



DECKBLATT

EU 169	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	3168.30	---	HG	RA	0001	00

Titel der Unterlage: Wasserbilanz: Überwachung der Grubenwasser- mengen und Erstellung einer verfeinerten Wasserbilanz des Jahres 1984 für die Schachanlage Konrad unter Einbe- ziehung der GSF-Klimameßstation	Seite: I.
	Stand: 06.03.87

Ersteller: GSF	Textnummer:
-------------------	-------------

Stempelfeld:

PSP-Element TP.9K/212853		zu Plan-Kapitel: 3.9.3	
		PL 20.01.88	PL 20.01.88
		Freigabe für Behörden	Freigabe im Projekt

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung der PTB.

Revisionsblatt



EU 169	Projekt	PSP-Element	Obj. Kenn.	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.
	N A A N	N N N N N N N N N N	N N N N N N	X A A X X	A A	N N N N	N N
	9K	3168.30	---	HG	RA	0001	00

Titel der Unterlage: <u>Wasserbilanz: Überwachung der Grubenwassermengen und Erstellung einer verfeinerten Wasserbilanz des Jahres 1984 für die Schachanlage Konrad unter Einbeziehung der GSF-Klimameßstation</u>	Seite: II. <hr/> Stand: 06.03.87
--	---

Rev.	Revisionsst. Datum	verant. Stelle	Gegenzeichn. Name	rev. Seite	Kat. *)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
 Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
 Kategorie S = substantielle Änderung
 Mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden.

LV-Nr. 2242.07

AP-Nr. 1

Zwischenbericht

Schachtanlage Konrad
Leistungsverzeichnis-Nummer 2242.07

Wasserbilanz

Arbeitspaket Nummer 1

Überwachung der Grubenwassermengen und Erstellung
einer verfeinerten Wasserbilanz des Jahres 1984 für die
Schachtanlage Konrad unter Einbeziehung der GSF-Klimameßstation.

Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München
Institut für Tieflagerung



LV-Nr. 2242.07
Wasserbilanz

AP-Nr. 1

Überwachung der Grubenwassermengen und Erstellung einer verfeinerten Wasserbilanz des Jahres 1984 für die Schachtanlage Konrad unter Einbeziehung der GSF-Klimameßstation.

Braunschweig, den 6. März 1987



Dieser Bericht wurde im Auftrag der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB) erstellt. Die PTB behält sich alle Rechte vor. Insbesondere darf dieser Bericht nur mit Zustimmung der PTB zitiert, ganz oder teilweise vervielfältigt bzw. Dritten zugänglich gemacht werden.

Inhaltsverzeichnis

		Seite
	Abbildungsverzeichnis	
	Tabellenverzeichnis	
	Kurzfassung	
1	Einleitung	1
2	Grundlagen	2
3	Meßstellennetz	4
3.1	Wetterstromverteilung in der Grube	4
3.2	Anordnung der Meßstellen	5
3.2.1	Messung der Wetterstromverteilung	6
3.2.2	Temperatur und Feuchte	7
3.3	Instrumentierung der Meßstellen und Datenübertragung	7
4	Komponenten der Wassermengenbilanzierung	10
4.1	Ermittlung der Wetterfeuchtemengen aus den Klimadaten	11
4.2.	Ermittlung des Frischwassereintrages von Übertage	14
4.4	Ermittlung des Beitrages der Dieselkraftstoff- verbrennung zum Wetterfeuchteaustrag	14
4.5	Mit dem Haufwerk ausgetragene Wassermengen	15
5.	Ergebnisse	18
6.	Literatur	20

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Wetterführung und Anordnung der Meßstellen
- Abb. 2: Monatliche Wasseraufnahme der Grubenwetter 1984
- Abb. 3: Monatlich gehobenes Grubenwasser 1984
- Abb. 4: Monatlich eingeleitete Frischwassermenge 1984
- Abb. 5: Monatlicher Wasseraustrag 1984

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Wasserbilanz der Schachtanlage Konrad für das Jahr 1984

Kurzfassung



Überwachung der Grubenwassermengen und Erstellung einer verfeinerten Wasserbilanz des Jahres 1984 für die Schachtanlage Konrad unter Einbeziehung der GSF-Klimameßstation.

Die aus der Schachtanlage Konrad ausgetragenen Wassermengen setzen sich zusammen aus natürlichen Wasserzutrittsmengen und der Menge des betriebsseitig eingebrachten Wassers. Der Wasseraustrag erfolgt durch Sumpfung und in Form von Wetterfeuchte über den Abwetterstrom. Betriebsseitiger Wassereintrag erfolgt durch Frischwasserzufuhr und durch Verbrauch von Dieselkraftstoff.

Im Jahre 1984 wurde eine Nettowassermenge von 18826 m^3 aus der Schachtanlage Konrad ausgebracht. 8945 m^3 wurden betriebsseitig in das Grubengebäude eingebracht. Der Wasseraustrag erfolgt überwiegend (nämlich zu ca. 81 % der Gesamtwassermenge) über den Abwetterstrom. Die restliche Menge (ca. 10 l/Min.) wird durch Sumpfung gehoben. Der mittlere Wasseraustrag für das Jahr 1984 lag mit $52 \text{ m}^3/\text{Tag}$, entsprechend 36 l/Min., deutlich unter den früher (1978-1984) ermittelten Raten.

1. Einleitung

Im Rahmen der Zuarbeit des Instituts für Tieflagerung der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München zu Planunterlagen für das projektierte Endlager Schachtanlage Konrad war die Erstellung einer verfeinerten Wasserbilanz für das Grubengebäude Gegenstand von LV-Nr. 2242.07.

Die Aufstellung der Wasserbilanz erforderte die Erfassung

- der gehobenen (gesümpften) Grubenwassermengen,
- der eingeleiteten Frischwassermengen,
- der aus der Verbrennung von Dieselkraftstoff stammenden Wetterfeuchte,
- des geförderten Haufwerkes und seines Wassergehaltes, sowie
- der Wasserabgabe mit dem Abwetterstrom.

Die Bilanzierung des Wasserhaushalts des Grubengebäudes der Schachtanlage Konrad war zunächst für die Jahre 1984 und 1985 im Rahmen von Arbeitspaket Nr. 1 und schließlich für 1986 bis einschließlich Juni 1987 im Rahmen von Arbeitspaket Nr. 2 vorzunehmen.

Da eine abschließende Auswertung erst nach Vorliegen der Meßdaten bis einschließlich Juni 1987 vorgenommen werden kann, liefert dieser Zwischenbericht eine exemplarische Auswertung der Messungen für das Jahr 1984.

2. Grundlagen

Im Grubengebäude der Schachanlage Konrad wurde ein Meßstellen-netz für die kontinuierliche Überwachung der Feuchtebilanz der Wetter errichtet. Früher durchgeführte Einzelmessungen /1/ er-gaben, daß die Wetter beim Durchzug durch das Grubengebäude stän-dig Feuchte aus dem Gebirge aufnehmen. Diese Feuchte wird größten-teils als Wasserdampf abgegeben.

Daher wurde eine Meßeinrichtung installiert, mit der die Wasser-dampf-abgabe der Grube kontinuierlich gemessen werden kann. Diese Anlage ist so konzipiert, daß nicht nur die Gesamtwasserabgabe, sondern auch Feuchtebilanzen für Teilbereiche ermittelt werden können.

