
Multitracerversuch
Straßberg/Harz

Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung
von stillgelegten Bergwerksbetrieben mbH GVV
Am Petersenschacht 9
99706 Sondershausen

30.9.2003

korrigierte Version 10.11.2003



Inhaltsverzeichnis

Anlagenverzeichnis	3
1 Zusammenfassung	4
2 Veranlassung und Aufgabenstellung	4
3 Unterlagen	5
3.1 Verwendete Unterlagen	5
3.2 Literatur	5
4 Einleitung	7
5 Beschreibung des Tracerversuchs	9
5.1 Versuchsziel.....	9
5.2 Lage und Vorfluter	10
5.3 Versuchsbeginn und -dauer	10
5.4 Eingesetzte Tracer	10
5.5 Berechnung der eingesetzten Tracermengen und dessen Verdünnung.....	11
5.6 Unbedenklichkeit der eingesetzten Tracer.....	11
5.7 Aufgabestellen	11
5.8 Entnahmestellen.....	12
5.9 Probenahme	13
6 Aufbereitung der Proben und Verschleppung	13
7 Ergebnisse des Tracerversuchs	14
8 Interpretation der Ergebnisse	15
8.1 Hinweis zu den Ergebnissen.....	15
8.2 Interpretation	16
8.3 Vergleich Tracertest 2000 und Tracertest 2003.....	19
8.4 Zusammenfassendes Ergebnis	20
9 Empfehlungen für weitere Untersuchungen	21
10 Abschließende Hinweise	21



Anlagenverzeichnis

- 1 Übersichtskarte, Maßstab 1:25 000 (1 Blatt)
- 2 a–c Lage der Zugabestelle und Beprobungsstellen, Maßstab 1:10 000 (3 Blätter)
- 3 Übersicht der Aufgabe- und Entnahmestellen, Maßstab ca. 1:25 000 (1 Blatt)
- 4 Mikrosphären Überhauen 539 (1 Blatt)
- 5 Mikrosphären Fluor-Schacht (1 Blatt)
- 6 Mikrosphären Glasebach-Schrägschacht (1 Blatt)
- 7 Auszählergebnisse Mikrosphären (3 Blätter)
- 8 Übersicht Wasserfließrichtungen, Maßstab 1:25 000 (1 Blatt)
- 9 Verbindungsmöglichkeiten im Biwender Gangzug Zentralteil zwischen der 2., 5. und 9. Sohle (2 Blätter)



1 Zusammenfassung

Vom 22.4.—31.5.2003 führte die Abteilung Hydrogeologie der Technischen Universität Bergakademie Freiberg im Auftrag der GVV (Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung von stillgelegten Bergwerksbetrieben mbH) einen Multi-Tracertest im ehemaligen Flussspatbergwerk Straßberg durch. In den Grubenrevieren Brachmannsberg, Straßberg, im Überhauen 530 sowie im Westfeld, dem „Blauen Salon“ und dem „Magazinbau“ kamen 140 mL Mikrosphären unterschiedlicher Färbung zum Einsatz. Die Injektion der Tracer erfolgte im Revier Brachmannsberg und Straßberg mittels Traceraufgabesonde (TinA, LydiA) und in den anderen Zugabestellen durch Einspülen des Tracers mit 1 m³ Wasser.

Zum Nachweis der Feststofftracer erfolgte an den Probenahmestellen im Überhauen 539, im Fluor-Schacht und im Glasebach-Schrägschacht eine kontinuierliche Wasserentnahme durch Minipumpen und Anreicherung in einem Filtersystem (MEFISTO).

Wie die Ergebnisse des Tracertests zeigen, besteht zwischen den Grubenrevieren eine gute hydraulische Verbindung, da der im Norden zugegebene Tracer (Revier Brachmannsberg) bis in den südlichsten Teil des Grubenreviers floss (Revier Glasebach). Auch zwischen dem Westfeld und dem zentralen Grubenrevier (Straßberg) besteht eine gut hydraulische Verbindung, wohingegen zwischen dem Überhauen 530 und dem „Blauen Salon“ keine Verbindung in den restlichen Grubenteil nachweisbar war. Die großräumige Fließrichtung des Grubenwassers ist von Norden nach Süden und von Nordwesten nach Südosten, wobei Geschwindigkeiten von 1—20 cm min⁻¹ bei relativ geringer hydraulischer Dispersion ermittelt wurden. Anders als beim Tracertest 2000 ließ sich zwischen dem Revier Brachmannsberg und Straßberg eine höhere Durchflussmenge ermitteln als damals (1,1 m³ min⁻¹ statt 0,7 m³ min⁻¹).

Abgesehen von den Bereichen des „Blauen Salons“ und des Überhauens 530 besteht folglich im gesamten untersuchten Bereich des Grubengebäudes eine gute hydraulische Verbindung mit effektiven mittleren Strömungsgeschwindigkeiten, die sich im Bereich des Tracertests aus dem Jahr 2000 bewegen. Die Strömungsrichtung entspricht ebenfalls der, die vor drei Jahren bestand, wohingegen die Durchflußmenge durch den Nordquerschlag zugenommen hat.

2 Veranlassung und Aufgabenstellung

Am 17.10.2002, 31.1.2003 und 5.2.2003 bat die BST Mansfeld darum, ein Konzept für einen neuerlichen Tracerversuch im gefluteten Flussspatbergwerk Straßberg zu erarbeiten, der auf dem Tracertest des Jahres 2000 aufbauen sollte (WOLKERSDORFER 2000; HASCHE 2001). Daraufhin beauftragte die Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung von stillgelegten Bergwerksbetrieben mbH (im Weiteren GVV) die TU Bergakademie Freiberg mit Vertrag-Nr. 5435003 am 5.3.2003 damit, im Raum Straßberg/Harz einen 2. Multitracerversuch durchzuführen. Grundlage des Multitracerversuchs sind der Versuchsplan vom 5.2.2003 (WOLKERSDORFER 2003) und der Vertrag vom 5.3.2003.



Ziel des kombinierten Tracerversuchs im gefluteten Flussspatbergwerk Straßberg ist, die dortigen Strömungsverhältnisse nach dem Probeanstau im Revier Brachmannsberg zu klären. Dabei ist insbesondere die hydraulische Verbindung der Bereiche Brachmannsberg, Straßberg und Glasebach zu untersuchen. Details zum Versuchsziel finden sich im Kapitel 5.1.

3 Unterlagen

3.1 Verwendete Unterlagen

BST Mansfeld GmbH & Co KG (2003): Verbindungsmöglichkeiten im Biwender Gangzug Zentralteil zwischen 2., 5. und 9. Sohle (mögliche Tracerfließwege). – 2 Seiten.

Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung von stillgelegten Bergwerksbetrieben mbH, TU Bergakademie Freiberg (2003): Vertragliche Vereinbarung vom 5.3.2003 Vertrag-Nr. 5435003, 2 S.

Wolkersdorfer, Ch. (2003): Versuchsplan 2. Multitracerversuch im Flussspatbergwerk Straßberg/Harz vom 5.2.2003, 6 S, 2 Anl.

3.2 Literatur

ARBEITSKREIS „HUMAN- UND ÖKOTOXIKOLOGISCHE BEWERTUNG VON MARKIERUNGSMITTELN IN GEWÄSSERN“ (1997): Human- und ökotoxikologische Bewertung von Markierungsmitteln in Gewässern. – Grundwasser, **2** (2): 61—64, 2 Tab.; Heidelberg.

FRANZKE, H. J. & ZERJADTKE, W. (1993): Structural Control of Hydrothermal Vein Mineralizations in the Lower Harz Mountains. – Monograph Series on Mineral Deposits, **30**: 13—33, 18 Abb.; Berlin.

HASCHE, A. (2001): Multitracerversuch in einem gefluteten Bergwerk – Vorbereitung, Durchführung, Auswertung. – 99 S., 16 Abb., 29 Tab., 36 Anl., 2 Anh.; Freiberg (Unveröff. Dipl.-Arb. TU Bergakademie Freiberg).

KLEMM, W. & DEGNER, T. (2001): Untersuchung von Parametern für die Abschätzung der zukünftigen Verbringungsmöglichkeiten von Eisenhydroxidschlamm in das Straßberger Grubengebäude. – Für: BST MANSFELD GMBH & Co. KG. – 43 S., 15 Abb., 14 Tab., 5 Anl.; Freiberg (TU Bergakademie Freiberg – Institut für Mineralogie).

LEONHARDT, A. (1994): Bewertung der geologischen, bergmännischen, hydrologischen und geomechanischen Situation im Spatrevier Rottleberode (Südharz) im Hinblick auf die Eignung der noch offenstehenden Hohlräume für Reststoffe der Spataufbereitung. – 84 S., 7 Abb., 5 Tab., 22 Anl.; Freiberg (Unveröff. Dipl.-Arb. TU Bergakademie Freiberg).

RÜTERKAMP, P. & MESSER, J. (2000): Untersuchungen zur hydraulischen und hydrochemischen Situation in den drei Teilrevieren der gefluteten Flussspatgrube Straßberg. – Für: BST MANSFELD GMBH & Co KG NIEDERRÖBLINGEN. – 46 S., 14 Anh., 3 Anl.; Essen (Deutsche Montan Technologie GmbH).



- WOLKERSDORFER, Ch. (1996): Hydrogeochemische Verhältnisse im Flutungswasser eines Uranbergwerks – Die Lagerstätte Niederschlema/Alberoda. – Clausthaler Geowissenschaftliche Dissertationen, **50**: 1—216, 131 Abb., 61 Tab.; Clausthal.
- WOLKERSDORFER, Ch. (2000): Multitracerversuch Straßberg/Harz. – Für: BST MANSFELD GMBH & CO KG NIEDERRÖBLINGEN. – 30 S., 2 Abb., 9 Tab., 18 Anl.; Freiberg (TU Bergakademie Freiberg).
- WOLKERSDORFER, Ch. (2002): Mine water tracing. – Geological Society Special Publication, **198**: 47—61, 5 Abb., 6 Tab.; London.
- WOLKERSDORFER, Ch. (2003): Tracertest Straßberg/Harz 2003 – Zwischenbericht 8.8.2003. – Für: GESELLSCHAFT ZUR VERWAHRUNG UND VERWERTUNG VON STILLGELEGTEN BERGWERKSBETRIEBEN MBH GVV. – 7 S., 7 Abb.; Freiberg/Sachsen (TU Bergakademie Freiberg – Lehrstuhl für Hydrogeologie).
- WOLKERSDORFER, Ch. & HASCHE, A. (2001): Tracer Test in the abandoned Fluorspar Mine Straßberg/Harz Mountains, Germany. – Wissenschaftliche Mitteilungen, **16**: 57—67, 5 Abb., 5 Tab.; Freiberg.

4 Einleitung

Das Bergwerk Straßberg der Gesellschaft zur Verwahrung und Verwertung von stillgelegten Bergwerksbetrieben mbH GVV Sondershausen befindet sich im Ostharz, ca. 30 km südlich von Quedlinburg und 6 km westlich von Harzgerode (Anlage 1). Bei dem Bergwerk, das zu einer der wichtigsten Fluoritlagerstätten Deutschlands zählte, handelt es sich um eine hydrothermale Ganglagerstätte, deren Hauptmasse, die Karbonat- und Fluorit-Barytmineralisationen, im jüngeren Mesozoikum entstanden ist (FRANZKE & ZERJADTKE 1993).

Bereits im Mittelalter wurde im Umfeld des Bergwerkes Bergbau betrieben. Die Hauptphase des Fluoritabbaues begann mit dem Abteufen des Fluor-Schachtes 1910 (LEONHARDT 1994). Als sich Anfang der 60iger Jahre eine Erschöpfung der Fluoritvorkommen der Lagerstätte Straßberg (Biwender-Gangzug) anbahnte, begann die Abbautätigkeit der Lagerstätte Glasebach (Straßberg-Neudorfer-Gangzug), der Lagerstätte Heimberg (Westabschnitt des Biwender-Gangzuges) und ab 1980 der Lagerstätte Brachmannsberg (Brachmannsberger-Gangzug). Diese drei Lagerstätten wurden durch jeweils etwa 3 km lange Querschläge bzw. Richtstrecken mit der zentralen Schachtanlage des Fluor-Schachtes in Straßberg und der dort befindlichen Aufbereitung verbunden (FRANZKE & ZERJADTKE 1993). Ende der 70iger Jahre war ein

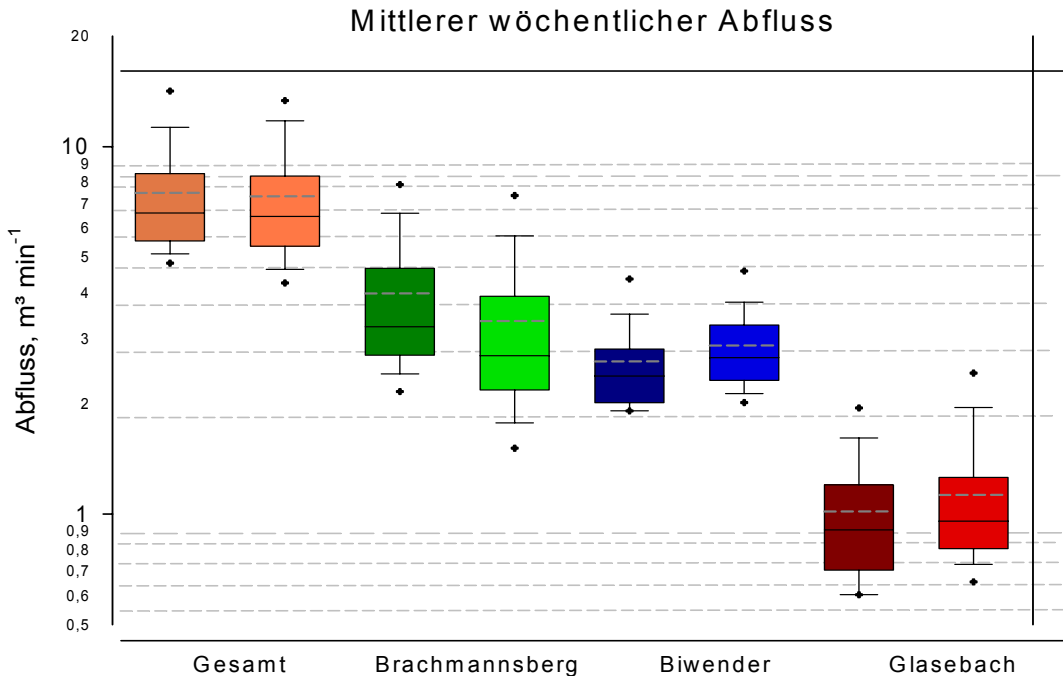


Abbildung 1: Boxplots des mittleren wöchentlichen Abflusses für das gesamte Bergwerk sowie die Reviere Brachmannsberg, Biwender und Glasebach in $\text{m}^3 \text{min}^{-1}$. Linker Boxlot jeweils vor dem Anstauversuch, rechts nach dem Anstauversuch. Logarithmische Skalierung. Die Kreuze geben jeweils das 5 % und 95 % Quantil an. Gestrichelte Linie: Mittelwert.

