

Orientierung eines untertägigen Polygonzugnetzes im Lagebezug ETRS89/UTM

Roman Kaden ¹⁾, Harald Rasche ²⁾, Frieder Tonn ²⁾

¹⁾ Wismut GmbH, Schlema-Alberoda ²⁾ K+S KALI GmbH, Werk Werra

ZUSAMMENFASSUNG:

Im Rahmen einer Diplomarbeit wurden 2015 die untertägigen Polygonzugnetze der Gruben Unterbreitzbach/Merkers der K+S KALI GmbH im Lagebezug ETRS89/UTM neu orientiert und Ergebnisse verschiedener Messepochen ausgeglichen. Für die Schaffung eines weiteren Anschlusspunktes erfolgten zur Koordinatenübertragung im Schacht Merkers 2 eine mechanische Schachtlotung und eine Steilschachtmessung nach dem Verfahren von Mecke/Ackermann aus dem Jahr 2002. Die Methoden werden gegenübergestellt und die erreichten Genauigkeiten diskutiert.

ABSTRACT:

Within the framework of a diploma thesis the underground mining coordinate system of Unterbreitzbach/Merkers K+S KALI GmbH became reorientated in the reference system ETRS89/UTM with an adjustment of results from different ages of measurement. For the development of a further termination point a mechanical shaft plumbing and a steep shaft measurement according to Mecke/Ackermann from 2002 took place. The methods will be compared followed by a discussion of the reached accuracies.

1 Einleitung

Die Einführung des Europäischen Terrestrischen Referenzsystems 1989 ETRS89/UTM als einheitliches Lagebezugssystem in der Bundesrepublik Deutschland ist nach dem Beschluss der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der BRD (AdV) aus dem Jahr 1991 von vielen Behörden und Unternehmen bereits realisiert oder wird noch vollzogen. Mit diesem Schritt wird der Lagebezug europaweit vereinheitlicht.

Mit der Entscheidung der AdV wurde der Lagebezug ETRS89/UTM zur Grundlage aller raumbestimmten Aufgabenstellungen. Folgerichtig ist dessen Einführung im Bergbau notwendig. Durch den Arbeitskreis ETRS89 des Deutschen Markscheider-Vereins wurde dazu eine Empfehlung erarbeitet [1]. Darüber hinaus werden Fortschreibungen der Normen DIN 21906 „Bergmännisches Risswerk – Blatteinteilungen“ und DIN 21907 „Bergmännisches Risswerk – Blattgestaltung“ erwartet.

Die geodätische Koordinatenumformung und -transformation vom bisherigen amtlichen Lagebezug in das System ETRS89/UTM kann mit Hilfe von Softwarelösungen erfolgen, die u. a. von den Vermessungsverwaltungen der Bundesländer bereitgestellt werden. Verschiedene Hersteller von Vermessungssoftware haben diese Transformationen ebenfalls in ihre Software implementiert. Die Vorstellung einer Lösung zur Georeferenzierung von Vektordaten zur Umstellung des bergmännischen Risswerkes des Kalibergwerks Werra der K+S KALI GmbH auf den amtlichen Lagebezug ETRS89/UTM war Inhalt eines Vortrages zum 16. Geokinematischen Tag 2016 [2].

Das Kalibergwerk Werra der K+S KALI GmbH befindet sich auf dem Gebiet der Bundesländer Hessen und Thüringen. Die untertägigen Grubenbaue besitzen eine Ausdehnung von ca. 20 km in Nord-Süd-Richtung und ca. 30 km in West-Ost-Richtung. Nachfolgend werden Ausgangssituation, Methodik und Ergebnisse der Umstellung des bisherigen Koordinatenbezugssystems GK/Bessel in den Lagebezug ETRS89/UTM für den Thüringer Teil des Bergwerkes beschrieben.

2 Ausgangssituation

Die Triangulation vom September 1909 im Koordinatensystem DHDN (Gauss-Krüger) war die Grundlage der Orientierung des Schachtes Sachsen-Weimar 1, dem heutigen Schacht 1 Unterbreizbach, bis in die späten 50er Jahre des vergangenen Jahrhunderts.

Der Schacht 1 war bis zur Teufe des Schachtes Mühlwärts, dem heutigen Schacht 2 Unterbreizbach, die einzige Tagesöffnung des Grubenfeldes. Die Orientierung des Grubenfeldes Sachsen-Weimar wurde in den Jahren 1912, 1926 und in Vorbereitung des Durchschlages zum Schacht Mühlwärts in den Jahren 1955, 1956 und 1958 durch Schachtdoppellotung in Schacht 1 an das übertägige Festpunktfeld angeschlossen. Schachtnahe untertägige Polygonseiten wurden redundant gemessen und dienten als orientierte Anfangsseiten der Hauptzüge.

Zur Durchschlagsangabe erfolgten 1959 durch Prof. Neubert (Bergakademie Freiberg) erste Kreiselmessungen mit Eichung im übertägigen DHDN-Festpunktfeld.

Nach dem Durchschlag zum Schacht 2 und einer Schachtlotung im Schacht 2 erfolgte die Neumessung und Ausgleichung eines Einrechnungszuges zwischen den Schächten. Die Koordinaten bildeten fortan die Grundlage des Polygonzugsystems der Grube Unterbreizbach.

Die Messung der Haupt- und Nebenzüge des untertägigen Polygonzugnetzes erfolgte trigonometrisch mit dem jeweils aktuellen Instrumentarium seiner Zeit.

Im Jahr 1978 wurde die 1. Südliche Abteilung nach Osten mit dem Grubenfeld Merkers durchschlägig, es entstand der heutige nördliche Wetterverbund zwischen den Gruben Unterbreizbach und Merkers.

