

VEB Hydrogeologie
Nordhausen
FG Regionale Forschung

Nordhausen, den 2. 12. 1976

St u d i e

Thema: Z. 1. 1

1. 1. 1

Erforderliche Genauigkeit hydrogeo-
logischer Untersuchungen für den
Grundwasservorratsnachweis

Teilthema: Genauigkeit Wasserproben

Arbeitsstufe: A 1

Kurztitel: Genauigkeit Wasserproben

Bearbeiter: Dr. Müller

Bearbeitungszeitraum: III + IV/76

Komm.-Nr.: 11 40 006

Geheimhaltungsgrad: "Nur für den Dienstgebrauch"

GF4-42/76

- I. Titelblatt
- II. Inhaltsverzeichnis
- III. Anlagenverzeichnis
- IV. Literaturverzeichnis

II. Inhaltsverzeichnis

Seite

1.	Problemstellung	5
2.	Genauigkeit von Wasserproben	5
2.1.	Wasserprobenahme	5
2.1.1.	Einfluß der Förderart auf den Grundwasserchemismus	6
2.1.2.	Gewinnung repräsentativer Proben aus Grundwasserbeobachtungsrohren	8
2.2.	Probentransport	11
2.2.1.	Stabilität der Inhaltsstoffe	11
2.2.2.	Untersuchungen zur Probenstandzeit	12
2.3.	Analysenverfahren	13
2.3.1.	Qualitätsanforderungen	13
2.3.2.	Bewertung von Untersuchungsmethoden	15
2.3.3.	Kontrollanalysen	18
2.4.	Auswertung hydrochemischer Analysen	20
3.	Zusammenfassung	21

III. Anlagenverzeichnis

Tabelle 1:	Zusammenstellung der zur Auswertung herangezogenen Ergebnisberichte
Tabelle 2:	Zusammenstellung der untersuchten Bohrungen
Tabelle 3:	Analysenergebnisse vom Pumpversuch des Standwassers und des Filterbereiches
Tabelle 4:	Angewandte Analysemethoden, aufgeschlüsselt nach Laboratorien
Abb. 1	Unterschiede der Analysenergebnisse bei Proben-gewinnung mittels Kreisel- und Mammutpumpe
Abb. 1.1.	Kaliumpermanganatverbrauch
Abb. 1.2.	Gesamteisengehalt
Abb. 1.3.	Mangan
Abb. 1.4.	Gesamthärte

- Abb. 2 Unterschiede der Analyseergebnisse bei Proben-
gewinnung mittels Mammutpumpe und Schöpfprobe
- Abb. 2.1. Kaliumpermanganatverbrauch
- Abb. 2.2. Gesamteisengehalt
- Abb. 2.3. Mangan
- Abb. 2.4. Gesamthärte
- Abb. 3 Abhängigkeit der Leitfähigkeit in GWBR von der
Tiefe

IV. Literaturverzeichnis

- /1/ ADAM, C.
Methodik der geologisch-ökonomischen Bewertung in der
Hydrogeologie, insbesondere von Grundwasserlagerstätten.
Studie, VEB Hydrogeologie, AS Dresden, 5. 2. 1973
- /2/ ALBRECHT, I.
F/E-Bericht zum Thema "Grundwasserbeschaffenheit".
VEB Hydrogeologie Nordhausen, 1976
- /3/ ALBRECHT, I.
Probleme der Wasserprobenahme.
Vortrag auf dem 4. Kolloquium Hydrogeologie vom
25. - 26. 9. 75 in Erfurt
- /4/ **Ant für Wasserwirtschaft**
Ausgewählte Methoden der Wasseruntersuchung
Band I, Chemische, physikalisch-chemische, physikalische
und elektrochemische Methoden.
VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, 1971
- /5/ Autorenkollektiv
Erste Methodik der hydrogeologischen Erkundung von
Grundwasserlagerstätten im Festgestein.
unveröffentl., VEB Hydrogeologie, Nordhausen, 1974
- /6/ BALKE, K.-D.
Beitrag zur Grundwasserchemie in der südlichen Nieder-
rheinischen Bucht.
Fortschr. Geol. Rheinld. und Westf. 20, S. 307 - 354,
Krefeld 1974
- /7/ BORKMANN, G.
Feldlabor - Probencontainer.
Themenstudie, VEB Hydrogeologie, Zentrallabor Torgau,
30. 9. 1971
- /8/ GARLING, F.
Methodik der hydrochemischen Auswertung
Studie, VEB Hydrogeologie, AS Dresden, 20. 11. 1970

- /9/ Instruktion zur Anwendung der "Klassifikation der Grundwasservorräte der Deutschen Demokratischen Republik".
Zeitschrift für angewandte Geologie, 14 (1968) 1, S. 29 - 35
- /10/ LÖFFLER, H.
Kontrollanalysen.
unveröffentl. Stellungnahme, VEB Hydrogeologie, AS Dresden,
29. 10. 1973
- /11/ MATTHES, G.
Lehrbuch der Hydrogeologie
Band 2: Die Beschaffenheit des Grundwassers.
Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 1973
- /12/ Richtlinie der ZVK über die innere und äußere Kontrolle
chemischer Analysen (vom 29. Februar 1964).
WTI-Heft, Jg. 5 (1964) Sonderheft 2, S. 76 - 78
- /13/ SUMMERS, W. K.
Faktoren, die sich auf die Richtigkeit chemischer Analysen
des natürlichen Wassers auswirken.
Ground Water, Vol 10, Nr. 2, 1972
- /14/ TGL 23979/03
Hydrogeologie; Probenahme, Probenvorbereitung; Wasser
14. 5. 1971, Berlin
- /15/ WINGRICH, H.
Die Auswirkung von sauerstoffhaltigen Wasser in Wasser-
versorgungsleitungen - Fortschrittsbericht.
Acta hydrochim. hydrobiol. 3, (1975) 1, S. 3 - 21

1. Problemstellung

Hydrogeologische Untersuchungen zur Führung des Grundwasservorratsnachweises sind sehr umfangreich und vielfältig. Ebenso unterschiedlich sind die Art und Größenordnung der Fehler, die bei den einzelnen Bestimmungsgrößen auftreten. Das betrifft auch die Ermittlung der chemischen, physikalischen und bakteriologischen Eigenschaften des Grundwassers. Diese Eigenschaften sind bestimmend für Art und Auslegung der Aufbereitungsanlagen und für die Einstufung der Grundwasservorräte in die Vorratsgruppen und -klassen auf der Grundlage der Richtwerte bzw. Konditionen.

Einfluß auf die exakte Bestimmung des Grundwasserchemismus haben die Förderart der Wasserproben, die Probenstandzeit, die unterschiedlichen Analyseverfahren und der Probengewinnungszeitpunkt.

Zu diesen Problemen wird eine Kenntnisstandanalyse gefertigt, aus der abgeleitet werden kann, welche Untersuchungen zur weiteren Präzisierung der Aussagen notwendig sind.

2. Genauigkeit von Wasserproben

2.1. Wasserprobenahme

Zur Charakterisierung der Wasserbeschaffenheit werden an ausgewählten Probenahmestellen, was sich nach dem Zweck der Untersuchung richtet, Wasserproben entnommen und den Laboratorien zwecks physikalischer und chemischer Untersuchung zugeführt. Als Probenahmestellen kommen sowohl Grundwasseraufschlüsse, als auch Oberflächenwässer (Quellen, fließende und stehende Gewässer) in Frage. Die TGL 23979/03 /14/ legt fest, daß Wasserproben aus bestehenden Grundwasseraufschlüssen, aus denen nicht ständig gefördert wird, vor der Probenahme abzupumpen sind, damit sich die im Aufschluß befindliche Wassermenge mindestens einmal erneuert. Schöpfproben, die aus vorher nicht abgepumpten Aufschlüssen stammen, haben nur geringen Wert und sind nicht repräsentativ.

Neue Aufschlüsse werden während der Pumpversuche bei fließendem Wasser beprobt. Zur Förderung werden verschiedene Förderaggregate eingesetzt, hauptsächlich Kreisel- und Mammutpumpe.

Um Anhaltspunkte zum Einfluß der Förderart auf den Grundwasserchemismus zu erhalten, wurden nachfolgende Untersuchungen unternommen.

2.1.1. Einfluß der Förderart auf den Grundwasserchemismus

Das Datenmaterial sind Analysenergebnisse aus Ergebnisberichten, die Angaben über Wasserentnahmen mit Kreisel- (K), Mammutpumpe (M) und Schöpfprobe (S) enthielten. Es konnten die Analysenergebnisse von 56 Bohrungen verglichen werden, wo sowohl die Kreiselpumpe, als auch die Mammutpumpe zur Förderung eingesetzt waren und 15 Bohrungen, wo mit der Mammutpumpe gefördert und geschöpft wurde (Tabelle 1). Ein Vergleich zwischen Kreiselpumpen- und Schöpfprobenanalysen war auf Grund fehlender Daten nicht möglich. Für die Vergleiche wurden folgende Inhaltsstoffe herangezogen:

pH-Wert
K₂MnO₄-Verbrauch
Fe, gesamt
Mn
NH₄
Gesamthärte.

Um endgültige Aussagen über Beeinflussung des Chemismus durch die Förderart zu treffen, reicht das Datenmaterial nicht aus.

Die Auswertung des Datenmaterials wurde graphisch vorgenommen. Jeder Wasserinhaltsstoff wurde für sich betrachtet. Auf der Abszisse sind die Mammutpumpenwerte und auf der Ordinate die Kreiselpumpenwerte bzw. Schöpfprobenwerte aufgetragen (Abb. 1, 2). Gleichzeitig ist die Winkelhalbierende eingezeichnet.

Die Abweichungen von dieser Geraden wurden prozentual ausgewertet. Es läßt sich daraus erkennen, daß beim Ammoniumgehalt und pH-Wert keinerlei Tendenz abzeichnet. Für die übrigen Inhaltsstoffe ist folgendes Ergebnis ableitbar:

1. Vergleich Kreiselumpenproben - Mammutumpenproben

Inhaltsstoff	proz. Anteil oberhalb Winkelh.	proz. Anteil unterhalb Winkelh.	Tendenz
KMnO ₄	30	65	M > K
Fe	36	57	M > K
Mn	42	36	keine
GH	48	43	=

2. Vergleich Mammutumpenproben - Schöpfproben

Inhaltsstoff	proz. Anteil oberhalb Winkelh.	proz. Anteil unterhalb Winkelh.	Tendenz
KMnO ₄	33	67	M > S
Fe	75	77	S > M
Mn	50	25	keine
GH	52	42	S > M

Der Kaliumpermanganatverbrauch der Wasserproben, die durch Mammutpumpe gefördert wurden, liegt höher als bei den durch Kreiselpumpe geförderten. Das gleiche Verhalten zeigt die Darstellung des Gesamteisengehaltes. Für die Gesamthärte ist keine Tendenz zu erkennen.

Bei der Mangankonzentration treten sicher auch systematische Abweichungen auf, die durch das Förderaggregat bestimmt sind, lassen sich jedoch weder beim Vergleich Kreiselpumpe - Mammutpumpe, noch bei Mammutpumpe - Schöpfprobe eindeutig erkennen.

Beim Vergleich Mammutumpenproben mit den Analysenergebnissen der Schöpfproben ist zu erkennen, daß die Konzentrationen von Eisen und Gesamthärte bei Schöpfproben höher liegen als bei Mammutumpenproben. Der Kaliumpermanganatverbrauch liegt jedoch bei mit Mammutpumpe geförderten Proben höher als bei geschöpften.

Für den Eisengehalt und die Tatsache, daß seine Konzentrationen bei Schöpfproben durchschnittlich höher liegen, als

bei Proben der Mammutpumpversuche, ist zu deuten. Es besteht die Möglichkeit, daß Eisen aus den Filterrohren relativ schnell in Lösung geht und so die Konzentration an Eisen erhöht. Diese Mengen sind recht erheblich (vgl. dazu Ausführungen unter 2.1.2., besonders Tabelle 3). Die anderen sich abzeichnenden Tendenzen widersprechen eigentlich den logischen Überlegungen, und es kann dafür keinerlei Erklärung gegeben werden.

Im Zusammenhang mit den Ausführungen im Abschn. 2.1.2. kann geschlußfolgert werden, daß die durch Schöpfproben gewonnenen Analyseergebnisse wenig repräsentativ sind. Um die noch unlogischen Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen, die Kreiselpumpe bzw. Mammutpumpe erbringen, zu klären, sind sicher erhebliche Untersuchungen notwendig, die das Problem jedoch überbewerten würden. Die durch Förderung mit der Kreiselpumpe gezogenen Proben können als ausreichend und als Analysefolge repräsentativ für den Anschluß betrachtet werden.

2.1.2. Gewinnung repräsentativer Proben aus Grundwasserbeobachtungsrohren (GWB)

Zur Untersuchung dieser Problematik wurden Bohrungen aus dem Raum des Thüringer Beckens ausgewählt, die in den Jahren von 1966 bis 1976 fertiggestellt wurden. Es wird angenommen, daß die gesetzten GWB seit ihrer Übernahme in das Beobachtungsnetz der Wasserwirtschaft nicht abgepumpt worden sind.

Die Zahl der ausgewählten und dann tatsächlich untersuchten GWB schmolz auf 6 (Tabelle 2) zusammen, da einige nicht mehr auffindbar waren, bei anderen die Verschlusskappen sich nicht öffnen ließen bzw. der Durchmesser des eingesetzten Schöpfgerätes größer war als der Durchmesser des GWB.

Welches Untersuchungsprogramm ist nun absolviert worden. Durch Leitfähigkeitsmessungen mit der Sonde Hy 40H wurde das gesamte Profil durchgemessen in Abständen von 5 bis 10 m, was von der Tiefenlage des Filterbereiches abhängig ge-

macht wurde. Durch diese Messungen wird bestätigt, daß die Leitfähigkeit mit der Tiefe zunimmt, d. h. es im Standwasserbereich gegenüber dem Filterbereich zu einer Entmischung, zu einer Entmineralisation kommt. Diese Erscheinung ist umso ausgeprägter, je älter die Bohrungen sind, und man kann dadurch deutlich eine Schichtung des Wassers im GWBR erkennen (Abb. 3).

