

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS
SERVICE GÉOLOGIQUE

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG
VERÖFFENTLICHUNGEN DES LUXEMBURGER GEOLOGISCHEN DIENSTES

VOLUME XXII

HYDROGEOLOGISCHE
UND HYDROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN
IM OBEREN MUSCHELKALK
UND KEUPER LUXEMBURGS

von
CHRISTIAN NEUMANN-REDLIN

LUXEMBOURG 1971
SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG

GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS
SERVICE GÉOLOGIQUE

PUBLICATIONS DU SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG
VERÖFFENTLICHUNGEN DES LUXEMBURGER GEOLOGISCHEN DIENSTES

VOLUME XXII

HYDROGEOLOGISCHE
UND HYDROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN
IM OBEREN MUSCHELKALK
UND KEUPER LUXEMBURGS

von
CHRISTIAN NEUMANN-REDLIN

LUXEMBOURG 1971
SERVICE GÉOLOGIQUE DU LUXEMBOURG

Anschrift des Verfassers:

Chr. Neumann-Redlin

Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung

3 Hannover - Buchholz

Stilleweg 2

HYDROGEOLOGISCHE
UND HYDROCHEMISCHE UNTERSUCHUNGEN
IM OBEREN MUSCHELKALK
UND KEUPER LUXEMBURGS

von
CHRISTIAN NEUMANN-REDLIN

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG

RÉSUMÉ

ABSTRACT

VORWORT

Benutzte Abkürzungen

EINLEITUNG	14
1 GEOLOGISCHE BESCHREIBUNG DER GRUNDWASSERTRÄGER	17
1. 1 Überblick	17
1. 2 Mittlerer Muschelkalk	17
1. 3 Oberer Muschelkalk	17
1. 4 Unterer und Mittlerer Keuper	18
1. 5 Schilfsandstein	18
1. 6 Jüngere Bedeckung	19
1. 7 Schichtlagerung und Tektonik	19
2 HYDROLOGISCHE BESCHREIBUNG DER GRUNDWASSERTRÄGER	20
2. 1 Gipsmergel	20
2. 2 Oberer Muschelkalk	21
2. 3 Unterer und Mittlerer Keuper	23
2. 4 Schilfsandstein	25
3 FLIESSVORGÄNGE IM OBEREN MUSCHELKALK	26
3. 1 Allgemeines	26
3. 2 Durchführung der Färbeversuche	26
3. 3 Besprechung der Färbeversuche 1-10	27
3. 4 Ergebnis der Färbeversuche	41
3. 5 Vergleich mit der Hauptmuschelkalkverkarstung in Unterfranken	43
4 DIE GRUNDWASSERNEUBILDUNG	44
4. 1 Allgemeines	44
4. 2 Das Niederschlagsdargebot	44
4. 3 Die Verdunstung	46
4. 4 Der Abfluß	49
4. 5 Oberflächlicher Abfluß, Grundwasserneubildung und Speicherung ausgewählter Einzugsgebiete	51
4. 5. 1 Allgemeines	51
4. 5. 2 Langjährige Abflußmessungen der Syr und des Aalbaches	52
4. 5. 3 Zweijährige Abflußmessungen in geologisch verschieden aufgebauten Einzugsgebieten	53

4. 5. 3. 1 Gaesbach und Brillbach	55
4. 5. 3. 2 Lenningerbach und Gostingerbach	55
4. 5. 3. 3 Stromberg und Enberg	58
5 HYDROCHEMIE	62
5. 1 Allgemeines	62
5. 2 Wässer aus dem Oberen Muschelkalk	63
5. 3 Keuperwässer	65
5. 4 Physikalische Eigenschaften und Lösungsinhalt der Hauptmuschelkalk- und Keuperwässer .	68
5. 5 Schilfsandsteinwässer	74
6 PRAKTISCHE FOLGERUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE GRUNDWASSERERSCHLIESSUNG.	77
Analysenverzeichnis	81
Literaturverzeichnis	83

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN

Abb. Nr.	Seite
1 Geologische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes	15
2 Schematisches Profil durch die Grundwasserträger	20
3 Quellschüttungsverlauf einiger Hauptmuschelkalk- und Keuperquellen	22
4 Lageplan der ku_2 -Quelle «Weidekapp»	24
5 Tektonische Übersichtskarte zu den Versuchen 1-5 und 9	28
6 Geographische Lage der Versuche 1-5 u. 9	29
7 Farbdurchgangskurven der Versuche 1 und 2	31
8 Profilschnitt zu Färbeversuch 1	30
9 Schüttung und Quelltemperatur zweier Hauptmuschelkalkquellen in Abhängigkeit vom Niederschlag	34
10 Farbdurchgangskurve des Versuches 3	35
11 Profilschnitt zu Färbeversuch 4	36
12 Farbdurchgangskurven der Versuche 4 und 6	37
13 Lageplan zu Färbeversuch 6 und Klufthöhle bei Mæstroff	38
14 Lageplan zu Färbeversuch 7 und 8	39
15 Lageplan zu Färbeversuch 10	40
16 Grundriß der Klufthöhle Mæstroff	42
17 Meteorol. Meßstationen, Niederschlagswerte und -polygone, Höhengliederung der untersuchten Einzugsgebiete	45
18 Bachmeßstellen ausgewählter Einzugsgebiete	50
19 Jährliche Grundwasserneubildung Iu und unterirdischer Abfluß Au der Syr und des Aalbaches ..	53
20 Geologische und tektonische Übersichtskarte der Teileinzugsgebiete	56
21 Trockenwetterabflußmeßstellen und Grundwasserscheiden	57
22 Geographische Lage, unterirdischer Abfluß und Versickerungsdargebot des Stromberges	59
23 Geographische Lage, Grundwasserneubildung und Speicherung des Enberges	61
24 Grundwassertypen des süßen Grundwassers	63
25 Zusammensetzung und Lösungsinhalt der Wässer im Oberen Muschelkalk	64
26 Zusammensetzung und Lösungsinhalt der Wässer im Mittleren Keuper	66
27 Zusammensetzung und Lösungsinhalt der Wässer im Grenzdolomit	67
28 Gesamthärte, Karbonathärte, Kalzium- und Magnesiumgehalte einiger Wässer des Oberen Muschelkalkes	70
29 Leitfähigkeit und Sulfatgehalt in Abhängigkeit von der Schüttung eines Wassers aus dem Oberen Muschelkalk (Quelle: Hinkel-Schiltzhaus)	72
30 Zusammensetzung und Lösungsinhalt der Wässer im Schilfsandstein	75
31 Geologische Situation und Leistungsangaben einiger Bohrungen aus dem Oberen Muschelkalk ..	78

ZUSAMMENFASSUNG

Nach einer geologischen Beschreibung des Untersuchungsgebietes erfolgt an Hand von Quellpositionen und dem Quellschüttungsverhalten eine hydrogeologische Besprechung der bearbeiteten Grundwasserleiter. Im Oberen Muschelkalk deuten von Oberflächenwasser beeinflusste Quellen auf Verkarstung hin. Färbeversuche zeigen, daß die Fließrichtung und -geschwindigkeit dieser Quellwässer wesentlich von der Schichtlagerung und den Hauptkluftrichtungen geprägt werden. Dort, wo der Obere Muschelkalk hoch über dem Niveau der Vorfluter ansteht, setzt von den Talrändern her eine Verkarstung ein. Für Einzugsgebiete mit verschiedenem geologischen Aufbau werden teils langjährig, teils für die hydrologischen Jahre 1968 und 1969 Wasserbilanzen aufgestellt. Zur Ermittlung der Grundwasserbeubildung wurde der oberirdische und unterirdische Abfluß nach NATERMANN bestimmt, die Berechnung der potentiellen Verdunstung erfolgte in Anlehnung an HAUDE. Es ist eine deutliche Abhängigkeit der Grundwasserneubildung und Speicherung vom geologischen Untergrund und der Vegetation festzustellen.

Mit 90 Vollanalysen werden die Wässer der untersuchten Grundwasserleiter intensiv hydrochemisch bearbeitet. Bei den meisten Wässern handelt es sich um erdalkalisch-hydrogenkarbonatische Süßwässer; Gipsauslaugung läßt erdalkalisch-sulfatische Wässer entstehen. Eine anthropogene Verschmutzung durch Düngung und Besiedlung ist in fast allen Wässern, besonders bei denen aus dem Hauptmuschelkalk, nachzuweisen. Aus den gewonnenen Ergebnissen können Angaben gemacht werden, welche Möglichkeiten zur weiteren Grundwassererschließung in dem Untersuchungsgebiet gegeben sind.

RESUME

La description géologique de la région examinée est suivie d'une discussion hydrogéologique des nappes aquifères, discussion qui se base sur la position et sur le débit des sources. Dans le Muschelkalk Supérieur, l'influence des eaux superficielles sur les sources témoigne d'une certaine karstification. Des essais de coloration prouvent que ces eaux de source dépendent largement de la disposition des couches ainsi que des directions majeures des diaclases. Là où le Muschelkalk Supérieur affleure bien au-dessus du niveau des cours d'eau, on constate une karstification qui se développe à partir des flancs des vallées. Pour des aires d'alimentation en eau à structure géologique différente, nous avons dressé des bilans hydrologiques qui se basent soit sur les années 1968 et 1969, soit sur des périodes plus longues. En vue d'une évaluation de la recharge d'eau souterraine, nous avons mesuré l'écoulement superficiel et l'écoulement souterrain d'après la méthode de NATERMANN, le calcul de l'évapo-transpiration potentielle se basant sur celle de HAUDE. En ce qui concerne la recherche d'eau souterraine et le stockage nous avons pu constater une nette dépendance du soubassement géologique et de la végétation.

90 analyses complètes permettent un examen hydrochimique poussé de l'eau des nappes souterraines examinées. Il s'agit en majeure partie d'eaux douces hydrogéo-carbonatées, riches en calcium et en magnésium; la dissolution de gypse donne naissance à des eaux sulfatées. Dans presque toutes les eaux, surtout dans celles du Muschelkalk Supérieur, on constate une pollution anthropogène due à l'amendement par engrais et aux habitations. Les résultats obtenus permettent de fournir des indications sur les possibilités d'une optimisation des ressources en eaux souterraines dans la région examinée.

ABSTRACT

The geologic description of the project area is followed by a hydrogeologic discussion of the aquifers dealt with. It is based on data of both the positions and yield of springs. In the Upper Muschelkalk springs influenced by surface water give indications of karstification. Coloration tests proved that direction and velocity of flow of these spring waters mainly depend on the bedding and on the direction of main joints. In the area where the Upper Muschelkalk crops out highly above the level of the receiving water course, a process of karstification setting in from the valley flanks is to be recognized. For catchment areas, differing in their geologic structure, water balance sheets have been established which are based partly on the hydrogeological years of 1968 and 1969, and partly on longer periods. To ascertain the recharge of groundwater, the surface and subsurface runoff was evaluated according to the method by NATERMANN, whereas the calculation of the potential evaporation was based on the method by HAUDE. Concerning the groundwater recharge and its storage, a distinct dependence on the geologic subsoil and vegetation is recognizable.

The waters of the investigated aquifers have been under intense hydrochemical processing by 90 analyses. Most of these waters are alkaline-earth to hydrogen-carbonate fresh waters. By leachings of gypsum, alkaline-earth - sulphate waters have come into existence. An anthropogenic pollution caused by fertilizers and settlement is found in most of the waters, especially with those from the Haupt-Muschelkalk. From the results obtained, information can be gathered about the possibilities existing for a further groundwater development in the project area.

VORWORT

Für die Vermittlung vorliegender Arbeit, seinem Interesse an ihrem Fortgang und für die Unterstützung bei der Auswertung der Meßergebnisse danke ich meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Dr. R. Schönenberg.

Mein Dank gilt weiter Herrn J. Bintz, dem Leiter des Service Géologique du Luxembourg für seine großzügige materielle und finanzielle Unterstützung. Er hatte immer ein offenes Ohr für alle Fragen und Probleme, die im Laufe der Untersuchungen auftraten und bemühte sich, sie zu lösen.

Darüber hinaus sei allen Herren der Administration des Ponts et Chaussées und der im Untersuchungsgebiet liegenden Gemeinden gedankt, die mir bei der Beschaffung der notwendigen Meßdaten behilflich waren.

Dem Leiter des Laboratoire des Eaux in Luxemburg Herrn J. Barthel und seinen Mitarbeitern danke ich für die Ausführung der zahlreichen Wasseranalysen. Herr M. Medinger war mir bei den Färbeversuchen im Gelände wie auch bei der Auswertung im Labor behilflich.

Herrn Engels, dem Leiter des Meteorologischen und Hydrographischen Dienstes, sage ich Dank für die Überlassung der meteorologischen und hydrologischen Unterlagen.

Herrn von Hoyer, der zur gleichen Zeit mit mir in Luxemburg weilte, danke ich für viele wertvolle Fachgespräche und gemeinsame Begehungen.

Zuletzt danke ich der Familie Jost in Grevenmacher für die mehrjährige Gewährung von Kost und Logis.

BENUTZTE ABKÜRZUNGEN

- A = Gesamter Abfluß als Abflußhöhe in mm
- Ao = Oberirdischer Abfluß nach NATERMANN (= unmittelbar durch Niederschläge hervorgerufener Teil des Gesamtabflusses eines Einzugsgebietes).
- Au = Nach dem Verfahren von NATERMANN (1951) gemessener unterirdischer Abfluß (= Teil des Gesamtabflusses, der dem Vorfluter als Grund- oder Quellwasser zufließt).
- Eo, Eu = Oberirdisches, unterirdisches Einzugsgebiet in km².
- Ga = In Fremdräume abgeleitetes Grundwasser in mm.
- Gz = Aus Fremdräumen zugeführtes Grundwasser in mm.
- Iu = Infiltration von Niederschlagswasser in den tieferen Untergrund für eine bestimmte Zeitspanne in mm bzw. als Sickerspende in l/s·km² (Grundwasserneubildung).
- N = Niederschlag in mm
- So = Vorratsänderung des Bodenwassergehaltes in der durchwurzelten Zone (\pm Bodenspeicherung) in mm.
- Su = Änderung des Wasservorrats im tieferen Untergrund (\pm Speicherung im Grundwasserträger) in mm.
- V = Aktuelle (tatsächliche) Gesamtverdunstung in mm.
- Vp = Potentielle Verdunstung, errechnet nach HAUDE (1954).
- q = Abflußspende in l/s·km².
- ΔQ = Zuwachs des gemessenen Abflusses in l/s gegenüber der nächsten oberhalb gelegenen Meßstelle (Abflußzuwachs).
- ΔFE = Zuwachs des Niederschlagsgebietes in km² gegenüber der nächsten oberhalb gelegenen Meßstelle.

Die Abkürzungen sind z. T. der DIN 4049 entnommen, nähere Erläuterungen siehe dort.

EINLEITUNG

Die Untersuchungen wurden in der «Normalfacies» der Trias durchgeführt, die im Osten des Luxemburger Gutlandes ansteht (Abb. 1). Im Westen und Süden wird die Trias vom Steilanstieg des Lias eingerahmt, im Osten und Norden schließen die Grenzflüsse Mosel und Sauer das Arbeitsgebiet ab.

Da in dem beschriebenen Gebiet die Triasschichtglieder Buntsandstein (*so*), Unterer Muschelkalk (*mu*) und der Obere Keuper (*ko*) nur eine sehr geringe Verbreitung haben, beschränken sich die hydrogeologischen Untersuchungen auf die Schichtglieder Mittlerer Muschelkalk (*mm*) bis Mittlerer Keuper (*km*). Das Mosel- und Sauerthal wurde nicht bearbeitet.

Die Werte für die Grundwasserneubildung wurden in den hydrologischen Jahren (Nov.-Okt.) 1968 und 1969 gewonnen, die Färbeversuche wurden zum größten Teil im Sommer 1970 durchgeführt. Parallel mit den Untersuchungen in der Trias erfolgte eine hydrogeologische Bearbeitung des Luxemburger Sandsteins (von HOYER 1971).

Als Unterlagen für die hydrogeologische Bearbeitung dienten neuere Dipomkartierungen (HAUDE, NEUMANN-REDLIN, STOCK alle 1967) und die neue Geologische Karte von Luxemburg 1 : 25 000, Blatt ECHTERNACH mit Erläuterungen, die parallel zu den hydrologischen Arbeiten erstellt wurde (v. HOYER u. NEUMANN-REDLIN 1971).

Die in der Arbeit angeführten luxemburgischen Orts-, Flur- und Gewässernamen sowie die Koordinaten wurden der Topographischen Karte 1 : 25 000 des Großherzogtums Luxemburg (Projektion Gausz-Luxemburg) entnommen. Zum besseren Auffinden ist in den Abbildungen die luxemburger Schreibweise verwendet worden (Moselle = Mosel, Sure = Sauer, -baach = -bach, -bierg = -berg, -ange = -ingen).

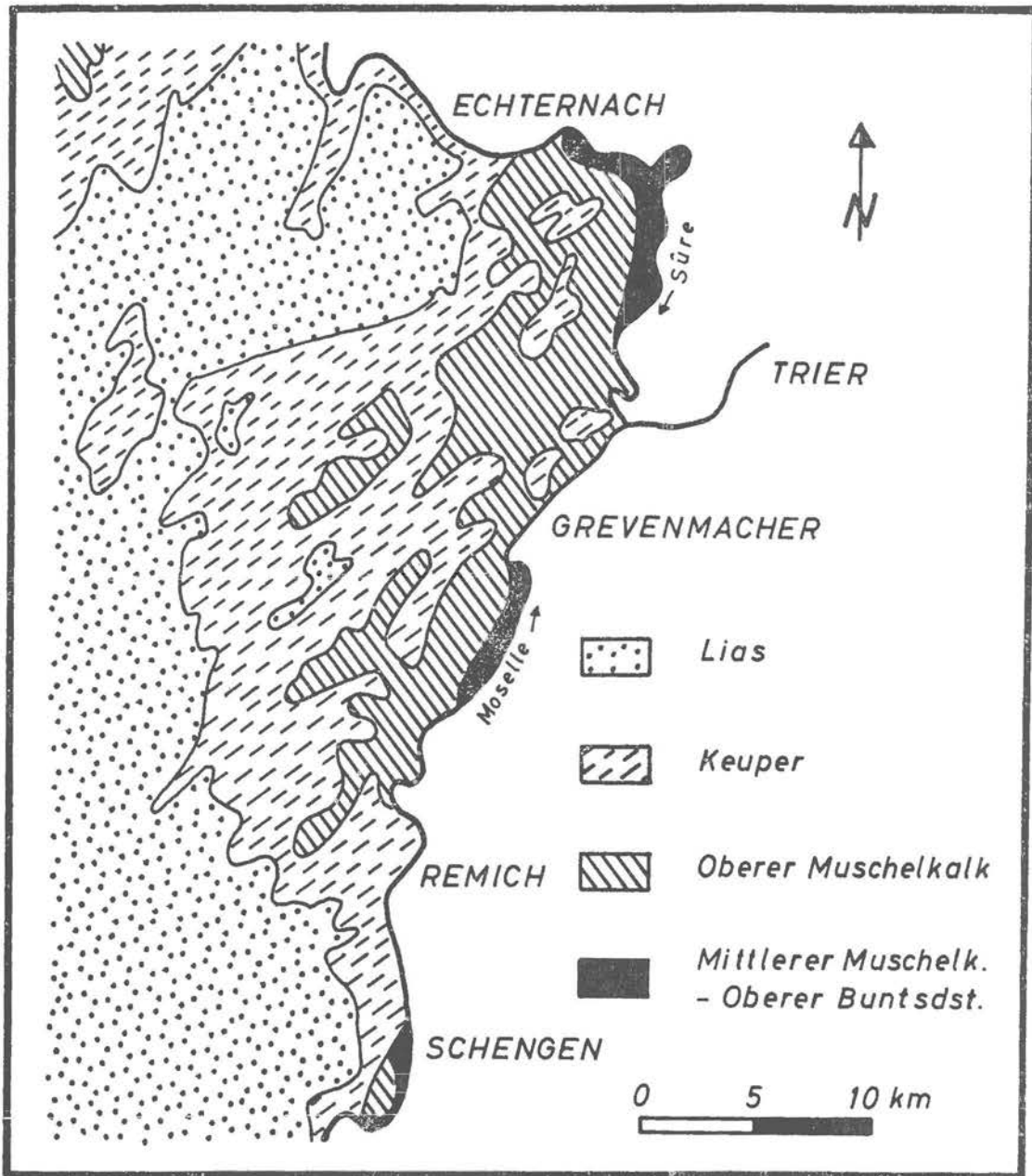


Abb. 1. Geologische Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes

1 GEOLOGISCHE BESCHREIBUNG DER GRUNDWASSERTRÄGER

1.1 Überblick

Der Bildungsraum der Luxemburger Trias ist ein Teilstück der Eifeler Depression, die mit ihrer südlichen Fortsetzung, der Lothringischen Depression, eine wichtige Transversalgrenze bildet. Sie trennt Eifel und Hunsrück vom galloardennischen Festland (LUCIUS 1948). Die Schichtfolge der Trias wird im Osten und Norden gegen Eifel und Hunsrück durch einen Erosionsrand begrenzt. Im Westen gehen am Rand der Ardennen die einzelnen Schichtglieder in eine mehr oder weniger grobklastische «Randfacies» über, um schließlich auszukeilen. Nach Süden läßt sich eine Verbindung zur Trias des Saarlandes und der angrenzenden Gebiete herstellen (GITTINGER 1968).

Im Untersuchungsgebiet ist die Trias in «Normalfacies» ausgebildet, die bearbeiteten Schichtglieder werden im folgenden beschrieben.

1.2 Mittlerer Muschelkalk (*mm*)

Der Mittlere Muschelkalk gliedert sich in den Linguladolomit (*mm*₂) und die Gipsmergel (*mm*₁). Der 5 - 7 m mächtige Linguladolomit wird von hellen Dolomiten aufgebaut, die bankweise löchrig-porös sein können. Sie schließen im Hangenden direkt an die Dolomite des Oberen Muschelkalkes an und werden in den folgenden Kapiteln wegen ihres gleichen hydrologischen Verhaltens mit diesen zusammengefaßt.

Ein scharfer lithologischer Schnitt liegt an der Grenze zu den Gipsmergeln. Sie werden von einer 40 - 100 m mächtigen Folge von dolomitischen Mergeln gebildet, der untergeordnet dünne Sandstein- und Dolomitkänke eingeschaltet sind. Fasergips ist in der ganzen Schichtfolge des *mm*₁ vorhanden; in der oberen Hälfte sind örtlich feinkristalline, sehr reine Gipslager bis zu 2 m Mächtigkeit ausgebildet, die früher abgebaut wurden. Steinsalz ist bis auf Pseudomorphosen nicht mehr nachweisbar.

1.3 Oberer Muschelkalk (*mo*)

Der Obere- oder Hauptmuschelkalk ist 50 - 60 m mächtig und wird vorwiegend aus Dolomiten aufgebaut. Im liegenden Trochitendolomit (*mo*₁) herrschen Bankdicken um 1 m vor, die von dünnen Mergellagen getrennt sind. Die hangenden Grenz- und Ceratitenschichten (*mo*₂) bestehen aus dünnbankigeren Dolomiten, in die untergeordnet bis zu 2 m mächtige Mergelbänder eingeschaltet sind. Bei den Dolomiten handelt es sich um nahezu stöchiome-

trische Dolomite (GITTINGER 1968), auch die eingeschalteten Mergel sind dolomitisch ausgebildet. Gips- und Steinsalzablagerungen fehlen im Oberen Muschelkalk.

Die Böden auf dem anstehenden Hauptmuschelkalk bestehen aus steinig-tonigen Braunerden; in Gebieten ehemaliger Flußterrassen und Lößlehmbedeckung sind sandig-lehmige Parabraunerden verbreitet (WAGENER 1969). Die Braunerdeböden sind nicht sehr tiefgründig und Lesesteine sind häufig. Bei den heutigen Düngemöglichkeiten werden die Böden landwirtschaftlich intensiv genutzt.

1. 4 Unterer und Mittlerer Keuper (*ku u. km*)

Der Untere Keuper wird in seinem liegenden Teil aus einer bis zu 12 m mächtigen Wechselfolge von vorwiegend dolomitischen Mergeln mit eingeschalteten dünnen Sandstein- und Dolomitbänkchen aufgebaut (*ku₁*), die im oberen Teil durch den Grenzdolomit (*ku₂*) abgeschlossen werden. Der Grenzdolomit besteht aus einer ca. 6 m mächtigen Folge von Dolomitbänken mit untergeordneten Mergelzwischenlagen.

Der um 130 m mächtige Mittlere Keuper wird bis auf den Schilfsandstein (Kap. 1. 5) von bunten dolomitischen Mergeln und Tonmergeln aufgebaut, denen dünne quarzitisches Sandsteinbänder, kalkige Krusten und dünne Dolomitbänke (Steinmergel) eingeschaltet sind.

Gips ist im gesamten Mittleren Keuper vorhanden, abbauwürdige Lager beschränken sich auf die oberen Partien der Abfolge. Steinsalz, von dem Pseudomorphosen und vereinzelt höhere Chloridwerte in den analysierten Wässern zeugen (Kap. 5. 4. 8), ist obertage ausgelaugt.

Im Unteren und Mittleren Keuper werden zwei Bodenarten unterschieden. Dort, wo die Bodenbildung nicht weit fortgeschritten ist, findet man schwere Rendzinaböden, auf denen ein schwärzlicher, humoser A-Horizont direkt auf den anstehenden Mergeln liegt. Diese Böden tragen fast ausschließlich Wald und Weiden. Über weite Flächen ist der Keuper von einer Lehmschicht bedeckt, auf der sandig-lehmige und lehmige Parabraunerden mit einem normalen ABC-Horizont ausgebildet sind. Der Lehm ist zum Teil autochton aus der Verwitterung der anstehenden Mergel entstanden, teils handelt es sich um Lößlehm. Auf diesen monoton grauen Böden trifft man neben Wald und Weiden auch Ackerbau an. Bei hohem Grundwasserstand in den weiten Oberläufen der Bäche führen Staunässe und Versumpfung zu Vergleyung der Böden.

1. 5 Schilfsandstein (*km_{2s}*)

Bei dem Schilfsandstein handelt es sich um einen Sandsteinkörper innerhalb der Mergel des Mittleren Keupers; seine Mächtigkeit schwankt linsenförmig zwischen 0 und 50 m (Abb. 2). Wenn die Mächtigkeit 20 m übersteigt, ist der Schilfsandstein morphologisch als flacher Höhenrücken erkennbar. Er besteht aus einem dickbankigen, tonigen Sandstein mit dünnen Tonzwischenlagen. Durch diese Gesteinsbeschaffenheit und die exponierte Lage ist er intensiver Verwitterung ausgesetzt. Die zahlreichen, den Sandsteinkörper durchteilenden Klüfte, sind mit Lockersanden gefüllt.

Die Böden bestehen aus sandig-tonigen Braunerden, die leicht zu bearbeiten sind, so daß die Schilfsandsteinflächen intensiv landwirtschaftlich genutzt werden.

1.6 Jüngere Bedeckung

Die Lehme der Hochflächen spielen bei der Bodenbildung auf den Keupermergeln eine Rolle und wurden dort besprochen (Kap. 1. 4). Hydrologisch wirksame Talalluvionen sind im Untersuchungsgebiet nicht vorhanden.

1.7 Schichtlagerung und Tektonik

Die vorherrschende Streichrichtung der Schichten des Untersuchungsgebietes ist NE-SW untergeordnet NW-SE mit jeweils schwachem Einfallen nach W (Abb. 5 u. 20). Erzgebirgisch und rheinisch streichende Verwerfungen durchbrechen diese einheitliche Schichtlagerung und lassen Schollen und Gräben entstehen. Daneben sind sie am Aufbau dreier Sättel beteiligt, an denen die tieferen Triasschichtglieder (*so* bis *mm*) in dem Niveau der Hauptvorfluter Mosel und Sauer austreichen (Abb. 1). Dies bewirkt für den Oberen Muschelkalk eine Freilegung von den Keuperdeckschichten und das Einschneiden der Vorfluter unter die Grenze *mo/mm*. In dem Gebiet dieser Sättel wurden für den Oberen Muschelkalk die Fließvorgänge (Kap. 3) und die Grundwasserneubildung (Kap. 4) bestimmt.

Alle Schichten sind intensiv geklüftet. In den mächtigen Dolomitbänken der Trochitenschichten zeigen Ober- und Untertageaufschlüsse unverfüllte Kluftweiten bis zu 50 cm. In den dünner gebankten Grenz- und Ceratitenschichten sind die Klüfte bei abnehmender Weite engständiger verteilt und zum Teil mit den Mergeln der Zwischenlagen verfüllt. Dieses gilt auch für den Grenzdolomit. Frische Keupermergelaufschlüsse zeigen eine Kleinklüftung. Von wenigen Millimetern schwankt die Kluftweite bis zu 2 cm, die Länge bis zu 25 cm.

Die vorherrschenden Kluftrichtungen des Untersuchungsgebietes sind NE-SW und NW-SE (BERG 1965 u. Abb. 5).

2 HYDROLOGISCHE BESCHREIBUNG DER GRUNDWASSERTRÄGER

2.1 Gipsmergel (mm_1)

Die Gipsmergel bilden die Grundwassersohlschicht für die Wässer des Oberen Muschelkalkes und des Linguladolomites, der nach dem in Kapitel 1. 2 Gesagten beim mo mit besprochen wird (Abb. 2). Der Quellhorizont kann direkt an der Schichtgrenze liegen, die

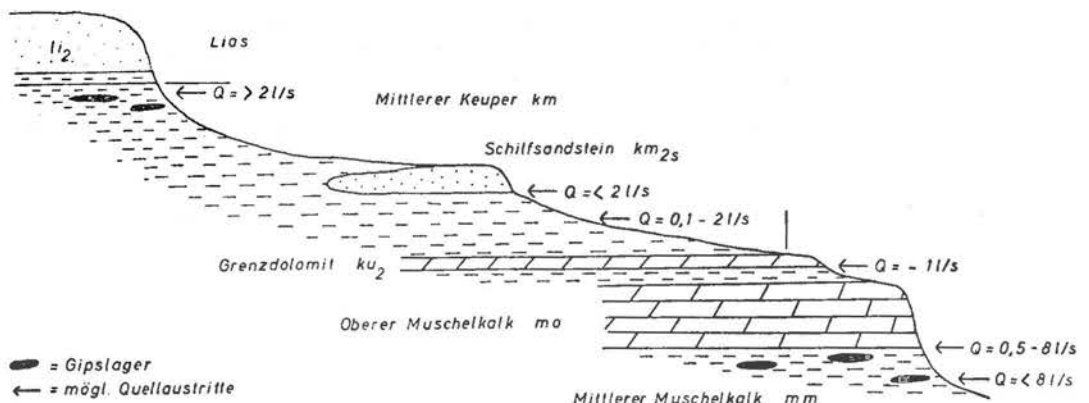


Abb. 2. Schematisches Profil durch die Grundwasserträger

Quellwässer treten zum Teil aber auch durch den Hangschutt beeinflusst tiefer am Talhang aus. Sind in der oberen Hälfte des mm Gipslager ausgebildet, so können diese angelagert werden und die Wässer entspringen innerhalb des Mittleren Muschelkalkes.

Abbildung 3 zeigt, daß die nicht durch den mm beeinflusste Quelle Schengen einen sehr ähnlichen Schüttungsverlauf aufweist wie die Quelle Schiltzhaus, deren Wässer die Gipsmergel durchlaufen (Abb. 29). Daneben weisen Stromberg und Enberg, die je eine der beiden Quellen speisen, in den bearbeiteten hydrologischen Jahren eine sehr ähnliche Grundwasserneubildung auf (Kap. 4. 5. 3. 3 Abb. 22 u. 23). Beide Faktoren sprechen nicht für eine wesentliche Speicherung oder gar Grundwasserneubildung der Wässer in den Gipsmergeln. Sie werden deshalb nicht als eigener Grundwassertyp behandelt.

2. 2 Oberer Muschelkalk (*mo*)

Da der Obere Muschelkalk vorwiegend von dichten Dolomiten aufgebaut wird, können die Wasserbewegungen im Gesteinskörper nur auf den Schichtfugen und Klüften stattfinden. Von den Bewegungen zeugen zahlreiche Quellen. Ihre mittlere Schüttung schwankt zwischen 0,5 und 8 l/s und ist abhängig von der Größe der Einzugsgebiete, die durch die Zerstückelung des Hauptmuschelkalkes in einzelne Schollen begrenzt sind. Ausnahmen sind Einzugsgebiete über 1 km², die ergiebigere Quellen speisen (Quelle Rosport Abb. 9).

Je nach der tektonischen Lage der Hauptmuschelkalkschollen zum Vorfluter lassen sich vier Quelltypen unterscheiden:

Am häufigsten sind *Schichtquellen*. Sie entspringen meist dort, wo der Quellhorizont an der Grenze zum *mm* durch die Erosion am tiefsten Punkt angeschnitten wird (Abb. 20 u. 21 Quellen Teufelsbrücke, Lenningen und Greiveldingen). Bei söhligler Lagerung des Quellhorizontes ist das Auftreten wahrscheinlich an Zonen intensiverer Klüftung gebunden (Abb. 15 u. 22 Quellen am südl. Stromberg). Das Grundwasser kann auch in einem höheren Stockwerk des *mo* als Schichtquelle austreten (Abb. 20 u. 21 Quelle Canach); meist sitzt in diesen Fällen das Wasser dem Vorfluter als *Grundquelle* zu (Trockenwetterabflußmeßstelle Canach Kap. 5. 4. 3. 2). *Überlaufquellen* sind selten (Abb. 5 u. 6 Quellen Nr. 10 u. 12, Abb. 23 Quelle Girst).

Neben Schichtquellen sind *Stauquellen* verbreitet. Da Verwerfungsquellen mit einem Aufstieg des Wassers definiert sind, was im Hauptmuschelkalk Luxemburges nicht der Fall ist, werden diese Quellen als Stauquellen bezeichnet, obwohl sie an eine Verwerfung gebunden sind. Das Grundwasser tritt vor der Verwerfung an der Basis des *mo* über oder in den stauernden Mergeln des *mm* aus (Abb. 5 u. 6 Quellen Nr. 7, 8 u. 11, Abb. 23 Quelle Schiltzhaus). In einem höheren Horizont des *mo* liegt der Quellaustritt Osweiler «Hanesgen» (Abb. 11).

Wöchentliche Quellmessungen zweier Jahre ergaben, daß im jahreszeitlichen Schüttungsverlauf keine Unterschiede hinsichtlich der Quellposition festzustellen sind. In Abbildung 3 zeigt dies der Schüttungsverlauf dreier von Oberflächenwasser unbeeinflusster Hauptmuschelkalkquellen in den hydrol. Jahren 1968 und 1969. Über die Verhältnisse bei Oberflächenwassereinfluß wird in Kapitel 3 gesondert berichtet.

Dem Quellverlauf ist nur der Niederschlag entgegengestellt; auf die Berechnung des Versickerungsdargebotes wurde verzichtet ($N - V_p$), da die Einzugsgebiete der Quellen große Höhenunterschiede gegeneinander aufweisen. Die Kurve des Versickerungsdargebotes würde für einige Quellen zu große Fehler zeigen, da für die Berechnung nur die Verdunstung einer Höhe herangezogen werden kann.

Die Quellen Schiltzhaus und Schengen zeigen einen sehr ähnlichen Schüttungsverlauf. Nur die stärksten Niederschläge prägen sich in Abflußspitzen durch, wobei die Sommerniederschläge wegen der dann herrschenden hohen Verdunstung aus der Bodenzone auf die Quellschüttung kaum Einfluß haben. Der Schüttungsverlauf aller Quellen am Stromberg in Beziehung zu Niederschlag und Verdunstung wird in Kapitel 4. 5. 3. 3 an Hand Abb. 22 besprochen.

Einen abweichenden, ausgeglicheneren Schüttungsverlauf weist die Quelle Teufelsbrücke auf; in ihrem Einzugsgebiet ist der Obere Muschelkalk zum großen Teil von Keuper über-

deckt. Abflußspitzen der Quellen Schengen und Schiltzhaus deuten sich mit etwa zwei-monatiger Verzögerung an. Dies ist auf eine längere Sickerstrecke von der Bodenzone des Keupers bis zum Grundwasserspiegel im Hauptmuschelkalk zurückzuführen.

