Berg Huettenmaenn Monatsh (2020) Vol. 165 (2): 111–116
<https://doi.org/10.1007/s00501-019-00939-1>
 © Der/die Autor(en) 2020

BHM Berg- und
Hüttenmännische
Monatshefte

Technische Entwicklungen und Möglichkeiten im Markscheidewesen

Alexander Tscharf

Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft, Department Mineral Resources Engineering,
 Montanuniversität Leoben, Leoben, Österreich

Eingegangen 11. Dezember 2019; angenommen 16. Dezember 2019; online publiziert 8. Januar 2020

Zusammenfassung: Das unentwegte Aufkommen und die stetige Entwicklung neuer Vermessungssensorik, gepaart mit der digitalen Vernetzung des täglichen Lebens und nahezu aller modernen Produktionsprozesse, lässt naturgemäß auch das Tätigkeitsfeld der verantwortlichen Markscheider nicht unberührt.

Obwohl anlässlich mehrerer Jubiläen erfahrener Forscher und Hochschullehrer verfasst, will der vorliegende Beitrag jedoch keine reumütige Rückschau halten, sondern vielmehr aktuelle Entwicklungen und daraus folgende Möglichkeiten präsentieren. In diesem Zusammenhang werden jedoch auch damit einhergehende Herausforderungen aufgezeigt sowie ein Blick in die Zukunft gewagt, von dem auch die gesetzlichen Aufgaben des verantwortlichen Markscheiders nicht ausgeschlossen werden sollen.

Schlüsselwörter: Markscheidewesen, Vermessungsinstrumente, Markscheiderische Aufgaben

Technical Developments and Possibilities in Mine Surveying

Abstract: The steady emergence and constant development of new surveying sensor technology, coupled with the digital interconnection of daily life and almost all modern production processes, naturally does not leave untouched the field of mining and mine surveying.

Although this article was written on the occasion of several anniversaries of experienced researchers and university lecturers, it does not intend to look back regretfully, but

rather to present current developments and the resulting possibilities. In this context, however, the challenges associated with these will also be pointed out, as well as a look into the future is taken, from which the legal tasks of the responsible mine surveyor should not be excluded.

Keywords: Mine surveying, Surveying instruments, Tasks of mine surveyors

1. Einleitung

Egal ob im Auto, beim Sport oder bei der Suche eines Hörsaales an der Universität: Noch nie waren Geodaten so sehr Teil des alltäglichen Lebens und noch nie war der Zugang zu diesen so offen und einfach wie bisher. Die stetig wachsende Vielfalt an miniaturisierter Messsensorik, nahezu täglich neue Entwicklungen in der Datenverarbeitung und vor allem die immer stärkere digitale Vernetzung verändern allerdings nicht nur den gesellschaftlichen Alltag, sondern haben auch starken Einfluss auf die bergmännische und vor allem markscheiderische Praxis.

Die angesprochene Vielfalt an Mess- und Geodaten eröffnet zwar ein breites Feld an neuen Möglichkeiten, allerdings stellt diese die Fachwelt auch täglich vor neue Herausforderungen. Insbesondere aufgrund der – auf jeden Fall positiv befruchtenden – Tatsache, dass zusehends auch eine immer größere Zahl an „alternativen Mess- und Vermessungssystemen“ Eingang in die Praxis findet, gepaart mit dem Umstand, dass Jubiläen verdienter Hochschullehrer hierzu Anlass geben, will der vorliegende Beitrag versuchen, vergangene und aktuelle Entwicklungen im Markscheidewesen aufzuzeigen und vor allem auch damit verbundene Möglichkeiten und Herausforderungen zu diskutieren.