Nach der Wiedervereinigung der beiden deutschen Staaten und der Fusion der ost- und westdeutschen Kaligruben an der Werra wurde von 1991 bis 1993 in Vorbereitung der Schaffung einer südlichen Verbindung der Grubenfelder ein kreiselgestützter Polygonzug vom Südteil der 2. Sohle der Grube Merkers bis in den Süden der 2. Sohle der Grube Unterbreizbach gemessen. Zum Einsatz kamen 1993 der DMT-Vermessungskreisel Gyromat 2000 sowie Messgeräte der Hersteller Zeiss und Leica. Die Kreiselmessungen wurden an einer untertägigen Referenzstrecke im Grubenfeld Unterbreizbach kalibriert, um ein homogenes Bezugssystem, ausgehend vom Unterbreizbacher Polygonsystem zu realisieren.

Die Messwerte und Koordinaten dieses Polygonzuges lagen als ältestes digitales Datenmaterial zur Auswertung im Rahmen der Diplomarbeit Kaden vor.

Thema der Diplomarbeit von Ackermann [4] aus dem Jahr 2002 war die Neuorientierung der Grube Unterbreizbach durch Anschluss des Hauptpolygonzugnetzes an das auch am Standort Hattorf/Wintershall verwendete Gauß-Krüger-Koordinatensystem zur Durchschlagsangabe für eine untertägige Förderverbindung. Dazu wurden die übertägigen Anschlusspunkte durch statische GPS-Messungen an die trigonometrischen Festpunkte der Orientierung der Schachanlage Hattorf angeschlossen und in den Schächten Unterbreizbach 1 und 2 zur Koordinatenübertragung Steilschachtmessungen entsprechend der Messungsanordnung nach Mecke/Ackermann durchgeführt.

Diese Koordinatenübertragung erfolgte durch elektrooptische Distanz- und Winkelmessungen mit einer Leica-TPS1100-Totalstation von einer Bühne im Füllort zu Prismen an der Ackersohle, die an Spezialkonsolen befestigt waren. Mit den von Ackermann gemessenen Polygonzügen konnte das Hauptzugnetz der Grube Unterbreizbach neu orientiert und mit der Software KAFKA ausgeglichen werden. Bis 2015 diente diese Orientierung als Arbeitskoordinatensystem des aktiven Bergwerks Unterbreizbach.

3 Neue Orientierung 2015 im Lagebezug ETRS89/UTM

Für eine gemeinsame Orientierung der Grubenfelder Unterbreizbach und Merkers im amtlichen Lagebezug ETRS89/UTM waren im Rahmen der Diplomarbeit Kaden 2015 übertägige Anschlusspunkte anzulegen und mit GNSS-Messungen im Zielsystem zu bestimmen, im Schacht 2 Merkers ein weiterer Datumspunkt nach Untertage zu übertragen sowie umfangreiche Verbindungsmessungen zur Schaffung eines untertägigen Gerüstpolygons durchzuführen.

Zur Abschätzung der Genauigkeit des 2002 in Unterbreizbach angewendeten Verfahrens zur Koordinatenübertragung nach Mecke/Ackermann wurde dieses Verfahren im Schacht 2 Merkers einer mechanischen Schachtlotung gegenübergestellt.

Da bei der Größe des Grubengebäudes eine Hauptzugmessung „aus einem Guss“ nicht realisierbar war, musste der Aufbau des Hauptzugnetzes mit Messdaten verschiedener Messepochen erfolgen (Beobachter, Instrumentarium, Messmethodik, Genauigkeit), was besondere Herausforderungen an die Ausgleichung stellte.

Die Ergebnisse der in den vergangenen Jahren durchgeführten untertägigen Kreiselmessungen wurden durch Epochenvergleiche homogenisiert und die Richtungen als zusätzliche Bedingungen in die Ausgleichungsprojekte eingepflegt. Es erfolgten vergleichende Berechnungen mit der Software der Cremer Programmentwicklung GmbH und der Software WINKAFKA der HHK Datentechnik GmbH.

3.1 Netzmessungen Übertage

Auf dem Firmengelände der K+S KALI GmbH in Merkers mit den Schächten 2 und 3 wurde für die Lotanschlussmessung und übertägige Kreiselkalibrierung ein neues Lage- und Höhennetz angelegt.

Vier der sechs neuen Festpunkte wurden mittels statischer GNSS-Messung bestimmt und mit dem Online-Datendienst BaLiBo des Thüringer Landesamtes für Vermessung und Geoinformation im SAPOS-Netz berechnet. Nach zwei unabhängigen GNSS-Messungen mit Trimble R8- und R10-GNSS-Systemen erfolgten satzweise Richtungsmessungen in Zwangszentrierung mit einer Leica TS15-Totalstation.

Der Anschluss an betriebseigene Höhenfestpunkte des Leitnivelements wurde durch Feinnivellement mit einem Leica DNA03 hergestellt.

Zur Schätzung der erreichbaren Genauigkeit der Lotanschlusspunkte wurde das Tool „Netzprognose“ der Cremer-Berechnungssoftware benutzt. Unter Berücksichtigung der a-priori Genauigkeiten für die Winkel- und Streckenmessung mit der TS15, der Lage-Genauigkeit der GNSS-Punkte von 5 mm und einer Richtungsgenauigkeit von 1,5 mgon für das Kreiselazimut wurde eine Lagegenauigkeit von 5mm für Lotdraht und Zielpunkte der Loteinrichtung abgeleitet.

Im Ergebnis der Lagenetzausgleichung konnte eine mittlere Standardabweichung der Netzpunkte von 3,5 mm festgestellt werden.

