

Deutsche Montan Technologie GmbH
Geschäftsbereich GUC
Geo- und Bau-Consult - Baugrundinstitut -
Am Technologiepark 1 D-45307 Essen



DIN EN ISO
9001
zertifiziert

**Untersuchungen zur hydraulischen und hydrochemi-
schen Situation in den drei Teilrevieren der gefluteten
Flussspatgrube Straßberg**

Auftraggeber: BST Mansfeld GmbH & Co KG
Einzinger Landstraße
06542 Niederröbblingen

Sachverständige: Dipl.-Geol. P. Rüterkamp
Dr. J. Meßer

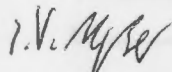
Bearbeitungs-Nr.: 1710-99-285

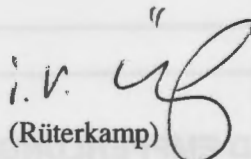
Tel.-Durchwahl: 0201/172-1885

Fax-Durchwahl: 0201/172-1891

Essen, den 31.05.2000

Deutsche Montan Technologie GmbH


(Meßer)


(Rüterkamp)

Dieses Gutachten besteht aus 46 Seiten, 14 Anhängen, 3 Anlagen und 1 Beilage.



INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1	ALLGEMEINES	3
1.1	Einleitung und Aufgabenstellung.....	3
1.2	Projektbezogene Unterlagen	5
1.3	Verzeichnis der Anhänge, Anlagen und der Beilage	8
2	SAL/TEMP-MESSUNGEN.....	10
2.1	Überhauen 539	10
2.1.1	Beschreibung der Messergebnisse	10
2.1.2	Interpretation der Messergebnisse	13
2.2	Hauptschacht.....	15
2.2.1	Beschreibung der Messergebnisse	15
2.2.2	Interpretation der Messergebnisse	17
3	WASSERHAUSHALTSBILANZIERUNG.....	19
3.1	Zielsetzung	19
3.2	Abgrenzung des Einzugsgebietes	19
3.3	Angewendetes Verfahren zur Wasserhaushaltsbilanzierung	22
3.3.1	Verdunstung	24
3.3.2	Direktabfluss.....	25
3.4	Niederschlag	25
3.5	Ergebnisse der Wasserhaushaltsberechnung.....	26
3.6	Grubenwasser-Entnahme.....	29
3.7	Wasserhaushaltsbilanz	31
4	ERFASSUNG MÖGLICHER WASSERBEWEGUNGEN IN DER GEFLUTETEN GRUBE	35
4.1	Allgemeine Anforderungen an einen Tracer.....	35
4.2	Färbeversuche	36
4.3	Salzungsversuche	38
4.4	Radioaktive Isotope.....	39
4.5	Triftversuche	39
5	ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNGEN	40
5.1	Wasserqualität.....	40
5.2	Wasserhaushaltsbilanzierung	42
5.3	Hydraulische Modellvorstellung.....	43
5.4	Empfehlungen.....	45



1 Allgemeines

1.1 Einleitung und Aufgabenstellung

In den Gutachten der DMT-Gesellschaft für Forschung und Prüfung mbH von 1993 (DMT 1993a/b; projektbezogene Unterlagen siehe Kapitel 1.2) wurde die Lagerstätte Straßberg mit ihren Revieren

- Hauptschacht (Biwender Gangzug, Zentralteil),
- Heimberg (Biwender Gangzug, nordwestlich angrenzend),
- Glasebach (Straßberg-Neudorfer Gangzug, südlich angrenzend) und
- Brachmannsberg (Brachmannsberger Gangzug, nordöstlich angrenzend)

dargestellt. Im Hinblick auf die Verwahrung der Grube wurden die Hydrochemie der Gruben- und Oberflächenwässer untersucht. Unter der Prämisse der sicherheitlichen Belange der Ortschaft Straßberg (kein Grubenwasseranstieg bis in ein Niveau oberhalb von +361 mNN) und unter Berücksichtigung der weitgehenden Unschädlichkeit für die Umwelt wurden mögliche Konzepte für die Annahme und Ableitung der Grubenwässer erörtert. In einer Vorzugsvariante wurde die Annahme und Ableitung der Wässer über drei niveaugleiche Stollen in das Biwender- (Hauptschacht), Glasebach- und Brachmannsberger Revier empfohlen (das Revier Heimberg wurde bereits 1984 durch einen Damm wirksam vom Revier Hauptschacht getrennt und geflutet). Nur diese "3-Stollen-Variante" bot die Gewähr für die geringstmögliche Mineralisation der anzunehmenden Wässer und damit für die Minimierung der Kosten einer möglicherweise trotzdem erforderlichen Wasseraufbereitung.

Diese drei Reviere sind morphologisch durch das Uhlenbach- und das Selketal voneinander getrennt. Bergmännische Auffahrungen zwischen den Revieren bestehen nur im tieferen Grubengebäude über die 9. Sohle mit dem Glasebachquerschlag zwischen Biwender- und Glasebach-Revier und über die 5. Sohle mit dem Nordquerschlag zwischen Biwender- und Brachmannsberger Revier. Das "Bindeglied" zwischen den Revieren stellt der Hauptschacht dar. Die beiden von der Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung von stillgelegten Bergwerksbetrieben mbH (GVV) angefertigten Übersichten (Anlagen 1 u. 2) stellen die über- und untertägige Situation des Straßberger Gesamtreviers schematisch dar.

Da die drei Reviere unterirdisch nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren miteinander verbunden sind, sollten durch die niveaugleichen Stollen die unterschiedlichen Standrohrspiegelhöhen im Grubengebäude angeglichen und ein "Durchlaufsystem" vermieden werden. Kommt es nicht zu einer Durchströmung, so kann sich eine Schichtung in den Grubengebäuden mit zur Tiefe zunehmender Mineralisation entwi-



ckeln. Oberflächennah kann das Wasser über die drei Stollen auf "kurzem" Wege durch das Gebirge/Grubengebäude angenommen ("Klarwasserlamelle") und abgeleitet werden, so dass eine unnötige weitere Aufmineralisation unterbunden wird und damit die bestmögliche Qualität der auslaufenden Grubenwässer erreicht werden kann. Gleichzeitig kann so den sicherheitlichen Belangen (kein Grubenwasseranstieg bis in ein Niveau oberhalb von +361 mNN) Rechnung getragen werden.

Die drei Stollen (Glasebachstollen, Biwender Stollen und Brachmannsberger Stollen) mit einem Auslaufniveau von +357,5 mNN wurden zwischen 1995 und 1998 fertiggestellt. Bis zum gemeinsamen Anfahren des "3-Stollen-Systems" im Herbst 1998 wurde das Wasser jedoch im Hauptschacht kurzgehalten und nach übertage gepumpt.

Es wurde vorgeschlagen, auch nach Fertigstellung und Anfahren des "3-Stollen-Systems" die frei im Uhlenbachtal auslaufenden Stollenwässer aus dem Brachmannsberger Stollen zum Hauptschacht zu pumpen und zunächst weiterhin die dort vorhandene Wasseraufbereitungsanlage zu nutzen. Die Hydraulik des Systems sollte dann in einer längerfristigen Übergangsphase von mindestens einem "Hydrologischen Jahr" unter wechselnden klimatischen Verhältnissen in Bezug auf die anfallenden Wassermengen und -qualitäten getestet und optimiert werden. Erst nach dieser "Optimierungsphase" und nach Vorliegen diverser Daten über Niederschläge, Wassermengen/Spitzenwerte und Konzentrationen von Wasserinhaltsstoffen sollte eine gezielte Festlegung der Einleitparameter in die Selke und damit eventueller weiterer Wasserbehandlungsmaßnahmen erfolgen.

Seit 1992 wird die Entwicklung der Wasserqualität in der ehemaligen Flussspatgrube Straßberg regelmäßig von der DMT überprüft. Dazu werden im Überhauen 539 (Brachmannsberger Revier) und im Hauptschacht (Biwender Revier) kontinuierliche Messungen der Leitfähigkeit und der Temperatur (Sal/Temp-Messungen) über die gesamte wassererfüllte Teufe durchgeführt, tiefenhorizontierte Wasserproben gezogen und analysiert. Im Revier Glasebach ist keine derartige Kontrollmöglichkeit vorhanden.

Es zeigte sich bei den untersuchten Parametern anfänglich eine starke und rasche Konzentrationserniedrigung, später eine asymptotische Annäherung an eine Grundbelastung auf rel. niedrigem Niveau, das derzeit bei den Parametern Eisen und Mangan noch über den behördlichen Vorstellungen für Einleitwerte liegt.

Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse vor dem Aktivieren des "3-Stollen-Systems" mit einer Beschreibung der hydraulischen und hydrochemischen Verhältnisse



se in den einzelnen Revieren sowie mit Prognosen für die weitere Entwicklung der Wasserqualitäten erfolgte zuletzt mit der gutachtlichen Stellungnahme der DMT vom 28.11.96 (DMT 1996).

Mit der Messkampagne im November 1998 wurden erstmals die Verhältnisse kurz nach dem Anlaufen des "3-Stollen-Systems" untersucht. Unter diesen neuen hydraulischen Verhältnissen zeigte sich eine Angleichung der in den vorherigen Messungen stets vorhandenen Schichtung der Wasserkörper bei weiterhin relativ günstiger Wasserqualität. Außerdem kam es mit dem Anschluss des Brachmannsberger Stollens an das Überhauen 539 zu unerwartet hohen Wasserzuflüssen, die zwar im Laufe des Frühjahres 1999 zurückgingen, aber deutlich über den prognostizierten Wassermengen liegen.

Die Deutsche Montan Technologie GmbH, Essen, Geschäftsbereich GUC Geo- und Bau-Consult - Baugrundinstitut - wurde von der BST Mansfeld GmbH & Co KG mit Schreiben vom 26.07.99 (hei/lie) sowie mit schriftlicher Bestätigung des ersten Nachtragsangebotes vom 26.01.00 mit der Fortführung der Untersuchungen zur Entwicklung der Wasserqualitäten beauftragt. Neben der Auswertung der im August 1999 und im Februar 2000 durchgeführten Sal/Temp-Messungen soll auch die Frage der Herkunft (und der weiteren Entwicklung) der hohen zu bewältigenden Wassermengen mit Hilfe einer Wasserhaushaltsbilanzierung untersucht werden.

Eine von der BST Mansfeld und von Dr. Heide angefertigte Beschreibung der Entwicklung der Wassermengen und -qualitäten der auslaufenden Stollenwässer im "1. Hydrologischen Jahr" (Wasserwirtschaftsjahr 1999) und im laufenden "2. Hydrologischen Jahr" (Winterhalbjahr Wasserwirtschaftsjahr 2000) ist dem Gutachten beigelegt (Beilage).

1.2 Projektbezogene Unterlagen

BAMBERG, H.F. et al. (1981): KdT-Empfehlung zur Ermittlung der Grundwasserneubildung. – WTI-Sonderheft 5/81, Nordhausen.

DAHLGRÜN, F. (1926): Geologische Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt Harzgerode, Maßstab 1:25.000.

DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH (1993a): Verwahrung der Fluß- und Schwerspätgrube Straßberg. – Bearbeitungs-Nr. 2311-92-122, Bear-



- beiter: MÜLLER, W., & RÜTERKAMP, P., & THEIN, J.; Essen, den 08.02.1993 [unveröff.]
- DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH (1993b): Verwahrung der Fluß- und Schwerspatgrube Straßberg. 1. Ergänzung zum Gutachten vom 08.02.1993. – Bearbeitungs-Nr. 2311-93-117, Bearbeiter: MÜLLER, W., & RÜTERKAMP, P., & THEIN, J.; Essen, den 01.10.1993 [unveröff.]
- DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH (1994): Verwahrung der Fluß- und Schwerspatgrube Straßberg. Fortführende Untersuchungen zur Entwicklung der Wasserqualitäten im Überhauen 539 und im Hauptschacht (Stand: Juli 1994). – Bearbeitungs-Nr. 2311-94-261, Bearbeiter: MÜLLER, W., & RÜTERKAMP, P.; Essen, den 23.08.1994 [unveröff.]
- DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH (1995): Verwahrung der Flußspatgrube Straßberg. Auswertung des Großversuchs zur Ableitung der Grubenwässer über den "Neuen Glasebachstollen". – Bearbeitungs-Nr. 2311-94-486-001, Bearbeiter: MÜLLER, W., & RÜTERKAMP, P. & WEDEWARDT, M.; Essen, den 28.06.1995 [unveröff.]
- DMT-GESELLSCHAFT FÜR FORSCHUNG UND PRÜFUNG MBH (1996): Verwahrung der Flußspatgrube Straßberg. Fortführende Untersuchungen zur Entwicklung der Wasserqualitäten im Überhauen 539 und im Hauptschacht (Stand: Juli 1996) sowie Zusammenfassung der bisherigen Ergebnisse und Beurteilung der einzelnen Reviere. – Bearbeitungs-Nr. 2311-94-486-004, Bearbeiter: MÜLLER, W., & RÜTERKAMP, P.; Essen, den 28.11.1996 [unveröff.]
- DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. – DVWK-Merkblatt 238/1996, Bonn.
- HÖLTING, B. (1992): Hydrogeologie. – 415 S., 4. überarb. Aufl.; Stuttgart (Enke)
- HYDROGEOLOGIE-BRUNNENBAU GMBH (1990): Hydrogeologisches Gutachten zur Grubenwässersituation nach vollständiger Verwahrung des Straßberger Bergbaureviere. – Bearbeiter: LAZIK, D.; Nordhausen, den 17.08.1990 [unveröff.]
- HYDROGEOLOGIE GMBH (1990): Nachtrag zum hydrogeologischen Gutachten Grubenwässersituation nach vollständiger Verwahrung des Straßberger Bergbaureviere. – Bearbeiter: WENSKE, D.; Nordhausen, den 11.10.1990 [unveröff.]
- HYDROGEOLOGIE GMBH (1991a): Hydrogeologisches Gutachten zur Einschätzung der hydrochemischen Veränderungen während des Flutungsprozesses und der Entwicklung der hydrogeologischen Verhältnisse nach Schließung und Verwahrung der Grube Straßberg. – Reg.-Nr. 30.6.67.1.6.6510, Bearbeiter: ZERJADTKE, W., & PETZOLD, S., & WANKE, P., & GUTSCHMIDT, K.-V.; Nordhausen, den 29.08.1991 [unveröff.]
- HYDROGEOLOGIE GMBH (1991b): Nachtrag zum Gutachten zur Einschätzung der hydrochemischen Veränderungen während des Flutungsprozesses und der Entwicklung der hydrogeologischen Verhältnisse nach Schließung und Verwahrung der Grube Straßberg. – Reg.-Nr. 30.6.67.1.6.6510, Bearbeiter: PETZOLD, S., & ZERJADTKE, W., & GUTSCHMIDT, K.-V.; Nordhausen, den 15.11.1991 [unveröff.]
- IWM INSTITUT FÜR WASSERWIRTSCHAFT GMBH AN DER FACHHOCHSCHULE MAGDEBURG (1998a): Differenzierte Untersuchung des Abflußkomponentenregimes hydrologischer Untersuchungsgebiete unter den Bedingungen von Bergfolgemassnahmen und Bewertung geoökologischer Auswirkungen als Beitrag



- zum Hochwasserschutz und zur Sicherung der Wassergüte der Selke. – Abschlußbericht (2 Bände): 426 S. u. 2 Anh.; Bearbeiter: WENK, G., & BUCHHOLZ, K., & SENST, M.; Magdeburg, Juli 1998
- IWM INSTITUT FÜR WASSERWIRTSCHAFT GMBH AN DER FACHHOCHSCHULE MAGDEBURG (1998b): Hydrologische Bewertung zur Standwasserproblematik Brachmannsberger Stollen in Zusammenhang mit der Bergverwahrung Grube Straßberg. – Bearbeiter: WENK, G., & SENST, M.; Magdeburg, den 17.07.1998 [unveröff.]
- KÄSS, W. (1991): Moderne Methoden der hydrologischen Markierungstechnik. – Wasserkalender 1991: 24-49; Berlin (E. Schmidt)
- KÄSS, W. (1992): Geohydrologische Markierungstechnik. – Lehrbuch der Hydrogeologie, Bd. 9: 519 S.; Berlin (Gebr. Bornträger)
- MEßER, J. (1997): Auswirkungen der Urbanisierung auf die Grundwasser-Neubildung im Ruhrgebiet unter besonderer Berücksichtigung der Castroper Hochfläche und des Stadtgebietes Herne. – DMT-Berichte aus Forschung und Entwicklung, 58: 254 S., Bochum.
- SCHROEDER, M. & WYRWICH, D. (1990): Eine in Nordrhein-Westfalen angewendete Methode der flächendifferenzierten Ermittlung der Grundwasserneubildungsrate. – DGM, 34: 12-16, Koblenz.
- SIGG, L., & STUMM, W. (1989): Aquatische Chemie. – 388 S.; vdf - Verl. der Fachvereine an den schweizerischen Hochschulen und Techniken, Zürich.
- VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, Halle (1973). Gutachten zur Wassersituation im Querschlag Nord der 5. Sohle des Fluorschachtes Straßberg und im Stollen Hohewarte bei Gernrode. – Vertrags-Nr.: 123 7000 137, Bearbeiter: LUTZENS, H., & ZIMMERMANN, ?; Blankenburg, den 30.08.1973 [unveröff.]
- VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, Halle (1974): Auswertung der hydrogeologischen Vorbohrung 8/73 zur Wassersituation im Nordquerschlag 5. Sohle des Fluorschachtes Straßberg. – Auftrags-Nr. 1.2369.00.133, Bearbeiter: SEIDEL, F., & LUTZENS, H., & REICHENBACH, W.; Blankenburg, den 20.03.1974 [unbestätigter Entwurf, unveröff.]
- VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, Halle (1976): Ergebnisbericht Hydrogeologie Nordquerschlag 5. Sohle Fluorschacht (Querschlag zum Brachmannsberg). – Kostenträger-Nr. 1.2369.00.13.3, Bearbeiter: LUTZENS, H., & SEIDEL, F., & KATER, ?; Blankenburg, den 30.06.1976 [unveröff.]
- VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, Freiberg (1980): Fluorit Brachmannsberg: Hydrogeologische Stellungnahme zur Lösung der Standwässer im Einflußbereich des Nordquerschlages. – Auftrags-Nr. 3.1013.00.13.4, Bearbeiter: NEUBER, ?; Freiberg, den 26.11.1980 [unveröff.]
- VEB HARZER SPATGRUBEN ROTTLEBERODE (1967): Tektonische Übersichtskarte Erzbezirk des Unterharzes, Ausschnitt, 1:25.000, Rottleberode
- VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1980): Hydrogeologisches Gutachten zur Grubenverwahrung des Fluß- und Schwerspatbetriebes Rottleberode, Werksabteilung Heimberg. – Komm.-Nr. 1.078.002.02, Bearbeiter: NAGEL, W., & WILKE, U.; Nordhausen, den 22.05.1980 [unveröff.]



- VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1981a): Hydrogeologisches Gutachten zur Grubenverwahrung des Fluß- und Schwerspatbetriebes Rottleberode, Grubenrevier Glasebach. – Komm.-Nr. 1.125.002.02, Bearbeiter: NAGEL, W., & WILKE, U.; Nordhausen, den 30.06.1981 [unveröff.]
- VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1981b): Hydrogeologisches Gutachten zur Grubenverwahrung des VEB Fluß- und Schwerspatbetriebes Rottleberode, Grubenrevier Glasebach, Variante Bohrloch. – Komm.-Nr. 1.194.002.02, Bearbeiter: NAGEL, W., & WILKE, U.; Nordhausen, den 29.10.1981 [unveröff.]
- VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1983): 1. Ergänzung zum Hydrogeologischen Gutachten zur Grubenverwahrung des VEB Fluß- und Schwerspatbetriebes Rottleberode, Grubenrevier Glasebach, Variante Bohrloch. – Komm.-Nr. 4.13.143, Bearbeiter: NAGEL, W., & WILKE, U.; Nordhausen, den 12.09.1983 [unveröff.]
- VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1989): Hydrogeologisches Gutachten, WA Straßberg. – Kostenträger-Nr. 3.31.271, Bearbeiter: FREITAG, P.; Nordhausen, den 03.11.1989 [unveröff.]
- WOLKERSDORFER, C. (1996). Hydrogeochemische Verhältnisse im Flutungswasser eines Uranbergwerks - Die Lagerstätte Niederschlema/Alberoda. – Clausthaler Geowiss. Diss., H. 50: 216 S.; Clausthal-Zellerfeld 1996

1.3 Verzeichnis der Anhänge, Anlagen und der Beilage

Anhänge:

- | | |
|------------------|--|
| Anhang 1 | Überhauen 539: Entwicklung der Leitfähigkeit in der Wassersäule seit 1992 |
| Anhang 2.1/2.2 | Sal/Temp-Messung Ü539: Vergleich der Leitfähigkeits- und der Temperaturprofile Aug. 97 bis Feb. 00 |
| Anhang 3 | Überhauen 539: Analysenergebnisse im Vergleich |
| Anhang 4.1 - 4.4 | Konzentrationsentwicklung von Eisen(gel.), Mangan, Fluorid und Sulfat im Überhauen 539 (in den verschiedenen Teufen) |
| Anhang 5 | Hauptschacht: Entwicklung der Leitfähigkeit in der Wassersäule seit 1992 |
| Anhang 6.1/6.2 | Sal/Temp-Messung HS: Vergleich der Leitfähigkeits- und der Temperaturprofile Aug. 97 bis Feb. 00 |
| Anhang 7.1/7.2 | Hauptschacht: Analysenergebnisse im Vergleich |
| Anhang 8.1 - 8.4 | Konzentrationsentwicklung von Eisen(gel.), Mangan, Fluorid und Sulfat im Hauptschacht (in den verschiedenen Teufen) |
| Anhang 9 | Strukturen und Teileinzugsgebiete |
| Anhang 10 | Vortagsbezogene Niederschlagssummen und Mittelwerte Schäfertal/Siptenfelde (IWM) |
| Anhang 11 | Abflussmengen bei mittleren Niederschlagsverhältnissen |
| Anhang 12.1 | Grubenwasser-Entnahme der Grube Straßberg (in m ³ /min; Grafik) |



- Anhang 12.2 Grubenwasser-Entnahme (Pumpwasser) von 1993 bis 1998 über den Hauptschacht bzw. das benachbarte Überhauen 901 der Grube Straßberg (in m³/Mon.; Tabelle)
- Anhang 13 Zufluss aus der Grundwasserneubildung und dem Direktabfluss in die Grubenbaue bei mittleren Verhältnissen vor der Absenkung im Brachmannsberger Revier
- Anhang 14 Zufluss aus der Grundwasserneubildung und dem Direktabfluss in die Grubenbaue bei mittleren Verhältnissen nach der Absenkung im Brachmannsberger Revier

Anlagen:

- Anlage 1 Übersichtsskizze "Stollenwasser Straßberg" (GVV)
- Anlage 2 Hydraulische Situation der Grube Straßberg (GVV)
- Anlage 3 Grundwasser-Neubildung: Mittel der WWJ 1995 bis 1999

Beilage:

Entwicklung der Wassermengen und -qualitäten der auslaufenden Stollenwässer im "1. Hydrologischen Jahr" (Wasserwirtschaftsjahr 1999) und im laufenden "2. Hydrologischen Jahr" (Winterhalbjahr Wasserwirtschaftsjahr 2000) (BST Mansfeld, Dr. Heide)



2 Sal/Temp-Messungen

Die Sal/Temp-Messungen und tiefenhorizontierten Wasserprobennahmen wurden am 10./11.08.1999 und am 24.02.2000 wie bisher vom GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Forschungsbergwerk Asse, im Hauptschacht des Zentralreviers und im Überhauen 539 des Reviers Brachmannsberg durchgeführt. Die in situ gemessene Leitfähigkeit wurde entsprechend der Wassertemperatur mittels Temperaturkorrektur auf eine "Standardtemperatur" von 25 °C bezogen.

Neben den bisher untersuchten Parametern wurden im August 1999 als Indikator für mögliche Oberflächeneinflüsse (organisches Material z.B. aus Zuflüssen von Haushaltsabwässern) auch die organischen Summenparameter CSB und DOC sowie NH_4 in einigen Wasserproben bestimmt.

2.1 Überhauen 539

2.1.1 Beschreibung der Messergebnisse

Der Anhang 1 gibt die Entwicklung der Leitfähigkeit in der Wassersäule im Überhauen 539 (Ü539) seit Beginn der Sal/Temp-Messungen 1992 wieder. Seitdem wurden dort bisher 13 Messungen durchgeführt. Bis Aug. 97 zeigte sich eine Abnahme der Leitfähigkeit von max. rd. 3.800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ auf ca. 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (im oberen Abschnitt) bzw. 750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (im unteren Abschnitt). Ab Juli 94 lagen die Messungen im Vergleich zur vorherigen Entwicklung relativ dicht beieinander, d.h. es kam zu einer gewissen Stabilisierung der Mineralisationsverhältnisse auf niedrigem Niveau. Gleichzeitig konnte über die Jahre die Ausbildung einer Schichtung im Niveau der 4. Sohle und z.T. auch im Niveau der 3. Sohle beobachtet werden. Sowohl der Mineralisationsrückgang über die Zeit als auch die Ausbildung der Schichtung mit zur Tiefe zunehmender Konzentration der Wasserinhaltsstoffe konnte durch die in ca. 45 m, 75 m und 140 m Tiefe gezogenen Proben analytisch bestätigt werden.

Die Messungen seit Nov. 98 zeigen einen veränderten Kurvenverlauf. Im Anhang 2.1 sind die vier letzten Leitfähigkeits-Messprofile dargestellt, d.h. die Situation vor dem Stollendurchbruch zum Ü539 (Messung vom Aug. 97) im Vergleich zur Situation nach dem Anlaufen des 3-Stollen-Systems (Messungen vom Nov. 98, Aug. 99 und Feb. 00). Die ursprüngliche deutliche Zweiteilung der Wassersäule mit einer Schichtgrenze im Niveau der 4. Sohle ist nach dem Stollendurchbruch nicht mehr vorhanden. Im Vergleich zur Messung vom Aug. 97 haben sich die Kurvenverläufe vergleichmäßigt. Mit aktuell rd. 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hat sich eine "mittlere" Leitfähigkeit über die gesamte Wasser-



säule eingestellt (im Vergleich Aug. 97: oberhalb 4. Sohle rd. 450 $\mu\text{S}/\text{cm}$, unterhalb 4. Sohle rd. 770 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Ebenfalls vergleichmäßig haben sich die Wassertemperaturen (Anh. 2.2). Eine Schichtung, wie sie 1997 noch vorhanden war, ist nicht mehr zu erkennen. Im Nov. 98, d.h. kurz nach dem Stollenanschluss, liegt die einheitliche Temperatur der gesamten Wassersäule nahe an der Wassertemperatur des unteren Wasserkörpers der vorherigen Messung vom Aug. 97. Es scheint somit eine Vermischung von unten nach oben stattgefunden zu haben. Im Laufe der nächsten Messungen (Aug. 99, Feb. 00) hat sich die Wassertemperatur kontinuierlich leicht abgekühlt, d.h. das Wasser im Überhauen wurde durch rel. frisches Niederschlagswasser ersetzt.

Da sich der Temperaturfühler der Sonde erst im Verlauf der oberen ca. 10 m der Wassertemperatur angleicht, sind die unterschiedlichen Profilverläufe im Bereich der Wasseroberfläche durch die jahreszeitliche Lufttemperatur beeinträchtigt und nicht repräsentativ (im Vergleich zur jeweiligen Wassertemperatur kältere Lufttemperaturen im Winter und wärmere im Sommer).

Auch die aktuellen Analysen zeigen keine Differenzierung der Wassersäule. Im Anhang 2.1 sind in Höhe der jeweiligen Probeniveaus die Eisen(ges.)-, Mangan-, Fluorid- und Sulfat-Gehalte vermerkt; alle Analysenergebnisse sind zusammen mit den älteren Analysen dem Anhang 3 zu entnehmen. Sowohl innerhalb einer Wassersäule als auch zwischen den drei Messungen vom Nov. 98 / Aug. 99 / Feb. 00 sind kaum Unterschiede in den Konzentrationen vorhanden. Vergleicht man die Konzentrationen der oben aufgeführten Parameter in sich entsprechenden Tiefen mit der Messung vom Aug. 97, ergibt sich besonders bei Eisen - über die gesamte Wassersäule betrachtet - keine Mittelung der Werte sondern eine Verbesserung. So nimmt der $\text{Fe}_{\text{ges.}}$ -Gehalt in den Teufen 140 m und 75 m von 79 mg/l bzw. von 38 mg/l auf aktuell jeweils 22 mg/l ab, eine Konzentration, die 1997 nur oberhalb der 3. Sohle gemessen wurde (vgl. auch Anl. 2, Y2 u. Y3).