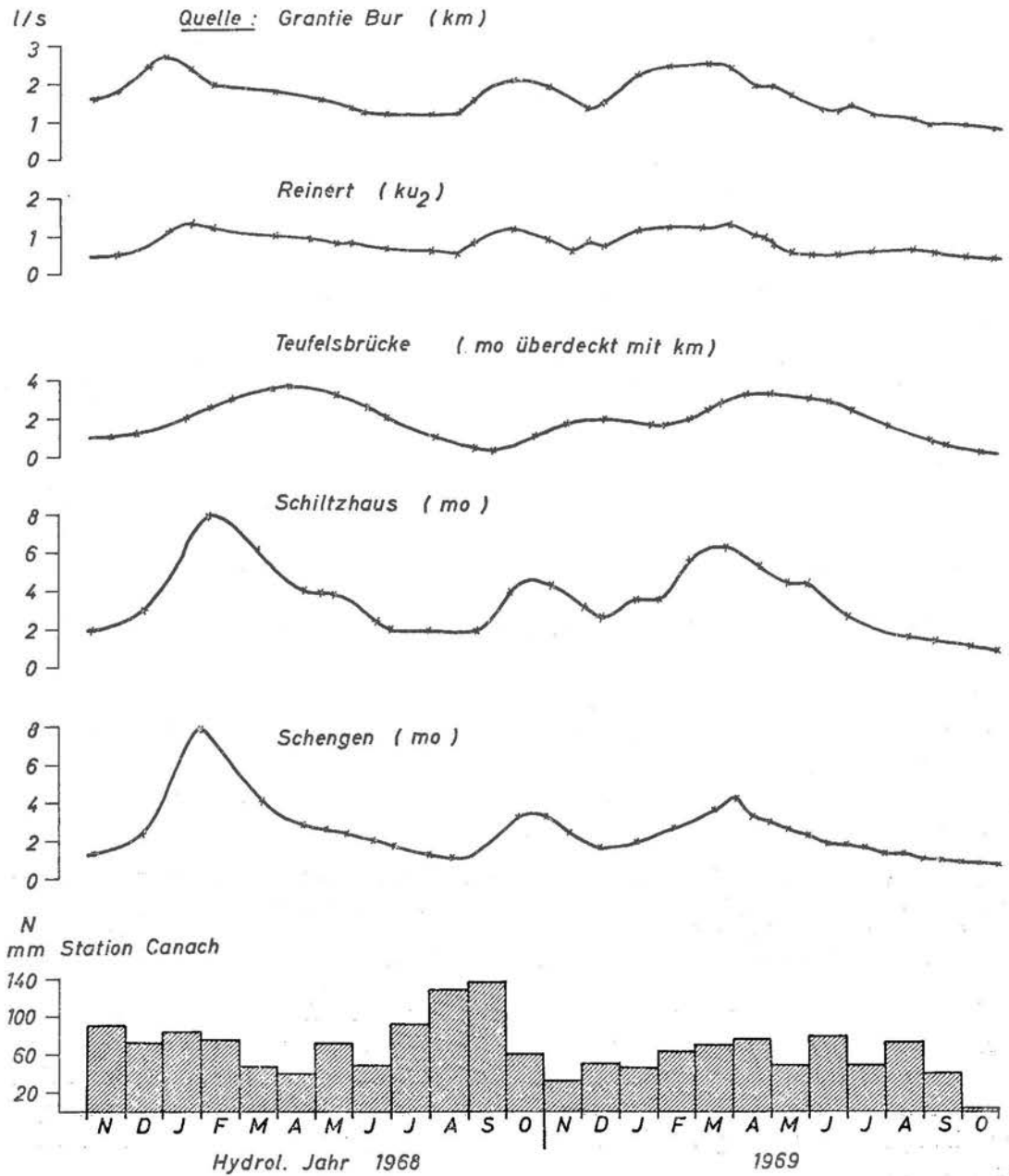


Abb. 3. Quellschüttungsverlauf der Hauptmuschelkalk- und Keuperquellen Nr. 3, 19, 36, 59 und 70 des Analysenverzeichnisses. Siehe auch Abb. 6, 9, 15 und 21

2. 3 Unterer und Mittlerer Keuper (*ku* u. *km*)

Da Unterer und Mittlerer Keuper hydrologisch eine Einheit bilden, werden sie gemeinsam als «Keuper» besprochen, wobei der Schilfsandstein gesondert behandelt wird.

Das Porenvolumen der Mergel und Tonmergelzwischenlagen beträgt ca. 40% (SCHULTZEMUHS 1967). Der maximale Haftwassergehalt ist hoch, so daß ein Teil der in den Poren kapillar gehaltenen Wassers, nicht der Schwerkraft folgend versickern kann (SCHEFFER-SCHACHTSCHABEL 1966). Neben der Kleinklüftung spielt für die Fließbewegungen in den Mergeln die Auslösung der Keupersalze eine wesentliche Rolle. Daneben sind Quellen an den klüftigen Grenzdolomite (*ku₂*), sowie an die aufgelockerte Bodenzone gebunden.

Bei allen Keuperquellen handelt es sich um einfache Schichtquellen. Die Quellposition, die Schüttung und der Chemismus der Wässer geben Anhaltspunkte über den Einzugsbereich, wobei es alle Übergänge gibt.

2. 3. 1 Quellen an die Salzauslaugung gebunden

Wie auch im Mittleren Keuper Württembergs kann im *km* des Arbeitsgebietes eine ausge-laugte und eine nichtausgelaugte Zone unterschieden werden. Die Auslaugungszone findet sich dort, wo der Keuper in großer flächenhafter Erstreckung hoch über dem Niveau der Vorfluter ansteht. Zahlreiche Mardellen zeugen von der Verstürzung ehemaliger Lösungshohlräume in diesem Gebiet, was sich in einer Armut an stärkeren Quellen mit einer Schüttung über 1 l/s zeigt. Stehen die Hohlräume noch der Wasseransammlung zur Verfügung, so entspringen wenige stärkere, sulfatarme Quellen. Beispiele Nr. 50, 52 u. 54 des Analysenverzeichnisses.

Liegt der Keuper oberflächlich offen, aber im oder unter dem Niveau der Vorfluter, so findet kaum eine Auslaugung der Salze statt, da der Grundwasserfluß unter dem Vorfluter-spiegel nur sehr gering ist. Dies ist in den flachen Oberläufen der Bäche und besonders in den Gräben der Fall. Beispiele: Nr. 64, 73 u. 77 und Brunnen Nr. 34 u. 35 des A.V.

Ist der Keuper an einer Steilstufe von jüngeren Schichten überlagert, so ist wegen der Überdeckung die Auslaugung noch nicht weit fortgeschritten und starke Quellen mit hohem Sulfat- und Kalziumgehalt werden aus den Lösungshohlräumen gespeist (Abb. 2). Diese Quellen zeigen große Schüttungsschwankungen, wobei das Grundwasser zum großen Teil aus den hangenden Schichtgliedern stammen wird. Beispiele: Nr. 74, 78-80 des A.V.

2. 3. 2 Quellen an den Grenzdolomit (*ku₂*) gebunden

In Abbildung 4 ist die Keuperinsel «Manertchen» mit der Quelle «Weidekapp» dargestellt. Sie entspringt dort, wo die Basis des Grenzdolomites von der Erosion am tiefsten Punkt angeschnitten wird. Als Grundwassersohlschicht wirken die Mergel des Unteren Keupers (Abb. 2). Da das oberflächliche Einzugsgebiet des *ku₂* nur 0,3 km² beträgt, muß das in den Dolomiten austretende Wasser die Mergel des hangenden *km* durchlaufen haben. Die Dolomite des *ku₂* wirken als Drainage innerhalb der sie umgebenden Mergel und führen das ihnen aus dem Hangenden zusickernde Wasser auf Klüften dem Schichteinfallen folgend dem Quellaustritt zu.

Diese Quellposition ist im Untersuchungsgebiet häufig dort anzutreffen, wo der Grenzdolomit über dem Niveau der Vorfluter ausstreicht. Die Schüttung dieser Quellen schwankt

sehr einheitlich um 1 l/s, was auf das begrenzte Kluftvolumen des um 6 m mächtigen Dolomitpaketes zurückzuführen ist. Der Quellverlauf der ku_2 -Quelle «Reinert» ist in Abbildung 3 aufgeführt. Der sehr ausgeglichene Schüttungsverlauf zeigt etwa die gleichen zeitlichen Schwankungen wie die unbedeckten mo -Quellen, besonders tut dies aber die Quelle «Grantie Bur», die aus Lösungshohlräumen in den Mergeln des Mittleren Keupers gespeist wird.

Da im Luxemburger Sedimentationsraum ein «Grundgips» im Mittleren Keuper fehlt (Lucius 1948), entsprechen die Quellwässer des Grenzdolomites denen der Auslaugungszone des km (Kap. 5. 3) Beispiele: Nr. 48, 59 u. 62 des A.V.

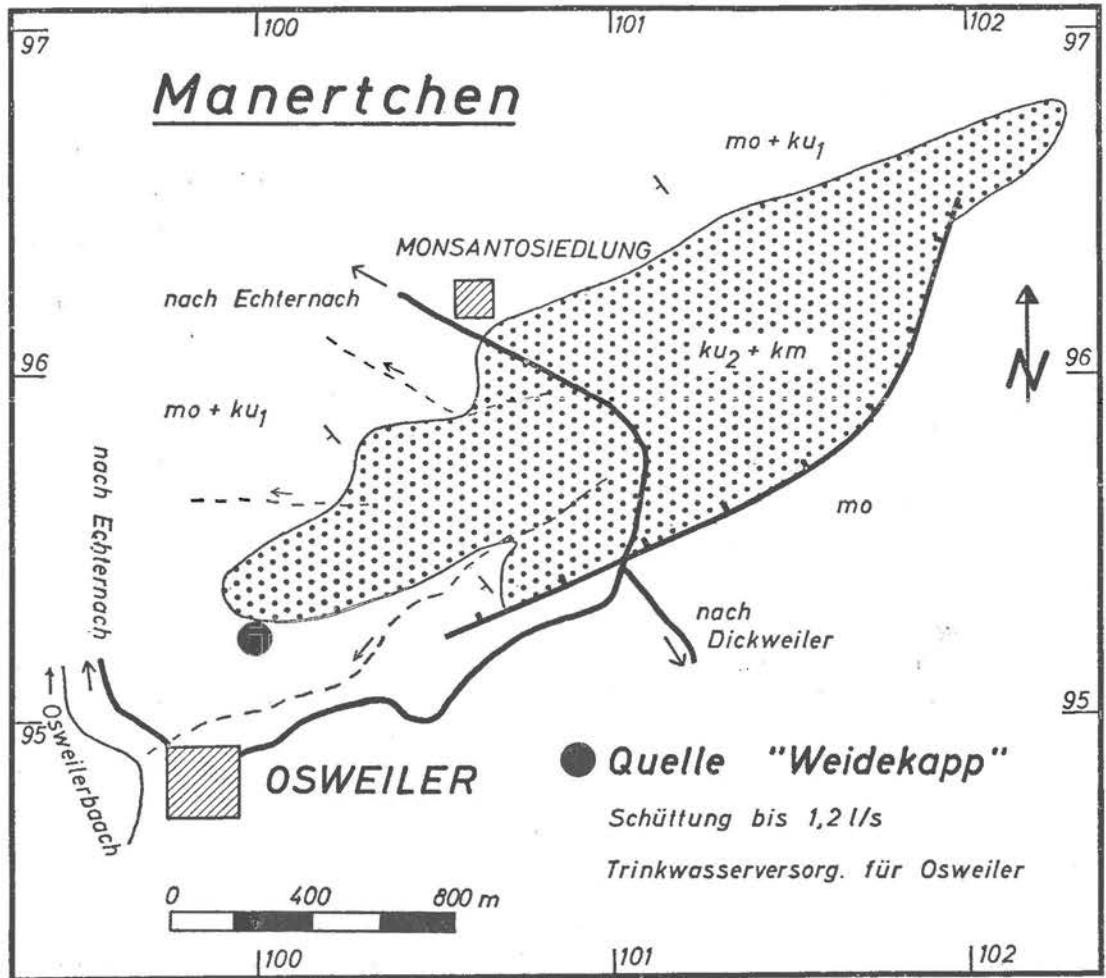


Abb. 4. Lageplan der ku_2 -Quelle «Weidekapp»

2. 3. 3 Quellen aus der Bodenzone

Häufig entspringen im Keuper geringschüttende (0,1 - 0,3 l/s), in Trockenzeiten versiegende Quellen, die aus der Verwitterungszone über den anstehenden Mergeln gespeist werden. Sie sind bevorzugt dort anzutreffen, wo mächtige Lehm Böden besonders an den flachen

Talhängen ausgebildet sind (Kap. 1. 4). Zahlreiche Viehtränken und Flachbrunnen auf den Weiden des Keupers werden aus diesem flachgründigen, weichen Grundwasser gespeist. Beispiele: Nr. 42 u. 45 des A.V.

2. 4 Schilfsandstein (k_{m_2s})

Hydrogeologische Untersuchungen konnten nur dort durchgeführt werden, wo die Mächtigkeit des Schilfsandsteins 20 m übersteigt. Im Gebiet von Flaxweiler und im Süden des Untersuchungsraumes im Einzugsgebiet des Aalbaches steigt die Mächtigkeit bis zu 50 m an (Srock 1967). Im übrigen Arbeitsgebiet unterscheidet sich der k_{m_2s} hydrologisch nicht von den ihn umgebenden Mergeln des k_m (Kap. 4. 5. 3. 1 und Abb. 2).

Die lockeren, sandigen Böden sind gut wasserdurchlässig, so daß auch bei hohen Niederschlägen kaum oberflächlicher Abfluß zustande kommt. Da in diesen feuchten Perioden die Verdunstung gering ist, fließt ein Großteil des Niederschlagswassers auf bevorzugten, ausgespülten Klüften direkt den Quellen zu. Schüttungsmessungen der an seiner Basis entspringenden Quellen zeigen einen sehr unausgeglichene Schüttungsverlauf. Bei der Quelle Buchholz «Haerewis» steht im hydrol. Jahr 1969 einer Niedrigwasserschüttung von 0,75 eine Hochwasserschüttung von 10 l/s gegenüber. Die mittlere Schüttung der Schilfsandsteinquellen übersteigt 2 l/s nicht.

3 FLIESSVORGÄNGE IM OBEREN MUSCHELKALK

3. 1 Allgemeines

Um die Fließvorgänge im klüftigen Oberen Muschelkalk zu studieren, wurden Färbeversuche durchgeführt. Da sie einen wesentlichen Teil der gesamten Untersuchungen ausmachen, werden sie als eigenes Kapitel beschrieben.

Die Färbeversuche wurden bis auf Versuch 6 an den Flanken der drei Sättel durchgeführt (Abb. 1), an denen größere offenliegende Hauptmuschelkalkflächen über dem Niveau der Vorfluter austreichen. Auf ihnen sind Karsterscheinungen wie Dolinen nicht vorhanden. Es besteht keine Möglichkeit, dort dem Grundwasser Farbe einzuspeisen. Häufig sind dagegen Bachversickerungen in den Tälern an der Grenze Muschelkalk-Keuper; sie wurden bis auf Färbeversuch 10 zur Farbeingabe herangezogen. Neben den Bachversickerungen sind Quellen aus dem Hauptmuschelkalk bekannt, die keinen ausgeglichenen Schüttungsverlauf, wie in Abbildung 3 dargestellt aufweisen, sondern starke Schüttungsschwankungen zeigen.

Bachversickerungen und stark schwankende Quellen deuten auf Verkarstung hin. Darüber Aufschluß zu geben war eine Aufgabe der Färbeversuche, zum anderen sollten aus praktischen hygienischen Gründen die von Oberflächenwasser beeinflussten Trinkwasserquellen mit den dazugehörigen Bachversickerungen in Verbindung gebracht werden.

Im ganzen werden 10 Färbeversuche besprochen. 9 Versuche beruhen auf eigenen Messungen, bei Färbeversuch 8 konnte auf genaue Unterlagen von M. LUCRUS zurückgegriffen werden.

3. 2 Durchführung der Färbeversuche

Als Tracer für alle Markierungsversuche wurde Uranin (Natrium-Fluoreszein) verwendet, da eine Schädigung der Fischzucht und der Trinkwasserversorgung vermieden werden mußte. Zudem sprechen bequeme Einspeisung und guter Nachweis auch von geringen Konzentrationen für diesen Farbstoff. Je nach den Gegebenheiten wurde pro Versuch zwischen 0,2 und 4 kg Uraninpulver in einer Plastikbütte aufgelöst und dem zu markierenden Gewässer zugegeben. Bei Färbeversuch 9 und 10 wurde vor und nach der Farbeingabe Wasser in die Eingabestelle gespült. Die Proben wurden mit automatischen Probenehmern je nach erwarteter Konzentrationsspitze 1 bis 2-stündlich, nach dem Hauptdurchlauf der Farbe einhalb- bis eintägig entnommen. In Anlehnung an BAUER (1967) wurden bei mehreren Färbeversuchen Säckchen mit Aktivkohle in die Quellen gehängt. Damit sollte eventuell auftretendes Uranin absorbiert werden. Die Ergebnisse waren nicht befriedigend, da die bei Oberflächenwässern reichlich vorhandenen organischen Verunreinigungen beim Eluieren ähnliche Färbung erzeugen, wie tatsächlich absorbiertes Uranin.

Die Bestimmung der Uraninkonzentration erfolgte visuell mittels Vergleichslösungen in Standzylindern unter ultraviolettem Licht bei 350 nm (Nanometer). Die Farbe konnte bis zu einer Konzentration von 1 mg Uranin pro m³ Wasser nachgewiesen werden, das entspricht einer Verdünnung von 1 : 10⁹. Für große Verdünnungen ist die Methode recht genau, bei Uraninkonzentrationen von über 100 mg/m³ Wasser wird die Vergleichsmethode ungenau. Diese Nachweisordnung ist von VILLINGER (1969) beschrieben worden.

3.3 Besprechung der Färbeversuche 1 - 10

Bei der Einzelbesprechung der Versuche beziehen sich die Zahlen hinter den Austrittsstellen der Reihe nach auf folgende Faktoren:

- 1) Entfernung von der Eingabestelle (Luftlinie)
- 2) Höhe über NN der Austrittsstelle
- 3) Gefälle zwischen Eingabe- und Austrittsstelle
- 4) Schüttung zur Zeit des stärksten Farbaustritts
- 5) Zeit zwischen Farbeingabe und Beginn des Farbaustritts
- 6) Maximale Fließgeschwindigkeit
- 7) Dauer des Farbaustritts
- 8) Wiederausgetretene in % der eingegebenen Farbe

Wegen der stündlichen Entnahmemöglichkeit bei den steilen Konzentrationsspitzen und der Ungenauigkeit der Bestimmung hoher Konzentrationen kann der prozentuale Wert der wiederausgetretenen Farbe höher sein als berechnet.

Die Hoch- und Rechtswerte der Versuche 1-5 und 9 beziehen sich auf die Topographische Karte 1 : 25 000, Blatt ECHTERNACH, die der drei anderen Versuche werden jeweils angegeben.

Die Abflußrichtungen und die überwachten Quellen der Versuche 1-5 u. 9 sind auf Abbildung 6 dargestellt. Die Nummern neben den erwarteten Farbstoffaustritten bezeichnen folgende Beobachtungsstationen:

<i>Quellen:</i>	Höhe über NN in m	
1) Osweiler Hanesgen	295	
2) Echternach Alferweier	180	
3) Echternach Aleft	175	
4) Echternach Gehansbäesch	165	
5) Steinheim Ortsversorgung	175	
6) Steinheim Weidebäem	205	
7) Rosport Giesenbur	170	
8) Rosport Ortsversorgung	215	
9) Rosport Privatquelle Schloß	235	
10) Girsterklaus	325	
11) Hinkel Schiltzhaus	160	
12) Girst Akerfeld	305	
13) Girst Aechels	225	
<i>Brunnen:</i>	Höhe in m	Tiefe in m
14) Pfaffenberg Classen	380	57
15) Pfaffenberg Plettschette	360	20
16) Dickweiler Ortsbrunnen	300	10

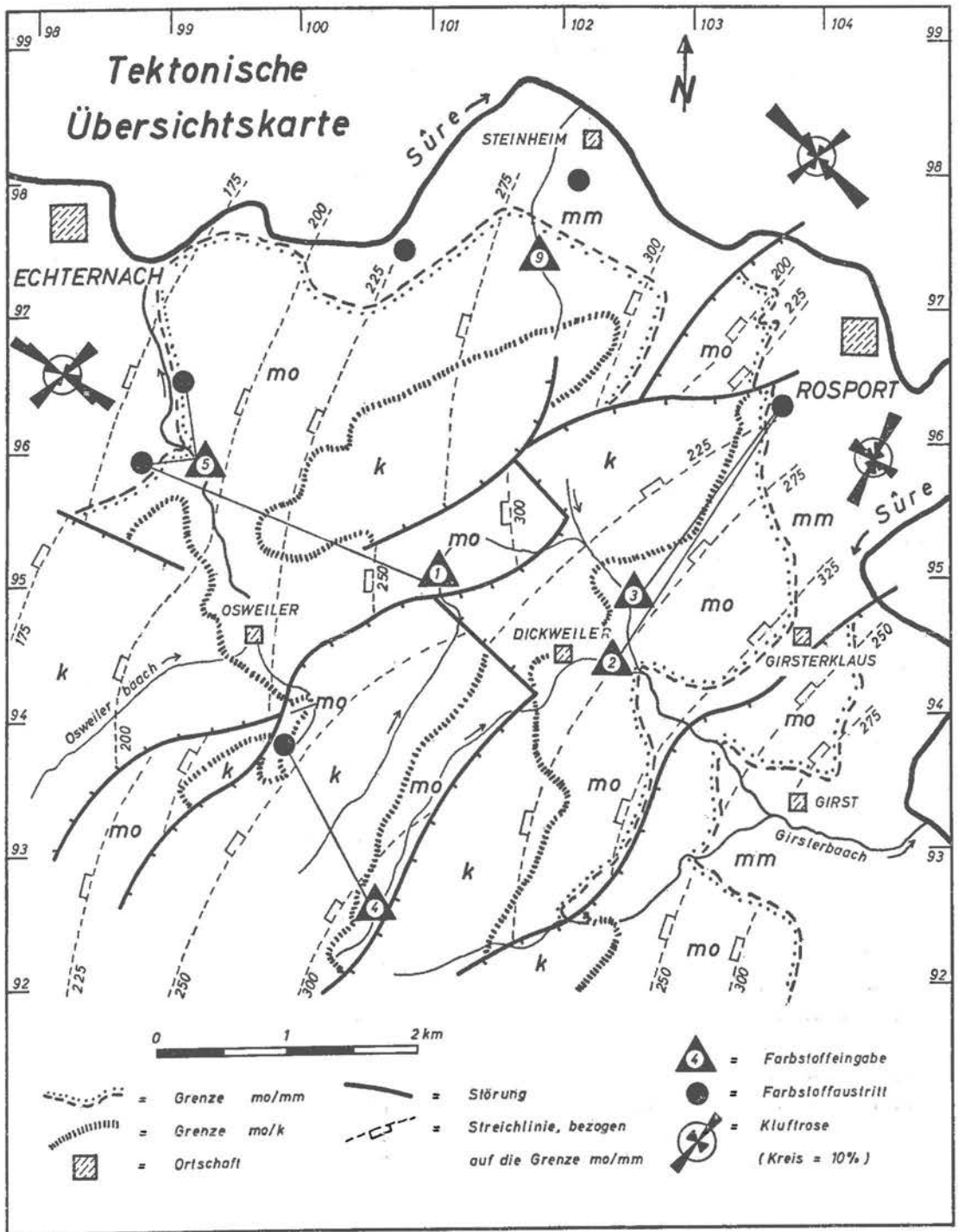


Abb. 5. Tektonische Übersichtskarte zu den Versuchen 1 - 5 und 9

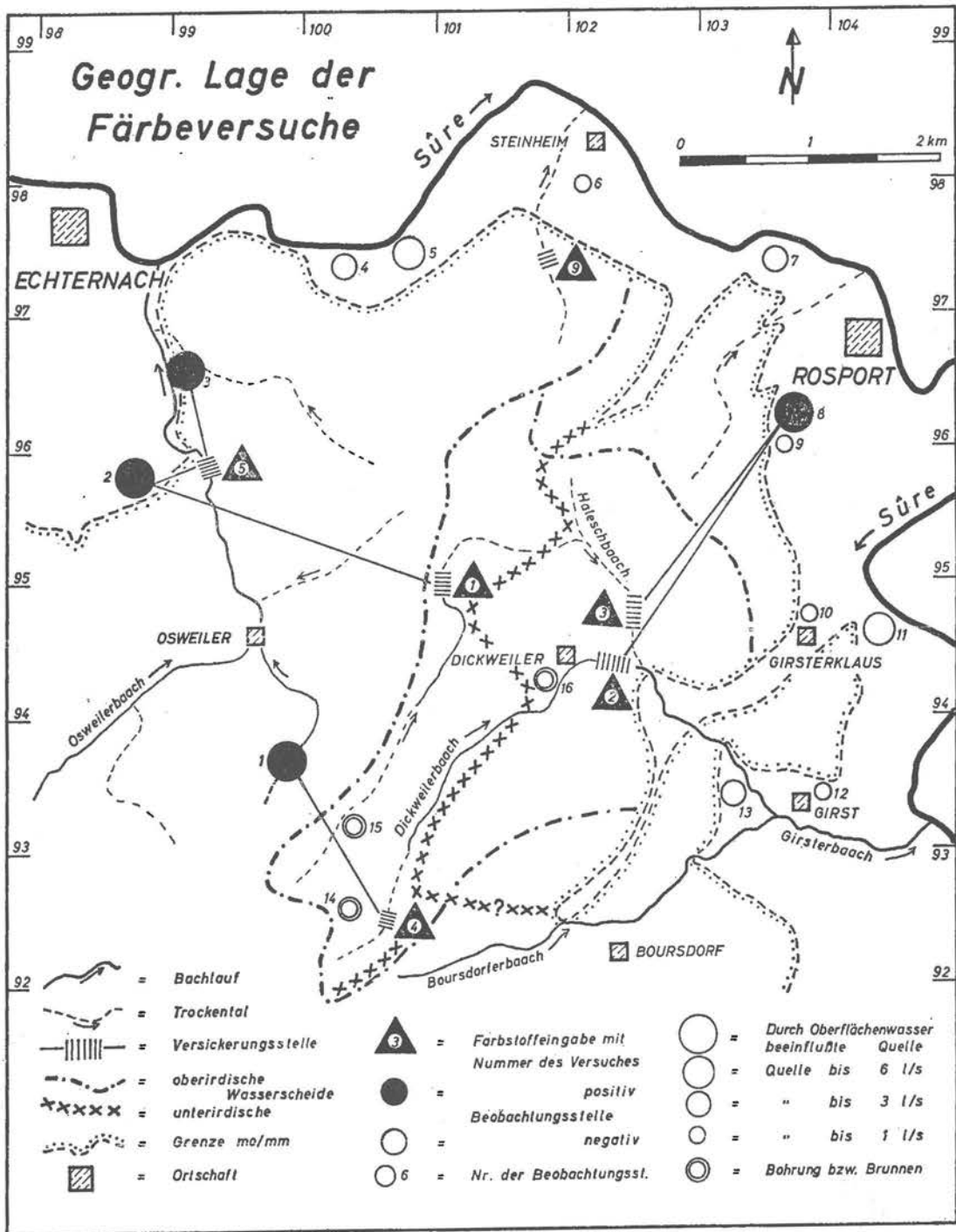


Abb. 6. Geographische Lage der Versuche 1 - 5 und 9

Färbeversuch 1 — Dickweiler Imst 27. 4. 1970

Top. Lage: R 10 100 H 94 900-95 100

Eingabe: 3 kg Uranin in den Versickerungsabschnitt des Trockentales Imst (320 m ü. NN)

Austrittsstelle:

Alferweier	2250 m	180 m	6,2%	25 l/s
	7 h =	320 m/h	128 h	48%

Am 14. 1. 70 war an dieser Stelle ein Vorversuch mit der gleichen Farbmenge durchgeführt worden. Die Beobachtungen erfolgten nur qualitativ, um erste Erfahrungen über die Fließrichtung und -geschwindigkeit in diesem Gebiet zu sammeln. Außer der Quelle 2 (Alferweier) sprachen alle anderen in Frage kommenden Quellen 1, 3-9 u. 16 nicht auf die Farbe an.

Zur quantitativen Auswertung dieses Ergebnisses wurde der Versuch am 27. 4. 70 wiederholt. Nach feuchter Witterung in den letzten Tagen flossen in dem Bächlein Imst 15 l/s ab, die gerade noch ganz versickerten. Es ist anzunehmen, daß bei hoher Wasserführung des Baches erheblich mehr versickert, da die Schüttung der Quelle Alferweier von normal um 20 l/s auf 466 l/s steigen kann (gemessen am 11. 5. 70). Die maximale Versickerungsmenge ist nicht zu bestimmen, da bei Hochwasser eine Messung des Baches Imst mit normalen hydrologischen Feldgeräten (Kap. 4. 4. 1) nicht möglich ist und der Quelle Alferweier noch Oberflächenwasser aus dem Osweilerbach zusitzt (Siehe Färbeversuch 5).

Es wird angenommen, daß das eingefärbte Wasser in Klüften direkt auf die stauenden Mergel des Mittleren Muschelkalkes stürzt und auf dem Stauhorizont dem Schichteneinfallen folgend der Quelle zufließt (Abb. 8). Dabei wird der kräftig schüttende Osweilerbach unterfahren, der nicht auf die Farbe ansprach.

Die Farbdurchgangskurve (Abb. 7) zeigt sofort nach dem ersten Auftreten der Farbe eine Konzentrationsspitze der Farbe von 2,5 g Uranin/m³, die schon nach wenigen Stunden wieder abfällt. Niederschläge am Morgen des 29. 4. lassen die Konzentration wieder ansteigen, da bei der erhöhten Schüttung der Quelle hängengebliebene Farbreste mitgespült werden. Nach 128 h ist keine Farbe mehr nachzuweisen.

Profilschnitt zu Färbeversuch 1

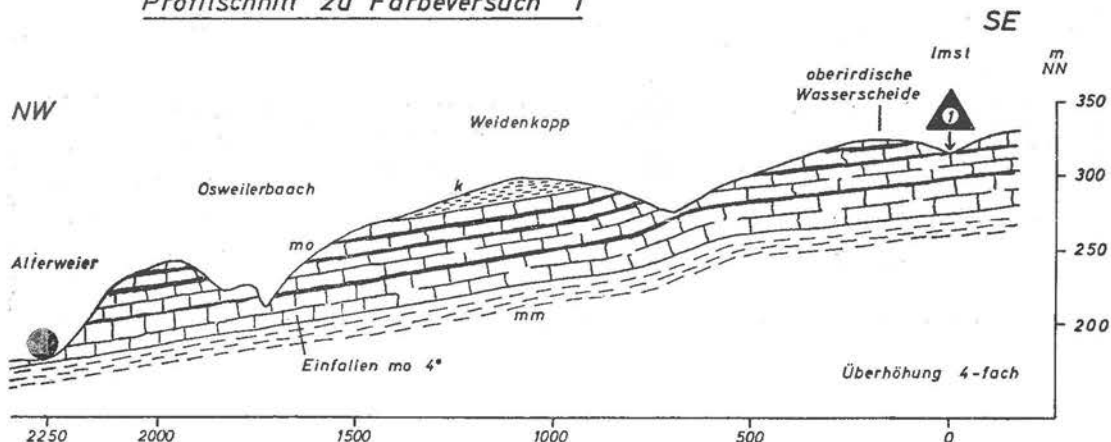


Abb. 8.

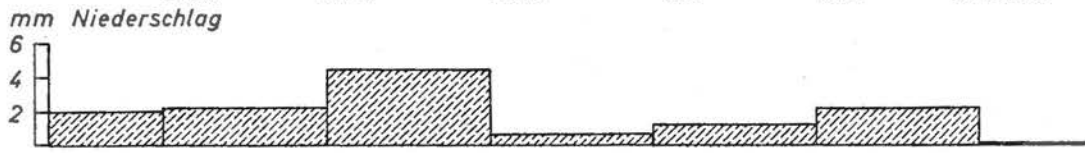
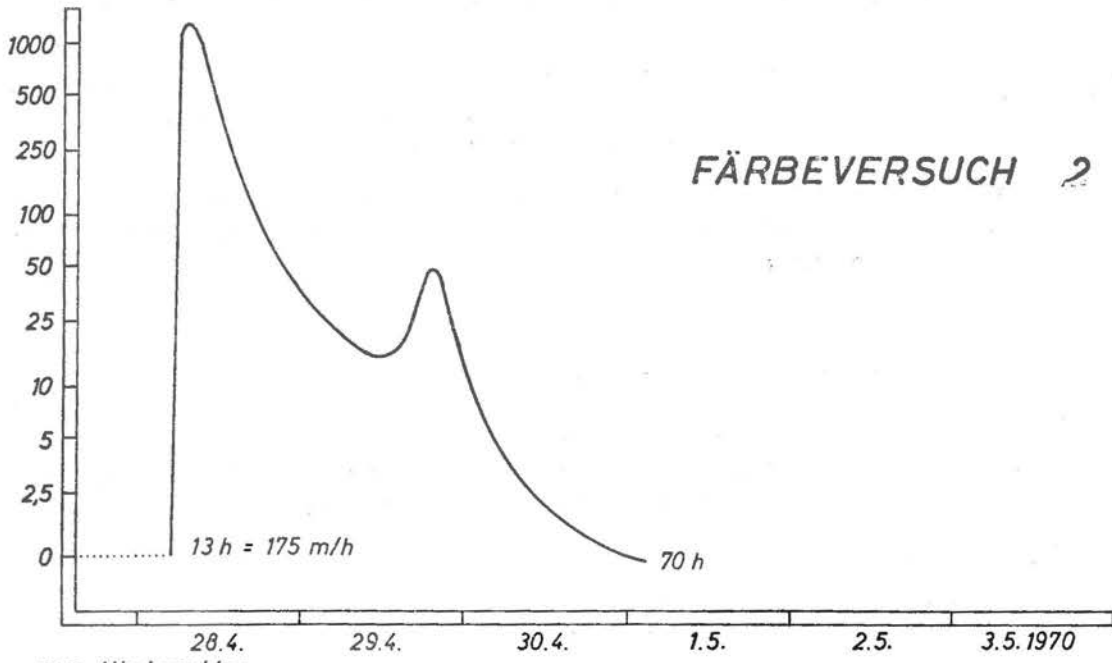
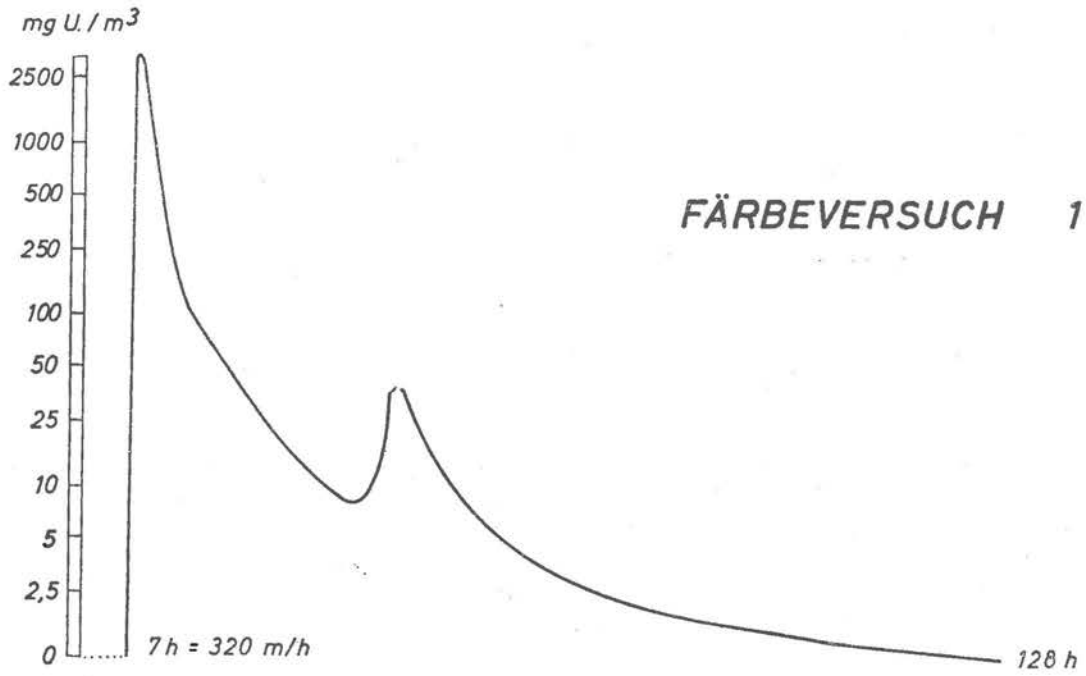


Abb. 7. Farbdurchgangskurven der Versuche 1 und 2

Färbeversuch 2 — Dickweiler Girsterbach 27. 4. 70

Top. Lage: R 102 500 H 94 300

Eingabe: 4 kg Uranin in den Girsterbach oberhalb von Dickweiler. Versickerungsstelle 600 m ESE der Kirche Dickweiler (290 m ü. NN)

Austrittsstelle:

Rosport Ortsversorgung	2250 m	215 m	3,3%	100 l/s
	13 h =	175 m/h	70 h	ca. 31%

Zur Zeit der Farbeingabe betrug die Schüttung des Baches 22 l/s, wovon 8 l/s versickerten. Messungen in Trockenzeiten ergaben, daß bei Niedrigwasserführung des Girsterbaches eine Wassermenge bis zu 6 l/s vollkommen versicken kann. Bei höherer Schüttung fließt Wasser oberflächlich ab, die Versickerungsmenge steigt aber mit der Wasserführung des Baches bis zu einem Maximalwert an. Dieser Mechanismus ist bei allen Bachversickerungen anzutreffen und läßt sich folgendermaßen erklären: Die Klüfte, die auf dem tiefsten Grund des Bachbettes ausstreichen, sind weitgehend zugeschwemmt und gegen das Niedrigwasser abgedichtet. Bei mittlerer und hoher Wasserführung steigt der Wasserstand im Bachbett und die offenliegenden Klüfte an den Rändern des Bachbettes werden gespeist.

