

Geologische Abhandlungen Hessen

Band 77

(Bis Band 73: Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung)

**Lang- und kurzperiodische Änderungen
der Grundwasserbeschaffenheit und der
Quellschüttung während 20jähriger
Beobachtungen in der Frankenger Bucht
(Hessen)**

Von

ERNST SOBOTH

Frankenger (Eder)

Mit 17 Abbildungen, 5 Tabellen und 6 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Wiesbaden 1978

Geol. Abh. Hessen	77	39 S.	17 Abb.	5 Tab.	6 Taf.	Wiesbaden 1978
-------------------	----	-------	---------	--------	--------	----------------

ISSN 0341—4043

Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung

- 1: JOHANNSEN, A.: Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Gebirges im Raume von Marburg-Frankenberg-Borken. 1950. 87 S., 8 Abb., 10 Taf., vergriffen.
- 2: SCHÖNHALS, E.: Die Böden Hessens und ihre Nutzung. Mit einer bodenkundlichen Übersichtskarte 1:300000. 1954. 288 S., 25 Abb., 60 Tab., 15 Taf., vergriffen.
- 3: KUBELLA, K.: Zum tektonischen Werdegang des südlichen Taunus. 1951. 81 S., 14 Abb., 2 Taf., DM 5,-.
- 4: GÖRGES, J.: Die Lamellibranchiaten und Gastropoden des oberoligozänen Meeressandes von Kassel. 1952. 134 S., 3 Taf., DM 7,50.
- 5: SOLLE, G.: Die Spiriferen der Gruppe *arduennensis-intermedius* im Rheinischen Devon. 1953. 156 S., 45 Abb., 7 Tab., 18 Taf., DM 20,-.
- 6: SIMON, K.: Schrittweises Kernern und Messen bodenphysikalischer Kennwerte des ungestörten Untergrundes. 1953. 63 S., 19 Abb., 3 Taf., DM 7,-.
- 7: KEGEL, W.: Das Paläozoikum der Lindener Mark bei Gießen. 1953. 55 S., 3 Abb., 3 Taf., DM 6,-.
- 8: MATTHES, S.: Die Para-Gneise im mittleren kristallinen Vor-Spessart und ihre Metamorphose. 1954. 86 S., 36 Abb., 8 Tab., DM 12,50.
- 9: RABIEN, A.: Zur Taxionomie und Chronologie der Oberdevonischen Ostracoden. 1954. 268 S., 7 Abb., 4 Tab., 5 Taf., DM 17,-.
- 10: SCHUBART, W.: Zur Stratigraphie, Tektonik und den Lagerstätten der Witzenhäuser Grauwacke. 1955. 67 S., 8 Abb., 4 Taf., DM 8,-.
- 11: STREMMER, H. E.: Bodenentstehung und Mineralbildung im Neckarschwemmler der Rheinebene. 1955. 79 S., 35 Abb., 28 Tab., 3 Taf., DM 7,-.
- 12: v. STETTEN, O.: Vergleichende bodenkundliche und pflanzensoziologische Untersuchungen von Grünlandflächen im Hohen Vogelsberg (Hessen). 1955. 67 S., 4 Abb., 2 Tab., 1 Taf., DM 5,50.
- 13: SCHENK, E.: Die Mechanik der periglazialen Strukturböden. 1955. 92 S., 21 Abb., 13 Tab., 10 Taf., DM 12,-.
- 14: ENGELS, B.: Zur Tektonik und Stratigraphie des Unterdevons zwischen Loreley und Lorchhausen am Rhein (Rheinisches Schiefergebirge). 1955. 96 S., 31 Abb., 2 Tab., 15 Diagr., 5 Taf., DM 12,60.
- 15: WIEGEL, E.: Sedimentation und Tektonik im Westteil der Galgenberg-Mulde (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1956. 156 S., 41 Abb., 7 Tab., 7 Taf., DM 18,60.
- 16: RABIEN, A.: Zur Stratigraphie und Fazies des Ober-Devons in der Waldecker Hauptmulde. 1956. 83 S., 2 Abb., 2 Tab., 3 Taf., DM 7,-.
- 17: SOLLE, G.: Die Watt-Fauna der unteren Klerfer Schichten von Greimerath (Unterdevon, Südost-Eifel). Zugleich ein Beitrag zur unterdevonischen Mollusken-Fauna. 1956. 47 S., 7 Abb., 6 Taf., DM 5,-.
- 18: BEDERKE, E., u. a.: Beiträge zur Geologie des Vorspessarts. 1957. 167 S., 65 Abb., 18 Tab., DM 13,-.
- 19: BISCHOFF, G.: Die Conodonten-Stratigraphie des rheno-herzynischen Unterkarbons mit Berücksichtigung der *Wocklumeria*-Stufe und der Devon/Karbon-Grenze. 1957. 64 S., 1 Abb., 2 Tab., 6 Taf., DM 8,-.
- 20: PILGER, A. & SCHMIDT, Wo.: Die Mullion-Strukturen in der Nord-Eifel. 1957. 53 S., 42 Abb., 1 Tab., 8 Taf., DM 9,80.
- 21: LEHMANN, W. M.: Die Asterozoen in den Dachschiefern des rheinischen Unterdevons. 1957. 160 S., 31 Abb., 55 Taf., DM 30,-.
- 22: BISCHOFF, G. & ZIEGLER, W.: Die Conodontenchronologie des Mitteldevons und des tiefsten Oberdevons. 1957. 136 S., 16 Abb., 5 Tab., 21 Taf., DM 20,-.
- 23: ZÖBELEIN, H. K.: Kritische Bemerkungen zur Stratigraphie der Subalpinen Molasse Oberbayerns. 1957. 91 S., 2 Abb., DM 8,-.
- 24: GUNZERT, G.: Die einheitliche Gliederung des deutschen Buntsandsteins in der südlichen Beckenfazies. 1958. 61 S., 14 Abb., 7 Tab., DM 14,-.
- 25: PAULY, E.: Das Devon der südwestlichen Lahnmulde und ihrer Randgebiete. 1958. 138 S., 41 Abb., 6 Taf., DM 20,-.
- 26: SPERLING, H.: Geologische Neuaufnahme des östlichen Teiles des Blattes Schaumburg. 1958. 72 S., 14 Abb., 5 Tab., 10 Taf., DM 10,-.
- 27: JUX, U. & PFLUG, H. D.: Alter und Entstehung der Triasablagerungen und ihrer Erzvorkommen am Rheinischen Schiefergebirge, neue Wirbeltierreste und das Chirotheriumproblem. 1958. 50 S., 11 Abb., 3 Taf., DM 5,60.
- 28: SCHMIDT, H.: Die Cornberger Fährten im Rahmen der Vierfüßler-Entwicklung. 1959. 137 S., 57 Abb., 9 Taf., DM 15,-.

Geologische Abhandlungen Hessen

Band 77

(Bis Band 73: Abhandlungen des Hessischen Landesamtes für Bodenforschung)

**Lang- und kurzperiodische Änderungen
der Grundwasserbeschaffenheit und der
Quellschüttung während 20jähriger
Beobachtungen in der Frankenger Bucht
(Hessen)**

Von

ERNST SOBOTH

Frankenger (Eder)

Mit 17 Abbildungen, 5 Tabellen und 6 Tafeln

Herausgabe und Vertrieb

Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

Wiesbaden 1978

Geol. Abh. Hessen	77	39 S.	17 Abb.	5 Tab.	6 Taf.	Wiesbaden 1978
-------------------	----	-------	---------	--------	--------	----------------

ISSN 0341—4043

Schriftleitung

DR. ARNOLD RABIEN, ALBERT KARSCHNY

Hessisches Landesamt für Bodenforschung
Leberberg 9, 6200 Wiesbaden

© Hessisches Landesamt für Bodenforschung, Wiesbaden 1978

Printed in Germany

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Übersetzung, Nachdruck, Vervielfältigung auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege sowie Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen — auch auszugsweise — nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from the publisher.

Kurzfassung: In der Frankenger Bucht wurden die chemischen und physikalischen Eigenheiten von 63 Quellwässern aus Grundwasserleitern des Kulms, Zechsteins und Buntsandsteins über 20 Jahre anhand von mindestens monatlichen, z. T. täglichen Untersuchungen verfolgt.

Anfänglich als regellos erscheinende Schwankungen im Gang des Chemismus wurden als Überlagerung langperiodischer Trends durch kurzfristige Auswirkungen wechselnder Einspeisung erkannt. Geogene wie klimatische Eigenheiten und deren Veränderungen werden für die einzelnen Quelltypen dargestellt. Weitere Beeinflussungen ergeben sich aus dem speisenden Grundwasserstockwerk, der Ergiebigkeit des jeweiligen Grundwasserleiters und aus der unterirdischen Verweildauer. Starke, aus tieferen Grundwasserstockwerken gespeiste Quellen unterscheiden sich hydrochemisch von solchen aus höheren Teilen derselben Gesteinsschicht. Der Chemismus zeigt Abhängigkeiten von der Verweilzeit des Grundwassers im Aquifer und die Schüttung von der Größe des Speicherraums. Besonders ausgeprägt ist dies bei Quellen auf wasserreichen Zerrüttungszonen. Die raschesten Änderungen von Chemismus und Schüttung zeigen naturgemäß Quellen mit oberflächennahem Grundwasser. Bei den einzelnen Quelltypen ergeben sich je nach den betrachteten Parametern (Temperatur, Chemismus, Schüttung) kurzfristige (Tage, Wochen bis einige Monate) oder langfristige (halb-, ganz- und mehrjährige) Änderungen der Wassereigenschaften. Aufgrund der erkannten Abhängigkeiten lassen sich jetzt kurze Meßreihen in die mehrjährigen periodischen Änderungen einordnen.

Abstract: Chemical and physical properties of 63 springs in the vicinity of Frankenberg (northern Hesse) were observed through a period of 20 years. Observation intervals range from daily to monthly. The springs originate from Lower Carboniferous, Upper Permian (Zechstein) and Lower Triassic (Buntsandstein) strata.

Data on the discharge, chemical and physical properties and their variations in different types of springs are presented. Variations in chemical properties, which initially seemed to follow a random pattern, are recognized as a superposition of short term effects, caused by variations of the groundwater replenishment, upon long term trends. Large springs from deeper parts of aquifers differ hydrochemically from springs which originate from higher levels of the same aquifer. The chemical properties depend upon the time of retention in the aquifer, the discharge depends upon the underground storage capacity. These interdependencies are especially pronounced in springs from water-rich fracture zones. Springs from shallow depth groundwater display the fastest variations of chemism and discharge. Depending upon the considered parameters (temperature, chemism, discharge) there are short term (days, weeks to a few months) or long term (half years, years, several years) variations of the groundwater properties. Basing upon the indicated interdependencies it is now possible to fit short period records into long term variations, which extend over several years.

Résumé: Les conditions des recherches sont favorisées par des roches du Dinantien jusqu'au Grès bigarrés et la tectonique du bord d'un massif surélevé. Les oscillations irrégulières du chimisme des eaux sont constatées comme une combinaison des conditions climatiques longues et de l'infiltration actuelle. Une augmentation du chimisme

est provoquée par le longeur des courants souterrains le long des zones de diaclases. Les sources des nappes inférieures ne correspondent pas aux roches de l'environ. Elles sont rarement sèches même dans les années sèches, mais quand elles tarissent il faut de plus de temps jusqu'elles coulent. Les sources des nappes superficielles suivent les précipitations assez fortes et changent le chimisme suivantes l'infiltration: Un tableau synoptique des précipitations est nécessaire.

63 Sources sont recherchées tous les mois, de quelques aussi tous les jours. Les vingt ans donnent les singularités. Le but c'est une présentation des observations pour des autres régions et pour ranger des périodes sèches et humides.

Le blocstéogramme en couleurs explique le résultat des recherches dans la baie de Frankenberg.

Inhaltsverzeichnis

A. Aufgabenstellung und Untersuchungsgang	7
B. Untersuchungsgebiet	8
1. Geologie	8
2. Klima	11
a. Niederschläge	11
b. Temperatur und Aridität	12
3. Vegetation	13
C. Untersuchte Quellgruppen	14
1. Einleitung	14
2. Beschreibung und physikalisch-chemische Eigenschaften	14
I. Unterer Listenbach	14
II. Mittlerer Listenbach	15
III. Oberer Listenbach	16
IV. Listenbach NE	16
V. Listenbach SE	17
VI. Listenbachvorland	17
VII. Nempfetal	18
VIII. Mineralwässer	19
IX. Wiesenfeld — Ernsthäuser	19
X. Burgwald	20
XI. Wohra — Schweinfe	21
XII. Geismarer Randscholle	21
XIII. Gernshäuser Verwerfung	22
XIV. Zechstein — Buntsandstein	22
XV. Schiefergebirgsrand	23
XVI. Grauwackenhorst	23
D. Gemeinsame Trends	25
1. Jahresgang	25
2. Trocken- und Naßjahre	26
a. Trockenjahre	27
b. Naßjahre	27
3. Überjahresperioden	28
4. Verteilung der Extremwerte im Jahresgang sowie in Naß- und Trockenjahren	31

E. Eigenheiten der Grundwassertypen	34
1. Oberflächennahes Grundwasser	35
2. Oberes Grundwasser(-stockwerk)	35
3. Tieferes Grundwasser(-stockwerk) (Zerrüttungszonen)	35
4. Tiefes mineralisiertes Grundwasser(-stockwerk)	36
5. Anthropogen beeinflusstes Grundwasser	36
F. Zusammenfassung	37
G. Schriftenverzeichnis	38

A. Aufgabenstellung und Untersuchungsgang

In Klufftgrundwasserleitern mit ihrer anisotropen Kluffverteilung und -dichte sowie den daraus resultierenden verwickelten Fließwegen sind quantitative Kenntnisse über Grundwasser-Neubildung, -Verweildauer und -Speicherraum wesentlich schwerer zu gewinnen als in Porengrundwasserleitern. Grundwassernutzung und Grundwasserschutz erfordern jedoch gerade hierüber genaueres Wissen. Einmalige oder nur einjährige Beobachtungen einer Grundwasserlandschaft oder eines Ausschnittes davon liefern, da sie in eine längere Trocken- oder Naßperiode fallen können, meist keine klaren Ergebnisse.

Bei den eigenen Untersuchungen sollten daher langfristige Quellbeobachtungen die unterschiedlichen Einflüsse von geogenen, klimatischen und teilweise anthropogenen Faktoren auf Chemismus und Schüttung aufzeigen. Die sich daraus ableitenden Rückschlüsse auf Verweil- bzw. Fließdauer und den Grundwasserspeicherraum sollten schließlich über das Einpassen einer geringeren Anzahl von Meßergebnissen in den Trend auch für andere Quellen dieses Typs in u. U. entfernten Gebieten zu entsprechenden Aussagen über den Grundwasserträger führen.

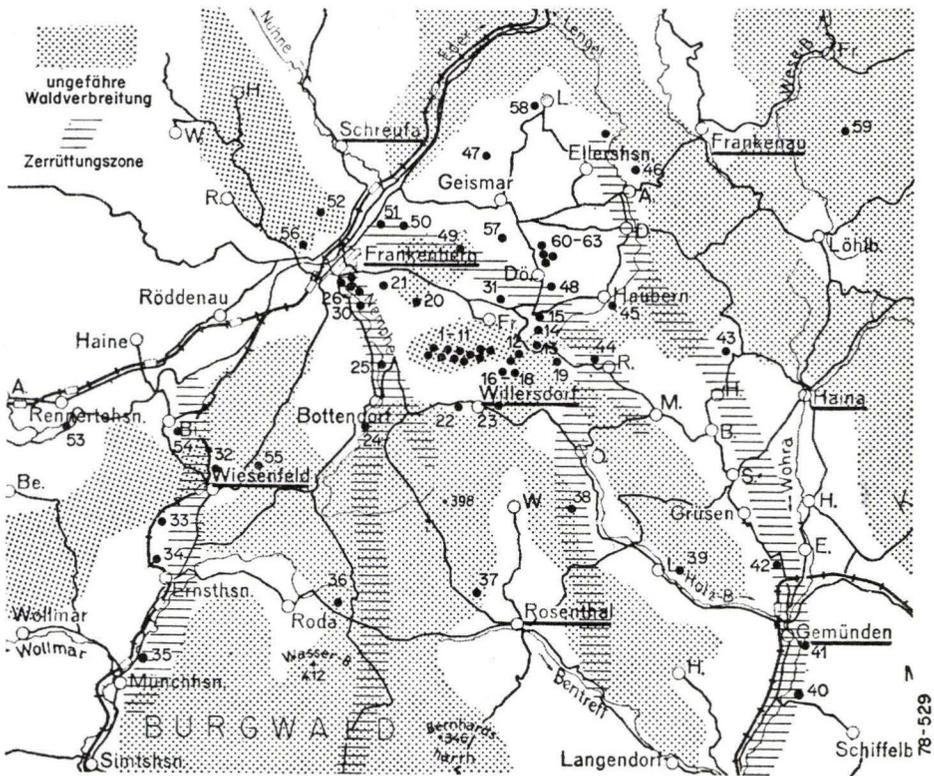


Abb. 1. Übersicht zur Lage der Quellen (mit Quell-Nr.), der Zerrüttungszone und der ungefähren Waldverbreitung. Unterstrichene Ortsnamen = mit Niederschlagsmeßstelle.