Abgeflossene Wassermengen

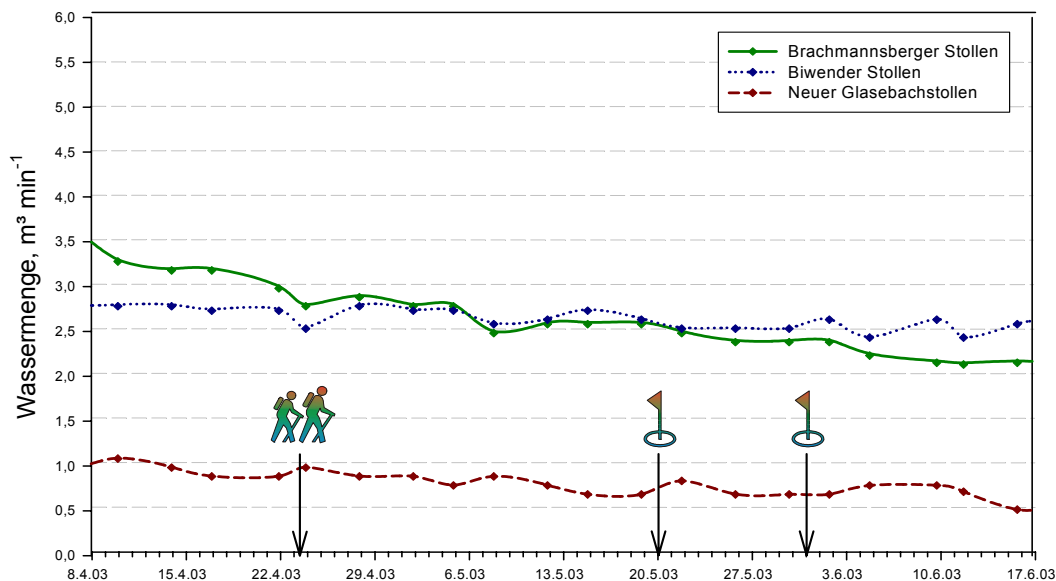




Abbildung 2: Während des Tracertests abgeflossene Wassermengen aus den drei Stollen. : Zugabe der Mikrosphären; : Ende des Tracertests am 20.5. (Glasebach) und 31.5. (Brachmannsberg, Fluor-Schacht).

Ende der Vorräte abzusehen und Pläne zur Verwahrung der Grube wurden erarbeitet.

Das Grubengebäude selbst ist ein Verbund der Reviere Straßberg, Brachmannsberg und Glasebach, die morphologisch durch das Uhlenbach- und Selketal voneinander getrennt und nur im Grubentieferen über die bergmännischen Auffahrungen der 9. Sohle (Glasebachquerschlag: zwischen Revier Straßberg und Glasebach) und 5. Sohle (Nordquerschlag: zwischen Revier Brachmannsberg und Straßberg) miteinander verbunden sind. In den 80-iger Jahren errichtete der damalige Bergbaubetrieb einen Damm auf dem Nordquerschlag, wodurch die Reviere Brachmannsberg und Straßberg voneinander getrennt wurden. Dieses Dammbauwerk ist, wie der Tracer-versuch des Jahres 2000 zeigte, mittlerweile jedoch undicht (WOLKERSDORFER & HASCHE 2001).

Am 31.5.1991 begann durch die Einstellung der Grubenwasserhaltung die Flutung der Grube, deren Wassereinzugsgebiet etwa 54 km² umfasst. Im Mittel liegen die Zuflüsse in die Grube bei 7,5 m³ min⁻¹, können aber in den Winterhalbjahren nach der Schneeschmelze kurzzeitig bis auf 17,7 m³ min⁻¹ ansteigen (RÜTERKAMP & MES-SER 2000, GVV Daten aus Datenbank). Aus den drei Stollen fließen jeweils 0,02 – 10,6 m³ min⁻¹ in die Vorflut ab (Abbildung 1, 3).

Im Grubengebäude sind von den ehemals 282.800 m³ an Hohlraumvolumen 98 % geflutet (LEONHARDT 1994), das sich wie folgt auf die drei Reviere aufteilt:

Revier Straßberg:	182.000 m ³	davon geflutet ca. 178.300 m ³
Revier Brachmannsberg:	43.400 m ³	davon geflutet ca. 42.500 m ³
Revier Glasebach:	57.400 m ³	davon geflutet ca. 56.250 m ³

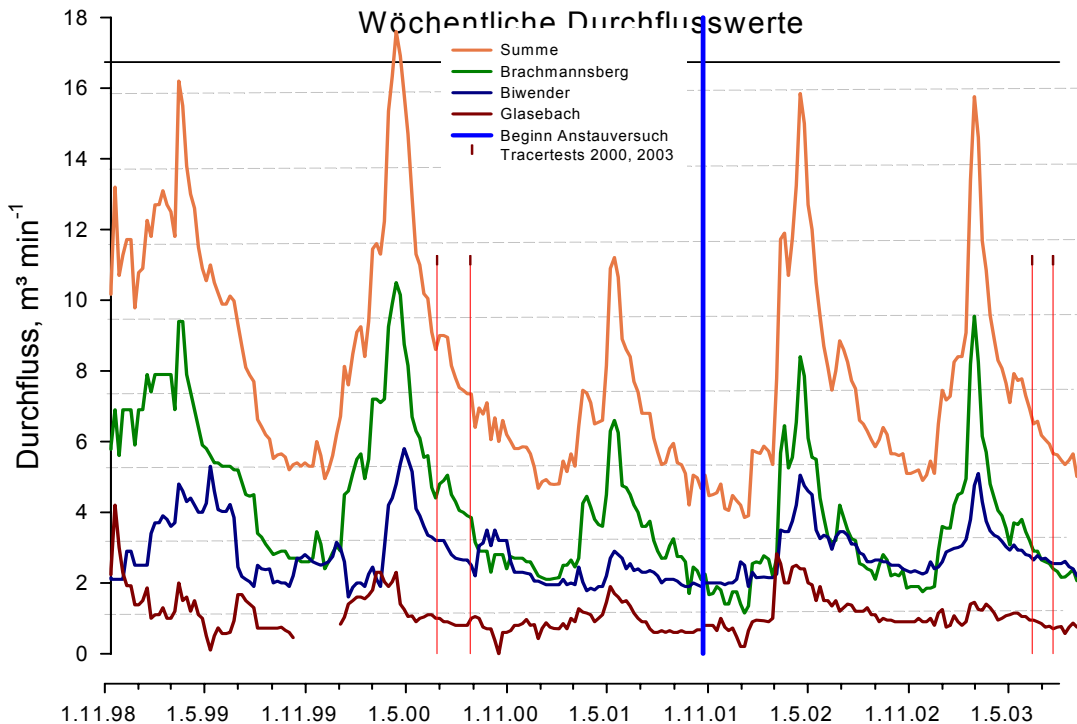


Abbildung 3: Mittlerer wöchentlicher Wasserabfluss aus den drei Stollen und dem gesamten Bergwerk Straßberg zwischen 11/1998 und 7/2003.

In den Jahren 2002 und 2003 errichtete die Betreiberin im Westfeld des Bergwerkes neue Bohrlöcher (B1/01 3F West, B2/01 3F Ost), um dort künftig den Restschlamm aus der Grubenwasseraufbereitung einzubringen. Die hydraulische Verbindung dieser Bohrlöcher mit dem restlichen Grubengebäude ist derzeit unklar, da der Tracertest des Jahres 2000 diesen Bereich nicht umfasst hatte (WOLKERSDORFER 2000). Zur Beurteilung möglicher Fließwege stellte die BST Mansfeld eine Zusammenfassung bereit, aus der potentielle Verbindungen ersichtlich sind (Anlage 9).

Im gesamten Gutachten tragen die Messstellen, wie schon im Gutachten 2000, die folgenden, einheitlichen Farbgebungen entsprechend deren relativer Wasserqualität: Brachmannsberg grün, Biwender blau und Glasebach rot. Für das gesamte Bergwerk steht meist ein orange-bräunlicher Farbton.

5 Beschreibung des Tracerversuchs

5.1 Versuchsziel

Seit dem 15.9.2001 führt die Betreiberin einen Betriebsversuch zum Wiederaustau der aufgehenden Grubenwässer im Brachmannsberger Stollen durch. Um beurteilen zu können, ob sich die Maßnahme des Probeanstaus im Brachmannsberger Revier positiv auf die Grubenwasserqualität im Auslauf des Brachmannsberger Stollen auswirkt, sollten die Strömungsverhältnisse im Grubengebäude erneut mit einem Tracerversuch untersucht werden.

Durch den Tracerversuch sollten nachfolgenden Ziele geklärt werden:



- Welche Strömungsverhältnisse haben sich im gefluteten Grubengebäude nach Ende des Probeanstaus im Revier Brachmannsberg eingestellt? Dabei ist insbesondere die hydraulische Verbindung der Bereiche Brachmannsberg und Glasebach zu untersuchen.
- Wie breiten sich die Eisen(hydr)oxid-Calciumkarbonat-Schlämme der Wasseraufbereitungsanlagen, die regelmäßig ins Bergwerk eingespült werden im untertägigen Grubenhohlraum aus? Einleitstellen sind der Blaue Salon im Niveau der 2. Sohle, ein Magazinbau zwischen der 8. und 9. Sohle und das Überhauen 530.
- Wie ist die hydraulische Verbindung zwischen den neu erstellten Bohrlöchern für die künftige Schlammeinbringung im Westfeld und dem zentralen Grubenteil beschaffen?

5.2 Lage und Vorfluter

Der Fluor-Schacht des Flussspatbergwerkes Straßberg befindet sich im Ostharz, ca. 1,5 km nördlich der Ortslage Straßberg und 6 km westlich von Harzgerode (Anlage 1, 2a—c). Das Untersuchungsgebiet besitzt eine Nord—Süd-Erstreckung von ca. 6 km und eine Ost—West-Erstreckung von ca. 3 km. Der nördlichste Punkt befindet sich im Revier Brachmannsberg ca. 1,5 km nordöstlich der Ortslage Siptenfelde. Der südlichste Punkt befindet sich im Revier Glasebach ca. 1,5 km südöstlich der Ortschaft Straßberg. Im Westen wird das Untersuchungsgebiet von den morphologischen Erhebungen des Hirschbüchenkopfs (456,1 mHN), des Ilenkopfs (425 mHN) und des Schmiedeberges (414,2 mHN) begrenzt. Im Osten grenzen der Kronsberg (423,6 mHN) und die Uhlenköpfe (403,4 mHN) an. Im Revier Glasebach ist der Könickenberg (452,8 mHN) die morphologische Südostgrenze.

Im nordöstlichen Gebietsteil ist der Uhlenbach Vorfluter für das Wasser aus dem Biwender und Brachmannsberger Stollen und entwässert nach Süden nahe der Ortschaft Silberhütte in die Selke. Ein weiterer Vorfluter ist der Wiesenbach, der das Wasser aus der Wasseraufbereitungsanlage der Schachtanlage Straßberg aufnimmt. Er mündet in westlicher Richtung in die Selke. Die Selke, als größter Vorfluter, trennt im südlichen Gebietsteil die Reviere Hauptschacht und Glasebach morphologisch voneinander und fließt östlich von Straßberg in nordöstliche Richtung ab. Das Grubenwasser aus dem Neuen Glasebach-Stollen (in der weiteren Arbeit „Glasebach-Stollen“) wird 400 m östlich Straßbergs direkt in die Selke eingeleitet. Aufgrund der Wasserhaltung und des Anstauversuchs stand das Wasser während des Tracertests im Biwender- und Glasebach-Stollen annähernd niveaugleich bei ca. 357,8 m NN, im Brachmannsberger Stollen bei ca. 364,3 m NN.

5.3 Versuchsbeginn und -dauer

Der Tracerversuch wurde im Zeitraum vom 22.4. bis 31.5.2003 im Flussspatbergwerk Straßberg/Harz durchgeführt. Aufgrund des Einsatzes einer neu entwickelten Probenahmetechnik (siehe Kap. Probenahme), erfolgte alle 36 Stunden ein Kontrollgang der Entnahmestellen sowie der Austausch und die Beprobung der Filternetze.

5.4 Eingesetzte Tracer

Basierend auf den Erfahrungen des Tracertests aus dem Jahre 2000 sowie der hydrogeochemischen und physikochemischen Eigenschaften des Grubenwassers im Flussspatbergwerk Straßberg wurden als Feststofftracer 15 µm große fluoreszierende Mik-



rosphären (Triton Technology *Dye-Trak 'F'* fluorescent microspheres und Molecular Probes *FluoSpheres®* der Firma Triton Technology Inc., 4616 Santa Fe Street, San Diego CA 92109) verschiedener Farben eingesetzt.

5.5 Berechnung der eingesetzten Tracermengen und dessen Verdünnung

Basierend auf einem Wasserzufluss von 9—15 m³/min (Monate März und April zwischen 1999 und 2002) errechnete sich eine tägliche Wassermenge von 13.900—21.600 m³, die ins Bergwerk fließt bzw. aus diesem abfließt. Während des 30-tägigen Tracerversuchs kann folglich mit einem Austausch von 140—234 % des Grubenwassers gerechnet werden, sofern eine gute hydraulische Verbindung aller Grubenbereiche unterstellt wird. Dies bedeutet, dass sich der Tracer auf eine Wassermenge von 666.000 bis 925.000 m³ Grubenwasser verteilen wird (auf 10.000 m³ gerundet). Zur Berechnung der Konzentration und der Verdünnung sei eine Wassermenge von 795.000 m³ angenommen.

Menge an Mikrosphären: pro Aufgabestelle (A-MZ, A-BS, A-WF, A-530, A-FS9, A-539) 20—40 mL Mikrosphären mit einem Durchmesser von 15 µm (ca. $4\text{--}6 \cdot 10^7$ Stück; Tabelle 1), insgesamt 140 mL, Wiederfindungsrate etwa 1 %.

Aus den vorgenannten Zahlen errechnet sich unter der Annahme einer gleichmäßigen Verteilung eine Mikrosphärenkonzentration von 400 Partikeln pro Kubikmeter Wasser. Bei jeweils 12-stündiger Probenahmedauer mit 0,2—0,3 L/min sammeln sich im Mittel 70 Mikrosphären in den Netzen an. Wie die Erfahrung aus dem Tracerversuch des Jahres 2000 zeigt, wird diese Zahl jedoch um ein vielfaches übertroffen, wodurch sich die Nachweisbarkeit signifikant erhöht (Wolkersdorfer & Hasche 2001).

5.6 Unbedenklichkeit der eingesetzten Tracer

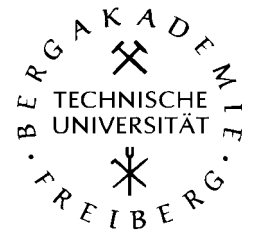
Entsprechend der vom Arbeitskreis „Human- und ökotoxikologische Bewertung von Markierungsmitteln in Gewässern“ herausgegebenen Liste (ARBEITSKREIS „HUMAN- UND ÖKOTOXIKOLOGISCHE BEWERTUNG VON MARKIERUNGSMITTELN IN GEWÄSSERN“ 1997) werden fluoreszierende Mikrosphären als toxikologisch unbedenklich eingestuft.

5.7 Aufgabestellen

Durch die kombinierte Einspeisung von mehreren Mikrosphärenfarben an verschiedenen Stellen sollte bei diesem Tracerversuch ein umfassendes Bild über die derzeitige hydrodynamische Situation zwischen den drei Grubenrevieren gewonnen werden.

Die Aufgabestellen für die Mikrosphären waren das Überhauen 539 (A-539), das Überhauen 530 (A-530), der Fluor-Schacht im Niveau der 9. Sohle (A-FS9), der „Blaue Salon“ (A-BS), der Magazinbau (A-MZ) sowie ein neu erstelltes Bohrloch im Westfeld (A-WF). In Tabelle 1 sind die Aufgabestellen und -zeiten, sowie die Mengen der Tracer zusammengefasst.

Die Tracer wurden am 24.4.2003 und am 28.4.2003 zeitlich nacheinander an den Aufgabestellen dem Grubenwasser beigegeben, wobei durch die Verwendung der Aufgabesonden für Feststofftracer LydiA (*Lycopodium* Apparat) und TinA (Tracer Injektionsapparat) bei der Aufgabestelle A-FS9 und A-539 gewährleistet werden sollte, dass die dort aufgegebenen Tracerstoffe verschleppungsfrei und möglichst tief in den Grubenwasserkörper eingebracht werden konnten.



