, die dann von jedem mitverfolgt werden können. Das wäre das Update unserer Version. Aber wir haben von der Porr Bau GmbH erfahren, dass dieses System nicht sonderlich gut funktioniert und deshalb sind wir beim Alten geblieben. Das Update ist auch viel anfälliger für Ausfälle, da mehr Elektronik dahintersteckt. Zu viel Elektronik auf der Baustelle ist nicht gut.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

Ja, eine automatische Weitergabe der Herstellerdaten gibt es nicht. Die Speicherkarte wird vom Gerät ins Büro getragen und wird dort mit einem Auslesegerät ausgelesen.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Mit Hilfe einer Software von Jean Lutz (EXJTC) können entsprechende Protokolle mit den Herstellparametern erstellt werden. Hier werden diese Herstellparameter in Abhängigkeit von der Zeit und Tiefe graphisch dargestellt. Die Protokolle werden als PDF abgelegt und werden so dem Bauherrn übergeben.

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?




Nein. Die automatische Datenverarbeitung endet am Bohrgerät. Händisch werden die Daten dann in die Abrechnungssoftware übertragen.

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Nein. Wir haben intern aber eine Excel-Datei, in der von allen Baustellen ein geologisches Gutachten jeden Bodentyps gespeichert ist und dazu Werte wie: wie lange brauchen wir da zu bohren, welche Herstellparameter und Düsendurchmesser verwenden wir und welchen Säulendurchmesser können wir damit herstellen. Diese verwenden wir intern für Referenzwerte.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Entwicklungsstufe 2

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Es würde noch ein Update zu unserer Version geben. Aber das haben wir nicht, da zu viel Technik nicht immer von Vorteil ist. Je mehr Technik dahintersteckt, desto fehleranfälliger ist das System natürlich. Also bei uns ist nur die Aufzeichnung der Herstellparameter digital.

Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?

Jean-Lutz System zur Aufnahme und Ausgabe. Office Anwendungen sowie PDF-Reader werden zur weiteren Speicherung verwendet.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Von dem was wir machen, ist nichts weiter fortgeschritten. Bei keinem anderen Spezialtiefbaugewerk ist so viel Aufzeichnung nötig wie bei DSV.

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Ja, auf jeden Fall. Es wäre auch sehr angenehm, wenn vieles automatisch funktioniert. Aber die Gerätschaften müssen viel verlässlicher werden. Ich würde sagen es dauert noch rund 10 Jahre.

Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Nein, habe ich noch nie gesehen.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

Jean-Lutz-System verwenden wir bei 100% unserer Baustellen. Aber mehr haben wir nicht. Das ist bei jeder Baustelle gleich.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Sensorik. Wir müssen sehr oft kaputte Sensoren austauschen. Die Sensorik muss viel verlässlicher werden.

Elektronik des Aufzeichnungsgeräts: hin und wieder versagt das Aufnahmegerät und wir verlieren ein Aufnahmeprotokoll.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

Durchmesserbestimmung in Echtzeit

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Ausführender: Protokolle werden zur Qualitätssicherung gefordert und zur Überprüfung der Abrechnung (Volumen, ausgeführte Meter an Säulen)

Bauherr: Er möchte nachgewiesen haben, dass es ordnungsgemäß nach der Ausschreibung auch hergestellt wurde.

Planer: Dem ist wichtig, ob das was er geplant hat auch wirklich funktioniert. Er kann aus seinen Fehlern lernen.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Es wäre sehr angenehm aus allen Protokollen von jeder Säule automatisch einen Mittelwert von der Bohrzeit, Düszeit, und der Zeit des Stillstands während des Vorgangs zu bilden. Das wäre sehr hilfreich für die Kalkulation.

Wenn ein Programm den Durchmesser in Echtzeit bestimmen kann, wäre das äußerst hilfreich, diese Werte mit dem dazugehörigen Boden und Herstellparameter in eine Liste einzutragen. Das wäre als Referenzwert für zukünftige Baustellen extrem hilfreich.

Dass die Ausführung auch immer nach Plan verläuft und nicht schlampig gearbeitet und geschummelt wird.

Stabilität: die Gerätekosten sind aufgrund des hohen Verschleißes der elektronischen Geräte sehr hoch. Die müssen unbedingt minimiert werden.

Zuverlässigkeit der elektronischen Geräte. Es dürfen nicht so viele Aussetzer passieren.

Weniger Zeitaufwand zur Erstellung der Protokolle.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Nichts. Wir hätten ja auch schon längst updaten können. Aber viele sind nicht so begeistert. Je komplizierter das System, desto komplizierter ist auch die Bedienung. Zurzeit funktioniert es sehr gut, deshalb

gibt es auch keinen dringenden Bedarf. Aber es ist ja wie überall. Wenn man mal etwas Besseres kennt, möchte man nicht mehr auf die alten Sachen zurücksteigen.

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Größere Säulendurchmesser mit weniger Zeitaufwand herstellen können. Je größer der Durchmesser desto länger dauert derzeit die Herstellung, weil der Druck 400 bar nicht überschritten werden darf. Da wird bereits viel Forschung betrieben die Ausbildung der Düsen zu optimieren, dass der Strahl stärker wird.

Um Marktführer zu werden, muss man schneller etwas herstellen können als alle anderen. Und das ist hauptsächlich maschinell bedingt.

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

Nein. Aber ich finde es super, wenn in einer Software alle Daten benutzerfreundlich abgelegt und dargestellt werden können.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

k.A.

8.6 PLANER 1

Unternehmen/Firma:

österreichisches Planungsbüro

Namen:

Planer 1

Funktion:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung | <input checked="" type="checkbox"/> Planer |
| <input type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) | <input type="checkbox"/> Kalkulation |
| <input type="checkbox"/> Techniker | <input type="checkbox"/> Andere |

Genauere Bezeichnung der Funktion:

Eigentümer eines Planungsbüros und Leiter eines universitären Erdbaulaboratoriums

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl-Arbeiten durch?

Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt?

Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Keine Angaben

Aber auch als Planer bekommt man noch die Daten der graphischen Auswertung von der elektronischen Datenaufzeichnung. Hauptsächlich PDF, kein Excel mit Daten, einmal habe ich ein PNG-Format bekommen, das ist noch unübersichtlicher.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

Keine Angaben

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

nur PDF, Übersicht welche Säule hat welche Tiefe erreicht und dazu gibt es zu jeder Säule Datenblätter -> alles im PDF-Format

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?

Nein, als Bodengutachter bekommen wir die Daten nur bei Problemstellen, alles nur händisch, Schritt für Schritt Abwicklung

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?




Im Interesse des Bauherrn ist es gar nicht die Daten so genau zu wissen. Es gibt immer Diskussionen, ob DSV-Arbeiten nach Säule oder nach Körper (Wand, Dichtsohle, Unterfangungen, etc.) ausgeschrieben und abgerechnet werden. Weil meist legt der Bodengutachter fest in welchem Raster DSV-Säulen gemacht werden und der Bauherr verlangt ein fertiges funktionierendes „Bauwerk“. Wie das gemacht wird ist ihm egal. Wenn man als Planer diese Referenzwerte zur Verfügung hätte, wäre es nicht unbedingt von Vorteil, weil eigentlich der Bauherr will, dass die DSV-Arbeiten nicht nach Säule, sondern nach Körper ausgeschrieben werden. Dem Bauherrn ist es dann egal mit welchem Gerät und welchem Düsparemeter die Arbeiten durchgeführt werden.

Es gibt ein SOLL (z.B. Dichtwand) und der Auftragnehmer legt ein Konzept vor wie er das abbohrt und diesem Konzept liegt eine bestimmte Reichweite zu Grunde. Durch Vorversuche wird dann festgestellt, ob dieser Durchmesser erreicht wurde. Wenn er diesen erreicht und er verwendet die gleichen Düsparemeter für alle Säulen, dann geht der Bauherr davon aus, dass es funktioniert.

Zusammenfassend: für Routineprojekte bringen Referenzwerte wenig, aber bei eher speziellen Projekten schon, aber der Bauherr muss es dann genau ausschreiben. Sonst macht die ausführende Firma das Mindestmaß, dass in der Norm steht und nicht mehr.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Ich denke die meisten ausführenden Firmen in Österreich fallen in Entwicklungsstufe 2. Selber habe ich noch nie eine Echtzeit Analyse gesehen.

