Michael Ouschan, Dipl.-Ing., B. Sc., eguana GmbH, Wien (A)
Philipp Maroschek, Ing., MLBT, M. Sc., B. Sc., eguana GmbH, Wien (A)
Sewerin Sabew, Dipl.-Ing., Renesco GmbH, Abteilung Marti Geotechnik, St. Leon Rot (D)
Leopold Winkler, Dipl.-Ing., B. Sc., Technische Universität Wien, Wien (A)

Digitales Dokumentations- und Datenmanagement bei Injektionsmaßnahmen

Moderne Baumaschinen ermöglichen Ingenieuren durch Aufzeichnung von Daten einen tieferen Einblick in den Bauprozess. Durch Digitalisierung wird somit letztlich auch das Verständnis der im Untergrund ablaufenden Vorgänge gestärkt. Das Auswerten und Analysieren der Prozessdaten erfolgt heutzutage größtenteils mittels Tabellenkalkulationsprogrammen. Dateninkonsistenzen und proprietäre Programme erschweren diesen Prozess. Im vorliegenden Beitrag wird detailliert auf Anforderungen an Dokumentation und Datenhaltung seitens der Normenwelt und den aktuellen Stand der Technik eingegangen. Darauf aufbauend und unter Berücksichtigung der Herausforderungen moderner Injektionsbaustellen werden Lösungen für innovatives Datenmanagement von Injektionsvorgängen dargelegt. Diese sind geprägt durch direkte digitale Schnittstellen in der Datenübertragung, implementierte Automatismen in der Auswertung und Analyse sowie einhergehende Administrationserleichterung und verbesserte Kollaboration aller Stakeholder.

1 Einleitung

In den Jahren 2000 bis 2002 wurde etwa die gleiche Menge an Daten produziert wie in den gesamten 40.000 Jahren davor. Mittlerweile schreiben wir das Jahr 2018, der Berg an Daten wächst kontinuierlich, wodurch auch die Anforderungen an die Datenhaltung steigen [1]. In allen Lebenslagen werden heutzutage digitale Daten geschaffen. Begonnen bei persönlichen Nachrichten über GPS-Tracking bis hin zum Festhalten und Teilen von Eindrücken mit dem Smartphone – jeder häuft persönlich jährlich Daten im Terabyte-Bereich an. Eine Studie der IDC – International Data Cooperation geht von einer weltweiten Datenproduktion im Bereich von 40.000 Exabytes (das entspricht 40 Trillionen Gigabytes bzw. 40.000.000.000.000.000.000.000 Bytes) im Jahr 2020 aus [2].

Die Bauwelt ist davor nicht gefeit. Mit der fortschreitenden Digitalisierung sowie den damit einhergehenden, enorm zunehmenden Datenmengen steigt der Bedarf an automatisierten Dokumentations- und Analyseprozessen. Vor allem im Spezialtiefbau werden durch das im Untergrund verborgene Bauwerk besonders hohe Anforderungen an Datengenauigkeit, die schnelle Verfügbarkeit von Daten und das exakte Abbilden der Bauvorgänge im Zuge der Dokumentation gestellt. Dies ist vor allem zur Sicherung der Qualität des Bauwerks und dessen Ausführung unerlässlich. Im Sinne einer durchgängigen Datenhaltung sollte von der Planung, Ausführung, Bauwerkserhaltung bis hin zum Rückbau bzw. Abriss ausreichend Information vorhanden sein.

Moderne Baugeräte und Datenerfassungseinheiten können Bautätigkeiten aufzeichnen und Herstelldaten ausgeben. Bislang erfolgt die automatisierte Zusammenführung und Analyse der Daten in der Praxis jedoch nur selten. Bauingenieure sind keine IT-Spezialisten, verfügen aber über die notwendige Kenntnis der Ausführungsprozesse, weshalb bei der Entwicklung von digitalen Baustellenwerkzeugen ein Schulterschluss zwischen Informatik und Bautechnik zu erfolgen hat.

Bei Injektionen fallen rund 6.000 Messwerte in Binärformat durch die Aufzeichnung der Herstellungsgrößen Druck, Menge und Durchflussrate über die Zeit für eine durchschnittliche Injektion von 30 Minuten an. Bei großen Injektionskampagnen stellt die Durchführung von über 200 Injektionsstellen je Arbeitstag keine Seltenheit mehr dar. Dies entspricht 1,2 Millionen Messwerten täglich. Die Aufbereitung dieser Daten obliegt den ausführenden Unternehmen.

Die Dokumentation stellt somit keineswegs mehr eine Nebentätigkeit dar, sondern nimmt einen großen Bereich der Bauleiter-Tätigkeiten ein. Der Bedarf an unterstützenden Systemen für Baupersonal ohne tiefergehende IT-Ausbildung bleibt unbestritten. Selbst IT-affine Bauleiter stoßen aufgrund der großen Menge an Daten an die Grenze der Handhabung.