Die Konzeptplanung erfolgte in Zusammenarbeit mit der Prüfstelle für Grubenbewetterung der Westfälischen Berggewerkschaftskasse, Bochum. Dieser Konzeptplanung gingen einzelne Meßkampagnen voraus, deren Ergebnisse in den Eignungsnachweis der Grube für die Endlagerung radioaktiver Abfälle eingeflossen sind /1/.

Die Feuchteaufnahme der Wetter wird durch den Kontakt mit der na-türlichen Gebirgsfeuchte ermöglicht. Das Erz weist einen middle-ren Wassergehalt von ca. 6-8 Gew. % auf. Infolge des hohen Anteils der gelösten Salze in der Gebirgsfeuchte, wodurch sich nach dem Raoult'schen Gesetz der Wasserdampfpartialdruck über der Lösung vermindert, findet eine Verdunstung dann statt, wenn die relative Feuchte der Wetter unterhalb von 80 % r. F. liegt. Dieses ist im Grubengebäude solange der Fall, wie die Bewetterung aufrecht erhalten wird.

Wenn sich bei Stillstand der Bewetterung ein Temperatur- und Feuchte-gleichgewicht mit dem Gebirge einstellt, wird keine weitere Feuchte an die Grubenwetter abgegeben. Diese Aussage ist ein wesentliches Er-gebnis des parallel durchgeführten Aufsättigungsversuches in der

"Wetterstrecke 672" in der Schachtanlage. Da in diesem Versuch gemessen wurde, daß die Feuchteaufsättigung der eingeschlossenen Wetter bis auf 80 % r. F. nach einem Exponentialgesetz abläuft, kann man unterstellen, daß die Feuchteabgabe an die Wetter proportional $(\varphi - 80 \%)$ abläuft (φ = relative Feuchte der Wetter).

Aus den einleitend dargelegten Fakten geht hervor, daß die Aussagen zur Feuchteabgabe des Gebirges an die Wetter nur für die bewetterte Grube gelten. Für Abschätzungen im Hinblick auf ein Vollaufen der Grube in der Nachbetriebsphase können die Daten aus der Wasserbilanzierung nicht ohne weitere Differenzierung herangezogen werden, da in der Nachbetriebsphase die Bewetterung entfällt.

3. Meßstellennetz

Das Meßstellennetz wurde so ausgelegt, daß bei möglichst niedriger Anzahl von Meßstellen folgende Bereiche separat erfaßt werden können:

- der einziehende Wetterschacht
- der ausziehende Wetterschacht
- das eigentliche Grubengebäude (ohne die Schächte)
- das Grubenfeld 1.

Nach dem Planungsstand von 1981 war das zwischen der 1100 m- und der 1200 m-Sohle gelegene Grubenfeld 1 als erster Einlagerungsbereich vorgesehen. Für dieses Feld sollte die Feuchteabgabe separat ermittelt werden.

Hierzu waren insgesamt 8 Meßstellen erforderlich, wobei die am Standort bereits vorhandene meteorologische Station einbezogen wurde.

3.1 Wetterstromverteilung in der Grube

Die Wetter ziehen über den Schacht Konrad 1 ein und ziehen über die drei Hauptsohlen in 1000 m, 1100 m und 1200 m Teufe in das Grubengebäude, verteilen sich dort und ziehen zu annähernd gleich großen Anteilen über die 1000 m- und die 850 m-Sohle in den ausziehenden Wetterschacht Konrad 2 (vgl. Abb. 1). Zur Verstärkung des natürlichen Wetterzuges wird mit zwei auf den genannten Sohlen in Schachtnähe befindlichen Hauptlüftern ein Gesamtwetterstrom von ca. $150 \text{ m}^3/\text{s}$ eingestellt. In das Feld 1 gelangen die Wetter über die 1200 m-Sohle sowie von der 1100 m-Sohle über den Berg 52 bzw. die Teilstrecke 562. Die aus diesem Feld ausziehenden Wetter werden über die Rampe 570 zur 1100 m-Sohle zurückgeführt und gelangen von dort über die Wendel zum ausziehenden Schacht.

3.2 Anordnung der Meßstellen

Zur Ermittlung der Feuchte-Massenströme sind folgende Größen zu messen:

1. relative Feuchte der Wetter
2. Temperatur
3. Druck
4. Volumenstrom.

Die Temperatur und die relative Feuchte der Wetter werden an jeder Meßstelle ermittelt. Da der Luftdruck unter Tage nur sehr unwesentlich durch betriebliche Vorgänge beeinflußt wird ($\Delta P \leq 1\%$) genügt es, den übertägigen Luftdruck zu messen und über die barometrische Höhenformel den teufenabhängigen Druck an den untertägigen Meßstellen zu berechnen.

Die Anordnung und die Bezeichnung der Meßstellen geht aus Abb. 1 hervor. Die Meßstelle 0 ist die meteorologische Meßstation am Schacht Konrad 1, von der die Meßgrößen barometrischer Druck, Temperatur und relative Feuchte der einziehenden Wetter erfaßt werden.

Die Meßstelle 1 im Schacht 1 am oberen Anschlag der 1000 m-Sohle erfaßt die Temperatur und die Feuchte der in das Grubengebäude einziehenden Wetter. Mit den Meßstellen 2 - 5 werden die ein- und ausziehenden Wetter des Grubenfeldes 1 separat erfaßt.

Die Meßstellen 6 und 7 befinden sich auf der 850 m- bzw. 1000 m - Sohle kurz vor dem Anschlag an Schacht Konrad 2 und erfassen die aus dem Grubengebäude ausziehenden Wetter. Die Meßstelle 8 schließlich, im Wetterkanal des Schachtes Konrad 2, dient zur Messung der ausziehenden Wetter.

3.2.1 Messung der Wetterstromverteilung

Der Wetterstrom in der Grube wird ausziehseitig im Bereich der Ventilatoren auf der 850 m-Sohle und der 1000 m-Sohle erfaßt. Mit diesen beiden Meßstellen (Nr. 6 und Nr. 7) ist der gesamte Auszieh-Wetterstrom und unter Berücksichtigung der Zustandsänderung auch der Gesamt-Einzieh-Wetterstrom erfaßt. Die Wettergeschwindigkeit wird dort mit Anemometern gemessen. Der Volumenstrom wird mittels eines separat ermittelten Umrechnungsfaktors aus der gemessenen lokalen Wettergeschwindigkeit errechnet.

Diese beiden Stationen auf der Druckseite der beiden Hauptgrubenlüfter haben einen besonderen Stellenwert, da über ihre Meßwerte auch die Wetterströme im Wetterkanal und in Schacht 1 abgeleitet werden. Daher werden diese Meßwerte zusätzlich kontrolliert.

Der im Ventilator geförderte Wetterstrom läßt sich mit Hilfe der Druckdifferenz zwischen Ansaugraum und der Ringleitung des Ventilators bestimmen, die Druckerzeugung des Ventilators erhält man aus der Differenz der Gesamtdrücke zwischen seiner Ansaug- und seiner Druckseite.