Nach einem Vortrag, gehalten am 6. November 2019 beim Rohstoffkolloquium 2019 an der Montanuniversität Leoben, Österreich

Dipl.-Ing. A. Tscharf (✉)
 Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft,
 Department Mineral Resources Engineering,
 Montanuniversität Leoben,
 Franz-Josef-Str. 18,
 8700 Leoben, Österreich
alexander.tscharf@unileoben.ac.at

2. Aufgaben des verantwortlichen Markscheiders 2019

Das Markscheidewesen und die bergmännische Vermessung sind seit jeher bestimmende und unentbehrliche Teile der Mineralrohstoffgewinnung. Gem. § 135 des österreichischen Mineralrohstoffgesetzes (MinroG, [1]) hat der Bergbauberechtigte für jeden Bergbaubetrieb einen verantwortlichen Markscheider zu bestellen, zu dessen Hauptaufgaben insbesondere

1. die Führung und Anfertigung des Bergbaukartenwerks,
2. die Beaufsichtigung der Vermessungen beim Bergbau,
3. Aufgaben der bergbaulichen Raumordnung und Sicherungspflicht,
4. sowie bergschadenkundliche Aufgaben, besonders zum Schutz der Oberfläche und zur Sicherung der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit

zählen.

Das Anfertigen und Führen des Bergbaukartenwerks stellt wahrscheinlich den wesentlichsten Teil der markscheiderischen Aufgaben dar. Der verantwortliche Markscheider ist verantwortlich für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit (§ 110 MinroG [1]) des Bergbaukartenwerks, welches alle Risse, Karten und Pläne des Bergbaues umfasst.

Die Vermessung, bzw. die Beaufsichtigung der Vermessung im Bergbau, obliegt ebenso dem verantwortlichen Markscheider. Vermessungsergebnisse müssen rekonstruierbar dokumentiert werden und die Richtigkeit der Ergebnisse und der darauf basierenden graphischen Darstellungen müssen gewährleistet sein.

Aufgrund der Ortsgebundenheit des Bergbaus kommt der bergbaulichen Raumordnung in enger Wechselwirkung mit der örtlichen Raumplanung große Bedeutung zu. Mindestabstände zu anderen Flächenwidmungen müssen eingehalten werden und ganz grundsätzlich müssen konkurrierende Raumnutzungen in die Planungsarbeiten mit einbezogen werden. Die bergbauliche Sicherungspflicht umfasst den Schutz von Leben und Gesundheit von Personen, den Schutz von fremden Sachen, der Umwelt und der Oberfläche, sowie den Lagerstättenschutz und die Sicherung der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit [2, 3].

Die regelmäßige Vermessung des Abbaus und der Abbaustände ist zur Erfüllung der genannten Aufgaben unbedingtes Erfordernis. D. h. in hohem Maße ist die markscheiderische Tätigkeit mit der Anwendung zeitgemäßer Mess- und Vermessungstechnologie verbunden, was den Markscheider schon immer zu einem starken Technologietreiber in benachbarten und fachfremden Branchen gemacht hat und macht.

3. Technische Entwicklungen

Auch wenn der vordergründige Fokus der Ausführungen auf aktuellen Entwicklungen liegt, soll zumindest exemplarisch bzw. anhand ausgewählter Meilensteine auch die his-

torische Entwicklung in die Betrachtungen eingeschlossen werden. Die dargestellten Entwicklungen erheben jedoch in keiner Weise Anspruch auf Vollständigkeit und sollen lediglich die Tragweite der modernen Entwicklungen illustrieren. Für detailliertere Informationen wird an dieser Stelle auf entsprechende Fachliteratur wie z. B. [4] verwiesen.

3.1 „Vor“-Gestern

Die ältesten Vermessungsinstrumente dienten der Längenmessung, wobei die ersten Instrumente dieser Art bei den Sumerern, Babyloniern, Chaldäern, Ägyptern und Indern gefunden werden können. Die Bussole, einen für Vermessungszwecke eingerichteten Kompass, übernahmen die Araber vermutlich aus China, und in Europa ist eine der ersten Erwähnungen dem schottischen Mönch Alexander Neckham gegen Ende des 12. Jahrhunderts zuzuschreiben [4, 5].