2 Stand der Technik zum Datenmonitoring

Der Dokumentations- und Analysekreislauf von Injektionsarbeiten wird durch einschlägige Anforderungsdokumente bereits vor Projektbeginn beeinflusst. Diese Dokumente sind auf Ebene der Normengremien im deutschsprachigen Raum die EN 12715 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten – Injektionen“ [3], der Kommentar zur EN 12715 der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) [4], das Standardleistungsbuch STLB-Bau – LB 006 Spezialtiefbauarbeiten des „Gemeinsamen Ausschusses Elektronik im Bauwesen (GAEB)“ [5] oder die Leistungsbeschreibung LB FSV-VI LG 22 der österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) [6]. Für die Qualitätsprüfung von Injektionsmaterialien gilt in Österreich die ÖNORM B 4454 „Injektionen in

Fest- und Lockergestein – Prüfungen“ [7]. Auf Projektebenen werden insbesondere in den technischen Vertragsbestimmungen und den Verfahrensanweisungen die Registrierung und Überwachung der Injektionsarbeiten je Injektionsbohrung definiert.

Die EN 12715 [3] gibt den Arbeitsablauf als einen interaktiven, fortschreitenden Prozess an. Ein ständiges Baumanagement sei demnach erforderlich, damit Entscheidungen (sowohl zur Veränderung der bei der Planung und in den Verfahrensanweisungen festgelegten Verfahren oder Parameter als auch für die Fortführung oder Beendigung der Injektionsmaßnahmen) von allen beteiligten Parteien gemeinsam getroffen werden können. Die Ausführung der Arbeiten ist laut Norm kontinuierlich zu überwachen und alle Beobachtungen mit den Planungsparametern und Annahmen zu vergleichen. Dabei werden „rechnergestützte Aufzeichnungsgeräte für Echtzeit-Überwachung und Kontrolle der Verarbeitungsparameter“ gefordert. Neben der kontinuierlichen Überwachung müssen sämtliche Daten für alle Injektionsphasen aufgezeichnet und Berichte angefertigt werden. Auf der Baustelle handelt es sich um tägliche und monatliche Beobachtungen beim Bohren und Einbringen des Injektionsgutes sowie zum täglichen Fortschritt und Injektionsgutverbrauch.

Die auf den heutigen Baustellen auf Basis dieser Vorgaben entstehende Berichte sind demnach:

- Bautagesberichte
- Bohrberichte
- Injektionsprotokolle
- grafische Darstellungen des Druck-Mengenverlaufs der Injektionen
- Schichtberichte
- Maschinenberichte
- Injektionsgutberichte
- Aufmaße

Der Dokumentationsaufwand ist über Einrichtungspauschalen und Leistungspositionen (meist „Verpressbetriebsstunden“) zu kalkulieren. Die Leistungsbeschreibung LB-IV FSV sieht zusätzlich dazu zwei Positionen „Erweiterte Dokumentation I / II“ vor, die in aktuellen Ausschreibungen jedoch noch nicht zu finden sind. In den Ausschreibungen ist in der Regel die Position „Injektionsdatenschreiber“ festgehalten, die eine Aufzeichnung und Übergabe der Messdaten an den Auftraggeber in analoger und digitaler Form beinhaltet.

In den vertraglichen Bestimmungen wird bei der Beschreibung der Bohr- und Injektionseinrichtung die Registrierung und Überwachung weiter präzisiert. Darin vorgesehen ist die stetige Aufzeichnung von zumindest Injektionsdruck, Injektionsrate und Gesamtverpressvolumen nach Zeit, Tiefe und Passe je Injektionsanschluss. Aktuelle Vertragsbedingungen