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Keine Angaben

Ich könnte mir vorstellen, dass es sich nur für sehr große Projekte auszahlt. Es gibt viele sehr kleine Projekte, bei denen der „Aufwand“ nicht lohnend ist.

Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?

Keine Angaben

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Injektionen: vor allem Züblin ist weit fortgeschritten (Injektionscontainer: in dem läuft Dosierung, Steuerung und Mischung zusammen)

Nach der Prüfung der kompletten Eingabedaten wird ein Eingabefile für den Injektionscontainer erzeugt, der die SOLL-Werte für die Pumpensteuerung definiert.

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Ja, hoffentlich bald. Wird auch stark in Richtung automatische Geräteüberwachung gehen. Wo ist das Geräte, was macht es, wie schief steht es, etc.

Vereinzelte erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Bei DSV noch nicht. Ich kenne es aus dem Erdbau, dort gibt es dies immer wieder. Sind diese Parameter eigentlich wichtig für die DSV-Abrechnung? Der Bauherr will nicht nach Volumen Suspension abrechnen, weil sonst macht die ausführende Firma die aufwendigste Variante. Der Bauherr will immer nach Körper abrechnen. Düsenparameter können meiner Meinung nach nicht in die Abrechnung mit einfließen. Der Bauherr wird nur kontrollieren, ob die entsprechende Tiefe erreicht wurde und ob die restlichen Parameter passen, aber nicht nach denen abrechnen.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

Keine Angaben

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Wie geht man mit der Datenverwendung um? Ist es im Interesse der ausführenden Firma, dass jedes Ergebnis so genau aufgezeichnet wird und ersichtlich ist.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

Keine Angaben

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Bauherr, Planer: dass man Tiefengeometrien und erreichte Qualität kontrollieren kann. Gehört nicht zum Datenmonitoring aber auch Festigkeiten, k-Werte, wenn es eine Dichtefunktion hat, etc. sind von Interesse-> kann man nicht gerätetechnisch prüfen. Mit "Inliner" prüfen. Da werden doppelte Kunststoffrohre hineingestellt und der Körper kann dann noch unter dem realen Druck und Auflast aushärten. Dann wird das innere Rohr gezogen und das kann in einzelne Prüfkörper geteilt werden. Damit macht man Versuche im Labor. Wenn gesamtes Datensystem vorhanden ist, wäre es auch sinnvoll solche Qualitätswerte in dieses System zu implementieren. Welche Festigkeits-, k-Werte, etc. wurden wo erreicht.

Ausführender: will Zementverbrauch kontrollieren können. Der kalkuliert anhand von Zementverbräuchen.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Wie für Planer bei voriger Frage.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Keine Angaben

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Mit wie wenig Druck erreiche ich gerade noch die geforderte Reichweite und mit wie wenig Zement erreiche ich die geforderten Festigkeiten. Bessere Aufzeichnung für Reichweite und Parameter bzw. Echtzeit Reichweitenkontrolle und Druckfestigkeitsprüfung entwickeln.

Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

Nein, betrifft uns wenig, weil die Geotechnik ist da nur sehr beschränkt heranzuziehen. Ich bin noch ein bisschen skeptisch Spezialtiefbaudaten ins BIM zu implementieren. Viele Leute erwarten sich zu viel Aussage davon. Oft die Furcht der Firmen: kann man anhand von Geräteaufzeichnungen noch Rückschlüsse auf den angetroffenen Boden ziehen, dass wäre für uns als Planer/Bodengutachter oft sehr hilfreich.

An Aufschlussstellen wissen wir die Schichtgrenzen. Oft möchte ich mit dem DSV eine bestimmte Schichtgrenze erreichen. Kann man anhand von Geräteaufzeichnungen Aussagen darüber treffen? Ein guter Gerätefahrer spürt das sehr wohl, z.B. an einem Stoß im Gesäß, wenn er aus einem Ausand in einen Kies fährt. Ob das ein Kriterium ist, dass für die Abrechnung herangezogen werden kann ist oft unklar. Ausführende Firmen wollen für das keine Haftung übernehmen, weil das Baugrundthema ist und dem Bauherrn gehört. Das ist ein Diskussionspunkt.

Ich würde mir wünschen, dass es ein Verfahren gibt, mit dem man Rückschlüsse auf den Boden ziehen kann. Es könnte z.B. ein einfaches Schichtmodell mit Gerätedaten verfeinert werden. Aber wie genau diese Daten dann sind, ist unklar.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

Keine Angaben

Welche Verbesserungen sehen Sie bei der ÖNORM EN 12716?

Geräteaufzeichnungen: nicht klar formuliert, dass man die Daten im vollen Umfang bekommt wie man sie braucht.

Zu wenig zur Bemessung von DSV. Es gibt nur die DIN 4093 (Baugrund-Bemessung von Abdichtungs- und Verfestigungskörpern-Injektionen, Düsenstrahlverfahren, tiefgreifende Bodenstabilisierung). Diese DIN setzt einen Level voraus der in Österreich nicht gemacht wird. Es ist genau festgelegt, welche Festigkeiten erreicht werden müssen, in Österreich wird es nicht so genau berechnet. Die DIN ist nicht unumstritten - auch in Deutschland nicht.

Kap. 9, 9.1.6 (Bauüberwachung, Prüfung + Kontrolle) der ÖNORM EN 12716

„Wenn vergleichbare Erfahrungen mit dem gleichen Düsenstrahlssystem in ähnlichen Bodenbedingungen vorliegen, kann eine Prüfung nach Abschluss der Ausführung unterbleiben. Das gilt nur dann, wenn es die Ausschreibung nicht anders vorsieht und eine Überwachung der Düsenstrahlparameter bei den ausgeführten Elementen erfolgt ist.“

1.) Was macht man bei der Verwendung von Kleinstgeräten in Kellerräumen, die häufig über keine elektronische Aufzeichnung verfügen?

2.) Was passiert, wenn eine Messung ausfällt?

ad 1: Eine genaue elektronische Aufzeichnung der Messdaten wird nicht gemacht. Es gibt nur 4 bis 5 Firmen in Österreich die Düsenstrahlarbeiten durchführen. Diese sind renommierte Firmen, denen man auch vertraut. Gerade bei DSV-Arbeiten, die oft sehr komplex sind, ist es wichtig gute ausführende Firmen zu beschäftigen. Wie die Parameter eingestellt werden, dass man auf einen reibungslosen Rückfluss achtet - es gibt nichts Schlimmeres als Stopfer und dem zufolge Hebungen, etc. wissen diese Baufirmen selbst am besten. Bei speziellen und komplexen Arbeiten ist es auch selbstverständlich, dass Setzungs- und Hebungsmessungen gemacht werden.

ad 2: Das sollte im Bauvertrag geregelt sein.

Laut Norm EN 12716 ist nicht genau geregelt wie viele Vorversuche gemacht werden sollen.

Nein, ist nicht geregelt. Das wird in der geotechnischen Planung festgelegt.

Beispiel: Hochwasserschutz (Dichtwand) mit tiefreichender Bodenstabilisierung, wo wir (Geotechniker) eine Freilegung in allen Bodenschichten, die durchfahren werden, verlangt haben. Zuerst durch den Dammschüttkörper, dann durch den Auboden und zuletzt in den Kies. Wir als Bodengutachter haben also die Anzahl und Art der Vorversuche festgelegt.

Laut Norm EN 12716 sollten Prüfungen z.B. an Suspensionen durchgeführt werden (Dichte, Absetzmaß, Marsh-Viskosität, etc.). Wer macht das wirklich?

Es gibt grundsätzlich das Degree of Obligation in den europäischen Normen. Dieses ist auf Englisch, wobei das englische „shall“ oft mit "sollte" übersetzt wird. „Shall“ ist aber die höchste Befehlsform im Englischen. Das ist meiner Meinung nach hin und wieder der Fall.