Die vollständigen Konzentrationsentwicklungen von Eisen(gel.), Mangan, Fluorid und Sulfat seit 1992 bzw. 1993 in den jeweiligen Beprobungsniveaus sind den Anhängen 4.1 bis 4.4 zu entnehmen. Den Diagrammen gemeinsam sind sehr hohe Anfangsgehalte, eine starke und schnelle Konzentrationserniedrigung bis etwa Mitte 1994 (zu beachten ist der logarithmische Maßstab der Konzentrationsachse) sowie bis zur Messung im Aug. 97 eine "asymptotische" Annäherung an eine Grundbelastung auf relativ niedrigem Konzentrationsniveau. Ab der Messung im Nov. 98 macht sich die o.g. Vermischung bemerkbar. Die Konzentrationen der einzelnen Parameter in den jeweili-



gen Teufen "verschmelzen" mehr oder weniger zu einem Wert. Die Gehalte liegen weiterhin auf relativ niedrigem Niveau, d.h. mit der Vergleichmäßigung in der Wassersäule ist keine Verschlechterung der Wasserqualität einhergegangen (s.o.).

In einer Teufe von 62 m (Probe B 36 in Anh. 3), d.h. kurz unterhalb des jetzigen Auslaufniveaus der am Ü539 austretenden Grubenwässer überschreiten allerdings nach wie vor Eisen mit aktuell 23 mg/l $Fe_{ges.}$ bzw. 22 mg/l $Fe_{gel.}$ erheblich und Mangan mit 1,4 mg/l eher geringfügig die nach dem 1. Änderungsbescheid vom 31.03.2000 bis zum 30.04.2001 gültigen Einleitwerte in den Uhlenbach ($Fe_{ges.} \leq 2,4$ mg/l, $Fe_{gel.} \leq 0,25$ mg/l, $Mn \leq 0,8$ mg/l). Aufgrund der Konzentrationsentwicklung ist zum jetzigen Zeitpunkt zumindest bei Eisen eine Unterschreitung der Einleitwerte auf absehbare Zeit nicht in Sicht.

Das am Mundloch des Brachmannsberger Stollens auslaufende Wasser hat bedingt durch das Absetzen auf der langen Fließstrecke im Stollen und durch die Vermischung mit dem dem Stollen zuziehenden Wasser eine wesentlich bessere Qualität. So liegen die (rechnerischen) Mischgehalte z.B. in der Woche der Sal/Temp-Messung im Feb. 2000 (08. Kalenderwoche 00) nach den Aufzeichnungen der BST Mansfeld bzw. der GVV am Messpunkt 5/6 bei 9,96 mg/l $Fe_{ges.}$ bzw. 8,79 mg/l $Fe_{gel.}$ und 1,06 mg/l Mn. Für das Winterhalbjahr des Wasserwirtschaftsjahres 2000 (44. KW 99 bis 17. KW 00) ergeben sich Durchschnittswerte von 10,68 mg/l $Fe_{ges.}$ bzw. 9,54 mg/l $Fe_{gel.}$ und 1,12 mg/l Mn.

Als Indikator für mögliche Oberflächeneinflüsse (organisches Material z.B. aus Zuflüssen von Haushaltsabwässern aus Siptenfelde) - und damit als Nachweis einer direkten Verbindung zur 5. Sohle - wurden im Aug. 99 die organischen Summenparameter CSB (Chemischer Sauerstoffbedarf) und DOC (Dissolved Organic Carbon, gelöster organischer Kohlenstoff) sowie der NH_4 -Gehalt (Ammonium) in den Wasserproben aus dem Ü539 bestimmt (Anh. 3). Die ermittelten niedrigen Gehalte (CSB < 15 mg O_2 /l, NH_4 max. 0,11 mg/l) liegen jedoch im Bereich der 1992 gemessenen "Grundbelastung" der Oberflächengewässer und Stollen (DMT 1993a) und liefern somit keinen Nachweis für eine Beeinflussung (Tab. 1). Auch die DOC-Konzentrationen liegen mit max. 1,7 mg/l eher an der unteren Grenze typischer Konzentrationen in natürlichen Gewässern (z.B. n. SIGG & STUMM 1989: Flusswasser 1 - 10 mg/l).

Tab. 1: "Grundbelastung" der Oberflächengewässer und Stollen 1992 (n. DMT 1993a)

	CSB [mg O ₂ /l]	NH ₄ [mg/l]	Mn [mg/l]	Fe _{gel.} [mg/l]
Gewässer				
Selke, oberh. Wiesenbach	< 15	0,13	0,12	0,08
Wiesenbach	20	0,68	0,97	0,04
Rödelbach	< 15	< 0,01	0,26	0,20
Glasebach	< 15	0,79	0,13	0,03
Selke, unterh. Glasebach	< 15	0,34	0,17	0,09
Uhlenbach	< 15	0,07	0,60	0,38
Selke, unterh. Uhlenbach	< 15	0,22	0,20	0,26
Stollen u.ä.				
Heidelberger St.	< 15	0,27	1,17	0,04
Richtschacht-St.	17	2,40	1,21	0,19
Birnbaum-St.	< 15	0,13	5,97	0,02
"Strulle"	< 15	< 0,01	0,21	< 0,10
Schwefel-St.	< 15	0,18	4,60	18,00
"Fischmaul"	< 15	0,12	8,40	5,50

Nichtsdestoweniger sind direkte hydraulische Verbindungen von der Geländeoberfläche zum Grubengebäude 5. Sohle nach der mündlichen Aussage ehemaliger Mitarbeiter der Flußspatgrube Straßberg bekannt und durch den analytischen Nachweis von ionischen und anionischen Tensiden im abgeleiteten Grubenwasser, wie sie typischerweise in Haushaltsspülmitteln vorkommen, belegt (IWM 1998b).

2.1.2 Interpretation der Messergebnisse

Eine Erklärung für die Vergleichmäßigung ist die geänderte Wasserspiegellhöhe im Ü539. Es wird z.Z. von folgender hydraulischer Modellvorstellung ausgegangen (Es ist anzumerken, dass das hier und in Kapitel 2.2 abgeleitete hydraulische Modell nur auf sehr wenigen Einzelmessungen beruht und demzufolge nicht in allen Einzelheiten "stimmig" sein kann):

Das Grundwasser des Reviers Brachmannsberg steht mit dem Grubenwasser im Ü539 in hydraulischer Verbindung. Das Grubengebäude wird hauptsächlich mit Grundwasser über Klüfte und Störungen des Gebirges gespeist, die insbesondere auch über den Mühlenweggang an den Nordquerschlag 5. Sohle angeschlossen sind. Zuflüsse über



die 3. und 4. Sohle treten heute demgegenüber in den Hintergrund. Der Nordquerschlag steht außerdem über den undichten/umläufigen Damm in hydraulischer Verbindung mit dem Hauptschacht, dessen Wasserspiegel wie das des gesamten Brachmannsberger Reviers bis vor dem Anbinden des Brachmannsberger Stollens an das Ü539 immer mindestens 10 m bis 15 m unter demjenigen des Ü539 lag. Von den Wassereintrittsstellen im Nordquerschlag einschließlich des daran angeschlossenen Mühlenwegganges ist in Richtung Ü539 von einem vollen hydraulischen Kontakt, in Richtung Hauptschacht dagegen nur von einem eingeschränkten hydraulischen Kontakt auszugehen (Damm).

Vor dem Anfahren des 3-Stollen-Systems stand in den "Sommer"-Monaten der relativ hohe Grubenwasserspiegel im Ü539 in einem hydraulischen Gleichgewicht mit dem umgebenden Grundwasserspiegel im Gebirge. Wegen des Druckgefälles zum Hauptschacht (ca. 10 m bis 15 m) floss ein Teil des über die Klüfte und Störungen regenerierten Grundwassers über den Nordquerschlag 5. Sohle in Richtung Hauptschacht ab (Entlastung über die Wasserhaltung im Hauptschacht) und somit weniger in Richtung Ü539. Dort konnte sich über "oberflächennahe" Zuflüsse der 3. und 4. Sohle eine Schichtung aufbauen mit nur geringmächtiger Übergangszone oberhalb der 4. Sohle (vgl. Anh. 1). Als Entlastung dienten diffuse Austritte/Vernässungen im Uhlenbachtal bzw. der Uhlenbach als Vorfluter.

Die o.g. Übergangszone wurde in den "Winter"-Monaten mächtiger und ausgeprägter (Anh. 1). Sie steht in Zusammenhang mit der größeren winterlichen Grundwasserneubildung und dem höheren Grundwasserstand im Gebirge. Durch die Erhöhung des Potentialgefälles zwischen Gebirge und Ü539 konnten vermehrt oberflächennahe, geringer mineralisierte Niederschlagswässer den Grubenbauen zusickern. Die verstärkten Pumpaktivitäten im Hauptschacht bewirkten eine vergrößerte Strömung zur Tiefe über den Nordquerschlag in Richtung Hauptschacht, so dass es zu einer stärkeren Vermischung im Ü539 kam mit der Folge einer breiteren Übergangszone. Diese "saisonalen Schwankungen" wurden bereits 1996 beschrieben (DMT 1996).

Nach dem Anfahren des 3-Stollen-Systems wurde der Wasserspiegel im Ü539 bis auf Auslaufniveau absenkt, damit wurde auch das Druckpotential zwischen Ü539 und Hauptschacht (und damit auf beiden Seiten des Dammes im Nordquerschlag) angeglichen. Das über die Klüfte und Störungen dem Nordquerschlag 5. Sohle zuzitzende, rel. gering mineralisierte Oberflächenwasser (im Folgenden auch als "Siptenfelder Wasser" bezeichnet) fließt nun nicht mehr überwiegend in Richtung Hauptschacht sondern zum großen Teil über das Ü539 ab (Entlastung über den angeschlossenen Brachmannsberger Stollen), die oberflächennahen Zuflüsse im Ü539 treten gegenüber dem



Hauptstrom von der 5. Sohle in den Hintergrund. Durch den Zustrom des "Siptenfelder Wassers" über die 5. Sohle in das Ü539 kommt es gegenüber der Situation vor dem Anfahren des 3-Stollen-Systems zu einer Konzentrationserniedrigung (besonders in der Tiefe). Die Aufwärtsbewegung im Überhauen führt zu einer Vergleichmäßigung in der gesamten Wassersäule.

Für diese These spricht auch die Entwicklung der Wassertemperatur im Ü539 (Anh. 2.2). Mit der Durchspülung kommt es zur ständigen Nachlieferung relativ frischen, kühlen "Siptenfelder Wassers", so dass sich die Wassertemperatur seit Nov. 98 sukzessive abgekühlt hat.

2.2 Hauptschacht

2.2.1 Beschreibung der Messergebnisse

Der Anhang 5 zeigt die Entwicklung der Leitfähigkeit in der Wassersäule im Hauptschacht (HS) seit Beginn der Messungen im Juli 92. Bisher wurden elf Sal/Temp-Messungen und entsprechende Probenahmen durchgeführt. Eine Messung im Dez. 93 musste abgebrochen werden, da die Sonde im Niveau der 2. Sohle aufstand und nur unter Schwierigkeiten wieder gezogen werden konnte.

Ähnlich dem Ü539 zeigt die Leitfähigkeit im HS über die Zeit eine rückläufige Entwicklung und eine Stabilisierung auf niedrigem Niveau. Es bildete sich eine stabile Schichtung in der Wassersäule aus mit zur Tiefe zunehmender Mineralisation der einzelnen Wasserkörper und Schichtgrenzen im Niveau der 2. und 5. Sohle.

Auffällig ist der Rückgang des Sprungbetrages im Niveau der 5. Sohle im Juni 95 im Vergleich zur ausgeprägten Schichtgrenze im Dez. 94. Gegenüber den vorherigen Messungen hatte sich die Situation im Juni 95 insofern geändert, als dass der Anfang 1995 fertiggestellte neue Glasebachstollen als Wasserlösungsstollen zeitweilig in Funktion getreten war. In den zwei Monaten vor der Sal/Temp-Messung wurde dort ein Probetrieb ("Großversuch") unter wechselnden hydraulischen Verhältnissen bis hin zur völligen Abschaltung der Pumpen im Hauptschacht und zur Ableitung aller anfallenden Wassermengen über den Glasebachstollen durchgeführt (DMT 1995). Diese Vorgehensweise führte auch zur Durchmischung der Wassersäule im Hauptschacht. Die kurze Zeit nach der Beendigung des Großversuches reichte zur Erneuerung der Schichtung im Niveau der 5. Sohle nicht aus, im Ansatz war sie aber schon wieder zu erkennen. Erst in den Folgemessungen im Jan. 96 und Juni 96 baute sich die Schichtung wieder auf.



Im Anhang 6.1 sind die vier letzten Leitfähigkeits-Messprofile dargestellt, d.h. die Situation vor dem Anlaufen des 3-Stollen-Systems (Messung vom Aug. 97) im Vergleich zur Situation danach (Messungen vom Nov. 98, Aug. 99 und Feb. 00).

Ähnlich wie im Ü539 zeigen die Messungen vom Nov. 98 und Aug. 99 einen veränderten Kurvenverlauf. Nach wie vor setzt sich der Wasserkörper oberhalb der 2. Sohle von dem darunter liegenden Wasserkörper ab, d.h. die Drainagewirkung der 2. Sohle hat sich mit dem Anlaufen des 3-Stollen-Systems im Prinzip nicht geändert. Anhand des Profils vom Aug. 99 ist oberhalb der 2. Sohle eine Differenzierung der Leitfähigkeitsverhältnisse zu erkennen: von ca. 66 m bis etwa 78 m Tiefe konstante Leitfähigkeiten mit rd. $890 \mu\text{S/cm}$, darunter bis zum Anfang der eigentlichen Schichtgrenze bei ca. 89 m ein Anstieg bis auf etwa $910 \mu\text{S/cm}$. Unterhalb der 2. Sohle liegt die Leitfähigkeit im Aug. 99 bei rd. $1.020 \mu\text{S/cm}$. Im Niveau der 5. Sohle kommt es zu einer weiteren leichten Erhöhung der Leitfähigkeit auf bis zu $1.050 \mu\text{S/cm}$, zur Tiefe nimmt sie sukzessive wieder bis auf rd. $1.000 \mu\text{S/cm}$ ab. Damit hatte sich der bisher deutlich ausgeprägte Sprung im Niveau der 5. Sohle erkennbar vermindert.

Die aktuelle Messung vom Feb. 00 zeigt wiederum eine deutlich ausgeprägte Schichtung mit konstanten Leitfähigkeiten in jedem der drei Bereiche: ca. $850 \mu\text{S/cm}$ oberhalb der 2. Sohle (und damit die niedrigste bisher in diesem Bereich gemessene Leitfähigkeit), ca. $1010 \mu\text{S/cm}$ zwischen 2. und 5. Sohle und ca. $1080 \mu\text{S/cm}$ unterhalb der 5. Sohle.

Die Wassertemperaturen (Anh. 6.2) zeichnen dieses Verhalten nach. Zeigen die Messungen von Nov. 98 und Aug. 99 einen Rückgang der Schichtung im Bereich der 5. Sohle, so ist der Temperatursprung im Feb. 00 um so deutlicher. Auch der Sprung im Bereich der 2. Sohle ist im Feb. 00 weit größer als bei den vorhergehenden Messungen.

Die Analysen der tiefenorientierten Wasserproben zeigen i.d.R. weiterhin eine Zunahme der Gehalte mit der Tiefe, wobei sich neben der 2. Sohle besonders die 5. Sohle deutlich bemerkbar macht (im Anhang 6.1 sind in Höhe der jeweiligen Probeniveaus die Eisen(ges.)-, Mangan-, Fluorid- und Sulfat-Gehalte vermerkt; alle Analyseergebnisse sind zusammen mit den älteren Analysen den Anhängen 7.1 und 7.2 zu entnehmen).

Die Konzentrationsentwicklungen von Eisen(gel.), Mangan, Fluorid und Sulfat seit 1992 in den jeweiligen Beprobungsniveaus sind den Anhängen 8.1 bis 8.4 zu entnehmen.



men. Die Verhältnisse im Hauptschacht wurden bis vor dem Anlaufen des 3-Stollen-Systems nachhaltig durch das wechselnde Pumpregime geprägt. Dies zeigt sich deutlich in den im Vergleich zum Ü539 uneinheitlichen Entwicklungslinien. Insgesamt zeigt sich bis etwa Ende 1996 eine eher fallende Tendenz, danach kommt es mehr oder weniger zu einer Stagnation der Gehalte (auch hier ist der logarithmische Maßstab der Konzentrationsachse zu beachten). Im Gegensatz zum Ü539 zeigt sich im Hauptschacht keine "Verschmelzung" der Konzentrationen in der Wassersäule nach dem Anfahren des 3-Stollen-Systems (s.o.). Besonders anhand der Eisen- und Fluorid-Gehalte lässt sich seit etwa Aug. 97 eine konstante Zweiteilung des Systems in der Weise erkennen, dass die 5. Sohle (Teufe ca. 180 m) die Proben darüber (Teufe 80 m und 140 m) und darunter (Teufe 220 m und 290 m) voneinander trennt. Unterhalb der 5. Sohle ist die Mineralisation im Vergleich zur Messung im Aug. 97 im Prinzip unverändert, oberhalb der 5. Sohle ist bei Eisen und Mangan ein Konzentrationsrückgang zu erkennen (Anh. 6.1; vgl. auch Anl. 2, X1/X2 u. X3/X4).

In einer Teufe von 80 m (Probe H 48 in Anh. 7.1), d.h. kurz unterhalb des jetzigen Auslaufniveaus der am Hauptschacht austretenden Grubenwässer, überschreiten weiterhin Eisen mit 31 mg/l $Fe_{ges.}$ bzw. 28 mg/l $Fe_{gel.}$ und Mangan mit 6,2 mg/l die bis zum 30.04.2001 gültigen Einleitwerte in den Uhlenbach ($Fe_{ges.} \leq 2,4$ mg/l, $Fe_{gel.} \leq 0,25$ mg/l und $Mn \leq 0,8$ mg/l). Eine Unterschreitung der Einleitwerte ist zum jetzigen Zeitpunkt aufgrund des bisherigen Konzentrationsverlaufes auf absehbare Zeit nicht in Sicht.

Ähnlich wie im Brachmannsberger Revier hat auch das am Mundloch des Biwender Stollens auslaufende Wasser bedingt durch das Absetzen auf der langen Fließstrecke im Stollen und durch die Vermischung mit dem dem Stollen zusitzenden Wasser eine z.T. wesentlich bessere Qualität. So liegen die (rechnerischen) Mischgehalte in der Woche der Sal/Temp-Messung im Feb. 00 (08. Kalenderwoche 00) nach den Aufzeichnungen der BST Mansfeld bzw. der GVV am Messpunkt 3/4 bei 15,30 mg/l $Fe_{ges.}$ bzw. 14,23 mg/l $Fe_{gel.}$ und 3,62 mg/l Mn. Für das Winterhalbjahr des Wasserwirtschaftsjahres 2000 (44. KW 99 bis 17. KW 00) ergeben sich Durchschnittswerte von 16,72 mg/l $Fe_{ges.}$ bzw. 14,54 mg/l $Fe_{gel.}$ und 6,20 mg/l Mn.

2.2.2 Interpretation der Messergebnisse

Über die Wasserhaltung des Hauptschachtes wurde vor dem Anfahren des 3-Stollen-Systems auch das Revier Glasebach (vollständiger hydraulischer Kontakt über den Glasebachquerschlag 9. Sohle) und (z.T.) auch das Revier Brachmannsberg (eingeschränkter hydraulischer Kontakt über den undichten Damm im Nordquerschlag



5. Sohle) kurzgehalten. Dabei entsprach der Wasserspiegel im Hauptschacht in etwa dem künftigen Auslaufniveau. Die Pumpen saßen kurz unterhalb der Wasseroberfläche und simulierten praktisch den Stollenabfluss. Es kam folglich mit dem Anfahren des 3-Stollen-Systems zu keiner grundsätzlichen Änderung des hydraulischen Systems im Hauptschacht oberhalb der 2. Sohle (keine Absenkung des Wasserspiegels, Niveau Zustrom zur Pumpe \cong Niveau Zustrom zum Stollen). Als Folge blieb auch die Schichtung erhalten (s.o.).

Vor dem Anfahren des 3-Stollen-Systems lag der Wasserspiegel im Hauptschacht seit etwa Mitte 1993 mindestens ca. 10 m bis 15 m unter dem des Ü539, d.h. es kam zu einem gewissen Zustrom von Brachmannsberger Wasser und "Siptenfelder Wasser" über den Nordquerschlag 5. Sohle zum Hauptschacht. In Abhängigkeit von den Pumpaktivitäten im Hauptschacht (\pm starke Sogwirkung) und der Mineralisationsunterschiede der Wässer (und damit der Dichte) sank das Wasser entweder vermehrt zur Tiefe ab oder wurde stärker zur Pumpe gezogen. Spätestens seit etwa Mitte 1994 ging jedoch die Leitfähigkeit - als Maß der Gesamtmineralisation - in der Tiefe des Überhauens 539 soweit zurück (Ü539 Probe B13, Teufe 140 m: rd. 1.400 μ S/cm, vgl. Anh. 3), dass sie die Werte des Hauptschacht-Wassers oberhalb der Verbindungsstrecke Nordquerschlag, also zwischen 5. Sohle und 2. Sohle, unterschritt (HS Probe H11, Teufe 140 m: rd. 1.600 μ S/cm, vgl. Anh.7.2). Damit vermischte sich das Wasser eher mit dem Grubenwasser im Hauptschacht oberhalb der 5. Sohle, verdünnte dieses und wurde bevorzugt mitgehoben. So nahm z.B. der Eisen(gel.)-Gehalt im Hauptschacht oberhalb der 5. Sohle entsprechend der höheren Eisen-Belastung des Brachmannsberger Wassers zu, der Mangan-Gehalt sank dagegen entsprechend der niedrigeren Brachmannsberger Konzentration ab.

Mit dem Anfahren des 3-Stollen-Systems wurde das Druckpotential zwischen dem Ü539 und dem Hauptschacht abgebaut und es erfolgte nur noch ein wesentlich geringerer Zufluss aus dem Brachmannsberger Revier (wenn überhaupt noch) in Richtung Hauptschacht, der Anteil "Siptenfelder Wasser" hat sich dadurch im Verhältnis erhöht (\pm gleichbleibend hohes Druckniveau). Entsprechend der rel. geringen Mineralisation des "Siptenfelder Wassers" erfolgte oberhalb der 5. Sohle eine Verdünnung.

Diese Erklärung nimmt für die Wässer unterhalb der 5. Sohle zumindest seit Öffnung der Stollen ein ruhendes System an. Die Temperaturmessungen stehen dazu allerdings in einem gewissen Widerspruch. So ist der Wasserkörper unterhalb der 5. Sohle in den Messungen von Aug. 97, Nov. 98 und Aug. 99 sukzessive kühler geworden (Anh. 6.2). Diese kontinuierliche Temperaturabnahme über die Zeit spricht eher dafür, dass das Wasser in der Tiefe nicht in Ruhe war, sondern ständig durch frisches, rel. kühles



Niederschlagswasser ersetzt wurde (über die 5. oder über die 9. Sohle). In einem ruhenden System müsste sich die Wassertemperatur der Gebirgstemperatur in etwa angleichen. Dies scheint im Feb. 00 der Fall zu sein, zeigt der untere Wasserkörper doch wieder höhere Temperaturen. Oberhalb der 5. Sohle und noch mehr oberhalb der 2. Sohle wurden im Feb. 00 vergleichsweise kalte Wässer angetroffen, die für einen rel. schnellen Austausch und damit für die Dränagewirkung sprechen.

Wie eingangs bei der Interpretation der Messergebnisse in Kapitel 2.1 angemerkt, beruht die hier entwickelte hydraulische Modellvorstellung nur aus sehr wenigen Einzelmessungen und kann deshalb nicht in allen Einzelheiten stimmig sein.

3 Wasserhaushaltsbilanzierung

3.1 Zielsetzung

Zur Einstellung eines einheitlichen Wasserspiegels bzw. zur Steuerung des Wasserspiegelniveaus wurden in den drei Revieren des Bergwerkes Straßberg bis 1998 jeweils ein Stollen errichtet (Brachmannsberger Stollen, Biwender Stollen und Glasebachstollen). Die ersteren beiden Stollen münden im Tal des Uhlenbaches und letzterer im Auslauf des Glasebachtales zur Selke. Mit Aktivierung des Brachmannsberger Stollens im Herbst 1998 ist die Gesamtableitungsmenge deutlich angestiegen.

Mit Hilfe geologisch-hydrogeologischer Auswertungen in Verbindung mit einer flächendifferenzierten Wasserhaushaltsbilanz kann das Einzugsgebiet einer Entnahme deutlich genauer, als bislang geschehen, bestimmt werden. Außerdem lässt sich damit die Wahrscheinlichkeit hydraulischer Verbindungen angeben. Das Ziel der Untersuchungen ist eine plausible Einzugsgebietsabgrenzung und Aussage, mit welchen Wassermengen zukünftig gerechnet werden muss.

3.2 Abgrenzung des Einzugsgebietes

Grundlage der Einzugsgebietsabgrenzung sind die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse im Umfeld des Bergwerkes. Die Verbreitung der einzelnen geologischen Einheiten wurde der Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern Blatt Harzgerode von 1926 im Maßstab 1:25.000 entnommen (DAHLGRÜN 1926). Darüber hinaus standen zahlreiche Gutachten und Veröffentlichungen zur Verfügung (vgl. Kap. 1.2). Insbesondere die geophysikalischen Erkundungen der tektonischen Verhältnisse (VEB GEOLOGISCHE FORSCHUNG UND ERKUNDUNG, Halle



1973/1974/1976), die Untersuchungen des Institutes für Wasserwirtschaft GmbH (IWM) an der Fachhochschule Magdeburg (IWM 1998a/b) sowie auch das Fachgespräch mit einstigen Mitarbeitern und Geologen der ehemaligen Fluß- und Schwerspat GmbH waren eine wichtige Grundlage der Bearbeitung.

Das Umfeld der drei Reviere besteht nördlich des Biwender Gangzuges sowie beiderseits des Uhlenbach-Unterlaufes aus Tonschiefer (Oberes Unterdevon). In einem schmalen Streifen nördlich der Selke und im gesamten Bereich nördlich des Biwender Gangzuges sind Tanner Grauwacken (Oberdevon) verbreitet. Nördlich von Siptenfelde sind die Grauwacken durch das Rambergmassiv bereits kontaktmetamorph überprägt (Kontakthof). Nach Aussage ehemaliger Mitarbeiter des Bergwerkes unterscheiden sich die Grauwacken und Tonschiefer in ihrer Wasserführung erheblich voneinander. Die Grauwacken sind im unverwitterten Zustand relativ spröde und besitzen infolge ihrer gröberen Klüftung eine merklich höhere Gebirgsdurchlässigkeit als die Tonschiefer. Letztere besitzen ein feineres Kluftnetz mit geringeren Öffnungsweiten und sind relativ gering durchlässig.

Eine besondere Bedeutung besitzen die tektonischen Strukturen für die Grundwasserströmung im Bearbeitungsgebiet. Sowohl die Gangzonen als auch die übrigen Störungen besitzen nachweislich eine sehr hohe Durchlässigkeit, so dass Grundwasser entlang dieser Strukturen unabhängig von der Grundwasserströmung des übrigen Gebirges lateral abströmen kann. Bei der Auswertung der hydrogeologischen Verhältnisse wurden daher die mit geophysikalischen Methoden erkundeten Störungen ausgewertet und berücksichtigt. Im Gegensatz zu dem dichten Netz von Störungen im Tonschiefer sind die Störungen in der Tanner Grauwacke weitständiger, dafür sind die einzelnen Störungen jedoch von größerer hydrogeologischer Relevanz. Ein gutes Beispiel für die Bedeutung der Störungen als Wasserwegsamkeit stellt der Mühlenweggang dar, die beim Auffahren des Nordquerschlages gekreuzt wurde. Die enormen Wassermengen haben seinerzeit große Probleme bereitet. Zur gleichen Zeit sind die Grundwasserstände 2 km bis 3 km nordwestlich des Nordquerschlages (Schäfertal) deutlich abgesunken, was auf eine direkte Verbindung hinweist.