Aufgabestelle	Bezeichnung	Aufgabezeit	Tracer	Menge
Magazinbau	A-MZ	24.4.2003 07:50—08:14	Mikrosphären „red“	40 mL
„Blauer Salon“	A-BS	24.4.2003 08:32—09:07	Mikrosphären „persimon“	20 mL
Westfeld	A-WF	24.4.2003 09:27—09:53	Mikrosphären „tangerine“	20 mL
Überhauen 530	A-530	28.4.2003 08:18—08:40	Mikrosphären „white“	20 mL
Fluor-Schacht Niveau 9.Sohle	A-FS9	28.4.2003 09:46 [©]	Mikrosphären „yellow“	20 mL
Überhauen 539	A-539	28.4.2003 11:09 [©]	Mikrosphären „orange“	20 mL

Tabelle 1: Aufgabestellen und -zeiten der Tracer des Multitracerversuchs Straßberg/Harz 2003. Bei den mit [©] gekennzeichneten Zeiten handelt es sich um die Aufgabezeit der Tracersonden LydiA und TinA.

Beim Ablassen der Aufgabesonde in den Fluor-Schacht war wenigstens ein Mal festzustellen, dass sich das Gerät verhängen hatte und erst nach Aufholen um einige Meter und erneutem Ablassen konnte die Sonde in die vorherbestimmte Teufe gebracht werden. Nach der Bergung der Sonde im Fluor-Schacht zeigte sich dann, dass die Sonde fast vollständig von Schießdraht umwickelt war. Wie der Datenlogger in der Sonde belegte, hatte dieser Draht verhindert, dass sich die Sonde öffnen konnte, so dass der Tracer aus dem Fluorschacht erst beim Aufholen der Sonde freigesetzt wurde.

Die Vor-Ort-Situationen am Überhauen 530 (A-530), Magazinbau (A-MZ), Westfeld (A-WF) und am „Blauen Salon“ (A-BS) unterscheiden sich von den oben beschriebenen Aufgabestellen. Dort ist der Zugang zum Grubengebäude jeweils nur über ein Rohr an diesen Stellen möglich. Deshalb wurden die Tracer an den jeweiligen Aufgabestellen zunächst in einem 25 L Fass mit Wasser aufgelöst, anschließend der Fassinhalt in die Aufgabestelle eingefüllt und mit 1 m³ Wasser nachgespült.

5.8 Entnahmestellen

Die Entnahmestellen für die Feststofftracer waren die untertägigen Anschläge der Überlaufstollen an den jeweiligen Schächten. In der Anlage 3 ist die genaue Lage der Entnahmestellen Überhauen 539 (E-539), Fluor-Schacht (E-FS) und Glasebach-Schrägschacht (E-GS), eingezeichnet. An diesen Stellen wurde das markierte Wasser mittels je einer kontinuierlich arbeitenden Mini-Unterwasserpumpe (Typ 199.932, Keller/Nehren; Förderleistung: 0,1—0,7 L min⁻¹), die 1—7 m unter der Wasserober-

Probenahmestelle	Startzeit Probe 1	Mittlere Zeit	Startzeit Probe 2	Mittlere Zeit
E-539	8:35 Uhr	14:35 Uhr	20:35 Uhr	2:35 Uhr
E-FS	7:00 Uhr	13:00 Uhr	19:00 Uhr	1:00 Uhr
E-GS	7:45 Uhr	13:45 Uhr	19:45 Uhr	1:45 Uhr

Tabelle 2: Auflistung der Probenahmestellen und der Probenahmeintervalle mit dem automatischen Probensammler MEFISTO sowie der mittleren Zeiten für die Berechnung der mittleren Abstandsgeschwindigkeiten.



Entnahmestelle	Pumpenleistung	Gepumpte Menge TU BA Freiberg	Abfluss BST
E-539	0,128—0,183 L min ⁻¹	6.771 L	102.728 m ³
E-FS	0,083—0,257 L min ⁻¹	7.819 L [◇]	143.666 m ³
E-GS	0,163—0,210 L min ⁻¹	6.118 L	43.854 m ³

Tabelle 3: Pumpenleistungen und geförderte Wassermengen der Keller Mini-Unterwasserpumpen sowie der BST. [◇] zwischen dem 14.5. und 20.5.2003 wurde das Wasser der Steigleitung Biwender Stollen entnommen.

fläche montiert war, in ein Spezialfiltersystem gepumpt und das Feststoffmaterial in Planktonnetzen aufgesammelt.

5.9 Probenahme

Die Probenahme für die Mikrosphären erfolgte mit dem automatischen Probensammler MEFISTO (Multiple Filter Storage Tool) im 12-stündlichen Intervall an den Entnahmestellen E-FS, E-539 und E-GS (Tabelle 2). Dort wurde ein Aliquot des Grubenwassers durch ein Spezialfiltersystem (Filtersystem aus je einem 250 × 250 mm großen Netz mit 300 µm [NY 300 HC, Hydro-Bios/Kiel] und 15 µm [NY 15 HC, Hydro-Bios/Kiel] Maschenweite) geleitet. Um eine kontinuierliche Beprobung des Wasserkörpers zu ermöglichen, wurden Mini-Unterwasserpumpen (Keller/Nehren) 1—7 m unter der Wasseroberfläche installiert und das Grubenwasser in das Filtersystem gepumpt. Von den beiden Filternetzen wurde jeweils das feinmaschigere Netz in einem Braunglas (Fassungsvermögen: 250 mL) aufbewahrt, das Glas etikettiert und mit Ort- und Zeitangabe und laufender Probennummer beschriftet (Anlage 7).

Basierend auf den Erfahrungen aus dem Tracertest im Jahre 2000 (Ansammlung großer Mengen an Eisenoocker auf den Filtern und damit ein Zusetzen der Filterporen) kam an der Entnahmestelle Glasebach (E-GS), abweichend von der obigen Beschreibung, ein grobmaschiges Netz mit einer Maschenweite von 41 µm zum Einsatz (NY 41 HC, Hydro-Bios/Kiel). Für die spätere Analyse wurden an dieser Messstelle beide Netze herangezogen.

An der Entnahmestelle E-FS kam es vom 2.5.—14.5. zu einem Pumpenausfall, dessen Ursache nicht geklärt werden konnte. Bis zum Austausch der Pumpe durch ein leistungsfähigeres Modell (Typ 200.932, Keller/Nehren) wurde ein Wasserteilstrom aus einer Steigleitung aus dem Biwender Stollen durch das Filtersystem geleitet.

6 Aufbereitung der Proben und Verschleppung

Um die Mikrosphären zu sammeln, kam ein Spezialverfahren zum Einsatz, das vom Auftragnehmer für Lycopodiumsporen entwickelt und im Rahmen des hier beschriebenen Tracerversuchs verbessert und weiterentwickelt wurde („LydiA“-System). Dazu wurden die Filternetze des Filtersystems on-site in Braungläser gefüllt, im Labor gereinigt, die Rückstände gesammelt und durch weiteres Filtern konzentriert. Die Bestimmung erfolgte dann im Fluoreszenzmikroskop LEICA DM RXE durch aliquotes Auszählen der Mikrosphären in den 164 Proben.

Dazu wurden pro Filter wenigsten 30 von 114 Feldern in vorher festgelegter, durch einen Zufallsgenerator ausgewählter Reihenfolge ausgezählt. Sofern nach 2 Feldern



bereits mehr als 200 Mikrosphären gefunden wurden, erfolgte ein Abbruch. Waren nach 30 Feldern keine Mikrosphären gefunden, wurde solange weiter gezählt, bis wenigstens eine Mikrosphäre auf dem Filter vorhanden war. Im Mittel mussten wegen der relativ geringen Wiederfindungsrate 60 Felder pro Filter ausgezählt werden (Minimum 26, Maximum 114, insgesamt 9785).

Während des Aufbereitungsprozesses im Labor kann es mitunter zur Verschleppung von Tracern kommen. Trotz mehrmaligen Spülens mit destilliertem Wasser ist es nahezu unmöglich, die verwendeten Geräte (z.B. Filterhalter, Pinzetten) absolut rückstandsfrei zu reinigen. Beim Durchfluss des Wassers lädt sich der verwendete Kunststoff geringfügig statisch auf und Tracerpartikel können an den Wandungen, vor allem aber in den Kanten zwischen Filterhalter und Auffanggefäß hängen bleiben. Obwohl Verschleppung im Gelände nahezu ausgeschlossen werden kann, da für jeden Tracer neue Latexhandschuhe verwendet wurden und möglichst nur eine Person mit dem Tracer in Kontakt kam, ist sie nicht völlig ausgeschlossen. Bei den gefundenen Tracerpartikeln „white“ (A-530) und „red“ (A-MZ) ist von Verschleppung auszugehen, da die Durchgangskurven keinen systematischen Bezug erkennen lassen.

7 Ergebnisse des Tracerversuchs

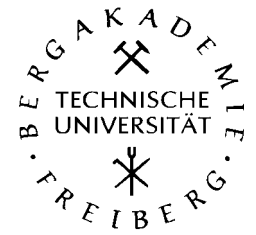
Wie die Ergebnisse zeigen (Anlagen 4—6), finden sich von den 6 zugegebenen Tracern nur 5 wieder, darunter lediglich drei in Mengen über 1 % Wiederfindungsrate (Tabelle 4). Aus dem Blauen Salon konnte weder an der Probenahmestelle Brachmannsberg, noch am Fluor-Schacht und am Glasebachschacht Tracer wieder gefunden werden. Am größten waren die absoluten Wiederfindungsrate der im Westfeld und im Überhauen 539 zugegebenen Tracer und am geringsten die des Magazinbaus, Fluor-Schachts und des Überhauens 530. In den Grafiken der Durchgangskurven sind die Tracer aus dem Überhauen 530 nicht dargestellt, da ihre Anzahl zu gering war, um sinnvoll dargestellt werden zu können.

Aus Anlage 6 wird deutlich, dass sofort nach der Tracerzugabe Mikrosphären aus dem Magazinbau im Glasebach-Schrägschacht gefunden wurden. Dies ist hydraulisch jedoch nicht möglich, sodass in diesem Fall von einer Verschleppung der Mikrosphären ausgegangen werden muss, deren Ursachen sich nicht feststellen lassen. Eine Komplettbemusterung der relevanten Filterproben bestätigte diese Vermutung.

In der Messstelle am Überhauen 539, deren Beprobung bereits am 20.5.2003 beendet wurde, finden sich Mikrosphären aus dem Überhauen 539, dem Westfeld und dem Magazinbau, von denen jedoch nur Tracer aus dem Überhauen 539 in statistisch signifikanter Menge auftreten. Alle anderen Tracer sind auf Verschleppung zurückzuführen, da sie keine klassische Durchbruchskurve aufweisen.

Im Fluor-Schacht lassen sich 2 deutliche Maxima feststellen, die von Tracern aus dem Westfeld (2.5.2003) und dem Überhauen 539 (24.5.2003) stammen. Ein statistisch signifikantes Maximum tritt weiterhin am 5.5.2003 mit Tracern aus dem Westfeld auf. Tracer aus dem Fluorschacht finden sich nur in der letzten Probe, wohingegen Tracer der drei anderen Messstellen in statistisch nicht signifikanter Menge auftreten.

Beim Glasebach-Schrägschacht kommen Mikrosphären aus dem Überhauen 539, und dem Westfeld sowie dem Magazinbau an. Alle anderen Tracer dürften erneut auf



Lokalität	E-539	E-FS	E-GS	Zugegeben	Gefunden	Wiederfindungsrate
A-BS	0	0	0	$60 \cdot 10^6$	0	0,0 %
A-530	53.695	208.805	196.091	$60 \cdot 10^6$	458.591	0,8 %
A-FS	17.834	416.465	58.409	$60 \cdot 10^6$	492.708	0,8 %
A-MZ	108.963	303.803	422.168	$40 \cdot 10^6$	834.934	2,1 %
A-WF	299.400	9.558.899	814.074	$60 \cdot 10^6$	10.672.373	17,8 %
A-539	1.303.527	11.099.057	3.309.182	$60 \cdot 10^6$	15.711.767	26,2 %
Summe	1.783.419	21.587.030	4.799.924	$340 \cdot 10^6$	28.170.372	8,3 %

Tabelle 4: Zugegebene und wieder gefundene Tracermengen aus der aliquoten Auszählung unter Berücksichtigung der gepumpten Wassermengen sowie die Wiederfindungsrate (in %).

Verschleppung während der Probenahme und Probenbehandlung beruhen. Ein deutliches Tracermaximum stellt sich am 27.5.2003 mit Tracern aus dem Überhauen 539 ein, dass danach abklingt. Im Falle der Proben vor dem 29.4.2003 kann eindeutig von Verschleppung ausgegangen werden.

Gegenüber dem Tracertest des Jahres 2000 fällt auf, dass insgesamt deutlich weniger Tracer ankamen. Beim Tracertest 2000 konnten 20.436 Mikrosphären auf den Filtern gefunden werden, wohingegen 2003 nur 1.578 Mikrosphären in den Filtern waren. Einer der Gründe liegt im fast vollständigen Ausfall des Tracers aus dem Fluor-Schacht (siehe Kapitel 5.7) und dem Überhauen 530, die beim Test 2000 zum größten Teil der Tracerzahl, nämlich 78 %, beigetragen hatten. Unter Berücksichtigung dieser Verluste ergeben sich zwischen den beiden Tracertests Ergebnisse in der gleichen Größenordnung.

8 Interpretation der Ergebnisse

8.1 Hinweis zu den Ergebnissen

Sämtliche Zählergebnisse bis zum 20.5.2003 sind die Summe der Mikrosphären, die innerhalb von 12 Stunden in den Filtersystemen aufgefangen wurden. Im Fluor-Schacht und im Glasebach-Schrägschacht wurde zwischen dem 20.5. und dem Ende des Tracertest am 31.5.2003 ein Probenahmeintervall von 89,67 Stunden gewählt, um den Tracertest noch über den geplanten Zeitraum hinaus durchführen zu können (Tabelle 2; Anlage 7). Da die Maxima der Tracerdurchgangskurven meist nur in einer Auszählung auftreten, werden zur Berechnung der mittleren effektiven Geschwindigkeiten die Werte in Tabelle 2 verwendet. Alle Geschwindigkeiten sind auf $0,01$ oder $0,001 \text{ m min}^{-1}$ gerundet und stellen mittlere effektive Geschwindigkeiten dar (Tabelle 5).

In der Anlage 7 sind die Rohergebnisse der aliquoten Auszählung aller 164 Filter aufgelistet. Die Durchmesser der Filter betragen 47 mm und die der sedimentbedeckten Oberfläche 39,0 mm. Daraus errechnet sich eine sedimentbedeckte Filterfläche von $1194,59 \text{ mm}^2$. Jedes ausgezählte Feld besitzt eine Kantenlänge von 3,24 mm und eine Fläche von $10,48 \text{ mm}^2$. Um die Anzahl der Tracer pro Filter zu ermitteln, ist folglich auf die Gesamtfläche des Filtes hochzurechnen.

Grundlage der Auszählung ist die Annahme, dass alle Feststofftracer statistisch verteilt auf den Filtern vorliegen. Daher sind für die geringste statistische Sicherheit



jeweils 30 Felder zu zählen, sofern die Anzahl der gefundenen Feststofftracer nicht bereits nach 2 Feldern größer als 200 war. Sofern sich zwischen zwei Filtern signifikante Unterschiede ergaben, wurde die Anzahl der auszählenden Felder solange erhöht, bis entweder mehr als 20 Tracerpartikel oder 20 Felder gezählt waren.