Zusätzlich gibt es auch immer eine anwendungsbezogene Norm. Wenn z.B. mit DSV eine Dichtwand herzustellen ist, dann gilt die Norm speziell für Dichtwände. Dort steht dann, abhängig von der Dichtwandklasse, sind alle paar Meter Prüfungen durchzuführen. Dort ist es als „muss“ geregelt.

Bei großen Bauvorhaben gibt es auch Prüfbücher. Dort überlegen sich Planer und Bodengutachter welche Prüfungen sie verlangen.

ASFiNAG hat z.B. ein eigenes Prüfbuch.

Oder es ist so projektspezifisch, dass es notwendig ist ein sogenanntes Prüfbuch für ein bestimmtes Bauvorhaben zu entwickeln.

8.7 PLANER 2

Unternehmen/Firma:	österreichisches Planungsbüro
Namen:	Planer 2
Funktion:	<input type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input checked="" type="checkbox"/> Planer <input type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Techniker <input type="checkbox"/> Andere
Genauere Bezeichnung der Funktion:	Projektleiter

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl - Arbeiten durch? Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines Bodenvermörtelungskörpers mit DSV simuliert bzw. beschrieben werden.

Wo beginnt die Aufnahme von Messwerten? Was wird gemessen?

Es beginnt ab dem Bohransatzpunkt. Bohrparameter und Düsparameter (Pumpdrücke, Suspensionsmengen, Mischungsverhältnisse von DSV Suspension, Rotation, Bohr- und Ziehgeschwindigkeiten, Beginn und Ende des Düs Vorgangs). Beginn und Ende des Düs Vorgangs ist zum Beispiel im Tunnelbau bei der Herstellung von Primär- und Sekundärsäulen wichtig, da die Primärsäulen eine gewisse Festigkeit aufweisen müssen, bevor die Sekundärsäulen hergestellt werden können.

Manche messen auch direkt den Bohrverlauf, d.H. sie messen wo die Säule genau verläuft. So weiß man genau wie die Bohrung im Raum liegt. Das wird mit Hilfe einer Messsonde gemessen.

Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?

Ich glaube in Sekundenschritten ist ausreichend. Es ist jedoch das Problem, dass man eine große Menge an Daten bekommt und sich die Frage stellt, was man mit diesen Datenmengen macht. Man hat eine „Zahlenwurst“ und mit der muss man was anfangen können. Grundsätzlich ist es so, je mehr Messergebnisse man hat desto besser ist es. Jedoch stellt sich die Frage, ob wirklich ein Zugewinn zwischen einem Sekundentakt und einem Halbsekundentakt ist. Ich glaube nicht, dass es davon einen Zugewinn gibt.

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt? Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Ja, aber ich hoffe, dass bereits überall die Daten elektronisch und automatisch weiterübertragen werden. Teilweise weiß ich, dass der weitere Datentransfer in eine globale Datenbank über eine Internetverbindung erfolgt.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

Meiner Meinung nach ist es Standard, dass es elektronisch und automatisch weiter in eine Datenbank übertragen wird. Zumindest machen Keller und Züblin das bereits so. Die machen ja auch fast alle DSV-Arbeiten in Österreich. Ich muss sagen, ich kann mir das gar nicht mehr anders vorstellen.

Wir machen auch viele geologische Dokumentationen von Tunnelbändern, da erfolgt bereits alles übers Internet über einen Server der in München steht. Der große Vorteil ist, dass mit einem Benutzernamen und Passwort jeder von jedem Standort aus zugreifen kann und die Arbeiten in Echtzeit mitverfolgen kann.

Das Problem liegt in der Zeit. Keiner hat die Zeit diese enormen gesammelten Datenmengen zu kontrollieren. Die Systeme sind gut. Wenn ein Problem auftritt kann ich sofort in der Software nachschauen, und weiß somit sofort die Ursache des Problems.

Ein weiteres Beispiel, das jetzt nichts mit DSV zu tun hat. Bei der Baustelle U1/10 Anschluss Reumannplatz gab es das Problem, dass durch den U-Bahnbau Setzungen und Hebungen der Häuser entstanden sind und somit die Häuser Risse bekamen. Dort wurde ein Theodolit eingerichtet, der im Sekundentakt eventuelle Setzungen und Hebungen gemessen hat, und die Daten online gestellt hat. Da wäre die Elektronik und die Automatisierung der Datenverwaltung nicht mehr wegzudenken.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Das ist von Auftraggeber zu Auftraggeber unterschiedlich. Oft wird eine Software mit Passwort zur Verfügung gestellt. In der Software liegen die ausgewerteten Daten vor. Nicht die Daten in komprimierter Form, sondern ausgewertet bezogen auf die Bohrung. In tabellarischer und graphischer Form werden die gefilterten Daten zur Verfügung gestellt. Die Meisten Auftraggeber wollen nur gefilterte Daten, wenn diese aber auch ungefilterte Daten wollen, dann werden dafür Mehrkosten verrechnet. Das gehört in der Ausschreibung geregelt.

Mir reichen Daten z.B. auch alle ½-Meterschritte. Das kann sich aber jeder aussuchen, wie er das haben möchte.

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?

Ja, der Auftraggeber verwendet diese zur Qualitätssicherung und in Folge dessen zur Erstellung von Mehrkostenforderungen. Die erhobenen Messwerte dienen zur Erstellung der Abrechnung.

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?




Zur Verwendung für zukünftige Baustellen haben wir keinerlei Erfahrung. Oft ist es uns auch zu gefährlich, weil nie der exakt gleiche Boden vorliegt. Da wollen wir nichts riskieren. Wir machen gegebenenfalls Versuche und auf Grundlage dieser Ergebnisse schreiben wir notwendige Festigkeiten und Zementsorten aus.

Aber grundsätzlich verwenden die Firmen diese Daten weiter. Meiner Meinung nach ist das die Grundlage für Mehrkostenforderungen.

Jedoch wird derzeit noch keine Abrechnung direkt aus den Herstellparametern erstellt, da die verwendeten Systeme derzeit noch nicht zusammenpassen. Die Systeme zur Aufnahme der Herstellparameter sind nicht mit der Bausoftware ABK verlinkt. Das passiert einstweilen noch händisch. Die aufgenommenen Daten werden in der Abrechnung händisch eingetragen. Es ist aber meistens nach Tonnen Zement ausgeschrieben und so kann auch nach den Herstellparametern abgerechnet werden.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
Entwicklungsstufen	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Ich weiß es nicht genau. Ich würde sagen alle ausführenden Firmen in Österreich liegen in Entwicklungsstufe 3. Wenn es noch Firmen gibt, die noch nicht in Entwicklungsstufe 3 sind, werde diese bald dort sein. Anders kann ich mir das nicht vorstellen.

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Ja, und vereinzelt mit 100%iger Automatisierung. Die Qualitätskontrolle sollte auf jeden Fall in die globale Datenbank implementiert werden, jedoch kann das nicht vollkommen automatisch passieren. Hier muss eine Person dazwischenstehen, die das kontrolliert und aufnimmt.

Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?

Ich kenne nur die Software für den Tunnelbau.

Tunnelmonitor-Tunneldokumentation: geologische Dokumentationen, Messergebnisse der geologischen Messungen und die Aufmaßblätter vom Vortrieb (was wurde eingebaut, wie viele Spieße, wie viel Spritzbeton welche Bewehrung, etc.) werden alle in dieser Software verwaltet. Das ist auch verknüpft mit der Abrechnung.

Die Messdaten bekommen wir im ASCII-Format. Diese werden eingelesen und ausgewertet.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Gleich auf sind:

Injektionen

Bohrpfähle

Grundwasserhaltung

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Ja, aber ohne Menschen wird es nie gehen. Man braucht immer jemanden der kontrollierend eingreifen kann. Heutzutage werden schon Bohrdaten, Koordinaten des Ansatzpunktes und Richtung eingegeben und die Maschine macht alles automatisch. Trotzdem steht jemand daneben und kontrolliert das.

Es kommt auch speziell bei Injektionen auf das Gespür drauf an. Wann gezogen, gebohrt oder gespült werden muss, kann am besten ein erfahrener Bohrmeister bestimmen. Keine Software kann das so gut. Digital aufzeichnen, aufbereiten und speichern wird kein Problem sein, aber für diese feinen Sachen braucht es erfahrenes Personal.