Aus dem Standwasserbereich läßt sich keine repräsentative Probe gewinnen. Bereits nach 5 Monaten (Hy E 8/76) wurde eine Schichtung des Wassers infolge Entmineralisation beobachtet. Um ableiten zu können, ob eine Abhängigkeit zwischen der Entmineralisation und der verstrichenen Zeit seit der Fertigstellung der Bohrungen besteht, wurde folgende Untersuchung angestellt. Es wurde zunächst eine mittlere Leitfähigkeit für den Standwasserbereich jeder benannten Bohrung und eine mittlere Leitfähigkeit für den Filterbereich bestimmt. Aus diesen Mittelwerten wurden Quotienten gebildet. Sie sind nahe 1, wenn die Entmineralisation des Standwassers noch gering ist und geht gegen Null, wenn die Entmineralisation des Standwassers am fortgeschrittensten ist (siehe Tabelle 2).

Das sich ergebende Bild ist jedoch nicht befriedigend und interpretierbar. Einmal ist dies auf den sehr geringen Umfang des Untersuchungsmaterials und zum anderen auf die Tatsache zurückzuführen, daß nur angenommen werden kann, daß die GWBR nach ihrer Übergabe nicht mehr abgepumpt wurden. Ebenso ist nichts über ihren technischen Zustand während der Beprobung bekannt.

Eine weitere Ursache, wie die Auswertung der Analyseergebnisse der Pumpversuche ergab, ist darin zu vermuten, daß es sich um unterschiedliche Grundwassertypen (s. Tabelle 2) handelt und deshalb die Entmineralisation nicht gleichmäßig abläuft.

Um zu klären, wie sich die Elementverhältnisse vom Standwasser gegenüber dem unbeeinflussten Grundwasser verändern, wurden außerdem Wasserproben aus dem Standwasser- und Filterbereich geschöpft und untersucht (Tabelle 3).

Ganz deutlich zeigen sich hohe Eisengehalte, sowohl im Stand- als auch im Filterbereichswasser.

Ursache dafür ist die Korrosion der Metalloberfläche des Filterrohrmaterials. Unmittelbar damit im Zusammenhang steht die Ausbildung einer hohen Wandalkalität und dadurch eine lokale Störung des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichts. Das im Wasser enthaltene Hydrogenkarbonat wird im Bereich der Wandalkalität zu unlöslichem Kalziumkarbonat ausgefällt.

Mit dieser zusammengefaßten Erläuterung nach /15/ lassen sich folgende Tatsachen begründen:

Der pH-Wert im Standwasser ist bei den untersuchten Bohrungen größer als im Filterbereich und dieser wiederum größer als der der Altanalyse.

Die Gehalte an Hydrogenkarbonat, Kalzium und Magnesium sind im Filterbereich wesentlich größer als im Standwasser, was sich auch im Abdampfdruckstand deutlich bemerkbar macht. Es wird angenommen, daß Kalziumkarbonat und Kalziumsulfat ausfallen und in den Schlammfang sinken bzw. Krusten an den Rohrwandungen bilden. Die Tatsache des steigenden Abdampfdruckstandes mit der Tiefe ist identisch mit der Zunahme der Mineralisation und der Leitfähigkeit mit der Tiefe.

Diesen Aussagen liegen nur Analysen von 6 Bohrungen zugrunde (Tabelle 3). Es macht sich erforderlich, diese Vermutungen durch weitere Analysen zu bestätigen. Gleichzeitig ist es erforderlich, die Analysenergebnisse für jede Bohrung zu bilanzieren, um vom Wassertyp abhängige Reaktionen zu erfassen.

Ähnliche Untersuchungen werden von ALBRECHT /3/ gemacht. Außerdem werden hier ein GWBR abgepumpt (bis zur 5fachen Erneuerung) und Ganglinien der hydrochemischen Kennwerte aufgenommen. Daraus ist erkennbar, daß erst nach 3facher Erneuerung konstante Verhältnisse im Chemismus wiederhergestellt sind. Ob diese Tatsache verallgemeinert werden kann, ist nicht mit Sicherheit festzustellen. Bemühungen, eigene Daten zu schaffen, scheiterten daran, daß zum Abpumpen nur eine Handpumpe zur Verfügung stand und die abzupumpenden Mengen zu groß waren.

Abschließend kann jedoch festgehalten werden, daß repräsentative Wasserproben weder aus dem Standwasserbereich noch aus dem Filterwasserbereich gewonnen werden können. Die Austauschvorgänge zwischen Grundwasserleiter und Wasser des Filterbereiches sind zu gering, und erst nach 3facher (?) Erneuerung des Wassers im Grundwasserbeobachtungsrohr trifft man konstante chemische Verhältnisse an. Für ökonomische Betrachtungen ist es wesentlich zu wissen, wann die Ausgangsverhältnisse wieder erreicht sind. Deshalb erscheinen weitere Untersuchungen zu dieser Problematik unumgänglich.

2.2. Probentransport

Damit Qualitätsveränderungen vermieden werden, legt die TGL 23979/03 /14/ fest, daß die Zeitspanne zwischen Probenahme und Untersuchung so kurz wie möglich zu halten ist. Bei Proben für chemische Untersuchungen sind 48 h und bei Proben für bakteriologische Untersuchungen 12 h nicht zu überschreiten.

Nach vorheriger Absprache mit dem Untersuchungslabor und Voruntersuchungen zur Veränderlichkeit sind Ausnahmen zulässig.

2.2.1. Stabilität der Inhaltsstoffe

Durch physikalische und chemische Prozesse verändern sich die einzelnen Inhaltsstoffe verschieden schnell. Durch Druckabfall oder Temperaturschwankungen können gelöste Gase, z. B. O_2 , CO_2 , H_2S , entweichen. Die Verschiebung des pH-Wertes bzw. des Kalk-Kohlensäure-Gleichgewichtes bewirkt das Ausfällen oder Auflösen von Verbindungen des Kalziums, Eisens und Mangans (siehe auch Abschn. 2.1.2.).

Die Wahl des Probengefäßes ist nicht unerheblich, da es sowohl zur Adsorption als auch Desorption von Ionen kommen kann /7, 14/. Im allgemeinen macht sich eine Aufteilung

der Proben notwendig, da kein Universalmittel zur Stabilisierung der Inhaltsstoffe existiert. Entsprechend der Stabilität bzw. der Möglichkeit ihrer Inhaltsstoffe teilt BORKMANN /7/ die Wasserinhaltsstoffe in mehrere Gruppen ein:

- "1. Sofort nach Eingang, wenn möglich bei Entnahme zu bestimmen
(Konservierung ist nicht möglich)
freie CO_2 , pH-Wert, p/m-Wert, Eh-Wert
2. Spätestens nach 24 h sollen bestimmt werden
(Konservierung nicht möglich) Absetzbare und abfiltrierbare Stoffe, AR, Leitfähigkeit
3. Konservierbar für < 48 h
 NH_4^- , NO_2^- , PO_4^- , NO_3^- -Ionen
4. Konservierbar für > 48 h
Fe-, Mn-Ionen, Detergentien, CO_2 kalkaggressiv, H_2S
5. Ohne Konservierung stabil > 48 h
Na-, K-, Silikat-, P-, Cl-, SO_4^- , Ca- und Mg-Ionen."

Die Dauer der Stabilität ist im wesentlichen abhängig von den Lagerungsbedingungen (Kühlschrank, Dunkelheit) sowie dem Konservierungsmittel und dem Flaschenmaterial (Glas, Kunststoff).

Die Problematik der Stabilität ist untrennbar mit der der Probenstandzeit verbunden, zu der im folgenden Abschnitt (2.2.2.) einiges gesagt werden soll.

2.2.2. Untersuchungen zur Probenstandzeit

Zu dieser Problematik wurden keine eigenen Untersuchungen vorgenommen. Es kann lediglich auf die Ergebnisse von ALBRECHT /3/ verwiesen werden. Hier wurden zwei unterschiedlich mineralisierte Wässer untersucht, ein gering mineralisiertes (≈ 300 mg/l) vom Ca-Mg- SO_4 -Cl-Typ und ein stärker mineralisiertes (≈ 600 mg/l) vom Ca- SO_4 - HCO_3 -Typ. Die Standzeit der untersuchten Proben betrug 10 - 12 Tage. Deutliche Veränderungen folgender hydrochemischer Parameter sind dabei beobachtet worden: KMnO_4 -Verbrauch, pH-

Wert, Fe-, Ca-, SO_4 - und HCO_3 -Gehalt. Diese Veränderungen beginnen bereits nach 24 h. Beobachtungen gleicher Art wurden von BALKE /6/ und SUMMERS /13/ gemacht.

Die Anzahl der zur Auswertung vorliegenden Proben reicht nicht aus, um in Abhängigkeit von der Anfangskonzentration der Inhaltsstoffe und vom Wassertyp die Veränderungen des Chemismus mit der Probenstandzeit abzuleiten.

Auch die von ALBRECHT /2/ zu dieser Problematik vorgelegten Ergebnisse werden nicht ausreichend sein, um abschließende Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Es wird jedoch eingeschätzt, daß sich umfangreiche Untersuchungen zu dieser Problematik lohnen. In Abhängigkeit vom Wassertyp, dem Grad der Mineralisation und den Einzelkomponenten sollten Zeitreihenuntersuchungen vorgenommen werden.

2.3. Analysenverfahren

2.3.1. Qualitätsanforderungen

Auf Grund von Erfahrungswerten und unter Berücksichtigung der für allgemeine praktische Belange zu fordernden Übereinstimmung wurden Richtwerte für die Übereinstimmung von Analyseergebnissen bei Wasseruntersuchungen aufgestellt /9/. Die angegebenen Richtwerte gelten unter der Voraussetzung einer sachgemäßen Probenahme und bei Anwendung der gleichen Analysenvorschrift.

Nachstehend sind die Richtwerte aufgeführt:

	Konzentration	zulässige Differenz
Eisen	0,10 mg/l	0,02 mg/l
	0,50 "	0,05 "
	1,0 "	0,1 "
	10,0 "	0,5 "
Mangan	0,10 "	0,03 "
	0,50 "	0,05 "
	1,0 "	0,1 "

	Konzentration		zulässige Differenz	
Chloride	5	mg/l	0,5	mg/l
	10	"	1	"
	100	"	5	"
Nitrate	5	"	1	"
	20	"	2	"
	100	"	10	"
	500	"	20	"
Nitrite	0,05	"	0,01	"
	0,10	"	0,01	"
	1,00	"	0,05	"
	5,00	"	0,1	"
Phosphate	0,05	"	0,01	"
	0,10	"	0,01	"
	1,00	"	0,05	"
Sulfate	10	"	2	"
	50	"	5	"
	100	"	5	"
Abdampfrückstand	20	"	1	"
	100	"	5	"
	500	"	5	"
Härte	1,0	mval/l	0,05	mval/l
	5,0	"	0,1	"
	10,0	"	0,2	"
Kaliumpermanganat- verbrauch	10	mg/l	1	mg/l
	50	"	5	"
	100	"	10	"
Phenole	0,01	"	0,005	"
	0,10	"	0,02	"
	1,0	"	0,2	"
	10,0	"	1,0	"

Aus den Untersuchungsergebnissen von LÖFFLER /10/ geht hervor, daß die durch LEGLER /9/ vorgegebenen zulässigen Toleranzen meist nur für die niedrigsten Konzentrationen eingehalten werden. Diese Aussage trifft zunächst für Analysenergebnisse pleistozäner Grundwasserleiter Norddeutschlands zu. Wie groß die Abweichungen bei Analysenergebnissen anderer geologischer Einheiten sind, läßt sich mangels anagewerteter Unterlagen nicht einschätzen. Es ist jedoch bekannt, daß die größten Abweichungen meist beim Fe-, PO₄- , SO₄-Gehalt, den N-Verbindungen und dem

$KMnO_4$ -Verbrauch auftreten. Diese Tendenzen sind eindeutig aus Untersuchungen von LÖFFLER /10/ ersichtlich.

2.3.2. Bewertung von Untersuchungsmethoden

Die Wasseranalysen der zu bearbeitenden Objekte werden für einzelne Territorien von verschiedenen Laboratorien durchgeführt. Nachfolgend sind die Laboratorien den einzelnen Arbeitsbereichen zugeordnet, die vorrangig Proben für HGN untersuchen:

Arbeits- stelle	Labor	Kurz- zeichen	prozentual an Durchführung beteiligt
GEN	GLN	GLN	70 - 80
	VEB WAB Erfurt, Zentrallabor Leisenthal	WAB E	20 - 30
GE1	VEB GFE Halle, BT Jena	GFE	90
	BHI Gera	HG	7,5
GE2	BHI Magdeburg	HM	20
	VEB WAB Magdeburg	WAB M	30
	BHI Dessau	HD	10
	WWD Halle	WWD H	10
GE3	GL3	GL3	100
GE4	BHI Dresden	HDr	80
	BHI Bautzen	HB	10
	BHI Görlitz	HG	10
GE5	WAB Karl-Marx-Stadt	WAB K	50
	WAB Leipzig	WAB L	30
	BHI Leipzig	HL	5
GE6	UGS Mittenwalde	UGS	?
	BHI Eberswalde	HE	?
GE7	WAB Neubrandenburg	WAB N	100
GE8	WAB Schwerin	WAB S	9,5
	ZGI Schwerin	ZGI	81
	BHI Schwerin	HS	1
GE9	BHI Greifswald	HG	70
	BHI Neustrelitz	HN	30

Da für einzelne Wasserinhaltsstoffe mehrere Bestimmungs-
methoden existieren, die zu abweichenden Ergebnissen füh-

ren können, sind die Methoden, nach denen die Laboratorien arbeiten, zusammengestellt worden (Tabelle 4). In der Hauptsache beschränken sich die Untersuchungsverfahren auf die in den "Ausgewählten Methoden der Wasseruntersuchung" (AMdW) /4/ beschriebenen. Sie sind als gleichwertig zu betrachten, vorausgesetzt ist jedoch ihre sachgemäße Anwendung. Dabei sind entsprechend der Wasserart für die unterschiedlichen Konzentrationsbereiche die entsprechenden Verfahren auszuwählen. Für Inhaltsstoffe, wo mehrere Verfahren vorliegen, sollen diese nachfolgend kurz diskutiert werden:

- Für die Bestimmung des chemischen Sauerstoffverbrauchs mit Kaliumdichromat (CSV-Cr) werden die Makro- und Halbmikroschnellmethode angewendet. Der Unterschied beider Methoden ist durch den Grad der Oxydation je nach Art der Inhaltsstoffe bedingt, so daß wahrscheinlich die Makromethode höhere Werte liefern wird. Der von ihr erreichte Oxydationsgrad liegt um 10 - 50 % höher als der der Halbmikroschnellmethode.
- Ohne Zweifel ist die Bestimmung der freien und kalk-aggressiven Kohlensäure durch Titration an Ort und Stelle bzw. der durch den Marmorlöseversuch ermittelten, eine größere Genauigkeit zuzutrauen als einer rechnerischen Ermittlung.
- Die quantitative Bestimmung der Kationen Kalzium und Magnesium wird in den meisten Laboratorien maßanalytisch mit ÄDTA vorgenommen, so daß einer Vergleichbarkeit der Ergebnisse eigentlich nichts im Wege steht.
- Wie in /4/ mitgeteilt wird, lassen sich mit Sicherheit nur die Konzentrationen aller Eisenformen (Gesamteisengehalt) analytisch ermitteln. Da in den Laboratorien jedoch zwei Bestimmungsmethoden vorherrschen, soll darauf hingewiesen werden, daß die Methode der kolorimetrischen Bestimmung mit Rhodanid störanfälliger ist als mit Phenanthrolin. Farbstabilität und -intensität

für die kolorimetrische Auswertung sind sowohl vom pH-Wert u. a., als auch der Reaktionszeit abhängig. Diese Tatsache ist für die Genauigkeit des Ergebnisses sicher entscheidend.