Die Eingabe des Uranins in den Gisterbach erfolgte weit oberhalb der Versickerungsstelle, 400 m SSW der Kirche Dickweiler; es wurde damit erreicht, daß das eingefärbte Wasser etwa zwei Stunden an der Versickerungsstelle vorbeifloß, um das Grundwasser intensiv anzufärben.

Es war möglich, diesen Markierungsversuch mit Färbeversuch 1 zeitlich zusammen durchzuführen, da die ausschließliche Fließrichtung nach Westen bei Färbeversuch 1 schon durch eine frühere Farbeinspeisung nachgewiesen worden war.

Der Verlauf der Farbdurchgangskurven der Versuche 1 und 2 ähneln sich sehr (Abb. 7), es gilt deshalb das bei Färbeversuch 1 Gesagte. Eine ausführliche Besprechung des Versuches 2 findet sich bei Färbeversuch 3.

Färbeversuch 3 — Dickweiler Haleschbach 27. 1. 70

Top. Lage: R 102 400-102 500 H 95 000-94 400

Eingabe: 3 kg Uranin in den Versickerungsabschnitt zwischen den Straßenbrücken Dickweiler-Rosport und Dickweiler-Girst (285 m ü. NN)

Austrittsstelle:

Rosport Ortsversorgung	1900 m	215 m	3,7%	130 l/s
	9 h =	210 m/h	222 h	44%

Der Färbeversuch wurde bei abnehmendem Pegelstand durchgeführt. Der Haleschbach hatte einen geringen Zufluß aus dem Trockental der Imst, den Hauptteil lieferte der Oberlauf des Haleschbaches. Nach dem Zusammenfluß versickerte der Bach nur oberflächlich auf der Wiese «hanner Michelsberg», um mit gleicher Schüttung oberhalb der Straßenbrücke Dickweiler-Rosport wieder zu entspringen. Er wurde dort angefärbt. Seine Schüttung betrug

8 l/s, die unterhalb der Brücke in dem angegebenen Abschnitt gerade vollständig versickerten. Nur bei höherer Wasserführung fließt der Haleschbach in den Girsterbach.

Auf die eingebrachte Farbe der Färbeversuche 2 und 3 sprach nur die starke Quelle Rosport Ortsversorgung an, die Beobachtungsstationen 2-9, 11, 13 u. 16 und der Osweilerbach zeigten ein negatives Ergebnis. Erstaunlich ist, daß die etwa 2 l/s schüttende Quelle 9 nicht auf die Farbe ansprach, obwohl sie nur 300 m von der Luftlinie Versickerung-Farbaustrittsstelle entfernt liegt.

Versickerungsstellen Girsterbach und Haleschbach bilden mit der positiv angesprochenen Quelle Rosport eine Grade (Abb. 6). Diese Fließrichtung stimmt mit einer der Hauptkluftrichtungen dieses Gebietes überein (Abb. 5). Es ist deshalb anzunehmen, daß beide Bachversickerungen über ein und dasselbe leitende Kluftsystem in Verbindung stehen.

Der Schüttungsverlauf der Quelle Rosport in Abhängigkeit vom Niederschlag ist über das hydrol. Jahr 1969 in Abbildung 9 dargestellt. Zum Vergleich wurde der Schüttungsverlauf der nicht von Oberflächenwasser beeinflussten Quelle Schiltzhaus aufgezeichnet (Siehe auch Abb. 3). Beide Quellen zeigen den gleichen Grundverlauf. Der Quelle Rosport sind diesem, vom unterirdischen Wasser gebildeten Grundverlauf hohe Abflußspitzen aus dem oberirdischen Abfluß aufgesetzt. In den Wintermonaten bei vollaufgefüllter Bodenfeuchte und geringer Verdunstung (Kap. 4. 5. 3. 3) prägen sich hohe Niederschläge in starkem unterirdischen und oberirdischen Abfluß aus, im Sommerhalbjahr dagegen steigt nur der oberirdische Abfluß kurzzeitig an.

In längeren Trockenzeiten wie im Sept. und Okt. 1969 führt der Haleschbach gar keine, der Girsterbach an der Versickerungsstelle nur eine Wassermenge von 2 - 3 l/s. Da die Schüttung der Quelle Rosport wegen des großen unterirdischen Einzugsgebietes (Abb. 6) nicht unter 11 l/s fällt, verdünnt sich das verschmutzte Oberflächenwasser mit dem Grundwasser und die Wasserbeschaffenheit ist in chemischer Hinsicht kaum von einer unbeeinflussten Quelle zu unterscheiden (Kap. 5 Nr. 16 des A.V.). Im hydrologischen Jahr 1969 betrug die max. Versickerungsmenge der beiden Bäche Ende Februar $230 - 70 = 160$ l/s, obwohl während der Schneeschmelze erheblich größere Wassermengen zur Verfügung standen. Wahrscheinlich war mit dieser Wassermenge das Kluftsystem in etwa ganz aufgefüllt, so daß es nicht noch größere Mengen aufnehmen konnte. Die mittlere Schüttung (MQ) der Quelle Rosport für das hydrol. Jahr 1969 beträgt 66 l/s. Da dies ein Trockenjahr war, wird im Vergleich mit 10jährigen Pegelablesungen das langjährige Mittel bei etwa 80 l/s liegen.

An Quelle Schiltzhaus und Rosport wurden im Jahr 1969 regelmäßig Temperaturmessungen durchgeführt. Quelle Schiltzhaus zeigt einen ausgeglichenen Temperaturverlauf mit einer mittleren Jahrestemperatur von $9,8^{\circ}$ C. Bei der Quelle Rosport schwankt im Winterhalbjahr die Temperatur entsprechend der Schüttung. Während hoher Abflußspitzen sinkt die Temperatur auf $6,2^{\circ}$ C ab. Dieses ist auf den schnellen Durchfluß kalten Oberflächenwassers, besonders während der Schneeschmelze, zurückzuführen. Im Sommerhalbjahr 1969 wurden wegen der nur geringen Beeinflussung der Quelle durch das Wasser des Girsterbaches keine Unterschiede zu den Temperaturen der Quelle Schiltzhaus festgestellt. Die mittlere Jahrestemperatur differiert deshalb nur um $0,4^{\circ}$ C (Siehe auch Kap. 5. 4. 1).

Die Farbdurchgangskurve (Abb. 10) zeigt eine weniger ausgeprägte Spitze und die nachweisbare Farbkonzentration hält mit 9 Tagen sehr lange an. Der Grund ist in einer schnellen

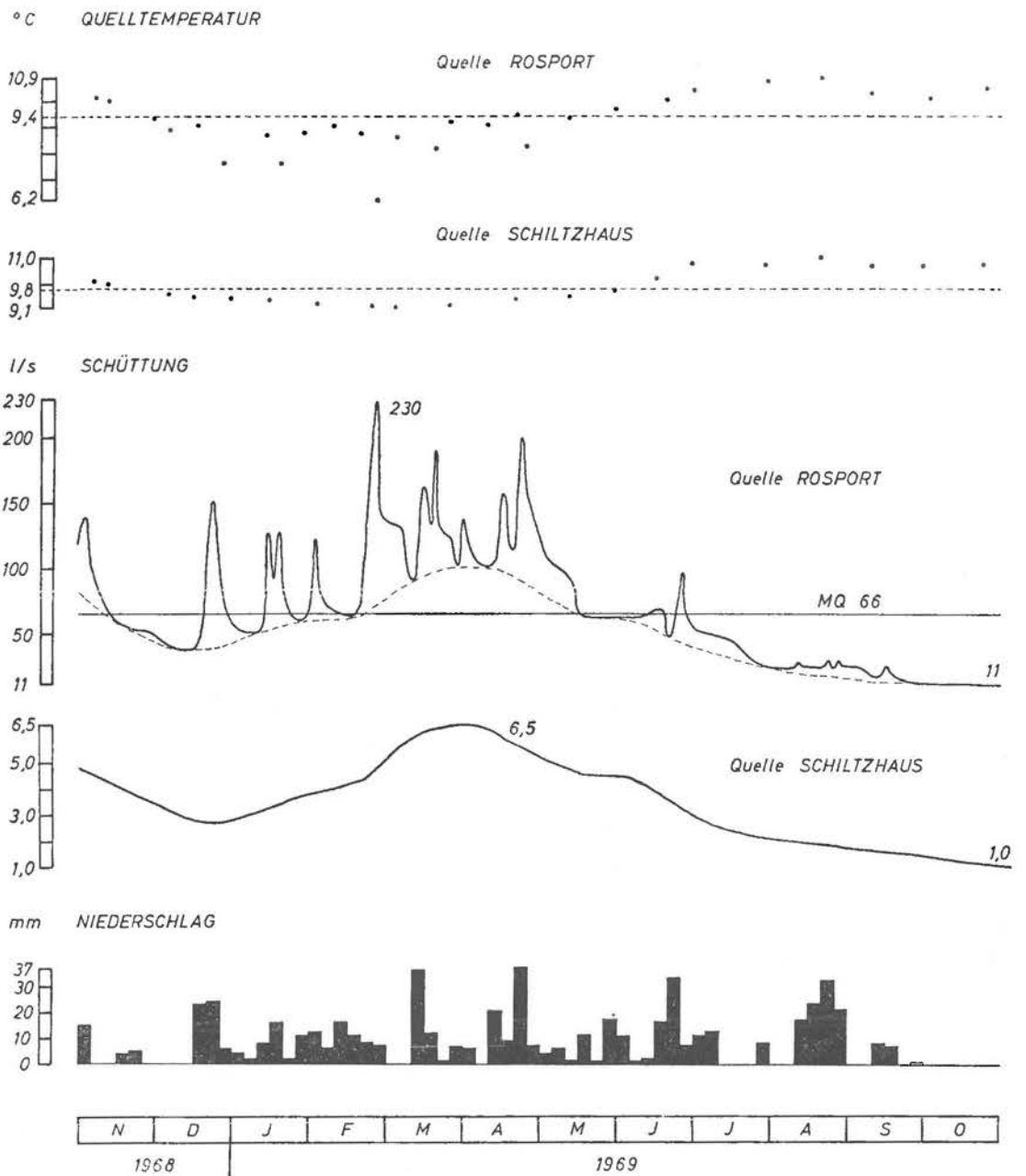


Abb. 9. Schüttung und Quelltemperatur zweier Hauptmuschelkalkquellen in Abhängigkeit vom Niederschlag

Abnahme der Bach- und damit der Quellschüttung nach der Farbeinspeisung zu suchen. 24 Stunden nach Eingabe des Uranins betrug die Schüttung des Haleschbaches noch 3 l/s und sank in den nächsten Tagen auf rund 1 l/s ab. Diese geringe Wasserführung des Baches bewirkt in dem unterirdischen Abflußsystem eine Verminderung der Fließgeschwindigkeit und damit ein langaushaltendes Farbausbringen. Niederschläge am 2. 2. 70 erhöhen die Farbkonzentration. Da der Haleschbach auf diese Niederschläge nur sehr gering, der Girsterbach dagegen deutlich ansprach, ist anzunehmen, daß die im Haleschbach eingegebene Farbe durch Wasser des Girsterbaches bei der erhöhten Schüttung herausgespült worden ist.

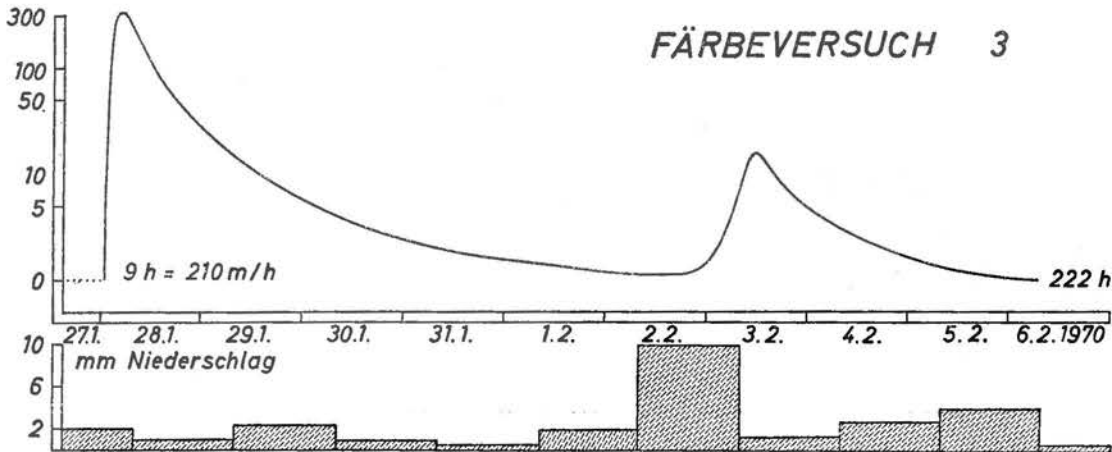


Abb. 10. Farbdurchgangskurve des Versuches 3. Ordinate: mg Uranin/m³

Färbeversuch 4 — Dickweiler Pfaffenberg 13. 5. 70

Top. Lage: R 100 600 H 92 400

Eingabe: 3 kg Uranin in den Versickerungsabschnitt 150 m SE des Hofes Pfaffenberg-Classen (370 m ü. NN)

Austrittsstelle:

Osweiler Hanesgen	1400 m	295 m	5,3%	10 l/s
	4 h =	350 m/h	142 h	38%

Dem Versuch war feuchte Witterung vorausgegangen, der fast immer trockene Bach schüttete 1 l/s, die vollständig versickerten. Beobachtet wurden die Quellen 1 - 9, der Girster- und Osweilernach und die Brunnen 14 - 16. Nur die Quelle Hanesgen sprach auf die Farbe an, obwohl der Brunnen 16 nur 70 m südwestlich der Luftlinie Versickerungsstelle-Quelle abgeteuft ist. Da dieser Brunnen der Trinkwasserversorgung des Hofes dient, bestand keine Möglichkeit, den Brunnenwasserspiegel über einen längeren Zeitraum stärker abzusenken, um einen kräftigen Grundwasserzufluß auf den Brunnen hin zu erzeugen.

Profil Abbildung 11 zeigt, daß es sich bei der Quelle Hanesgen um eine Stauquelle handelt. Vor dem tektonischen Horst des Grolsberges wird im *mo* des Pfaffenberges das Wasser gestaut und tritt im oberen Teil des Hauptmuschelkalkes aus. Es wird angenommen, daß das

eingefärbte Wasser auf Klüften oberhalb der Mergelbänder des oberen Hauptmuschelkalkes direkt der Quelle zufließt. Gründe für diese Annahme sind neben starken Schüttungsschwankungen der Quelle Hanesgen die sehr hohe Fließgeschwindigkeit (350 m/h) bei nur geringer Bachschüttung an der Versickerungsstelle und die sehr steile, kurzfristige Konzentrationspitze (Abb. 12).

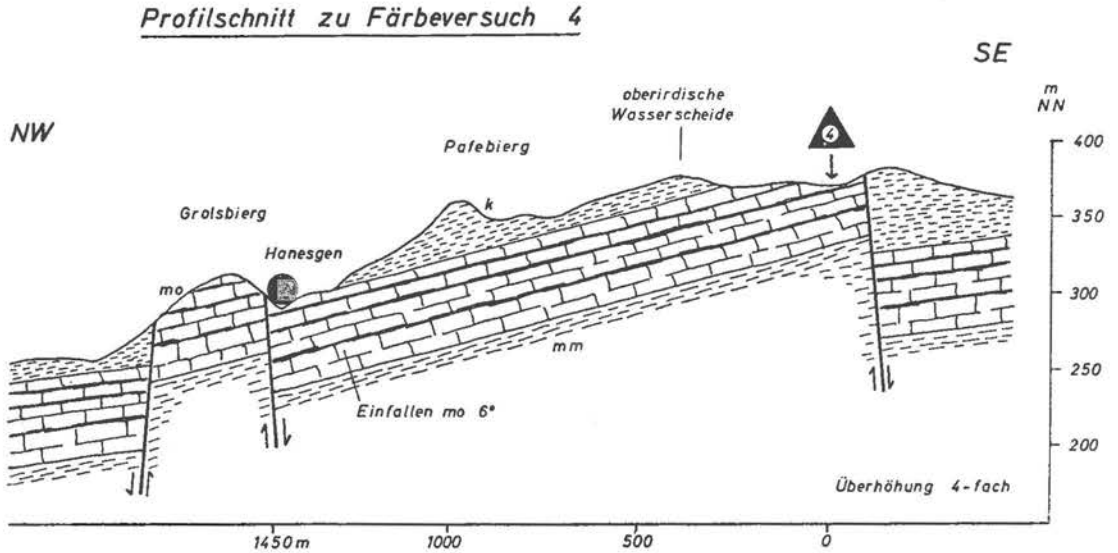


Abb. 11.

Färbeversuch 5 — Osweilerbach 9. 9. 1969

Top. Lage: R 99 250 H 95 625-95 975

Eingabe: 1 kg Uranin in den Osweilerbach unterhalb der Ortschaft Osweiler. Versickerungsstelle oberhalb der Steinbrüche (195-205 m ü. NN)

Austrittsstellen:

Aleft	750 m	175 m	3,3%	3,2 l/s
	12 h =	62 m/h	450 h	ca 25%
Alferweier	500 m	180 m	4%	9,1 l/s
	7 h =	71 m/h	36 h	ca. 9%

Der Osweilerbach wurde wiederholt angefärbt, um Erfahrungen zu sammeln, in welcher Konzentration und wie lange das Uranin über die Versickerungsstelle geleitet werden muß, damit die beiden Quellen ansprechen. Der beschriebene Versuch wurde bei Niedrigwasser (12 l/s) des Osweilerbaches durchgeführt, und die Farbe floß etwa 4 Stunden lang in einer Konzentration von 5 g/m³ über die Versickerungsstelle hinweg. Die Quelle Aleft sprach eher, stärker und langanhaltender auf die Farbe an, obwohl sie weiter entfernt liegt als die stärkere Quelle Alferweier. Diese bevorzugte NW-SE-Fließrichtung stimmt in etwa mit der in den Osweiler Steinbrüchen gemessenen stärker ausgeprägten Hauptkluftrichtung (Abb. 5) überein.

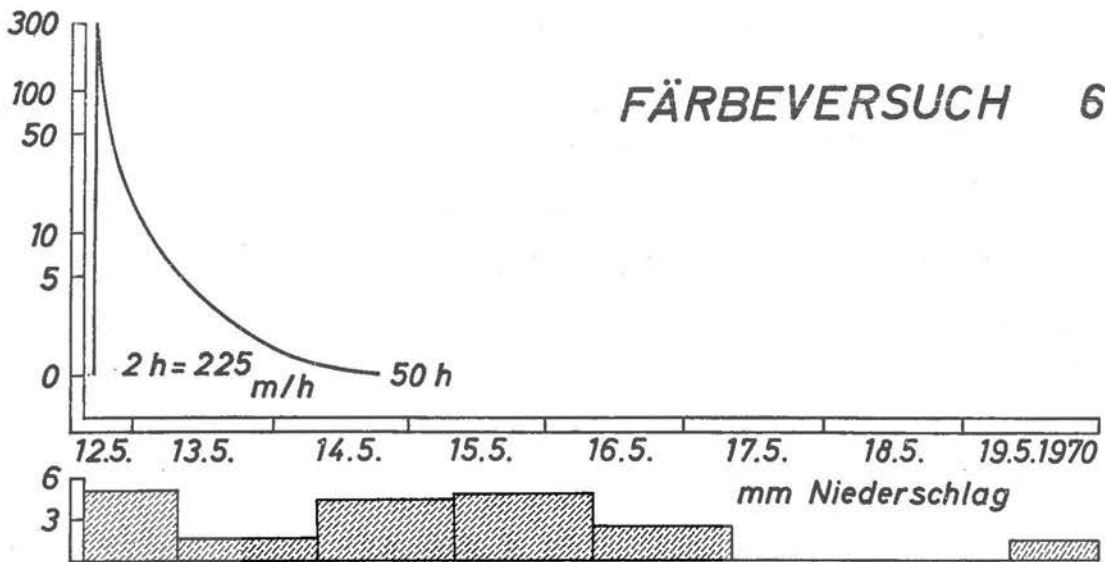
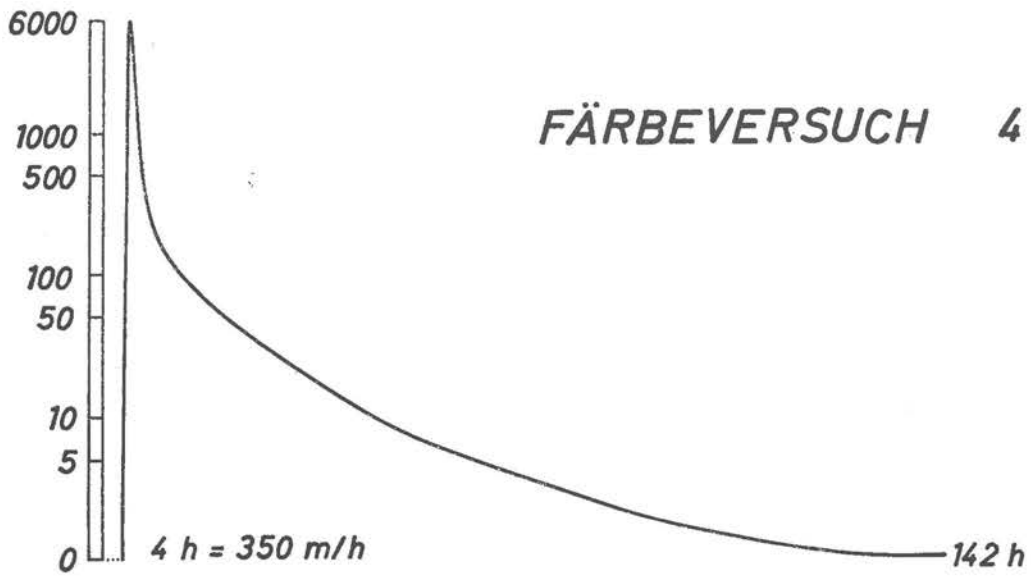


Abb. 12. Farbdurchgangskurven der Versuche 4 und 6. Ordinate : $\text{mg}_2^{\text{U}}\text{Uranin}/\text{m}^3$

Färbeversuch 6 — Reisdorf Gröndchen 12. 5. 70

Top. Lage: DIEKIRCH 1 : 25 000
R 86 400-86 600 H 104 550

Eingabe: 1 kg Uranin in den Versickerungsabschnitt Gröndchen, westl. der Straße
Reisdorf-Hoesdorf (225 m ü. NN)

Austrittsstelle:

Reisdorf ehem. Versorgungsquelle	550 m	200 m	4,5%	20 l/s
	2 h = 225 m/h		50 h	ca. 25%

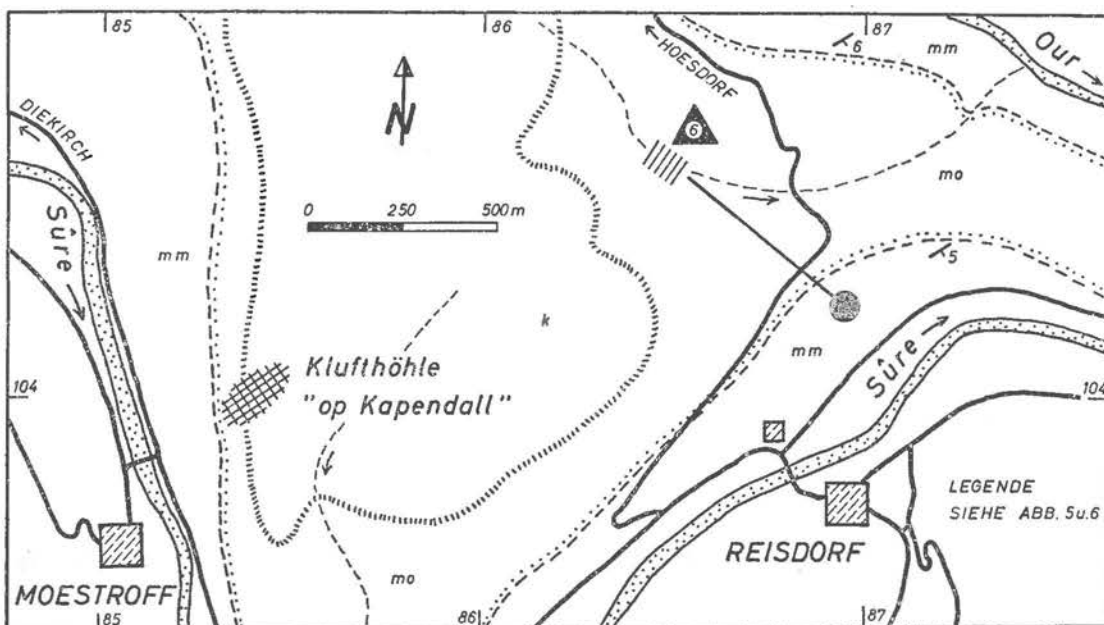


Abb. 13. Lageplan zu Färbeversuch 6 und Klufthöhle bei Møestroff

Der Färbeversuch wurde bei abnehmendem Hochwasser durchgeführt, von dem 28 l/s schüttenden Bächlein versickerten 7 l/s. Die Farbdurchgangskurve Abbildung 12 zeigt, daß die ausgebrachte Farbmenge nur gering ist; die Farbe floß nur etwas 10 Minuten in einer Konzentration von 60 g/m³ an der Versickerungsstelle vorbei.

Im Gebiet des Färbeversuches springt der Hauptmuschelkalk als Sporn zwischen den Flüssen Our und Sauer vor und fällt nach SE in Richtung der unterirdischen Fließrichtung ein (Abb. 13). Die Fließrichtung entspricht einer der beiden Hauptkluftrichtungen, die sich in dem Gangsystem der benachbarten Höhle bei Møestroff widerspiegeln (Abb. 16).

Färbeversuch 7 — Mactum/Kelsbach 25. 8. 68

Top. Lage: GREVENMACHER 1 : 25 000
R 98 000 H 81 0000

Eingabe: 200 g Uranin in die Versickerungsstelle des Kelsbaches oberhalb der Kaskaden (220 m ü. NN)

Austrittsstelle:

Deisermühle	400 m	175 m	11%	8,3 l/s
	7 h =	57 m/h	64 h	72%

Der Versuch wurde in einer längeren Trockenperiode durchgeführt. Der Kelsbach schüttete 1,8 l/s, die vollkommen versickerten. Da die Quelle die 4,5 fache Wassermenge schüttet, wird zur Zeit des Färbeversuches das Grundwasser nur durch das Oberflächenwasser verdünnt, und die Fließgeschwindigkeit entspricht etwa dem wahren Grundwasserzufluß kurz vor dem Quellaustritt. Die Fließrichtung verläuft entgegen dem Schichteneinfallen (Abb. 14); das starke Gefälle von 11% dürfte zusammen mit einer Hauptkluftrichtung für die Richtung des unterirdischen Fließens verantwortlich sein.

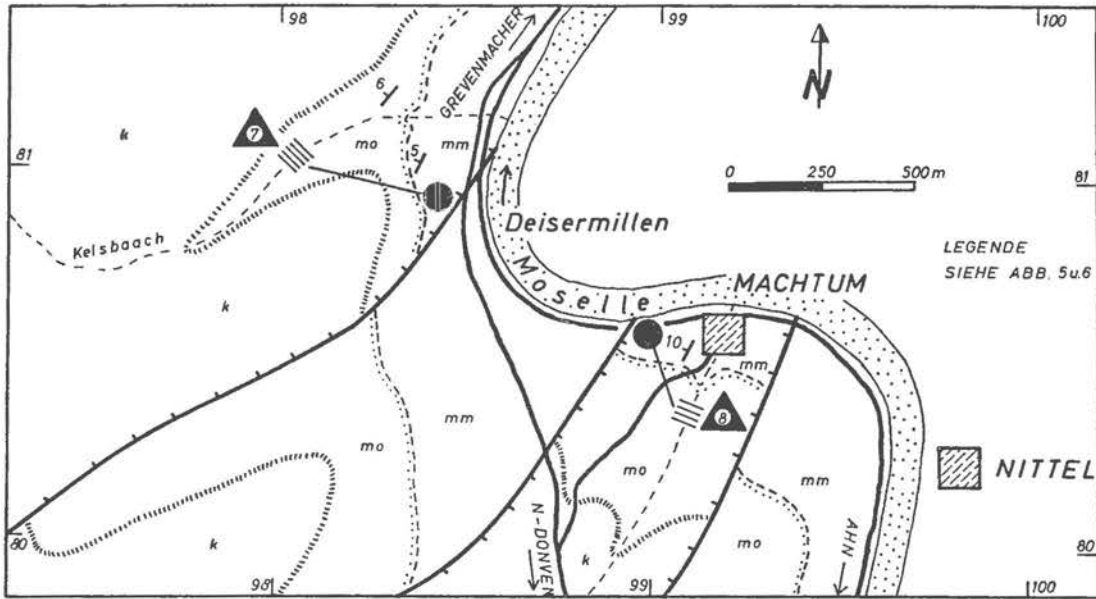


Abb. 14. Lageplan zu den Färbeversuchen 7 und 8

Färbeversuch 8 — Machtum Haedeberg 19. 11. 1935

Top. Lage: GREVENMACHER 1 : 25 000
R 99 040 H 80 400

Austrittsstelle:

Machtum ehemalige Versorgungsquelle	200 m	140 m	17%	—
	6 h = 33 m/h	—	—	—

Dieser Färbeversuch ist von LUCIUS im Jahre 1935 durchgeführt worden. Da er ausführlich beschrieben worden ist, soll er hier mit angeführt werden. Südlich der Ortschaft Machtum liegt der Hauptmuschelkalk in der Tiefscholle eines Grabens und fällt nach NW zu der Verwerfung mit dem stärkeren Absenkungsbetrag ein (Abb. 14).

Da bei höherer Wasserführung des Bächleins immer wieder Trübungen der Quelle auftraten, wurde in ein bekanntes Schluckloch Uranin mit Spülwasser aus dem Ortswasserbehälter eingegeben. Die Quelle schüttet mehrere Sekundenliter, so daß bei nur geringer Spülwassermenge die gleichen Verhältnissen geherrscht haben dürften, wie sie bei Färbeversuch 7 beschrieben worden sind. Die Fließgeschwindigkeit von 33 m/h paßt in dieses Bild. Die Fließrichtung entspricht der Richtung des Schichteinfallens und einer Hauptkluft-richtung. Das Gefälle ist mit 17% das stärkste aller Färbeversuche.

Färbeversuch 9 — Steinheim Hatsbach 3. 2. 69

Top. Lage: R 97 260 H 103 900

Eingabe: 1 kg Uranin in den Oberlauf des Hatsbaches.
Spülung mit 7 m³ Wasser (300 m ü. NN)

Austrittsstelle: keine

Der Hatsbach führte z. Zt. des Färbeversuches kein Wasser. Beobachtet wurden die Quellen 5 u. 6 (Abb. 5 u. 6) 14 Tage lang 2 mal täglich und bis 4 Wochen nach Eingabe 1 mal täglich.

Da die Quellen 5 und 6 nie auf Oberflächenwasser ansprechen, ist nach den Erfahrungen der später durchgeführten Versuche mit einem Wiederausbringen der Farbe nicht zu rechnen. Auch eine größere Uraninmenge und stärkere Spülung hätten kaum zum Erfolg geführt, da nur auf den Klüften eine nachweisbare Wegsamkeit im Gestein besteht, die von Oberflächenwasser ausgespült worden sind.

Färbeversuch 10 — Schengen Stromberg 16. 6. 69

Top. Lage: REMICH 1 : 25 000
R 94 020 H 58 700

Eingabe: 2 kg Uranin in die Spalten auf dem Stromberg oberhalb des Aussichtsplateaus. Spülung mit 7 m³ Wasser (295 m ü. NN)

Austrittsstelle: keine

Die Farbe wurde in drei klaffende Spalten eingegeben, die sich im Norden des Stromberges über aufgelassenen Gipsabbauen gebildet haben. Beobachtet wurden alle Quellen rund um den Stromberg, besonders die Versorgungsquelle Schengen (Schüttung 1,9 l/s), die Quellen am alten Bergwerk (0,2 l/s) und Quelle Rüdling (0,7 l/s) (Abb. 15 u. 22).

Es wird angenommen, daß entweder die Spalten ganz verlehmt sind, so daß die Farbe das Grundwasser nicht erreichte, oder daß durch das Uranin ausschließlich der Wasserkörper in den Gipsstollen angefärbt worden ist. Der Überlauf dieses Wassers aus dem *mm* muß sehr

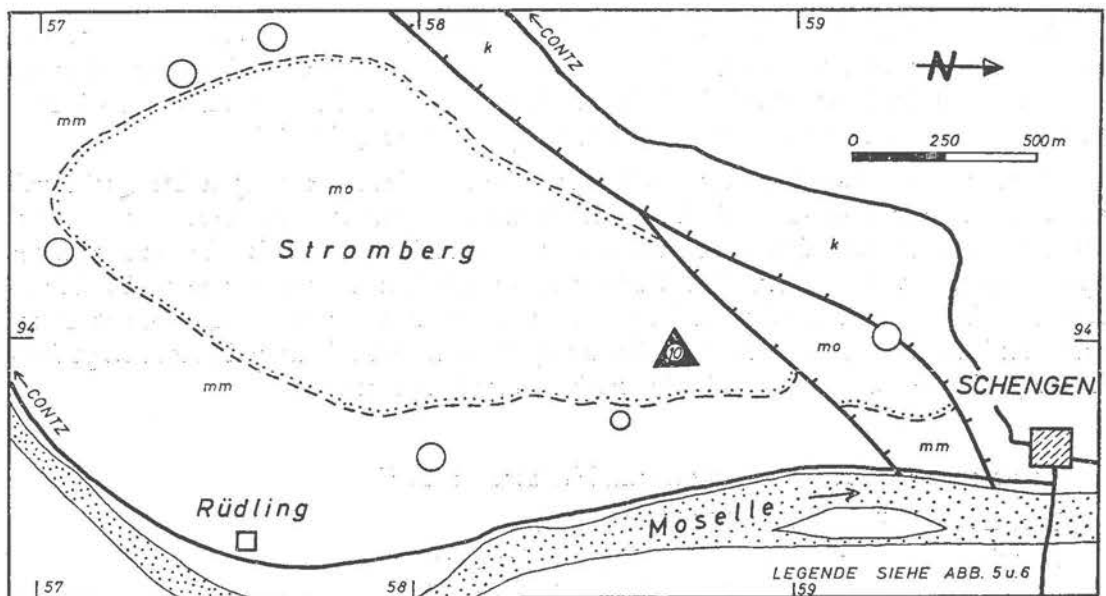


Abb. 15. Lageplan zu Färbeversuch 10

gering sein, da die um den Stromberg entspringenden Wässer chemisch kaum eine Gipsauslaugung anzeigen. In diesem Fall wäre die Farbe über einen sehr langen Zeitraum in nicht nachweisbarer Konzentration ausgetreten.

3. 4 Ergebnis der Färbeversuche

3. 4. 1 *Fließrichtung*

Betrachtet man das Ergebnis der Färbeversuche im Zusammenhang mit dem geologischen und tektonischen Bau des Untersuchungsgebietes, so zeigt es sich, daß für die Fließrichtung in erster Linie das Schichteinfallen, in zweiter Linie die Hauptklufrichtungen maßgebend sind (Abb. 5, 13 u. 14). Betont wasserwegsam scheint diejenige Klufrichtung zu sein, deren Verlauf mit dem Schichteinfallen zusammenfällt (Versuche 1, 4, 6, u. 8). Die Fließbewegungen sind auf die einzelnen Schollen beschränkt, Verwerfungen werden nicht gekreuzt. Die unterirdischen Fließrichtungen stehen in keiner Beziehung zum Verlauf der Bäche, wiederholt wurde die oberirdische Wasserscheide gekreuzt. Abbildung 6 zeigt, daß der Osweilerbach sein unterirdisches Einzugsgebiet um 0,5 bis 1 km unter der oberirdischen Wasserscheide hindurch nach Osten zu ungunsten des Girsterbaches verlegt hat. Da die Verwerfungen nicht wasserwegsam scheinen, legt sich die unterirdische Wasserscheide zwischen Osweiler- und Girsterbach eng an die durch das Gebiet von NE nach SW kreuzende Hauptverwerfung an.

Fast ausschließlich konnte die eingegebene Farbe nur an einer Stelle nachgewiesen werden. Eine wesentliche Verbreitung des eingefärbten Wassers findet deshalb nicht statt. Grundsätzlich sprechen nur Quellen auf die Farbe an, die durch gelegentliche Trübung des Quellwassers einwandfrei mit Oberflächenwasser in Verbindung stehen. Quellen mit ruhigem Schüttungsverlauf werden von Grundwasser gespeist, das sich ausschließlich aus dem Sickerwasser der Böden bildet.