Der Bau des ersten Fernrohrs durch Hans Lipperhey zu Beginn des 17. Jahrhunderts stellt mit Sicherheit eine der bedeutsamsten Erfindungen im Bau geodätischer Instrumente dar. Der erste Theodolit wurde 1730 vom englischen Mechaniker John Sisson gebaut [4, 5].

Bedeutende Verdienste bei der Modernisierung geodätischer Instrumente erwarb der Schweizer Heinrich Wild, der vor allem in Österreich zumindest namentlich nahezu jedem ein Begriff ist. 1852 erkannte der französische Physiker Foucault die nordweisende Eigenschaft eines Kreisel mit 2 Freiheitsgraden, was 1960 zum ersten serienmäßig gefertigten Kreiseltheodolit „KT1“ (Otto Fennel und Söhne in Kassel) führte, der noch immer funktionierender Bestandteil der Sammlung an der Montanuniversität ist [4, 5].

3.2 Gestern

Mit der Nutzung elektromagnetischer Wellen zur Streckenmessung begann ein neuer Entwicklungsabschnitt und mit dem Aufkommen sogenannter Registriertheodolite bzw. -tachymeter könnte auch bereits von einer beginnenden Digitalisierung gesprochen werden. Mit den elektronischen Theodoliten entstand eine neue Theodolitengeneration, die mittlerweile in Masse und Größe den bekannten optischen Instrumenten gleichen. Neben der einfacheren Handhabung und der Automatisierung und Speicherung der Messwertablesung übertreffen diese Instrumente ihre „Ahnen“ auch hinsichtlich der erreichten Genauigkeiten. Mit dem Aufkommen der neuen Instrumente veränderte sich naturgemäß auch deren Anwendung und Einsatz. Während mit optischen Instrumenten vordergründig Triangulationsnetze gemessen wurden, führte die vereinfachte und genauere Entfernungsmessung zu den heute noch üblichen kombinierten Netzen aus Längen- und Richtungsbeobachtungen [4–6].

Nachdem bei Theodoliten und Tachymetern die Automatisierung der Ablesung bereits zum Stand der Technik zählte, kam 1990 mit dem ebenfalls noch an der MUL vorhandenen Wild NA 2000 das erste in Serie hergestellte Ni-

vellier mit automatisierter Erfassung und Registrierung der Latten-Ablesung auf den Markt [4–6].

Ebenfalls in diese „Epoche“ sind erste Systeme zur Punktbestimmung mittels satellitengeodätischer Methoden einzuordnen. Deren Messprinzip unterscheidet sich gänzlich von klassischer terrestrischer Punktbestimmung und fußt bekanntermaßen auf gemessenen Entfernungen zwischen im Weltall befindlichen Satelliten und auf den zu vermessenden Punkten installierten Empfängern [7].

3.3 Heute

Auch wenn aktuelle Instrumente und Systeme im Wesentlichen noch immer denselben Funktionsprinzipien folgen und entsprechend auch die benötigten Grundfertigkeiten und -fähigkeiten vergleichbar sind, so sind die beschriebenen Entwicklungen dennoch schon zu einem großen Teil überholt. Moderne Instrumente zeichnen sich vor allem durch eine ausschließlich digitale Datenerfassung und Verarbeitung sowie durch integrierte Nutzung aus.

3.3.1 „Konventionelle“ Vermessung

Vor allem bei der klassischen Lage-Höhenaufnahme, aber auch zur Massenermittlung und Nachtragsvermessung im Tagbau nehmen RTK-(Real Time Kinematic) GNSS-Systeme (Global Navigation Satellite System) einen bedeutenden Stellenwert ein und zählen mit Sicherheit zu den am häufigsten eingesetzten Instrumenten überhaupt. Die vorgenommene Echtzeit-Korrektur der aufgenommenen Daten mittels physischer oder virtueller Referenzstationen ermöglicht Positionsgenauigkeiten im Bereich weniger Zentimeter, und auch die einfache Handhabung trägt – trotz der für den ungeschulten Anwender nicht immer nachvollziehbaren Datenprozessierung – wesentlich zum Erfolg der genannten Systeme bei [3, 7].