Wie lange es noch dauern wird hängt stark von den Auftraggebern ab. Ich glaube, dass die Baufirmen soweit sind, dass sie eine vollkommene Automatisierung jederzeit anwenden können. Sie müssen natürlich auch was dafür verlangen.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

Ich weiß es nur bei Züblin und Keller und die machen das beide vollkommen automatisch. Also 100%.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Programmierfehler und Ausfall der Datenübertragung

Ohne Mensch wird es trotzdem nicht gehen.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

k.A.

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Eigentlich sollten alle das Gleiche wollen.

Bauherr: ist verantwortlich für die Abrechnung, deshalb muss ihm das System die Abrechnungsmengen liefern und bekanntgeben, ob die Qualität ausreichend ist.

Planer: er braucht das System am wenigsten. Der Planer muss seine Planung so aufbauen, dass man mit so einem System arbeiten kann. D.h. am Plan müssen Bohransatzpunkte koordinativ und die Richtung der Bohrung angegeben werden. Der Planer muss wissen wie das System arbeitet, damit er seine Planung auf das System abstimmen kann. Mit den ausgewerteten Daten macht der Planer nichts mehr. Ausnahmen sind Aussagen über den DSV-Erfolg.

Ausführender: braucht das zur Qualitätskontrolle. Sie gebrauchen die Systeme auch um Abweichungen von der Prognose festzustellen, damit Mehrkosten eingefordert werden können.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Ich würde mir ganz allgemein wünschen, dass man auf der Baustelle anders miteinander umgeht. Es ist kein Gegeneinander, sondern ein Miteinander. Vor allem bei so etwas Speziellen wie bei DSV muss es ein Miteinander geben.

Qualitative Rückschlüsse auf den Boden ziehen können, wäre super.

Ansonsten habe ich als Planer keine Wünsche.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Aufzeichnungsmethoden

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Gerätetechnik

Ohne Fachpersonal gehen die Arbeiten schief

Messsysteme, die kostengünstiger sind und die gleiche Qualität liefern.

Bohrlochverlaufsmessungen sind oft langwierig. Ein System, mit dem eine Bohrlochverlaufsmessung zeitgleich mit der Bohrung durchgeführt wird. Das könnte man vereinfachen.

Ich brauche irgendetwas mit dem ich besser und kostengünstiger bin um Marktführer zu sein. Diese Frage ist aber schon wirklich sehr philosophisch. ☺

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

Ja, wir verwenden es auch. Bei der Tunnelkette Granitztal gibt es zurzeit ein Musterprojekt. Das steht aber noch ganz am Anfang. Ich kann nichts dazu sagen.

Ich bin der Meinung, dass BIM im Hochbau was bringt, jedoch nicht im Tiefbau. Das BIM-Modell kann nur so gut sein, so gut die gefütterten Daten sind. Außerdem ist es ein riesiger zeitlicher und personeller Aufwand.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

Revit

8.8 PLANER 3 UND PLANER 4

Unternehmen/Firma:	österreichisches Planungsbüro
Namen:	Planer 3 & Planer 4
Funktion:	<input type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input checked="" type="checkbox"/> Planer <input type="checkbox"/> Ausführer (z.B. Bauleitung) <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Techniker <input type="checkbox"/> Andere
Genauere Bezeichnung der Funktion:	Geschäftsführer(in)

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl - Arbeiten durch? Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Wenn ja, beschreiben Sie bitte kurz den Namen und die Funktionsweise Ihres vertrauten Systems für das Datenmonitoring beim DSV.

Wir kennen die Software, aber haben keinerlei Erfahrung damit.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Wir bekommen diese immer nur als Ausdruck.

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?

Wir haben es noch nie gesehen. Aber es muss klar definiert sein was Baugrundrisiko und was Verfahrensrisiko ist. Wenn in der Ausschreibung alles klar definiert ist, dann kann daraufhin eine automatische Abrechnung erfolgen.



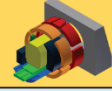
Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Ja, für Nachkalkulationen und Aufwandswerte auf jeden Fall, aber für Abschätzungen für zukünftige Baustellen muss man sehr vorsichtig vorgehen. Wir hatten eine Baustelle, bei der der Baugrund bekannt war. Es wurde nach den entsprechenden Parametern gedüst, die diesem vorhandenen Boden entsprechen. Laut Herstellparameter waren die Probesäulen auch in Ordnung. Wir hatten danach thermische Untersuchungen gemacht, wobei herauskam, dass es keine Säulen gab. Es waren keine Säulen vorhanden. Die Suspension ist irgendwo weggeronnen. Sobald nur ein Bodenparameter ein bisschen anders ist, muss auch das System voll angepasst werden. Also mit der Weiterverwendung muss man sehr vorsichtig sein. Wir glauben das Risiko will keiner übernehmen.

Referenzwerte dienen dem Planer nur dazu zu wissen, ob überhaupt DSV-Körper im anstehenden Boden machbar sind. Bei sehr grenzwertigen Böden sind diese auf jeden Fall sehr hilfreich.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
Entwicklungsstufen	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Wir wissen es nicht genau, wir glauben, dass die meisten der ausführenden Firmen in Österreich in Entwicklungsstufe 2 liegen.

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

k.A.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Weiter nicht, aber gleich auf sind:

Injektionen

Wasserhaltung

Erdaushub mit GSP-Steuerung

Dammschüttung

Bohrungen

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Ja, auf jeden Fall. Es ist schwierig zu sagen, weil der Spezialtiefbau in Gewerke aufgeteilt ist. Jedes Gewerk muss da mit. Der Spezialtiefbau reagiert sehr träge auf Erneuerungen. Wie lange es dann wirklich dauert hängt stark vom Auftraggeber ab. Wenn es in naher Zukunft große Infrastrukturprojekte gibt, wird die Entwicklung sicher schnell gehen.

Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Nein.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

Eine digitale Aufzeichnung hat jeder. Und die vollkommene Digitalisierung wird nur bei Pilotprojekten angewandt. Ich würde sagen 10%.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Für uns als Planer sehen wir die:

- Interpretation als Schwachstelle. Jede Statistik ist beeinflussbar.
- Beeinflussbarkeit der Software als Schwachstelle. Jede Software kann trainiert werden. Es können ja auch Lernprozesse eingebaut werden, womit die Software auf etwas hingesteuert wird.
- Überwachung als Schwachstelle. Der Bauherr kann oft nicht Schritt halten und so kann die ausführende Firma dem Bauherrn mehr oder weniger alles verkaufen.
- Fachpersonal als Schwachstelle. Es gibt immer weniger Fachpersonal. Mitarbeiter stützen sich immer mehr nur auf Daten und wissen nicht wirklich was dahintersteckt. Umgekehrt kann das Know-How eines erfahrenen Ingenieurs nicht durch eine Software ersetzt werden.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

k.A.

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Bauherr, Planer: Funktionalität: Er braucht nicht auf halbe Sekundenschritte genaue Daten, aber benötigt die Daten so aufbereitet, dass daraus klare Abrechnungen und eventuelle Mehrkostenforderungen erstellt werden können.

Eventuell kann sich ein Planer bei der Ausschreibung auf Referenzwerte so einer globalen Datenbank berufen. Denn vor allem öffentliche Auftraggeber wollen DSV-Körper schon sehr genau ausgeschrieben haben. Als Planer haben wir aber dafür oft zu wenig Erfahrung. Dafür wäre eine globale Datenbank mit Parametern von verschiedensten Böden und Verfahren sehr hilfreich.

Ausführender: dieser verwendet es als Qualitätskontrolle und für eventuelle Mehrkostenforderungen

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Die Interpretation ist ein Muss. Man hat zwar die Daten, aber es muss ein Sachverständiger interpretieren und eine Conclusio schreiben.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Vertikale Bohrabweichung

Parameteraufzeichnung

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Wir würden mal nur in DSV investieren, wenn auch Projekte dazu vorhanden sind.