3. 4. 2 *Fließgeschwindigkeit*

Betrachtet man die Fließgeschwindigkeiten, so zeigt es sich, daß sie im Zusammenhang mit der Schüttung der Quellen und der Fließrichtung stehen. Alle Färbeversuche, die nach einem Hochwasser durchgeführt wurden und bei denen im Quellaustritt das Oberflächenwasser einen wesentlichen Teil der Quellschüttung ausmacht, zeigen Geschwindigkeiten zwischen 175 und 350 m/h (Versuche 1-4 u. 6). Auffallend ist, daß die höheren Geschwindigkeiten dort auftreten, wo Fließrichtung, Hauptklufrichtung und das Schichteinfallen zusammenfallen (Versuche 1 u. 4). In Trockenzeiten mit Niedrigwasserführung der Bäche durchgeführte Versuche zeigen Geschwindigkeiten von 33 bis 71 m/h (Färbeversuche 5, 7 u. 8). Daraus läßt sich ableiten, daß unbeeinflusstes Grundwasser den letzten Abschnitt vor der Quelle mit einer Geschwindigkeit von ca. 50 m/h durchläuft; bei einem Zutritt von Oberflächenwasser nimmt die Fließgeschwindigkeit um ein Vielfaches zu.

3. 4. 3 *Kluftbeobachtungen am Grundwasserleiter*

An den im Kapitel 1. 7 beschriebenen Klüften im Hauptmuschelkalk können in frischen Ober- und Untertageaufschlüssen Lösungserscheinungen wie korrosiv erweiterte Klüfte und Kolke nicht beobachtet werden.

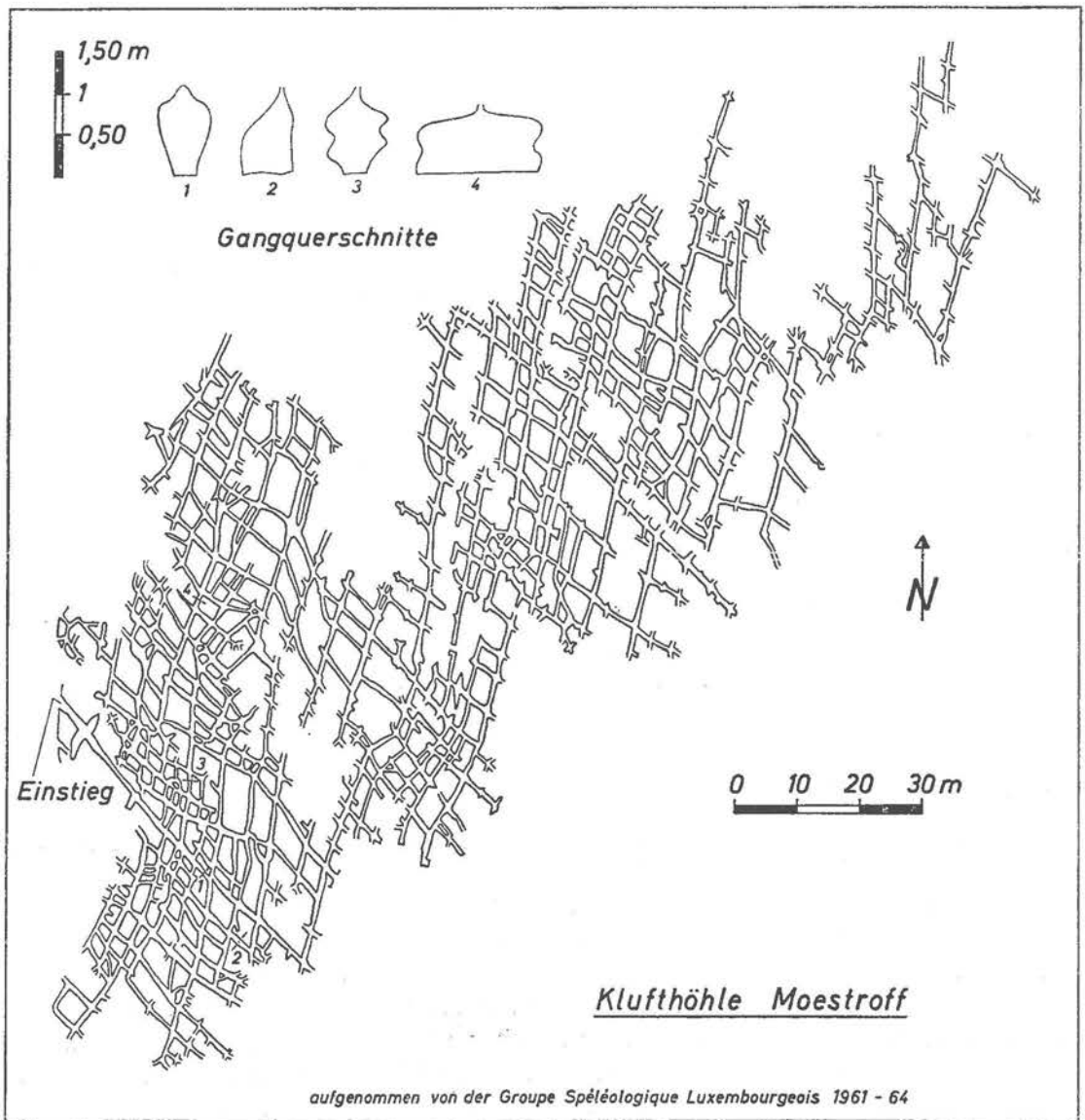


Abb. 16. Grundriß der Klufthöhle Moestroff

In einem Hauptmuschelkalksporn zwischen den Flüssen Our und Sauer liegt eine Klufthöhle (Abb. 13). Ihre Höhenlage über der Sauer läßt sich mit einer Terrasse korrelieren (LUCIUS 1948). Der Verlauf der Höhlengänge (Abb. 16) lehnt sich eng an das dort herrschende Kluftsystem an (BERG 1965). Die Gangquerschnitte zeigen deutlich abgerundete Formen, die auf Anlösung des Gesteins zurückgeführt werden müssen.

3. 4. 4 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse

Das Ergebnis der Färbeversuche, das Schüttungsverhalten der durch Oberflächenwasser beeinflussten Quellen und die Beobachtungen am Gestein lassen darauf schließen, daß das eingefärbte Wasser auf einer sehr engen Zone ausgespülter Klüfte direkt der Austrittsstelle zufließt. Die Klüfte scheinen nur örtlich durch Lösung erweitert zu sein. Dort, wo der Obere Muschelkalk hoch über dem Niveau der Vorfluter ansteht, setzt von den Talrändern her eine Verkarstung ein. Ein ausgeprägter Karstwasserhaushalt hat sich aber im Hauptmuschelkalk Luxemburgs noch nicht herausgebildet.

3. 5 Vergleich mit der Hauptmuschelkalkverkarstung in Unterfranken

Bei der Frage, weshalb sich keine stärkere Verkarstung im Oberen Muschelkalk Luxemburgs ausgebildet hat, drängt sich ein Vergleich mit der nachgewiesenen Verkarstung des Hauptmuschelkalkes des Fränkischen Schildes in Unterfranken auf (CARLÉ 1956, SCHULTZ 1957). Gründe sind neben größerer oberflächlicher Verbreitung und Mächtigkeit der Gesteinsfolge die Heraushebung und Abtragung der Deckschichten schon seit dem mittleren Tertiär. Dazu kommt in Unterfranken eine Verkarstung des Wellenkalkes und starke Auslaugung des salinaren Mittleren Muschelkalkes, die sich in den Oberen Muschelkalk durchpaust. Die tektonischen Bewegungen des Luxemburger Gutlandes sind jünger, und die hier nur örtlich auftretenden Gipsflöze haben nur schwache Auslaugung erfahren.

Der Obere Muschelkalk Luxemburgs ist als Dolomit ausgebildet. Ein verschiedenes karsthydrologisches Verhalten von Dolomit und Kalk hat ZOGOVIC (1967) beschrieben. Es ist aber unwahrscheinlich, daß die geringe Verkarstung darauf zurückzuführen ist. Die Wässer des Untersuchungsgebietes haben eine für den Oberen Muschelkalk normale Kalkhärte von 12 bis 20 °dH.

4 DIE GRUNDWASSERNEUBILDUNG

4.1 Allgemeines

Die Grundwasserneubildung ist ein wichtiger Faktor in der Hydrogeologie, da auf die Dauer nur soviel Grundwasser aus einem Einzugsgebiet entnommen werden kann, wie dem Wasserträger aus den Niederschlägen über die Versickerung zugeführt wird. Da alle Gesteine das Wasser mehr oder weniger intensiv speichern, kann die Grundwasserneubildung nur durch langjährige Beobachtung bestimmt werden. Werte, die aus der Wasserbilanz zweier Jahre erhalten werden, sind nicht langjährig gültig. Auch wenn ein hydrologisches Jahr ähnliche klimatische Bedingungen aufweist, wie es dem langjährigen Durchschnitt entspricht, so kann der Versickerungsbetrag doch ganz erheblich von dem langjährigen Mittel abweichen, je nachdem ob das Vorjahr ein Trockenjahr oder Naßjahr war. Die in gleichen Jahren für verschiedene Gebiete gewonnenen Beträge liefern aber gute Vergleichswerte; aus ihnen kann man unter Berücksichtigung langjährig gewonnenen Ergebnisse auf die absoluten Versickerungswerte schließen.

Zur Berechnung der Grundwasserneubildung müssen das Niederschlagsdargebot, die Verdunstung und der oberflächliche Abfluß bekannt sein.

4.2 Das Niederschlagsdargebot

Das Niederschlagsdargebot zur Berechnung der Wasserbilanz für die ausgewählten Abflußgebiete wurde in 6 amtlichen und einer nicht amtlichen Station gemessen (Abb. 17). Amtliche Stationen bestehen in ALTRIER (391 m ü. NN), FINDEL (380 m), CANACH (230 m), REMICH (210 m), MONDORF (194 m) und GREVENMACHER (174 m), sie werden vom Meteorologischen Dienst der Ackerbauverwaltung in Luxemburg betreut. Eine nicht amtliche Niederschlagsmeßstelle befindet sich in der forstwirtschaftlichen Musterkultur oberhalb des Buchholzer Hofes (315 m). Da diese Werte den Niederschlagsmengen von FINDEL und CANACH sehr ähnlich sind, wurden sie nur zur Überprüfung der amtlichen Werte herangezogen, sie gehen bei der Berechnung der Gesamtniederschlagsmenge nicht mit ein.

Die Mittelwerte der Jahre 1950 - 1969 auf Abbildung 17 zeigen zum einen, daß die Sommerniederschläge die Niederschläge des Winterhalbjahres übersteigen. Zum anderen ist eine Abhängigkeit von der Höhe über dem Meeresspiegel nicht festzustellen. Die 194 m hoch liegende Station MONDORF hat mit 835 mm fast das gleiche Niederschlagsdargebot, wie die 380 m hohe Station FINDEL mit 864 mm. Aus diesem Grunde empfahl sich zur Auswertung

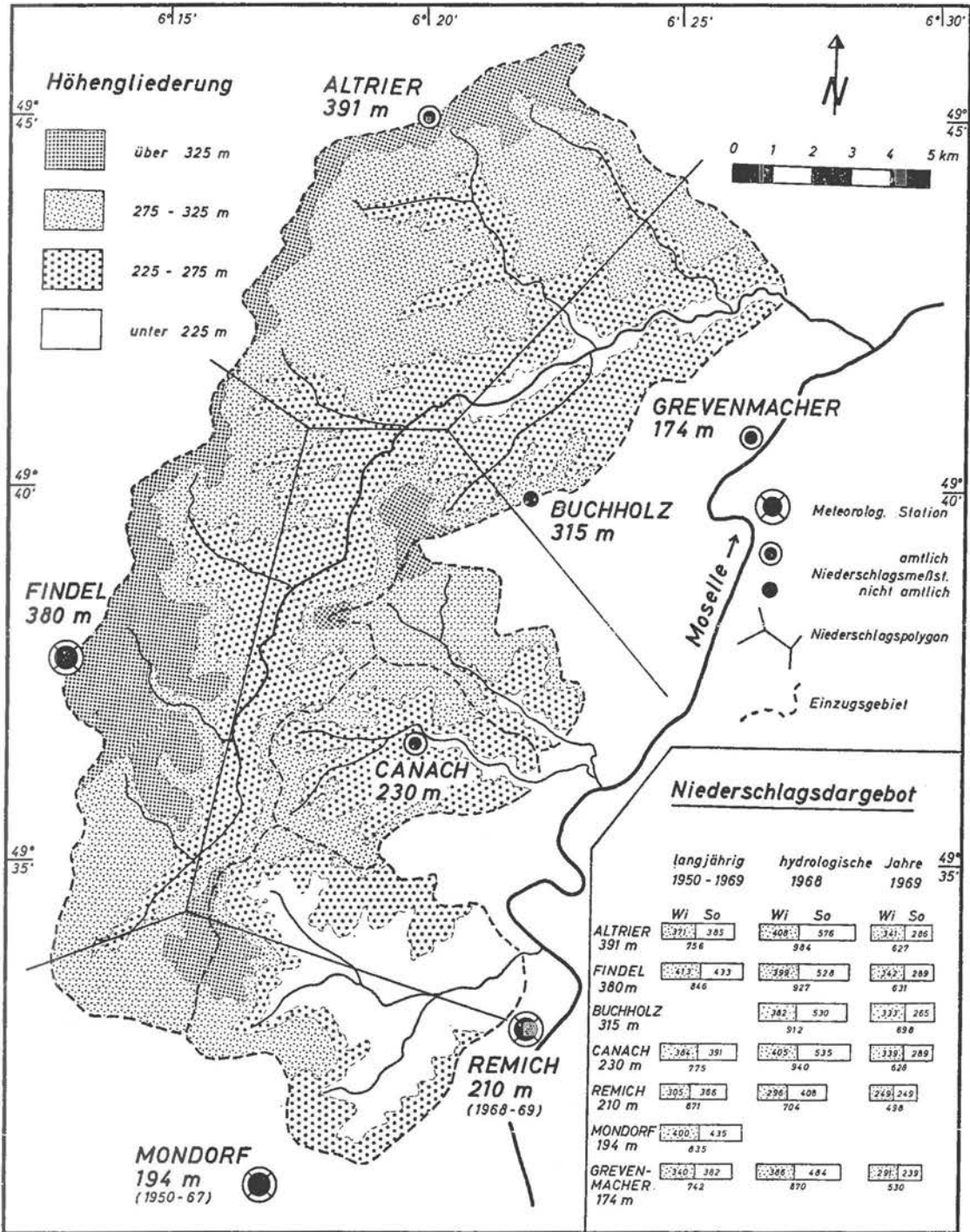


Abb. 17. Meteorologische Meßstationen, Niederschlagswerte und -polygone, Höhengliederung der untersuchten Einzugsgebiete. Geographische Bezeichnungen siehe Abb. 18

der gemessenen Mengen das Mittelsenkrechtverfahren (Niederschlagspolygone). Die Einzugsgebiete der Syr und des Aalbaches fallen in den Bereich mehrerer Polygone, die Niederschlagshöhe für die beiden Einzugsgebiete wurde aus den Flächenanteilen der beteiligten Niederschlagspolygone berechnet.

Beispiel: Berechnung des Jahresniederschlages 1969 für das Einzugsgebiet der Syr

Niederschlagspolygon	Altrier	Findel	Canach	Grevenm.	Syr
Flächenaufteilung der Syr auf N-Polygon in km ²	59,0	57,3	34,7	28,0	179,0
N im hydr. Jahr 1969	627	631	628	530	
N - Anteil der Teilflächen der Syr	59,0·627	57,3·631	34,7·628	28,0·530	
	179	179	179	179	
	=206 mm	=202 mm	=123 mm	= 83 mm	=614 mm

Die langjährigen Mittelwerte zeigen, daß an der Mosel ein Sonderklima mit einem Niederschlagsdefizit herrscht. Da die Station MONDORF im Juni 1968 eingestellt wurde, mußte in den hydrologischen Jahren 1968/69 auf die Station REMICH zurückgegriffen werden. In diesen Jahren wurde zur Berechnung des Niederschlages für das Einzugsgebiet des Aalbaches der Niederschlag der Station REMICH um 25% (dieser Wert wurde aus langjährigen Vergleichen gewonnen) erhöht.

4.3 Die Verdunstung

4.3.1 Aktuelle Verdunstung

Die gebräuchlichsten Formen, Werte für die aktuelle Verdunstung zu erhalten, sind Berechnungen aus langjährigen Niederschlags- und Abflußmessungen und Lysimeteruntersuchungen. Künstliche Lysimeteranlagen sind im Arbeitsgebiet nicht vorhanden. Auf eine Einrichtung wurde verzichtet, da Lysimetermessungen des benachbarten Saarlandes noch zu große Fehler aufweisen (EINSELE 1969).

Für langjährige Niederschlags- und Abflußmessungen gilt:

$$V = N - A,$$

wobei die Fremdwasserzu- und ableitungen G_z und G_a berücksichtigt werden müssen. Für die Einzugsgebiete der Syr und des Aalbaches, deren Abfluß langjährig durch Lattenpegelablesung erfaßt ist (Abb. 18), ergibt sich folgende aktuelle Verdunstung (Siehe auch Tabelle 2):

Einzugsgebiet	Aktuelle Verdunstung in mm/Jahr
Syr	478
Aalbach	523

4. 3. 2 Potentielle Verdunstung

Neben der aktuellen Verdunstung (V) wurde die potentielle Verdunstung (Vp) aus den meteorologischen Daten nach HAUDE (1954) gewonnen. Die zur Berechnung notwendigen 14 Uhr Tageswerte der Lufttemperatur und der relativen Luftfeuchtigkeit (Näheres siehe bei EINSELE 1969) lieferten die meteorologischen Stationen FINDEL (380 m ü. NN), HALSDORF (300 m)* und MONDORF (194 m).

Hydrol. Jahr	Fin del 380 m	Halsdorf 300 m	Mondorf 194 m
1960	399	488	475
1961	369	442	468
1962	421	528	630
1963	469	519	535
1964	510	678	681
1965	335	355	431
1966	465	440	544
1967	461	520	568
1968	401	464	574*
1969	444	530	602*
Mittel	430	469	551

Tab. 1 Jahreswerte der potentiellen Verdunstung nach HAUDE in mm. * = Station REMICH

In den hydrol. Jahren 1968 und 1969 mußte an Stelle der Station MONDORF auf die Station REMICH (210 m) zurückgegriffen werden (Kap. 4. 2). Eine Korrektur der pot. Verdunstung war wegen der gleichen Höhenlage nicht notwendig.

Tabelle 1 zeigt, daß die Verdunstung höhenabhängig ist. Mit steigender Höhe der Meßstation nimmt die Verdunstung ab, da das Sättigungsdefizit der Luft bei Abkühlung geringer wird. Um die Verdunstungswerte der Einzelstationen auf die Einzugsgebiete übertragen zu können, war es notwendig, die Höhenabhängigkeit der pot. Verdunstung zu berücksichtigen. Dazu wurden für alle Einzugsgebiete die Flächenanteile bis 225 m, 225—275 m, 275-325 m und über 325 ü. NN ermittelt (Abb. 17) und dafür die Verdunstungswerte der entsprechenden Station eingesetzt und zwar für:

- Höhenlage unter 225 m = Verdunstungswert von MONDORF (1968 u. 69 REMICH)
- Höhenlage 225-275 m = Mittelwert aus MONDORF u. HALSDORF
- Höhenlage 275-325 m = Verdunstungswert von HALSDORF
- Höhenlage über 325 m = Verdunstungswert von FINDEL

Korrektur der potentiellen Verdunstung

Die potentielle Verdunstung Vp kann nur dann der aktuellen entsprechen, wenn im Boden ständig genug Feuchtigkeit für die Evapotranspiration zur Verfügung steht. In Naßjahren und in Jahren mit gleichmäßiger Niederschlagsverteilung ist dies der Fall, die Monatsniederschläge übertreffen die berechnete Vp. In Trockenjahren bleiben die Sommerniederschläge

*Die Verdunstungswerte der Stationen FINDEL und HALSDORF wurden mir freundlicherweise von Herrn v. Hoyer zur Verfügung gestellt.

hinter den errechneten V_p -Werten zurück; ab einem bestimmten Niederschlagsdefizit findet keine Verdunstung mehr statt und V_p muß korrigiert werden. Bis zu einem gewissen Grad können die Pflanzen dem Boden Wasser zur Verdunstung entziehen. Die Menge wird nach UHLIG (1956) «maximal ausschöpfbare Bodenfeuchte» genannt und ist abhängig von der Gesteins- und Bodenart und vom Bewuchs. EINSELE (1969) gibt für die Lockersande des saarländischen Buntsandsteins 150 mm an, mit dem gleichen Wert korrigiert v. HOYER (1971) für die sandigen Böden des Luxemburger Sandsteins.

Für die im Untersuchungsgebiet vorwiegend aus Keupermergeln entstandenen Böden stimmt dieser Wert nicht, und es mußte eine Neuberechnung der max. ausschöpfbaren Bodenfeuchte durchgeführt werden.

Das Porenvolumen der Mergel beträgt nach SCHULTZE-MUHS (1967) ca. 40%, woraus sich ein Trockenraumgewicht von 1,6 t/m³ ergibt. Im Jahr 1969 wurden zahlreiche Wassergehaltsbestimmungen aus Proben verschiedener Tiefe bis zu 1 m durchgeführt. Der mittlere Wassergehalt beträgt in den Keupermergeln 24% oder 38 Vol%. Der permanente Welkepunkt, das ist der Restwassergehalt des Bodens, der von den Pflanzen wegen fehlender Saugwirkung nicht mehr herangezogen werden kann, beträgt nach SCHEFFER und SCHACHTSCHABEL (1966) für diese Böden ca. 12 Vol%. Aus der Differenz dieser beiden Grenzwassergehalte ergibt sich eine max. ausschöpfbare Bodenfeuchte von 26 Vol%. Unter der Annahme, daß die Pflanzenwurzeln die Bodenfeuchtigkeit bis zu 1 m Tiefe voll ausnutzen können, ergibt sich daraus ein Wasservorrat von 260 mm.

Dieser Wert stimmt mit Angaben von UHLIG (1954a) überein, der für «schwere Böden» eine ausschöpfbare Bodenfeuchtigkeit von ebenfalls 260 mm angibt.

In der 10-jährigen Wasserbilanzberechnung für die Einzugsgebiete der Syr und des Aalbaches (Tab. 2) ergab es sich nur im Trockenjahr 1964, daß das Niederschlagsdefizit über der max. ausschöpfbaren Bodenfeuchte von 260 mm lag. In diesem Jahr wurde die pot. Verdunstung nach folgender Berechnung korrigiert:

Einzugsbereich	S y r	A a l b a c h
Niederschlagsdefizit von April bis August 1964	—304	—338
max. ausschöpfbare Bodenfeuchte	+260	+260
Differenz, vom jährl. V_p abziehen	— 44	— 78
Potentielle Verdunstung 1964	652	674
Korrigierte potentielle Verdunstung V_{pk}	608	596
	alle Werte in mm	

4. 3. 3 Vergleich langjähriger Werte für die aktuelle und potentielle Verdunstung

Die in Kap. 4. 3. 1 aus den Niederschlägen und dem Abfluß gewonnenen Werte für die aktuelle Verdunstung V stimmen mit den aus den meteorologischen Daten berechneten potentiellen Verdunstung V_p recht gut überein.

Für die Einzugsgebiete der Syr und des Aalbaches ergeben sich folgende Werte:

Einzugsgebiet	Verdunstung 1960-69 in mm	
	V	V_p^*
S y r	478	492
A a l b a c h	523	528

* 1964 V_{pk}

Nach UHLIG (1954 b) und DAMMANN (1965) hat sich die Berechnung der V_p nach HAUDE für unseren Klimabereich bewährt und auch im benachbarten Saargebiet zeigt EINSELE (1969) eine gute Übereinstimmung mit V .

4. 4 Abfluß

4. 4. 1 *Meßmethodik zum Gesamtabfluß*

In Abbildung 18 und 21 sind die Meßstellen der untersuchten Einzugsgebiete dargestellt. Die Lattenpegelablesungen der langjährig gemessenen Flüsse Syr und Aalbach erfolgten 1 mal täglich um 14 Uhr und wurden vom Meteorologischen Dienst der Ackerbauverwaltung in Luxemburg betreut. Die angegebenen Schlüsselkurven wurden überprüft und für richtig erachtet. In den hydrologischen Jahren 1968 und 1969 wurde der Abfluß des Gostingerbaches und des Gaesbaches mit Lattenpegeln, der des Brillbaches mit einem auswechselbaren Wehr mit hyperbolischem Querschnitt nach KESSLER (1959) gemessen. Am Lenningerbach wurde ein Schreibpegel (Firma ALPINA) eingerichtet.

Die Abflußmessungen für die Schlüsselkurven erfolgten mit Hilfe von Ott - Meßflügeln. Daneben wurden Schlauchabflußmessungen nach THON (1965) durchgeführt, die im unteren Bereich erheblich zu hohe, im mittleren Abflußbereich von ca. 30 - 150 l/s recht genaue Werte lieferten. Bei höheren Abflußmessungen war die Methode wegen der Schwierigkeit der Verankerung des Schlauches auf dem Bachgrund nicht mehr durchführbar.

Die Pegel und das Wehr wurden bei normalem Abfluß 1 mal täglich um 14 Uhr, in Perioden mit starken Abflußschwankungen mehrmals täglich abgelesen. Bei der Auswertung konnten Unsicherheiten in den Abflußganglinien mit der kontinuierlichen Schreibpegelaufzeichnung des Lenningerbaches ausgeglichen werden, nachdem das jeweilig abweichende Abflußverhalten zum Schreibpegel bekannt war.

Zu Beginn der Untersuchungen wurden ca. 40 Quellen wöchentlich gemessen. Nachdem der Quellverlauf in etwa bekannt war, konnte nach einem Jahr auf etwa die Hälfte verzichtet werden. Auch die Meßintervalle wurden variiert. Für die Untersuchungen wichtige Quellen (Rosport, Schengen, Schiltzhaus) wurden täglich, bzw. 2 mal wöchentlich gemessen, bei anderen Quellen konnte auf ein 2 bis 3 wöchiges Meßintervall zurückgegangen werden. Quellmessungen wie auch die Trockenwetterabflüsse (Kap. 4. 5. 3. 2) erfolgten je nach Schüttung mit einem Meßflügel, mit einem Dreiecksmeßwehr (60° Winkelausschnitt) oder einem 10 bzw. 40 l-Behälter mit Stoppuhrmessung.

4. 4. 2 *Bestimmung des oberirdischen und unterirdischen Abflusses*

Zur Trennung des Gesamtabflusses in einen oberirdischen A_o und in einen unterirdischen Abfluß A_u wurde ausschließlich das Verfahren von NATERMANN (1951) herangezogen. Es eignet sich gut für die vorliegenden Verhältnisse, da bei höheren Niederschlägen nur kurzfristig Abflußspitzen am Pegel passieren und der übrige Abfluß vom A_u gespeist wird. Nur in langandauernden Niederschlagsperioden und während der Schneeschmelze ist es schwierig, den Verlauf der A_u -Linie festzulegen, da kein echter Trockenperiode-Tiefpunkt entsteht.

In den Jahren 1968 und 1969 konnte diese Unsicherheit durch Quellschüttungsmessungen im gleichen Einzugsbereich wieder ausgeglichen werden. Die Quellen müssen die gleichen

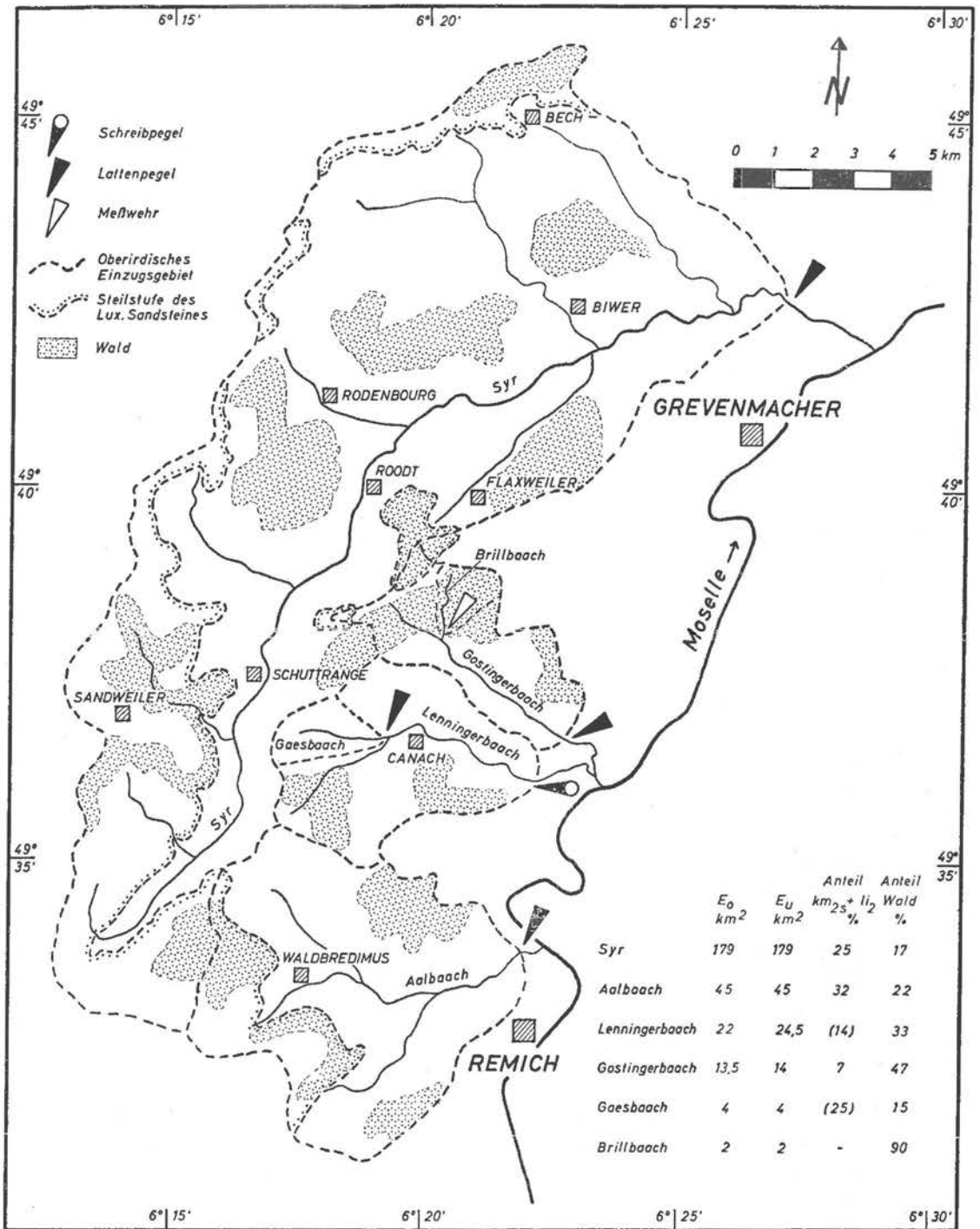


Abb. 18. Bachmeßstellen ausgewählter Einzugsgebiete

Schwankungen wie der unterirdische Abfluß am Pegel aufweisen. Aus den in Trockenperioden ermittelten Verhältnis von Quellschüttung zu unterirdischem Abfluß kann dann Au während nasser Perioden aus den Quellschüttungen abgeschätzt werden. Parallel zu den 10-jährigen Abflußmessungen der Syr und des Aalbaches liegen in den Jahren 1960 - 1967 keine Quellmessungen vor, auf die bei der Festlegung der Au-Linie zurückgegriffen werden konnte. In diesen Jahren wurde der Quellverlauf des hydrologischen Jahres 1968 für die Naßjahre und der Verlauf des Jahres 1969 für die Trockenjahre zur Festlegung des Au heran-gezogen.

In wechselnden Mengen eingeleitete Abwässer, die das Verfahren von NATERMANN verfälschen können, sind in den Einzugsgebieten mit wenigen mm im Jahr nur so untergeordnet vorhanden, daß sie keine Rolle bei der Festlegung der Au-Linie spielen.

4. 5 Oberflächlicher Abfluß, Grundwasserneubildung und Speicherung ausgewählter Einzugsgebiete

4. 5. 1 Allgemeines

Die Grundwasserneubildung I_u ist die Infiltration von Niederschlagswasser in den tieferen Untergrund. Sie wird, abgeleitet aus der Grundbilanzgleichung $N = V + A$ (Näheres siehe bei EINSELE 1969), nach folgender Gleichung berechnet:

langjährig	$I_u = N - V_p - A_o$
für 1 hydrol. Jahr	$I_u = N - V_p - A_o + S_o$
$N =$ Niederschlag	$A_o =$ oberflächlicher Abfluß
$V_p =$ potentielle Verdunstung	$S_o = \pm$ Bodenspeicherung

Die Bodenspeicherung S_o muß eingeführt werden, da in trockenen Jahren die Bodenfeuchtigkeit sicherlich nicht den gleichen Wert zu Beginn und am Ende des hydrol. Jahres aufweist. Durch die mit 260 mm/Jahr bestimmte hohe max. ausschöpfbare Bodenfeuchte (Kap. 4. 3. 2) kann in einem trockenen Sommer aus der Bodenfeuchte rein rechnerisch mehr verdunsten, als im vorhergegangenen Winterhalbjahr in den tieferen Untergrund versickert ist. Die Grundwasserneubildung wird für dieses hydrologische Jahr 0.

In Wirklichkeit sind die Vorgänge komplizierter. In einem Winterhalbjahr, dem ein trockener Sommer folgt, versickert bei anfänglich aufgefüllter Bodenfeuchte Wasser in den Untergrund. Die Auffüllung des Sommerdefizits an Bodenfeuchte geschieht im folgenden Winter des nächsten hydrol. Jahres. Eine halb-jährliche oder monatliche Untersuchung der Vorgänge bietet sich aber nicht an, da die Monate der Bodenfeuchteauffüllung und Grundwasserneubildung nur schwer zu bestimmen sind und beide Vorgänge auch ineinander übergreifen. Zudem verbieten die Fehler der meteorologischen und hydrologischen Datenbestimmung in den großen Einzugsgebieten eine monatliche I_u -Berechnung. Nur für ein homogen aufgebautes, engbegrenztes Einzugsgebiet (Stromberg) mit genauen N und A_u Messungen ist der Versuch gemacht worden, die monatlichen Versickerungsvorgänge zu klären (Kap. 4. 5. 3. 3).

In Naßjahren mit gleichem Bodenfeuchtegehalt zu Beginn und Ende der Untersuchungszeit ist die Bodenspeicherung $S_o = 0$. In Trockenjahren wird sie bei $I_u = 0$ nach folgender Formel berechnet:

$$S_o = N - V_p - A_o$$

In dem einem Trockenjahr folgenden hydrologischen Jahr muß das Bodenfeuchtigkeitsdefizit = negative Bodenspeicherung ($-S_0$) erst wieder aufgefüllt werden, bevor eine Grundwasserneubildung zustandekommt.

Will man die im Untersuchungsgebiet während einer Meßperiode im tieferen Untergrund gespeicherte oder aufgebrauchte Wassermenge ($\pm S_u$) berechnen, so ist von der Versickerung I_u der unterirdische Abfluß A_u abzuziehen:

$$\text{Vorratsänderung } (\pm \text{Speicherung}) = S_u = I_u - A_u$$

Langjährig gleichen sich positive und negative Vorratsänderung aus und man erhält:

$$I_u = A_u$$

Zu berücksichtigen sind noch Grundwässer, die aus dem Einzugsgebiet vor der Pegelstelle abgeführt (G_a) oder aus Fremdräumen zugeführt werden (G_z). Sie müssen zu A_u addiert bzw. davon subtrahiert werden, so daß für die Speicherung gilt:

$$S_u = I_u - A_u - G_a + G_z$$

4. 5. 2 Langjährige Abflußmessungen der Syr und des Aalbaches

Geographische Lage mit Meßstellen, Höhengliederung und Flächenanteil der geologischen Schichtglieder in den Einzugsgebieten der Syr und des Aalbaches sind aus Abb. 17 und 18 und Tab. 3 ersichtlich.

Tabelle 2 zeigt, daß die 10-jährigen Mittelwerte für die Grundwasserneubildung I_u und den unterirdischen Abfluß A_u bei beiden Gewässern eine gute Übereinstimmung aufweisen. Daraus wird gefolgert, daß das oberirdische und unterirdische Einzugsgebiet gleich sind und daß die zur Bestimmung von I_u notwendige Berechnung von S_0 (Kap. 4. 5. 1) nicht zu große Fehler aufweist.

Betrachtet man in Tab. 2 und Abb. 19 die einzelnen Jahreswerte für I_u und A_u (immer mit G_a und G_z), so zeigen Syr und Aalbach einen sehr ähnlichen Jahresverlauf. Im Jahre 1960 steht der hohen Grundwasserneubildung nur ein geringer A_u -Wert gegenüber. Im Jahre 1961 nimmt I_u ab, trotzdem steigt A_u an. Das nicht mehr erfaßte hydrologische Jahr 1959 war ein ausgesprochenes Trockenjahr ohne oder mit nur geringer Grundwasserneubildung. Die kräftige neue Versickerung 1960 bewirkt erst mit einjähriger Verzögerung den Anstieg des A_u im Jahre 1961. Der gleiche Vorgang zeigt sich in abgeschwächter Form im Jahre 1967 bei der Syr. Die starke Versickerung 1966 macht sich 1967 bei abnehmenden I_u in einem A_u Anstieg bemerkbar. Im Einzugsgebiet der Syr gibt es in 4 Jahren, im Gebiet des Aalbaches in 3 Jahren rechnerisch keine Versickerung. Dies äußert sich deutlich am Rückgang des unterirdischen Abflusses.