Mit der gleichen Methodik wurden die noch vorhandenen übertägigen Festpunkte der Schachtanschlussmessungen von Mecke/Ackermann 2002 auf den Anlagen der Schächte 1 und 2 Unterbreizbach gemessen und berechnet.

Die dort erreichten Lagegenauigkeiten sind mit denen des Netzes Merkers vergleichbar. Der Höhenanschluss erfolgte ebenfalls an das betriebliche Höhenfestpunktnetz. Mit den erreichten Ergebnissen und den vorliegenden Messungsdaten der Koordinatenübertragung war die Grundlage für einen Nachvollzug der Berechnungen von Mecke/Ackermann im System ETRS89/UTM gelegt.

3.2 Lotanschlussmessung Übertage Schacht 2, Merkers

In Vorbereitung der Messungen im Schacht 2 Merkers wurde ein Holzbalken mit sechs Prismenadaptern, einer Lot-Abdrängplatte mit drei Kerben sowie zwei Reflexfolien präpariert (Abb. 1, S. 5). Die Koordinaten der Prismen, Kerben und Reflexmarken wurden vor dem Einbau des Balkens in

einem örtlichen Koordinatensystem vermessen und berechnet. Die berechnete Genauigkeit der Punkte betrug 0,6 mm in der Lage und 1,2 mm in der Höhe.



Abb. 14: Präparierter Balken mit Lotkerben und Aufnahmen für Prismen

Zu Beginn der Schachtlotung wurden am eingebauten und auf Querträgern des Schachtgerüsts montierten Balken die äußeren Prismen und Reflexmarken vom Schachtanschlusspunkt aus im Festpunktnetz (Abriss zu drei Punkten des neuen Lagenetzes) eingemessen und die vorher bestimmten lokalen Koordinaten der Prismen, Kerben und Reflexmarken in das System ETRS89/UTM transformiert (Abb. 2).



Abb. 15: Eingebauter Balken mit Prismen, Lotdraht und Tachymeter für Lotanschlussmessung

3.3 *Mechanische Schachtlotung, Koordinatenübertragung nach Mecke/ Ackermann und Lotanschlussmessung Untertage Schacht 2, Merkers*

Die Übertragung von Punktkoordinaten in seigeren Schächten erfolgt seit dem 16. Jahrhundert durch mechanische Schachtlotungen. Das Verfahren eignet sich auch zur Richtungsübertragung durch Doppellotungen. Mitte des 20. Jahrhunderts wurden weitere Methoden zur Koordinatenübertragung von der Tagesoberfläche in die Grube entwickelt. Dazu zählen verschiedene optische Punktbeisierungen wie das Zielstrich-, Doppelbild-, Polarisation- oder Alignierverfahren. In jüngerer Vergangenheit haben sich auch Methoden mit Laser- und Inertialmesssystemen oder Tachymetern als praktikabel erwiesen.

Unter Berücksichtigung der spezifischen Anwendungskriterien, der technischen Voraussetzungen und Genauigkeiten wurde am Schacht 2 Merkers eine mechanische Lotung geplant, bei der zwei Lotlagen nacheinander bestimmt werden sollen.

Nach intensiver Prüfung der Ausrüstung zur mechanischen Schachtlotung (Belastungsprobe, Berechnung der Längung des Lotdrahtes unter Messbedingungen, Gewichtsfestlegung) erfolgte eine Erkundung der Messbedingungen im Schacht (Temperatur, Wettergeschwindigkeit, mögliche Lotpositionen, Anordnung der Ablesekalen Untertage, Schachtgeometrie und Sichtbarkeit der Prismen).

Der Schacht 2 Merkers wird als Reserveschacht für die Personenfahrgang und zur Bewetterung genutzt. Bei einem Durchmesser von ca. 5 m und einer Teufe zwischen Rasensohle und Füllort 1.Sohle von etwa 500 m fahren gegenläufig zwei Förderkörbe, welche während der Lotung über und unter dem benötigten Schachtabschnitt abgestellt werden konnten. Die Wettergeschwindigkeit des ausziehenden Schachtes wurde auf ein nicht mehr messbares Minimum gedrosselt, so dass eine gleichmäßig trockene und rund 20 °C warme Atmosphäre in der Schachtsäule herrschte.

Entscheidend für die Genauigkeit einer mechanischen Lotung sind gute Messbedingungen und eine robuste Messkonfiguration. Eine unabhängige Zweitlotung unter gleichen Bedingungen bei bekannter überträgiger Lotbasis sichert das Ergebnis der Erstmessung und steigert die Qualität der übertragenen Lagekoordinaten. Die Zweitlotung wurde am gleichen Messtag durchgeführt, das Lot wurde dabei an der Abdrängplatte um 0,100 m (Lotbasis) in eine zweite Kerbe umgegangen.

In beiden Lotpositionen wurden Mehrgewichtslotungen mit zwei Gewichten (43 und 103 kg) durchgeführt. Wegen des geringen Lotdrahtdurchmessers von 1,3 mm und unter Berücksichtigung eines Sicherheitsfaktors konnte kein schwereres Lotgewicht verwendet werden.

Die in Schwingung versetzten Lote wurden von zwei Standpunkten im Füllort in annähernd rechtwinklig zueinanderstehenden Visuren nacheinander gemessen (Abb. 3 und 4, S. 7). Die Kontrolle des Freihanges, Berechnung der Ortungszahlen und Seigerlagen sowie die Berechnung der Koordinaten der Lotpunkte und Lotbasis Untertage erfolgte direkt vor Ort anhand einer vorbereiteten Tabelle.

