

**GERMAN
MINING
SOLUTION**

german-mining-solution.com

bauma 2019
Rohstoffe
Digitalisierung
Bergbau 4.0/BIM

Abdichtung
Injektionstechnik
Geogitter/Bewehrung
Globaler Personaleinsatz

Schachtfördertechnik
Gurtförderer
Machine Learning
Energiewende





ALFRED KUNZ
HEGEMANN CONSTRUCTION

IHR PARTNER IM TUNNELBAU.
www.alfredkunz.de

ARGE Tunnel Feuerbach

Impressum

GeoResources Zeitschrift / Journal

5. Jahrgang, Fachzeitschrift für Bergbau, Tunnelbau, Geotechnik und Equipment
Erscheinungsdatum: 24.03.2019
ISSN | Digital 2364-0278 • Druck 2364-8414

Erscheinungsweise:

GeoResources erscheint mit 4 Ausgaben pro Jahr in deutscher (GeoResources Zeitschrift) und 4 Ausgaben in englischer Sprache (GeoResources Journal) als Online-Ausgaben (www.georesources.net). Zusätzlich erscheinen Zeitschrift und Journal in angepasster Auflagenhöhe in gedruckter Form. Bei Interesse an gedruckten Exemplaren setzen Sie sich bitte mit uns in Verbindung, um weitere Informationen zu erhalten (abo@georesources.net).

Bezugspreis:

Online kostenfrei, Printausgaben 100 €/a je Sprache, deutsch und englisch kombiniert 150 €/a, Studenten 50 % Rabatt, incl. Porto, Verpackung und dt. Steuern.

Chefredaktion:

Dr.-Ing. M.A. Katrin Brummermann
Mobil: +49 151 70 888 162
E-Mail: kb@georesources.net
Dipl.-Ing. Manfred König
Mobil: +49 172 244 16 16
E-Mail: mk@georesources.net

Media und Anzeigen:

E-Mail: advertising@georesources.net
Tel.: +49 2841 60 789 67

Herstellung/Layout/DTP:

Herbert Stimper
E-Mail: hs@georesources.net
Gudrun Klick
E-Mail: info@gudrun-klick.de
www.grafiklick.de

Herausgeber:

GeoResources Portal Manfred König
Oleanderweg 12, 47228 Duisburg
Mobil: +49 172 244 1616
Tel.: +49 2841 60 789 67
E-Mail: press@georesources.net

Druck:

Kiess und Makossa Mediengruppe GmbH,
Gelsenkirchen

Copyright:

Alle Rechte vorbehalten ©GeoResources Portal, Duisburg, www.georesources.net
Kein Teil dieser Zeitschrift darf ohne die Genehmigung des Copyrightinhabers in irgendeiner Form, durch Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren, reproduziert oder in eine von Maschinen oder Datenverarbeitungsanlagen verwendbare Form gebracht und genutzt werden. Ausgenommen sind Wissenschaft und nichtkommerzieller Unterricht. Eine Anzeige der Nutzung ist erwünscht. Die Inhalte der eingereichten Manuskripte bleiben im Eigentum der Autoren (Verfasser), solange die Einreichung unentgeltlich erfolgte. Die inhaltliche Verantwortung für mit Namen gekennzeichnete Beiträge und gelieferte Fotos und Grafiken übernimmt der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis

AUF EIN WORT

Andreas Pinkwart

Bergbau – Tradition und Zukunft 5

Bergbau ist keine „alte“ Industrie und spielt auch in Zukunft für die Versorgungssicherheit mit Rohstoffen eine wichtige Rolle. Digitalisierung ermöglicht einen Innovationsschub in der gesamten Prozesskette mit wichtigen Beiträgen für Produktivität, Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Nachhaltigkeit und gesellschaftliche Akzeptanz.

Bergbau • Rohstoffsicherheit • Digitalisierung • Tradition • Zukunft • NRW

AUF EIN WORT

Peter v. Hartlieb

Blick in die Zukunft: Digitalisierung der Rohstoffwirtschaft 6

Die Digitalisierung erfordert die Modernisierung der gesamten Wertschöpfungskette. Sie erfordert die Anpassung der Betriebsabläufe, Technologien, Geschäftsmodelle und des bestehenden Rechtsrahmens. Es gibt viel zu tun!

Bergbau • Rohstoffe • Digitalisierung • Entwicklung

AUF EIN WORT

Sebastian-Friedrich Kowitz

„Data Mining“ für „Mining Data“ oder „Das haben wir immer so gemacht!“ zu „Warum nicht anders?“ 7

Die Digitalisierung bzw. Automatisierung des Wissens ist unter den rauen Einsatzbedingungen im Bergbau und der Baubranche eine große Herausforderung, bietet aber auch erhebliches Innovationspotenzial.

Tunnelbau • Digitalisierung • Data mining • Bergbau 4.0 • BIM

AUF EIN WORT

Klaus Stöckmann

Die bauma – das Forum zur Diskussion zukünftigen Bergbaus 9

Auf der **bauma** stellt die Bergbauzulieferbranche den weltweiten Kunden der Rohstoffindustrie ihre Leistungsfähigkeit und Innovationskraft dar. Sie stellt sich damit der Herausforderung einer zukunftsfähigen, umweltverträglichen Rohstoffsicherung.

bauma • Bergbau • Rohstoffe • Zulieferer • Öffentlichkeitsarbeit • Zukunftstechnologie

AUF EIN WORT

Martin Wedig

Rohstoffsicherung und technologische Entwicklung – nachhaltig und innovativ 11

Die Sicherung von Zukunftsrohstoffen rückt den Auslandsbergbau, internationale Kooperationen und relevante Dienstleistungen in den Fokus. Die FAB mit ihren Mitgliedern repräsentiert das Rohstoffprojekt auf der **bauma**.

Rohstoffe • Globalisierung • Nachhaltigkeit • Auslandsbergbau • Dienstleister • Bergbau 4.0

BERGBAU/GEOTECHNIK

Ekaterina Scherbina

Anwendungsmöglichkeiten von Geogittern im Berg- und Nachbergbau 13

Im Berg- und Nachbergbau können Geogitter in unterschiedlichen Bereichen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Effizienz von Infrastruktur beitragen. Dieser Artikel erläutert solche Anwendungsmöglichkeiten.

Bergbau • Geotechnik • Nachbergbau • Geogitter • Stabilisierung • Effizienz

BERGBAU/TUNNELBAU/GEOTECHNIK

Catrin Junkers

VDI-Richtlinie für fachgerechtes Verschrauben 18

Was schon lange beispielsweise beim Schweißen üblich ist, hielt Ende 2018 auch beim Verschrauben Einzug: Eine VDI-Richtlinie zur Qualifikation in der Schraubtechnik. Was gibt diese Richtlinie vor und was müssen Anwender beachten?

Bergbau • Tunnelbau • Geotechnik • Befestigungstechnik • Qualität • Ausbildung

GEOTECHNIK / TUNNELBAU

Franjo Kovac und Christian Henrichs

Innovative Fugenbänder für unterirdische Betonbauwerke 19

Aktuell übliche Fugendichtungen in unterirdischen wasserundurchlässigen Betonbauwerken oder mit Kunststoffdichtungsbahnen abgedichteten Bauwerken – insbesondere Tunneln – weisen Nachteile und Probleme auf. Das motivierte die Besaplast Kunststoffe GmbH, innovative Produkte und Systeme zur Lösung der Probleme zu entwickeln, die in diesem Artikel vorgestellt werden.

Geotechnik • Tunnelbau • Ingenieurbau • Abdichtung • Beton • Fugenband • Innovation

Titel

GMS German Mining Solution GmbH bietet vom Engineering und der Projektplanung bis zur Durchführung von Bergbau- und Tunnelbauprojekten mit eigenen Fachkräften sowohl mit als auch ohne eigenes Equipment ein umfassendes Dienstleistungsangebot.

Die Herstellung und Instandsetzung von Vortriebsmaschinen, Multifunktionsgeräten und Baustoffverarbeitungsequipment sowie der Handel mit technischen Ersatzteilen ergänzen das Angebotsspektrum.



GEOTECHNIK/TUNNELBAU*Sewerin Sabew, Flavio Piras, Götz Tintelnot, Michael Engels und Philipp Maroschek***Automatisierung und Digitalisierung chemischer Injektionen zum Abdichten von anhydritführendem Gebirge24**

Im Tunnel Feuerbach des Neubauprojekts Stuttgart 21 werden Injektionen zur Abdichtung des anhydritführenden Gebirges durchgeführt. Dieser Artikel erläutert die Weiterentwicklung der Geräte- und Steuerungstechnik und das innovative Datenmanagementsystem zur Digitalisierung und Automatisierung der Injektionsarbeiten.

Geotechnik • Tunnelbau • Automatisierung • Digitalisierung • Abdichtung • Injektionstechnik**GEOTECHNIK/PRODUKTMELDUNG***Industrieverband Geokunststoffe e. V.***Was Sie über Geogitter wissen sollten31**

Dieser Artikel erläutert dem Anwender Einsatzmöglichkeiten von Geogittern im Verkehrswege- und Erdbau und gibt insbesondere Hinweise zur Bemessung.

Geotechnik • Geokunststoffe • Geogitter • Verkehrswegebau • Erdbau**BERGBAU/TUNNELBAU/GEOTECHNIK***GeoResources***Unternehmen im globalen Einsatz – eine Herausforderung für Sicherheit und Haftung35**

GeoResources befragte Friedrich Haas, Geschäftsführer der AKE|SKABE GmbH, worauf Unternehmen im Hinblick auf die Sicherheit ihres Personals und Haftungsrisiken bei Auslandseinsätzen achten müssen.

Bergbau • Rohstoffindustrie • Bauindustrie • Sicherheit • Risikomanagement • Interview**BERGBAU/TUNNELBAU***Michael Flender***Großauftrag für die Schacht- und Schwerlastförderanlagen im Bergwerk Woodsmith in North Yorkshire im Vereinigten Königreich39**

Die Siemag Tecberg group erhielt im September 2018 von der DMC Mining Service (UK) Ltd., Vereinigtes Königreich, einen Großauftrag über die Lieferung von insgesamt 8 Fördermaschinen und 16 Bühnenwinden für den Einsatz in mehreren Schächten mit Teufen von 1.600 m und 370 m für das neue Bergwerk Woodsmith und den Schacht Lockwood Beck im North York Moors Nationalpark im Nordosten Englands.

Bergbau • Tunnelbau • Schachtfördertechnik • Polyhalit • High Performance Mining • Vereinigtes Königreich • Zulieferer**BERGBAU***Elisabeth Clausen***Digitalisierung als Chance für den Bergbau und die Rohstoffversorgung?!43**

Der Begriff der Digitalisierung ist aus den Diskussionen um den Bergbau der Zukunft nicht mehr wegzudenken. Aber was bedeutet der Begriff, wie kann der Bergbau 4.0 aussehen und welche Voraussetzungen sind dafür notwendig?

Bergbau • Rohstoffversorgung • Bergbau 4.0 • Digitalisierung • Aus- und Weiterbildung**BERGBAU***Regina Schnathmann***Beschwerliche Wege von Schüttgut einfach meistern47**

Im Bergbau müssen Schüttgüter wirtschaftlich, sicher und umweltverträglich z.B. vom Steinbruch durch unwegsames oder bewohntes Gelände zum Ziel transportiert werden. Zu diesem Zweck können Gurtförderer eingesetzt werden. Ausgehend von Anwendungsbeispielen in China, Belgien und Indonesien wird erläutert, wie die Beumer Group solche Gurtförderanlagen für projektspezifische Anforderungen ganzheitlich plant, ausführt und die Anwender im Betrieb unterstützt.

Bergbau • Transporttechnik • Gurtförderer • Effizienz • Betrieb • Umweltschutz • Sicherheit**BERGBAU/ROHSTOFFE***Tobias Wendel, Tobias Vraetz, Ralph Baltes, Karl Nienhaus und Elisabeth Clausen***Inline-Analysen von Stoffströmen mittels Machine Learning in der Rohstoffindustrie51**

Zur Steigerung der Effizienz des Transports von Schüttgütern in der Rohstoffindustrie können Stoffstromanalysen beitragen. Dieser Beitrag beschreibt die Analyse- und Messmethoden generell und erläutert erfolgreiche, im AMT bearbeitete Anwendungsbeispiele in der Rohstoffindustrie.

Bergbau • Rohstoffe • Transport • Schüttgut • Forschung • Stoffstromanalyse**BERGBAU***Walter Frenz***Zukunft der Braunkohle nach dem Ausstiegsszenario der Kohlekommission57**

Die Kohlekommission hat ihren Abschlussbericht vorgelegt und damit den Kohleausstieg in Deutschland bis 2038 „in Marsch“ gesetzt. Dieser Artikel behandelt den Kohleausstieg, die Energiewende, den Strukturwandel und die Zukunft des Tagebaus Hambach aus rechtlicher Sicht.

Bergbau • Braunkohle • Kohleausstieg • Energiewende • Strukturwandel • Deutschland**BERGBAU***Sascha Ohlenforst***19. KBU im Februar 2019 in der RWTH Aachen – konstruktive Diskussion zum Kohleausstieg61**

Wenige Tage nach Veröffentlichung des Abschlussberichts der Kohlekommission wurde beim 19. Kolloquium zu Wirtschaft und Umweltrecht (KBU) in der RWTH Aachen kontrovers, aber konstruktiv über den Kohleausstieg diskutiert.

Bergbau • Kohleausstieg • Politik • Klimaschutz • Naturschutz • Wirtschaft • Arbeitsplätze

Bergbau – Tradition und Zukunft

Prof. Dr. Andreas Pinkwart, Minister für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf, Deutschland

Bergbau ist keine „alte“ Industrie und spielt auch in Zukunft für die Versorgungssicherheit mit Rohstoffen eine wichtige Rolle. Digitalisierung ermöglicht einen Innovationsschub in der gesamten Prozesskette mit wichtigen Beiträgen für Produktivität, Arbeitssicherheit, Umweltschutz, Nachhaltigkeit und gesellschaftliche Akzeptanz.

Bergbau • Rohstoffsicherheit • Digitalisierung • Tradition • Zukunft • NRW

Der heimische Bergbau leistet nach wie vor einen wichtigen Beitrag zur Versorgungssicherheit mit Rohstoffen – in Deutschland und ganz besonders in Nordrhein-Westfalen. Dabei geht der Bergbau weit über die Gewinnung von Kohle hinaus: Salze und Sole, Kiese und Sande, Ton sowie Kalkstein und andere Festgesteine werden hier in großer Menge gefördert. Jahrhundertlang Bergbautradition geht einher mit einer jahrhundertlangen Geschichte des Baus von Bergbaumaschinen. Die extrem beschwerliche und gefährliche Arbeit machte stetige Innovationen beim Maschinenpark erforderlich. Heute gehören die nordrhein-westfälischen Maschinen- und Anlagenbauer zu den Weltmarktführern.

Häufig wird der Bergbau in Zusammenhang mit „alter“ Industrie und Energiegewinnung gebracht. Dabei spielt er auch im Hightechbereich und gerade bei den erneuerbaren Energien eine wichtige Rolle. Zum einen benötigt moderne Elektronik, die dort eingesetzt wird und die auch die Digitalisierung von Unternehmen und vieler Lebensbereiche erst ermöglicht, viele Rohstoffe, die durch Bergbau gewonnen werden. Zum anderen bringt gerade die Digitalisierung im Bergbau nach der Mechanisierung und Automatisierung einen enormen Innovationsschub. Aspekte von Nachhaltigkeit gewinnen dabei zunehmend an Bedeutung.

Mit der Digitalisierung von Produktionsprozessen kann ein technologischer Pfad beschritten werden, der nicht nur der Produktivitätssteigerung und Optimierung der gesamten Prozesskette dient. Die digitale Transformation kann auch wichtige Beiträge für mehr Arbeitssicherheit, Umweltschutz und Nachhaltigkeit leisten und damit die gesellschaftliche Akzeptanz der Rohstoffgewinnung erhöhen.

Ein großes Potenzial der Digitalisierung liegt in der zunehmenden Automatisierung vernetzter Maschinen. Dies ermöglicht beispielsweise, den Abbauprozess so zu gestalten, dass Menschen seltener oder gar nicht mehr in unmittelbaren Gefahrenbereichen arbeiten müssen. Die oftmals schwierigen und gefahrenträchtigen Bedingungen im Bergbau stellen aber auch hohe

Anforderungen an die eingesetzte Technik. Denn sie ist vor allem im Bereich der Rohstoffgewinnung viel stärker als in anderen hochtechnisierten Prozessen extremen Temperaturen, Staub, Feuchtigkeit und Erschütterungen ausgesetzt. Die sichere Funktionsfähigkeit der Technik, insbesondere der sensiblen Sensorik und der Kommunikationen zwischen allen Elementen der gesamten Prozesskette, aber auch die schnelle und zielgerichtete Verarbeitung der enormen Datenmengen sind dabei Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Digitalisierung im Bergbau.

Die digitale Transformation ermöglicht zudem „Predictive Maintenance“, sodass durch vorausschauende Wartungen Maschinenausfallzeiten minimiert werden können – auch aus einer weiten Distanz. „Predictive Maintenance“ ist ein Baustein für mehr Nachhaltigkeit in der Produktion und damit auch im Bergbau. So kann die Digitalisierung helfen, die Lagerstättenausnutzung zu verbessern, die naturgegebenen Ressourcen so weit wie möglich zu schonen und die Umweltauswirkungen, mit denen bergbauliche Projekte oftmals verbunden sind, zu vermindern. Das sind wesentliche Ziele, die wir heute unter dem Begriff Bergbau 4.0 versammelt sehen. Ähnlich wie Industrie 4.0 für den gesamten Bereich der industriellen Produktion steht Bergbau 4.0 als Synonym für alle innovativen Aktivitäten im Rohstoffsektor mit den Schwerpunkten Automatisierung, Autonomisierung, Vernetzung und Künstliche Intelligenz.

Wettbewerbsfähig zu bleiben heißt heute, in die digitale Zukunft zu investieren. Dazu gehören die notwendige Technik und die Qualifizierung der Beschäftigten ebenso wie die vernetzte Zusammenarbeit mit anderen etablierten Marktteilnehmern, Start-ups und wissenschaftlichen Einrichtungen. Die Maschinen- und Anlagenbauer, die für den Bergbau produzieren, sind für diese Gestaltungsaufgabe gut gerüstet. Es bedarf allerdings noch umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit, um die Chancen der Digitalisierung für den Bergbau bestmöglich nutzen zu können. Als Landesregierung unterstützen wir die Branche dabei nach Kräften – damit der Bergbau in Nordrhein-Westfalen nicht nur Tradition, sondern auch Zukunft ist.

Prof. Dr. Andreas Pinkwart



© MWIDE NRW - Wiedemeier

Blick in die Zukunft: Digitalisierung der Rohstoffwirtschaft

Peter v. Hartlieb, Internationale Beziehungen, EnergieAgentur.NRW, Düsseldorf, Deutschland



Den Wandel wollen und müssen wir nach guter Bergmannstradition gestalten und nicht etwa verwalten. Die Innovationszyklen werden kürzer. Digitale Technologien bestimmen zunehmend die Entwicklung in der Rohstoffwirtschaft. Der Begriff Digitalisierung begegnet uns weltweit – in allen Branchen und Bereichen von den Unternehmen bis hin zu den Behörden. Im Ergebnis dürfte es zukünftig nur noch zwei Arten von Organisationen geben: Diejenigen, die auf der Grundlage digitaler Technologie arbeiten, und jene, deren wirtschaftlich eigenständige Existenz zukünftig mehr und mehr von digital aufgestellten Konkurrenten bedroht wird. Ein Begriff, der in diesem Zusammenhang nun oft auftaucht: ist „disruptiv“. Disruptive Technologien nennt man Innovationen, die die Erfolgsserie einer bereits bestehenden Technologie,

eines bestehenden Produkts oder einer bestehenden Dienstleistung ersetzen oder diese vollständig vom Markt verdrängen.

Diese Entwicklungen haben tiefgreifende Auswirkung auf die uns vertrauten traditionellen Geschäftsmodelle, beginnend beim Einsatz von Apps bis hin zur intelligenten Nutzung von Daten.

Sogenannte Startups, die im Zuge der digitalen Revolution entstehen, sind agil und brechen mit alten Gewohnheiten. Ihre Ziele sind:

- ▶ Die bestehende Branche radikal zu verändern
- ▶ Neue Produkte anzubieten
- ▶ Kunden einfacher zu erreichen und zu unterstützen
- ▶ Laufende Kosten zu senken
- ▶ Schnell zu expandieren

Und all das beispielsweise basierend auf dem Einsatz zentraler, digitaler Technologien und für Anwendungen aus Bereichen, wie dem Arbeits- und Gesundheitsschutz, dem Umweltschutz, der Automation der Bergbauprozesse mit Analytics, Data Security und cloudbasiert. Die rasant steigende Bedeutung des Internet der Dinge (IoT) im Bergbau führt dazu, dass Alltägliches plötzlich digital wird: von der Arbeitszeiterfassung und Standorterkennung über die Versorgung mit Hilfsstoffen, wie elektrischer Energie, Druckluft und Wasser, Infrastruktur, Fahrzeugen und Leitsystemen, bis hin zur Bearbeitung des Themas Energieeffizienz.

Die Digitalisierung erfordert die Modernisierung der gesamten Wertschöpfungskette. Sie erfordert die Anpassung der Betriebsabläufe, Technologien, Geschäftsmodelle und des bestehenden Rechtsrahmens. Es gibt viel zu tun!

Bergbau • Rohstoffe • Digitalisierung • Entwicklung

Für große, über viele Jahre gewachsene Unternehmen scheint zu gelten, dass digitale Innovationen für sie eine größere Herausforderung darstellen als für die kreativen Newcomer. Angesichts jahrzehntelanger Investitionen in Menschen, Prozesse und Technologien muss die digitale Innovation von einer intensiven und agilen Modernisierung der bestehenden Kompetenzen, Abläufe und Plattformen getragen werden. Von der Technologie, die der aktuellen Datenverarbeitung zugrunde liegt, über zentrale Geschäftsabläufe bis hin zu der in vielen Fällen lange gewachsenen Unternehmenskultur: Wer digitale Services sinnvoll nutzen will, darf sich nicht darauf beschränken, eine neue mobile App zu entwickeln und sie zur Verfügung zu stellen, denn vorhandenen Betriebsabläufen, Technologien oder Geschäftsmodellen einfach nur neue digitale Funktionen „überzustülpen“ wird nicht funktionieren. Einer engen Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis, wodurch Innovation und neues Denken auf noch erfolgreiche, jedoch alte Strukturen treffen, kommt besondere Bedeutung zu. Voraussetzung für die Digitalisierung der gesamten Wertschöpfungskette ist darüber hinaus eine sichere Rechtsbasis, da der vorhandene Rechtsrahmen immer wieder als Hindernis interpretiert wird. Also auch an dieser Stelle: Viel Arbeit für Experten. Packen wir's an!

Ein freundliches Glückauf!

Peter v. Hartlieb

Peter v. Hartlieb

Peter v. Hartlieb

ist Bereichsleiter Bergbauwirtschaft im Geschäftsbereich Internationale Beziehungen der EnergieAgentur.NRW, Düsseldorf, Deutschland.

Kontakt: hartlieb@energieagentur.nrw

„Data Mining“ für „Mining Data“ oder „Das haben wir immer so gemacht!“ zu „Warum nicht anders?“

Sebastian-Friedrich Kowitz, Talpasolutions GmbH, Essen, Deutschland

Die Digitalisierung bzw. Automatisierung des Wissens ist unter den rauen Einsatzbedingungen im Bergbau und der Baubranche eine große Herausforderung, bietet aber auch erhebliches Innovationspotenzial.

Tunnelbau • Digitalisierung • Data mining • Bergbau 4.0 • BIM

Der Bergbau und die Baubranche benötigen innovative Lösungen zur Steigerung von Produktivität, Effizienz und Sicherheit in den Betrieben einerseits und für umweltfreundlichere und nachhaltigere Operationen andererseits. Die meist global tätigen Unternehmen dieser Branchen sind auf einen flexiblen Einsatz mobiler und stationärer Betriebsmittel, oftmals unterschiedlicher Hersteller und unterschiedlichen Alters, angewiesen. Eine besondere Herausforderung stellen die rauen Einsatzbedingungen im Bergwerk, Tunnelbau oder auf der Baustelle dar. Außerdem ändern sich die Einsatzorte mit Fortschreiten der Betriebspunkte ständig.

Um den speziellen Bedürfnissen und Anforderungen ihrer Kunden gerecht zu werden, haben die Maschinenhersteller seit jeher ihre Bergbau- und Baumaschinen konsequent weiterentwickelt. Bisher wurden Leistungssteigerungen durch Skalierung in die Größe und Automatisierung von Teilprozessen sichergestellt. Heute hat sich der Fokus erheblich erweitert.

Neue Technologien der Digitalisierung

Rechner- und Speicherkapazitäten sowie die Sensortechnik wurden weiterentwickelt und sind erschwinglich geworden. Betriebsdaten der Maschinen und Geräte können während des Betriebs in jeder einzelnen Maschine und Anlage generiert werden. Hochsensible Sensorik und vernetzte Systeme stellen in Echtzeit Informationen zum Standort, zum Zustand und zur Auslastung der Maschinen, ihrer Aggregate und Komponenten zur Verfügung. Kontextuelle Daten aus dem Arbeitsumfeld kommen hinzu. Die zugrundeliegende Datenbasis kann historischer Art sein oder in Echtzeit anfallen. Die Daten betreffen einzelne Maschinen oder ganze Flotten. Sie entstammen dem gesamten Lebenszyklus von der Planung über den Betrieb bis hin zum Ende der Baustelle oder der Stilllegung eines Bergwerks. Die sich exponentiell stetig verbessernde IT- und Kom-

munikationstechnologie, etwa WLAN, 4G und 5G, erlauben schnelle Datenübertragungen. Cloudanwendungen wiederum ermöglichen, die Betriebsdaten in Echtzeit zu verarbeiten und in wertvolle Informationen umzuwandeln. Neue Technologien, allgemein bekannt unter den Schlagworten Big Data, Künstliche Intelligenz (KI), Machine und Deep Learning, Virtual Reality, digital Twin etc. stehen in der Cloud dauerhaft und mit wenig Aufwand zur Verfügung.

Blick in die Zukunft zur Automation des Wissens

Die neuen Technologien machen relevante Informationen jederzeit und an jedem Ort erkenn-, speicher- und verfügbar. All diese Informationen lassen sich für einen Blick in die Zukunft und zur Generierung handlungsbezogener Empfehlungen für verschiedene Anwender nutzen. Digitalisierung – dieser inflationär und in aller Munde verwendete Begriff – bedeutet heute die Automation des Wissens, im Gegensatz zur Automatisierung der Technik: Experten-Know-how lässt sich zuverlässig durch Machine Learning abbilden. Vernetzte Maschinen können miteinander über geeignete Protokolle und Schnittstellen kommunizieren und kollaborativ arbeiten. Entscheidungen von Fachleuten und Experten können schlussendlich wissensbasiert getroffen werden.

Bedrohung oder Chance?

Ob die neuen Technologien eine Bedrohung oder eine Chance sind, hängt vom Blickwinkel ab. Die neuartige Nutzung digitaler Betriebsdaten ermöglicht intelligentere Maschinen und effizientere Operationen und eine ganzheitliche digitale Vernetzung – also vielfältige Chancen. Ihre Nutzung ist aber kein Selbstläufer und eine Herausforderung für die Beteiligten. „Neue Player“ müssen eingebunden, neuartige Kooperationen initiiert und neue Geschäftsmodelle entwickelt wer-



den. Wer sich den neuen Anforderungen nicht stellt, empfindet Digitalisierung zu Recht als Bedrohung, wer aber altes und neues Know-how miteinander verbindet, wird trotz aller Herausforderungen die Chancen nutzen können.

Die Herausforderung für die Maschinen- und Anlagenhersteller ist daher, ihre Produkte, Prozesse und Strukturen weiterzuentwickeln – vom Konstruktionsprozess der Maschine bis hin zum Service – und neue, zusätzliche digital erweiterte Lösungen und Produkte anzubieten. Die digitale Welt durchdringt in massivem Tempo auch die Hardwarewelt: Ersatzteile lassen sich beispielsweise schnell und kostengünstig über 3D-Drucker produzieren, und Instandhaltungsservice wird durch virtuelle Dienste ergänzt.

Von diesem Transformationsprozess sind nicht nur Maschinenlieferanten betroffen, sondern auch die Endkunden. Wenn der Kunde seine Daten und seine Prozesse digitalisiert, wird der Informationsfluss an den Schnittstellen in seinem Produktions- bzw. Arbeitsprozess beschleunigt. Entscheidungen müssen und können schneller getroffen werden, um Effizienz und Produktivität zu steigern. Geschwindigkeit geht einher mit Flexibilität. Der Kunde muss und wird schneller auf volatile Marktbedingungen reagieren.

Was erfordert die Digitalisierung?

Zentral ist die Frage, welchen Nutzen und welche Wertschöpfung Lösungen dem Kunden bieten, wie:

- ▶ Verbesserte Kommunikation
- ▶ Schnellere und intelligentere Entscheidungen
- ▶ Höhere Effizienz und Sicherheit der Mitarbeiter

Dabei liegt die Herausforderung in der Beherrschung von Komplexität und Geschwindigkeit, Bergwerksbetreiber und Bauherren müssen schneller, besser, flexibler und ganzheitlicher reagieren und entscheiden können. Das gelingt in der Regel mit standardisierten automatisierten Lösungen für Menschen, Maschinen und Prozesse, die individuell für die Endkunden kon-

figuriert werden. Software- und Anlagenentwicklung bzw. Hardware müssen daher zielgerichtet aufeinander abgestimmt werden.

Diese Aufgabenstellungen führen zu neuen Geschäftsprozessen und -modellen. Agile und interdisziplinäre Kollaborationsmodelle zwischen Bergwerks- und Bauunternehmen sowie Hard- und Softwareentwicklern setzen sich zunehmend durch: Klassische Ausrüstungsplanung trifft auf agile Projektmanagementmethoden dynamischer Softwareentwickler. Hohen und langfristigen Investitionen in die digitale Produktentwicklung, Fertigungsanlagen oder IT-Hardware stehen kostengünstige Lösungen durch „as-a-Service“-Angebote gegenüber. Aus „Das haben wir immer so gemacht!“ wird „Warum nicht anders?“. Bergbau, Tunnelbau und die ganze Baubranche sind mitten in einem massiven und grundsätzlichen Umbruch. Informations- und Kommunikationstechnologien verschmelzen mit der physischen Mechanik zu neuen und ganzheitlicheren Systemlösungen.

Aus Tradition zu Innovation auf der bauma 2019

Als die größte Baumaschinenmesse der Welt ist die **bauma 2019** ein idealer Ort, um neue innovative Lösungen und Produkte zu präsentieren. Verblüffend Neues trifft auf Altbewährtes, junge Start-ups der digitalen Branche auf traditionsbewusste Maschinen- und Anlagenhersteller und -nutzer oder Konvention und Tradition auf Innovation und Disruption. Ganz im Sinne von Data Mining, also der Gewinnung von Wissen aus der systematischen Auswertung großer Datenmengen, für Mining Data, also der im operativen Bergbau nutzbaren Daten, wird die **bauma 2019** das Digitalisierungs- und Innovationspotenzial vermeintlich alter und konservativer Industrien zeigen, wenn die Akteure traditionelles und neues Know-how zusammenführen.

Glückauf!

Ihr
Sebastian-Friedrich Kowitz

talpasolutions GmbH

Die talpasolutions GmbH – ein 2016 gegründetes Technologie-Start-up mit Sitz in Essen, Deutschland – entwickelt eine webbasierte Big Data-Analyseplattform für Bergwerke und Maschinenhersteller. Ziel ist die Nutzung von Maschinendaten zum geschäftlichen Nutzen der Kunden. Entwickler, Datenspezialisten und Bergbauingenieure erarbeiten kundenspezifische Lösungen.

<https://talpasolutions.com>

Sebastian-Friedrich Kowitz

ist Geschäftsführer der talpasolutions GmbH, Essen Deutschland. Er gründete das Unternehmen im Jahr 2016. Zuvor studierte er in der Afnoth International School in den Niederlanden und der RWTH Aachen University in Deutschland Bergbau und war als Projektingenieur und Technischer Berater bei der DMT GmbH & Co. KG, Essen, Deutschland, tätig.

Kontakt: sebastian@talpa-solutions.com

Die bauma – das Forum zur Diskussion zukünftigen Bergbaus

Klaus Stöckmann, VDMA Mining, Frankfurt, Deutschland

Auf der **bauma** stellt die Bergbauzulieferbranche den weltweiten Kunden der Rohstoffindustrie ihre Leistungsfähigkeit und Innovationskraft dar. Sie stellt sich damit der Herausforderung einer zukunftsfähigen, umweltverträglichen Rohstoff-sicherung.

bauma • Bergbau • Rohstoffe • Zulieferer • Öffentlichkeitsarbeit • Zukunftstechnologie

Messen sind wie Brenngläser. Sie fokussieren den Blick auf eine Branche, auf die ausstellenden Unternehmen und die präsentierten Neuheiten sowie auf die künftigen Herausforderungen für die Branche. Genau das ist bei der **bauma** der Fall. Mit fast 3.500 Ausstellern und über 500.000 Besuchern ist sie außerdem ein riesiges Branchentreffen.

Für den VDMA Mining als Vertreter der Bergbauzulieferbranche ist die **bauma** Gelegenheit und Verpflichtung zugleich, die Leistungsfähigkeit der Branche in der Öffentlichkeit herauszustellen. Derzeit ist oft zu lesen, dass der Bergbau in Deutschland beendet sei. Der häufig oberflächliche Medienwirbel im Zusammenhang mit der Beendigung des Steinkohlenbergbaus schadet der Branche. Die unsägliche und teilweise unsachliche Diskussion um die Braunkohlengewinnung in Deutschland trägt in der Öffentlichkeit zu einer verzerrten Wahrnehmung der Themen Rohstoffgewinnung und -versorgung bei. Die opportunistische Haltung der Politik zu Bergbau und Rohstoffen verstärkt das Zerrbild – und indem Rechtsbrüche ignoriert oder schöneredet werden, untergräbt sie nebenher auch noch die Rechtsstaatlichkeit in Deutschland.

Doch Deutschland ist und bleibt ein Bergbauland. Nach der Kohle gibt es immer noch 2.000 Bergwerke in Deutschland. Es gibt ein gewachsenes Know-how einer erfahrenen Bergbauzulieferindustrie mit nationalen und internationalen Auftraggebern. Es gibt junge und hoffnungsvolle Start-ups insbesondere im Bereich Digitalisierung. In diesem Umfeld kommt es für die deutschen Bergbauzulieferer mehr denn je darauf an, aus eigener Stärke heraus die weltweiten Kunden aus der Rohstoffindustrie – die zur **bauma** erwartet werden – von der Leistungsfähigkeit und Innovationskraft der deutschen Bergbauzulieferer zu überzeugen.

Premiumpreise werden nur für Premium-technik akzeptiert – German Quality

Wir müssen unsere Wettbewerbsstärke immer wieder neu erarbeiten. „German Quality“ soll auch 2035 für die

beste verfügbare Technik stehen und die Vermarktung der Maschinen, der Anlagen und des dazu gehörigen Know-hows beflügeln. Im Hinblick darauf haben der VDMA Mining und seine Mitglieder besonders auch in den letzten Monaten Arbeit in die Zukunft der Branche investiert mit dem Ziel, wissen zu wollen, worauf wir uns in den nächsten Jahren einstellen müssen und welche Themen für die Branche wichtig sind oder noch werden. Aus vielen Kontakten mit Branchenvertretern wissen wir, wie vielfältig die Herausforderungen sind.

Die Themen beginnen zum Beispiel mit „großer Internationalität aller Beteiligten“: die Technologieentwicklung und Kooperationen werden internationaler, werden global. Die Aufgabe, große Technologiesprünge und den Technologietransfer in diesem Rahmen zu meistern, wird von Bergbauunternehmen ebenfalls als künftige Herausforderung benannt.

Die Liste setzt sich mit steigenden Rentabilitätsanforderungen der Investoren fort – und das bei zunehmender Marktvolatilität. Dazu fordern die Investoren von den Betreibern vielleicht auch noch neue Geschäftsmodelle oder Business Cases ein.

Auch werden in nächster Zeit viele Tagebaue an ihre Grenzen stoßen, wie zum Beispiel Chuquicamata in Chile oder Grasberg in Indonesien. Die Umstellung auf untertägigen Gewinnungsbetrieb erfolgt bereits oder wird geplant.

Im Hartgesteinsbergbau unter Tage wird noch überwiegend diskontinuierlich mit Bohren und Sprengen gearbeitet. Lösungen für eine kontinuierliche schneidende Gewinnung können eine Alternative bieten und verbessern den Arbeits- und Gesundheitsschutz. Dies ist umso interessanter, als die für die Energiewende benötigten Rohstoffe eher im Hartgestein zu finden sind.

Weiterhin kommt das Thema Aufbereitung ins Spiel. Lagerstätten mit geringeren Erzgehalten erfordern für die Herstellung von Konzentrat einen höheren Aufwand an Energie, Technik und Zeit. Alternative, „grüne“ Aufbereitungstechnik mit Bakterien kann neue Perspektiven eröffnen.





Impression vom bauma Forum in 2016

Diskutiert wird auch die Frage nach dem zukünftigen Antrieb der Maschinen: Weiter Diesel oder künftig elektrisch? Es muss nicht nur eine leistungsfähige und ausdauernde Batterie zur Verfügung stehen, die eine Schicht aushält und einfach und sicher aufzuladen ist. Die Antwort hängt unter anderem auch vom Autonomiegrad des Prozesses ab und davon, ob sich ein Mensch in unmittelbarer Umgebung aufhält und ob über Bewetterung genügend Frischluft zur Senkung der Schadstoffe am Einsatzort zur Verfügung gestellt werden kann.

Gravierendste Veränderung: Data Management

Schließlich – und das dürfte die gravierendsten Veränderungen mit sich bringen – wird der Grad der Digitalisierung und Automatisierung kontinuierlich steigen: Autonome Maschinen und vollautomatische Prozesse werden Realität. Dies erfordert entsprechend ausgerüstete, intelligente Maschinen, die mit der digitalen Infrastruktur des Bergwerks vernetzt werden müssen. Das wiederum erfordert eine enge Kooperation zwischen Herstellern und Betreibern – nicht nur bei der Ausge-

staltung der Schnittstellen, für die einheitliche Formate gefunden werden müssen, sondern auch bei Service und Wartung oder bei der Schulung von Personal. Nicht zuletzt sind Regelungen für den Umgang mit den Daten und die Nutzung der Daten zu vereinbaren.

Akzeptanz und Veränderungen in der Gesellschaft

Damit nicht genug: die Branche sieht auch zahlreiche nicht-technische Herausforderungen auf sich zukommen. Das Ansehen der Rohstoffwirtschaft und ihre Akzeptanz in der Gesellschaft sind gering. Das wirkt sich negativ auf das Interesse der Fachkräfte aus, in der Rohstoffwirtschaft zu arbeiten, und senkt die Bereitschaft junger Leute, entsprechende Berufe zu erlernen. Bei den Stichworten CSR (Corporate Social Responsibility) oder Natur- und Umweltschutz greifen auch gesellschaftliche Aspekte in das Geschäft ein. Schließlich bedrohen Nationalismus oder Protektionismus den Freihandel und damit unsere Industrie.

bauma Forum in Halle C2

Die genannten Themen bearbeitet der VDMA Mining mit Blick darauf, ob sie übergreifend sind und was er als Verband zum Nutzen seiner Mitglieder leisten kann. Auf der **bauma** werden diese Fragestellungen sicher auch Diskussionsgegenstand sein, in kleinen Kreisen oder vor großem Publikum im **bauma** Forum in Halle C2. Es wird wieder sehr spannend werden auf der **bauma 2019**. Wir freuen uns darauf, Sie dort zu treffen.

Klaus Stöckmann
Stellv. Geschäftsführer
VDMA Mining

Klaus Stöckmann

ist stellvertretender Geschäftsführer des VDMA Mining, Frankfurt, Deutschland, und während der **bauma** am Stand 2.214 in Halle C2 anzutreffen.

Kontakt:
klaus.stoekmann@vdma.org

Rohstoffsicherung und technologische Entwicklung – nachhaltig und innovativ

Dr. Martin Wedig, Geschäftsführer, Fachvereinigung Auslandsbergbau und Internationale Rohstoffaktivitäten in der VRB - FAB, Berlin, Deutschland

Die Sicherung von Zukunftsrohstoffen rückt den Auslandsbergbau, internationale Kooperationen und relevante Dienstleistungen in den Fokus. Die FAB mit ihren Mitgliedern repräsentiert das Rohstoffprojekt auf der **bauma**.

Rohstoffe • Globalisierung • Nachhaltigkeit • Auslandsbergbau • Dienstleister • Bergbau 4.0

Der Maschinen- und Anlagenbau hat Deutschland groß gemacht, und er steht wie kein anderer Industriezweig für die beiden Eigenschaften, die Deutschland nach außen hin verkörpern, die „Solidität“ und den „Wohlstand“. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau sowie der Bergbau sind eng miteinander verbunden. Beide leben inzwischen von der Internationalität. Seit Jahrzehnten ist die **bauma** das Schaufenster des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus für die Bau- und Bergbauindustrie und damit für den Bergbau eine der wichtigsten Veranstaltungen. Die Zahl der Aussteller und Besucher nimmt kontinuierlich zu, ein klares Zeichen der Wertschätzung für die **bauma**.

Die Fachvereinigung Auslandsbergbau und internationale Rohstoffaktivitäten (FAB) bringt mit ihrer Klientel der Rohstoffproduzenten und Anwender auch das Rohstoffprojekt auf die Messe. Investoren schauen zunehmend nach neuen technischen Möglichkeiten, um ihre Produktionskosten zu reduzieren, und finden auf der Messe dazu die geeigneten Ansprechpartner.

Bedarf an Zukunftsrohstoffen

Der Bedarf an Rohstoffen mit Blick auf sogenannte Zukunftstechnologien nimmt zu. Das gilt speziell für metallische Rohstoffe, wie Eisenerz, Wolfram, SEE und Lithium, deren Verbrauch sich im nächsten Jahrzehnt mindestens verdoppeln wird. Aufgrund des wirtschaftspolitischen Interesses an regenerativen Energien gibt es zurzeit beispielsweise ein jährliches Nachfragewachstum von 9 % bei Lithium.

Auslandsbergbau

Mit den steigenden Rohstoffpreisen ist derzeit wieder ein größeres Interesse bei den Unternehmen im Rohstoffsektor festzustellen. Das Interesse bezieht sich unter anderem auf den Auslandsbergbau, der durch eine Reihe von Start-Up-Unternehmen neuen Schwung erhält. Die zum Teil schlechte Verfügbarkeit von Rohstoffen, hohe Preise und die Dominanz weniger Unternehmen auf den internationalen Rohstoffmärkten laden deutsche Unternehmen dazu ein, wieder zu investieren und eigene Rohstoffposi-

tionen im Ausland aufzubauen, und auch die Dienstleister im Rohstoffsektor profitieren zunehmend von dieser Entwicklung.

Kommunikationsplattform **bauma**

Die Fachvereinigung Auslandsbergbau und internationale Rohstoffaktivitäten (FAB) möchte auch auf der **bauma** eine Anlaufstelle und Ansprechpartner für Institutionen in Deutschland, für ausländische Bergbaudelegationen und Unternehmen sein, um Kontakte zwischen unterschiedlichen Messebesuchern und FAB-Mitgliedern herzustellen, den Austausch zu fördern und internationale Kooperationen für Rohstoffprojekte und den Auslandsbergbau anzuregen.

Digitalisierung und Bergbau 4.0

Auf der **bauma** 2019 wird gerade der technologische Aspekt adressiert. Hierbei spielen die Digitalisierung oder auch der Teilbereich Industrie 4.0 eine große Rolle. Für den Rohstoffsektor bedeutet Bergbau 4.0 die Weiterentwicklung der Automation bei Gewinnung, Transport und Aufbereitung. Automation der Gewinnung unter Tage und eine ressourcenschonende und nachhaltige Rohstoffgewinnung durch ein Höchstmaß an selektiver Produktion erlauben weiterhin Kosteneinsparungen bei Transport, Aufbereitung und Wiederverwendung von Abraum, wobei der Umweltschutz und die Sicherheit im Bergbau nicht zu kurz kommen dürfen. Alle Bemühungen der deutschen Bergbauunternehmen sind darauf ausgerichtet, den Bergbau effizienter, wirtschaftlicher und eben auch umweltfreundlicher zu gestalten. Die Aussteller – insbesondere Bergbaumaschinenhersteller – werden dem internationalen Fachpublikum auf der **bauma** innovative Entwicklungen zur Lösung der genannten Herausforderungen präsentieren.

Wir wünschen Ihnen einen erfolgreichen Aufenthalt in München und freuen uns auf einen Gedankenaustausch mit Ihnen. Mit freundlichen Grüßen und Glückauf

Ihr
Martin Wedig

Dr. Martin Wedig

ist auf der **bauma** in Halle C2 am Stand C2.214.