Eine ebenso wichtige Wasserwegsamkeit stellen die bergbaulichen Hohlräume dar. Die Grubenbaue entlang der Gangzonen führten zu einer deutlichen Erhöhung der Durchlässigkeit dieser Bereiche, so dass auch hierdurch eine laterale Entwässerung über weite Strecken gefördert wird. Die vorhandenen Verbindungsstrecken zwischen den Revieren (Nordquerschlag, Glasebachquerschlag) führen außerdem zu einem gezielten Druckausgleich und damit zu Wassermengenbewegungen zwischen den Revieren. Von besonderer Bedeutung ist der Damm im Nordquerschlag, unmittelbar



südlich der Kreuzung mit dem Mühlenweggang. Es gibt Anhaltspunkte dafür, dass dieser Damm durchlässig ist, so dass er die beiden Reviere Brachmannsberger und Biwender Gangzug nicht vollständig voneinander trennt.

Im ersten Arbeitsschritt wurde zunächst großräumig ein Bearbeitungsgebiet entlang der Vorfluter bzw. oberirdischen Wasserscheiden abgegrenzt. Dieses Bearbeitungsgebiet umfasst südlich der Selke das oberirdische Einzugsgebiet des Glasebaches sowie nach Westen den Bereich bis zur Ortslage Straßberg und nach Osten den Bereich bis zum Birnbaumteich. Nördlich der Selke erstreckt sich das Bearbeitungsgebiet zwischen dem Elbingstal im Westen - einschließlich des westlich des Gewässers gelegenen oberirdischen Einzugsgebietes - über das Einzugsgebiet des Mittel- und Unterlaufes des Uhlenbaches bis zum Friedenstalbach im Osten. Das gesamte Bearbeitungsgebiet umfasst ca. 28,8 km² und wurde entsprechend der oberirdischen Wasserscheiden zunächst in 12 Teileinzugsgebiete gegliedert. Unter Berücksichtigung der heutigen Wasserspiegellagen bzw. Vorflutniveaus in den Grubenbauen und dem Höhenunterschied zu den Gewässern am Rande des Bearbeitungsgebietes erschien dieses Bearbeitungsgebiet ausreichend. Insbesondere im Verbreitungsgebiet der Tonschiefer kann aufgrund der relativ geringen Gebirgsdurchlässigkeit die oberirdische Wasserscheide näherungsweise als Abgrenzung des Einzugsgebietes der Grubenwasserentnahme herangezogen werden. Im Verbreitungsgebiet der Grauwacken musste die Erstreckung des Bearbeitungsgebietes wegen der höheren Gebirgsdurchlässigkeit weiter hinausreichen. Eine Unsicherheit bei der Abgrenzung stellen die Wechselwirkungen mit den bergbaulichen Hohlräumen angrenzender (ehemaliger) Bergbaureviere dar. Dies sind die Verbindungen des Glasebach-Reviere entlang des Straßberg-Neudorfer Gangzuges und des Biwender Reviere westlich des Dammes am Elbingstalteich (Heimberger Revier). Darüber hinaus gibt es Verbindungsstollen vom Straßberg-Neudorfer Gangzug nach Silberhütte (Birnbaumstollen) und zum Maliniusteich. Der alte Glasebachstollen wurde dagegen in das Bearbeitungsgebiet einbezogen. Über alle diese Verbindungen sind Zu- und Abflüsse aus dem bezeichneten Bearbeitungsgebiet nicht auszuschließen. Durch die Einbeziehung hätte das Bearbeitungsgebiet um ein vielfaches vergrößert werden müssen und nicht zu sichereren Ergebnissen geführt.

Im zweiten Schritt wurden die wesentlichen bergbaulichen Streckenauffahrungen und die Störungs- bzw. Gangzonen mit ihren Einzugsgebieten berücksichtigt. Dabei wurde von einer Auflockerungszone von ca. 100 m beidseitig der Störungen ausgegangen. Die aus den geologisch-tektonischen Überlegungen hervorgegangenen Einzugsgebiete wurden mit den oberirdischen Einzugsgebieten der Gewässer verschnitten, so dass sich insgesamt 30 Teileinzugsgebiete ergeben (Anh. 9). Jedes dieser Teileinzugsgebiete wurde den Bergbaureviere zugeordnet, wobei zusätzlich der Mühlenweggang als



Einzugsgebiet abgegrenzt wurde. Das dort angenommene Wasser fließt heute zum überwiegenden Teil in das Brachmannsberger Revier, ist aber erheblich von den herrschenden Druckverhältnissen abhängig.

3.3 Angewendetes Verfahren zur Wasserhaushaltsbilanzierung

Der Wasserhaushalt eines Gebietes wird mit der allgemeinen Wasserhaushalts-Gleichung

$$N \pm Z = ET + Q_D + Q_G$$

umschrieben. Hierbei bedeuten:

N = Niederschlag (mm/a)

Z = Entnahme oder Zuleitung von Wasser (mm/a)

ET = Evapotranspiration (mm/a)

Q_D = Direktabfluss (mm/a)

Q_G = Grundwasserbürtiger Abfluss (mm/a)

Das als Niederschlag aus der Atmosphäre in ein geschlossenes System eingetragene Wasser kann über die Evapotranspiration oder den Abfluss wieder ausgetragen werden. Die Evapotranspiration setzt sich aus der Transpiration (Pflanzenverdunstung), der Evaporation (Boden- und Gewässerverdunstung) und der Interzeption (Verdunstung von Wasser nasser Pflanzenoberflächen) zusammen. Beim Abfluss unterscheidet man den Direktabfluss und den grundwasserbürtigen Abfluss. Als Direktabfluss wird hier derjenige Abfluss verstanden, der über den Oberflächenabfluss der Vorfluter das jeweilige Teileinzugsgebiet verlässt (DIN 4049). Oberflächenwasser, dass innerhalb des Bearbeitungsgebietes wieder versinkt ist demnach kein Direktabfluss sondern der Grundwasser-Neubildung bzw. dem grundwasserbürtigen Abfluss zuzuordnen.

Ziel der Bearbeitung ist die flächendifferenzierte Bestimmung der mittleren Grundwasser-Neubildung und Zuordnung der Wassermengen zu den einzelnen Revieren. Zur Berechnung wurde das Verfahren nach MEßER (1997), das auf der Grundlage des Verfahrens von SCHROEDER & WYRWICH (1990) arbeitet, verwendet. Zur Berechnung der Evapotranspiration wurde abweichend von der genannten Literatur auf das Verfahren nach Bagrov/Glugla (DVWK 1996) zurückgegriffen, da die geringen Niederschläge dies erforderten.

Grundlage der Berechnungen ist die o.g. Wasserhaushalts-Gleichung. Diese wird für jede homogene Teilfläche gelöst. Die Einheit aller Größen ist mm/a. In Abbildung 1 werden die benötigten Eingangsdaten bzw. -karten (eckige Rahmen) und die berechneten Größen (gerundete Rahmen) sowie die Beziehungen zueinander angegeben.

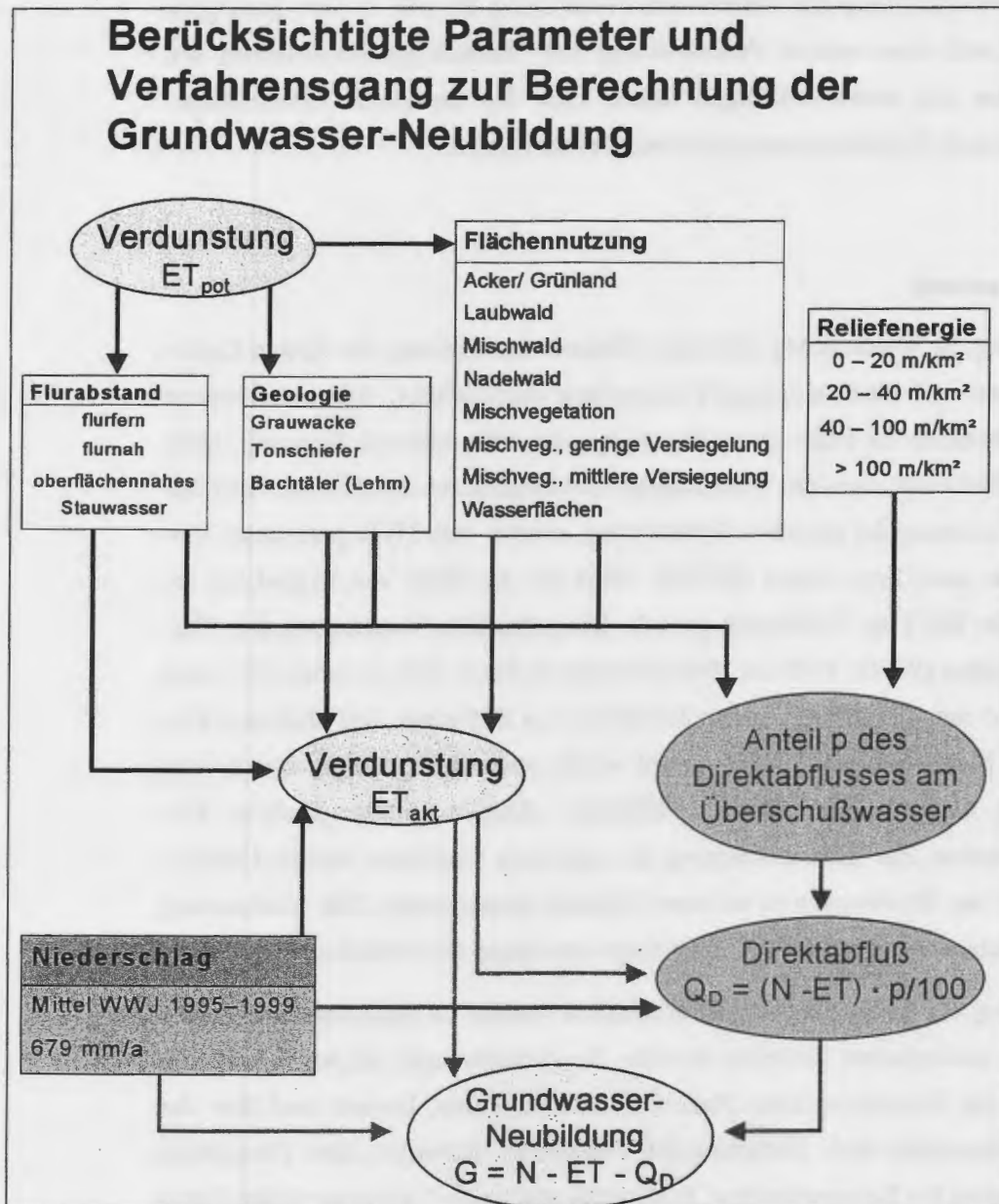


Abb. 1: Berücksichtigte Parameter und Verfahrensgang zur Berechnung der Grundwasser-Neubildung

Für die Grundlagenparameter werden Karten mit den in Abbildung 1 angegebenen Abstufungen erstellt und digitalisiert. Für die Berechnung von Verdunstung und Di-



rektabfluss wird eine Flächenverschnaidung der jeweils notwendigen Grundlagenparameter mit dem Programmsystem ArcInfo bzw. ArcView durchgeführt. Für jede in sich homogene Kleinfläche werden die beiden Größen in mm/a berechnet.

Durch eine weitere Verschnaidung von Niederschlag, flächendifferenzierter Verdunstung und flächendifferenziertem Direktabfluss erhält man nach der Berechnung mit der Wasserhaushalts-Gleichung die Grundwasser-Neubildung für jede in sich homogene Kleinfläche. Durch eine weitere Verschnaidung mit Teileinzugsgebiets-Flächen von Vorflutern oder mit einem beliebigen Raster kann die berechnete Grundwasser-Neubildung je nach Problemstellung weiterverarbeitet werden.

3.3.1 Verdunstung

Zur Berechnung der Verdunstung wird eine Flächenverschnaidung der Karten Geologie, Flurabstand und Flächennutzung/Versiegelung durchgeführt. Alle entstehenden Kleinflächen besitzen für jeden dieser Parameter eine entsprechende Kennung. Jeder Fläche bzw. Flächenart muss ein Verdunstungswert zugewiesen werden. Als Grundlage für die Berechnung der aktuellen Verdunstung wurden vom IWM potentielle Verdunstungswerte nach Turc/Ivanov (DVWK 1996) auf der Basis von Tagesdaten berechnet und der DMT zur Verfügung gestellt. Die potentielle Verdunstung der Wasserwirtschaftsjahre (WWJ) 1995 bis 1999 schwankt in dieser Zeit zwischen 450 mm/a (1996) und 565 mm/a (1999) bei einem Mittelwert von 515 mm/a. Mit Hilfe des Verfahrens nach Bagrov/Glugla (DVWK 1996) wurde unter Berücksichtigung der o.g. Parameter die bei den Niederschlagsverhältnissen aktuelle mittlere jährliche Verdunstung berechnet. Zur Berücksichtigung der einzelnen Waldarten wurden Umrechnungsfaktoren aus Erfahrungen in anderen Gebieten herangezogen. Die Verdunstung der Wasserflächen wurde der KdT-Empfehlung entnommen (BAMBERG et al. 1981).

Zur Beurteilung der bodenkundlichen Verhältnisse wurden an repräsentativen Standorten in allen geologischen Einheiten einzelne Sondierbohrungen niedergebracht, um die Angaben der Bodenkundlichen Karte BK 200 zu prüfen. Danach sind über der Grauwacke Braunerden bzw. Fahlerden bis Braunerden verbreitet, über Tonschiefer Podsolbraunerden bis Braunerden bzw. Braunerden und in der Talaue der Selke Vegas bis Vegagleye. Alle genannten Böden können als sandig-schluffige Lehm Böden mit entsprechenden nutzbaren Feldkapazitäten angesprochen werden.



3.3.2 Direktabfluss

Die Berechnung des Direktabflusses erfolgt über die Bestimmung des Anteils p am Überschusswasser (Differenz von Niederschlag und Verdunstung):

$$Q_D = (N - ET) \cdot p / 100$$

Hierzu werden die genannten Eingangsdaten (Abb. 1) miteinander verschnitten, so dass man homogene Kleinflächen mit definierten Eigenschaften zu allen notwendigen Parametern erhält. Für jede dieser Flächen wird der Direktabfluss nach der oben genannten Gleichung berechnet.

Die sich je nach Flächennutzung/Versiegelung, Geologie, Flurabstand und Reliefenergie ergebenden Anteile p des Direktabflusses am Überschusswasser wurden SCHROEDER & WYRWICH (1990) bzw. MEßER (1997) entnommen. Der Direktabflussanteil nimmt mit steigendem Flurabstand ab und ist bei bindigen Böden deutlich größer als bei nicht bindigen. Es wird ferner davon ausgegangen, dass der Direktabflussanteil p am Überschusswasser von Acker- bzw. Grünland über Mischvegetation bis zum Wald abnimmt.

Bei den einzelnen Einzugsgebieten ist der Direktabflussanteil maßgeblich von der Reliefenergie und der Dichte des Gewässernetzes abhängig. Hierzu wurde für die Teileinzugsgebiete der einzelnen Gewässer die Reliefenergie in m/km^2 ermittelt und anschließend den in Abb. 1 genannten Klassen zugeordnet. Außerdem wurde ein Direktabfluss in Gebieten mit Stauwasser bzw. semiterrestrischen Böden (Bachtäler der Selke und der Nebengewässer) in Ansatz gebracht. Die Direktabflussanteile versiegelter Flächen wurden nach MEßER (1997) gewählt.

Bei der Wasserhaushaltsbilanzierung ist zu berücksichtigen, dass ein erheblicher Teil des Direktabflusses wieder dem Grundwasserleiter zufließt. Dies ist insbesondere dort der Fall, wo Störungszonen bzw. bergbauliche Hohlräume kreuzen und der Grundwasserspiegel durch bergbauliche Einwirkungen abgesenkt ist. Bekannt ist dies z.B. in den westlichen Seitengewässern des Uhlenbaches bzw. Gewässern im Brachmannsberger Revier.

3.4 Niederschlag

Die hier verwendeten Niederschläge wurden von der Fachhochschule Magdeburg bzw. dem IWM erhoben. Im Bereich des Bearbeitungsgebietes befinden sich 3 Nieder-



schlagsstationen: Siptenfelde/Uhlenstein, Siptenfelde und Straßberg (IWM 1998a). Der langjährig mittlere Niederschlag der drei Stationen weicht nur um weniger als 7 % vom Mittel aller Stationen ab. Die geringsten Abweichungen vom Mittel treten bei der erstgenannten Station auf. Demzufolge ist eine flächendifferenzierte Betrachtung der Niederschläge im Bearbeitungsgebiet nicht erforderlich und die Station Siptenfelde/Schäferthal, für die langjährige Daten vorliegen, kann als repräsentativ verwendet werden (Anh. 10).

Für die Berechnung der mittleren Wasserhaushaltssituation wurde das Mittel der Wasserwirtschaftsjahre (WWJ) 1995 bis 1999, also ein fünfjähriges Mittel herangezogen. In dieser Zeit schwankt der Niederschlag zwischen 562 mm/a (1996) und 856 mm/a (1998). Der Mittelwert der WWJ 1995 bis 1999 beträgt 679 mm/a und das langjährige Mittel von 1969 bis 1997 654 mm/a. Das hier verwendete fünfjährige Mittel kann damit als repräsentativ angesehen werden. Für die weiteren Berechnungen wurde dieser Niederschlag gemäß dem Verfahren nach Bagrov/Glugla (DVWK 1996) um 9 % auf 741 mm/a korrigiert (Korrektur der Niederschlagshöhe auf Bodenniveau).

Die Verwendung der Wasserwirtschaftsjahre anstelle der Kalenderjahre hat sich als vorteilhaft erwiesen, da die Grubenwasser-Entnahmen deutlich auf die winterliche Grundwasser-Neubildung reagieren und demzufolge dieser Ansatz zu einer besseren Korrelation führt.

3.5 Ergebnisse der Wasserhaushaltsberechnung

Mit Hilfe des in Kapitel 3.3 beschriebenen Verfahrens wurde die Verdunstung, der Direktabfluss und die Grundwasser-Neubildung für mittlere Niederschlagsverhältnisse (Mittel der WWJ 1995 bis 1999: 741 mm/a) berechnet. Die Abgrenzung des Bearbeitungsgebietes und der berücksichtigten 30 Teileinzugsgebiete wurde bereits in Kapitel 3.2 beschrieben. Das Bearbeitungsgebiet besitzt eine Fläche von 28,8 km². Dieses Gesamtgebiet kann in die vier Bereiche

- Brachmannsberger Revier (10,3 km²),
- Mühlenweggang (3,7 km²),
- Biwender Revier (7,4 km²) und
- Glasebach-Revier (7,4 km²)

gegliedert werden, um darzustellen, welchem Revier welche Wassermengen zuströmen.



Die Ergebnisse der flächendifferenzierten Grundwasserneubildungsberechnung sind in Anlage 3 dargestellt. Relativ hohe Grundwasser-Neubildungen ergeben sich bei landwirtschaftlichen Flächen mit vergleichsweise geringer Reliefenergie mit 125 mm/a bis 150 mm/a. Relativ gering ist sie dagegen bei Waldflächen (50 mm/a bis 100 mm/a), bei großer Reliefenergie (< 75 mm/a) bzw. in den Talauen (< 50 mm/a an der Selke und am Uhlenbach). Grundwasser-Neubildungen über 150 mm/a treten im Bearbeitungsgebiet nicht auf. Auch die Ortslagen weisen eine geringere Grundwasser-Neubildung auf als ihre Umgebung. Bei der Ortslage Straßberg ist dies anhand der Anlage 3 nicht sichtbar, da die Grundwasser-Neubildung der Ortslage in die gleiche Klasse fällt wie die Umgebung.

Die mittlere Grundwasser-Neubildung (ohne Bergbaueinfluss, s.u.) beträgt im Bearbeitungsgebiet 97 mm/a ($3,1 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$), der Direktabfluss 126 mm/a und die Verdunstung 517 mm/a (Tab. 2). Die Grundwasser-Neubildung beträgt in der Summe 2,8 Mio. m^3/a und der Direktabfluss 3,6 Mio. m^3/a . Der Anteil der Grundwasser-Neubildung am Niederschlag liegt bei mittleren Niederschlagsverhältnissen bei etwa 13 %, der Anteil des Direktabflusses bei 17 %.

Tab. 2: Mittlere Wasserhaushaltsgrößen ohne und mit Berücksichtigung bergbaulicher Einflüsse auf die Verdunstung (WWJ 1995 bis 1999)

Wasserhaushaltsgrößen	ohne Bergbaueinfluss		mit Bergbaueinfluss	
	mm/a	Mio. m^3/a	mm/a	Mio. m^3/a
Niederschlag	741	21,3	741	21,3
Verdunstung	517	14,9	507	14,6
Direktabfluss	126	3,6	123	3,5
Grundwasser-Neubildung	97	2,8	110	3,2
Gesamtabfluss	223	6,4	233	6,7

In Anhang 11 sind die Ergebnisse der Wasserhaushaltsberechnungen bezogen auf die Gewässereinzugsgebiete dargestellt. Angegeben sind jeweils die Grundwasser-Neubildung, der Direktabfluss und der Gesamtabfluss als Summe aus den beiden anderen Größen in mm/a und Mio. m^3/a . Entsprechend der flächendifferenzierten Darstellung ergeben sich für die Teileinzugsgebiete westlich des Uhlenbaches und nördlich der Selke sowie im äußersten Süden des Bearbeitungsgebietes relativ hohe Grundwasser-Neubildungswerte, da hier landwirtschaftliche Nutzung bei relativ geringer Relief-



energie vorherrschen. Die übrigen Teileinzugsgebiete liegen z.T. deutlich niedriger, da sie von Wald beherrscht werden und die Reliefenergie verhältnismäßig hoch ist.

Durch bergbauliche Einflüsse werden die Grundwasserstände abgesenkt. Die Folge ist, dass in Bereichen, in denen sich der Grundwasserstand im unbeeinflussten Zustand flurnah befindet, das Grundwasser für die Vegetation nach der Veränderung weniger oder gar nicht mehr für die Vegetation verfügbar ist. Durch den bergbaulichen Einfluss verringert sich die Verdunstung und damit erhöht sich die Grundwasser-Neubildung. Weite Teile des Bearbeitungsgebietes werden von Braunerden, also grundwasserunbeeinflussten Böden eingenommen wo sich dieser Effekt nicht auswirkt. Lediglich in den Talauen insbesondere der Seitentäler des Uhlenbaches und der Selke kommt dieser Effekt zur Geltung. Im Ergebnis erhöht sich die Grundwasser-Neubildung von 97 mm/a auf 110 mm/a ($3,5 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$), d. h. sie steigt um mehr als 10 %, während sich die Verdunstung von 517 mm/a auf 507 mm/a reduziert. Der Direktabfluss bleibt mit 123 mm/a gegenüber 126 mm/a fast konstant (Tab. 2).

Die bergbaulich beeinflusste Grundwasser-Neubildung beträgt im Bearbeitungsgebiet in der Summe 3,2 Mio. m^3/a und der Direktabfluss 3,5 Mio. m^3/a . Bei der weiteren Bilanzierung wurden die Werte mit bergbaulichem Einfluss verwendet, da zu erwarten ist, dass sich die ursprünglichen Verhältnisse nicht wieder einstellen werden.

Mit Hilfe der von IWM vorgenommenen hydrologischen Bewertung für das Schäfertal und den Waldbach (IWM 1998b) ist eine gewisse Plausibilitätskontrolle der Berechnungsergebnisse möglich. Dort wurden die Gesamtabflüsse der WWJ 1991 bis 1996 berechnet und gemessen. Da sich die Auswertungszeiträume unterscheiden, ist ein direkter Vergleich nicht möglich. Dennoch kann man sagen, dass die berechneten Abflüsse der WWJ 1991 bis 1996 für das Schäfertal und den Waldbach bei IWM (1998b) - deren Verfahren auf gänzlich anderen Berechnungsgrundlagen basiert - den hier berechneten mittleren Abflüssen (Gesamtabfluss) entsprechen. Allerdings ist der Niederschlag bei IWM höher als in den hier ausgewerteten WWJ. Insbesondere das sehr nasse WWJ 1994 führt zu einer erheblichen Beeinflussung des Ergebnisses. In der Periode WWJ 1995 bis WWJ 1999 ist kein derartiges Nassjahr aufgetreten. Da die tatsächlich gemessenen Abflüsse an den genannten beiden Bächen nur 40 % bzw. 50 % der sowohl hier als auch von IWM berechneten Abflüsse betragen, ist ein erheblicher Einfluss der Grubenwasser-Entnahme in diesen Bacheinzugsgebieten anzusetzen. Aus den Geländebeobachtungen (Bachwasserversickerungen) ist zu schließen, dass nicht nur die Grundwasser-Neubildung von den Grubenbauen aufgenommen wird, sondern auch ein erheblicher Teil des Direktabflusses.



3.6 Grubenwasser-Entnahme

Zur Erstellung einer plausiblen Wasserhaushaltsbilanz des Einzugsgebietes müssen die Grundwasser-Entnahmen bekannt sein. Gemäß DIN 4049 werden hier nur die durch technische Maßnahmen entnommenen Grundwassermengen als Grundwasser-Entnahmen bezeichnet. Außer der Grubenwasser-Entnahme sind keine weiteren erheblichen Grundwasser-Entnahmen bekannt. Im Anhang 12.1 ist u.a. die Entwicklung der gehobenen Grubenwassermengen seit 1993 in m^3/min grafisch dargestellt, im Anhang 12.2 sind die Grubenwasser-Entnahmen auf Monatsbasis aufgelistet.

Bis vor dem Öffnen der drei Stollen im Okt. 98 wurde das Grubenwasser zentral über die Pumpen im Hauptschacht (bzw. anfangs auch noch im Überhauen 901) kurzgehalten. Da die Pumpkapazitäten begrenzt waren, wurde, um auch durch die zu erwartenden hohen winterlichen Zuflüsse das Niveau von +361 mNN nicht zu übersteigen, etwa zu Beginn jedes Winterhalbjahres der Wasserspiegel durch vermehrtes Pumpen abgesenkt (Schaffung einer Sicherheitslamelle). Der im Anhang 12.1 dargestellte Gang der Pumpwassermenge (Pumpwasser BST) zeigt somit nicht nur den jahreszeitlichen Einfluss, sondern wird überlagert durch die künstlichen Eingriffe. Die Grubenwasserhebung schwankte so (bezogen auf Monatsbasis) zwischen ca. $3,0 \text{ m}^3/\text{min}$ und ca. $7,4 \text{ m}^3/\text{min}$.

Im Durchschnitt der WWJ 1995 bis 1998 wurden rd. 2,4 Mio. m^3/a Grubenwasser über den Hauptschacht entnommen, die Jahressummen schwankten zwischen rd. 2,14 Mio. m^3/a (WWJ 97) und rd. 2,67 Mio. m^3/a (WWJ 95).

Es wurde davon ausgegangen, dass durch die zentrale Wasserhebung im Hauptschacht alle drei Reviere entwässert wurden, was sich durch die auf die unterschiedlichen Pumpaktivitäten reagierenden Wasserspiegel im Glasebachschacht (direkt) und im Ü539 (gedämpft) zu bestätigen schien, zumal sichtbare oberirdische Abflüsse (außer zeitweisen diffusen Vernässungen im Uhlenbachtal) nicht bekannt waren.

In dem Gutachten der DMT von 1993 (DMT 1993a) wurden die von der HYDROGEOLOGIE GMBH (1991b) abgeschätzten mittleren und maximalen Zuflussmengen der einzelnen Grubenreviere im gefluteten Zustand zugrunde gelegt (Tab. 3). Eigene Untersuchungen, wie eine Wasserhaushaltsbilanzierung zur Abschätzung der zusitzenden Wassermengen, wurden von der DMT zum damaligen Zeitpunkt nicht durchgeführt, weil es dazu keinen Anlass gab. 1994 wurden diese abgeschätzten Wassermengen unter Beibehaltung der pauschalen Aufteilung auf die drei Reviere den tatsächlich registrierten Pumpmengen angepasst (DMT 1994). Diese abgeschätzte Gesamt-Wassermenge von durchschnittlich ca. $5,1 \text{ m}^3/\text{min}$ hatte in ihrer Größenordnung Bestand bis 1998. Mit direkter Annäherung des neuen Brachmannsberger Stollens zum Überhauen



539 und der damit notwendigen Absenkung des Wasserspiegels wurden dort unverhältnismäßig hohe Wassermengen gelöst. Als Ursache wurde zunächst die Lösung des Standwassers im Gebirge und in den gefluteten Grubenbauen des Brachmannsberger Reviers angenommen. Nach einer überschlägigen Berechnung wären rd. 1 Mio. m³ Standwasser zusätzlich zur natürlich anfallenden Grundwasser-Neubildung zu lösen gewesen. Die rapide Abnahme der Wassermengen in den Sommermonaten 1999 schien diese Annahme zu bestätigen. Im Winterhalbjahr WWJ 1999/2000 waren jedoch erneut extrem hohe Wassermengen zu bewältigen (Anh. 12.1).