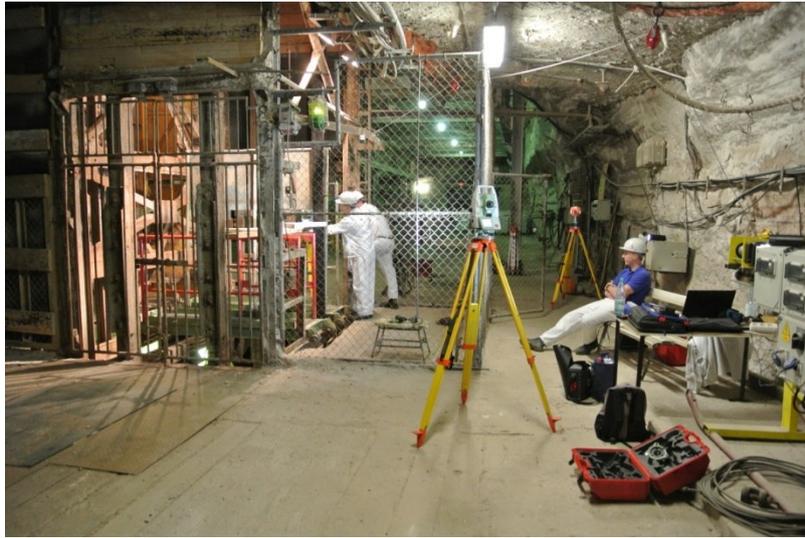


Abbildung 16: Füllort der 2. Sohle während der Schwingungsbeobachtung

Unter Berücksichtigung der Einflüsse von Lotabdrift, Ablenkung durch Massenanziehung, Ablenkung durch Wetterstrom, Fehler der Seigerlagenbestimmung, restlicher zufälliger Fehler, Lagefehler der Netzanschlusspunkte und Fehler bei der Lotanschlussmessung ließ sich ein Lagefehler von 6 mm für eine Einfachlotung prognostizieren.



Abbildung 17: Schwingungsbeobachtung (103 kg)

Bei den im Jahr 2002 durchgeführten Lotungen in den Schächten 1 und 2 in Unterbreizbach wurden die übertägigen Anschlusskoordinaten durch eine von Mecke und Ackermann entwickelte Methode per Steilschachtmessung mit einer Totalstation übertragen. Für den Nachweis der allgemeinen Anwendbarkeit dieses Verfahrens in Kalischächten wurde das Messverfahren parallel zur mechani-

schen Lotung vom Füllort des Schachtes 2 Merkers aus zu Prismen am übertägigen Messbalken angewendet.

Die Koordinaten- und Höhenübertragung nach Mecke/Ackermann erfolgte über die äußeren Balkenpunkte (Basis 1,750 m). Bei einer Entfernung von 500 m in der Schachtröhre ist die ATR-Funktion (automatische Zielerkennung) des Instrumentes nicht mehr in der Lage, zwischen beiden Prismen zu unterscheiden. Zur eindeutigen Zielansprache wurde eine Seilzugvorrichtung am Balken installiert, mit der das übertägige Personal auf Anweisung jeweils ein Prisma abdecken konnte. Wie von Ackermann beschrieben, wurden je Prisma 16 Zielungen durchgeführt und die Messwerte Zenitwinkel, Schrägdistanz und Horizontalwinkel in die Berechnung einbezogen (Abb. 5). Daraus berechneten sich die Koordinaten des Standpunktes im Füllort (S3). Ackermann gab für die untertägigen Anschlusspunkte in Unterbreizbach Lagegenauigkeiten von 5 mm (Schacht 1) bzw. 11 mm (Schacht 2) an.

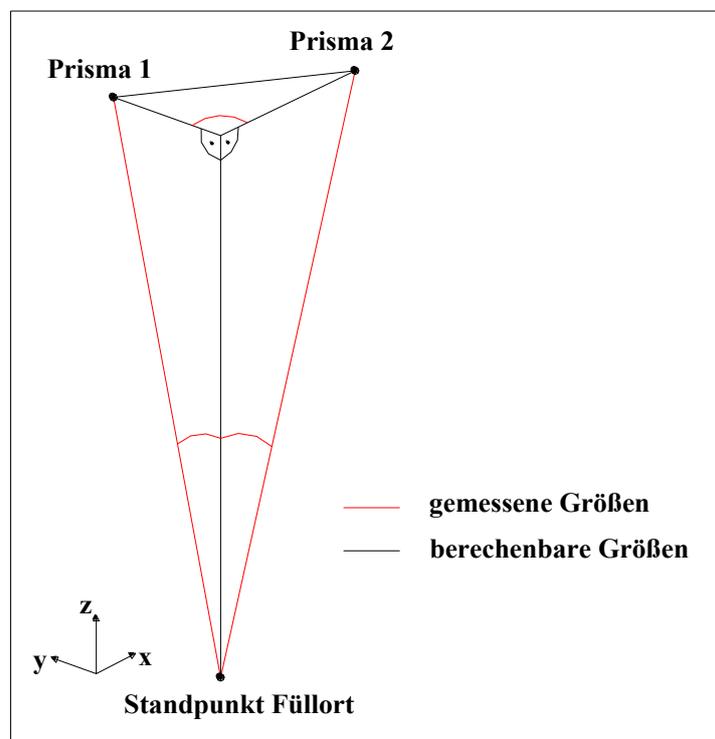


Abb. 18: Raumskizze der Punkte im Schacht bei der Steilschachtmessung [Ackermann 2002]

Bei der trigonometrischen Höhenübertragung wurde die Luftdruckdifferenz zwischen Über- und Untertage durch Einführung einer Längenkorrektur berücksichtigt. Weitere Korrekturen wurden aufgrund der homogenen Wettersäule im Schacht nicht angebracht. Die erreichbare Genauigkeit der Höhenbestimmung beträgt 2 mm, Ackermann gibt für die Punkte an den Schächten Unterbreizbach 1 und 2 jeweils 3,5 mm an.