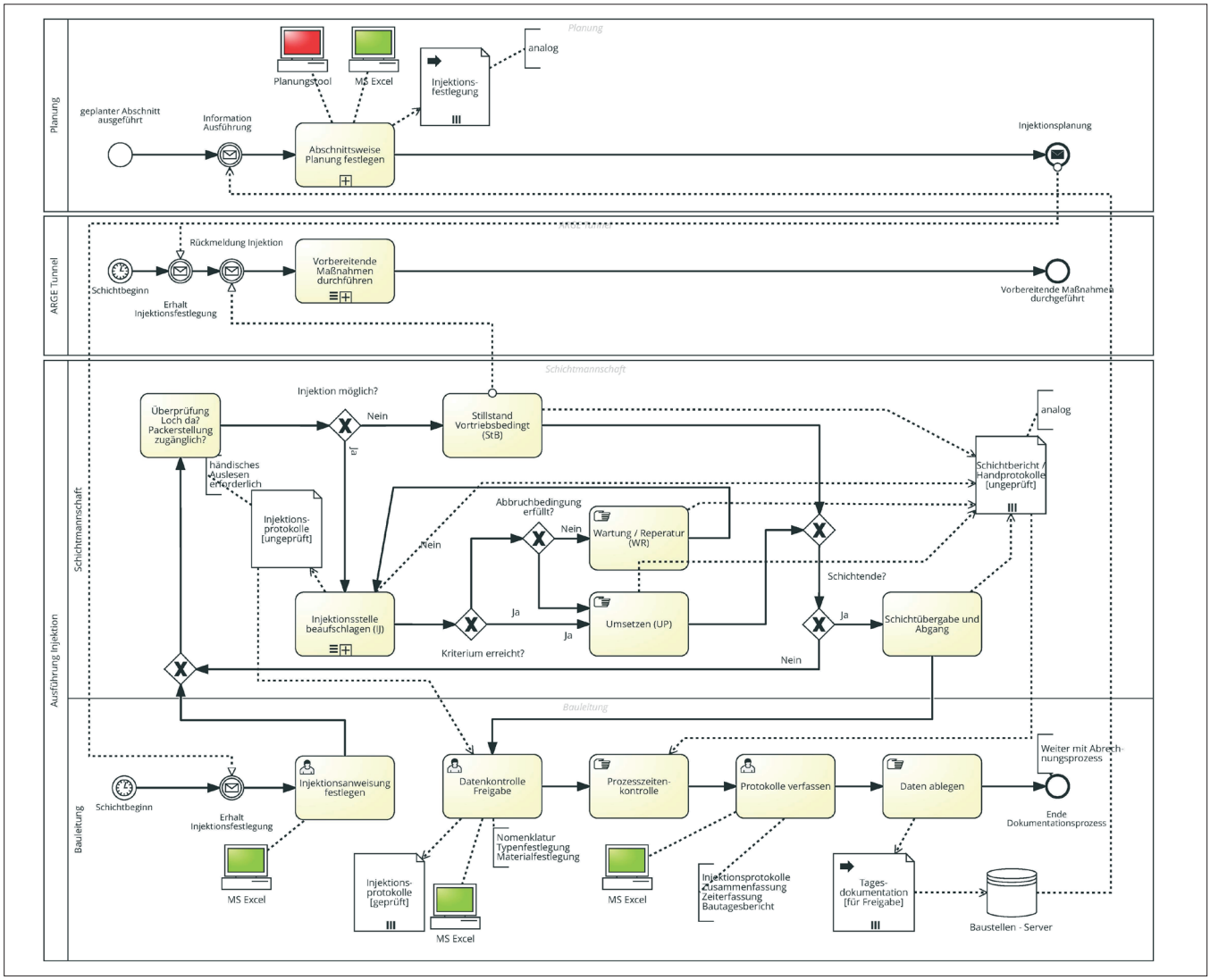


Bild 1 Arbeits- und Dokumentationsprozesse bei einer Tunnelinjektion

definieren zudem Form und Zeitpunkt der Übergabe. Beispielsweise wird festgehalten, dass Injektionsprotokolle und Analysen am folgenden Kalendertag digital und in dreifacher Papierausfertigung mit Unterschrift zu übergeben sind.

2.1 Aktueller Daten- und Dokumentationsfluss

Den beschriebenen Forderungen aus der Literatur stehen die technischen Möglichkeiten auf heutigen Injektionsbaustellen gegenüber. **Bild 1** illustriert den Prozess einer Tunnelinjektion, wobei die Injektionstätigkeiten von einer eigenen Organisationseinheit durchgeführt werden. Arbeitsprozesse sind beim gewerblichen Personal angesiedelt. Dokumentations- und Organisationstätigkeiten werden von der Bauleitung übernommen. Im Flussdiagramm ist zu erkennen, dass der tradierte Datenfluss durch viele Zwischenschritte in Form von händischer Übertragung der Daten und kontinuierlichen Aufbereitungen und Auswertungen gekennzeichnet ist.

Die Kommunikation per E-Mail oder Netzlaufwerken mit Stakeholdern bringt zusätzliche Zeitverzögerungen und potentielle Fehlerquellen in das System. Des Weiteren werden beispielsweise die aufgenommenen Messwerte manuell durch das Baustellenpersonal ausgelesen, mittels portabler Massenspeichergeräte (z. B. USB-Stick) transferiert und über Tabellenkalkulationsprogramme oder proprietäre Software der Datenschreiberhersteller verarbeitet und visualisiert. Technisch unterscheiden sich die Lösungen am Markt, in der Ausführung weichen sie jedoch kaum voneinander ab [8]. Die entsprechenden Schritte nach „Injektionsstelle beaufschlagen", d. h. die Weiterleitung von „Injektionsprotokolle" und anschließend „händisches Auslesen" sind im Aufgabenbereich der Schichtmannschaft angesiedelt (siehe Bereich Mitte links in **Bild 1**). Vor der Protokollerstellung muss jeder Datensatz einer Injektion geöffnet und überprüft werden. Bei etwaig aufkommenden Problemen in der Rohdatenaufnahme gibt es kaum Möglichkeiten, beispielsweise Falscheingaben zu korrigieren. Nötige Korrekturen setzen umfangreiche Computer- und IT-Kenntnisse voraus, sind ressourcen- und zeitintensiv und können auch im Sinne der Dokumentenechtheit als bedenklich angesehen werden.

Die Notwendigkeit der Entwicklung von digitalen Datenmonitoringsystemen für Injektions- und Bohrarbeiten ist evident, wenn man den Vergleich des beschriebenen Dokumentationskonzeptes und der angewandten technischen Lösungen in der Ausführung mit den Forderungen der EN 12715 [3] betrachtet: Weder „Echtzeit-Überwachung und Kontrolle", noch „ständiges Baumanagement" oder das gemeinsamen Treffen von Entscheidungen zu Verfahren und Parametern von „allen beteiligten Parteien" sind ohne neue technische Lösungen umsetzbar.