Kontakt: martin.wedig@v-r-b.de



The oldest and most well known „High Tech“ conference in mining comes to Europe:

Mining Goes Digital

39th APCOM 2019 in Wroclaw June 04 - 06, 2019

Application Of Computers And Operations
Research In The Mineral Industry

APCOM



Don't miss this year's APCOM:

- Listen to practice related research from major international mining research institutions!
- Follow up digital transformation projects in the industry!
- Network with professionals from all around the world!
- Join interesting field trips and mine visits!
- Bring your partner and enjoy the social program and post conference tours in one of the nicest regions of Europe with 1000 years of cultural and mining history!

Papers cover the latest in Geostatistics, Mine Planning, Mine Operation, Safety, Automation and Robotics as well as Emerging Technology and Synergies from other industries!

Have a look on the program at www.apcom.info

Register now!

More information: apcom2019@apcom.info, www.apcom.info



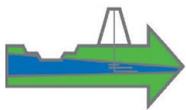
MT-Silesia MineTronics



Wrocław University of Science and Technology



Politechnika Śląska



Second International Conference

Mines of the Future

13 & 14 June 2019



Aachen International Mining Symposia (AIMS 2019)

Content

Modern mining needs to be profitable, it should operate with environmental integrity, be considerate of social concerns and be supported by effective government systems. At the same time, mining companies face operational challenges. Such challenges will only be solved through very important changes, in the way the mining sector engages with society, uses energy, protects the environment, educates professionals and pursues innovations. Mines of the future will need to be different to those of today.

Topics

- Science
- Technology
- Innovation
- Responsibility

Key Note Sprecher

Sven Petersen, GEOMAR Helmholtz Centre, Germany
Christian Hagelüken, Umicore AG & Co KG, Germany
Bernhard Dold, Luleå University of Technology, Sweden

Features

- Well established Mining Conference (since 30 years)
- Speakers from over 30 countries
- Key subtheme sessions
- Exhibition by industry
- Poster exhibition
- Conference language: English
- Dinner party in the historical setting of Aachen
- Sponsoring opportunities
- **New:** Use the conference app for networking, during and up to 6 months after the conference
- Conference language English

Register now!

www.aims.rwth-aachen.de

Get in touch:

Iris Schümmer & Mitra Rüländ
Institute of Mineral Resources Engineering / RWTH Aachen
Wülnerstraße 2
52062 Aachen / Germany
aims@mre.rwth-aachen.de
Tel. 0241 80-95673



Anwendungsmöglichkeiten von Geogittern im Berg- und Nachbergbau

Dr. Dipl.-Ing. (RUS) Ekaterina Scherbina, Tensar International GmbH, Bonn, Deutschland

Einleitung

Die nachhaltige Versorgung der Menschen mit Rohstoffen ist und bleibt eine wichtige Aufgabe. Um einen nachhaltigen Umgang mit den Ressourcen der Erde zu gewährleisten, müssen u. a. effiziente Abbau- und Aufbereitungsmethoden sowie intelligente Rückgewinnungsverfahren entwickelt werden.

Als Bergbau werden die Aufsuchung und Erschließung, Gewinnung sowie Aufbereitung von Bodenschätzen aus der Erdkruste unter Nutzung technischer Anlagen und Hilfsmittel verstanden. Zum Erschließen und Fördern der Rohstoffe (kurz Rohstoffgewinnung) wird zwischen dem Tagebau, z. B. Steinbrüchen, Tongruben, Kies- und Sandgruben und Braunkohlengruben, sowie dem Bergbau unter Tage unterschieden.

Für solche Rohstoffgewinnungsstellen muss unabhängig von der Art der Gewinnung eine Infrastruktur geschaffen werden, die den Abbau und den Abtransport auch in wenig tragfähigen Böden ermöglicht, z. B. auf Straßen und Schienenwegen. Für den Betrieb müssen Arbeitsplattformen oder platzsparende Stützkonstruktionen, z. B. für Abkipfstellen, errichtet werden.

Die bergmännischen Aktivitäten in der Vergangenheit und Gegenwart sind der Altbergbau von heute oder morgen. Insbesondere die Standfestigkeit und Funktionalität der Grubenbaue unterliegen durch anthropogene und natürliche Einflüsse in Abhängigkeit von der Zeit grundlegenden Veränderungen. Beim Versagen der Standfestigkeit sind beispielsweise Tagesbrüche und Einsenkungen an der Tagesoberfläche typische Schadensbilder, die lokal katastrophale Größenordnungen annehmen und somit je nach der Nutzung der Tagesoberfläche ein hohes Risikopotenzial für Menschen und Sachwerte aufweisen können. Aber auch unkontrollierte Verfüllungen früherer Tagebaue können zu Problemen führen, wenn diese Bereiche für Infrastrukturprojekte genutzt werden sollen.

Eine weitere zukünftige Herausforderung ist die Rückgewinnung knapper wirtschaftsstrategischer Rohstoffe, wie z. B. seltener Erden oder Metalle, aus bereits abgelagerten Aufbereitungsrückständen aus sogenannten Bergeteichen (Tailings).

Bei all diesen Aufgaben kann der Einsatz von Geokunststoffen einen wichtigen Beitrag leisten, um die Projekte wirtschaftlich und ökologisch zu realisieren.

Infrastrukturmaßnahmen

Verkehrswege in Form von Straßen und Gleisanlagen spielen eine infrastrukturelle Schlüsselrolle bei Berg-

Im Berg- und Nachbergbau können Geogitter in unterschiedlichen Bereichen zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit und Effizienz von Infrastruktur beitragen. Dieser Artikel erläutert solche Anwendungsmöglichkeiten.

**Bergbau • Geotechnik • Nachbergbau •
Geogitter • Stabilisierung • Effizienz**

baubetrieben. Alle Betriebsmittel und Baumaterialien müssen angeliefert und die Rohstoffe oder der Abraum sicher und effizient abtransportiert werden. Gerade bei unwegsamem Gelände oder weichen Böden können sehr hohe Baukosten entstehen.

Straßenbau

Ein qualitativ guter Straßenbau und zweckmäßige und effiziente Wartungsintervalle und -verfahren sind für den wirtschaftlichen Betrieb von SKW-Kolonnen von entscheidender Bedeutung. Da der SKW-Transport bis zu 50 % der gesamten Bergbaukosten ausmachen kann, sind die Einsparungen durch gut konzipierte Transportstraßen beträchtlich.

Gegenüber normalen Verkehrswegen weisen die Fahrzeuge im Bergbau oder Tagebau sehr hohe Nutzlasten, teilweise mehr als 100 t auf, was eine besonders hohe Widerstandsfähigkeit der Tragschicht notwendig macht (**Bild 1**). Die Anwendung von Geogittern in der mineralischen Tragschicht stellt eine leistungsstarke



Bild 1: Stabilisierte Transportstraßen in einem Tagebau



Bild 2: Verzahnungsmechanismus zwischen Schüttmaterial und Geogitter

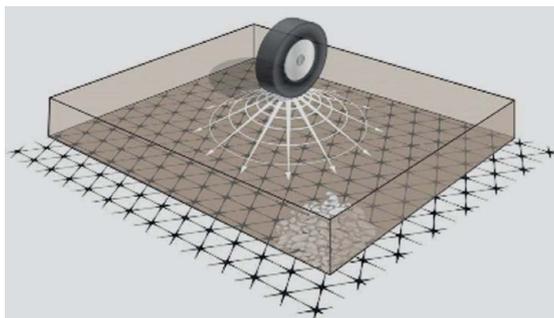


Bild 3: Verbesserte, nahezu gleichmäßige Lastabtragung



Bild 4: Verformtes Gleis



Bild 5: Einbau eines Geogitters in einer Gleisanlage

Lösung dar. Während des Einbaus des mineralischen Schüttmaterials und der Verdichtung dringen Kornpartikel in die Öffnungen der Geogitter ein und stützen sich an den Rippen ab (**Bild 2**). Durch die Verzahnung wirken die Geogitter und das Schüttmaterial zusammen und bilden eine mechanisch stabilisierte Tragschicht [1]. Das resultierende Verbundmaterial weist eine verbesserte Lastverteilung (**Bild 3**) und eine erhöhte Tragfähigkeit und damit geringe Verformungen auf.

Eine mechanisch stabilisierte Schicht kombiniert Kosteneinsparungen mit erheblichen Leistungsvorteilen. Die Schlaglöcher und Rillen werden reduziert, wodurch weniger transportiertes Material verschüttet und die Lebensdauer der Zufahrtstraßen erhöht wird. Für neu erstellte Straßen werden die Setzungsunterschiede vermindert, und die erforderliche Tragschichtmächtigkeit kann unter Umständen reduziert werden.

Auch im Altbergbau spielt der Einsatz von Geokunststoffen eine wesentliche Rolle. Hier können z. B. unkontrollierte Tagebrüche im Bereich alter Schächte durch Einlegen von einer oder mehr Lagen Geogitter überbrückt werden [2].

Im Bereich unkontrolliert verfüllter oder nicht ausreichend verdichteter alter Tagebaue, auf denen Straßen erstellt werden sollen, ergibt sich ebenfalls ein erhöhtes Gefährdungspotenzial. In solchen Bereichen kann die Stabilisierung der mineralischen Tragschichten mit Geogittern ebenfalls die Verformungen vergleichmäßigen, sodass oft auf zusätzliche Baugrundverbesserungsmaßnahmen verzichtet werden kann, wie z. B. beim Bau der Autobahn A 4 in Polen [3].

Gleisbau

Die Beförderung der gewonnenen Rohstoffe und des Aushubs erfolgt nicht nur über die Straßen, sondern auch über Gleisanlagen. Schlechte Gleisgeometrien und verzogene Gleise können den Baubetrieb erheblich behindern (**Bild 4**). Die Geogitter können hier sowohl für die Stabilisierung des Schotterbetts, der Planumsschutzschicht (PSS) oder der ungebundenen Tragschicht eingesetzt werden. Die stabilisierenden Maßnahmen verhindern seitliche Verformungen und den Austrag von Gleisschotter. Dadurch werden Zeit und Kosten für die Instandhaltung der Gleise eingespart. Der direkte Einbau der Geogitter unterhalb des Gleisschotters ermöglicht eine Verminderung der Setzungsunterschiede und eine Erhöhung der Tragfähigkeit des Untergrunds (**Bild 5**). Durch die langfristige Reduzierung und Vergleichmäßigung der Setzungen verlängern sich die turnusmäßigen Instandhaltungsintervalle und reduzieren sich somit die Instandsetzungskosten erheblich.

Arbeitsplattformen und Kranstellflächen

Krane, Rammgeräte und andere schwere Geräte erfordern eine geeignete Arbeitsfläche, um sicher und mit kontrollierter Genauigkeit arbeiten zu können. Häufig müssen diese Arbeiten auf wenig tragfähigem Unter-

grund oder locker gelagerten Auffüllungen erfolgen. Arbeitsplattformen und insbesondere Kranstellflächen müssen in der Regel hohe kurzfristige Lasten sicher aufnehmen können. Dafür bedarf es einer hohen Verformungsbeständigkeit der Tragschicht, denn das Risiko durch umstürzende Baugeräte beim Versagen der Tragschicht ist hoch.

Die Wahl eines geeigneten Baugrundverbesserungsverfahrens ist abhängig vom Baugrund, von den Anforderungen an die Dauerhaftigkeit und von der im jeweiligen Projekt geforderten Tragfähigkeit. Grundsätzlich muss gewährleistet sein, dass die anfallenden hohen statischen und dynamischen Belastungen dauerhaft aufgenommen werden können, ohne ein Versagen der Gründung hervorzurufen. Auch in solchen Fällen kann das Einlegen von einer oder mehr Lagen Geogitter in das Gründungspolster die Tragfähigkeit erheblich verbessern.

Bei besonders hohen Lasten oder wenig tragfähigem Untergrund bietet sich eine Bodenverbesserung mit einem dreidimensionalen, biegesteifen Gründungssystem aus vertikalen Geogittern und mineralischer Füllung an (**Bild 6**). Zur Bildung einer Zellenstruktur wird auf dem Planum zunächst ein Basisgitter ausgelegt, und darauf werden einaxial gestreckte Geogitter (Quer- und Diagonalgitter) vertikal aufgestellt. Mithilfe einer form-schlüssigen Verbindung mittels Steckstäben wird eine offene, dreieckige Zellstruktur geschaffen (**Bild 7**). Die einzelnen Zellen werden im Anschluss mit Schüttmaterial gefüllt und in nur einem Arbeitsvorgang verdichtet. Auftretende Belastungen werden über das Zellensystem abgetragen und großflächig in den Untergrund eingeleitet. Durch eine verbesserte Lastverteilung gegenüber anderen mehrlagigen Geogittersystemen erzeugt dieses System eine höhere bzw. sehr hohe Tragfähigkeit.

Kunststoff-Bewehrte-Erde-Konstruktionen

Halden- und Kopfwände sind für die Betriebseffizienz von Bergwerken und Tagebauen weltweit von entscheidender Bedeutung. Es ist notwendig, die Wände so zu konstruieren, dass sie beständig sind und den ausgesetzten Lasten, wie dem Verkehr, standhalten. Steilere Böschungen bei Abraumhalden ermöglichen eine wirtschaftliche Verwendung der vorhandenen Aufstandsflächen und könnten dazu noch den späteren Rückbau bzw. die Aufbereitung erleichtern.

Die Kunststoff-Bewehrte-Erde (KBE) ermöglicht den Bau von Strukturen aus lokal gewonnenem oder recyceltem Material einschließlich Bergematerial. Die Stützbauwerke können auch die Funktionen, wie Erd-druckentlastung und Erd-druckentkoppelung, übernehmen.

Es gibt mehrere Ausführungsvarianten der KBE-Konstruktionen (**Bilder 8 und 9**). Prinzipiell handelt es sich um ein Verbundsystem aus einaxialen Geogittern, Verfüllmaterial und Frontausbildung. Die Frontausbildung kann je nach gestellten Anforderungen aus Stahlgitterelementen mit einer Aluminium-Zink-Legierung,



Bild 6: Direkt nach dem Einbau befahrbares Geozellensystem



Bild 7: Einbau eines räumlichen Gründungssystems aus Geogittern und Füllboden



Bild 8: Beispiel KBE mit Stahlgitterelementen für die Kranstellfläche [4]



Bild 9: KBE mit Betonpaneelen



Bild 10: Sichere Arbeitsplattform bei einem Absetzbecken



Bild 11: Lage der Absetzbecken der ehemaligen Erzaufbereitung Rammelsberg

Steinen oder Betonpaneelen (Wandscheiben aus Stahlbeton) erfolgen. Geogitter und Frontelemente werden mit Steckstäben verbunden. Die herstellungsbedingte, hohe Knoteneffizienz der Geogitter ermöglicht dabei eine dauerhaft formschlüssige Verbindung zur Frontausbildung.

Absetzbecken (Tailings) für Aufbereitungsrückstände

Nachdem die Wertstoffe der Erze durch entsprechende Aufbereitungsverfahren gewonnen worden sind, bleibt ein Rest an Abraum übrig, der entsorgt werden muss. Bei feinkörnigen Materialien, z. B. aus den Flotationsverfahren, erfolgt dies in sogenannten Absetzbecken oder Bergeteichen (Tailings). Hierzu müssen meist Dämme errichtet werden, um einen entsprechenden Abschluss zu bilden. Der Platzbedarf und die Kosten für diese Dammbauwerke steigen mit zunehmender Ablagerungshöhe. Hier bieten sich geokunststoffbewehrte Dammbauwerke oder -erweiterungen an, um steilere Böschungen ausführen zu können. Wenn die Absetzbecken später aufgrund der umweltschutzrechtlichen Anforderungen abgedeckt werden müssen, können Geogitter eine sichere Platzierung und Verdichtung der Einlagerungen und so das Aufbringen der Abdeckung überhaupt erst ermöglichen (**Bild 10**).

Deutschland ist bei bestimmten Rohstoffen für Zukunftstechnologien auf Importe angewiesen. Es wird daher darüber nachgedacht, wirtschaftsstrategische Rohstoffe, wenn es technisch und wirtschaftlich möglich ist, aus vorhandenen Flotationsrückständen zu nutzen.

Ein solches Vorhaben wird zurzeit als Projektstudie bei zwei Absetzbecken aus der ehemaligen Erzaufbereitung Rammelsberg bei Goslar erarbeitet [5]. In den beiden Absetzbecken (**Bild 11**) liegen ca. 7 Mio. t Flotationsablagerungen, die neben Schwespat einen relevanten Anteil an Indium, Gallium und Kobalt enthalten [6], welche wegen der damals noch nicht so weit fortgeschrittenen Aufbereitungstechnik, welche sich im Wesentlichen auf Buntmetalle fokussierte, und des seinerzeit erst spät einsetzenden Interesses an diesen Sondermetallen nicht ausgebracht wurden. Diese Aufbereitungsrückstände sollen nochmals mit neueren Verfahren aufbereitet werden, um die vorhandenen ca. 3 Mio. t verwertbaren Wertstoffe nutzen zu können. Je nach Rohstoffpreisen liegen die Erlöse der Wertstoffe schätzungsweise zwischen 300 und 500 Mio. €. Für die verbleibenden Reststoffe müssen temporäre Zwischenlager geschaffen werden, bis sie wieder in die alten Absetzbecken verbracht werden können. Hierzu sind wegen des geringen Platzbedarfs steile geokunststoffbewehrte Dammbauwerke angedacht.

Umweltfreundliche Lösungen

Der große Vorteil beim Einsatz von Geogittern liegt in der Einsparung von Ressourcen, Baukosten und

Bauzeit. Bei der Ausführung steilerer Böschungen ist der Platzbedarf erheblich geringer. Durch die hohe Verbundflexibilität zwischen den Geogittern und dem Füllmaterial können auch lokal verfügbare Baumaterialien eingesetzt werden.

Durch die Verwendung einer mechanisch stabilisierten Schicht mit Geogitter in einer Straße, einer Gleiskonstruktion oder in einer Arbeitsfläche kann die erforderliche Baumaterialmenge um bis zu 50 % reduziert werden. Dies bedeutet, dass die Projektdauer verringert wird, da weniger Aushubmaterial vom Standort entfernt werden muss, weniger Verdichtung erforderlich ist und weniger Material zum Standort transportiert werden muss. Im Vergleich zu unstabilisierten Konstruktionen können durch die Verringerung der Fahrzeugbewegungen und des zu entfernenden Materialvolumens Einsparungen von bis zu 50 % der CO₂-Emissionen erzielt werden.

Literatur

- [1] Fotiadou, K.; Cammarata, D. (2018): Zur Stabilisierung dynamisch beanspruchter ungebundener Tragschichten mit Geogittern. GeoResources Zeitschrift (4-2018), S. 12–17. Online: <https://www.georesources.net/download/GeoResources-Zeitschrift-4-2018.pdf>
- [2] DGGT: Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen – EBGeo. 2. Auflage
- [3] Kawalec; Koda: A4 Mototrway operation in the area of linear discontinuous surface deformations. GeoAmericas 2016
- [4] Cammarata, D. (2018): Geogitterbewehrtes Steilböschungssystem für eine Kranstellfläche zum Bau einer Windenergieanlage im Saarland. GeoResources Zeitschrift (2-2018), S. 14–19. Online: <https://www.georesources.net/download/GeoResources-Zeitschrift-2-2018.pdf>
- [5] Römer, F.; Binder, A.; Goldmann, D.: Basic Considerations for the Reprocessing of Sulfidic Tailings Using the Example of the Bollrich Tailing Ponds, ERZMETALL, Vol. 71 (2018), No. 3, pp. 135-143
- [6] Woltermate, I.: Beurteilung der geochemischen und sedimentpetrographischen Aussagefähigkeit von Bohrproben aus Flotationsabgängen in zwei Absetzbecken des Erzbergwerks Rammelsberg. Dissertation, Hannover, 1988.

Dr. Dipl.-Ing. (RUS) Ekaterina Scherbina



ist seit 2017 in der Anwendungstechnik der Firma Tensar International GmbH, Bonn, tätig.

Kontakt: scherbina@tensar.de

Pfahl, Anker oder Nagel?

Die Antwort: Mikropfahl TITAN.



- Gründung, Nachgründung, Auftriebssicherung, dauerhafte Rückverankerung, Bodenvernagelung, Baugrubensicherung
- Einheitliche Verfahrenstechnik für Lasten bis über 3000 kN
- Stahl-Tragglied TITAN = Bohrgestänge + Injektionsrohr + Bewehrungsstahl

Weitere Infos: www.ischebeck.de

FRIEDR. ISCHEBECK GMBH
Loher Str. 31-79 | DE-58256 Ennepetal

ISCHEBECK
TITAN

VDI-Richtlinie für fachgerechtes Verschrauben

Catrin Junkers, Akademie der Schraubverbindung, Augsburg, Deutschland

Was schon lange beispielsweise beim Schweißen üblich ist, hielt Ende 2018 auch beim Verschrauben Einzug: Eine VDI-Richtlinie zur Qualifikation in der Schraubtechnik. Was gibt diese Richtlinie vor und was müssen Anwender beachten?

Bergbau • Tunnelbau • Geotechnik • Befestigungstechnik • Qualität • Ausbildung

Zum Inhalt

Die unbequeme Wahrheit gleich vorweg: Die im Oktober 2018 in Kraft getretene VDI/VDEMT 2637 Blatt 1 betrifft auch die Branchen Bergbau, Tiefbau und Geotechnik – verschraubt wird schließlich auch in diesen Branchen. Was schreibt die mit „Qualifikation in der Schraubtechnik – Bedarfsgerechte Qualifikation für Mitarbeiter und Führungskräfte“ überschriebene VDI/VDEMT 2637 Blatt 1 vor, die für den gesamten schraubtechnischen Bereich gilt? Sie beschreibt die Schulungsanforderungen für die jeweiligen Tätigkeiten im Detail. Dazu geht sie zunächst auf den Anwendungsbereich, auf Begriffe und Formelzeichen und dann ausführlich auf die Mindestanforderungen an Ausbildungs- und Kenntnisstand mit einzelnen Qualifikationsbausteinen ein. Die gute Nachricht ist aber, dass der Leitfaden keine zusätzlichen neuen Anforderungen an den Anwender stellt, sondern vielmehr die derzeit ohnehin schon notwendigen Tätigkeiten erläutert und die dafür erforderliche Qualifizierungstiefe beschreibt. Die Richtlinie ist deshalb für viele Monteure eine sehr wertvolle Unterstützung, um dem Stand der Technik entsprechend arbeiten zu können. Auch die mit Konstruktion, Auslegung und Überwachung betrauten Mitarbeiter profitieren von der Richtlinie.

Praktische Relevanz der Richtlinie

Soweit die (graue) Theorie. Viel wichtiger ist aber die Praxis. Und die Antwort auf die Frage, was passieren kann, wenn Anwenderunternehmen die jeweils einschlägigen Verordnungen nicht beachtet haben. Also beispielsweise „nicht fachkundige“ Monteure mit Ver-

VDI/VDE-MT 2637 Blatt 1 / Part 1

Qualifikation in der Schraubtechnik – Bedarfsgerechte Qualifikation für Mitarbeiter und Führungskräfte / Qualification in fastening technology – Appropriate qualification for employees and executives.

Oktober/October 2018, VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V. / Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.



schraubungsfällen betraut haben, die anschließend zu Problemen führten. Im Haftungsfall muss der Hersteller, insbesondere bei Personen- und Umweltschäden, nachweisen, dass er wenigstens nach dem „Stand der Technik“ gearbeitet hat. Anderenfalls könnte er dem Risiko der persönlichen Haftung unterliegen. Und zum Beurteilen des technischen Standes ziehen die Gerichte meist Normen oder Richtlinien heran.

Qualifikation durch Schulung

Idealerweise besuchen also sowohl Monteure als auch mit der Konstruktion betraute Entwickler eine Schulung, um sich mit den Inhalten der VDI/VDE 2637 Blatt 1 vertraut zu machen. Schulungsmaßnahmen mit integrierter Lernzielkontrolle sind hierbei vorzuziehen. Genau wie qualifizierte Schulungsanbieter solchen ohne Zertifizierung vorzuziehen sind. Zertifizierte Schulungsanbieter – wie die vom Verschraubungsspezialisten Barbarino & Kilp GmbH betriebene Akademie der Schraubverbindung – unterziehen sich beispielsweise einer Prüfung ihrer Effektivität sowie der Schulung, einer Bewertung der pädagogisch-fachlichen Kompetenz der Trainer sowie der Unterrichts- und Arbeitsräume.

Fazit

Die neue VDI-Richtlinie und zugehörige Schulungen sollen dazu beitragen, die Zuverlässigkeit der Schraubverbindungen zu erhöhen.

Catrin Junkers

ist Mitglied der Geschäftsleitung der Barbarino & Kilp GmbH, Krailling, Deutschland. Die „Akademie der Schraubverbindung“ ist eine Marke der Barbarino & Kilp GmbH.

Kontakt:

info@akademie-sv.de / <https://akademie-sv.de/>

Innovative Fugenbänder für unterirdische Betonbauwerke

Franjo Kovac und Dipl.-Ing. Christian Henrichs, Besaplast Kunststoffe GmbH, Borken, Deutschland

Veranlassung

Unterirdische Betonbauwerke können für einen ausreichenden Feuchteschutz als wasserundurchlässige (WU) Betonkonstruktionen oder mit Dichtungssystemen mit Kunststoffdichtungsbahnen (KDB) ausgestattet werden. Die Wahl und Ausbildung des Systems richtet sich nach den Randbedingungen im Anwendungsfall, wie insbesondere der Höhe des Wasserdrucks, der Beschaffenheit des Wassers, den maßgebenden Regelwerken sowie der vorgesehenen Nutzung und Nutzungsdauer des Bauwerks.

Seit Jahrzehnten sind sowohl für WU-Betonkonstruktionen als auch KDB-Bauwerksabdichtungen Fugenbänder zur Abdichtung von Bauwerksfugen im Einsatz, wie innenliegende Fugenbänder, außenliegende Fugenbänder, Anschlussbänder, Sonderprofile und Formteile. Dabei sind Nachteile oder Probleme deutlich geworden, z. B.:

- ▶ Der Einbau marktüblicher innenliegender Fugenbänder in WU-Betonkonstruktionen ist arbeitsintensiv und erfordert Anpassungen bzw. Aussparungen der Bewehrung der angrenzenden Betonteile (**Bild 1**). Das ist insbesondere bei hohen Bewehrungsgraden nachteilig.
- ▶ Im Tunnelbau werden WU-Betonkonstruktionen auf Wasserdrücke bis zu 25 mWs beschränkt, weil positive Nachweise für im Markt verfügbare innenliegende Fugenbänder nur bis zu diesem Wasserdruck möglich sind.
- ▶ Außenliegende Fugenbänder im Bereich von Blockfugen von Tunneln in geschlossener bergmännischer Bauweise (**Bild 2**) werden mit arbeitsintensiven Überlappnähten ohne Prüfkanal gefügt. Außerdem sind die Sperranker der außenliegenden Fugenbänder im Firstbereich vertikal von oben nach unten positioniert. In diesem Bereich besteht besonders die Gefahr von Lufteinschlüssen beim Betonieren der Innenschale und dadurch unvollständiger Einbindung der außenliegenden Fugenbänder in den Beton der Innenschale. Aus gutem Grund wird diese Situation in der DIN 18197 [2] nicht mehr zugelassen.

In den letzten Jahrzehnten gab es trotz der offensichtlichen Probleme und Nachteile keine einschneidenden Weiterentwicklungen. Die Bauausführenden initiierten in der Regel nur kleine Modifizierungen innerhalb vorhandener Lösungen. Grundlegend neue Ideen wurden nicht entwickelt und umgesetzt. Nun hat die Besaplast Kunststoffe GmbH mit ihren langjährigen Erfahrungen

Aktuell übliche Fugendichtungen in unterirdischen wasserundurchlässigen Betonbauwerken oder mit Kunststoffdichtungsbahnen abgedichteten Bauwerken – insbesondere Tunneln – weisen Nachteile und Probleme auf. Das motivierte die Besaplast Kunststoffe GmbH, innovative Produkte und Systeme zur Lösung der Probleme zu entwickeln, die in diesem Artikel vorgestellt werden.

Geotechnik • Tunnelbau • Ingenieurbau • Abdichtung • Beton • Fugenband • Innovation

aus der Herstellung von Fugenbändern für unterschiedliche Anwendungsgebiete quergedacht und großes Innovations- und Verbesserungspotenzial erkannt. Und es blieb nicht bei der Idee. Mit dem firmeneigenen Know-how und der verfügbaren Infrastruktur, insbesondere dem Werkzeugbau, entwickelte sie mit erheblichem Zeit- und damit Kosteneinsatz neue Fugenbandlösungen. Dieser Artikel gibt einen Einblick in die Neuentwicklungen und ihr Potenzial.

Aktueller Status

Zahlreiche Regelwerke enthalten Vorgaben zu Fugenbändern und Fugenabdichtungen. Zu den produktorientierten Normen und Vorschriften zählen:

- ▶ DIN 7865, Teile 1 bis 3 für Elastomer-Fugenbänder [3, 4, 5]
- ▶ DIN 18541, Teile 1 und 2 für Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen [6, 7]
- ▶ TL/TP KDB für thermoplastische Fugenbänder in KDB-Abdichtungen für den Tunnelbau, die in DIN 18541 nicht behandelt werden [8]
- ▶ DIN 18197 [2]

Bild 1: Marktübliches innenliegendes Fugenband mit erforderlicher Aussparung der Bewehrung



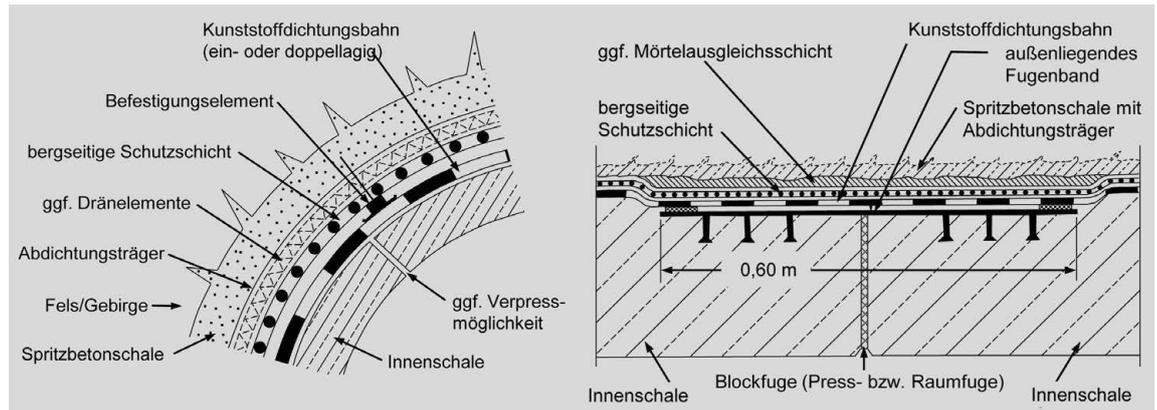


Bild 2: KDB-Abdichtung in bergmännischem Tunnel: Systemaufbau (links) und Detail der Fugenabdichtung mit Abschottung durch außenliegendes Fugenband (rechts) [1]

In weiteren Regelwerken werden systemorientierte Abdichtungslösungen für bestimmte Anwendungsgebiete behandelt, wie z. B.:

- ▶ Für wasserundurchlässige Betonbauwerke:
 - ▷ DAFStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton [9]
 - ▷ VDZ-Merkblätter H10 und H11 zu Wasserundurchlässigen Betonbauwerken und deren Fugenabdichtungen [10, 11]
- ▶ Für Tunnelbauwerke:
 - ▷ Empfehlungen EAG-EDT der DGGT [1]
 - ▷ ZTV-ING Teil 5 Abschnitte 1, 2 und 5 der BAST [12, 13 und 14]
 - ▷ Ril 853 der Deutschen Bahn AG [15]

Außerdem steht einschlägige Fachliteratur zur Verfügung, z. B.:

- ▶ Fugenabdichtungen bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton [16]
- ▶ Weiße Wanne – einfach und sicher [17]
- ▶ Schottfugenbänder für Tunnel mit einer Abdichtung aus Kunststoffdichtungsbahnen [18]

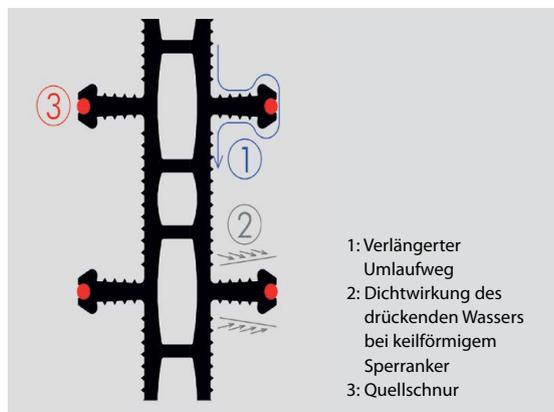


Bild 3: Fugenband mit verlängerten Umlaufwegen (Labyrinthprinzip), keilförmigen Sperrankern und Quellschnüren

Produktentwicklungen

Idee

Die Besaplast Kunststoffe GmbH entwickelte Ideen für grundlegend geänderte Fugendichtungen in WU-Betonbauwerken. Die erkannten Nachteile und Probleme aktueller Abdichtungssysteme können insbesondere durch andere Fugenbandgeometrien und -positionierungen vermieden werden. Die innovativen Lösungsvorschläge enthalten insbesondere folgende Verbesserungen:

- ▶ Ausbildung der Betonteile der Fugenbänder (**Bild 3**):
 - ▷ Anwendung des sogenannten Labyrinthprinzips mit einer Umlaufwegverlängerung des Wassers durch geänderte Geometrien
 - ▷ Keilförmige Sperranker geometrien nach dem Vorbild der V-Serie keilförmiger Fugenbänder [19] mit Zunahme ihrer Dicke in Richtung zum Sperrankerende, wodurch mit steigender Belastung durch drückendes Wasser oder zunehmende Verformungen die Dichtwirkung der Fugenbänder erhöht wird
 - ▷ Integration von Quellschnüren an den Sperrankerenden
- ▶ Vorbeugung von Schäden durch bessere Positionierung der Fugenbänder, um den Arbeitsaufwand zu verringern sowie das Betonieren zu erleichtern und die Fugenbänder besser ringsum in Beton einzubetten
- ▶ Abdichtung von Blockfugen in Tunneln mit KDB-Abdichtung mit Fugenbändern in der Fuge und zusätzlichen Fugenbändern zur Abschottung, um:
 - ▷ Planmäßige und bedarfsweise Verpressungen zu vermeiden
 - ▷ Bei hohen Wasserdrücken kombinierte Dichtungen aus eigenständiger WU-Konstruktion und unabhängiger KDB-Abdichtung zu ermöglichen

Übersicht der neuen Produktserie

Bei der Besplast Kunststoffe GmbH wurde eine neue Produktlinie mit der Bezeichnung DAT für druckwasserhaltende unterirdische Betonbauwerke entwickelt. Folgende Produkte, deren Werkstoffe den Anforderungen des jeweiligen Projekts angepasst werden können, sind bereits verfügbar:

- ▶ **Für WU-Betonbauwerke:**
 - ▶ Mittig in der Fuge positioniertes Fugenband (DAT 230) (**Bild 4**)
- ▶ **Für Bauwerke mit KDB-Abdichtung:**
 - ▶ Exzentrisch in der Fuge angeordnetes Fugenband (DAT 290) mit zusätzlicher Druckverformungskammer (**Bild 5**), das mit einem außen über der Fuge angeordneten Fugenband zur Blockabschottung kombiniert werden kann (**Bild 6**)
 - ▶ Exzentrisches in der Fuge angeordnetes Fugenband mit werksseitig anextrudierten Anschweißstegen für die KDB (**Bild 7**) (DAT 290 T)
 - ▶ Werksseitig anvulkanisierte Anschweißbleche für die horizontale Arbeitsfuge möglich (**Bild 8**)
- ▶ **Für Sanierungen von der Tunnelinnenseite:**
 - ▶ Dichtprofil für die Innenseite der Tunnelinnenschale nach dem Klemmprinzip (**Bild 9**)
- ▶ Zubehör, wie:
 - ▶ Montage- und Verwahrungsschienen
 - ▶ Abschlusskappen

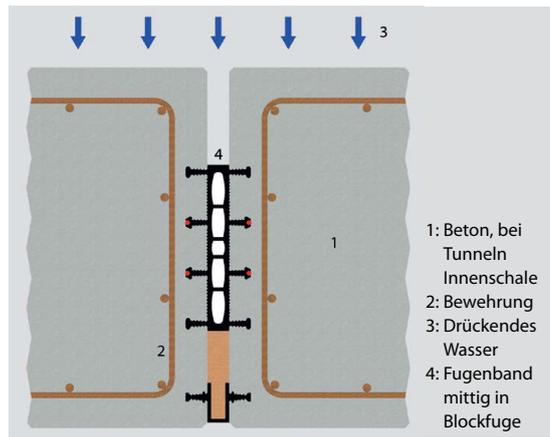


Bild 4: Fugenband mittig in der Blockfuge

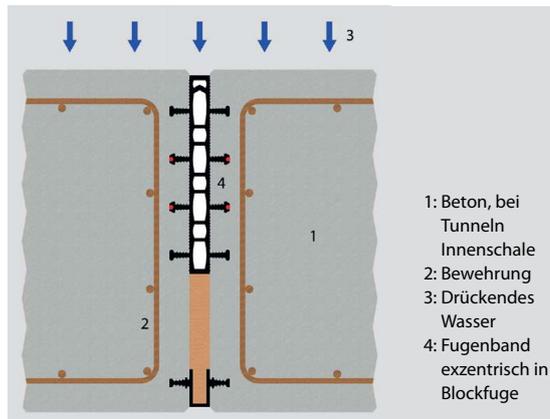


Bild 5: Fugenband exzentrisch in der Blockfuge

Mögliche Anwendungsbereiche

Die innovative Produktlinie bietet die Möglichkeit, Nachteile und Probleme der aktuell üblichen Abdichtungslösungen zu vermeiden.

WU-Betonkonstruktionen

Bei WU-Betonkonstruktionen ermöglichen die längeren Umlaufwege und die keilförmigen Sperranker höhere Wasserdruckbeanspruchungen. Die aktuell laufenden Druckversuche lassen schon darauf schließen, dass die bisherige Grenze von 25 m WS erheblich übertroffen werden wird. Arbeitsintensive und statisch nachteilige Aussparungen der Bewehrung können aufgrund der geänderten Geometrie entfallen.

Tunnel mit KDB-Abdichtung

Die Verwendung exzentrisch direkt in der Fuge angeordneter Fugenbänder ermöglicht in der gesamten umlaufenden Blockfuge horizontal verlaufende Sperranker. Dadurch werden insbesondere im Firstbereich die vollständige Umschließung der Fugenbänder beim Betonieren erleichtert und Schäden vermieden. Die Blockabschottung, die bei Leckagen in der Fläche der KDB-Abdichtung das Weiterlaufen von Wasser zwischen KDB und Innenschale in weitere Blöcke verhindern soll, ist durch Kombination des in der Blockfuge

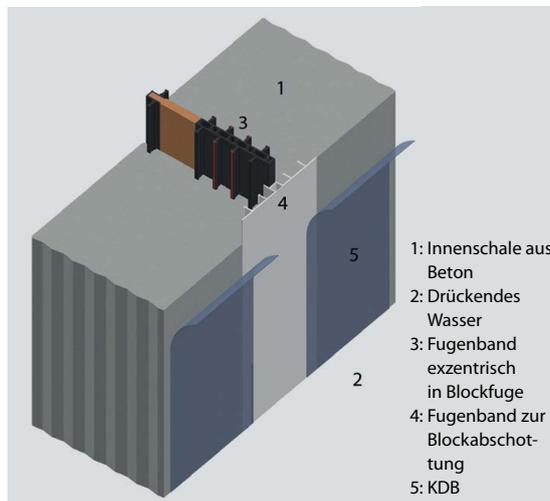


Bild 6: Exzentrisches Fugenband in der Blockfuge kombiniert mit Fugenband zur Abschottung

angeordneten Fugenbands mit einem außen über der Fuge liegenden Fugenband möglich. Bei besonders hohen Wasserdrücken sind kombinierte Abdichtungen aus zwei in sich geschlossenen, unabhängigen Systemen, nämlich WU-Betonkonstruktion und KDB-Abdichtung möglich. Die Anbindung von Dehnfugen- an Arbeitsfugenabdichtungen wird durch werksseitig anvulkanisierbare Anschweißbleche erleichtert.

Nachträgliche Sanierungen undichter Fugen

Zugängliche Fugen können nachträglich mit Dichtprofilen nach dem Klemmprinzip abgedichtet werden. Voraussetzung ist, dass das Dichtprofil für die Sicherstellung der Klemmkräfte zugänglich bleibt und kontrolliert und nachgezogen werden kann.

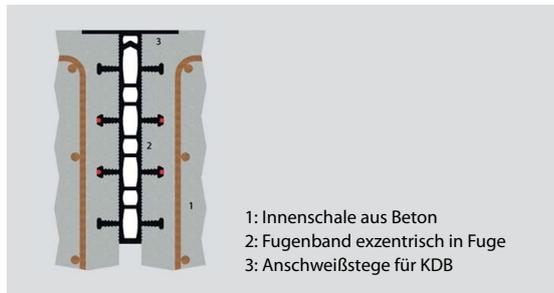


Bild 7: Exzentrisch in der Fuge angeordnetes Fugenband mit anextrudierten Anschweißstegen

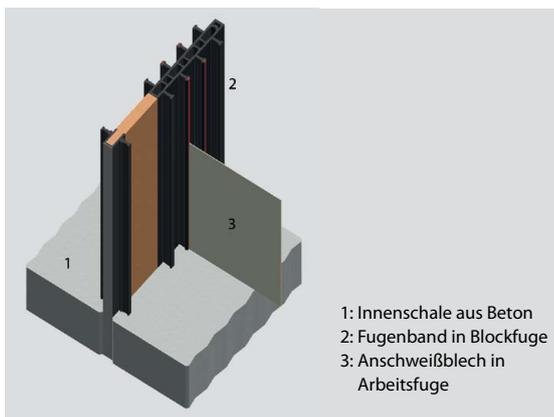


Bild 8: Fugenband in Blockfuge mit anvulkanisierten Anschweißblechen für Arbeitsfuge



Bild 9: Dichtprofil für nachträgliche Abdichtung zugänglicher Fugen mit Klemmprinzip

Temporäre Montagehilfen und sonstiges Zubehör

Für die Montage stehen u. a. Montage- und Verwahrungsschienen zur Verfügung, die verhindern, dass während der Bauphase freiliegende Profilbandteile im Baubetrieb beschädigt werden. Abschlusskappen ermöglichen saubere Fugenabschlüsse und verhindern Verschmutzungen.

Fazit und Ausblick

Die Besoplast Kunststoffe GmbH ist davon überzeugt, dass die vorgestellten innovativen Fugenbandprofile maßgeblich zur Verbesserung von Fugenabdichtungen in unterirdischen WU-Betonbauwerken und in bergmännischen Tunneln mit KDB-Abdichtung beitragen können. Die Zwischenergebnisse der zur Zeit laufenden Druckversuche sind erfolversprechend und die Ergebnisse sollen nach Abschluss der Versuche dokumentiert und zur Verfügung gestellt werden. Die Entwicklung der Produkte ist so weit fortgeschritten, dass sie in der Praxis eingesetzt werden können. Nach Fertigstellung der erforderlichen Produkt- und Systemnachweise und Bewährung der Produkte im Praxiseinsatz können die erprobten innovativen Lösungen Eingang in die relevanten Regelwerke finden.