8.2 Interpretation

Als Wiederfindungsrate errechnet sich für alle Tracer und Messstellen ein Wert von 8,3 %. Dies liegt deutlich über den erwarteten 1 % aus dem Projektantrag. Da von den Zugabestellen E-BS, E-530 sowie E-FS praktisch kein Tracer angekommen war, ergibt sich sogar eine Wiederfindungsrate von 17,0 % (Tabelle 4).

Aus dem *Überhauen 530* konnten, anders als beim Tracertest des Jahres 2000 keine Mikrosphären gefunden werden. Bei den 25 gefundenen Partikeln handelt es sich mit Sicherheit um Verschleppung, da es z.B. unmöglich ist, dass bereits am Tag der Tracerzugabe Tracer im Glasebach-Schrägschacht ankommen. Offensichtlich langten die zugegebenen 1 m³ Wasser nicht aus, um die Tracer durch den LDS (Low Density Sludge) im Überhauen 530 zu spülen. Möglicherweise sind das Überhauen 530 und/oder die Ausweichstelle, auf der das Überhauen aufsitzt so weit mit LDS verfüllt, dass der hydraulische Kontakt mit dem restlichen Grubengebäude nicht herstellbar war.

Vom „*Blauen Salon*“ wurde kein einziger Tracer wieder gefunden. Der eingesetzte Tracerfarbstoff Persimon ist fluorimetrisch sehr gut detektierbar, sodass Messfehler ausgeschlossen werden können. Folglich ist davon auszugehen, dass zwischen dem Blauen Salon und dem restlichen Grubengebäude derzeit keine wirksame hydraulische Verbindung besteht, bzw. dass die Fließzeit vom Blauen Salon zum Fluor-Schacht oder dem Glasebach-Schrägschacht länger als 37 Tage ist. Letzteres ist jedoch mit großer Wahrscheinlichkeit auszuschließen. Möglicherweise ist der 2,7 · 10³ m³ umfassende „Blaue Salon“ durch die mehr als 12 · 10³ m³ hinein gespülten LDS der Grubenwasseraufbereitung angefüllt (KLEMM & DEGNER 2001), sodass die Tracerausbreitung durch den LDS verhindert wird. Gleichzeitig zeigt die Wiederfindungsrate von 0,0 %, dass die Tracerzugabemethoden des Auftragnehmers eine verschleppungsfreie Einspeisung in den Wasserkörper gewährleisten.

Ebenfalls aus dem *Magazinbau* wurden keine Tracermengen gefunden, die eine derzeit aktive hydraulische Verbindung des Magazinbaus zum restlichen Grubengebäude vermuten lassen. Von den insgesamt 49 gefundenen roten Tracerpartikeln stammen 18 (37 %) aus nur 4 Proben, die maximal 3 Tage nach Tracerzugabe im Glasebach-Schrägschacht gefunden wurden. Dies ist hydraulisch nicht möglich und muss daher auf Verschleppung zurückgeführt werden. Gleiches gilt für die roten Tracer, die im Überhauen 539 gefunden wurden. Auch dies ist hydraulisch nicht möglich und folglich sind alle Tracer, die aus dem Magazinbau gefunden wurden auf Verschleppung zurückzuführen. Es ließ sich somit keine hydraulische Verbindung zwischen dem Magazinbau und dem restlichen Grubengebäude nachweisen. Die in KLEMM & DEGNER (2001) geäußerten Vermutungen zur möglichen Ausbreitung des LDS ließen sich nicht verifizieren. Gleichwohl lässt sich nicht ausschließen, dass Fließwege nach dem Einspülen großer Mengen an Schlamm wieder geöffnet werden und eine hydraulische Verbindung vom Magazinbau in den restlichen Grubenbereich besteht. Während der 37 Tage des Tracertests bestand jedoch mit Sicherheit keine hydraulische Verbindung.



Tracer aus dem *Westfeld* wurden in statistisch signifikanten Mengen wieder gefunden. Als Wiederfindungsrate ließen sich 17,8 % errechnen. Obwohl an allen drei Messstellen Tracer aus dem Westfeld ankamen (E-539: 17 %; E-FS: 44 %, E-GS: 17 %), zeigt nur die Durchbruchskurve im Fluor-Schacht ein charakteristisches Aussehen. An den beiden anderen Messstellen muss erneut von Verschleppung des Tracers ausgegangen werden. Im Fluor-Schacht sind zwei Peaks zu erkennen, die eindeutig einem Tracerdurchgang zuordenbar sind: am 3.5. und am 6.5. Weiterhin ist davon auszugehen, dass spätestens am 17.5. der gesamte Tracer aus dem Westfeld seinen Durchgang hatte. Als mittlere effektive Geschwindigkeit errechnen sich $0,1 \text{ m min}^{-1} \pm 3 \%$.

Mit Abstand die größte Wiederfindungsrate haben die Mikrosphären aus dem *Überhauen 539*. Diese konnten zu 26,2 % an allen drei Entnahmestellen wieder gefunden werden, wobei sich die Wiederfindungsrate wie folgt aufteilt: E-539 2,5 %, E-FS 17,8 % und E-GS 5,8 %. Beim Tracertest des Jahres 2000 war es nicht möglich, die Durchgangskurve des Überhauens 539 sinnvoll auszuwerten, da sich die effektive Geschwindigkeit der im Überhauen zugegebenen Tracer zu nur $0,006 \text{ m min}^{-1}$ errechnete. Dies schien unter dem Gesichtspunkt des damals zugrunde gelegten konzeptionellen Modells unrealistisch niedrig zu sein. Bei der Auswertung der Ergebnisse aus dem Jahr 2003 ergab sich jedoch wiederum eine relativ niedrige effektive Geschwindigkeit von $0,004 \text{ m min}^{-1}$ mit einer recht großen Dispersion, sodass nunmehr davon auszugehen ist, dass das Wasser im Überhauen 539 tatsächlich sehr langsam nach oben steigt. Im Vergleich mit der Geschwindigkeit von $0,4 \text{ m min}^{-1}$, die sich durch ein Piston-Fluss-Modell errechnet, ist dies extrem gering, steht jedoch im Einklang mit allen bisher vom Auftragnehmer durchgeführten Tracertests in gefluteten Bergwerksschächten. Die mittlere effektive Geschwindigkeit zwischen dem Überhauen 539 und dem Fluor-Schacht beträgt $0,1 \text{ m min}^{-1} \pm 1 \%$ und die zwischen Überhauen 539 und Glasebach-Schrägschacht $0,2 \text{ m min}^{-1} \pm 1 \%$. Dieses Ergebnis steht sowohl bei den absoluten Werten als auch relativ zueinander im Einklang mit den Ergebnissen des Jahres 2000, wo zwischen dem Nordquerschlag und dem Fluor-Schacht eine niedrigere Geschwindigkeit von $0,1 \text{ m min}^{-1}$ und dem Glasebach-Schrägschacht eine höhere von $0,3 \text{ m min}^{-1}$ bestimmt werden konnte.

Von	Nach	Start	Ankunft	v_{eff}	Fehler	Distanz
A-539	E-FS	28.4.03 15:14	22.5.03 12:00	$0,10 \text{ m min}^{-1}$	$\pm 1 \%$	3539 m
A-539	E-GS	28.4.03 15:14	25.5.03 22:15	$0,17 \text{ m min}^{-1}$	$\pm 1 \%$	6564 m
A-WF	E-FS	24.4.03 9:27	2.5.03 7:00	$0,10 \text{ m min}^{-1}$	$\pm 3 \%$	1181 m
A-WF	E-FS	24.4.03 9:27	5.5.03 13:00	$0,07 \text{ m min}^{-1}$	$\pm 2 \%$	1181 m
A-539	E-539	28.4.03 15:14	17.5.03 2:35	$0,004 \text{ m min}^{-1}$	$\pm 2 \%$	93 m
A-539	E-539	7.6.00 6:44	18.6.00 1:00	$0,006 \text{ m min}^{-1}$	$\pm 2 \%$	93 m
A-FS9	E-FS	20.5.03 11:59	1.6.03 6:45	$0,014 \text{ m min}^{-1}$	$\pm 16 \%$	238 m

Tabelle 5: Mittlere effektive Geschwindigkeiten des Grubenwassers im Bergwerk Straßberg. Zusätzlich die Auswertung der Probenahmestelle E-539 aus dem Tracertest 2000. Fehlerrechnung basiert auf der dominierenden Durchflusszeit ± 6 Stunden und einem Fehler von $\pm 10 \%$ bei der Berechnung der Distanzen.



Wie schon oben beschrieben, öffnete sich die Tracersonde im *Fluor-Schacht* erst beim Aufholen gegen Ende des Tracertests. Da nach dem Aufholen das Probenahmeintervall von 12 Stunden auf 89,67 Stunden erhöht wurde, lässt sich das Maximum der Tracerdurchgangskurve nicht mit der gleichen Genauigkeit angeben, wie bei den anderen Probenahmestellen. Es könnte folglich sein, dass die Geschwindigkeit im Fluor-Schacht höher ist als die ermittelte von $0,014 \text{ m min}^{-1} \pm 16 \%$, jedoch

Entfernung, km	Effektive Geschwindigkeit, m min^{-1}	Quelle
0,2	0,001	ALJOE & HAWKINS 1993
0,093	0,004	Straßberg 2003
0,044	> 0,004	ALJOE & HAWKINS 1993
0,093	0,006	Straßberg 2000
0,077	0,01	CANTY & EVERETT 1999
0,13	0,01	ALJOE & HAWKINS 1994
0,780	0,01	WOLKERSDORFER 1996
0,238	0,014	Straßberg 2003
1,182	0,07	Straßberg 2003
0,35	0,1	MATHER <i>et al.</i> 1969
1,181	0,1	Straßberg 2003
3,539	0,1	Straßberg 2003
0,077	0,12	CANTY & EVERETT 1999
0,077	0,14	CANTY & EVERETT 1999
0,171	0,17	CANTY & EVERETT 1999
6,564	0,17	Straßberg 2003
0,283	0,1 bis 0,2	Straßberg 2000
1,773	0,1 bis 0,2	Straßberg 2000
1,7	0,1 bis 0,3	PARSONS & HUNTER 1972
0,229	0,23	CANTY & EVERETT 1999
3,180	0,2 bis 1,2	Straßberg 2000
3,6	0,3	ALDOUS & SMART 1987
4,798	0,3	Straßberg 2000
0,15	0,4	MATHER <i>et al.</i> 1969
0,172	0,4	WOLKERSDORFER <i>et al.</i> 1997
0,216	0,5	WOLKERSDORFER <i>et al.</i> 1997
0,220	0,5	WOLKERSDORFER <i>et al.</i> 1997
0,2	0,6	MATHER <i>et al.</i> 1969
0,5	1,3	ALDOUS & SMART 1987
2,250	1,5	Straßberg 2000
0,776	1,6	WOLKERSDORFER <i>et al.</i> 1997
0,736	1,8	WOLKERSDORFER <i>et al.</i> 1997
0,780	2,0	WOLKERSDORFER <i>et al.</i> 1997
2,159	5,7	WOLKERSDORFER <i>et al.</i> 1997
2,723	7,9	WOLKERSDORFER <i>et al.</i> 1997
0,5	11,1	ALDOUS & SMART 1987

Tabelle 6: Auflistung aller bislang publizierten Tracertests in gefluteten Bergwerken (ergänzt aus WOLKERSDORFER 2002; Quellen siehe dort).



noch immer niedriger als beim Tracertest 2000. Da in gefluteten Bergwerksschächten fast immer mit angeströmten Gegenständen, vor allem Holz und Draht zu rechnen ist, treffen weder der Betreiber (BST) noch der Auftragnehmer (TU Bergakademie Freiberg) ein Verschulden hinsichtlich der „verschnürten“ LydiA. Tracer aus dem Fluor-Schacht traten in keiner der beiden anderen Probenahmestellen auf.

Um die ermittelten effektiven Geschwindigkeiten auch absolut einordnen zu können, seien sie mit allen weltweit bislang bekannten und ausgewerteten Tracertests verglichen. Ohne die neuen Tracertests beträgt die zu erwartende mittlere Geschwindigkeit $0,3\text{—}1,7\text{ m min}^{-1}$ (95% Konfidenzintervall, ohne den Minimal- und Maximalwert). Wie schon beim Tracertest des Jahres 2000, liegen fast alle Geschwindigkeiten unter diesen Werten. Zusammen mit den sechs neuen Werten ergeben sich 36 auswertbare Tracertests aus denen sich die neue mittlere Geschwindigkeit geringfügig zu $0,2\text{—}1,4\text{ m min}^{-1}$ ändert. Dennoch liegen alle beim Tracertest 2003 ermittelten effektiven Geschwindigkeiten an der unteren Grenze des Konfidenzintervalls. Folglich ist das geflutete Flussspatbergwerk Straßberg als ein Bergwerk mit relativ niedrigen Wassergeschwindigkeiten anzusehen, was auf einen relativ geringen hydraulischen Gradienten im Grubengebäude hinweist.

Beim Vergleich der ermittelten Geschwindigkeiten der beiden Tracertests ergibt sich folgendes Bild: im Jahr 2000 war das Mittel bei $0,04\text{—}0,6\text{ m min}^{-1}$ und im Jahr 2003 bei $0,01\text{—}0,14\text{ m min}^{-1}$ (95 % Konfidenzintervall, jeweils ohne den Minimal und Maximalwert). Die Geschwindigkeiten haben sich somit gegenüber dem Tracertest 2000 verringert, was vor allem auf die niederschlagsbedingt deutlich geringeren Wasserzuflüsse zurückzuführen sein dürfte. Während 2000 im Verlauf des Tracertests im Mittel $8\text{ m}^3\text{ min}^{-1}$ aus dem Bergwerk flossen waren es 2003 nur $6\text{ m}^3\text{ min}^{-1}$ (Abbildung 3).

Ein wesentlicher Unterschied ergibt sich zwischen den beiden Tests. Während im Jahr 2000, außer im Überhauen 539 selbst, kein Tracer vom Überhauen 539 gefunden werden konnte und eine hydraulische Verbindung nur vermutet wurde, kamen im Jahr 2003 an allen drei Messstellen Tracer aus dem Überhauen 539 an.

8.3 Vergleich Tracertest 2000 und Tracertest 2003

Im Gutachten zum Tracertest 2000 wird im Kapitel 7.6 versucht, die Mengen abzuschätzen, die vom Brachmannsberg zum Glasbach fließen. Dabei wurde von einer Menge von 1 m^3 Wasser ausgegangen, das aus dem Nordquerschlag ins Revier Glasebach fließt. Unter dieser Annahme und den Ergebnissen des damaligen Tracertests wurde die Hypothese aufgestellt, dass der größte Teil des Wassers, das im Glasebach aus dem Bergwerk fließt aus dem Revier Brachmannsberg kommen würde. Gleichzeitig war davon ausgegangen worden, dass 40 % der Wassermenge aus dem Nordquerschlag über den Fluor-Schacht und 60 % über den Glasbachquerschlag abfließt. Aus den nunmehr vorliegenden Ergebnissen zeigt sich, dass dieses Verhältnis in etwa 75:25 ist, folglich nahezu einer Umkehrung der Verhältnisse entspricht.

Wie lässt sich dieser zunächst offensichtliche Widerspruch klären? Dazu wurde ein empirisches Modell aufgestellt, das von der Annahme ausgeht, dass vor dem Probeanstau ein Verhältnis von 40:60 und nach dem Probeanstau eines von 75:25 existiert. Zusätzlich wurde der Median der Abflusswerte der einzelnen Stollen vor und nach dem Probeanstau hinzugezogen und in einem ersten Schritt ein Zufluss aus dem Nordquerschlag von 1 m^3 vor dem Probeanstau angenommen. Weiterhin wurde im



Fluor-Schacht ein Verhältnis von 80:20 aufsteigendes Wasser und abfließendes in den Glasebach und nach dem Probeanstau von 75:25 (Ergebnisse des Tracertests 2003 aus den Werten Westfeld) angenommen. Darüber hinaus zeigen die Unterschiede der Wassermengen vor und nach dem Anstau, dass zusammen etwa 0,4—0,6 m³ min⁻¹ mehr Wasser aus dem Glasebach- und Fluor-Schacht aufsteigen.