Das untertägige Lotanschlussnetz bestand im Füllortbereich des Schachtes 2 Merkers aus den Standpunkten S1 und S2 zur Beobachtung der Seigerlage der Lote (und damit der Lotkoordinaten) und dem Standpunkt zur Messung der Prismen S3 sowie den Punkten zum Anschluss des Netzes an das Hauptpolygon (Abb. 6, S. 9). Das Netz wurde in allen Kombinationen in Zwangszentrierung in drei Vollsätzen gemessen und an einer Kreiselseite des Hauptzuges angeschlossen.

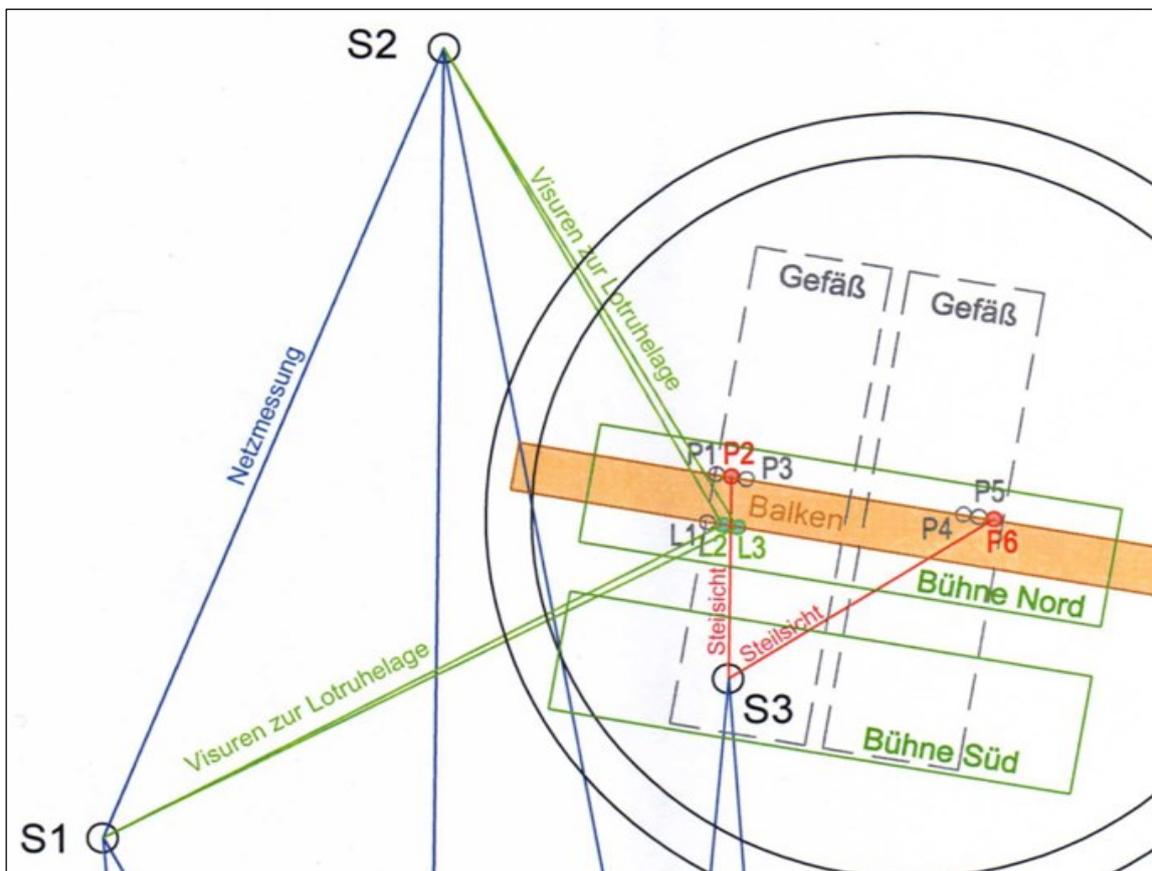


Abb. 19: Schematischer Grundriss von Füllort, Schacht und übermäßigem Messbalken.

Der berechnete Untertage-Abstand der aus Schwingungsbeobachtungen von zwei Richtungen bestimmten Lotpunkte beträgt 0,998 m und stimmt damit mit der Übertage-Basis überein.

Zur Gegenüberstellung der Lotverfahren wurden die vorläufigen Koordinaten der untertägigen Netz- und Lotpunkte mittels 2D-Helmerttransformation auf die ETRS89/UTM-Koordinaten der Lotpunkte am Balken und des Instrumentenstandpunktes S3 Untertage transformiert. Dabei wurde ein Netzmaßstab von 0.9982 festgestellt, die Restklaffungen waren kleiner als 5 mm.

Ein wesentliches Ergebnis der Untersuchungen ist der Nachweis, dass die Koordinatenübertragung nach Mecke und Ackermann unter ähnlichen äußeren Bedingungen wie im Schacht 2 in Merkers annähernd genaue Ergebnisse wie die mechanische Lotung erwarten lässt. Auf die innere Genauigkeit eines großen Polygonnetzes wie in Unterbreizbach/Merkers hat der Genauigkeitsunterschied der Koordinatenbestimmung keine Auswirkung. Für Richtungsübertragungen ist das Verfahren nach Mecke/Ackermann allerdings nicht geeignet. Zur Netzstabilisierung sind, wie in der MarkschBergV gefordert, Kreiselorientierungen durchzuführen.