Quellenverzeichnis

- [1] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V. (DGGT): Empfehlungen für Dichtungssysteme im Tunnelbau EAG-EDT. 2. Auflage, 2018
- [2] DIN 18197:2018-01: Abdichten von Fugen in Beton mit Fugenbändern
- [3] DIN 7865-1:2015-02: Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 1: Formen und Maße
- [4] DIN 7865-2:2015-02: Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 2: Werkstoff-Anforderungen und Prüfung
- [5] DIN 7865-3:2012-05: Elastomer-Fugenbänder zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 3: Verwendungsbereich
- [6] DIN 18541-1:2014-11: Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 1: Begriffe, Formen, Maße, Kennzeichnung
- [7] DIN 18541-2:2014-11: Fugenbänder aus thermoplastischen Kunststoffen zur Abdichtung von Fugen in Beton - Teil 2: Anforderungen an die Werkstoffe, Prüfung und Überwachung
- [8] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): TL/TP KDB – Technische Lieferbedingungen und Technische Prüfvorschriften für Kunststoffdichtungsbahnen und zugehörige Fugenbänder. Online: www.bast.de
- [9] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton und Erläuterungen. Heft 555, Beuth Verlag, Berlin
- [10] Verein Deutscher Zementwerke e. V. (Hrsg.): Zement-Merkblatt H10 Wasserundurchlässige Betonbauwerke

- [11] Verein Deutscher Zementwerke e.V. (Hrsg.): Zement-Merkblatt H11 Fugen und ihre Abdichtung in WU-Bauwerken aus Beton. Online: www.beton.org
- [12] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): ZTV-ING-Teil 5 Tunnelbau - Abschnitt 1 Geschlossene Bauweise
- [13] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): ZTV-ING-Teil 5 Tunnelbau - Abschnitt 2 Offene Bauweise
- [14] Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt): ZTV-ING-Teil 5 Tunnelbau - Abschnitt 5 Abdichtung
- [15] Deutsche Bahn AG: Ril 853
- [16] Hohmann, R.: Fugenabdichtungen bei wasserundurchlässigen Bauwerken aus Beton, 2. Auflage 2009, Fraunhofer IRB-Verlag
- [17] Lohmeyer, G., Ebeling, K.: Weiße Wanne – einfach und sicher, Verlag Bau+ Technik Erkrath, 10. Auflage 2013
- [18] Kirschke, D.; Schälicke, H.: Schottfugenbänder für Tunnel mit einer Abdichtung aus Kunststoffdichtungsbahnen. Forschungsbericht FE-Nr. 15.0364/2002/ERB, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 926, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen
- [19] BESAPLAST® Kunststoffe GmbH: Fugenbänder/Waterstops. Katalog

Besaplast Kunststoffe GmbH

Die BESAPLAST® Kunststoffe GmbH, Borken, Deutschland, ist Gründungsmitglied der BESA-GROUP, einer Unternehmensgruppe eigenständiger Firmen aus der Kunststoff- und Kautschukindustrie. Das innovative und leistungsstarke Unternehmen der kunststoffverarbeitenden Industrie hat einen Schwerpunkt in der Produktion von Fugenbändern und -profilen zur Abdichtung von Bauwerksfugen aller Art. Langjährige Erfahrung sowie umfassendes Know-how in der Extrusion und Herstellung von Extrusionswerkzeugen sind wichtige Erfolgsfaktoren. Die Besaplast Kunststoffe GmbH bietet in Deutschland und international Fugenbänder für eine Vielzahl von Anwendungen an – wie den Haus- oder Tunnelbau, Eisenbahnbauwerke, drückendes Wasser, Neubau oder Erweiterung – und entwickelt in Absprache mit ihren Kunden maßgeschneiderte und innovative Lösungen.

Weitere Informationen: www.besaplast.de

Franjo Kovac

ist Geschäftsführer der BESAPLAST® Kunststoffe GmbH. Er verfügt über langjährige Erfahrungen in der Herstellung und Weiterentwicklung von Fugenbändern für unterschiedliche Anwendungsgebiete.

Kontakt: info@besaplast.de

Dipl.-Ing. Christian Henrichs

ist Bauingenieur und als Vertriebsingenieur bei der Besaplast® Kunststoffe GmbH, Borken, Deutschland, tätig.

Kontakt: info@besaplast.de



www.geobrugg.com/projekte



TECCO® System aus hochfestem Stahldraht
 FÜR DIE SICHERUNG VON
 TUNNELPORTALEN

Geobrugg AG | CH-8590 Romanshorn | www.geobrugg.com

Automatisierung und Digitalisierung chemischer Injektionen zum Abdichten von anhydritführendem Gebirge

Dipl.-Ing.(U) Sewerin Sabew und M. Eng. Flavio Piras, Renesco GmbH, St. Leon-Rot, Deutschland
 Götz Tintelnot, TPH Bausysteme GmbH, Norderstedt, Deutschland
 Diplom (h.MBA), Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Michael Engels, Desoi GmbH, Kalbach/Rhön, Deutschland
 Ing. Philipp Maroschek, BSc, MSc, MLBT, eguana GmbH, Wien, Österreich

1 Einleitung

Der Tunnel Feuerbach ist ein etwa 3.200 m langer zweiröhriger Eisenbahntunnel und Teil des Bahnprojekts Stuttgart 21. Er bindet die Regional- und Fernbahnbestandsstrecke im Norden Stuttgarts an den neuen Hauptbahnhof an und befindet sich zurzeit im Bau.

Der Tunnel durchfährt Schichten des Gipskeupers. Wird dem anhydritführenden Gipskeuper Wasser zugeführt, so kann es zu Quellerscheinungen kommen. Deshalb wird der Tunnel in Abschnitten mit anhydritführende Gipskeuper trocken aufgefahren. Trotzdem kann infolge der Sprengungen und der Spannungsumlagerungen beim Ausbruch durch Entstehung von Auflockerungszonen im Tunnelnahbereich Wasser vom ausgelaugten zum darunter liegenden trockenen unausgelaugten Gipskeuper gelangen. Steht in diesen Bereichen anhydritführendes Gestein an, so kann es quellen. Dadurch traten in der Vergangenheit bei vielen Tunneln Schäden auf, beispielsweise in Form von Hebungen, die selbst bei tiefliegenden Tunnel bis zur Geländeoberfläche reichen können [1]. Die Herausforderung besteht darin, die Wasserzutritte zum Anhydrit zu vermeiden, was umfangreiche Abdichtungsmaßnahmen erforderlich macht.

In diesem Beitrag werden die Weiterentwicklung der Geräte- und Steuerungstechnik sowie das eingeführte Datenmanagementsystem für chemische Injektionen im Tunnel Feuerbach beschrieben.

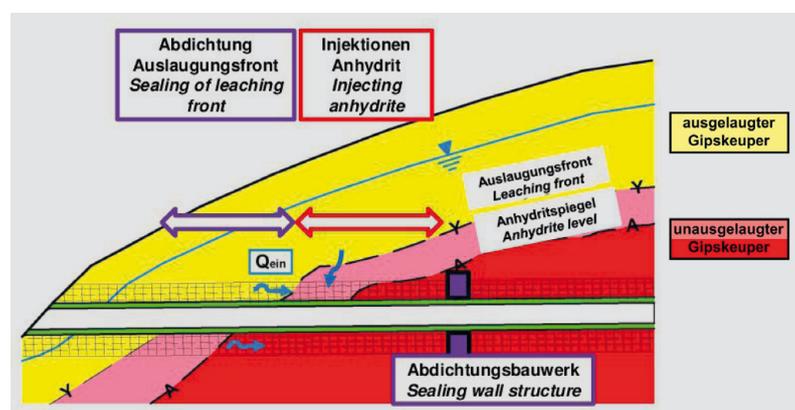


Bild 1: Prinzipskizze der Abdichtungsmaßnahmen beim Tunnel Feuerbach [2]

Im Tunnel Feuerbach des Neubauprojekts Stuttgart 21 werden Injektionen zur Abdichtung des anhydritführenden Gebirges durchgeführt. Dieser Artikel erläutert die Weiterentwicklung der Geräte- und Steuerungstechnik und das innovative Datenmanagementsystem zur Digitalisierung und Automatisierung der Injektionsarbeiten.

Geotechnik • Tunnelbau • Automatisierung • Digitalisierung • Abdichtung • Injektionstechnik

2 Injektionskonzept

Um Wasserzutritte zum anhydritführenden Gipskeuper zu vermeiden, sieht das Injektionskonzept für den Tunnel Feuerbach prinzipiell folgende Abdichtungsmaßnahmen vor (**Bild 1**):

- ▶ Abdichtung der Auslaugungsfront
- ▶ Injektionen im Anhydrit
- ▶ Abdichtungsbauwerke bzw. Dammringe

Der Gipskeuper kann entsprechend dem Sulfatgehalt in ausgelaugten (gelb), unausgelaugten, anhydritfreien (rosa) und unausgelaugten, anhydritführenden (rot) Gipskeuper unterteilt werden. Die Grenze zwischen ausgelaugtem und unausgelaugtem Gipskeuper wird als Auslaugungsfront bezeichnet.

Um das Eindringen von Wasser in den anhydritführenden Gipskeuper zu verhindern, werden beim Durchfahren der Auslaugungsfront vorausseilende Injektionen mit Polyurethanharz ausgeführt. Zur Vermeidung der Längsläufigkeit werden im unausgelaugten Gebirge durch Injektion von Acrylatgel Dammringe erstellt (**Bild 2** links). Je nach Lage der wasserführenden Schichten und des Anhydritspiegels wird das anhydritführende Gebirge mit Acrylatgel abgedichtet (**Bild 2** rechts).

Die Gesamtlänge der Tunnelabschnitte, in denen die Abdichtungsmaßnahmen durchgeführt werden, beträgt ca. 3.000 m (**Bild 3**). Die Bohrungen werden mit einem Bohrjumbo als Vollbohrung mit Luftspülung hergestellt. Der nominale Bohrdurchmesser beträgt 51 mm

bei einer Bohrtiefe von bis zu 10 m. Der Abstand der Bohrungen im Querschnitt (Bohransatzpunkt) und der Abstand der Querschnitte in Längsrichtung beträgt im Regelfall 1 m. Die Herstellung der Bohrungen und Injektionen erfolgt in einem erweiterten Pilgerschrittverfahren. Während der Arbeiten wird anhand der Bohr- und Verpressergebnisse festgelegt, ob und inwieweit die jeweils nächste Phase ausgeführt werden muss.

Für die verschiedenen Abdichtungsmaßnahmen werden unterschiedliche Injektionsmittel eingesetzt. Bei den vorausseilenden Injektionen wird der ausgelaugte und teilweise wasserführende Gipskeuper injiziert. Die Durchlässigkeitsbeiwerte des ausgelaugten Gipskeupers liegen bei ca. 10^{-6} m/s [3, 4]. Es wird ein zweikomponentiges Polyurethanharz [5] mit einer Mischviskosität von ca. 140 mPa·s verwendet, das gegenüber Wasser eine weitaus höhere Viskosität aufweist und Wasserwegigkeiten schnell und zuverlässig abdichtet. Bei den Injektionen im unausgelaugten Gipskeuper werden insbesondere die vortriebsbedingten Auflockerungszonen injiziert. Als Injektionsmittel wird Acrylatgel [6] mit einer Mischviskosität von ca. 2,5 mPa·s verwendet. Dieses lässt sich aufgrund der geringen Viskosität mit wesentlich geringerem Injektionsdruck als Polyurethanharz verpressen.

3 Geräte- und Injektionstechnik für chemische Injektionen

Das beschriebene Injektionskonzept stellt besondere Anforderungen an die Injektionstechnik:

- ▶ Pneumatisch verspannbare, wiederverwendbare Packer mit Entlüftung
- ▶ Steuerung und Regelung des Injektionsprozesses mit durchflussabhängigem Druckkriterium für Injektionen mit Polyurethanharz
- ▶ Automatische Steuerung und Regelung des Injektionsprozesses unter Berücksichtigung des Entlüftungsprozesses und eines Spülprozesses für Injektionen mit einem Acrylatgel
- ▶ Mengen- und Durchflussmessung der A- und B-Komponenten
- ▶ Genauigkeit der Sensorik < 0,1 Liter bzw. 0,1 bar
- ▶ Überprüfung des Mischverhältnisses der A- und B-Komponenten in Echtzeit

Für die Acrylatgelinjektionen werden speziell entwickelte, pneumatisch verspannbare Packer mit Entlüftung der Desoi GmbH, Kalbach, Deutschland, eingesetzt. Diese können nach entsprechender Reinigung mehrmals wiederverwendet werden (Bild 4).

Für eine automatisierte Steuerung des Injektionsprozesses ist es notwendig, die Systemverluste in den Leitungen, im Mischkopf und im Packer entsprechend zu berücksichtigen. Bei den Polyurethanharzinjektionen liegen die Systemwiderstände, die auch von der Förderrate abhängig sind, aufgrund der hohen Viskosität von ca. 140 mPa·s deutlich über dem vorgegebenen

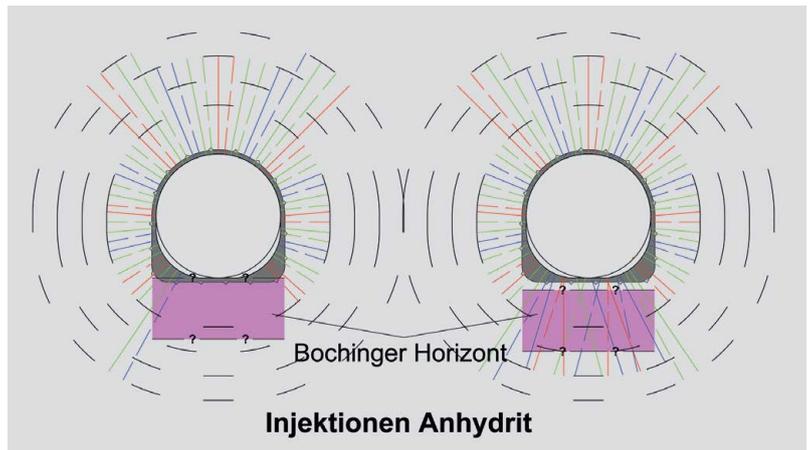


Bild 2: Prinzip der Injektionen im Anhydrit
Quelle: WBI GmbH, Auszug aus Ausführungsplanung

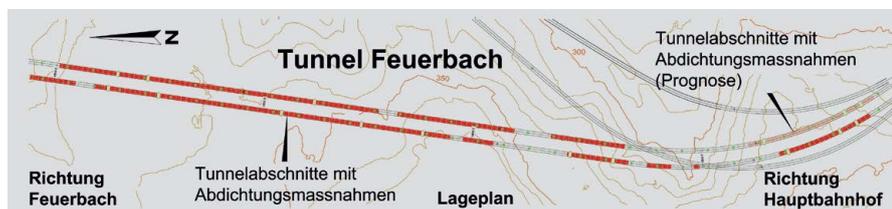


Bild 3: Tunnelabschnitte mit Abdichtungsmaßnahmen – Stand 05/2018
Quelle: WBI GmbH, Auszug aus Ausführungsplanung

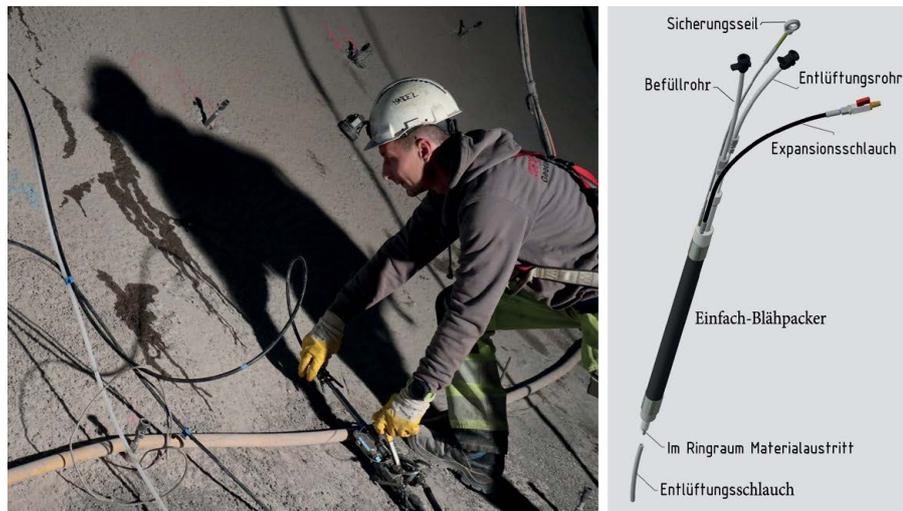


Bild 4: Packertechnik: links Foto im Einsatz und rechts Darstellung eines Einfach-Blähpackers mit Entlüftung
Quelle: Desoi GmbH

Maximaldruck von 5 bar. Es wurde ein spezieller Regelalgorithmus entwickelt und implementiert, welcher es ermöglicht, den maximalen Injektionsdruck durchflussabhängig zu regeln (Bild 5). Hierzu wurden in Vorversuchen für die vorgesehenen Injektionssysteme bestehend aus Mischkopf, Leitung und Packer sowie Injektionsmittel die durchflussabhängigen Förderwiderstände ermittelt und die jeweiligen Regelparameter für den Förderdruck in der Pumpe festgelegt. Durch eine automatisierte, förderratenabhängige Regelung wird sichergestellt, dass der effektive Verpressdruck von ca.

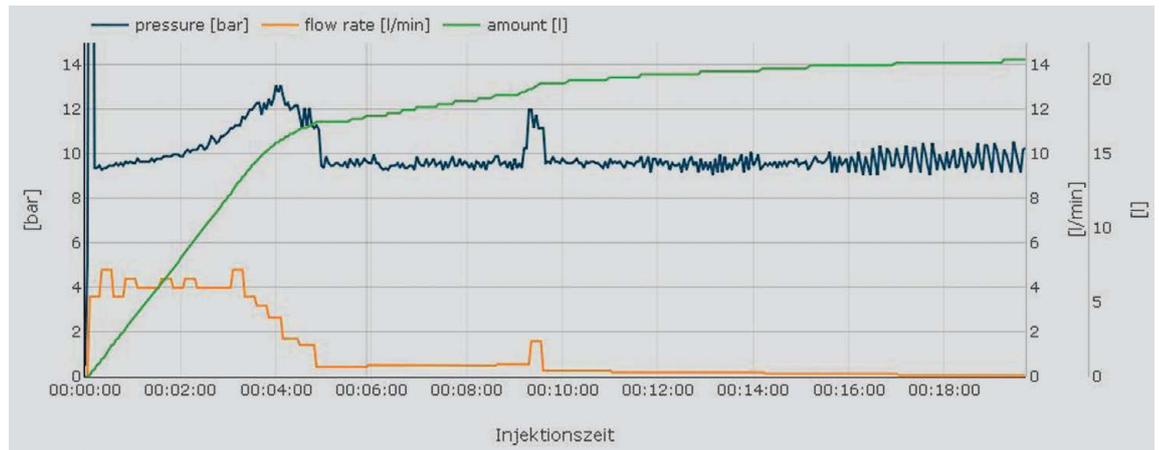


Bild 5: Zeitlicher Druck- und Mengenverlauf einer automatisierten Polyurethanharzinjektion mit durchflussabhängiger Druckregelung

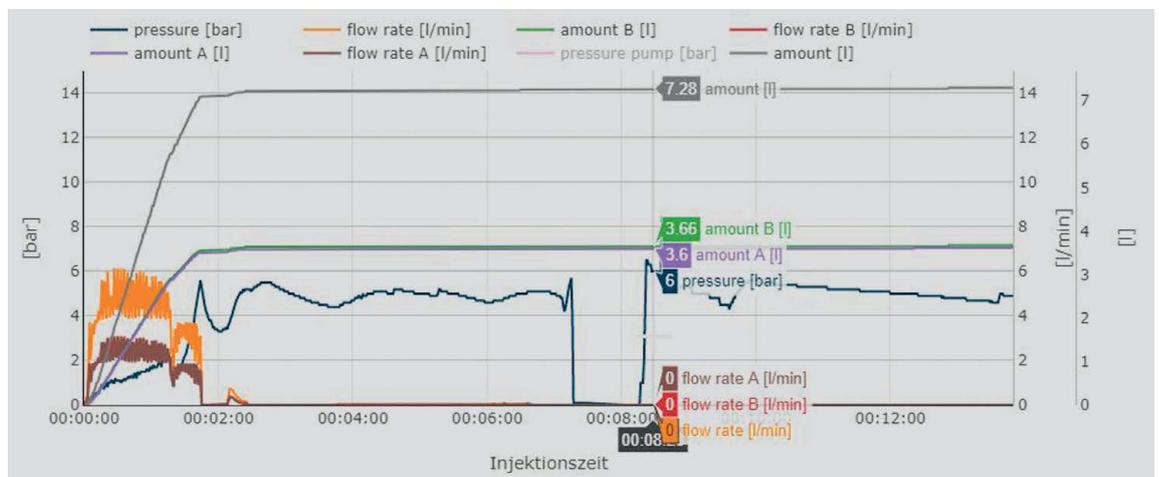


Bild 6: Zeitlicher Druck- und Mengenverlauf einer automatisierten Acrylatgelinjektion mit Spülvorgang und automatischer Überwachung des Mischungsverhältnisses

5 bar in der Verpressstrecke erreicht und gehalten bzw. nicht überschritten wird.

Bei den Acrylatgelinjektionen musste ebenfalls ein spezieller Steuer- und Regelalgorithmus entwickelt werden. Dabei wird der Verpressvorgang automatisch beendet, wenn die Verpressmenge von einem Liter während einer definierten Haltezeit von 10 min nicht überschritten wird. Anders als bei einem durchflussabhängigen Abbruchkriterium können so kleinere Durch-

flussspitzen, wie sie beispielsweise durch ein Nachrutschen eines Packers auftreten, kompensiert werden. Dadurch können die Effizienz der Haltephase sichergestellt und die Gesamtinjektionsdauer verkürzt werden.

Es wird eine Acrylatgelmischung mit einer Reaktionszeit von etwa 10 min verwendet. Um eine Gelierung des Injektionsmittels während der Haltephase und damit erhebliche Behinderungen im Bauablauf zu verhindern, wird vom Steuerungssystem automatisch eine Pause zum Spülen der Leitungen gemeldet. Nach Durchführung des Spülvorgangs wird der Injektionsvorgang fortgesetzt und mit Erreichen des Mengenkriteriums automatisch durch die Steuerung beendet (**Bild 6**).

Um die für die Überwachung des Mischverhältnisses der Acrylatgelkomponenten notwendige Messgenauigkeit auch bei geringen Förderraten zu erreichen, wird Sensorik aus der Prozess- und Pharmaindustrie eingesetzt. Diese besitzt eine Keramikauskleidung, die hochgradig chemikalienresistent ist. Die Durchflussraten werden für die A- und B-Komponente getrennt durch magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID) erfasst und kontinuierlich in Echtzeit überwacht. **Bild 7**



Bild 7: Mess- und Regeltechnik für Acrylatgelinjektion beim Tunnel Feuerbach

illustriert den Systemaufbau der auf der Baustelle eingesetzten Mess- und Regeltechnik für Acrylatgelinjektion. Die gesamte Injektions- und Gerätetechnik wurde, wie im **Bild 8** abgebildet, in einem Container verbaut und auf einen Lkw montiert. Die beiden Mischkomponenten des Acrylatgels werden in voneinander unabhängigen semiautomatischen Mischeinheiten angemischt und in getrennten Behältern vorgehalten. Um die geforderte Mischqualität zu sichern, werden vom Hersteller abgewogene Einzelgebände verwendet (**Bild 8** rechts).

4 Digitales Daten- und Dokumentationsmanagement

Es werden täglich bis zu 500 Injektionen mit drei Injektionsanlagen für Acrylatgel und mehreren Injektionsanlagen für Polyurethanharz durchgeführt. Die Bohr- und Injektionsarbeiten erfolgen im Nachlauf der Vortriebsarbeiten und im Vorlauf der Innenschalenarbeiten. Die Bauleitung muss den Mannschaften, die im Durchlaufbetrieb arbeiten, Änderungen des Bauablaufs und der Injektionsplanung möglichst ohne Verzögerung vermitteln. Die Informationen müssen auf allen Gerätschaften dokumentiert und jederzeit verfügbar sein. Dies stellt sehr hohe Ansprüche an die Organisation und Dokumentation der Arbeiten. Ziel der Projektverantwortlichen war daher von Beginn an, modernste Technologien im Bereich des Daten- und Dokumentationsmanagements einzusetzen, um diese Herausforderungen effektiv und effizient zu bewältigen (**Bild 9**). Es haben sich folgende Anforderungen an ein digitales Dokumentationssystem ergeben [7]:

- ▶ Sichere Datenverwaltung
- ▶ Datenanalyse und Protokollierung
- ▶ Durchgängige Tätigkeitserfassung und Prozessabbildung
- ▶ Automatisierte Massenermittlung
- ▶ Interaktive Visualisierung
- ▶ Digitale Arbeitsanweisungen
- ▶ Ganzheitliche Qualitätssicherung
- ▶ Schnittstelle zu übergeordneten Systemen (ERP, iTwo, GBPlan, BIM etc.)
- ▶ Auswertung und Bauzeitermittlung
- ▶ Direkte Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten

Die Herstellungsparameter werden von der Injektionssteuerung erfasst, gespeichert, verschlüsselt und via WLAN oder Mobilfunk-Netz automatisch aus dem Tunnel auf einen zentralen Server hochgeladen. Die Daten stehen sofort nach Injektionsende über eine Webplattform zur Prüfung, Freigabe und Protokollierung zur Verfügung.

Mit dem zentralen Datenmanagementsystem ist es nicht nur möglich, die Druck- und Durchflussverläufe jeder Injektion darzustellen (**Bilder 5 und 6**), sondern auch mithilfe der Kommentierungsfunktion besondere Vorkommnisse zu vermerken. Es können beispielsweise



Bild 8: Injektionsanlage für Acrylatgel und Einfüllvorgang der Einzelgebände

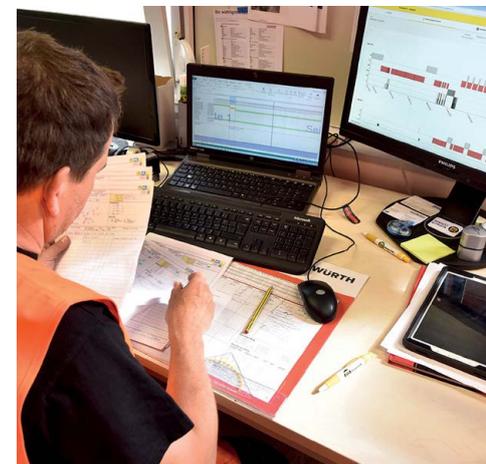


Bild 9: Injektionen im Tunnel Feuerbach: links Durchführung und rechts Dokumentation der Arbeiten

Injektionstypen und -mittel zugewiesen werden sowie die standardisierten Injektions- und Tagesprotokolle direkt im System in den geforderten Formaten erstellt werden.

Die Injektionsdaten sind direkt mit einer interaktiven Visualisierung des gesamten Baufelds verknüpft – vom Baufeld (Karte und Skizze), über die Abwicklung einzelner Blöcke bis hin zu Detailabbildungen der Injektionsstellen. Es werden sowohl Informationen zum Status der Injektionen, z. B. Arbeitsanweisung und Freigabe, als auch Informationen zur Ausführung, z. B. Verpressmenge und Dauer, dargestellt. **Bild 10** illustriert beispielhaft Injektionen mit unterschiedlichem Prüfstatus – in Grün die bereits ausgeführten und freigegebenen Injektionen und in Blau jene, die noch der Kontrolle bedürfen. Diese Art der Visualisierung dient nicht nur dem Controlling. Die Bauleitung importiert die Plandatensätze der unterschiedlichen Injektionsfestlegungen in das System und gibt die jeweiligen Abschnitte und Arbeitsstellen zur Ausführung frei. Die Maschinisten sehen in der Visualisierung die abzuarbeitenden Injektionsstellen mit den zugehörigen Pum-

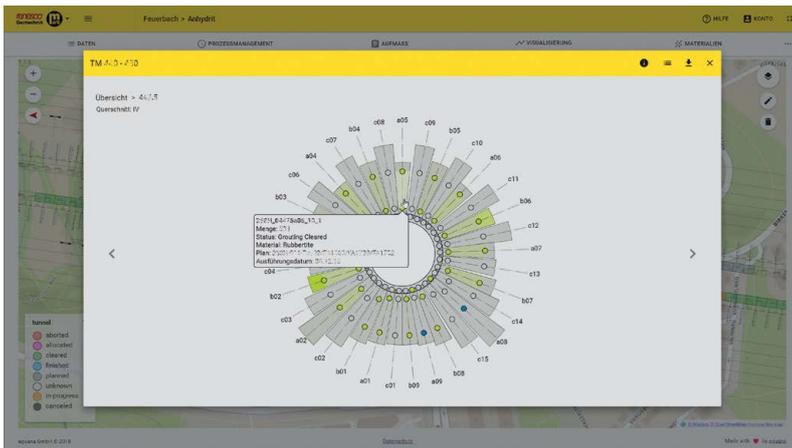


Bild 10: Detailvisualisierung von Injektionen im Tunnelbau



Bild 11: Prozessvisualisierung als Balkendiagramm

penparametern und erhalten damit alle zur Ausführung der Arbeiten notwendigen Informationen. Dadurch können baubegleitende Planänderungen unmittelbar umgesetzt werden.

Das Dokumentationssystem bietet auch die Möglichkeit einer exakten und umfassenden Dokumentation der Bauvorgänge. Durch die Verknüpfung der Herstellungsdaten mit einem semi-automatischen Prozessvorschlag werden sämtliche Standardtätigkeiten, wie z. B. Verpressbetriebszeit und Umsetzen, abgebildet. Außerplanmäßige Prozesse, wie z. B. Wartungs- und Reparaturzeiten oder auch Stillstände, werden mittels Editierung durch das Baustellenpersonal festgelegt. Die Prozesse werden zur übersichtlichen Darstellung in interaktiven Balkendiagrammen abgebildet (Bild 11) und für den Bautagesbericht in Zeitreports ausgegeben. Nachfolgend werden auch weiterführende Analysen hinsichtlich Produktivität und Kosten durchgeführt.

Durch die digitale Verfügbarkeit aller Herstellungsdaten und Arbeitsprozesse erfolgen auch Mengenermittlung und Aufmaßerstellung automatisch. Eine Schnittstelle zu Abrechnungsprogrammen, wie RIB iTwo, ist als DA11-Export vorhanden, sodass die Daten direkt weiterverarbeitet werden können.

Mit diesem Daten- und Dokumentationssystem und der Automatisierung von Protokollierung, Steuerung und Abrechnung liegt der Fokus auf fachkundiger Steuerung und Prüfung der Injektionsarbeiten. Hierdurch wird nicht nur wertvolle Zeit eingespart. Der Blick kann auf das Wesentliche gerichtet werden, um Fehler bei Routinetätigkeiten im Arbeitsprozess zu minimieren und die geforderte Qualität zu sichern [8].

Das digitale Datenmanagementsystem bietet als Single-Source-System nicht nur ein einheitliches Werkzeug für das Dokumentationsmanagement, sondern auch die Schnittstelle zu BIM und damit zu allen am Bau Beteiligten. Das System sammelt nicht nur zentral alle Baudaten, sondern ermöglicht einen modernen und flexiblen Baustellenbetrieb in einer volatilen Projektumgebung.

5 Zusammenfassung

Der im Rahmen des Projekts Stuttgart 21 neu zu erstellende Tunnel Feuerbach führt vom Stuttgarter Hauptbahnhof zum Bahnhof Feuerbach. Der zweiröhrige Tunnel liegt bereichsweise in anhydritführendem Gipskeuper, der bei Wasserzutritt aufquellen kann. Aufgrund der dabei auftretenden Quelldrücke kam es in der Vergangenheit bei vielen Tunneln zu erheblichen Schäden. Das von der WBI GmbH, Weinheim, Deutschland, entwickelte Injektionskonzept sieht vor, die Wasserzutritte durch chemische Injektionen zu begrenzen. Dabei sind während der Vortriebs- und Innenschalungsarbeiten auf einer Strecke von rund 3.000 m ca. 60.000 Bohrungen in mehreren Stufen zu verpressen.

Um den sich aus der Injektionsplanung ergebenden Anforderungen an die Injektionstechnik, Qualitätssicherung und den Baubetrieb gerecht zu werden, mussten unterschiedliche Technologien eingesetzt und weiterentwickelt werden. Dazu gehörten die Entwicklung eines Injektionscontainers für Acrylatgelinektionen, der Einsatz hochgenauer Messsensorik aus der Prozess-/Pharmaindustrie, der Einsatz von Spezialpackern für eine vollständige Verfüllung der Bohrungen bei gering durchlässiger Gebirgsformation und Regelungsalgorithmen für eine umfassende Automatisierung des Injektionsprozesses. Im Weiteren wurde ein digitales Daten- und Dokumentationssystem für eine verbesserte Qualitätssicherung eingeführt. Dieses ermöglicht u. a. den Zugriff auf die Injektionsdaten in Echtzeit, die automatisierte Massenermittlung, interaktive Visualisierungen der Injektionen und des Baufortschritts sowie eine umfassende Dokumentation und Analyse der Arbeitsprozesse.

Die erfolgreiche Entwicklung der innovativen Systemlösung zur Digitalisierung und Automatisierung war nur durch die gute interdisziplinäre Zusammenarbeit der unterschiedlichen Beteiligten und Zusammenführung ihres Know-hows möglich. Dieses Know-how wird auch zukünftig bei der Konfigurierung von Datenmanagementsystemen für Injektionsarbeiten und die Bewertung der jeweils ermittelten Daten erforderlich bleiben.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Wittke, W. (2015): Erfahrungen mit Tunnelbauten in Gipskeuper. Felsmechanik-Tag 2015, WBI-PRINT 18, S. 85-102. Online: www.wbionline.de
- [2] Wittke, W.; Wittke, M.; Erichsen, C; Schmitt, D.: 2017. Injektionen zur Begrenzung von Wasserzutritten in anhydritführendes Gebirge. Tunnel (2016), Nr. 6, S. 18-25.
- [3] Lienhart, C.; Schmitt, D.; Wittke, M.; Wittke, W. (2018): Planung und Ausführung von Injektionen im anhydritführenden Gipskeuper. 4. Felsmechanik- und Tunnelbautag 2018, WBI-PRINT 21, S. 86-106. Online: www.wbionline.de.
- [4] Reinhardt, A.; Schmitt, D. (2017): Ergebnisse eines Feldversuches zur Abdichtung gering durchlässigen Felses mit Acrylartgel. 3. Felsmechanik- und Tunnelbautag 2017, WBI-PRINT 20, Online: www.wbionline.de.
- [5] TPH Bausysteme GmbH: PUR-O-STOP FS-L. Technisches Datenblatt. Stand 20.02.2017. Online: www.tph-bausysteme.com
- [6] TPH Bausysteme GmbH: Rubbertite. Technisches Datenblatt. Stand 17.05.2018. Online: www.tph-bausysteme.com
- [7] Ouschan, M.; Maroschek, P.; Sabew, S.; Winkler, L. (2018): Digitales Dokumentations- und Datenmanagement bei Injektionsmaßnahmen. In: Tagungsband

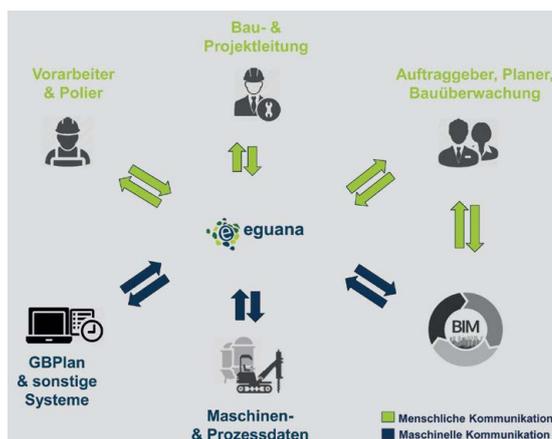


Bild 12: Schnittstellen und Kommunikation

Forum Injektionstechnik - sicher abdichten und ertüchtigen. Forschung + Praxis 52, S. 32-38, Studiengesellschaft für Tunnel und Verkehrsanlagen e.V. (STUVA), Köln.

- [8] Windelband, L.; Spöttl, G. (2012): Diffusion von Technologien in die Facharbeit und deren Konsequenzen für die Qualifizierung am Beispiel des „Internet der Dinge“. Berufs- und wirtschaftspädagogische Analysen – aktuelle Forschungen zur beruflichen Bildung. Opladen [u. a.]: Budrich, S. 205-219.



ABDICHTUNGEN & INJEKTIONEN

- Gegründet 1965
- Weltweit tätiges Spezialunternehmen
- Folienabdichtungen
- Flüssigkunststoffe und Spritzabdichtungen
- Zement-, Gel- und Kunstharzinjektionen
- Abdichtungsinjektionen und Weichgelsohle
- Vorspann- und Hebungsinjektionen
- Bauwerkssanierung und Instandhaltung
- Spezialbohrungen
- Digitales Dokumentationsmanagement

renesco
Geotechnik



www.renesco.com

**Dipl.-Ing.(U)
Sewerin Sabew**

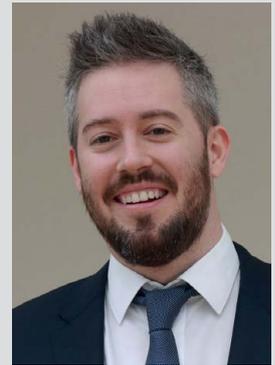
ist Technical
Department Manager
der Renesco GmbH,
St.-Leon-Rot,
Deutschland.



Kontakt: sewerin.sabew@renesco.com

**M. Eng.
Flavio Piras**

ist Projektleiter für die
Renesco GmbH der
Marti Gruppe.



Kontakt: flavio.piras@reneso.com

Götz Tintelnot

ist Geschäftsführer
der TPH Baustysteme
GmbH, Norderstedt,
Deutschland.



Kontakt: g.tintelnot@tph-baustysteme.com

**Diplom (h.MBA),
Dipl.-Wirt.-Ing. (FH)
Michael Engels**

ist Geschäftsführer
der Desoi GmbH,
Kalbach/Rhön,
Deutschland.



Kontakt: info@desoi.de

**Ing. Philipp
Maroschek,
BSc, MSc, MLBT**

ist Geschäftsführer der
eguana GmbH, Wien,
Österreich.



Kontakt: office@eguana.at

Was Sie über Geogitter wissen sollten

Industrieverband Geokunststoffe e.V., Obernburg, Deutschland

1 Einleitung

Eine der Hauptaufgaben des IVG (Industrieverband Geokunststoffe e.V.) ist die Aufklärung über die Einsatzmöglichkeiten von Geokunststoffen und deren richtige Anwendung. Nach einem Artikel über Geovliesstoffe [1] behandelt dieser Artikel Geogitter. Eine ausführliche Anwenderinformation ist beim IVG erhältlich [2].

2 Was sind Geokunststoffe?

Geokunststoffe sind Flächengebilde, die vollständig oder zu wesentlichen Teilen aus polymeren Werkstoffen (Synthesestoffen) hergestellt werden und in nahezu allen Gebieten der Geotechnik (Erd-, Tief-, Grund-, Deponie- und Wasserbau) Anwendung finden. **Tabelle 1** enthält eine Übersicht.

3 Überlegungen zum Einsatz von Geogittern

Die Definition von Geogittern gemäß MGeokE [3] lautet: „*Geogitter sind aus synthetischen Fasern, Garnen oder aus Kunststoffen hergestellte Gitterstrukturen mit Öffnungsweiten über 10 mm*“. Geogitter werden zur Bewehrung von Böden eingesetzt (**Bilder 1 und 2**) – am häufigsten im Straßen- und Verkehrswegebau. Alleine in Deutschland werden jedes Jahr mehrere Millionen Quadratmeter Geogitter als Bewehrung ungebundener Tragschichten und Schüttungen eingebaut. Tragfähige Schichten werden im Tief- und Hochbau regelmäßig benötigt, insbesondere im Verkehrswegebau, z. B. beim Bau von Straßen- und Parkflächen, Hallensohlen und Logistikflächen, Baustraßen und Arbeitsebenen, Bahntrassen, ländlichen Wegen sowie Rohrleitungen. Aufgabe des Geogitters ist, eine Schicht so tragfähig zu machen, dass sie einer bestimmten Belastung temporär oder dauerhaft standhält. **Tabelle 2** gibt einen Überblick der Anwendungen von Geogittern im Verkehrswegebau und in Erdbauwerken.

Durch die industrielle Fertigung haben Geogitter gesicherte Materialkennwerte. Sie werden als Rollenware auf die Baustelle geliefert und durch einfaches Ausrollen auf einem vorbereiteten Planum flächig verlegt. Unterschieden werden gewebte, kettengewirkte und gestreckte Geogitter sowie Bänder und Stäbe. Geogitter bewehren den umgebenden Boden, verbessern die mechanischen Eigenschaften und wirken im Verbund mit dem Boden. Die Kraftübertragung zwischen Boden und Geogitter geschieht durch Reibung. Darauf haben u. a. folgende Faktoren Einfluss: Rauigkeit, Maschengemetrie, Steg- und Knotenausbildung, Korngröße und -form des Bodens sowie Auflast. Die Wasserdurchlässigkeit des umgebenden Bodens wird nicht negativ beeinflusst.

Dieser Artikel erläutert dem Anwender Einsatzmöglichkeiten von Geogittern im Verkehrswegebau und Erdbau und gibt insbesondere Hinweise zur Bemessung.

Geotechnik • Geokunststoffe • Geogitter • Verkehrswegebau • Erdbau

Tabelle 1: Übersicht Geokunststoffe

Quelle: IVG

Produktgruppen	Geokunststoffe (GSY)		
	Geotextilien (GTX)	Geotextilverwandte Produkte	Geosynthetische Dichtungsbahnen (GBR)
	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Geovliesstoffe (GTX-NW) ▶ Geogewebe (GTX-W) ▶ Geomaschenware (GTX-K) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Geogitter (GGR) ▶ Geonetze (GNT) ▶ Geozellen (GCE) ▶ Geostreifen (GST) ▶ Geomatten (GMA) ▶ Geospacer (GSP) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kunststoffdichtungsbahnen (GBR-P) ▶ Tondichtungsbahnen (GBR-C)
	Verbundstoffe (GP)		
Einteilungsmerkmal	wasserdurchlässig		wasserundurchlässig

4 Begriffsdefinitionen [4]

- ▶ **Bewehrte Erdkörper bzw. bewehrte Schüttkörper** sind ingenieurmäßig hergestellte Erdbauwerke, deren Tragfähigkeit durch die Einlage von Geokunststoffen erhöht wird.
- ▶ **Bewehrung** in Erdkörpern im Sinne der EBGeo sind gerichtete, lagenweise eingebaute Geokunststoffe, die vollflächig oder gitterförmig sein können. Bei isotropen Geokunststoffen sind Dehnsteifigkeit, Grenzdehnung und Zugfestigkeit in Produktions- und Querrichtung gleich, bei anisotropen unterschiedlich.
- ▶ **Füllboden** ist der Boden innerhalb des bewehrten Erdkörpers.
- ▶ **Frontausbildung** ist die Verblendung der Ansichtsfläche eines bewehrten Erdkörpers, die das Schüttmaterial zwischen den Bewehrungslagen zurückhält und gegen Erosion schützt.
- ▶ **Hinterfüllbereich** ist der außerhalb des bewehrten Erdkörpers liegende Teil des Bodens bis zur Oberkante dieses Körpers.

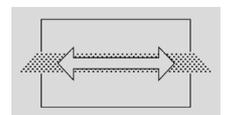


Bild 1: Piktogramm Bewehren

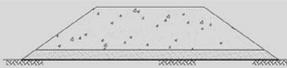
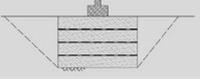


Bild 2: Anwendungsbeispiele mit unterschiedlichen Geogittern

Quelle: IVG

Tabelle 2: Anwendung und Aufgaben von Geogittern als Bewehrung im Verkehrswegebau und in Erdbauwerken

Quelle: IVG

Anwendung		Aufgabe	Details in [3 und 4]	
Verkehrswegebau (s. a. Kap. 5)	Bewehrung bei Straßen mit ungebundenem Oberbau und bei Bodenaustausch		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Erhöhung der Tragfähigkeit oder Reduzierung der Dicke darüberliegender Schichten ▶ Mindern von Verformungen zur Sicherung der Befahrbarkeit 	M Geok E 4.5.2.2 EBGEO Kapitel 6
Erdbauwerke (s. a. Kap. 6)	Bewehrung unter Dämmen mit Konsolidationsverfahren		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Erhöhung der Grundbruchsicherheit bei unzureichender Tragfähigkeit des Untergrunds ▶ Erhöhung der Grundbruchsicherheit durch Verbreiterung des Dammaufstandslagers mit bewehrten Gründungspolstern 	M Geok E 4.5.2.1.1 EBGEO Kapitel 4
	Bewehrung unter Dämmen mit Bodenersatzverfahren		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Erhöhung der Grundbruchsicherheit durch Teilbodenaustausch mit Bewehrung 	M Geok E 4.5.2.1.2 EBGEO Kapitel 4
	Konstruktive Gründungsverfahren – Bewehrung von Erdkörpern auf punkt- oder linienförmigen Traggliedern		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Lastverteilung über Pfählen und pfahlähnlichen Traggliedern ▶ ggf. Aufnahme von Spreizkräften im Dammfußbereich 	M Geok E 4.5.2.1.3
	Bewehrung über Erdfällen und Bergsenkungsgebieten		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Verhindern des Durchbrechens eines Straßenkörpers bei Einbruch im Untergrund 	M Geok E 4.5.2.1.4 EBGEO Kapitel 11
	Bewehrung der Böschung von Erdkörpern		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Erhöhung der Gelände- und Böschungsbruchsicherheit bei nicht ausreichender Standsicherheit in Erdkörper mit steiler Böschung bis ca. 60° 	M Geok E 4.5.2.3 EBGEO Kapitel 7
	Bewehrung von Stützkonstruktionen		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sicherung der Standsicherheit gegen Gelände- und Böschungsbruch (Neigung über 60°) 	M Geok E 4.5.2.4 EBGEO Kapitel 7
	Bewehrte Gründungspolster		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Versteifen und Vergleichmäßigen der Auflagerbedingungen über wenig tragfähigem Untergrund oder über Untergrund mit wechselnden Steifigkeiten 	M Geok E 4.5.2.5 EBGEO Kapitel 5
	Bewehren böschungparalleler geschichteter Systeme im Deponiebau		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Verhindern des Abgleitens von Schichten im Böschungsbereich z.B. bei Überdeckung von Dichtungsbahnen oder Dränmatten 	M Geok E 4.5.2.6 EBGEO Kapitel 8
Gründungssystem mit geokunststoffummantelten Säulen		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Herstellung der Filterstabilität zwischen Säulenfüllung und umgebendem Boden ▶ radiale Stützung der Säule 	EBGEO Kapitel 11	

- ▶ **Überschüttbereich** ist der oberhalb des bewehrten Erdkörpers liegende Teil des Bodens.