- Bei der Bestimmung von Ammonium arbeitet die Mehrzahl der Laboratorien kolorimetrisch mit Nessler's Reagenz als Indikator gegenüber Indophenolblau. Anwendungsbereiche beider Methoden gleichen sich, so daß keine Genauigkeitsunterschiede zu erwarten sind.
- Die kolorimetrische Bestimmung von Nitrat mit Natrium-salicylat herrscht vor der mit Brucin vor. Dies ist erklärlich, da Brucin giftig ist und eine weniger gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse dieser Methode besteht, die auf ungeklärte Dinge im Reaktionsmechanismus zurückzuführen ist.
- Der Sulfatgehalt von Grundwässern wird in der Mehrzahl maßanalytisch mit ÄDTA bestimmt, des weiteren wird die gravimetrische Bestimmung angewandt. Von den befragten Laboratorien werden noch drei weitere, nicht in den AMDW mitgeteilte Verfahren angewendet. Die maßanalytische Bestimmung mit ÄDTA birgt zwei Nachteile in sich. Eine Eigenfärbung bzw. Trübung des Wassers verhindert bei der Titration ein exaktes Erkennen des Umschlagpunktes. Zum anderen werden durch das notwendige Differenzbildern eventuelle Fehler der Bestimmung von Kalzium und Magnesium eingeschleppt. Vor allem bei kleinen Sulfatkonzentrationen und großer Härte werden dann Unsicherheiten auftreten.
- Phosphate können im Wasser in verschiedenen Formen auftreten: als Orthophosphate, anorganische kondensierte Phosphate und organische Phosphate in gelöster und ungelöster Form. Die beiden angewendeten Bestimmungsmethoden: Bestimmung der gelösten Orthophosphate und Bestimmung aller gelösten Phosphate unterscheiden sich und

Ergebnisse sind untereinander nicht vergleichbar. Die Bestimmung aller gelösten Phosphate schließt die Bestimmung der Orthophosphate ein.

- Die quantitative Bestimmung von Cyanidkonzentrationen wird nur von wenigen Laboratorien vorgenommen. In Abhängigkeit von der Cyanidkonzentration wird die maßanalytische Bestimmung mit Silbernitrat und die kolorimetrische Bestimmung durch AMDW empfohlen und von den Laboratorien auch angewendet.

Die nicht in den AMDW aufgeführten Verfahren werden als zusätzliche bezeichnet. Sie werden hauptsächlich von den Bezirkshygieneinstituten angewandt und nehmen ca. 25 % der aufgeführten Bestimmungsmethoden ein.

Abschließend kann eingeschätzt werden, daß objektiv Unterschiede zwischen den Analysenverfahren für einen Wasserinhaltsstoff bestehen. Es wird angenommen, daß die sich ergebenden Abweichungen noch im geforderten Toleranzbereich liegen. Eine sachgemäße Anwendung der Analysenverfahren wird allerdings vorausgesetzt.

Untersuchungen zu dieser Problematik wurden jedoch noch nirgends durchgeführt. Sie wären mit aufwendigen statistischen Analysen verbunden.

Künftiges Ziel muß es sein, die besten Analysenverfahren für alle Laboratorien als verbindlich zu erklären, d. h. eine umfassende Vereinheitlichung anzustreben.

2.3.3. Kontrollanalysen

Bei chemisch-analytischen Arbeiten können grobe, systematische und zufällige Fehler auftreten. Grobe Fehler entstehen durch Nachlässigkeit und Unachtsamkeit. Sie können beliebige Größe und jedes Vorzeichen annehmen, werden meist leicht entdeckt. Analysenwerte mit groben Fehlern werden verworfen.

Systematische Fehler werden oft durch apparative, metho-

dische u. a. Mängel verursacht. Sie beeinflussen das Analyseergebnis einseitig und sind in der Regel vom gleichen Labor nicht zu erkennen.

Zufällige Fehler entstehen durch subjektive Faktoren und Veränderlichkeiten der äußeren Umgebung. Sie machen sich durch unregelmäßige Abweichungen der Analyseergebnisse bemerkbar und können in der Regel vom gleichen Labor erkannt werden.

Um den Nachweis der Zuverlässigkeit der den Vorratsberechnungen zugrunde liegenden Ergebnisse von chemischen Analysen zu erbringen, ist in den Richtlinien der ZVK /12/ die Durchführung von Kontrollanalysen festgelegt. Zur Ermittlung der zufälligen Fehler wird die innere Kontrolle durchgeführt, was eine Wiederholung der Analyse des gleichen Materials im gleichen Labor entspricht. Eine äußere Kontrolle, d. h. Wiederholung der Analyse des gleichen Materials in einem anderen Labor, soll dem Erkennen von systematischen Fehlern dienen.

Mit den Schwierigkeiten, die die Übertragung der Richtlinien der ZVK /12/ auf chemische Wasseranalysen mit sich bringt, setzt sich GARLING /8/ auseinander.

Es bleibt die Frage offen, wie groß der prozentuale Anteil der Kontrollanalysen an den Erstanalysen sein muß und wie kontrolliert werden soll, wenn keine eindeutig begründeten Maßstäbe vorgegeben sind.

In der Erkundungsmethodik /5/ ist deshalb zu dieser Problematik festgelegt, daß nicht die Analysen, sondern die in Anspruch genommenen Untersuchungslaboratorien durch das Zentrallabor des VEB HGN hinsichtlich qualitätsgerechter Analysendurchführung zu überprüfen sind. Die Überprüfungsergebnisse werden der StVK und den geologischen Arbeitsstellen des VEB HG bekanntgegeben. So entfallen die von der StVK geforderten objektbezogenen Kontrollanalysen. Die Kontrolle der Analysen kann mit Hilfe der Kationen-Anionen-Bilanz erfolgen. Dazu sind allerdings einmal die Bestimmung der Kationen Ca, Mg, Na, K und der Anionen Cl, SO₄, HCO₃, NO₃ erforderlich und zum anderen ihre Angabe bzw. Umrechnung in Millival.

Als Kriterium zur Beurteilung der Analysengenauigkeit bildet MATTHES /11/ das Verhältnis zwischen der Differenz von Kationen- und Anionensumme und der Summe von Kationen und Anionen, ausgedrückt in Prozent. Es sollte kleiner als 5 % sein. Die Fehler der meisten Analysen liegen schon bei < 2 %.

Es wird empfohlen, die Genauigkeit der Analysen nach MATTHES zu prüfen und eventuell laborweise statistisch auszuwerten. Eine andere Möglichkeit, die qualitätsgerechte Analysendurchführung zu überprüfen, wird darin gesehen, anhand von Feststoffproben die auftragnehmenden Labors zu kontrollieren. Jedoch sind für den zweiten Verfahrensweg erhebliche Laborkapazitäten bereitzustellen.

2.4. Auswertung hydrochemischer Analysen

Die Auswertung hydrochemischer Analysen ist abhängig von der Aufgabenstellung, dem Erkundungsstadium, dem vorhandenen Kenntnisstand usw. und ist nicht einheitlich festgelegt. Es ist Primär- und Sekundärauswertung zu unterscheiden. Zu letzteren gehört die Grundwasser-Typisierung. Hierbei werden besonders hohe Anforderungen an die Genauigkeit folgender Komponenten gestellt: Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, HCO₃, NO₃.

Sie sind von ausschlaggebender Bedeutung für die Herstellung von Beziehungen zur Hydrogeologie.

Dafür sind einfache mathematische Operationen notwendig, die ggf. zu Fehlern führen können, die jedoch durch Vergleiche erkennbar sind und damit als nicht gewichtig betrachtet werden.

Die Angabe der Analyseergebnisse erfolgt in mg/l als Kationen und Anionen. Daneben hat sich die Angabe in Millival (mval/l) durchgesetzt, da dadurch die Kontrolle der Analyse (Feststellung der Summengleichheit der Kationen- und Anionen-Äquivalente) möglich ist.

3.

Zusammenfassung

Die Probleme der Genauigkeit von Wasserproben müssen auch als Bestandteil der Hydrochemie betrachtet werden, die sich mit der Beschaffenheit der in der Erdkrinde vorhandenen Wasser befaßt. Durch die Wasseranalytik werden die Anteile der im Wasser gelösten Stoffe bestimmt, wogegen die Hydrochemie diese Inhaltsstoffe bewertet. So wird die Nutzbarkeit des Grundwassers u. a. durch die hydrochemischen Verhältnisse bestimmt. Eine wesentliche Aufgabe besteht im quantitativen Nachweis nutzbarer Grundwasservorräte für Trink- und Brauchwasserzwecke.

Der Nachweis der Nutzbarkeit ist von der exakten Probenahme abhängig. Über die erzielbare Genauigkeit existieren keinerlei Untersuchungen. Die bisherige Verwendung von Kreiseipumpen zur Probengewinnung wird als genau genug eingeschätzt. Repräsentative Proben aus Altaufschlüssen werden sicher erst nach 3facher Erneuerung des Aufschlußinhaltes erzielt. Hier werden weitere Untersuchungen für zweckmäßig erachtet.

Neben der sorgfältigen Entnahme repräsentativer Proben ist die Behandlung, d. h. Transport und Aufbewahrung, der Proben Voraussetzung für eine richtige Analyse. Die Stabilität der Inhaltsstoffe in Abhängigkeit von der Standzeit der Proben ist noch nicht umfassend untersucht worden. Das heißt auch, daß nichts über die mögliche in Kauf zu nehmende Ungenauigkeit ausgesagt werden kann. Umfangreiche Untersuchungen hierzu dürften jedoch nicht nur im Interesse des VEB Hydrogeologie liegen, sondern auch der Wasserwirtschaft. Es sind letztlich Probleme, die von der Grundlagenforschung zu lösen wären. Ebenso trifft dies für die Genauigkeit der Analysenuntersuchungsverfahren zu.

Die mangelhafte Kenntnis über die Genauigkeit der Ergebnisse der Wasseranalytik kann zur Fehlentscheidung bei der Verwendung des Wassers führen.

Gleichfalls spielen in der Endkonsequenz ökonomische Probleme bei einer evtl. notwendigen Entscheidung für oder

gegen eine Aufbereitung des Wassers eine wesentliche Rolle. Zur Illustration sollen kurz Zahlen angeführt werden (/1/, Anlagen 2.1. und 2.3.).

Kapazität Wasserwerk	Kosten für Wasserwerk			
	mit Aufbereitung (mit Behälter)		ohne Aufbereitung (mit Behälter)	
m ³ /h	Bauwerk TM/m ³ /h	Ausrüstung TM/m ³ /h	Bauwerk TM/m ³ /h	Ausrüstung TM/m ³ /h
10	15,8	6	9,6	3,2
50	10	4,5	5,2	2,2
100	8,8	4	3,8	1,8
1 000	7,3	3,7	-	-

Daraus ist ersichtlich, daß die Entscheidung für eine Aufbereitung einen Kostenzuwachs von ca. 100 % nach sich ziehen.

Keinerlei Aussagen können zur Repräsentanz der Wasserproben gemacht werden. Das trifft sowohl für die Identität der Analysenergebnisse der Wasserprobe und Chemismus des Grundwasserleiters als auch für die zeitliche Veränderung des Chemismus bei dauernder Entnahme zu.

Besonders Letzteres ist für perspektivische Planungen nicht außer acht zu lassen. Dazu sind jedoch umfangreiche statistische Arbeiten erforderlich, die nicht nur von einem VEB Hydrogeologie gelöst werden können.