Für solche Untersuchungen bot sich die Frankenger Bucht mit ihrem vielfältigen Gesteinsaufbau als Beispiellandschaft (bassin représentatif) an¹. Von 1948 — 1967 wurden planmäßig chemische und andere Daten von 63 Quellen im monatlichen — z. T. täglichen — Turnus gewonnen (Abb. 1)². Die Ergebnisse der Messungen von Temperatur, Schüttung, Gesamt-, Karbonat- und Sulfathärte, des Chloridgehaltes und der freien Kohlensäure wurden für jede Quelle auf Stamtblättern eingetragen, Monats-, Jahreszeiten- und Jahresmittel gebildet, Maxima, Minima und über den Streubereich hinausgehende Abweichungen vom Mittelwert herausgehoben.

Die chemischen Untersuchungen erfolgten meist nach den Deutschen Einheitsverfahren, doch wurde nach kurzer Zeit wegen der geringeren Störanfälligkeit zu Härtebestimmungen die Arbeitsweise von BOUDRON-BOUDET benutzt und für die freie Kohlensäure das Verfahren SOBOTHAS (1970).

Die klimatischen Verhältnisse wurden nach den Ergebnissen von 6 im Untersuchungsgebiet gelegenen Klima- bzw. Niederschlagsstationen (5 des Deutschen Wetterdienstes, 1 ab 1959 durch Mittel der DFG in Frankenberg, Wolfspfad 16, unterhalten wurde selbst beobachtet) ebenfalls laufend verfolgt und zu Ganglinien mit den Grundwasserbeobachtungen entsprechenden Zeitintervallen ausgewertet.

B. Untersuchungsgebiet

1. Geologie

Das Untersuchungsgebiet liegt in NW-Hessen im Grenzbereich Rheinisches Schiefergebirge mit Kellerwald und mesozoischem Schollenvorland der Hessischen Senke (Abb. 2). Es umfaßt den N-Teil der Frankenger Bucht, die mit ihren permischen und triassischen Schichten spornförmig in den E-Rand des variscisch gefalteten Schiefergebirges hineinragt. An großen Störungszonen ist sie im NW von der Rheinischen Masse und im NE gegen den Kellerwald (SE-Sporn der Rheinischen Masse) abgesetzt. Nach S zu besteht Verbindung zum Buntsandsteinvorland, das in Hessen von Marburg im S bis oberhalb Wrexen im N den E-Rand der Rheinischen Masse bildet. Die Entwässerung folgt weitgehend den großräumigen orographischen Verhältnissen und ist im Triasgebiet der Frankenger Bucht überwiegend nach S gerichtet. Die zahlreichen Quellbäche sind Zubringer der Lahn.

Am NW-Rand der Bucht, wenig E der begrenzenden Störungzone, fließt die Eder und entwässert den gesamten umrahmenden Schiefergebirgsbereich einschließlich des Kellerwaldes im NE.

Die zutage anstehenden Schichten bestehen im randlichen Schiefergebirge überwiegend aus steil nach SSE einfallenden Tonschiefern, Grauwacken und Konglomeraten des Kulms. Oberkarbon und Rotliegendes sind nicht vertreten. Das Deckgebirge beginnt mit dem Zechstein, der vorwiegend im NW und NE am Buchtrand um Röddenau, Frankenberg und Haubern auf den weniger tief abgesunkenen Randschollen austreicht.

¹ Die Ergebnisse ähnlicher, 30 Jahre zuvor in der Hochrhön und im Eichsfeld begonnener Untersuchungen gingen durch Kriegseinwirkungen verloren.

² An einem Teil der Quellen werden die Untersuchungen bis heute weitergeführt.

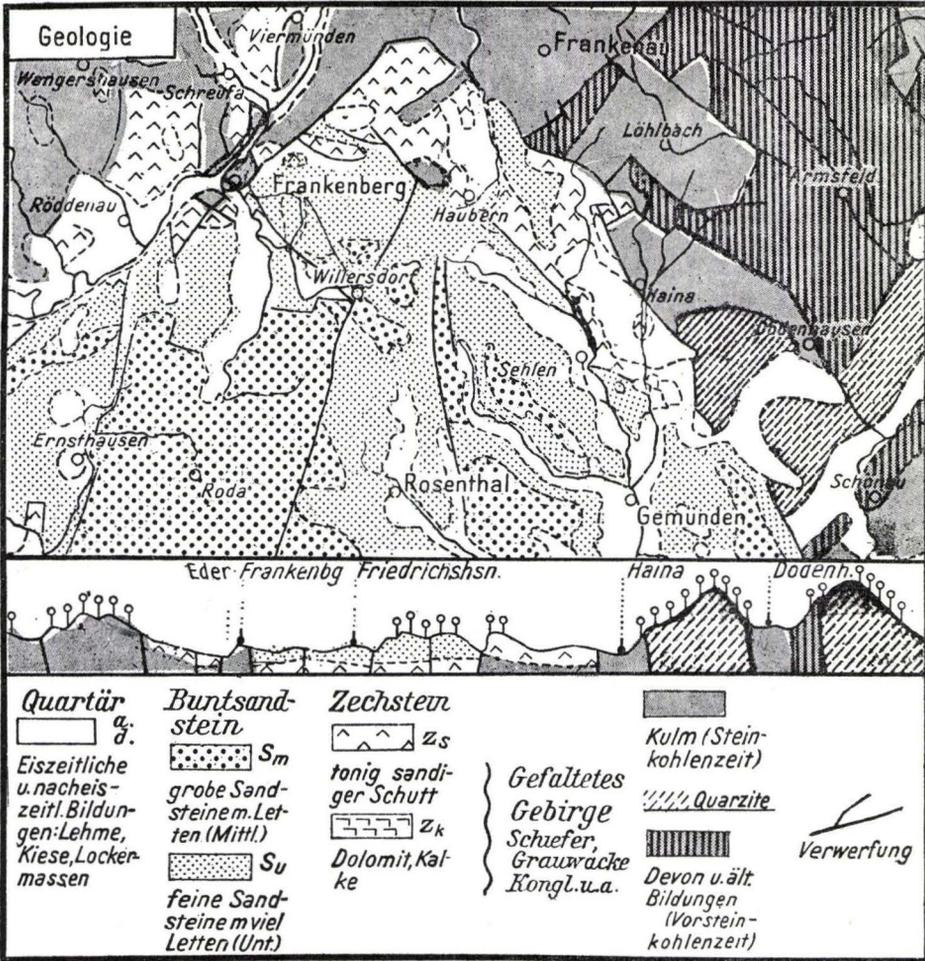


Abb. 2. Geologische Übersicht mit einem WNW—ESE-Profil (Originalzeichnung des Verf.).

Seine Gesteinsausbildung ist vielfältig und reicht von anfänglich geschütteten roten Konglomeraten und Sandsteinen über die in fein verteilter Form erzführenden Mergel des Kupferschiefers, helle Kalke, Dolomite und zwischengelagerte Mergel bis zu Gips und Salz. Zwar ist das Salz im Jungtertiär der Subrosion zum Opfer gefallen, doch sind Auslaugungssenken und Salzwasser im Untergrund Belege seiner ehemaligen Verbreitung. Örtliche Becken, wie z. B. um Haubern, enthalten rote, fette Letten und stark zersetzte Schuttmassen einer zechsteinzeitlichen Landoberfläche.

Nach S zum Innern der Frankenger Bucht und den Hauptteil des Untersuchungsgebietes aufbauend schließen sich die monotonen Sandstein- und Sandstein-Tonstein-Wechselfolgen des feinkörnigen Unteren und die etwas gröberkörnigen des Mittleren

Buntsandsteins (großflächig S Willersdorf, im übrigen Gebiet nur mehr oder minder große Bergrücken und -züge bildend) an.

Danach sind als Überlagerung des Deckgebirges erst wieder voreiszeitliche Höhenkiese in 320 m über NN bei Frankenberg (auf Abb. 2 nicht dargestellt), pleistozäne Sedimente (Terrassensande und -kiese, Löß, Solifluktionsschutt) und holozäner Auenlehm erhalten.

Für die Bodenbildung sind diese weitverbreiteten, wenngleich im allgemeinen geringmächtigen Bedeckungen sehr wesentlich. Bedingt durch das anstehende Gestein überwiegen sandige Böden im Bereich des Mittleren Buntsandsteins, tonig-lehmige auf verlehnten Hängen (Solifluktionsschutt, Löß) und im Unteren Buntsandstein, sofern keine reineren Sandsteine anstehen. Kiesig sind die Böden meist über Zechstein und auf Terrassenkiesen, steinig im Kulm und auf Sandsteinhängen. Insgesamt herrschen Braunerden, vor allem im Buntsandsteingebiet, vor; örtlich kam es zur Podsolierung. Vereinzelt treten bei stärkeren Tongehalten Stagno- bis Pseudogleye auf. Ranker sind relativ häufig. Als seltene Erscheinungen seien ein typischer Molkenboden unweit der Försterei Teerhütte und ein Bleichsand mit Ortstein beim Bahnhof Birkenbringhausen erwähnt.

Tektonisch wurde das Gebiet nach der variscischen Faltung und Schieferung im Mesozoikum und Tertiär von Brüchen in ein Schollenfeld zerlegt (HUMMEL 1929). Die Randverwerfungen gegen das Schiefergebirge dürften überwiegend mesozoisch entstanden, wenngleich tertiär weiter ausgestaltet worden sein. Jünger, d. h. meist tertiär, sind die zahlreichen, vorwiegend rheinischen Störungen im Buntsandsteingebiet, die

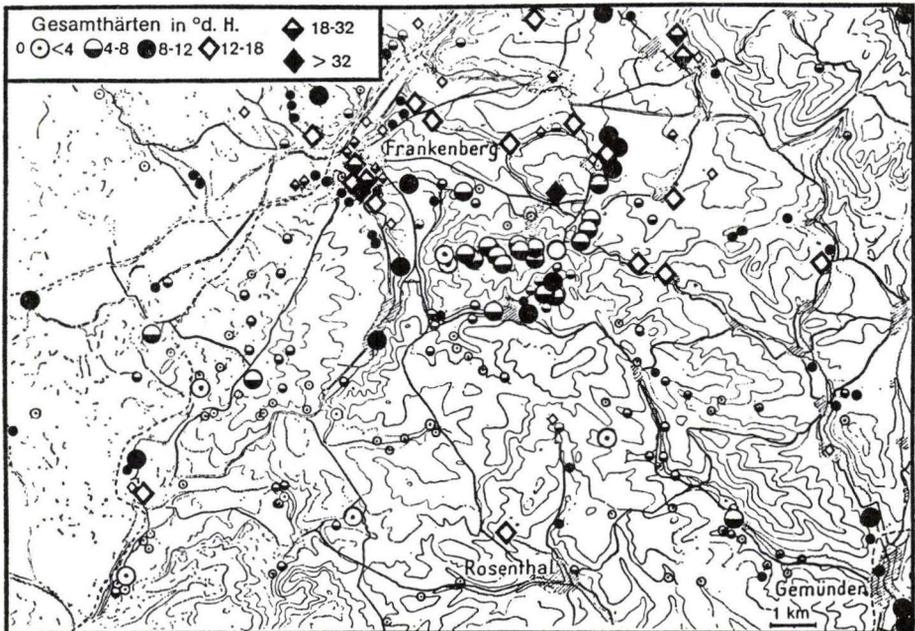


Abb. 3. Gesamthärten von Quellwässern in der Frankenberger Bucht. Kleinere als in der Legende dargestellte Signatur = gelegentliche Messungen (Originalzeichnung des Verf.).

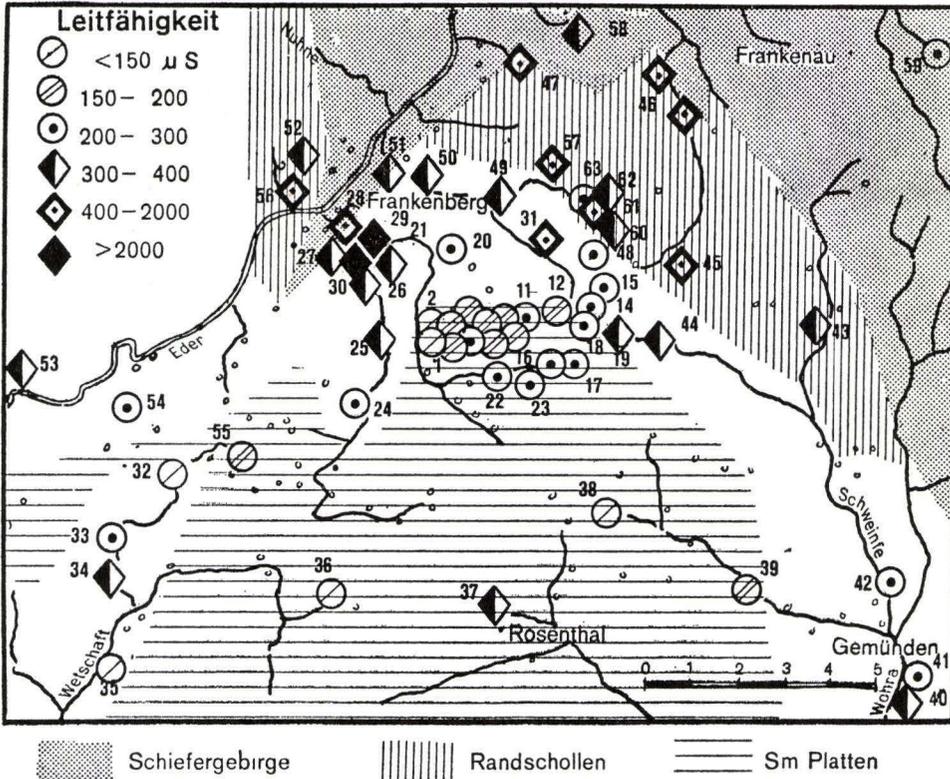


Abb. 4. Leitfähigkeiten in µS/cm von Quellwässern im Bereich Franckenberger Bucht (Originalzeichnung des Verf.).

häufig am Schiefergebirgsrand aufsplintern. Die randlichen Staffelschollen sind häufig schräggestellt, das innere Schollenfeld dagegen zeigt nur schwache Verbiegungen.

Die heutigen Oberflächenformen gehen z. T. bis auf die Permzeit zurück (s. o.). Ältere Flächen setzen z. B. an Randverwerfungen ab, gehen in Schiefergebirgsrandsenken (SOBOTHÁ 1956 a, 1978) über oder enden an Schichtstufen.

Zusammenhänge zwischen den geologisch zutage anstehenden Gesteinsschichten und dem Wasserchemismus der untersuchten 63 Quellen verdeutlichen die Abb. 3 und 4. Eine Übersicht der sich aus dem geologischen Bau und den im folgenden dargelegten Erkenntnissen aus den Quelleigenheiten über die Fließwege des Grundwassers im Untersuchungsgebiet gibt Taf. 1.

2. Klima

a. Niederschläge

Zur Ermittlung der Niederschlagshöhe wurden die Ergebnisse von 6 Niederschlagsmeßstellen verwendet (Abb. 1), jedoch sind die Beobachtungszeiträume nicht einheitlich. Die älteren Niederschlagsmeßstellen liegen sämtlich in Lee zu den regenbringenden

Winden. Die in Ergänzung zu diesen eingerichteten Meßstellen in Frankenberg (Deutscher Wetterdienst ab 1952) und Frankenberg-Wolfspfad (Eigenbeobachtung seit 1959) gewonnenen Meßwerte ergaben gegenüber den älteren Ergebnissen rd. 100 mm höhere Jahresniederschläge, jedoch gleichmäßig über das Jahr verteilt ohne grundsätzliche Abweichungen.

Sowohl nach dem Wasserbedarf der Vegetation wie der davon abhängigen Grundwasserneubildung lag entsprechend dem von HESSE (1934: 73) im Edergebiet erkannten Verhältnis Abfluß zu Niederschlag eine Dreiteilung der Jahresniederschläge in Winter — Sommer — Herbst auf der Hand. Der Winter mit deutlicher Grundwasserneubildung reicht von November bis März, der Sommer mit Aufbrauch der Rücklagen durch den Vegetationsbedarf von April bis Juli und der Herbst mit — je nach Sommertemperaturen und -niederschlagsmenge — meist beginnender Rücklagenbildung und damit etwas ansteigendem Basisabfluß von August bis Oktober. Unabhängig davon ließ auch der Chemismus des Grundwassers eine Dreiteilung des Abflußjahres deutlich werden. Die auch im Untersuchungsgebiet große Streubreite der Niederschläge in den einzelnen Jahresdritteln ergibt sich aus Tab. 1.