5 Bemessung für ungebundene Tragschichten im Verkehrswegebau

Die sachgerechte Anwendung erdverlegter Geokunststoffe führt zu einer Erhöhung der Tragfähigkeit und einer Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit. Diese beruht auf der Kraftübertragung zwischen Boden und zugfesten Bewehrungen aus Geokunststoffen. Die Kraftübertragung erfolgt durch Reibung, Verzahnung und/oder Adhäsion zwischen Bewehrung und Boden. Die maßgebenden Eigenschaften für die Berechnung des Zusammenwirkens von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen sind:

- ▶ Der wirksame Scherwiderstand zwischen Geokunststoff und Füllboden
- ▶ Der Widerstand des Geokunststoffs (Zugfestigkeit)
- ▶ Die Dehnsteifigkeit des Geokunststoffs im Boden / Geokunststoffverbundsystem

Hierbei ist zu beachten, dass für die Tragfähigkeit mehrere Faktoren zusammenspielen:

- ▶ Tragfähigkeit des Untergrunds
- ▶ Art und Schichtdicke des Tragschichtmaterials
- ▶ Leistungsfähigkeit des Geogitters
- ▶ Art, Dauer und Größe der Belastung

Bei temporären Maßnahmen sind die Anforderungen meist geringer als z.B. im qualifizierten Straßenbau oder bei hoch belasteten Logistikflächen.

Für den Einsatz von Geogittern wurden bereits in den 1980er-Jahren erste Bemessungsgrundlagen entwickelt. Die Bemessungsverfahren wurden seitdem verfeinert. Um Tragschichten dimensionieren zu können, wurden neben theoretisch-rechnerischen Ansätzen viele Feld- und Laborversuche sowie Ergebnisse von Bauvorhaben ausgewertet. Auf dieser empirischen und numerischen Basis wurden produktspezifische Bemessungsdiagramme aufgestellt. Sie erlauben die Berücksichtigung makroskopischer Effekte, wie Verzahnung zwischen Schüttmaterial und Geogitter, Geogittersteifigkeit und Zugkraftdehnungscharakteristik bei entsprechenden Verformungen. Drei generelle Wirkungsweisen haben sich herauskristallisiert: die Membranspannungswirkung, die Verzahnungswirkung und eine Kombination der beiden erst genannten. Für die Bemessung stehen die EV2-Methode und die Baustraßenmethode zur Verfügung, die nachfolgend erläutert werden.

5.1 EV2-Methode

Bei der EV2-Methode werden die Schichtstärken ermittelt, die erforderlich sind, um von vorgegebenen Tragfähigkeiten (Verformungsmodulen) auf gewünschte Endtragfähigkeiten auf der Oberkante der ungebundenen Tragschicht zu bemessen. Die Endtragfähigkeiten können z.B. mit 45, 80, 100, 120 oder 150 MN/m² vorgegeben werden. Die durch Bemessungsnomogramme etc. standardisierte produktspezifische Bemessung liegt zwischen Untergrundtragfähigkeiten von ca. 10 bis ca. 30 MN/m². Im Bereich < 10 MN/m² ist der Einsatz geogitterbewehrter Tragschichten ebenfalls sinnvoll, ist jedoch oft speziellen Entwurfskriterien unterworfen.

Das Bemessungsergebnis der Schichtstärken des Schüttmaterials mit Einsatz eines Geogitters kann dann unbewehrten Tragschichtmächtigkeiten gegenübergestellt und die Wirtschaftlichkeit verglichen werden. Die Ergebnisse fallen je nach Art, Wirkung und Leistungsfähigkeit des Geogitters unterschiedlich aus. **Bild 3** stellt exemplarisch Bemessungsergebnisse für bewehrte und unbewehrte Aufbauten gegenüber.

5.2 Baustraßenmethode

Ziel der Bemessung nach der Baustraßenmethode ist eine Verkehrsfläche, die den angesetzten Verkehr (Bauverkehr, temporären Verkehr etc.) schadenfrei aufnehmen kann. Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit wird nicht über Verformungsmodule, sondern über die Befahrbarkeit und Verformung geführt. Eingangswert ist die Untergrundtragfähigkeit, und bemessen wird die erforderliche Schichtmächtigkeit der Schüttung.

Die Verformungen in Form von Spurrinnen, die je nach Anwendung (z.B. Baustraße oder Wirtschaftsweg) akzeptabel sein sollen, werden in der Bemessung berücksichtigt. Die Bemessung mit Membranspannungstheorie [4] lässt in ihren Bemessungsdiagrammen Spurrinnen von 7,5 bis 10 cm zu. Da die EBGEO [4] für alle Bewehrungsprodukte gültig ist, sind die erforderlichen Tragschichtmächtigkeiten konservativ ausgelegt. Eine signifikant wirtschaftlichere Bemessung als nach EBGEO ist unter Berücksichtigung der speziellen Geogittereigenschaften und der Verbundwirkung Geogitter-Boden möglich. Eine vergleichende Bemessung nach Diagrammen für drei verschiedene Geogitter ergab beispielsweise bei gleichen Eingangsbedingungen ($c_u = 45 \text{ kN/m}^2$) für 4.000 Überfahrten eine Schichtstärke, die nach EBGEO allgemeingültig für Bewehrungsprodukte ohne verifizierte Bemessung bereits für 400 Überfahrten notwendig ist. Die Gegenüberstellung der Bemessungsergebnisse verdeutlicht die Wirtschaftlichkeit der Nutzung produktspezifischer Bemessungsdiagramme. **Bild 4** zeigt exemplarisch die deutlich größere zulässige Belastung bzw. Achslastanzahl der bewehrten Tragschichtaufbauten bei produktspezifischer Bemessung.

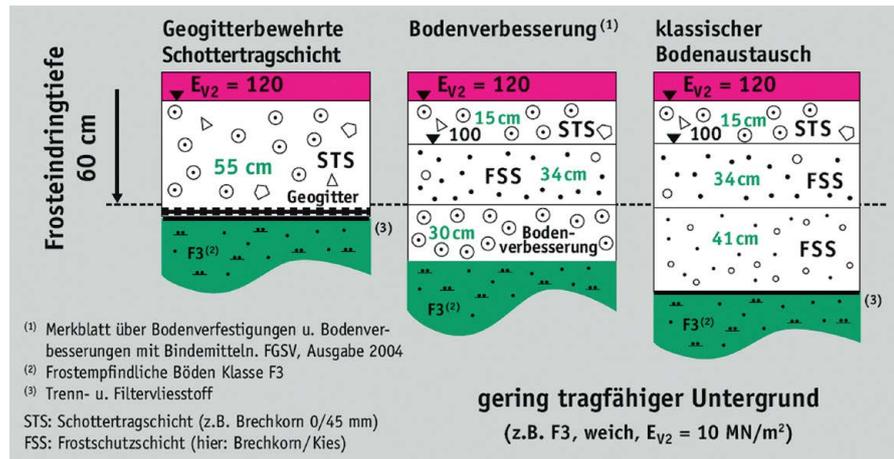


Bild 3: Mögliche Aufbauvarianten am Beispiel einer ständig genutzten Parkplatzfläche mit gelegentlichem Schwerverkehr
Quelle: IVG

6 Bemessung für Erdbauwerke

Für Erdkörper mit Bewehrungseinlagen aus Geokunststoffen sind Sicherheitsnachweise zu erbringen. In der Berechnung müssen der Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZ1) und der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZ2) untersucht und ausgehend vom Materialwiderstand der Bemessungswiderstand ermittelt werden.

Industrieverband
Geokunststoffe e.V.

Ihr IVG,
Ihr Partner bei
Geokunststoffen,
firmenübergreifend.

**Geogitter – Alles zu
Anwendungen und Funktionen.**

IVG

Geokunststoffe,
immer ein guter Grund.

Ihr IVG
www.ivgeokunststoffe.de

25 Jahre
IVG.

Cliffmum Design

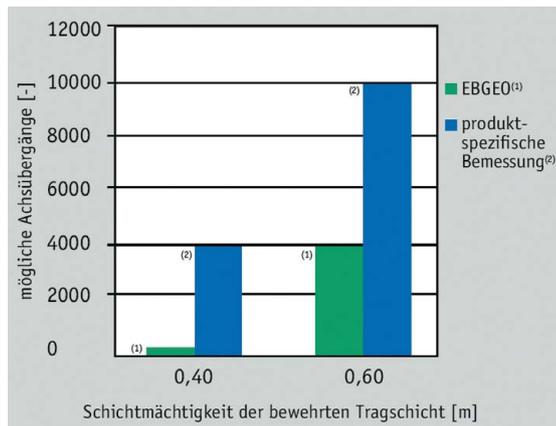


Bild 4: Vergleich Bemessung allgemein nach EBGEO [4] und produktspezifisch für undrainede Scherfestigkeit des Untergrunds $c_u = 45 \text{ kN/m}^2$
Quelle: IVG

6.1 Materialwiderstand der Geokunststoffe

Unter dem Materialwiderstand eines Geokunststoffs wird gemäß Kapitel 3.3.1 in [3] der Bemessungswert seiner Zugfestigkeit $R_{b,d}$ verstanden. Grundlage dafür bildet die Zugkraftdehnungslinie, die im Zugversuch ermittelt wird. Die erforderlichen Produktkenngrößen und die Abminderungsfaktoren sind grundsätzlich vom Hersteller nachzuweisen. Aus der im Versuch bestimmten Höchstzugkraft wird die Kurzzeitfestigkeit $R_{b,k0}$ bezogen auf 1 m Breite angegeben. Die Langzeitfestigkeit des Geokunststoffs wird aus der Kurzzeitfestigkeit durch Division mit den Abminderungsfaktoren A1 bis A5 berechnet:

$$R_{b,k} = R_{b,k0} / (A1 \cdot A2 \cdot A3 \cdot A4 \cdot A5) \dots \dots \dots (1)$$

mit

- A1 Berücksichtigung der Kriechdehnung bzw. des Zeitstandsverhaltens
- A2 Berücksichtigung einer möglichen Beschädigung bei Einbau, Transport, Verdichtung
- A3 Berücksichtigung der Verarbeitung (Nahtstellen, Anschlüsse, Verbindungen)
- A4 Berücksichtigung von Umgebungseinflüssen (Witterungsbeständigkeit, Beständigkeit gegen Chemikalien, Mikroorganismen, Tieren)
- A5 Berücksichtigung des Einflusses dynamischer Einwirkungen

6.2 Bemessungswiderstand

Der Bemessungswiderstand des Geokunststoffs $R_{b,d}$ errechnet sich durch Division der charakteristischen Langzeitfestigkeit $R_{b,k}$ mit dem Teilsicherheitsbeiwert γ_m für den Materialwiderstand flexibler Bewehrungselemente:

$$R_{b,d} = R_{b,k} / \gamma_m \dots \dots \dots (2)$$

mit γ_m gemäß Tabelle 3-3 der EGBO [4]

Die Dehnsteifigkeit von Geokunststoffen im GZ 1 wird als charakteristischer Wert auf der sicheren Seite aus der Zugkraftdehnungskennlinie der Geokunststoffe oder aus deren Isochronenkurven ohne Berücksichtigung von Bodenkontakt ermittelt.

7 Generelle Anforderungen und Hinweise zu Geokunststoffen

Angaben zur Witterungsbeständigkeit, zur Güteüberwachung und Qualitätssicherung sowie zum umweltschonenden Bauen können [1 oder 2] entnommen werden. Die in [1] enthaltenen Angaben zu Geovliesstoffen gelten auch für Geogitter.

8 Schlussbemerkungen

Dieser Artikel basiert insbesondere auf den „Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrung von Geokunststoffen – EBGEO“ [4] und gibt einen Überblick der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Geogittern im Verkehrswege- und Erdbau sowie Hinweise zur Bemessung.

Literaturnachweis

- [1] IVG: Geovliesstoffe für die Anwendung im Erdbau des Straßen-, Eisenbahn- und Wasserbaus. GeoResources Zeitschrift (4-2018), S. 18–22. Online: <https://www.georesources.net/download/GeoResources-Zeitschrift-4-2018.pdf>
- [2] IVG: Geogitter - Alles zu Anwendungen und Funktionen. Online: http://www.ivgeokunststoffe.com/images/fachinformationen/ivg-Downloads/19_02/022019-geogitter-mit-deckblatt-180119_Ko.pdf
- [3] FGSV: Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus, M Geok E. Ausgabe 2016, FGSV 535
- [4] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e. V.: Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrungen aus Geokunststoffen (EBGEO). 2. Auflage, 2010, Verlag Ernst & Sohn.

Industrieverband Geokunststoffe e.V.

Im Industrieverband Geokunststoffe e.V. (IVG) haben sich aktuell zehn Unternehmen zusammengeschlossen, die Geokunststoffe für den Baubereich entwickeln, herstellen und vertreiben. Geokunststoffe trennen, filtern, dränen, schützen, bewehren, dichten, verpacken und schützen vor Erosion.

Kontakt:

www.ivgeokunststoffe.de
info@geokunststoffe.de

Unternehmen im globalen Einsatz – eine Herausforderung für Sicherheit und Haftung

Interview mit Friedrich Haas, AKE | SKABE GmbH, Bielefeld, Deutschland

GeoResources befragte Friedrich Haas, Geschäftsführer der AKE | SKABE GmbH, worauf Unternehmen im Hinblick auf die Sicherheit ihres Personals und Haftungsrisiken bei Auslandseinsätzen achten müssen.

Bergbau • Rohstoffindustrie • Bauindustrie • Sicherheit • Risikomanagement • Interview

Deutsche Unternehmen weiten ihre Tätigkeit zunehmend auf das internationale Umfeld aus, insbesondere auch mittelständische Zulieferer und Dienstleister in der Bergbau-, der Rohstoff und der Bauindustrie. Katrin Brummermann aus dem GeoResources Team sprach mit Friedrich Haas (**Bild 1**), Geschäftsführer der AKE | SKABE GmbH mit Sitz in Bielefeld, Deutschland, die Unternehmen mit Auslandseinsätzen berät. AK steht für Auslandssicherheit & Krisenmanagement.

Katrin Brummermann: Guten Tag Herr Haas, stimmt unser Eindruck, dass die Themen und Dienstleistungen Ihres Unternehmens für die Leser unserer Zeitschrift aus den Bereichen Geotechnik, Tunnelbau und Bergbau relevanter sind, als es manchen bewusst ist?

Friedrich Haas: Guten Tag Frau Brummermann. Viele Unternehmen in den genannten Tätigkeitsbereichen sind vom Verkauf über Transport, Montage und Inbetriebnahme bis hin zu Wartungsarbeiten auf den weltweiten Einsatz von Fachkräften angewiesen. Selbst Unternehmen, die nur als Zulieferer in Deutschland tätig sind, müssen ihren Kunden zu Wartungsarbeiten oder Reparaturen ins Ausland folgen. Und jeder Tag, an dem Maschinen außerplanmäßig stillstehen, kostet viel Geld.

Viele Arbeitsorte liegen in geografisch, klimatisch wie politisch herausfordernden Regionen (**Bild 2**). Damit sind Risiken für Mitarbeiter, Logistik und Anlagen verbunden, die es zu kennen, zu vermeiden oder zu meistern gilt, um erfolgreich im Markt bestehen zu können (**Bild 3**). Denken Sie beispielsweise an Erdbeben in Peru, Malaria in Indien (**Bild 4**) oder die jüngste Entführung und Ermordung eines kanadischen Bergbauingenieurs im Januar 2019 im politisch instabilen Burkina Faso.¹

Ebenso sind Mitarbeiter mit mobilen Datenträgern unterwegs, oder Firmen nutzen die Digitalisierung zur Fernwartung und -steuerung von Maschinen. Der Cy-



Bild 1: Friedrich Haas, Geschäftsführer der AKE | SKABE GmbH

berangriff und Hack der Goldcorp 2016 in Vancouver zeigen, dass die Branche im Fokus steht. Die neue DSGVO (Datenschutz-Grundverordnung) ist Grund genug, sich hiermit zu befassen. Ungeschützte Smartphones, Tablets und Laptops auf Reisen, aber auch Social Engineering an der Bar im Hotel sind typische Schwachstellen des zentralen Servers zu Hause. Hier können wir meines Erachtens von Kanada, dem Part-



Bild 2: Nicht jede Mine ist eine Goldgrube
Foto: Friedrich Haas

¹ Canadian man found dead after being kidnapped in Burkina Faso, Fox News (17.01.19) <https://www.foxnews.com/world/canadian-found-dead-after-being-kidnapped-in-burkina-faso>



Bild 3: Verkehrsunfall – Risiko Nr. 1 im Ausland

Foto: Friedrich Haas

nerland der **bauma** 2019, lernen, beispielsweise vom 2017 gegründeten Mining and Metals Information Sharing and Analysis Centre (MM-ISAC).²

Obwohl die DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) im Bereich Reisemedizin zwingend die G35 Untersuchung (ehemals Untersuchung zur „Tropentauglichkeit“ genannt) vorschreibt³, sind sich viele Arbeitgeber ihrer Fürsorgepflichten und Haftungsrisiken nicht bewusst. Sie blenden aus, dass die üblichen Arbeitsschutzpflichten auch für Arbeiten im Ausland gelten – und dazu noch rund um die Uhr: Der Arbeitgeber haftet – im Zweifelsfall persönlich – für sichere Reise, Unterkunft, Verpflegung, Arbeitsorte und die verbleibende Freizeit. Aus arbeitsrechtlicher Sicht ist eine Geschäftsreise oder Entsendung Teil der Arbeit, Teil des Arbeitsplatzes, für die gemäß §§ 5-6 ArbSchG eine Gefährdungsbeurteilung und die Kontrolle der Wirksamkeit der daraufhin ergriffenen Maßnahmen gemäß § 3 Abs. 1 Satz 2 ArbSchG regelmäßig durchzuführen sind.⁴

Kommt es im Ausland zu einer Straftat gegenüber einem Mitarbeiter, die das Unternehmen durch zumutbare Maßnahmen hätte verhindern können, kann ein

2 Canadian cyber attack led to new mining industry threat sharing centre, IT World Canada (09.06.17) <https://www.itworldcanada.com/article/canadian-cyber-attack-led-to-new-mining-industry-threat-sharing-centre/393850>

3 DGUV Information 240-350 (2015) „Arbeitsaufenthalt im Ausland unter besonderen klimatischen oder gesundheitlichen Belastungen“ <https://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/240-350.pdf>

4 Arbeitsschutzgesetz https://www.gesetze-im-internet.de/arbSchG/_5.html bzw. https://www.gesetze-im-internet.de/arbSchG/_3.html



Bild 4: Gesundheitsrisiko Malaria

Foto: pixabay.com

Gericht eine Straftat durch Unterlassen⁵ und Fahrlässigkeit feststellen und den verantwortlichen Unternehmer persönlich haftbar machen – mit Durchgriff auf das Privatvermögen und/oder Verhängung einer Haftstrafe.

Katrin Brummermann: Was raten Sie Geschäftsführungen mittelständischer Unternehmen, die Personal zu Auslandseinsätzen schicken oder Außenstellen im Ausland gründen wollen, generell im Hinblick auf Sicherheitsaspekte?

Friedrich Haas: Ein Unternehmen muss über eine kurze, praktikable und rechtlich geprüfte Reise- bzw. Entsenderichtlinie verfügen. Hierzu empfiehlt es sich, den Arbeitsschutz für die Prozesse einer Geschäftsreise bzw. Entsendung fortzuschreiben. Im Kern ist das eine Checkliste, die regelt, was vor, während und nach einer Reise zu tun und zu dokumentieren ist. Letzteres ist wichtig, damit das Unternehmen im Schadensfall nachweisen kann, was es getan hat. Ohne Dokumentation gelten Maßnahmen als nicht durchgeführt, und der Unternehmer rutscht in den Bereich fahrlässigen Handelns. Oft stellen wir in der Beratung fest, dass Unternehmen schon Vieles richtig machen, aber nicht dokumentieren.

Grundlage für Reise- und Auslandssicherheit und eine Gefährdungsbeurteilung sind belastbare und laufend aktualisierte Informationen – ein Monitoring der Risiken aktueller Reiseländer. Mittelständische Unternehmen greifen zur Entscheidungsfindung und Information eigener Mitarbeiter oft auf externe Länderdatenbanken oder Risikoanalysen eines Standorts zurück.

Wir raten zudem, alle drei Jahre Wissen in Erster Hilfe aufzufrischen, da es in vielen Ländern wesentlich länger dauert, bis ein Notarzt kommt – wenn überhaupt. Nicht nur in China bringt einen der Krankenwagen zum Arzt, aber keinen Notarzt zum Unfallort. Daher schadet es auch nicht, Reisenden direkt eine Erste-Hilfe-Tasche für das Handgepäck mitzugeben und diese nach Reisen wieder aufzufrischen.

Je nach Gefährdungslage kann ein länderspezifisches Sicherheitstraining vergleichbar mit einer interkulturellen Schulung Sinn machen – z. B. zum Leben und Arbeiten in erdbebengefährdeten Gebieten, wie in Chile, der Türkei oder Indonesien, zur organisierten Kriminalität in Mexiko oder zu politisch, religiös oder ethnisch motivierter Gewalt in Burkina Faso.

Wichtig ist, dass Unternehmen für ihre Mitarbeiter im Ausland eine 24/7 Erreichbarkeit sicherstellen. Im Notfall weiß man sich in seiner Muttersprache am besten auszudrücken, insbesondere bei gesundheitlichen Fragen. Und viele Sicherheitsrisiken lassen sich präventiv lösen, wenn man sich telefonisch konkreten Rat holen kann, wie eine bestimmte Situation einzuschätzen und was zu tun bzw. zu lassen ist. Auch dazu greifen die meisten Unternehmen auf externe Dienstleister zurück, zumal viele Krankenversicherer entsprechende Services anbieten.

5 Strafgesetzbuch §§ 13-14 https://www.gesetze-im-internet.de/stgb/_13.html

Katrin Brummermann: Unternehmen unserer Leserinnen und Leser sind in nahezu allen Erdteilen und Ländern aktiv insbesondere auch in instabilen und von Krisen geplagten Gebieten mit immer dynamischeren Veränderungsprozessen. Für welche Länder fühlen Sie bzw. Ihr Unternehmen sich kompetent und wie halten Sie sich auf dem Laufenden?

Friedrich Haas: Unsere Kunden sind selten dauerhaft auf bestimmte Länder festgelegt und erwarten, dass wir sie weltweit betreuen können. Dabei kann kein Unternehmen unserer Branche ständig eine weltweite Präsenz von Fachleuten wirtschaftlich darstellen. Daher setzen wir auf persönliche Netzwerke und bewährte Kooperationspartner, besonders auch im Bereich der Notfallmedizin. Unsere Mitarbeiter bringen zudem ihre Netzwerke aus Sicherheitskräften, Politik, Kirchen, humanitären NGOs, Medien oder Wissenschaft und Forschung ein. Ich selber zehre bis heute u. a. von Netzwerken deutscher Bergbauingenieure, mit denen ich als politischer Berater von Militärmissionen in Krisen- und Kriegsgebieten, wie dem Kosovo, zusammengearbeitet habe. Dieses Wissen fließt zentral bei unserem Analyseteam in London zusammen, das seit über 20 Jahren für Versicherungen am Lloyd's Markt Risikoanalysen zu unterschiedlichsten Ländern erstellt.

Länderschwerpunkte bestimmten im Übrigen unsere Kunden, die in den letzten Jahren u. a. in Ländern der Sahara, im südlichen Afrika, im Nahen Osten, auf dem Balkan, in Mittelamerika wie auch China lagen. Temporär hatten wir Büros im Kosovo, in Libyen, Nigeria, dem Irak und Afghanistan. Von diesem Erfahrungsschatz wie auch der Pflege aufgebauter Beziehungen und Kontakte in Ländern, in denen wir aktiv sind oder waren, profitieren unsere Kunden.

Katrin Brummermann: Wie verläuft die Vorbereitung auf Auslandseinsätze mit Ihrer Beratung konkret? Können Sie das praktisch erläutern?

Friedrich Haas: Grundlage allen Handelns ist immer eine ausführliche Risikoanalyse ausgehend von einer Feststellung des IST-Stands in einem Unternehmen. Wir starten in der Regel mit einem Workshop mit den für eine Reiserichtlinie relevanten Akteuren, der durch eine fragebogenbasierte Erhebung unterstützt werden kann. Zu Sofortmaßnahmen, die auch der Enthaltung der Geschäftsführung dienen, gehören relativ schnell umsetzbare Maßnahmen, wie die Einführung eines Risikomonitorings der für das Unternehmen relevanten Länder und automatisierte Benachrichtigung der Reisenden über sie betreffende Ereignisse. Ebenso ist die Einrichtung einer 24/7 verfügbaren Service- und Notrufnummer für alle Fälle – Gesundheit, Sicherheit, IT-Sicherheit, Rechtsberatung etc. – relativ schnell realisierbar. Die Nummer kann per Knopfdruck von einem Smartphone oder Satellitentelefon gewählt werden. Begleitend können grundlegende oder länderspezifische Trainings für anstehende Auslandsaufenthalte erfolgen.

Mittelfristig sind diese Maßnahmen in die Prozesse einer Reise-/Entsenderichtlinie zu integrieren. Von unserer Seite bieten wir zusammen mit Partnern auf Wunsch auch geeignetes Equipment an.

Katrin Brummermann: Haben Sie Erfahrungswerte für das Verhältnis von Aufwand und Kosten zum Nutzen einer soliden Vorbereitung, die Sie empfehlen?

Friedrich Haas: Bedarf und Aufwand sind so unterschiedlich wie unsere Kunden. Den Bedarf stellen wir in der Regel in einem kostenfreien Erstgespräch und einem eintägigen Workshop mit zwei Beratern fest, was einem Arbeitsaufwand von drei bis vier Tagen von unserer Seite entspricht. Danach entscheidet der Kunde, ob und welche unserer Empfehlungen er zusammen mit uns umsetzen will. Sie können davon ausgehen, dass Prozesse und außergerichtliche Vergleiche bei Verletzung der Fürsorgepflicht sich im sechsstelligen Bereich abspielen und die Kosten für eine Evakuierung oder einen Entführungsfall auch schnell im sechsstelligen Bereich liegen. Noch ganz andere Kosten können auflaufen, wenn mangels Einsatzbereitschaft oder Ausfall eines Mitarbeiters Maschinen stillstehen, ein Projekt in Verzug gerät oder ein Vertrag nicht erfüllt werden kann. Entwicklung und Aufbau einer Reiserichtlinie kosten ein mittelständisches Unternehmen einmalig einen Bruchteil dessen. Die laufenden Kosten für eine externe 24/7 telefonische Beratung und Notrufannahme oder Risikomonitoring richten sich nach Anzahl der Nutzer. Ich habe noch kein Unternehmen erlebt, das diese Kosten nicht in Projekten einpreisen konnte, wenn es sie frühzeitig kalkuliert hatte. Zudem sehen unsere Kunden zunehmend unsere Dienstleistungen als Teil der Mitarbeiterbindung. Junge Fachkräfte nehmen von Auslandstätigkeiten Abstand, wenn ihnen die Durchführung nicht durchdacht erscheint. Das bestätigte uns zuletzt wieder ein Arbeitgeberverband in NRW.

Katrin Brummermann: In vielen Unternehmen stehen Generationswechsel an. Wie sind Ihre Erfahrungen? Verfügen neue, junge Mitarbeiter, die in einer globaleren Welt aufgewachsen sind, über ein gutes Rüstzeug und benötigen weniger Vorbereitung für Auslandseinsätze? Wie wirkt sich Fluktuation in der Belegschaft generell auf Sicherheitsaspekte aus?

Friedrich Haas: Es gehört zu einem Paradoxon unserer modernen Arbeitswelt, dass sie global ist, aber zugleich die hohe Spezialisierung zur unbewussten Ausblendung fachfremder, aber erfolgskritischer Risikofaktoren führt. Zugleich zeigen Umfragen von IESE Business School und AT Kearney die wachsende Unsicherheit im internationalen Umfeld.⁶ Heijo Rieckmann und

⁶ IESE Management Excellence Cockpit. Leadership in Zeiten der Unsicherheit (2013) https://www.atkearney.de/documents/856314/1214726/BIP_IESE_Management_Excellence_Cockpit.pdf/76712d23-32f8-4770-8f92-02209a84a9fe

Klaus Henning haben das schon vor über 20 Jahren treffend mit wachsender Dynamik und Komplexität als „Dynaxity“ beschrieben.⁷ Und Rich Lesser, CEO der Boston Consulting Group, skizzierte die Situation der wachsenden politischen Risiken so: „The bottom line is uncertainty ... Companies have to plan against a wide range of scenarios.“⁸ Die hohe Fluktuation – gefördert durch den Fachkräftemangel – verschärft das Problem, da Wissen seltener über längere Zeiträume in einem Unternehmen gewonnen und gehalten wird. Der Finanzbranche sind beispielsweise die sogenannten „non-financial risks“ auf die Füße gefallen, die man nicht im Blick hatte. Folglich fehlten die Instrumente, um diese Risiken zu erkennen, und Maßnahmen zu ihrer Minimierung. Wir kennen die Namen der Banken, die sich davon nicht wieder erholt haben.

Meines Erachtens müsste man diese Themen schon im Studium aufgreifen. Wenn ein Wirtschaftsingenieur hoch spezialisiert ist, sich aber nie mit politischen Risiken befasst hat, fehlen ihm oft die Fähigkeit, die Allgemeinbildung und im Alltag die Zeit, ein Projekt in einen größeren geopolitischen Zusammenhang einzuordnen und daraus resultierende Chancen und Risiken zu erkennen. Da setzen wir mit interdisziplinären und langjährig auslandserfahrenen Beraterteams an, die aus unterschiedlichen Blickwinkeln auf ein Land, einen Ort oder ein Projekt gucken.

Was mich immer wundert, ist, dass die meisten sogenannten „digital natives“ atemberaubend naiv im Hinblick auf IT-Sicherheit und Datenschutz sind. Sie

7 Zusammenfassend Dynaxity <https://de.wikipedia.org/wiki/Dynaxity> bzw. Klaus Henning: *Die Kunst der kleinen Lösung. Wie Menschen und Unternehmen die Komplexität meistern.* Murmann Verlag, Hamburg 2014. Und grundlegend Heijo Rieckmann: *Managen und Führen am Rande des 3. Jahrtausends: Praktisches, Theoretisches, Bedenkliches* Peter Lang, 2007.

8 Davos, Trump und die Herausforderungen der Weltwirtschaft. Interview mit Rich Lesser, Morning Briefing (22.01.19) <https://www.gaborsteingart.com/podcast/https-dasmorning-briefing-podigee-io-114-neue-episode/>

Friedrich Christian Haas, MA

ist Geschäftsführer der AKE | SKABE GmbH, Bielefeld, Deutschland. Er war Offizier der Luftwaffe und studierte internationale Beziehungen, Verhandlungsführung (Harvard Program on Negotiation) und Changemanagement (SYMA). Er berät Kommandeure der NATO und EU im Auslandseinsatz, Behörden, Unternehmen und NRO (NGO). Friedrich Haas ist ehrenamtlich für Nothilfe & Wiederaufbau tätig sowie Mitglied in politischen Gesellschaften.

Kontakt:

f.haas@akegroup.de
<https://www.akegroup.de/>

sind von den Anwendungsmöglichkeiten fasziniert und haben einen fast quasireligiösen Glauben daran, dass sich mit IT, Digitalisierung und künstlicher Intelligenz alle Probleme lösen lassen. Diese Technikgläubigkeit blendet oft Cyberrisiken und viele andere Geschäftsrisiken, die sich nicht allein mit Technik beherrschen lassen, völlig aus.

Katrin Brummermann: Wie ist Ihre Zielgruppe – Unternehmen aus dem deutschsprachigen Bereich und dem Vereinigten Königreich? Oder beraten Sie im Umkehrschluss auch Unternehmen, die im deutschsprachigen Bereich oder in UK aktiv werden wollen?

Friedrich Haas: Traditionell begleiten wir deutsche, britische und nordamerikanische Unternehmen, NGO und Medien ins Ausland. Aber seit einiger Zeit erhalten wir auch Anfragen, die beispielsweise die Reisesicherheit von Mitarbeitern indischer und chinesischer Unternehmen in Europa betreffen. Und im Bereich Unternehmenssicherheit kam seit den Terroranschlägen in Paris der Schutz von Bürogebäuden bis Einzelhandels-häusern in Deutschland, Frankreich und Großbritannien hinzu. Das betrifft u. a. auch den Bergbau, wenn z. B. linksextremistische Gruppen zu Gewalt gegen Unternehmen aufrufen, die ihrer Ansicht nach indigene Völker oder die Natur in Lateinamerika bedrohen. Was RWE an brutaler Gewalt gegen Anlagen und Personen im Hambacher Forst erlebt hat, kann auch Zulieferer für den Bergbau am heimischen Standort in Deutschland treffen – von zerstochenen Autoreifen über Sabotage bis hin zu Cyberangriffen. Aber viele Unternehmen haben z. B. noch nie prüfen lassen, ob der eigene Firmenname auf einschlägigen Websites linksextremistischer Gruppen oder für terroristische Anschläge bekannter Umweltaktivisten auftaucht. Kennen Sie z. B. die „Individualists Tending to the Wild (ITS)“, die im Januar 2017 in Chile eine Paketbombe an den CEO des staatlichen chilenischen Kupferbergbauunternehmens schickten und 2019 einen Anschlag auf eine Busstation verübten? Die anarchistische Gruppe ist vor allem in Lateinamerika aktiv, hat aber auch Sympathisanten in Europa und Nordamerika.⁹

Und erlauben Sie mir noch die Schlussbemerkung, dass unser Anliegen nicht nur Haftungsrisiken auf Unternehmensseite, sondern in erster Linie die Sicherheit und das Wohlergehen der Mitarbeiter im Auslandseinsatz sind, sodass überhaupt kein Haftungsfall eintritt.

Katrin Brummermann: Herr Haas, ich danke Ihnen für das interessante Gespräch.

9 Eco-terrorist group announces new actions after Chilean capital blast, efc-epaS (50.01.19) <https://www.efc.com/efc/english/world/eco-terrorist-group-announces-new-actions-after-chilean-capital-blast/50000262-3858822>

Großauftrag für die Schacht- und Schwerlastförderanlagen im Bergwerk Woodsmith in North Yorkshire im Vereinigten Königreich

Dipl.-Ing. Michael Flender, Siemag Tecberg GmbH, Haiger, Deutschland

Polyhalitprojekt in North Yorkshire

Von der Sirius Minerals PLC wird eines der tiefsten untertägigen Bergwerke des Vereinigten Königreichs gebaut. Das Bergwerk Woodsmith liegt in der unter Naturschutz stehenden Landschaft im North York Moors Nationalpark nahe der Nordostküste Englands, etwa 6 km südwestlich von Whitby (Bild 1). Die untertägige Kali- und Polyhalitlagerstätte befindet sich in ca. 1.500 m Teufe und erstreckt sich mehrere Kilometer unter die Nordsee. Bei der Erschließung der Lagerstätte sind strenge Umweltauflagen zu berücksichtigen. Unter anderem wird das Bergwerk Woodsmith mit dem Hafen Teesside in Middlesbrough über einen 37 km langen Tunnel mit einem speziellen Materialtransportsystem (MTS) verbunden. Nach der für 2021 geplanten Fertigstellung des Gesamtprojekts soll die jährliche Förderleistung des Düngemittels mit dem Markennamen POLY4 13,4 Mio. t betragen. Die Service- und Produktionsschächte sowie die beiden Schächte für den MTS-Tunnel sind wesentliche Grubenbaue des Bergwerks [1, 2, 3].

Auftrag

Die Siemag Tecberg group, Haiger, Deutschland, erhielt im September 2018 den Zuschlag von DMC Mining Service (UK) Ltd., Vereinigtes Königreich, über vier ausgeschriebene Lieferpakete. Der Auftrag beinhaltet die Planung, die Herstellung und die Lieferung von insgesamt 8 Fördermaschinen und 16 Bühnenwinden einschließlich zugehöriger Automatisierungs- und Antriebstechnik, Bremsanlagen mit höchsten Sicherheitsstandards sowie übergeordneten Steuerungseinrichtungen für die im und am Schacht installierten Förderanlagen (Bild 2).

Mehrwert durch internationale Vernetzung und Expertise

Die Siemag Tecberg mit ihrem Firmenverbund konnte sowohl den Auftraggeber DMC als auch den Endkunden Sirius Minerals PLC (Sirius), Vereinigtes Königreich, von der gruppenweiten Zusammenarbeit mit vernetzten Strukturen, verzahnten Produktionsprozessen

Die Siemag Tecberg group erhielt im September 2018 von der DMC Mining Service (UK) Ltd., Vereinigtes Königreich, einen Großauftrag über die Lieferung von insgesamt 8 Fördermaschinen und 16 Bühnenwinden für den Einsatz in mehreren Schächten mit Teufen von 1.600 m und 370 m für das neue Bergwerk Woodsmith und den Schacht Lockwood Beck im North York Moors Nationalpark im Nordosten Englands.

Bergbau • Tunnelbau • Schachtfördertechnik • Polyhalit • High Performance Mining • Vereinigtes Königreich • Zulieferer

und Fertigungsverfahren an den verschiedenen Standorten, State-of-the-Art-Technologien, sicherheitsrelevanten Features und der Vorlage belastbarer Projektablaufpläne überzeugen.

Die Lieferungen erfolgen größtenteils aus dem Stammsitz der Siemag Tecberg in Haiger. Sie werden durch Lieferungen und Dienstleistungen aus den Tochtergesellschaften Winder Controls Europe Ltd., Verei-

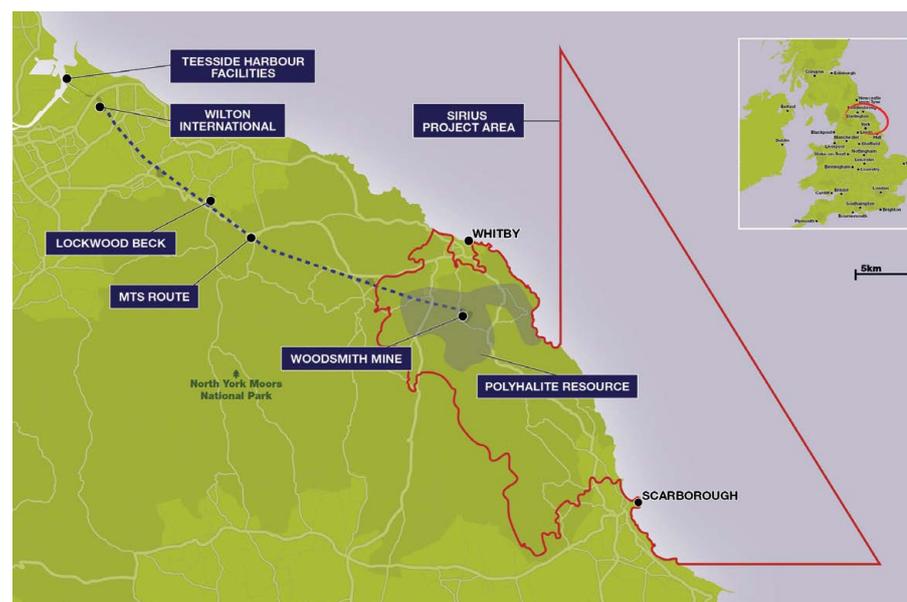


Bild 1: Übersicht über das Bergwerksprojekt

Quelle: Sirius Minerals PLC



Bild 2: Vertragsunterzeichnung

durch John Luckock (Chief Operation Officer & Project Director bei DMC, Jürgen Peschke (CEO der Siemag Tecberg group) und Ian Bailey (Chairman Winder Controls, Vereinigtes Königreich, und Siemag Tecberg Inc., USA) (von links nach rechts)

Quelle: Siemag Tecberg

nigtes Königreich, und Siemag Tecberg Inc., USA, ergänzt.

Weltweit einzigartige Referenzanlagen mit Fördermaschinen, Bühnenwinden und Bremsanlagen, insbesondere für unterschiedliche Bergwerke, u. a. auch zur Förderung von Polyhalit, für Tunnelbauprojekte, wie z. B. den Gotthard Basistunnel, sowie regionale Servicestützpunkte waren weitere überzeugende Argumente für eine Entscheidung zugunsten der Unternehmensgruppe. Der Auftraggeber DMC entschied sich

letztendlich zur Vergabe des Gesamtpakets an Siemag Tecberg, da ihm eine Realisierung dieses technisch und terminlich anspruchsvollen Projekts mit dem weltweit erfahrenen und unabhängigen Systemintegrator für Schacht- und Schwerlastfördertechnik aus einer Hand die meisten Erfolgsaussichten bietet.

Systemintegration und Komplettlösungen aus einer Hand

Zwischenzeitlich wurde der Lieferumfang um 53 Seilscheiben und zusätzliche Ausrüstungen für die Automatisierungstechnik aus dem Hause des Auftragnehmers erweitert. Das erste Lieferlos über 5 Fördermaschinen, 4 Bühnenwinden sowie 33 Seilscheiben wird bereits Ende März 2019 an die Baustellen ausgeliefert. Die weiteren Lieferungen erfolgen in 2019.

Die Schachtförderanlagen für den Produktions- und den Serviceschacht

Der Produktions- und der Serviceschacht mit jeweils einem Durchmesser von ca. 6,75 m und Teufen um 1.600 m werden aus Zeitgründen parallel geteuft. Beide Schächte werden mit jeweils einer Schachtbohrmaschine SBR (Shaft Boring Roadheader) der Herrenknecht AG erstellt. Der SBR ist mit einem teleskopierbaren Ausleger mit rotierender Schrämwalze ausgestattet und kann in einem Fräsvorgang den gesamten Schachtquerschnitt ausbrechen. Wenn der SBR an Seilen und Winden, die an der Oberfläche installiert sind, hinabsinkt, wird von einer oberen Arbeitsbühne abschnittsweise der endgültige Schachtausbau erstellt. Das Projekt weist Teufen von ungefähr 1.600 m auf und ist daher ein Vorzeigeprojekt mit höchsten Anforderungen an die Schacht- und Schwerlastförderanlagen [4].

Im Lieferumfang sind insgesamt acht Bühnenwinden (SBR-Winden) enthalten (Tabelle 1). Mit vier synchron betriebenen SBR-Winden wird ein SBR im Schacht verfahren. Jede SBR-Winde kann zudem zum Seillastenausgleich einzeln verfahren werden. Zur Minimierung der sich ergebenden maximalen Betriebslast pro SBR-Winde sind die Seile 3-fach eingesichert. Der ca. 367,5 t schwere SBR hängt somit an insgesamt 12 Seilsträngen im Schacht. Die einzelne SBR-Winde hat hingegen ein Eigengewicht von ca. 67 t und stellt eine maximale Seilzugkraft von 525 kN zur Verfügung. Das aufgewickelte Seilpaket wiegt zusätzlich ca. 68 t und die Seilkapazität beträgt 5.000 m.

Oberhalb der SBR kommt eine verfahrbare Schachtarbeitsbühne für den Schachtausbau und zur Montage der Schachteinbauten zum Einsatz. Hierfür werden jeweils zwei synchron betriebene Bühnenwinden, die sogenannten Utility-Winches, geliefert. Diese werden direkt auf Schachtträgern über den beiden Schächten installiert. Für die Personenbeförderung im seilgeführten Kübel, die Bergförderung und den Materialtransport wird eine Kübelförderanlage (Sinking Hoist) geliefert.