Zusammenstellung
der zur Auswertung herangezogenen Ergebnisberichte

Objekt	Anzahl der Bohrungen	Anzahl der Wammut-pumpversuche	Anzahl der Kreisel-pumpversuche	Anzahl der Schöpfproben
Parchim 68	9	9	17	
Gadebusch 67	14	15	28	
Schwerin 71	3	6	7	
Crivitz 71	1	1	3	
Worin 67	2	2	4	
Bentwisch 71	4	4	16	
Eisenhüttenstadt 63	1	2	1	
Wittenberge 67	5	5	13	
Mockritz 74	12	14	46	
Zarrentin 68	1	1	2	
Malchow 69	1	1	4	
Remda 74	3	3	12	
	<u>Σ 56</u>	<u>63</u>		
Bad Bibra	3	3		3
Nauen	12	12		12
	<u>Σ 15</u>			

Zusammenstellung der untersuchten Bohrungen

Bohrung	Untersuchungs- ergebnisse (alt)		Untersuchungsergebnisse (III/76)									
	Wassertyp nach SCUKAREV	AR mg/l	GH °dH	S	Wassertyp F	AR mg/l		GH °dH		mittlere Leitfähigkeit S F µS.cm ⁻¹ µS.cm ⁻¹		Quotient
Hy Tenn 1/68	oben	Ca-Mg-SO ₄	61,2							888	1705	0,52
	unten	Ca-SO ₄	59,2	Mg-Ca-Na-SO ₄	Ca-Mg-SO ₄	1014	1583	30,4	53,6	849	1505	0,56
Hy Kuf 1/68	oben									317	482	0,65
	mitte		20,8							685	699	0,98
	unten	Ca-Mg-SO ₄ - HCO ₃	35,5	Mg-SO ₄	Na-HCO ₃ - SO ₄	630	622	13,2	4,2	406	674	0,60
Hy Of 9/69	(Mg-Ca-SO ₄)	152	95,7	Mg-SO ₄	Mg-Ca-SO ₄ - Cl-HCO ₃	763	1674	25,4	58,6	697	1648	0,42
Hy Of 2/69	Ca-Mg-HCO ₃ - SO ₄	582	26,2							182	316	0,58
Hy Of 17/69	(Mg-Ca-SO ₄)	548	6,7	Mg-HCO ₃ -Cl	Mg-Ca-HCO ₃	156	510	6,6	22,0	202	699	0,29
Hy Blei 1/74	Ca-Mg-SO ₄	1150	46	Na-Mg-Cl- SO ₄ -HCO ₃	Mg-Ca-HCO ₃ - SO ₄	378	488	9,4	18,0	416	572	0,73
Hy E 8/76	Ca-SO ₄	1722	75,6	Ca-SO ₄	Ca-SO ₄	2128	2186	68,4	72,8	1535	1549	0,99

S - Standwasser
F - Filterwasser

5. Wasserbeschaffenheit
5.1. Regionale Auswertung

Ny Tenn 1/68

Hy Kuf 1/68

		16.8.68		17.8.68		4.8.76		28.11.68		4.8.76	
Nr (Analyseanzahl)						Standw. Eilfert.		Standw. Eilfert.			
Gewässer (Art, Bezeichnung)											
Lokalität											
Hinweise											
Gehalte											
11	Geruch	o.B.									
12	Geschmack	o.B.									
21	Farbgrad Pt mg.l ⁻¹	farblos									
22	Trübungg. SiO ₂ mg.l ⁻¹										
23	Leitfähigkeit µS.cm ⁻²										
24	pH-Wert	8,0	7,5	7,8	7,2	7,3	8,4	8,7			
31	absatzb. Stoffe mg.l ⁻¹										
32	AR					1014	1583	630	622		
33	GR					889	1400	300	573		
34	Salzgehalt										
35	p-Wert mval.l ⁻¹	0				0	0	0,05	0,1		
36	m-Wert	5,0				1,6	2,2	0,9	6,7		
37	GH °dH	58,5	59,2	30,4	53,6	35,5	13,2	4,2			
38	KH	14,0	13,2	4,4	6,2	14,2	2,6	18,8			
39	NKH							21,3			
310	KMnO ₄ V. mg.l ⁻¹					5	4	322	3	10	
41	CO ₂ , frei mg.l ⁻¹	5,0									
42	CO ₂ , kohligen							< 0,1			
43	CO ₂ , gebunden										
44	O ₂ , sofort	9,8									
45	O ₂ , nach 48h										
51	Na ⁺ mg.l ⁻¹	155,0		88	86	41,7	32	150			
52	K ⁺	5,4		< 5	< 5	2,6	< 5	< 5			
53	Ca ²⁺	271	286,0	107	230	173,0	20	7			
54	Mg ²⁺	89	83,1	67	93	49,2	45	14			
55	Fe _{gesamt}	n.n.		< 0,1	110	250	0,14	50	45		
56	Fe ²⁺										
57	Fe ³⁺										
58	Mn _{gesamt}	Spuren		< 0,1	0,4	0,4	< 0,1	n.n.	n.n.	n.n.	
59	NH ₄ ⁺	n.n.		n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	
61	NO ₂ mg.l ⁻¹	n.n.		n.n.	n.n.	0,01	Spuren				
62	NO ₃	n.n.		< 0,1	1	1	0,4	1	1		
63	Cl ⁻	66		62,5	40	34	39	45	26		
64	SO ₄ ²⁻	955	1042	575	1077	412,8	200	138			
65	PO ₄ ³⁻	n.n.									
66	HCO ₃	305	473	97,6	134,2	309,6	54,9	408,7			
71	Keimzahl . ml ⁻¹										
72	Koliformen-T ml										
73											
81											
82											
83											
84											
85											
Bemerkungen:											

5. Wasserbeschaffenheit
5.1 Regionale Auswertung

Hy QZ 9/69

Hy QZ 17/69

		16.10.69			29.7.76			29.10.71			29.7.76		
Nr.(Analyseanzahl)													
Gewässer (Art,Bezeichnung)													
Lokalität													
Hinweise													
Gehalte		Stand: 16.10.69			Stand: 29.7.76			Stand: 29.10.71			Stand: 29.7.76		
1.1	Geruch	ohne											
1.2	Geschmack												
2.1	Farbgrad Pt.mg.l ⁻¹	klar											
2.2	Trübungsg. SiO ₂ .mg.l ⁻¹	klar											
2.3	Leitfähigkeit µS.cm ⁻¹												
2.4	pH-Wert	6,6	7,5	7,0			7,0	8,6	7,8				
3.1	absatzb. Stoffe mg.l ⁻¹	< 0,1											
3.2	AR	1520	763	1674			548	156	510				
3.3	GR		480	1138				118	430				
3.4	Salzgehalt												
3.5	p-Wert mval.l ⁻¹				0	0		0,1	0				
3.6	m-Wert				3,1	6,6		1,6	4,9				
3.7	GH °dH	95,7	25,4	58,6			21,3	6,6	22,0				
3.8	KH	20,8	8,6	18,4			2,8	4,4	13,6				
3.9	NKH												
3.10	KMnO ₄ . mg.l ⁻¹	7,3	5	8				4	4				
4.1	CO ₂ , frei mg.l ⁻¹	30,8											
4.2	CO ₂ , kalkaggr.										0	0	
4.3	CO ₂ , gebunden												
4.4	O ₂ , sofort	3,9											
4.5	O ₂ , nach 48h	3,3											
5.1	Na ⁺ mg.l ⁻¹				29	54			18	24			
5.2	K ⁺				8	10			<5	<5			
5.3	Ca ²⁺	272,7	50	183			68,1	9	71				
5.4	Mg ²⁺	245,9	80	143			51,1	23	52				
5.5	Fe, gesamt	n.n.	240	660			0,04	38	90				
5.6	Fe ²⁺												
5.7	Fe ³⁺												
5.8	Mn, gesamt	n.n.	n.n.	0,7				n.n.	0,1				
5.9	NH ₄ ⁺	0,34	n.n.	n.n.			3,9	n.n.	n.n.				
6.1	NO ₂ ⁻ mg.l ⁻¹	Spuren			n.n.	n.n.		Spuren			n.n.		
6.2	NO ₃ ⁻	22,8	6	96			n.n.	Spuren					
6.3	Cl ⁻	216	149	258			54	52	48				
6.4	SO ₄ ²⁻	1008	573	454			286	7	39				
6.5	PO ₄ ³⁻												
6.6	KCO ₃	453,4	189,1	402,6			140,61	97,6	208,9				
7.1	Keimzahl . . . ml ⁻¹												
7.2	Kaliformen-1 ml	n.n.											
7.3													
8.1													
8.2													
8.3													
8.4													
8.5													
Bemerkungen:													

Tabelle 3

Formblatt SO 10L 23 011 Blatt 2

5. Wasserbeschaffenheit
5.1. Regionale Auswertung

Hy Elei 1/74

Hy E8/76
GWBR 339

Nr.(Analyseanzahl)								
Gewässer (Art, Bezeichnung)								
Standort								
Hinweise								
	8.4.74	23.7.76				10.2.76	4.8.76	
Genalte		Standw. Filterw.					Standw. Filterw.	
1.1	Geruch							
1.2	Geschmack							
2.1	Farbgrad Pt·mg·l ⁻¹							
2.2	Trübungsg. SiO ₂ ·mg·l ⁻¹							
2.3	Leitfähigkeit µS·cm ⁻²	1214				1965		
2.4	pH-Wert	7	8	7,5		7	7,7	7,2
3.1	absetzb. Stoffe mg·l ⁻¹							
3.2	AR	1150	378	488		1722	2128	2186
3.3	GR	955	318	452			1796	1702
3.4	Salzgehalt	195						
3.5	p-Wert mval·l ⁻¹		0	0			0	0
3.6	m-Wert		2,0	4,6			2,7	5,1
3.7	GH °dH	46	9,4	18,0		75,6	68,4	72,3
3.8	KH	15	5,6	12,8		13,8	7,6	14,2
3.9	NKH							
3.10	KMnO ₄ -V. mg·l ⁻¹	2,5	11	4			8	4
4.1	CO ₂ , frei mg·l ⁻¹	26,4						
4.2	CO ₂ , kalkgeg. "	1,6-n.n.						
4.3	CO ₂ , gebunden "	118,8				108,3		
4.4	O ₂ , sofort "							
4.5	O ₂ , nach 48h "							
5.1	Na ⁺ mg·l ⁻¹	36	70	45		35,2	51	53
5.2	K ⁺ "	21	<5	<5		4,7	6	<5
5.3	Ca ²⁺ "	232	16,0	64		428,8	370	416
5.4	Mg ²⁺ "	58,9	31	39		67,6	72	63
5.5	Fe ₂ gesamt "	0,2	n.b.	n.b.		n.n.	50	12
5.6	Fe ²⁺ "							
5.7	Fe ³⁺ "							
5.8	Mn ₂ gesamt "	n.n.	0,1	Spuren			0,5	0,1
5.9	NH ₄ ⁺ "	n.n.	n.n.	n.n.				
6.1	NO ₂ mg·l ⁻¹	0,01	n.n.	n.n.			Spuren	n.n.
6.2	NO ₃ "	n.n.	Spuren			2,0	2,0	Spuren
6.3	Cl ⁻ "	16,3	84	41		141,8	142	150
6.4	SO ₄ ²⁻ "	597	104	118		972	990	933
6.5	PO ₄ ³⁻ "	n.n.						
6.6	HCO ₃ ⁻ "	327	122	280,6		300,6	164,7	311,1
7.1	Keimzahl -ml ⁻¹							
7.2	Kalifornien-l ml							
7.3								
8.1								
8.2								
8.3								
8.4								
8.5								
Bemerkungen								

Angewandte Analysemethoden, aufgeschlüsselt nach Laboratorien

Inhaltsstoff/ Eigenschaft	Analyseverfahren (AMdW)	zusätzliche Verfahren
pH-Wert	- elektrisch (WAB K, WWD H, HM, HG, HS, GPE, GLN, GL3, UGS, WAB S, WAB M, HDr., WAB N)	
KMnO ₄ -Verbr. bzw. ⁴ CSV _{Mn}	- Oxydation in saurer Lösung (WAB K, WWD H, HG, HS, GLN, GL3, UGS, WAB S, GPE, HDr., WAB M, WAB N, ZGI, WAB E)	Permanganatzahl nach Kubel (HM)
CSV _{Cr}	- Makromethode (WAB K, HG, HS, GLN, GL3, UGS, GPE) - Halbmikroschnellmethode (WWD H, WAB S)	
CO ₂ , frei	- Titration (WAB K, WAB M, HS, HG, GLN, WAB S, HDr., WWD H, WAB N, WAB E) - Rechn. Bestimmung (GL3, UGS)	
CO ₂ , kalkaggr.	- Marmorlöseversuch (GPE, HS, HG, HM, HN, GLN, ZGI, GL3, WWD H, WAB M, WAB S, WAB N, WAB E) - Rechn. Bestimmung (HDr., WAB K, WAB E, GL3)	
Ca	- maßanalyt. mit EDTA (GPE, HS, HG, HM, HN, UGS, ZGI, GL3, HDr., WWD H, WAB K, GLN, WAB M, WAB S)	

Inhaltsstoff/ Analysenverfahren (AMdW)
Eigenschaft

zusätzliche Verfahren

Mg	- maßanalyt. mit ÄDTA (GFE, HS, HG, HM, HN, WAB M, ZGI, GL3, HDR., WWD H, WAB K, WAB S, UGS, GLN)	
Fe, gesamt	- kolorimetrisch mit Phenanthrolin (WWD H, WAB S, UGS, GL3) - kolorimetrisch mit Rhodanid (HS, HG, HM, HN, GFE, HDR., WAB M, GLN, WAB K, WAB N, ZGI, WAB E)	
HM ₄	- kolorimetrisch als Indophenolblau (HS, WWD H) - kolorimetrisch mit Meßlers Reagenz (HG, HM, HN, GFE, HDR., WAB M, GLN, GL3, WAB S, UGS, WAB K, WAB N, ZGI, WAB E)	
NO ₃	- kolorimetrisch mit Natriumsalicylat (WWD H, HS, UGS, GLN, WAB E, GL3, WAB K, WAB N, ZGI) - kolorimetrisch mit Brucin (HG, HM, GFE, WAB M, WAB S)	H ₂ SO ₄ Indigotinlösung (HDR.)
Cl	- maßanalytisch mit Silbernitrat (WWD H, HS, HG, HM, HN, HDR., GL3, WAB K, WAB M, WAB S, UGS, WAB N, ZGI, WAB E)	potentiometrisch (GFE)
SO ₄	- maßanalytisch mit ÄDTA (GFE, HS, HG, HDR., WAB K, GL3, WAB M, WAB E) - gravimetrische Bestimmung (WWD H, UGS, GLN, ZGI)	nach WINKLER (HN, HM) Fällung mit Oxalat Titration gegen Phenolphthalein (WAB S) jodometrisch (WAB N)

Inhaltsstoff/ Analysenverfahren (AMdW)
Eigenschaft

zusätzliche Verfahren

PO₄

- Best. d. gel. Orthophosphats
(WWD H, HS, HG, HM, WAB K, GLN, GL3, WAB M, UGS, WAB N,
ZGI, WAB E)
- gel. Phosphate
(WAB S, WAB K)

nach ZIMMERMANN und
EISOLD
(HDr.)

kolorimetrisch als
Vanadat
(GFE)

Cyanide

- kolorimetrisch
(WWD H, WAB E, WAB N)
- titrimetrisch
(WWD H, WAB K)

Berlinblau.-Reaktion
(WAB M)