Bei diesem Modell zeigt sich ein Wasserüberschuss im Fluor- und Glasebachschacht von 0,1 m³ min⁻¹ gegenüber den Werten vor dem Probeanstau. Mithilfe eines iterativen Verfahrens wurde dieses Defizit nunmehr auf 0 m³ min⁻¹ herabgesetzt. Dabei zeigte sich, dass sich die oben angeführten, scheinbaren Widersprüche widerspruchsfrei erklären lassen. Dazu muss ein anfänglicher Wasserzufluss aus dem Nordquerschlag von 0,7 m³ min⁻¹ angenommen werden. Nach dem Probeanstau flossen 1,1 m³ Wasser durch den Nordquerschlag Richtung Süden in den Fluor-Schacht und den Glasebach-Schrägschacht.

Aus der vorgenannten Modellierung zusammen mit den Ergebnissen des Tracertests 2003 lässt sich ableiten, dass durch den Probeanstau eine größere Menge an Wasser durch den Nordquerschlag ins Revier Straßberg und Glasebach fließt als vor dem Probeanstau, wobei jedoch der überwiegende Teil des Wassers im Revier Straßberg und nur ein kleiner Teil über das Revier Glasbach abfließt.

Eine Bilanzierung der Schadstofffrachten erfolgte bereits im Zwischenbericht an die GVV (WOLKERSDORFER 2003). Darauf sei hier nicht nochmals eingegangen, da sich keine signifikanten Änderungen der Verhältnisse des Tracertests 2000 und 2003 ergeben.

8.4 Zusammenfassendes Ergebnis

Wie die Ergebnisse des Tracertests zeigen, besteht zwischen den Revieren Brachmannsberg und Glasebach eine gute hydraulische Verbindung mit mittleren effektiven Geschwindigkeiten mit 0,1—0,2 m min⁻¹. Im Gegensatz zum Tracertest des Jahres 2000 ist die hydraulische Verbindung dieses Mal sehr gut belegt, was auf den Probeanstau im Revier Brachmannsberg zurückzuführen ist, durch den eine größere Menge Wasser in den Süden abströmt als noch vor 3 Jahren. Die großräumige Strömungsrichtung deckt sich mit der des Jahres 2000 und die geringfügig niedrigeren Strömungsgeschwindigkeiten bewegen sich im gleichen Größenordnungsbereich wie die vor drei Jahren (Anlage 8).

Weder der Tracer aus dem Blauen Salon noch der Tracer aus dem Magazinbau konnten wieder gefunden werden. Dies deutet darauf hin, dass sich der Tracer nicht durch den LDS hindurch in größere Tiefen des Bergwerks bewegen kann. Folglich verhindert der eingebrachte LDS ein freies Durchströmen des Tracers von der Zugabestelle zur Entnahmestelle. Denkbar ist auch, dass die verfüllbaren Hohlräume in diesen Bereichen weitgehend ausgeschöpft sind. Gleiches muss auch für das Überhauen 530 angenommen werden. Auch von dort ließ sich kein Tracer nachweisen, sodass ebenfalls davon auszugehen ist, dass der zur Verfügung stehende Hohlraum weitgehend verfüllt ist. Dies gilt nicht für den Nordquerschlag, der weiterhin eine gute hydraulische Verbindung zwischen den Grubenrevieren Brachmannsberg und Straßberg besitzt.

Ein völlig neues Ergebnis ist die Tatsache, dass zwischen den Bohrlöchern im Westfeld und dem Fluor-Schacht sowie dem Revier Glasebach eine sehr gute hydraulische



Verbindung besteht. Die Tracer aus dem Westfeld kamen in beiden Revieren in recht großen Mengen an.

Alle Versuchsziele wurden somit erreicht, wenngleich die Bereiche Blauer Salon und Magazinbau nur durch das Nichtvorhandensein von Tracer einer Beurteilung unterlagen. Außerdem lässt sich feststellen, dass der Probeanstau im Revier Brachmannsberg zu keiner Verschlechterung der hydraulischen Situation beigetragen hat, wohl aber zu einer geringfügigen Änderung der Stoffströme.

9 Empfehlungen für weitere Untersuchungen

Aus Sicht der Gutachter besteht derzeit kein weiterer Untersuchungsbedarf zur *hydraulischen Situation* im Bergwerk Straßberg, sofern die derzeitige 3-Stollen-Technologie beibehalten werden soll. Aus den bislang vorliegenden Ergebnissen sollte es möglich sein, ein umfassendes Bild der hydraulischen und hydrogeologischen Verhältnisse des Bergwerks Straßberg zu erstellen.

10 Abschließende Hinweise

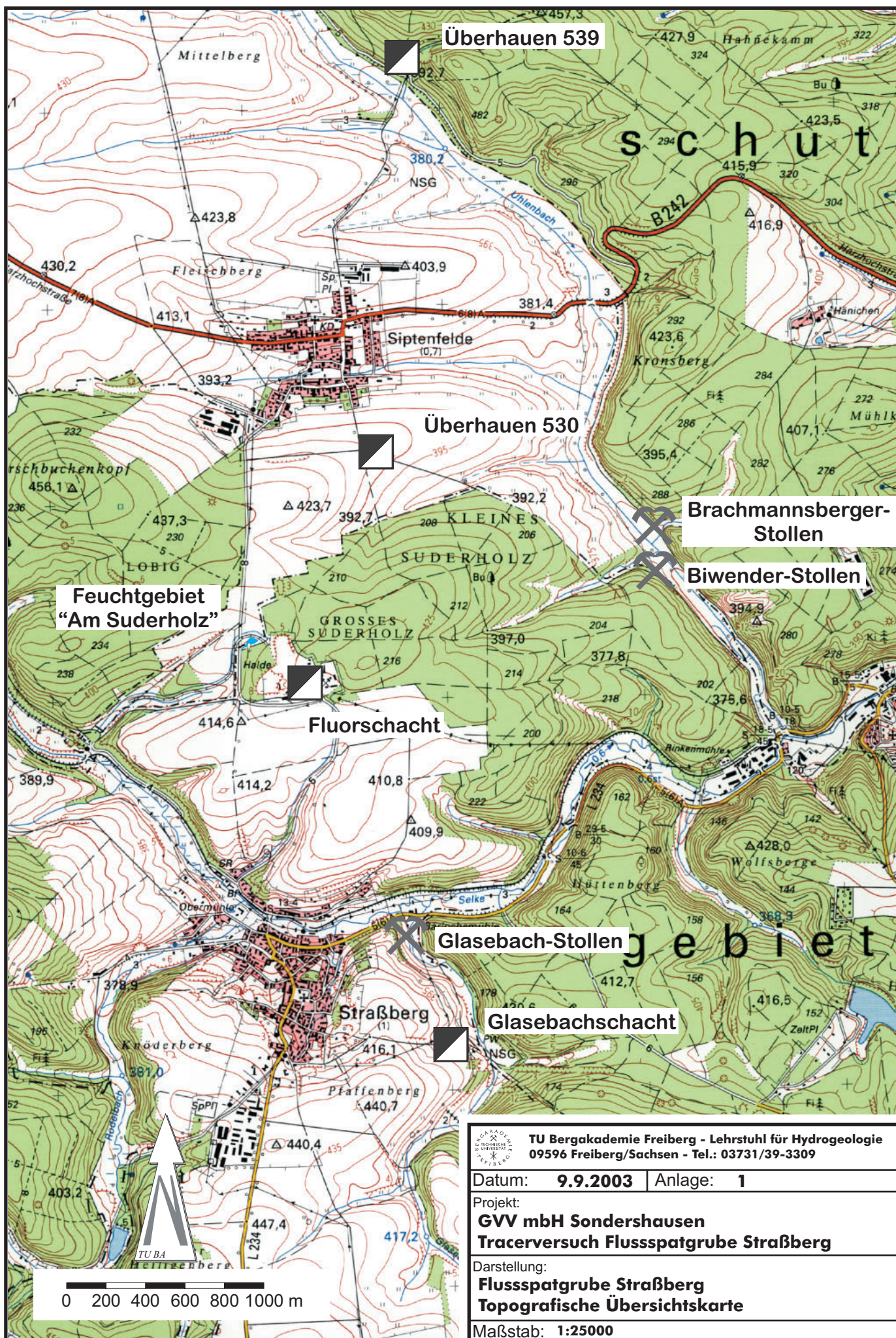
Die hydrodynamischen Verhältnisse im Bereich des ehemaligen Flussspatbergwerks Straßberg/Harz wurden basierend auf den in Kapitel 5 dargelegten Labor- und Geländeuntersuchungen beurteilt und beschrieben. Die Aufgabenstellung mit den dazugehörigen Unterlagen für die Bearbeitung stellte die GVV zur Verfügung. Ergeben sich neue Erkenntnisse, die sich auf die Aussagen des Gutachtens auswirken könnten, so sollten diese dem Projektverantwortlichen der TU Bergakademie Freiberg mitgeteilt werden, um gegebenenfalls die hier getroffenen Beurteilungen angleichen zu können.

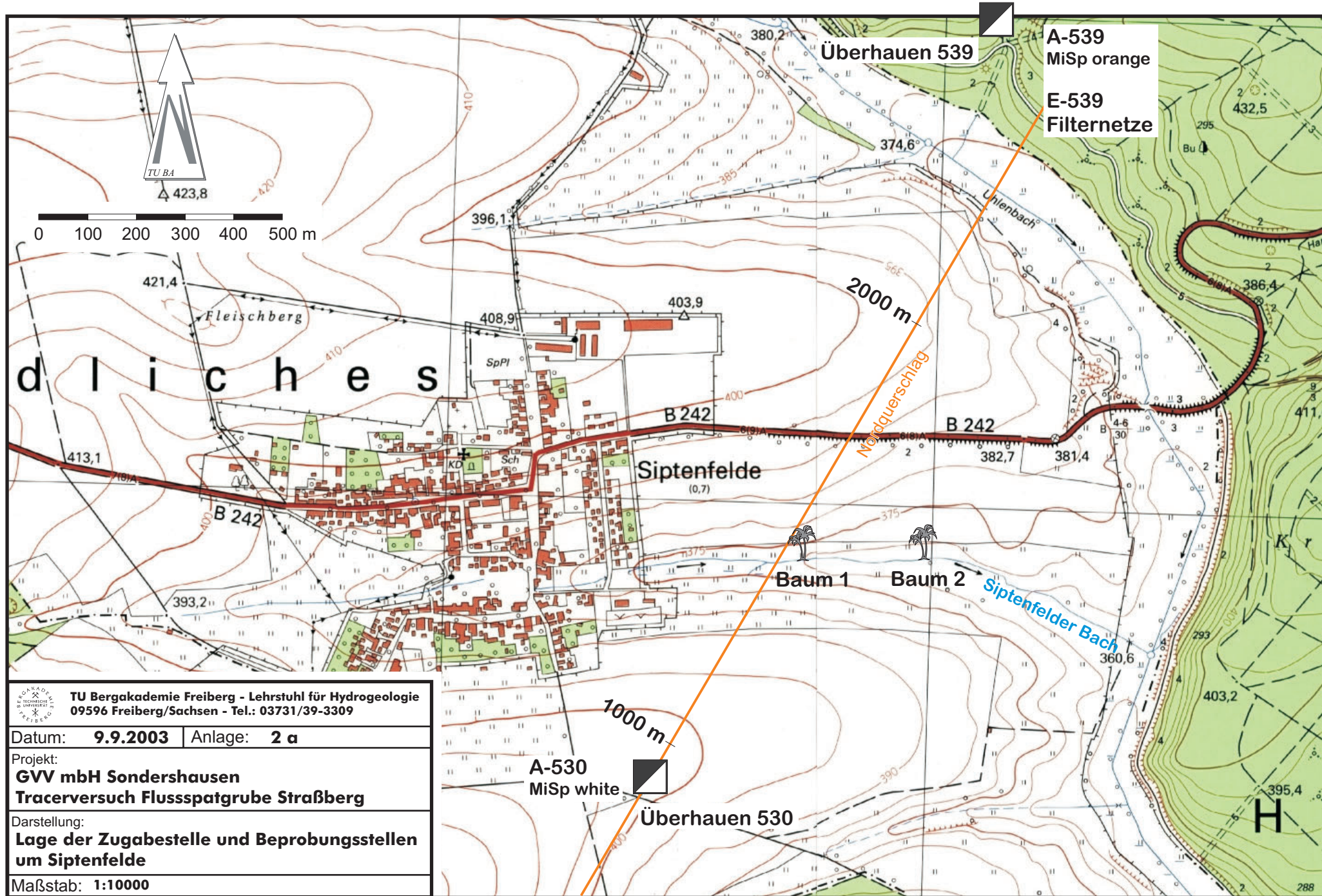
Für Fragen, die bei der weiteren Ausführung des Projekts auftreten, stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Freiberg/Sachsen, am 30.9.2003.