Tabelle 1: Technische Daten der Schachtförderanlagen für Produktions- und Serviceschacht

Bezeichnung	SBR-Winden (SBR Winch)	Bühnenwinden (Utility Winch)	Kübelförderanlage (Sinking Hoist)
Art der Förderung	Einseltrommel	Einseltrommel	Einseltrommel
Anzahl	2 x 4	2 x 2	2 x 1
Fördermittel	Schachtbohrmaschine (SBR)	mehretagige Schachtarbeitsbühne	Kübel
Seilsystem	3-fach eingesichert	Seilablenkung	Seilablenkung
Seilscheibenanzahl und -typ	2 x 10 Ø 1.575 mm, einteilig	2 x 4 Ø 1.140 mm, einteilig	2 x 2 Ø 3.680 mm, zweiteilig 2 x 2 Ø 4.480 mm, zweiteilig
Seilkapazität	5.000 m	1.750 m	1.700 m
Seilzug 1-Seillage	525 kN	250 kN	360 kN
Seilgeschwindigkeit	0,13 m/s	0,13 m/s	10,67 m/s
Maschinentyp	SDW / 2400 / PG	SDW / 1520 / PG	SDW / 4267 / G
Trommeldurchmesser	2,4 m	1,52 m	4,267 m
Motorleistung	90 kW	45 kW	2 x 1.800 kW
Anzahl und Typ der Bremszangen	3 x BE 350	4 x BE 125	12 x BE 125

Tabelle 2: Technische Daten der Schachtförderanlagen für die MTS-Schächte

Bezeichnung	Bühnenwinden (Stage Winch)	Hilfsfahranlagen (Auxiliary Hoist)	Kübelförderanlagen (Sinking Hoists)	TBM-Schwerlastförderanlagen (TBM Cage Hoists)
Art der Förderung	Einseiltrommel	Einseiltrommel	Doppeltrommel	Einseiltrommel
Anzahl	2 x 2	2 x 1	2 x 1	2 x 1
Fördermittel	mehretägige Schachtarbeitsbühne	Förderkorb	Förderkörbe, Kübel, weiteres Equipment	Förderkorb
Seilsystem	3-fach eingesichert	-	-	1-fach eingesichert
Seilscheibenanzahl und -typ	2 x 4 Ø 2.800 mm, einteilig 2 x 2 Ø 2.200 mm, einteilig	2 x 1 Ø 1.920 mm, einteilig	2 x 2 Ø 4.640 mm, zweiteilig	2 x Ø 5.120 mm, zweiteilig
Seilkapazität	1.400 m	520 m	550 m	1.220 m
Seilzug 1-Seillage	352 kN	45 kN	263 kN	400 kN
Seilgeschwindigkeit	0,51 m/s	2,54 m/s	7,62 m/s (eingekuppelt) 3,56 m/s (ausgekuppelt)	7,62 m/s
Trommeldurchmesser	3,072 m	1,92 m	4,64 m	5,76 m
Motorleistung	250 kW	112 kW	2 x 875 kW	2 x 1.600 kW
Anzahl und Typ der Bremszangen	3 x BE 250	2 x BE 100	4 x BE 250 2 x BE 65	14 x BE 125

Die Schachtförderanlagen für die MTS-Schächte und -Tunnel

Aus Umweltschutzgründen verbindet das unterirdische Materialtransportsystem (MTS) das Bergwerk Woodsmith direkt mit dem Hafen Teesside in Middlesbrough. Der Tunnel wird von drei Angriffspunkten parallel mit mehreren Tunnelbohrmaschinen (TBM) der Herrenknecht AG aufgeföhren. Ein Tunnelangriff befindet sich direkt am Wiltonportal in Hafennähe und die beiden anderen Angriffe erfolgen über die sogenannten MTS-Schächte der Bergwerke Woodsmith und Lockwood Beck. Die beiden MTS-Schächte haben einen Durchmesser von ca. 8 m und besitzen eine Teufe von etwa 370 m.

Der Bergbauzulieferer liefert alle Fördermaschinen, Bühnenwinden und Seilscheiben, die zum Teufen der MTS-Schächte und für die anschließende Tunnelbauphase mit Haufwerks- und Materialförderung notwendig sind (Tabelle 2). Hierzu gehören vier Bühnenwinden, zwei Doppeltrommel-Fördermaschinen, zwei Einseiltrommel-Schwerlastförderanlagen und zwei Einseiltrommel-Fördermaschinen als permanente Hilfsfahranlagen. Während der Teufphase eines MTS-Schachts kommen zwei synchron betriebene Bühnenwinden zum Verfahren einer mehretägigen Schachtarbeitsbühne zum Einsatz. Mit der Arbeitsbühne werden die Schächte im konventionellen Bohr- und Sprengbetrieb geteuft und parallel der Schacht ausgebaut sowie die permanenten Schachteinbauten montiert. Mit der Doppeltrommel-Fördermaschine werden Materialtransporte und die Haufwerksförderung während des Schachteufens und Tunnelausbaus durchgeführt. Die Seilfahrten zur Schachtarbeitsbühne resp. zur späteren Tunnelsohle werden mittels einrümiger Förderung (Auxiliary Hoist) durchgeführt. Die Tunnelauffahrung mit den TBM erfolgt nach dem Schachteufen. Die Schachttransporte der

bis zu 110 t schweren Teilsegmente der TBM werden mit den Bühnenwinden durchgeführt. Die TBM werden unter Tage endmontiert. Danach werden die TBM-Schwerlastförderanlagen (TBM-Cage Hoists) für Materialtransporte für den Tunnelausbau und anschließende Schachttransporte von Komponenten der Förderbandanlagen installiert.

Zusammenfassung

Das North Yorkshire Polyhalitprojekt ist ein Großprojekt im europäischen Untertagebau, mit erheblichen wirtschaftlichen Vorteilen für Großbritannien und erschließt aus Naturschutzgründen über einen 37 km langen Zugangsstollen das unter einem Nationalpark befindliche und weltweit größte Polyhalitvorkommen. Die Förderung des Düngemittels POLY4 auf dem Bergwerk Woodsmith ist ab 2021 geplant.

Die beschriebenen Aufgabenstellungen der zu liefernden Fördermaschinen, Seilscheiben und komplexen



**Erfolgreich eingesetzt:
Successfully used:**

- Katzenbergtunnel, NBS Karlsruhe-Basel
- City-Tunnel, Leipzig
- Finnetunnel, Weimar
- Kaiser-Wilhelm-Tunnel, Cochem
- U-Bahn-Linie 4, Hamburg
- Brenner-Zulaufstrecke Nord
- Sluiskiltunnel, Terneuzen (NL)
- Stadtbahntunnel, Karlsruhe
- Boßlertunnel, NBS Wendlingen-Ulm
- Koralmtunnel KAT 3, Steiermark
- Tunnel Rastatt, NBS Karlsruhe-Basel
- Cityringen, Erweiterung Metro Kopenhagen
- Metro Tel Aviv, Israel
- U5 EUROPA-Viertel, Frankfurt/Main

mago-Tunnelbau-Spezialplatten
Lastverteilungsplatten für den Tunnelbau

mago-tunneling-specialboards
Load distribution plates for tunnel constructions

Weitere Informationen, Prüfzertifikate und -zeugnisse: | More details and test certificates:
TU@mago-pack.de ■ T +49 (0) 441 219 855-0 ■ F-29

Über Sirius Minerals PLC, Vereinigtes Königreich

York Potash Limited, eine Tochtergesellschaft von Sirius Minerals PLC, ist für die Planung und Errichtung des Bergwerks Woodsmith zur Förderung des Düngemittels Polyhalit gegründet worden.

Über DMC Mining Services (UK) Ltd.

DMC Mining Service (UK) Ltd., Vereinigtes Königreich, ist die britische Tochtergesellschaft des weltweit agierenden Bergbauunternehmens DMC Mining Services Ltd. mit Hauptsitz in Vaughan, Ontario, Kanada. Seit mehr als 35 Jahren bietet das Unternehmen umfassende Dienstleistungen im Bergbau vom Schachtbau bis zur vollständigen Auffahrung von Bergwerken an. Beim North Yorkshire Polyhalite Projekt setzt DMC Mining Service (UK) Ltd. zur Errichtung der Produktions- und Serviceschächte auf hocheffiziente Schachtbohrmaschinen, während die beiden MTS-Schächte mit konventionellem Bohr- und Sprengverfahren aufgeföhren werden.

Über Siemag Tecberg group

Die SIEMAG TECBERG group mit deutschen Wurzeln, zurückgehend auf das Jahr 1871, unabhängig und inhabergeführt, realisiert mit ihren ca. 350 Mitarbeitern mit Standorten auf allen Kontinenten wissensbasierte Dienstleistungen zur Lieferung individueller Maschinen und Anlagen für insgesamt fünf industrielle Anwendungen: Schachtfördertechnik zur Rohstoffförderung als auch Einlagerung kontaminierter Reststoffe, Fördern und Transportieren schwerer Lasten, Ventilation und Kühlung untertägiger Bergwerke sowie Technologien für die effiziente Anwendung von Energien.

www.siemag-tecberg.com / www.siemag-tecberg-group.com

übergeordneten Elektro- und Automatisierungstechniken stellen in den unterschiedlichen Betriebsphasen des Schachtteufens und Tunnelausbaus sehr hohe Anforderungen an die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Schachtförderanlagen für insgesamt vier Schächte. Um die sehr hohen Anforderungen zu erfüllen, kommt praxiserprobte Schacht- und Schwerlastfördertechnik mit eigener Automatisierungstechnik der Siemag Tecberg group zum Einsatz.

Quellen

- [1] SIRIUS Minerals PLC: Project Woodsmith Mine. Online: <https://siriusminerals.com/our-project/woodsmith-mine/>
- [2] GeoResources Team (2018): Schächte für das Bergwerk Woodsmith Mine in Nord Yorkshire in Großbritannien. GeoResources Zeitschrift (3-2018), S. 44–46. Online: <https://www.georesources.net/download/GeoResources-Zeitschrift-3-2018.pdf>.
- [3] SIRIUS Minerals PLC: Project Factsheet MINERAL TRANSPORT SYSTEM. Online: <https://siriusminerals.com/downloads/mts-factsheet/>

- [4] SIRIUS MINERALS PLC: Project Factsheet SHAFT SINKING. Online: <https://siriusminerals.com/downloads/shaft-sinking-factsheet/>

Dipl.-Ing. Michael Flender

ist Projektmanager bei der SIEMAG TECBERG GmbH. Für dieses Projekt war er bereits in der Vertriebsphase als Projektleiter tätig und wickelt den Auftrag für die mechanischen Komponenten der Schacht- und Schwerlastförderanlagen innerhalb der SIEMAG TECBERG GmbH verantwortlich ab.

Kontakt:

michael.flender@siemag-tecberg.com
Tel.: +49 2773 9161 308



Digitalisierung als Chance für den Bergbau?!

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Elisabeth Clausen, Institute for Advanced Mining Technologies (AMT), RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Digitalisierung und Automatisierung

Für die Entwicklung von Innovationen und Zukunftstechnologien ist eine effiziente, nachhaltige und sichere Rohstoffversorgung essenziell notwendig und gilt als eine der großen gesellschaftlichen Herausforderungen unserer Zeit. Vor diesem Hintergrund sind die Begriffe der Automatisierung und vor allem der Digitalisierung aus den heutigen Diskussionen um den Bergbau der Zukunft nicht mehr wegzudenken. Verbunden mit einer konsequenten Weiterentwicklung von Technologien im Sinne von Bergbau 4.0 können die zunehmende Digitalisierung und Automatisierung dabei maßgeblich zu einer sicheren, nachhaltigen und effizienten Rohstoffgewinnung beitragen. Aber was bedeutet der Begriff der Digitalisierung in diesem Kontext? Zunächst bezeichnet das Verb „digitalisieren“ im ursprünglichen Sinne, Daten und Informationen digital darzustellen bzw. ein analoges Signal in ein digitales Format umzuwandeln [1]. Diese Daten lassen sich dann informationstechnisch weiterverarbeiten. Häufig werden diese Daten auch in das Verhältnis von Informationen gesetzt und dafür der Begriff der Informatisierung verwendet. Um die Begriffe voneinander abzugrenzen, sind Informationen in Anlehnung an die Wissenshierarchie von Russell Lincoln Ackoff um „Bedeutung angereicherte Daten“, die durch ein höheres Verständnis und einen höheren Vernetzungsgrad gekennzeichnet sind (Bild 1). Ackhoff konstatierte bereits in den 1970er-Jahren, dass es, um ein System effektiv zu verwalten, sinnvoller ist, sich auf die Wechselwirkungen der einzelnen Teile, anstatt auf ihr eigenes Verhalten zu konzentrieren [2, 3]. Digitalisierung ist demzufolge erst einmal nichts anderes als ein Hilfsmittel, Werkzeug oder auch Mittel zum Zweck für die Erreichung angestrebter Ziele.

Wenn wir heutzutage allerdings von der Digitalisierung, Industrie 4.0 oder auch Bergbau 4.0 sprechen, sind damit vielmehr die als Digitale oder auch 4. Industrielle bezeichnete Revolution und der damit verbundene gesellschaftliche Wandel gemeint. Aber wie sieht das Bergwerk der Zukunft aus, was bedeutet Digitalisierung im Bergbau, welche sind die relevanten Innovationstreiber und vor allem wo stehen wir heute?

Der Begriff der Digitalisierung ist aus den Diskussionen um den Bergbau der Zukunft nicht mehr wegzudenken. Aber was bedeutet der Begriff, wie kann der Bergbau 4.0 aussehen und welche Voraussetzungen sind dafür notwendig?

Bergbau • Rohstoffversorgung • Bergbau 4.0 • Digitalisierung • Aus- und Weiterbildung

Digitalisierung im Kontext Bergbau 4.0

Unter dem Begriff Bergbau 4.0 werden alle Aktivitäten zusammengefasst, bei denen eine sichere, effiziente und nachhaltige Rohstoffgewinnung durch die Digitalisierung von Bergbaumaschinen und -prozessen angestrebt wird. Die Digitalisierung oder auch digitale Transformation ist dabei als Prozess zu verstehen, bei dem kontinuierliche technische Weiterentwicklungen in Verbindung mit neuartigen Geschäftsmodellen zu neuen Produkten, Prozessen und Dienstleistungen werden. Für den Bergbau bedeutet dies der Weg von der Automatisierung einzelner Maschinen und Anlagen hin zum digital vernetzten autonomen Bergbaubetrieb (Bild 2).

Das Bergwerk der Zukunft ist dabei allerdings nicht nur digital vernetzt, sondern flexibel und selektiv,



Bild 1: Wissenshierarchie in Anlehnung an [3]



Bild 2: Digitale Transformation als Prozess im Bergbau [4]

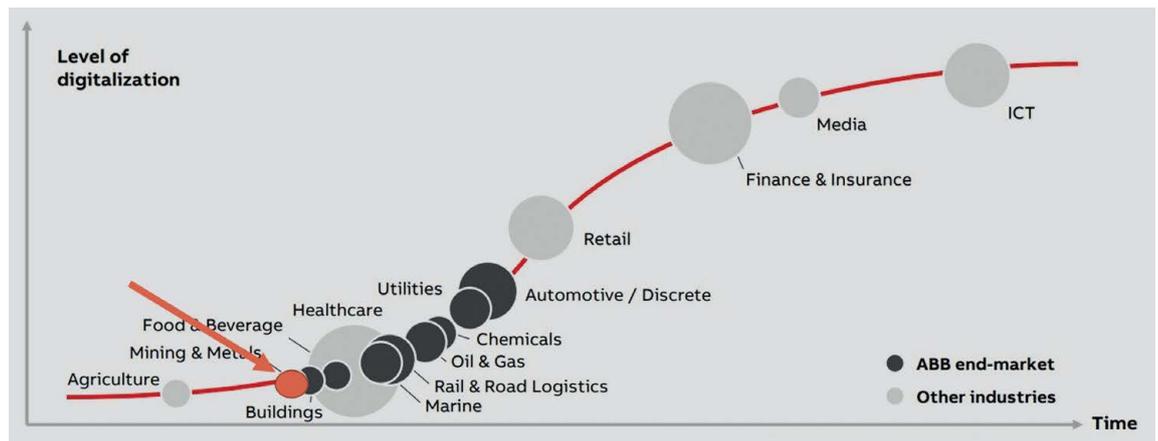


Bild 3: Digitalisierungsgrad des Bergbaus im Vergleich zu anderen Industrien [5]

vorausschauend und dynamisch anpassungsfähig sowie robust und zuverlässig. Die Entwicklung robuster Sensortechnik, der Aufbau eines digitalen Kommunikationsnetzwerks sowie zentraler und dezentraler Verteilerzentren und nicht zuletzt die Anwendung moderner Verfahren zur Datenverarbeitung sind wesentliche Bestandteile dieser Transformation. Dabei ist kaum eine andere Industrie durch vergleichbare raue und herausfordernde Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise Hitze und Kälte, Staub, Vibrationen oder sich dynamisch verändernde und wechselhafte Gegebenheiten, gekennzeichnet. Hinzu kommt, dass aufgrund der Natur der Lagerstätte und des Abbaus die zur Verfügung stehenden Informationen stets bis zur eigentlichen Gewinnung unvollkommen und unsicher sind. Auch wenn der Bergbau sich aktuell – abgesehen von einigen Beispielen – vom Digitalisierungsgrad noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase befindet (**Bild 3**), gibt es Berechnungen, die von einer Kostensenkung in Höhe von 373 Mrd. \$ bis zum Jahre 2025 ausgehen [4].

Die Innovationen im Bergbau sind dabei aktuell sowohl durch einen „Technology Push“ als auch einen „Market Pull“ getrieben. Zum einen werden die Abbaubedingungen aufgrund zunehmender Teufen und komplexer werdender Lagerstättenbedingungen bei gleichzeitig abnehmenden Wertstoffgehalten anspruchsvoller, zum anderen werden der Zugang zu und die Verfügbarkeit von Land, Energie, Wasser und Fachkräften zunehmend schwieriger. Außerdem wird die Nachhaltigkeit stärker in den Vordergrund gerückt. Eine nachhaltige Entwicklung bezeichnet dabei eine Entwicklung, die *„den Bedürfnissen der jetzigen Generation dient, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen“* [6]. Umweltpolitische Ziele werden ökonomischen und sozialen Entwicklungszielen gleichgestellt. Für den Bergbau bedeutet dies u. a., dass wir schon bei der Gewinnung an die Folgen für die Menschen und die Umwelt denken und die Rekultivierung der Flächen danach im Blick haben müssen. Wir sollten nicht vergessen, dass die Nachhaltigkeit alle drei Aspekte beinhaltet und versucht sie in eine Balance zu bringen. Andererseits

spielen technische Entwicklungen, die ihrerseits durch eine zunehmende Digitalisierung getrieben werden, eine maßgebliche Rolle bei der Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung. Die Digitalisierung hält dabei nicht zuletzt durch die Zunahme der Rechen-, Speicher- und Kommunikationskapazitäten bei gleichzeitig geringeren Kosten zunehmend auch Einzug in bergbauliche Anwendungen.

Das Institute for Advanced Mining Technologies (AMT), ehemals Institut für Maschinentechnik in der Rohstoffindustrie, an der RWTH Aachen blickt auf eine lange Historie bei der Entwicklung neuartiger Ansätze für eine effiziente und sichere Rohstoffgewinnung mittels Sensortechnik zurück. Ganz im Sinne von Bergbau 4.0 stehen nach wie vor die Nutzbarmachung von Informationen zur Prozess-, Umfeld- und Maschinenüberwachung mittels bergbautauglicher Sensortechnik und moderner Verfahren der Maschinen- und Prozessdatenanalyse für vernetzte und autonome Systeme im Fokus der Forschung [7]. Beispiele für aktuelle bzw. kürzlich abgeschlossene Forschungsvorhaben, an denen das AMT beteiligt ist, sind u. a.:

- ▶ Das durch das BMBF geförderte Projekt UPNS4D+, bei dem erstmalig ein untertägiges Lagerstättenpositionierungs-, Navigations- und Mappingsystem u. a. am Beispiel eines autonomen untertägigen Erkundungsfahrzeugs entwickelt wurde [8]
- ▶ Das durch die EU geförderte Projekt „SIMS: Sustainable Intelligent Mining System“ mit dem Ziel, nachhaltige, intelligente Bergbausysteme zu entwickeln, wobei innerhalb des Projekts beispielsweise die Themen Kommunikation und Positionierung unter Tage, Robotik, Prozesssteuerung und Automatisierung sowie attraktive Arbeitsbedingungen und moderne Ausbildungsformate behandelt werden [9]
- ▶ Das Projekt TS4.0, bei dem in Zusammenarbeit mit der TML Technik GmbH, Monheim am Rhein, Deutschland, und gefördert durch die AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen) im Rahmen des zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) ein intelligenter

Teleskopausleger für untertägige Beraubearbeiten entwickelt wurde.

Der entwickelte Teleskopausleger besteht aus einem Multimonitoringsystem und einer optimierten Konstruktion zur Überwindung einer sicherheitskritischen Reichweite. Dadurch kann ein schonender Einsatz gewährleistet werden, der zu einer Erhöhung der Effizienz und Senkung der Betriebskosten führt. Funktionalitäten sind:

- ▶ Überlasten zu erkennen und diese durch ausgelöste Steuervorgänge zu vermeiden, ohne dabei die Beraubeistung zu senken oder den Maschinenführer zu gefährden
- ▶ Den Verschleißzustand von Bauteilen zu erkennen und einen notwendigen Wechsel mit ausreichender Vorlaufzeit anzukündigen
- ▶ Eine diskrete Visualisierung der Ausrichtung des Auslegers zur effizienten Steuerung des Beraubevorgangs umzusetzen (Bild 4) [10]

Diese technischen Entwicklungen im Sinne eines digital vernetzten autonomen Bergwerks gelingen nur dann, wenn neue Formen interdisziplinärer und internationaler Zusammenarbeit etabliert werden. Da Innovationen durch die Digitalisierung bedeutsamer für den wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen und demzufolge auch für den Wohlstand im Land werden, wird industrielle Gemeinschaftsforschung in Kooperation mit Hochschulen zunehmend wichtiger [11].

Aus- und Weiterbildung

Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung und Realisierung der digitalen Transformation und damit einhergehender technischer Weiterentwicklungen und Innovationen im Bergbau sind neuartige und dem technischen Wandel angepasste Aus- und Weiterbildungskonzepte. Mit dem industriellen Wandel und den damit verbundenen Herausforderungen verändert sich das Anforderungsprofil an zukünftige Bergbauingenieure. Die Fähigkeiten und Qualifikationen der Mitarbeiter werden ein Schlüssel zum Erfolg einer hoch innovativen Industrie. Das gilt für ihre technischen, methodischen, sozialen und persönlichen Kompetenzen. Für eine aktiv gestaltete und erfolgreich umgesetzte Digitalisierung kann die Bedeutung einer ganzheitlichen und modernen Ingenieurausbildung nicht genug betont werden. Es gilt, die zukünftigen, verantwortungsbewussten und kritischen Fach- und Führungskräfte exzellent im Sinne einer ganzheitlichen kompetenzorientierten Hochschullehre auszubilden und damit bestmöglich auf die vielfältigen und komplexen Herausforderungen und Aufgaben im Berufsleben vorzubereiten. Zudem müssen die bereits im Beruf stehenden Ingenieure der Rohstoffindustrie und deren Maschinenentwickler und -ausrüster durch zielgerichtete und spezifische Weiterbildungen in den Bereichen Automatisierung und

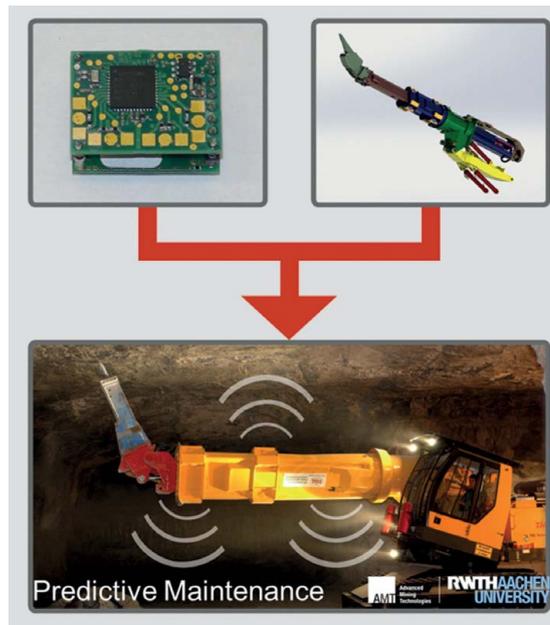


Bild 4: Vorausschauende Instandhaltung mittels eines Multimonitoringsystems

Digitalisierung (Sensortechnik, Kommunikation etc.) bestmöglich für die sich wandelnden Arbeitswelten und Anforderungen weitergebildet werden.

Das AMT sieht sich hier in der Verantwortung, eine Vorreiterrolle einzunehmen und innovative Lehr- und Lernkonzepte in die Ausbildung der Ingenieure von morgen zu integrieren. Bei der Ausbildung der zukünftigen Bergbauingenieure wird dabei konsequent eine moderne kompetenzorientierte Lehre verfolgt, in der die Verknüpfung von Lehre und Forschung sowie die Integration eines hohen Praxis- und Industriebezugs gleichermaßen berücksichtigt werden wie der Einsatz moderner Lehr- und Lernkonzepte [12]. Beispielhaft

seien die Einbindung von Augmented Reality oder die Entwicklung eines „Common Project Courses“ genannt, bei dem Studierende der RWTH Aachen gemeinsam mit Studierenden von der Chalmers University of Technology in Schweden Fragestellungen aus der Industrie bearbeiten [13].

Fazit und Ausblick

Die Möglichkeiten, die sich aus der Digitalisierung für einen sicheren, effizienten und nachhaltigen Bergbau verbunden mit der langfristigen Vision eines digital vernetzten autonomen Bergwerks ergeben, sind vielfältig und können eine Chance für den Bergbau der Zukunft sein. Den Weg dorthin gilt es allerdings als Prozess zu betrachten, der aktiv gestaltet und bei dem eine Vielzahl von Herausforderungen überwunden werden müssen, die für den Bergbau aufgrund seiner rauen Umgebungsbedingungen einzigartig sind. Unterschiedlichste Beispiele sowohl aus der Forschung und Entwicklung als auch der industriellen Anwendung haben bereits beachtliche und bemerkenswerte Erfolge erzielt. Damit die digitale Transformation gelingen kann, sind neuartige Ansätze in der Aus- und Weiterbildung gleichermaßen eine Voraussetzung wie die Entwicklung von Regeln, Standards und die Initiierung eines gesellschaftlichen Diskurses über die Notwendigkeit einer nachhaltigen Rohstoffgewinnung für die Versorgung einer modernen Informationsgesellschaft mit den notwendigen Rohstoffen.

Literatur

- [1] Dudenredaktion. Das große Buch der Allgemeinbildung, 4. Auflage. Berlin: Bibliographisches Institut; Duden, 2019. ISBN 9783411912810.
- [2] Ackoff, R.L., R.L. Ackoff und F.E. Emery. On purposeful systems: An interdisciplinary analysis of individual and social behavior as a system of purposeful events: Transaction Publishers, 2005.
- [3] Weisheit [DWH Wiki] [online] [Zugriff am: 6. Februar 2019]. Verfügbar unter: <http://de.dwhwiki.info/konzepte/weisheit>
- [4] Digital transformation in mining industry | ABB [online] [Zugriff am: 6. Februar 2019]. Verfügbar unter: <https://new.abb.com/mining/digital-transformation-in-mining-industry>
- [5] ABB Ability Strategy Explained | ARC Advisory Group [online]. 6 Februar 2019 [Zugriff am: 6. Februar 2019]. Verfügbar unter: <https://www.arcweb.com/blog/abb-ability-strategy-explained>
- [6] World Commission on Environment and Development. Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development [online]. Verfügbar unter: <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- [7] AMT Research Report 2017/2018 [online]. Verfügbar unter: https://www.imr.rwth-aachen.de/tl_files/imr/pdf/AMT-RR-2017-2018/AMT%20Research%20Report%202017%202018.compressed.pdf
- [8] mbH, X.I. Infrastruktur- und Informationsmanagementsysteme von XGRAPHIC [online] [Zugriff am: 6. Februar 2019].
- [9] SIMS Mining | European Sustainable Intelligent Mining Systems for the Global Mining Industry [online] [Zugriff am: 6. Februar 2019]. Verfügbar unter: <https://www.simsmining.eu/>
- [10] Niedringhaus, C.; Vraetz, T.; Bernet, C.; Nienhaus, K.: Intelligent telescopic boom for underground scaling [online]. Mining report, 2018, 154(02), 105-112. ISSN 2195-6529. Verfügbar unter: doi:10.18154/RWTH-2018-223446
- [11] Aufgaben der Forschung und Entwicklung - academics [online]. 1 Januar 2018 [Zugriff am: 6. Februar 2019]. Verfügbar unter: <https://www.academics.de/ratgeber/aufgaben-der-forschung-und-entwicklung>
- [12] Clausen, E.; Langefeld, O.; Mischo, H.; Drebenstedt, C.: Studying Mining Engineering in Germany: General Conditions, Locations and Study Programs [online]. Mining report, 2019, 154(5), 413-426. Verfügbar unter: <http://publications.rwth-aachen.de/record/753751>
- [13] Clausen, E.; Herz, A. C.; Sorensen, A. M.; Hulthen, E.; Papadopoulou, P.; Binder, A.; Herrera Herbert, J.; Tanner, D.; Försth, M.: Rethinking Mining Engineering Education - Implementation of Conceive - Design - Implement - Operate (CDIO) [online]. Mining report, 2019, 154(5), 427-434. Verfügbar unter: <http://publications.rwth-aachen.de/record/753753>

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Elisabeth Clausen

leitet das Institute
for Advanced Mining
Technologies (AMT)
der RWTH Aachen
University, Aachen,
Deutschland.



Kontakt: eclausen@amt.rwth-aachen.de

Beschwerliche Wege von Schüttgut einfach meistern

Regina Schnathmann, Beumer Group, Beckum, Deutschland

Im Bergbau müssen Schüttgüter wirtschaftlich, sicher und umweltverträglich z.B. vom Steinbruch durch unwegsames oder bewohntes Gelände zum Ziel transportiert werden. Zu diesem Zweck können Gurtförderer eingesetzt werden. Ausgehend von Anwendungsbeispielen in China, Belgien und Indonesien wird erläutert, wie die Beumer Group solche Gurtförderanlagen für projektspezifische Anforderungen ganzheitlich plant, ausführt und die Anwender im Betrieb unterstützt.

Bergbau•Transporttechnik•Gurtförderer•Effizienz•Betrieb • Umweltschutz • Sicherheit

In der Bergbauindustrie erfordern moderne Abbautechnologien Möglichkeiten, Schüttgüter wirtschaftlich vom Steinbruch über unwegsames Gelände oder durch bewohntes Gebiet zum Zielort zu transportieren. Die Beumer Group liefert dazu weltweit für Branchen, wie den Bergbau oder die Zementindustrie, individuell konzipierte Anlagen, wie offene Muldengurtförderer und geschlossene Pipe Conveyor.

Projekt Sichuan in China mit unterschiedlichen Anforderungen

In der rund 8.000 km vom deutschen Unternehmenssitz der Beumer Group in Beckum entfernten chinesischen Provinz Sichuan, in der Nähe von Pengzhou, steht das

Zementwerk des Herstellers Sichuan Yadong Cement Co., Ltd. Seit 2009 setzt das Unternehmen auf einen 12,7 km langen Überlandförderer der Beumer Group, der Kalkstein vom Steinbruch zum Zwischensilo transportiert. Der Muldengurtförderer führt durch gebirgiges Gelände und Naturschutzgebiete, über Flüsse und instabilen Untergrund (**Bilder 1 bis 4**). 2016 installierte der Systemanbieter in einem zweiten Projekt zwei weitere Überlandförderer, diesmal mit einer Gesamtlänge von 13,7 km. Diese fördern den Kalkstein weiter zum Zementwerk. Anders als im ersten Auftrag bestand die Auf-



Bild 1: Projekt Sichuan mit ca.13 km langen Überlandförderern



Bild 2: Projekt Sichuan: Technisch bestmögliche Anpassung des Verlaufs des Förderers an die Topografie



Bild 3: Projekt Sichuan: Muldengurtförderer in gebirgischem Gelände



Bild 4: Projekt Sichuan: Blick in die eingehauste Bandstrecke im Bereich einer Brücke

gabe nun darin, den Förderer durch bewohntes Gebiet zu bauen. Dabei sollte kein Material verloren gehen. Zudem durfte kein Staub austreten und das vorgeschriebene Niveau für Schallemissionen nicht überschritten werden.

Projektspezifische Anlagenplanung

Projektspezifische Anforderungen können also sogar bei demselben Kunden sehr unterschiedlich sein. Doch der Systemanbieter kann geschlossene Pipe Conveyor und offene Muldengurtförderer optimal an die jeweilige Situation anpassen. Die offenen Muldengurtförderer eignen sich insbesondere für hohe Durchsätze. Üblich sind Förderleistungen von bis zu 10.000 t in der Stunde. Um Geräuschemissionen zu senken, wie das bei Sichuan Yadong Cement erforderlich war, werden unter anderem spezielle Tragrollen und geräuscharme Lager eingebaut und die für den Einsatz richtige Fördergeschwindigkeit gewählt.

Eine wesentliche Eigenschaft der Technologie ist, dass sie Horizontal- und Vertikalkurven ermöglicht (Bild 3). Abhängig von den Eigenschaften des zu fördernden Materials lassen sich Steigungswinkel von bis zu 15° umsetzen, je nach Topografie mit Längen von mehr als zwölf Kilometern. Gerade wegen dieser Kurvengängigkeit sind wesentlich weniger oder keine Übergabe-

türme nötig. Der Anwender spart so erhebliche Kosten, und das System führt das Fördergut in einem Stück auch über herausfordernde Steigungen und Gefällestrrecken.

Mithilfe eigener Berechnungsprogramme ermittelt ein Team von Fachleuten die statischen und dynamischen Gurtzugkräfte schon in der Projektierung der Anlage. Dies ist die Voraussetzung für die sichere Auslegung der Kurven. Des Weiteren wählen die Ingenieure auf Grundlage dieser Berechnungen die Fördergurte und die Antriebstechnik aus. Dies verspricht einen dauerhaft sicheren Betrieb der gesamten Anlage.

Projekt Flémalle in Belgien mit hohen Anforderungen an den Umweltschutz

Die Beumer Group hat auch einen Pipe Conveyor in der belgischen Gemeinde Flémalle installiert. Dieser fördert große Mengen Flugasche eines früheren Kohlekraftwerks für die weitere Verschiffung zum etwa 2 km entfernten Fluss Maas. Der Förderer musste nicht nur an die teilweise steilen Berge angepasst werden (Bilder 5 bis 8), sondern genau wie bei Sichuan Yadong Cement führt die Strecke auch über öffentliche Straßen, Bahngleise und Wohngebiete. Damit der Bau der Anlage überhaupt genehmigt werden konnte, musste sichergestellt werden, dass der geschlossene Transport die Umwelt vor dem trockenen und staubigen Material schützt. Es durfte keinerlei Flugasche – auch nicht in geringsten Mengen – austreten oder zu Boden fallen. Eine große Rolle spielte auch hier die Geräuschemission. Um den Lärmpegel auf ein sehr niedriges Niveau zu begrenzen, entwickelten die Fachleute spezielle schalldämmende Elemente, mit denen sie zum Beispiel Brücken des Pipe Conveyor einhausten. Hinzu kamen besondere Tragrollen und schallreduzierte Lager.

Ganzheitliche Planung gemäß TVO

Damit die Kunden über eine sehr lange Zeit wettbewerbsfähig bleiben, richtet die Beumer Group die Anlagen und Systeme sowie die zugehörigen Produkti-



Bild 5: Projekt Flémalle: Befestigung schwebender Elemente des Förderers an der Stahlkonstruktion mit zentimetergenauen Montagemanövern



Bild 6: Projekt Flémalle: Streckenverlauf des Förderers mit großen Steigungen und großem Gefälle im Bereich steiler Felsen



Bild 7: Projekt Flémalle: Anspruchsvolle Montagearbeiten



Bild 8: Projekt Flémalle: Kontinuierliche Überwachung der Montagearbeiten und des Baufortschritts durch Nutzung einer Drohne

onsprozesse am langfristigen Nutzen aus. Denn für den Anwender ist es wichtig, bei Investitionsentscheidungen nicht nur die Gesamtkosten zu betrachten. Die Beumer Group hat sich deshalb verpflichtet, ihre Produkte ganzheitlich im Hinblick auf Ökonomie, Ökologie und soziale Verantwortung zu bewerten. Meist stehen nur die Total Costs of Ownership (TCO) im Mittelpunkt unternehmerischen Handelns. Nachhaltigkeit wird damit ausschließlich aus ökonomischer Perspektive definiert. Durch Einbeziehung ökologischer und sozialer Aspekte wird der Ansatz des Total Value of Ownership (TVO) verfolgt. Das heißt, dass die Förderanlage in ihrer Gesamtheit und nicht nur von ihrer Kostenseite betrachtet wird. Damit gilt es zum Beispiel, den Energie- und Ressourcenverbrauch im Produktionszyklus und beim Betrieb der Anlagen kontinuierlich zu senken sowie Emissionen auf das Minimum zu reduzieren.

Die Energiefrage: Gurtförderer oder Lkw?

Was das heißt, zeigt unter anderem ein Vergleich mit Lkw, die immer noch häufig zum Transport von Schüttgut über große Entfernungen eingesetzt werden. Lkw stoßen je nach Beschaffenheit des Geländes schnell an ihre Grenzen und brauchen unter anderem gut ausgebaute Straßen, deren Kosten für den Bau, die Instandhaltung und eventuellen Ausbau nicht unerheblich sind. Ebenso wenig darf der ökologische Aspekt vergessen werden: Neue Straßen und Zufahrten stellen einen gravierenden Eingriff in die Natur dar. Dazu kommt ein hoher Treibstoffverbrauch. Emissionen, die durch die Lkw verursacht werden, sind sowohl im Hinblick auf Schadstoffe als auch auf Lärm und Staub hoch.

Die Beumer Group stattet ihre Gurtförderer in Zeiten des Klimawandels und steigender Treibhausgasemissionen dagegen mit umweltfreundlichen Elektroantrieben und Niedrigenergiegurten aus. Die eingesetzten Motoren werden meist regelbar ausgeführt. Dadurch lassen sich die Belastungen bei verschiedenen

Betriebszuständen optimal auf die Antriebseinheiten verteilen. Führt die Gurtförderanlage talwärts, arbeitet die Anlage im generatorischen Betrieb. Die so gewonnene elektrische Energie wird über eine Rückspeiseeinheit in das öffentliche Netz zurückgeleitet. Dadurch können die Betreiber die Betriebskosten der Gesamtanlage weiter reduzieren.

Für Sichuan Yadong Cement stellte sich schon beim ersten Projekt die Frage, ob für den Transport des Kalksteins vom Steinbruch zum Zwischensilo ein Gurtförderer oder Lkw genutzt werden sollten. Die Gurtförderanlagen benötigen bis zu 90 % weniger Primärenergie als vergleichbare Lkw-Transporte, wie die konkrete projektbezogene Gegenüberstellung ergab. Danach verbrauchen mit Dieselmotoren betriebene Lkw je Tonne transportierten Materials eine spezifische Primärenergie von 11,4 kWh, die Gurtförderanlage, die später gebaut wurde, hingegen nur 1,44 kWh. Werden wie im vorliegenden Fall 7,5 Mio. t Rohstoff pro Jahr transportiert, so spart der Gurtförderer jährlich insgesamt 74 Mio. kWh. Das entspricht dem jährlichen Energieverbrauch von mehr als 20.000 Einfamilienhäusern, was sich auch monetär bemerkbar macht: Allein durch die Einsparung von Dieselmotoren reduzieren sich die Betriebskosten für das Unternehmen um mehr als 5,5 Mio. € pro Jahr.

Projekt in Indonesien mit anspruchsvoller Trasse

TVO heißt auch, Transportwege zu optimieren. Je nach Geländebeschaffenheit kann das bei der Auslegung der Gurtförderanlage äußerst herausfordernd sein. Das Team der Beumer Group wurde zum Beispiel beauftragt, in Indonesien einen Überlandförderer zu planen und zu liefern, der Klinker vom Steinbruch zum Zementwerk transportiert. Die Trasse führte mitten durch den Regenwald und war topografisch sehr anspruchsvoll. Das Team erarbeitete verschiedene Routenverläufe und stellte diese gegenüber, wobei insbesondere der sehr enge Landkorridor eine komplexe Planung erforderte.

Um Kunden im Vorfeld ein konkretes Angebot machen zu können, muss das Team das Projekt richtig einschätzen und bewerten. Dafür steht in der Regel sehr wenig Zeit zur Verfügung, die zur Entsendung einer Expeditionsmannschaft nicht ausreicht. Ein effektiverer Weg sind Luftaufnahmen, die eine entsprechende Software mit Unterstützung von Topografiedaten auswerten kann. Damit werden Drohnen für die Beumer Group zu einem immer wichtigeren Instrument.

Drohnen – nützliche Helfer in der Luft

Unbemannte Flugobjekte auf Baustellen oder Steinbrüchen einzusetzen, klingt nach Zukunftsmusik. Bei der Planung, Durchführung und Dokumentation von Baumaßnahmen gehören sie für die Beumer Group jedoch schon längst zum Alltag. Und die Bedeutung dieser Fluggeräte nimmt kontinuierlich zu. Denn sie werden immer ausgereifter und in der Bedienung einfacher. Ohne große Vorbereitungen sind sie rasch einsatzbereit, ohne den Verkehr oder den Betrieb zu behindern. Das gilt nicht nur für schwer zugängliche Gebiete, sondern auch für Baustellen. Bei dem Projekt im belgischen Flémalle wurde zum Beispiel eine Drohne eingesetzt, mit der der komplette Baufortschritt überwacht werden konnte (**Bilder 5 bis 8**).

Die Beumer Group setzt seit rund drei Jahren auf die Drohnentechnik. Dabei lassen sich zwei Bauarten unterscheiden. Die Copter ähneln in Funktion und Eigenschaft Hubschraubern. Mit ihren Rotoren können sie still in der Luft stehen. Starrflügler lassen sich dagegen eher mit Flugzeugen vergleichen. Sie besitzen auch eine höhere Reichweite. Im Einsatz sind sie ständig in Bewegung. Copter eignen sich insbesondere bei beengtem Start- und Landeplatz oder für Einsätze mit geringen Geschwindigkeiten. Sie überfliegen vor allem mittelgroße und kleine Baustellen. Zum Einsatz kommen sie auch bei Abbauwänden in Steinbrüchen und Bauwerksinspektionen wie Brückenunterseiten. Die Beumer Group setzt auf einen Copter, mit dem das Team projektspezifisch arbeiten kann.

Die Route kann der Mitarbeiter am Rechner planen. Mit der entsprechenden Software berechnet er die exakte Flugbahn. Dann fliegt die Drohne ihre festgelegte Route ab. Um sie zu steuern, lassen sich auch Smartphones oder Tablets nutzen.

Die aufgenommenen Luftbilder werden anschließend perspektivisch entzerrt und photogrammetrisch ausgewertet. Das heißt, dass eine Software daraus eine Punktwolke berechnet, um aus den zweidimensiona-

len Ansichten 3D-Modelle, also digitale Geländemodelle, zu generieren.

Unterstützung im Betrieb

Von der Anfrage über die technische Auslegung bis zur Montage vor Ort erhält der Kunde von der Beumer Group alle Leistungen aus einer Hand. Ist die Förderanlage in Betrieb, unterstützt der Systemanbieter die Betreiber auf Wunsch auch weiterhin mit einem umfassenden Leistungsspektrum, damit diese sich der hohen Verfügbarkeit über die komplette Laufzeit ihrer Maschinen sicher sein können. Dafür sorgt der Beumer Customer Support mit mittlerweile weltweit mehr als 1.000 Mitarbeitern. Er bietet individuelle auf die Kundenanforderungen abgestimmte Lösungen mit vertraglich festgelegten Serviceintervallen und Reaktionszeiten an. Bei einem Anlagenstillstand sind die Techniker schnell vor Ort und verhindern längere Ausfallzeiten. Um die Stillstände auf ein Minimum zu reduzieren, bietet der Customer Support mit seiner Hotline an jedem Tag im Jahr rund um die Uhr auch eine kompetente telefonische Unterstützung an. Die Techniker erstellen Ferndiagnosen und beseitigen Störungen schnell und zuverlässig

Fazit

Offene Muldengurtförderer und geschlossene Pipe Conveyor werden im Bergbau zum Transport von Schüttgütern genutzt. Solche komplexen, ganzheitlich nach TVO von der Beumer Group geplanten Anlagen haben sich in unterschiedlichen beschriebenen Anwendungsfällen bewährt. Sie arbeiten leise und umweltfreundlich, und es treten nur geringste Mengen an Staub oder Abgasen aus. Im Vergleich zu Lkw sind sie häufig energieeffizienter und lassen sich gut an die Geländestruktur anpassen. Auch steil abfallende Strecken, Flüsse oder Straßenüberquerungen können sie sicher bewältigen. Der Systemanbieter für solche Anlagen ermittelt den optimalen Streckenverlauf, übernimmt die Projektplanung und die Installation und bietet den Betreibern Unterstützung für Wartung und Instandhaltung.

Regina Schnathmann

ist Director Marketing der BEUMER Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Beckum, Deutschland.