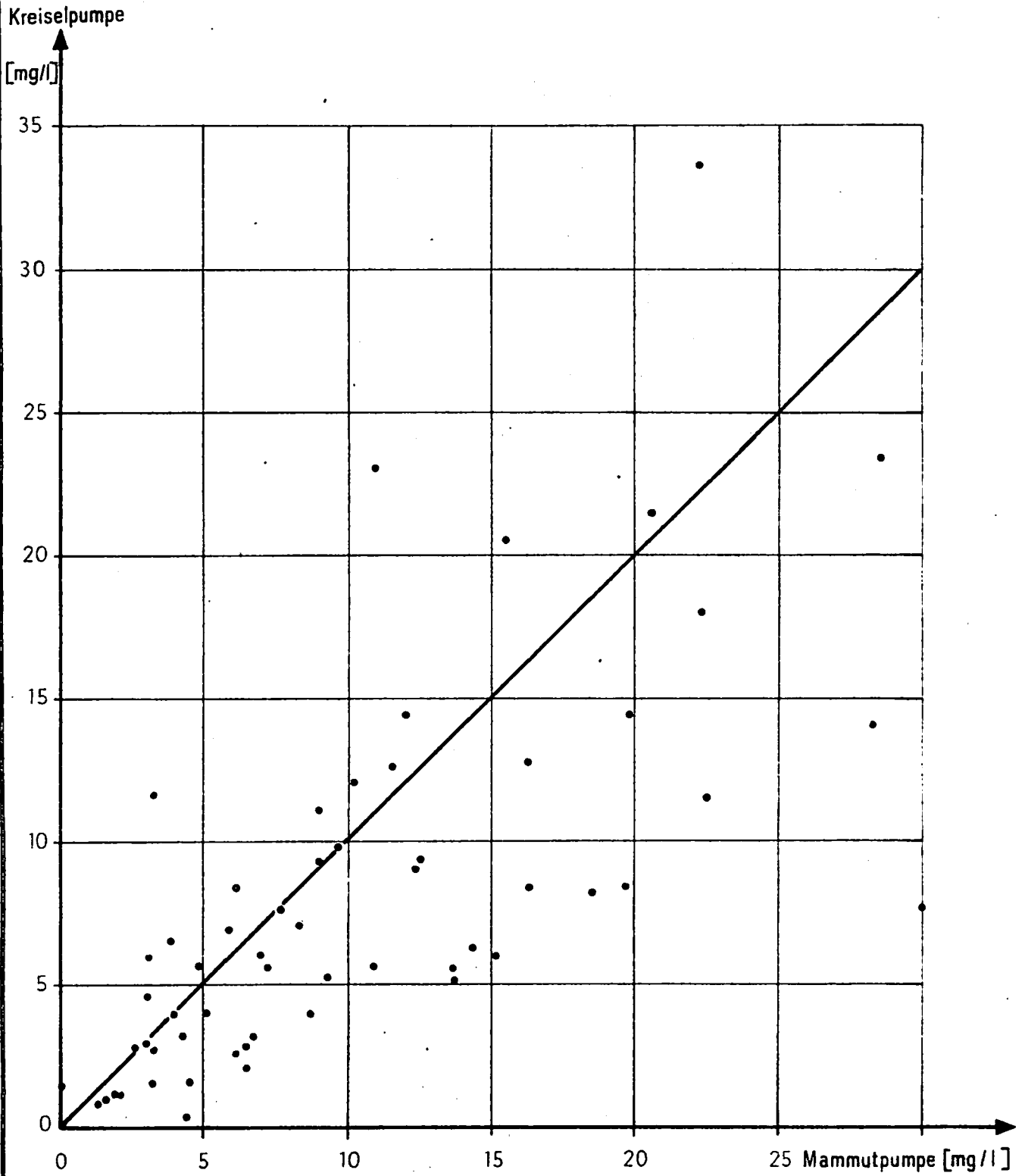


Abb.1.1. Unterschiede der Analysenergebnisse bei Probengewinnung mittels
 Kreisel- und Mammutpumpe
 -KMnO₄-Verbrauch-

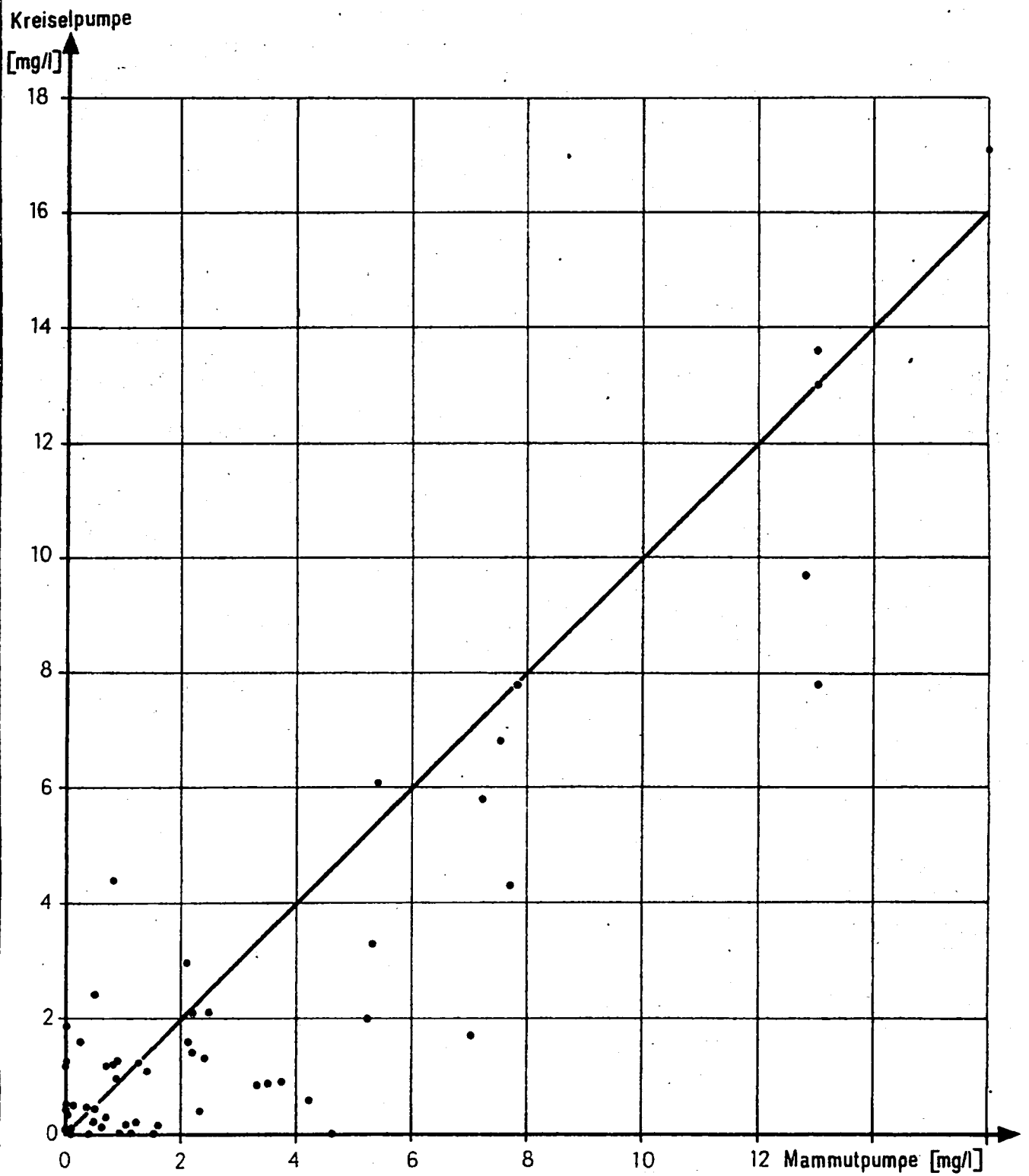


Abb.1.2. Unterschiede der Analysenergebnisse bei Probengewinnung mittels
 Kreisel- und Mammutpumpe
 -Gesamteisengehalt -

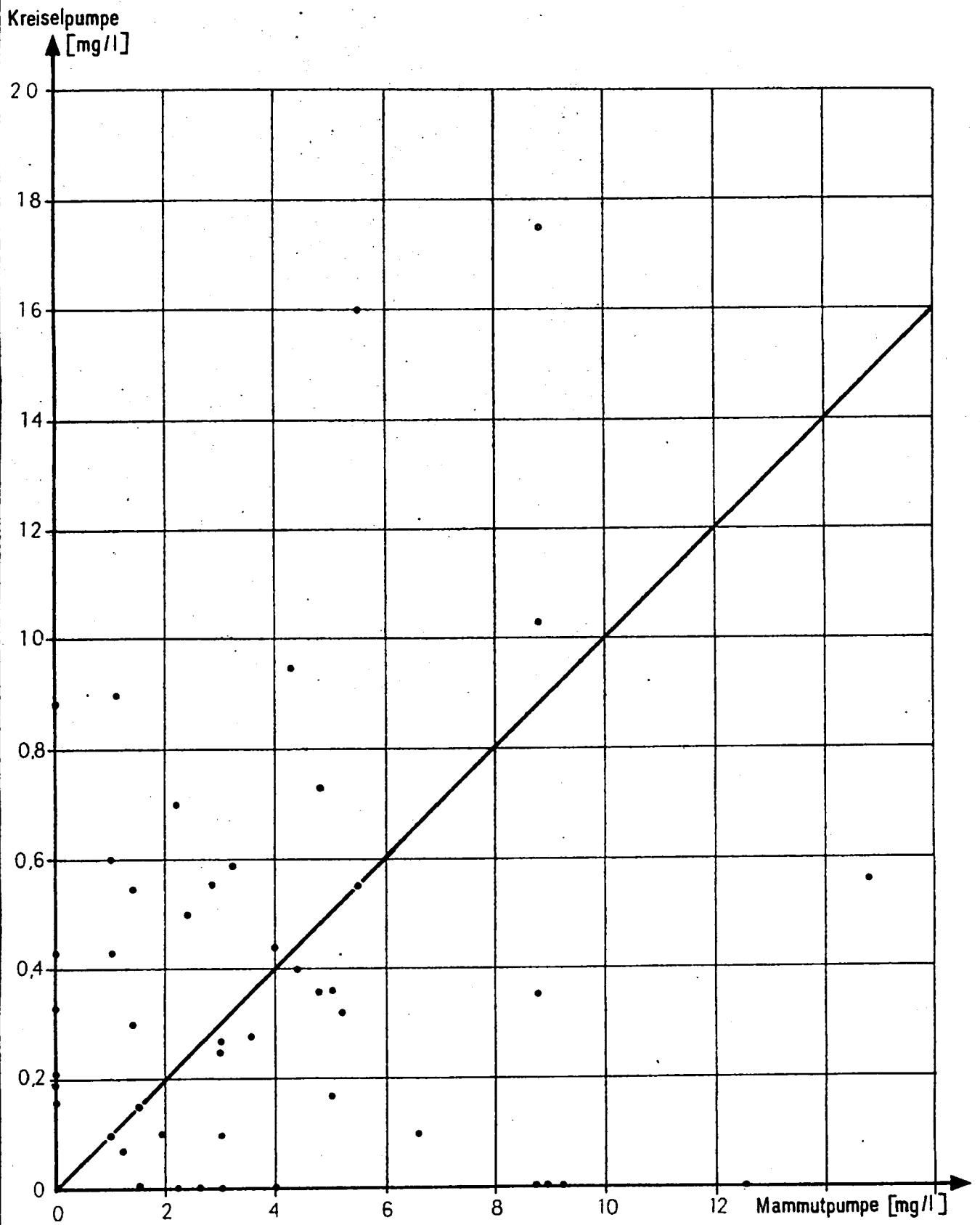


Abb.1.3. Unterschiede der Analysenergebnisse bei Probengewinnung mittels

Kreisel- und Mammutpumpe

- Mangan -

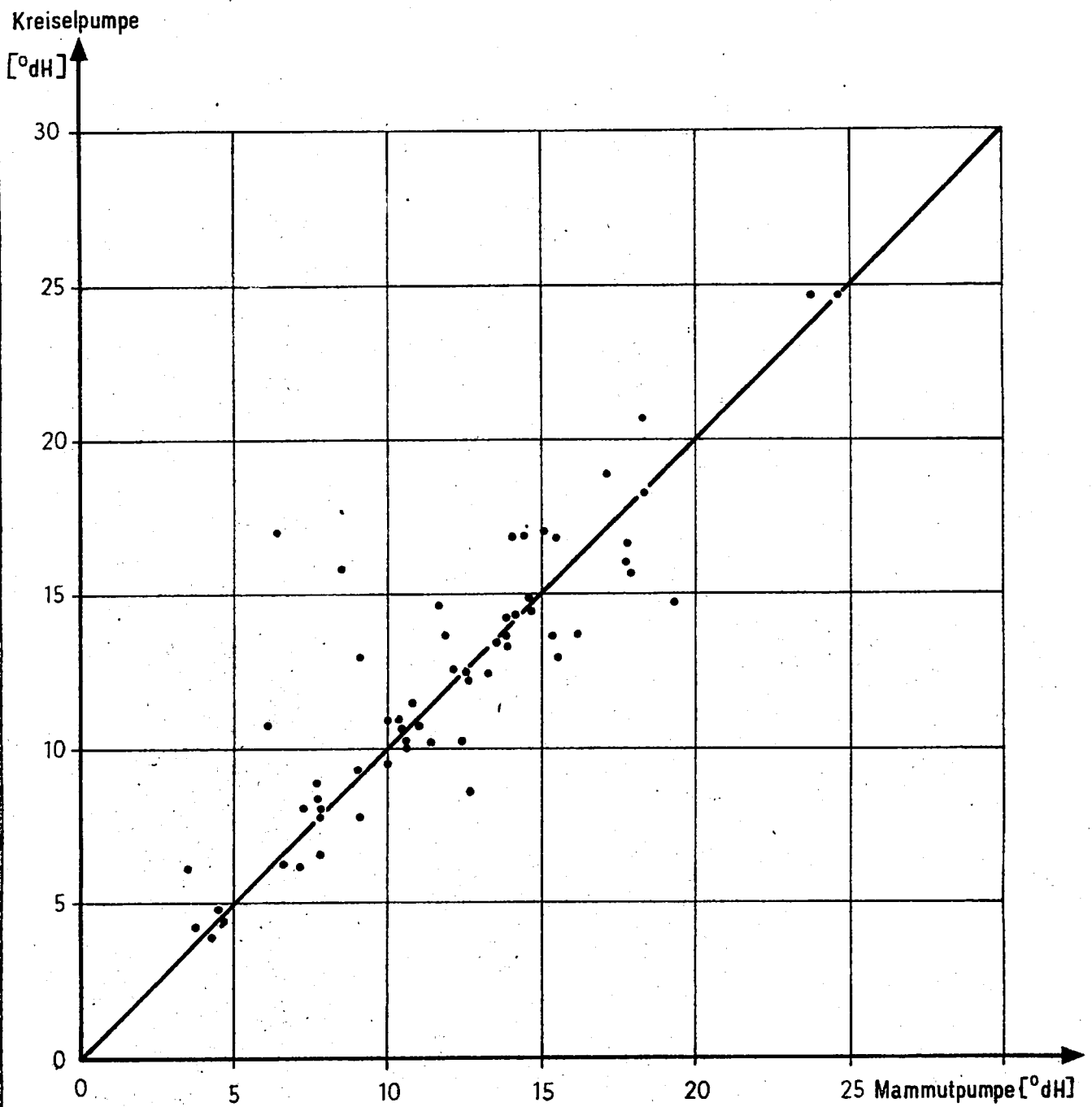


Abb.14. Unterschiede der Analysenergebnisse bei Probengewinnung mittels
 Kreisel- und Mammutpumpe
 - Gesamthärte -