In beiden Einzugsgebieten findet eine Speicherung statt, bei der stark wechselnde Grundwassermengen aufgenommen werden. Sie werden mit zum Teil einjähriger Verzögerung wieder an die Vorfluter abgegeben, wobei die Schwankungen bei der Abgabe zwischen den einzelnen Jahren geringer sind. Für die Speicherung wird einerseits der Sandstein, andererseits der Hauptmuschelkalk verantwortlich gemacht. Ein Drittel der am Einzugsgebiet beteiligten Schichtglieder werden vom Luxemburger Sandstein (li_2) und vom Schilfsandstein ($km_{2,s}$) in Anspruch genommen. Über die gute Speicherwirkung des Luxemburger Sandsteins

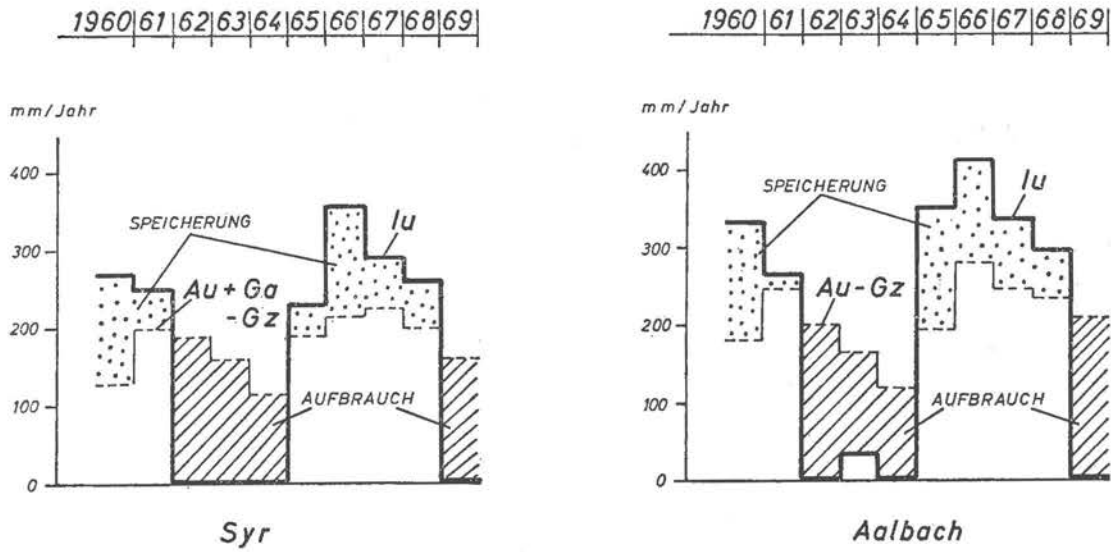


Abb. 19. Jährliche Grundwasserneubildung I_u und unterirdischer Abfluß A_u der Syr und des Aalbaches

berichtet v. HOYER (1971); die in Tab. 3 zum Vergleich angeführten Einzugsgebiete Wieden-berg und Consdorferbach unterstützen diese Feststellung.

Der Schilfsandstein erreicht im Gebiet des Aalbaches eine Mächtigkeit von 50 m; in Kap. 2. 4 wurde beschrieben, daß auf den Sandsteinböden kaum ein A_o zustande kommt und das Niederschlagswasser schnell die Quellen erreicht. Damit ist eine, wenn auch nur kurzfristige, Speicherung gegeben, da das den Sandsteinkörper durchlaufende Wasser nach NATERMANN als A_u am Pegel gemessen wird. Die jährliche Verzögerung des A_u kann dagegen nicht auf den Schilfsandstein zurückgeführt werden.

In Kapitel 2. 2 wurde erwähnt, daß eine Versickerung durch die Keupermergel in den Oberen Muschelkalk erfolgt. Abb. 3 zeigt für die Quelle Teufelsbrücke eine länger wählende Speicherung gegenüber Quellen mit offenliegendem m_o an. Im Einzugsgebiet der Syr und des Aalbaches streicht offenliegender Hauptmuschelkalk nur mit wenigen % der Schichtglieder aus; an diesen Stellen werden die beiden Flüsse durch starke Schicht- und Grundquellen gespeist, deren Einzugsgebiet im überdeckten Oberen Muschelkalk liegt.

4. 5. 3 Zweijährige Abflußmessungen in geologisch verschieden aufgebauten Einzugsgebieten

Da es sich im hydrologischen Jahr 1968 um ein Naßjahr handelt, muß zur Berechnung der Grundwasserneubildung nach dem in Kap. 4. 5. 1 Gesagten nur für das Jahr 1969 die Bodenspeicherung S_o berücksichtigt werden.

Die zweijährig gewonnenen Werte für I_u und S_u können nicht ohne weiteres für langjährige Berechnungen herangezogen werden. Ein Vergleich mit langjährigen Messungen (Kap. 4. 5. 2) zeigt, daß das hydrologische Jahr 1969 ein extremeres Trockenjahr war, als das Jahr 1968 ein Naßjahr. Das Mittel aus beiden Jahren entspricht nicht der Grundwasserneubildung eines Normaljahres, diese dürfte zwei Drittel des Wertes von 1968 betragen. Die ermittelten Werte ermöglichen aber einen Vergleich zwischen den Einzugsgebieten, und die Unterschiede dürften auch in einem Normaljahr gelten.

Einzugsgebiet	hydrol. Jahr	Jahreswerte							
		N mm	Vp mm	Ao mm	So mm	Iu mm	Au mm	Ga-Gz mm	Su mm
S y r Eo = 179 km ² Eu = 179 km ²	1960	812	471	70	—	271	127	5	+139
	1961	861	436	174	—	251	194	5	+ 52
	1962	676	536	189	— 49	—	184	6	—190
	1963	589	519	51	— 30	—	153	6	—159
	1964	607	608*	68	— 99	—	110	6	—116
	1965	883	369	182	+ 99	233	186	6	+ 41
	1966	1073	466	252	—	355	212	6	+137
	1967	972	521	159	—	292	219	5	+ 68
	1968	937	463	213	—	261	197	5	+ 59
	1969	614	531	85	— 2	—	155	5	—160
	Mittel	802	492	144	—	166	174	6	

Einzugsgebiet	hydrol. Jahr	Jahreswerte							
		N mm	Vp mm	Ao mm	So mm	Iu mm	Au mm	Ga-Gz mm	Su mm
A a l b a c h Eo = 45 km ² Eu = 45 km ²	1960	851	475	45	—	331	183	1	+149
	1961	840	458	115	—	267	248	1	+ 20
	1962	655	604	109	— 58	—	202	1	—210
	1963	658	537	30	+ 58	33	167	1	—133
	1964	601	596*	36	— 31	—	119	1	—118
	1965	887	410	95	+ 31	351	197	2	+156
	1966	1103	517	169	—	417	282	2	+137
	1967	1020	560	125	—	335	248	2	+ 89
	1968	949	540	115	—	294	237	3	+ 60
	1969	651	578	76	— 3	—	209	3	—206
	Mittel	821	528	91	—	203	209	2	

Tab. 2. Langjährige Meßreihen für die Wasserbilanz in den Einzugsgebieten der Syr und des Aalbaches.

* Im Jahre 1964 mußte Vp korrigiert werden (Kap. 4. 3. 2).

	Flächenanteil am oberirdischen Einzugsgebiet in %									Einzugsgebiet in km ²		N-Polygon	M e ß -		hydrologisches Jahr 1968								hydrologisches Jahr 1969							
	bis 225 Remich	225-275 Mittel Re- Halsd	275-325 Halsd	über325 Findel	mo	km ku	li ₃	km ₂ s	Wald	ober- ird.	unter- ird.		gerät	interv.	Werte in mm/Jahr								Werte in mm/Jahr							
															N	Vp	Ao	So	Iu	Iu l/s km ²	Au	Su +	N	Vp	Ao	So —	Iu	Iu l/s km ²	Au	Su
Syr	4	35	45	16	7	68	25	—	17	179	179	Grev, Alt, Fi, Ca	L	tg	937	463	213	—	261	8,2	202*	59	614	531	85	2	—	—	160*	160
Aalbach	60	25	12	3	3	59	9	23	22	45	45	Ca, Re	L	tg	949	540	115	—	294	9,3	234**	60	651	578	76	3	—	—	206**	206
Gaesbach	—	70	30	—	—	75	—	(25)	15	4	4	Ca	L	tg	941	464	380	—	97	3,1	72	25	628	530	136	38	—	—	64	64
Brillbach	—	—	100	—	—	100	—	—	90	2	2	Ca	M	tg	941	490	330	—	121	3,8	88	33	628	566	146	84	—	—	66	66
Lenningerbach	7	55	38	—	22	64	—	(14)	33	22	24,5	Ca	Sch	ko	941	488	255	—	198	6,3	145	53	628	576	86	34	—	—	125	125
Gostingerbach	10	24	61	5	33	60	7	—	47	13,5	14	Ca	L	tg	941	477	273	—	191	6,0	140	51	628	541	101	14	—	—	110	110
Stromberg	—	—	100	—	100	—	—	—	—	1,25	1,25	Schen	Q	wö	873	464	—	—	409	12,9	200	209	598	530	—	—	68	2,1	154	86
Enberg	—	—	100	—	100	—	—	—	5	0,8	0,8	Echt, Alt, Grev.	Q	wö	895	464	—	—	431	13,6	210	221	575	530	—	—	45	1,4	195	150
Wiedenberg «	—	—	—	100	—	—	100	—	100	1,6	1,6	Fi	Q	wö	898	401	—	—	497	15,7	309	188	617	444	—	—	173	5,5	266	93
Consdorferbach «	—	2	53	45	—	33 ^o	67	—	37	12,4	9	Atl	L	tg	975	439	57	—	479	15,1	265	214	627	496	39	—	92	2,9	280	188

Tab. 3. Charakterisierung einzelner Einzugsgebiete und Jahreswerte 1968 und 1969 für die Grundwasserneubildung Iu und Speicherung Su. (1 mm/Jahr = 0,0317 l/s.km²)

Abkürzungen: Echt = Echternach, Alt = Altrier, Grev = Grevenmacher, Fi = Findel, Ca = Canach, Re = Remich, Schen = Schengen. L = Lattenpegel, Sch = Schreibpegel, M = Meßwehr, Q = Quellmessung. tg = täglich, wö = wöchentlich, ko = kontinuierlich.

* = + Ga — Gz
 ** = — Gz
 ° = inkl. li₃
 « = Werte von v. HOYER (1971).

4. 5. 3. 1 Bäche mit Keupereinzugsgebiet: G a e s b a c h und B r i l l b a c h

Alle Angaben zu den Einzugsgebieten und Abflußmessungen sind den Abbildungen 17, 18, 20, 21 und der Tabelle 3 zu entnehmen.

Der oberirdische Abfluß A_o ist in diesen ausschließlich von Keupermergeln aufgebauten Einzugsgebieten mit hohem Grundwasserstand der höchste aller Untersuchungsgebiete. Im Vergleich der beiden Meßergebnisse macht sich die starke Bewaldung im Einzugsgebiet des Brillbaches in einem schwächeren A_o bemerkbar. Größere Waldflächen führen zu einer Speicherung des oberirdischen Abflusses, der verzögert als A_u am Pegel erscheint (HEITELE 1968). Der Schilfsandstein im Einzugsgebiet des Gaesbaches macht sich in dieser Hinsicht nicht bemerkbar, da seine Mächtigkeit hier nur um 15 m beträgt, womit er sich hydrologisch nicht von den ihn umgebenden Mergeln unterscheidet (Kap. 2. 4). In Tab. 3 sind die Werte für den $k_{m,r}$ deshalb eingeklammert.

Analog zum höchsten oberirdischen Abfluß ist die Grundwasserneubildung in den beiden Einzugsgebieten am geringsten. Zum einen wird der unterirdische Abfluß aus den schwach schüttenden Quellen der Bodenzone gespeist; zum anderen wirken Versumpfungsgebiete, die in den flachen Bachtälern mit hohem Grundwasserstand verbreitet sind, speichernd, so daß auch in Trockenzeiten ein A_u zustande kommt (HEITELE 1968).

4. 5. 3. 2 Bäche mit Keuper- und Hauptmuschelkalkeinzugsgebiet: L e n n i n g e r b a c h und G o s t i n g e r b a c h

Schon während der Meßperiode fiel auf, daß der Lenninger- und Gostingerbach Unterschiede in ihrem unterirdischen Abfluß aufweisen, obwohl die hydrogeologischen, morphologischen und meteorologischen Gegebenheiten sehr ähnlich sind. Um einen eventuellen Unterschied von oberirdischem E_o und unterirdischem Einzugsgebiet E_u berechnen zu können, wurden im trockenen Sommer 1969 wiederholt Niedrigwasserabflußmessungen in beiden Einzugsgebieten durchgeführt. Die Positionen der Messungen, die sich auch auf die Nachbargebiete des Dreiborner- und Greiveldingerbaches erstreckten, sind aus Abb. 21 ersichtlich.

Nach MATTHES und THEWS (1963) ergeben sich die Abflußspenden der Niederschlags- teilgebiete q aus:

$$q = \frac{\Delta Q}{\Delta FE}$$

ΔQ = Zuwachs des gemessenen Abflusses in l/s gegenüber der nächsten oberh. gelegenen Meßstelle.
 ΔFE = Zuwachs des Niederschlagsgebietes in km^2 gegenüber der nächsten oberh. gelegenen Meßstelle.

Die Trockenwetterabflußspenden in den Keupereinzugsgebieten mit hohem Grundwasserstand zeigten bei den Messungen etwa die gleichen Werte. Große Unterschiede traten in den gemischten Keuper- Hauptmuschelkalkgebieten auf, wenn man q über ΔFE nach dem oberirdischen Niederschlagsgebiet berechnete. Da während der Niedrigwasserführung der Gewässer ($A = A_u$) in sehr ähnlich aufgebauten, benachbarten Gebieten im großen und ganzen gleiche Abflußspenden zu erwarten sind (MATTHES und THEWS 1959), konnten mit Hilfe der Schichtlagerungskarte (Abb. 20) und durch Einsetzen von unterirdischen Einzugsgebieten in ΔFE die unterirdischen Wasserscheiden festgelegt werden (Abb. 21).

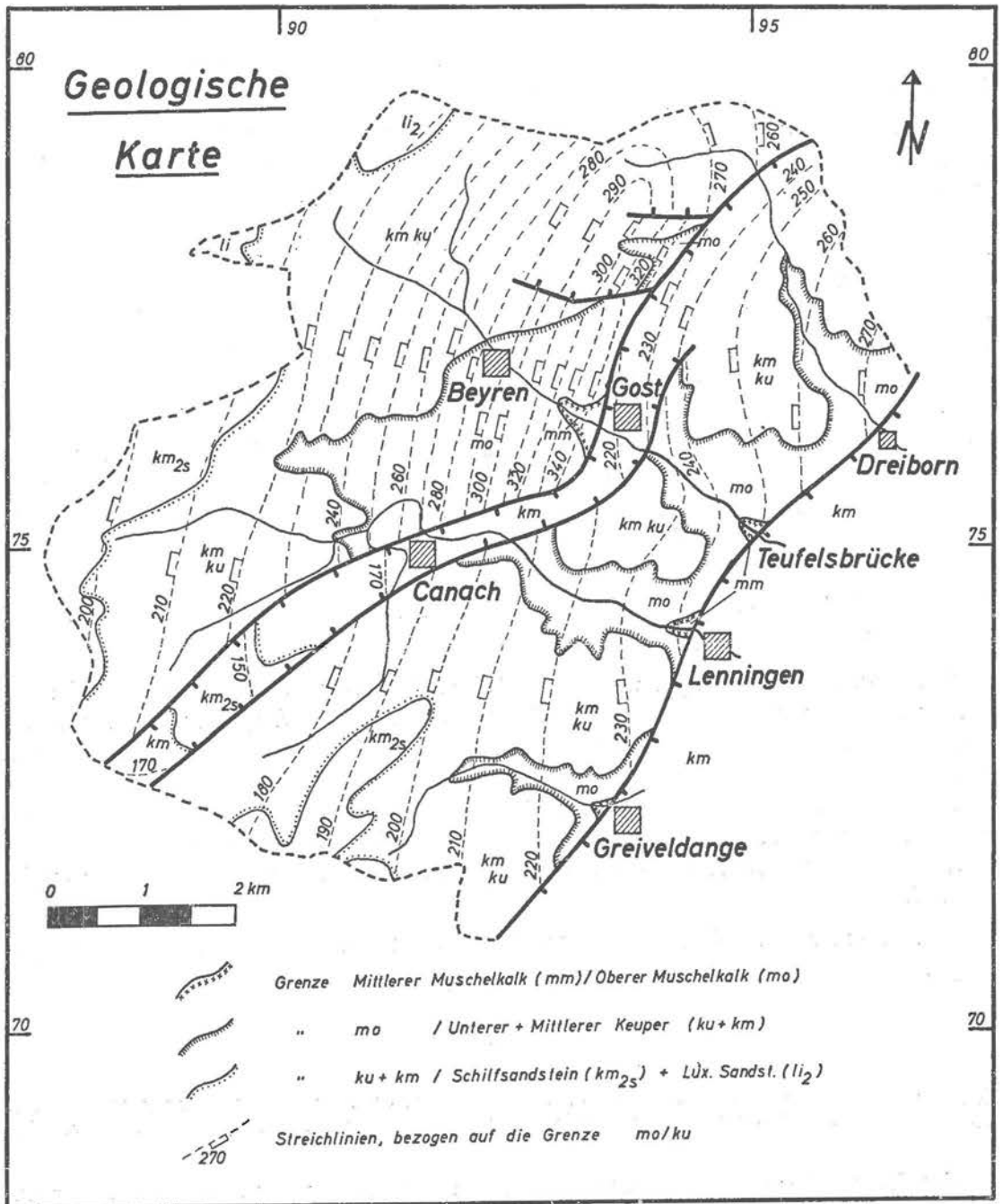


Abb. 20. Geologische und tektonische Übersichtskarte der Teileinzugsgebiete

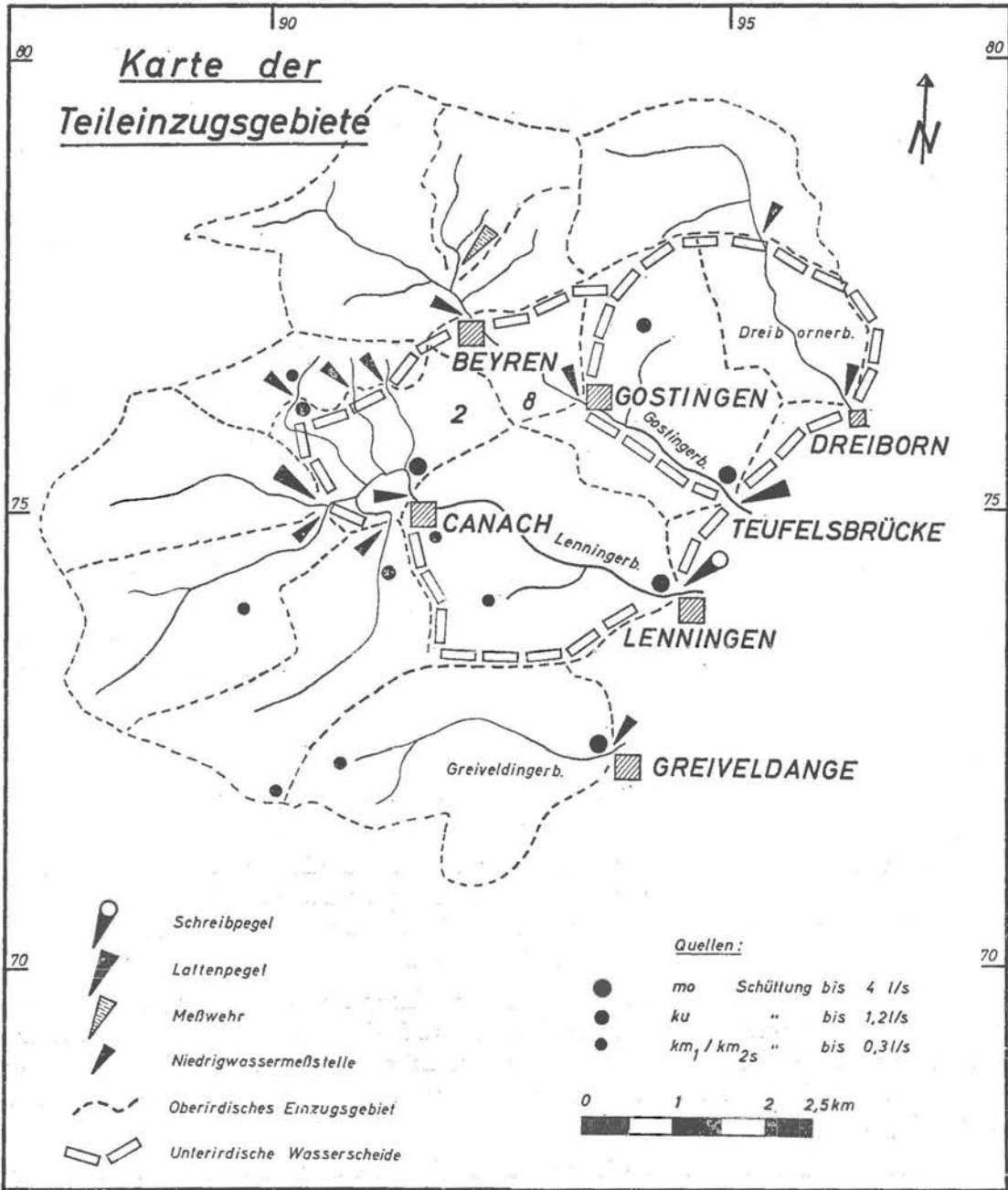


Abb. 21. Trockenwetterabflußmeßstellen und Grundwasserscheiden

Die hydrologischen Berechnungen und geologischen Kartierungen (NEUMANN-REDLIN 1967) lassen darauf schließen, daß im Norden des Dreibornerbaches und im Süden des Lenningerbaches die oberirdische und unterirdische Wasserscheide zusammenfallen. Vom Niederschlagsgebiet des Dreibornerbaches tritt Grundwasser in das Einzugsgebiet des Gostingerbaches über, ebenso vergrößert der Lenningerbach sein Eu um 2,5 km² auf Kosten des Gostingerbaches. Die größte Überlappung der beiden Wasserscheiden befindet sich nordwestl. der Ortschaft Gostingen, dort, wo die Schichtlagerung das stärkste Einfallen aufweist. Verwerfungen werden vom Grundwasser nicht gekreuzt. Beide Tatsachen entsprechen der in Verbindung mit den Färbeversuchen in anderen Gebieten gewonnenen Feststellung, daß die Fließrichtung in erster Linie von der Schichtlagerung abhängig ist (Kap. 3. 4. 1).

Die Grundwasserneubildung und die Speichermöglichkeit im tieferen Untergrund nehmen in den beiden Einzugsgebieten entsprechend ihrem Anteil am Hauptmuschelkalk zu. Da die Bäche in ihrem Lauf zweimal einen Quellhorizont des Oberen Muschelkalkes durchschneiden (Abb. 20), fließen ihnen dort kräftige Quellen aus der überdeckten und unüberdeckten Zone zu (Abb. 21).

4. 5. 3 Isolierte Hauptmuschelkalkschollen: Stromberg und Enberg

Stromberg und Enberg bestehen aus isolierten Hauptmuschelkalkschollen über wasserstauenden Mergeln des *mm*. Da auf ihnen kaum ein Ao zustande kommt, und der gesamte Au an Quellen erfaßt werden kann, wirken die beiden «Hauptmuschelkalkinseln» als großflächige natürliche Lysimeter. Alle näheren Angaben zu den Gebieten sind der Tabelle 3 zu entnehmen.

Stromberg 1,25 km²

Da auf dem unbewohnten Berg keine Möglichkeit bestand, den Niederschlag zu messen, mußte für das hydrologische Jahr 1968 auf die amtlichen Werte des Obstgutes RÜDLING im Moseltal zurückgegriffen werden. Da diese Messungen nicht zuverlässig erschienen, wurde für das Jahr 1969 eine exakt betreute Niederschlagsstation in SCHENGEN eingerichtet. Zur Berechnung der potentiellen Verdunstung V_p boten sich die Werte der auf gleicher Höhe liegenden Station HALSDORF an (Kap. 4. 3. 2).

Ein oberirdischer Abfluß A_o scheint nur sehr kurzfristig bei extremer Wetterlage vor sich zu gehen. Morphologische Zeugen wie Bachtäler und Wasserrisse sind nicht vorhanden. Der unterirdische Abfluß A_u konnte durch wöchentliche Beobachtung der Quellen, die fast ausschließlich zur Trinkwasserversorgung herangezogen werden und damit gut meßbar sind, vollständig erfaßt werden.

In Abb. 22 ist der Versuch gemacht worden, die Versickerungsverhältnisse auf dem Stromberg in den hydrologischen Jahren 1968 und 1969 monatlich zu erklären. Es ist dazu das Versickerungsdargebot ($N - V_p$) dem Schüttungsgang aller Quellen = A_u gegenübergestellt. Bei korrekter A_u -Bestimmung sind der Genauigkeit durch die Niederschlagsmessungen im Moseltal, durch die sommerliche V_p -Berechnung und die Nichterfassung von vermutetem A_o Grenzen gesetzt.

Im November und Dezember 1967 stehen einem hohen Versickerungsdargebot geringer unterirdischer Abfluß gegenüber. In diesen Monaten wird die im Sommer aufgebrauchte Bodenfeuchte ergänzt. Im Januar 1968 steigt A_u kräftig an, ebenso im Februar, obwohl

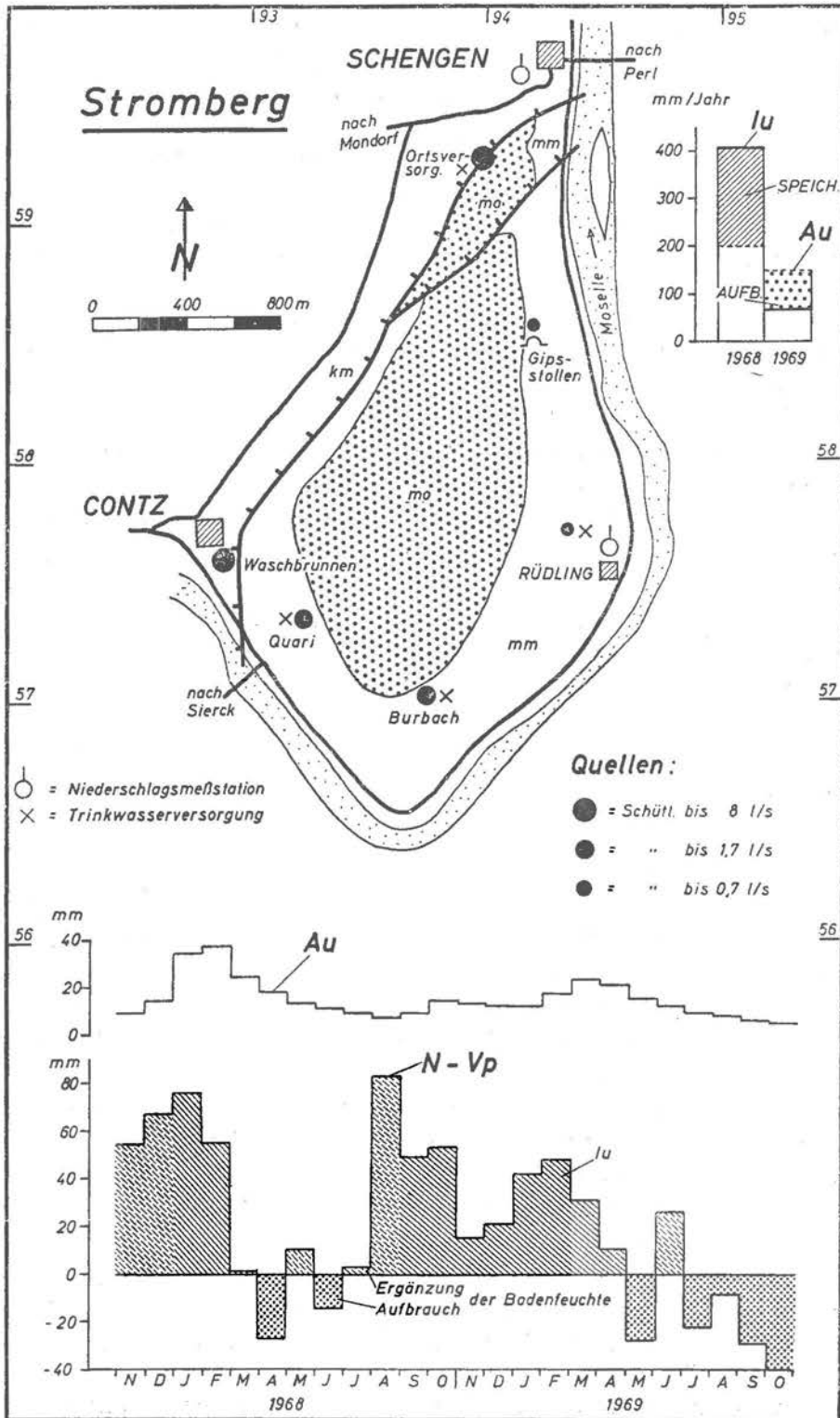


Abb. 22. Geographische Lage, unterirdischer Abfluß Au und Versickerungsdargebot (N — Vp) des Stromberges

das Versickerungsdargebot in diesem Monat abnimmt. Aus der Verzögerung des Au ist eine deutliche Speicherung des Grundwassers abzulesen. Diese deutet sich auch in den folgenden Monaten an; obwohl bis Juli das Versickerungsdargebot gering oder negativ ist, nimmt Au nur langsam ab. Im August wird wie im vorhergegangenen Herbst das Versickerungsdargebot zur Ergänzung der Bodenfeuchte gebraucht, eine Versickerung in den tieferen Untergrund findet nicht statt, was sich im weiteren Abfallen der Quellschüttungen äußert. Da im September und Oktober 1968 die Bodenfeuchte bestimmt aufgefüllt ist, erstaunt die Tatsache, daß das hohe Versickerungsdargebot nicht zu einem wesentlich stärkeren Au-Anstieg führt. Der Fehler könnte in der sommerlichen Vp-Bestimmung zu suchen sein (Werte für Vp zu gering), wahrscheinlich ist aber, daß doch kurzfristig Regenwasser oberflächlich abfließt. Bei starken Gewittern, die wegen der Enge des Moseltales dort häufig sind, ist das Niederschlagsdargebot so hoch, daß der Boden nicht alles Wasser aufnehmen kann und es kurzfristig auf Ackerfurchen und Feldwegen zu einem oberflächlichen Abfluß kommt.

Das Versickerungsdargebot des Winterhalbjahres 1959 dient ausschließlich der Grundwasserneubildung, was sich in einem Anstieg des unterirdischen Abflusses ausprägt. Die monatlichen Verzögerungen sind in diesem Frühjahr noch ausgeprägter als 1968. Im Sommerhalbjahr wird die Bodenfeuchte stark aufgebraucht; es findet kein Iu statt, und Au nimmt deshalb kontinuierlich ab.

Zusammenfassend sind Iu und Au und die sich daraus ergebende Speicherung für beide hydrologische Jahre ebenfalls auf Abbildung 22 dargestellt. Im Naßjahr 1968 wurden im Stromberg 209 mm gespeichert, dem ein Aufbrauch von 86 mm im Trockenjahr 1969 gegenübersteht.

Enberg 0,8 km²

Die geologische Situation ist in Abb. 23 dargestellt. Sie ist ähnlich wie am Stromberg, und es sollten deshalb die dort gewonnenen Werte überprüft werden.

Der Niederschlag wurde aus den Jahresmitteln der Stationen ECHTERNACH, ALTRIER und GREVENMACHER bestimmt, die alle in etwa gleicher Entfernung zum Enberg liegen. Den Verdunstungswert lieferte die auf gleicher Höhe liegende Station HALSDORF. Der unterirdische Abfluß wurde durch wöchentliche Quellmessungen ermittelt. Die für die Grundwasserneubildung und Speicherung ermittelten Werte (dargestellt auf Abb. 23) entsprechen den am Stromberg gefundenen Größen.

Die Ergebnisse zeigen, daß der klüftige Obere Muschelkalk bedeutende Wassermengen zu speichern vermag. Diese Speicherung steht den in Sandsteinkörpern gewonnenen Werten (v. HOYER 1971) nur wenig nach. Zum Vergleich sind in Tab. 3 Grundwasserneubildung und Speicherung des Wiedenberges und des Consdorferbaches angeführt.

In Kap. 3 konnte gezeigt werden, daß im Oberen Muschelkalk nur in räumlich engbegrenzten Zonen eine Verkarstung vorliegt und zwar dort, wo Oberflächenwasser an ausgespülten oder zum Teil durch Lösung erweiterten Klüften schnell den Quellen zugeführt wird. Im übrigen Gesteinskörper fließt das sich gebildete Sickerwasser auf Kleinklüften dem sich über dem Stauhohizont aufbauenden Grundwasserkörper zu und wird nur langsam über stärker wasserwegsame Klüfte an die Quellen abgeben. Trotz dieser Speicherung zeigen die mo-Quellen mit landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten wegen der mangelnden Filterung in den Klüften chemische Verunreinigungen auf.

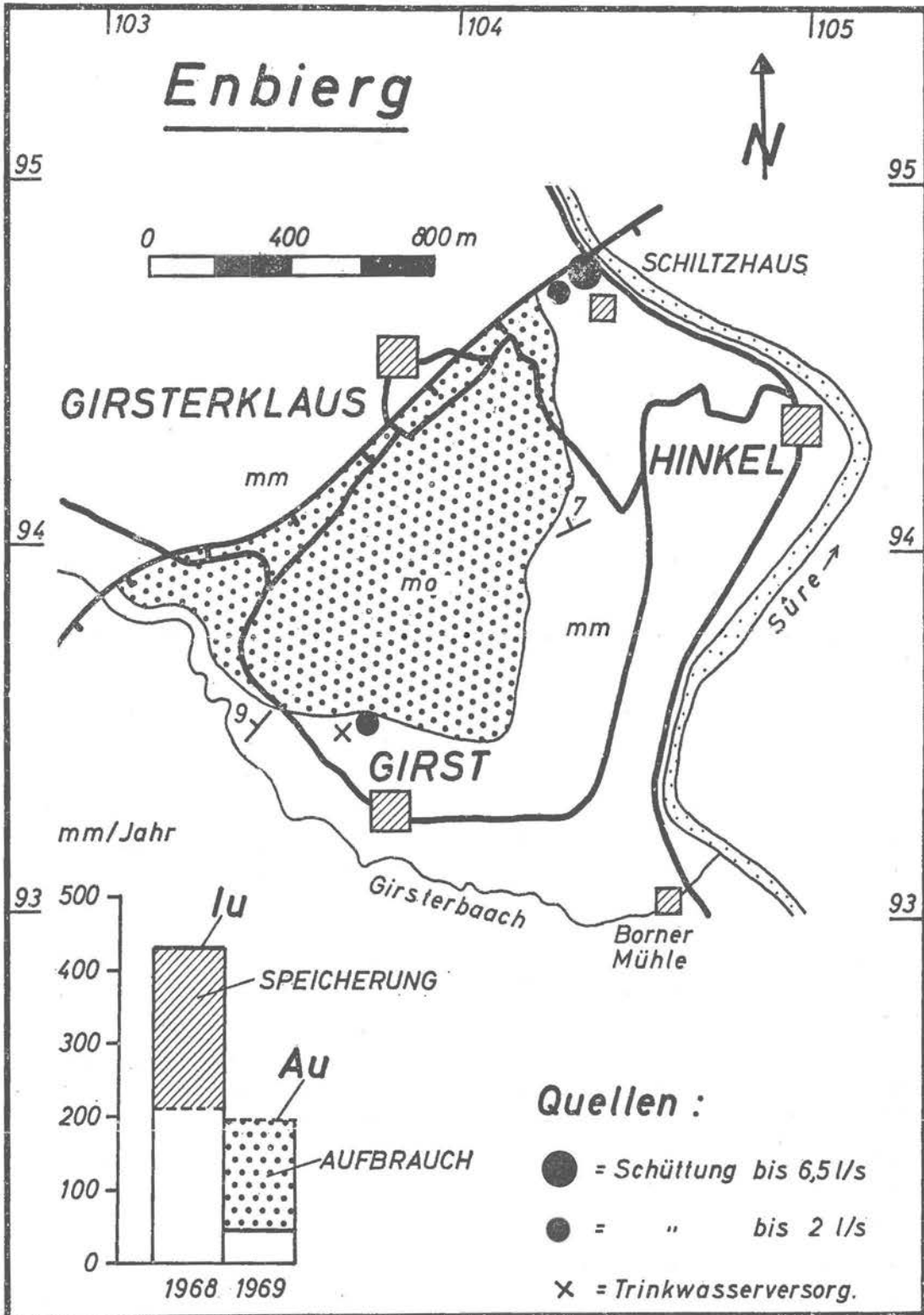


Abb. 23. Geographische Lage, Grundwasserneubildung und Speicherung des Enberges

5 HYDROCHEMIE

5.1 Allgemeines

Nach NÖRING (1951) wird der Grundwasserchemismus hauptsächlich durch vier Faktoren bestimmt:

- 1) Beschaffenheit des Niederschlages
- 2) Einflüsse im Sickerwasserbereich, vor allem im Einflußbereich der Vegetation
- 3) Chemische Beschaffenheit des Grundwasserleiters
- 4) Anthropogene Einwirkungen wie Düngung und Verschmutzung durch Siedlungsabwässer

Nur auf die Punkte 2 bis 4 konnte eingegangen werden. Alle Einflüsse können zeitlich wechseln. Da bis auf drei Ausnahmen von jeder Quelle nur eine Analyse angefertigt wurde, werden jahreszeitliche Änderungen im Wasserchemismus nicht behandelt.