2.2 Anforderungen an digitales Datenmonitoring

Der Entwicklungsprozess eines digitalen Datenmonitoringsystems steht im Spannungsfeld der Triade vertragsziel-orientiertes Arbeiten, baubegleitende wirtschaftliche und technische Optimierung, sowie der Arbeitserleichterung in der Ausführungsphase.

Im ersten Handlungsfeld ist durch das digitale Datenmanagement zu klären, welche Bohr- und Injektionsparameter für eine Beurteilung erforderlich und welche Mengen- und Passeninformationen (räumlich und zeitlich) dafür notwendig sind. Einzubinden und zu verknüpfen ist dazu die Qualitätssicherung der Materialien in Form der Testergebnisse des Labors und der Feld-Prüfungen.

Im Handlungsfeld der Optimierung muss das System Fragen zur Ertragswahrheit der Abrechnungspositionen und Effizienzkritik beantworten. Dabei unterstützt es die Identifikation der Ursachen gegenüber der Angebotskalkulation für die Bauüberwachung bzw. der Arbeitskalkulation für das Bauunternehmen und bietet auf Grundlage der aktuellen Datenlage durch baubetriebliche Variationen der Abläufe eine Steigerung der Effizienz.

Als drittes Handlungsfeld ist auf die Administrationserleichterung bei der Auswertung und Analyse sowie beim Erstellen von Abrechnungsgrundlagen bei der Entwicklung wert zu legen. Die wichtigsten Stakeholder im Zusammenhang mit dem zentralen Wissensmanagement von Bohr- und Injektionsarbeiten sowie etwaiger weiterer Arbeiten sind Bauherr, Planung und Überwachung sowie das Bauunternehmen.

Die Erwartungshaltung der beschriebenen drei Bereiche wurde evaluiert und ist in **Bild 2** dargestellt. Bauunternehmen sehen den größten Vorteil in der Administrationserleichterung. Bauherr, Planung und Überwachung erwarten sich im Gegensatz dazu eine höhere Ertragswahrheit und Effizienzkontrolle von den Bautätigkeiten.

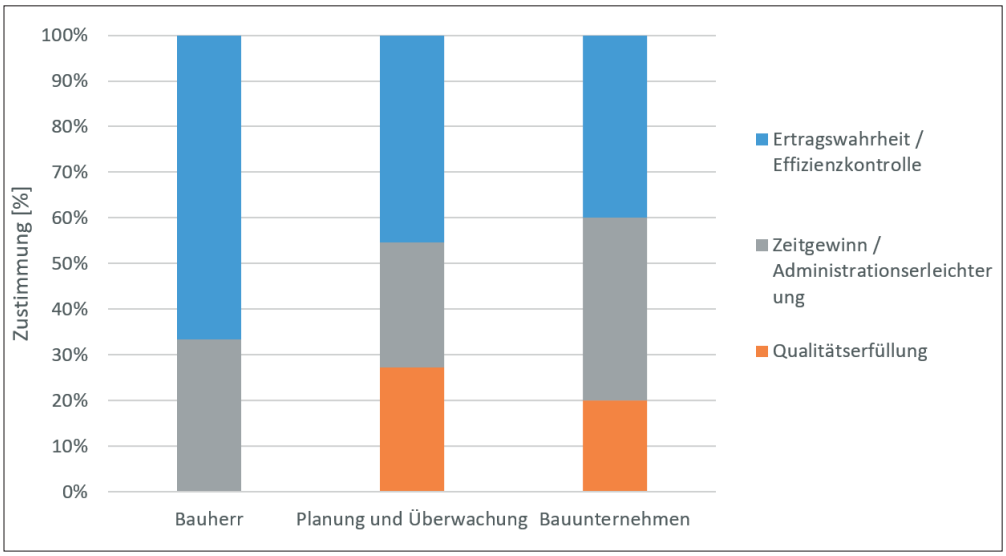


Bild 2 Nutzen zentraler Wissensmanagementsysteme im Baubetrieb

3 Herausforderungen moderner Injektionsbaustellen

Zunehmende Urbanisierung und steigender Platzmangel treiben Infrastrukturprojekte vermehrt unter die Erde. Innerstädtische Verkehrstunnel werden in beinahe jeder Großstadt errichtet – egal, ob für den Individual- oder den öffentlichen Verkehr. Immer, wenn unterirdisch gebaut wird, gilt es, die Geologie entsprechend zu kennen und zu berücksichtigen. Im städtischen Tiefbau kommt die Komponente Bebauung hinzu. Vor allem der Alpenraum zeichnet sich durch sehr wechselhafte geologische Formationen in grundwassergesättigten Zonen aus. Eine besondere Herausforderung sind Tunnelbauwerke im quellfähigen Gebirge. Um den Vortrieb ausreichend zu sichern und den Wasserzutritt zu verhindern, steigen die Anforderungen an die Injektionstechnik. Im städtischen Raum stellen Injektionen eine besondere Herausforderung dar, da die zu errichtenden Tunnel häufig bei geringer Überdeckung unter Wohn- bzw. Bürovierteln hindurchführen.