Im vorliegenden Grubengebäude ist jedoch ein verhältnismäßig großer natürlicher Auftrieb vorhanden, der im Winter so zunimmt, daß der Betrieb der Ventilatoren nicht immer nötig ist. Da bei Außerbetriebnahme der Ventilatoren die Schleusentüren an den Ventilatoren geöffnet werden müssen, ist die Überwachung der genannten Meßgrößen nur bei Betrieb der Ventilatoren möglich.

Dem Grubenfeld 1 werden die Wetter über die 1100 m- und die 1200 m-Sohle zugeführt. Die Wettermengen in diesem Feld werden einziehseitig mit den Meßstationen 3 auf der 1200 m-Sohle, 2 im Berg 52 kurz unterhalb der 1100 m-Sohle und in der Teilsohle 562 gemessen. Durch einzelne Maßnahmen wurde das Feld wettermäßig soweit abgedämmt, daß der gesamte Auszieh-Wetterstrom aus dem Feld 1 mit der Meßstelle 5 auf der 1100 m-Sohle erfaßt werden kann.

3.2.2 Temperatur und Feuchte

Grundsätzlich sind an allen Meßstellen, an denen der Wetterstrom ermittelt wird (2-7) auch die erforderlichen Temperatur- bzw. Feuchtwerte zu messen. Darüber hinaus wurden noch Meßstellen im Wetterkanal des Schachtes Konrad 2 (Meßstelle 8 in ca. 10 m Teufe) und am Anschlag der 1000 m-Sohle des Schachtes 1 (Meßstelle 1 in 990 m Teufe) eingerichtet, um den Wasserdampfgehalt der Wetter des Gesamt-Ausziehstromes und in Verbindung mit den Werten der meteorologischen Meßstation (Meßstelle 0) über Tage die gesamte Wasserdampfaufnahme der Wetter nach Durchströmen des Grubengebäudes erfassen zu können.

Mit der Meßstation am Anschlag der 1000 m-Sohle, Schacht 1 kann in Verbindung mit der Übertagemessstation 0 die Wasserdampfaufnahme in Schacht 1 oberhalb der 1000 m-Sohle ermittelt werden.

Die zugehörigen Wetterströme im Wetterkanal (Meßstelle 8) und in Schacht 1 (Meßstelle 1) lassen sich aus den Meßwerten an den Ventilatoren ableiten.

3.3 Instrumentierung der Meßstellen und Datenübertragung

Die Temperaturen und relativen Feuchten werden mit einem Gebersystem vom Typ Vaisala HMU 21 gemessen. Die Temperatur wird mit einem Halbleiterfühler ermittelt, dessen Widerstand durch eine interne Elektronik in einen temperaturproportionalen Ausgangsstrom umgewandelt wird. Dem Temperaturbereich von -20°C bis $+80^{\circ}\text{C}$ entspricht dabei ein Ausgangsstrombereich von $+4\text{mA}$ bis $+20\text{mA}$.

Die Feuchtemessung geschieht mittels eines kapazitiven Sensors. Dieser Sensor ist Bestandteil eines elektrischen Schwingkreises, der durch eine Kapazitätsänderung entsprechend verstimmt wird. Die Frequenz des Schwingkreises wird elektronisch in einen Ausgangsstrom umgewandelt, so daß der Bereich der relativen Feuchte von 0 % bis 100 % linear in den Strombereich von 4 - 20 mA umgeformt wird.

Die Wettergeschwindigkeit wird mit Drehflügelanemometern des Herstellers Fa. Woelke, Essen, gemessen. Diese Geräte sind auf Meßbereiche von 0-3 m/s, 0-6 m/s und 0-12 m/s einstellbar. Das Ausgangssignal dieser Geräte ist frequenzmoduliert, und zwar entspricht eine Ausgangsfrequenz von 5 Hz einer Wettergeschwindigkeit von 0 m/s und die Ausgangsfrequenz von 15 Hz dem maximalen Wert des jeweiligen Meßbereiches, d. h. 3, 6 oder 12 m/s.

Die Wirkdrücke an den Ventilatoren werden mit Ringwaagen gemessen. Der Meßbereich dieser Waagen ist 0 - 4000 Pa. Der Meßwert wird in einen Ausgangsstrom von 4-20 mA transformiert.

Die Weiterleitung der Meßdaten ist aus dem Schema Abb. 1 ersichtlich. Die primären Meßsignale aller Geber werden zu sogenannten "Unterstationen" geleitet. Diese Stationen sind Bestandteil einer Daten-Fernübertragungseinrichtung vom Typ "Signatrans" der Fa. Funke + Huster, Essen. In den Unterstationen werden die Strom-Analogsignale in dem Bereich 5 Hz - 15 Hz frequenzmoduliert.

Unter Tage besteht das Daten-Fernübertragungssystem aus insgesamt 3 Unterstationen. Die Meßstellen 1-4 sind mit der Unterstation III verbunden, die sich auf 1100 m-Sohle befindet. Die Meßsignale der Meßstellen 5-7 gelangen zur Unterstation II auf der 1000 m-Sohle in der Nähe des Schachtes Konrad 2. Die Unterstation I befindet sich über Tage bei Schacht Konrad II und überträgt die Meßwerte der Meßstation 8 im ausziehenden Wetterschacht.

In den Unterstationen werden die frequenzmodulierten Signale mit NF-Trägerfrequenzen gemischt, die im Bereich von ca. 500 - 3000 Hz bei einem Kanalabstand von 120 oder 240 Hz liegen. Die Anlage ist ausgelegt für insgesamt 32 Übertragungskanäle, von denen 26 belegt sind.

Die Signale werden über ein im Schacht Konrad 1 installiertes Kabel nach Übertage geführt. Die Demodulation und Rückwandlung in Signalströme erfolgt in der Hütte der meteorologischen Station auf dem Betriebsgelände der Schachtanlage.

Jeder Meßkanal wird von einer Datenerfassungsanlage der Fa. Thies, Göttingen, mit einer Taktrate von 2 Messungen pro Sekunde abgefragt. In dem Gerät werden kanalweise 10 Minuten-Mittelwerte gebildet, die zusammen mit einer Zeit- und Kanalinformation alle 10 Minuten ausgegeben werden. Die Ausgabe erfolgt über eine serielle RS 232 C-Schnittstelle im ASCII-Format auf einem Tektronix- Bandrecorder. Der Recorder arbeitet mit Standard-Daten-cassetten mit 1/4-Zoll-Band, die zweimal pro Woche ausgewechselt werden müssen.

Die weitere Verarbeitung der Daten erfolgt im Institut für Tief-lagerung.

4. Komponenten der Wassermengenbilanzierung

Aus der Schachtanlage Konrad wird Wasser

- durch Sumpfung gehoben und
- über den Wetterpfad ausgebracht.

Die durch Sumpfung gehobenen Wassermengen werden durch die Markscheiderei der Schachtanlage Konrad regelmäßig registriert. Die über den Wetterpfad ausgebrachten Wassermengen sind aus den vom GSF-Wettermeßnetz und der GSF-Klimastation erfaßten Klimadaten von Über- und Untertage zu berechnen. Die Summe der beiden Teilwasserstöße ergibt den Gesamtwasseraustrag aus der Schachtanlage Konrad.