Kontakt: beumer@beumergroup.com

Inline-Analysen von Stoffströmen mittels Machine Learning in der Rohstoffindustrie

Tobias Wendel, M.Sc., Institute for Advanced Mining Technologies (AMT), RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Dr.-Ing. Tobias Vraetz, IHC Mining & Tunnelling, Kinderdijk, Niederlande

Dr.-Ing. Ralph Baltes, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl Nienhaus und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Elisabeth Clausen, Institute for Advanced Mining Technologies (AMT), RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland

Einleitung

Die zunehmende Entwicklung von Technologien und der höher werdende Grad der Automatisierung haben in den letzten Jahrzehnten den Abbau komplexer Lagerstätten angetrieben. Dabei rückt u. a. zunehmend der Transport größerer Mengen an Schüttgut in den Fokus technischer Optimierungen. Als eine Voraussetzung für zunehmende Automatisierungsgrade sollen möglichst viele Prozessinformationen, wozu auch die Zusammensetzung und Beschaffenheit eines Stoffstroms zählen, aus den sensorisch erfassbaren Daten abgeleitet werden. Die Kenntnis über das geförderte Rohmaterial ermöglicht eine Steigerung der Ressourcennutzung, da das geförderte Material gezielter Aufbereitungsprozessen zugeführt werden kann. Die Entwicklung neuer technischer Lösungen und Verfahren trägt zur ökologischen und wirtschaftlich nachhaltigen Versorgung mit Rohstoffen und Energie bei [1, 2].

Das Institute Advanced Mining Technologies (AMT) der RWTH Aachen setzte in den vergangenen Jahren LWIR-Kameras (LWIR für Long Wavelength Infrared) und AE-Sensorik (AE für Acoustic Emission) für die Prozessautomatisierung und -steuerung in verschiedenen Projekten ein. Beide Verfahren sind zerstörungsfreie Messmethoden, die im Bergbau, in der Prozessautomatisierung und -überwachung Anwendung finden [2]. Vorteile von LWIR und AE sind ihre Unempfindlichkeit und ihre Robustheit gegenüber mechanischen Belastungen und rauen Umgebungen.

Basierend auf den Methoden zur Bildverarbeitung und Signalauswertung sowie der damit einhergehenden

Zur Steigerung der Effizienz des Transports von Schüttgütern in der Rohstoffindustrie können Stoffstromanalysen beitragen. Dieser Beitrag beschreibt die Analyse- und Messmethoden generell und erläutert erfolgreiche, im AMT bearbeitete Anwendungsbeispiele in der Rohstoffindustrie.

Bergbau • Rohstoffe • Transport • Schüttgut • Forschung • Stoffstromanalyse

Bestimmung charakteristischer Kennwerte wurden am AMT verschiedene Inline-Analysemethoden für Stoffströme, also prozessbegleitende Analysen, entwickelt. Dies ermöglichte beispielweise die automatisierte Zuführung von Wasser zu einem Massenstrom, die Detektion und Abscheidung zu heißen Materials sowie die Unterscheidung verschiedener Bodentypen innerhalb eines kontinuierlich geförderten Stoffstroms [2].

Grundlagen der Infrarotthermografie

Die Infrarotthermografie visualisiert die für das menschliche Auge unsichtbare Infrarotstrahlung. Dadurch können zusätzliche Informationen generiert und komplexe Sachverhalte bzw. Prozesse vereinfacht dargestellt werden [1].

Jeder Körper mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt emittiert Energie in Form elektromagnetischer Strahlung. Infrarotstrahlung ist dem elektromagnetischen Spektrum zugeordnet und befindet sich zwischen dem sichtbaren Licht und dem Mikrowellenbereich (**Bild 1**). Die emittierte Strahlung eines Körpers ist dabei abhängig von seiner Temperatur, dem Material

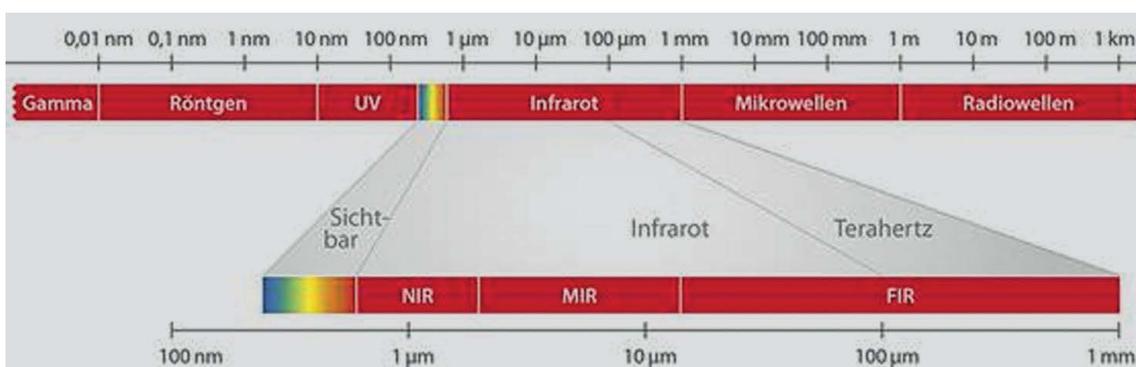


Bild 1: Elektromagnetisches Spektrum [2]

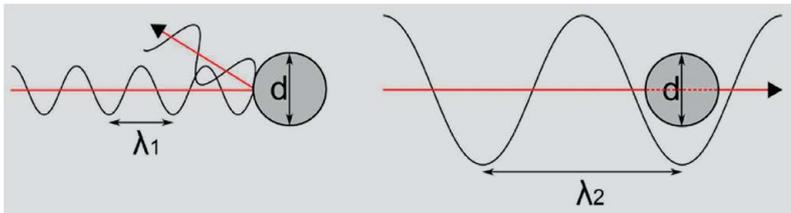


Bild 2: Kurzwellige Strahlung wird von einem Molekül reflektiert (links), langwellige Strahlung passiert das Molekül (rechts)

sowie von der Oberflächenbeschaffenheit und der Abstrahlungsrichtung [3, 4].

Infrarotkameras detektieren die emittierte Infrarotstrahlung eines Körpers und visualisieren diese als Graustufen- oder Falschfarbenbild. Die Infrarotthermografie (IR) hat sich in den letzten Jahrzehnten stetig weiterentwickelt. Diese Entwicklung ist insbesondere auf den technischen Fortschritt in der Mikrosystemtechnik, der IR-Detektoren und der Computertechnik zurückzuführen.

Infrarotkameras arbeiten häufig im langwelligen Wellenlängenbereich zwischen 8 und 14 μm und nutzen dabei das sogenannte atmosphärische Fenster. In diesem Fenster kann die langwellige Infrarotstrahlung die Atmosphäre durchqueren. **Bild 2** verdeutlicht, dass Strahlung mit einer Wellenlänge von $\lambda_1 < d$ vom Luftmolekül d reflektiert wird, wobei die Strahlung mit einer Wellenlänge von $\lambda_2 > d$ das Molekül passiert. Daher eignet sich LWIR für die schwierigen Umgebungsbedingungen in der Rohstoffindustrie. Der Spektralbereich des atmosphärischen Fensters ist sehr gut für passive Infrarotmessungen anwendbar. Ein weiterer Vorteil des langwelligen Infrarotbereichs im Vergleich zum sichtbaren Licht ist die geringere Beeinflussung durch Aerosole. Daher eignen sich langwellige Infrarotkameras zur Realisierung von Automatisierungslösungen [5, 6, 7].

Grundlagen von Acoustic Emission

Die AE-Technologie hat ihre Ursprünge in der zerstörungsfreien Prüfung von Bauteilen, wie beispielsweise von Brücken und Druckbehältern. Physikalische Prozesse, wie plastische Verformung, Ermüdung, Risswachstum, Reibung oder äußere mechanische Beanspruchungen, können AE-Ereignisse hervorrufen [8].

Ausgehend von den Forschungsergebnissen der Zugversuche von Kaiser [9] wurde die Technologie über die Jahre in vielen Anwendungsfeldern zu einem Werkzeug zur Gewinnung von Prozessinformationen genutzt. Vielseitige Anwendungsfelder sind in der Elektrotechnik, im Maschinenbau, den Werkstoffwissenschaften, aber auch der Medizintechnik vorzufinden. Am AMT wurden Verfahren zur Lagerdiagnose, die Untersuchung des Ermüdungsverhaltens von Bauteilen, die Bewertung von Schneidprozessen sowie die in diesem Artikel vorgestellte Methodik zur Stoffstromcharakterisierung erforscht [10].

Die Nutzung der AE-Technologie als Analysewerkzeug ist auch in der Rohstoffproduktion nicht gänzlich neu. Dabei wurden bisher jedoch zumeist Korngrößenverteilungen von vergleichsweise homogenen Stoffströmen untersucht [11]. Das am AMT entwickelte Verfahren zur Stoffstromcharakterisierung beruht auf einem kontinuierlichen Transport von Materialien und der Analyse kontinuierlicher AE-Signale. Bei diesem Vorgang werden durch fortwährende Stöße/Impulse lokale Deformationen und Risse erzeugt – in diesem Fall an den Prallplatten der Bandübergabestellen. Am Ort der Initiierung resultieren diese Mechanismen in einer Freisetzung von Energie. Die freigesetzte Energie äußert sich in elastischen Oberflächenwellen, welche sich durch den Festkörper ausbreiten und durch entsprechende Sensorsysteme aufgezeichnet werden können.

Am AMT konnten innerhalb verschiedener Anwendungsfälle unterschiedliche Verfahren zur Bewertung von AE-Signalen erarbeitet werden (**Bild 3**). Neben der Auswertung durch den Vergleich intervallweise errechneter Parameter haben sich vor allem Methoden zur signalformbasierten Ereigniserkennung, -zählung sowie -bewertung transienter Ereignisse (AE Bursts) etabliert und bewährt. AE Bursts zeichnen sich nach DIN 1330-9 [12] durch einen definierten Start- und Endpunkt aus. Neben der Verwendung eines statischen Grenzwerts, konnten in der Vergangenheit komplexere Algorithmen, die die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Detektion verbessern, entwickelt und verifiziert werden. Diese Verfahren nutzen den charakteristischen Verlauf eines transienten Ereignisses zur Detektion. Die Bewertung singulärer Ereignisse erfolgt durch die statistische Analyse und den anschließenden Vergleich vom Start- bis zum Endpunkt. Alle Informationen aus einem

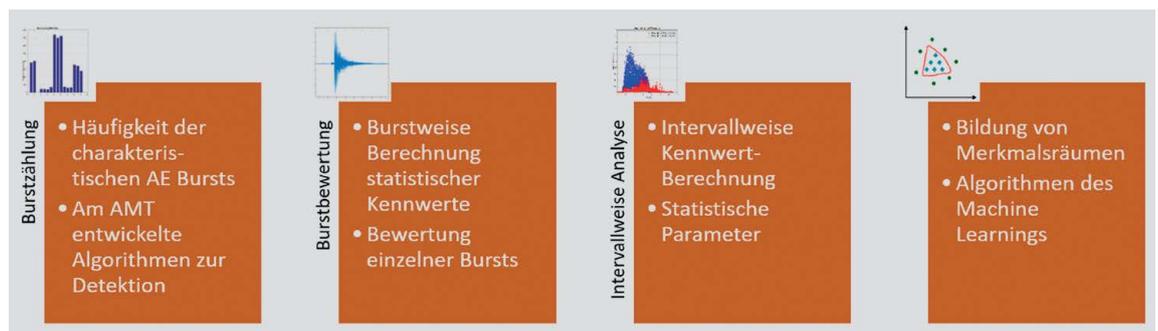


Bild 3: Verfahren zur AE-Datenanalyse

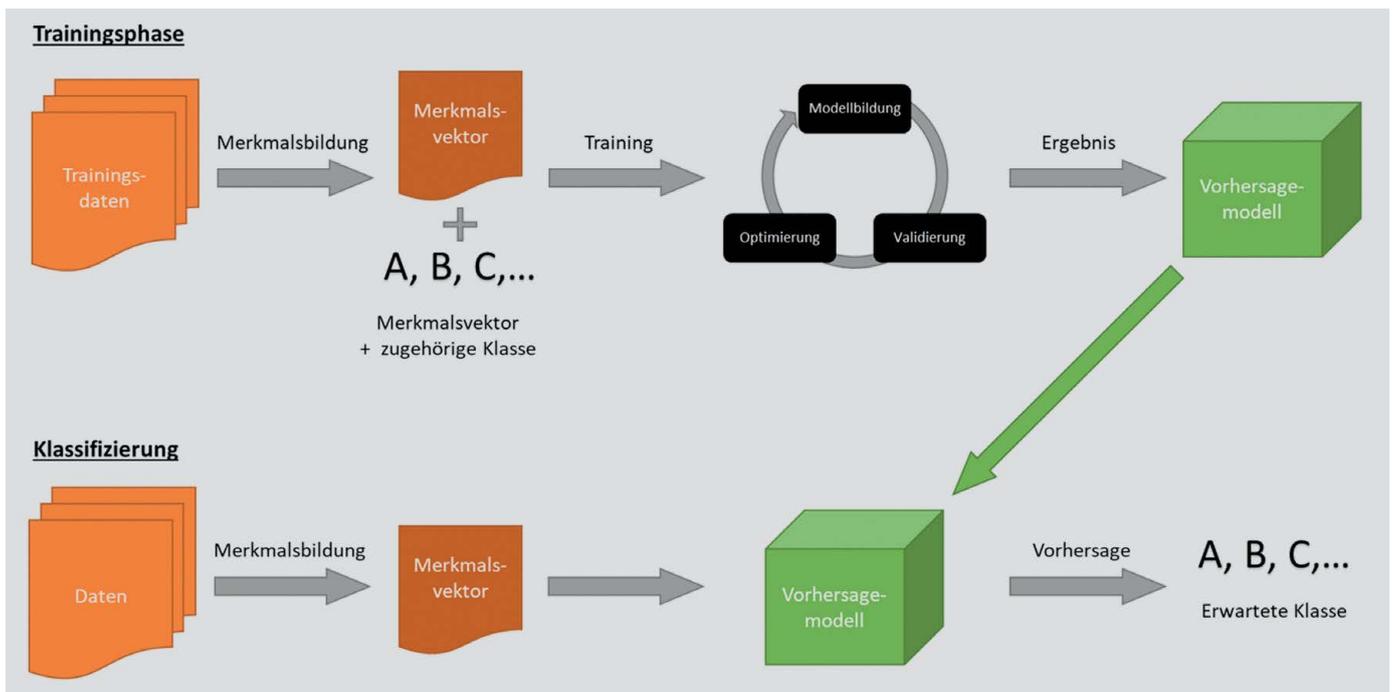


Bild 4: Vorgehensweise in Anlehnung an [14]

Rohsignal bilden zusammen eine Basis für die Klassifizierungsmethoden mittels Machine Learning.

Grundlagen von Machine Learning

In der Literatur werden oftmals Supervised („überwachtes“) und Unsupervised („unüberwachtes“) Machine Learning unterschieden¹ [13]. Die Klassifizierung ist eine Teildisziplin des Unsupervised Machine Learnings, bei der verschiedene Kombinationen von Merkmalen und Labels in Klassen zusammengefasst werden. Diskrete und/oder kontinuierliche Merkmale bilden dabei die Menge der Eingangsdaten. Die Labels entsprechen den numerischen oder kategorischen Attributen der zugehörigen Ergebniswerte. Innerhalb einer sogenannten Trainingsphase ermittelt ein spezifischer Algorithmus den funktionalen Zusammenhang zwischen den Merkmalen der Eingangsdaten und den dazugehörigen, bekannten Ergebniswerten (**Bild 4**). Das Ergebnis der Berechnung ist ein mathematisches Vorhersagemodell. Dieses Modell beschreibt den funktionalen Zusammenhang zwischen Merkmalen und Labels. Zur Bildung des Modells werden repräsentative, modellbildende Daten ausgewählt. Diese modellbildenden Daten werden in Trainings- und Validierungsdaten partitioniert. Auf Grundlage der Trainingsdaten, bei denen die den Merkmalen zugehörigen Labels einzelner Klassen bekannt sind, wird ein Vorhersagemodell erstellt. Anschließend werden zur Überprüfung des erstellten Modells die Validierungsdaten in das Modell gespeist. Bei den zuvor

partitionierten Validierungsdaten ist das Vorhersagergebnis ebenfalls bekannt. Die Bewertung des Vorhersagemodells erfolgt durch den abschließenden Vergleich der Übereinstimmung zwischen Vorhersage und tatsächlichem Ergebnis. Zur Erhöhung der Genauigkeit bei der Vorhersage wird der Vorgang der Partitionierung bei der Modellbildung mehrmals wiederholt. Die Partition der modellbildenden Daten variiert dabei in den jeweiligen Wiederholungen. Mithilfe des repräsentativen Vorhersagemodells kann schlussendlich die Gesamtdatenmenge analysiert werden. Dabei werden die Merkmale von Daten, deren Labels nicht bekannt sind, in das Vorhersagemodell geladen. Dieses ermittelt auf Basis der Trainingsphase die zugehörigen Labels und ermöglicht so die entsprechende Klassifizierung [15].

Anwendungsbeispiele von Stoffstromanalysen in der Rohstoffindustrie

Stoffstromanalysen sind in der Rohstoffindustrie in verschiedenen Kontexten von Relevanz. Dabei können sowohl die Menge des Stoffstroms als auch seine Zusammensetzung oder Zustand von Interesse sein. Die unterschiedliche Abstrahlung verschiedener Materialien bzw. ihrer Zustände im Infrarotbereich ermöglicht Rückschlüsse auf die Zusammensetzung oder das Mischverhältnis eines Stoffstroms. [5]

Feuchteanalyse von Kraftwerksasche für gleichbleibende Qualität

Im Rahmen eines Projekts wurde der Feuchtegrad eines Stoffstroms analysiert. Ziel des Projekts war es, den Feuchtigkeitsgehalt einer Kraftwerksasche zu bestimm-

¹ Übersetzungen der Fachbegriffe des „Machine Learnings“ sind in der deutschsprachigen Literatur unüblich und werden aus diesem Grund auch innerhalb dieser Publikation nicht verwendet.

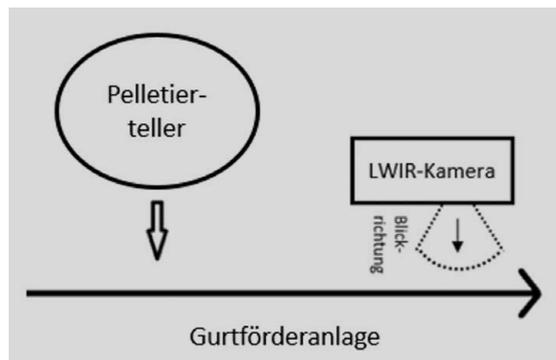


Bild 5: Schematischer Versuchsaufbau [8]

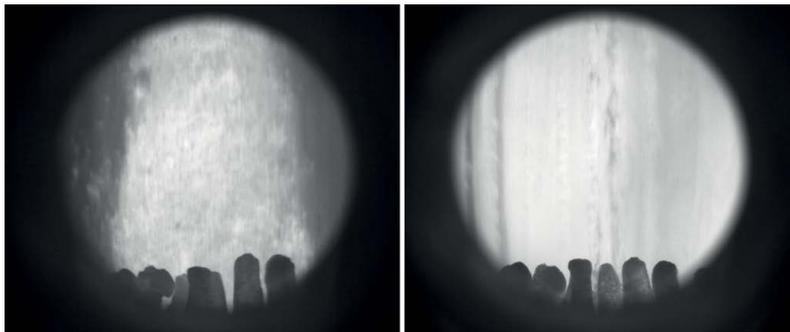


Bild 6: Infrarotaufnahme des Mischguts – links zu feucht und rechts zu trocken

men, um für die Weiterverarbeitung Asche in gleichbleibender Qualität zu liefern. Die Mischung der Asche mit Wasser erfolgt über einen Pelletierteller. Zum Weitertransport fällt das Mischgut auf eine Gurtförderanlage. In Transportrichtung des Gurtförderers ist eine LWIR-Kamera gemäß **Bild 5** montiert. **Bild 6** zeigt Infrarotaufnahmen des Mischguts mit unterschiedlichen Feuchtegehalten. Das linke Bild zeigt zu feuchtes und das rechte Bild zu trockenes Mischgut.

Bei der Analyse werden unter Zuhilfenahme von Bildauswertungsalgorithmen Kennwerte für die jeweiligen Zustände generiert. Durch die Algorithmen wird ein Vektor im mehrdimensionalen Raum erzeugt, welcher die Charakteristik des Stoffstroms beschreibt. Durch Algorithmen des Machine Learnings (hier: k-Nearest-Neighbor) wird der erzeugte Vektor mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit einer definierten Mischgutklasse (zu trocken, gewünschter Feuchtegehalt, zu feucht) zugeordnet [16].

Temperaturanalyse zur Brandvermeidung von Kraftwerksaschen

Ein weiteres Anwendungsbeispiel der Analyse mittels LWIR-Kamera ist die Detektion erhöhter Temperaturen innerhalb eines Stoffstroms. Durch unterschiedliche Temperaturen des gleichen Materials entsteht ein Unterschied in der Strahlungsintensität, welcher durch die LWIR-Kamera registriert werden kann. Über eine entsprechende Bildverarbeitung und -analyse können das heiße Material zuverlässig detektiert, ein Notfallprogramm eingeleitet und Brände vermieden werden [16].

Bestimmung von Bodentypen im Tagebau

Aufbauend auf den Erfahrungen in der Analyse unterschiedlicher Feuchtigkeitsgehalte bei Kraftwerksaschen wurde das Verfahren um die Analyse verschiedener Bodentypen eines Tagebaus erweitert. Zusätzlich zur Analyse mittels LWIR-Kamera wurden zeitgleich AE-Daten an unterschiedlichen Messpunkten akquiriert. Um den Stoffstrom der verschiedenen Bodentypen optimal detektieren zu können, wurde die LWIR-Kamera mittig über dem Förderband angebracht. Die AE-Messstellen wurden an Positionen positioniert, an denen der Stoffstrom einen freien Fall vollzieht und auf eine Prallplatte auftrifft (hier: Bandübergabestellen). Anhand eines Messprotokolls wurden die Bodentypen eindeutig bestimmt und definierten Zeiträumen zugeordnet. Durch das Zusammenfügen unterschiedlicher Kennwerte mittels der Algorithmen und Methoden des Machine Learnings konnten basierend auf Trainingsdaten Vorhersagen hinsichtlich der geförderten Bodentypen sowohl auf Basis der IR- [17] als auch AE-Daten [18] erarbeitet werden. Die Genauigkeit der Vorhersagemodelle lag im Rahmen dieser ersten Machbarkeitsstudie bei knapp über 80 %. Eine zukünftige Kombination der Analysen beider Sensorsysteme erhöht die Wahrscheinlichkeit der richtigen Zuordnung einzelner Bodentypen weiter.

Bestimmung flinthaltiger und -freier Stoffströme im Kalksteinbruch

Nach dem gleichen Prinzip wie im Tagebau wurde für die Erkennung flinthaltiger und -freier Stoffströme ein Versuch innerhalb eines Kalksteinbruchs realisiert. Dabei wurden insgesamt vier AE-Messstellen und eine IR-Messstelle innerhalb der Förderanlage installiert. Dazu wurde eine LWIR-Kamera über einem Förderband angebracht. Die AE-Sensoren wurden an unterschiedlichen Bandübergabestellen appliziert. Durch die Auswertung der generierten Daten sowie die anschließende Verarbeitung in Trainings- und Vorhersagemodellen konnte je nach Klassifizierungsmodell eine Genauigkeit von über 90 % erarbeitet werden.

Weitere Anwendungsfälle

Zukünftig werden am AMT weitere Anwendungsfälle im Fokus der Forschungsarbeiten evaluiert. Konkret werden in naher Zukunft weitere Untersuchungen zur Unterscheidung von Gips- und Anhydritstoffströmen innerhalb eines Forschungsprojekts der industriellen Gemeinschaftsforschung der AiF vorangetrieben. Im Rahmen des derzeit laufenden EU-Forschungsprojekts BlueNodules [19] wird zudem ein Konzept zur Charakterisierung von Manganknollen unter Wasser und Druck basierend auf AE erarbeitet.

Hauptziel am AMT ist die Implementierung eines zuverlässigen, schnellen sowie kostengünstigen Verfahrens zur Stoffstromcharakterisierung in Aufbereitungs-

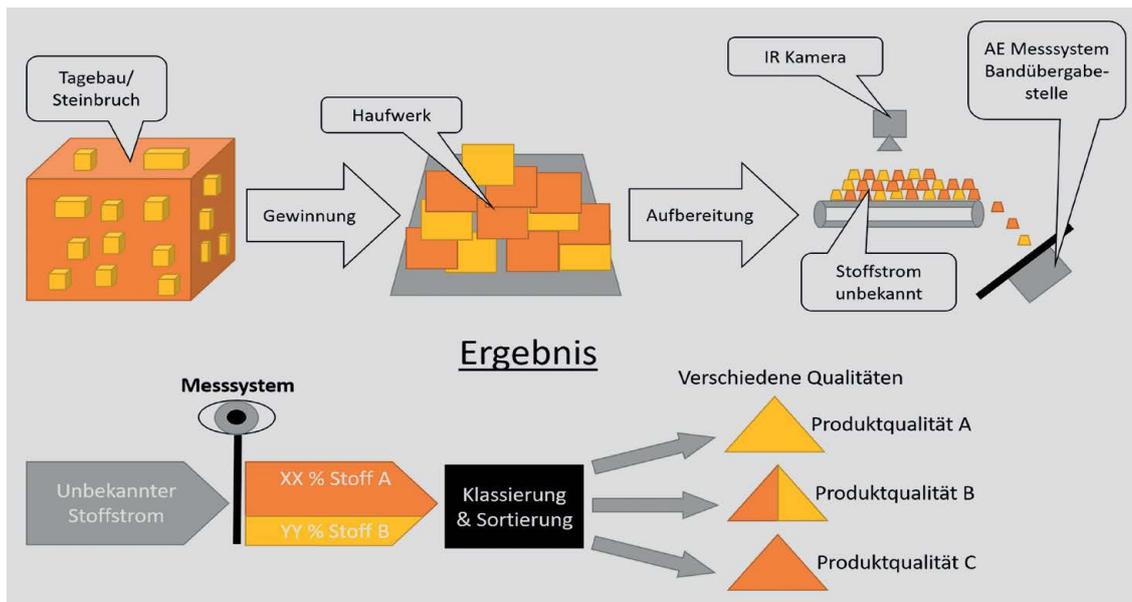


Bild 7: Prozessschaubild und Applikation des Messsystems zur Stoffstromcharakterisierung (schematisch)

und Produktionsanlagen rohstoffproduzierender Industriezweige. Das mittelfristige Ziel ist die Implementierung des Verfahrens in robuste Sensorsysteme. Langfristiges Ziel ist es, ein Echtzeitmesssystem zur Inline-Analyse von Materialströmen mittels AE und LWIR in Aufbereitungs- und Gewinnungsanlagen zu integrieren. **Bild 7** dokumentiert den Prozessausschnitt sowie das potenzielle Ergebnis einer frühzeitigen Charakterisierung mittels eines derartigen Messsystems.

Fazit und Ausblick

Eine qualitative Echtzeitanalyse für Stoffströme in der Rohstoffindustrie bietet das Potenzial zur Effizienzsteigerung für nachfolgende Prozessschritte der Aufbereitung bzw. der bedarfsgerechten Mischung verschiedener Produktqualitäten. Die hier vorgestellten Technologien AE-Analyse (Acoustic Emission) und Infrarotbildanalyse (IR) zeigen sowohl in Laborversuchen als auch bei Demonstrationsversuchen im Feld ihre Leistungsfähigkeit.

Bei den vorgestellten Verfahren wurden basierend auf den jeweiligen Sensordaten zeitintervallbasierte und/oder diskrete Kennwerte gebildet. Dabei werden den Kennwerten einzelne Klassen von Stoffstromzusammensetzungen manuell zugeordnet. Diese Kennwerte mit zugeordneten Klassen werden in Datensätze zum Training eines Lernalgorithmus und zur Verifikation des Trainingsmodells unterteilt. Beide Datenmengen sind dabei überschneidungsfrei. Anschließend erfolgt mit den Trainingsdaten die Erstellung des mathematischen Datenmodells, welches mit den Verifikationsdaten geprüft wird. Als Ergebnis steht am Ende des Lernprozesses ein Datenmodell zur Verfügung, welches neue Sensordaten interpretieren und selbstständig Stoffstromklassen zuordnen kann.

Die Methodik zur Charakterisierung eines Stoffstroms basierend auf AE konnte bereits in unterschied-

lichen Regionen zur Patentreife gebracht werden [20]. Zukünftig gilt es, in länger andauernden Versuchsreihen im industriellen Einsatz die Leistungsfähigkeit hinsichtlich der Langzeitzuverlässigkeit unter Beweis zu stellen. Die Methodik wird dabei am Institute Advanced Mining Technologies der RWTH Aachen im Rahmen von Forschungs-, Entwicklungs- und Technologietransferprojekten mit industriellen Partnern der Rohstoffindustrie weiterentwickelt und erprobt.

Literatur

- [1] Vollmer, M.; Möllemann, K.: Infrared Thermal Imaging. Fundamentals, Research and Applications. Wiley-VCH, Weinheim, 2013.
- [2] Eichtopf, B.; Baltes, R.; Fietz, N.; Nienhaus, K.: Potential Use Cases of LWIR Cameras for Automation and Process Monitoring. 30th Conference on Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management, United Kingdom, 2017.
- [3] Nienhaus, K.; Warcholik, M.; Büschgens, C.; Müller, D.: Belt Positioning and Skewing Revention in Lignite Mining Using Long-Wavelength Infrared Cameras. 12th international Symposium on Continuous Surface Mining (ISCSM), Aachen, 2014.
- [4] Schuster, N.; Kolobrodov, V. G.: Infrarotthermographie. Wiley-VCH, Weinheim, 2004.
- [5] Bartnitzki, T.: Forschung für den Bergbau 4.0. Bergbau, Energie und Rohstoffe 2015. S. 234-240.
- [6] Nienhaus, K.; Pretz, T.; Wotruba, H.: Sensor Technologies: Impulses for the Raw Materials Industry. Shaker, Aachen, 2014.
- [7] Fouad, N.; Richter, T.: Leitfaden Thermographie im Bauwesen. Theorie, Anwendungsgebiete, praktische Umsetzung. Fraunhofer, Stuttgart, 2008.
- [8] Seruby, C. B.: An Introduction to Acoustic Emission. Journal of Physics, 1987.

- [9] Kaiser, J.: Untersuchungen über das Auftreten von Geräuschen bei Zugversuchen. Dissertation, München, 1950.
- [10] Vraetz, T.; Boos, F. D.; Röllinger, D.; Bernet, C.; Büschgens, C.; Balthes, R.; Nienhaus, K.: Potentials and applications of the acoustic emission technology in mining and heavy machinery. In: Tagungsband zum AKIDA 2016. Aachen, 2016, pp. 119-130. – Veröffentlicht auf dem Publikationsserver der RWTH Aachen University.
- [11] Tudeschi, H.; Hertel, H.: Acoustic based granulometric analysis. In: Tagungsband Sensor-Based Sorting 2012, Aachen, GDMB Heft 128, ISBN:978-3-940276-44-5.
- [12] DIN EN 1330-9:2009-09: Zerstörungsfreie Prüfung – Terminologie – Teil 9: Begriffe der Schallemissionsprüfung; Dreisprachige Fassung EN 1330-9:2009. Berlin, 2009.
- [13] Bishop, C. M.: Pattern Recognition and Machine Learning. Springer-Verlag New York Inc., 2006.
- [14] Brink, H.; Richards, J. W.; Fetherlof, M.: Real-World Machine Learning. Manning, 2016. – ISBN 978-1617291920.
- [15] Duda, R. O.; Hart, P. E.; Stork, D. G.: Pattern Classification. Wiley John + Sons, 2000.
- [16] Eichtopf, B.; Wendel, T.; Balthes R.; Nienhaus, K.: Applikationsbeispiele von LWIR Kameras zur Prozessüberwachung und Automatisierung. AKIDA, Aachen, 2016.
- [17] Wendel, T.: Stoffstromanalyse zweier Mischböden unter Zuhilfenahme von Infrarotthermographie. Masterarbeit, Aachen, 2017.
- [18] Vraetz, T.: Entwicklung und Anwendung eines innovativen Konzepts zur Inline-Charakterisierung von Stoffgemischen in kontinuierlichen Massenströmen mittels der Acoustic Emission Technologie. Dissertation, Aachen, 2018.
- [19] Europäische Union: Breakthrough Solutions for the Sustainable Harvesting and Processing of Deep Sea Polymetallic Nodules (Blue Nodules) - Projektnummer: 688975 (Horizon 2020). 2016.
- [20] Nienhaus, K.; Wotruba, H.; Vraetz, T.; Balthes, R.; Boos, F. D.; Neubert, K.; Knapp, H.: Verfahren und Anordnung zur Analyse eines Stoffstroms. Patentveröffentlichungsnummer: PCT/-DE2015/100504, 2015.

Tobias Wendel, M.Sc.

ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institute for Advanced Mining Technologies (AMT), RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland.



Kontakt: twendel@amt.rwth-aachen.de

Dr.-Ing. Tobias Vraetz

ist Project Manager Innovation bei IHC Mining & Tunnelling, Kinderdijk, Niederlande.



Kontakt: t.vraetz@royalihc.com

Dr.-Ing. Ralph Balthes

ist Akademischer Oberrat am Institute for Advanced Mining Technologies (AMT), RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland.



Kontakt: rbalthes@amt.rwth-aachen.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karl Nienhaus

ist Inhaber einer Stiftungsprofessur am Institute for Advanced Mining Technologies (AMT) der RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland.



Kontakt: knienhaus@amt.rwth-aachen.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Elisabeth Clausen

leitet das Institute for Advanced Mining Technologies (AMT) der RWTH Aachen University, Aachen, Deutschland.



Kontakt: eclausen@amt.rwth-aachen.de

Zukunft der Braunkohle nach dem Ausstiegsszenario der Kohlekommission

Prof. Dr. Walter Frenz, RWTH Aachen University, Deutschland

1 Auf den Kernkraftausstieg folgt der Kohleausstieg

Am 26.01.2019 hat die am 6.6.2018 von der Bundesregierung eingesetzte Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“, kurz die Kohlekommission, ihr Ergebnis verkündet: Kohleausstieg bis 2038 bei 40 Mrd. € Strukturhilfen durch den Bund für die betroffenen Regionen während der nächsten 20 Jahre. Dabei werden konkrete Projekte genannt, um den Strukturwandel zu fördern. Es wird als „wünschenswert“ betrachtet, den Hambacher Forst nicht abzuholzen. Dies stößt allerdings schon auf Widerspruch.

In der Tat sind die jetzigen Ergebnisse der Kohlekommission nicht verbindlich, sondern nur Empfehlungen an die Politik, auch wenn die Kommission davon ausgeht, „dass die Bundesregierung die von ihr vorgelegten Empfehlungen zeitnah und voll umfassend umsetzen wird“ und weiter erwartet, „dass spätere Rechtsänderungen beispielsweise des Umwelt- und Planungsrechts das erzielte Ergebnis der Kommission nicht gefährden oder unterlaufen“¹. Damit erhebt die Kommission den Anspruch, die Weichen für den ganzen langen Prozess des Kohleausstiegs nunmehr praktisch abschließend bestimmt zu haben.

Indes können in der Demokratie des Grundgesetzes nicht Kommissionen politische Entscheidungen treffen. Das bleibt immer noch den parlamentarischen Organen und der Exekutive vorbehalten. Diese müssen entscheiden, ob und wie sie den Kohleausstieg vollziehen. Angesichts der aufeinandertreffenden Interessen und Rechtspositionen bedarf es dafür eines Gesetzes. Erst dann stehen der Fahrplan und die Ausgestaltung des Kohleausstiegs im Einzelnen fest.

Wegen der tiefgreifenden Einschnitte in die wirtschaftlich fest geplanten Aktivitäten der Energieunternehmen kann sich dabei der Gesetzgeber nicht auf Eckpunkte beschränken, sondern muss näher festlegen, wie der Kohleausstieg vonstattengehen soll und vor allem in welchem Umfang Entschädigungen geleistet werden sollen. Schließlich werden solche auch für den Atomausstieg geleistet, soweit Kraftwerke keine Amortisationsphase von 30 Jahren abschließen können bzw. Vertrauensschutz durch rechtlich begründete Erwartungen entfalten konnten. Dabei ist Kohleverstromung gerade keine Hochrisikotechnologie wie die Kernkraftnutzung in den Worten des Bundesverfassungsgerichts

Die Kohlekommission hat ihren Abschlussbericht vorgelegt und damit den Kohleausstieg in Deutschland bis 2038 „in Marsch“ gesetzt. Dieser Artikel behandelt den Kohleausstieg, die Energiewende, den Strukturwandel und die Zukunft des Tagebaus Hambach aus rechtlicher Sicht.

Bergbau • Braunkohle • Kohleausstieg • Energiewende • Strukturwandel • Deutschland

und daher nicht so einfach in der Laufzeit zu verkürzen; für die Neuregelung des Atomstroms sollte dafür nach dem Bundesverfassungsgericht ein geändertes Risikobewusstsein in der Bevölkerung genügen². Entschädigungszahlungen sind auch im Abschlussbericht³ der Kohlekommission vorgesehen.

2 Maßgebliche Eckpunkte und erste Folgerungen

2.1 Anerkennung und Wahrung der Belange der Beschäftigten

Die grundlegenden Eckpunkte werden von der Kommission sogleich am Anfang ihres Berichts benannt: Sie betont den entscheidenden Anteil der Kohleverstromung „an der wirtschaftlichen Entwicklung Deutschlands zu einer weltweit führenden Industriena-tion. Erbracht haben diese Leistung in erster Linie die Beschäftigten in der Braun- und Steinkohlewirtschaft. Diese haben die Kohleregionen über Generationen nicht nur wirtschaftlich, sondern auch sozial und kulturell entscheidend geprägt. Diese Entwicklung hat den Regionen wirtschaftliche Prosperität und Wohlstand gebracht und zugleich auch den dort lebenden Menschen große Opfer abverlangt. Der hohe Anteil industrieller Produktion an der Wertschöpfung in Deutschland basiert auf einer zuverlässigen, bezahlbaren Energieversorgung, aber auch auf integrierten Wertschöpfungsketten, Unternehmegerist sowie einem hohen technischen Know-how der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer infolge einer guten Ausbildung“⁴.

Damit wird die Grundlage für Strukturhilfen in den entsprechenden Regionen gelegt. Schließlich kann

1 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 8

2 BVerfG, Urt. v. 6.12.2016 – 1 BvR 2821/11 u.a., NJW 2017, 217 Rn. 308.

3 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 72 ff.

4 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 1 auch für das Folgende.

es nicht sein, dass über Jahrzehnte schwere Opfer und harte Arbeit erbracht wurden und nun wegen einer geänderten Perspektive für die Kohleverstromung ein Fall ins Bodenlose erfolgt. Daher verlangt die Kommission den Erhalt und die Schaffung „*neuer guter, tarifvertraglich abgesicherter Arbeitsplätze in den betroffenen Regionen*“.

2.2 Regionale Fortentwicklung und Auffangen der Folgelasten

Tieferliegend geht es um den „*Erhalt und die Weiterentwicklung der Kohlereviere zu weiterhin lebenswerten attraktiven Regionen*“, wozu mehrere Komponenten gehören: Die vom Tagebau betroffenen Gemeinden benötigen neue Perspektiven. Die Vorteile und Lasten müssen ausgewogen verteilt werden. Dazu müssen neue Geschäftsmodelle aufgebaut werden können. Nur so lassen sich die vorstehend aufgezeigten neuen Arbeitsplätze schaffen und die außerhalb der Kohle liegenden erhalten. Gewerbe, Handwerk, Handel und Dienstleistungen sowie die Industrie müssen wettbewerbsfähig bleiben und die „*erheblichen Folgekosten der Braunkohleverstromung auch langfristig auf dem vorhandenen hohen Niveau abgesichert werden*“. Damit wird deutlich, dass infolge der verkürzten Laufzeiten der Braunkohlentagebaue und der Kraftwerke nicht die Gelder erwirtschaftet werden können, welche für die Bewältigung der Folgekosten der Braunkohleverstromung auf hohem Niveau benötigt werden.

Daher wird auch nicht vom umweltrechtlich vorgegebenen und daher generell zu verwirklichenden Verursacherprinzip abgewichen, wenn eine staatliche Unterstützung erfolgt. Die Tagebaue waren so kalkuliert, dass sie eine solch lange Laufzeit haben, dass die Folgekosten in vollem Umfang bewältigt werden können. Wird nun die Laufzeit politisch verkürzt, liegt darin die Ursache, dass eine hinreichende Erwirtschaftung nicht mehr möglich ist. Deshalb ist es nur konsequent, wenn die so entstehenden Finanzlücken die öffentliche Hand und damit letztlich der Steuerzahler schließen. Dies kann nicht Unternehmen zugemutet werden, welche nunmehr nur noch eine verminderte Nutzungsdauer zur Verfügung haben. Es werden von außen laufende wirtschaftliche Prozesse, die bislang Gewinne abwarfen und nicht in hohem Maße subventionsbedürftig waren, unterbrochen. Daher könnte ein Nachsorgefonds Braunkohle teilweise von Steuergeldern gespeist werden. Sie würden die durch den unabsehbaren, raschen Kohleausstieg zusätzlich anfallenden Nachsorgekosten auffangen.

Die schon aufgrund des regulären Betriebsablaufs anfallenden Nachsorgekosten müssen allerdings von den Unternehmen getragen und finanziert werden. Dies hat die Kommission⁵ für die atomare Nachsorge in einem Beihilfeprüfverfahren deutlich betont. Insoweit ist wegen der nunmehr auslaufenden Erträge aus der

5 Europäische Kommission, Beschl. v. 16.6.2017, SA 45296.

Braunkohleverstromung zu überlegen, nicht nur Bürgerschaften etc. ausreichen zu lassen, sondern eine tatsächliche Sicherheitsleistung zu verlangen, welche auf jeden Fall abgerufen und als durchgehend gesichert angesehen werden kann.

2.3 Sichere und bezahlbare Stromversorgung

Als weiterer Eckpunkt für den Kohleausstieg, der über einzelne Regionen hinausweist, wird eine „*sichere und bezahlbare Versorgung mit Strom und Wärme zu jedem Zeitpunkt*“ genannt. Das entspricht den Vorgaben des nationalen Energiewirtschaftsgesetzes wie auch der EU-Energiepolitik (Art. 194 AEUV). Darin liegt die Basis dafür, dass die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Industrie sichergestellt bleibt. „*Deutschland setzt auch in Zukunft auf diese Industrien und muss daher sichere Rahmenbedingungen weiterhin erhalten. Da durch die Reduzierung und Beendigung der Kohleverstromung zusätzliche Belastungen für die Wertschöpfung entstehen, müssen diese durch effektive Maßnahmen ausgeglichen werden*“, wie die Kohlekommission betont. Damit wird das Zieldreieck der ökonomischen, sozialen und ökologischen Belange zugrunde gelegt, wie es dem Gesamtziel einer nachhaltigen Entwicklung entspricht. Auch das EuG⁶ betonte, dass Klimaschutz unter Erhalt der vorhandenen, international ausgerichteten Industrien und Wirtschaftszweige erfolgen sollte. Was für den Emissionshandel rechtlich vorgegeben wurde, hat auch für den Kohleausstieg zu gelten. Hinzu kommt für die Klimakommission der Aspekt, dass „*die großen Chancen durch neue Technologien und Geschäftsmodelle erkannt und genutzt werden*“⁷. Was durch den Kohleausstieg wirtschaftlich verloren geht, soll durch den Fortschritt mit anderen Konzepten zumindest teilweise kompensiert werden.

2.4 Soziale Ausgewogenheit

Bezahlbare Strompreise bilden auch eine wesentliche Komponente einer sozial ausgewogenen und gerechten Verteilung der Vorteile und Belastungen, welche die Kohlekommission gleichfalls betont. Eine solche Verteilung ist aber generell sicherzustellen. Sie bildet die Basis dafür, dass „*die Beendigung der Kohleverstromung und die Energiewende auch in Zukunft von der Gesellschaft mitgetragen werden*“. Schließlich geht es um einen tiefgreifenden Umbau der Gesellschaft wie auch gewachsener wirtschaftlicher Strukturen und Wertschöpfungsketten, sodass „*in einem übergreifenden Sinn*“ eine gerechte Gestaltung notwendig ist⁸.

Damit wird einerseits deutlich, wie sehr die Beendigung der Kohleverstromung und die Energiewende

6 EuG, Urt. v. 23.11.2005 – T-178/05, ECLI:EU:T:2005:412, Rn. 60 – Vereinigtes Königreich/Kommission; näher Frenz, in: ders. u.a., EEG, 5. Aufl. 2018, § 1 Rn. 59 f.

7 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 7.