Tab. 1. Streubreite der Niederschläge in mm an Niederschlagsmeßstellen im Zeitraum 1947-1967

Zeitraum	Maximum	Minimum
	mm, Beobachtungsstation, Jahr	mm, Beobachtungsstation, Jahr
Monat	224/Frankenberg, Juli 1965	0/Frankenberg, Sept. 1959
Jahr	1094/Frankenberg 1966	363/Rosenthal 1959
Winter	559/Rosenthal 1966	150/Wiesefeld 1954
Sommer	444/Frankenberg 1956	106/Willersdorf 1964
Herbst	357/Frankenberg 1960	41/Rosenthal 1947

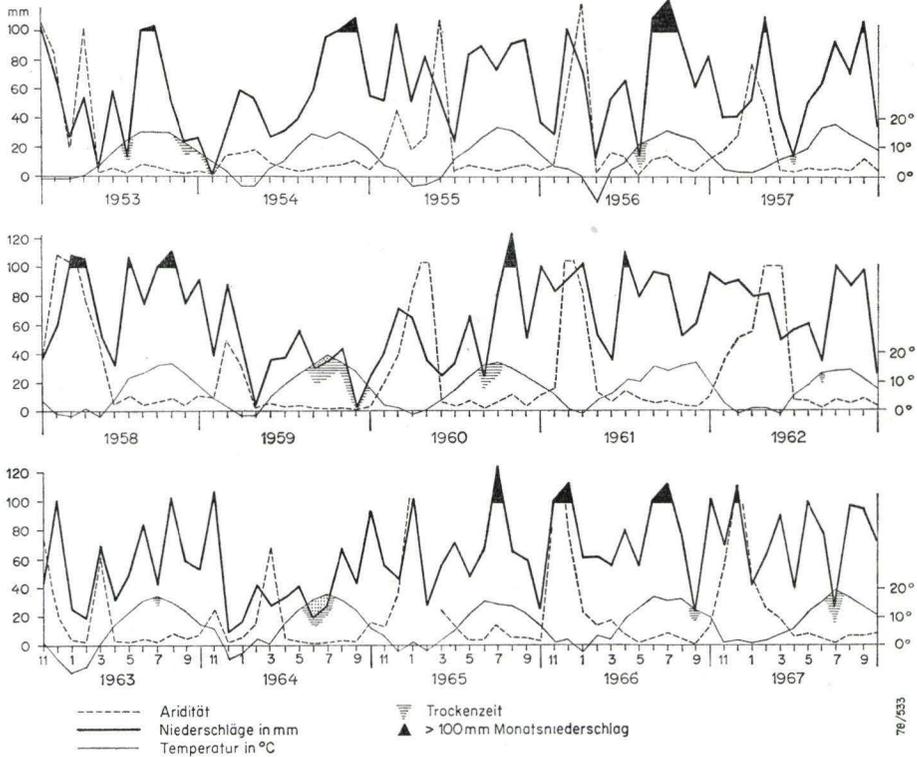
b. Temperatur und Aridität

Luft- und Bodentemperatur beeinflussen in starkem Maße die Verdunstung und hemmen im Winter durch Bodenfrost und im Sommer durch Trockenkrusten auf bindigen Böden die Niederschlagseinsickerung. Kennzeichnende Extremwerte zeigt Tab. 2.

Tab. 2. Extreme Temperaturwerte in °C

Zeitraum	Maximum	Jahr	Minimum	Jahr
Tag	35,1	August 1963	- 23,1	Januar 1968
Monat	19,5	Juli 1959	- 9,3	Januar 1963
Jahr	8,7	1961, 1966	5,7	1963
Eistage	80	1963	17	1961
Tropentage*	13	1964	0	1965

* t max. 30 °C



76/533

Abb. 5. Klimadiagramm nach WALTER für die Jahre 1953 — 1964 mit Darstellung extrem nasser, trockener und arider Zeiträume.

Aus den orographischen Unterschieden (Burgwald z. B. rd. 100 m höher gelegen als Frankenberg mit 300 m über NN) ergeben sich naturgemäß innerhalb des Arbeitsgebietes deutliche Temperaturdifferenzierungen.

Wichtig für die Grundwasserneubildung eines Jahres sind jedoch weniger einzelne Extremwerte als vielmehr die Dauer hoher Temperaturen bei Niederschlagsdefizit. Diese sog. Aridität wurde für die Jahre 1953 — 1967 über einen Trockenheitsindex errechnet und zusammen mit den Niederschlägen und der Temperatur in einem Klimadiagramm dargestellt (Abb. 5). Deutlich arid waren danach die Sommer 1959, 1960 und 1964.

3. Vegetation

Das Arbeitsgebiet wird zu einem großen Teil von geschlossenen Wäldern eingenommen (Abb. 1). Landwirtschaftlich genutzte Flächen umrahmen vor allem den Burgwald und sind S Frankenberg verbreitet. Ein hoher Waldanteil und damit von anthropogenen chemischen Belastungen freies Wasser der Waldquellen waren eine wesentliche Voraussetzung für das Erkennen der kurz- und langperiodischen Schwankungen der Grundwasserbeschaffenheit aus natürlichen Gründen. Inmitten der Wälder liegen auch

die Quellen (Nr. 1, 2 und 8, letztere später durch Nr. 38 ersetzt), an deren Wasser Deuterium-Isotopenuntersuchungen erfolgten (EICHLER 1966). Windrichtung und Vegetation, wobei besonders die Flechten anreichernd und rückhaltend wirken, dürften hier die Hauptursache für eine Änderung im Isotopengehalt des Quell- gegenüber dem des Niederschlagswassers sein.

C. Untersuchte Quellgruppen

1. Einleitung

Die 63 untersuchten Quellen wurden einmal nach der Gleichartigkeit ihres physikalisch-chemischen Verhaltens und zum andern nach schroff gegensätzlichen Voraussetzungen in 16 Quellgruppen (I—XVI) eingeteilt (s. C 2; Abb. 1, Taf. 1—5). Die Bezeichnung der Quellgruppen wurde nach geographischen (Gewässerläufe, Waldgebiete, Ortschaften) oder geologischen Gesichtspunkten (Stratigraphie, Störungen, Schollen) gewählt (s. C 2). Die Quellgruppen I—VI, Listenbach und Listenbachvorland, sind kaum anthropogen belastet (überwiegend Waldgebiet) und werden weitestgehend aus dem oberen Grundwasserstockwerk gespeist. Auf Störungslinien mit kräftigen Zerrüttungszonen liegen die Quellgruppen VII, IX, XI—XIII. Ihr Wasser entstammt vorwiegend dem mittleren Grundwasserstockwerk. Stark mineralisiertes Tiefenwasser kennzeichnet die Quellgruppe VIII. Die Quellgruppen X und XIV verdeutlichen die geogenen und anthropogenen Einflüsse auf den Wasserchemismus, da sie sowohl nach Stratigraphie (Zechstein, Unterer und Mittlerer Buntsandstein) wie Vegetation (Feld, Wald) differieren. Ihr Wasser erhalten sie teils aus dem oberen, teils aus dem mittleren Grundwasserstockwerk. Die Quellgruppen XIV und XV schließlich repräsentieren den Typ von oberflächennahem Wasser gespeister Quellen.

Für die im nachfolgenden Abschn. 2 gegebenen kurzen, kennzeichnenden Charakteristika der einzelnen Quellgruppen wird besonders auf die in Taf. 2—5 zusammengestellten Mittel- und Extremwerte der Quellen³ im Beobachtungszeitraum verwiesen. Dort sind auch Lage (Rechts- und Hochwerte, Höhe über NN, Hangneigungsrichtung), geologische Position, vermutliche Einzugsgebietsgröße u. a. vermerkt.

2. Beschreibung und physikalisch-chemische Eigenschaften

I. Unterer Listenbach, Quell-Nr. 1—4

Die Quellen 1 und 2 liegen am niedrigsten und sind reine Waldquellen mit sehr gleichmäßiger Schüttung und geringen Temperaturschwankungen. Die beiden anderen liegen höher im Wald, doch gehören zu ihrem Einzugsgebiet auch Ackerflächen auf der Höhe. Härte und Chloride liegen daher etwas höher und variieren auch etwas stärker. In niederschlagsarmen Jahren sind die Härten aller 4 Quellen niedriger, im Jahresgang sind sie im Winter am höchsten. Schüttungserhöhungen im Anschluß an Trockenperioden bringen Härteanstiege, Schüttungsabnahmen Erniedrigungen. Beim Chlorid ist ein einheitlicher Trend nicht vorhanden. Die höchsten Gehalte treten bei den Waldquellen (Nr. 1 und 2) im Sommer, bei den anderen im Winter auf. Da Streusalzbeeinflussungen mit Sicherheit ausschneiden, muß dies vor allem auf Vegetationseinwirkungen zurückgeführt werden.

³ Bei fehlenden Angaben reichte die Zahl der ermittelten Werte nicht aus (Bauarbeiten, Überflutung usw.).

Der Anteil des Grundwasserspeicherraums, der in bestimmten Zeiträumen am Grundwasserumsatz beteiligt ist, läßt sich über das Ansprechen der Quellschüttung auf Niederschläge nach längeren Trockenperioden ermitteln. Die beiden Waldquellen dürften im allg. 400 (Nr. 1) und 600 m³ (Nr. 2) Speicherraum haben. Vom Winterdrittel an steigt die monatliche Niederschlagsmenge, die zu einer Erhöhung der Quellschüttung führt, von 80 mm im Mai bis auf >100 mm im Juli und August. Nach dem besonders trockenen Frühjahr 1957 blieben sogar 130 mm ohne Auswirkung. Das stark hängige Einzugsgebiet der Waldquellen läßt fast 7% des Niederschlags in den Quellen zum Abfluß kommen, die höhergelegenen Quellen 3 und 4 mit flacheren Einzugsgebietsanteilen schütten 5% des Niederschlags.

II. Mittlerer Listenbach, Quell-Nr. 5—7

Die 3 Quellen liegen in schmalen Talwiesen, Nr. 5 hat nur Wald, die beiden anderen rd. die Hälfte landwirtschaftliche Nutzfläche im Einzugsgebiet. Höhe und Streubreite der Härten und des Chloridgehaltes verdeutlichen das (Abb. 6). Die höchsten Werte

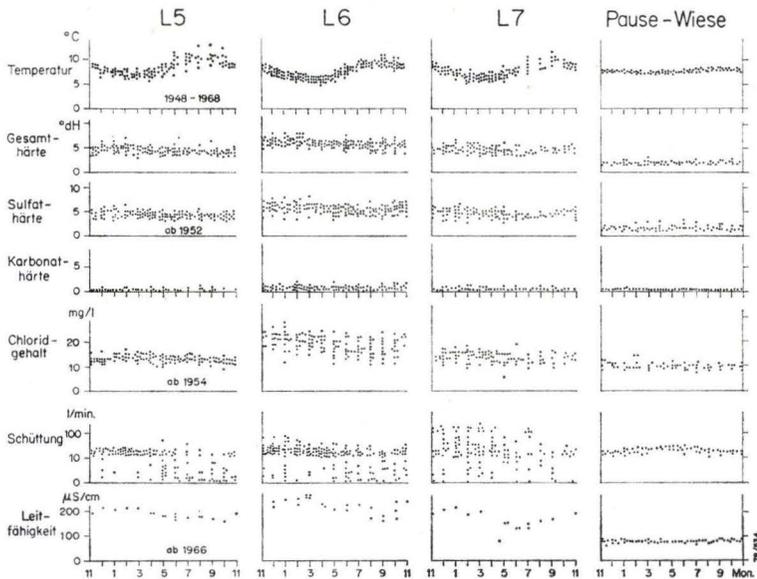


Abb. 6. Streuungsbänder einiger Quellwassereigenschaften der Listenbachquellen Nr. 5—7 und der Quelle Pause-Wiese (Nr. 38).

treten im Winter auf, Maxima bei geringer, Minima bei starker Schüttung. Die Schwankungsbreite dürfte maßgebend vom Fließweg (Länge und Tiefe) beeinflusst sein. Die Temperaturvariation ist bei Quelle Nr. 5 am größten, da sich die Lage auf einem Südhang und Anteile oberflächennahen Grundwassers auswirken. Alle Quellen sprechen relativ rasch auf Niederschläge an (Abb. 7). Für Schüttungserhöhungen sind ähnliche Niederschlagsmengen wie bei der Gruppe I, im August sogar 150 mm erforderlich, doch erfolgt der Grundwasserumsatz rascher. Die Quelle 7 schüttert fast 8% des Niederschlags — höchster Wert des Listenbachgebietes —, wahrscheinlich weil die kurze Speicherung Verluste durch die Vegetation vermindert.

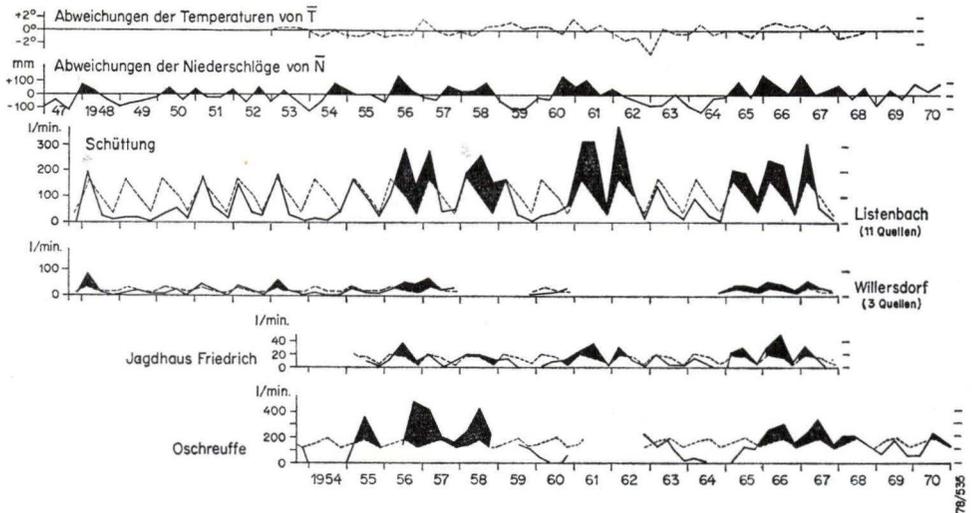


Abb. 7. Abweichungen der Jahreszeitenmittel (Winter, Sommer, Herbst) von Temperaturen, Niederschlägen und Schüttungen einzelner Quellgruppen und Quellen vom langjährigen Mittel. Schwarz ausgefüllt = zu hoch. Gestrichelte Schüttungslinie = langjähriges Mittel. (Anmerkung: Jagdhaus Friedrich lies Jagdhaus Friedrichshausen.)

III. Oberer Listenbach, Quell-Nr. 8—11

Diese Quellgruppe besteht aus 4 Quellen, da die Quelle 8 sich durch menschliche Eingriffe in zwei Teilquellen, 8 u und 8 o, die Unterschiede zeigten, aufspaltete. Sie sind neben den Quellen Nr. 12, 58, 59 und 62, die z. T. höher liegen, die höchstgelegenen im Arbeitsgebiet. Das wenig eingeschnittene Tal hat einen nur geringen Speicherraum zur Folge. Entsprechend reagieren sie auf Niederschläge relativ rasch (max. Abflußverzögerung höchstens 1 Monat). Trockenfallen tritt häufiger auf, und die zum Wiederansprechen benötigte Niederschlagsmenge ist deutlich geringer als bei den tiefergelegenen der vorhergehenden Quellgruppen. Der geringe Speicherraum und die rasche Reaktion auf Niederschläge verursachen die deutlichen Temperaturänderungen. Ebenso treten die geringsten Härten nach starken Niederschlägen oder nach Tauwetter, die höchsten gegen Ende der Grundwasservorräte auf. Die höchsten Chloridgehalte werden besonders durch den unterschiedlichen Speicherraum der 4 Quellen bestimmt. Er tritt bei Quelle 8 u nach 1—2 Monaten, bei Nr. 10 (Listenbach 9) nach ca. 1 Monat, bei Nr. 8 o nach einigen Wochen und bei Nr. 11 (Listenbach 10) nach 10 Tagen auf. Quelle 11 entspricht in vielem der Quelle 56 (Wolfspfad, Quellgruppe XV), die nur oberflächennahes Grundwasser führt.

IV. Listenbach NE, Quell-Nr. 12—15

Auch diese Quellen liegen recht hoch und zeigen daher viele Eigenheiten der vorhergehenden Gruppe, wie Schüttungs- und Temperaturschwankungen sowie das zeitliche Auftreten der Härtemaxima. Von Quelle 12 nach 15 nimmt die Abflußverzögerung nach Niederschlägen von geringfügig auf fast 3 Monate zu. Quellen 13 und 14 haben durch das Auftreten von Hydrogenkarbonat, das bei den anderen fast völlig fehlt, erhöhte

Härten. Die Härtemaxima erscheinen meist bis etwa 2 Monate nach Schüttungsabfall, häufig bei Neuanstieg des Abflusses, die Minima nach Starkregen in Regenperioden. Der Schwankungsgang des Chloridgehaltes entspricht dem der Härte. Besonders große Schwankungen aller Inhaltsstoffe zeigt die Quelle Nr. 15, ähnlich wie Quelle Nr. 19 (s. u.).

V. Listenbach SE, Quell-Nr. 16 — 19

Neben mehreren kleinen, oft versiegenden Quellen liegen drei nachhaltig schüttende auf engem Raum zusammen. Wald ist mit Ausnahme von Nr. 19 nur etwas auf der Wasserscheide vorhanden. Ein Schichteinfallen nach W macht ein über die Wasserscheide nach E reichendes Einzugsgebiet wahrscheinlich. Überdurchschnittliche Klüftung deutet sich durch eine Subrosionssenke am Knebelstrod, dem höchsten Punkt der Burgwaldplatte, an.

Die Wassertemperatur wird durch die Südhanglage und die Schüttungsstärke, die Schwankungsbreite durch den Anteil oberflächennahen Grundwassers beeinflusst. Dies wird durch den Quellabfluß, der bei den beiden Wiesenquellen (Nr. 16, 17) stark variiert und somit fast ausschließlich der Sickerwasserwelle (subsurface flow) angehört, während die Tränke (Nr. 18) bei einer Abflußverzögerung von einem Monat und länger auch aus einem tieferen Stockwerk gespeist wird, bestätigt. Eine Abflußerhöhung bei Quelle 18 erfordert jedoch weniger Niederschlag (Mai 80 mm, Juni 100 mm, Juli 120 mm, August 90 mm, September 80 mm, Oktober 70 mm) als bei Quellen mit größerem Speicherraum. Als Schüttung erscheinen daher $> 5\%$ des Niederschlags.