In dem Untersuchungsgebiet wurden 90 Wasserproben entnommen und im staatlichen Laboratoire des Eaux in Luxemburg meist sofort nach der Ablieferung analysiert. Mit der Probennahme wurde an Ort und Stelle die Temperatur gemessen, pH-Wert kolorimetrisch (HEILIGE Farbkomparator), Leitfähigkeit elektrisch (tragbarer Leitfähigkeitsmesser der Fa. WTW Weilheim) und die freie Kohlensäure titrimetrisch nach TRILLICH bestimmt. Dazu wurden im Gelände in gesonderten Flaschen Wasserproben mit Mangan(II-)chlorid und Natronlauge versetzt zur jodometrischen Sauerstoffbestimmung nach WINKLER-BRUHNS im Labor.

Die chemische Beschaffenheit aller untersuchten Wasserproben ist im Analysenverzeichnis zusammengestellt. Eine bakteriologische Untersuchung erfolgte nur in Ausnahmefällen, wenn sie zur Klärung des Verschmutzungsgrades notwendig war.

Die Analyseergebnisse werden in Form von Diagrammen dargestellt, wie sie LANGGUTH (1966) für die Charakterisierung der Wässer des Velberter Sattels anwendet (Näheres siehe dort).

Zum einen werden die mval-Verhältnisse der Lösungsgenossen mittels eines Vierstoff-Diagrammes, kombiniert mit 2 Dreistoff-Diagrammen (Osann'sches Dreieck) dargestellt, zum anderen die Schwankungsbreite des Gesamtlösungsinhaltes in mval. Eine Typeneinteilung der Wässer wird an Hand des Vierstoff-Diagrammes mittels Abb. 24 vorgenommen.

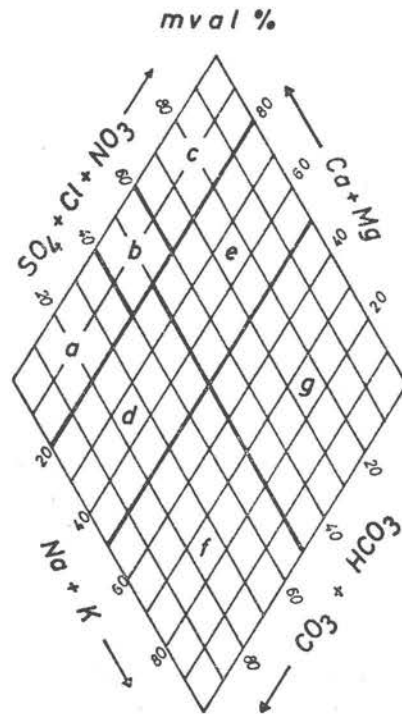


Abb. 24. Grundwassertypen des süßen Grundwassers

Normal erdalkalische Süßwässer

- a) überwiegend hydrogenkarbonatisch
- b) hydrogenkarbonatisch — sulfatisch
- c) überwiegend sulfatisch

Erdalkalische Süßwässer mit höherem Alkaliengehalt

- d) überwiegend hydrogenkarbonatisch
- e) überwiegend sulfatisch

Bereich alkalischer Süßwässer

- f) überwiegend (hydrogen-)karbonatisch
- g) überwiegend sulfatisch — chloridisch

5.2 Wässer aus dem Oberen Muschelkalk

Von diesen Wässern wurden 40 Vollanalysen angefertigt. Sie müssen in 3 Gruppen aufgeteilt werden:

Gruppe 1

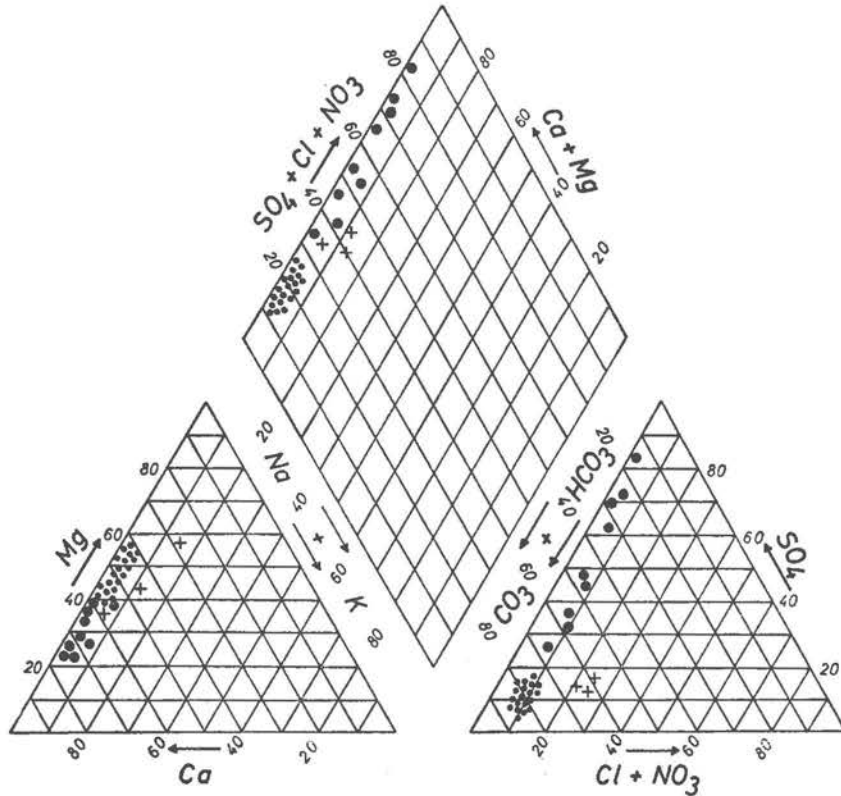
(kleine Punkte auf Abb. 25)

Ziemlich reine Wässer aus den Dolomiten des *mo*

Gruppe 2

(große Punkte)

Durch den *mm* und der nicht ausgelaugten Zone des *km* beeinflusste Wässer, die den ursprünglichen Chemismus durch hauptsächlich Gips-, untergeordnet Steinsalzanlösung verändert haben.



Zusammensetzung und Lösungs-
inhalt der Wässer im

Oberen Muschelkalk

(mo) z.T. mit Beeinflussung
durch den Mittleren Muschel-
kalk (mm) oder Mittleren Keu-
per (km)

○ = Gruppe 1 u. 3

○● = " 2

+ = " 3

● = Ca + Mg mval% der Kationen
○ = HCO₃ + CO₃ mval% der Anionen

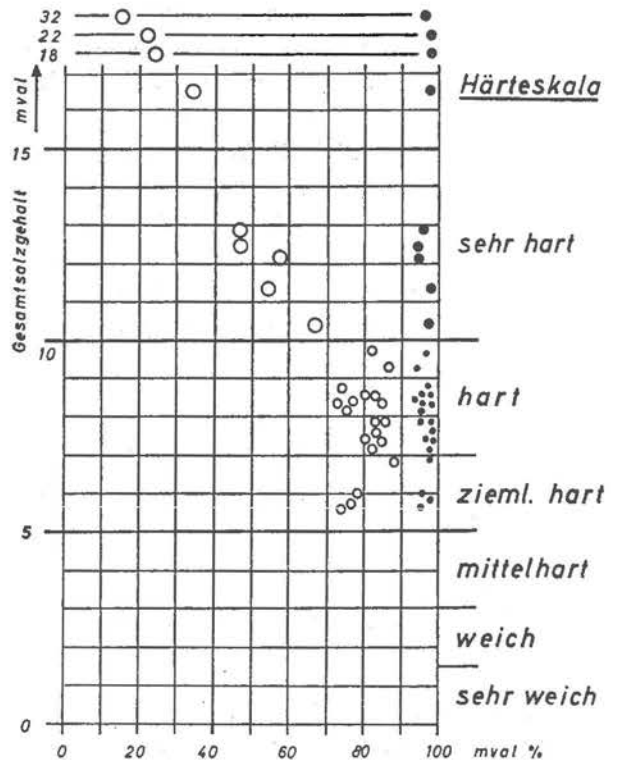


Abb. 25.

Gruppe 3

(kleine Punkte und Kreuze)

Durch anthropogene Einwirkungen verschmutzte Wässer

Zwischen den drei Gruppen gibt es alle Übergänge, eine Abgrenzung läßt sich an Hand nur eines Lösungsanteils nicht treffen. So wurden in Gruppe 3 nur die Wässer mit Kreuzen dargestellt, bei denen mehrere Ionen die Verschmutzung anzeigen. Einige *mo*-Quellen beziehen einen Teil ihres Wassers aus der hangenden Auslaugungszone des Keupers (Analyse Nr. 19). Da sie sich chemisch von den reinen Dolomitwässern nicht unterscheiden, werden sie nach der Austrittsposition in Gruppe 1 mitbehandelt.

Abb. 25 zeigt, daß es sich bei den Dolomitwässern der Gruppe 1 um *normal erdalkalische Süßwässer, überwiegend hydrogenkarbonatisch* handelt. Bei Beeinflussung durch den *mm* und *km* (Gruppe 2) müssen die Wässer mit allen Übergängen als *erdalkalische-sulfatische Süßwässer* angesprochen werden.

Eine Übersicht über die Gesamthärte der Wässer des Oberen Muschelkalkes gibt die Darstellung des Gesamtsalzgehaltes in Abb. 25, da er der Gesamthärte entspricht (GH in $^{\circ}\text{dH} = \text{mval/l} \cdot 2,8$), wenn man die in untergeordneten Mengen vorhandenen Alkaliionen nicht berücksichtigt.

Die Härte der Gruppe 1 beträgt 15 - 22 $^{\circ}$ dH, nach der Skala von KLUT sind sie damit als *ziemlich hart bis hart* zu bezeichnen. In Gruppe 2 steigt die Härte bis 91 $^{\circ}$ dH an, nach KLUT *sehr hart*, bei den Analysen 38 - 40 handelt es sich bereits um Mineralwässer, da der Lösungs-inhalt 1 g/l übersteigt. Die Härten der verschmutzten Wässer entsprechen denen der Gruppen 1 und 2.

5.3 Keuperwässer (ausgenommen *km_{2s}*)

Auch die Wässer aus dem Keuper müssen nach Kap. 2. 3 in drei Gruppen aufgeteilt werden:

Gruppe 1

(kleine Punkte auf Abb. 26 u. 27)

Wässer aus der Auslaugungszone, Austritt zum Teil im *ku₂*; weichere Wässer der Bodenzone

Gruppe 2

(dicke Punkte)

Wässer aus der nicht ausgelaugten Zone

Gruppe 3

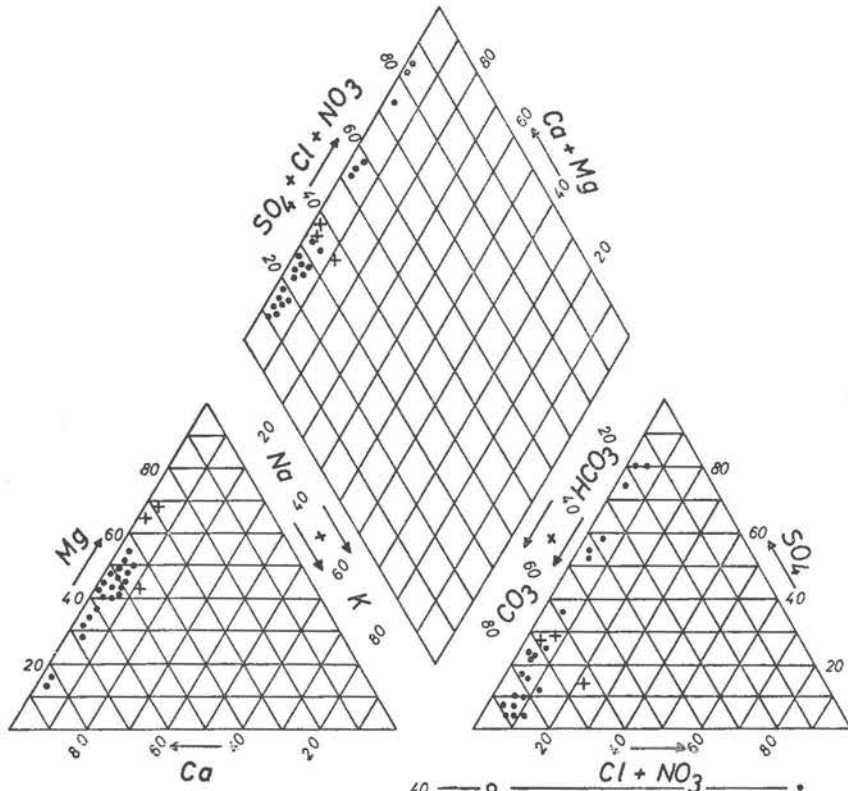
(kleine Punkte und Kreuze)

Verschmutzte Wässer

In Kap. 2. 3. 2 konnte gezeigt werden, daß der Grenzdolomit *ku₂* keine hydrogeologisch selbstständige Einheit bildet, sondern daß die klüftigen Dolomite als Drainage für die Wässer fungieren, die ihnen aus den hangenden *km* zusickern. Die an seiner Basis austretenden Quellen (Abb. 4) zeigen den Chemismus der Keuperauslaugungszone. Ihre Zusammensetzung ist sehr einheitlich, wie Abbildung 27 zeigt.

Die Wässer der Auslaugungszone des Keupers müssen als *erdalkalische Süßwässer, überwiegend hydrogenkarbonatisch* angesprochen werden, denen in nicht ausgelaugten Gebieten *erdalkalisch-sulfatische* Wässer gegenüberstehen.

Die Wässer sind als *hart bis sehr hart* zu bezeichnen. Die Analysen Nr. 78 bis 80 zeigen Mineralwässer.



Zusammensetzung und Lösungs-
inhalt der Wässer im
Mittleren Keuper (km)

- = Gruppe 1 u. 3
- = " 2
- + = " 3

- = $Ca + Mg$ mval% der Kationen
- = $HCO_3 + CO_3$ mval% der Anionen

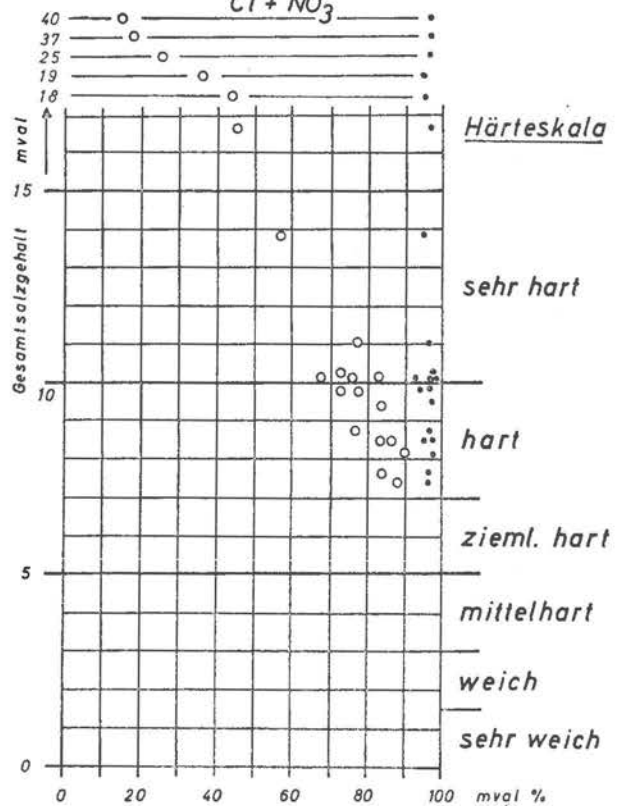
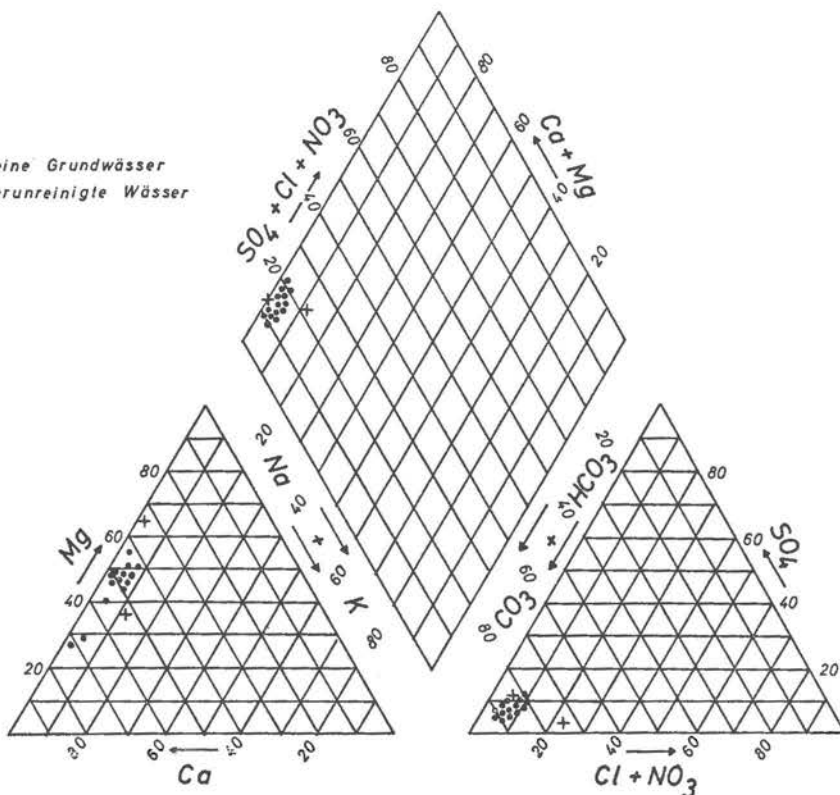


Abb. 26.

• = reine Grundwässer
 + = verunreinigte Wässer



Zusammensetzung und Lösungs-
 inhalt der Wässer im

Grenzdolomit (ku₂)

○• = Gruppe 1 u. 3
 ○● = " 2
 + = " 3

• = Ca + Mg mval% der Kationen
 ○ = HCO₃ + CO₃ mval% der Anionen

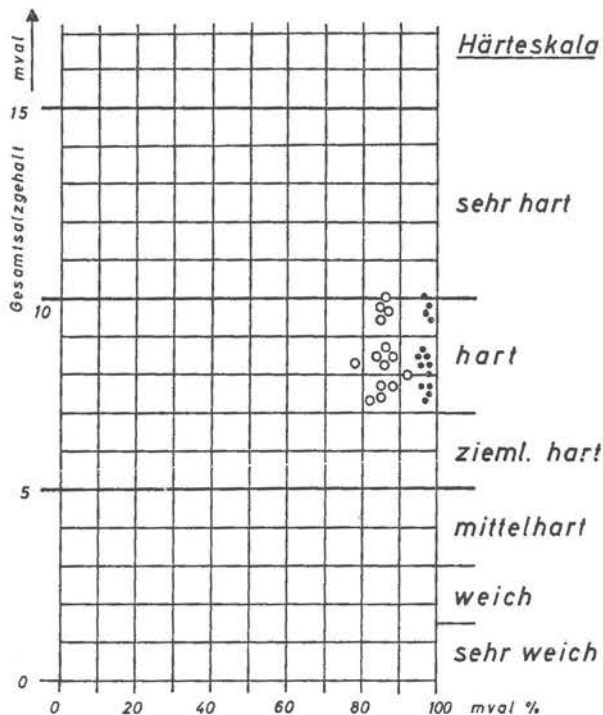


Abb. 27.

Da es sich bei den Keupermergeln um dolomitische Mergel handelt (Kap. 1. 4) und eine natürliche chemische Beeinflussung der Wässer fast nur durch Gipsauslösung gegeben ist, zeigen die Wässer des Oberen Muschelkalkes und des Keupers eine sehr enge Verwandtschaft. Im folgenden werden die physikalischen Eigenschaften und der Lösungsinhalt der Wässer gemeinsam besprochen.

5. 4 Physikalische Eigenschaften und Lösungsinhalt der Hauptmuschelkalk- und Keuperwässer

5. 4. 1 Temperatur

Zusammen mit der Schüttung wurde jeweils die Temperatur gemessen. In Abb. 9 ist die Temperatur zweier Quellen über den Zeitraum eines Jahres dargestellt. Die mittleren Jahrestemperaturen betragen 9,8 bzw. 9,4 °C. Der Unterschied ist auf den Einfluß von Oberflächenwasser zurückzuführen (Kap. 3. 3). Die Proben zu den Analysen wurden im Sommer und Winter entnommen. Quellen, die nicht direkt vom tieferen Grundwasser, sondern oberflächennah gespeist werden, weisen stärkere Schwankungen auf (Mini- und Maximalwerte: 6,8 - 11,2 °C). Die mittlere Temperatur aller im Analysenverzeichnis aufgeführten Quellen beträgt für den *mo* wie auch den *ku* und *km* 9,7 °C.

5. 4. 2 pH-Wert

Der pH-Wert der Wässer liegt sehr einheitlich zwischen 7,0 und 7,6. Die Wässer sind damit neutral bis schwach alkalisch. Eine Abhängigkeit von der Härte läßt sich nicht feststellen.

5. 4. 3 Elektrische Leitfähigkeit

Die elektrische Leitfähigkeit zeigt eine direkte Abhängigkeit vom Gesamtsalzgehalt und, da Alkaliionen nur untergeordnet vertreten sind, von der Gesamthärte. Sie schwankt dementsprechend zwischen 420 und 2320 uS (Mikrosiemens).

5. 4. 4 Kalk- Kohlensäure-Gleichgewicht

Die freie Kohlensäure wurde im Gelände bei der Probennahme bestimmt. Bei der Berechnung der zugehörigen-freien Kohlensäure muß berücksichtigt werden, daß das Magnesiumhydrogenkarbonat keine meßbaren Mengen an zugehöriger-freier Kohlensäure erfordert (GERB 1958). Die TILLMANSSCHE KURVE liefert nur dann richtige Werte, wenn reine Kalziumhydrogenkarbonatlösungen vorliegen. Es wurde deshalb zur Berechnung der zugehörigen-freien Kohlensäure die Gleichung von BODLÄNDER-TILLMANS herangezogen, welche den Magnesiumgehalt der Wässer dadurch berücksichtigt, daß nur der Kalkanteil der Härte in sie eingeht:

$$(\text{zugehör. CO}_2) = K \cdot (\text{geb. CO}_2)^2 \cdot (\text{CaO})$$

$$K = 2 \cdot 10^{-5*}$$

* Der K-Wert wurde mir freundlicherweise persönlich von Herrn Regierungschemierat Dr. Gerb übermittelt.

Der Versuch, die Kalkhärte proportional dem Ca/Mg Verhältnis zu einer Kalkhärte umzurechnen, um daraus nach TILLMANS die zugehörige-freie Kohlensäure zu bestimmen, ergab keine befriedigenden Werte.

Beispiel: Quelle Contz — Quari Nr. 8 des A.V.

KH = 16,2 °dH

Ca⁺⁺ = 2,38 mval/l

Mg⁺⁺ = 2,98 mval/l

CaH = 7,2 °dH

CaO = 66,5 mg/l

CO₂ bestimmt: 18,7 mg/l

Berechnung:

- | | |
|--|-------------|
| 1) Nach TILLMANS | = 57,3 mg/l |
| 2) Nach BODLÄNDER-TILLMANS | = 21,4 mg/l |
| 3) Härte proportional auf Ca u. Mg umgerechnet | = 4,3 mg/l |

Bei zunehmender Gesamthärte ist ein Großteil des Kalziums nicht ausschließlich an das Hydrogenkarbonat, sondern an die restlichen Anionen gebunden (Abb. 28). Berechnungen der zugehörigen-freien Kohlensäure nach BODLÄNDER-TILLMANS berücksichtigen diese Tatsache nicht, so daß bei einer Nichtkarbonathärte von über 5 °dH von einer Berechnung der zugehörigen-freien Kohlensäure abgesehen wurde.

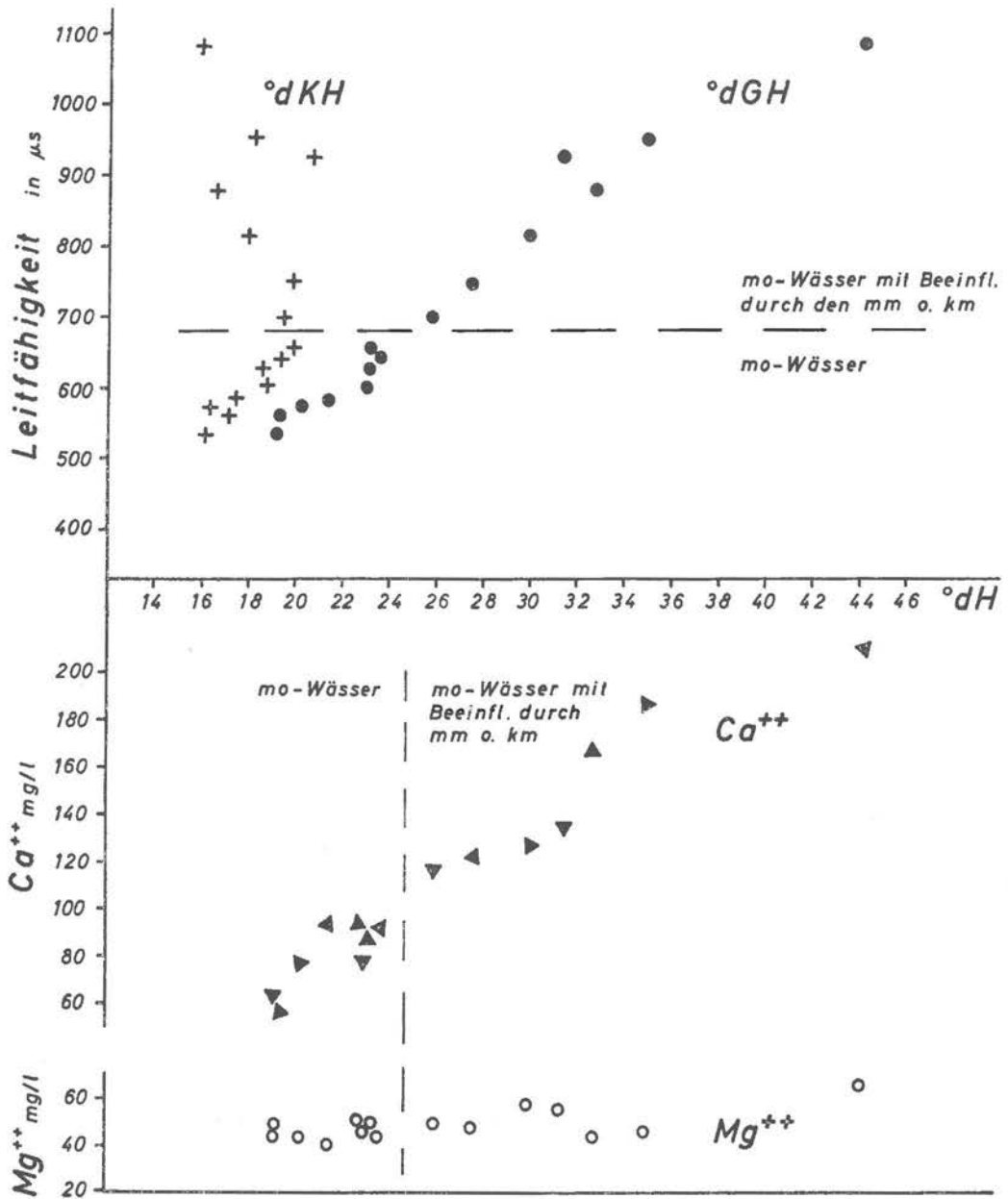
Der Vergleich zwischen tatsächlich gemessener und berechneter freier Kohlensäure zeigt, daß bei den meisten Wässern ein geringer Unterschub an Kohlensäure vorliegt (um 20 mg/l). Dieses äußert sich in Sinterbildungen, die oft an Hauptmuschelkalkquellen zu beobachten sind. Rohrinkrustationen treten wegen hoher Fließgeschwindigkeiten und dem nur geringen Defizit an freiem CO₂ kaum im Leitungsnetz auf.

Höhere CO₂-Werte, als nach der Berechnung vorliegen dürften, liefern die verunreinigten Quellen 10 u. 11. Der Überschub ist auf die bei der Oxydation organischer Substanz gebildete Kohlensäure zurückzuführen (MATTHES 1958).

5. 4. 5 Normale und reduzierte Wässer

Der Normaltyp der Hauptmuschelkalk- und Keuperwässer weist einen Sauerstoffgehalt von über 6 mg/l auf. Wässer der Gruppe 3 können ein Sauerstoffdefizit zeigen, das durch O₂-Verbrauch bei der Zersetzung organischer Substanz zustande kommt (Beispiele: Nr. 29, 56, 64 des A.V.).

Echte reduzierte Wässer liefern die Tiefbrunnen Remich und Wasserbillig (Nr. 34 u. 35). Durch die lange Sickerstrecke beim durchfließen der mächtigen Mergelüberdeckung verlieren die Wässer ihren in der Luft aufgenommenen Sauerstoff (Abb. 31). Zudem findet in dem tiefen Grundwasser durch die langsamen Fließbewegungen kaum eine Durchmischung der Wässer statt. In diesem Milieu werden die unlöslichen EisenIII- und ManganIII-Verbindungen zu 2 wertigen löslichen Verbindungen reduziert, was einen Anstieg dieser Ionen im Wasser zur Folge hat. Es ist wahrscheinlich, daß das Eisen der Tiefbrunnenwässer nicht ausschließlich aus dem Gestein stammt, sondern aus der Korrosion der Stahlfilterrohre herzu-leiten ist. Das Wasser aus dem frischen Bohrloch Remich (Nr. 35) enthielt bei einem O₂-Gehalt von 2,9 mg/l nur 0,09 mg/l Fe⁺⁺, der Brunnen Grevenmacher (Nr. 17) lieferte dagegen nach einem längeren Stillstand bei freiem O₂ von 5,8 mg/l 0,55 mg/l Eisen.



Gesamthärte, Karbonathärte, Kalzium- und Magnesiumgehalte einiger Wässer des **Oberen Muschelkalkes** (mo) z.T. mit Beeinflussung durch den Mittleren Muschelkalk (mm) oder den Mittleren Keuper (km)

Abb. 28.

Nitrat wird in sauerstoffarmem Milieu zu Nitrit reduziert. Die Tiefbrunnenwässer zeigen geringe Nitratwerte unter 10 mg/l, nachweisbare Mengen von Nitrit konnten aber nicht festgestellt werden; wahrscheinlich ist die Reduktion zu nicht untersuchten Ammoniumverbindungen und Schwefelwasserstoff fortgeschritten.

5. 4. 6 Härte

Auf die *Gesamthärte* GH ist in Kapitel 5. 2 u. 3 eingegangen worden. Da in den Wässern Alkaliionen nur geringfügig vorhanden sind, ergibt sich die *Nichtkarbonathärte* NKH aus der Differenz zwischen GH und KH. Die *Kalkhärte* KH der Hauptmuschelkalkwässer schwankt zwischen 12,3 und 20 °dH. Die Keuperwässer weisen im Schnitt eine höhere Kalkhärte mit geringerer Schwankungsbreite auf (17,4 — 21 °dH).

Da der Obere Muschelkalk des Untersuchungsgebietes gleichmäßig dolomitisch ausgebildet ist (GRTINGER 1968), kann die schwankende Härte nur auf ein verschiedenes hohes Kohlensäureangebot zurückgeführt werden, das zur Inlösung des Kalziumhydrogenkarbonates notwendig ist. Nach BECKSMANN (1955) dürfte der größte Teil der freien Kohlensäure biogener Herkunft aus der belebten Bodenzone sein. So weisen Quellen, in deren Einzugsgebiet Hauptmuschelkalkhänge mit dünner, brachliegender Bodenkrume über dem Gestein (nördl. Stromberg, nördl. Bocksberg bei Wasserbillig) verbreitet sind, die geringste KH auf (Quellen Nr. 1 u. 3). Quellen aus landwirtschaftlich genutzten Gebieten mit durchlüfteten Böden und aus dem Keuper mit gleichmäßiger Pflanzendecke sind wegen des höheren Kohlensäureangebotes kalkhärter.

Von dem Wasser der Quelle Nr. 3 Schengen — Ortsversorgung wurden in den Jahren 1962 bis 1969 insgesamt 22 Härtebestimmungen zu allen Jahreszeiten durchgeführt. Eine jahrezeitliche Schwankung der Karbonathärte kann nicht beobachtet werden.

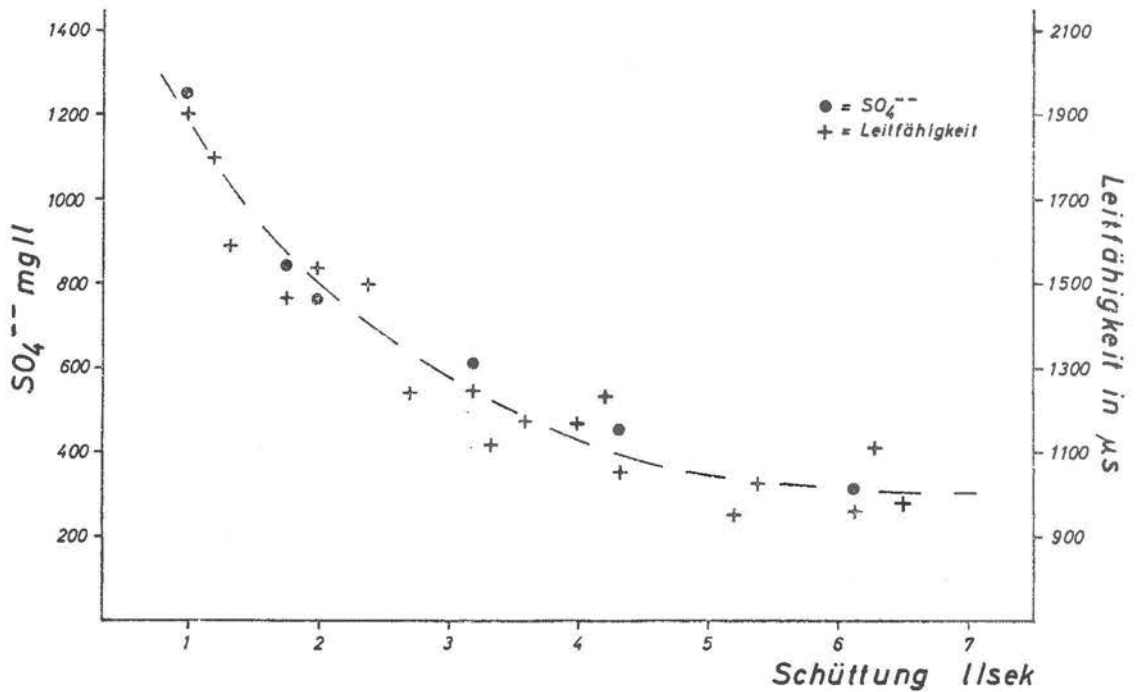
In Abb. 28, oberer Teil, ist die Karbonat- und Gesamthärte in Abhängigkeit von der Leitfähigkeit aufgetragen. Da die Leitfähigkeit entsprechend dem Gesamtsalzgehalt ansteigt, kann festgestellt werden, daß mit zunehmenden Gesamtlösungsinhalt die KH gleichbleibt und nur die GH ansteigt. Dementsprechend zeigt der untere Teil der Abb. 25 - 27, daß mit steigendem Gesamtsalzgehalt die Kalkhärte (HCO_3 u. CO_3) in mval% der Anionen abnimmt.

Gruppe 3 weist höhere Härten bis zu 24 °dH auf. Da durch Oxydation organischer Substanz Kohlendioxyd entsteht, welches im Wasser mehr CaCO_3 in Lösung gehen läßt (MATTHES 1958), ist eine erhöhte Karbonathärte auch ein Anzeichen für Verunreinigung des Wassers (Beispiele: Nr. 24, 62 u. 73 des A.V.).

5. 4. 7 Sulfat

Sulfationen können in den untersuchten Wässern auch in höheren Konzentrationen sowohl geologisch als auch durch anthropogene Verschmutzung erklärt werden. Für die Gruppenzuordnung muß die Quellsituation und die Zusammensetzung des Restlösungsinhaltes berücksichtigt werden.

Die Wässer der Gruppe 1 zeigen Sulfatgehalte bis ca. 40 mg/l (Abb. 25 - 27: bis 30 mval%), die aus den in den Mergeln vorhandenen Salzen abgeleitet werden können. Neben den Sulfaten liegen in den Mergeln Sulfide, vor allem Eisensulfid, vor, die in der Verwitterungszone oxydiert werden.



Leitfähigkeit und Sulfatgehalt in Abhängigkeit von der Schüttung eines Wassers (Quelle: HINKEL-SCHILTZHAUS) aus dem Obereren Muschelkalk (mo) mit Beeinflussung durch den Mittleren Muschelkalk (mm)

Abb. 29.