Der neuen österreichischen Tunnelbaumethode nachempfunden, erfolgt die Detailplanung solcher Injektionskampagnen als Sicherungsmaßnahme oft ausführungsbegleitend, um unter anderem die Aufnahmefähigkeit des Gebirges entsprechend berücksichtigen zu können [4]. Arbeiten im Pilgerschrittverfahren, also das abwechselnde Abarbeiten mehrerer Querschnitte, sowie die Änderung von Bohrlängen und Packertiefen erweisen sich als probates Mittel der ständigen Anpassung. Das bedeutet, die ausführenden Unternehmen müssen ständig aktualisierte Arbeitsanweisungen ausführen, was an das gewerbliche Personal hohe kognitive Anforderungen stellt.

Nicht nur die Einbaustelle, sondern vor allem das einzubauende Material bzw. die einzuhaltenden Injektionsparameter sind für den Erfolg der Sicherungsmaßnahmen entscheidend. Planer sind hier auf aussagekräftige Daten angewiesen; eine saubere Dokumentation ist unerlässlich.

Die Bauleitung steht vor der Aufgabe, Änderungen des Bauablaufs möglichst ohne Verzögerung und Komplikationen den ausführenden Mannschaften zu vermitteln und zu dokumentieren. Die Dokumentation soll im Aufwand nicht mit den Planungsleistungen steigen, aber dennoch alle Änderungen sauber und nachvollziehbar abbilden. Ohne technische Hilfsmittel und automatisierte Prozesse werden hier schnell die Grenzen des Machbaren erreicht.

Somit ergeben sich aus den in den voranstehend beschriebenen Anforderungen und Umständen moderner Injektionsbaustellen nachfolgende Anforderungen an Dokumentation und Datenmanagement:

- Sichere Datenakquise und -verwaltung
- Datenanalyse und Protokollierung
- Prozessabbildung und Tätigkeitserfassung
- Automatisierte Massenermittlung
- Interaktive Visualisierung
- Digitale Arbeitsanweisungen
- Schnittstellen zu übergeordneten Systemen (ERP, Abrechnung, BIM, etc.)
- Qualitätssicherung
- Auswertung und Bauzeitermittlung
- Kommunikation zwischen den Stakeholdern

4 Injektionsdatenmanagement neu gedacht

Wie zuvor dargestellt, stellt die Dokumentation in der Injektionstechnik einen wichtigen Arbeitsbereich dar und ist längst nicht mehr als kleine Nebenaufgabe zu sehen. Gerade im digitalen Zeitalter muss die Bauwelt interdisziplinäres Denken forcieren und einen strukturierten Umgang mit Daten leben. Denn diese liefern Rückschlüsse über den Erfolg der Injektionsmaßnahmen und bilden die Grundlage für baubegleitendes Planen sowie Abrechnungen. Zudem gliedern sie sich nach Plandaten in den Lebenszyklus des Bauwerks ein, sind also als Grundlage für Bauwerkserhaltung bis hin zu Rückbau bzw. Abriss zu sehen.

Technologien zur Automatisierung der Bauwelt gibt es. Die Vernetzung bauspezifischer Anforderungen mit technischen Hilfsmittel entspricht heutzutage in vielen Bereichen allerdings nicht dem Stand der Technik – Stift und Papier herrschen als Dokumentationsmittel noch immer vor. Bauleiter im Tiefbau verbringen mindestens 20 Prozent ihres Arbeitspensums mit Dokumentation [9].

4.1 Der moderne Datenfluss

Datensammlung und -übertragung erfolgen mit der Webplattform eguana SCALES automatisch und unabhängig von Maschinen-, Datenlogger- oder Sensorherstellern. Seitens der Hersteller gibt es entweder eine Schnittstelle, über welche die