Neben den erwähnten GNSS Instrumenten bilden motorisierte Robotic-Totalstationen mit integrierten Kameras (Image Assisted Total Station, IATS), automatischer Zielerfassung und ausgeprägter Scanningfunktionalität den aktuellen Standard im Bereich der elektronischen Theodolite. Nahezu alle modernen Totalstationen (aller Hersteller) sind mittlerweile mit integrierten Fernrohr- bzw. Weitwinkelkameras ausgestattet. Abzusteckende oder bereits aufgenommene Punkte können in das Live-Bild eingetragen werden, und mittels integrierter Bildverarbeitung bzw. Scannerfunktionalität lassen sich schnell 3D-Modelle ableiten, welche in weiterer Folge zum Beispiel zur Volums- und Massenermittlung herangezogen werden können. Die Steuerung der „Robotik-Instrumente“ ist in der Regel direkt aus dem Bild heraus möglich, automatische Zielerfassung kann mit reflektorloser Entfernungsmessung kombiniert werden und der Ein-Mann Betrieb ist somit verhältnismäßig robust realisiert. Neben der reinen Erfassung der Örtlichkeit, was durch reflektorlose Messung auch bei nicht zugänglichen Punkten möglich ist, können auch Absteckungen vorgenommen werden. Überdies zählen vergleichbare Instrumente zu den genauesten Möglichkeiten, um geodätische Beobachtungen durchzuführen, und durch den Einbau

von Servomotoren sind sie außerdem ideal für automatisierte Monitoringlösungen geeignet [3].

Zusätzlich zu den diskreten bzw. punktwisen Verfahren wie GNSS und Totalstation sind auch kontinuierliche Vermessungen mittels Laserscan oder photogrammetrischen Verfahren in vielen Bereichen bereits in die täglichen Abläufe integriert. Statt einiger weniger ausgewählter Punkte wird ein Objekt ganzheitlich und flächig sowie reflektorlos und ohne Signalisierung von Zielpunkten erfasst. Während bei der photogrammetrischen Vermessung das Objekt aus zumindest zwei Standpunkten aufgenommen werden und zusätzlich auch noch eine Skalierung bzw. Georegistrierung erfolgen muss, ist bei der Verwendung von Laserscannern und gegebener Einsehbarkeit des Objekts ein Instrumentenstandpunkt zur vollständigen 3D Datenerfassung ausreichend. Bei größeren Arealen ist es jedoch oftmals notwendig, mehrere Aufnahmen von mehreren Standpunkten mittels Passpunkten zu verknüpfen, um insbesondere eine regelmäßige Punktdichte zu gewährleisten. Im Falle der Photogrammetrie, die durch heute gängige UAV (Unmanned Aerial Vehicle, Drohnen)-Anwendungen gewissermaßen eine Renaissance erlebt, stellt neben der erfassten Geometrie auch die semantische Bildinformation eine wertvolle Informationsquelle dar, die vor allem auch Basis einer automatisierten Dateninterpretation sein kann [3, 8, 9].

Vor allem im Bereich der Deformationsbeobachtung und des Böschungsmonitorings kommt auch der terrestrischen Radarinterferometrie immer größere Bedeutung zu. Die Möglichkeit zur berührungslosen Erfassung relativer Verschiebungen über große Distanzen bei weitestgehender Witterungsunabhängigkeit und Genauigkeiten im Millimeterbereich ist in der Lage, das komplexe Post-Processing sowie die im Gegensatz zu Laserscanning und Photogrammetrie geringere räumliche Auflösung aufzuwiegen. Die Tatsache, dass es sich bei terrestrischen Radarsystemen „noch“ um ein sehr teures Verfahren handelt, wird sich wohl wie bei allen beschriebenen Methoden in den nächsten Jahren aufgrund des stärkeren Marktdrucks und der entstehenden Konkurrenzsituationen ändern, weshalb dieser Nachteil mit hoher Wahrscheinlichkeit bald als vernachlässigbar angesehen werden kann [3, 10, 11].