Die ausgetragene Wassermenge ist allerdings nicht allein auf zutretendes Tiefengrundwasser zurückzuführen. Vielmehr bedarf der Grubenbetrieb einer zusätzlichen Frischwasserversorgung bzw. verursacht durch die Verwendung von dieselgetriebenen Fahrzeugen eine zusätzliche Feuchtebeladung der Grubenwetter. Diese Wassermengen sind deshalb in die Wasserbilanz einzubeziehen.

4.1 Ermittlung der Wetterfeuchtemengen aus den Klimadaten

Zur Ermittlung der Feuchteaufnahme bzw. -abgabe im Bereich zwischen zwei Meßstellen muß der Wasserdampfstrom an der jeweiligen Meßstelle aus den Meßdaten errechnet werden.

Der Dampfdruck von Wasser läßt sich mit großer Genauigkeit als Funktion der Temperatur mit der sogen. "Magnus-Formel" beschreiben.

$$P_s = C_1 \cdot \exp (C_2 \cdot T / (C_3 + t))$$

mit

$$\begin{aligned} C_1 &= 610,780 && (610,714) \text{ Pa} \\ C_2 &= 17,0805 && (22,44924) \\ C_3 &= 234,175 && (272,440) \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

wobei die zuerst genannten Zahlen für $t > 0^\circ\text{C}$ und die Werte in Klammern für $t \leq 0^\circ\text{C}$ gültig sind. Sei φ die relative Luftfeuchte, dann beträgt der Wasserdampfpartialdruck der Feuchtluft $\varphi \cdot P_s$. Aus der Zustandsgleichung für ideale Gase und dem Dalton'schen Gesetz ergibt sich für das Verhältnis der Masse des Wassers und der Masse der trockenen Luft in Feuchtluft

$$x = R_T / R_w \cdot \varphi \cdot P_s / (p - \varphi \cdot P_s)$$

wobei R_T die Gaskonstante trockener Luft (287,1 J/kg K)
 R_w die Gaskonstante von Wasserdampf (461,6 J/kg K)
 p Gesamtluftdruck

bedeuten. Damit ergibt sich weiter, daß die Zustandsgleichung für feuchte Luft in der Form

$$\rho = p / (R_F \cdot T)$$

mit $R_F = R_T \cdot (1 + x \cdot R_w / R_T) / (1 + x)$ als der Gaskonstante feuchter Luft und der absoluten Temperatur T ausgedrückt werden kann.

Mit diesen Beziehungen läßt sich aus den Meßgrößen φ , t und p die Dichte der feuchten Luft am Meßort und in Verbindung mit der Wettermenge auch der Massenstrom \dot{m} berechnen.

$$\dot{V}_i = \dot{w}_i \cdot A_i$$

wobei w_i die Wettergeschwindigkeit in m/s und A_i den zugehörigen effektiven Streckenquerschnitt bedeuten.

$$\dot{m} = \rho \cdot v$$

Der Massenstrom der trockenen Luft beträgt dann

$$\dot{m}_T = \dot{m} / (1+x)$$

und der Massenstrom des in den Wettern enthaltenen Wasserdampfes

$$\dot{m}_W = \dot{m}_T \cdot x.$$

Die Menge der in einem Zeitraum ein- bzw. abströmenden Feuchte ergibt sich durch Integration bzw. Summation über diskrete Zeitabschnitte. Die Feuchteaufnahme in der Grube oder in einem Teilbereich ergibt sich aus der Differenz der Wasserdampf-Massenströme in den einziehenden und ausziehenden Grubenwettern.

Mit der Meßstellenkonfiguration in der Schachtanlage Konrad lassen sich Feuchtebilanzen für folgende Bereiche ermitteln:

1. Gesamtes Grubengebäude

$$W_1 = \dot{m}_{w,8} - \dot{m}_{w,7}$$

2. Einziehschacht

$$W_2 = \dot{m}_{w,1} - \dot{m}_{w,0}$$

3. Ausziehschacht

$$W_3 = \dot{m}_{w,8} - (\dot{m}_{w,6} + \dot{m}_{w,7})$$

4. Grubengebäude unter Tage mit Ausnahme der Schächte:

$$W_4 = \dot{m}_{w,6} + \dot{m}_{w,7} - \dot{m}_{w,1}$$

5. Grubenfeld 1

$$W_t = \dot{m}_{w,5} - (\dot{m}_{w,2} + \dot{m}_{w,3} + \dot{m}_{w,4})$$

Im vorliegenden Bericht wird eine Feuchtebilanzierung zunächst nur für das gesamte Grubengebäude vorgenommen.

Die in die Wasserbilanz eingeführten Wassermengen, die über die Wetterfeuchte aus dem Grubengebäude ausgebracht werden, sind in Tab. 1 und Abb. 2 dokumentiert.

4.2 Ermittlung der durch Sumpfung gehobenen Wassermengen

Die regelmäßige Überwachung und Erfassung der von den Sümpfen im Grubengebäude aufgenommenen Wassermenge, sowie der aus dem Hauptsumpf in Schacht Konrad 1 nach Übertage gehobenen Wassermenge ist eine Aufgabe der Markscheiderei der Schachtanlage Konrad.

Im vorliegenden Bericht werden diese von der Markscheiderei der Schachtanlage Konrad erstellten Unterlagen ausgewertet. Die durch Sumpfung nach Übertage gehobenen Wassermengen sind in Tab. 1 und Abb. 3 dokumentiert.

4.3 Ermittlung des Frischwassereintrages von Übertage

Auch die über eine Rohrleitung in Schacht Konrad 2 eingebrachten Frischwassermengen werden durch die Markscheiderei der Schachtanlage Konrad regelmäßig registriert. Diese Unterlagen sind für den vorliegenden Zwischenbericht ausgewertet und in Tab. 1 und Abb. 4 dokumentiert.

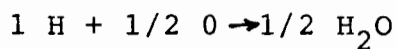
4.4 Ermittlung des Beitrages der Dieselkraftstoffverbrennung zum Wetterfeuchteaustrag

Im Untertagebetrieb der Schachtanlage Konrad werden überwiegend dieselgetriebene Fahrzeuge für Transport und Förderung eingesetzt. Bei der Verbrennung von Dieselkraftstoff entsteht u. a. Wasser, das mit der Wetterfeuchte abgeführt wird und den Wasseraustrag über den Wetterpfad entsprechend erhöht.

Dieselmotorkraftstoff hat eine mittlere Dichte von 0,84 kg/l. Die mittlere elementare Zusammensetzung lautet:

C : 86	Gew.-%
H : 13	Gew.-%
O,S : 1	Gew.-%

1 l Dieselmotorkraftstoff enthält deshalb 0,109 kg H, entsprechend 0,108 Mol H. Man kann davon ausgehen, daß der im Dieselmotorkraftstoff enthaltene Wasserstoff nahezu vollständig zu Wasser oxidiert wird. Es gilt deshalb die irreversible Massenbeziehung



1 Mol Wasserstoff ergibt also durch Oxidation mit Luftsauerstoff aus den Frischwetterern 1/2 Mol Wasser. Da Wasser ein Molgewicht von 18,015 kg/Mol hat, entstehen demnach aus 1 l Dieselmotorkraftstoff 0,97 kg Wasser.

Die untertage verbrauchten Dieselmotorkraftstoff-Mengen werden vom Betrieb der Schachtanlage Konrad registriert und sind in monatliche Wetterfeuchtemengen umgerechnet worden. Diese Daten sind in Tab. 1 wiedergegeben.