8 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 7.

hergebrachte Strukturen verändern werden. Andererseits folgt daraus, dass diese tiefgreifende Umwandlung unter Mitnahme aller Interessengruppen und Bevölkerungsschichten erfolgen muss, um soziale Konflikte zu vermeiden. Nur so kann das in Deutschland 70 Jahre lang erfolgreich verwirklichte Modell der sozialen Marktwirtschaft, die inzwischen zu einer sozialen ökologischen Marktwirtschaft erweitert wurde, beibehalten werden und den gesellschaftlichen Konsens in Grundfragen weiterhin sichern. Daher können keine abrupten Umsteuerungen erfolgen, sondern diese müssen langfristig konzipiert und sozial eingehegt werden.

2.5 Energiewende

Zentrale Bedeutung hat der Kohleausstieg natürlich für die Energiewende. Der Kommissionsbericht greift auf, dass die Klimakonferenz in Kattowitz im Dezember 2018 nochmals betonte, dass die Erderwärmung im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter deutlich unter 2°C, möglichst aber nur 1,5°C ansteigen darf, um die schädlichen Auswirkungen des Klimawandels zu begrenzen. Deutschland hat sich schon das Ziel gesetzt, bis 2050 eine weitgehend treibhausgasneutrale Wirtschaft und Gesellschaft zu erreichen. Dazu sind alle Sektoren gefordert und vor allem die Energiewirtschaft; deren CO₂-Emissionen sollen bis 2030 auf 175 bis 183 Mio. t CO₂-Äquivalent zurückgehen und damit gegenüber 1990 um 61 bis 62% sinken⁹. Die weltweite Beendigung der Kohleverstromung erscheint der Kommission zentral¹⁰; Deutschland müsse hier mit gutem Beispiel vorangehen und könnte so eine Vorbildfunktion entfalten – entsprechend seiner Rolle „als Vorreiter und Innovationsmotor der Energiewende“¹¹. Zugleich betont die Kommission den Chancencharakter dieses Wegs, indem nämlich „Deutschland seine Chancen auf diesem Feld entscheidender Schlüsseltechnologien für das 21. Jahrhundert sichern kann“¹².

2.6 Fehlende Benennung der Kohle als Reserveenergie

Nicht näher geht die Kohlekommission darauf ein, dass der Kohle bisher eine zentrale Rolle als Reserveenergie beigemessen wurde. Da nunmehr auch der Ausstieg aus der Kernenergie aktuell wird, stellt sich die Frage, wie die wegfallende Kohleverstromung ausgeglichen werden soll. Zwar erfolgt der Kohleausstieg gestuft. In dem decken die erneuerbaren Energien nicht 100% der deutschen Energieversorgung ab. Damit stellt sich die Frage, woher die Reserveenergie genommen werden soll. Hierzulande bleiben dann praktisch nur noch Gaskraftwerke. Vermögen auch sie in Phasen, in denen die

Sonne nicht scheint und der Wind nicht weht, keine ausreichende Reserveenergie bereitzustellen, bleibt nur der Import, solange Energie nicht effizient gespeichert werden kann.

Die EU-Kommission betont, dass unionsweit genügend Energie zur Verfügung stehe. Diese Energie kommt aber zu einem großen Teil aus Kohle- und Kernkraftwerken. Die daraus entstammende Energie kann auch nach Deutschland geliefert werden. Sie unterliegt der primärrechtlichen Garantie der Warenverkehrsfreiheit. Dies kann im Ergebnis dazu führen, dass in Deutschland die Kohlekraftwerke abgeschaltet werden, wir aber gleichwohl weiterhin Kohlestrom verbrauchen, nur nicht mehr aus Deutschland, sondern aus Polen und Tschechien. Weitergehend ist es denkbar, dass Reservestrom von Atomkraftwerken in Frankreich und auch in Belgien kommt, obwohl gerade für Letztere erhebliche Sicherheitsbedenken hierzulande vorgebracht werden. Diese ändern aber nichts an der Garantie der Warenverkehrsfreiheit zugunsten der belgischen Stromlieferanten.

An dieser Option wird sich voraussichtlich auch in Zukunft nichts ändern. Die Europäische Union darf nämlich den Energiemix der Mitgliedstaaten im Rahmen der Energiepolitik gar nicht antasten und im Rahmen der Umweltpolitik nur einstimmig (Art. 194 Abs. 3 und Art. 192 Abs. 2 lit. c) AEUV). Es ist aber nicht zu erwarten, dass Polen für die Abschaffung von Kohlestrom und Frankreich für die Abschaffung von Atomstrom votieren werden. Damit steigt zwar Deutschland aus diesen beiden Energieträgern aus, nicht aber die ganze Europäische Union.

3 Konkrete Maßnahmen

Auf der Basis der vorgenannten Eckpunkte werden nach tiefergehender Ausbreitung grundsätzlicher Überlegungen zahlreiche konkrete Maßnahmen benannt. Dies ist im Einzelnen dem Abschlussbericht der Kommission zu entnehmen, der einschließlich Anlagen 336 Seiten umfasst. Insbesondere werden sehr ausgedehnt Perspektiven für bestehende, neue und zukunftssichere Arbeitsplätze aufgezeigt, sowohl im Grundsätzlichen als auch für die einzelnen Reviere bis hin zu ganz konkreten Maßnahmen und deren Institutionalisierung. Für die Lausitz werden zahlreiche Cluster angedacht¹³. Auch für das Rheinland werden diversifizierte Maßnahmen in den Raum gestellt und der Zuständigkeit der Zukunftsagentur Rheinisches Revier zugewiesen¹⁴.

Damit steht der Kohleausstieg als solcher fest. Es geht nur um die Abfederung durch Ausgleichsmaßnahmen. Dabei sind Förderprogramme vorgesehen. Diese müssen allerdings den beihilferechtlichen Vorgaben der Europäischen Union entsprechen und sind insoweit sorgfältig abzugleichen; Schwierigkeiten werden insoweit vor allem für kleinere und mittlere Unternehmen

9 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 22 unter Verweis auf den Klimaschutzplan 2050 nach dem Kabinettsbeschluss v. 14.11.2016.

10 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 6.

11 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 7.

12 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 7.

13 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 87 f.

14 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 90.

(KMU) gesehen, welche die Wirtschaftsstruktur in den ostdeutschen Regionen prägen¹⁵.

4 Folgen für den Tagebau Hambach

Konkrete Konsequenzen werden auch für den Tagebau Hambach angesprochen. „Die Kommission hält es für wünschenswert, dass der Hambacher Forst erhalten bleibt“¹⁶. Darüber kann allerdings nicht die Kommission entscheiden. Sie hat auch nur einen Wunsch geäußert. Letztlich wird darüber die Rechtsprechung befinden. Nach dem Beschluss des OVG Münster¹⁷ vom 05.10.2018 darf der Hambacher Forst vorerst nicht gerodet werden. Für das anhängige Hauptsacheverfahren ist entscheidend, ob der Hambacher Forst, obwohl nicht formal als Habitatschutzgebiet ausgewiesen, faktisch als solches zu behandeln ist, weil die in ihm angesiedelten Bechsteinfledermauskolonien besonders wertvoll sind und daher gegebenenfalls eine notwendige Nachmeldung des Gebiets begründet hätten. Eine solche muss sich aber nach der Rechtsprechung des Bundesverwaltungsgerichts¹⁸ aufzwingen, damit die Maßstäbe des Habitatschutzrechts Anwendung finden. Ob dies der Fall ist, muss zunächst das Verwaltungsgericht Köln und dann gegebenenfalls das gegen dessen Entscheidung angerufene Oberverwaltungsgericht Münster entscheiden, bis womöglich das Bundesverwaltungsgericht in Leipzig ein abschließendes Urteil trifft – gegebenenfalls nach Zwischenstation beim Europäischen Gerichtshof.

5 Ausblick

Die Kohleverstromung ist zum Auslaufmodell bis 2038 geworden. Die Weichenstellung ist faktisch vollzogen.

- 15 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 118 f.
 16 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 73.
 17 OVG Münster, Beschl. v. 5.10.2018 – 11 B 1129/18.
 18 BVerwG, Urt. v. 28.4.2016 – 9 A 9.15, BVerwGE 155, 91 (Rn.99).

Die Politik wird sich dem Votum der Kohlekommission voraussichtlich anschließen. Allerdings kann sie durchaus noch Feinjustierungen vornehmen, welche einzelne Punkte modifizieren. Schließlich werden rechtliche Entscheidungen nicht durch Kommissionen getroffen, sondern durch die vom Volk gewählten Organe. Der nähere Rahmen wird in einem Gesetz festgelegt werden, welches den Kohleausstieg näher ordnet. Dann erst wird Gewissheit bestehen, wie die Ausgestaltung näher erfolgt. Daher bleibt das Thema des Kohleausstiegs noch länger aktuell. Das gilt auch für die Fortdauer des Tagebaus Hambach, über die durch die Kohlekommission nicht entschieden wurde. Hier werden die Gerichte abschließende Festlegungen treffen, wenn sich nicht RWE von sich aus zurückzieht – gegebenenfalls in Einigung mit den politischen Organen, wie sie auch bei der vorzeitigen Abschaltung von sieben Kohlekraftwerken durch eine Vereinbarung von 2015 erfolgte¹⁹. Für die Stilllegung von Kraftwerkskapazitäten werden solche einvernehmlichen Lösungen auch von der Kommission empfohlen.²⁰

19 Näher dazu Frenz, RdE 2016, 1.

20 Abschlussbericht der Kohlekommission, S. 72.

Univ.-Prof. Dr. jur. Walter Frenz

leitet das Lehr- und Forschungsgebiet Berg-, Umwelt- und Europarecht an der RWTH Aachen University, Deutschland.



Kontakt: frenz@bur.rwth-aachen.de

Dokumentation der technischen Entwicklung bei der RAG



- 1: Technikentwicklung und Forschung bei der RAG
- 2: Technikentwicklung im Abbau*
- 3: Technikentwicklung in der Vorleistung*
- 4: Technikentwicklung in der Logistik*
- 5: Technikentwicklung in der Grubensicherheit – Band 1* / Band 2
- 6: Management- und Bildungssysteme für technische Prozesse*
- 7: Entwicklung des Markscheidewesens – Planung und Gewinnung
- 8: Entwicklung des Markscheidewesens – Auswirkungen und Bergbaufolgen

* bereits im GeoResources Verlag erschienen

Weitere Informationen und Bestellung:

<https://www.georesources.net/index.php/publications> oder vertrieb@georesources.net

NEU

19. KBU im Februar 2019 in der RWTH Aachen – konstruktive Diskussion zum Kohleausstieg

Sascha Ohlenforst, Lehrgebiet Berg-, Umwelt- und Europarecht, RWTH Aachen, Aachen, Deutschland

Im Auftrag der Bundesregierung erarbeitete die Kohlekommission seit Juli 2018 ein Konzept für den Kohleausstieg, das Klimaschutz, Wirtschaftswachstum und Arbeitsplatzschutz integrieren sollte. Ist dies mit dem im Abschlussbericht vom 26. Januar 2019 veröffentlichten Empfehlungen gelungen? Der Bericht wirft eine Reihe von Fragen auf, mit denen sich das 19. Kolloquium zu Wirtschaft und Umweltrecht (KBU) in der RWTH Aachen am 5. Februar 2019 kurz nach der Veröffentlichung befasste.

Wirtschaftliche und rechtliche Perspektive

Die globale Erwärmung und der Klimaschutz gehören zu den dominierenden Themen des 21. Jahrhunderts. Das Klimaschutzziel 2020 wird Deutschland voraussichtlich verfehlen. Auch die Ziele der Pariser UN-Klimakonferenz rücken in weite Ferne. Folglich spielt der Klimaschutz eine gewichtige Rolle beim Kohleausstieg, wie Prof. Dr. Walter Frenz in seiner Einführung zum Abschlussbericht der Kohlekommission deutlich machte. Doch was bedeutet der Ausstieg aus der Kohleverstromung für den Wirtschaftsstandort NRW? Dr. Lothar Mahnke, Geschäftsführer der agit mbH Aachen, referierte vor allem zur Sozial- und Wirtschaftsverträglichkeit des bevorstehenden Kohleausstiegs.

Um den Kohleausstieg zu gestalten, plädierte Prof. Dr. Thomas Schomerus für eine umfassende Bergrechtsreform. Gegenstand dieser Reform solle nicht nur ein eigenständiges Kohleausstiegsgesetz sein, sondern auch eine nachhaltigere Ausrichtung des BBergG. Der Kohleausstieg sei nach Ansicht von Schomerus in die Zweckbestimmung des BBergG zu integrieren. Als Vorbild für ein Kohleausstiegsgesetz könne hierbei das Atomgesetz fungieren, das vornehmlich auf ordnungsrechtliche Instrumente, insbesondere Laufzeitbeschränkungen, zurückgreife.

Doch können Kohlekraftwerke entschädigungsfrei stillgelegt werden? Prof. Dr. Tilman Cosack bejahte dies, sofern eine Amortisation der Investitionen gegeben sei. Zwar besitze Kohle keine zwingende Bedeutung zur Aufrechterhaltung der Versorgungssicherheit mehr, indes kann sie nach § 13 EnWG als Reserveenergie fungieren. Demnach können Kohlekraftwerke in Sicherheitsbereitschaft treten, wodurch sie trotz vorläufiger Stilllegung kurzfristig – aus Gründen der Versorgungs-

Wenige Tage nach Veröffentlichung des Abschlussberichts der Kohlekommission wurde beim 19. Kolloquium zu Wirtschaft und Umweltrecht (KBU) in der RWTH Aachen kontrovers, aber konstruktiv über den Kohleausstieg diskutiert.

Bergbau • Kohleausstieg • Politik • Klimaschutz • Naturschutz • Wirtschaft • Arbeitsplätze

sicherheit – wieder in Betrieb genommen werden dürfen. Erschwert werde dies jedoch durch die StrombinnenmarktVO, die nationale Kapazitätsmärkte nur noch sehr eingeschränkt ermögliche.

Zukunft des Tagebaus Hambach?

Mit Beschluss des OVG Münster vom 5. Oktober 2018 ist die aufschiebende Wirkung der Klage des BUND gegen die Zulassung des Hauptbetriebsplans für den Tagebau Hambach wiederhergestellt worden. Dieser Beschluss, so Frenz, deutet darauf hin, dass bei Annahme eines potenziellen Habitatschutzgebiets im Hambacher Forst kein weiterer Braunkohlenabbau mehr erfolgen wird. Dies beeinträchtigt das Vertrauen in Genehmigungsentscheidungen für Großprojekte, zumal der Hambacher Forst vom Land NRW nicht als Habitatschutzgebiet an die Kommission gemeldet wurde. Das System der Habitatschutzrichtlinie sehe eine nachträgliche gerichtliche Festlegung von Habitatschutzgebieten nur dann vor, wenn es zu einer offensichtlichen Falschmeldung vonseiten der Mitgliedstaaten gekommen ist. Insofern wird die endgültige Rechtsprechung im Fall Hambach auch eine Leitentscheidung zur Gewaltenteilung im Habitatschutzrecht nach sich ziehen. Um die Interessen des Habitat- und Artenschutzes mit denen der unternehmerischen Planungssicherheit in Einklang zu bringen, schlug Frenz eine stärkere Berücksichtigung des grundrechtlich fundierten Vertrauensschutzes vor. Der Abbau solle sich zunächst auf bereits ausgewiesene Flächen beschränken, die anschließend nach einem formellen Änderungsantrag erweitert werden können.

Massendemonstrationen im Hambacher Forst

Am Hambacher Forst entzündet sich zurzeit auch ein symbolischer Streit um die globale Umwelt- und

Klimapolitik. Die aufgeheizte Stimmung sorgt dafür, dass mitunter die Grenzen des legitimen Protests überschritten werden. Militanter Aktivismus im Hambacher Forst, der sich auch aus dem Ausland rekrutiert, stellt die Polizei vor neuartige Herausforderungen. Gewaltbereite Aktivisten gefährden nicht nur das Leben und die Gesundheit anderer, sondern im Zuge von Sabotagen auch sich selbst, beispielsweise beim Versuch, einen Strommast abzusägen, oder beim Abseilen oberhalb von Eisenbahnstromleitungen. Dennoch stellte Dirk Weinspach, Aachener Polizeipräsident, ausdrücklich klar, dass es seiner Behörde um Differenzierung im Umgang mit den Demonstranten gehe. Das Konzept der Polizei beruhe zum einen auf Dialog, zum anderen auf intensiver Ermittlungsführung und Strafverfolgung. Vom Abschlussbericht der Kohlekommission erhofft sich Weinspach eine Versachlichung der Debatte. Auch er selbst sei von persönlichen Anfeindungen vonseiten der sogenannten Aktivisten betroffen.

Fallen die neuartigen Protestformen, zu denen das Errichten von Protestlagern und Baumhäusern zählt, noch unter den Versammlungsbegriff? Prof. Dr. Alexander Schink stimmte der Einschätzung der Verwaltungsgerichte zu, die dies verneinten. Den Beschluss des VG Aachen hingegen, wonach eine für den 6. Oktober 2018 angesetzte Versammlung mit bis zu 50.000 erwarteten Teilnehmern nicht untersagt werden durfte, bewertete Schink kritisch. Die Sicherheitsbedenken der Polizeibehörde haben sich seiner Ansicht nach darin bestätigt, dass es tatsächlich zur Stilllegung des Schienen- und Autobahnverkehrs gekommen sei. Ebenso haben die Teilnehmer auch versucht, sich der Abbruchkante zu nähern.

Habitatschutz und FFH-Gebietsmeldung für Hambacher Forst?

Frenz wies in seinem Vortrag darauf hin, dass eine nachträgliche gerichtliche Festlegung von Habitatschutzgebieten nur dann rechtmäßig sei, wenn eine offensichtliche Falschmeldung vonseiten der Mitgliedstaaten vorliege. RA Dirk Teßmer, unter anderem auch Anwalt des BUND, vertritt die Auffassung, dass dies beim Hambacher Forst der Fall war. Anders als der Hambacher Forst sei nämlich der Nörvenicher Wald als Habitatschutzgebiet gemeldet worden. Zum Zeitpunkt der FFH-Gebietsmeldung beherbergte der Nörvenicher Wald nach damaligem Kenntnisstand nur acht Individuen der Bechsteinfledermaus, der Hambacher Forst hingegen 35. Seiner Ansicht nach seien die fachlichen Kriterien zur FFH-Gebietsauswahl vom Land NRW außer Kraft gesetzt worden. Stattdessen habe sich unrechtmäßig der Bestandschutz des Tagebaus Hambach durchgesetzt. Teßmer beruft sich hierbei auf eine Auskunft der Landesregierung aus dem Jahre 2013, wonach die FFH-Richtlinie einst bewusst nicht auf Altprojekte im laufenden Abbaubetrieb angewendet worden sei. Nach der Rechtsprechung des EuGH sei dies, so Teßmer, unzulässig. Sein Fazit: Der Hambacher Forst

müsse im Interesse des Natur- und Artenschutzes sowie des Klimaschutzes bestehen bleiben; die Abbaumengen sollten überdies reduziert werden.

Entwicklungen nach dem Kohleausstieg

Nach dem Kohleausstieg stellen sich zwangsläufig Fragen der Wiedernutzbarmachung von Bergbauflächen einschließlich der Altlastensanierung. RA Dr. Michael Terwiesche behandelte die Frage, was kommt, wenn der Bergbau geht. Grundlage für die bergbauliche Nachsorge bildet der Abschlussbetriebsplan. Diesem folgend können Bergwerksunternehmen nach dem Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen als Sektorenauftraggeber gelten. Entscheidend sei, so Terwiesche, ob sich die Unternehmen ober- oder unterhalb der EU-Schwellenwerte für Sektorentätigkeiten befinden. Nur für Unternehmen oberhalb der Schwellenwerte ergäben sich verfahrensrechtliche Besonderheiten. Die Bergbehörde sei hingegen ein öffentlicher Auftraggeber und an das gesamte Vergaberecht gebunden.

Zum Abschluss des Kolloquiums wurde von Frenz ausgiebig diskutiert, ob der Kohleausstieg einen effektiven Beitrag zum Klimaschutz leisten könne. Weder das Umweltstaatsziel noch die grundrechtliche Schutzpflicht für Leben und Gesundheit schreiben nämlich einen Kohleausstieg vor. Auch nach der Klimakonferenz von Kattowitz könne jeder Staat eigenständig über seine Maßnahmen zum Klimaschutz entscheiden. Erfolg versprechend seien nach Frenz vor allem die in Kattowitz beschlossenen finanziellen Unterstützungen für den Klimaschutz in Entwicklungsländern. Diese üben seiner Ansicht nach einen größeren Effekt auf das Weltklima aus als der deutsche Kohleausstieg.

Resümee

Der Kohleausstieg wurde und wird in Politik und Gesellschaft eifrig diskutiert. Folglich ergaben sich auch während des 19. KBU spannende und kontrovers geführte Debatten. Ungeachtet der unterschiedlichen Standpunkte der rund 70 Teilnehmer blieben die Diskussionen stets sachorientiert und konstruktiv. Insofern leistete das Kolloquium einen Beitrag zur Versachlichung der Kohleausstiegsdiskussion. Die sich aus dem Kolloquium ergebenden Fragestellungen können bereits am 9. Juli, anlässlich des 20. Aachener Altlasten- und Bergschadenkundlichen Kolloquiums, vertieft werden. Die Fragestellung wird dann sein, wie der Kohleausstieg konkret gestaltet werden soll.

Sascha Ohlenforst

ist studentische Hilfskraft im Lehr- und Forschungsgebiet Berg-, Umwelt und Europarecht der RWTH Aachen, Aachen, Deutschland.

Kontakt:

ohlenforst@bur.rwth-aachen.de

How to raise the value of your knowledge by sharing it.

27. & 28.06.2019
(Excursion: 29.06.2019)

Hotel Estrel Berlin
Sonnenallee 225, Berlin,
Germany

Registrieren Sie sich
jetzt online!

WWW.THE-MININGFORUM.COM

 MINING
FORUM 2019

Foto: G. Steffens, Deutsches Bergbau-Museum Bochum

Symposium FreiBERGbau

Rohstoffabbau und Spezialverfahren unter Tage

4. INTERNATIONALES FREIBERGER FACHKOLLOQUIUM

Mittelständischer Bergbau

Anforderungen & Möglichkeiten der modernen Rohstoffgewinnung
1. - 2. Oktober 2019

Themenkomplexe:

- Genehmigungsverfahren und Finanzierungsmodelle
- Anforderungen an neue Infrastrukturkonzepte
- Anpassung und Optimierung der Abbautechnologien
- Optimierung von Förderung und Transport, Geräteauswahl
- Sensorik und Datenauswertung, IT-Infrastruktur
- Vernetzung und Automatisierung
- Öffentliche Akzeptanz der Rohstoffgewinnung



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
BERGAKADEMIE FREIBERG

Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

REGISTRATION
&
INFORMATION
freibergbau.tu-freiberg.de

Organisation & Kontakt:
Institut für Bergbau und Spezialtiefbau
Toni Müller, Tobias Krichler
Fuchsmühlenweg 9

09599 Freiberg/ Sachsen



Polymerstabilisierende Geoinjektion – PSGi®

- Injektionsmittel
- Anwendungstechnik
- Zubehör



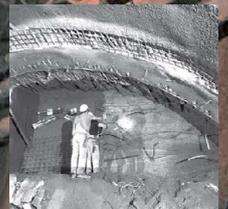
Abdichten



Verfestigen



Verfüllen



bauma
APRIL 8-14, 2019, MUNICH

TEASER



Wir freuen
uns auf Sie:

**HALLE C3
STAND 436**

Produktion und Vertrieb:

TPH Bausysteme GmbH
Nordportbogen 8
22848 Norderstedt
Tel. + 49 (0) 40 / 52 90 66 78-0
Fax + 49 (0) 40 / 52 90 66 78-78

GEO RESOURCES

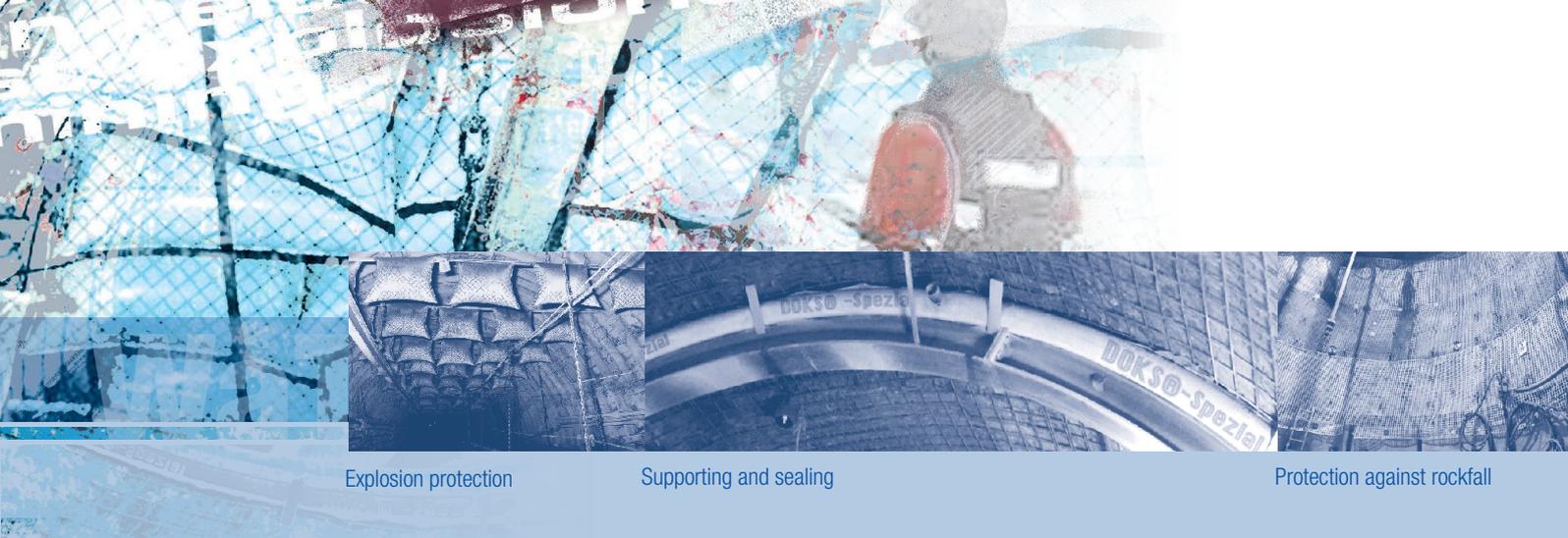
Supplement

Resources, Mining, Tunnelling, Geotechnics – Equipment and Services



MARKET PLACE 2.0





Explosion protection

Supporting and sealing

Protection against rockfall

THE ART OF SAFE AND ECONOMICAL SUPPORT

MINING. TUNNELING. INDUSTRY.

 **Dr. Klaus Schulte GmbH**
Chemisch Technische Fabrikation

Kleyer Weg 40, 44149 Dortmund, Germany
Phone: +49 231 9650660 www.doks-schulte.de



Imprint

GeoResources Market Place

2. Year. Supplement. Mining, Tunnelling, Geotechnics. Equipment and Services.
Date of publication: 24.03.2019
Frequency of publication: on demand

Purchase Price:

Online and printed issues are free of charge.

Editorship:

Dipl.-Ing. Manfred König
mobile: +49 172 244 16 16
email: mk@georesources.net
Dr.-Ing. M.A. Katrin Brummermann
mobile: +49 151 70 888 162
email: kb@georesources.net

Media and Advertising:

email: advertising@georesources.net
mobile: +49 1523 70 39 111

Production/Layout/DTP:

Herbert Stimper
email: hs@georesources.net
Gudrun Klick
email: info@gudrun-klick.de
www.grafklick.de

Printing house:

Kiess und Makossa Mediengruppe GmbH,
Gelsenkirchen, Germany

Published by:

GeoResources Portal Manfred König
Oleanderweg 12,
47228 Duisburg
mobile: +49 172 244 1616
phone: +49 2841 60 789 67
email: press@georesources.net

Copyright:

All rights reserved ©GeoResources Portal, Duisburg, www.georesources.net

No part of this journal may be reproduced in any form by photostatic copy, microfilm or another process without the permission of the copyright owner or utilized in a form resulting from machines or data processing systems. Science and non-commercial instruction represent exceptions. Notification of use is appreciated. The contents of the submitted manuscripts remain the property of the authors (writers) providing

they were submitted free of charge. The writer is responsible for the content of signed contributions and supplied photos and diagrams.

Cover Photo:

The cover photo displays workings at the Konrad Mine. As part of the transition to set up a repository for radioactive waste, the workings are expanded and excavated. The lining concept calls for a slotted outer shell made of shotcrete with an anchoring system, permitting convergences. The reinforced shotcrete inner shell will be produced at a later stage.



GeoResources Market Place 2.0

Katrin Brummermann and Manfred König, GeoResources Editors, Germany

Dear visitors of GeoResources Portal and readers of GeoResources Journal,

The GeoResources Market Place 2.0 backs up the GeoResources Online Portal with its topical news, jobs, info about events etc. as well as the GeoResources Journal with its online and print issues.

We should like to support you in finding suitable clients, service providers, suppliers or cooperation partners thanks to the Market Place.

In the Market Place you can become acquainted with the products and services of companies and institutions, which are involved in the spheres of mining, tunnelling, geotechnics and equipment.

- ▶ A matrix provides an overview of the companies and institutions as well as their products and services.
- ▶ A list of the companies contains contact details.
- ▶ Company portraits feature further information on the firms concerned.

The GeoResources Market Place 2.0 expanded and it is to be further expanded in future.

Please accompany us en route to the next issue and the next generation. Provide us with suggestions, telling

us what you expect from the Market Place or how you imagine it should be. We would be delighted to respond to your questions and continue any ongoing dialogue.

With best wishes for your endeavours and good luck

Your GeoResources Team

Contact

Press information:

press@georesources.net

Editorial office:

mk@georesources.net and

kb@georesources.net

Media-Management:

advertising@georesources.net

Layout:

hs@georesources.net

Content

Page 2 Imprint

Matrix

Page 4 Table I: Branches and Services, Part I

Page 6 Table I: Branches and Services, Part II

Page 8 Table II: Branches and Products, Part I

Page 10 Table II: Branches and Products, Part II

Company List

pp. 12, 15, 18, 21, 23, 26, 28, 30, 34, 36, 38, 40, 42

Company Portraits

Page 13 ATEGLOB S.L.

Page 14 Bartec Sicherheits-Schaltanlagen GmbH

Page 16 BEUMER Group GmbH & Co. KG

Page 17 BGE TECHNOLOGY GmbH

Page 19 CFT GmbH Compact Filter Technik

Page 20 Deilmann-Haniel GmbH

Page 22 DMT GmbH & Co. KG

Page 24 GAB GmbH

Page 25 GeoResources Verlag

Page 27 GMS German Mining Solution GmbH

Page 29 HUESKER Synthetic GmbH

Page 31 Komatsu Germany GmbH – Mining Division

Page 33 Korfmann Lufttechnik GmbH

Page 35 NILOS GmbH & Co. KG

Page 37 SACHTLEBEN Mining Services GmbH

Page 39 SMT Scharf GmbH

Page 41 Tüschen & Zimmermann GmbH & Co. KG

AKE | SKABE GmbH

Alfred-Bozi-Straße 19
33602 Bielefeld
Germany

phone: +49 52197108410
email: info@akegroup.de
internet: www.akegroup.de

ATEGLOB S.L.

Polig. Industrial Riano II, Parc. 52
33920 Langreo
Asturias - Spain

phone: +34 985080233
email: info@ateglob.com
internet: www.ateglob.com

**B+S Engineering GmbH**

Kanalstrasse 63
48432 Rheine
Germany

phone: +49 5971 79113-0
email: info@bs-eng.de
internet: www.bs-eng.de

B+W Gesellschaft für Innovative Produkte mbH

Boschstraße 12a
46244 Bottrop
Germany

phone: +49 2045 412120
email: info@buwip.de
internet: www.buwip.de

BabEng GmbH

Einsiedelstr. 28
23554 Lübeck
Germany

phone: +49 451 4866780
email: contact@babeng.com
internet: www.babeng.com

Bartec Sicherheits-Schaltanlagen GmbH

Holzener Strasse 35-37
58708 Menden
Germany

phone: +49 2373 684-0
email: info@me.bartec.de
internet: www.bartec-mining.com

**BAUER Maschinen GmbH**

Bauer-Str. 1
86529 Schrobenhausen
Germany

phone: +49 8252 97-0
email: stefan.schwank@bauer.de
internet: www.bauer.de
bauma: open air: Booth FN.520

BBM Bergbau GmbH

Dieter-aus-dem-Siepen-Platz 1
45468 Mülheim an der Ruhr
Germany

phone: +49 208 459 59-0
email: info@operta-bbm.de
internet: www.operta-bbm.de

ATEGLOB S.L.



ATEGLOB - TECHNICAL APPLICATION // INTERNATIONAL SUPPLIER

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	x x x
--------------	--	-------------

ATEGLOB is specialized in waterproofing, consolidation of fractured ground, stabilization and superficial treatments (cementitious and chemicals), with application services ready to respond to ensuing problems.

Years of experience in sectors such as mining and civil works, and satisfied clients on FIVE CONTINENTS, reflect our endeavors and are our endorsement.

- ▶ Technical Advice
- ▶ Chemical Resins (Waterproofing / Ground consolidation)
- ▶ Special Treatments (Oxidation / Anti-temperature)
- ▶ Special Chemical Cements (waterproofing)
- ▶ Providing: Injection Equipment and Accessories

We offer integral collaboration, from ADVISE to the APPLICATION, by way of planning,

development or design of special executions. Our approach is based on:

- ▶ Study of the problem
- ▶ Presentation of proposals
- ▶ Provision of products and appropriate systems
- ▶ Application of the product
- ▶ Checking the final results

All under our QUALITY COMMITMENT:

"Every day we look for excellence in all our processes to meet, and if possible, exceed the expectations of our customers".

We do not simply present standardized solutions: We seek the best solution, adapted to the current circumstances and problem in hand together with our clients. Towards this end we have a team committed to providing an effective and satisfactory response to the needs of our customers.

Address: Polig. Industrial Riaño II, Parc. 52

Zip, City 33920 Langreo

Country: Asturias - Spain

Phone: +34 985080233

Email: info@ateglob.com

Internet: www.ateglob.com

bauma-booth:

Branches: mining; tunnelling; special civil engineering; underground mining; abandoned mining

Products: drilling tools; drilling machines; tunnel support system; grouting equipment; formwork technology; pumps

Services: training; consulting; engineering; planning; design; reinforcement and anchoring works; injection work; sealing work



ATEGLOB

Technical Application

ALWAYS AT THE FOREFRONT!

Global de Asesoramiento y Aplicación Técnica S.L.
 Pol. Industrial Riaño II, parcela 52
 33920 Riaño (Langreo) - Asturias (SPAIN)

Tel.: +34 985 080 233
 Fax: + 34 985 080 231
www.ateglob.com

Bartec Sicherheits-Schaltanlagen

GmbH

BARTEC protects People, the Environment and Assets, especially in harsh and dangerous Surroundings.

The BARTEC Sicherheits-Schaltanlagen GmbH based in Menden, Germany, belongs to the BARTEC Group, the world-renowned provider of explosion-protected installations and equipment. BARTEC devices and installations are used wherever dangerous substances such as flammable gases and dust are present.

The BARTEC Group's business unit mining (BU Mining) includes three more companies besides the BARTEC Sicherheits-Schaltanlagen GmbH. BARTEC's mining business is directly represented in Germany, Poland, Slovenia and the Russian Federation and operates its own production plants in the first three mentioned countries.

BARTEC's BU Mining successfully makes its products and solutions available on the

European, Turkish, South American, Indian and CIS markets. In addition, its companies are geared to new markets.

BARTEC know-how is to be found in its main product areas such as switchgears, motors, transformers, frequency converters and automation. Apart from companies engaged in coal, diamond and potash mining, well-known machine manufacturers also rely on BARTEC equipment. Experienced engineers and designers cooperate closely with customers to provide the optimum solution for each application.

INDIVIDUAL SOLUTIONS
ARE OUR STANDARD

BARTEC

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	✓ x ✓
--------------	--	-------------

Address: Holzener Strasse 35-37

Zip, City 58708 Menden

Country: Germany

Phone: +49 2373 684-0

Email: info@me.bartec.de

Internet: www.bartec-mining.com

bauma-
booth:

Branches: mining; underground mining

Products: control and automation engineering; information technology (IT); software; lighting technology; energy supply

Services: automation; engineering; design



BARTEC

Electrical engineering for mining

Firedamp protected component and system solutions

BARTEC is the competent and reliable partner for the mines throughout the world and as well for mining machinery manufacturers with customized solutions.

- System engineering
- Motors
- Power Distribution Centre / Transformer
- Automation
- Components
- Switchgear
- Converter

bartec.de

BBM Bergbau Maas GmbH

Rheinlandstr. 1-3
47445 Moers
Germany

phone: +49 2841 940-0
email: info-bbm@maasbau.de
internet: www.maasbau.de

BeMo Tunnelling GmbH

Bernhard-Hoefel-Str. 11
6020 Innsbruck
Austria

phone: +43 512 3311-0
email: office@bemo.net
internet: www.bemo.net

BETE Deutschland GmbH

Dr.-C.-Otto Strasse 190
44879 Bochum
Germany

phone: +49 234 396 107 0
email: info@bete-deutschland.de
internet: www.bete-staubschutz.de

BEUMER Group GmbH & Co. KG

Oelder Str. 40
59269 Beckum
Germany

phone: +49 2521 240
email: beumer@beumergroup.com
internet: www.beumergroup.com
bauma: Hall/Booth B2.413

**BGE TECHNOLOGY GmbH**

Eschenstraße 55
31224 Peine
Germany

phone: +49 5171 431521
email: info@bge-technology.de
internet: www.bge-technology.de

**Bittner-Miningconsult GmbH**

Steinstraße 10
52459 Inden-Schophoven
Germany

phone: +49 173 9816138
email: info@bittner-miningconsult.de
internet: www.bittner-miningconsult.de

Bo-Ra-tec GmbH

Damaschkestraße 19a
99425 Weimar
Germany

phone: +49 3643 7736920
email: thomas.richter@boratec.net
internet: www.boratec.net

Brenk Systemplanung GmbH

Heider-Hof-Weg 23
52080 Aachen
Germany

phone: +49 2405 4651-11
email: mail@brenk.com
internet: www.brenk.com

BEUMER Group GmbH & Co. KG



We seek long-term Success, not short-term Profit.

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	✓ × ×
--------------	--	-------------

BEUMER Group, based in Beckum/Germany with group companies around the globe, develops customised system solutions that provide increased efficiency in the bulk material and mining industry. The international leader in the manufacture of intralogistics for conveying and loading employs about 4,500 people attaining an annual turnover of about 900 million €.

BEUMER Group's product portfolio on the conveying technology sector includes overland conveyors and pipe conveyors for transporting various bulk materials also over long distances and often through rough terrain. Depending on the type of conveyor and the properties of the material to be conveyed, angles of inclination of up to 15 degrees can

be achieved. The throughput capacity of BEUMER Group conveying systems is up to 10,000 tonnes per hour.

For storage yards for special material blending the BEUMER Group installs stackers and bridge reclaimers. These stack the bulk material and guarantee a maximum blending effect. Customers can also homogenise large quantities of various bulk materials efficiently and thus ensure the uniformity of the raw materials used.

To ensure efficient loading, BEUMER Group also supplies ship loaders. They consist of a fixed boom with an extendable telescopic belt conveyor thus allowing ships to be filled safely and efficiently.

Address: Oelder Str. 40

Zip, City: 59269 Beckum

Country: Germany

Phone: +49 2521 240

Email: info@beumer.com

Internet: www.beumer.com

bauma-booth: Hall/Booth B2.413

Branches: mining; surface mining; quarrying; soil mechanics

Products: belt conveyer systems; conveyer belts, tension roller, pulleys; chain conveyor; transportation facilities

Services: engineering; planning; design; object/structural planning/calculation/dimensioning; construction; materials handling, haulage; construction supervision



Visit us!
bauma, Munich, Germany
April 08 - 14, 2019
Hall B2, stand 413

SOME THINK RAW MATERIAL TRANSPORT REQUIRES A COMPLEX INFRASTRUCTURE. WE THINK DIFFERENT.

Mined raw materials travel along extensive transport routes. Overland and pipe conveyors are an energy efficient, reliable and environmentally friendly way of transporting the commodities over long distances to the plant or storage area. We customise the curved belt conveyors to overcome any challenging topographical circumstances. This minimises the transfer points and the number of systems and reduces investment, operational and maintenance costs. [For more information visit www.beumergroup.com](http://www.beumergroup.com)

**MADE
DIFFERENT**

BGE TECHNOLOGY GmbH



BGE TECHNOLOGY GmbH

BGE TECHNOLOGY GmbH – Comprehensive experience and extensive know-how under a new name

Member- ship:	VDMA Mining	×
	FAB	×
	Netzwerk Bergbauw.	×

As part of reorganisation in the field of radioactive waste disposal in Germany, the Bundesgesellschaft für Endlagerung mbH (BGE) was created in 2017.

Consequently, DBE TECHNOLOGY GmbH, a subsidiary of the former German Organisation for the Construction and Operation of Repositories mbH (DBE), was renamed BGE TECHNOLOGY GmbH. At the same time, the company's successful concept will continue unchanged.

Thus, BGE TECHNOLOGY GmbH will still provide its know-how for national and international projects for the disposal of radioactive and toxic substances. In this way, experience and knowledge gained from operation and research, are made available to the market. This includes services for

mining and landfill technologies, such as backfilling technologies and the construction of seals.

Other competences include the evaluation of geoscientific survey data, the development of building materials and quality assurance programmes, performing injection work, and the development of special purpose technology, such as waste emplacement and retrieval technology.

Numerical simulations are carried out for geotechnical and safety engineering issues as well as operational planning for waste disposal facilities.

The implementation of work according to DIN ISO 9001 emphasizes that BGE TECHNOLOGY GmbH is always focused on customer satisfaction.

Address: Eschenstraße 55

Zip, City 31224 Peine

Country: Germany

Phone: 05171 431521

Email: info@bge-technology.de

Internet: www.bge-technology.de

bauma-
booth:

Branches: mining; tunnelling; special civil engineering; underground mining; abandoned mining; environment protection; hydraulic engineering; repository mining

Services: research; training; consulting; project, process, data management; engineering; planning; exploration; exploration drilling; bore-hole measuring; measurement, testing, monitoring; geotechnical certificates and reports; construction; excavation support; specialist mining contracting; shaft sinking; injection work; sealing work; drilling work; construction supervision; ground improvement



CBM - Gesellschaft für Consulting, Business und Management mbH

Horngasse 3
52064 Aachen
Germany

phone: +49 241 89498853
email: weyer@cbm-ac.de
internet: www.cbm-ac.de

CCConsulting

Suddenweg 28
48531 Nordhorn
Germany

phone: +49 5921 330560
email: claus.chur@t-online.de

CDM Smith Consult GmbH

Am Umweltpark 3-5
44793 Bochum
Germany

phone: +49 23468775-0
email: info@cdmsmith.com
internet: www.cdmsmith.com

CFT GmbH Compact Filter Technic

Beisenstraße 39-41
45964 Gladbeck
Germany

phone: +49 2043 4811-0
email: mail@cft-gmbh.de
internet: www.cft-gmbh.de
bauma: Hall/Booth C3.235; open air: 23C.14



Coal Control Gesellschaft für Automation mbH

Reisholzstr. 15
40721 Hilden
Germany

phone: +49 2103 951882
email: info@coal-control.de
internet: www.coal-control.de
bauma: Hall/Booth B2.415

CST GmbH

Beisenstraße 39-41
45964 Gladbeck
Germany

phone: +49 2043 4811-0
email: mail@cst-gmbh.org
internet: www.cst-gmbh.org

De Causmaecker GmbH

Bessie-Coleman-Strasse 7
HOLM
60549 Frankfurt
Deutschland

phone: +49 69 66682 12
email: info@houseofconsultants.de
internet: www.houseofconsultants.de

Deilmann-Haniel GmbH

Haustenbecke 1
44319 Dortmund
Germany

phone: +49231 2891-396 /-395
email: info@deilmann-haniel.com
internet: www.deilmann-haniel.com



CFT GmbH Compact Filter Technic



Breathe the Difference

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	✓ ✓ ✓
---------------------	--	-------------

When it comes to dedusting and ventilation or the heating and cooling of air, the German company CFT GmbH Compact Filter Technic presents itself as an innovative solution provider for all its customers' needs. At the heart of the business are customer-orientated products and services for mining, tunnelling, tunnel refurbishment as well as for other specific industrial applications all "Made in Germany". The portfolio includes dry dedusters, wet scrubbers, fans, air heating and cooling systems, ducts, methane drainage systems as well as complex turnkey solutions. CFT products are also available in explosion-proof design. Furthermore, there are numerous international product approval certificates including those for Russia, Kazakhstan, Ukraine, the EU, USA, China etc. As an innovative sys-

tem supplier, CFT can offer the full range of services from engineering and project planning right up to on-site assembly and service. Regardless of how complex the project is, experienced specialists will take on the task. CFT is a member of the CFH Group. The synergies within this global framework enable CFT to develop technology further and expand its product range in line with the demands of international markets. Our Core Competencies: High-performance technology

- ▶ Guaranteed separation rates up to 99.999%
- ▶ Durable product quality made in Germany
- ▶ Highest customization
- ▶ Individual customer service
- ▶ Dependable project realisation

Address:	Beisenstraße 39-41
Zip, City	45964 Gladbeck
Country:	Deutschland
Phone:	+49 2043 4811-0
Email:	mail@cft-gmbh.de
Internet:	www.cft-gmbh.de
bauma-booth:	Hall/Booth C3.235 open air: 23C.14

Branches: mining; tunnelling; surface mining; underground mining

Products: mine ventilation; tunnel ventilation; de-dusting technology; gas extraction; mine air heating / air cooling systems

Services: training; engineering; planning; design; measurement, testing, monitoring; maintenance and repair; hiring out, leasing (equipment)

BREATHE THE NEXT GENERATION

The New CFT Dry Deduster Type CFD



- Optimised design
- Lower operating costs
- New safety features and smart technology
- Sustainability for low environmental impact

VISIT US!