3.3.2 Mobile Mapping

Während es sich bei den bis hierhin erwähnten Systemen um einzeln eingesetzte Methoden in üblicherweise statischer Betriebsweise handelt, setzen nahezu alle Hersteller von Vermessungsinstrumenten mittlerweile auch auf sogenannte „Mobile Mapping“ bzw. „kinematische“ Systeme. Derartige Systeme zeichnen sich durch integrierte und simultane Nutzung verschiedener Sensorik aus, die Vermessung erfolgt üblicherweise in Bewegung und als Messgeräteträger kommen alle gängigen Plattformen (fahrzeuggebunden, manngetragen, UAV-Anwendung, Messboote, ...) zum Einsatz. Herstellerseitig bestehen die größten Herausforderungen mit Sicherheit in der richtigen Synchronisierung der einzelnen Systeme, und auch die geometrische Anordnung der Sensoren relativ zueinander muss genau und reproduzierbar bekannt sein, um

Datenerfassung mit vermessungstechnischem Anspruch zu ermöglichen [3, 12].

Die kinematische Betriebsweise führt naturgemäß zu einer Beschleunigung des Messvorgangs, wodurch auch größere Areale mit vertretbarem Zeitaufwand erfasst werden können. Der dynamische Einsatz von ursprünglich für statische Anwendung entwickelter Sensorik führt jedoch in der Regel zu geringeren Genauigkeiten und notwendigen Korrekturen im Post-Processing. Die üblicherweise angewandten SLAM-Algorithmen (Simultaneous Localization and Mapping) verlangen zumeist das Aufmaß in geschlossenen Schleifen, wodurch das gleichzeitige Schätzen von Position und Umgebungskarte optimiert werden kann.

Vor allem vor dem Hintergrund des autonomen Fahrens wird die Entwicklung vergleichbarer Systeme jedoch weiterhin rasant fortschreiten, und sowohl die Sensorkombinationen als auch die Auswerteroutinen sind mit Sicherheit noch nicht abschließend erforscht.

3.4 Morgen

„Autonomes Fahren“ bzw. Vermessen kann auch das Stichwort für künftige Entwicklung sein. Einerseits sind ausge-reifte kinematische Vermessungssysteme unbedingte Voraussetzung für autonome Fahrzeuge, die vor allem auch in der Lage sind, Hindernisse zu erkennen und diesen auszuweichen. Andererseits stellt die Automobilindustrie hier einen sehr starken Treiber in der Fortentwicklung geodätisch relevanter Sensorik dar, was mit Sicherheit zu einer Beschleunigung der Entwicklung beiträgt und gleichzeitig auch eine neue Geodatenquelle erschließt.

Auch wenn an dieser Stelle nur Mutmaßungen angestellt werden können, so werden autonome Vermessungssysteme wohl immer mehr an Bedeutung gewinnen. Damit können einerseits autonome und mobile Messroboter gemeint sein, die sowohl wiederholende Vermessungen in regelmäßigen Zeitabständen durchführen können, als auch mannlöse Systeme, die zur Erkundung, Inspektion und zum Monitoring nicht zugänglicher Bereiche eingesetzt werden können. Aktuelle Arbeiten in diese Richtung werden z. B. gegenwärtig an der TU Bergakademie Freiberg durchgeführt [13]. Andererseits können und werden mobile Messsysteme auch mit Abbaugeräten kombiniert werden, und auch die schon heute verfügbaren Positions- und Bewegungs-sowie Leistungsdaten können zur Ableitung markscheiderischer Informationen herangezogen werden.