3.4 Netzmessungen Untertage

Das untertägige Hauptpolygonzugnetz ist an den drei erwähnten Datumspunkten 15 (UB 1), 28 (UB 2) und S3 (MK 2) angeschlossen, verläuft auf der 1. bzw. 2. Sohle und beschreibt aufgrund der nördlichen und südlichen Verbindung einen Ring mit stabilisierenden Zwischenverbindungen. Mit Ausnahme von Teilstücken des bereits beschriebenen Hauptzuges von 1991-1993 (Lagenetz U-Zug Ost und West) und Abschnitten der in den Jahren 2002–2015 gemessenen Hauptpolygonzüge der

Produktionsreviere der Grube Unterbreizbach (Lage- und Höhennetz Süd) wurden in Vorbereitung und im Rahmen der Diplomarbeit Verbindungszüge und große Teile des Netzes neu gemessen (Lage- und Höhennetz Nord, Zuglänge ca. 37 km). Dabei kamen Totalstationen vom Typ TS15 der Firma Leica zum Einsatz.

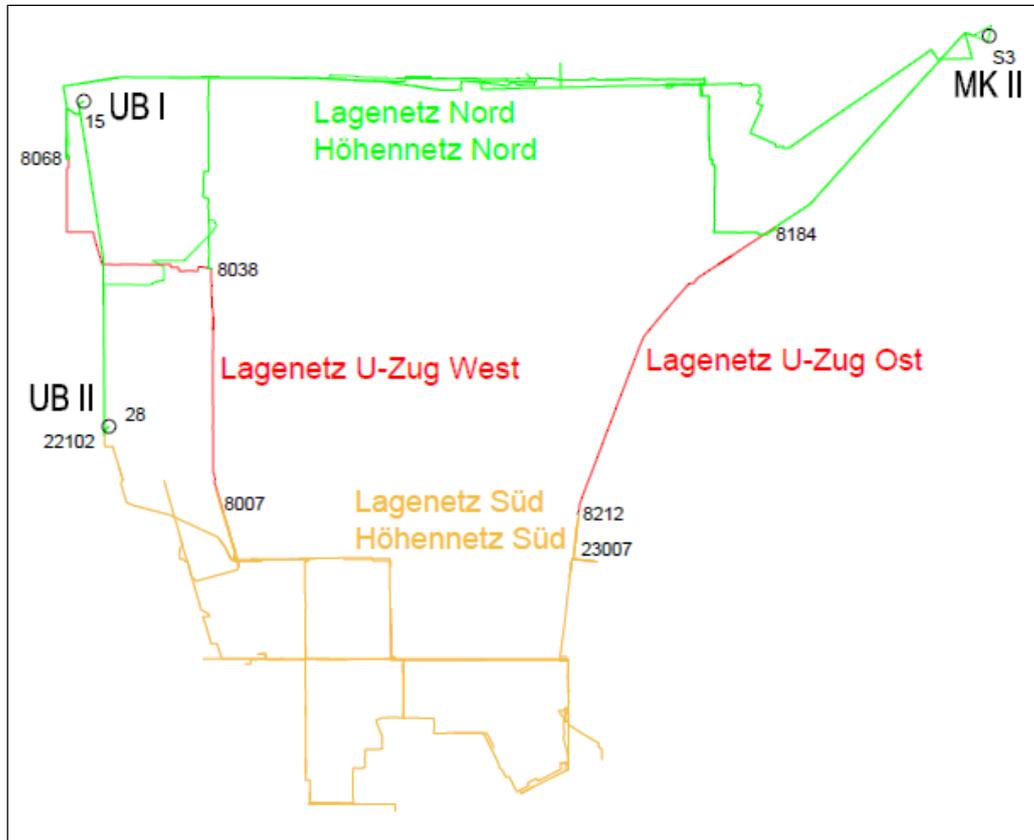


Abb. 20: Teilnetze des Gerüstpolygons mit Datums- und Verbindungspunkten

Durch Prognoseberechnungen mit der Software Cremer Commander konnte nachgewiesen werden, dass satzweise Richtungsmessungen in drei Vollsätzen hinreichend genaue Berechnungsergebnisse in der Ausgleichung erwarten lassen. Zusätzliche Richtungsbestimmungen durch Kreiselorientierungen haben eine erhebliche genauigkeitssteigernde Wirkung.

Die Neumessungen wurden in Zwangszentrierung unter Nutzung der ATR-Funktion der Geräte (automatische Zielerkennung) in mindestens drei Vollsätzen ausgeführt. Zum Zentrieren der Stative unter den Firstpunkten kam das Zenitlot FG-L30 zum Einsatz, da Schnurlote bei den teilweise hohen Wettergeschwindigkeiten einer Drift unterliegen.

Im Zuge der Auswertung der Polygonzugabschnitte wurde die Einhaltung der MarkscheideV geprüft. Strecken-, Höhen- und Brechungswinkeldifferenzen an den Überlappungsstellen der Züge wurden zur Sicherung einer hohen Qualität der Messdaten vor Messungsbeginn kontrolliert.

3.5 Kreismessungen

Im Jahr 1993, sowie von 2000 bis 2004 und 2013 fanden in den Gruben Unterbreizbach und Merkers Kreismesskampagnen statt. Bei der Einbeziehung der Kreismessergebnisse waren unter-

schiedliche Instrumente und Genauigkeiten, verschiedene Kalibrierstrecken und systematische Abweichungen der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Zu Beginn der Diplomarbeit wurde eine das gesamte Bearbeitungsgebiet umfassende Kreiselmesskampagne geplant. Bei der Ausführung der Messungen wurde die im Rahmen der übertägigen Netzmessung an den Schächten Merkers 1 und 2 im System ETRS89/UTM neu angelegte Kalibrierstrecke benutzt. Untertage wurden Kreiselzeiten vergangener Messepochen erneut gemessen und entsprechend der betrieblichen Vorgaben neue Kreiselzeiten bestimmt. Vorab erfolgte eine Qualifizierung der möglichen Kreiselzeiten, wobei die Festlegungen nach MarksbergV Anlage 1, Absatz 2.3.1.3, Position der Firstpunkte im Streckenprofil, Einfluss von Störquellen auf das Instrumentarium und ein möglichst langer Abstand der Polygonpunkte untereinander berücksichtigt wurden.