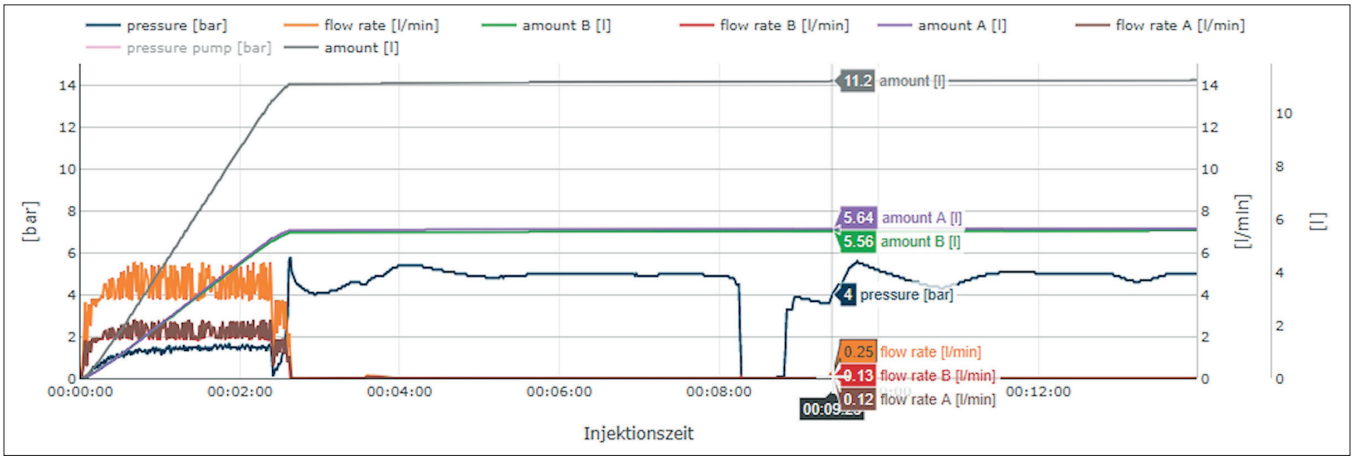


Bild 3 Datenauswertung von Injektionen mit Zwei-Komponenten-Mittel

Daten direkt übermittelt werden oder es kommt ein innovatives Upload-Tool zum Einsatz, welches die Injektionsdaten direkt aus der Datenbank in der Injektionsanlage abgreift und auf gesicherte Server lädt. Ein Einsatz unter Tage oder in entlegenen Gegenden wird möglich, da bereits bei sehr geringen Übertragungsraten Daten sicher übermittelt werden können, wobei die Option eines manuellen Uploads via einfachem drag and drop erhalten bleibt. Dies stellt einen wesentlichen Faktor moderner Dokumentation dar, da die manuelle Übertragung der Daten entfällt.

Die Datenkontrolle kann erfolgen, während an anderen Stellen noch gearbeitet wird. eguana SCALES verarbeitet und überprüft die Messwerte automatisch nach dem Upload im Hinblick auf deren Integrität als auch projektspezifische Charakteristika. Es bietet die Möglichkeit, Druck- und Durchflussverläufe im Detail zu analysieren (**Bild 3**) sowie nach Prüfung und Freigabe interessensangepasste Protokolle zu erstellen. Der Fokus liegt mehr auf der fachkundigen Durchsicht als der administrativen Herausforderung des Dokumentationsprozesses, wodurch wertvolle Zeit eingespart und der Blick aufs Wesentliche gerichtet werden kann [10]. Zudem sind dank einer intelligenten Datenbank alle Daten strukturiert abgelegt und können nach Bedarf jederzeit abgefragt sowie im Detail analysiert und ausgewertet werden.

4.2 Unterstützende Visualisierung

Kommunikation mit Bildunterstützung, insbesondere bei komplexen Zusammenhängen, setzt sich generationsübergreifend immer wieder durch. Bauleitung und Bauüberwachung fordern Visualisierung von Daten, um die Aufmerksamkeit auf relevante Zusammenhänge lenken zu können. Herkömmlich werden Listen ausgewertet oder Protokolldaten mittels Leuchtmarker auf gedruckte Pläne übertragen. Digitale Datenmonitoringsysteme können die ausgeführten Arbeiten über dynamische Visualisierungen zur Verfügung stellen [11].

Die Herstellungsdaten sind in eguana SCALES direkt mit einer interaktiven Visualisierung des gesamten Baufelds verknüpft – von Übersichten bis hin zu Detailabbildungen einzelner Injektionsstellen. Die Benutzer können über Farbcodes den Stand der laufenden Arbeiten einsehen und so Problemstellen schnell und einfach ausmachen. In **Bild 4** sind Injektionen mit unterschiedlichen Packerstellungen abgebildet: In Grün die bereits ausgeführten und freigegebenen Stellen, in Blau und Rot jene, die noch einer Kontrolle bedürfen. Die Farbintensität liefert zudem Rückschluss auf die verpresste Menge.

Die Idee, Visualisierungen nicht nur zum Zweck des Controllings, sondern auch zur Arbeitsanweisung zu nutzen, wird ebenfalls umgesetzt. Bauleiter oder Poliere geben Plandatensätze zur Ausführung frei, die Maschinisten sehen in der Visualisierung die abzuarbeitenden Stellen in einer entsprechenden Farbe und wissen, was als nächstes zu erledigen ist. Dadurch kann auf baubegleitende Planänderungen schnell reagiert werden. Diese Punkte werden zudem mit Parametersets hinterlegt, wodurch stets klar ist, in welcher Form die Ausführung zu erfolgen hat. Dadurch wird der Vorgang „Injektionsanweisung festlegen“ an der Schnittstelle zwischen Bauleitung und Schichtmannschaft (siehe Bereich unten links in **Bild 1**) vereinfacht.

4.3 Von der Tätigkeitserfassung bis zur Abrechnung

Neben den Herstellungstätigkeiten gibt es in den Leistungsverzeichnissen auch unproduktive Abrechnungspositionen wie Stillstände oder Gerätevorhaltung. Um Diskussionen über die abzurechende Menge zu minimieren, können über das Prozessmanagement alle Tätigkeiten chronologisch abgebildet und in Zeitreports ausgegeben werden. Es erfolgt eine automatische Abbildung von Herstellungstätigkeiten sowie von Standardzwischenprozessen in Form eines Balkendiagramms (**Bild 5**). Außerplanmäßige Prozesse wie Stillstände oder Wartungen können durch das Baustellenpersonal festgelegt werden. Dadurch haben Bauleiter stets alle Prozesse im Blick und können optimierende Analysen hinsichtlich Bauzeit und Personaleinsatz erstellen.