Tab. 3: Prognostizierte und tatsächliche Grubenwassermengen in m³/min (gerundet)

Grubenrevier	DMT 1993		DMT 1994		WWJ 1999 ¹		Winterhalbjahr WWJ 2000 ¹	
	Ø	Max.	Ø	Max.	Ø	Max.	Ø	Max.
Biwender (Hauptschacht)	1,4	2,2	2,0	7,1	3,1	5,3	3,2	5,8
Glasebach	1,4	2,2	2,0	7,1	1,1	4,2	1,2	2,3
Zwischensumme	2,8	4,4	4,0	14,2	4,2	9,5	4,4	8,1
Brachmannsberg	0,8	1,2	1,1	3,8	5,4	9,4	5,9	10,5
Gesamt	3,6	5,6	5,1	18,0	9,6	18,9	10,3	18,6

Während die 1994 prognostizierten durchschnittlichen Wassermengen für die Reviere Hauptschacht und Glasebach in der Summe noch mit den tatsächlich ablaufenden Mengen des WWJ 1999 sowie auch des Winterhalbjahres des WWJ 2000 übereinstimmen, ist der Anteil des Brachmannsberger Reviers deutlich angestiegen (Tab. 3)¹. Die Öffnung des Brachmannsberger Stollens hat somit zusätzliche Wassermengen aktiviert ("Siptenfelder Wasser"), die in den bisherigen Abschätzungen nicht berücksichtigt worden waren. Dies wird auch anschaulich bestätigt durch die Entwicklung der Ganglinien im Anhang 12.1. Die Wassermengen nach der Öffnung der Stollen sind in dem Diagramm aufgeteilt in den gesamten Abfluss (Gesamtstollenwasser) sowie in die Anteile Brachmannsberger Stollen und zusammengefasst Biwender- und Glasebachstollen. Letzterer Anteil passt mehr oder weniger genau an die Ganglinie der gehobenen Wassermengen aus dem Hauptschacht vor Inbetriebnahme des 3-Stollen-Systems.

¹ Die Auswertung beruht auf den Angaben der BST Mansfeld bzw. der GVV an den Messpunkten 2 (Glasebach-St.), 3/4 (Biwender. St. (Hauptschacht)) und 5/6 (Brachmannsberger St.). In den Mengen sind auch die durch die Stollen selbst dränierten Wässer enthalten. Die Max.-Werte ergeben z.T. ein falsches Bild, da sie durch die Niveauregulierung der Wehre beeinflusst werden.



Bezogen auf das WWJ 1999 verdoppelte sich damit die Gesamt-Entnahme durch die Aktivierung des Brachmannsberger Stollens von im Durchschnitt rd. 2,4 Mio. m³/a (WWJ 95 bis WWJ 98) auf rd. 4,9 Mio. m³/a.

3.7 Wasserhaushaltsbilanz

Die Erstellung einer Wasserhaushaltsbilanz, d.h. ein Vergleich von Input und Output des Bearbeitungsgebietes von 28,8 km² erscheint aufgrund der Wechselwirkungen zu externen Grubenbauen bzw. Revieren schwierig. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Grubenbaue nicht nur einen Teil der Grundwasser-Neubildung sondern auch Teile des Direktabflusses aufnehmen und diese Anteile u.a. auch vom Wasserspiegelniveau in den Grubenbauen abhängen. Auch die Grundwasser-Neubildungsberechnung ist mit Unsicherheiten behaftet.

Zunächst steht eine mittlere (bergbaubeeinflusste) Grundwasser-Neubildung von 3,16 Mio. m³/a und ein Direktabfluss von 3,55 Mio. m³/a (Tab. 4) einer Grundwasser-Entnahme von rd. 2,4 Mio. m³/a vor bzw. rd. 4,9 Mio. m³/a nach der Absenkung des Wasserspiegels im Brachmannsberger Revier gegenüber (s.o.). In Tabelle 4 sind die Gesamtwerte für die vier abgegrenzten Reviere im Einzelnen aufgeführt.

Tab. 4: Gesamtwerte von Grundwasser-Neubildung, Direktabfluss und Gesamtabfluss in den vier abgegrenzten Revieren (WWJ 95 - 99)

Revier	Fläche km ²	Gesamtwerte in Mio. m ³ /a		
		Grundwasser- Neubildung	Direktabfluss	Gesamtabfluss
Biwender	7,4	0,80	0,83	1,63
Glasebach	7,4	0,70	0,91	1,61
Mühlenweggang	3,7	0,51	0,44	0,95
Zwischensumme	18,5	2,01	2,18	4,19
Brachmannsberg	10,3	1,15	1,37	2,51
Summe	28,8	3,16	3,55	6,70

Vor der Absenkung des Wasserspiegels im Brachmannsberger Revier betrug die Grundwasser-Neubildung im Einzugsgebiet der drei übrigen Reviere rd. 2,0 Mio. m³/a, bei einer mittleren Entnahme von rd. 2,4 Mio. m³/a. Daraus ist zu schließen, dass auch erhebliche Anteile des Direktabflusses von den Grubenbauen angenommen wurden oder das abgegrenzte Einzugsgebiet zu klein ist. Es besteht hier insbesondere die Ver-



mutung, dass über den undichten Damm im Nordquerschlag aufgrund des enormen Druckunterschiedes auf beiden Seiten Wasser aus dem Brachmannsberger Revier in das Biwender Revier übergetreten ist. Nach der Absenkung des Wasserspiegels im Brachmannsberger Revier übersteigt die Grundwasser-Entnahme von rd. 4,9 Mio. m³/a die Gesamtwerte der Grundwasser-Neubildung (3,16 Mio. m³/a) deutlich, so dass auch für diesen Fall erhebliche Anteile des Direktabflusses zur Erklärung der Entnahmemenge erforderlich sind. Hier stellt sich darüber hinaus die Frage, ob auch Wassermengen außerhalb des Bearbeitungsgebietes in die Grubenbaue gelangen können bzw. zur Erklärung der Entnahmemengen erforderlich sind.

Um diesen Sachverhalten bzw. den Wechselwirkungen zwischen den Revieren auf den Grund zu gehen, wird für die Zeit vor und nach der Wasserspiegelabsenkung im Brachmannsberger Revier eine Wasserhaushaltsbilanz erarbeitet. Hierzu werden jedem der 30 Teileinzugsgebiete für beide Varianten aus geologisch-hydrogeologischer Sicht plausible Anteile der Grundwasser-Neubildung bzw. des Direktabflusses, die von den bergmännischen Hohlräumen aufgenommen und über die Stollen abgeleitet werden, zugeordnet. Die räumliche Verteilung ist den Anhängen 13 und 14 zu entnehmen. Der Vergleich der Entnahmemengen mit den zufließenden Wassermengen in den einzelnen Revieren ist aufgrund der starken Wechselwirkungen - nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren - nicht möglich. Daher werden hier die berechneten Zuflüsse in die Grubenbaue und deren Summe mit der Gesamt-Entnahme verglichen (Tab. 5 und 6). Diese Angaben und die daraus abzuleitenden Verhältnisse gelten ausschließlich für Jahre mit mittleren Niederschlägen.

Tab. 5: Zuflüsse in die Grubenbaue vor der Wasserspiegelabsenkung im Brachmannsberger Revier bei mittleren Niederschlagsverhältnissen

Revier	Fläche km ²	Zufluss in die Grubenbaue in Mio. m ³ /a		
		Grundwasser- Neubildung	Direktabfluss	Gesamtabfluss
Biwender	7,4	0,62	0,38	1,00
Glasebach	7,4	0,44	0,34	0,78
Mühlenweggang	3,7	0,15	0,04	0,19
Brachmannsberger	9,2	0,27	0,12	0,39
Summe	27,7	1,48	0,88	2,36

Die in der Tabelle 5 dargestellten Zuflüsse in die Grubenbaue vor der Wasserspiegelabsenkung im Brachmannsberger Revier zeigen, dass unter geologisch-hydrogeolo-



gisch plausiblen Annahmen die o.g. Grundwasser-Entnahme von rd. 2,4 Mio. m³/a im Bearbeitungsgebiet realistisch gewinnbar ist, ohne einen Zustrom von außen zu benötigen. Welches Teilgebiet dabei in welcher Form beansprucht wird zeigt der Anhang 13. Die größten Anteile stammen aus dem Biwender Revier und dem Glasebach-Revier. Lediglich knapp 25 % stammen aus dem Brachmannsberger Revier und dem Mühlenweggang und gelangen über den undichten Damm im Nordquerschlag in das Biwender Revier. Der Rest der Grundwasser-Neubildung bzw. des Direktabflusses fließt in den Uhlenbach ab, was die Beobachtung von Vernässungen in dieser Zeit auch unterstützen. Von der Grundwasser-Entnahme von rd. 2,4 Mio. m³/a stammen rd. 1,5 Mio. m³/a aus der Grundwasser-Neubildung und rd. 0,9 Mio. m³/a aus dem Direktabfluss. Damit fließt gut die Hälfte der gesamten Grundwasser-Neubildung und etwa ein Viertel des gesamten Direktabflusses über die Grubengebäude in die Vorfluter ab.

Durch die Absenkung des Wasserspiegels im Brachmannsberger Revier wird das Brachmannsberger Revier und der Mühlenweggang beansprucht, während in den südlichen beiden Revieren keine Änderungen eintreten. Diese Annahme wird vor dem Hintergrund gewählt, dass infolge des ähnlichen Druckes auf beiden Seiten des undichten Dammes keine zusätzlichen Wassermengen im Biwender Revier und Glasebach-Revier mobilisiert werden können. Die Steigerung der Grundwasser-Entnahme von rd. 2,4 Mio. m³/a auf rd. 4,9 Mio. m³/a muss also ausschließlich aus den nördlichen beiden Revieren oder aus einem außerhalb des Bearbeitungsgebietes liegenden Gebiet stammen. In Tabelle 6 sind die realistisch zufließenden Mengen aus dem Bearbeitungsgebiet zusammengestellt.

Tab. 6: Zuflüsse in die Grubenbaue nach der Wasserspiegelabsenkung im Brachmannsberger Revier bei mittleren Niederschagsverhältnissen

Revier	Fläche km ²	Gesamtwerte in Mio. m ³ /a		
		Grundwasser- Neubildung	Direktabfluss	Gesamtabfluss
Biwender	7,4	0,62	0,38	1,00
Glasebach	7,4	0,44	0,34	0,78
Mühlenweggang	3,7	0,45	0,33	0,78
Brachmannsberger	10,3	0,95	0,81	1,76
Summe	28,8	2,46	1,86	4,32



Unter Ausnutzung aller realistischen Annahmen ist maximal ein Zufluss von rd. 4,3 Mio. m³/a errechenbar. Hierbei fließen etwa $\frac{3}{4}$ der gesamten Grundwasser-Neubildung und die Hälfte des gesamten Direktabflusses in die Grubenbaue ab. Da die Grundwasser-Entnahme diese Zuflussmenge um rd. 0,6 Mio. m³/a übersteigt, muss das Einzugsgebiet für diese Entnahmesituation über das hier beschriebene Bearbeitungsgebiet hinausgehen oder Bachwasser, das der Uhlenbach von Norden heranbringt im Bearbeitungsgebiet versickern und in die bergbaulichen Hohlräume gelangen. Die einzige Möglichkeit der Herkunft dieses Defizits ist das nördlich gelegene Uhlenbach-Einzugsgebiet. Hier kommt eine direkte Zuströmung in die Brachmannsberger Gangzone oder ein Zutritt über die Uhlenbach-Störung bzw. den Mühlenweggang in Frage. Überschlägig ist ein Gebiet von 2,5 km² bis 4 km² erforderlich. Damit ergibt sich für die heutige Situation mit dem 3-Stollen-System ein Einzugsgebiet von ca. 33 km². Dabei werden durchschnittlich drei Viertel der Grundwasser-Neubildung und etwa die Hälfte des Direktabflusses von den Grubenbauen angenommen und abgeleitet.

Die bisherige Abschätzung der Wassermengen von DMT basierte auf Gutachten des VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1989) bzw. der HYDROGEOLOGIE GMBH (1991b). Diese wiederum haben die Grundwasser-Neubildung aus Berechnungen für das Revier Heimberg entnommen (VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN 1980), die dort als Näherungswerte bezeichnet sind. Bei einem Waldanteil von 60 % wird dort eine Grundwasser-Neubildung nach Bagrov/Glugla (ohne Literaturzitat) von 2,4 l/s·km² genannt. Daraus wird von der VEB HYDROGEOLOGIE NORDHAUSEN (1989) ein Einzugsgebiet von 54,2 km² abgeleitet. Die hier im vorliegenden Gutachten berechnete Grundwasser-Neubildung ist mit durchschnittlich 3,5 l/s·km² deutlich höher und das Einzugsgebiet mit 33 km² entsprechend kleiner. Hierfür gibt es zahlreiche plausible Gründe. Zunächst ist der Waldanteil im Revier Straßberg mit 45 % deutlich geringer als im Revier Heimberg. Außerdem ist das 1980 angewandte Verfahren nach Bagrov/Glugla in den letzten Jahrzehnten verändert und erweitert worden, so dass weit mehr Einflüsse auf die Grundwasser-Neubildung berücksichtigt werden können, als dies seinerzeit möglich war. Darüber hinaus wurden in den genannten Untersuchungen die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse, insbesondere die Bedeutung von Störungen, nicht hinreichend berücksichtigt. Der entscheidende Unterschied ist jedoch, dass seinerzeit die Bedeutung des in die Grubenbaue versickernden Direktabflusses nicht in die Abschätzungen eingeflossen ist. Nur hierdurch können die winterlichen Maximalzuflüsse erklärt werden. In allen genannten Untersuchungen sind daher zwangsläufig zu niedrige Werte abgeschätzt worden.



Die im vorliegenden Gutachten genannten Auswertungen und Daten beziehen sich auf mittlere Niederschläge, wie sie auch im WWJ 1999 in etwa vorlagen, d.h. auch in Zukunft ist nicht mit einem wesentlichen - und dauerhaften - Rückgang der Grundwasser-Entnahme von durchschnittlich rd. 4,9 Mio. m³/a über die drei Stollen zu rechnen. Auch unter diesen - auf Jahres-Zeiträume bezogenen - mittleren Verhältnissen wurde im WWJ 1999 kurzfristig (an mehreren Tagen) ein Wasseranfall von insgesamt ca. 18 m³/min bis 19 m³/min beobachtet (vgl. Anh. 12.1).

4 Erfassung möglicher Wasserbewegungen in der gefluteten Grube

Die beschriebenen Strömungsvorgänge im Straßberger Grubensystem sind als Modellvorstellung zu verstehen, die versucht, die bisherigen Beobachtungen (Wasserspiegel, Sal/Temp-Messungen, Analysen) in ein schlüssiges Konzept zu integrieren.

Um die großräumige Bewegung des Grubenwassers im gefluteten Bergwerk besser abschätzen zu können, lassen sich Markierungsversuche durchführen, wie sie auch in Karstgesteinen zur Erkundung der Fließrichtung und der -geschwindigkeit des Grundwassers eingesetzt werden. Dazu wird an einer bestimmten Stelle dem Grundwasser ein Markierungsstoff (Tracer) zugesetzt, der an einer anderen Stelle wieder nachgewiesen werden soll.

Solche Untersuchungen der Fließrichtungen und -geschwindigkeiten liegen bisher nicht vor, sind jedoch zur Unterstützung (oder Neubewertung) der Modellvorstellung zu empfehlen und werden in nächster Zeit durchgeführt.

Die einzelnen Methoden mit ihren wichtigsten Tracern und deren Eigenschaften werden in den folgenden Kapiteln kurz zusammengestellt; die Informationen stammen vorwiegend aus KÄSS (1991, 1992).

4.1 Allgemeine Anforderungen an einen Tracer

Ein Markierungsstoff sollte die nachfolgenden allgemeinen Anforderungen erfüllen, wobei es keinen Tracer gibt, der alle Anforderungen erfüllt, d.h. den "idealen", universell einsetzbaren Tracer gibt es nicht.

- Er soll natürlicherweise im Wasser nicht vorhanden sein oder nur in geringsten, vernachlässigbaren Konzentrationen.



- Er muss noch in sehr starker Verdünnung möglichst rasch und mit geringem Aufwand quantitativ nachweisbar sein.
- Er muss im Wasser gut löslich bzw. dispergierbar sein und die Lösung sollte sich in der Dichte von der des zu markierenden Wassers nur unwesentlich unterscheiden.
- Er darf mit dem Wasser oder mit im Wasser gelösten Inhaltsstoffen keine (unlöslichen) Verbindungen eingehen, die eine Rückhaltung des Tracers bewirken bzw. vom Grundwasserleiter adsorbiert werden. Der Tracer darf weder durch biologische (Mikroorganismen), chemische (Oxidation, Reduktion, saure oder basische Reaktion) oder physikalische (Licht, Hitze) Einflüsse zerstört werden können.
- Er muss in hygienisch-medizinischer Sicht unbedenklich sein (ungiftig bzw. dem Strahlenschutzgesetz entsprechend).
- Er soll möglichst kostengünstig sowie leicht zu handhaben (Transport, Einspeisung, Probennahme, Nachweis) sein.

In Abhängigkeit von den Versuchs- und Untergrundbedingungen kommen als Tracer die verschiedensten Substanzen zur Anwendung, die sich im Wesentlichen den vier folgenden Gruppen zuordnen lassen:

- Fluoreszenz-Farbstoffe
- Salze
- Radioaktive Isotope
- Triftstoffe

4.2 Färbeversuche

Färbeversuche gehören zu den verbreitetsten Methoden zur Markierung von Wässern. Sie machen sich den Umstand zu Nutze, dass die eingesetzten wasserlöslichen organischen Farbstoffe Licht adsorbieren und in anderer, i.d.R. längerer Wellenlänge wieder aussenden (fluoreszieren). Die Farbstoffe sind oft auch noch mit bloßem Auge, in hoher Verdünnung mittels Fluoreszenzspektrometrie nachweisbar.

Wichtigster Markierungsstoff ist das Uranin, ein je nach Verdünnung rot bis grün fluoreszierender Farbstoff, der auch in sehr großer Verdünnung (bis etwa 10^{-8}) noch visuell erkennbar ist; die Grenze der spektralfluorometrischen Nachweisbarkeit reicht



bis ca. 10^{-12} . Uranin ist hygienisch unbedenklich und hat neben der hohen (allerdings pH-abhängigen) Fluoreszenzausbeute den Vorteil, keine sorptiven Eigenschaften zu besitzen. Es hat den Nachteil, dass es nur in Gewässern mit einem pH-Wert über etwa pH 6 einsetzbar ist, in sauer reagierenden Grundwässern wird eine sorptive, nicht fluoreszierende Spezies gebildet; außerdem ist es leicht oxidierbar. Auch unter Lichteinwirkung wird es allmählich zerstört. Uranin wurde von der BST Mansfeld vor einigen Jahren im Revier Brachmannsberg für einen Färbeversuch verwendet, eine Färbung konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Da die Wässer dort bis etwa Mitte 1995 einen pH-Wert unterhalb von pH 6 aufwiesen (Anh. 3) und das verwendete Uranin aus alten Beständen stammte (evtl. Lichteinwirkung?), mag hierin die Erklärung für den ergebnislos verlaufenen Färbeversuch liegen. Auch aktuell liegen die pH-Werte im Gesamtsystem Straßberg nicht immer oberhalb von pH 6 (Anh. 7.2). Dies und vor allem die Tatsache, dass Uranin schon einmal verwendet wurde, lässt auch zukünftig keine weiteren Färbeversuche mit diesem Farbstoff zu.

Im Gegensatz zum Uranin ist Rhodamin WT eine basische Fluoreszenzfarbe und zeigt deshalb hinsichtlich der Abhängigkeit vom pH-Wert dem Uranin entgegengesetzte Eigenschaften, d.h. es eignet sich zur Anwendung im sauren Bereich. Hervorzuheben ist außerdem seine Lichtechtheit. Ein Nachteil ist die starke Adsorption durch Tonminerale und organische Substanz, so dass der Farbstoff z.B. in Porengrundwasserleitern nicht eingesetzt werden kann. Der Fluoreszenzfarbstoff Rhodamin B ist pH- und lichtbeständig, hat aber ebenfalls starke sorptive Eigenschaften. Darüber hinaus werden ihm karzinogene Eigenschaften zugeschrieben und sollte schon deshalb nicht eingesetzt werden. Amidorhodamin G (Sulforhodamin G) ist ebenfalls pH- und lichtbeständig, dabei aber weniger sorptiv als Rhodamin B. Auch Sulforhodamin B (Amidorhodamin B, Duasynsäure-Rhodamin B) ist pH- und lichtbeständig, dabei stärker fluoreszierend als Rhodamin B und noch weniger sorptiv als Amidorhodamin G. Ein weiterer Vorteil besteht in der guten Nachweisbarkeit neben Uranin.

Der Fluoreszenzfarbstoff Eosin hat zwar nur geringe sorptive Eigenschaften und ist weniger pH-abhängig als Uranin, ist aber sehr lichtempfindlich und kann deshalb nicht in Oberflächengewässern eingesetzt werden. Bei gleichzeitigem Einsatz neben Uranin können sich die beiden Farbstoffe bei der Bestimmung (je nach Analytikverfahren) gegenseitig stören.



Pyranin erleidet zwar im Gegensatz zu Uranin in sauren Grundwässern keine Sorption, seine Fluoreszenzausbeute ist aber stark vom pH-Wert abhängig. So weist Pyranin bei pH 7 nur etwa die Hälfte seiner stärksten Fluoreszenz auf, die bei pH-Werten über pH 8 erreicht ist. Wird Pyranin gleichzeitig neben Uranin eingesetzt, so kann es bei der Analyse zu Schwierigkeiten kommen, weil beide Farbstoffe zwar bei unterschiedlichen Wellenlängen angeregt werden, im neutralen und alkalischen Milieu jedoch an derselben Wellenlänge ihr Fluoreszenzmaximum haben.

4.3 Salzungsversuche

Bei der Markierung mittels Salzen sollte vor Beginn der Versuche der geogene Hintergrundgehalt und dessen Schwankungsbreite bekannt sein, da die Ionen der eingesetzten Salze nahezu in jedem natürlichen Gewässer vorkommen. Der Nachweis der für den Versuch eingesetzten Ionen erfolgt entweder analytisch im Labor oder - einfacher und meist praktikabler - vor Ort über die Leitfähigkeit als Summenparameter.

Zur Anwendung kommt hauptsächlich Natriumchlorid (NaCl). Die letzten Messungen zum geogenen Hintergrund in den tiefenhorizontierten Proben wurden Mitte 1994 durchgeführt. Damals lagen die Natrium- und Chlorid-Gehalte im Hauptschacht jeweils zwischen etwa 20 mg/l und 30 mg/l, im Ü539 jeweils zwischen etwa 10 mg/l und 20 mg/l. Um eindeutige Ergebnisse zu erzielen, sind z.T. sehr große Salzmenge notwendig. Überschlüssig ist gegenüber Uranin etwa die 1.000fache Menge an NaCl bei gleicher Markierungswirkung erforderlich. Neben Erschwernissen bei der Handhabung ist dann die Gefahr des Absinkens der Lösung durch die höhere Dichte zu beachten. Auch eine mögliche toxische Wirkung hoher Salzkonzentrationen auf die Biosphäre (z.B. Kleinlebewesen in Gewässern) ist in Betracht zu ziehen. In Porengrundwässern macht sich im übrigen, wie bei allen Salzen, der Ionenaustausch bemerkbar: Natrium wird gegen Calcium und Magnesium ausgetauscht.

Kalium kommt in natürlichen Gewässern nur untergeordnet vor, bei dem Einsatz von Kaliumchlorid (KCl) kann man deshalb mit geringeren Mengen auskommen. Die Kalium-Gehalte in den Mitte 1994 im Hauptschacht und im Ü539 gezogenen Wasserproben lagen unterhalb von 10 mg/l. Auch das Kalium-Ion neigt zum Ionenaustausch, schon auf relativ kurzen Fließwegen kann es vollkommen gegen Calcium und Magnesium ausgetauscht werden.



Ebenso wie Natrium und Kalium findet sich auch Lithium in jedem natürlichen Gewässer, meist jedoch nur in sehr geringen Konzentrationen. Entsprechende Hintergrundwerte liegen für die Grube Straßberg jedoch nicht vor. Die Salzung mit Lithiumchlorid hat den weiteren Vorteil, dass das Lithium-Ion nur eine geringe Neigung zum Ionenaustausch hat. Es werden somit wesentlich geringere Mengen benötigt.

4.4 Radioaktive Isotope

Als Tracer werden verschiedene radioaktive Substanzen eingesetzt, die kurze Halbwertszeiten im Bereich von Stunden oder wenigen Tagen aufweisen und deshalb nicht gesundheitsschädigend sind (nach sieben Halbwertszeiten sind über 99 % der anfangs vorhandenen Tracermenge radioaktiv zerfallen). Gemessen wird die Radioaktivität, die an den Beobachtungsstellen nicht nur von der Verdünnung, sondern auch von der verstrichenen Zeit seit der Eingabe abhängt. Selbst wenn gesichert ist, dass die Aktivität an den Beobachtungsstellen unter der Freigrenze nach der Strahlenschutzverordnung zu liegen kommt, ist eine Genehmigungserteilung fraglich, besonders wenn andere Tracermethoden zur Auswahl stehen. Aus diesem Grund wird auf diese Methodik nicht weiter eingegangen.

4.5 Triftversuche

Bei den Markierungsversuchen mittels Triftstoffen werden dem Wasser unlösliche Festkörper unterschiedlicher Art (z.B. Bakteriophagen, Bakterien, Sporen) zugesetzt. Trotz kleiner Partikelgröße der Festkörper ist diese Methode eher für Karstgebiete geeignet, in Kluftgesteinen kann die Öffnungsweite der Klüfte unter Umständen teilweise zu gering sein. Im Revier Straßberg trifft dies besonders für die Tonschiefer-Bereiche zu (vgl. Kap. 3.2). Für die Probenahme sind besondere Filter notwendig. Der Nachweis erfolgt mikroskopisch bzw. mit mikrobiologischen Methoden.

Die virenähnlichen Bakteriophagen sind die kleinsten zur Verfügung stehenden Triftstoffe. Ihre Zubereitung und Untersuchung soll jedoch umständlich sein.

Von den Bakterien hat sich vor allem die nicht-pathogene Art *Serratia marcescens* bewährt. Sie kommt nur selten in fließenden Gewässern vor und lässt sich leicht auf einfachen Nährböden kultivieren. Die Kulturen haben außerdem die Fähigkeit, bei Lichtzutritt unter Zimmertemperatur einen blutroten Farbstoff zu bilden und sind



deshalb relativ leicht nachweisbar. Nach HÖLTING (1992) soll *Serratia marcescens* allerdings weniger geeignet für Tracer-Versuche sein als bisher angenommen, da es als Krankheitserreger klinisch nachgewiesen sein soll und im Grundwasser ein natürliches Wachstum haben soll. Geeigneter sollen bestimmte *Escherichia coli*-Stämme sein, die sich nicht im Boden vermehren und leicht nachweisbar sind.

Sporentriftversuche werden im Allgemeinen mit den im Handel erhältlichen Sporen des Keulenbärlapps (*Lycopodium clavatum*) durchgeführt. Die Sporen sind gegenüber äußeren Umwelteinflüssen widerstandsfähig. Man kann die Sporen mit bis zu fünf verschiedenen Fluoreszenzfarben anfärben und somit gleichzeitig ebenso viele Einspeisungsstellen bedienen. WOLKERSDORFER (1996) führte untertägige Sporentriftversuche erfolgreich auf dem Bergwerk Niederschlema/Alberoda durch.