In Kap. 2. 1 wurde beschrieben, daß die Hauptmuschelkalkwässer in den liegenden Mergeln des *mm* den dort anstehenden Gips auslaugen können, ohne damit als eigener Grundwassertyp aufzutreten. Zusammen mit den Wässern aus der nicht ausgelaugten Zone des gipsreichen Mittleren Keupers (Kap. 2. 3) weisen diese Wässer als Gruppe 2 zum Teil hohe Sulfatgehalte bis zu max. 1530 mg/l auf (Abb. 25 u. 26: bis 82 mval% d. Anionen). Auf organische wie mineralische Düngung, Mülldeponien und besonders Siedlungsabwässer (MATTHES 1961) sind die hohen Sulfatgehalte der Gruppe 3 zurückzuführen. Sie treten bevorzugt an Quellen auf, die mit Oberflächenwasser in Verbindung stehen (Beispiele: Nr. 10, 25 u. 28 des A.V.).

Abbildung 29 zeigt, daß bei der Quelle Schiltzhaus der Sulfatgehalt schüttungsabhängig ist (ebenso die elektrische Leitfähigkeit). Die Zunahme der Sulfationen bei abnehmender Schüttung erfolgt nicht linear, sondern steigt bei niedrigerer Schüttung stärker an. Der Grund ist in der unterschiedlichen Verweildauer des *mo*-Wassers in dem auslaugungsfähigen *mm* zu suchen. NÖRING (1951) erwähnt, daß für die Auflösung von Salzen in einem Grundwasserleiter die Reaktionszeit eine wichtige Rolle spielt. MATTHES (1961) schreibt, daß mit steigenden Niederschlagshöhen und damit entsprechend steigender Schüttung, die Salzkonzentrationen im Wasser sinken.

5. 4. 8 Chlorid und Nitrat

Die Wässer der Gruppe 1 weisen Chlorid- und Nitratwerte bis zu etwa 20 mg/l auf (Abb. 25-27: bis 12 mval% der Anionen), die geologisch aus den Mergeln bzw. den biologischen Vorgängen im Boden stammen können (BECKSMANN 1955). Höhere natürliche Chloridgehalte liefern die sehr harten Quellwässer der Analysen 78 u. 80 und die Tiefbohrungen Nr. 34 u. 35, deren Wässer aus der nicht ausgelaugten Zone des Mittleren Keupers stammen.

In diesen Gebieten ist die Auslösung des Reststeinsalzes für die Chloridanreicherung in den Wässern verantwortlich, da bakteriologische Paralleluntersuchungen eine künstliche Herkunft des Chlorid ausschließen.

Alle anderen höheren Chlorid- und Nitratwerte sind der Gruppe 3 zuzuordnen. Extreme Verschmutzungen mit einem Anteil dieser Ionen bis zu 26 mval% der Anionen sind in Abb. 25 - 27 gesondert (Kreuze) dargestellt (Beispiele: Nr. 10, 26, 53 u. 61 des A.V.). Unterschiede im Chlorid- und Nitratgehalt im Abhängigkeit vom Einzugsgebiet (Wald — landwirtschaftlich genutzte Fläche) stellen BARTHEL (1958) und v. HOYER (1971) in den Wässern des Luxemburger Sandsteins fest.

Niedrige Nitratwerte zeigen die reduzierten Wässer, sie wurden in Kap. 5. 4. 5 besprochen.

5. 4. 9 Kalium und Natrium

Die Alkaliionen sind in den Wässern der Gruppe 1 und 2 nur mit wenigen mg vertreten (in den Kationendreiecken um 3 mval%). Mit steigendem Gesamtsalzgehalt bleibt ihr Anteil in mval% der Kationen gleich (Abb. 25 - 27 unterer Teil). Analog zu den höheren Chloridwerten einiger Wässer (Kap. 5. 4. 8) zeigen diese auch erhöhte Natriumgehalte um 15 mg/l an.

Im übrigen sind höhere Alkaligehalte Verschmutzungsindikatoren. Quellen mit Werten über 10 mval% der Kationen (Nr. 10, 30, 44 u. 53 des A.V.) sind in den Abb. 25 - 27 als Gruppe 3 gesondert dargestellt.

5. 4. 10 Kalzium und Magnesium

Kalzium und Magnesium liegen in den Dolomiten und Mergeln des Untersuchungsgebietes nahezu stöchiometrisch vor (Kap. 1. 3 u. 4). Die Wässer der Gruppe 1 weisen deshalb ein mval-Verhältnis von etwa 1 : 1 auf, Abweichungen bewegen sich innerhalb der Fehlergrenze des Nachweises.

In Gruppe 2 verschiebt sich das Verhältnis mit steigender Härte. Während der Magnesiumanteil in den Wässern konstant bleibt, steigt der Kalziumgehalt an (Abb. 28 unterer Teil). Da die steigende Härte fast ausschließlich auf Gipsauslaugung zurückzuführen ist, wird nur der Kalziumgehalt der Wässer beeinflusst.

Einige intensiv verschmutzte Wässer der Gruppe 3 weisen höhere Magnesium- als Kalziumgehalte auf. Dieses scheint nach den Quellpositionen auf organische Verunreinigungen zu deuten, da Quellen in der Nähe von vorwiegend Mistdüngung und im Einflußbereich von landwirtschaftlichen Siedlungsabwässern diese Verschiebung aufzeigen. Diese Wässer

(Nr. 10, 30, 60, 70 u. 72) sind in den Kationendreiecken der Abb. 25 - 27 als Gruppe 3 dargestellt.

5. 4. 11 *Eisen und Mangan*

Eisen ist in normalen sauerstoffreichen Wässern nur gering bis zu 0,1 mg/l vorhanden. Höhere Werte deuten auf Verunreinigung der Quelfassung hin. Mangan konnte nur sehr vereinzelt in Verbindung mit höheren Eisenwerten bestimmt werden.

Erhöhte Eisengehalte weisen die reduzierten Wässer auf, sie wurden dort besprochen (Kap. 5. 4. 5).

5. 4. 12 *Kieselsäure*

Liegt die Kieselsäure nicht in Ionen, sondern kolloidal im Wasser vor, so wurde sie bei der kolorimetrischen Bestimmung nach WINKLER nicht erfaßt. Die Kieselsäuregehalte schwanken zwischen 2,4 und 15,6 mg/l (Mittel 7,9 mg/l), wobei eine Zunahme des Gehaltes mit dem Grad der Verschmutzung festzustellen ist.

5. 5 **Schilfsandsteinwässer**

Von den meist gering schüttenden Quellen des Schilfsandsteins wurden 10 Wasserproben analysiert. Die auf Abbildung 30 dargestellten Ergebnisse zeigen, daß alle Wässer durch anthropogene Verunreinigungen beeinflußt sind. Auf den Diagrammen sind dabei schwächer (Punkte) und stärker verschmutzte Wässer (Kreuze) unterschieden worden. Bei den reineren Wässern handelt es sich um weiche bis mittelharte, vorwiegend erdalkalische- sulfatische Süßwässer mit teilweise höherem Alkalianteil.

Die Temperatur entspricht der der *mo*- und *km*-Wässer. Die elektr. Leitfähigkeit ist entsprechend der Härte geringer; die Wässer sind sauerstoffreich.

Kalk- Kohlensäure-Gleichgewicht

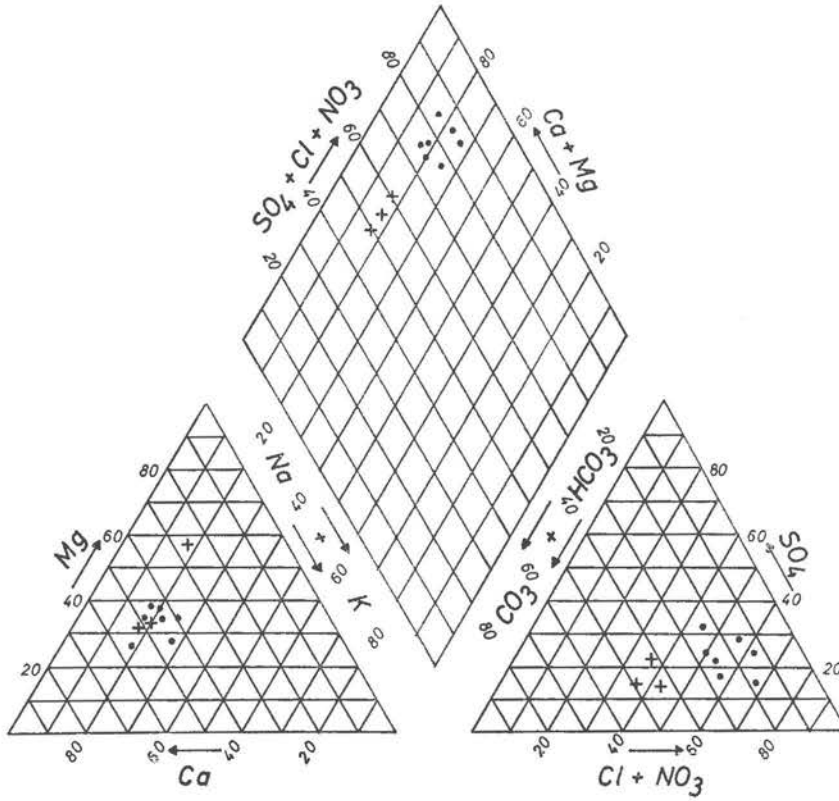
Da es sich um weiche Wässer handelt, ist die in der Bodenzone aufgenommenen Kohlensäure nicht zur Kalklösung verbraucht worden. Die im Wasser gefundene freie Kohlensäure überwiegt die nach TILLMANS berechnete zugehörige-freie Kohlensäure bei weitem, so daß ein großer Teil der freien Kohlensäure als aggressive Kohlensäure vorliegt.

pH-Wert

Da die aggressive Kohlensäure dissoziiert im Wasser vorhanden ist, erniedrigt die hohe Wasserstoffionenkonzentration den pH-Wert auf etwa 6.

Anionen

Intensive Düngung auf den landwirtschaftlich genutzten Sandsteinflächen prägt sich durch hohe Sulfat-, Chlorid- und Nitratwerte in den *km₂*-Wässern aus. Die stark verunreinigten Wässer stammen aus Hausbrunnen und Einzelhöfen, organische Verschmutzung deutet sich in erhöhter Kalkhärte an (Kap. 5. 4. 6).



Zusammensetzung und Lösungs-
inhalt der Wässer im
Schilfsandstein (km₂S)

• = schwächer
+ = stärker verunreinigte Wässer

• = Ca+Mg mval% der Kationen
○ = HCO₃ + CO₃ mval % der Anionen

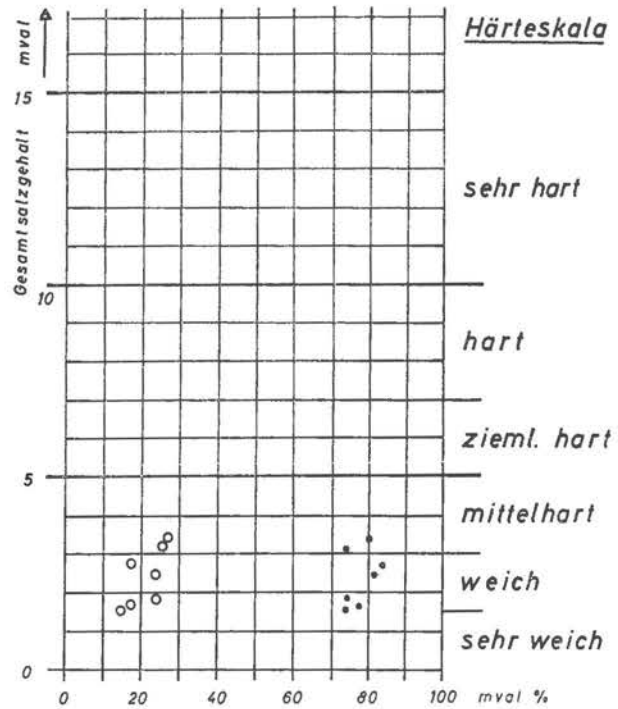


Abb. 30.

Kationen

Ebenfalls auf Düngung sind die Alkalien mit bis zu 27 mval% der Kationen zurückzuführen (Abb. 30). Stärkere Verunreinigung prägt sich in einem hohen Magnesiumgehalt aus (Nr. 88 d. A.V.).

Eisen und Mangan

Da es sich ausnahmslos um sauerstoffreiche Wässer handelt, sind Eisen und untergeordnet Spuren von Mangan nur gering vorhanden; sie schwanken mit dem Grad der Verunreinigung.

Kieselsäure

Der durchschnittliche Gehalt an dissoziiert vorliegender Kieselsäure beträgt 14 mg/l und liegt damit höher als in den *mo*- und *km*-Wässern. Der Grund ist weniger geologisch, als in der intensiveren Verschmutzung zu suchen.

6 PRAKTISCHE FOLGERUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE GRUNDWASSERERSCHLISSUNG

In Kapitel 4 wurde gezeigt, daß nur im klüftigen Hauptmuschelkalk eine wesentliche Grundwasserneubildung möglich ist. Die ihn überdeckenden Mergel sind nicht absolut wasserundurchlässig, Kleinklüfte und bei der Anlösung der Salze entstandene Risse und Fugen leiten das Sickerwasser auch dem tieferen Grundwasser zu. Von den 38 im Analysenverzeichnis (Kap. 5) aufgeführten Hauptmuschelkalkwässern dienen 23 (Keuper 10) der Trinkwasserversorgung der Ortschaften und Einzelhöfe. Daraus ist ersichtlich, daß die Trinkwasserversorgung aus dem Oberen Muschelkalk im Untersuchungsgebiet eine wesentliche Rolle spielt.

Durch die Zerlegung des über dem Niveau der Vorfluter anstehenden Hauptmuschelkalkes in einzelne Schollen (Kap. 1. 7) sind mit wenigen Ausnahmen nur gering schüttende Quellen vorhanden, die sich bei steigendem Wasserbedarf nicht zur Nutzung anbieten (Kap. 2. 2). Daneben zeigen von 34 analysierten Quellen und Flachbrunnen aus dem *mo* nur 4 ein in jeder Hinsicht einwandfreies Trinkwasser zur Zeit der Probennahme. Der Grund liegt zum einen darin, daß ein Teil der Quellen durch die Verkarstung mit Oberflächenwasser in Verbindung steht (Kap. 3); zum anderen ist er in der fehlenden Filterung des in den Klüften des Dolomites zirkulierenden Grundwassers zu suchen. Das Wasser, das durch die Düngung auf den landwirtschaftlich genutzten Hauptmuschelkalkflächen verunreinigt worden ist, sickert zu schnell dem Grundwasserkörper zu. Eine erweiterte Grundwasserentnahme aus oberflächlich zu Tage tretenden Quellen ist deshalb nicht angezeigt.

Bohrungen in offen austreichende Hauptmuschelkalkschollen, bei denen der Stauhorizont zum *mm* über dem Niveau der Vorfluter liegt, sind unergiebig, da das sich bildende Grundwasser auf natürlichem Wege über die Quellen abgeführt wird. Daneben würden diese erbohrten Wässer die gleichen Verunreinigungen zeigen, wie die Quellen.

In Abbildung 31 sind die Situationen einiger Wasserbohrungen dargestellt, bei denen der Hauptmuschelkalk in den Gräben als Tiefscholle unter dem Niveau der Vorfluter ansteht. In Nennig (Rheinland-Pfalz) liegt ein vollkommener Brunnen vor mit einer hohen spezifischen Ergiebigkeit von $E = 8,0 \text{ l/s}$ pro m Absenkung. Bei den anderen Brunnen ist die spez. Ergiebigkeit wegen der nur geringen Brunnentiefe klein. Alle Brunnencharakteristiken zeigen leicht gespanntes Grundwasser (für Wasserbillig nur 1 Wert für die Kurve vorhanden).

In chemischer Hinsicht fördern die Bohrungen, die auch den *km* durchteufen, gipshartes Wasser, da der Mittlere Keuper in der Tiefscholle der Gräben nicht ausgelaugt ist (Kap. 2. 3. 1; Brunnen: Wasserbillig Nr. 34 und Remich Nr. 35 d. A.V.). Zudem entstehen durch

Geol. Übersicht

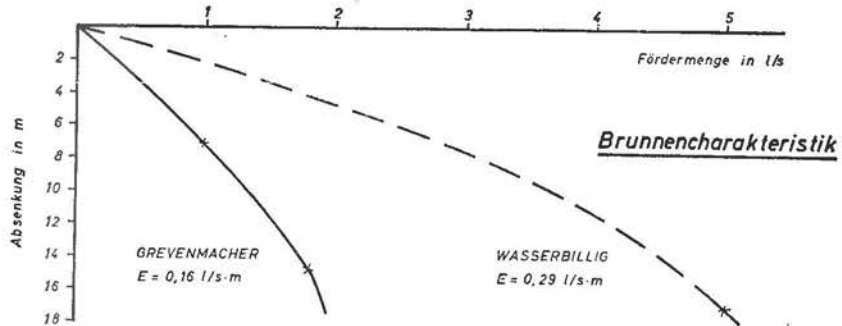
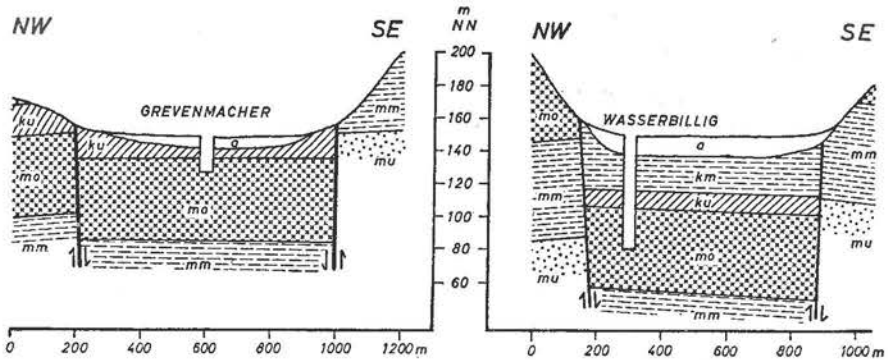
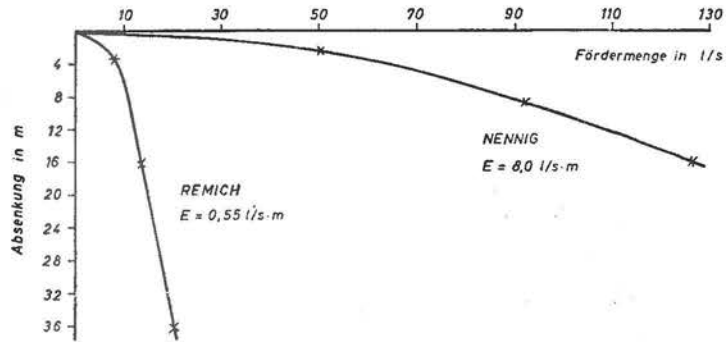
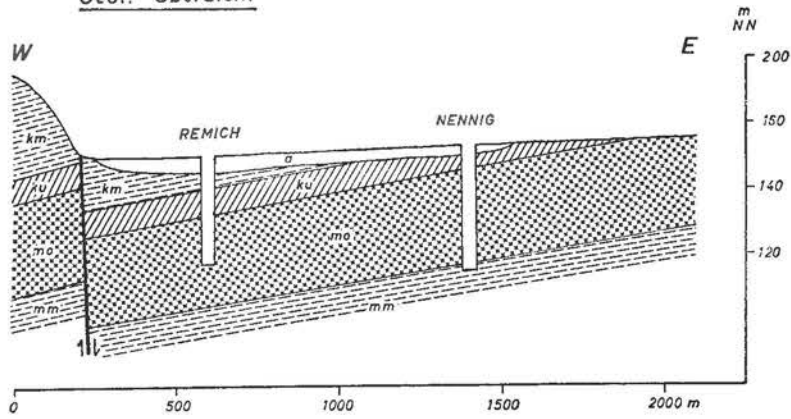


Abb. 31. Geol. Situation und Leistungsangaben einiger Bohrungen in den Oberen Muschelkalk

die mächtige Mergelüberdeckung mit Sicherheit reduzierte Wässer mit allen Nachteilen (Kap. 5. 4. 5). Ist der Obere Muschelkalk der Tiefscholle nur von nicht salzhaltigem Unterem Keuper bedeckt, so ist die Nichtkarbonathärte dieser Brunnenwässer gering (Nennig 2,1 °dH u. Grevenmacher 4,3 °dH Nr. 17 des A.V.). Durch die dünne Mergelbedeckung ist eine Filterung gegeben, so daß ein kalkhartes, aber chemisch und bakteriologisch gut zu verwendendes Trinkwasser entsteht, bei dem nur geringer Sauerstoffgehalt (Nennig 2,5 mg/l freies O₂) störend wirken kann.

Auch für die zukünftige Grundwassererschließung bietet sich der Obere Muschelkalk des Untersuchungsgebietes an. Bohrungen liefern aber nur dann genügend einwandfreies Trinkwasser, wenn es aus einer Tiefscholle des *mo* mit nur geringer Keuperbedeckung gefördert wird.

Lfde. Nr.	Ort der Probennahme	Koordinaten	Art der Entnahme Station	Datum der Proben-nahme	Schüt-tung l/s	Tempe-ratur ° C	pH-Wert	Leit-fähigk. bei 18° C in u S	CO ₂ - frei mg/l		O ₂ - frei mg/l	GH °dH	NKH °dH	KH °dH mval/l		SO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l mval/l		Cl ⁻ mg/l mval/l		NO ₃ ⁻ mg/l mval/l		NO ₂ ⁻ mg/l	K ⁺ mg/l mval/l		Na ⁺ mg/l mval/l		Ca ⁺⁺ mg/l mval/l		Mg ⁺⁺ mg/l mval/l		Fe ⁺⁺ mg/l	Mn ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ / SiO ₃ ⁻⁻⁻ mg/l	
									gefunden.	berech.				mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l				mg/l
1	Wollefsmillen	R 103 24	Qu F	20. 1.70	0,7	9,0	7,4	420	8,2	17,1	8,8	14,8	1,3	13,5	4,8	21	0,43	11	0,31	21	0,34	—	0,6	0,01	3,4	0,14	56,4	2,28	28,7	2,36	0,06	—	4,2	
2	Quelle Schnuch	H 87 40	Qu F	20. 1.70	0,2	9,7	7,6	420	8,3	14,7	10,8	14,9	1,7	13,2	4,7	38	0,79	12	0,34	11	0,17	—	1,2	0,03	4,2	0,18	51,2	2,56	34,0	3,80	0,04	—	6,6	
3	Girsterklaus	H 94 62	Qu F	29. 7.68	1,3	9,9	7,6	430	11,5	12,9	10,7	15,2	2,9	12,3	4,4	37	0,77	14	0,39	24	0,39	—	0,8	0,02	2,6	0,11	47,5	2,38	36,4	2,98	0,03	—	6,6	
4	Schengen	R 94 16	Qu F	19. 8.68	0,3	10,2	7,6	435	11,0	12,7	11,0	15,4	2,8	12,6	4,5	35	0,72	12	0,34	22	0,36	—	1,4	0,04	2,6	0,11	46,5	2,32	39,2	3,22	0,03	—	8,1	
5	Ortsversorgung	H 59 22	Qu F	20. 1.70	—	9,2	7,2	515	16,5	18,0	6,0	16,7	4,1	12,6	4,5	61	1,27	18	0,56	21	0,34	—	4,4	0,11	6,0	0,26	68,0	3,40	31,6	2,58	0,13	—	6,0	
6	Contz-Burbach	R 93 75	Qu F	29.10.69	0,3	10,2	7,5	555	13,7	30,8	10,2	19,1	2,0	17,1	6,1	6	0,16	14	0,39	17	0,28	—	1,4	0,03	2,4	0,10	61,0	3,05	46,2	3,79	0,04	—	4,0	
	Remich	H 57 00	Br																															
7	Girst - Aechels	Cave St. Martin	Br	20. 1.70	—	9,2	7,2	515	16,5	18,0	6,0	16,7	4,1	12,6	4,5	61	1,27	18	0,56	21	0,34	—	4,4	0,11	6,0	0,26	68,0	3,40	31,6	2,58	0,13	—	6,0	
8	Wollefsmillen	R 103 36	Qu F	20. 1.70	0,9	9,6	7,1	520	16,5	29,5	9,0	19,1	2,6	16,5	5,9	37	0,77	16	0,45	12	0,19	—	1,1	0,02	3,8	0,16	64,4	3,22	41,8	3,44	0,16	—	9,6	
9	Quelle Langsur	H 87 54	Qu F	29. 7.68	0,5	9,8	7,6	530	18,7	21,4	12,4	19,2	3,0	16,2	5,8	35	0,37	11	0,31	24	0,39	—	0,8	0,02	2,6	0,11	47,5	2,38	36,4	2,98	0,03	—	6,6	
10	Contz - Quari	H 57 34	Qu F	29.10.69	0,2	10,0	7,5	565	16,5	33,2	10,4	20,2	4,0	16,2	5,8	31	0,63	14	0,39	33	0,53	—	1,2	0,03	2,8	0,12	76,0	3,80	42,3	3,47	0,04	—	6,0	
11	Girst	R 103 78	Qu F	19. 8.68	1,0	10,7	7,5	675	30,1	20,8	10,0	20,6	4,7	15,9	5,7	64	1,33	28	0,79	100	1,61	Sp	21,6	0,55	11,7	0,51	48,0	2,40	60,0	4,92	0,10	—	8,1	
12	Ackerfeld	H 93 54	Qu F	21. 1.70	—	8,5	7,3	570	33,0	20,0	6,0	20,8	2,6	18,2	6,5	29	0,60	17	0,48	22	0,35	—	2,5	0,06	3,8	0,16	35,2	1,76	67,9	5,58	0,12	—	8,0	
13	Contz	R 92 91	Qu F	21. 8.68	2,8	9,2	7,3	575	24,8	44,5	9,5	21,0	2,2	18,8	6,7	17	0,35	18	0,51	24	0,39	—	1,0	0,03	3,5	0,15	76,0	3,80	45,5	3,74	0,02	—	6,2	
14	Waschbrunnen	H 57 56	Qu F																															
15	Dickweiler	R 99 84	Qu F	21. 1.70	—	8,5	7,3	570	33,0	20,0	6,0	20,8	2,6	18,2	6,5	29	0,60	17	0,48	22	0,35	—	2,5	0,06	3,8	0,16	35,2	1,76	67,9	5,58	0,12	—	8,0	
16	Hanesgen	H 93 68	Qu	21. 8.68	2,8	9,2	7,3	575	24,8	44,5	9,5	21,0	2,2	18,8	6,7	17	0,35	18	0,51	24	0,39	—	1,0	0,03	3,5	0,15	76,0	3,80	45,5	3,74	0,02	—	6,2	
17	Echternach	R 100 26	Qu	21. 8.68	2,8	9,2	7,3	575	24,8	44,5	9,5	21,0	2,2	18,8	6,7	17	0,35	18	0,51	24	0,39	—	1,0	0,03	3,5	0,15	76,0	3,80	45,5	3,74	0,02	—	6,2	
18	Gehansbesch	H 97 40	Qu	21. 8.68	2,8	9,2	7,3	575	24,8	44,5	9,5	21,0	2,2	18,8	6,7	17	0,35	18	0,51	24	0,39	—	1,0	0,03	3,5	0,15	76,0	3,80	45,5	3,74	0,02	—	6,2	
13	Bous	R 91 10	Qu F	24. 3.69	—	10,2	7,2	605	33,0	47,4	5,6	21,4	4,0	17,4	6,2	68	1,41	14	0,39	16	0,26	—	2,2	0,06	4,4	0,19	92,0	4,60	36,9	3,03	0,24	—	9,0	
14	Waschbrunnen	H 68 92	Qu F	24. 3.69	—	10,2	7,2	605	33,0	47,4	5,6	21,4	4,0	17,4	6,2	68	1,41	14	0,39	16	0,26	—	2,2	0,06	4,4	0,19	92,0	4,60	36,9	3,03	0,24	—	9,0	
15	Gilsdorf - Broderbur	Gemeindebrunnen	T Br	21. 1.70	—	(8,0)	7,5	585	(13,7)	11,0	10,2	21,6	1,2	20,4	7,3	18	0,37	25	0,70	8	0,13	—	3,0	0,07	3,6	0,15	15,2	0,76	84,0	6,88	0,18	—	7,0	
16	Contz	R 94 54	Qu F	3. 3.69	0,6	7,0	7,2	575	17,6	44,5	11,2	21,7	2,9	18,8	6,7	38	0,79	8	0,21	20	0,33	—	0,6	0,01	2,6	0,11	74,0	3,70	49,0	4,03	0,05	—	7,0	
17	Rüdling	H 57 62	Qu F	25. 3.69	120	9,2	7,2	610	17,6	52,3	9,0	22,4	3,4	19,0	6,9	33	0,68	13	0,37	22	0,36	—	2,4	0,05	2,8	0,12	85,6	4,28	45,0	3,69	0,24	Sp	10,0	
18	Rosport	R 103 58	Qu F	29.10.69	—	(11,2)	7,2	685	(38,5)	52,1	5,8	22,7	4,3	18,2	6,5	62	1,30	26	0,73	Sp	Sp	—	9,2	0,23	4,4	0,19	91,0	4,50	44,0	3,61	0,55	—	6,0	
19	Ortsversorgung	H 96 30	Qu F	21. 1.70	—	(5,2)	7,4	600	(16,5)	55,9	8,8	22,8	2,9	19,9	7,1	22	0,46	15	0,42	37	0,59	—	5,2	0,12	2,9	0,13	83,2	4,16	47,5	3,90	0,33	Sp	7,0	
20	Grevenmacher	Schwimmbadbohrung	T Br	29.10.69	—	(11,2)	7,2	685	(38,5)	52,1	5,8	22,7	4,3	18,2	6,5	62	1,30	26	0,73	Sp	Sp	—	9,2	0,23	4,4	0,19	91,0	4,50	44,0	3,61	0,55	—	6,0	
21	Osweiler Pfaffenberg	Besitzer: Pettschette	T Br	21. 1.70	—	(5,2)	7,4	600	(16,5)	55,9	8,8	22,8	2,9	19,9	7,1	22	0,46	15	0,42	37	0,59	—	5,2	0,12	2,9	0,13	83,2	4,16	47,5	3,90	0,33	Sp	7,0	

Lfde. Nr.	Ort der Probennahme	Koordinaten	Art der Entnahme Station	Datum der Probenahme	Schüttung l/s	Temperatur °C	pH-Wert	Leitfähigkeit bei 18°C in u S	CO ₂ - frei mg/l		O ₂ - frei mg/l	GH °dH	NKH °dH	KH °dH mval/l		SO ₄ ⁻⁻⁻ mg/l mval/l		Cl ⁻ mg/l mval/l		NO ₃ ⁻ mg/l mval/l		NO ₂ ⁻ mg/l	K ⁺ mg/l mval/l		Na ⁺ mg/l mval/l		Ca ⁺⁺ mg/l mval/l		Mg ⁺⁺ mg/l mval/l		Fe ⁺⁺ mg/l	Mn ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ / SiO ₃ ⁻⁻⁻ mg/l
									gefund.	berech.				mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l			
19	Teufelsbrücke chem. Wormeldinger Vers. Schiltzhaus Nebenquelle	R 94 84	Qu F	4. 3.69	3,3	10,5	7,2	625	24,8	7,6	22,9	5,8	17,1	6,1	45	0,94	16	0,45	30	0,48	—	1,6	0,04	3,6	0,16	83	4,15	49	4,03	0,08	—	6,0	
20		H 75 24																															Qu
21	Oswweiler - Pfaffenberg	R 104 36	T Br	25. 3.69	—	(9,0)	7,4	645	(19,2)	56,6	10,5	23,3	3,4	19,9	7,1	45	0,94	23	0,65	10	0,16	—	2,1	0,05	3,4	0,15	85	4,26	49	4,05	0,07	—	8,2
22		H 94 72																															
23	Machtum chem. Versorgung Manternach Schlamm Bach	R 100 50	Qu F	31.10.69	1,4	9,7	7,2	640	31,0	55,5	10,2	23,8	3,4	20,4	7,3	42	0,87	11	0,31	20	0,32	—	2,4	0,06	2,6	0,11	80	4,00	55	4,49	0,02	—	3,9
24		H 87 16																															
25	Echternach Aleft	R 99 05	Qu	30. 7.68	—	9,7	7,5	715	33,0	48,4	4,8	24,4	4,9	19,3	6,9	92	1,92	19	0,53	60	0,97	—	14,6	0,37	6,7	0,29	76	3,80	58	4,80	0,16	—	8,4
26		H 96 48																															
27	Greiveldingen Deiffert	R 71 74	Qu F	24. 3.69	1,0	9,4	7,3	725	9,5	26,5	9,5	26,5	3,8	22,7	8,1	45	0,94	18	0,51	27	0,44	—	2,4	0,06	3,5	0,15	109	5,46	49	4,00	0,04	—	8,0
28		H 93 84																															
29	Manternach Papiermühle Greiveldingen Waschbrunnen	R 97 34	Qu F	19. 8.68	1,3	11,2	7,0	730	60,5	3,2	27,2	6,5	20,7	7,4	113	2,35	13	0,37	5	0,08	—	3,2	0,08	3,2	0,14	82	4,12	68	5,40	0,04	—	9,8	
30		H 95 92																															Qu F
31	Gostingen Dorfquelle	R 103 76	Qu	21. 8.68	2,5	9,8	7,2	750	41,2	8,8	27,6	7,7	19,9	7,1	130	2,71	19	0,53	24	0,39	—	2,1	0,05	3,8	0,17	122	6,10	46	3,83	0,03	—	7,9	
32		H 97 28																															Qu F
33	Lenningen ehem. Orstversorgung Steinheim	R 94 20	Qu F	21. 8.69	0,7	9,3	7,2	815	38,5	8,7	30,1	12,2	17,9	6,4	196	4,07	20	0,56	29	0,47	—	1,4	0,04	3,2	0,14	124	6,20	56	4,60	0,10	—	8,1	
34		H 74 20																															T Br
35	Ortsversorgung Wasserbillig Gemeindebrunnen	R 103 58	T Br	3. 3.69	23,6	(12,0)	7,2	880	(38,5)	2,9	32,8	16,3	16,5	5,9	270	5,63	34	0,96	5	0,08	—	3,8	0,10	15,8	0,68	167	8,30	51	3,40	0,09	—	6,0	
36		H 86 80																															Qu F
36	Schiltzhaus	R 104 40 H94 72	Qu F	25. 3.69	6,2	9,3	7,6	950	13,7	11,2	35,0	18,2	16,8	6,0	302	6,31	14	0,39	22	0,35	—	2,1	0,05	4,6	0,20	176	8,80	45	3,68	0,06	—	9,0	