In den Härten unterscheiden sich die beiden Wiesenquellen aufgrund ihres Hydrogenkarbonatgehaltes beachtlich von den Quellen 18 und 19. In diesen kann die Gesamthärte in einer Trockenperiode statt um 12 um 15°d pendeln, da die Vorherrschaft des weichen Buntsandsteinwassers von härterem Zechsteinwasser abgelöst wird.

Beim Chloridgehalt zeigt der Isselsborn (Nr. 19) mit bewaldetem Einzugsgebiet nur halb so hohe Konzentrationen wie die anderen Quellen. Die Variation ist bei den einzelnen Quellen ungleichmäßig, doch folgt meist nach dem Minimum beim ersten höheren Abfluß nach Starkregen ein ansteigender Chloridgehalt auch bei zunehmender Schüttung, unbeeinflusst von gleichbleibender oder fallender Härte.

VI. Listenbachvorland, Quell-Nr. 20 — 23

Die kräftigen Quellen liegen 1 km vom Listenbach-Waldgebiet inmitten von Feldfluren, müssen jedoch nach ihrer wesentlich tieferen Lage (300 — 350 m über NN) Zuflüsse von dort erhalten.

Die starke Schüttung bedingt geringe Temperaturunterschiede; nur die Quelle Stennerbach (Nr. 20) zeigt einen deutlichen Jahreszeitengang, was ein oberflächennahes Fließen des Grundwassers vor dem Austritt anzeigen dürfte. Die Mindestgröße des Speicherraums wurde in Trockenjahren für die Quelle Stennerbach mit $4\,000\text{ m}^3$, für die Quelle Nr. 22 (Willersdorf Born oder Hambersborn) mit $8\,000\text{ m}^3$ ermittelt, die Osterquelle (Nr. 21) fällt gelegentlich trocken. Die geringste Abflußverzögerung nach Niederschlägen hat mit rd. 1 Monat die Quelle Stennerbach (Nr. 20). In dem großen Einzugsgebiet der Vorlandquellen fließen nur etwa $2,5\text{ — }4,5\%$ des Niederschlags als Quellwasser ab; größere Mengen werden in andere Grundwasserbereiche, besonders in Zerrüttungszonen, eingespeist.

Die Härten lassen erkennen, daß in der Wasserfassung Willersdorf (Quell-Nr. 23) weicherer Buntsandsteinwasser und härteres Zerrüttungszonenwasser abwechselnd überwiegen, in Quelle 21 (Osterquelle) der Zufluß des härteren Wassers in Trockenperioden zuerst nachläßt und daß Starkregen erst härteres Restwasser verdrängen müssen, ehe das Härteminimum eintritt. Im Chloridgehalt treten Minima erst einen Monat nach Starkregen ein. Mit Ausnahme der Osterquelle (in Weide gelegen) war der Chloridgehalt in Feuchtperioden am höchsten.

VII. Nempfe et al., Quell-Nr. 24 — 27

Die Nempfetquellen, die schon DENCKMANN (1901) untersuchte, liegen auf einer Zerrüttungszone, auf der sich von S zufließendes Grundwasser vor dem Schiefergebirgsrand staut und z. T. örtlich mit Mineralwasser vermischt austritt. Eine dieser Quellen in den Teichwiesen (Nr. 27) wurde bei Bohrarbeiten zur Estavelle, die zeitweise Wasser der Nempfe schluckt. Im Quelltrichter der Teichestavelle konnte das Vorhandensein voneinander unabhängiger Klüfte gut beobachtet werden. Zeitweise trat aus einer Kluft Wasser aus, floß quer durch den Quelltrichter und verschwand am anderen Rand wieder in einer anderen.

Die Temperatur liegt außer beim Kierzeborn (Nr. 25), der Wasser aus E erhält, $> 9^{\circ}\text{C}$ und schwankt fast nicht. Die Schüttung der höher gelegenen Quellen ist stärker, sie versiegen nicht. Die Ledermühlenquelle (Nr. 26) dürfte einen Speicherraum von 9 000 m³ haben; sie versiegt nur bei zwei aufeinanderfolgenden Trockenjahren, die Verzögerung von Schüttungsmaxima beträgt 2 Monate.

Die Härten nehmen, auch auf den anderen Zerrüttungszonen, von S nach N zu. Der Eintritt eines Härtemaximums nach kräftigen Regenfällen im Anschluß an eine Trockenperiode erfolgt ebenso wie das Auftreten der Minima im S an Quelle 24 deutlicher vor Quelle 26 im N (Abb. 8). Der relativ geringe Chloridgehalt der im landwirtschaftlich genutzten Gebiet gelegenen Quellen könnte durch Einspeisung aus entfernten Waldgebieten beeinflusst sein. Starkregen wirken sich, wenn auch mit einer Verzögerung von einem Monat, deutlich aus.

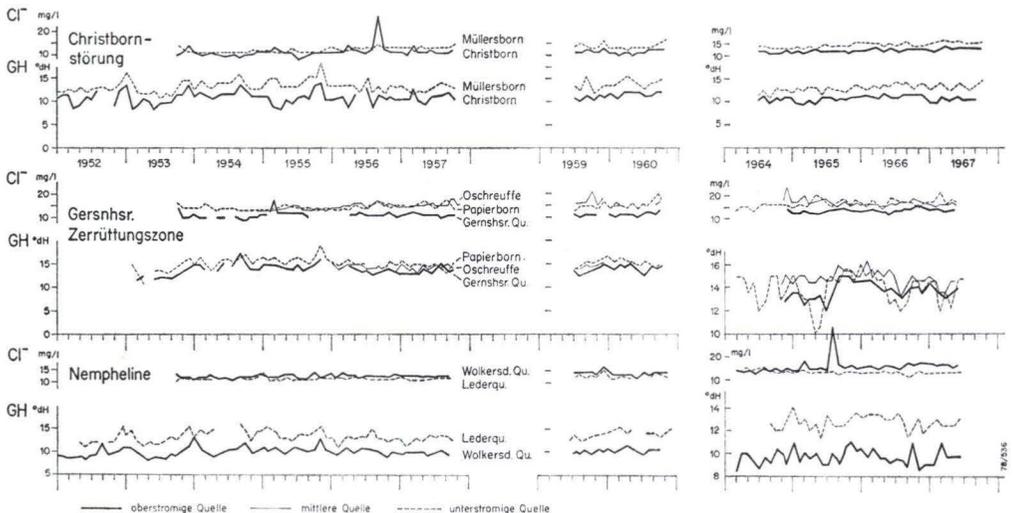


Abb. 8. Ganglinien der Gesamthärte und des Chloridgehaltes im Quellwasser entlang Zerrüttungszonen.

VIII. Mineralwässer, Quell-Nr. 28 — 31

An der Schiefergebirgsrandspalte steigt bei Frankenberg Mineralwasser auf. Dort wurde 1956 in 40 m Teufe ein Natrium-Sulfat-Chloridwasser erbohrt. Dieses Mineralwasser hatte einen artesischen Auftrieb bis 1 m über Talniveau. Durch nahegelegene Bohrungen wurde dieser Druckspiegel bis zur Höhe der Talaue abgesenkt. Im Umkreis der Mineralquelle mischen sich heute Süß- und Mineralwasser. Das Mischungsverhältnis ändert sich bei stärkerem Abpumpen.

5 km E des Frankenberger Vorkommens wurde bei Friedrichshausen ein Gipswasser erschlossen. — Ein weiteres mineralreiches Wasser liefert der Dammborn (Nr. 28). Er schüttet seit Jahrtausenden ein Wasser mit einer Leitfähigkeit von $> 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$, d. h., daß es eine nahe dem Mineralwasser liegende Konzentration an gelösten Stoffen aufweist.

Die Temperaturen des Mineralwassers liegen $> 10^\circ\text{C}$ und schwanken nur um Zehntelgrade. Der freie Auslauf der Mineralquelle scheint dem Niederschlagsgang vorhergehender Jahre zu folgen. Extreme Monatssummen, z. B. 164 mm im Juli 1967, scheinen sich nicht auszuwirken.

Die Chloridgehalte der Mischwässer steigen, wenn die Härte abnimmt. In Mineralwasser gelöste Gase enthalten auch CO_2 , so daß bei der Entgasung Eisen ausfällt. Der Schwefelwasserstoff dürfte erst im Brunnenhäuschen bakteriell entstehen.

IX. Wiesenfeld — Ernsthausen, Quell-Nr. 32 — 35

Die Störung Wiesenfeld — Ernsthausen ist von starken Quellen begleitet. Diese Verwerfung trennt weicherer Wasser im E von härterem im W, doch nimmt die Härte mit Ausnahme der Würzeberg-Quelle allgemein nach S zu (Abb. 8 u. 9). Diese und andere

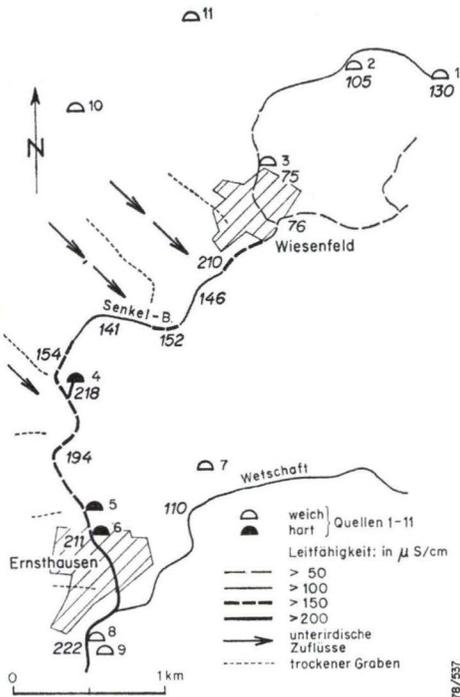


Abb. 9.

Änderungen der Leitfähigkeiten im Wasser des Senkelbaches durch Grundwasserzuflüsse am 3. 11. 1969.
 Quelle (geradestehende Zahlen):
 1 = Schinnerborn, 2 = Erlenhieb,
 3 = Heiligenborn, 4 = Christborn,
 5 = Katzenborn, 6 = Müllersborn Ernsthausen, 7 = Forsthaus Ernsthausen,
 8 + 9 = Bruchmühle, 10 = Müllerborn SW Birkenbringhausen, 11 = Küppelborn.
 Schräggestehende Zahlen = gemessene Leitfähigkeitswerte.

hydrochemische Abweichungen müssen durch eine vorgelagerte tertiäre Schichtstufe verursacht werden (SOBOTH 1963). Neueste Aufschlüsse wiesen hier auch eine fossile Zerrüttungszone nach, deren Spalten durch Eisenerzausscheidungen verheilt waren.

Die Temperaturen schwanken aufgrund der Schüttungsstärke und des großen Speicherraumes wenig. Die Schüttung folgt den Niederschlägen des Vorjahres (Abb. 7), eine Minimalschüttung tritt erst einige Monate nach Trockenperioden ein. Trocken- und Feuchttore sind im Chemismus nur schwach erkennbar.

Die unter Trockenwetterbedingungen gemessenen Leitfähigkeiten (Abb. 9) verdeutlichen die nebeneinander vorliegenden hydrochemischen Grundwasserbereiche. Wie scharf solche Grenzen sein können, belegt der Austritt hydrochemisch unterschiedlicher Wässer aus nicht einmal einen Meter voneinander entfernten Klüften des Christborns. Auch bei einem Pumpversuch zwischen den Quellen 5 und 6 der Abb. 9 zeigte der Katzenborn (Nr. 5) keine Beeinflussung.

X. Burgwald, Quell-Nr. 36 — 39

Hierunter sind starke Quellen auf einem E—W gerichteten Querschnitt durch den Burgwald zusammengefaßt. Quelle Nr. 37 (Rosenthal Thalhausen) erhält härteres Wasser aus einer Störungszone, die anderen dagegen führen weiches bis sehr weiches Buntsandsteinwasser. Der Waldreichtum der Einzugsgebiete aller Quellen ermöglicht einen direkten hydrochemischen Vergleich und läßt den Unterschied zwischen dem Wasser der Störungszone und des Buntsandsteins deutlich werden (Abb. 10). Bei den Buntsandsteinquellen Pause-Wiese und Born Lehnhausen (Nr. 39) wirken sich in der Temperatur die um 60 m höhere Höhenlage der Pause-Wiese und die beim Born Lehnhausen größere Eindringtiefe, die erwärmend wirkt, um im Mittel fast $1\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ erniedrigend aus. Die Schwankungsbreite ist gering.

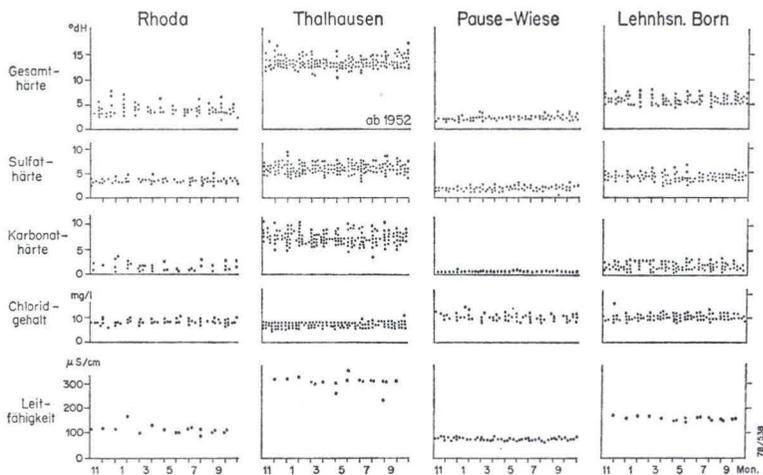


Abb. 10. Streuungsbänder der Quellwassereigenschaften starker Buntsandsteinquellen im Burgwald.

Die Schüttung beider Quellen folgt im wesentlichen dem Jahresgang des Niederschlags. Nr. 39 spricht deutlich auf nasse Winter, dagegen wenig auf hohe Sommer-

niederschläge (149 mm im Juli ohne Wirkung) an, während die Quelle Pause-Wiese zwei Monate später darauf reagierte.

Die Härten verdeutlichen die Herkunft der Quellwässer. Die Quellen 36 (Roda) und 39 (Lehnhausen) haben typisches Buntsandsteinwasser, Nr. 38 (Pause-Wiese) ist extrem weich, da hier eine alte Landoberfläche die geogen bedingten Härten mindert. Das Quellwasser (Thalhausen) Nr. 37 ist deutlich härter und entstammt einer Störungszone. Die Streubreite ist recht gering, auch bei den Chloridgehalten, die in der Quelle Roda mit 10 und Pause-Wiese mit 60 Tagen Verzögerung auf Niederschläge reagieren und damit oberflächennähere Speicherräume als die beiden anderen besitzen.

XI. Wohra—Schweinf, Quell-Nr. 40—43

Die Quellen liegen im Unteren Buntsandstein auf Randverwerfungen oder Störungs-zonen, werden für Trinkwasser (Nr. 43), Fischteiche (Nr. 40) und Badeanstalt (St. Annen, Nr. 41) genutzt. Die Wassertemperaturen nehmen mit zunehmender Höhenlage nach N zu ab. Schüttungsmessungen waren wegen der Nutzungsbeeinflussung kaum möglich; die Quelle 41 fiel einmal in einem zweiten Trockenjahr aus. Die Härten sind im N und S höher, da in der Mitte von W aus dem Burgwald weiches Wasser zuströmt. Am meisten schwanken die Härten der Quelle 41, die zeitweise hydrogenkarbonatfreies aggressives Wasser führte. Die Verzögerung der Maxima betrug 2—4 Monate, die der Minima nur 1 Monat. Die Chloridführung zeigt Maxima 5 Monate nach Trockenperioden, Minima nach Starkregen dagegen bedeutend schneller. Die Lage unter höheren Hängen scheint für einen geringeren Chloridgehalt von Bedeutung zu sein.

XII. Geismarer Randscholle, Quell-Nr. 44—47

Vor dem Schiefergebirge des Kellerwaldes liegt die Geismarer Randscholle mit schräggestelltem Zechstein und Unterem Buntsandstein. Auf der besonders im N bruchtektonisch zerlegten Scholle treten starke, zur Wasserversorgung gefaßte Quellen zutage.

Die Wassertemperaturen der ausgewählten Quellen sind verhältnismäßig niedrig (Einzugsgebiete orographisch hoch gelegen!), die Schüttung ist gleichmäßig. Die Härten sind im N bei den Quellen 46 und 47 (Ellershausen und Hüsten-Mühle) aufgrund höherer Sulfatgehalte (andere Zechsteinfazies!) höher (Abb. 11). Auf die Schwankungsbreite

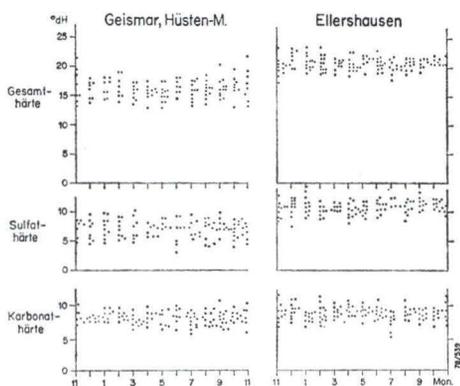


Abb. 11.