Auf jeden Fall deuten die aktuellen Entwicklungen darauf hin, dass der klassische Vorgang des Vermessens zunehmend in den Gewinnungs- und Produktionsprozess integriert wird, Datenerfassung sozusagen zur Nebentätigkeit werden kann und vor allem aktuelle Ist-Stands-Erhebungen automatisiert und ohne intensive menschliche Interaktion möglich werden können. Voraussetzung hierfür ist natürlich die Gewährleistung der notwendigen und gesetzlich erforderlichen Genauigkeit, wofür neben geeigneter Sensorik vor allem auch Wissen über die korrekte und sachgemäße Verwendung erforderlich ist.

4. Möglichkeiten

Hervorgerufen durch die Fülle an qualitativ hochwertigen Informationen, die heute bereits in einem Bruchteil der Zeit erfasst werden können, ergibt sich auch eine Vielzahl an Möglichkeiten, die das Tätigkeitsfeld der Markscheider schon heute bereichern und künftig wohl auch erweitern werden.

Bereits in der derzeit gängigen Praxis angekommen ist die digitale Verarbeitung von Messergebnissen, und weitestgehend erfolgt dies aufgrund der dreidimensionalen Vermessung und Datenlage auch in 3D. Die schnellen und kontinuierlichen Methoden der Datenerfassung ermöglichen eine tagesaktuelle Geometrieerfassung in hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung, und im Sinne der markscheiderischen Betriebskontrolle wird eine vollständige Überwachung aller Materialbewegungen ermöglicht. Die neu gewonnene Datenqualität ermöglicht allerdings auch neue Zugänge zur Qualitätssteuerung bzw. Risikobeurteilung.

So beschäftigt sich der Lehrstuhl für Bergbaukunde an der Montanuniversität seit einigen Jahren mit der Nutzung von UAV-Bildern und daraus abgeleiteter Geometrieinformation zur Beurteilung von Sprengergegebnissen [14]. Außerdem konnte bereits mehrmals gezeigt werden, dass die hochaufgelösten Modelle zum Monitoring von Naturgefahren und zur Gefährdungsbeurteilung eingesetzt werden können (siehe z. B. [15]).

Ganz allgemein führen die aktuellen Entwicklungen der „Nahbereichsfernerkundung“ auf jeden Fall zu einer Erhöhung der Sicherheit, da einerseits die Gefahren beim Vermessen reduziert und andererseits durch optimierte Methoden geogene Gefährdungspotentiale früher erkannt werden können. Alternative Vermessungstechnologien bilden jedoch auch die Basis für die angestrebte Automatisierung im Bergbau, und effiziente und belastbare Datenerhebungs- und Analysewerkzeuge leisten einen essentiellen Beitrag zur angestrebten autonomen Betriebsführung. Der moderne Markscheider kann aufgrund seiner interdisziplinären Ausbildung an der Schnittstelle zwischen Bergbau, Geodäsie und Informatik als zentrale Anlaufstelle für Daten aller Art fungieren, vereint er doch die Kompetenzen zu deren Erfassung, Verarbeitung und Interpretation.

5. Herausforderungen

Aus der soeben skizzierten modernen Rolle des Markscheiders zusammen mit der Vielfalt an Mess- und Geodaten resultieren jedoch auch Herausforderungen, die nicht außer Acht gelassen werden dürfen. Je umfangreicher und diversifizierter der zur Verfügung stehende Datenpool ist, desto sorgfältiger muss der Umgang damit sein. Qualitätsprüfung und Beurteilung ist bei komplexen Messsystemen oft nur mit großem Aufwand oder nur durch unabhängige Kontrollmessung mit alternativen Methoden möglich. Während bei den klassischen Verfahren der Polygonierung oder des Nivellements einfache mathematische Konzepte zur Plausibilitätsprüfung bekannt sind, ist dies bei modernen Verfahren, die oftmals nicht geodätischen Ursprungs

sind, nicht immer der Fall. Die systematischen Zusammenhänge zwischen den Genauigkeitsrelevanten Einflussparametern und den erwünschten Ergebnisgrößen sind nicht abschließend erforscht, und in vielen Fällen setzt die reproduzierbare Anwendung ein hohes Maß an Erfahrung voraus.