Lfde. Nr.	Ort der Probenahme	Koordinaten		Art der Entnahme Station	Datum der Probenahme	Schüttung l/s	Temperatur °C	pH-Wert	Leitfähigkeit bei 18°C in u S	CO ₂ - frei mg/l		O ₂ - frei mg/l	GH °dH	NKH °dH	KH		SO ₄ ⁻⁻⁻		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		NO ₂ ⁻ mg/l	K ⁺		Na ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Fe ⁺⁺ mg/l	Mn ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ mg/l
										gefund.	berech.				mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l			
37	Mørsdorf Privatquelle	R	103 96	Qu F	29.10.69	0,2	10,8	7,4	1090	11,0	10,2	44,2	28,2	16,0	5,7	505	10,5	19	0,53	18	0,29	—	8,2	0,21	8,8	0,38	210	10,5	65	5,31	0,09	—	9,0	
38	Mørsdorf Ortsversorgung	R	103 48	Qu F	30. 7.68	—	9,9	7,3	1290	22,0	11,5	50,5	36,1	13,4	4,8	620	12,9	16	0,45	11	0,18	—	3,4	0,10	6,2	0,27	266	13,3	57	4,67	0,12	—	7,2	
39	Schiltzhaus	R	104 40	Qu	30. 7.68	2,0	10,9	7,4	1530	22,6	11,2	59,1	42,9	16,2	5,8	749	15,2	16	0,45	16	0,26	—	3,2	0,08	6,3	0,27	303	15,1	74	6,10	0,04	—	8,1	
40	Schiltzhaus	R	104 40	Qu	29.10.69	1,0	10,7	7,5	1900	13,7	10,2	91,0	78,7	12,3	4,4	1250	26,0	16	0,45	7	0,11	—	3,8	0,10	11,2	0,48	496	24,8	92	7,59	0,03	—	4,0	
41	Betzdorf Junkerbösch	R	93 28	Qu	20. 1.70	0,6	9,0	7,4	510	19,3	40,5	10,0	19,1	1,7	17,4	6,2	27	0,56	12	0,34	12	0,19	—	0,8	0,02	3,0	0,13	78	3,90	35	2,88	0,16	—	5,0
42	Canach Mergenbrill	R	85 26	Qu	20. 1.70	0,2	9,3	7,0	525	27,5	54	6,4	19,3	0,8	18,5	6,6	17	0,35	12	0,34	12	0,19	—	0,7	0,01	4,2	0,18	93	4,63	27	2,24	0,07	—	5,0
43	Biwer Guedebach	R	94 12	Qu	20. 1.70	0,5	6,8	7,0	540	33,0	61	8,2	19,8	0,8	19,0	6,8	22	0,46	10	0,28	8	0,13	—	0,4	0,01	2,6	0,11	100	5,00	27	2,24	0,08	—	8,2
44	Beyren Berghof	R	85 66	Br	24. 3.69	—	8,7	7,4	615	27,5	47	10,2	20,5	2,3	18,2	6,5	37	0,77	19	0,53	27	0,44	—	2,3	0,06	11,0	0,48	82	4,10	39	3,24	0,07	—	11,0
45	Buchholz	R	77 22	Qu	31.10.69	0,1	10,2	7,1	570	38,5	36	7,0	21,2	3,8	17,4	6,2	38	0,79	17	0,48	22	0,35	—	1,0	0,02	3,8	0,16	71	3,55	49	4,07	0,08	—	6,0
46	Neiwis Betzdorf	R	80 65	Qu	29.10.69	0,3	11,0	7,0	570	30,4	51	10,0	21,3	1,7	19,6	7,0	18	0,37	20	0,56	6	0,09	—	2,2	0,06	5,2	0,22	76	3,80	45	3,71	0,07	—	6,0
47	Fisserchen Givenich	R	83 75	Qu	20. 1.70	0,5	6,5	7,1	575	36,0	52,5	9,6	21,5	1,6	19,9	7,1	28	0,58	13	0,36	5	0,08	—	8,0	0,02	3,4	0,14	80	4,00	44	3,60	0,19	—	8,2
48	Schwarzland Canach	R	88 40	Qu	30. 7.68	0,6	10,8	7,0	600	57,8	57,2	5,7	21,8	0,8	21,0	7,5	25	0,52	13	0,37	5	0,08	—	1,8	0,05	3,2	0,14	77	3,88	47	3,90	0,05	—	9,2
49	Lengebur	R	75 86	Qu	30. 7.68	0,6	10,8	7,0	600	57,8	57,2	5,7	21,8	0,8	21,0	7,5	25	0,52	13	0,37	5	0,08	—	1,8	0,05	3,2	0,14	77	3,88	47	3,90	0,05	—	9,2
49	Olingen ehem. Ortsversorgung	R	89 40	Qu F	3. 3.69	3,3	7,6	7,4	610	30,3	80,5	9,6	22,0	1,6	20,4	7,3	9	0,19	16	0,45	7	0,08	—	1,0	0,02	3,4	0,14	115	5,75	26	2,14	0,09	—	9,0
50	Berg Eisbesch	R	82 52	Qu F	3. 3.69	2,0	6,7	7,2	600	30,3	72	10,2	22,0	1,3	20,7	7,4	14	0,29	11	0,31	16	0,26	—	0,7	0,02	3,0	0,13	100	5,00	35	2,88	0,10	—	11,0
51	Canach	R	82 52	Qu	24. 3.69	0,5	7,2	7,2	600	22,0	52	8,0	22,3	3,3	19,0	6,8	41	0,86	18	0,50	20	0,32	—	0,8	0,02	3,6	0,16	84	4,20	46	3,76	0,20	—	5,0
52	Beyrenerberg	R	91 90	Qu	24. 3.69	0,5	7,2	7,2	600	22,0	52	8,0	22,3	3,3	19,0	6,8	41	0,86	18	0,50	20	0,32	—	0,8	0,02	3,6	0,16	84	4,20	46	3,76	0,20	—	5,0
52	Berbourg	R	76 30	Qu	25. 3.69	1,8	9,5	7,1	630	35,8	69	4,8	22,9	1,6	21,3	7,6	35	0,73	13	0,37	22	0,35	—	1,8	0,05	3,2	0,14	91	4,56	44	3,62	0,05	—	11,5
53	Ruedland Kapenaker	R	95 44	Br	24. 3.69	—	7,8	7,2	700	—	—	8,8	23,0	6,8	16,2	5,8	69	1,43	35	0,99	64	1,03	—	19,2	0,49	11,6	0,50	89	4,40	46	3,78	0,17	—	11,0
54	Kiefer Eschweiler um Aal	R	89 60	Qu	29.10.69	0,4	10,8	7,3	600	27,5	56	9,6	23,5	2,8	20,7	7,4	28	0,58	13	0,36	18	0,28	—	1,8	0,05	3,8	0,16	79	3,95	54	4,47	0,06	—	6,0

Lfde. Nr.	Ort der Probenahme		Koordinaten		Art der Entnahme Station	Datum der Probenahme	Schüttung l/s	Temperatur °C	pH-Wert	Leitfähigkeit bei 18°C in u S	CO ₂ - frei mg/l		O ₂ - frei mg/l	GH °dH	NKH °dH	KH		SO ₄ ⁻⁻		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		NO ₂ ⁻ mg/l	K ⁺		Na ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺⁺		Fe ⁺⁺ mg/l	Mn ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ / SiO ₃ ⁻⁻ mg/l
											mg/l	gefund. berech.				°dH	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l		mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l	mg/l	mval/l			
55	Olingen	ku	R	90 20	Qu	29.10.69	0,3	10,8	7,3	575	19,3	52	10,0	23,5	2,8	20,7	7,4	28	0,58	15	0,42	18	0,28	—	1,4	0,03	4,4	0,19	73	3,63	57	4,71	0,05	—	7,0
56	Elkerbur	ku	H	83 58	Qu F	21. 8.68	0,4	10,7	7,2	655	60,5	66,5	3,7	23,6	2,0	21,6	7,7	23	0,48	18	0,51	12	0,19	—	1,8	0,05	3,6	0,16	86	4,30	50	4,10	0,02	—	8,9
57	Oberdonven chem. Ortsversorgung	ku	R	96 60	Qu	20. 1.70	0,6	9,2	7,3	640	36,7	63	11,4	23,7	2,7	21,0	7,5	28	0,58	16	0,45	15	0,24	—	1,4	0,03	2,9	0,12	86	4,30	49	4,03	0,13	—	1,6
58	Wollefsmillen	ku	H	102 66	Qu	20. 1.70	0,6	9,2	7,3	640	36,7	63	11,4	23,7	2,7	21,0	7,5	28	0,58	16	0,45	15	0,24	—	1,4	0,03	2,9	0,12	86	4,30	49	4,03	0,13	—	1,6
58	Hoobur	ku	H	80 00	Qu	20. 1.70	0,6	9,2	7,3	640	36,7	63	11,4	23,7	2,7	21,0	7,5	28	0,58	16	0,45	15	0,24	—	1,4	0,03	2,9	0,12	86	4,30	49	4,03	0,13	—	1,6
58	Canach	ku	R	91 18	Qu	30. 7.68	0,7	11,1	7,2	645	46,3	49,7	8,2	23,8	3,9	19,9	7,1	72	1,50	15	0,42	4	0,06	—	1,8	0,05	4,4	0,19	76	3,80	57	4,71	0,33	—	8,7
59	Aale Bur	ku	H	74 50	Qu F	30. 7.68	0,7	10,2	7,1	675	52,2	58	6,8	24,5	2,1	22,4	8,0	26	0,54	19	0,53	37	0,60	—	1,8	0,05	4,9	0,21	67	3,36	65	5,32	0,01	Sp	9,7
59	Gostingen	ku	R	94 05	Qu F	30. 7.68	0,7	10,2	7,1	675	52,2	58	6,8	24,5	2,1	22,4	8,0	26	0,54	19	0,53	37	0,60	—	1,8	0,05	4,9	0,21	67	3,36	65	5,32	0,01	Sp	9,7
60	Reinert	ku	H	77 08	Qu F	20. 8.68	—	9,9	7,0	690	56,0	51,7	6,5	24,8	2,1	22,7	8,1	43	0,89	13	0,37	4	0,06	—	2,2	0,06	3,4	0,15	58	2,90	72	5,90	0,11	—	9,3
60	Lenningen chem. Ortsversorgung	ku	R	93 15	Qu F	20. 8.68	—	9,9	7,0	690	56,0	51,7	6,5	24,8	2,1	22,7	8,1	43	0,89	13	0,37	4	0,06	—	2,2	0,06	3,4	0,15	58	2,90	72	5,90	0,11	—	9,3
60	chem. Ortsversorgung	ku	H	74 04	Qu F	20. 8.68	—	9,9	7,0	690	56,0	51,7	6,5	24,8	2,1	22,7	8,1	43	0,89	13	0,37	4	0,06	—	2,2	0,06	3,4	0,15	58	2,90	72	5,90	0,11	—	9,3
61	Canach	ku	R	89 84	T Br	20. 8.68	—	(14,9)	7,2	700	(38,5)	71,5	9,8	25,0	4,6	20,4	7,3	14	0,29	39	1,10	78	1,26	—	1,6	0,04	4,0	0,17	100	5,00	47	3,84	0,04	—	11,0
61	Kaffishof	ku	H	75 64	T Br	20. 8.68	—	(14,9)	7,2	700	(38,5)	71,5	9,8	25,0	4,6	20,4	7,3	14	0,29	39	1,10	78	1,26	—	1,6	0,04	4,0	0,17	100	5,00	47	3,84	0,04	—	11,0
62	Oswiler	ku	R	100 02	Qu F	21. 8.68	0,8	10,3	7,2	690	58,2	82	6,5	25,6	1,8	23,8	8,5	12	0,25	24	0,68	7	0,11	—	2,1	0,05	3,2	0,14	91	4,55	56	4,60	Sp	—	9,8
62	Weidekapp	ku	H	95 26	Qu F	21. 8.68	0,8	10,3	7,2	690	58,2	82	6,5	25,6	1,8	23,8	8,5	12	0,25	24	0,68	7	0,11	—	2,1	0,05	3,2	0,14	91	4,55	56	4,60	Sp	—	9,8
63	Biwer	ku	R	95 40	Qu F	20. 1.70	0,4	7,0	7,4	725	25,0		11,2	26,4	4,0	22,4	8,0	64	1,30	28	0,79	22	0,35	—	1,1	0,02	5,8	0,25	121	6,06	40	3,28	0,11	—	2,4
63	Bechergriecht	ku	H	85 86	Qu F	20. 1.70	0,4	7,0	7,4	725	25,0		11,2	26,4	4,0	22,4	8,0	64	1,30	28	0,79	22	0,35	—	1,1	0,02	5,8	0,25	121	6,06	40	3,28	0,11	—	2,4
64	Niederdonven Ortsversorgung	ku	R	92 80	Qu F	20. 8.68	0,5	9,3	7,2	740	49,5		3,9	26,5	5,8	20,7	7,4	111	2,31	14	0,49	6	0,10	—	1,9	0,05	5,2	0,23	98	4,89	58	4,70	0,01	—	13,2
64	Niederdonven Ortsversorgung	ku	H	80 46	Qu F	20. 8.68	0,5	9,3	7,2	740	49,5		3,9	26,5	5,8	20,7	7,4	111	2,31	14	0,49	6	0,10	—	1,9	0,05	5,2	0,23	98	4,89	58	4,70	0,01	—	13,2
65	Schengen	ku	R	93 73	Qu F	28.10.69	—	12,5	7,4	710	41,0		10,0	26,6	3,6	23,0	8,2	46	0,96	18	0,51	22	0,35	—	1,8	0,05	14,6	0,60	95	4,75	58	4,70	0,05	—	8,2
65	Um Haff	ku	H	59 45	Qu F	28.10.69	—	12,5	7,4	710	41,0		10,0	26,6	3,6	23,0	8,2	46	0,96	18	0,51	22	0,35	—	1,8	0,05	14,6	0,60	95	4,75	58	4,70	0,05	—	8,2
66	Boudeler chem. Ortsversorgung	ku	R	93 56	Qu F	29.10.69	0,4	9,7	7,2	740	30,4		10,0	26,8	2,2	24,6	8,8	20	0,41	23	0,65	17	0,28	—	1,2	0,03	4,6	0,20	104	5,20	58	4,77	0,04	—	6,0
66	Boudeler chem. Ortsversorgung	ku	H	87 58	Qu F	29.10.69	0,4	9,7	7,2	740	30,4		10,0	26,8	2,2	24,6	8,8	20	0,41	23	0,65	17	0,28	—	1,2	0,03	4,6	0,20	104	5,20	58	4,77	0,04	—	6,0
67	Grevenmacher Knupp	ku	R	93 12	T Br	4. 3.69	—	9,8	7,2	710	41,4		7,4	27,0	3,9	23,0	8,2	17	0,35	24	0,68	30	0,49	—	1,2	0,03	2,1	0,09	107	5,35	52	4,27	0,17	—	8,0
67	Grevenmacher Knupp	ku	H	82 94	T Br	4. 3.69	—	9,8	7,2	710	41,4		7,4	27,0	3,9	23,0	8,2	17	0,35	24	0,68	30	0,49	—	1,2	0,03	2,1	0,09	107	5,35	52	4,27	0,17	—	8,0
68	Brunnen Müller	ku	R	92 80	Qu F	4. 3.69	—	9,3	7,2	720	30,3		4,4	27,2	7,1	20,4	7,3	107	2,23	11	0,31	8	0,12	—	1,9	0,05	5,8	0,25	104	5,20	55	4,52	0,03	—	13,0
68	Brunnen Müller	ku	H	80 46	Qu F	4. 3.69	—	9,3	7,2	720	30,3		4,4	27,2	7,1	20,4	7,3	107	2,23	11	0,31	8	0,12	—	1,9	0,05	5,8	0,25	104	5,20	55	4,52	0,03	—	13,0
69	Niederdonven Ortsversorgung	ku	R	103 00	Qu	29.10.69	0,5	9,3	7,2	790	47,0		6,2	27,8	8,2	19,6	7,0	135	2,82	22	0,62	2	0,03	—	2,0	0,05	5,2	0,22	108	5,40	55	4,52	0,07	—	5,2
69	Niederdonven Ortsversorgung	ku	H	89 82	Qu	29.10.69	0,5	9,3	7,2	790	47,0		6,2	27,8	8,2	19,6	7,0	135	2,82	22	0,62	2	0,03	—	2,0	0,05	5,2	0,22	108	5,40	55	4,52	0,07	—	5,2
70	Haerebäsch	ku	R	92 95	Qu	30. 7.68	1,3	10,8	7,0	790	56,0		9,0	28,3	8,1	20,2	7,2	144	3,00	18	0,51	18	0,29	—	1,4	0,04	3,4	0,15	63	3,15	86	7,05	0,06	—	15,5
70	Haerebäsch	ku	H	85 52	Qu	30. 7.68	1,3	10,8	7,0	790	56,0		9,0	28,3	8,1	20,2	7,2	144	3,00	18	0,51	18	0,29	—	1,4	0,04	3,4	0,15	63	3,15	86	7,05	0,06	—	15,5
71	Grevenmacher Gratie Bur	ku	R	85 52	Qu	30. 7.68	1,3	10,8	7,0	790	56,0		9,0	28,3	8,1	20,2	7,2	144	3,00	18	0,51	18	0,29	—	1,4	0,04	3,4	0,15	63	3,15	86	7,05	0,06	—	15,5
71	Grevenmacher Gratie Bur	ku	H	89 78	Qu	30. 7.68	1,3	10,8	7,0	790	56,0		9,0	28,3	8,1	20,2	7,2	144	3,00	18	0,51	18	0,29	—	1,4	0,04	3,4	0,15	63	3,15	86	7,05	0,06	—	15,5
71	Givenich	ku	R	103 00	Qu	31.10.69	1,1	10,9	7,1	770	49,4		5,5	28,8	7,0	21,8	7,8	120	2,50	13	0,36	7	0,11	—	3,8	0,10	3,2	0,14	113	5,65	58	4,73	0,03	—	7,2
71	Givenich	ku	H	89 78	Qu	31.10.69	1,1	10,9	7,1	770	49,4		5,5	28,8	7,0	21,8	7,8	120	2,50	13	0,36	7	0,11	—	3,8	0,10	3,2	0,14	113	5,65	58	4,73	0,03	—	7,2
72	Haerebäsch	ku	R	97 40	Qu F	30. 7.68	0,6	11,4	7,4	820	30,8																								

Lfde. Nr.	Ort der Probennahme	Koordinaten	Art der Entnahme Station	Datum der Probenahme	Schüttung l/s	Temperatur °C	pH-Wert	Leitfähigkeit bei 18°C in u S	CO ₂ - frei mg/l gefund. berech.		O ₂ - frei mg/l	GH °dH	NKH °dH	KH °dH mval/l		SO ₄ ⁻⁻ mg/l mval/l		Cl ⁻ mg/l mval/l		NO ₃ ⁻ mg/l mval/l		NO ₂ ⁻ mg/l	K ⁺ mg/l mval/l		Na ⁺ mg/l mval/l		Ca ⁺⁺ mg/l mval/l		Mg ⁺⁺ mg/l mval/l		Fe ⁺⁺ mg/l	Mn ⁺⁺ mg/l	SiO ₂ / SiO ₃ ⁻⁻ mg/l
73	Boursdorf Ortsversorgung	R 102 28 H 92 00	Qu F	29.10.69	0,2	9,5	7,0	805	44,0		9,8	30,8	6,8	24,0	8,6	104	2,10	15	0,42	7	0,11	—	1,8	0,04	5,8	0,25	118	5,90	62	5,09	0,06	—	6,0
74	Remerschen Ortsversorgung	R 92 55 H 61 30	Qu F	28.10.69	0,6	11,0	7,0	940	60,5		9,8	37,0	14,0	23,0	8,2	252	5,25	16	0,45	25	0,40	—	3,2	0,10	15,4	0,70	138	6,88	77	6,35	0,15	Sp	8,2
75	Greiveldingen Kellerei	R 94 12 H 72 48	Qu	18. 8.68	1,4	12,1	7,0	1110	74,2		4,8	44,0	23,0	21,0	7,5	416	8,67	16	0,45	7	0,12	Sp	2,6	0,07	6,2	0,27	167	8,36	92	7,54	0,07	—	11,0
76	Berburger Hof	R 96 22 H 87 05	T Br	31.10.69	—	(13,6)	7,2	1230	(55)		4,2	49,5	27,7	21,8	7,8	428	8,95	31	0,87	12	0,20	—	3,4	0,10	9,4	0,41	251	12,55	63	5,17	0,52	—	8,2
77	Zittig Mühle	R 92 60 H 89 14	Qu F	25. 3.69	—	9,8	7,0	1250	30,2		2,4	50,7	31,4	19,3	6,9	529	10,93	24	0,68	18	0,29	—	2,4	0,06	11,4	0,49	205	10,25	96	7,87	0,14	—	9,5
78	Echternach Kefferbur	R 97 42 H 85 95	Qu F	25. 3.69	—	9,3	7,2	1580	24,8		10,2	68,3	50,9	17,4	6,2	839	17,49	16	0,45	13	0,21	—	2,9	0,07	10,9	0,47	288	14,40	121	9,99	0,05	—	9,5
79	Wellenstein Grondembur	R 92 17 H 65 30	Qu	28.10.69	—	10,8	7,0	2280	60,5		8,9	104,5	86,0	18,5	6,6	1410	29,40	28	0,79	33	0,53	—	2,8	0,05	12,8	0,50	632	31,60	69	5,71	0,05	—	14,2
80	Wintringen Waschbrunnen	R 93 32 H 63 02	Qu F	28.10.69	1,0	11,0	7,0	2320	52,5		10,2	108,0	89,5	18,5	6,6	1530	31,85	48	1,35	2	0,03	—	3,6	0,09	12,8	0,50	675	33,75	57	4,69	0,04	—	8,2
81	Greiveldingen Drei Marken	R 90 94 H 71 66	Qu	3. 3.69	0,7	8,6	6,0	145	47,0		9,8	3,0	2,3	0,7	0,25	19	0,39	16	0,45	35	0,57	—	2,5	0,06	7,2	0,31	13	0,65	5	0,41	0,03	—	18,0
82	Canach Bischerhof	R 90 64 H 72 32	Qu	28.10.69	—	12,8	6,0	186	24,8		—	3,4	2,7	0,7	0,25	23	0,48	17	0,48	29	0,46	—	2,6	0,07	7,0	0,30	11	0,56	8	0,72	0,26	Sp	18,4
83	Flaxweiler Aker	R 93 00 H 80 90	Qu	20. 1.70	0,2	7,2	6,0	190	30,0	0,1	10,0	4,2	2,7	1,5	0,52	33	0,68	17	0,48	31	0,50	—	1,8	0,04	9,9	0,43	13	0,65	7	0,57	0,16	—	9,8
84	Buchholz Waschbrunnen	R 94 20 H 81 00	Qu F	31.10.69	0,2	10,0	6,2	220	24,8	0,2	10,8	5,3	3,7	1,6	0,60	23	0,48	24	0,67	52	0,84	—	3,4	0,10	8,6	0,37	28	1,38	6	0,52	0,05	—	8,2
85	Buchholz Haerewis	R 93 80 H 80 66	Qu	29. 7.68	0,5	10,0	6,0	290	39,6	0,5	8,7	6,6	4,1	2,5	0,94	33	0,69	27	0,76	60	0,97	—	6,4	0,16	8,9	0,39	24	1,18	13	1,10	0,05	Sp	15,5
86	Buchholz Haerewis	R 93 80 H 80 66	Qu	4. 3.69	2,0	9,0	6,0	290	38,6	0,4	9,6	7,0	4,6	2,4	0,84	34	0,71	24	0,67	56	0,91	—	6,8	0,17	8,4	0,36	29	1,45	13	1,07	0,05	—	13,0
87	Heesberhof Apslach	R 90 30 H 71 00	Qu	3. 3.69	0,6	9,6	6,0	265	22,0	3,9	10,9	7,0	5,5	1,5	0,25	18	0,35	28	0,79	80	1,30	—	3,1	0,08	8,4	0,36	25	1,25	11	0,90	0,03	—	16,0
88	Greiveldingen Heesberhof	R 90 40 H 71 08	Br	21. 8.69	0,2	9,7	6,8	435	28,6	5,7	8,2	11,2	3,1	8,1	2,90	33	0,69	32	0,90	80	1,26	Sp	14,5	0,37	13,2	0,57	24	1,20	34	2,78	0,79	Sp	16,0
89	Buchholz Brockmeier	R 94 04 H 80 88	Br	19. 8.69	—	10,8	6,8	480	30,2	4,7	8,8	11,7	4,1	7,6	2,73	47	0,98	25	0,70	120	1,39	—	18,8	0,48	12,4	0,54	46	2,32	23	1,09	0,07	Sp	10,4
90	Buchholz Clemens	R 94 17 H 80 90	Br	4. 3.69	—	9,5	6,4	575	55,0	2,8	4,3	14,8	8,6	6,2	2,20	58	1,21	18	0,51	101	1,64	—	18,3	0,47	17,4	0,76	63	3,15	25	2,05	0,12	Sp	16,0

ANALYSENVERZEICHNIS

Die Analysen sind in 3 Gruppen aufgeteilt:

Nr. 1 - 40

Wässer aus dem Oberen Muschelkalk (z. T. mit Beeinflussung durch den mm und den km).

Nr. 41 - 80

Wässer aus dem Unteren (ku) und Mittleren Keuper

Nr. 81 - 90

Wässer aus dem Schilfsandstein.

Die Reihenfolge der Analysen in den einzelnen Gruppen richtet sich nach der Gesamthärte.

Bedeutung der Abkürzungen:

Qu = Quelle

Qu F = Quellfassung vorhanden

Br = Hausbrunnen Tiefe < 12 m

T Br = Tiefbrunnen Tiefe > 12 m

Sp = nur in Spuren nachweisbar

— = analysiert aber nicht nachweisbar

() = Brunnenwässer, bei denen die Probe nicht aus dem Ruhewasser, sondern nach der Pumpenförderung entnommen wurde, können dadurch abweichende Temperaturen und CO₂-Gehalte aufweisen.

Bei einigen Brunnen wurde an Stelle der Koordinaten der Besitzer angegeben.

LITERATURVERZEICHNIS

- Annuaire Météorologique et Hydrographique. Herausgeber: Ministère de l'Agriculture, Service de la Météorologique et de l'Hydrologie, Luxembourg.
- ARNOLD, H.: Hydrochemische Studien im Düsseldorfer Raum. — Geol. Jb., 69, S. 481-490, Hannover 1955.
- BARTHEL, J.: Recherches chimiques récentes sur nos eaux potables. — Grand-Duché de Luxembourg, Publications du Ministère de la Santé Publique, Luxembourg 1958.
- BAUER, F.: Erfahrungen beim Uraninnachweis mit Aktivkohle. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1966/67, S. 169-177, Graz 1967.
- BECKSMANN, E.: Grundwasserchemismus und Speichergestein. — Z. dt. geol. Ges., 106, S. 23-35, Hannover 1954.
- BERG, D.: Die Klüfte im Paläozoikum und Mesozoikum von Luxemburg. — Veröffentl. Lux. Geol. Dienstes, Band XVI, Luxemburg, 1965.
- BOIGLI, A.: Die Kalkkorrosion, das zentrale Problem der unterirdischen Verkarstung. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1963/64, S. 75-90, Graz 1964.
- BOIGLI, A.: Neue Anschauungen über die Rolle von Schichtfugen und Klüften in der karsthydrologischen Entwicklung. — Geol. Rundschau, 58, H. 2, S. 395-408, Stuttgart 1969.
- CARLÉ, W.: Stockwerke und Wanderwege von Mineralwässern in Franken. — Z. dt. geol. Ges., 106, Teil 1, S. 118-130, Hannover 1955.
- CARLÉ, W.: Ein aufschlußreicher Färbeversuch im Karstgebiet. — Aus der Heimat, 64 Jg., H. 7/8, Öhringen 1956.
- CARLÉ, W.: Eigenschaften und Entstehung der Schwefelwasserstoffwässer von Roigheim, Landkreis Heilbronn. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 2, S. 413-428, Freiburg 1957.
- DAMMANN, W.: Meteorologische Verdunstungsmessungen, Näherungsformeln und die Verdunstung in Deutschland. — Die Wasserwirtschaft, 55, H. 10, S. 315-321, Stuttgart 1965.
- DIN 4049, Blatt 1 Gewässerkunde, Fachausdrücke und Begriffsbestimmungen. — Deutsche Normen, Berlin 1954.
- EINSELE, G. u. a.: Hydrologische Untersuchungen in der Buntsandsteinzone des südl. Saarlandes. — Geol. Mitt. TH Aachen, 9, S. 1-74, Aachen 1969.
- FAST, H. u. SAUER, K.: Die chemische Zusammensetzung südbadischer Grundwässer, Herkunftsfragen und Versuch einer Typologie. — Vom Wasser, 25, S. 48-81, Weinheim 1958.
- FRANK, M.: Die Mineralwasserstockwerke im mittleren Württemberg. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 1, S. 454-477, Freiburg 1955.
- GERB, L.: Reduzierte Wässer. — Gas- und Wasserfach, 94, S. 87-92 u. 157-161, München 1953.
- GERB, L.: Chemische Vorgänge an Grundwasserfassungen. — Gas- und Wasserfach, 97, H. 14, S. 607-610, München 1956.

- GERB, L.: Grundwassertypen. — Vom Wasser, 25, S. 16-47, Weinheim 1958.
- GITTINGER, K.: Geochemische Faziesuntersuchungen im Oberen Muschelkalk und Unteren Keuper Luxemburgs. — Veröffentl. Lux. Geol. Dienstes, Band XIX, Luxemburg 1969.
- GRAHMANN, R.: Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. — Forschungen zur deutschen Landeskunde, 105, II, Bundesanstalt für Landeskunde, Remagen 1958.
- HAUDE, R.: Der Muschelkalk und Keuper im Gebiet zwischen Ehnen (Mosel) und Canach in Luxemburg. — Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Universität Tübingen, Tübingen 1967.
- HAUDE, W.: Zur praktischen Bestimmung der aktuellen und potentiellen Evaporation und Evapotranspiration. — Mitt. dt. Wetterdienst, 8, S. 3-22, Bad Kissingen 1954.
- HEITEL, H.: Versickerungsvorgänge in der Buntsandsteinzone des südl. Saarlandes. — Diss. Univ. Tübingen, 100 S., Augsburg 1968.
- HÖLL, K.: Wasser — Untersuchung, Beurteilung, Aufbereitung. — 3. Aufl., Walter de Gruyter-Verlag, Berlin 1960.
- v. HOYER, M.: Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Luxemburger Sandstein. — Veröffentl. Lux. Geol. Dienstes, Band XXI, Luxemburg 1971.
- v. HOYER, M. u. NEUMANN-REDLIN, Ch.: Geologische Karte von Luxemburg 1 : 25 000, Blatt: ECHTERNACH mit Erläuterungen, Luxemburg 1971.
- KÄSS, W.: Die unmittelbare Bestimmung von Uraninspuren bei Färbeversuchen. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1963/64, S. 35-65, Graz 1964.
- KÄSS, W.: Erfahrungen bei Färbeversuchen mit Uranin. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1965, S. 21-65, Graz 1965.
- KÄSS, W.: Erfahrungen mit Uranin bei Färbeversuchen. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1966/67, S. 123-132, Graz 1967.
- KESSLER, H.: Lineare Meßwehre für Quellschüttungen. — In: MAURIN, V. u. ZÖTL, J.: Die Untersuchungen der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1969, S. 81-85, Graz 1959.
- LANGGUTH, R.: Die Grundwasserverhältnisse im Bereich des Velberter Sattels. — Der Minister für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf 1966.
- LUCIUS, M.: Das Gutland. — Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte Luxemburgs, Bd. V, Luxemb. 1948.
- MATTHES, G.: Geologische und hydrochemische Untersuchungen in der östlichen Vorderpfalz zwischen Worms und Speyer. — Notizbl. hess. Landesamt. Bodenforschung, 86, S. 335-378, Wiesbaden 1958.
- MATTHES, G.: Die Herkunft der Sulfationen im Grundwasser. — Abh. hess. Landesamt. Bodenforschung, 35, 85 S., Wiesbaden 1961.
- MATTHES, G. u. THEWS, J. D.: Erfahrungen bei der hessischen hydrogeologischen Spezialkartierung 1 : 25 000 in den Jahren 1957 u. 58. — Notizbl. hess. Landesamt. Bodenforschung, 87, S. 417-428, Wiesbaden 1959.
- MATTHES, G. u. THEWS, J. D.: Der Abflußzuwachs als Hilfsmittel bei der Beurteilung von Wasserschließungsmöglichkeiten. — Notizbl. hess. Landesamt. Bodenforsch., 91, S. 231-236, Wiesbaden 1963.
- MATTHES, G. u. THEWS, J. D.: Hydrogeologie in: Erläuterungen zur hydrogeologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Blatt: QUECK, Wiesbaden 1963.
- MAURIN, V. u. ZÖTL, J.: Die Untersuchungen der Zusammenhänge unterirdischer Wässer mit besonderer Berücksichtigung der Karstverhältnisse. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1959, 184 S., Graz 1959.

- MURAWSKI, H.: Klufnetz und Gewässernetz. — N. Jb. f. Geol. u. Pal., Mh., H. 9, S. 537-561, Stuttg. 1964.
- MUTSCHMANN, J. u. STIMMELMAYR, F.: Taschenbuch der Wasserversorgung. — 5. Aufl., Franck'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1967.
- NATERMANN, R.: Die Linie des langjährigen Grundwassers (AuL) und die Trockenwetterabflußlinie (TWL). — Die Wasserwirtschaft, Sonderheft: Vorträge der gewässerkdl. Tagung Sept. 1950 in München, S. 12-14, München 1951.
- NEUMANN-REDLIN, Ch.: Geologische Kartierung der Triasschichten (Muschelkalk, Keuper) an der oberen Mosel zwischen Ehnem - Beyren - Flaxweiler - Oberdonven - Ahn. — Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Univ. Tübingen, Tübingen 1967.
- NEUMANN-REDLIN, Ch.: Hydrogeologischer Bericht über die Schwimmbadbohrung in Remich. — Unveröffentl. Gutachten, Remich 1969.
- NÖRING, F.: Fragen der Grundwasserchemie in Beziehung zu Oberfläche und Untergrund. — Z. dt. geol. Ges., 102, S. 123-128, Hannover 1951.
- PRENK, J.: Der land- und forstwirtschaftliche Wasserverbrauch und die Grundwasserneubildung. — Gas- und Wasserfach, 98, H. 8, S. 177-180, Stuttgart 1957.
- SCHAEFFER, F. u. SCHACHTSCHABEL, P.: Lehrbuch der Bodenkunde, 6. Aufl., 473 S., Enke Verlag Stuttgart 1966.
- SCHULZ, G.: Färb- und Salzungsversuche an unterirdischen Wässern in Süddeutschland. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 2, S. 333-412, Stuttgart 1967.
- SCHULTZE, E. u. MUHS, H.: Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten. — 2. Aufl., Springer-Verlag Berlin 1967.
- STOCK, P.: Die Trias und der Untere Lias westlich von Stadtbredimus in Luxemburg. — Unveröffentl. Diplomarbeit an der Freien Univ. Berlin, Berlin 1967.
- STRÖBEL, A.: Karstwasser aus dem Muschelkalk bei Backnang. — Jh. geol. Abt. d. Württemb. Statistisch. Landesamtes, 1, S. 111-120, Stuttgart 1951.
- SCHWILLE, F.: Ionenaustausch und der Chemismus von Grund- und Mineralwässern. — Z. dt. geol. Ges., 106, Teil 1, S. 16-22, Hannover 1955.
- SCHWILLE, F.: Hohe Nitratgehalte in den Brunnenwässern zwischen Trier und Koblenz. — Gas- und Wasserfach, 110, H. 2, München 1969.
- THON, J.: Grundlagen und Anwendungsformen der Abflußmessung mit Luftblasen. — Diss. TH Stuttgart 1965.
- UHLIG, S.: Die Wasserreserven unserer Böden im Frühjahr. — Die Wasserwirtschaft, 44, S. 207-211, Stuttg. 1954 (1954a).
- UHLIG, S.: Zur Bestimmung der potentiellen Verdunstung bewachsenen Bodens. — Die Wasserwirtschaft, 44, S. 309-315, Stuttg. 1954 (1954b).
- UHLIG, S.: Der mittlere Jahresgang des ausschöpfbaren Bodenfeuchtegehalts. — Die Wasserwirtschaft, 46, S. 121-126, Stuttg. 1956.
- VILLINGER, E.: Karsthydrologische Untersuchungen auf der Reutlinger Alb (Schwäbischer Jura). — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 11, S. 201-277, Freiburg 1969.
- WAGENER, J.: Bodenkarte des Großherzogtums Luxemburg 1 : 100 000 mit Erläuterungen am Rand, Herausgegeben vom Ministère de l'Agriculture et de la Viticulture, Administration des Services Techniques de l'Agriculture, Service Pédologie, Luxembourg 1969.
- WUNDT, W.: Die Kleinstwasserführung der Flüsse als Maß für die verfügbaren Grundwassermengen. — In GRAHMANN, R.: Die Grundwässer in der Bundesrepublik Deutschland und ihre Nutzung. Angaben siehe dort.
- Wasserwirtschaftlicher Rahmenplan WESCHNITZ, Herausgeber: Der Hessische Minister für Landwirtschaft und Forsten, Abt. Wasserwirtschaft. Kartenwerk und Erläuterungen, Wiesbaden 1964.
- ZAKOSEK, H.: Über die Bedeutung des Bodens für die Ergänzung der Grundwasservorräte. — Z. dt. geol. Ges., 106, Teil 1, S. 36-40, Hannover 1955.

- ZOGOVIC, D.: Petrogenetic properties of dolomites as a factor of their different hydrogeologic role in Dinaric Karst. — Ass. intern. Hydrogeol., Mém., 7, S. 267-270, Hannover 1967.
- ZWITTNIG, L.: Die Beeinflussung des Grundwassers durch Mülldeponien. Eine Studie über die Aufhärtung des Grundwassers hervorgerufen durch Schüttung von Müll in grundwassernahen Deponien (Schottergruben) im Bereich des Grazer Feldes. — Steir. Beitr. Hydrogeol., Jg. 1963/64, S. 91-106, Graz 1964.

LEBENS LAUF

Am 17. 11. 1938 wurde ich in Berlin geboren. Mein Vater Dr. Konrad Neumann war Forstmeister am Reichsforstamt in Berlin. Er fiel 1942 in Rußland. Meine Mutter Lieselotte Neumann-Redlin, geb. von Jan, zog 1944 mit meinen beiden Brüdern und mir nach Hannover. Sie wurde nach dem Kriege Lehrerin und ist seit 1949 im niedersächsischen Schuldienst tätig.

Nach der Volksschule besuchte ich ab Frühjahr 1949 das Landschulheim am Solling bei Holzminden, ein privates, staatlich anerkanntes Gymnasium. Ab Ostern 1957 war ich Schüler des Realgymnasiums in Frankenberg a. d. Eder und legte dort die Reifeprüfung 1959 ab. Direkt im Anschluß leistete ich eineinhalb Jahre Wehrdienst und wurde als Leutnant d. Res. entlassen. Nach drei Wehrübungen während meiner Studienzeit wurde ich zum Oberleutnant d. Res. befördert.

Mein Studium der Geologie begann ich im Herbst 1960 an der T H in Hannover. Nach zwei Semestern wechselte ich an die Universität Kiel und legte dort 1963 das Vordiplom ab. Danach setzte ich das Studium an der Universität Tübingen fort und bestand 1967 die Diplomprüfung. Die Diplomarbeit, eine Kartierung der Trias an der Luxemburger Mosel, stand unter der Betreuung von Herrn Prof. Dr. R. Schönenberg. Unter seiner Anleitung arbeitete ich vom Herbst 1967 bis Herbst 1970 an einer Dissertation über hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen in der Trias von Luxemburg.

Meine Ausbildung verdanke ich den Herren Professoren Dr. R. Schönenberg, Dr. E. Seibold, Dr. G. Einsele, Dr. W. Lodemann (Geologie), Dr. A. Seilacher, Dr. O. H. Schindewolf (Paläontologie), Dr. W. von Engelhardt und Dr. H. Pichler (Mineralogie).