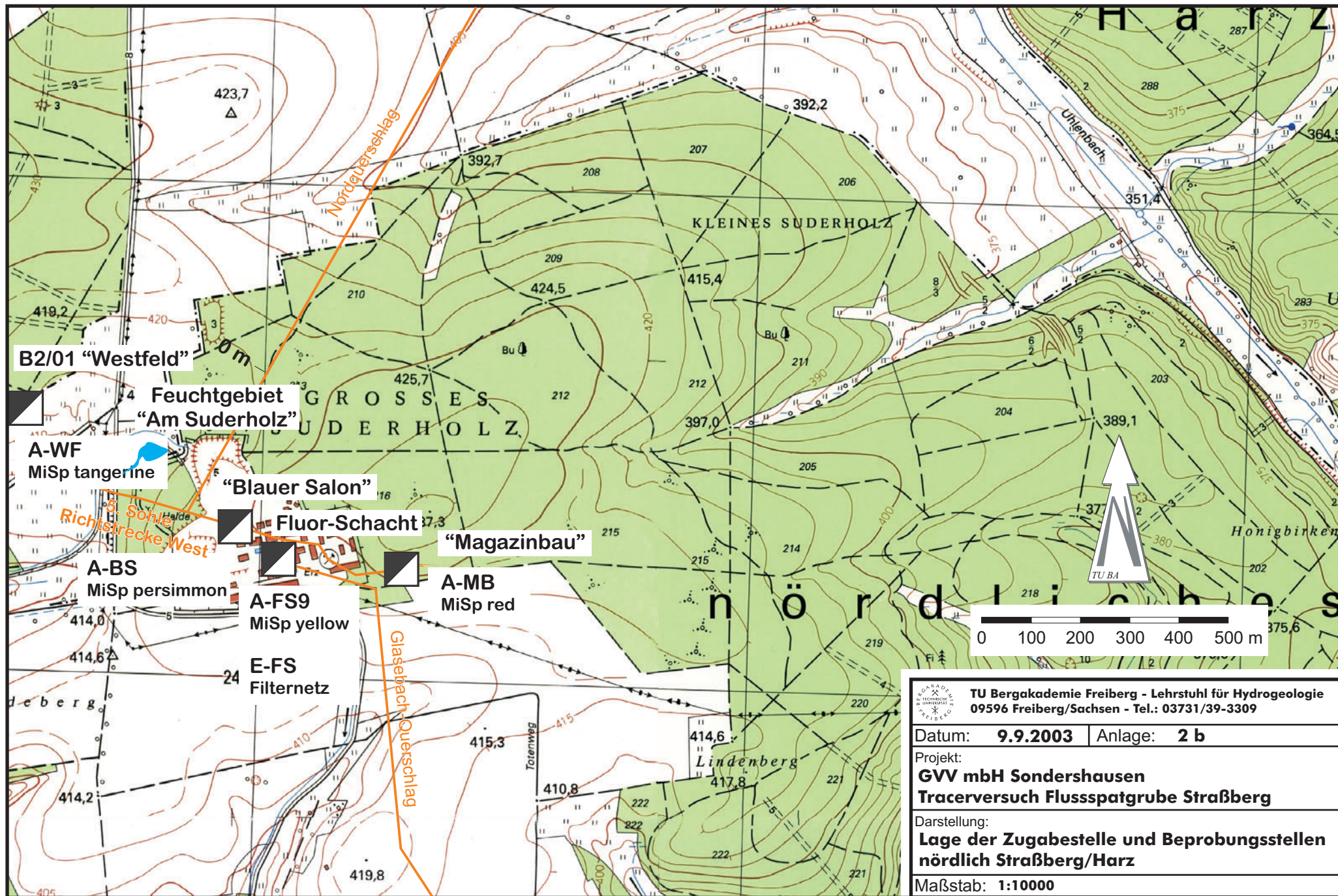
Dr. Ch. Wolkersdorfer
Diplomgeologe

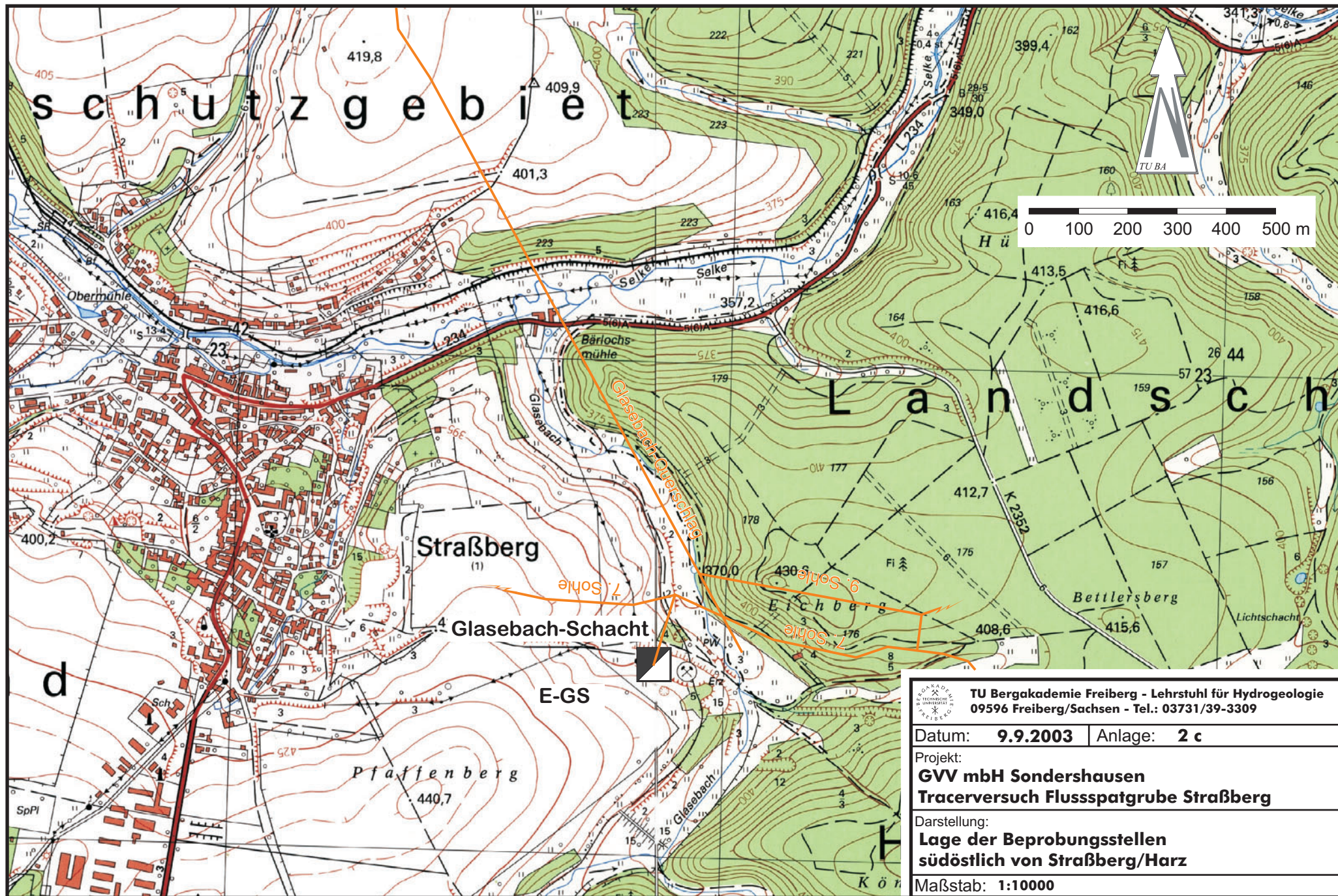
A. Hasche
Diplomgeologe



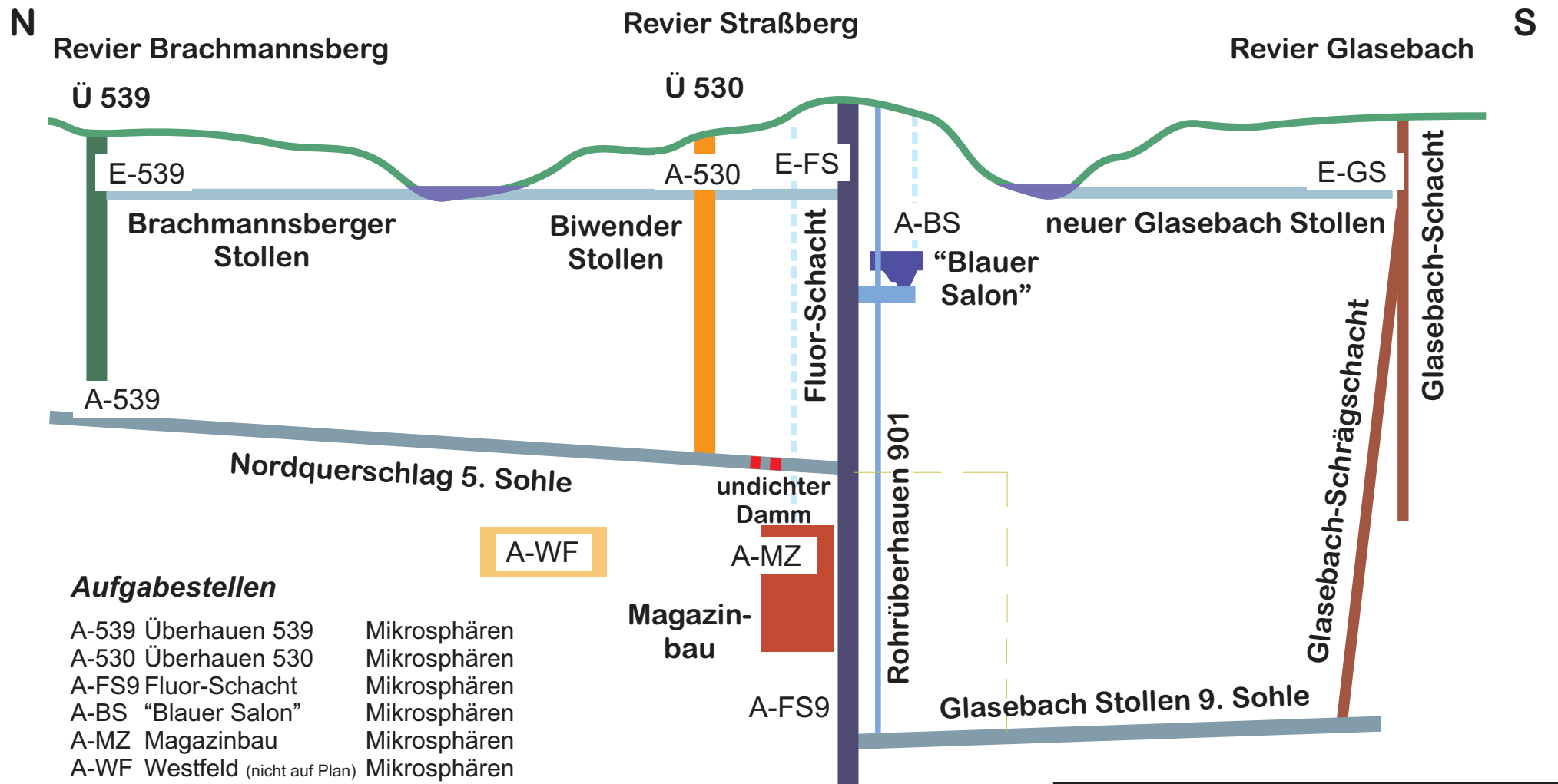


	TU Bergakademie Freiberg - Lehrstuhl für Hydrogeologie 09596 Freiberg/Sachsen - Tel.: 03731/39-3309
Datum: 9.9.2003	Anlage: 2 a
Projekt: GVV mbH Sondershausen Tracerversuch Flussspatgrube Straßberg	
Darstellung: Lage der Zugabestelle und Beprobungsstellen um Siptenfelde	
Maßstab: 1:10000	





	TU Bergakademie Freiberg - Lehrstuhl für Hydrogeologie 09596 Freiberg/Sachsen - Tel.: 03731/39-3309
Datum: 9.9.2003	Anlage: 2 c
Projekt: GVV mbH Sondershausen Tracerversuch Flusspatgrube Straßberg	
Darstellung: Lage der Beprobungsstellen südöstlich von Straßberg/Harz	
Maßstab: 1:10000	



Aufgabestellen

A-539 Überhauen 539	Mikrosphären
A-530 Überhauen 530	Mikrosphären
A-FS9 Fluor-Schacht	Mikrosphären
A-BS "Blauer Salon"	Mikrosphären
A-MZ Magazinbau	Mikrosphären
A-WF Westfeld (nicht auf Plan)	Mikrosphären

Entnahmestellen

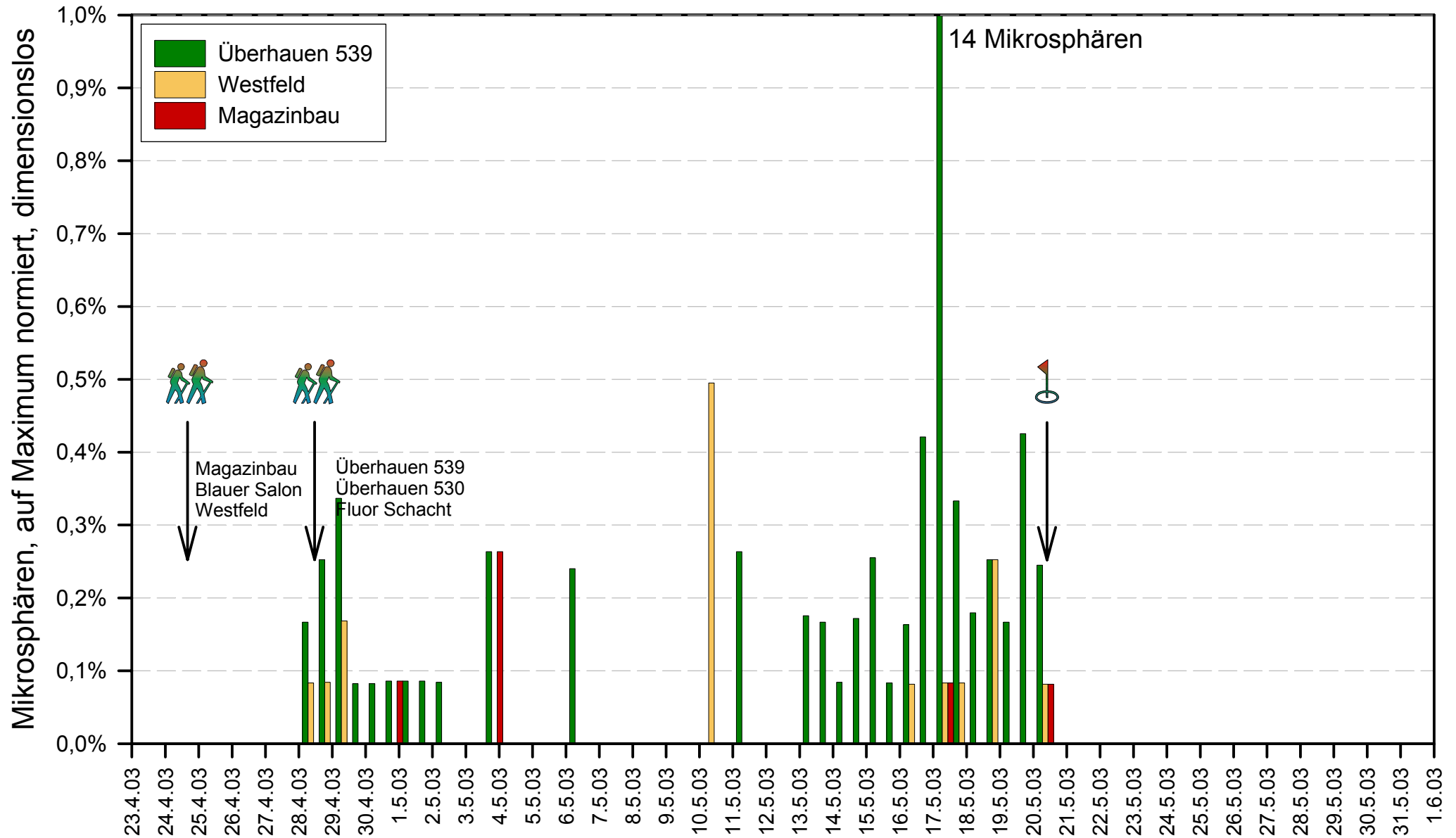
E-539 Überhauen 539	Filtersatz
E-FS Biwender Stollen	Filtersatz
E-GS Glasebach Stollen	Filtersatz

0 200 400 600 800 1000 m

 TU Bergakademie Freiberg - Lehrstuhl für Hydrogeologie 09596 Freiberg/Sachsen - Tel.: 03731/39-3309	
Datum: 16.9.2003	Anlage: 3
Projekt: GVV mbH Sondershausen Tracerversuch Flussspatgrube Straßberg	
Darstellung: Flussspatgrube Straßberg Übersicht der Aufgabe- und Entnahmestellen	
Maßstab: 1:20.000—1:25.000	