5 Zusammenfassung und Empfehlungen

5.1 Wasserqualität

In diesem Gutachten wurden die Sal/Temp-Messungen und die horizontal entnommenen Wasserproben vom Aug. 1999 und vom Feb. 2000 im Überhauen 539 und im Hauptschacht zusammenfassend mit den älteren Messungen ausgewertet.

Für das Revier Brachmannsberg (Ü539) ergaben sich keine Änderungen im Vergleich zur vorherigen Messung vom Nov. 1998. Eine Schichtung der Wassersäule, wie sie vor dem Öffnen des Brachmannsberger Stollens langjährig beobachtet werden konnte, ist jetzt nicht mehr vorhanden. Auch die aktuellen Analysen zeigen keine Differenzierung der Wassersäule. Die anfänglich sehr hohen Gehalte liegen seit mehreren Jahren auf relativ niedrigem Niveau ("Grundbelastung"), ohne dass allerdings ein weiterer Rückgang erkennbar wäre. Von allen standardmäßig untersuchten Parametern (Fe, Mn, F, SO₄, As, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn) erscheinen derzeit nur noch Eisen und Mangan problematisch. So überschreiten in einer Teufe von 62 m, d.h. kurz unterhalb des jetzigen Auslaufniveaus der am Ü539 austretenden Grubenwässer, nach wie vor Eisen mit aktuell 23 mg/l Fe_{ges.} bzw. 22 mg/l Fe_{gel.} erheblich und Mangan mit 1,4 mg/l eher geringfügig die nach dem 1. Änderungsbescheid vom 31.03.2000 bis zum 30.04.2001 gültigen Einleitwerte in den Uhlenbach (Fe_{ges.} ≤ 2,4 mg/l, Fe_{gel.} ≤ 0,25 mg/l und Mn ≤ 0,8 mg/l):



Das am Mundloch des Brachmannsberger Stollens auslaufende Wasser hat bedingt durch das Absetzen auf der langen Fließstrecke im Stollen und durch die Vermischung mit dem dem Stollen zusitzenden Wasser eine wesentlich bessere Qualität. So liegen die (rechnerischen) Mischgehalte in der Woche der Sal/Temp-Messung im Feb. 2000 (08. Kalenderwoche 2000) nach den Aufzeichnungen der BST Mansfeld bzw. der GVV am Messpunkt 5/6 bei 9,96 mg/l Fe_{ges.} bzw. 8,79 mg/l Fe_{gel.} und 1,06 mg/l Mn. Für das jetzt abgelaufene Winterhalbjahr des Wasserwirtschaftsjahres (WWJ) 2000 (44. KW 99 bis 17. KW 00) ergeben sich Durchschnittswerte von 10,68 mg/l Fe_{ges.} bzw. 9,54 mg/l Fe_{gel.} und 1,12 mg/l Mn.

Im Hauptschacht (Biwender Revier) hat sich die Schichtung der Wassersäule nach der aktuellen Messung im Feb. 2000 dagegen wieder verstärkt. Die Analysen der tiefenorientierten Wasserproben zeigen i.d.R. weiterhin eine Zunahme der Gehalte mit der Tiefe, wobei sich neben der 2. Sohle besonders die 5. Sohle deutlich bemerkbar macht. Vor allem anhand der Eisen- und Fluorid-Gehalte lässt sich seit etwa Aug. 1997 eine konstante Zerteilung des Systems in der Weise erkennen, dass die 5. Sohle (Teufe ca. 180 m) die Proben darüber (Teufe 80 m und 140 m) und darunter (Teufe 220 m und 290 m) voneinander trennt. Unterhalb der 5. Sohle ist die Mineralisation im Vergleich zur Messung im Aug. 1997 im Prinzip unverändert, oberhalb der 5. Sohle ist bei Eisen und Mangan ein Konzentrationsrückgang zu erkennen. In einer Teufe von 80 m, d.h. kurz unterhalb des jetzigen Auslaufniveaus der am Hauptschacht austretenden Grubenwässer, überschreiten weiterhin Eisen mit 31 mg/l Fe_{ges.} bzw. 28 mg/l Fe_{gel.} und Mangan mit 6,2 mg/l die bis 30.04.2001 gültigen Einleitwerte in den Uhlenbach (Fe_{ges.} ≤ 2,4 mg/l, Fe_{gel.} ≤ 0,25 mg/l, Mn ≤ 0,8 mg/l).

Ähnlich wie im Brachmannsberger Revier hat auch das am Mundloch des Biwender Stollens auslaufende Wasser eine z.T. wesentlich bessere Qualität. So liegen die (rechnerischen) Mischgehalte in der Woche der Sal/Temp-Messung im Feb. 2000 nach den Aufzeichnungen der BST Mansfeld bzw. der GVV am Messpunkt 3/4 bei 15,30 mg/l Fe_{ges.} bzw. 14,23 mg/l Fe_{gel.} und 3,62 mg/l Mn. Für das Winterhalbjahr des WWJ 2000 ergeben sich Durchschnittswerte von 16,72 mg/l Fe_{ges.} bzw. 14,54 mg/l Fe_{gel.} und 6,20 mg/l Mn.

Aufgrund der bisherigen Konzentrationsentwicklungen ist zum jetzigen Zeitpunkt eine Unterschreitung der o.g. Einleitwerte bei Eisen (Ü539, Hauptschacht) und Mangan (evtl. nur Hauptschacht) auf absehbare Zeit nicht in Sicht.



5.2 Wasserhaushaltsbilanzierung

Die bisherige Abschätzung der Wassermengen und die Aufteilung auf die einzelnen Reviere basierte auf den vorliegenden alten Gutachten. Zu eigenen Untersuchungen der DMT bestand bisher kein Anlass, weil die abgeschätzte Gesamt-Wassermenge von durchschnittlich ca. $5,1 \text{ m}^3/\text{min}$ (rd. $2,7 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$) in ihrer Größenordnung mit dem über den Hauptschacht abgepumpten Wasser bis 1998 übereinstimmte. Erst die unverhältnismäßig hohen Wassermengen etwa seit Öffnung des Brachmannsberger Stollens ließen Zweifel an der alten Einschätzung aufkommen.

Deshalb wurde mit Hilfe geologisch-hydrogeologischer Auswertungen in Verbindung mit einer flächendifferenzierten Wasserhaushaltsbilanz eine plausible Einzugsgebietsabgrenzung und eine Abschätzung durchgeführt, mit welchen Wassermengen zukünftig gerechnet werden muss. Das gesamte Bearbeitungsgebiet umfasst ca. $28,8 \text{ km}^2$ und wurde entsprechend der oberirdischen Wasserscheiden sowie unter Berücksichtigung der geologisch-tektonischen Erkenntnisse und bergbaulichen Hohlräume in insgesamt 30 Teileinzugsgebiete gegliedert.

Für die Berechnung der mittleren Wasserhaushaltssituation wurde das fünfjährige Mittel der WWJ 1995 bis 1999 mit einem Niederschlag von 679 mm/a herangezogen und gemäß des Verfahrens nach Bagrov/Glugla auf 741 mm/a korrigiert (Korrektur der Niederschlagshöhe auf Bodenniveau). Unter Berücksichtigung bergbaulicher Einflüsse auf die Verdunstung ergeben sich für das Bearbeitungsgebiet folgende mittlere Wasserhaushaltsgrößen:

- Grundwasser-Neubildung rd. $3,2 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$,
- Verdunstung rd. $14,6 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$,
- Direktabfluss rd. $3,5 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$,

bei einer durchschnittlichen Grubenwasser-Entnahme von rd. $2,4 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$ (WWJ 1995 bis 1998) bzw. rd. $4,9 \text{ Mio. m}^3/\text{a}$ durch die Aktivierung des Brachmannsberger Stollens (WWJ 1999).

Die Grubenbaue nehmen nicht nur einen Teil der Grundwasser-Neubildung, sondern auch Teile des Direktabflusses auf. Über den undichten Damm im Nordquerschlag kann bei einem deutlichen Druckunterschied Wasser aus dem Brachmannsberger Revier in das Biwender Revier übertreten. Diese Wechselwirkungen sind für die WWJ 1995 bis 1998 anzunehmen.

Für die Zeit vor (WWJ 1995 bis 1998) und nach (WWJ 1999) der Wasserspiegelabsenkung im Brachmannsberger Revier durch die Aktivierung des Brachmannsberger Stollens wurde eine Wasserhaushaltsbilanz erarbeitet. Hierfür wurde jedem Teileinzugsgebiet für beide Varianten aus geologisch-hydrogeologischer Sicht plausible



Anteile der Grundwasser-Neubildung bzw. des Direktabflusses, die von den bergmännischen Hohlräumen aufgenommen und über die Stollen abgeleitet werden, zugeordnet.

Die Berechnungen zeigen, dass für die Zeit vor der Wasserspiegelabsenkung die o.g. Grundwasser-Entnahme von rd. 2,4 Mio. m³/a in einem 27,7 km² großen Bearbeitungsgebiet realistisch gewinnbar ist, ohne einen Zustrom von außen zu benötigen. Dabei werden etwa die Hälfte der Grundwasser-Neubildung und etwa ein Viertel des Direktabflusses über die Grubenbaue angenommen. Knapp 25 % der entnommenen Wassermengen gelangen über den undichten Damm im Nordquerschlag von Norden zum Hauptschacht.

Nach der Aktivierung des 3-Stollen-Systems ändern sich nur die Verhältnisse im Brachmannsberger Revier bzw. im Einzugsgebiet des Mühlenwegganges. Die Steigerung der Grundwasser-Entnahme auf rd. 4,9 Mio. m³/a muss für die Zeit nach der Wasserspiegelabsenkung ausschließlich aus diesen beiden Revieren oder einem außerhalb des Bearbeitungsgebietes liegenden Gebiet stammen. Unter Ausnutzung aller realistischen Annahmen ist maximal eine Entnahmemenge von rd. 4,3 Mio. m³/a zu gewinnen. Die einzige Möglichkeit zur Deckung des verbleibenden Defizits von rd. 0,6 Mio. m³/a ist das nördlich gelegene Uhlenbach-Einzugsgebiet. Für die heutige Situation mit dem 3-Stollen-System ergibt sich damit ein Einzugsgebiet von ca. 33 km². Dabei werden durchschnittlich drei Viertel der Grundwasser-Neubildung und etwa die Hälfte des Direktabflusses von den Grubenbauen angenommen und abgeleitet.

Die Auswertungen beziehen sich auf Jahre mit mittleren Niederschlägen, wie sie in den betrachteten Zeiträumen in etwa vorlagen, d.h. auch in Zukunft ist nicht mit einem wesentlichen - und dauerhaften - Rückgang der Grundwasser-Entnahme von durchschnittlich rd. 4,9 Mio. m³/a über die drei Stollen zu rechnen. Auch unter diesen mittleren Verhältnissen, die sich auf Jahres-Zeiträume beziehen, wurde im WWJ 1999 kurzfristig (an mehreren Tagen) ein Wasseranfall von insgesamt ca. 18 m³/min bis 19 m³/min beobachtet.

5.3 Hydraulische Modellvorstellung

Der Konzeption der Annahme und Ableitung der im Revier Straßberg anfallenden Grubenwässer über drei niveaugleiche Stollen lag folgende hydraulische Modellvorstellung zu Grunde.



Das Gesamtrevier der Grube Straßberg setzt sich aus den drei Teilrevieren Brachmannsberg, Biwender (Hauptschacht) und Glasebach zusammen, die morphologisch durch das Uhlenbach- bzw. das Selketal voneinander getrennt und eigene oberirdische Einzugsgebiete besitzen. Bergmännische Auffahrungen zwischen den Revieren bestehen nur im tiefen Grubengebäude über die 9. Sohle mit dem Glasebachquerschlag zwischen Biwender- und Glasebach-Revier und über die 5. Sohle mit dem Nordquerschlag zwischen Biwender- und Brachmannsberger Revier.

Aufgrund der bergbaulichen Auffahrungen und Abbaue besteht ein hohes Durchlässigkeitsgefälle zwischen dem jeweiligen Grubengebäude (einschl. dem durch Auflockerungen gekennzeichneten Einwirkungsbereich) und dem unverritzten Gebirge, d.h.

- jedes Einzelrevier fungiert oberflächennah als Drainage für das jeweilige Einzugsgebiet,
- zwischen den Revieren funktioniert der Potentialausgleich nur über die beiden tiefen Sohlen (Prinzip der kommunizierenden Röhren), da oberflächennah keine bergmännischen Verbindungen existieren und das dazwischen liegende unverritzte Gebirge eine im Vergleich zu den noch offenen Auffahrungen weit niedrigere Durchlässigkeit aufweist.

Kommt es nicht zu einer Durchströmung, so kann sich eine Schichtung im Grubengebäude mit zur Tiefe zunehmender Mineralisation entwickeln. Oberflächennah kann das Wasser über die drei Stollen auf "kurzem" Wege durch das Gebirge/Grubengebäude angenommen ("Klarwasserlamelle") und abgeleitet werden, so dass eine unnötige weitere Aufmineralisation unterbunden wird und damit die bestmögliche Qualität der auslaufenden Grubenwässer erreicht werden kann. Gleichzeitig konnte so den sicherheitlichen Belangen (kein Grubenwasseranstieg bis in ein Niveau oberhalb von +361 mNN) Rechnung getragen werden.

Weder die vorhandenen alten Stollen (zu hohes Niveau) noch die im Selketal gelegenen beiden Bohrlöcher zum Glasebachquerschlag (Durchströmung) konnten die Anforderungen zufriedenstellend erfüllen. Ein "freies", unkontrolliertes Auslaufen über reaktivierte Quellen kam ebenfalls nicht in Frage. Nur die "3-Stollen-Variante" bot somit die Gewähr für die geringstmögliche Mineralisation der an klar fixierten Stellen anzunehmenden Wässer und damit für die Minimierung der Kosten einer möglicherweise trotzdem erforderlichen Wasseraufbereitung.

Mit den bisherigen Beobachtungen bis vor der Aktivierung der Stollen wurde diese Modellvorstellung bestätigt (Schichtung, Rückgang der Belastung und Stabilisierung auf niedrigem Niveau).



Von der Aktivierung der Stollen wurde besonders das Revier Brachmannsberg betroffen. Mit der Absenkung des Grubenwasserspiegels im Überhauen 539 um über 10 m auf Stollenniveau fehlte der Druckausgleich zum (jetzt höheren) Grundwasserspiegel im Gebirge und es kam zu einer Änderung der bisherigen Strömungsverhältnisse. Über die an die 5. Sohle Nordquerschlag angeschlossene Störung Mühlenweggang kann nun das anstehende Grundwasser in die Grube eindringen. Dieses "Siptenfelder Wasser" strömt wegen des Druckgefälles vorwiegend zum Überhauen 539 und sorgt dort für die Aufhebung der bisher beobachteten Schichtung. Da es sich um relativ frisches Niederschlagswasser handelt, kommt es jedoch nicht zu einer Aufmineralisation im Überhauen 539.

Im Biwender Revier (und dem damit hydraulisch voll verbundenen Revier Glasebach) kam es dagegen zu keiner so gravierenden Änderung der Strömungsverhältnisse. Der Grubenwasserspiegel wurde auch schon vor dem Anfahren des "3-Stollen-Systems" in etwa auf Stollenniveau kurzgehalten, wobei das Pumpenniveau im Hauptschacht, das sich kurz unterhalb der Wasseroberfläche befand, annähernd dem heutigen Stollenabflussniveau entsprach. Allerdings scheint sich auch hier der Effekt der Verdünnung durch das "Siptenfelder Wasser" im Hauptschacht oberhalb der 5. Sohle bemerkbar zu machen.

Da das hier abgeleitete hydraulische Modell nur auf verhältnismäßig wenigen Einzelmessungen beruht (zwei, in letzter Zeit nur eine Sal/Temp-Messung und Probenahme pro Jahr), kann es nicht alle bisherigen Beobachtungen "stimmig" erklären. Eine wesentliche Erkenntnis daraus ist aber, dass die Strömungsrichtungen sehr dynamisch auf die je nach Jahreszeit unterschiedlichen Potentialdifferenzen zwischen dem Grundwasserspiegel im Gebirge und den Flutungswasserständen im Grubengebäude reagieren.

5.4 Empfehlungen

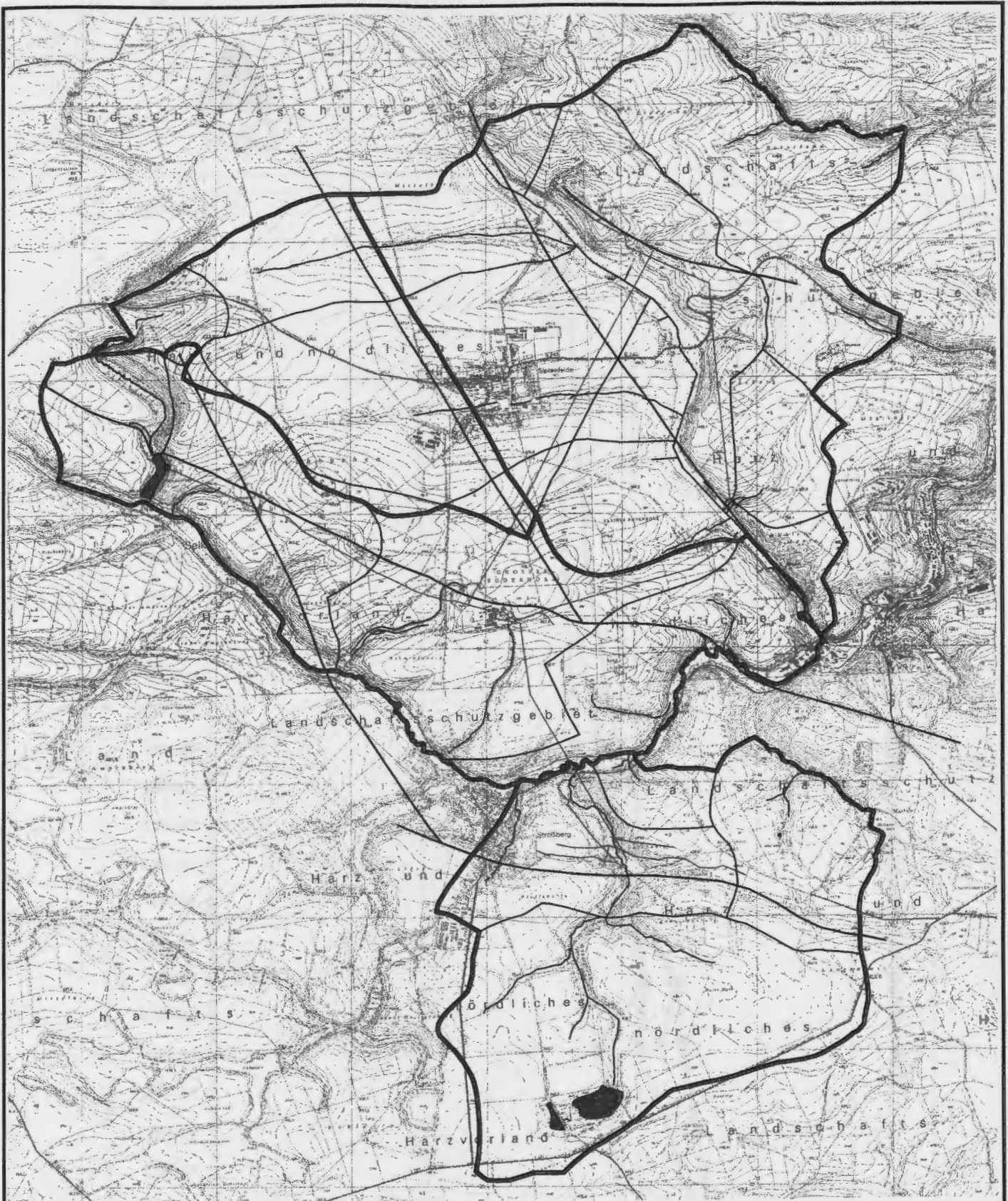
Zur Minimierung der anfallenden Wassermengen im Revier Brachmannsberg auf ein besser beherrschbares Maß könnte eine vorsichtige und stufenweise Erhöhung des Grubenwasserspiegels im Überhauen 539 um einige Meter durch Schließung des Dammtores bzw. Ableitung nur einer definierten Wassermenge über einen Schieber führen ("Zurückdrücken des "Siptenfelder Wassers"). Dadurch besteht unter Umständen auch die Möglichkeit der Wiederherstellung der Schichtung, wie sie bei höheren Grubenwasserständen langjährig beobachtet wurde. Diese Maßnahme ist nur nach



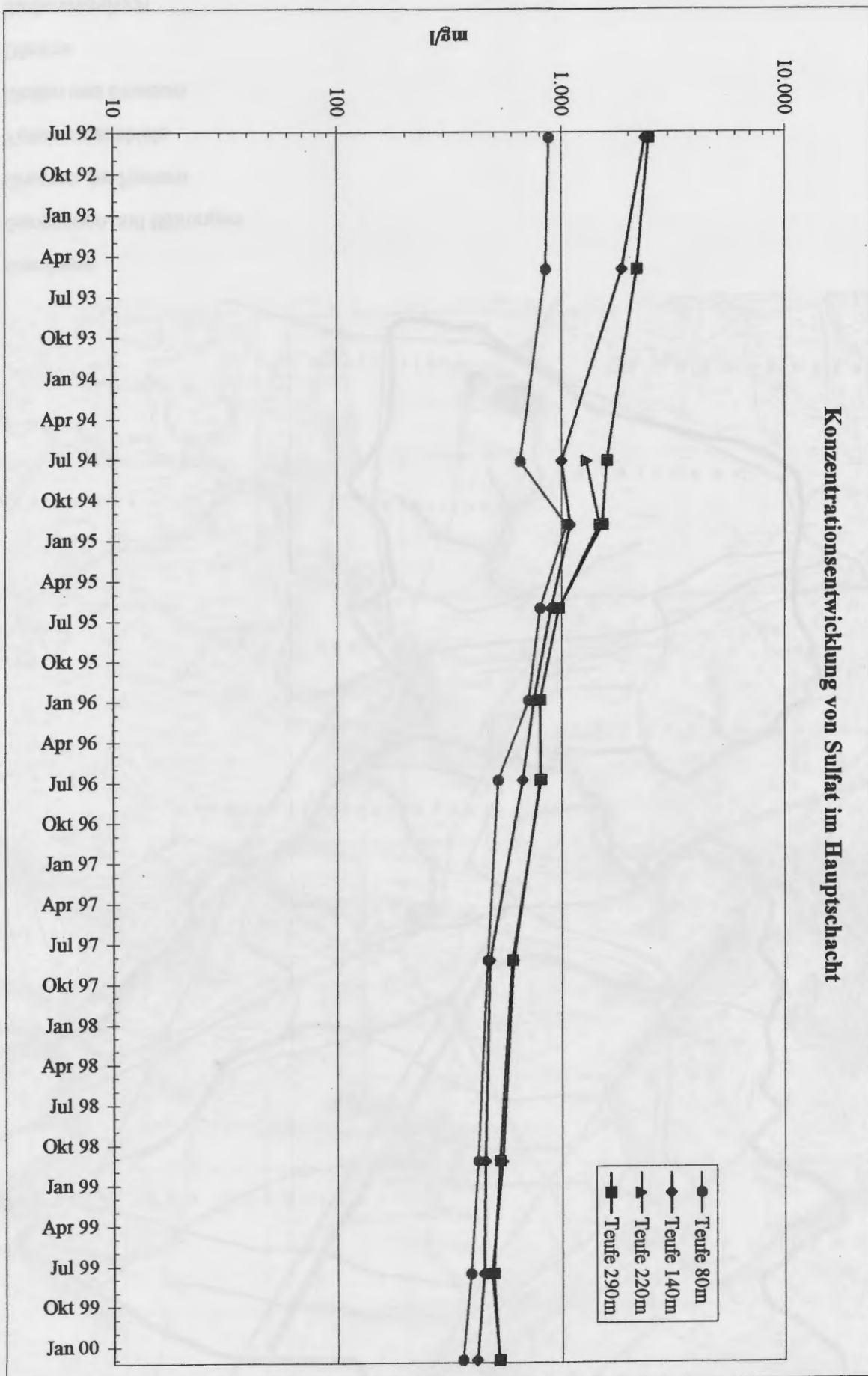
positiver Klärung der Statik des Dammtores zu empfehlen und sollte dann mit weiteren Sal/Temp-Messungen begleitet werden.

Eine weitere Aufklärung der oben geschilderten Strömungsverhältnisse innerhalb des Grubensystems Straßberg sowie auch der Identifizierung von direkten Oberflächenwasser-Zuflüssen in die Grube ist von den für Juni 2000 geplanten Tracerversuchen zu erwarten.