4.5 Mit dem Haufwerk ausgetragene Wassermengen

Beim schneidenden Erkundungsvortrieb wird Wasser zur Staubunterdrückung vor Ort versprüht. Ein Teil dieser Wassermengen wird durch die an den Einsatzorten der Teilschnittmaschinen besonders intensive Bewetterung in Form von Wetterfeuchte abgeführt. Diese Wassermengen werden bereits durch die Wetterfeuchtemessungen des untertägigen Klimameßwertes erfaßt. Ein zusätzlicher Wasseraustrag kann, so wurde vermutet, über den Restfeuchtegehalt des geförderteten Haufwerkes erfolgen.

Zur Überprüfung wurden am 14.11.1984 durch den Betrieb der Schachtanlage Konrad Proben für die Bestimmung des Wassergehalts sowohl vor Ort als auch an den Verladestellen auf der 4. und 5. Sohle entnommen.

Als Beispiel sei der Wassergehalt des Haufwerkes vom Ort 410 N von der Gewinnung bis zur Verladung verfolgt. Bei der Gewinnung durch den Rock Miner RM 132 hatte das aus dem unteren Lager gewonnene Haufwerk einen mittleren Wassergehalt von 6,9 Gew.-%. Dieser Wassergehalt reduzierte sich während der Förderung zur Verladestelle auf ca. 6,0 Gew.-% und liegt damit bereits im Bereich des natürlichen Wassergehaltes des Gesteins, so daß mit einer durch die Berieselung hervorgerufenen Wassergehaltserhöhung des zutage geförderten Haufwerks nicht zu rechnen ist. Am Ort 610 durch die STM 200 gewonnenes Haufwerk aus dem Erzkalk wies bereits vor Ort einen mittleren Wassergehalt von nur 2,1 Gew.-% auf, wobei durch Vermischung mit am Betriebspunkt Ort 101 (WAV 300) gewonnenem Haufwerk die Wassergehaltsveränderung bis zur Verladung nicht quantitativ nachvollziehbar ist. Da die gemessenen Wassergehalte insgesamt sehr niedrig sind, kann davon ausgegangen werden, daß Wassergehaltsanteile aus verrieseltem Frischwasser bereits während der Förderung und Verladung untertage in Form von Wetterfeuchte an den Wetterstrom abgegeben werden. Diese Wassermengen sind bereits über die Frischwasser-einleitung und die Wetterfeuchtebilanzierung in die Wasserbilanz eingeführt werden.

Mit dem Haufwerk wird dann nur noch originäre Gebirgsfeuchte nach Übertage gefördert. Die auf diese Weise ausgebrachten Wassermengen sind ohne kontinuierliche Wassergehaltsbestimmungen nur schwer zu berechnen.

Deshalb soll eine Überschlagsberechnung lediglich die Größenordnung und Bandbreite der auf diesem Wege ausgebrachten Wassermengen verdeutlichen.

Im Jahre 1984 wurden insgesamt 244 936 t Haufwerk, davon 34 650 t Erz, gefördert. Bei einem Wassergehalt von 2 Gew.-% enthält die Fördermenge einen Wasseranteil von 4900 t, bei einem Wassergehalt von 6 % einen Wasseranteil von 14 700 t.

Eine Berücksichtigung dieser Wassermenge würde die Wasserbilanz erheblich beeinflussen, da sie in der Größenordnung der Jahressumme des Netto-Wasseraustrages liegt. Die o. a. Abschätzung der im geförderten Haufwerk enthaltenen Wassermengen ist jedoch im Vergleich mit der Erfassungsdichte der übrigen in die Wasserbilanz eingeführten Wassermengen erheblich zu grob. Sollten die mit dem Haufwerk geförderten Wassermengen in die Wasserbilanz einbezogen werden, wären tägliche Wassergehaltsbestimmungen an repräsentierten Haufwerksproben erforderlich, die an der Verladestelle am Schacht Konrad 1 übertage zu entnehmen sind.

Da die mit dem Haufwerk geförderte Gebirgsfeuchte nicht mobilisiert, sondern nach wie vor an das Gestein gebunden ist, wurde von einer Einbeziehung dieser Bilanzgröße in die Wasserbilanz der Schachtanlage Konrad abgesehen.

5. Ergebnisse

Zur Bilanzierung der aus der Schachtanlage Konrad ausgetragenen Wassermengen natürlicher Herkunft sind die in Kap. 4 aufgeführten Einflußgrößen in Beziehung zueinander zu setzen. Die Summe der betriebsseitig in das Grubengebäude eingebrachten Wassermengen in Form von

- Frischwasserverbrauch, W_{Fr} , und
- Kraftstoffverbrauch, W_{Kr} ,

ist in Abzug zu bringen von den

- gesümpften Wassermengen, W_{Su} , und den
- über die Wetterfeuchte ausgebrachten Wassermengen, W_{Fe} .

Eine Wetterfeuchteerhöhung durch konventionellen Vortrieb (Sprengvortrieb) ist seit Einführung des schneidenden Vortriebs mit Teilschnittmaschinen vernachlässigbar.

Die Bilanzmenge derjenigen aus dem Grubengebäude ausgetragenen Wassermengen, W_{Nat} , die natürlichen Wasserzutritten entstammen, errechnet sich daher aus der Beziehung

$$W_{Na} = (W_F + W_{Su}) - (W_{Fr} + W_{Kr}).$$

Die so errechneten Bilanzdaten sind in Tab. 1 und Abb. 5 wiedergegeben.

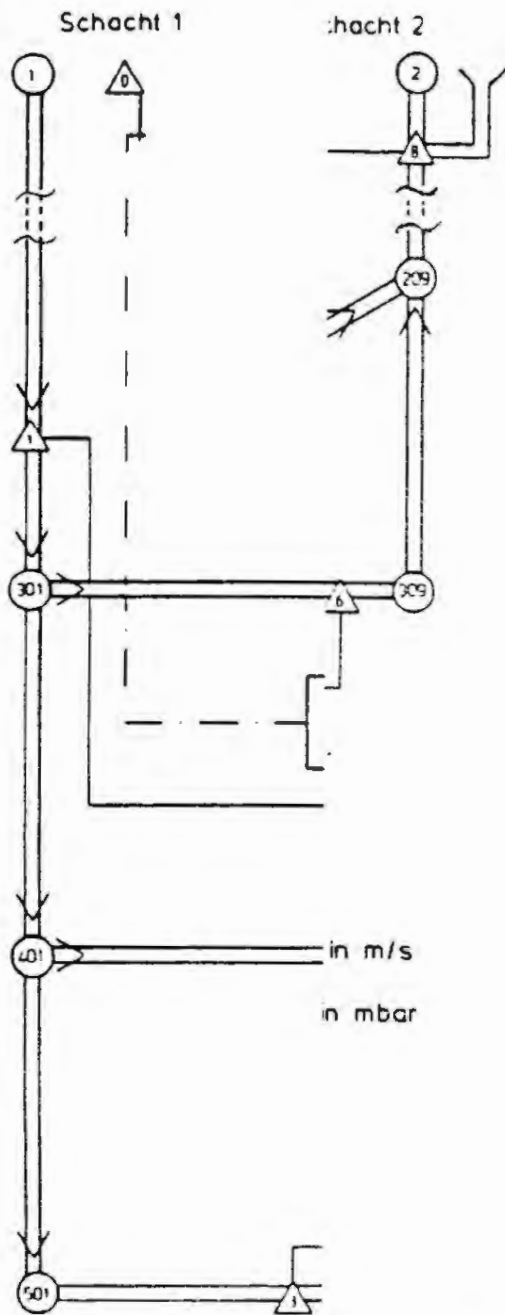
Die über den Wetterpfad und durch Sümpfung insgesamt im Jahre 1984 ausgetragene Wassermenge beläuft sich auf $27\,765\text{ m}^3$; darin ist ein Anteil betriebsseitig eingebrachten Wassers in Höhe von 8945 m^3 , entsprechend ca. 32 % enthalten. Der in der Wetterfeuchte enthaltene, aus der Verbrennung von Dieselkraftstoffen stammende Feuchteanteil beträgt ca. 1,6 % der Gesamtmenge und trägt dadurch bereits nennenswert zur Wasserbilanz bei.