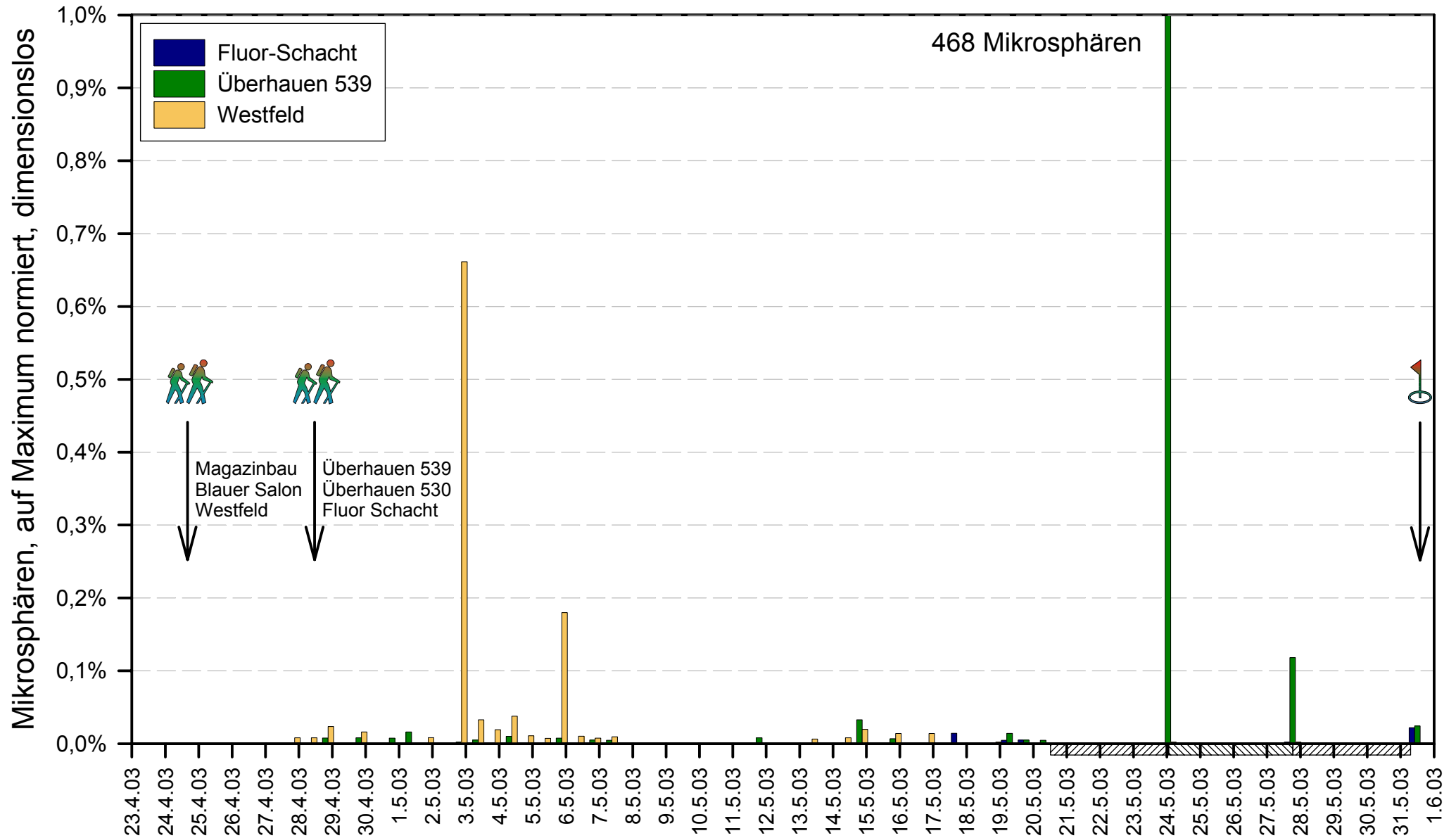
Mikrosphären Überhauen 539

Multitracerversuch Straßberg/Harz 2003



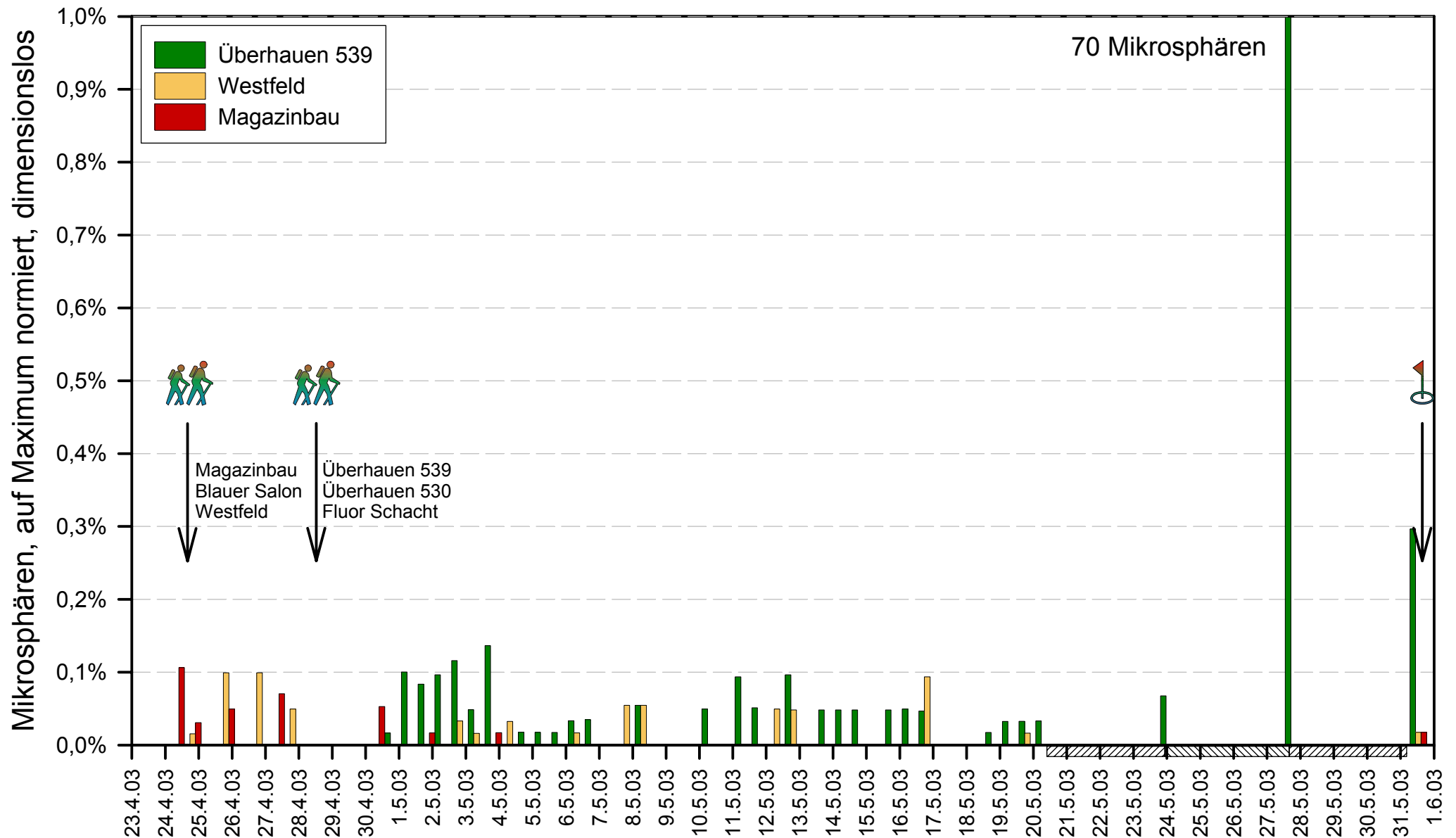
Mikrosphären Fluor-Schacht

Multitracerversuch Straßberg/Harz 2003



Mikrosphären Glasebach-Schrägschacht

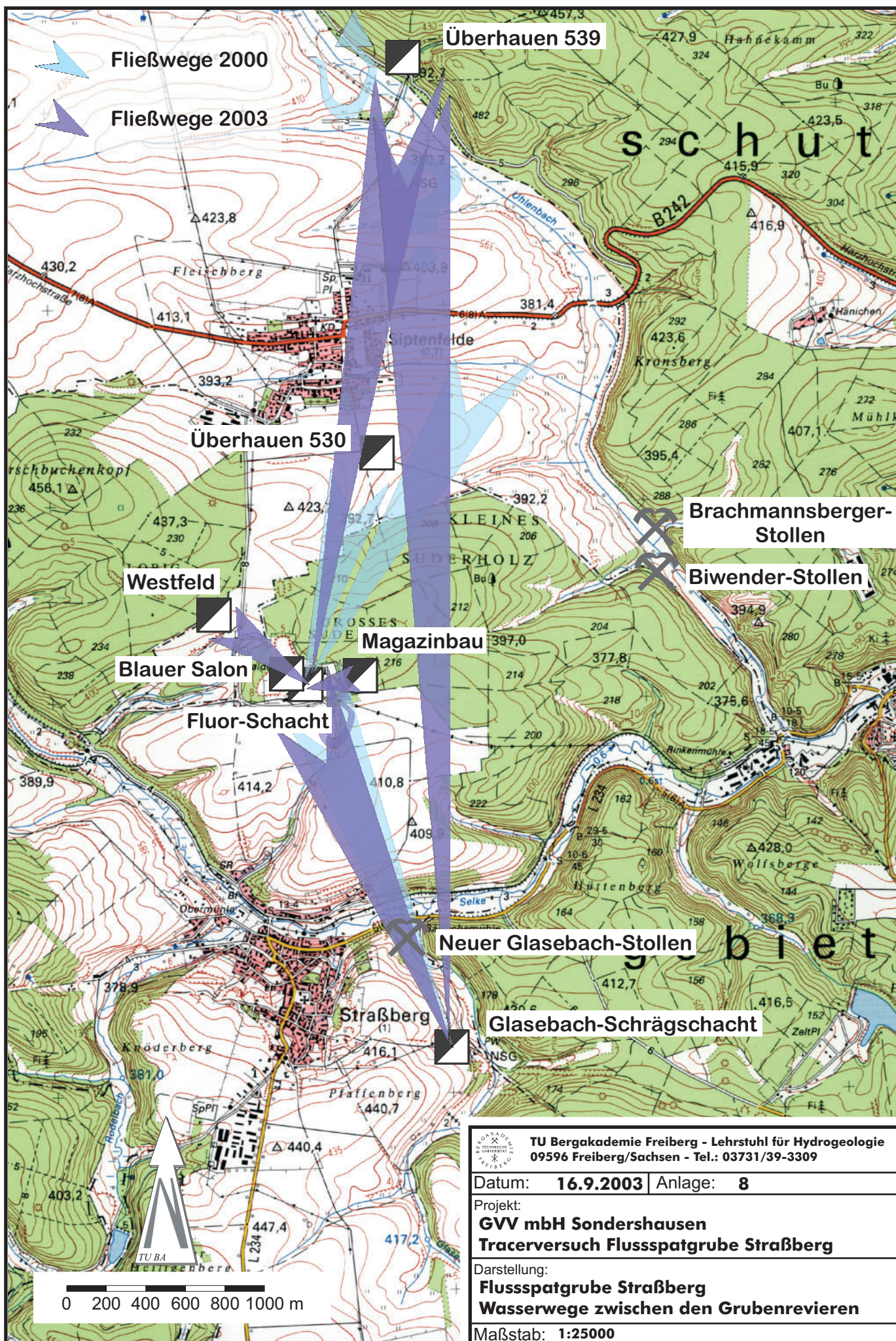
Multitracerversuch Straßberg/Harz 2003



Datum, Zeit	Probe	yellow	orange	tangerine	red	persimon	white	Σ ausgezählten Felder
23.04.2003 20:35								
24.04.2003 08:35	2404-Ü359_01	-	-	-	-	-	-	33
24.04.2003 20:35	2404-Ü359_02	-	-	-	-	-	-	32
25.04.2003 08:35	2604-Ü539_01	-	-	-	-	-	-	33
25.04.2003 20:35	2604-Ü539_02	-	-	-	-	-	-	31
26.04.2003 08:35	2604-Ü539_03	-	-	-	-	-	-	33
26.04.2003 20:35	2704-Ü539_01	-	-	-	-	-	-	33
27.04.2003 08:35	2704-Ü539_02	-	-	-	-	-	-	31
27.04.2003 20:35	2704-Ü539_03	-	-	-	-	-	-	32
28.04.2003 08:35	2904-Ü539_01	-	2	1	-	-	1	98
28.04.2003 20:35	2904-Ü539_02	-	3	1	-	-	-	97
29.04.2003 08:35	2904-Ü539_03	-	4	2	-	-	1	97
29.04.2003 20:35	3004-Ü539_01	-	1	-	-	-	-	99
30.04.2003 08:35	3004-Ü539_02	-	1	-	-	-	-	99
30.04.2003 20:35	3004-Ü539_03	-	1	-	1	-	-	95
01.05.2003 08:35	0205-Ü539_03	-	1	-	-	-	-	95
01.05.2003 20:35	0205-Ü539_01	-	1	-	-	-	1	95
02.05.2003 08:35	0205-Ü539_02	1	1	-	-	-	-	97
02.05.2003 20:35	0305-Ü539_03	-	-	-	-	-	-	32
03.05.2003 08:35	0305-Ü539_01	-	-	-	-	-	-	31
03.05.2003 20:35	0305-Ü539_02	-	1	-	1	-	-	31
04.05.2003 08:35	0505-Ü539_03	-	-	-	-	-	-	32
04.05.2003 20:35	0505-Ü539_01	-	-	-	-	-	-	32
05.05.2003 08:35	0505-Ü539_02	-	-	-	-	-	-	31
05.05.2003 20:35	0605-Ü539_03	-	-	-	-	-	-	34
06.05.2003 08:35	0605-Ü539_01	-	1	-	-	-	-	34
06.05.2003 20:35	0605-Ü539_02	-	-	-	-	-	-	32
07.05.2003 08:35	0805-Ü539_03	-	-	-	-	-	-	33
07.05.2003 20:35	0805-Ü539_01	-	-	-	-	-	-	32
08.05.2003 08:35	0805-Ü539_02	-	-	-	-	-	-	33
08.05.2003 20:35	0905-Ü539_03	-	-	-	-	-	-	30
09.05.2003 08:35	0905-Ü539_01	-	-	-	-	-	-	30
09.05.2003 20:35	0905-Ü539_02	-	-	-	-	-	-	30
10.05.2003 08:35	1105-Ü539_03	-	-	2	-	-	-	33
10.05.2003 20:35	1105-Ü539_01	-	-	-	-	-	-	32
11.05.2003 08:35	1105-Ü539_02	-	1	-	-	-	-	31
11.05.2003 20:35	1205-Ü539_03	-	-	-	-	-	-	33
12.05.2003 08:35	1205-Ü539_01	-	-	-	-	-	-	32
12.05.2003 20:35	1205-Ü539_02	-	-	-	-	-	-	30
13.05.2003 08:35	1405-Ü539_03	-	2	-	-	-	-	93
13.05.2003 20:35	1405-Ü539_01	-	2	-	-	-	-	98
14.05.2003 08:35	1405-Ü539_02	-	1	-	-	-	-	97
14.05.2003 20:35	1505-Ü539_03	-	2	-	-	-	-	95
15.05.2003 08:35	1505-Ü539_01	-	3	-	-	-	-	96
15.05.2003 20:35	1505-Ü539_02	-	1	-	-	-	-	98
16.05.2003 08:35	1705-Ü539_03	-	2	1	-	-	-	100
16.05.2003 20:35	1705-Ü539_01	-	5	-	-	-	-	97
17.05.2003 08:35	1705-Ü539_02	-	12	1	1	-	-	98
17.05.2003 20:35	1805-Ü539-03	-	4	1	-	-	-	98
18.05.2003 08:35	1805-Ü539_01	-	2	-	-	-	-	91
18.05.2003 20:35	1805-Ü539_02	-	3	3	-	-	-	97
19.05.2003 08:35	2005-Ü539_03	-	2	-	-	-	-	98
19.05.2003 20:35	2005-Ü539_01	-	5	-	-	-	-	96
20.05.2003 08:35	2005-Ü539-02	-	3	1	1	-	-	100
Summe		1	67	13	4	0	3	