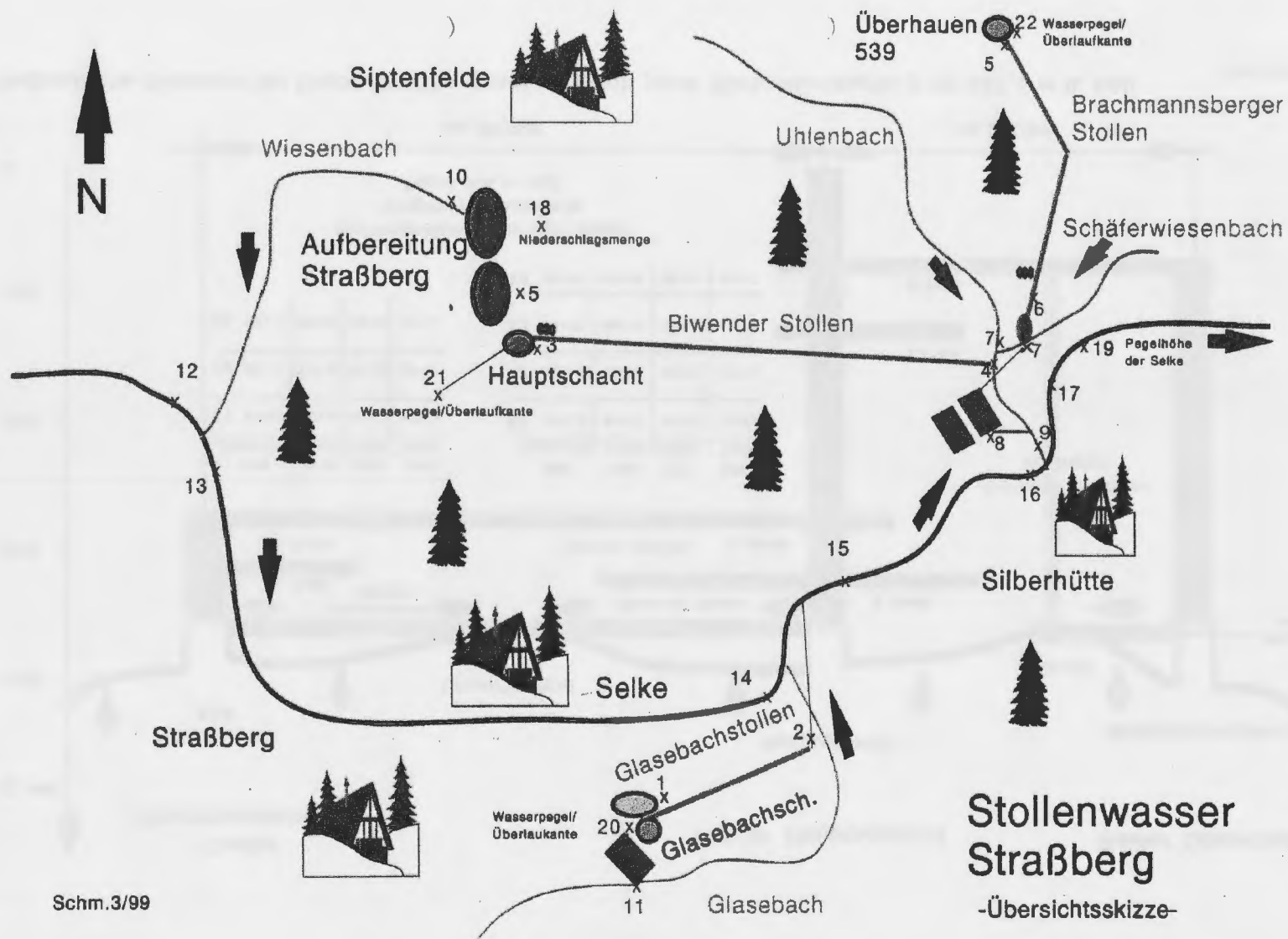
if m/sv



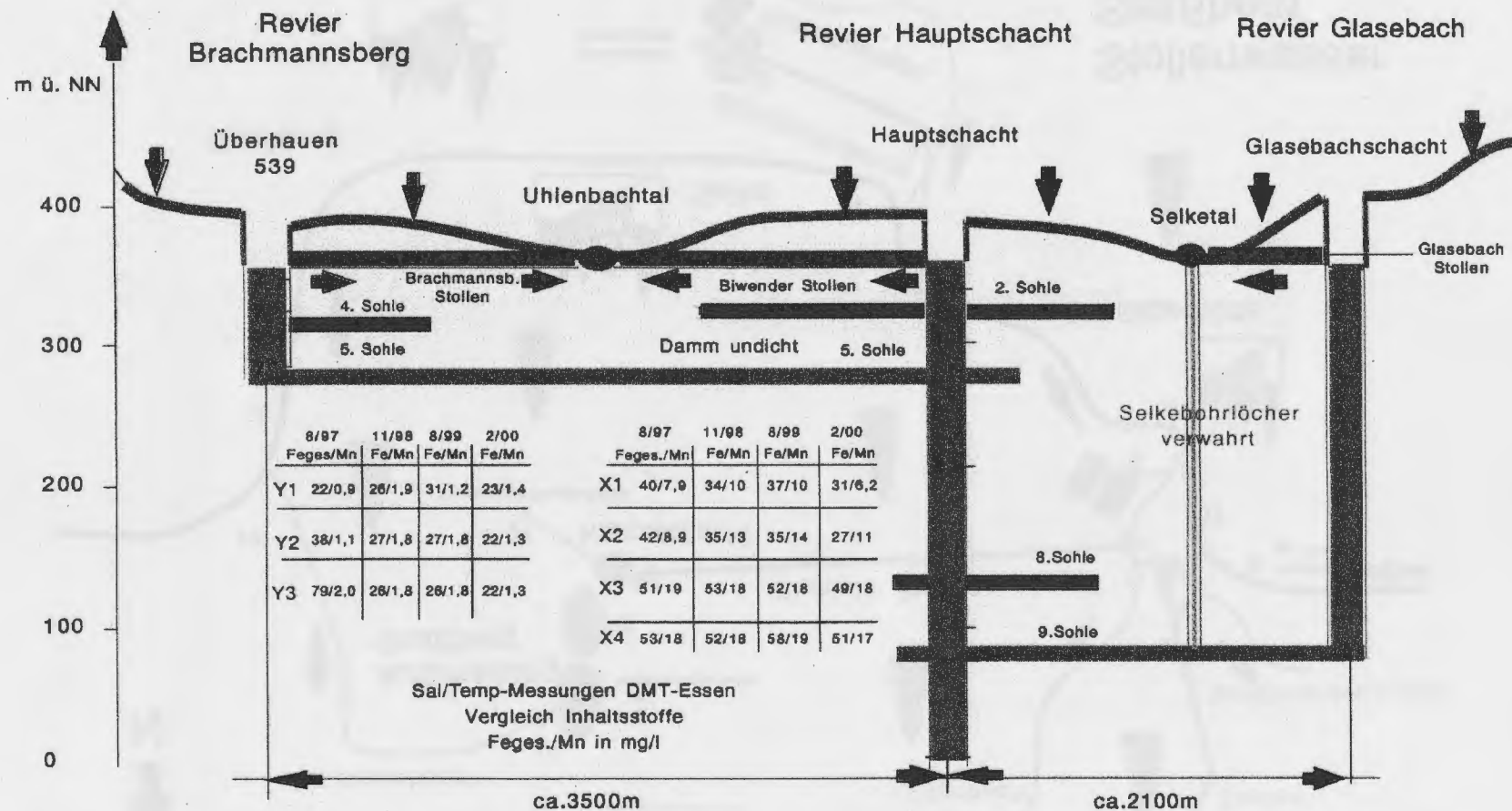
- / Gewässer
- / Gangzonen und Störungen
- /// Grenzen der Reviere
- / Teileinzugsgebiete
- / Stollen und Strecken
- Dämme
- ∩ Stollenmundloch



Schm.3/99



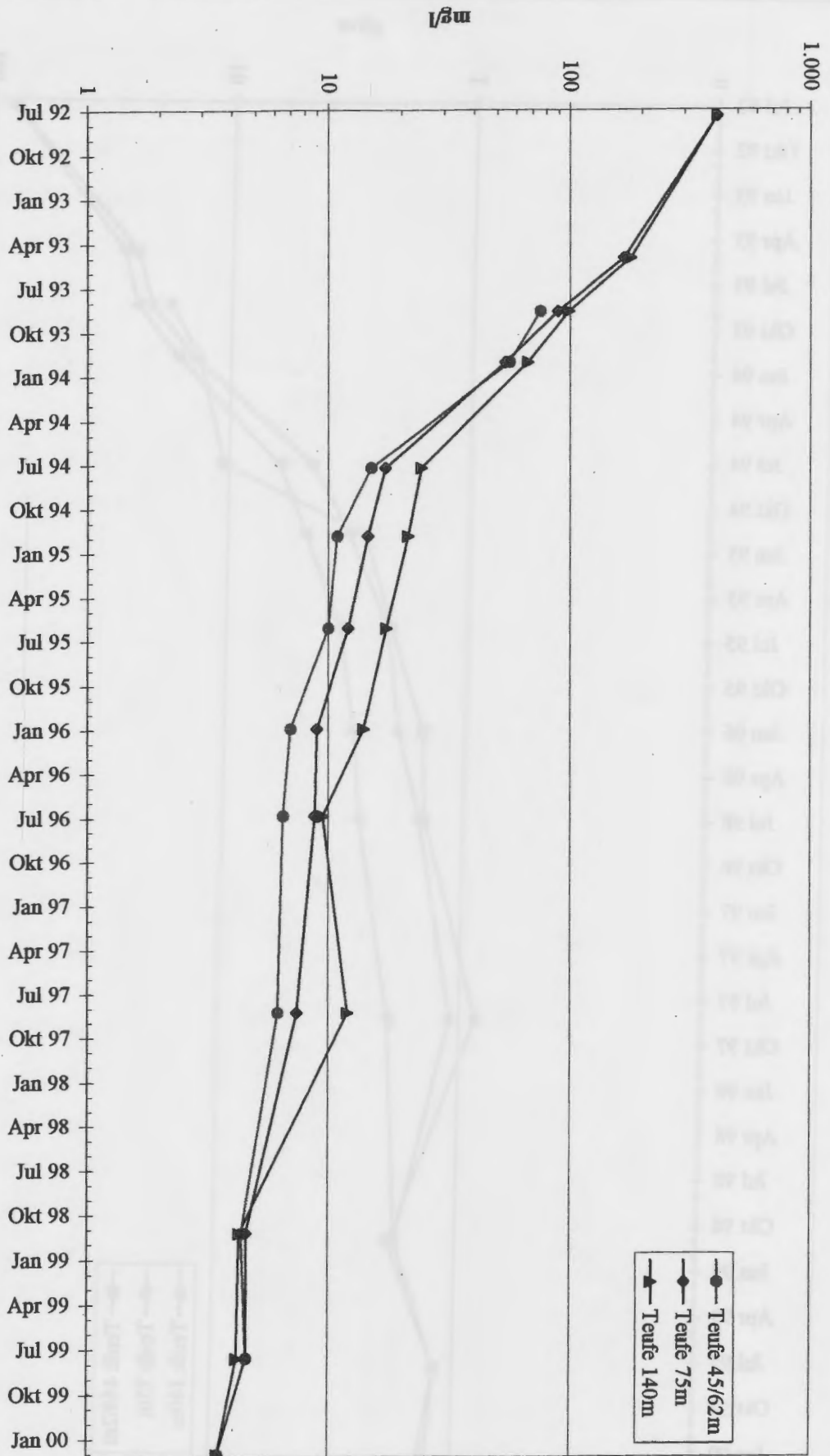
**Stollenwasser
Straßberg**
-Übersichtsskizze-



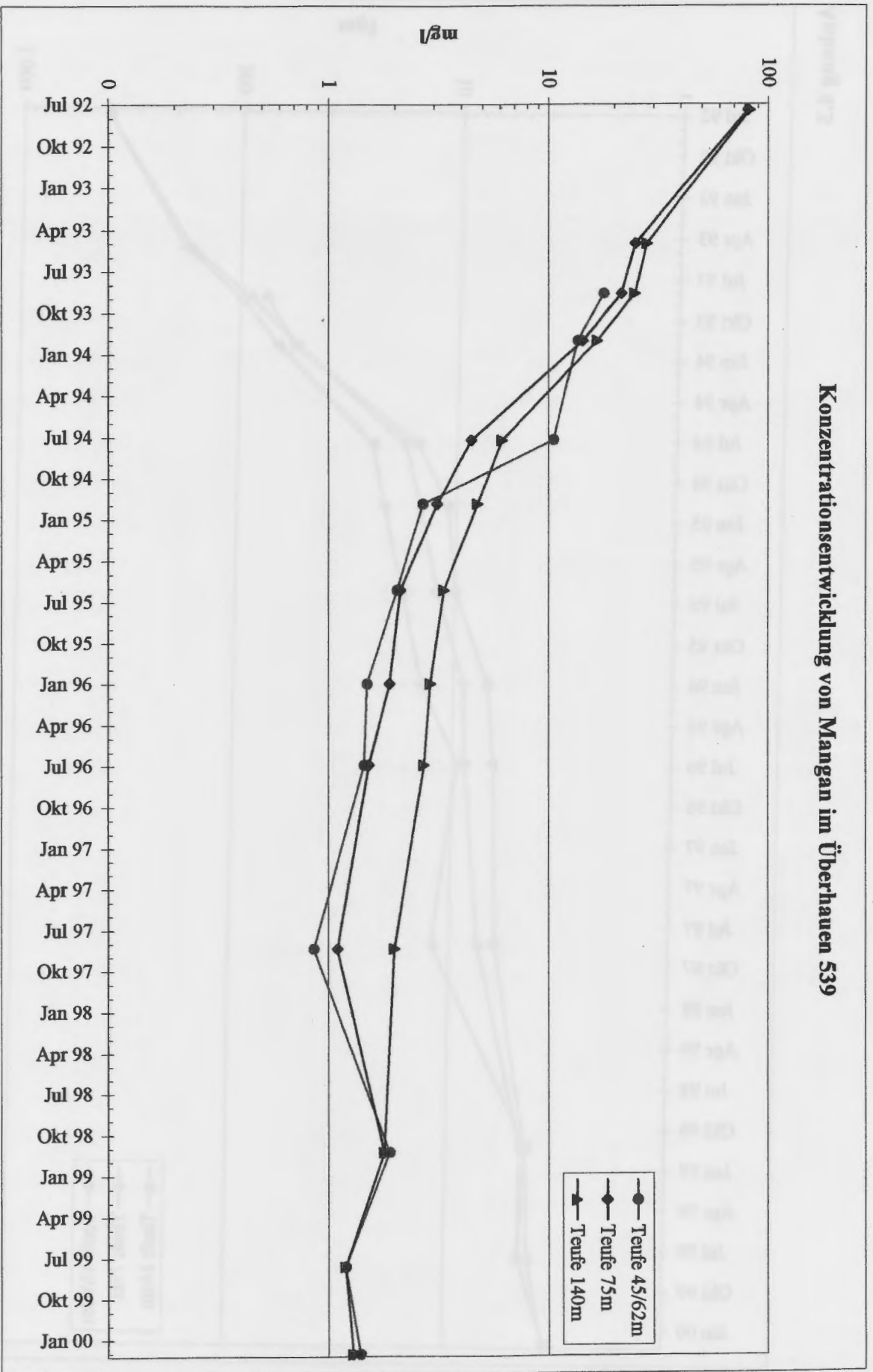
Hydraulische Situation der Grube Straßberg (schematisch ;nach Stollendurchschlag bei 357,5 m ü. NN)

03/2000 Sch.

Konzentrationsentwicklung von Fluorid im Überhauen 539

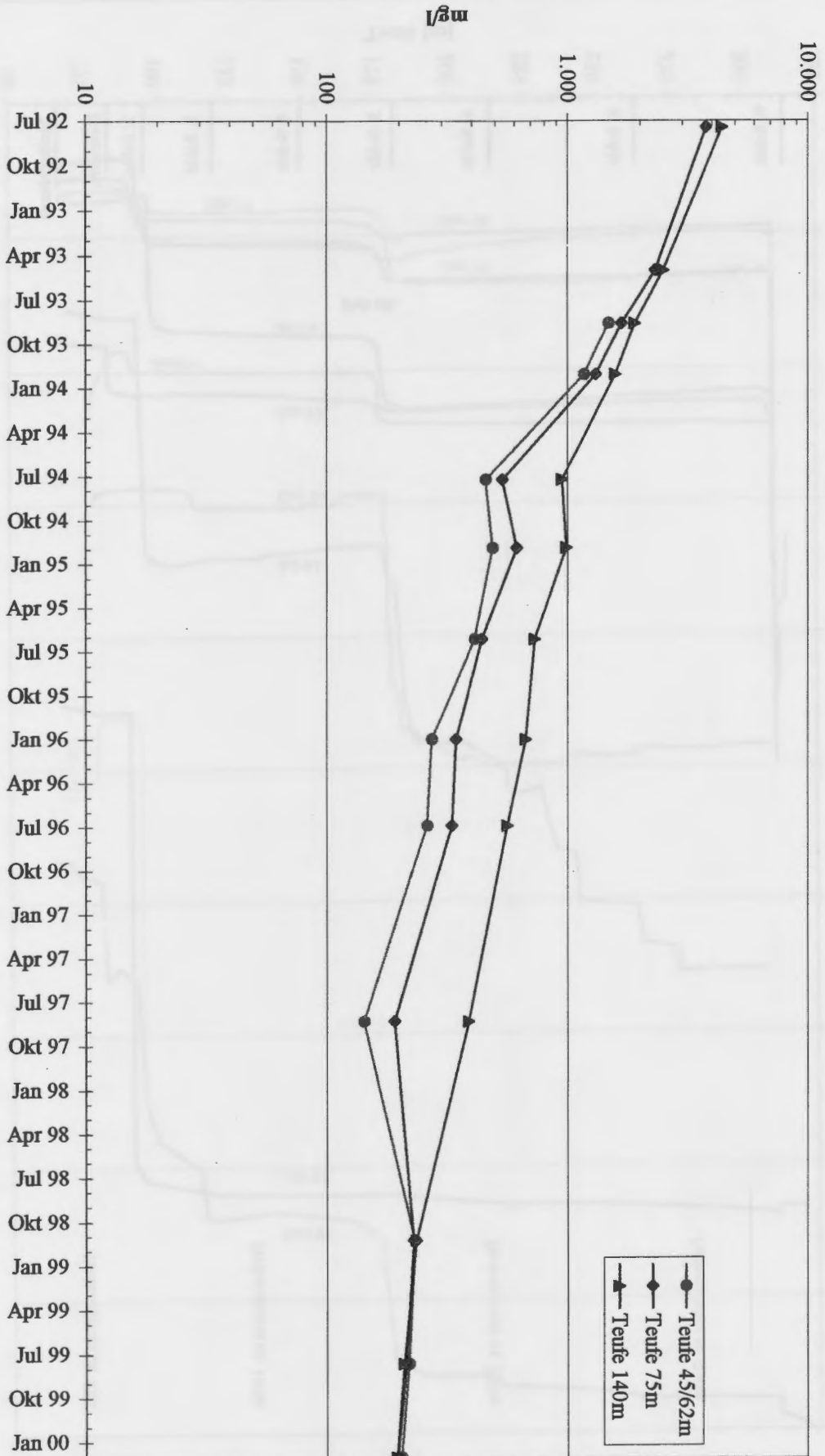


Konzentrationsentwicklung von Mangan im Überhauen 539

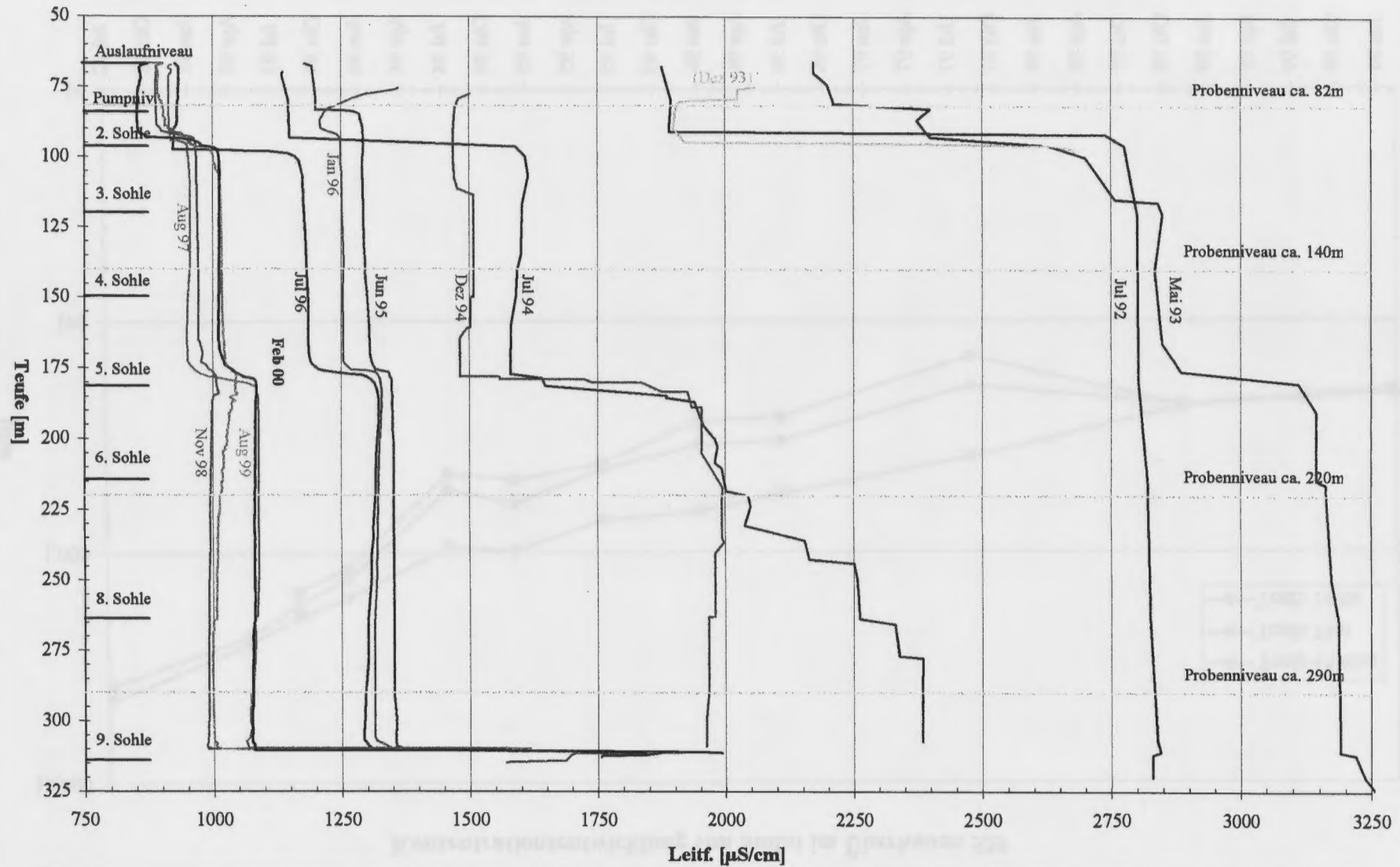


Anhang 4.2

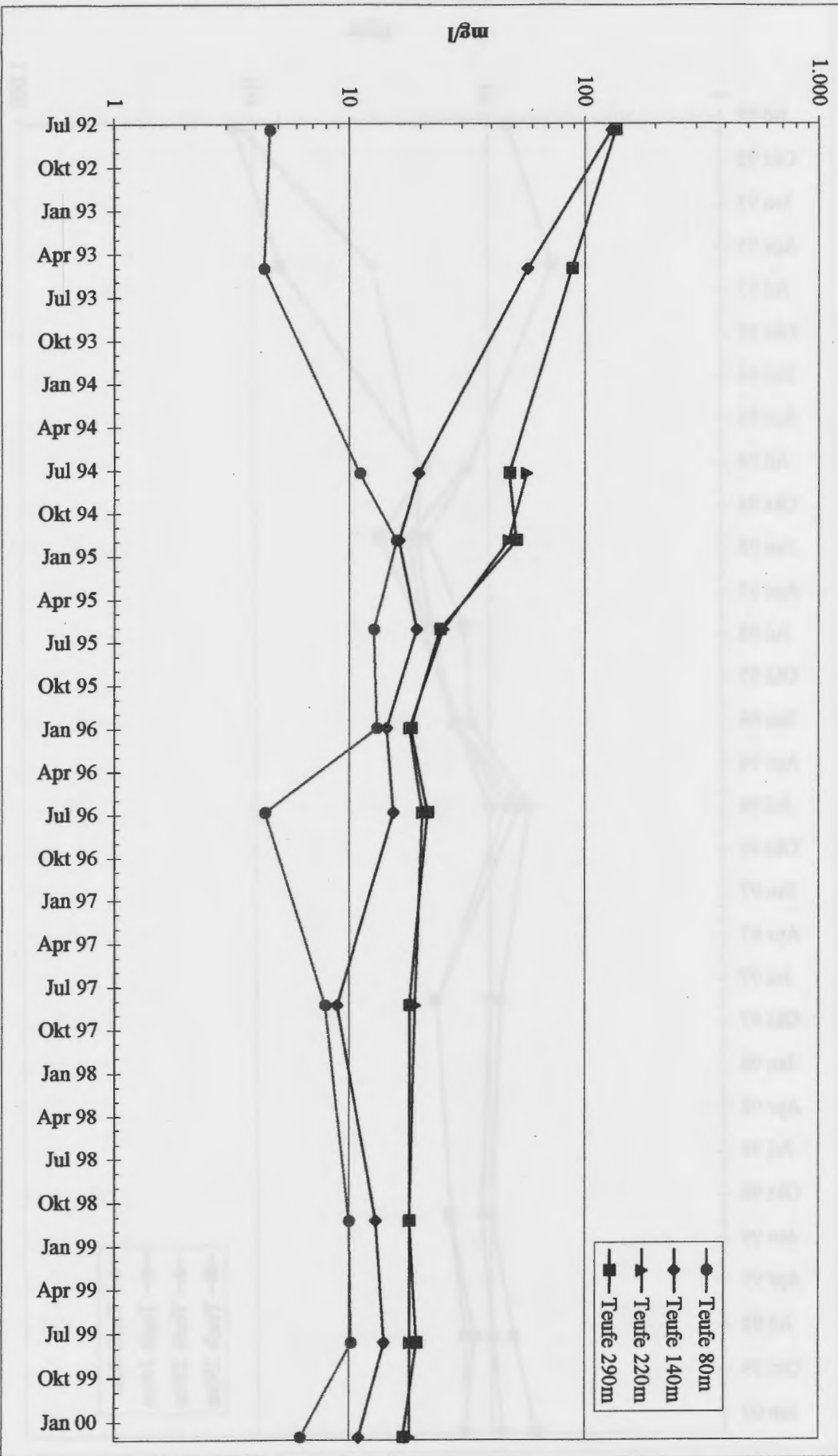
Konzentrationsentwicklung von Sulfat im Überhauen 539



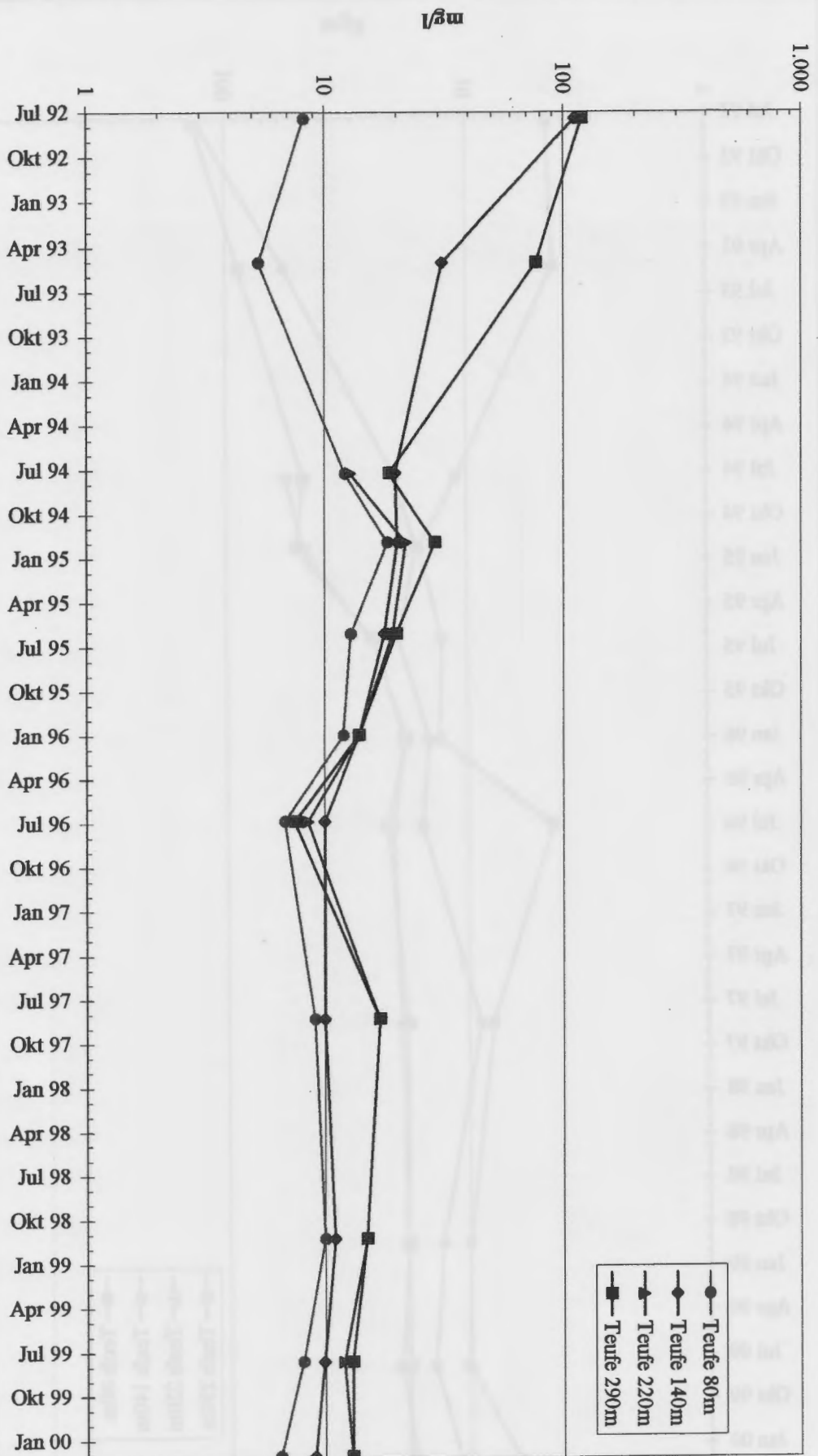
Hauptschacht: Entwicklung der Leitfähigkeit in der Wassersäule seit 1992