Schöpfprobe
[mg/l] ▲

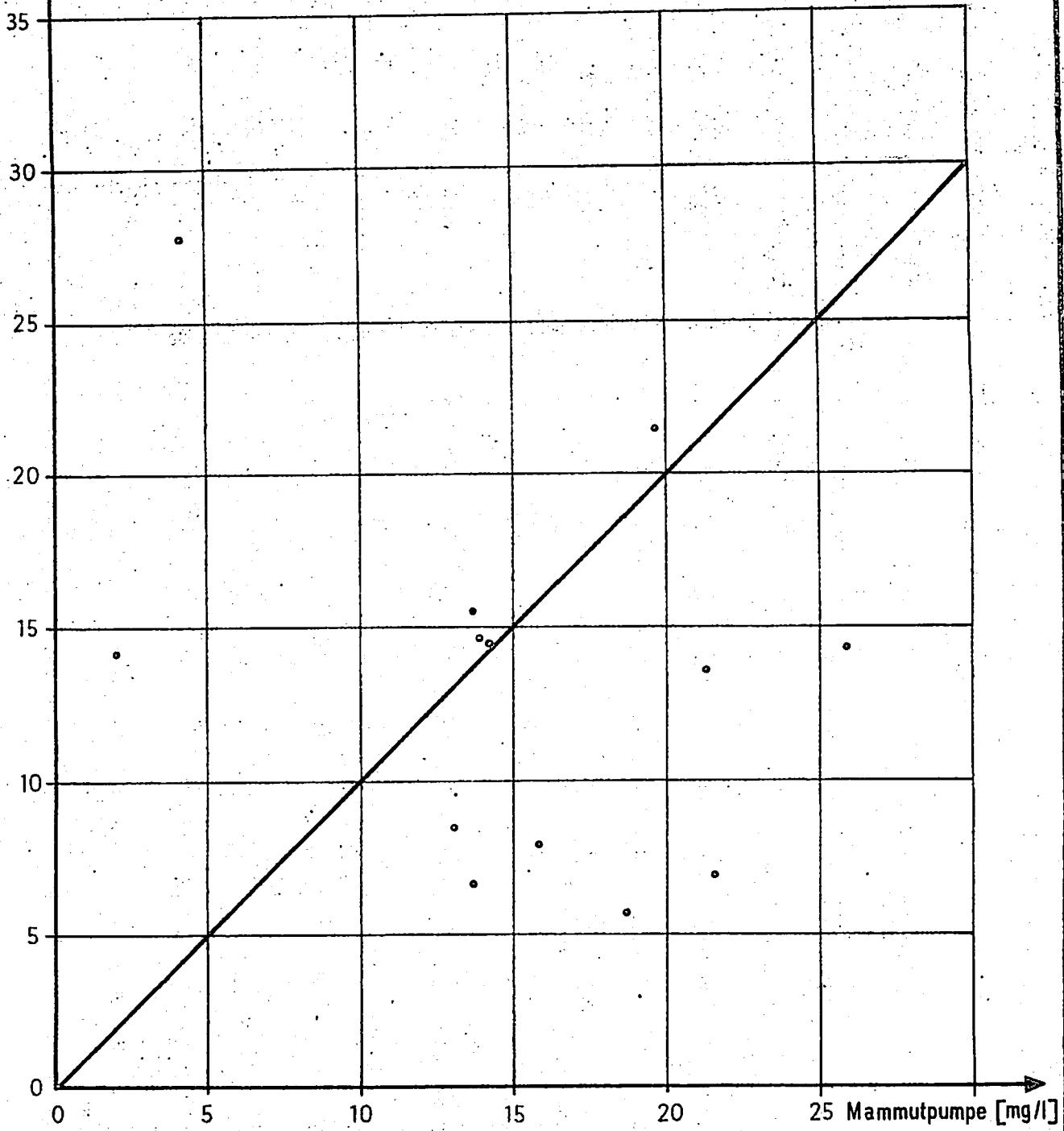


Abb. 2.1. Unterschiede der Analysenergebnisse bei Probengewinnung mittels

Schöpfprobe und Mammutpumpe

- KMnO_4 -Verbrauch -

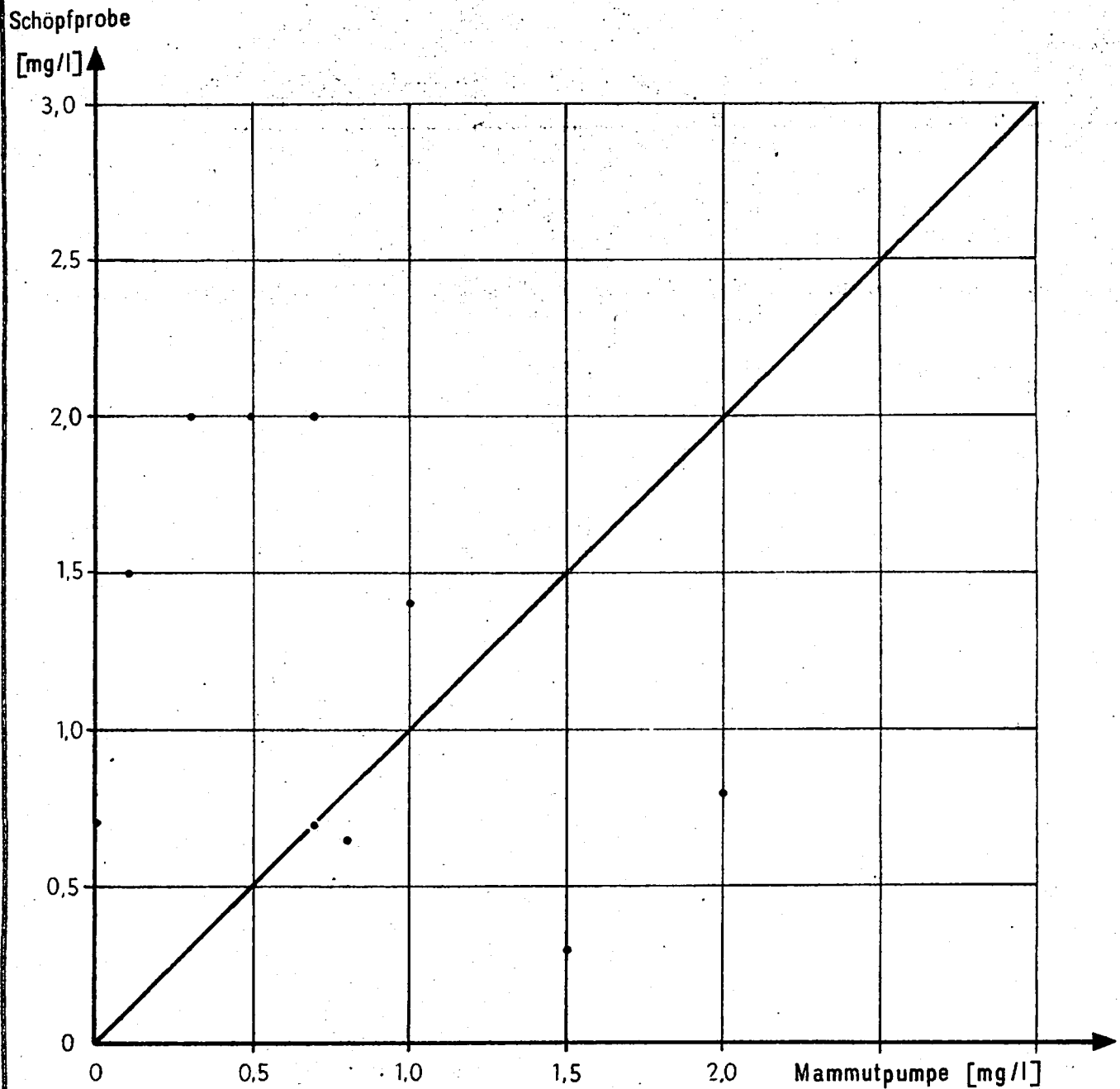


Abb.2.2. Unterschiede der Analysenergebnisse bei Probengewinnung mittels

Schöpfprobe und Mammutpumpe

–Gesamteisengehalt–

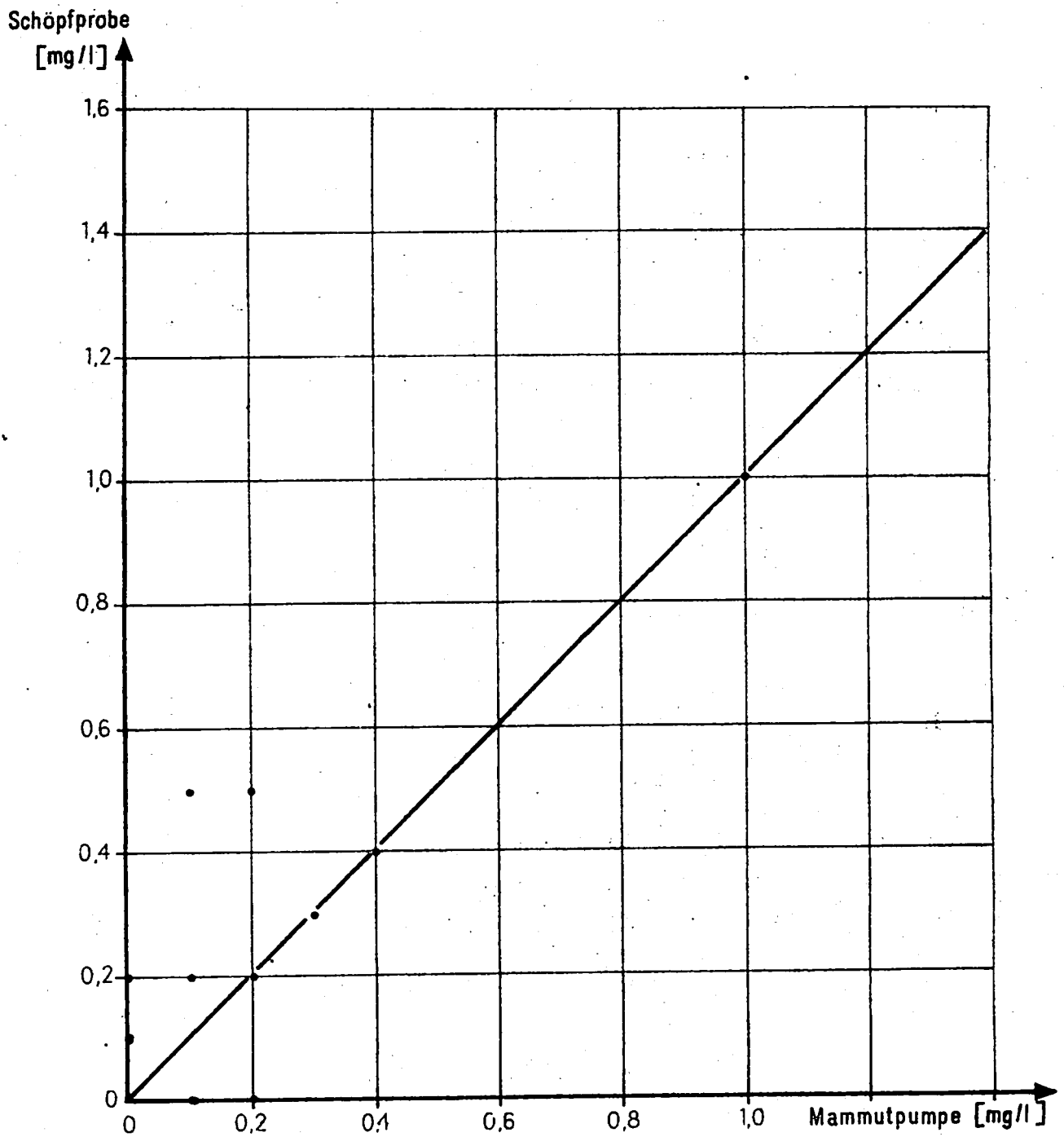


Abb.2.3. Unterschiede der Analysenergebnisse bei Probengewinnung mittels

Schöpfprobe und Mammutpumpe

- Mangan -

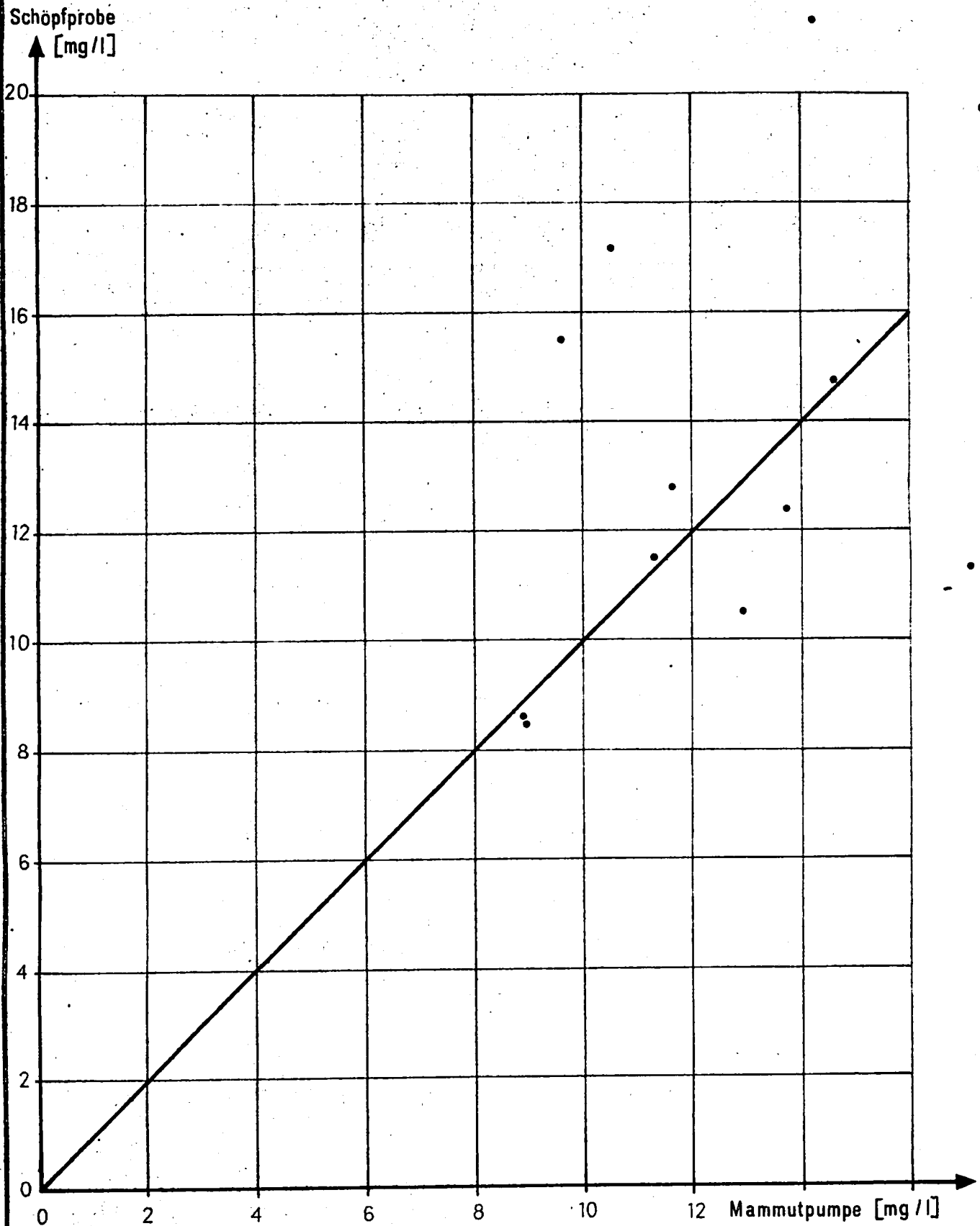
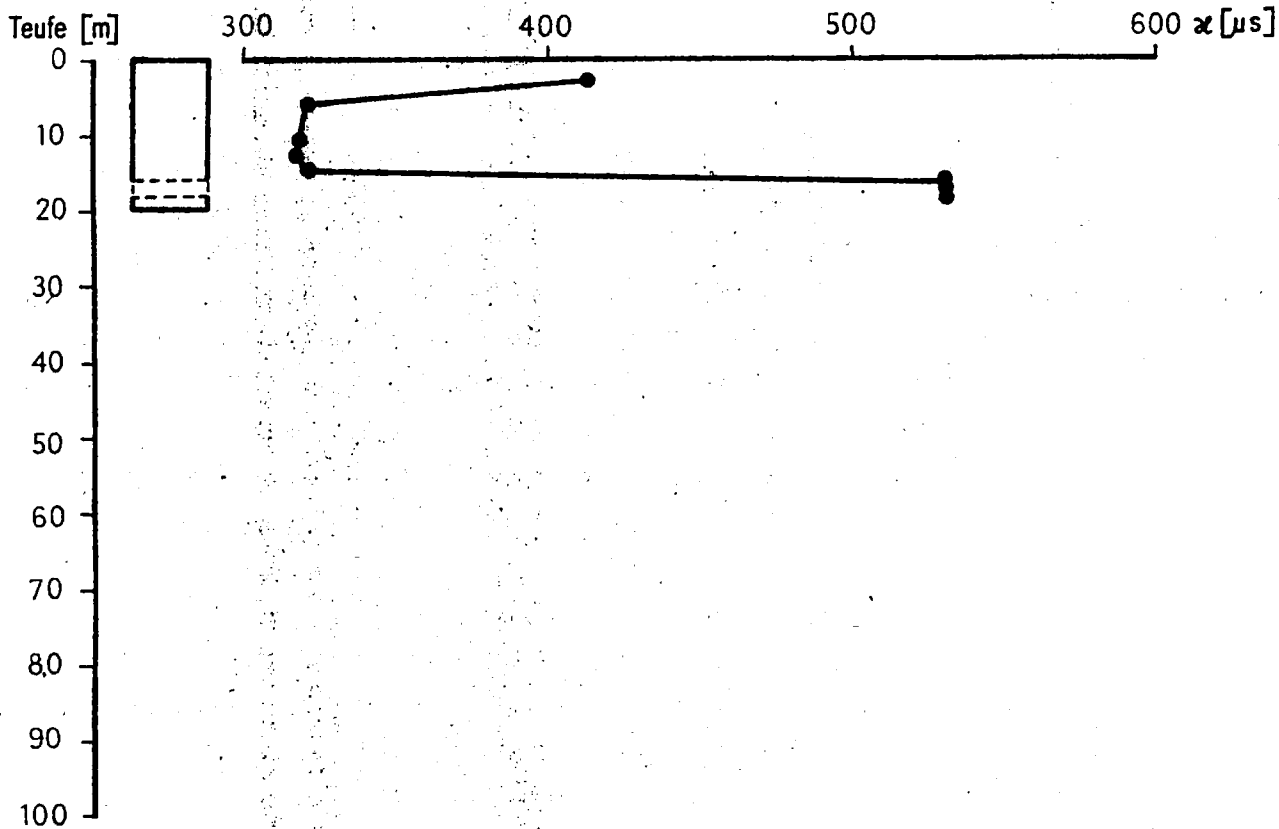