Tätigkeiten fließen in die zeitlichen Abrechnungspositionen ein. Stück- und Mengenzählungen basieren auf Herstellungsdaten. Hierzu werden intelligente Nomenklatur-Codes herangezogen, um beispielsweise das Setzen der Packer abzubilden oder Zuschläge für Arbeiten über Kopf festzuhalten. Eine Schnittstelle zu weiterführenden Abrechnungsprogrammen wie RIB iTWO ist in Form eines DA11-Exports vorhanden, um die Daten auch direkt weiterverarbeiten zu können.

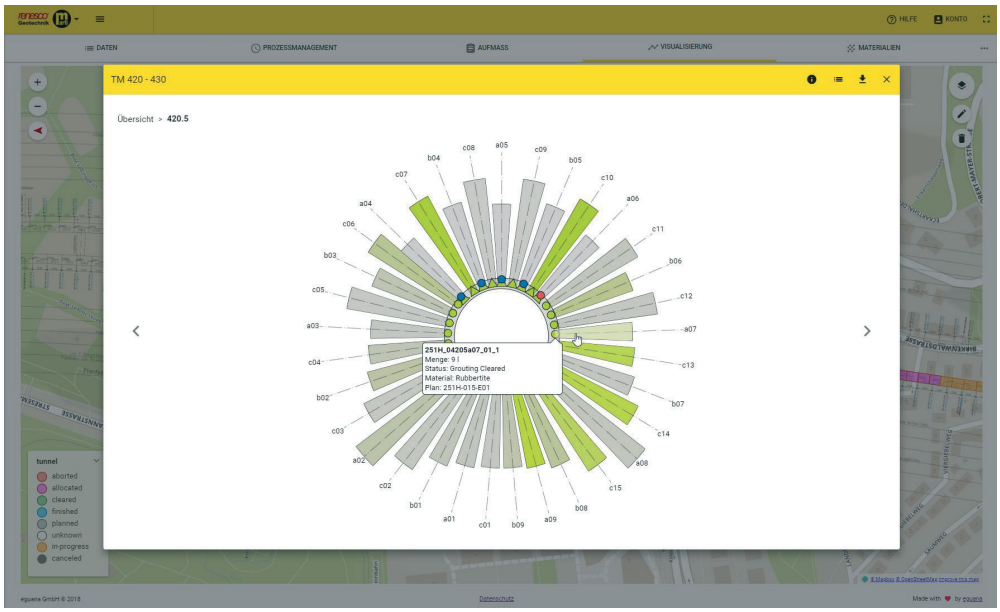


Bild 4 Detailvisualisierung von Injektionen im Tunnelbau



Bild 5 *Prozessvisualisierung als Balkendiagramm*

4.4 Vereinfachtes Kommunizieren auf der Baustelle

Die Digitalisierung der Bauindustrie schreitet immer schneller voran, offenbart sich jedoch als weit mehr als die Umsetzung analoger Prozesse. Sie hinterfragt vielmehr den Bauprozess als Ganzes und wie er durch digitale Systeme transformiert werden kann. Digitalisierung verändert die Interaktionen zwischen allen Beteiligten [12].

Dokumentation und Kommunikation auf der Baustelle wird oft als Kreislauf oder Pyramide mit Weisungsebenen dargestellt. Kreisläufe charakterisieren sich durch Wissensweitergabe in Form einer Kette – es besteht eine Abhängigkeit zum Glied davor. Unter Einsatz eines Single-Source-Systems, welches allen am Bau beteiligten Interessensgruppen ein gemeinsames, einheitliches Werkzeug für das Datenmanagement bietet, wird diese Problematik entschärft. Es steht im Zentrum zwischen automatischer, maschineller Kommunikation und menschlichen Zugriffen (**Bild 6**).

Das bedeutet, dass nicht mehr eine Vielzahl von Netzlaufwerken zum Datenaustausch nötig ist. Nach Kontrolle und Freigabe von Datensätzen sind diese für Auftraggeber über einen personalisierten Zugang jederzeit abrufbar. Durch die webbasierte Lösung ist bei den einzelnen Benutzern auch keine gesonderte Softwareinstallation erforderlich – der Zugriff kann jederzeit und überall mittels eines beliebigen browserfähigen Endgeräts (Laptop, Smartphone, Tablet etc.) erfolgen.

Eine weitere Möglichkeit bietet die Vernetzung mit einer parteienübergreifenden Cloud. Schreib- bzw. Leserechte regeln den Umgang mit den Daten, welche täglich und automatisch von eguana SCALES abgefragt und hochgeladen werden. Kontinuierliche Vollständigkeitsüberprüfungen stellen den korrekten Inhalt sicher. Die User erhalten nach erfolgtem Upload eine Information über die Abholbereitschaft der Daten oder können sie unter Nutzung eines Synchronisationsclients direkt auf dem Endgerät abrufen.