Der Wasseraustrag aus der Schachtanlage Konrad erfolgt überwiegend (zu ca. 81 %) über den Wetterpfad. Nur ca. 19 % der Gesamtwassermenge werden durch Sumpfung gehoben. Die Sumpfungslleistung betrug im Jahre 1984 durchschnittlich $14,5 \text{ m}^3/\text{Tag}$, entsprechend ca. 10 l/Min.

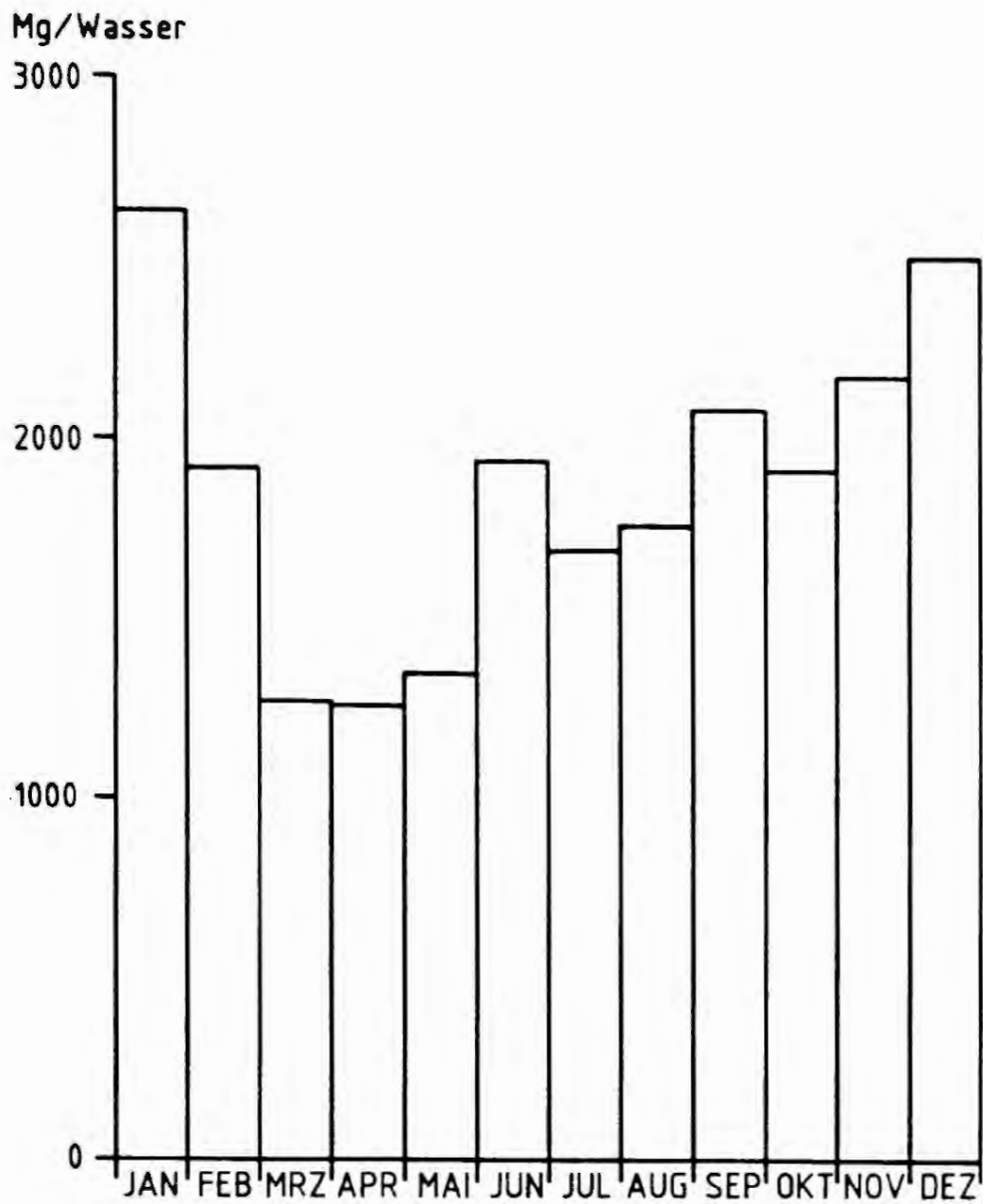
Nach Bilanzierung der Teilwassermengen errechnet sich für 1984 eine insgesamt aus der Schachtanlage Konrad ausgebrachte Wassermenge von $18\,826 \text{ m}^3$, entsprechend $52 \text{ m}^3/\text{Tag}$ bzw. 36 l/Min. Dieser Wert liegt deutlich unter dem früher bestimmten Mittelwert (1978 - 1984) von ca. 45 l/Min/3/. Dies ist möglicherweise auf den Rückgang von Wasserzutritten aus den Spülversatzfeldern zurückzuführen.

Literatur


- /1/ BREWITZ, W. (1982): Eignungsprüfung der Schachtanlage Konrad für die Endlagerung radioaktiver Abfälle. - Abschlußbericht KWA 1324 6; Braunschweig.
- /2/ [REDACTED] (1986): Weiterführende FE-Untersuchungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in nichtsalinaren Festgesteinen am Beispiel der Schachtanlage Konrad, Teilvorhaben 2, Durchführung eines Ventilationstestes zur Bestimmung der Makropermeabilität geklüfteter Festgesteine. - FE-Abschlußbericht KWA 5307 8; Braunschweig (unveröff.).
- /3/ [REDACTED] (1986): Weiterführende FE-Untersuchungen zur Endlagerung radioaktiver Abfälle in nichtsalinaren Festgesteinen am Beispiel der Schachtanlage Konrad, Teilvorhaben 2, Messung des Feuchteaustrages aus der Schachtanlage Konrad über den Wetterpfad. - FE-Abschlußbericht KWA 5307 8; Braunschweig (unveröff.).