Datum, Zeit	Probe	yellow	orange	tangerine	red	persimon	white	Σ ausgezählten Felder
23.04.2003 19:00								
24.04.2003 07:00	2404-FS_01	-	-	-	-	-	-	30
24.04.2003 19:00	2404-FS_02	-	-	-	-	-	-	27
25.04.2003 07:00	2604-FS_01	-	-	-	-	-	-	30
25.04.2003 19:00	2604-FS_02	-	-	-	-	-	-	30
26.04.2003 07:00	2604-FS_03	-	-	-	-	-	-	30
26.04.2003 19:00	2704-FS_01	-	-	-	1	-	-	30
27.04.2003 07:00	2704-FS_02	-	-	-	-	-	-	30
27.04.2003 19:00	2704-FS_03	-	-	1	1	-	-	30
28.04.2003 07:00	2904-FS_01	-	-	1	-	-	-	30
28.04.2003 19:00	2904-FS_02	-	1	3	-	-	-	31
29.04.2003 07:00	2904-FS_03	-	-	-	1	-	-	34
29.04.2003 19:00	3004-FS_01	-	1	2	-	-	1	30
30.04.2003 07:00	3004-FS_02	-	-	-	-	-	-	30
30.04.2003 19:00	3004-FS_03	-	1	-	-	-	-	32
01.05.2003 07:00	0205-FS_01	-	2	-	-	-	-	30
01.05.2003 19:00	0205-FS_02	-	-	3	-	-	1	89
02.05.2003 19:00	0305-FS_03	-	1	280	-	-	-	103
03.05.2003 07:00	0305-FS_01	-	2	13	-	-	-	96
03.05.2003 19:00	0305-FS_02	-	-	7	-	-	1	89
04.05.2003 07:00	0505-FS_03	-	4	15	-	-	-	97
04.05.2003 19:00	0505-FS_01	-	-	4	-	-	-	90
05.05.2003 07:00	0505-FS_02	-	-	3	1	-	-	100
05.05.2003 19:00	0605-FS_03	-	3	71	-	-	-	96
06.05.2003 07:00	0605-FS_01	-	-	4	-	-	1	95
06.05.2003 19:00	0605-FS_02	-	2	3	-	-	-	94
07.05.2003 07:00	0805-FS_03	-	2	4	1	-	-	102
07.05.2003 19:00	0805-FS_01	-	-	-	-	-	-	31
08.05.2003 07:00	0805-FS_02	-	-	-	-	-	-	30
08.05.2003 19:00	0905-FS_03	-	-	-	-	-	-	30
09.05.2003 07:00	0905-FS_01	-	-	-	-	-	-	26
09.05.2003 19:00	0905-FS_02	-	-	-	-	-	-	30
10.05.2003 07:00	1105-FS_03	-	-	-	-	-	-	30
10.05.2003 19:00	1105-FS_01	-	-	-	-	-	-	30
11.05.2003 07:00	1105-FS_02	-	-	-	-	-	-	30
11.05.2003 19:00	1205-FS_03	-	1	-	-	-	-	30
12.05.2003 07:00	1205-FS_01	-	-	-	-	-	1	30
12.05.2003 19:00	1205-FS_02	-	-	-	-	-	-	30
13.05.2003 07:00	1405-FS_03	-	-	3	-	-	-	32
13.05.2003 19:00	1405-FS_01	-	-	-	-	-	-	31
14.05.2003 07:00	1405-FS_02	-	-	1	-	-	-	30
14.05.2003 19:00	1505-FS_03	-	5	3	-	-	-	37
15.05.2003 07:00	1505-FS_01	-	-	-	-	-	-	33
15.05.2003 19:00	1505-FS_02	-	1	2	-	-	-	35
16.05.2003 07:00	1705-FS_03	-	-	-	-	-	-	34
16.05.2003 19:00	1705-FS_01	-	-	2	-	-	-	35
17.05.2003 07:00	1705-FS_02	-	-	-	-	-	-	34
17.05.2003 19:00	1805-FS_03	2	-	-	-	-	-	34
18.05.2003 07:00	1805-FS_01	-	-	-	-	-	-	101
18.05.2003 19:00	1805-FS_02	-	-	1	1	-	-	103
19.05.2003 07:00	2005-FS_03	2	6	-	-	-	-	103
19.05.2003 19:00	2005-FS_01	2	2	-	-	-	-	96
20.05.2003 07:00	2005-FS_02	-	2	-	-	-	-	101
24.05.2003 00:44	3105-FS_01	-	415	1	-	-	-	101
27.05.2003 18:24	3105-FS_02	1	50	1	2	-	-	103
31.05.2003 12:04	3105-FS_03	9	10	-	-	-	-	100
Summe		16	511	428	8	0	5	

Datum, Zeit	Probe	yellow	orange	tangerine	red	persimon	white	Σ ausgezählten Felder
23.04.2003 19:45								
24.04.2003 07:45	2404-GS_01	-	-	-	7	-	-	34
24.04.2003 19:45	2404-GS_02	-	-	1	2	-	-	35
25.04.2003 07:45	2604-GS_01	-	-	-	-	-	-	32
25.04.2003 19:45	2604-GS_02	-	-	2	1	-	-	33
26.04.2003 07:45	2604-GS_03	-	-	-	-	-	-	34
26.04.2003 19:45	2704-GS_01	-	-	2	-	-	-	33
27.04.2003 07:45	2704-GS_02	-	-	-	4	-	-	35
27.04.2003 19:45	2704-GS_03	-	-	1	-	-	-	33
28.04.2003 07:45	2904-GS_01	-	-	-	-	-	-	33
28.04.2003 19:45	2904-GS_02	-	-	-	-	-	-	33
29.04.2003 07:45	2904-GS_03	-	-	-	-	-	-	33
29.04.2003 19:45	3004-GS_01	-	-	-	-	-	-	34
30.04.2003 07:45	3004-GS_02	-	-	-	1	-	-	31
30.04.2003 19:45	3004-GS_03	-	1	-	-	-	-	99
01.05.2003 07:45	0205-GS_01	1	6	-	-	-	-	98
01.05.2003 19:45	0205-GS_02	1	5	-	1	-	1	98
02.05.2003 07:45	0205-GS_03	-	6	-	-	-	-	102
02.05.2003 19:45	0305-GS_01	1	7	2	-	-	-	99
03.05.2003 07:45	0305-GS_02	-	3	1	-	-	1	101
03.05.2003 19:45	0305-GS_03	-	8	-	1	-	-	96
04.05.2003 07:45	0505-GS_01	-	-	2	-	-	1	101
04.05.2003 19:45	0505-GS_02	-	1	-	-	-	-	93
05.05.2003 07:45	0505-GS_03	-	1	-	-	-	-	94
05.05.2003 19:45	0605-GS_01	-	1	-	-	-	2	95
06.05.2003 07:45	0605-GS_02	-	2	1	-	-	-	98
06.05.2003 19:45	0605-GS_03	-	2	-	-	-	-	94
07.05.2003 07:45	0805-GS_01	-	-	-	-	-	-	30
07.05.2003 19:45	0805-GS_02	-	-	1	-	-	-	30
08.05.2003 07:45	0805-GS_03	-	1	1	-	-	-	30
08.05.2003 19:45	0905-GS_01	-	-	-	-	-	-	33
09.05.2003 07:45	0905-GS_02	-	-	-	-	-	-	34
09.05.2003 19:45	0905-GS_03	-	-	-	-	-	-	34
10.05.2003 07:45	1105-GS_01	-	1	-	-	-	-	33
10.05.2003 19:45	1105-GS_02	-	-	-	-	-	-	31
11.05.2003 07:45	1105-GS_03	-	2	-	-	-	-	35
11.05.2003 19:45	1205-GS_01	-	1	-	-	-	-	32
12.05.2003 07:45	1205-GS_02	-	-	1	-	-	-	33
12.05.2003 19:45	1205-GS_03	-	2	1	-	-	-	34
13.05.2003 07:45	1405-GS_01	-	-	-	-	-	-	35
13.05.2003 19:45	1405-GS_02	-	1	-	-	-	-	34
14.05.2003 07:45	1405-GS_03	-	1	-	-	-	-	34
14.05.2003 19:45	1505-GS_01	-	1	-	-	-	-	34
15.05.2003 07:45	1505-GS_02	-	-	-	-	-	-	33
15.05.2003 19:45	1505-GS_03	-	1	-	-	-	-	34
16.05.2003 07:45	1705-GS_01	-	1	-	-	-	-	33
16.05.2003 19:45	1705-GS_02	-	1	2	-	-	-	35
17.05.2003 07:45	1705-GS_03	-	-	-	-	-	-	33
17.05.2003 19:45	1805-GS_01	-	-	-	-	-	2	99
18.05.2003 07:45	1805-GS_02	-	-	-	-	-	1	95
18.05.2003 19:45	1805-GS_03	-	1	-	-	-	-	95
19.05.2003 07:45	2005-GS_01	-	2	-	-	-	-	101
19.05.2003 19:45	2005-GS_02	-	2	1	-	-	-	100
20.05.2003 07:45	2005-GS_03	-	2	-	-	-	-	99
24.05.2003 01:25	3105-GS_01	-	4	-	-	-	-	97
27.05.2003 19:05	3105-GS_02	-	61	-	-	-	1	100
31.05.2003 12:45	3105-GS_03	-	17	1	1	-	1	94
Summe		3	145	20	18	0	10	



**Verbindungsmöglichkeiten im Biwender Gangzug
Zentralteil zwischen der 2., 5. und 9. Sohle
(mögliche Tracerfließwege)**

1. Zwischen 5. Sohle West, Abgang N-Querschlag und Hauptschacht ist keine Verbindung zur 9. Sohle vorhanden. (Seigerriß 1: 1.000, Bl. II)
2. Westlich des Abgangs N-Querschlag auf der 5. Sohle befinden sich im Abstand von ca. 450 m (Überhauen 906), 520 m (Überhauen 904) und 680 m (Überhauen 908) Verbindungen zur 9. Sohle, über die das Wasser vom Nordquerschlag 5. Sohle bei entsprechenden hydrologischen Verhältnissen zur 9. Sohle fließen kann. (Seigerriß Bl. II und Bl. III, M. 1:1.000)
3. Das Wasser vom Nordquerschlag 5. Sohle kann über die Richtstrecke West und den Schachtquerschlag 5. Sohle direkt zum Hauptschacht fließen und entsprechend Strömungsrichtung nach oben gelangen. Das müßte die Hauptströmungsrichtung auf der 5. Sohle sein, weil die Fortsetzung der Richtstrecke 5. Sohle nach Osten unmittelbar am Schachtquerschlag mit einer 1,8 m hohen Mauer abgeriegelt ist. (Sohlengrundriß 5. Sohle M 1:500, Bl. Str. 12,11)
4. Zwischen dieser Mauer und der Firste der Richtstrecke ist noch eine lichte Höhe von ca. 0,5 m (ca. 2,5 m Breite) frei. Über diese Fläche kann Wasser vom Nordquerschlag 5. Sohle fließen, über diverse Überhauen (z. B. Gesenk 5./8. Sohle, Überhauen 901) aber auch alte, zum Teil versetzte Abbaue zur 9. Sohle abtauchen. Dort würde es je nach Strömungsverhältnissen zum Schacht zurückfließen (über die Richtstrecke Ost 9. Sohle und den Schachtquerschlag oder über die alten Gangstrecken) oder über die Richtstrecke Ost und den Glasebachquerschlag zum Revier Glasebach fließen (über die Überhauen 909, 913 und eventuell auch 916 zur 7. Sohle und dort über den Schrägschacht zum Neuen Glasebachstollen). (Seigerriß Str., M 1:1000, Bl. II; Sohlengrundriß 5. Sohle M 1:500, Bl. Str. 12,11 und 12,12; Sohlengrundriß 9. Sohle, M 1:1000, Bl. Str. 2,1 und 7,3; Seigerrißanlage Glasebach, M 1:1000, Bl. I)
5. Tracer, die in die Bohrung 7./8. Sohle eingegeben würden, könnten mehrere Fließwege finden. Eine Möglichkeit ist über die Rollenausträge auf die Gangstrecke B. Sohle und von dort über alte Querschlüge in die Richtstrecke B. Sohle und nach Westen zum Hauptschacht. Andere Wege führten über alte Abbaue und Überhauen von der B. Sohle zur Richtstrecke 9. Sohle und von dort je nach Strömungsrichtung entweder zum Hauptschacht oder über den Glasebachquerschlag zum Schrägschacht Glasebach (siehe Tz. 4). Wenn Tracer aus dem Bereich Nordquerschlag 5. Sohle im Schrägschacht Glasebach nachgewiesen werden und gleichzeitig Tracer aus dem Bohrloch 7./8. Sohle im Hauptschacht gefunden werden, ist es sehr wahrscheinlich, daß die Tracer aus dem Bohrloch 7./8. Sohle ihren Weg über die 8. Sohle genommen haben.
6. Tracer im Überhauen 901 müssen in den Ringräumen der Futterrohre eingebracht werden. Anschließend sind mehrere Kessel Spülwasser nachzufüllen, um eine Bewegung der Tracer nach unten zu erreichen. Unter der Plombe können die Tracer über Fenster, die in die Futterrohre unterhalb der Betonplombe hineingeschnitten wurden, in das Überhauen austreten. Von dort können sie zur 5. bzw. 9. Sohle gelangen. Auf der 5. Sohle austretende Tracer können über das Sumpfsystem zur Richtstrecke 5. Sohle Ost gelangen und bei entsprechenden Strömungsverhältnissen über die Abmauerung und den Schachtquerschlag in den Hauptschacht. Anderenfalls fließen sie weiter abwärts zur 9. Sohle und nehmen dann dort die möglichen Fließwege (siehe Tz. 4). Eher wahrscheinlich ist ein Austritt der Tracer aus dem Überhauen 901 auf der 9. Sohle

le und die Verteilung wie unter 4. beschrieben. (Sohlengrundriß 5. Sohle, M 1:500, Bl. Str. 12,11 und Rißwerk zu Tz. 4)

7. Tracer, die in Bohrlöcher zum „Blauen Salon“ eingebracht wurden, fließen über die z. Sohle, Richtstrecke West zum Schachtquerschlag, dort über eine Mauer von 1,8 m Höhe zum Hauptschacht. Auch der Weg über die Schachtunterfahung zur südlichen Füllortseite und zum Hauptschacht ist möglich. Ein Abfluß durch das Überhauen 901 ist nicht möglich, da sich in dieser Höhe die Plombe befindet. Ein Abfluß über alte Abbaue und Überhauen in Schachtnähe zur 5. Sohle (Gesenk 2/3, Überhauen 301, Überhauen 301 a, Überhauen 502 u. a.) ist ebenfalls denkbar, aber mit größeren Fließwiderständen verbunden. In diesem, eher unwahrscheinlichen Fall, würde der Tracer Wege benutzen, wie unter Tz. 3 und 4 beschrieben und könnte im extremsten Fall auch am Glasebachschrägschacht gefunden werden. (Seigerriß Str., M 1:1000, Bl. II; Sohlengrundriß z. Sohle, M 1:1000, Bl. Str. 12,1 und Rißwerk zu Tz. 4)
8. Tracer, die in den Bohrlöchern B 1/01 3F West und B 2/01 3F Ost aufgegeben wurden können über die 5. Sohle West vorfließen. Sie würden sich am Nordquerschlag mischen und die Wege wie unter Tz. 3 und 4 beschrieben, nehmen. Da das Bohrloch 2/01 3F Ost bereits im Niveau der 2. Sohle einen Hohlraum angetroffen hat (Abbau im Bereich des Überhauen 20 oder Gangstrecke), ist auch ein Abfließen über die 2. Sohle zum Hauptschacht möglich. Ob die Tracer allerdings dort ankommen ist zweifelhaft, da mehrere Möglichkeiten des Abfließens zur 5. Sohle bestehen. (Abbau 3 und 4, Abbau 525 mit dem Überhauen 520 und 521, Gesenk 2/3, Überhauen 502). (Seigerriß Str., M 1:1000, Bl. II und HI; Sohlengrundriß z. Sohle, M 1:1000, Bl. Str. 12,1)

Niederröblingen, den 05.02.2003 hei/ge.

gez. Kahmann