Härte-Streuungsbänder der Zechstein-Quellen Ellershausen (Nr. 46) und Hüsten-Mühle (Nr. 47).

wirken sich die Vorjahresniederschläge aus; Naßjahre bringen hohe, Trockenjahre niedrige Härten. Ursache ist die unterschiedliche Ausspülungsrate bei den vorwiegend landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten. Demgegenüber haben die Quellen 44 und 45 bei oder nach längerer Trockenheit hohe Härten, Nr. 45 meist mit 2 Monaten Verzögerung. Auch der Chloridgehalt zeigt ein unterschiedliches Verhalten. In den beiden N gelegenen Quellen 46 und 47 ist er in Naßjahren hoch, in den südlichen fällt er bei Niederschlägen ab.

XIII. Gernshäuser Verwerfung, Quell-Nr. 48 — 51

Diese Verwerfung trennt eine dem Schiefergebirge im NE der Frankenger Bucht vorgelagerte Scholle aus Zechstein und Unterem Buntsandstein von dem S angrenzenden Buntsandsteingebiet ab.

Das Mittel der Wassertemperaturen liegt nur in der höchstgelegenen Quelle Dörnholzhausen (Nr. 48) $< 9^{\circ}\text{C}$. Die Schüttung schwankt deutlich, vor allem in Quelle 50 (Oschreuffe) (Tab. 3). Sie kann 10 l/s schütten, aber auch im 2. Trockenjahr versiegen und zur Estavelle werden. In zwei Monaten einer Trockenperiode schüttete sie 9 000 m³ Wasser, bis zum Trockenfallen weitere 3 000 m³. Die Abflußmenge ist vom Vorjahresniederschlag abhängig; bei gefülltem Speicherraum wirken sich hohe Niederschläge nach einem Monat aus.

Die Härten nehmen von E nach W, von Quelle 48 nach 51 (Papierborn), zu (Abb. 8). Trockene Sommer bringen eine Härtezunahme, nasser Sommer und Herbst eine Abnahme im folgenden Jahr. Der Chloridgehalt zeigt örtliche Besonderheiten. In den Quellen 50 und 51 tritt das Maximum im Herbst, in Quelle 48 im Winter, in Nr. 49 (Gernshausen) dagegen im Sommer auf. Auffällig ist wieder die voneinander unabhängige Wasserführung eng benachbarter Klüfte, die neben Verwerfungen aufrissen. So zeigen auch die beiden neben einer gemeinsamen Störung gelegenen Quellen Oschreuffe und Papierborn schüttungsmäßig keinen Zusammenhang.

XIV. Zechstein — Buntsandstein, Quell-Nr. 52 — 55

Die Quellen Nr. 52 und 53 (Totenborn und Rennertehausen) liegen im Zechstein (Nr. 53 am Rand einer kleineren Terrasse), die Nr. 54 und 55 (Birkenbringhausen und Schinnerborn) im Unteren bzw. Mittleren Buntsandstein. Die Quellen 52 und 55 liegen am höchsten (350 und 382 m über NN) und haben ein voll bewaldetes Einzugsgebiet, das der anderen wird fast ganz landwirtschaftlich genutzt.

Niedrige Temperaturen, geringe Ergiebigkeit und erhebliche Schüttungsschwankungen weisen die hochgelegenen Waldquellen auf. Die unregelmäßigste Schüttung hat jedoch die Quelle Birkenbringhausen (54), die zwar einen beachtlichen, auf Niederschläge rasch ansprechenden, aber auch rasch leerlaufenden Speicherraum besitzt. Die kleineren Speicherräume der Waldquellen 52 und 55 entleeren sich schwach, aber gleichmäßig. Quelle 54 hat einen größeren Grundwasservorrat, reagiert jedoch merklich auf stärkere Niederschläge.

Die Härten zeigen den Unterschied zwischen Buntsandstein- und Zechsteinwasser. Erhöhte Härten treten in Trockenperioden auf. Die bei den Zechsteinquellen (52, 53) bei Quelle 53 höhere Karbonathärte ist geogen bedingt (stärker karbonatische Gesteine).

Der Chloridgehalt streute trotz der sonst ausgleichend wirkenden stärkeren Schüttung am deutlichsten in der „Ackerlandquelle“ Rennertehausen (Nr. 53). Der Chloridgehalt ging merklich zurück, wenn Bodenfrost den Auswaschungsvorgang ausschloß. Der Brunnen Wolfspfad (s. u.) brachte hierüber ebenfalls wertvolle Erkenntnisse, da er, nur 20 m neben einer Klimastation gelegen (s. vorn) und lange täglich untersucht, Zusammenhänge zwischen Niederschlägen und hydrochemischen Änderungen sehr deutlich werden ließ.

XV. Schiefergebirgsrand, Quell-Nr. 56 — 59

Diese vier oberflächennahen Grundwässer zirkulieren in teils festem, teils zersetztem Zechstein-Sandstein mit Auflagerung einer Ederterrasse und Rißlöß (Br. Wolfspfad, Nr. 56), in Kulmtonschiefern und -grauwacke mit z. T. Zechsteinüberlagerung (Nr. 57), in Kulmtonschiefern (Br. Louisendorf, Nr. 58) und in kalkigem Oberdevon (Nr. 59).

Die Temperaturen des oberflächennahen Grundwassers schwanken, wie zu erwarten, stark. Bei Nr. 56 wirkt sich die bodennahe Lufttemperatur deutlich aus (Tab. 3). Die Schüttung ist trotz der sehr kleinen Einzugsgebiete der Nr. 57 und 58 relativ gleichmäßig, da die geringe Durchlässigkeit ausgleichend wirkt. Br. Wolfspfad (Nr. 56) reagiert dagegen mit nur kurzer Verzögerung auf Niederschläge (Tab. 3). Eine Besonderheit des Br. Wolfspfad ist, daß sein Wasser in mehreren Jahren, jedoch nur zur Zeit der Schneeschmelze, alkalisch reagierte. Tauwetter ohne Schnee ließ den Brunnenwasserstand ansteigen, da durch Frost gebundenes Bodenwasser frei wurde.

Härteänderungen treten besonders in feuchten Wintermonaten auf, Minima meist kurz nach Starkregen und um so deutlicher, je kleiner das Einzugsgebiet ist. Die Chloridgehalte sind im Winter am höchsten. Fünf Tage nach Tauwetterbeginn setzen Streusalzauswirkungen im Wasser des Br. Wolfspfad (Tab. 3) und ähnlich im Br. Louisendorf (Nr. 58) ein.

XVI. Grauwackenhorst, Quell-Nr. 60 — 63

Alle vier Quellen liegen in oder am Rand eines Grauwackenhorstes auf einer Randscholle und führen ebenfalls oberflächennahes Grundwasser. Die Untersuchungen wurden hier nicht über den gesamten, sondern nur einige Jahre zu Beginn und gegen Ende des Beobachtungszeitraums durchgeführt.

Die Wassertemperaturen zeigen die für oberflächennahes Grundwasser typischen jahreszeitlichen Schwankungen, lediglich in Nr. 60 deutet die im Winter höhere Temperatur auf Zutritt aus tieferen Grundwasserleitern hin. Die Schüttung ist schwach, aber sehr ausdauernd (kleine k_f -Werte!).

Die Härten sind typisch für Grundwasserleiter aus Gesteinen von kalkhaltigen Grauwacken. Maxima treten am Ende von Trockenperioden, Minima nach Starkniederschlägen auf. Die Chloridgehalte schwanken in gleicher Weise wie die Härten. Die höchsten Chloridwerte hat aufgrund der landwirtschaftlichen Nutzung ihres Einzugsgebietes Nr. 62.

Anmerkung zu Tab. 3 auf S. 24:

Bei Br. Wolfspfad lies statt Oberflächenwasser „oberflächennahes Grundwasser“, für Erg. l/min „Wasserstand in cm“ und bei Wassertemperatur T_w für Feb. 1964 1,9 und für Mai 1965 11,2°C.

Tab. 3. Beispiele von Quellstammlättern (Quelle Oschreuffe und Brunnen Wolfspfad mit Monatswerten für die Trockenjahre 1963/64 und die Naßjahre 1965/66)

Oschreuffe (Überjahrenspeicher)								Br. Wolfspfad (Oberflächenwasser)									
Jahr	Tag	Tw. °C	Erg. l/min	G _d °d	H _s °dH	H _c °dH	Cl ⁻	Jahr	Tag	Tw. °C	Erg. l/min	G _d °d	H _s °dH	H _c °dH	Cl ⁻		
1963	Jan.	19	8,9	90	15 1/2	7 1/2	8	16	1963	Jan.	20	-	-	-	-	-	
	Feb.	20	8,6	80	15 1/2	8 1/2	7	17	Feb.	20	-	-	-	-	-	-	
	März	19	8,2	210	15	7	8	16	März	19	0,6	62	9 1/2	7	2 1/2	14	
	Apr.	20	8,6	270	14 1/2	8 1/2	6	16	Apr.	20	7,2	20	12 1/2	7	5 1/2	17	
	Mai	20	9,1	180	13 1/4	4 1/2	9	19	Mai	20	8,4	21	10	5	5	11	
	Juni	20	9,3	180	16	5 1/2	10 1/2	18	Juni	20	12,2	49	8 1/4	5	3 1/4	4	
	Juli	20	9,8	80	16	7 1/4	8 3/4	18	Juli	20	-	0	-	-	-	-	
	Aug.	20	10,0	48	16	7	9	18	Aug.	20	13,2	42	8 1/2	5	3 1/2	4	
	Sept.	19	10,4	2,5	15 1/2	6	9 1/2	18	Sept.	19	-	0	-	-	-	-	
	Okt.	19	-	0	-	-	-	-	Okt.	19	-	0	-	-	-	-	
	Nov.	19	-	0	-	-	-	-	Nov.	19	8,8	60	9 1/2	5 1/2	4	8	
	Dez.	21	9,2	70	15	9	6	17	Dez.	21	-	-	-	-	-	-	
1964	Jan.	20	8,6	24	16 1/2	6 1/2	10	19	1964	Jan.	20	-	0	-	-	-	-
	Feb.	19	8,2	36	12	4 1/2	7 1/2	16	Feb.	20	19	40	18 1/2	10 1/2	8	114	
	März	20	8,0	36	15	5	10	18	März	20	2,8	20	23	19	4	87	
	Apr.	20	8,2	26	15 1/2	5 1/2	10	16	April	20	7,4	21	17	11	6	57	
	Mai	16	-	0	-	-	-	-	Mai	16	-	0	-	-	-	-	
	Juni	20	-	0	-	-	-	-	Juni	20	-	0	-	-	-	-	
	Juli	20	-	0	-	-	-	-	Juli	20	-	0	-	-	-	-	
	Aug.	20	-	0	-	-	-	-	Aug.	20	-	0	-	-	-	-	
	Sept.	19	-	0	-	-	-	-	Sept.	20	-	0	-	-	-	-	
	Okt.	19	-	0	-	-	-	-	Okt.	20	8,4	41	9 1/2	6	3 1/2	6	
	Nov.	20	-	0	-	-	-	-	Nov.	20	7,3	48	8	6	2	6	
	Dez.	19	-	0	-	-	-	-	Dez.	20	4,2	42	11 1/2	7 1/2	4	19	
1965	Jan.	21	-	0	-	-	-	-	1965	Jan.	21	2,8	61	15	11	4	40
	Feb.	19	-	0	-	-	-	-	Feb.	19	2,2	58	22	12	10	58	
	März	22	8,2	45	14 1/2	6 1/2	8	17	März	23	3,6	61	17	12 1/2	4 1/2	75	
	Apr.	20	8,3	120	15	6	9	24	Apr.	20	5,2	62	11	6	5	20	
	Mai	20	8,7	135	14 1/2	7	7 1/2	17	Mai	24	17,2	32	6 1/4	5	1 1/4	11	
	Juni	19	9,0	105	15	7	8	17	Juni	19	12,2	53	5 1/2	4	1 1/2	2	
	Juli	20	9,8	90	15	7	8	20	Juli	20	13,8	55	17	11 1/2	5 1/2	45	
	Aug.	20	9,6	135	14 1/2	6 1/2	8	17	Aug.	20	14,0	18	5 1/2	4	1 1/2	4	
	Sept.	21	9,6	125	14 1/2	6	8 1/2	17	Sept.	21	-	0	-	-	-	-	
	Okt.	20	9,5	85	15	7 1/2	7 1/2	18	Okt.	20	-	0	-	-	-	-	
	Nov.	20	9,2	30	14 1/2	6	8 1/2	18	Nov.	20	3,6	39	10 1/4	7	3 1/4	17	
	Dez.	20	8,7	200	14 1/2	7	7 1/2	17	Dez.	20	5,4	61	27 1/2	22	5 1/2	141	
1966	Jan.	20	8,6	300	16	6 1/2	9 1/2	16	1966	Jan.	20	-	0	-	-	-	-
	Feb.	19	8,6	350	15 1/2	7 1/2	8	18	Feb.	19	3,3	49	20	12 1/2	7 1/2	181	
	März	19	8,6	350	15 1/2	6	9 1/2	16	März	20	4,0	17	16 1/2	11 1/2	5	124	
	Apr.	20	8,8	15	6 1/2	8 1/2	17	17	Apr.	20	8,2	58	20 1/2	12 1/4	8 1/4	85	
	Mai	19	9,0	300	15	7	8	16	Mai	20	-	0	-	-	-	-	
	Juni	20	9,2	280	16 1/2	8	8 1/2	16	Juni	20	13,5	15	7 1/2	4 1/2	3	2	
	Juli	20	9,6	300	15	6 1/2	8 1/2	16	Juli	20	13,2	48	5 1/2	3 1/2	2	2	
	Aug.	20	9,5	180	15 1/2	7	8 1/2	16	Aug.	20	-	0	-	-	-	-	
	Sept.	20	9,4	150	15	6	9	16	Sept.	20	-	0	-	-	-	-	
	Okt.	20	9,5	95	15 1/2	6 1/2	9	17	Okt.	20	-	0	-	-	-	-	
	Nov.	20	9,2	100	15	7	8	16	Nov.	20	5,0	56	8	4	4	9	
	Dez.	21	8,8	200	13	7	6	17	Dez.	20	4,6	62/03	14 1/2	8 1/2	6	59	

Beachte Fehlerkorrektur auf S. 23 unten!

D. Gemeinsame Trends

Die vorangegangenen Einzelbetrachtungen der Quellgruppen verdeutlichen deren lagebedingte Eigenheiten und die Zeiträume, in denen sich dabei Änderungen vollziehen. Zum Erkennen übergeordneter, mehreren oder allen Quellgruppen eigenen Trends im physikalisch-chemischen Verhalten müssen daher für einen Vergleich solche kurzfristigen Änderungen mehrfach einbeziehende Perioden betrachtet werden. Da bei den unterschiedlichen Ausgangslagen keine exakten Vergleichsintervalle gegeben waren, mußte eine rein statistische Auswertung von vornherein als wenig erfolgversprechend auscheiden. Die bei den Quellgruppen stets deutlich gewordenen Abhängigkeiten sowohl vom Jahresgang wie von extremen (maximalen wie minimalen) Niederschlagsperioden erfordern vielmehr eine sukzessive Analyse des Verhaltens in Einzeljahren, in bzw. nach Naß- oder Trockenperioden und in Überjahren⁴.

Hierzu wurde für jede Quellgruppe eine Ganglinie der Niederschläge, der Schüttung und des Chemismus (der Härten und der Chloride) erstellt und ausgewertet. Bei bestehenden Unklarheiten erfolgten zusätzlich zu den stets durchgeführten monatlichen, weitere Untersuchungen. Unentbehrlich waren tabellarische Übersichten, die z. T. für jeden Tag Temperatur, Niederschläge mit Zeitangabe, Windrichtung, Bodenfeuchtezustand u. ä. erfaßten und verfolgen ließen und ohne die im Vergleich mit dem Niederschlagsverhalten im Gesamtzeitraum (Abb. 5) ein Erkennen lang- oder kurzperiodischer Trends nicht möglich gewesen wäre.

1. Jahresgang

Die Niederschlagsganglinien zeigen für das Untersuchungsgebiet ein Niederschlagsmaximum im Winter und im Sommer (Abb. 5). In der Regel ist nach der Gesamtmenge des Niederschlags das Sommermaximum das bedeutendere. Bei den Quelleigenschaften Temperatur, Schüttung und Chemismus ist eine eindeutige Parallelität, wie zu erwarten, nicht vorhanden. Ausgeprägt ist vielmehr, insbesondere bei Temperatur (Taf. 3) und Schüttung (Taf. 4, 5), ein einfacher Jahresgang, bereits im Chemismus aber treten deutliche Abweichungen auf (Taf. 4). Lediglich in Naßjahren gleicht sich die Ganglinie der chemischen Eigenschaften dem Schüttungsgang deutlicher an und läßt somit Beziehungen erkennen. Meist aber entsprechen die Abweichungen der einzelnen Quellen einander nicht. Auffällig ist lediglich, daß im Herbst trockener Jahre fast überall ein gleichmäßiger Abfall des Hydrogenkarbonatgehaltes und eine Zunahme der Gesamt- und der Sulfathärte einsetzt (Taf. 6). Beim Vergleich der chemischen Eigenschaften sind außerdem Übereinstimmung im Gang der Sulfathärte und der Chloride gegenüber der Gesamthärte erkennbar. Sie weisen kürzere als jährliche Perioden auf und sind offenbar jahreszeitlich bedingt (Abb. 8).