Bei der Auswertung wurden die umfangreichen, in sich kontrollierten und in der neuen Messkampagne bestätigten Ergebnisse der Messungen und Berechnungen von 2000 bis 2004 unter Prof. Wittenburg als Basis angehalten. Zusätzlich erfolgte eine Gewichtung auf Grundlage der Zuverlässigkeit, Herkunft und Kontrolliertheit der Messungen. Die somit erhaltenen Kreiselorientierungen flossen in die Netzausgleichung ein.

3.6 Netzausgleichung

Das zu analysierende Polygonzugnetz setzt sich aus mehreren Teilnetzen mit Messdaten verschiedener Messepochen zusammen. Im Rahmen der Diplomarbeit wurde erstmalig eine Gesamtausgleichung der Messergebnisse über 766 Netzpunkte ausgeführt. Das Netz ist an die bereits beschriebenen drei Datumspunkte mit den in Tabelle 1 angegebenen Genauigkeiten (Berechnung nach Mecke/Ackermann) angeschlossen.

Tab. 1: Koordinaten der untertägigen Lotpunkte (Datumspunkte)

Punkt	East [m]	North [m]	Genauigkeit [mm]	Höhe ü. NN [m]	Genauigkeit [mm]
S3 (MK II)	32579051,017	5630342,141	3,2	-260,669	2
15 (UB I)	32568796,274	5629596,879	5	-467,817	3,5
28 (UB II)	32569082,047	5625886,387	11	-447,442	3,6

Bei der Netzausgleichung wurden zwei Ansätze untersucht, die Netzausgleichung mit fixen Anschlusskoordinaten und der Ansatz mit den in Tabelle 1 dargestellten a priori-Standardabweichungen. Die Messdaten wurden in vier Beobachtungsgruppen analog der in Abb. 7, S. 10 dargestellten Teilnetze eingeteilt. Die Software Cremer erlaubt eine differenzierte Berechnung und Gewichtung. Die Lotkonvergenz wurde durch die Software beachtet und die Streckenlängen wurden korrigiert. Die Lotabweichung entspricht bei einer Schachtteufe von 500 m lediglich 1,5 cm (1,6 mgon) und liegt damit im Bereich der Bestimmungsgenauigkeit der Datumspunkte.

In der Netzausgleichung wurden 26 Kreiselorientierungen berücksichtigt. Damit wurde ein Genauigkeitsgewinn um 35 % gemessen am mittleren Lagefehler erzielt.

Die Netzausgleichung mit den a priori-Standardabweichungen für die Anschlusspunkte ergab keine signifikante Änderung der mittleren und maximalen Punktlagefehler. Für beide Ansätze konnten eine mittlere Lage-Standardabweichung von 6,5 cm und eine maximale Standardabweichung von 14,1 cm bestimmt werden. Abbildung 8 zeigt den ausgeglichenen untertägigen Polygonzug mit den drei Schächten, der Markscheide zwischen beiden Gruben und den Konfidenzellipsen aller Punkte. Gut erkennbar sind die Bereiche größerer Lagefehler im Süden und dem Mittelteil der nördlichen Verbindung.