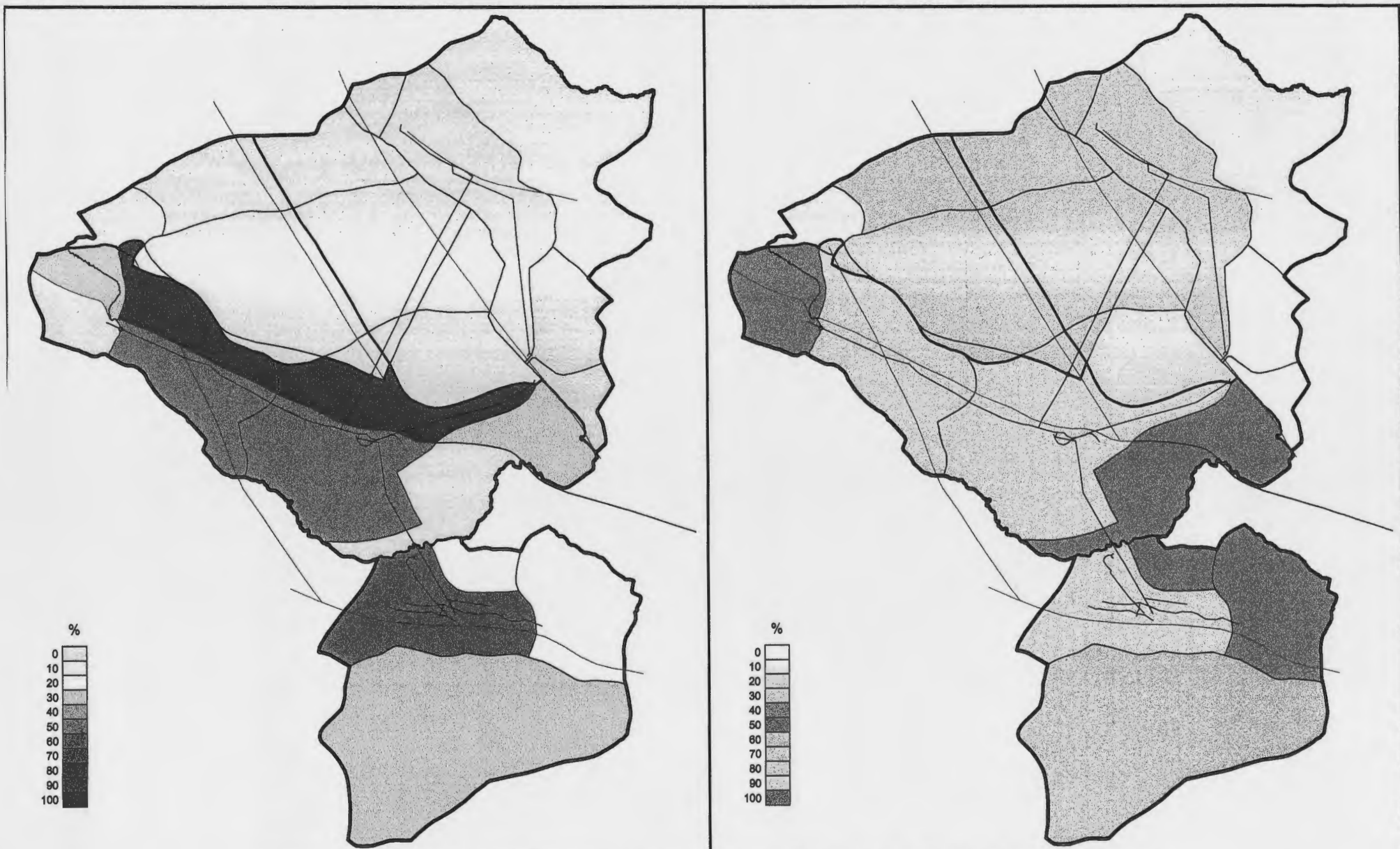


Konzentrationsentwicklung von Mangan im Hauptschacht



Konzentrationsentwicklung von Fluorid im Hauptschacht



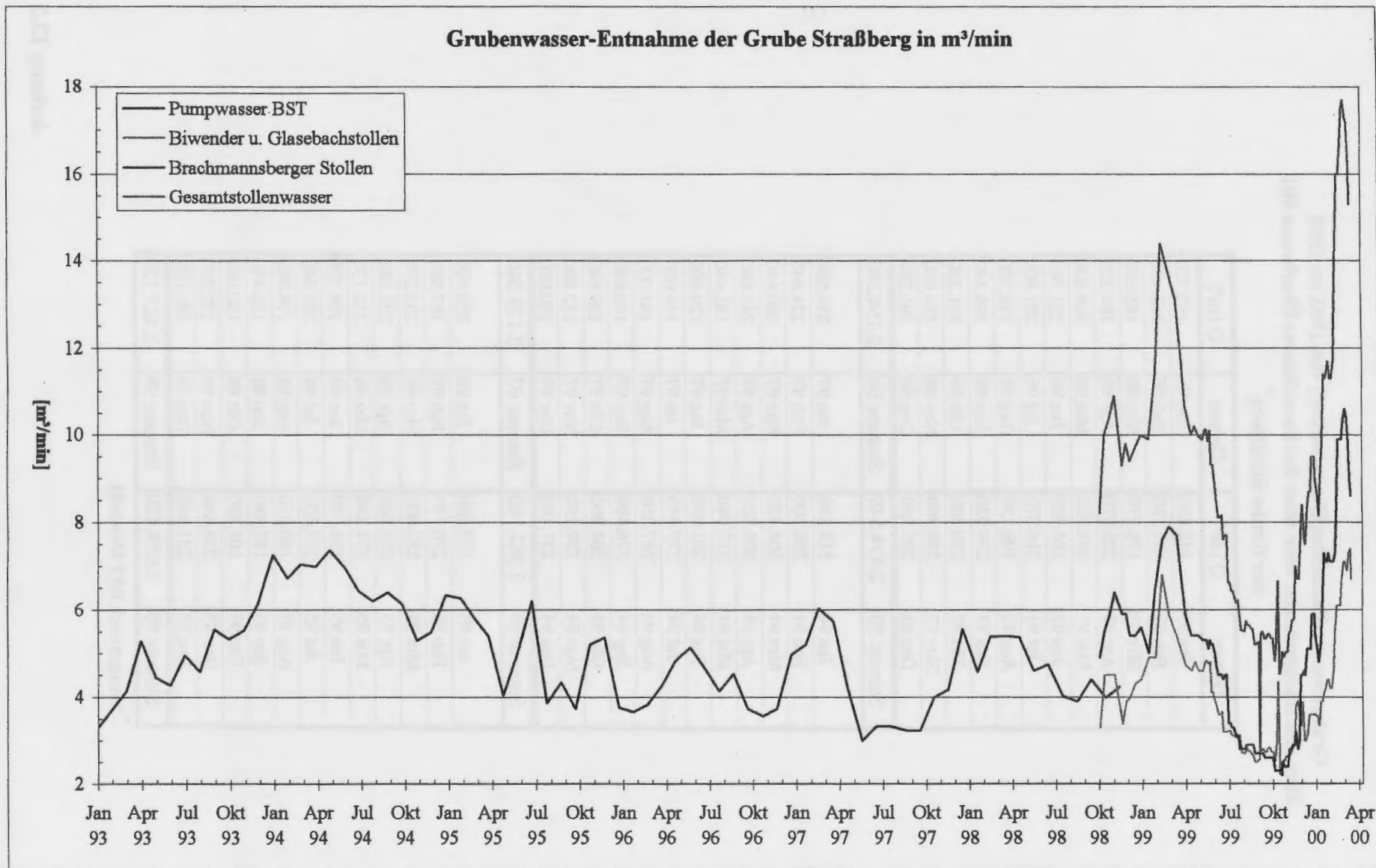


Anhang 13: Zufluss aus der Grundwasser-Neubildung (rechts) und dem Direktabfluss (links) in die Grubenaue in % bei mittleren Verhältnissen vor der Absenkung im Brachmannsberger Revier

**Grubenwasser-Entnahme (Pumpwasser) von 1993 bis 1998
über den Hauptschacht bzw. über das benachbarte Überhauen 901
der Grube Straßberg***

Datum	Q [m³]	Datum	Q [m³]
Jan 93	142.850	Jan 96	162.720
Feb 93	161.280	Feb 96	158.400
Mrz 93	178.570	Mrz 96	165.600
Apr 93	228.670	Apr 96	184.320
Mai 93	191.950	Mai 96	208.800
Jun 93	184.320	Jun 96	221.760
Jul 93	214.270	Jul 96	201.600
Aug 93	198.150	Aug 96	178.560
Sep 93	239.920	Sep 96	195.840
Okt 93	230.400	Okt 96	161.280
Nov 93	238.900	Nov 96	154.080
Dez 93	265.260	Dez 96	161.280
Summe 93	2.474.540	Summe 96	2.154.240
Jan 94	313.330	Jan 97	214.560
Feb 94	290.300	Feb 97	224.640
Mrz 94	304.420	Mrz 97	260.640
Apr 94	301.820	Apr 97	247.680
Mai 94	317.940	Mai 97	181.440
Jun 94	301.030	Jun 97	129.600
Jul 94	277.640	Jul 97	144.000
Aug 94	267.850	Aug 97	144.000
Sep 94	276.480	Sep 97	140.000
Okt 94	264.960	Okt 97	139.680
Nov 94	229.250	Nov 97	172.800
Dez 94	237.160	Dez 97	180.000
Summe 94	3.382.180	Summe 97	2.179.040
Jan 95	273.600	Jan 98	239.900
Feb 95	270.720	Feb 98	197.560
Mrz 95	252.000	Mrz 98	232.270
Apr 95	233.200	Apr 98	233.280
Mai 95	174.240	Mai 98	232.130
Jun 95	216.000	Jun 98	198.720
Jul 95	267.800	Jul 98	205.340
Aug 95	166.610	Aug 98	174.090
Sep 95	187.490	Sep 98	168.480
Okt 95	161.280	Okt 98	190.080
Nov 95	224.640	Nov 98	172.250
Dez 95	231.840	Dez 98	183.020
Summe 95	2.659.420	Summe 98	2.427.120

* Mengen nach BST Mansfeld



**Vortagsbezogene Niederschlagssummen
und Mittelwerte Schäfertal/Siptenfelde**



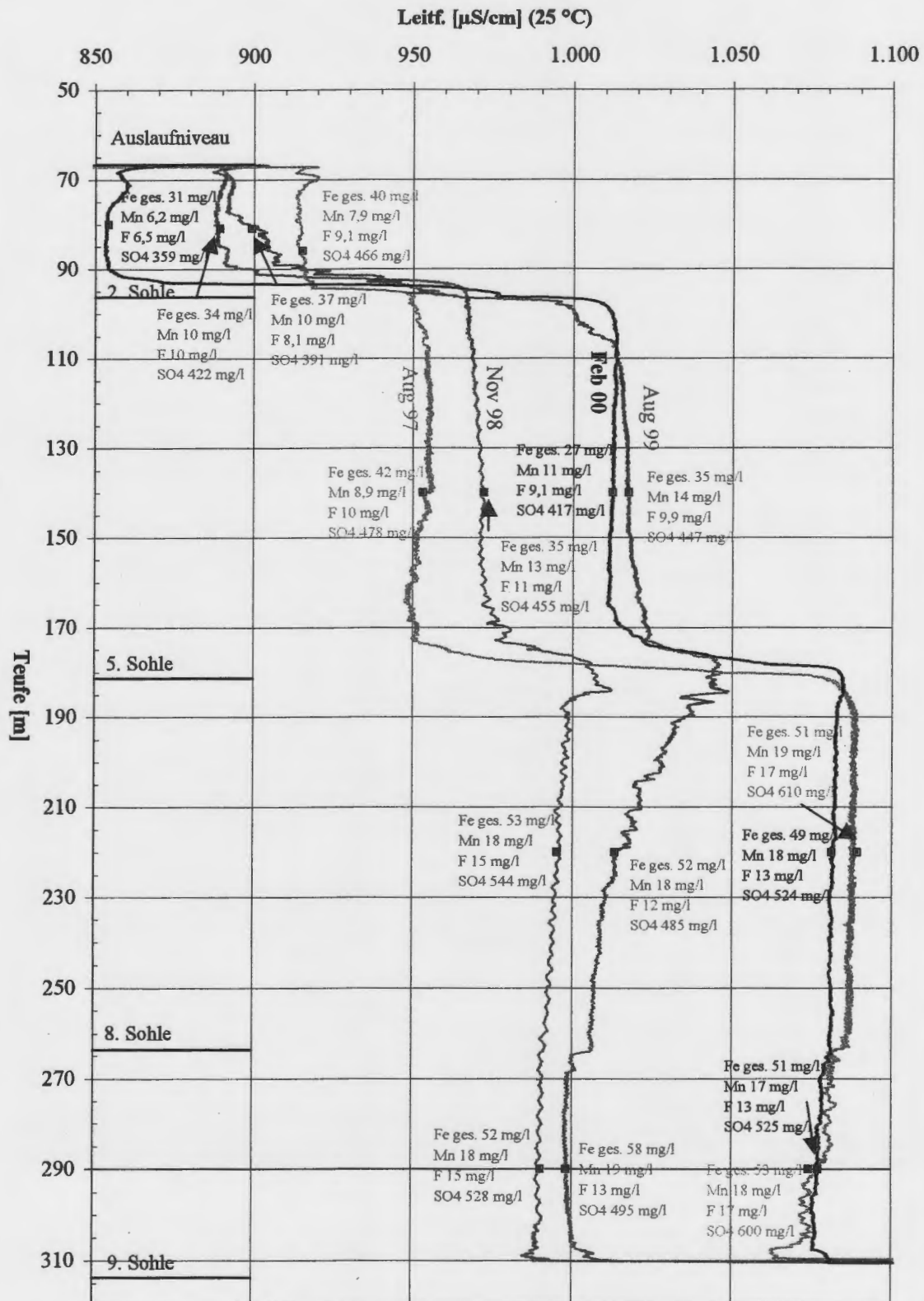
**fachhochschule
magdeburg**

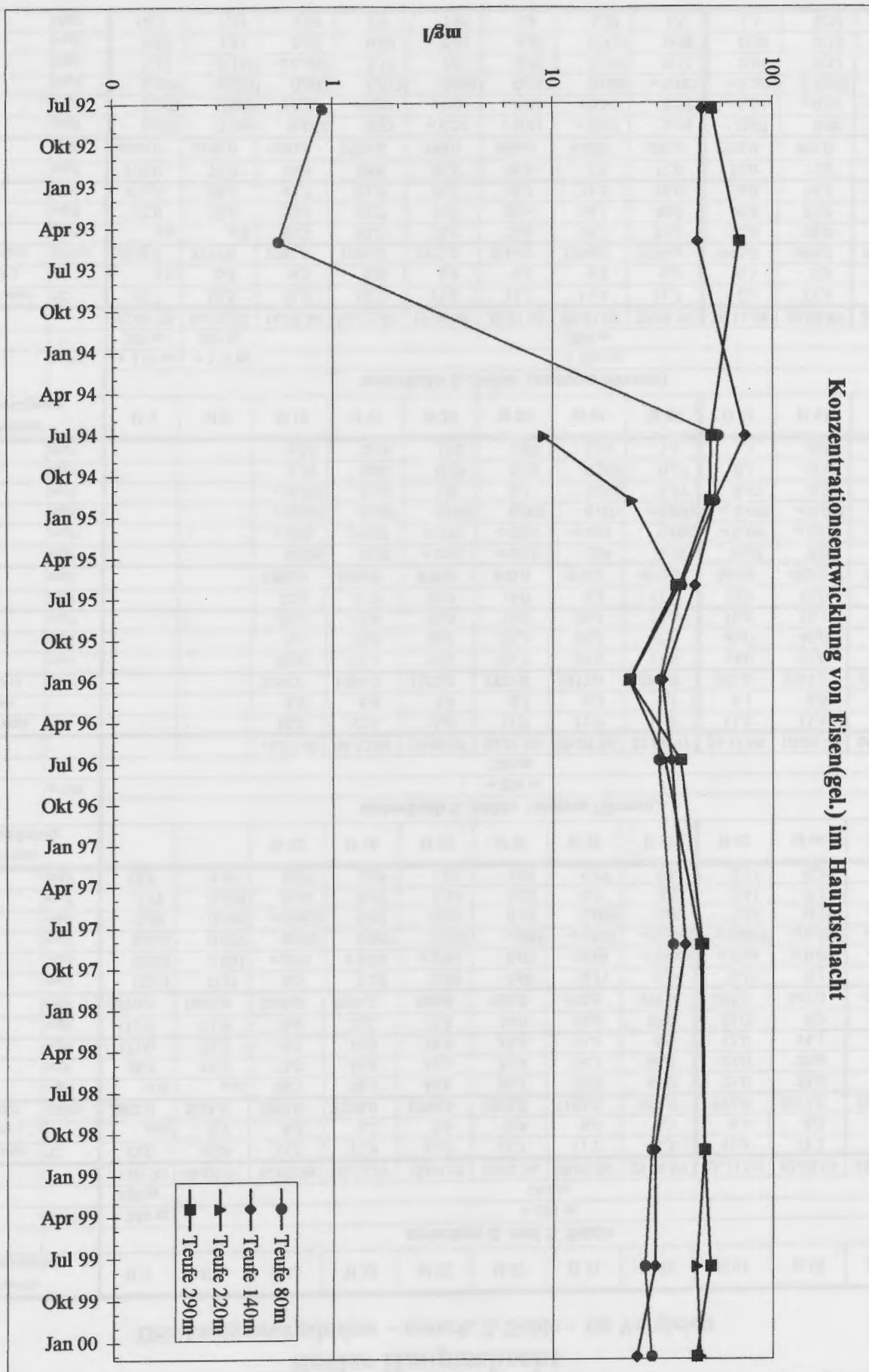
Fachbereich Wasserwirtschaft

Abflußjahr	Nov [mm]	Dez [mm]	Jan [mm]	Feb [mm]	Mär [mm]	Apr [mm]	Mai [mm]	Jun [mm]	Jul [mm]	Aug [mm]	Sep [mm]	Okt [mm]	Winter [mm]	Sommer [mm]	Jahr [mm]
1968	-	-	-	-	-	-	38,1	56,7	30,6	61,2	75,3	28,3	-	290,2	-
1969	44,5	20,8	47,5	46,2	77,2	53,1	77,5	84,1	17,3	64,9	8,9	26,7	289,3	279,4	568,7
1970	74,2	26,3	31,7	99,0	51,1	73,9	53,0	65,2	114,0	140,3	47,5	55,1	356,2	475,1	831,3
1971	48,5	47,9	31,7	26,8	16,8	32,3	112,0	86,9	6,0	48,1	35,8	26,5	204,0	315,3	519,3
1972	42,7	31,3	12,8	7,1	81,0	38,0	81,0	73,1	111,6	77,2	47,1	27,9	212,9	417,9	630,8
1973	49,2	8,3	23,9	46,8	20,5	65,4	53,8	38,7	52,3	36,6	23,2	67,9	214,1	272,5	486,6
1974	50,8	41,4	39,4	43,8	23,0	22,6	63,1	100,6	43,5	50,8	28,7	153,7	221,0	440,4	661,4
1975	49,4	114,4	39,9	13,9	93,8	49,0	63,3	68,4	41,0	22,4	74,3	91,0	360,4	360,4	720,8
1976	34,0	14,2	133,8	35,0	16,6	17,1	38,9	10,3	52,7	31,7	26,4	15,5	250,7	175,5	426,2
1977	76,8	16,5	39,0	48,3	73,7	47,7	56,0	81,8	44,6	122,4	41,5	34,7	302,0	381,0	683,0
1978	104,2	47,1	39,4	18,2	57,3	30,6	63,5	52,1	28,1	92,4	64,7	31,6	296,8	332,4	629,2
1979	14,2	102,2	26,5	32,9	65,1	61,5	43,5	64,7	50,7	21,6	12,9	14,2	302,4	207,6	510,0
1980	57,9	96,9	25,8	43,8	27,5	83,5	24,2	107,4	87,1	48,8	46,6	46,5	335,4	360,6	696,0
1981	63,4	39,6	54,9	19,5	75,7	31,7	79,3	112,0	64,9	77,1	71,0	62,1	284,8	466,4	751,2
1982	64,4	74,6	43,9	1,5	51,6	22,1	65,1	30,1	21,9	75,7	11,0	62,2	258,1	266,0	524,1
1983	27,8	67,2	73,7	34,7	52,2	114,4	91,1	28,4	91,8	119,3	27,0	21,5	370,0	379,1	749,1
1984	59,6	28,9	98,2	78,7	18,6	59,9	116,9	51,0	21,5	32,0	83,5	65,0	343,9	369,9	713,8
1985	77,8	35,3	61,8	16,1	63,1	64,7	45,0	77,1	60,8	60,5	26,5	27,2	318,8	297,1	615,9
1986	51,8	62,9	100,9	35,2	85,4	74,2	72,3	70,1	28,2	71,8	82,5	69,6	410,4	394,5	804,9
1987	20,4	105,9	79,7	53,4	55,5	23,6	75,1	84,8	64,1	47,8	58,2	40,7	338,5	370,7	709,2
1988	50,5	21,7	55,6	131,4	98,2	23,9	13,2	41,3	50,8	27,4	40,0	34,8	381,3	207,5	588,8
1989	70,5	85,0	8,6	31,8	72,0	30,6	12,9	36,9	66,9	28,6	42,9	40,7	298,5	228,9	527,4
1990	49,8	94,4	49,4	86,6	22,8	51,1	12,6	124,1	18,8	112,7	55,6	31,7	354,1	355,5	709,6
1991	89,6	89,0	57,7	27,1	42,1	33,7	29,3	85,1	21,9	20,9	22,7	27,6	339,2	207,5	546,7
1992	64,0	45,9	20,1	43,0	110,3	30,6	29,9	60,0	81,8	84,7	35,6	80,7	313,9	372,7	686,6
1993	110,7	54,8	103,0	29,6	14,0	22,5	72,1	69,8	99,7	51,0	62,8	37,3	334,6	392,7	727,3
1994	55,2	160,2	101,2	32,1	120,2	162,8	93,5	38,2	71,5	89,3	68,0	44,1	631,7	404,6	1036,3
1995	39,0	70,5	102,0	71,5	86,2	69,0	47,2	75,5	53,3	54,8	83,6	10,3	438,2	324,7	762,9
1996	44,3	34,5	8,4	50,6	14,8	36,1	85,4	26,0	72,2	72,0	62,6	55,5	188,7	373,7	562,4
1997	70,2	47,3	22,2	109,4	39,3	28,7	40,4	46,6	103,7	31,3	9,6	44,5	317,1	276,1	593,2
1998	40,4	98,6	82,7	18,1	74,8	59,7	34,2	61,1	37,5	71,1	90,6	187,4	374,3	481,9	856,2
1999	58,1	37,3	57,6	53,9	53,9	44,0	45,8	108,5	33,7	55,3	44,7	29,5	304,8	317,5	622,3
Mittelwert 1969-99	56,6	58,7	54,0	44,7	56,6	50,3	57,8	66,4	55,3	62,6	46,3	50,4	320,8	338,9	659,7

Sal/Temp-Messung HS

Vergleich der Leitfähigkeits-Tiefenprofile Aug. 97 bis Feb. 00





Revier Hauptschacht

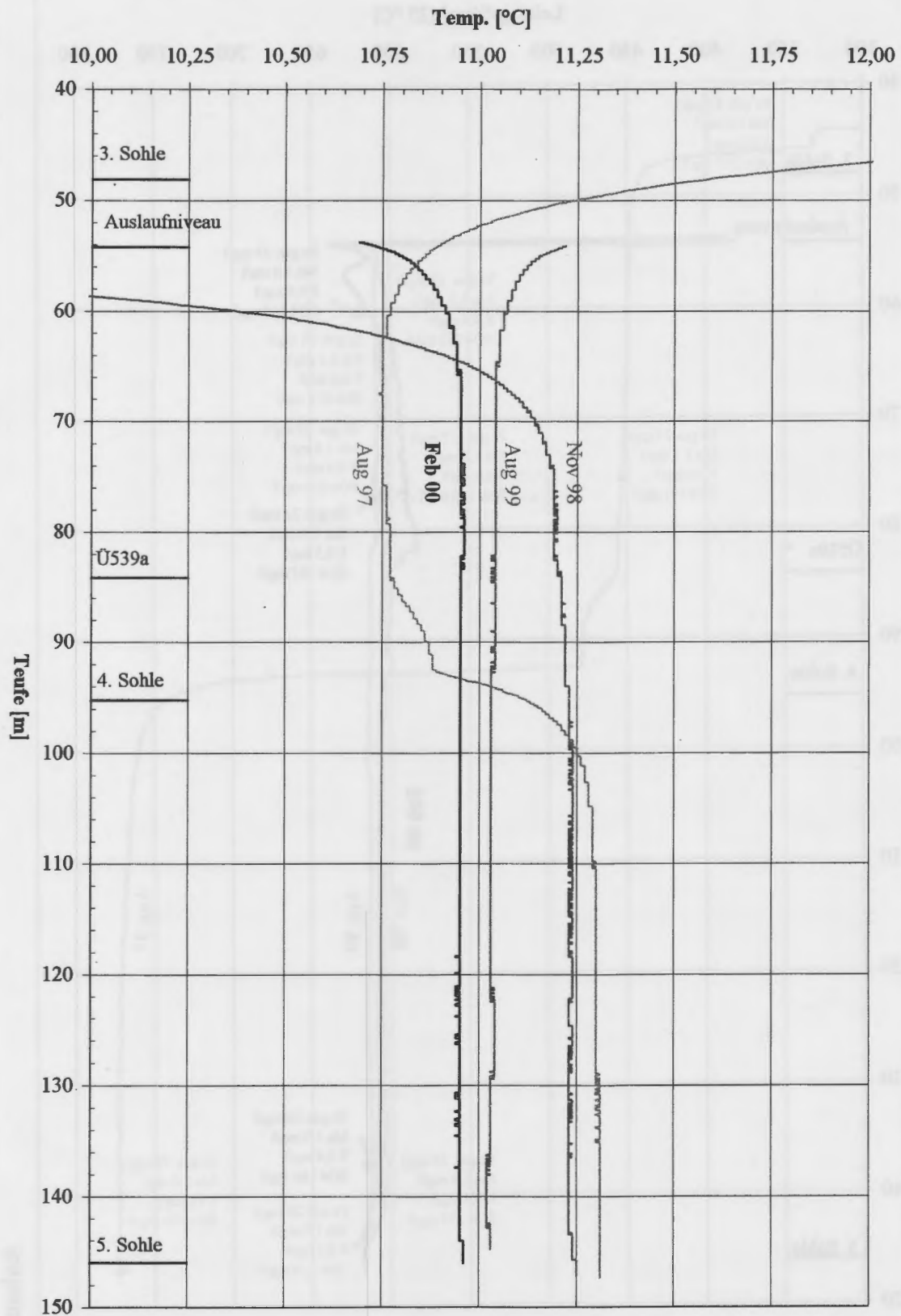
HS: Analysenergebnisse - unterh. 2. Sohle - im Vergleich