Die jährliche Schwankungsbreite der einzelnen chemischen Parameter ist je nach Grundwassertyp (bzw. -leiter) und der Nutzung des Einzugsgebietes unterschiedlich (Taf. 2, 5).

Bei der Gesamthärte z. B. ist die Jahresschwankung mit $< 0,5^{\circ}\text{d GH}$ bei den Waldquellen und den Zerrüttungszonenquellen am geringsten, mit z. T. $> 6^{\circ}\text{d GH}$ in mineralwasser- oder anthropogen beeinflussten (Siedlungen usw.) Quellen dagegen am größten.

⁴ D. h. bis zum Wiedereintreten eines Ausgangszustandes über mehr als 12 Monate, z. T. bis zu mehr als 2 Jahren.

Die Sulfathärte ist dabei mit Abweichungen von fast überall $< 0,5^\circ\text{d}$ relativ stabil und hat nur in sehr harten Wässern (Bohrung Friedrichshausen = Nr. 31, Wasserfassung Ellershausen = Nr. 46) größere Schwankungen (z. T. $> 6^\circ\text{d}$). Demgegenüber sind die Jahresvariationen der Karbonathärte meist deutlicher und unregelmäßiger. Sie liegen nur im Buntsandsteingebiet $< 0,5^\circ\text{d}$, dagegen im N, im Bereich des zutagetretenden Zechsteins, ebenso wie im Bereich der Zerrüttungszonen z. T. $> 6^\circ\text{d}$. Der Chloridgehalt schwankt naturgemäß bei den hohen Gehalten im Mineralwasserbereich merklich, sonst aber nur sehr gering. Jahreszeitliche Änderungen von mehr als 20 mg/l sind auf anthropogene Störungen (Düngung, Streusalz usw.) zurückzuführen (z. B. Quelle Louisendorf = Nr. 58).

Die Quellwassertemperaturen sind im Bereich der Zerrüttungszonen am beständigsten. Die Wassertemperatur liegt im Mittel bei $9-10^\circ\text{C}$ und schwankt im Jahresgang weniger als 2°C (Taf. 5, Tab. 3). Über 10°C jährliche Schwankungen zeigen dagegen Quellen, die aus oberflächennahem Grundwasser gespeist werden (Tab. 3). Je nach Tiefenlage des Grundwasserleiters und seiner Speicherfähigkeit, weiterhin auch z. T. beeinflusst durch Vegetation (Wald), Richtung der Hangneigung (Südlage) u. a., liegt die jährliche Schwankungsbreite der übrigen Quellen zwischen diesen beiden Extremen.

Die Abweichungen im Gang der physikalisch-chemischen Eigenschaften der einzelnen Quellen scheinen aber wesentlich durch die Speicherdauer des Grundwassers mitbeeinflusst zu sein. Um gemeinsame Entwicklungen der Eigenschaften der verschiedenen Quellgruppen erkennen zu können, müssen daher die Auswirkungen der Normaljahre deutlich übertreffenden Ereignisse, nämlich extreme Trocken- oder Naßjahre, betrachtet werden.

2. Trocken- und Naßjahre

Die Auswirkungen von Extremjahren machen sich naturgemäß am deutlichsten bei der Schüttung bemerkbar, wobei die hydrogeologischen Besonderheiten der einzelnen Quellgruppen (Größe des Einzugsgebietes, Art des Grundwasserleiters, speisende Grundwasserstockwerke usw.) verstärkt oder mildernd wirken.

Mit Niederschlägen < 500 mm bei ca. 700 mm im langfristigen Mittel waren die Wasserwirtschaftsjahre 1949, 1959 und 1964 ausgesprochene Trocken-, mit > 900 mm die Jahre 1956, 1958, 1961, 1966 und 1967 dagegen Naßjahre. Sie sind daher zum Erkennen gemeinsamer Trends von besonderem Wert. Dabei zeigt sich aber, daß auch niederschlagsarme Jahreszeiten, wie z. B. der trockene Herbst 1954 oder die Monate Juni/Juli 1956 mit 363 mm Niederschlag, bereits Ansätze eines Entwicklungsganges der Quellgruppeneigenheiten in Richtung auf ein Trocken- oder Naßjahr in Gang setzen. Als wesentlicher Unterschied in der Auswirkung von Trocken- oder Naßjahren ergibt sich, daß in Trockenjahren die Schwankungsbreite der Quell- und Quellgruppeneigenheiten größer, in Naßjahren dagegen weniger auffällig ist. Da in Trockenperioden die Quellen außerdem nur von langfristigem Grundwasser gespeist werden, läßt die Wasserbeschaffenheit dann auch geogene Einflüsse deutlich werden.

Zum Herausarbeiten gemeinsamer Trends wie auch grundwasserleiterbedingter Besonderheiten der Quellen und Quellgruppen sind demnach vor allem Trockenjahre bzw. -perioden geeignet.

a. Trockenjahre

Im Trockenjahr 1953/54 blieben fast 5 Monate vom Herbst 1953 bis Frühjahr 1954 ohne grundwasserwirksamen Niederschlag. Aus dem Quellabfluß ergeben sich für einige Quellen die in Tab. 4 zusammengestellten Mindestspeicherräume.

Tab. 4. Mindestgröße des Grundwasserspeicherraumes einiger Quellen

Quellgruppe	Quell-Nr.	Speicherraumgröße in m ³ nach Abfluß in Trockenperiode		
		1954	1960	
I	Unterer Listebach	1	100	400
	Unterer Listebach	2		600
V	Listebach SE	16	500	
	Listebach SE	17	800	
VI	Listebachvorland	20	6 000	4 000
	Listebachvorland	22		8 000
VII	Nempfetal	26	7 000	9 000
XIII	Gernshäuser Verwerfung	50		>12 000

Der Sommer 1954 vermag mit seinen recht hohen Niederschlägen noch nicht die weitgehend entleerten Speicherräume zu füllen, erst ein Starkregen im September wirkt sich in Schüttungen aus. Dabei fließt zuerst härteres Grundwasser ab.

1959 war das trockenste Jahr des Beobachtungszeitraumes. Die meisten Quellen ohne größeren Speicherraum versiegten während der 57 niederschlagslosen Tage im August/September. Die Auswirkungen der Trockenheit zeigen sich aber sehr deutlich am monatlichen Gang von Schüttung, Temperatur und Chemismus der Quellen eines größeren Bereiches bis in den Sommer 1960 hinein (Taf. 6). In der Trockenperiode fließen die Zerrüttungszonenquellen mit großem Speicherraum weiter, doch ist ihre Härte zu gering. Mit der Auftauperiode 1960 wirken sich die Niederschläge des Dezembers und Januars in der Schüttung aus, dabei nehmen auch Härte und Chlorid außer bei den Vorlandquellen (= Quellgruppe VI) zu. Bei den Vorlandquellen erfolgt der Konzentrationsanstieg erst mit Verzögerung, so daß sie auch an der einheitlichen Abnahme der gelösten Stoffe ab April nicht teilnehmen und diesen Effekt wieder verspätet zeigen. Deutlich erscheinen unter den Quellgruppen Gegensätze, doch finden sich auch in den Gruppen häufig einzelne Abweichungen. Im Trockenjahr 1964 versiegten selbst recht starke Quellen, wie z. B. Nr. 50 (Oschreuffe) über längere Zeit (Abb. 7, Tab. 3). Im allgemeinen waren Härte- und Chloridwerte 1964 zu niedrig, erst nach Niederschlägen im August trat härteres Wasser aus.

b. Naßjahre

In Naßjahren sind sehr hohe Niederschläge im Verhältnis weniger wirksam als hohe. So brachten 117 mm Niederschlag die Erhöhung einer Quellschüttung auf 62 l/min, 235 mm dagegen auf 93 l/min. Dies weist auf den zunehmenden Oberflächenabfluß hin.

Quellen mit kleineren, oberflächennahen Speichern haben auch in Naßjahren noch keine gleichmäßig durchgehende Schüttung (Abb. 12, Brunnen Wolfspfad; Tab. 3), doch folgt diese mit geringerer Verzögerung als in Trockenjahren den Niederschlägen. Die Kurven der Härten, des Chlorids und der Leitfähigkeit verlaufen recht gleichmäßig. Bei der Mineralquelle (Quell-Nr. 30) scheint die Schüttung mit etwa 5 Monaten Verzögerung auf Niederschläge zu reagieren. Der Chemismus, insbesondere das Chlorid, schwankt bei Schüttungsanstieg merklich, hat aber sonst seinen eigenen Gang (Abb. 12).

Die Gegensätze der Quellgruppen untereinander sind auch in Naßjahren deutlich, ebenso fallen einzelne Quellen aus dem allgemeinen Gang ihrer Gruppe heraus, doch sind solche Abweichungen nach Zahl und Stärke geringer als in Trockenjahren.

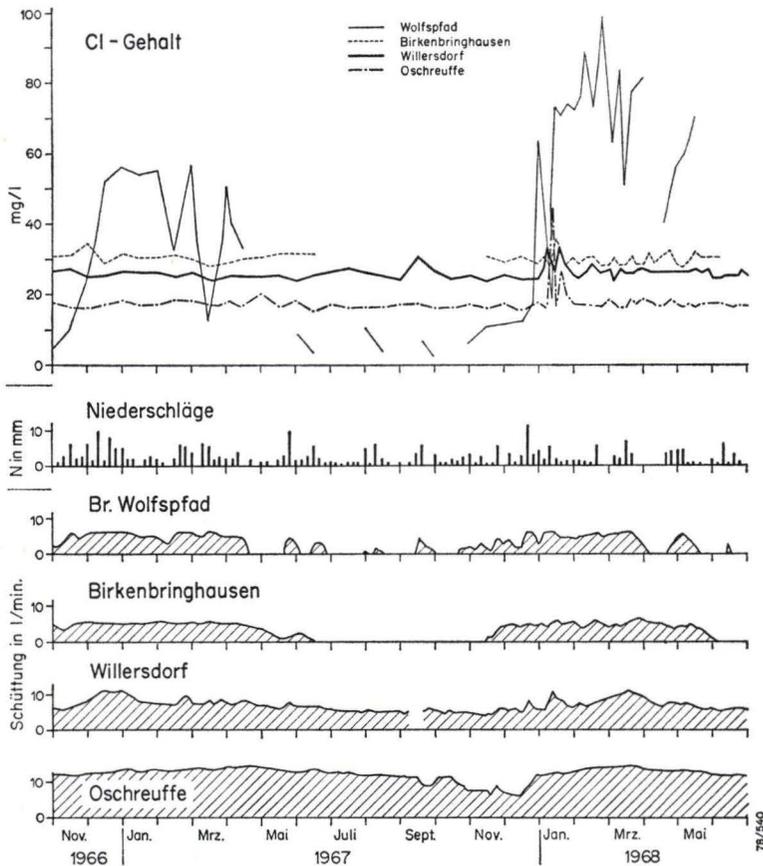


Abb. 12. Schüttung und Chloridgehalte einiger Quellen im Jahr 1967. Bei Br. Wolfspfad bedeutet Schüttung „Wasserstand in dm“.

3. Überjahresperioden

In den Schüttungen zeichnet sich die Aufeinanderfolge mehrerer zu feuchter oder zu trockener Jahre sehr deutlich ab. Im allgemeinen wirken sich bei den Quellen — außer bei denen mit reinem oberflächennahem Grundwasser — leergelaufene Speicherräume

erst im zweiten zu trockenen Jahr aus, so daß kürzere Trockenperioden eines Jahres meist ohne Einfluß bleiben. Die übergeordnete Bedeutung der langfristigen Niederschlagsmenge und -verteilung ergibt sich aus der in Tab. 5 gegebenen Gegenüberstel-

Tab. 5. Zweijahresniederschläge und Abflüsse der Listenbachquellen im zweiten Jahr in mm

Doppeljahr	Niederschlag	Abfluß	Doppeljahr	Niederschlag	Abfluß
1947/48	1251	30	1957/58	1616	89
1948/49	1281	6	1958/59	1305	34
1949/50	1163	13	1959/60	1227	19
1950/51	1420	42	1960/61	1693	114
1951/52	1482	36	1961/62	1621	93
1952/53	1392	41	1962/63	1323	36
1953/54	1293	10	1963/64	1086	21
1954/55	1422	43	1964/65	1281	71
1955/56	1604	78	1965/66	1762	86
1956/57	1573	55	1966/67	1910	68

lung des Zweijahresniederschlags⁵ und der Quellschüttung im Listenbachgebiet. Danach bestimmt die Niederschlagssumme zweier aufeinanderfolgender Jahre in starkem Maße die Quellschüttung. Geringe Schüttungen in Trockenperioden haben Zweijahresniederschläge < 1300 mm, hohe Schüttungen folgen auf solche von > 1600 mm. Fließen

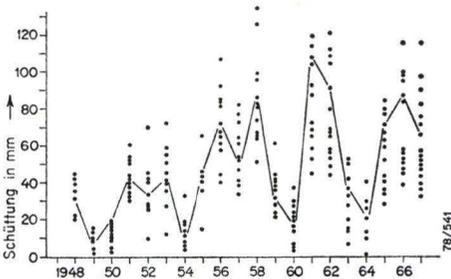
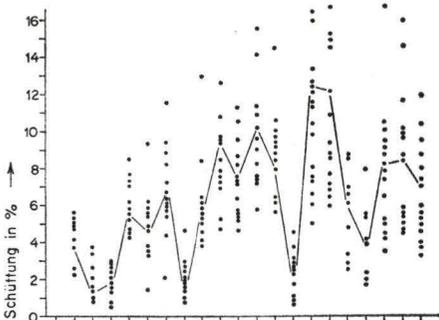


Abb. 13. Abflüsse repräsentativer Quellen des Untersuchungsgebietes in % des Jahresniederschlags und in mm. Mittelwerte der Listenbachquellen verbunden.

⁵ Niederschlagssumme des Abflußjahres und des Vorjahres.

einmal von 1281 mm Niederschlag in 2 Jahren (1948/49) im Jahre 1949 6 mm ab und sodann von 1086 mm (1963/64) im Jahre 1964 21 mm ab, so zeigt sich darin die Bedeutung der jährlichen Niederschlagsverteilung: hohe Sommerniederschläge haben nur eine geringe abflußerhöhende Wirkung.

- Insgesamt jedoch hat sich während des 20jährigen Beobachtungszeitraumes der Abfluß der Quellen, wie Abb. 13 verdeutlicht, sowohl prozentual als Anteil des Niederschlages wie als absolute Menge erhöht. Demnach steigen die mittleren Schüttungen unter beträchtlichen Schwankungen — Ausdruck von Naß- und Trockenjahren — von 2 auf rd. 8 ‰ des Niederschlages. Rein nach der Menge betrachtet ist die Zunahme noch deutlicher ausgeprägt. So entspricht eine Verdoppelung des in Quellen austretenden Niederschlagsanteils von 4 auf 8 ‰ (Jahre 1964/65) mengenmäßig fast einer Vervierfachung.

Langperiodische Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit sind bei einem Vergleich der Jahreszeitenwerte (Winter — Sommer — Herbst) mit dem Jahresmittelwert als z. T. Jahre überdauernde Reihen zu erkennen. Sie werden im wesentlichen durch eine Folge von Naß- oder Trockenjahren (Überjahresperioden des Niederschlages) bestimmt, wobei das örtlich frühere oder spätere Einsetzen bzw. Enden durch hydrogeologisch bedingte Quelleneigenheiten modifiziert wird.

So liegt z. B. die Gesamthärte allgemein bis zur Naßperiode 1961/62 — mit nur kurzer Unterbrechung durch die Naßjahre 1956—58 — zu hoch, danach aber gegenüber dem Mittel zu tief (Abb. 14). Ein gleichartiges Verhalten zeigt die Sulfathärte, bei der ein besonders auffälliger Anstieg in Verbindung mit der Trockenperiode 1959/(60) erfolgt (Abb. 15). Ausnahmen von diesem generellen Trend findet man nur bei einzelnen Quellen, z. B. Ellershausen (Quell-Nr. 46) oder Friedrichshausen (Quell-Nr. 31), bei denen Mischwasser zweier unterschiedlicher Grundwasserleiter oder -stockwerke bzw. anthropogene Beeinflussung (Abpumpen) vorliegen. Die Karbonathärte zeigt dagegen, zumal sie insgesamt eine geringere Schwankungsbreite aufweist, ein anderes Verhalten (Abb. 15). Zunächst liegen die Werte über dem Mittel, nach dem Ende der Trockenperiode ab 1955 überwiegend darunter; doch ist die Entwicklung uneinheitlich. So ist z. B. die Karbonathärte der Zerrüttungszonenquellen Ledermühle (Quell-Nr. 26) und Oschreuffe (Quell-Nr. 50) gegen Ende des Beobachtungszeitraumes und noch drei Jahre darüber hinaus ständig zu hoch.

Sehr ausgeprägt ist der Gang der Chloridgehalte (Abb. 14). Am Ende von Trockenperioden steigen sie beim Wiederanstieg der Schüttung zu Beginn der Naßperioden, so z. B. 1955/56, 1959/60, 1964/65, kräftig an. Längere Trockenperioden, so die Jahre 1953/54 und 1963/64, sind meist durch unterdurchschnittliche Werte gekennzeichnet.