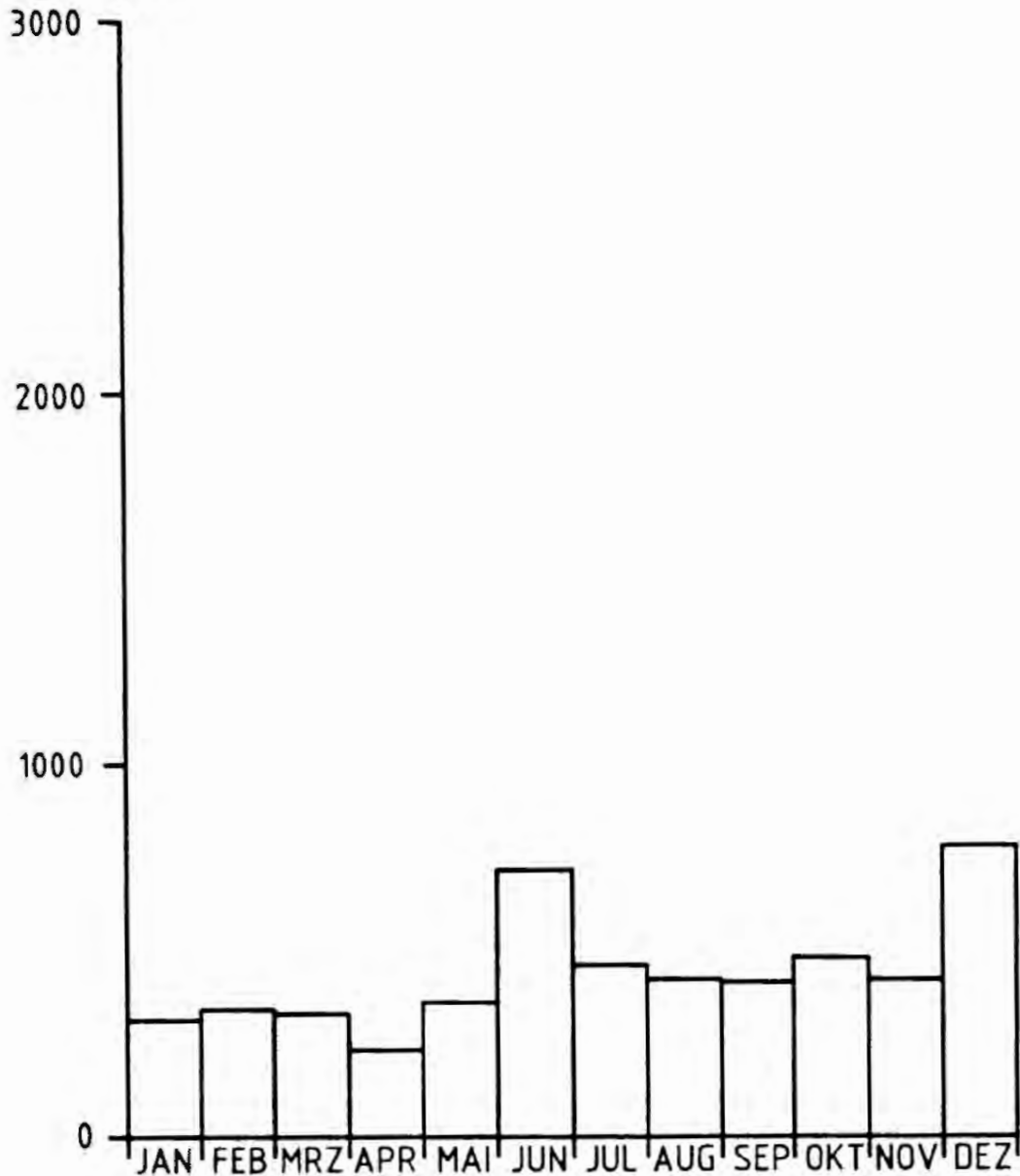
Projekt			
Schachanlage Konrad Salzgitter			
Leistungskatalog:		Teilaufgabe Nr. 224207 Arbeitspaket Nr. 1	
Bemerkung		Objekt: Wasserbilanz	
		Einzelheit: Wetterführung und Anordnung der Meßstellen	
	Datum	Name	
bearb	4/87		
gez	4/87		
			Abb. 1
GSF Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München Institut für Tiefenergiephysik			



1984

Projekt				
Schachtanlage Konrad Salzgitter				
Leistungskatalog				
Teilaufgabe Nr 2242.07 Arbeitspaket Nr 1				
Bemerkung		Objekt		
		Wasserbilanz		
		Einzelheit		
		Monatliche Wasseraufnahme der Grubenwetter 1984		
	Datum	Name	Maßstab	
bearb	4/87			Abb. 2
gez.	4/87			
 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München Institut für Tief Lagerung				