Proben- Bezeichnung		H 2	H 8	H 11	H 15	H 22	H 27	H 31	H 36	H 41	H 45	H 49
Niveau		zwischen 2. und 5. Sohle										
Höhe ca.	m NN	+ 244 m										
Teufe ca.		180 m										
Datum		15.07.92	06.05.93	14.07.94	06.12.94	13.06.95	10.01.96	09.07.96	25.08.97	26.11.98	10.08.99	24.02.00
Temp. (in situ)	°C	12,0	10,0	11,7	11,9	11,6	11,7	11,7	11,3	11,4	11,3	11,2
pH (vor Ort)		n.b.	6,7	6,2	6,2	5,9	6,4	6,4	6,3	6,4	6,2	6,5
Leitf. (in situ)	µS/cm	2802,0	2834,0	1593,0	1508,0	1296,0	1255,0	1183,0	953,0	972,0	1017,0	1012,0
Fe, ges.	mg/l	n.b.	n.b.	88,7	58,3	45,6	34,1	35,2	42,0	35,0	35,0	27,0
Fe, gel.	mg/l	48,0	45,8	75,0	54,6	44,3	31,4	34,7	40,0	29,0	29,0	24,0
Mn	mg/l	131,0	57,2	19,7	16,3	19,3	14,4	15,4	8,9	13,0	14,1	11,0
F	mg/l	112,0	31,0	19,8	20,2	17,8	14,0	10,0	10,0	11,0	9,9	9,1
SO ₄	mg/l	2370,0	1860,0	1000,0	1094,0	900,0	750,0	670,0	478,0	455,0	447,0	417,0
As	mg/l	0,011	0,37	0,3	0,28	0,08	0,08	0,11	0,96	0,16	0,11	0,03
Pb	mg/l	0,003	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,001	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Cd	mg/l	0,043	0,037	0,002	0,007	0,003	0,003	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cu	mg/l	5,29	0,068	< 0,005	0,95	0,67	0,19	0,076	0,02	0,23	0,15	< 0,05
Ni	mg/l	2,79	0,875	0,29	0,32	0,35	0,29	0,2	0,21	0,41	0,13	0,28
Zn	mg/l	13,9	4,49	0,97	1,29	1,51	1,05	0,77	0,61	0,77	0,39	0,55
Proben- Bezeichnung				H 12	H 16	H 23	H 28	H 32	H 37	H 42	H 46	H 50
Niveau		unterhalb 5. Sohle (oberes Niveau)										
Höhe ca.	m NN											
Teufe ca.												
Datum				14.07.94	06.12.94	13.06.95	10.01.96	09.07.96	25.08.97	26.11.98	10.08.99	24.02.00
Temp. (in situ)	°C			12,0	12,4	11,6	11,7	11,9	11,7	11,6	11,4	11,7
pH (vor Ort)				6,8	6,4	5,9	6,3	6,3	6,1	6,1	6,0	6,2
Leitf. (in situ)	µS/cm			2044,0	1994,0	1352,0	1323,0	1317,0	1089,0	995,0	1013,0	1081,0
Fe, ges.	mg/l			81,8	31,1	37,2	22,7	32,6	51,0	53,0	52,0	49,0
Fe, gel.	mg/l			9,1	23,0	36,3	22,3	32,2	47,0	49,0	45,0	47,0
Mn	mg/l			56,5	47,4	25,0	18,0	20,4	19,0	18,0	18,1	18,0
F	mg/l			12,8	21,9	19,3	14,0	8,5	17,0	15,0	12,0	13,0
SO ₄	mg/l			1300,0	1480,0	970,0	800,0	800,0	610,0	544,0	485,0	524,0
As	mg/l			0,026	0,02	< 0,01	< 0,01	0,04	0,05	0,07	0,07	0,02
Pb	mg/l			< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,002	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Cd	mg/l			< 0,001	0,007	0,004	0,002	0,007	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cu	mg/l			< 0,005	0,16	1,0	0,3	0,265	0,27	0,57	0,29	0,11
Ni	mg/l			0,39	0,52	0,39	0,33	0,264	0,27	0,5	0,19	0,4
Zn	mg/l			0,58	2,14	1,92	1,06	1,14	1,0	1,1	0,54	0,82
Proben- Bezeichnung		H 3	H 9	H 13	H 17	H 24	H 29	H 33	H 38	H 43	H 47	H 51
Niveau		unterhalb 5. Sohle (unteres Niveau)										
Höhe ca.	m NN	+ 117 m	+ 174 m									
Teufe ca.		307 m	250 m									
Datum		15.07.92	06.05.93	14.07.94	06.12.94	13.06.95	10.01.96	09.07.96	25.08.97	26.11.98	10.08.99	24.02.00
Temp. (in situ)	°C	12,1	10,5	12,8	12,7	11,6	11,7	11,9	11,7	11,5	11,4	11,7
pH (vor Ort)		n.b.	6,3	6,5	5,9	5,9	6,3	6,2	6,0	6,1	5,9	6,1
Leitf. (in situ)	µS/cm	2839,0	3173,0	2383,0	1966,0	1352,0	1314,0	1296,0	1074,0	990,0	998,0	1077,0
Fe, ges.	mg/l	n.b.	n.b.	62,3	52,7	38,4	23,8	38,7	53,0	52,0	58,0	51,0
Fe, gel.	mg/l	52,9	70,6	52,4	51,7	37,5	22,4	38,1	48,0	49,0	52,0	45,0
Mn	mg/l	136,0	88,4	47,7	51,3	24,3	18,3	21,5	18,0	18,0	19,3	17,0
F	mg/l	120,0	77,0	18,6	29,0	20,0	14,0	7,5	17,0	15,0	13,0	13,0
SO ₄	mg/l	2460,0	2180,0	1600,0	1525,0	970,0	800,0	810,0	600,0	528,0	495,0	525,0
As	mg/l	0,005	0,106	0,058	0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04	0,07	0,05	0,03
Pb	mg/l	0,003	0,002	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,001	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Cd	mg/l	0,047	0,037	0,002	0,012	0,004	0,002	0,006	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cu	mg/l	5,18	0,115	< 0,005	2,19	1,0	0,32	0,348	0,32	0,64	0,31	0,12
Ni	mg/l	2,83	1,41	0,63	0,82	0,41	0,35	0,325	0,28	0,36	0,18	0,38
Zn	mg/l	14,2	7,71	2,05	3,9	1,96	1,4	1,32	1,1	1,1	0,55	0,85



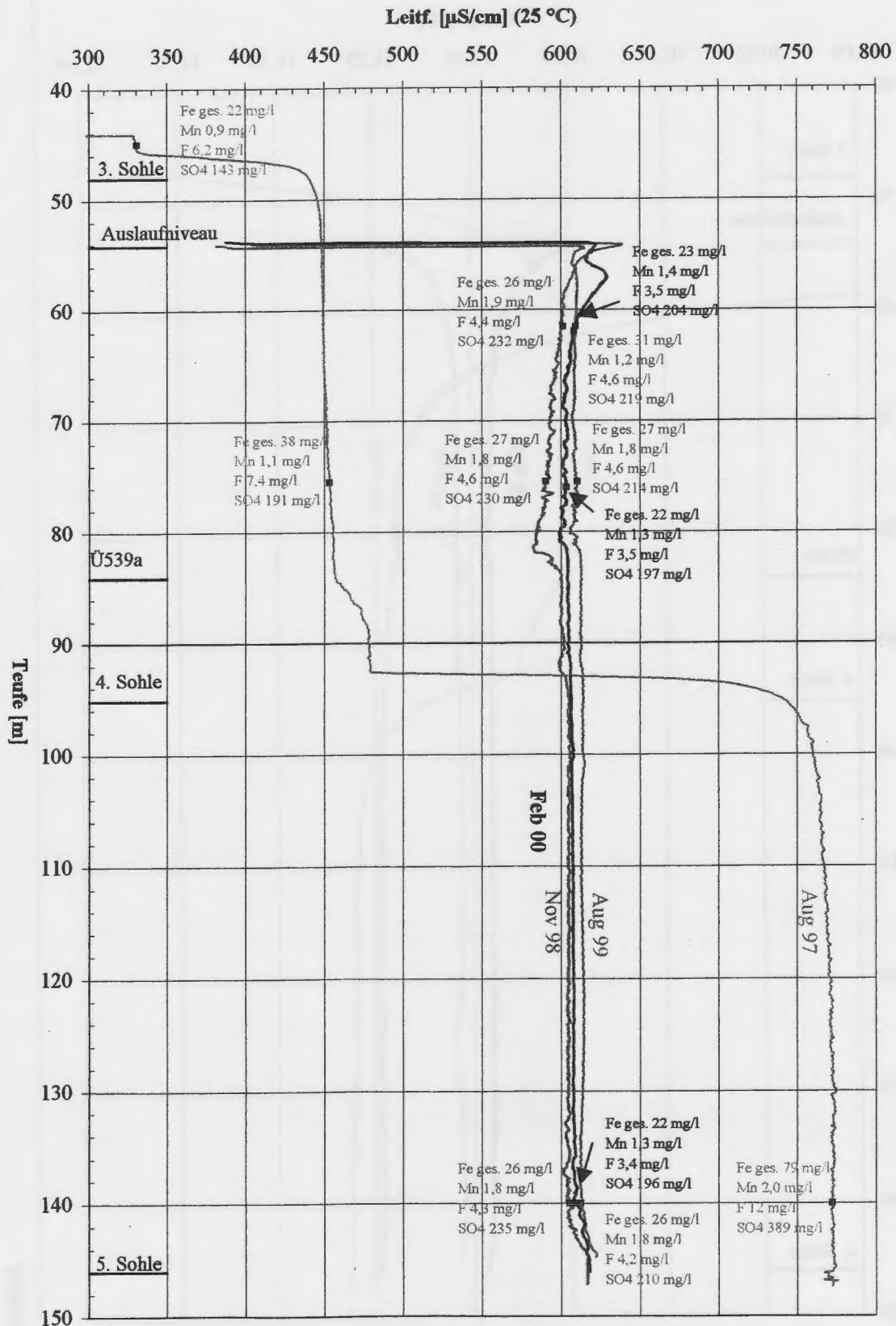
Sal/Temp-Messung Ü539

Vergleich der Temperatur-Tiefenprofile Aug. 97 bis Feb. 00

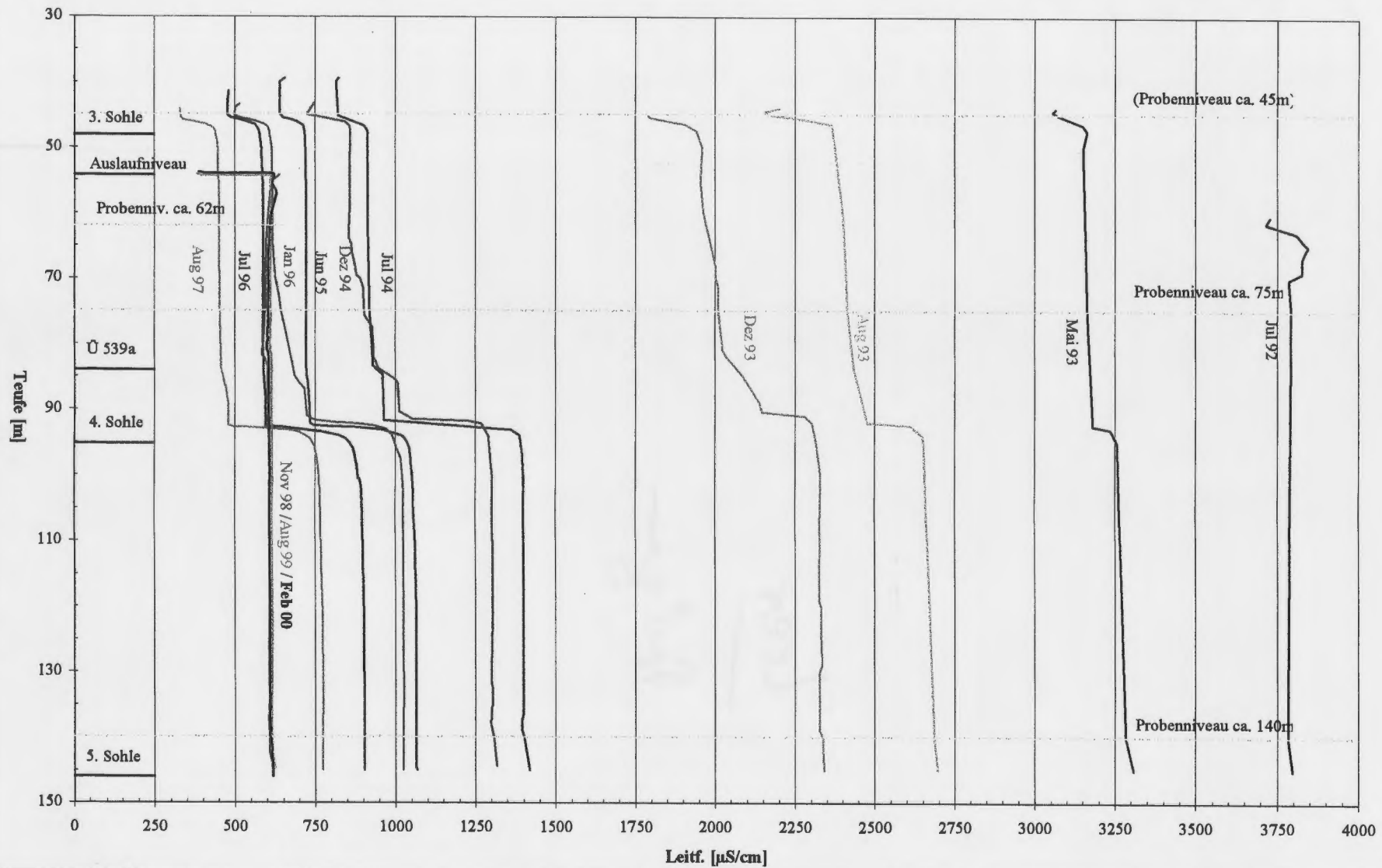


Sal/Temp-Messung Ü539

Vergleich der Leitfähigkeits-Tiefenprofile Aug. 97 bis Feb. 00



Überhauen 539: Entwicklung der Leitfähigkeit in der Wassersäule seit 1992



Revier Brachmannsberg

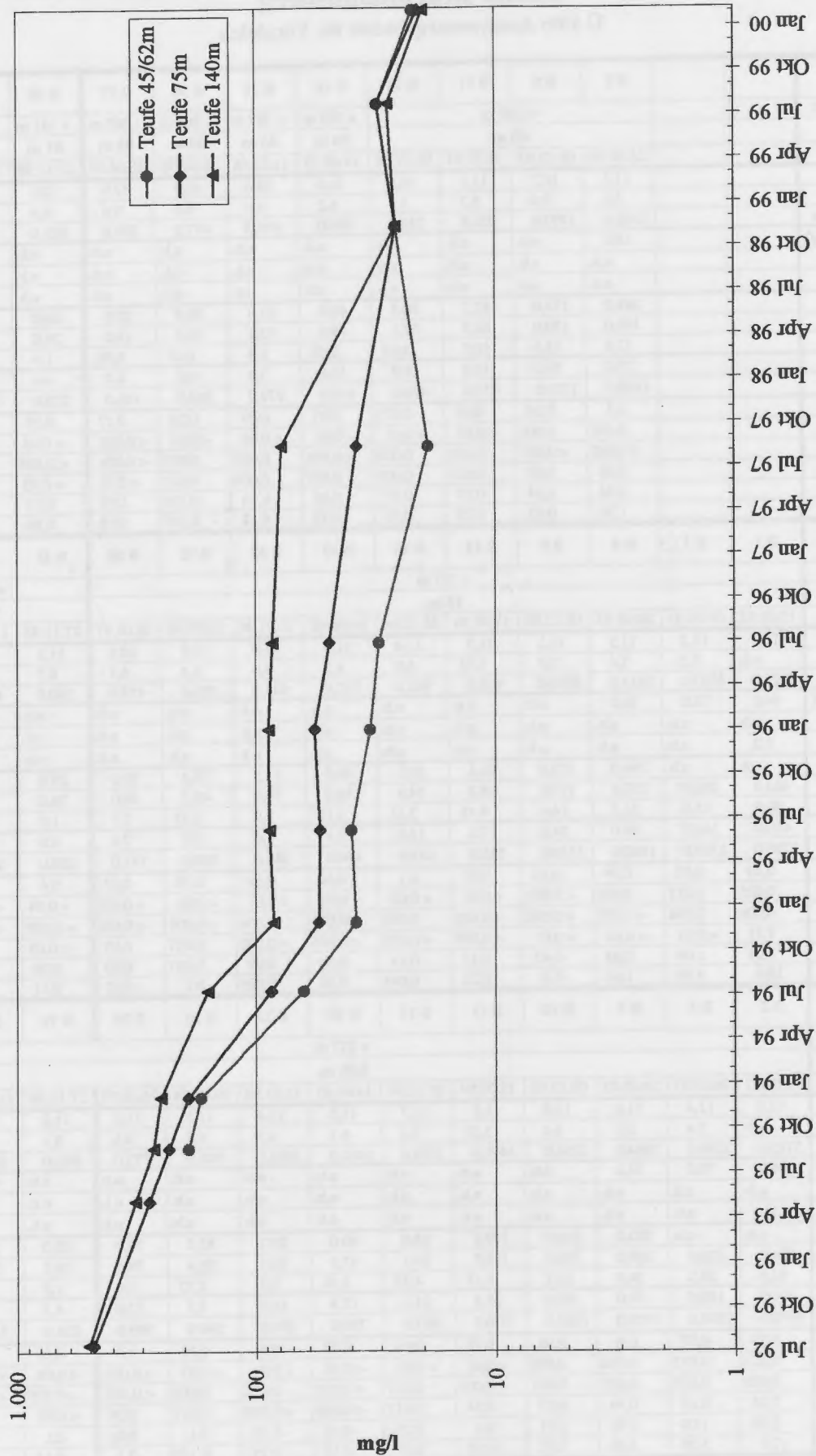
Ü 539: Analysenergebnisse im Vergleich

Proben- Bezeichnung			B 5	B 8	B 11	B 14	B 18	B 21	B 24	B 27	B 30	B 33	B 36
Höhe ca.	m NN		+ 367 m				+ 368 m	+ 367 m	+ 368 m	+ 367 m	+ 351 m	+ 350 m	
Teufe ca.			45 m				44 m	45 m	44 m	45 m	61 m	62 m	
Datum			24.08.93	08.12.93	15.07.94	05.12.94	14.06.95	11.01.96	10.07.96	26.08.97	27.11.98	11.08.99	24.02.00
Temp. (in situ)	°C		11,3	10,7	11,1	10,2	10,6	10,0	10,5	12,9	10,6	11,1	10,9
pH (vor Ort)			5,2	5,6	5,7	5,7	6,2	6,6	6,6	6,6	6,6	6,5	6,5
Leitf. (in situ)	µS/cm		2168,0	1797,0	821,0	724,0	638,0	499,0	477,0	330,0	601,0	609,0	608,0
CSB	mg O ₂ /l		18,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	< 15	n.b.
DOC	mg/l		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1,7	n.b.
NH ₄	mg/l		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,1	n.b.
Fe, ges.	mg/l		243,0	178,0	67,7	40,5	40,0	33,4	30,8	22,0	26,0	31,0	23,0
Fe, gel.	mg/l		192,0	170,0	62,9	38,1	39,8	33,2	30,6	19,0	26,0	31,0	22,0
Mn	mg/l		17,9	13,6	10,5	2,68	2,05	1,5	1,45	0,86	1,9	1,2	1,4
F	mg/l		75,0	56,0	15,0	10,9	10,0	7,0	6,5	6,2	4,4	4,6	3,5
SO ₄	mg/l		1480,0	1170,0	457,0	488,0	410,0	272,0	260,0	143,0	232,0	219,0	204,0
As	mg/l		0,3	0,24	0,07	0,075	0,07	0,07	0,24	0,17	0,39	0,37	0,17
Pb	mg/l		0,005	0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Cd	mg/l		< 0,001	< 0,001	0,001	0,002	< 0,001	0,003	0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cu	mg/l		0,06	0,03	0,015	0,008	0,007	0,006	0,015	< 0,05	< 0,05	0,02	< 0,05
Ni	mg/l		0,94	0,54	0,27	0,27	0,18	0,14	0,125	0,09	0,13	0,04	0,63
Zn	mg/l		1,76	0,82	0,75	0,33	0,32	0,12	0,195	0,08	0,16	0,05	0,12

Proben- Bezeichnung		B 1	B 3	B 6	B 9	B 12	B 16	B 19	B 22	B 25	B 28	B 31	B 34	B 37
Höhe ca.	m NN	+ 337 m											+ 336 m	
Teufe ca.		75 m											76 m	
Datum		15.07.92	06.05.93	24.08.93	08.12.93	15.07.94	05.12.94	14.06.95	11.01.96	10.07.96	26.08.97	27.11.98	11.08.99	24.02.00
Temp. (in situ)	°C	12,2	11,2	11,5	11,2	11,3	11,4	11,0	11,0	10,8	10,8	11,2	11,0	11,0
pH (vor Ort)		n.b.	5,2	5,4	5,3	5,75	5,9	6,2	6,6	6,4	6,4	6,5	6,4	6,4
Leitf. (in situ)	µS/cm	3792,0	3163,0	2414,0	2010,0	918,0	902,0	721,0	641,0	586,0	453,0	590,0	610,0	603,0
CSB	mg O ₂ /l	64,0	72,0	31,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	< 15	n.b.
DOC	mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1,3	n.b.
NH ₄	mg/l	1,2	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,11	n.b.
Fe, ges.	mg/l	n.b.	n.b.	269,0	192,0	91,1	55,5	56,0	57,5	50,2	38,0	27,0	31,0	22,0
Fe, gel.	mg/l	483,0	280,0	232,0	192,0	86,2	54,4	54,0	56,6	49,2	38,0	26,0	31,0	21,0
Mn	mg/l	80,9	25,0	21,5	14,4	4,45	3,11	2,12	1,9	1,53	1,1	1,8	1,2	1,3
F	mg/l	410,0	168,0	89,0	54,0	17,2	14,6	12,1	9,0	8,8	7,4	4,6	4,6	3,5
SO ₄	mg/l	3780,0	2320,0	1680,0	1310,0	535,0	614,0	440,0	344,0	330,0	191,0	230,0	214,0	197,0
As	mg/l	0,49	0,82	0,39	0,16	0,31	0,1	0,46	0,14	0,78	0,53	0,4	0,35	0,09
Pb	mg/l	0,025	0,011	0,001	< 0,001	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Cd	mg/l	0,026	0,004	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,002	< 0,001	0,006	< 0,001	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cu	mg/l	7,71	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,005	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,027	0,03	< 0,05	0,01	< 0,05
Ni	mg/l	3,21	1,06	0,84	0,45	0,18	0,14	0,10	0,09	0,067	0,03	0,06	0,02	0,2
Zn	mg/l	18,8	4,89	1,61	0,3	0,22	0,044	0,08	0,025	0,1	0,02	0,11	0,04	0,05

Proben- Bezeichnung		B 2	B 4	B 7	B 10	B 13	B 17	B 20	B 23	B 26	B 29	B 32	B 35	B 38
Höhe ca.	m NN	+ 272 m												
Teufe ca.		140 m												
Datum		15.07.92	06.05.93	24.08.93	08.12.93	15.07.94	05.12.94	14.06.95	11.01.96	10.07.96	26.08.97	27.11.98	11.08.99	24.02.00
Temp. (in situ)	°C	12,2	11,4	11,8	11,8	11,8	11,7	11,5	11,4	11,3	11,3	11,2	11,0	11,0
pH (vor Ort)		n.b.	5,4	5,3	5,4	5,52	5,6	6,1	6,3	6,3	6,5	6,4	6,4	6,4
Leitf. (in situ)	µS/cm	3783,0	3285,0	2684,0	2336,0	1401,0	1308,0	1062,0	1022,0	901,0	772,0	605,0	612,0	609,0
CSB	mg O ₂ /l	76,0	70,0	24,0	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	< 15	n.b.
DOC	mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1,4	n.b.
NH ₄	mg/l	1,1	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,11	n.b.
Fe, ges.	mg/l	n.b.	n.b.	282,0	250,0	159,0	85,0	90,0	89,7	85,5	79,0	26,0	28,0	22,0
Fe, gel.	mg/l	504,0	320,0	269,0	250,0	159,0	84,1	87,5	88,1	85,4	78,0	26,0	28,0	20,0
Mn	mg/l	82,6	28,2	24,8	16,7	6,15	4,75	3,34	2,9	2,72	2,0	1,8	1,2	1,3
F	mg/l	410,0	180,0	99,0	67,0	24,2	21,4	17,4	14,0	9,5	12,0	4,3	4,2	3,4
SO ₄	mg/l	4420,0	2500,0	1910,0	1580,0	950,0	987,0	730,0	670,0	560,0	389,0	235,0	210,0	196,0
As	mg/l	0,53	0,77	0,6	0,94	0,53	0,64	0,77	0,6	0,83	1,4	0,36	0,33	0,09
Pb	mg/l	0,021	0,012	0,014	0,009	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Cd	mg/l	0,026	0,005	0,003	0,001	< 0,001	0,017	< 0,001	0,022	0,005	< 0,001	< 0,005	< 0,005	< 0,005
Cu	mg/l	7,74	0,67	0,44	0,27	0,24	0,017	< 0,005	< 0,005	0,019	0,04	< 0,05	0,008	< 0,05
Ni	mg/l	2,99	1,09	0,98	0,71	0,4	0,25	0,16	0,18	0,11	0,06	0,1	0,04	0,21
Zn	mg/l	17,7	5,29	3,68	2,72	0,98	0,67	0,15	0,15	0,102	0,1	0,14	0,04	0,04

Konzentrationsentwicklung von Eisen(gel.) im Überhauen 539



Revier Hauptschacht
HS: Analysenergebnisse - oberh. 2. Sohle - im Vergleich

Proben- Bezeichnung		H 4	H 6				H 18	H 19	H 20	H 25	H 34	H 39			
Niveau		Pumpwasser, Entnahme über Tage													
Pumpniveau ca.	m NN		+ 344 m				+ 352 m	+ 340 m	+ 342 m	+ 340 m	+ 340 m	+ 336 m			
Pumptiefe ca.		?	80 m				72 m	84 m	82 m	84 m	84 m	88 m			
Datum		27.08.92	06.05.93				26.04.95	27.04.95	13.06.95	10.01.96	10.07.96	26.08.97			
Temp. (vor Ort)	°C	11,0	n.b.				11,7	11,1	11,9	10,1	12,2	13,1			
pH (vor Ort)		5,8	5,9				5,7	6,1	6,1	6,4	6,4	6,6			
Leitf. (vor Ort)	µS/cm	2496,0	n.b.				1350,0	1344,0	1517,0	1409,0	1275,0	1097,0			
Fe, ges.	mg/l		n.b.				47,8	47,5	50,3	37,6	44,2	39,0			
Fe, gel.	mg/l	54,0	106,0				45,7	45,3	49,0	36,9	43,8	38,0			
Mn	mg/l	127,0	26,6				9,22	8,42	19,4	13,1	10,9	7,4			
F	mg/l	40,0	31,0				13,4	13,5	17,8	12,0	11,0	9,0			
SO ₄	mg/l	2210,0	1650,0				740,0	760,0	880,0	710,0	630,0	453,0			
As	mg/l	0,007	5,17				1,06	1,03	0,12	0,35	0,75	0,7			
Pb	mg/l	0,01	0,038				< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001			
Cd	mg/l	0,21	0,121				0,016	0,014	0,003	0,014	0,009	0,001			
Cu	mg/l	2,6	0,924				0,31	0,24	0,82	0,29	0,071	0,02			
Ni	mg/l	3,0	1,09				0,29	0,29	0,35	0,27	0,218	0,14			
Zn	mg/l	16,0	10,6				1,69	1,62	1,55	1,15	1,03	0,66			
Proben- Bezeichnung		H 1	H 5	H 7	H 10	H 14			H 21	H 26	H 30	H 35	H 40	H 44	H 48
Niveau		oberhalb 2. Sohle													
Höhe ca.	m NN	+ 344 m	+ 350 m	+ 337 m	+ 344 m	+ 334 m			+ 346 m	+ 339 m	+ 340 m	+ 338 m	+ 343 m	+ 344 m	
Teufe ca.		80 m	74 m	87 m	80 m	90 m			78 m	85 m	84 m	86 m	81 m	80 m	
Datum		15.07.92	06.05.93		14.07.94	06.12.94			13.06.95	10.01.96	09.07.96	25.08.97	26.11.98	10.08.99	24.02.00
Temp. (in situ)	°C	10,2	8,1	9,2	10,5	11,5			11,1	11,3	9,8	10,9	10,7	10,6	10,2
pH (vor Ort)		n.b.	7,3	5,9	6,0	6,2			6,1	6,5	6,3	6,3	6,5	6,3	6,3
Leitf. (in situ)	µS/cm	1894,0	2198,0	2373,0	1147,0	1470,0			1200,0	1216,0	930,0	915,0	889,0	899,0	854,0
CSB	mg O ₂ /l	< 15	< 15	29,0	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	< 15	n.b.
DOC	mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	1,6	n.b.
NH ₄	mg/l	0,09	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.			n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	0,27	n.b.
Fe, ges.	mg/l	n.b.	n.b.	n.b.	61,4	59,4			38,7	31,0	30,4	40,0	34,0	37,0	31,0
Fe, gel.	mg/l	0,9	0,57	108,0	56,5	54,6			38,3	30,6	30,2	35,0	28,0	26,0	28,0
Mn	mg/l	4,61	4,37	26,2	11,1	15,9			12,7	13,1	4,4	7,9	10,0	10,2	6,2
F	mg/l	8,2	5,3	31,0	12,2	18,4			12,9	12,0	6,8	9,1	10,0	8,1	6,5
SO ₄	mg/l	880,0	850,0	1635,0	653,0	1053,0			800,0	710,0	520,0	466,0	422,0	391,0	359,0
As	mg/l	< 0,003	0,053	5,08	0,83	0,83			0,5	0,2	1,34	0,85	0,69	0,76	0,36
Pb	mg/l	< 0,003	0,006	0,007	< 0,01	< 0,01			< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,001	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Cd	mg/l	< 0,001	0,011	0,12	0,013	0,023			0,01	0,007	0,018	0,002	0,006	0,007	< 0,005
Cu	mg/l	0,155	0,026	0,94	0,17	0,11			0,27	0,13	0,102	0,03	0,39	0,26	0,08
Ni	mg/l	0,089	0,14	1,12	0,4	0,39			0,35	0,3	0,24	0,51	0,38	0,17	0,32
Zn	mg/l	0,725	1,0	10,9	2,35	2,11			1,95	1,1	1,65	0,72	0,92	0,54	0,87

Sal/Temp-Messung HS

Vergleich der Temperatur-Tiefenprofile Aug. 97 bis Feb. 00