Bei den Wassertemperaturen zeigt sich eine merkbliche Beeinflussung von der Sommerdurchschnittstemperatur. Beispielsweise waren fast alle Quellwässer in der Zeit von 1955—1958, in der auch die Lufttemperatur unter dem Durchschnitt lag, etwas kühler als normal. Ausnahmen bilden in diesem Zeitraum nur Quellen, die aus tieferen Grundwasserleitern oder solchen mit außerordentlich großem Speicherraum gespeist werden, wie z. B. Ledermühlenquelle (Quell-Nr. 26) oder der Papierborn (Quell-Nr. 51).

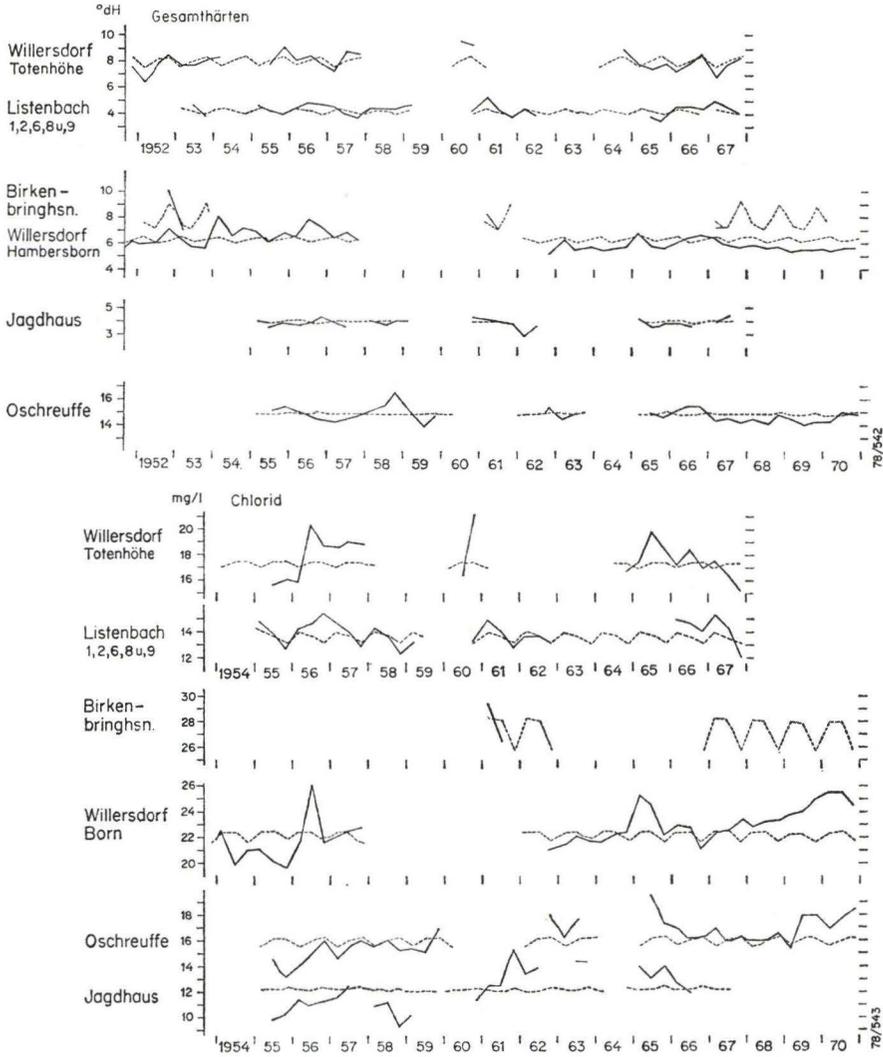


Abb. 14. Jahreszeitengang der Gesamthärte (o) und des Chloridgehaltes (u) einiger repräsentativer Quellen des Untersuchungsgebietes. Mittelwerte = gestrichelte Linie.

4. Verteilung der Extremwerte im Jahresgang sowie in Naß- und Trockenjahren

Die mehr oder minder schnelle Auswirkung der natürlichen Einflußfaktoren Niederschlag, Temperatur und Vegetation auf die Quelleneigenheiten wird durch das zeitverschobene Auftreten der Extremwerte von Quellparametern deutlich.

Die höchste Schüttung fällt normalerweise in die Monate des Winterendes, wenn nach der Schneeschmelze und dem Bodenauftauen die auf und im Boden festgelegten großen

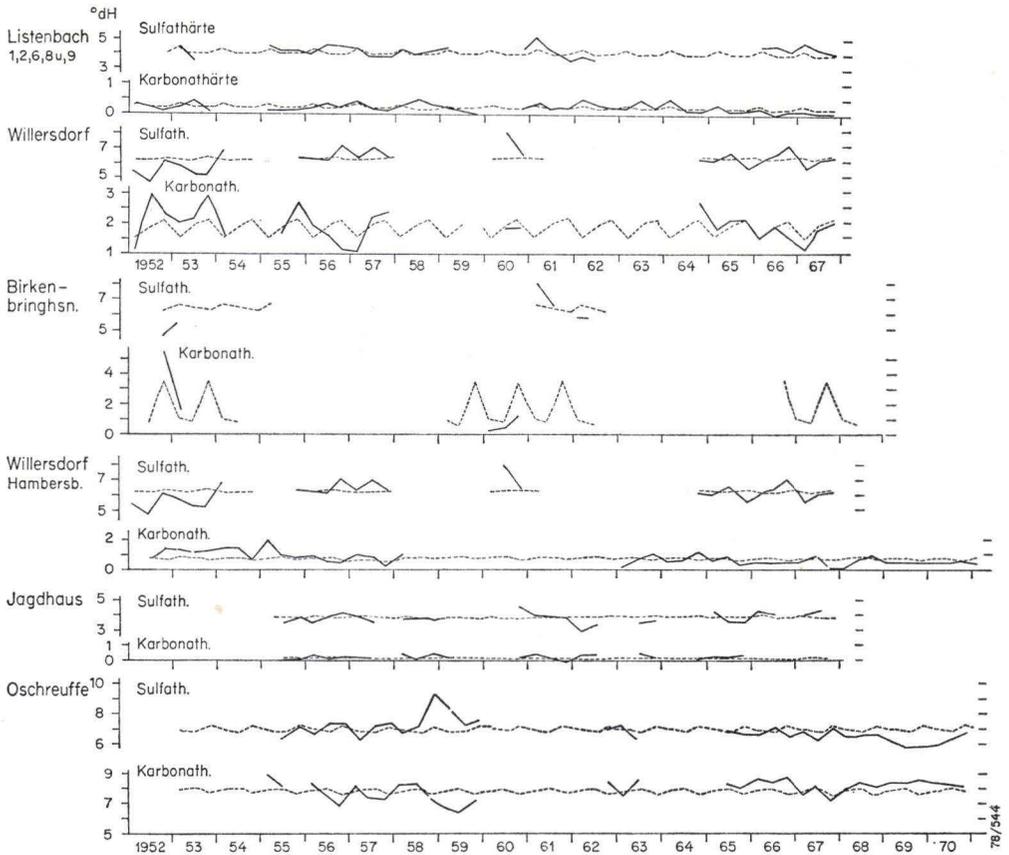


Abb. 15. Jahreszeitengang der Sulfat- und Karbonathärte einiger repräsentativer Quellen des Untersuchungsgebietes. Mittelwerte = gestrichelte Linie.

Wasservorräte frei und die zusätzlichen Niederschläge noch nicht von der Vegetation verbraucht werden. Über drei Viertel der Quellen zeigt daher das Schüttungsmaximum am Winterende, nur wenige mit langem Sickerweg im Sommer⁶. Die Minima treten hauptsächlich im September/Oktober auf, einige Quellen der Zerrüttungszonen mit langen Fließwegen zeigen sie verspätet im Dezember.

Die Extremwerte der Temperatur verteilen sich, wenn man die durch Höhenlage, Hangneigungsrichtung und Schüttungsstärke bedingten Abweichungen unberücksichtigt läßt, auf nur wenige Monate (Abb. 6). Die Maxima liegen meist im August und September, die Minima im Februar oder März, besonders ausgeprägt jeweils im Listenbachgebiet. Bei tiefliegenden und langdauernden Fließvorgängen, wie bei den Zerrüttungszonenquellen, die nur um Zehntelgrade schwanken, fehlen echte Extremwerte im Jahresgang.

⁶ Die einzige mit der höchsten Ergiebigkeit im Herbst, die Fischteich-Quelle (Nr. 40), ist anthropogen gestört.

Für die chemischen Maxima und Minima zeigt Abb. 16, daß es bei den einzelnen Parametern bevorzugte Monate bzw. Jahreszeiten gibt und nur wenige Monate völlig ausfallen. Die höchsten Gesamthärten treten zumeist in den Monaten September bis Februar auf, überhaupt nicht dagegen im April und im Juli. Die Minima verteilen sich überwiegend auf die Monate März bis August. Eine Sonderstellung zeigen wieder die Zerrüttungszonenquellen, deren Maxima über 8 und deren Minima über 11 Monate streuen.

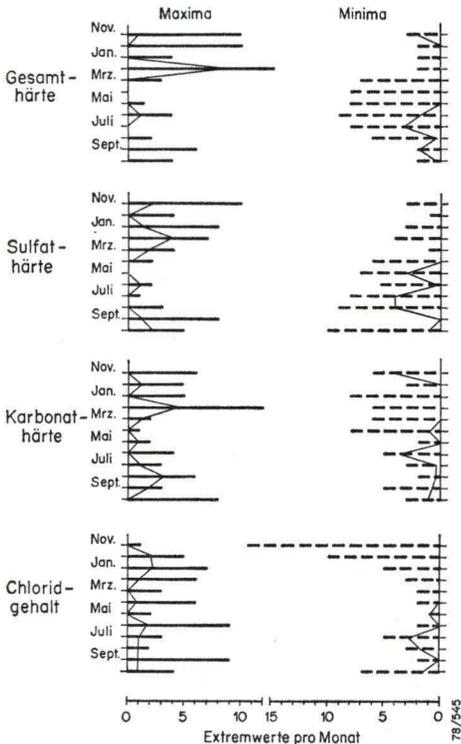


Abb. 16. Verteilung der Maxima und Minima hydrochemischer Parameter auf die einzelnen Monate. Mittelwerte der Listenbachquellen verbunden.

Die höchsten Sulfathärten streuen zumeist von September bis März, also im Winterdrittel, die niedrigsten von April bis August, dazu noch einmal im Oktober. Der einzige Monat ohne Maximum ist der Mai, ohne Minimum der September.

Die höchsten Karbonathärten häufen sich sehr deutlich im Februar, doch sind Maxima bereits vom Juni an häufiger. Die Minima konzentrieren sich auf die Monate ab November, vor allem Januar bis April, nur im Listenbachgebiet (hochgelegene Waldquellen mit viel oberflächennahem Grundwasser) fallen sie in den Sommer. Quellen, die aus Zerrüttungszonen oder oberflächennahem Grundwasser gespeist werden, zeigen 5 Monate vor dem Hochsommer keine Maxima, während sich die Minima über das ganze Jahr verteilen.

Das Auftreten der höchsten Chloridgehalte in den untersuchten Grundwässern verteilt sich über das ganze Jahr, zeigt aber stärkere Häufungen in den Monaten April, Juni und September. Die Chloridminima liegen überwiegend im Zeitraum Oktober — Dezember, untergeordnet nochmal im Juli.

Der variierende Einfluß der Niederschläge auf die zeitliche Lage der chemischen Extremwerte zeigt sich bei einem Vergleich des Auftretens der Maxima in Trocken- und Naßjahren (Abb. 17). Allgemein gilt, daß sich in Naßjahren das Auftreten der Höchstwerte um einige Monate verzögert. So tritt das Maximum der Gesamthärte statt in Trockenjahren im September bzw. November in Naßjahren erst im Mai bis Juli ein. Bei der Sulfathärte erfolgt eine Verschiebung von Januar (Trockenjahr) auf Juni (Naßjahr), bei der Karbonathärte von Januar/Februar auf Februar und vor allem Juni — September. Bei den höchsten Chloridgehalten dagegen ist die Verzögerung geringer. In Trockenjahren liegen die Maxima meist im Januar oder Februar, in Naßjahren dagegen in den Monaten März bis Mai.

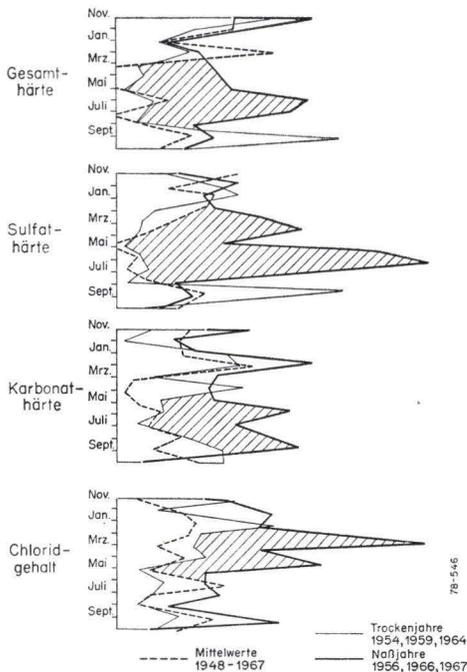


Abb. 17.
Zeitliche Verschiebung (schraffiert) des Auftretens von Maxima hydrochemischer Parameter in Naß- gegenüber Trockenjahren.

E. Eigenheiten der Grundwassertypen

Die Bezeichnung „Grundwassertyp“ ist hier nicht im Sinne von GERB (1958)⁷ zu verstehen. Vielmehr wird hier ein Grundwasser als ein Grundwassertyp bezeichnet, wenn es sich in einem \pm eigenständigen Grundwasserleiter bewegt — auch in Teilstockwerken einer einheitlichen geologischen Gesteinsfolge — und besondere, zur Abgrenzung gegen andere Grundwässer ausreichende physikalisch-chemische Eigenschaften aufweist. Unter diesen hydrogeologischen Gesichtspunkten sind von oben nach unten zu unterscheiden:

⁷ Hydrochemisch charakterisiertes Grundwasser einer (hydro-)geologischen Gesteins-einheit.

das oberflächennahe Grundwasser
das obere Grundwasser(-stockwerk)
das tiefere Grundwasser(-stockwerk)
das tiefe mineralisierte Grundwasser(-stockwerk)

und bei stärkerer Berücksichtigung der hydrochemischen Veränderungen auch noch das anthropogen beeinflusste Grundwasser.

1. Oberflächennahes Grundwasser

Oberflächennahes Grundwasser bewegt sich vor allem im Hangschutt und speist dort Quellen, wo dieser mächtig ist, wie z. B. häufiger im Schiefergebirgs- und Buntsandsteingebiet. Als typische Quellen, die aus oberflächennahem Grundwasser gespeist werden [Taf. 2, Typ O und Os (mit Speicher)], seien genannt: Listenbach 3, 4, 8 o (Quell-Nr. 3, 4, 9), Wegquelle Friedrichshsn. (Nr. 15), Birkenbringhausen (Nr. 54), Wolfspfad u. a. (Quell-Nr. 56—59). Für den Typ des oberflächennahen Grundwassers ist eine große Schwankungsbreite aller physikalisch-chemischen Eigenschaften kennzeichnend. Die Temperatur des Wassers zeigt meist eine deutliche Beeinflussung durch die z. Z. herrschende Luft- und Bodentemperatur, also im Winter extrem niedrige (bis nahe 0°C), im Sommer z. T. sehr hohe (bis >15°C). Die Schüttung ist meist gering, da der Speicherraum des Grundwasserleiters nicht groß ist. Niederschläge wirken sich meist nach wenigen Tagen auf die Schüttung aus, in Trockenperioden tritt Trockenfallen häufiger auf. Härten und sonstige Lösungsinhalte sind, da die Kontaktzeit mit dem Gestein relativ kurz ist, meist gering (außer bei Zechsteinanteilen im Niederschlagsgebiet), die Jahresschwankung jedoch ist aufgrund der niederschlagsabhängigen Schüttung hoch (meist > 2:1, s. Taf. 3).

2. Oberes Grundwasser(-stockwerk)

Der Typ des oberen Grundwassers zirkuliert in schwebenden Grundwasserleitern oberhalb des Hauptgrundwasserstockwerkes und ist verbreitet im Buntsandsteingebiet, z. T. aber auch im Zechstein- und Schiefergebirgsbereich. Abdichtende Deckschichten und größere Speicherräume (Taf. 2, Typ Tos) wirken ausgleichend auf Schüttung, Temperatur und Chemismus, die Schwankungen werden gedämpft, wengleich sie immer noch deutlich sind (um 2:1). Typische Quellbeispiele sind die Nr. 6, 13, 18, 20, 21 usw. (s. Taf. 2, Typ To). Entsprechend seiner hydrogeologischen Position zeigt der Typ des oberen Grundwassers eine Mittelstellung zwischen den Eigenschaften des oberflächennahen und des tieferen Grundwassers (s. u.).