Hall C3 no. 235

Courtyard Booth no. 23C.14

bauma

APRIL 8-14, 2019, MUNICH



Sub-Exhibitors:



Member Companies of the CFH Group

Deilmann-Haniel GmbH



A Member of The Redpath Group

ANY MINERAL. ANY GEOLOGY. ANYWHERE

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	x x x
---------------------	--	-------------

DEILMANN-HANIEL: More than 130 years of experience in successful shaft sinking

Carl Deilmann established Deilmann in 1888 in Dortmund, Germany. Its main business over decades was shaft sinking and mine development for coal mines in Germany. Deilmann sank two freeze shafts in the 1920's in Solikamsk, Russia, for a potash mine.

Deilmann-Haniel, the company name since 1968, has functioned as a motor of development in the industry:

- ▶ Development of composite lining without contact between inner lining and rock mass around the shaft
- ▶ First Tunnel Boring Machine (TBM) in coal mining in 1971
- ▶ First shaft boring machine in coal mining in 1971
- ▶ Use of the raise boring technique in coal mining in the 1970's

In 2006 the company was taken over by its new owner and today is part of the ATON Group. ATON Group also owns the

Canadian Redpath Group, the world leading mine contractor.

Today, Deilmann-Haniel is well established in Germany with shaft works for repository mines and potash shafts.

In Russia, the company sank two potash shafts between 2012-2016 by means of the freezing method. In 2018 the future of shaft sinking started in Belarus with shaft boring for two freeze shafts. Two shaft boring roadheaders are used for full-face sinking the 700 m deep shafts for a green field potash mine. Deilmann-Haniel is a specialist for difficult ground conditions such as drift sand and high water inflow. Ground freezing is also executed in conjunction with tunnelling. The last project involved freezing cross-cuts in a tunnel under the Suez Channel in Egypt.

Today, Deilmann-Haniel with its subsidiaries has around 700 people on its payroll and can look to the future with confidence and optimism. Health and safety has highest priority in all our daily work.

Glückauf from Dortmund

Address: Haustenbecke 1

Zip, City: 44319 Dortmund

Country: Germany

Phone: +49 231 2891396 / 395

Email: info@deilmann-haniel.com

Internet: www.deilmann-haniel.com

**bauma-
booth:**

Branches: mining

Services: engineering; planning; shaft sinking; road heading



Nezhinsky, Belarus

DEILMANN-HANIEL GmbH

44317 Dortmund/Germany
Tel +49 231 2891 395
Fax +49 231 2891 352

www.deilmann-haniel.com

**We sink shafts.
Any mineral. Any geology. Anywhere.**

For more than 130 years we have safely and successfully sunk more than 500 shafts with a depth of over 230,000 m.

We are a member of The Redpath Group, operating on all five continents and belonging to the world market leaders in the field of mine contracting and construction.

We provide our customers with a complete range of services from design and engineering to construction, maintenance, reconstruction and rehabilitation.

Contact us with your shaft-related inquiries.



A Member of The Redpath Group

DFT GmbH Deichmann Filtertechnik

Heinrich-Hertz-Str.3 36179 Bebra Germany	<i>phone:</i>	+49 6622 504-0
	<i>email:</i>	info@deichmann-filter.de
	<i>internet:</i>	www.deichmann-filter.de
	<i>bauma:</i>	Hall/Booth C3.235

DMT GmbH & Co. KG

Am TÜV 1 45307 Essen Germany	<i>phone:</i>	+49 201 172-01
	<i>email:</i>	engineering@dm-group.com
	<i>internet:</i>	www.dmt-group.com

DOHMEN, HERZOG & Partner GmbH

Soerser Weg 9 52070 Aachen Germany	<i>phone:</i>	+49 241 990000-0
	<i>email:</i>	info@dhp-gmbh.de
	<i>internet:</i>	www.dhp-gmbh.de

DSI – DYWIDAG-Systems International

Neuhofweg 5 85716 Unterschleissheim Germany	<i>phone:</i>	+49 89 309050-200
	<i>email:</i>	info@dywidag-systems.com
	<i>internet:</i>	www.dywidag-systems.com

DSI Underground GmbH

Destouchesstrasse 68 80796 Munich Germany	<i>phone:</i>	+49 89 309050 200
	<i>email:</i>	marketing@dsiunderground.com
	<i>internet:</i>	www.dsiunderground.com
	<i>bauma:</i>	Hall/Booth C2.143

EK Abdichtungstechnik GmbH

Stresemannstraße 68 10963 Berlin Germany	<i>phone:</i>	+49 30 39740-639
	<i>email:</i>	berlin@ek-abdichtung.de
	<i>internet:</i>	www.ek-abdichtung.de

EK Bauwerkabdichtung von Glasenapp GmbH

Salmdorfer Str. 1 85540 Haarn bei München Deutschland	<i>phone:</i>	+49 89 16 991-0
	<i>email:</i>	zentrale@ek-abdichtung.de
	<i>internet:</i>	www.ek-abdichtung.de

Elkuch Bator AG

Hofmattstrasse 14 3360 Herzogenbuchsee Switzerland	<i>phone:</i>	+41 62 956 2050
	<i>email:</i>	elkuch-bator@elkuch.com
	<i>internet:</i>	elkuch.com/de/elkuch-bator.htm

DMT GmbH & Co. KG



Engineering Performance as a Service.

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	✓ ✓ ✓
---------------------	--	-------------

Managers tend to say; There are no Problems, only Solutions. At the same time, you must be aware of all the problems prior to coming up with good solutions.

DMT GmbH & Co. KG is an independent engineering service with 30 branches worldwide. We are the leader in the engineering sector of the TÜV NORD GROUP involved in the markets plant and process technology, infrastructure and civil engineering as well as raw materials. Our aim is to achieve sustainable added-value for our customers. They profit from our international experience, accumulated know-how dating back all of 280 years and from the innovative skills of our more than 1,000 members of staff.

Our service package: Industrial Engineering embraces all tasks concerned with plant engineering, from consulting by way of planning and construction right up to process engineer-

ing and optimising operational equipment. We assure safety and quality for plants and products, properties and processes through consulting and independent audits in Plant and Product Safety. Our Geo Engineering services include all geological and hydrogeological fields of activity, which contribute towards a successful and sustainable solution of infrastructural tasks. With regard to Exploration, we investigate and evaluate the potential of deposits on land, at sea and in the air – whether for oil and gas, geothermics or any other raw material.

In Mining Consulting & Engineering, we provide you with support for financing, development, extraction, preparation, decommissioning as well as subsequent use of all kinds of raw materials projects thus guaranteeing investment and planning security.

We call that ENGINEERING PERFORMANCE.

Address:	Am TÜV 1
Zip, City	45307 Essen
Country:	Germany
Phone:	+49 201 172 01
Email:	engineering@dm-tgroup.com
Internet:	www.dmt-group.com
bauma-booth:	

- Branches: mining; tunnelling; geotechnics; foundation; special civil engineering; landfill construction; geothermal energy; surface mining; underground mining; quarrying; abandoned mining; environment protection; remediation; hydraulic engineering; repository mining; soil mechanics
- Products: sealing technique; dewatering, groundwater control; gas extraction; measuring, testing, imaging technology; virtual construction/building information modelling (BAM); mining 4.0; control and automation engineering; information technology (IT); software; geo-information systems (GIS); rockfall protection; association work; monitoring systems
- Services: education, further education; research; training; consulting; public relations work; data collection and communication; project, process, data management; automation; engineering; planning; design; object/structural planning/calculation/dimensioning; safety and health coordination; HSE management; exploration; subsoil survey and investigation; seismic survey; exploration drilling; borehole measuring; measurement, testing, monitoring; geotechnical certificates and reports; construction; excavation support; earth and underground works; specialist mining contracting; shaft sinking; road heading; injection work; sealing work; drilling work; construction supervision; maintenance and repair; restructuring, rehabilitation; services for public private partnership projects ; association work; process controlling; ground improvement; repair of settlements



Fachbereich Bauingenieurwesen/h_da Hochschule Darmstadt

Haardtring 100, 64295 Darmstadt
64295 Darmstadt
Deutschland

phone: +49 6151 1638140
email: sekretariat.fbb@h-da.de
internet: www.h-da.de/

Feldhaus Bergbau GmbH & Co. KG

Auf dem Loh 3
57392 Schmallenberg
Germany

phone: +49 2972 305-116
email: bergbau@feldhaus.com
internet: www.feldhaus.com

G quadrat Geokunststoffgesellschaft mbH

Adolf-Dembach-Straße 4a
47829 Krefeld
Germany

phone: +49 2151 788830
email: info@gquadrat.de
internet: www.gquadrat.de

GAB GmbH

Heisingstr. 46
47137 Duisburg
Germany

phone: +49 203 482 90 160
email: info@gab-gmbh.com
internet: www.gab-gmbh.com



Geobrugg AG

Aachstrasse 11
8590 Romanshorn
Switzerland

phone: +41 71 466 81 55
email: info@geobrugg.com
internet: www.geobrugg.com

GeoResources

Oleanderweg 12
47228 Duisburg
Germany

phone: +49 2841 60 789 67
email: info@georesources.net
internet: www.georesources.net
bauma: GeoResources available at C2.225



GHH Fahrzeuge GmbH

Emscherstr. 53
45891 Gelsenkirchen
Germany

phone: +49 209 38907 0
email: info@ghh-fahrzeuge.de
internet: www.ghh-fahrzeuge.de

GIS Engineering GmbH

Vogelsangstr. 5
45899 Gelsenkirchen
Germany

phone: +49 209 999-7002
email:
internet: www.gis-engineering.de

GAB GmbH



Member-	VDMA Mining	×
ship:	FAB	×
	Netzwerk Bergbauw.	×

The GAB GmbH, Duisburg, provides tailor-made project and personnel solutions for the mining, tunnelling, industrial and power plant branches among others.

From classical temporary employment by way of works contracts right up to specialized customized solutions, we help our clients enhance the efficiency of their businesses. We provide you with a wide range of swift and individual services for solving your particular tasks.

The GAB possesses a permit to operate in external plants or installations in accordance with § 15 StrlSchV (Radiation Protection Act). As a result, our workforce can be deployed in nuclear plants or permanent waste disposal sites.

A huge potential of members of staff, executives, specialists, technical personnel on the commercial and industrial sectors is available backed up by a store of expert knowledge with many years of experience.

Our objective is to fulfil your requirements: on schedule and in a qualitatively high, flexible, effective and favourably priced manner.

Thanks to our personnel service, you can react flexibly in future to market conditions such as new market potentials or economic swings, without being forced to constantly adapt your regular workforce. Accordingly, long-term planning within your company is facilitated.

Address: Heisingstr. 46

Zip, City 47137 Duisburg

Country: Germany

Phone: +49 203 482 90 160

Email: info@gab-gmbh.com

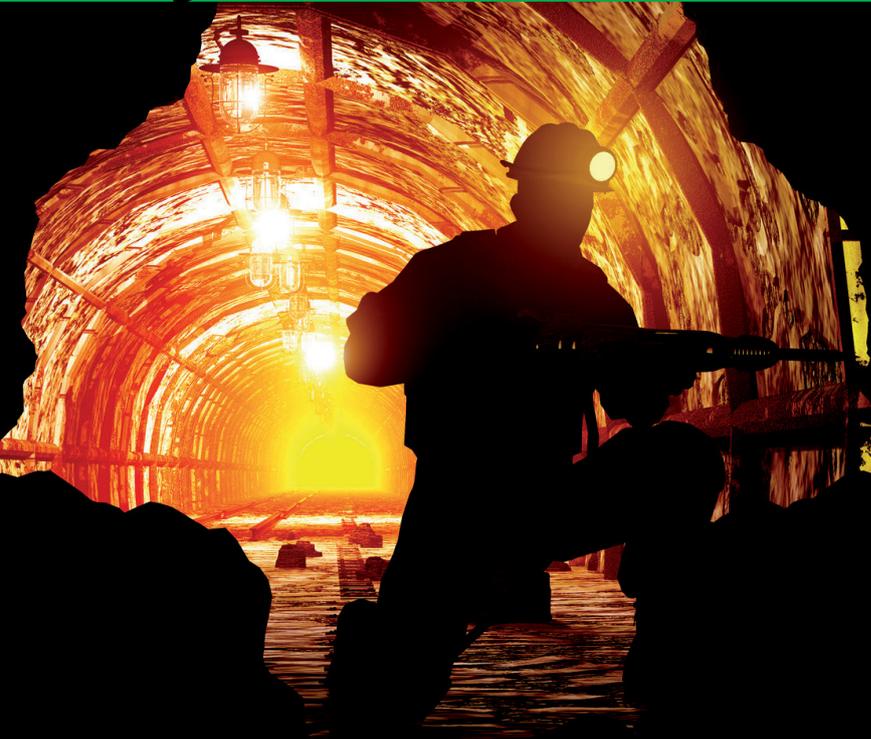
Internet: www.gab-gmbh.com

bauma-
booth: -

Branches: mining; tunnelling; geotechnics; special civil engineering; surface mining; underground mining; quarrying; abandoned mining; repository mining

Services: education, further education; training; consulting; project, process, data management; safety and health coordination; HSE management; construction; earth and underground works; reinforcement and anchoring works; materials handling, haulage; construction supervision; maintenance and repair; recruitment; personnel services

Project- and Personnel Solutions for



MINING

TUNNELLING

INDUSTRY

POWER PLANTS



+49 203 48 29 0160 www.gab-gmbh.com

GeoResources Verlag



We place the underground in the foreground!

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	x x ✓
---------------------	---	-------------

GeoResources Verlag provides an internet portal on the topics of mining, energy, raw materials, geotechnics, tunnelling as well as equipment and supplies technical visitors from all over the world with information on all aspects of the above mentioned fields. GeoResources Verlag wishes to set up links between classical readers of printed articles and the computer generation and between professional and social aspects. In a somewhat unconventional manner, GeoResources combines the portal and the journal as well as geotechnics and mining.

Journal contains detailed and user-oriented articles and papers on major building sites and focuses on raw materials production worldwide as well as on R&D and the relevant universities. The GeoResources Journal is available as a free download in English and German. More than 240,000 professionals from over 190 countries visit the website every month (as of Feb. 2019). There is also a printed version of the journal available as well as various specialist books.

The online portal www.georesources.net includes news, an event calendar, company information and the professional journal GeoResources. The quarterly GeoResources

GeoResources provides specialists scope to write, readers material to read and companies an excellent platform to advertise their products and services. To sum it up, you are welcome as specialist author, reader and advertising client.

Address:	Oleanderweg 12
Zip, City	47228 Duisburg
Country:	Germany
Phone:	+49 2841 60 789 67
Email:	info@georesources.net
Internet:	www.georesources.net
bauma-booth:	Copies of GeoResources available at C2.225

Branches: mining; tunnelling; geotechnics; foundation; special civil engineering; landfill construction; geothermal energy; surface mining; underground mining; quarrying; abandoned mining; environment protection; remediation; hydraulic engineering

Services: education, further education; research; public relations work; data collection and communication



GEORESOURCES

Portal for Mining, Tunnelling, Geotechnics and Equipment

GMS German Mining Solution GmbH

Rheinlandstr. 1-3
47445 Moers
Germany

phone: +49 2841 940-8030
email: michael.kulassek@german-mining-solution.com
internet: www.german-mining-solution.com
bauma: Hall/Booth C2.224/225



Götz Bartkowiak

Bellenbergsteig 37
45239 Essen
Germany

phone: +49 173 6326314
email: goetz.bartkowiak@greenvalleycoal.com
internet: www.greenvalleycoal.com

GSE Lining Technology GmbH ein Unternehmen der Solmax Gruppe

Normannenweg 28
20537 Hamburg
Germany

phone: +49 40 767 420
email: europe@gseworld.de
internet: gseworld.com & www.solmax.com

Halbach & Braun Maschinenfabrik GmbH & Co

Am Stahlwerk 11
45527 Hattingen
Germany

phone: +49 2324 9082 0
email: info@halbach-braun.de
internet: www.halbach-braun.de

Hauhinco Maschinenfabrik GmbH & Co. KG

Beisenbruchstr. 10
45549 Sprockhövel
Germany

phone: +49 2324 705-0
email: info@hauhinco.de
internet: www.hauhinco.de
bauma: Hall/Stand C2.337

HAZEMAG & EPR GmbH

Brokweg 75
48249 Dülmen
Germany

phone: +49 2594 77 0
email: info@hazemag.de
internet: www.hazemag.com
bauma: Hall/Booth B2.427

Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH

Siemensstr. 1-9
48488 Emsbueren
Germany

phone: +49 5903 7070
email: info@paus.de
internet: www.paus.de
bauma: Hall/Booth C2.339; open air: FM.713/9

Herrenknecht AG

Schlehenweg 2
77963 Schwanau-Allmannsweier
Germany

phone: +49 7824-302-0
email: pr@herrenknecht.com
internet: www.herrenknecht.com
bauma: Hall/Booth C3.547



GMS German Mining Solution GmbH

GMS – your Reliable Partner for Worldwide Mining and Tunnelling.

Member-ship: VDMA Mining FAB *
Netzwerk Bergbau. *

- ▶ mining engineering
- ▶ mechanical engineering
- ▶ skilled workers

- ▶ underground and surface mining
- ▶ Coal, potash, salt and iron

Our team consists of mining and mechanical engineers, designers and technical draftsmen, special miners for development, reconstruction, shafts, blasting, large device driver and mechanics with a lengthy mining experience.

Address: Rheinlandstr. 1-3

- ▶ own roadheader and multifunction machine
- ▶ own equipment for concrete and injection work
- ▶ own drilling and bolting equipment

If you wish, we are self-sufficient with our own engineering and our own equipment.

Zip, City: 47445 Moers

We promise quality, pragmatism and flexibility.

Country: Germany

One contact, complex solutions without interface problems – because we understand your problems.

GMS - We help you solve your problems.

Phone: +49 2841 940-8030

Email: michael.kulassek@german-mining-solution.com

Internet: german-mining-solution.com

bauma-booth: Hall/Booth C2.224/225

Branches: mining; tunnelling; geotechnics; surface mining; underground mining; abandoned mining
Products: tunnel excavator; roadheading machines; loaders (LHD); front loading apron; gearboxes, transmission; pumps; software; rockfall protection; mining shovels; earth and underground works; reinforcement and anchoring works; materials handling, haulage; specialist mining contracting; road heading; dinting work / salvage work; injection work; sealing work; blasting operations; drilling work; construction supervision; maintenance and repair; hiring out, leasing (equipment); services for public private partnership projects ; process controlling; personnel services



HOSCH-Foerdertechnik Recklinghausen GmbH

Am Stadion 36
45659 Recklinghausen
Germany

phone: +49 2361 5898-0
email: mail@hosch.de
internet: www.hosch-international.com

HUESKER Synthetic GmbH



Fabrikstrasse 13-15
48712 Gescher
Germany

phone: +49 2542 701-0
email: info@huesker.de
internet: www.huesker.de

IBS Industriemaschinen-Bergbau-Service GmbH

Industriestrasse 15
97653 Bischofsheim / Rhoen
Germany

phone: +49 9772 91110
email: ibs.sales@schmittwerke.com
internet: www.schmittwerke.com

IHC Mining & Tunnelling

Smitweg 6
2961 AW Kinderdijk
The Netherlands

phone: +31 88 015 25 35
email: mining@royalihc.com
internet: www.royalihc.com

IMM Maidl & Maidl Consulting engineers GmbH & Co. KG

Universitätstraße 142
Entwicklungszentrum an der Ruhr-
Universität Bochum
44799 Bochum
Germany

phone: +49 234 97077-0
email: info@imm-bochum.de
internet: www.imm-bochum.de

Implenia Construction GmbH

Infrastructure Tunnelling
Landsberger Str. 290a
80687 München
Germany

phone: +49 89 748 17 0
email: tunnelling.construction@implenia.com
internet: www.implenia.com

indurad GmbH

Belvedereallee 5
52070 Aachen
Germany

phone: +49 241 538070-0
email: automation@indurad.com
internet: www.indurad.com
bauma: Hall/Booth C2.225

Kiwa GmbH TBU

Gutenbergstraße 29
48268 Greven
Germany

phone: +49 2571-987211
email: infokiwagreven@kiwa.de
internet: www.kiwa.de

HUESKER Synthetic GmbH



Ideen. Ingenieure. Innovationen.

Geosynthetic Ingenuity in Mining – Highly Engineered Geosynthetic Solutions from Pit to Port

Member-	VDMA Mining	×
ship:	FAB	×
	Netzwerk Bergbauw.	×

The HUESKER Group is one of the world's leading manufacturers of geosynthetics and technical textiles.

The HUESKER Group is headquartered in Gescher (Westphalia), Germany. As a globally active company, the Group has ten subsidiaries and cooperates closely with trading and distribution partners in over 60 countries.

HUESKER has been shaping international markets as a pioneer of textile weaving for over 150 years. The HUESKER Group substitutes conventional construction with sustainable and intelligent solutions from the field of modern and high-performance technical textiles.

With its products and services HUESKER provides solutions in the areas of:

- ▶ Earthworks and Foundations
- ▶ Roads and Pavements
- ▶ Environmental Engineering
- ▶ Hydraulic Engineering
- ▶ Mining

as well as applications in Industry and Agriculture.

First class engineering services, high competence in manufacturing, the coating as well as tailoring of technical textiles and an innovative spirit are the key to HUESKER's success.

If a project is challenging, HUESKER will find a solution.

Address: Fabrikstrasse 13-15

Zip, City 48712 Gescher

Country: Germany

Phone: +49 2542 701-0

Email: info@HUESKER.de

Internet: www.HUESKER.com

bauma-
booth: -

- Branches: mining; tunnelling; geotechnics; foundation; special civil engineering; landfill construction; surface mining; underground mining; quarrying; abandoned mining; environment protection; remediation; hydraulic engineering; repository mining
- Products: longwall support system; tunnel support system; tubing / segmental liner; reinforcement / safety elements; sealing technique; dewatering, groundwater control; geosynthetics; rockfall protection
- Services: consulting; engineering; planning; design; reinforcement and anchoring works; sealing work



HUESKER's reinforcement, containment, dewatering and filtration solutions offer opportunities to reduce construction time, reduce construction and operational risk and provide Geosynthetic solutions which contribute to the economic, social and environmental sustainability of mining projects and operations.



Geosynthetic Ingenuity in Mining

Komatsu Germany GmbH - Mining Division

Forststraße 29
40597 Düsseldorf
Germany

phone: +49 211 71090
email: info@komatsu-mining.de
internet: www.komatsu-mining.de
bauma: Hall C6; open air: FM713/1

Korfmann Lufttechnik GmbH

Hörder Str. 286
58454 Witten
Germany

phone: +49 2302 17 02 - 0
email: info@korfmann.com
internet: www.korfmann.com
bauma: Hall/Booth C3.336

Krummenauer Anlagenbau GmbH

Wellesweilerstr. 95
6538 Neunkirchen
Germany

phone: +49 682 11050
email: Anlagenbau@krummenauer.de
internet: www.krummenauer.de

Kulassek Mining Consulting

Hegede 4a
33617 Bielefeld
Germany

phone: +49 172 5771085
email: info@kulassek.com
internet: www.kulassek.com

K-UTEC AG Salt Technologies

Am Petersenschacht 7
99706 Sondershausen
Germany

phone: +49 3632 610-100
email: info@k-utec.de
internet: www.k-utec.de

Maccaferri Deutschland GmbH

Kurfürstendamm 226
10719 Berlin
Germany

phone: +49 30 880079-79
email: info@de.maccaferri.com
internet: www.maccaferri.com/de

Meese GmbH

Irlenfelder Weg 49
51467 Bergisch Gladbach
Germany

phone: +49 2202 8627150
email: info@meese-ideas.de
internet: www.meese-ideas.de

Mine Master Ltd.

Wilków, ul. Dworcowa 27
59-500 Zlotoryja
Poland

phone: +48 76 8783511
email: info@minemaster.eu
internet: www.minemaster.eu

Komatsu Germany GmbH – Mining Division



State-of-the-art Technologies and Service Solutions

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	✓ × ×
--------------	--	-------------

Komatsu Germany combines the power of the Mining Division in Düsseldorf (KGM), the Construction Division in Hanover (KGC) and the knowledge of 1,500 specialists.

About 900 people are currently employed by KGM. Global and close customer contact, sustainability, environmental management in collaboration with innovation and creativity represent KGM's success factors.

We offer state-of-the-art technologies to our customers. Komatsu Germany's mining division produces five different types of mining excavators with machine weights of 250 metric tonnes up to 760 metric tonnes. Depending on the model, the bucket size varies from 16m³ to 42m³, the latter applying to our flagship, the PC8000.

Within KGM you will find an open and cooperative working environment with many diverse and challenging activities. We offer attractive career opportunities in many different kinds of departments as well as commercial and technical apprenticeships.

A customer can choose between a diesel or electro drive as well as between a backhoe or a front shovel attachment.

Our overall commitment is to provide best quality and innovative solutions combined with individual services.

Address:	Forststraße 29	
Zip, City	40597 Düsseldorf	
Country:	Germany	
Phone:	+49 211 71090	
Email:	info@komatsu-mining.de	
Internet:	www.komatsu-mining.de	
bauma-booth:	Hall C6 open air: FM713/1	

Branches: mining; surface mining; quarrying

Products: open-cast winning machines; hydraulic excavators; mining shovels

Services: training



VISIT US AT BAUMA

OUTSIDE: FM713/1

HALL: C6

APRIL 8-14
MUNICH



Foto-fotolarivs

GEORESOURCES Print Subscription

4 printed issues a year in English language for only 100 €*

4 printed issues a year in German language for only 100 €*

Technical articles from the fields of tunnelling, mining, geotechnics. Quarterly. To touch and read.



**German and English magazine
in the package: 150 €***

Inquiry or order:

E-Mail: abo@georesources.net



Portal for Mining, Tunnelling, Geotechnics and Equipment

* incl. shipping costs, shipping envelope,
VAT in Germany included,
student discount 50%

Korfmann Lufttechnik GmbH



Korfmann – Breathe the Difference

Korfmann Maschinenfabrik was founded in 1880 in Witten – the cradle of Ruhr mining industry. Aside from ventilation systems originally focused on mining, loading and underground salvage work, the company has been operating since 2001 under the name Korfmann Lufttechnik GmbH specializing in the planning, design, manufacture and installation of fans and ventilation systems for underground use.

But there's more: Korfmann Lufttechnik GmbH develops individually customized ventilation systems, for instance for fire brigades, wind tunnels or numerous tunneling machines. The company offers exceptional solutions as well for the increasingly important issues of energy and sound insu-

lation, which are optionally available upon request. The company's long-standing experience and expertise is in high demand and required in the most diverse areas of application: whether machine driving for tunnel construction, drilling and blasting in mining or refurbishing of tunnel facilities by thrust ventilation are concerned, the services and solutions of Korfmann Lufttechnik GmbH will ensure a fresh breeze and guarantee a smooth project flow.

We will gladly support you with engineering services for planning and conceptual design of project-ventilation, with complete ventilation plant engineering works including peripheral plants and of course on-the-spot commissioning.

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	* * *
--------------	--	-------------

Address: Hörder Str. 286

Zip, City 58454 Witten

Country: Germany

Phone: +49 2302 17 02 - 0

Email: info@korfmann.com

Internet: www.korfmann.com

bauma-booth: Hall/Booth C3.336

Branches: mining; tunnelling; underground mining; repository mining

Products: mine ventilation; tunnel ventilation; gas sensors, CO, CO₂, CH₄, NO_x etc.; measuring, testing, imaging technology; mine air heating / air cooling systems

Services: consulting; engineering; planning; design; maintenance and repair; hiring out, leasing (equipment)



Korfmann
Lufttechnik GmbH

BREATHE THE DIFFERENCE

Korfmann Lufttechnik GmbH
Hörder Straße 286
D-58454 Witten

Telefon: +49 (0)2302 1702-0
E-Mail: info@korfmann.com
Internet: www.korfmann.com

MobileTronics GmbH

Goethestrasse 52
49549 Ladbergen
Germany

phone: +49 5485 830146
email: BeAhead@mobiletronics.net
internet: www.mobiletronics.net
bauma: Hall/Booth C2.225

Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Subsurface Engineering - Geotechnik und Unterirdisches Bauen

Erzherzog Johann Strasse 3
Roseggerstrasse 11a
8700 Leoben
Austria

phone: +43 6642 101607
email: robert.galler@unileoben.ac.at
internet: www.subsurface.at und zab.at

Montanuniversität Leoben, ZAB Zentrum am Berg - Untertage Forschungs-, Entwicklungs-, Trainings- und Prüfzentrum

Erzherzog Johann Strasse 3
Erzberg 1, 8790 Eisenerz
8700 Leoben
Austria

phone: +43 6642 101607
email: subsurface@unileoben.ac.at
internet: www.zab.at und subsurface.at

Muenster University of Applied Sciences

IWARU
Corrensstraße 25
48149 Muenster
Germany

phone: +49 251 8365200
email: heimbecher@fh-muenster.de
internet: www.fh-muenster.de

NAUE

Gewerbestr. 2
32339 Espelkamp
Germany

phone: +49 574 3410
email: info@naue.com
internet: www.naue.com

NILOS GmbH & Co. KG



Reisholzstr. 15
40721 Hilden
Germany

phone: +49 2103 9510
email: info@nilos.de
internet: www.nilos.de
bauma: Hall/Booth B2.415

PORR Deutschland GmbH, Tunnelbau

Franz-Rennefeld-Weg 4
40472 Duesseldorf
Germany

phone: +49 89 71001-0
email: tunnel@a-porr.de
internet: www.porr-deutschland.de

Pressagency Fecht

Husemannstraße 29
45879 Gelsenkirchen
Germany

phone: +49 209 26575
email: nikofecht@erzfreunde.de
internet: www.torial.com/nikolaus.fecht

NILOS GmbH & Co. KG



Your competent Partner all over the World for all Conveyor Belt Issues.

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	✓ × ×
--------------	--	-------------

Since 1926, NILOS has been engaged in the field of Conveyor Belt Equipment. Your advantage is that we can offer everything for running a belt from one source.

We share our know-how by offering training for your personnel with respect to handling, operating vulcanizers and conveyor belts.

Our programme comprises rubber products, vulcanizing presses, belt conveyors as well as accessories for working with conveyor belts.

We are your competent partner around the world and around the conveyor belt.

Our experience and global orientation are further aspects recommending NILOS as your business partner. If required, our well-trained team will support you worldwide in building, installing and operating belt conveyors.

Address:	Reisholzstr. 15	
Zip, City	40721 Hilden	
Country:	Germany	
Phone:	499510	
Email:	info@nilos.de	
Internet:	www.nilos.de	
bauma-booth:	Hall/Booth B2.415	

Branches: mining

Products: belt conveyer systems; conveyer belts, tension roller, pulleys; mining 4.0; monitoring systems

Services: education, further education; training; engineering; planning; maintenance and repair



Roller bearing seals
www.nilos-ring.de



Gaskets
www.kroll-ziller.de



Conveyor belt Equipment
Service and installation
www.nilos.de



Monitoring
Automation engineering
www.coal-control.de



Vulcanizing presses
Special machines
www.wagener-schwelm.de


made in Germany
Reisholzstr. 15
40721 Hilden



YOUR PROFESSIONALS

VISIT US! **bauma**
MUNICH, GERMANY
APRIL 08.-14.2019
HALL B2, STAND 415

PROGEO Monitoring GmbH

Hauptstraße 2
14979 Großbeeren
Germany

phone: +49 33701 22-0
email: progeo@progeo.com
internet: www.progeo.com

RAG Mining Solutions GmbH

Shamrockring 1
44623 Herne
Germany

phone: +49 2323 155-301
email: info@ragms.com
internet: www.ragms.com

Rosinke Berlin GmbH

Chausseestraße 92
10115 Berlin
Germany

phone: +49 30 7551680-0
email: berlin@rosinke-berlin.de
internet: www.rosinke-berlin.de

Ruhr-Universität Bochum

Chair for Foundation Engineering,
Soil- and Rock Mechanics
Universitätsstraße 150
44780 Bochum
Germany

phone: +49 171 5527435
email: bi-gbf@rub.de
internet: www.gbf.ruhr-uni-bochum.de

RWTH Aachen University – Geotechnik im Bauwesen

Mies-van-der-Rohe-Str. 1
52074 Aachen
Germany

phone: +49 241 8025248
email: mail@geotechnik.rwth-aachen.de
internet: www.geotechnik.rwth-aachen.de

SaarMontan Berg- und Tunnelbau GmbH & Co. KG

Grube 1
66125 Saarbrücken
Germany

phone: +49 681 4051261
email: info@saarmontan.de
internet: www.saarmontan.de

SACHTLEBEN Mining Services GmbH

Ippichen 5
D-77709 Wolfach
Germany

phone: +49 7834 86705-7
email: info@sachtleben-ms.de
internet: www.sachtleben-ms.de



Sänger+Lanninger GmbH Service

Pestalozzistraße 24a
44149 Dortmund
Germany

phone: +49 231 652307
email: info@saenger-lanninger.de
internet: www.saenger-lanninger.de

SACHTLEBEN Mining Services GmbH



Customer Satisfaction is our Benchmark.

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	x ✓ x
---------------------	--	-------------

Based in Germany’s Black Forest region, SACHTLEBEN Mining Services is an owner-operated technical service provider whose Underground Mining and Rock Slope Stabilization divisions have more than 30 years of practical experience. Originally a part of Sachtleben Bergbau GmbH, these two divisions were relaunched via a management buyout in 2009 and have been growing on their own ever since.

The focus of our Underground Mining division is the contracting of development and preparatory work for metal ores and industrial minerals deposits as well as actual raw material extraction. We specialize in the application of complex rock support systems using fibre-reinforced shotcrete and various anchoring systems. We operate

and optimize complete mining operations for our clients thanks to high performance technology and a modern machinery fleet based on contract pricing. We also supply qualified and certified personnel along with essential equipment at hourly rates. The Rock Slope Stabilization division supplies our clients with active and passive protection systems for exposed traffic routes using rockfall protection fences, protective nets, rock clearance work as well as blasting operations. We also use helicopter logistical support on a regular basis for work in alpine areas. The staff at Sachtleben Mining Services GmbH is also at your service to assist with engineering consultation services for rock stabilization and mining projects.

Address:	Ippichen 5
Zip, City	D-77709 Wolfach
Country:	Germany
Phone:	+49 7834 86705-7
Email:	info@sachtleben-ms.de
Internet:	www.sachtleben-ms.de
bauma-booth:	-

Branches: mining; geotechnics; special civil engineering; underground mining; abandoned mining; remediation; repository mining

Products: rockfall protection

Services: consulting; project, process, data management; engineering; planning; design; construction; excavation support; earth and underground works; reinforcement and anchoring works; materials handling, haulage; specialist mining contracting; injection work; blasting operations; drilling work; restructuring, rehabilitation; personnel services



sat. Services GmbH

Poststrasse 33
20354 Hamburg
Germany

phone: +49 40 35085-976
email: info@sat-services.eu
internet: www.sat-services.eu

Schauenburg Tunnel-Ventilation GmbH

Weseler Str. 42 a
45478 Muelheim an der Ruhr
Germany

phone: +49 208 8827611
email: neumann@tunnel-ventilation.de
internet: www.tunnel-ventilation.de
bauma: Hall/Booth C3.435

SIEMAG TECBERG GmbH

Kalteiche-Ring 28-32
35708 Haiger
Germany

phone: +49 2773 9161-0
email: info@siemag-tecberg.com
internet: www.siemag-tecberg.com

SMT Scharf GmbH

Roemerstrasse 104
59075 Hamm
Germany

phone: +49 2381 96001
email: info@smtscharf.com
internet: www.smtscharf.com
bauma: Hall/Booth C2.225

**Staudt Planungsgesellschaft mbH**

Wiethasestrasse 5
50933 Cologne
Germany

phone: +49 221 460080
email: Staudt_Planungsges.mbH@t-online.de

Systemair GmbH

Seehöfer Straße 45
97944 Boxberg-Windischbuch
Germany

phone: +49 7930 9272-0
email: info@systemair.de
internet: systemair.com/de/Deutschland/

Tensar International GmbH

Brühler Straße 7
53119 Bonn
Germany

phone: +49 228 91392-0
email: info@tensar.de
internet: www.tensar.de

TERRA MONTAN GmbH

Dombergweg 1
98527 Suhl
Germany

phone: +49 3681 7106-0
email: info@terra-montan.de
internet: www.terra-montan.de

SMT Scharf GmbH



Solutions for Mining Transport – Innovative and reliable rail-bound Transport Systems and rubber-tyred Vehicles

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	✓ x x
--------------	--	-------------

For more than 75 years, the SMT Scharf Group has planned, developed, built and serviced transport systems for mining and tunnelling. SMT Scharf provides its customers with reliable service through its own companies in six countries and several global trade agencies.

The SMT Scharf Group leads the world in technology for rail-bound overhead monorail and floor-mounted rail systems for underground mining. The Scharf brand is renowned for high machine quality and reliability. Our solutions are the first to be resorted to when it is essential that high standards in particularly tricky geological environments must be adhered to.

To augment our core activities in the rail-bound segment for complex underground requirements, we have enlarged our portfolio to include the complete product line of rubber-tyred vehicles from RDH.

For more than four decades, we have devised and produced on the mine-mobility sector, electrically driven transport systems for mining and tunnelling throughout the world. Reliable transport solutions for mining and tunnelling, overhead monorail and floor-mounted rail systems with diesel-hydraulic drive, battery-electric or electric drive by means of conductor rail or rope-hauled.

Address:	Roemerstrasse 104	
Zip, City	59075 Hamm	
Country:	Germany	
Phone:	+49 2381 96001	
Email:	info@smtscharf.com	
Internet:	smtscharf.com	
bauma-booth:	Hall/Booth C2.225	

Branches: mining; tunnelling; underground mining

Products: drill rigs (jumbo); special-purpose vehicles; loaders (LHD); trucks/dumper; mine locomotives; rails, switches and crossings; floor-mounted railway systems; monorail hanging railways; monorails, mounting systems; transportation facilities; lifting facilities; mining 4.0; monitoring systems



RELIABLE TRANSPORT SYSTEMS FOR MINING & TUNNELLING

	MONORAIL	DUORAIL	RUBBER TYRED
DIESEL	✓	✓	✓
BATTERY	✓	✓	✓
CONDUCTOR RAIL	✓	✓	

THIELE GmbH & Co. KG

Werkstr. 3	<i>phone:</i>	+49 2371 947 0
58640 Iserlohn	<i>email:</i>	mining@thiele.de
Germany	<i>internet:</i>	www.thiele.de
	<i>bauma:</i>	Hall/Booth B2.103

THYSSEN SCHACHTBAU HOLDING GMBH

Sandstr. 107-135	<i>phone:</i>	+49 208 3002-0
45473 Mülheim an der Ruhr	<i>email:</i>	meier.jeanette@ts-gruppe.com
Germany	<i>internet:</i>	www.thyssen-schachtbau.de

thyssenkrupp Industrial Solutions AG

thyssenkrupp Allee 1	<i>phone:</i>	+49 201 844-0
45143 Essen	<i>email:</i>	
Germany	<i>internet:</i>	thyssenkrupp-industrial-solutions.com
	<i>bauma:</i>	Hall/Booth B2.203

TPH Bausysteme GmbH

Nordportbogen 8	<i>phone:</i>	+49 40 52906678-0
22848 Norderstedt	<i>email:</i>	info@tph-bausysteme.com
Germany	<i>internet:</i>	www.tph-bausysteme.com
	<i>bauma:</i>	Hall/Booth C3.436

Trumer Schutzbauten GmbH

Weissenbach 106	<i>phone:</i>	+43 6244 20325
5431 Kuchl	<i>email:</i>	office@trumer.cc
Austria	<i>internet:</i>	www.trumer.cc

TU Bergakademie Freiberg

Akademiestrasse 6	<i>phone:</i>	+ 49 3731 39-0
9599 Freiberg	<i>email:</i>	presse@zuv.tu-freiberg.de
Germany	<i>internet:</i>	www.tu-freiberg.de

Tüschchen & Zimmermann GmbH & Co. KG

Winterberger Strasse 82	<i>phone:</i>	+49 2723 91450
57368 Lennestadt-Saalhausen	<i>email:</i>	info@tueschen-zimmermann.de
Germany	<i>internet:</i>	www.tueschen-zimmermann.de
	<i>bauma:</i>	Hall/Booth C2.224/225

**Unit for Mining, Environmental and European Law at RWTH Aachen University**

Wüllnerstraße 2	<i>phone:</i>	+49 241 80 95691
52062 Aachen	<i>email:</i>	bur@bur.rwth-aachen.de
Germany	<i>internet:</i>	www.bur.rwth-aachen.de

Tüschen & Zimmermann GmbH & Co. KG



We are the Problem Solvers

for Drive Technology Applications in Hard Coal Mining

Member-ship:	VDMA Mining FAB Netzwerk Bergbauw.	✓ x ✓
--------------	--	-------------

Since 1963, TZ's main applications have been drives for chain and belt conveyors, crushers and other underground machines. These include positive and non-positive clutches as well as controlled braking and holding systems based on disc brakes in the range from 2kW to 1,800kW.

Of course, all our brakes and clutches comply with the requirements of the current ATEX standard. We also have brakes in our product range that meet the requirements of functional safety.

All our efforts aim at offering the most optimal and efficient solutions concerning your application fields. In this respect, we benefit from our product line based on the modular design principle, as well as from our decades of experience relating to special-purpose solutions for machinery projects.

Address:	Winterberger Strasse 82
Zip, City	57368 Lennestadt-Saalhausen
Country:	Germany
Phone:	+49 2723 91450
Email:	info@tueschen-zimmermann.de
Internet:	tueschen-zimmermann.de
bauma-booth:	Hall/Booth C2.224/225

Branches: underground mining

Products: drive technology, brakes

Tüschen & Zimmermann



COUPLING-BRAKE-SYSTEMS

BRAKE-DISCS

FLANGES

FAIL-SAVE-BRAKES

Tüschen & Zimmermann Transport- & Fördertechnik
Winterberger Straße 82
D-57368 Lennestadt-Saalhausen
Tel.: +49 (0)2723-9145 0
Fax: +49 (0)2723-9145 40
Email: info@tueschen-zimmermann.de
www.tueschen-zimmermann.de

URETEK Deutschland GmbH

Weseler Str. 110
45478 Mülheim an der Ruhr
Germany

phone: +49 208 3773-250
email: info@uretek.de
internet: www.uretek.de

WAGENER Schwelm GmbH & Co.

Reisholzstr. 15
40721 Hilden
Germany

phone: +49 2103 951220
email: info@wagener-schwelm.de
internet: www.wagener-schwelm.de
bauma: Hall/Stand B2.415

WEBAC-Chemie GmbH

Fahrenberg 22
22885 Barsbüttel
Germany

phone: +49 40 670570
email: info@webac.de
internet: www.webac-grouts.com
bauma: Hall/Booth C3.127

Wengeler & Kalthoff Hammerwerke GmbH & Co. KG

Wittener Str. 164
58456 Witten
Germany

phone: +49 2324 9347-0
email: info@we-ka.de
internet: www.wengeler-kalthoff.com

ZAI Ziegler und Aulbach Ingenieurgesellschaft mbH

Schloss-Rahe-Str. 15
52072 Aachen
Germany

phone: +49 241 9367-1800
email: info@zai-ingenieure.de
internet: www.zai-ingenieure.de



Tensar® TriAx® Geogitter

- Schnelle Erhöhung der Belastbarkeit von wenig tragfähigem Untergrund
 - Zeit- und Kostenersparnis durch schnelle und einfache Verlegung
 - Reduzierung der Tragschichtdicke um bis zu 50%
 - Vergleichmäßigung von Setzungen

Tensar International GmbH

Brühler Str. 7, 53119 Bonn
Tel: +49 (0)228 91392-0
Fax: +49 (0)228 91392-11
info@tensar.de | www.tensar.de



GEO RESOURCES

Portal for Mining, Tunnelling, Geotechnics and Equipment



bluebay2014-istock

The Link ...