Abb. 2.4. Unterschiede der Analyseergebnisse bei Probengewinnung mittels

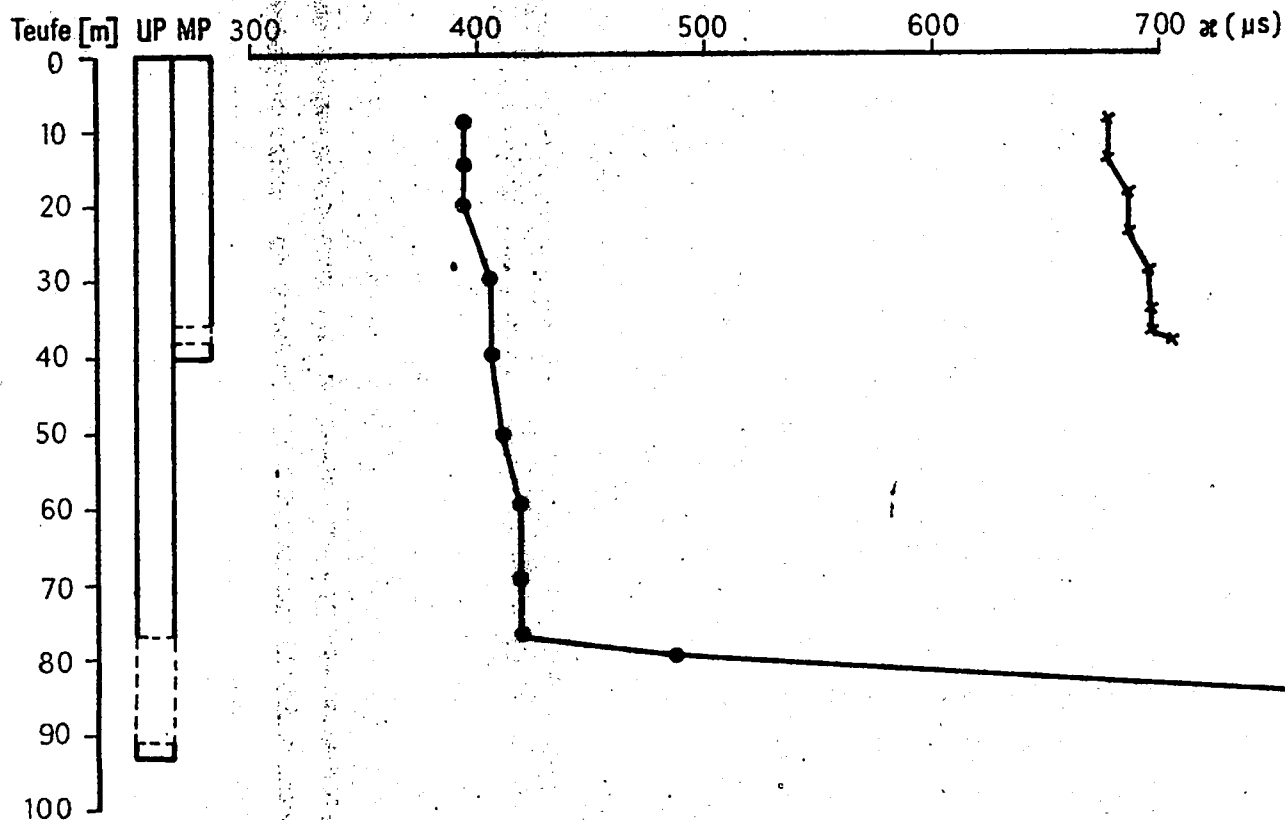
Schöpfprobe und Mammutpumpe

- Gesamthärte -

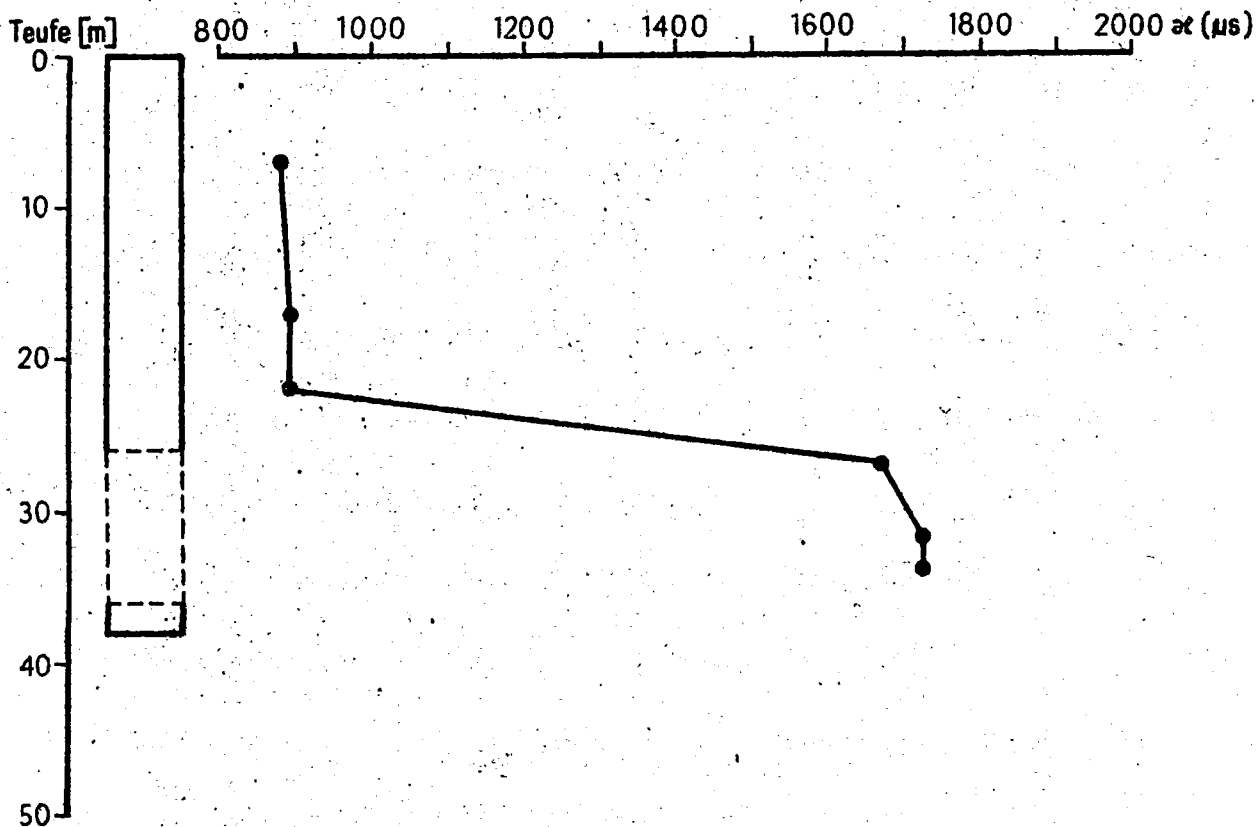
Hy Kmf 1/68 OP



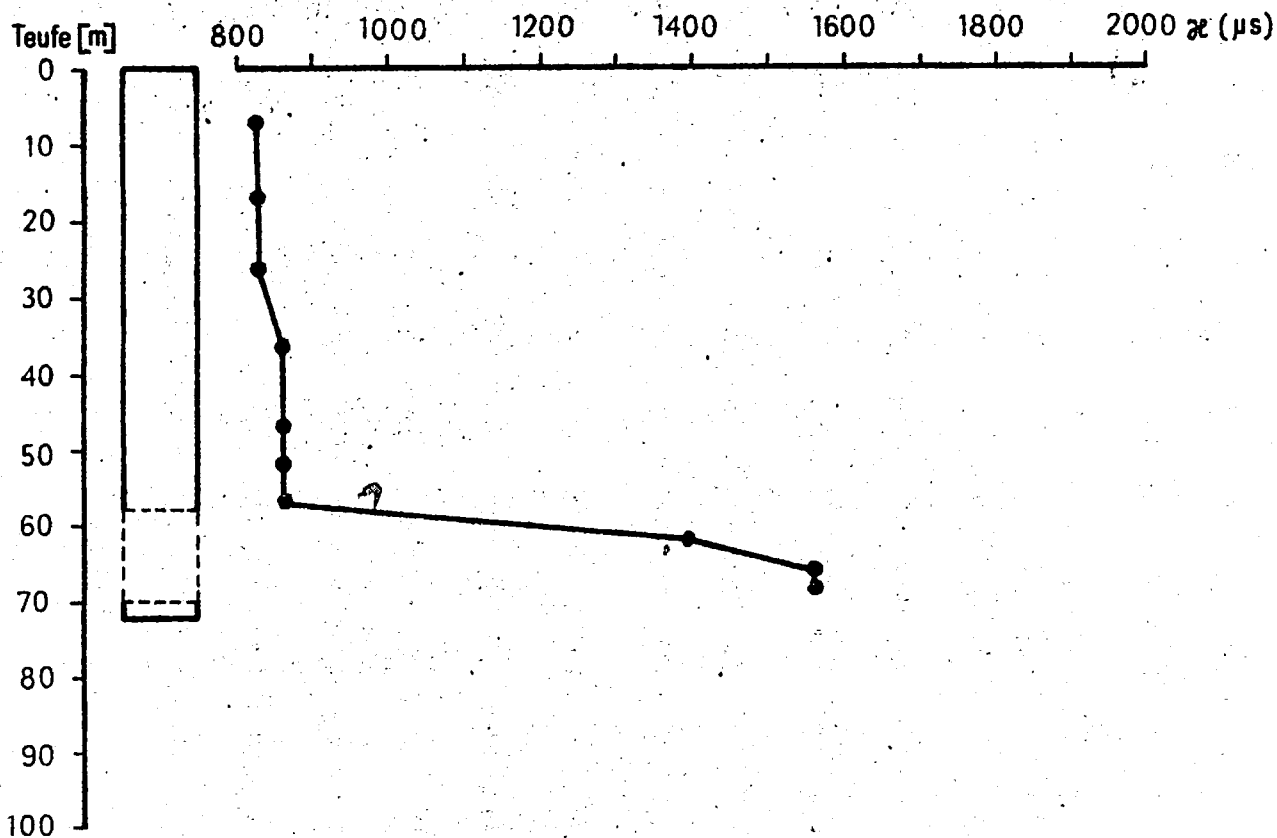
Hy Kmf 1/68 UP / MP