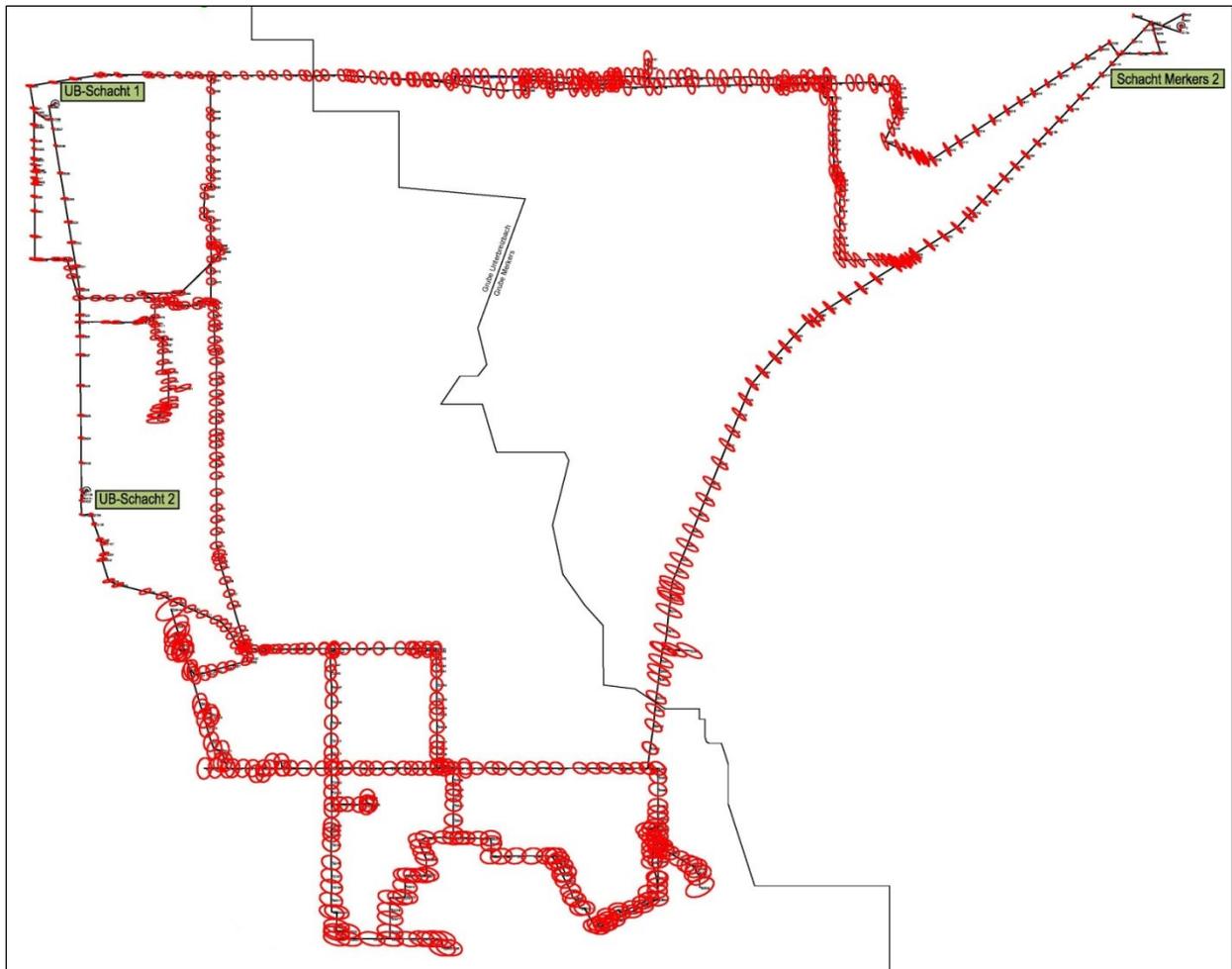


Abbildung 21: Gerüstpolygonnetz mit Konfidenzellipsen 95 %.

Eine Höhenausgleichung des Gesamtnetzes konnte im Rahmen der Diplomarbeit aufgrund fehlender Messwerte im Netzteil U-Zug Ost (Abb.7, S. 10) nicht durchgeführt werden, da eine Neumessung dieses Netzteiles aus betriebstechnischen Gründen nicht möglich war. Ein Vergleich der nach der Höhennetzausgleichung berechneten Höhendifferenz der Punkte 8184 und 8212 mit der im Jahr 1993 angegebenen ergab eine Abweichung von nur 0,054 m.

Eine zweite unabhängige Berechnung erfolgte mit der bei der K+S KALI GmbH vorhandenen Software WINKAFKA. Diese Software gestattet dem Bearbeiter eine detaillierte Gewichtung der Messdaten und Kreisellazimute. Die Qualität der vorliegenden Messdaten lässt sich damit sehr gut abbilden.

Aufbauend auf den Ergebnissen und Erfahrungen der Diplomarbeit und in Auswertung der Untersuchungen zur Netzstabilität und -genauigkeit wurde in der Markscheiderei Unterbreizbach inzwischen das vollständige Polygonnetz der Gruben Unterbreizbach und Merkers sowohl im Lagebezug ETRS89/UTM als auch im Lagebezug Gauß-Krüger mit WINKAFKA ausgeglichen.

4 Zusammenfassung

An den Standorten Merkers und Unterbreizbach des Werkes Werra der K+S KALI GmbH wurden durch GNNS-Messungen und Feinnivellements mit Anschluss an das betriebseigene Höhensystem neue hochgenaue Lage- und Höhennetze im amtlichen Lagebezug ETRS89/UTM zum Anschluss der Lotungen und Steilschachtmessungen angelegt.

Im Schacht 2 Merkers wurden zwei mechanische Lotungen mit versetzter Lotbasis durchgeführt und durch eine entsprechende Steilschachtmessung mit dem Verfahren nach Mecke/Ackermann verglichen. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass das Verfahren nach Mecke/Ackermann für die Kaligruben des Werkes Werra der K+S KALI GmbH als gleichwertige Alternative zur klassischen mechanischen Lotung zur Koordinatenübertragung einsetzbar ist.

Das bearbeitete untertägige Hauptpolygonnetz aus 766 Polygonpunkten wurde aus vier Netzteilen unterschiedlicher Messepochen vereinigt und weist im Mittel eine Genauigkeit von 6,5 cm und im Maximum von 14,1 cm auf. Die bei der Netzausgleichung mit fixem Koordinatenanschluss an die drei Datumspunkte eingegebenen Kreiselazimute wurden zuvor durch Homogenisierung von Werten verschiedener Messepochen und Neumessungen mit Kalibrierung an der im Übertagenetz Merkers neu angelegten Referenzlinie vereinheitlicht. Der Genauigkeitsgewinn, gemessen am mittleren Lagefehler der ausgeglichenen Punkte, beträgt ca. 35 Prozent.

Die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführten Orientierungsmessungen erfüllen die Anforderungen der MarkschBergV.

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Deutscher Markscheider-Verein e. V.: Empfehlungen zur Einführung des amtlichen Lagebezugssystems ETRS89/UTM im Bergbau, Ausgabe: 15. August 2013, <http://www.dmv-ev.de> →Arbeitskreis→Risswerk.
- [2] Tonn, Frieder: Umstellung der bergmännischen Risswerke für das Kalibergwerk Werra auf den amtlichen Lagebezug ETRS89/UTM – Vorstellung der Konzeption, 16. Geokinematischer Tag, Freiberg, 2015.
- [3] Kaden, Roman: Orientierung des untertägigen Polygonzugnetzes der Gruben Unterbreizbach/Merkers im Lagebezug ETRS89/UTM, Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2015.
- [4] Ackermann, Carsten: Netzausgleichung 2002 des Hauptzugnetzes im Werk Werra, Standort Unterbreizbach unter Berücksichtigung der Beziehung zwischen historisch relevanten und modernen Koordinatensystem, Diplomarbeit, TU Bergakademie Freiberg, Freiberg, 2015.