Rationeller → Entwicklung in Richtung weniger Personal und weniger Ressourcen; also Optimierungen würden wir machen

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

Zuerst muss man definieren, was ist BIM eigentlich? Alle sprechen von BIM, aber jeder meint etwas anders. Wir verwenden „BIM“ schon lange. Wir verwenden eine Straßenbausoftware, in der Projekte in 3D dargestellt werden. Dieses CAD-Programm ist mit Daten verknüpft, woraus direkt eine Massenermittlung für die Ausschreibung erstellt werden kann. Das wird aber in der Ausführung nicht nachgezogen. Ist aber glauben wir, nicht die Aufgabe des Planers. Zumindest zahlt es keiner.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

ProVI-CAD. Das ist keine traditionelle BIM-Software.

8.9 PLANER 5

Unternehmen/Firma:	österreichisches Planungsbüro
Namen:	Planer 5
Funktion:	<input type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input checked="" type="checkbox"/> Planer <input type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Techniker <input type="checkbox"/> Andere
Genauere Bezeichnung der Funktion:	Leiter der Ingenieurtiebau-Abteilung

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl - Arbeiten durch? Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines Bodenvermörtelungskörpers mit DSV simuliert bzw. beschrieben werden.

Wo beginnt die Aufnahme von Messwerten? Was wird gemessen?

Wo genau die Aufnahme der DSV-Arbeiten beginnt weiß ich nicht. Aber Allgemein beginnt die Aufzeichnung der Messung schon weit vor dem Bohrbeginn. Umgebungsmessungen müssen schon vor Beginn durchgeführt werden. Es werden Nullmessungen zur Lage der Oberflächen gemacht. Für uns als Planer sind die Umgebungsmessungen wichtiger.

Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?

Weiß ich nicht genau.

Ich möchte nur wissen, ob der Düsenstrahlkörper die richtige Tiefe und den richtigen Durchmesser hat.

Wo sind die Messsensoren angebracht? Möglicherweise können Sie Skizzen und technische Beschreibungen zur Verfügung stellen.

k. A.

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt?

Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Ich weiß es nicht genau. Aber ich denke es wird lokal auf dem Bohrgerät gespeichert und es gibt Möglichkeiten zur Weitergabe über USB-Stick und drahtlose Verbindungen.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

Bei anderen Bauverfahren habe ich das schon gesehen, dass die Daten an eine übergreifende Datenbank gesandt werden, nicht jedoch bei DSV. Datenweitergabe vom DSV-Gerät an eine übergreifende

Datenbank habe ich noch nicht gesehen, aber die Daten der dazugehörigen Verformungsmessungen werden sehr wohl an eine online-Datenbank gesandt, die jederzeit abrufbar ist.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Ich bekomme Protokolle der Herstellparameter nur als PDF.

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?

Habe ich noch nie gesehen. Aber am meisten wird das die ÖBA brauchen.



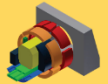
Für uns als Planer ist ein detaillierter und korrekter Abschlussbericht (Messprotokolle mit Interpretationen) am wichtigsten. Darin wird schlüssig zusammengefasst warum dieses Verfahren ein Erfolg war. Dieser wird aber leider oft vernachlässigt.

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Ja, werden verwendet. Wir greifen auf unsere Abschlussberichte, die ja alle Protokolle enthalten zurück. Wir wollen wissen in welchem Boden mit welcher Maßnahme welcher Durchmesser erreicht worden ist. Dafür ist ein Abschlussbericht sehr wichtig. Außerdem verwenden wir alte Daten zur Zeitabschätzung für zukünftige Baustellen.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Ich glaube der Großteil der österreichischen Baufirmen fällt in den Bereichen Messung und Speicherung in Entwicklungsstufe 2 und im Bereich der Analyse in Entwicklungsstufe 1.

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Anhand dem was nach außen dringt würde ich sagen mittelmäßig. Die Aufnahme funktioniert perfekt und vollkommen digital. Aber in der Auswertung und Erklärung anderer gegenüber fehlt es an Funktionalität. Es müssen Daten so weitergegeben werden, dass es Dritte auch verstehen. Die ausführende Firma will die Daten aber gar nicht so genau hergeben, um eventuelle Mehrkosten zu sparen. Deshalb bekommt man oft nur gefilterte Daten und anhand diesen ist es natürlich schwer Feinheiten zu verstehen.

Wenn möglich möchte ich die Daten ungefiltert haben.

Von externen großen Datenbank wird kein Gebrauch gemacht.

Sind Software-Produkte zur Verwaltung dieser Daten bereits am Markt erhältlich? Wenn ja, wie sind diese aufgebaut und was machen die?

Nein, mir als Planer wurde noch nie was bereitgestellt, obwohl wir mit den großen Baufirmen wie Keller, Porr und Züblin arbeiten.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Dabei muss man die DSV-Arbeiten in 2 Teile unterteilen. Zum einen vertikale DSV-Arbeiten von der GOK und zum anderen DSV-Arbeiten im Tunnel. DSV-Arbeiten im Tunnel sind weiter digitalisiert und vernetzt als DSV-Arbeiten von der GOK, weil die Maschinerie schon weiter fortgeschritten ist.

Gleich auf sind:

Injektionen

Erdbau

Baugrundvereisung

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Ja sowieso. Ich glaube es ist heute technische schon sehr viel möglich, es hängt immer davon ab was der Markt wünscht. Ich glaube es dauert noch 5 Jahre bis alles vollkommen digital und automatisch abläuft.

Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Nein, ist es überhaupt sinnvoll die aufgenommenen Daten für die Abrechnung zu verwenden? Abgerechnet wird nach dem Werk, das nach Plan hergestellt worden ist. Wenn die Maße eines hergestellten Körpers von den Maßen im Plan abweichen, dann wurde das Ziel nicht erreicht. Es müssen immer Rückschlüsse auf den Plan gezogen werden, und daraufhin kann abgerechnet werden. Denn wenn die Säule zu groß oder zu klein ist, kann ich nicht einfach nach der verwendeten Zementmenge abrechnen. Das Ziel wurde ja gar nicht erreicht. Im Idealfall wird nach Planmaß abgerechnet, ansonsten müssen Anpassungen gemacht werden. Wenn die Säule größer wird, zahlt das überschüssige Material keiner, denn das wurde ja nicht bestellt und wenn die Säule kleiner wird, dann wurden die Anforderungen nicht erfüllt. Dies muss also richtiggestellt werden.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

Ich schätze bei 80%. Bei Kleinbaustellen wird es nicht verwendet. Sonst denke ich überall. Es ist abhängig von Projektvolumen und Bauherrn.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Die Menge an Daten. Die Datenmengen müssen zu einem sinnvollen Maß gebündelt werden. Es müssen die komplexen Daten ungefiltert ausgelesen werden und nur brauchbaren Daten für Planer oder Bauherr an diese weitergegeben werden.

Daten dürfen nicht manipulierbar sein.

Ohne Abgleich bzw. Qualitätskontrolle wird es nicht möglich sein. Eine Kernbohrung zur Überprüfung der Festigkeit und Homogenität wird immer notwendig sein.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

Nein, die Protokolle, die wir bekommen, sind seit Jahren gleich.

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Planer: Er will wissen, ob die eingebaute Geometrie, Festigkeit und Homogenität passt.

Bauherr: Er will das Gleiche wie der Planer wissen, jedoch will er zusätzlich Beweise, um Abrechnungen legen zu können. Außerdem ist ihm der Zeitfaktor für die Abrechnung wichtig – wie lange dauerte die Herstellung (welche Hindernisse hat es gegeben, wer ist schuld an Verzögerungen, etc.)

Ausführender: Er braucht die Herstelldaten zur Steuerung der Herstellung.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Ich möchte die Tiefe, den Durchmesser, die Festigkeiten, die Homogenität, sowie die Festigkeitsentwicklung wissen und das möglichst übersichtlich und unverfälscht bekommen. Ich möchte bewiesen haben, dass keiner die Daten geändert hat bzw. ändern kann. Es muss ein akkreditiertes Prüfsystem geben, in dem keiner was ändern kann.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Druckaufzeichnung

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Durchmessermessung in Echtzeit

Automatische Anpassung der Düsparemeter in Echtzeit (abgestimmt mit dem geforderten Durchmesser)

Die beiden oben genannten Entwicklungen würde ich für vertikale und horizontale DSV-Körper entwickeln, wobei ich glaube, dass es für horizontale Körper schwieriger ist.