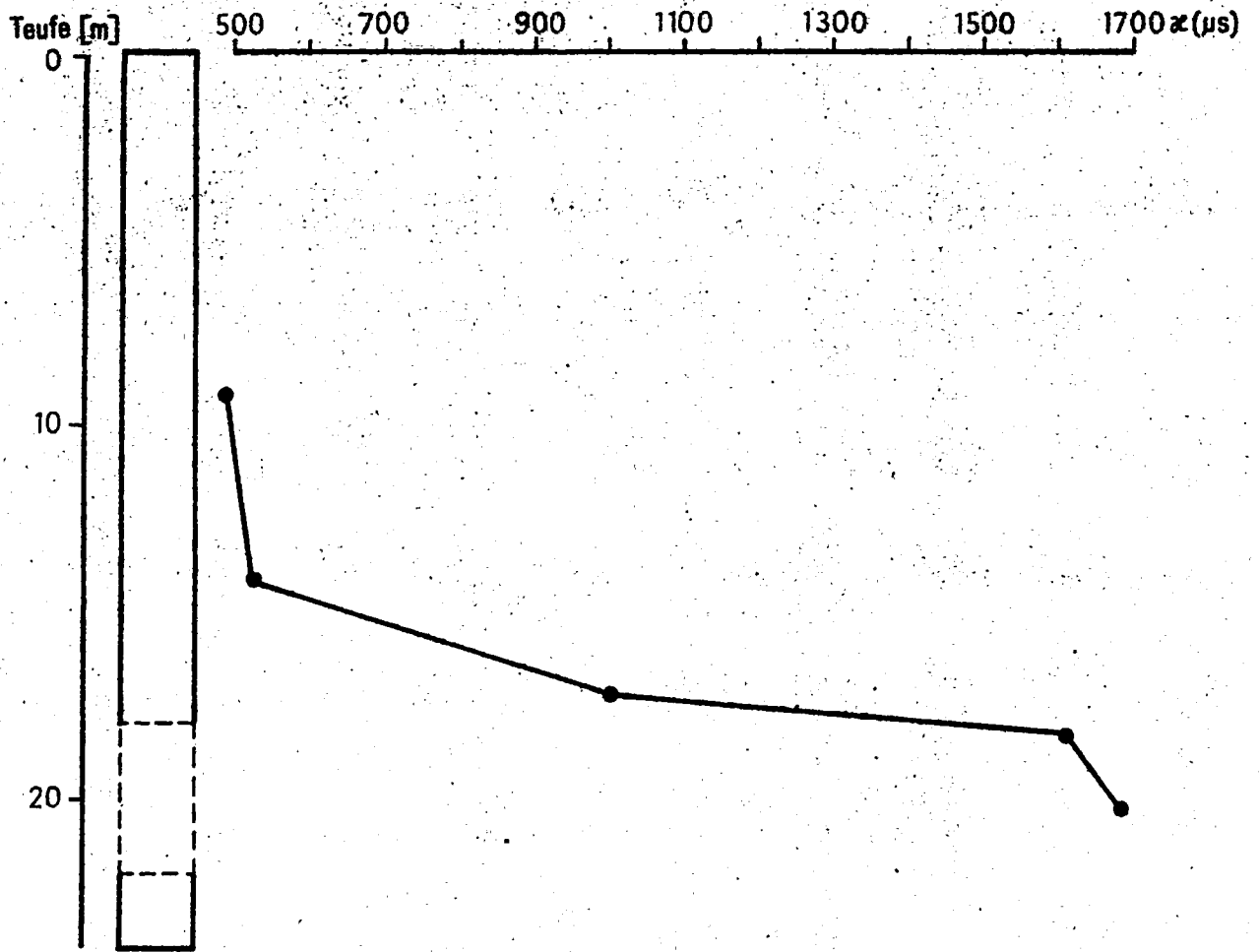
Hy Tenn 1/68 OP (500)



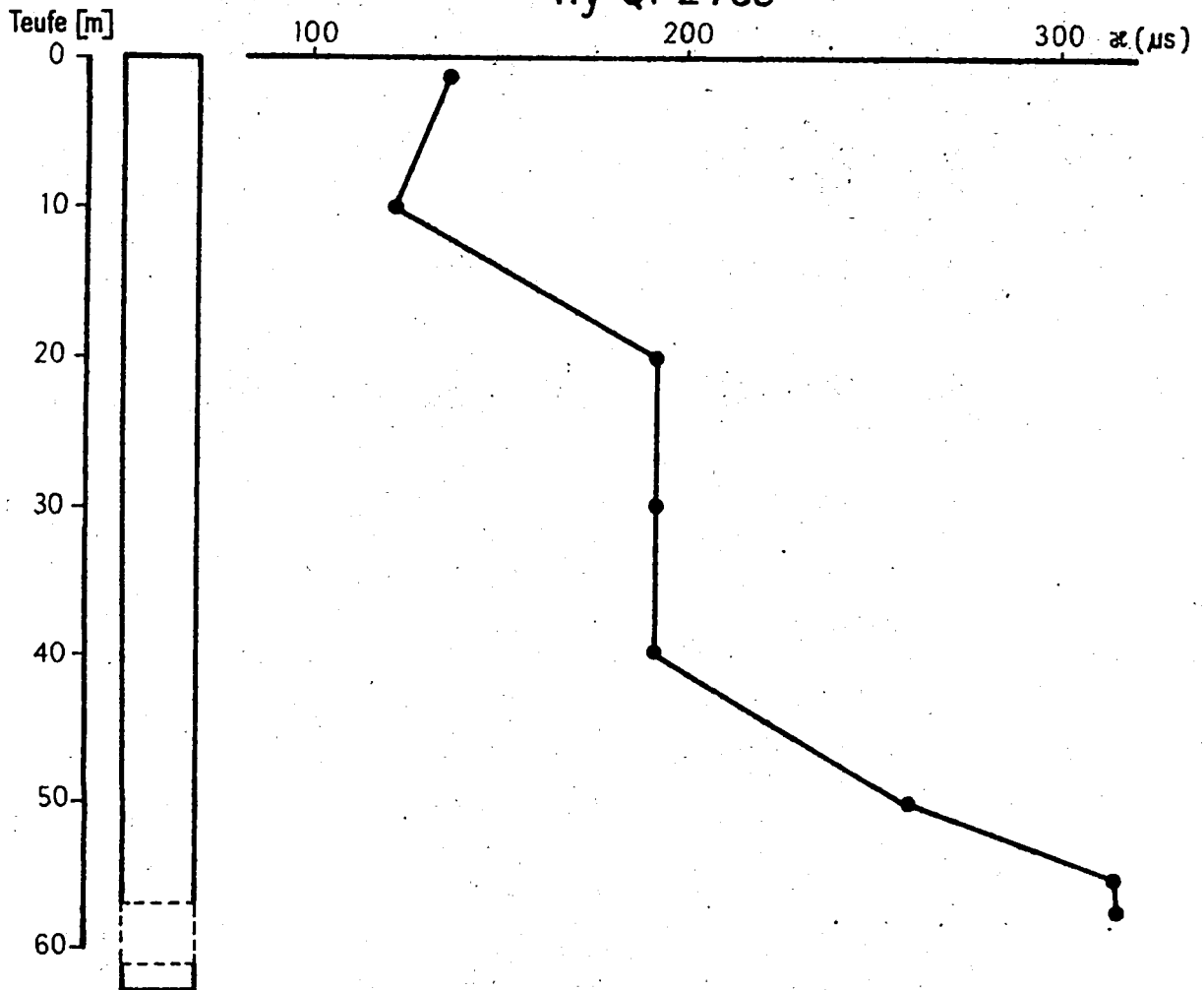
Hy Tenn 1/68 UP (501)



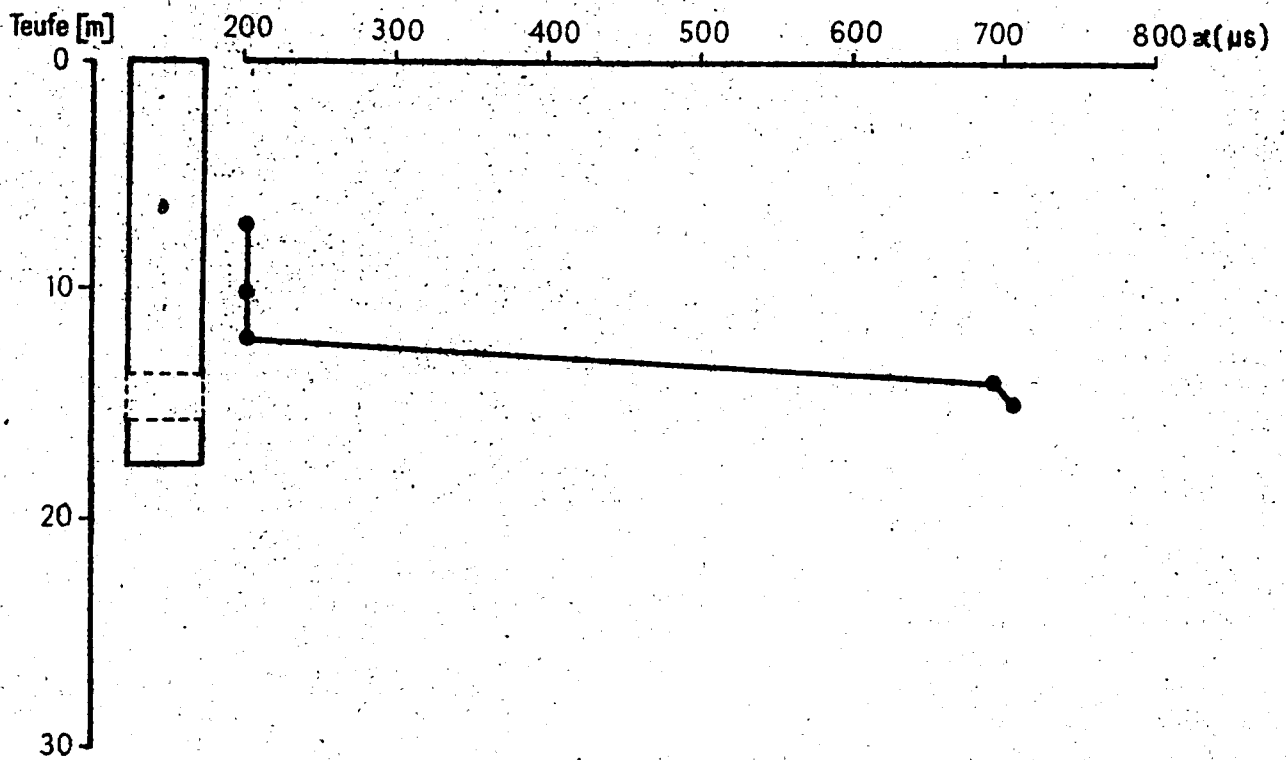
Hy Qf 9/69



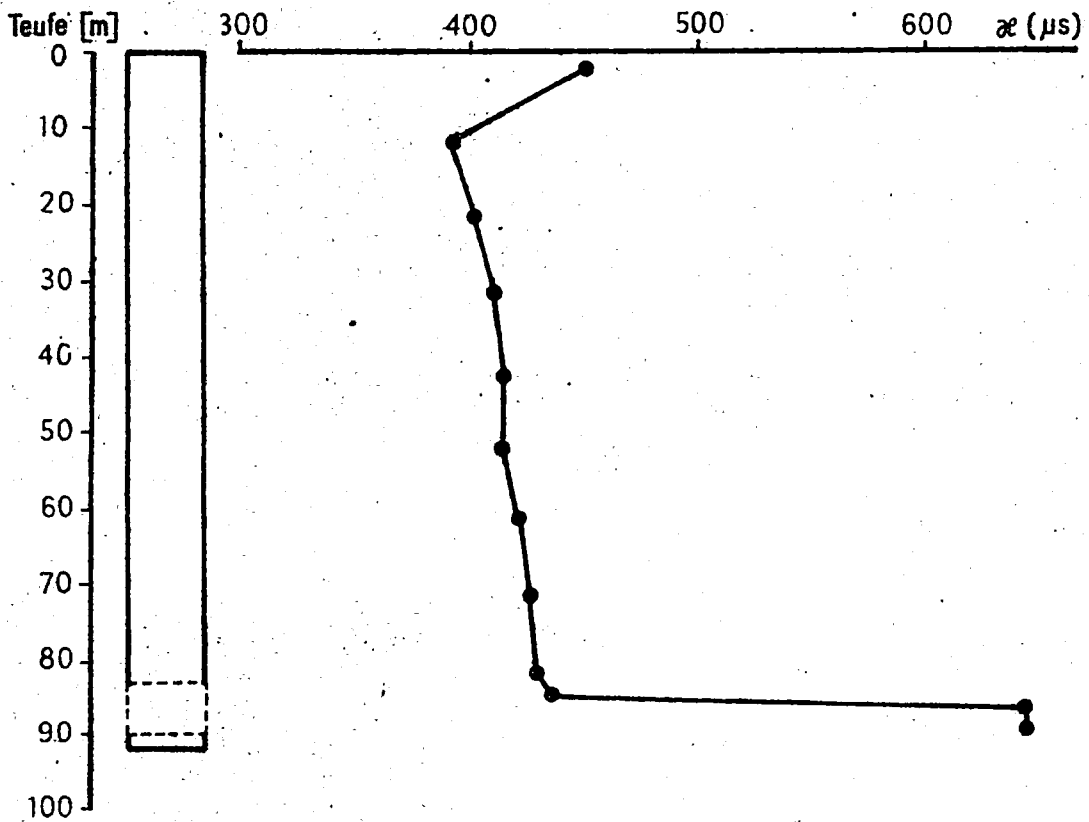
Hy Qf 2/69



Hy Qf 17/69



Hy Blei 1/74



Hy E 8/76