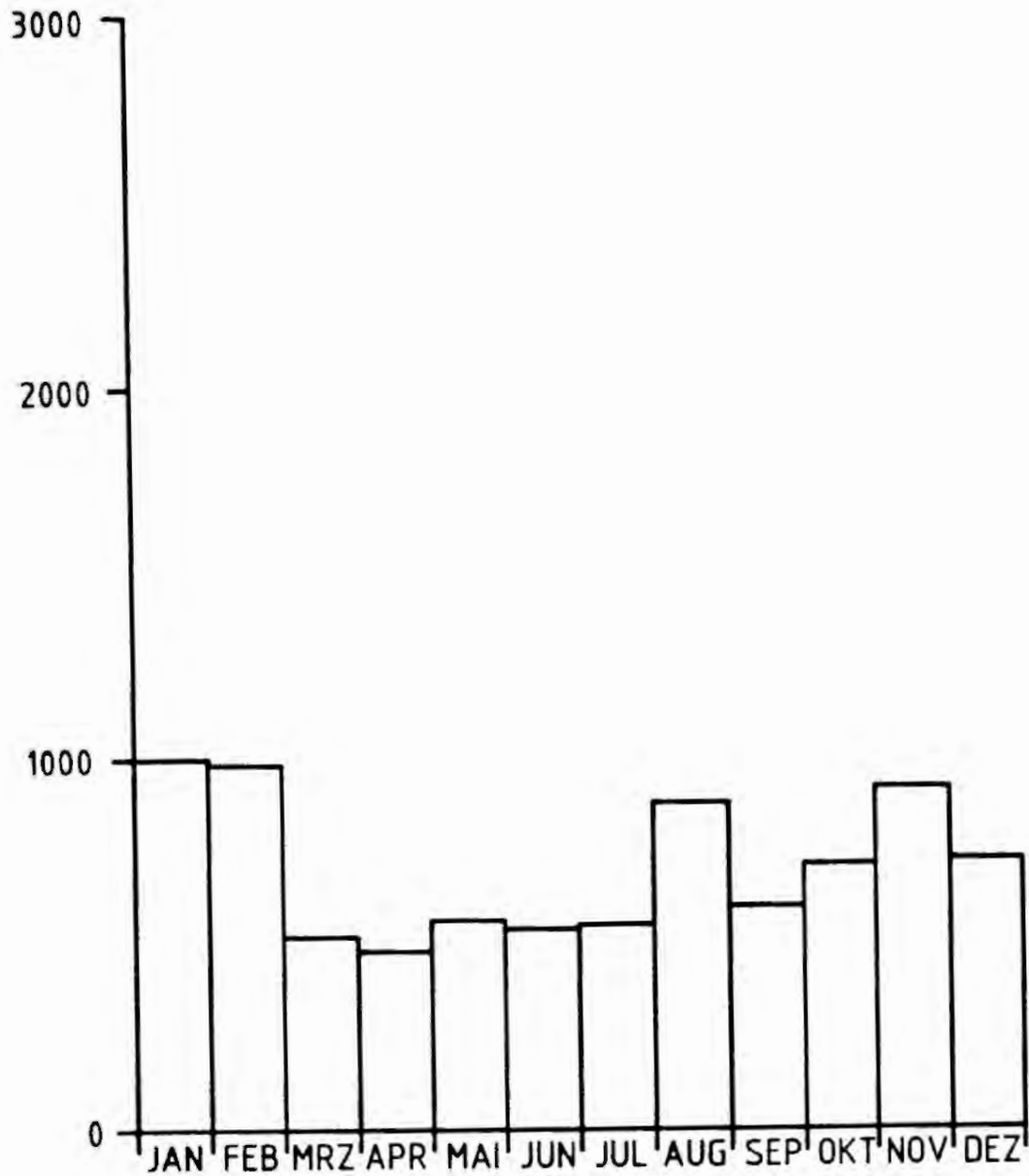
Mg/Wasser



1984

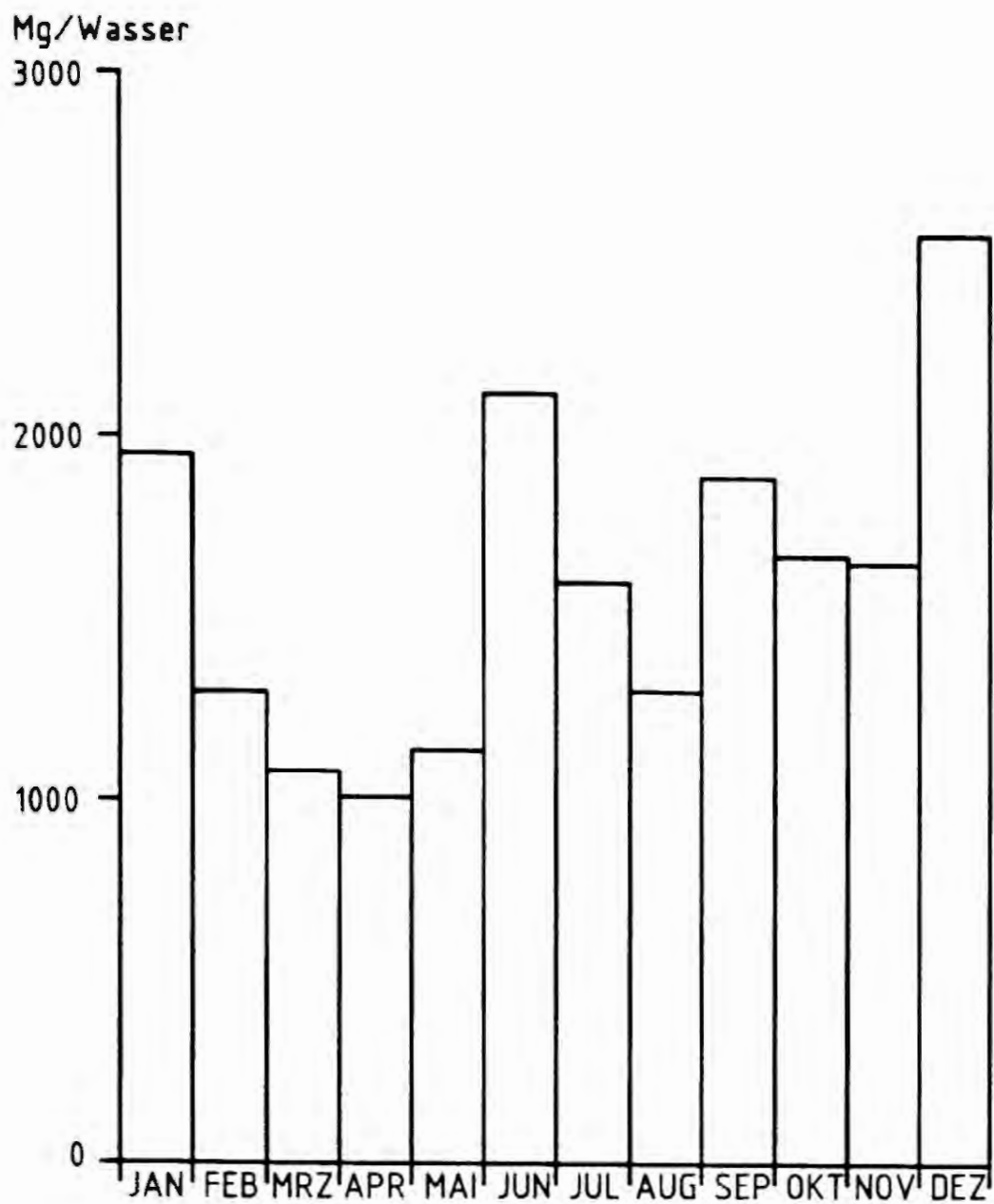
Projekt				
Schachtanlage Konrad Salzgitter				
Leistungskatalog		Teilaufgabe Nr 2242.07 Arbeitspaket Nr 1		
Bemerkung		Objekt Wasserbilanz		
		Einzelheit Monatlich gehobenes Grubenwasser 1984		
	Datum	Name	Maßstab	Abb. 3
bearb	4/87			
gez	4/87			
 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München Institut für Treflagerung				

Mg/Wasser



1984

Projekt:				
Schachtanlage Konrad Salzgitter				
Leistungskatalog:				
Teilaufgabe Nr. 2242.07 Arbeitspaket Nr. 1				
Bemerkung:		Objekt:		
		Wasserbilanz		
		Einzelheit:		
		Monatlich eingeleitete Frischwassermenge 1984		
	Datum	Name	Maßstab	
bearb	4/87			Abb. 4
gez	4/87			
 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München Institut für Tief Lagerung				



1984


Projekt:			
Schachanlage Konrad Salzgitter			
Leistungskatalog		Teilaufgabe Nr 2242.07 Arbeitspaket Nr 1	
Bemerkung		Objekt: Wasserbilanz	
		Einzelheit: Monatlicher Wasseraustrag 1984	
	Datum	Name	Maßstab
bearb	4/87	█	
gez	4/87	█	Abb 5
 Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH München Institut für Tief Lagerung			

Tabelle 1: Wasserbilanz der Schachtanlage Konrad für das Jahr 1984

	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEZ	Jahres- Summe	Monats- durchschn.
Gehobenes Grubenwasser (m ³)	308	342	334	231	362	722	459	425	415	482	423	781	5284	440
Wasseraufn. der Gruben- wetter (m ³)	2644	1921	1266	1258	1349	1939	1689	1760	2079	1905	2171	2500	22481	1873
Frischwasser- einleitung (m ³)	1001	990	510	481	571	536	547	882	601	716	924	734	8493	708
Wasserzufuhr durch Verbrng. v. Dieselkraft- stoff (m ³)	36	32	35	30	35	33	34	40	42	46	42	47	452	38
Netto-Wasseraus- trag (m ³)	1915	1275	1047	976	1105	2092	1567	1263	1851	1625	1610	2500	18826	1569
(m ³ /Tag)	61,8	44,0	33,8	32,5	35,6	69,7	50,5	40,7	61,7	52,4	53,7	80,6		
(L/Min.)	42,9	30,6	23,5	22,5	24,7	48,4	35,1	28,3	42,8	36,4	37,3	56,0		