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

Ja, im Tiefbau sind wir aber noch sehr am Anfang. Bei uns ist das BIM-Modell mit den LV-Positionen verknüpft. Es wird ein 3D-Modell erstellt und dieses wird mit den Positionsdaten verknüpft. Daraus

kann eine Massenermittlung automatisch generiert werden. Vor allem bei sehr komplexen DSV-Geometrien z.B. bei Unterfangungen sehen ich BIM schon als Vorteil. Denn nur so kann einfach überprüft werden (vor allem bei komplexen Geometrien), ob der Körper richtig hergestellt wurde. Das ist eigentlich schon weniger BIM, sondern mehr eine 3D-Darstellung.

Natürlich ist das Nachziehen des BIM-Modells in der Ausführung einstweiligen sehr zeitaufwendig. Das wird in Zukunft aber sicher schneller gehen.

Wir führen es in der Ausführung noch nicht weiter, weil wir erst sehr am Anfang sind. Das wird aber sicher kommen.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

Revit

8.10 BAUHERR 1

Unternehmen/Firma:

österreichisches Infrastrukturunternehmen
Umsatz: rund 2,4 Mrd. Euro

Namen:

Bauherr 1

Funktion:

- Forschung & Entwicklung Planer
 Ausführender (z.B. Bauleitung) Kalkulation
 Techniker Andere: Bauherr

Genauere Bezeichnung der Funktion:

Streckenmanagement und Anlagenentwicklung, Fachbereich
Bautechnik, Tunnelbau

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl-Arbeiten durch?

Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Allgemeine Informationen:

Der Bauherr verlangt Daten, aber sehr oft wollen die Daten vom Auftragnehmer nicht hergegeben werden. Von Anfang an muss der Bauherr dahinter sein, dass er Daten bekommt, die richtig aufgezeichnet sind, wo die Eichung passt, die ungefiltert sind, etc. Nur so können wir uns dann auch wirklich damit beschäftigen, ob es richtiggemacht worden ist. Wo genau die Sensoren angebracht werden, wissen die ausführenden Firmen am besten. Wir haben aber schon erlebt, dass die Kalibrierung innerhalb des Systems nicht stimmt. Z.B. hatten wir ein Versuchsfeld für die Koralmbahn in Untersammelsdorf, wo wir bemerkt haben, dass die Kalibrierung der Software nicht stimmte. Damals wurde das Jean Lutz System verwendet. Die ausführende Firma durfte nach Anweisungen von uns erst dann weiterarbeiten, sobald programmtechnisch alles wieder korrekt funktionierte. Wir als ÖBB hatten da sehr mit fehlendem Verständnis der ausführenden Firma zu kämpfen.

Allgemein ist es so, dass wir darum kämpfen müssen, ungefilterte Daten zu bekommen. Oft haben wir auch intern das Problem, dass eigentlich immer ein Experte auf der AG-Seite vor Ort sein muss. Sehr oft haben wir den nicht.

Noch vor Beginn müssen wir angeben welche Daten wir haben möchten und wie sie aufgezeichnet werden sollen. Wir wollen während des Bohrens, Vorschneiden und Düsen:

- ◆ Suspensionsdruck und -menge
- ◆ Vorschubhöhe
- ◆ Zeit pro Hub
- ◆ Rotation
- ◆ Luftdruck und -menge
- ◆ Wasserdruck und -menge
- ◆ Drehmoment
- ◆ Bohrgeschwindigkeit
- ◆ Spülrate beim Bohren

Diese Daten wollen wir nach der Zeit und Tiefe aufgezeichnet haben.

Zusätzlich muss der W/B-Wert passen. Die Kontrolle kann nur durch Personal auf der Baustelle passieren. Und die Menge an Rücklauf soll auch überprüft werden. Am besten man macht es durch Volumenaufnahme in einer Mulde, in der die Suspension ausgelitert worden ist. Auch das kann nur durch Personal auf der Baustelle erfolgen. Oft werden Durchflussmesser verwendet, aber die Genauigkeit ist zu gering.

Wichtig ist, dass immer genügend Personal auf der Baustelle ist. Es gab einen Fall in Wien bei einem Bauwerk in Wien Mitte, dort wurde statt Suspension Wasser gedüst. Das kann keine elektronische Aufzeichnung überprüfen. Das kann nur durch eine aufmerksame ÖBA des Auftraggebers verhindert werden.

Grundsätzlich ist die digitale Datenaufzeichnung und die Automatische Weiterverarbeitung der Daten ein super Tool. Es können daraus sehr aussagekräftige Daten gezogen werden, aber es ersetzt keine Arbeitskraft auf der Baustelle. So müssen z.B. auch ständig die Mischverhältnisse der Suspension kontrolliert werden.

Auch Düsendurchmesser werden genau kontrolliert. Wenn der nicht stimmt, ist die gesamte Messdatenaufnahme fehlerhaft.

Wenn Datenmonitoring für beide Seiten (AG und AN) einen Sinn haben soll, dann müssen auch beide die gleichen Datensätze erhalten, und beide dürfen damit tun was sie wollen. So muss auf der AN-Seite auch immer ein Experte vor Ort sein. So kann man dann unter Experten bei Problemfällen einen fachlichen Diskurs führen.

Es werden aber sehr oft die Daten nicht ungefiltert ausgegeben. Es ist ein mächtiges Tool. Z.B. die ausführende Firma konnte nicht so schnell vorschneiden wie kalkuliert. Daraus kann eine Mehrkostenforderung entstehen. Als AG weiß man oft nicht, ob es auch wirklich gerechtfertigt ist, weil nur gefilterte Daten übergeben werden.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Wir bekommen die Daten als Excel-Datei oder ausgedruckt als Protokoll. Jede weitere Arbeit passiert händisch.

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Grundsätzlich nein, eventuell für Mehrkostenforderungen.

Beim Bauprojekt Semmering Basistunnel (Baulos SBT3-1) wird von eguana schon die Software für Injektionen eingesetzt. Verwenden tut es aber einstweilen nur die Firma Züblin. Ich bin auch der Meinung, dass es schwierig ist diese als gemeinsames Tool zu nutzen, da der AG nur gefilterte Daten bekommt.

Hier ist Züblin der Subunternehmer von Marti Bau. Jetzt gibt es da schon 2 Vertragsverhältnisse. D.h. hier herrscht noch geringere Offenheit für die Datenaufzeichnung.

Wo es besser funktionieren kann ist bei Kraftwerksbauten. Wenn ein direktes Verhältnis zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer besteht. Z.B. Kraftwerk in Gerlos. Züblin und Verbund arbeiten hier direkt zusammen.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Weiter nicht aber gleichauf sind:

Verwendung von Stützmittel (Welche Stützmittel werden im Tunnel eingebaut)

Geotechnische Messdaten: Geotechnische Überwachung bei Baugruben. Z.B. zur Überprüfung der Standsicherheit gibt es automatische Totalstation, die die Messspiegel, die auf der Baustelle versetzt sind, misst und über diese Daten eine automatische Auswertung der Messwerte geschieht.

Auch beim Lainzertunnel: Teile des Lainzertunnels sind direkt unter der Verbindungsbahn. Wichtig war wie viel Setzung diese Verbindungsbahn erfährt bzw. aushält. Da gab es auch Sensoren auf den Schienen oder Schwellen und zusätzlich automatische Theodoliten. Es erfolgte eine automatische Auswertung. Sobald ein Grenzwert überschritten wurde, bekamen automatisch beteiligte Personen ein SMS zur Alarmierung.

Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Nein

Betreffender der Abrechnung muss meiner Meinung nach immer eine Person dazwischenstehen, die die Abrechnung auf Plausibilität prüft.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

Digitale Aufzeichnung wird von uns eigentlich immer gefordert. Auch wenn es in der Norm steht, muss man es trotzdem explizit im Leistungsverzeichnis fordern was man haben will.

Wir schreiben genau vor was wir (AG) aufgezeichnet haben wollen und dass uns am folgenden Tag bis spätestens 07:00 die Daten übergeben werden sollen.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Filterung von Daten: AG bekommt nur gefilterte Daten. Wenn beide Seiten davon profitieren sollen, muss eine offene Kommunikationsbasis geschaffen werden, die sich unabhängig von einer vertraglichen Ebene bewegt.