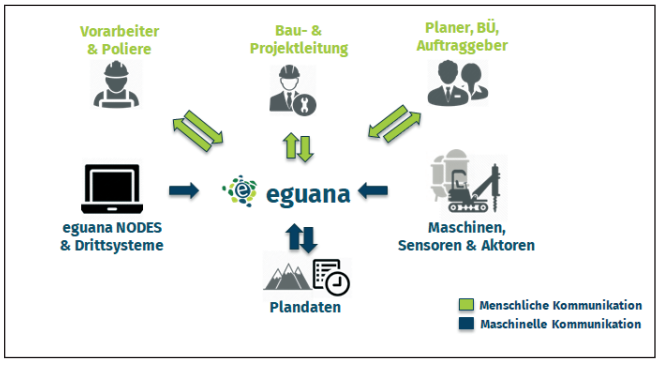


Bild 6 *Kommunikationsmodell eguana SCALES*

Dadurch entfällt auch der finale Prozess: die Bringschuld der ausführenden Unternehmen bezüglich „Tagesdokumentation“ (siehe Bereich unten rechts in **Bild 1**). Mit dem Ansatz der zentralen Datenverwaltung und Analyse wird der Bauüberwachung bzw. dem Auftraggeber freigestellt, wann Daten eingesehen werden. Die Kontrollzeiten sind vertraglich zwar dennoch einzuhalten, separate Uploads oder E-Mails mit großen Anhängen und den damit einhergehenden digitalen Redundanzen können so jedoch vermieden werden.

5 Ausblick

Konventionelles Datenmanagement durch digitale Lösungen zu unterstützen oder zu ersetzen, braucht ein hohes Maß an Anforderungsmanagement. Zentrale Informationssysteme für alle Beteiligten sind mit dem Fokus auf Verbesserung der Datenqualität und des Dokumentations- und Analyseprozesses zu entwickeln. Das Protokollwesen auf Basis von Handzetteln oder digitalen Dokumentenablagesystemen muss durch dynamische Freigabe von Datensätzen abgelöst werden.

Bestrebungen, ausführlicher von abgeschlossenen Baustellen zu lernen, gibt es. Das bedeutet, Produktivitätsanalysen durchzuführen, fundierte Leistungs- und Aufwandsanalysen und in einem weiteren Schritt etwaige Optimierungen hinsichtlich Planung und Organisation auf zukünftigen Baustellen zu betreiben.

Kommunikation und Datenverwertung gehen auch über die Grenzen der Baustelle hinaus. Gerade nach Errichtung des Bauwerks sind die Daten von enormer Wichtigkeit. In Deutschland sollen ab 2020 alle öffentlichen Infrastrukturprojekte über BIM abgewickelt werden [13]. BIM wird dann zum zentralen Sammelplatz aller Baudaten; der Tiefbau wird voraussichtlich bald darauf folgen.

Daten sollen daher nicht nur isoliert in einem Programm oder System betrachtet werden. Schnittstellen zu schaffen, ist in der digitalen Welt von enormer Bedeutung, da Hersteller egal welchen Bereiches in der respektiven Nische arbeiten und Daten sammeln. Diese zu vereinen, ist die große Herausforderung der modernen Bauwelt. Daten sind zukünftig nicht starr, sondern leisten „Entwicklungsarbeit" für einen modernen Injektionsbetrieb und den Gedanken eines lebenszyklusorientierten Bauens. Nicht ohne Grund werden sie als „das Öl des 21. Jahrhunderts" bezeichnet.

Literatur

[1] Günthner, W. & Borrmann, A.: „Digitale Baustelle - innovativer Planen, effizienter Bauen", Springer Verlag, 2011.

[2] Gantz, J. & Reinsel, D.: "THE DIGITAL UNIVERSE IN 2020: Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East", 2012.

[3] ÖNORM EN 12715: „Ausführen von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Injektionen", CEN, 2000.

[4] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik: „Kommentar zur EN 12715 – Injektionen", Salzburg, 2016.

[5] Gemeinsamer Ausschuss Elektronik im Bauwesen (GAEB): „STLB-Bau: Ausschreibungstexte zum Leistungsbereich 006 Spezialtiefbauarbeiten, Injektionen – Einpressarbeiten", Bonn, 2018.

[6] FSV Wien: „Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur (LB-VI)", Version 4, 2015.

[7] ÖNORM B 4454: „Erd- und Grundbau Injektionen in Fest- und Lockergestein, Prüfungen, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, 2001.

[8] Ouschan, M.: „Datenmonitoring bei Injektionen", Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien, 2017.

[9] Chriti, M.: „Aufnahme des zeitlichen Arbeitsaufwandes und Ermittlung von Stundenaufwandswerten des technischen Führungspersonales bei Bauvorhaben im Bereich Tiefbau/ Infrastrukturbau", Diplomarbeit an der Technischen Universität Wien, 2015.

[10] Ouschan, M. & Maroschek, P.: „Modellrechnung zur Gegenüberstellung von tradierten und digitalisierten Dokumentations- und Analyseprozess" anhand von vier Pilotprojekten, eguana GmbH, 2016.

[11] McCandless, D.: „Information is Beautiful", Harper Collins Publishers, 2012.

[12] Krause, St. & Pellens, B.: „Betriebswirtschaftliche Implikationen der digitalen Transformation", ISBN 978-3658187507, Springer Fachmedien Wiesbaden, 2018.

[13] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.: „Stufenplan Digitales Planen und Bauen des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur", Berlin, 2015.