Neben den Fragen der Genauigkeit ist auch die Kompatibilität und Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Datenquellen eine nicht zu vernachlässigende Herausforderung. Abgesehen von der Sicherstellung eines einheitlichen und vor allem richtigen Raumbezugs (System der Landesvermessung [12]), muss auch die Vielfalt an Datenformaten und Ergebnisgrößen beherrscht werden. Die Sicherstellung des Zusammenhangs zwischen Mess- und Ergebnisgrößen ist seit jeher Aufgabe der verantwortlichen Markscheider, und es muss das unverrückbare Ziel der Anwender sein, nicht zum Passagier neuer Vermessungstechnologie zu werden.

Aus innerbetrieblicher bzw. zielgruppenorientierter Sicht stellt die Analyse und Extraktion relevanter Information mit Sicherheit die größte Herausforderung dar. Moderne Systeme sind in der Lage, nahezu rund um die Uhr Daten zu liefern, allerdings kann nur durch zielgerichtete Datenfilterung und Interpretation die darin enthaltene Information auch tatsächlich nutzbar gemacht werden.

Ein Teil der markscheiderischen Forschung wird sich daher auf die Entwicklung sachdienlicher Datenanalysewerkzeuge konzentrieren, wodurch einerseits die Datenqualität und andererseits der praktische Nutzen gewährleistet werden soll.

6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Zusammenfassend bleibt zu sagen, dass die in allen Bereichen um sich greifende Digitalisierung auch im Markscheidewesen der stärkste Treiber der technologischen Veränderung ist. Die Fort- und Neuentwicklung von Messsensoren und Vermessungsinstrumenten beeinflusst allerdings nicht nur die Außendienstarbeit und die Datenerfassung, sondern vielmehr auch die Auswertung und Datenverarbeitung. Die Interpretation wird vom Feld an den Schreibtisch verlagert. Neben einer Vielzahl an neuen Anwendungsfeldern und Möglichkeiten besteht weiterhin Forschungs- und Entwicklungsbedarf, um die mit den Entwicklungen verbundenen Herausforderungen zu meistern.

Die zentralen Aufgaben des „Markscheiders der Zukunft“ könnten daher sein:

1. Integration verschiedener Wege der Datenakquisition in betriebliche Abläufe (Qualitätssicherung, Sicherstellung eines einheitlichen Raumbezugs)
2. Zentrale Geodaten-Anlaufstelle (Interaktion mit allen Beteiligten, adressatenangepasste Darstellung)
3. Markscheiderische (Datengetriebene) Betriebssteuerung (Informationsbasierte Bergbauplanung, Markscheiderische Sicherheits- und Betriebskontrolle)
4. Interpretation und Verarbeitung großer Datenmengen (Moderne Wege der Zustandsdokumentation)

Obwohl offensichtlich ist, dass die Veränderung der Technologie bzw. der verwendeten Systeme auch zu einer Veränderung des Berufsbilds des Markscheiders führt, können in der obigen Auflistung noch immer die aktuellen Aufgaben (siehe Abschn. 2 bzw. [1]), wiedererkannt werden. Und auch wenn aufgrund der zunehmenden Veränderung und zugegebenermaßen auch Vereinfachung der Vermessungstätigkeit der Eindruck entstehen kann, dass die Rolle des Markscheiders im modernen Bergbau nicht mehr gebraucht wird, ist genau das Gegenteil der Fall.

Vor dem Hintergrund der ständig wachsenden Vielfalt an Mess- und Geodaten nimmt der Markscheider als Ingenieur mit der Fähigkeit zur belastbaren Datenakquisition, Beurteilung und Interpretation eine noch bedeutendere Rolle ein als bisher und stellt mit seiner Fachkunde einen unbedingt notwendigen Baustein der Rohstoffgewinnung dar.