Zu hohe Genauigkeit: bei zu hoher Genauigkeit wird das System auch anfälliger für Messfehler

Blind auf Daten vertrauen: man erschafft eine digitale Baustelle, wo man der Illusion erliegt, dass man diese vom Büro aus steuern kann. Oder die ÖBA fordert Mengen an Daten ein, versteht aber nicht mehr wie man zu den Daten kommt.

Die Situation vor Ort muss mit den Messdaten verglichen werden. Es kommt z.B. zu Ausschlägen bei der graphischen Darstellung der Herstelltdaten. Grund dafür kann sein, dass der Bagger einen Messsensor verschoben hat. Jemand der im Büro sitzt und nicht vor Ort ist erkennt das nicht.

Es kann in jedes System eingegriffen werden. So kam es schon vor, dass der ASCII-Code verändert worden ist. Der ASCII-Code ist ein primitiver Code, wie Messdaten ausgelesen werden. So entsteht

eine Interpretationssoftware. Dieser Code kann sehr leicht angepasst werden und die Messwerte können dadurch verfälscht werden. Wenn man nicht vor Ort ist, sieht man es nicht.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

Ich würde mir 3D-Darstellungen wünschen. 3D-Darstellung mit Schnittstellen ins AutoCAD.

Beim Versuchsfeld in Untersammelsdorf hatten wir eine 3D-Darstellung, womit die Parameter von jeder Säule übersichtlich eingeblendet werden konnten.

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Bauherr: Herstellparameter aufgezeichnet über Zeit und Tiefe und Zeitpunkt wann der Bauherr die Auswertung bekommt

Planer, Ausführender: k.A.

Es ist vernünftig, wenn alle über den gleichen Datensatz verfügen und jeder Auswertungen machen kann. Rohdaten sollte jeder die gleichen bekommen.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Gleich wie Frage darüber

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Automatisierung der Auswertung: dass man über halb-empirische Zusammenhänge auf Verschleiß und Verbrauch schließen kann. Z.B. von Düsendruck auf Verschleißdruck

Dadurch kann ich Experten sparen, die oft sehr teuer sind.

Bei der Injektionstechnik konnte man aus dem Zusammenhang von verschiedenen Parametern, Empfehlungen für das weitere Injizieren ableiten. Das waren selbstlernende Programme. Aufgrund von Tendenzen der Parameter wird der Maschine vorgegeben, was sie machen soll. Z.B. der Druck an der Pumpe bei Kluft X steigt bei steigendem Injektionsgut an, dann schließt man daraus, ob man weiter pumpen muss oder nicht. Vielleicht geht sowas auch bei DSV. Oft sind solche Verfahren aber nur für einen bestimmten Baugrund oder eine Baustelle gedacht.

Wie und welche qualitätssichernden Parameter sollen in diese globale Datenbank mit einbezogen werden?

Durchmesser

Druckfestigkeit (Kernbohrung)

Gleichmäßigkeit der Säule

Forschung: über empirische Zusammenhänge kann von den Eigenschaften des Rücklaufes auf die Eigenschaften des Körpers geschlossen werden. Fraglich ist, wie allgemein das eingesetzt werden kann.

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

Ja, wir arbeiten mit BIM. Gerade wird diskutiert, wie weit man BIM im Tiefbau einsetzen kann. Aber ich habe leider keine Erfahrung damit.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

k.A.

8.11 BAUHERR 2 UND BAUHERR 3

Unternehmen/Firma:	österreichisches Infrastrukturunternehmen
	Umsatz: rund 503 Mio. Euro
Namen:	Bauherr 2 & Bauherr 3
Funktion:	<input type="checkbox"/> Forschung & Entwicklung <input type="checkbox"/> Planer <input type="checkbox"/> Ausführender (z.B. Bauleitung) <input type="checkbox"/> Kalkulation <input type="checkbox"/> Techniker <input checked="" type="checkbox"/> Andere: Bauherr
Genauere Bezeichnung der Funktion:	Projektleiter & technischer Referent

Führen Sie als Unternehmen selbst Düsenstrahl - Arbeiten durch? Ja Nein

Haben Sie Erfahrung mit modernen Systemen für Datenmonitoring beim Düsenstrahlverfahren (DSV)?

Ja Nein

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll der Weg bzw. Kreislauf der aufgenommenen Daten während der Herstellung eines Bodenvermörtelungskörpers mit DSV simuliert bzw. beschrieben werden.

Wie oft werden Daten aufgenommen? In Sekunden-Schritten, jeden Meter? Was ist sinnvoll?

Wir wissen es nicht, aber es wäre sinnvoll die Anzahl der Messwerte abhängig von der Geologie zu bestimmen. Eine Abstimmung mit den geotechnischen Fachleuten wäre hier sinnvoll. Bei durchlässigen oder undurchlässigen Böden wäre es sinnvoll unterschiedliche Messintervalle festzulegen. Uns ist es nicht so wichtig, ob die Daten gefiltert oder ungefiltert sind. Viel wichtiger ist es, dass die Firma plausibel und schlüssig erklärt warum in dem Boden so viele Messwerte vorhanden sind bzw. warum es sinnvoll ist in dem Boden jede Sekunde zu messen.

Zu wenige Daten bekommen wir zurzeit nicht.

Sobald ein Sensor Daten aufgenommen hat, werden die an einen integrierten Speicherort gesandt? Bzw. wie erfolgt die Speicherung dieser Messwerte im 1. Schritt (lokal auf dem Baugerät)?

Die Speicherung erfolgt lokal auf dem Bohrgerät auf einer Speicherkarte oder einem USB-Stick. Zusätzlich werden am Bohrgerät die Messwerte auf einem Anzeigegeräte angezeigt.

Ist die Speicherung lokal auf dem jeweiligen Baugerät der End-Speicherort, oder werden diese im 2. Schritt an eine übergreifende Datenbank gesandt, wo die Daten der gesamten Baustelle zusammengefasst werden? Art der Verbindung (W-LAN, USB, Bluetooth, etc.)?

Das ist von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich. Das wissen wir aber nicht genau. Schlussendlich kommen die Daten in Form einer Präsentation zu uns. Im Rahmen von Baubesprechungen werden die graphischen Darstellungen der Messwerte erläutert bzw. sind diese schlussendlich Teil eines Abschlussberichts.

Wie werden diese Messwerte dann wiedergegeben bzw. aufbereitet? Wie erfolgt die Ausgabe dieser Daten (Quellcode, Exceldatei, ...)?

Wir bekommen Protokolle, die im Zuge von Baubesprechungen von den Firmen präsentiert werden. Es wird dann erläutert, ob der Durchmesser stimmt. Uns interessiert nicht wie viel Suspension in den Boden hineingegangen ist, die Ziehgeschwindigkeiten, etc., sondern nur was daraus resultiert - wie beeinflussen diese Bauarbeiten, die Gebäude darüber und daneben. Wir vergleichen die DSV-Protokolle, die uns analysiert werden, mit den Umgebungsmessungen – Oberflächennivellement, Neigungsmessung und Fassadenmessung.

Wir bekommen Daten nur in Form von PDF-Dateien. Wir bekommen auch nur bereits aufbereitete Daten. Rohdaten bekommen wir gar nicht.

Werden diese erhobenen Messwerte, dann in eine übergreifende Software importiert, mit der die gesamten Baustellendaten dokumentiert, kontrolliert und verarbeitet werden und die für weitere Arbeitsprozesse (z.B. Abrechnung) als Grundlage dienen soll?



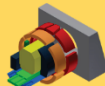
Haben wir noch nie gesehen. Das ist für uns auch nicht notwendig.

Können bzw. werden diese gesammelten Daten im Weiteren als Referenzwerte (z.B. für Nachkalkulation, Aufwandswerte, Leistungswerte, Abschätzungen für zukünftige Baustellen, etc.) verwendet werden/verwendet? Funktioniert dies in der Praxis?

Das hoffen wir schon, dass ausführende Firmen das machen. Wir glauben das ausführende Firmen diese Werte als Grundlage für Neukalkulationen (Zeitabschätzungen, Austauschgradabschätzungen, Bestimmung des Verfahrens, etc.) nutzen.

Mit Hilfe der folgenden Fragen soll die Digitalisierung von Baustellen hinsichtlich Funktionsweise und Grad der Digitalisierung veranschaulicht werden.

Digitales Datenmanagement in 3 Stufen. In welche Entwicklungsstufe würden Sie ihr Unternehmen anhand der nachstehenden Grafik einordnen und warum?

Datenfluss	1. Messung		2. Speicherung		3. Analyse	
	Methode		Methode		Methode	
1. analog	analog	indirekt	Protokolle	indirekt	Tabellenkalkulation	-
2. teilweise digital	digital / analog	direkt / indirekt	einzelne Datasets	direkt / indirekt	proprietäre Software	Export – Import Files
3. digital	digital / Maske	direkt	Datenbank	direkt	real-time Analyse	direkt

Wir schätzen die ausführenden Firmen in Österreich in Entwicklungsstufe 2 und/oder 3 ein.

Wie weit sind Herstellungsprozesse und Qualitätsmanagement bereits digitalisiert? Wird von großen externen Datenbanken für all die erhobenen Messwerte Gebrauch gemacht?

Das wissen wir nicht. Außerdem kennen wir das Qualitätsmanagement der Firmen nicht.

Wie schon erwähnt bekommen wir die Daten nur in Form von PDFs als Protokolle oder Abschlussberichten.

Betrachten wir eine Spezialtiefbaustelle in Ihrer Gesamtheit. Sind andere Prozesse neben DSV bezüglich Digitalisierung schon fortgeschrittener? Können Sie ein konkretes Beispiel nennen?

Weiter fortgeschritten ist das Monitoring von Gebäudeüberwachungen. Da werden Messwerte bereits permanent aufgezeichnet und in einer globalen Datenbank gespeichert. Da kann jeder auf einen Server mit Daten zugreifen.

Die Grundwasserhaltung ist gleich auf. Hier werden die Daten auch digital aufgezeichnet, jedoch erfolgt die Weitergabe der Daten noch analog.

Wenn Sie die Ist-Situation und die Zukunftssituation betrachten. Sehen Sie großes Potential in der Digitalisierung von Tiefbauarbeiten? Wie lange wird es noch dauern bis das Datenmonitoring und Datenmanagement in der Ausführung zu 100% automatisiert und digitalisiert sind?

Eine Erfahrung habe ich bei einem Projekt in Deutschland gemacht. Das war eine Tunnelbaustelle, bei der alles digital dokumentiert worden ist. Alle Oberflächenmesspunkte waren digital ausgerüstet und diese haben permanent Messwerte in eine Cloud gefunkt. Man konnte dadurch Veränderungen in Echtzeit mitverfolgen. Das hat mich schon sehr begeistert.

Jedoch glauben wir, ist die die Menge an Daten die keiner interpretieren kann ein großes Problem. Schnell erhaltene Daten sind gut, aber man muss trotzdem den Überblick behalten und gut sortieren, damit die richtigen Schlüsse gezogen werden können.

Wenn also in Zukunft die Schritte auch wirklich vereinfacht werden, dann sehen wir großes Potential in der Digitalisierung.

Technisch ist es glaube ich schon möglich. Es stellt sich nur die Frage: Wie sinnvoll ist es die Daten sofort auf eine Cloud zu spielen? Wir glauben es wird aber in den nächsten 5 Jahren vollkommen digitalisiert sein.

Vereinzelt erfolgt bereits mit den aufgenommenen Herstellungsdaten eine automatische Abrechnung bzw. eine Abrechnung in Echtzeit? Die aufgenommenen Daten können auch für andere wichtige Dokumentationen direkt exportiert werden. Haben Sie bereits Erfahrung damit? Wird dieses Konzept schon häufig in der Praxis verwendet?

Nein, haben wir noch nie gesehen. Aber es wäre auch nicht sinnvoll nach den Herstellparametern abzurechnen. Wir rechnen nach Planmaß ab. Wichtig ist es für den Qualitätsnachweis.

An wie vielen Baustellen (schätzungsweise, prozentuell) wird diese ausführliche Dokumentation bzw. die Digitalisierung der Dokumentation bereits angewandt? Ist dies abhängig von Bauherr und/oder Projektvolumen?

Keine Ahnung, wir hatten das noch nie.

Die folgenden Fragen beziehen sich sowohl auf Monitoringsysteme, die bereits während der Herstellung beim DSV eingesetzt werden, aber auch auf Monitoringsysteme/Software zur Weiterverarbeitung und Aufbereitung der Daten. Es sollte immer die Digitalisierung von Bauprozessen von Herstellung bis Abrechnung im Hinterkopf behalten werden.

Wo liegen die Schwachstellen solcher modernen Datenmonitoringsysteme nach heutigem Stand der Technik?

Überflutung von Daten, die schwer interpretierbar sind. Mit denen man nicht direkt Rückschlüsse ziehen kann.

Ständig wird an Verbesserungen gearbeitet. Was sind unmittelbare Verbesserungen, die angestrebt werden?

Wissen wir nicht.

Können Sie kurz die verschiedenen Anforderungsprofile von Bauherrn, Planern und Ausführenden bezüglich Datenmonitoring beim DSV erläutern?

Bauherr: Er will die Messwerte sehr zeitnahe erhalten, damit man im Bauablauf darauf schnell reagieren kann. Außerdem braucht er die Messwerte für den Leistungsnachweis.

Planer: Er braucht das gleiche wie der Bauherr nur etwas später. Er möchte wissen, ob das was er geplant hat in dem jeweiligen Boden so ausführbar ist. Außerdem braucht er diese für Nachkalkulationen.

Ausführender: Er braucht die Messwerte für die Herstellung, Qualitätskontrolle und Nachkalkulationen.

Was sind Ihre persönlichen Anforderungen an moderne Datenmonitoringsysteme?

Gleich wie Bauherr bei der vorigen Frage.

Was ist Ihrer Meinung nach in der Digitalisierung solcher Dokumentationsprozesse schon vollkommen ausgereift?

Datenaufzeichnung, Datenauswertung

Nehmen wir an Sie persönlich sind Unternehmer und sehen großes Potential in der Digitalisierung von Bauprozessen im Speziellen DSV. Sie haben ausreichend viel Geld und Zeit für Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet zur Verfügung. Was würden Sie tun bzw. in welchen Bereichen würden Sie Innovationen fördern, um in Zukunft marktführender Unternehmer auf diesem Gebiet zu sein? Wo steckt sozusagen noch großes Potential für Weiterentwicklungen?

Keine Ahnung. Wir wissen hier technisch leider zu wenig.

Zuletzt noch Fragen zu BIM (Building Information Modeling), das auch in der Ausführungsphase immer mehr mit eingebunden werden soll.

Arbeitet Ihr Unternehmen bereits mit BIM (Building Information Modeling) bzw. haben Sie Erfahrung mit BIM? Wie schaut die Implementierung von Messwerten aus dem Tiefbau im Speziellen von dem DSV in BIM aus?

Ja, im Hochbau verwenden wir BIM viel. Da ist es auch von Vorteil und mit wenig Zeitaufwand verbunden, da sich die Arbeitsprozesse in jedem Geschöß wiederholen. Daraus werden auch automatisch Abrechnungen erstellt.

Im Tiefbau verwenden wir BIM jedoch nicht, da bei Tiefbau-Baustellen das Eintragen der Daten ins BIM viel mehr Arbeit ist als der brauchbare Output.

Jedoch kann ich mir vorstellen, dass gerade für DSV-Arbeiten das BIM von Vorteil ist, da das Eintragen der DSV-Körper kein großer Aufwand ist und der Output sicherlich sehr brauchbar.

Für uns wäre BIM vor allem für die Erhaltung sehr wichtig.

Wenn Sie bereits mit BIM im Tiefbau arbeiten, welche Software verwenden Sie?

Wir verwenden es im Tiefbau noch nicht.

9 EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Hiermit erkläre ich, dass ich die hier vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt sowie der Literatur wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Wien, am 02.10.2017

Paula Lengauer