Funding. Open access funding provided by Montanuniversität Leoben.

Open Access Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Bundesgesetz über mineralische Rohstoffe (Mineralrohstoffgesetz – MinroG), BGBl. I Nr. 38/1999
2. Mayer, G.; Pilgram, R.: Neue Entwicklungen in der Tagebauvermessung. In: Sroka, A. (Hrsg.): Schriftenreihe des Instituts für Markscheidewesen und Geodäsie, (2013–1), Freiberg: Bergakademie TU, 2013, S. 36–48
3. Tscharf, A.: Stand der Technik in der Tagbauvermessung. BHM 163 (2018), H. 2, S. 57–63
4. Deumlich, F.; Staiger, R.: Instrumentenkunde der Vermessungstechnik. 9., völlig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Heidelberg: Wichmann, 2002
5. Höpfner, J.: Instrumente und Geräte für geodätische Arbeiten und Forschungen am Geodätischen Institut Potsdam unter dem Direktorat von Friedrich Robert Helmert. 13. Symposium zur Vermessungsgeschichte Friedrich Robert Helmert – zum 100 Todestag. Präsentation 13.02.2017, Dortmund, 2017 [gfzpublic.gfz-potsdam.de › item › Hoepfner-Instrumente-2017_2431891](http://gfzpublic.gfz-potsdam.de/item/Hoepfner-Instrumente-2017_2431891) (Zugriff 10.12.2019)
6. Kahmen, H.: Angewandte Geodäsie: Vermessungskunde, 20., völlig neu bearbeitete Auflage, Berlin: de Gruyter, 2006
7. Hofmann-Wellenhof, B.; Kienast, G.; Lichtenegger, H.: GPS in der Praxis, Wien, New York: Springer, 1994
8. Tscharf, A.: Potentiale und Herausforderungen neuer Vermessungstechnologien im Bergbau – Der Einsatz unbemannter Flugkörper zur Erfassung von Geodaten, BHM 161 (2016), H. 10, S. 481–487
9. Luhmann, T.: Nahbereichsphotogrammetrie, 4., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin: Wichmann, 2018
10. Hanssen, R.F.: Radar Interferometry Data. Interpretation and Error Analysis, Dordrecht (u. a.): Kluwer, 2001

-
11. Pilgram, R.; Mayer, G.; Kremser, F.: Die messtechnische Erfassung von Bodenbewegungen an Hängen und Böschungen, BHM 156 (2011), H. 4, S. 131–141
 12. Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft, Familie und Jugend über Vermessungen beim Bergbau, das Bergbaukartenwerk und die Erfassung von Bodenbewegungen 2013 (Marscheideverordnung 2013), BGBl. II Nr. 437/2012
 13. Institut für Marscheidewesen und Geodäsie an der TU Bergakademie Freiberg: Forschungsprojekt UPNS4D+, <https://tu-freiberg.de/fakult3/mage/forschung/upns4d> (Zugriff 10.12.2019)
 14. Tscharf, A.: UAVs zur Qualitätssteuerung im Tagbau, Das Arbeitspaket 5.1 im europäischen Horizon 2020 Forschungsprojekt SLIM, BHM 163 (2018), H. 4, S. 124–130
 15. Tscharf, A.; Wenighofer, R.; Stift, L.; Mayer, G.; Galler, R.: Monitoring von Naturgefahren mittels UAV – Analysen zu Genauigkeit sowie automatischer Passpunktdetektion anhand ausgewählter Fallbeispiele. In: Hanke, K.; Weinold, T. (Hrsg): .20. Internationale Geodätische Woche Obergurgl 2019, Berlin: Wichmann, 2019, S. 163–170

Hinweis des Verlags. Der Verlag bleibt in Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutsadressen neutral.