3. Tieferes Grundwasser(-stockwerk) (Zerrüttungszonen)

Das tiefere Grundwasserstockwerk stellt im wesentlichen das Grundwasser im Hauptgrundwasserstockwerk, das in der Spiegellage auf die Vorfluter eingestellt ist, dar. Ihm sind demgemäß die Quellen mit stärkerer und gleichmäßiger Schüttung an den Talrändern zuzurechnen, aber auch die Zerrüttungszonenquellen und die Quellen an den Grenzen der Randschollen (Taf. 2, Typ Tm). Die Speicherräume sind zumeist recht groß, Schüttungsgang, Temperatur und Chemismus dementsprechend ausgeglichener. Für die Quelleigenheiten ist die Größe des Speicherraumes von größter Bedeutung. Ausgedehnte Grundwasserspeicher benötigen z. T. Überjahresperioden zur Füllung oder Leerung. Tagesniederschläge oder kürzere Naßperioden sind nur bei gefülltem Speicher wirksam. Da die Speicherraumgröße und die Entleerungsgeschwindigkeit bei den Quellen

dieses Typs nicht einheitlich ist, sind auch die Auswirkungen der Niederschläge auf Schüttung und Chemismus bei den einzelnen Quellen nach Zeit und Ausmaß verschieden. Allerdings sind in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit die Schwankungsbreiten der einzelnen Parameter bei den Quellen durchaus nicht gleichmäßig. Die geringsten Schwankungen haben die Zerrüttungszonenquellen, da die Fließwege, die Einzugsgebiete und die Verweilzeiten im Untergrund groß sind. Deutliche Variationen bei aber doch insgesamt recht ausgeglichenen Verhältnissen zeigen Buntsandstein- und Zechsteinquellen. Beispiele für den Typ des tieferen Grundwassers sind die Quellen 25—28, 37, 40 usw. der Taf. 2—5.

Eine Eigenständigkeit innerhalb des Grundwassers im tieferen Stockwerk zeigt insbesondere das Zerrüttungszonen-Grundwasser. Die auf den einzelnen Zerrüttungszonen jeweils deutliche Parallelität der Ganglinien der einzelnen hydrochemischen Parameter bei gleichzeitiger Zunahme der Wasserinhaltsstoffe in Grundwasserfließrichtung (Abb. 8) verdeutlicht, daß die chemischen Eigenschaften dieses Grundwassers weitgehend unbeeinflusst von seitlichen Zuflüssen ganz dominierend im Bereich der Zerrüttungszonen geprägt werden. Bei der Ganglinie der Gesamthärte entlang der Christbornstörung und Nempfetallinie tritt dies sehr klar heraus. Die Chloridganglinien der Quellwässer dieser beiden Zerrüttungszonen liegen zwar viele Jahre eng zusammen, aber auch hier ist mit der Fließstrecke eine Zunahme unverkennbar. Eine stärkere Abgrenzung des Zerrüttungszonenwassers innerhalb des tieferen Grundwasserstockwerkes, d. h. eine Aufwertung zu einem eigenständigen Untertyp, erscheint daher durchaus gerechtfertigt.

4. Tiefes mineralisiertes Grundwasser (-stockwerk)

Das tiefe mineralisierte Grundwasser (Taf. 2, Typ M) ist wahrscheinlich von recht konstanter Zusammensetzung und zeigt in Temperatur und Chemismus kaum Schwankungen. Wie im Abschn. C. 2. VIII ausgeführt, stellt sich bei Betriebsruhe der Mineralquelle (Nr. 30) der alte Chemismus wieder ein. Dies belegt, daß das aus der Tiefe nachströmende Mineralwasser einen gleichbleibenden Chemismus aufweist und das sich beim Pumpbetrieb bildende Mineralwasser (Süßwasserbeimischung aus der Ederau) allmählich verdrängt. Auch die im Jahresgang nur um wenige Zehntelgrade schwankende Temperatur deutet auf die außerordentlich geringe Variation der physikalisch-chemischen Eigenheiten dieses Grundwassertyps hin (Taf. 2—5).

5. Anthropogen beeinflusstes Grundwasser

Anthropogen verursachte Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit machen sich je nach der Nähe der menschlichen Einwirkung oder Tätigkeit häufiger zu bestimmten Zeiten während des Jahresganges bei den einzelnen Quellgruppen bemerkbar (Abschn. C. 2). Als auffällige Beispiele seien erwähnt:

- a) Auswirkung der Bebauung am Brunnen Wolfspfad (Quell-Nr. 56),
- b) Auswirkung der Düngung bei landwirtschaftlicher Nutzung an den Quellen Rennerthausen (Nr. 53) und Dörnhausen Acker (Nr. 62) u. a.,
- c) Auswirkung der Streusalzaufbringung auf Straßen an den Brunnen Wolfspfad (Nr. 56) und Louisendorf (Nr. 58).

Es ist jedoch zu betonen, daß die anthropogene Beeinflussung nur zeitweise die Wasserbeschaffenheit so stark verändert, daß man von einem „anthropogenen Grundwassertyp“ sprechen könnte. Überwiegend kommt jedoch der ursprüngliche Grundwassertyp mit nur geringfügigen Verfälschungen klar hervor. Da es auch nicht Aufgabe dieser Arbeit war, das Ausmaß der anthropogenen Beeinflussung des Grundwassers gegenüber der rein geogenen genauestens abzugrenzen, mögen hier die im Abschn. C. 2 gemachten pauschalen Angaben bzw. Abschätzungen genügen. Insgesamt gesehen tritt also anthropogen geprägtes Grundwasser nur kurzzeitig in einzelnen Quellen in den Vordergrund, und nur während dieser Zeit könnte man von einem eigenen Wassertyp sprechen. Bei einem direkten Vergleich der Wasserbeschaffenheit einzelner Quellen oder Grundwassertypen müßten allerdings die anthropogenen Verfälschungen stärker berücksichtigt werden.

Eine zusammenfassende Darstellung der hier beschriebenen hydrogeologischen Verhältnisse des Untersuchungsgebietes in Blockbildschnitten, insbesondere die sich aus den unterirdischen Fließwegen ergebenden Quellpositionen, gibt in schematisierter Form Taf. 1 wieder.

F. Zusammenfassung

Bei der 20jährigen Beobachtung von 63 Quellwässern in der Frankenberger Bucht wurden zahlreiche unterschiedliche Trends für einzelne oder eine größere Anzahl von Quellen festgestellt. Für 16 Quellgruppen (meist zu 4 Quellen) werden die im Jahresgang auftretenden physikalisch-chemischen Änderungen beschrieben. Dabei ergibt sich, daß die Quelleigenschaften Temperatur, Schüttung und Chemismus nicht parallel verlaufen. Temperatur und Schüttung folgen durchweg einem einfachen Jahresgang, der Chemismus wechselt dagegen in kürzeren wie auch längeren Perioden.

Das innerhalb der Quellgruppen sehr unterschiedliche chemische Verhalten wird sodann mit Hilfe von klimatischen Extremereignissen, nämlich Trocken- und Naßperioden, zu ordnen versucht. Dabei zeigt sich, daß lediglich in Naßjahren die Ganglinie der chemischen Eigenschaften (Härten und Chloridgehalte) annähernd der der physikalischen Eigenschaften (Schüttung und Temperatur) folgt. In Trockenperioden oder -jahren gehen jedoch diese Übereinstimmungen verloren. Ein genauer Vergleich erbringt jedoch, daß praktisch in allen Quellgruppen auch unterschiedlichster geologischer Position weitgehend gleichartige Auswirkungen der Trockenzeiten auf die chemischen Parameter eintreten, jedoch Beginn und Ende der Beeinflussung von den Eigenschaften der einzelnen Grundwasserstockwerke bzw. besonders von der Größe der Speicherräume der einzelnen Quellen gesteuert werden. Hierdurch liegen Einsetzen und Ausmaß der Trockenwetterauswirkung bei allen Quellen mehr oder weniger unterschiedlich, so daß das Erkennen eines gemeinsamen Trends durch die unterschiedliche Zeitverschiebenheit nur verdeckt wird. Allgemein liegen in Trockenperioden die Härte- und Chloridwerte unter dem langjährigen Mittelwert. Extremwerte der einzelnen physikalisch-chemischen Parameter treten in bestimmten Monaten bevorzugt auf, so z. B. die höchsten Gesamthärten bevorzugt in den Wintermonaten (September — Februar), die höchsten Chloridgehalte dagegen bevorzugt im Frühjahr oder Herbst (April und September).

Während der 20jährigen Beobachtungszeit zeigte die Grundwasserbeschaffenheit auch langperiodische Änderungen, die offensichtlich durch die Häufung von Naß- oder Trockenperioden in mehrjährigen Reihen gesteuert werden. So lag die Gesamthärte

der Quellwässer bis 1955 über dem langjährigen Mittel, bis 1958 (Naßjahre) darunter, bis 1961 wieder darüber und bis zum Beobachtungsende wieder darunter. Solche Überjahresperioden beeinflussen offensichtlich auch merklich den Schüttungsgang, da nämlich die Abflussmengen deutliche Beziehungen zu den Niederschlagssummen zweier aufeinanderfolgender Jahre aufweisen. Abschließend wird eine Einteilung in Grundwassertypen mit Charakterisierung ihrer besonderen Eigenschaften vorgenommen.

G. Schriftenverzeichnis

- BECKSMANN, E. (1955): Grundwasserchemismus und Speichergestein. — Z. dt. geol. Ges., **100**: 23—35; Hannover.
- DENCKMANN, A. (1901): Geologische Untersuchungen der Wolkersdorfer Quelle bei Frankenberg i. H. — Z. prakt. Geol., **9**: 1—9; Berlin.
- (1902): Geol. Spez.-Kt. kgl. preuß. geol. L.-Anst. u. Bergakad., Lfg. **116**, Bl. Rosenthal mit Erl.; Berlin.
- & LINSTOW, O. v. (1902): Geol. Spez.-Kt. kgl. preuß. geol. L.-Anst. u. Bergakad., Lfg. **116**, Bl. Frankenau mit Erl.; Berlin.
- DIENEMANN, W. (1913/14): Geol. Kt. 1 : 100 000 „Das oberhessische Buntsandsteingebiet“. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-Anst., **34**, T. 2, H. 2, Taf. 5; Berlin.
- DITZEL, H. (1905): Quellstudien aus der Umgebung von Marburg. — 109 S., Diss. Marburg.
- EICHLER, R. (1966): Deuterium-Isotopengeochemie des Grund- und Oberflächenwassers. — Geol. Rdsch., **55**: 144—159, 11 Abb., 2 Tab.; Stuttgart.
- GERB, L. (1958): Grundwassertypen. — Vom Wasser, **25**: 16—47; Weinheim/Bergstr.
- GRIMM, A. (1969): Die Grundwasserverhältnisse im Raum Kassel (Nordhessen) unter besonderer Berücksichtigung der Hydrochemie. — Göttinger Arb. Geol. Paläontol., **2**: 1—143; Göttingen.
- HALLMANN, E. (1854): Die Temperaturverhältnisse der Quellen. — **1—3**; Berlin (Reimer).
- HESSE, W. (1934): Niederschlag und Abfluß im Edergebiet. — 80 S., Diss. Halle.
- HÖLTING, B., & STENDEL-RUTKOWSKI, W. (1964): Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **47**: 1—37, 2 Taf.; Wiesbaden.
- HUMMEL, K. (1929): Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes (Vogelsberg und Rhön). — Fortschr. Geol. Paläontol., **8**, H. 24: 1—234, 12 Abb., 3 Taf.; Berlin.
- JOHANNSEN, A. (1950): Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am Ostrand des Rheinischen Gebirges im Raume Marburg - Frankenberg - Borken. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **1**: 1—87, 8 Abb., 10 Taf.; Wiesbaden.
- KIRWALD, E. (1969): Wasserhaushalt und Einzugsgebiet. — 2 Bd., 404 S., 109 Abb., 86 Tab., 94 Anl.; Essen (Vulkan-Verl.).
- MATTHES, G. (1961): Die Herkunft der Sulfationen im Grundwasser. — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **35**: 1—85, 3 Abb., 31 Tab.; Wiesbaden.
- MICHEL, F., & ULBRICH, R. (1956): Hydrogeologische Übersichtskarte 1 : 500 000, Bl. Frankfurt. — Remagen.
- NÖRING, F. (1954): Die regionale Paläogeographie und Tektonik als Hilfsmittel beim Aufsuchen von Grundwasservorkommen. — Roemeriana, **1** (DAHLGRÜN-Festschr.): 195—208; Clausthal-Zellersfeld.

- PICKEL, H.-J. (1972): Hydrogeologische und hydrochemische Untersuchungen im Niederschlagsgebiet der Schweinfe (Ostrand der Frankenger Bucht). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **100**: 207—253, 17 Abb., 4 Taf.; Wiesbaden.
- (1974): Der Grundwasserabfluß der Frankenger Bucht (Ostrand Rheinisches Schiefergebirge). — Abh. hess. L.-Amt Bodenforsch., **70**: 63—162, 15 Abb., 12 Tab.; Wiesbaden.
- SCHOELLER, H. (1969): L'acide carbonique des eaux souterraines. — Bull. BRGM, Sect. III: 1—32; Paris.
- SOBOTH, E. (1956 a): Junge Hohlformen und alte Schwächelinien. — Z. dt. geol. Ges., **106**: 378—386; Hannover.
- (1956 b): Eine neuerbohrte Mineralquelle in Frankenger/Eder. — Z. dt. geol. Ges., **108**: 100—104; Hannover.
- (1963): Beobachtungen über Quellen und Eisenerze vor Buntsandsteinhochflächen. — Z. Geomorph., N. F., **7** (1): 88—89; Berlin.
- (1970): Vereinfachte CO₂-Bestimmungen in Quellen. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **98**: 278—280, 3 Abb.; Wiesbaden.
- (1974): Chemismus und Kohlensäuregehalt von Quellwässern nach langen Trockenperioden (Winter 1971/72). — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **102**: 296—303, 5 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
- (1978): Der Raum um Frankenger/Eder. Grenzraum am Schiefergebirge, Grenzraum zwischen Franken und Sachsen. — In Druckvorbereitung, ca. 75 S., über 40 Abb.; Frankenger (Kahm).
- STRÄSSER, M. (1966): Studien zum Grundwasserchemismus des nordwestlichen Bodenseeraumes. — Freiburger geogr. H., **2**: 1—82; Freiburg.
- THEWS, J.-D., u. a. (1966): Übersichtskarte der Grundwasserbeschaffenheit in Hessen 1 : 300 000. — Wiesbaden.

Anschrift des Verfassers:

Dr. ERNST SOBOTH

Wolfspfad 16, D-3558 Frankenger (Eder)

- 29: BAUER, G., u. a.: Beitrag zur Geologie der Mittleren Siegener Schichten. 1960. 363 S., 85 Abb., 10 Tab., 22 Taf., DM 36,-.
- 30: BURRÉ, O.: Untersuchungen über die Berechnung der dem Grundwasser von den Niederschlägen zugehenden Wassermengen aus den Bewegungen des Grundwasserspiegels. 1960. 68 S., 1 Abb., 8 Tab., 5 Taf., DM 8,60.
- 31: RÖDER, D. H.: Ulmen-Gruppe in sandiger Fazies (Unter-Devon, Rheinisches Schiefergebirge). 1960. 66 S., 4 Abb., 1 Tab., 7 Taf., DM 8,-.
- 32: ZAKOSEK, H.: Durchlässigkeitsuntersuchungen an Böden unter besonderer Berücksichtigung der Pseudogleye. 1960. 63 S., 12 Abb., 1 Tab., 2 Taf., DM 11,-.
- 33: KREBS, W.: Stratigraphie, Vulkanismus und Fazies des Oberdevons zwischen Donsbach und Hirzenhain (Rheinisches Schiefergebirge, Dill-Mulde). 1960. 119 S., 21 Abb., 7 Tab., 11 Taf., DM 14,80.
- 34: STOPPEL, D.: Geologie des südlichen Kellerwaldgebirges. 1961. 114 S., 21 Abb., 2 Tab., 4 Taf., DM 14,-.
- 35: MATTHES, G.: Die Herkunft der Sulfat-Ionen im Grundwasser. 1961. 85 S., 3 Abb., 31 Tab., DM 7,60.
- 36: STENGER, B.: Stratigraphische und gefügetektonische Untersuchungen in der metamorphen Taunus-Südrand-Zone (Rheinisches Schiefergebirge). 1961. 68 S., 20 Abb., 4 Tab., 3 Taf., DM 9,-.
- 37: ZAKOSEK, H.: Zur Genese und Gliederung der Steppenböden im nördlichen Oberrheintal. 1962. 46 S., 1 Abb., 19 Tab., DM 6,80.
- 38: ZIEGLER, W.: Taxonomie und Phylogenie Oberdevonischer Conodonten und ihre stratigraphische Bedeutung. 1962. 166 S., 18 Abb., 11 Tab., 14 Taf., DM 22,60.
- 39: MEISCHNER, KL.-D.: Rhenaer Kalk und Posidonienkalk im Kulm des nordöstlichen Rheinischen Schiefergebirges und der Kohlenkalk von Schreufa (Eder). 1962. 47 S., 15 Abb.; 2 Tab., 7 Taf., DM 11,60.
- 40: HOLTZ, S.: Sporen-stratigraphische Untersuchungen im Oligozän von Hessen. 1962. 46 S., 1 Abb., 6 Taf., DM 9,-.
- 41: WALLISER, O. H.: Conodonten des Silurs. 1964. 106 S., 10 Abb., 2 Tab., 32 Taf., DM 12,-.
- 42: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 5. Folge, Hefte 1—20, erschienen 1916—1939. 1963. 58 S., 1 Taf., DM 7,60.
- 43: EINSELE, G.: Über Art und Richtung der Sedimentation im klastischen rheinischen Oberdevon (Famenne). 1963. 60 S., 8 Abb., 7 Tab., 5 Taf., DM 7,60.
- 44: JACOBSHAGEN, E., HUCKRIEDE, R. & JACOBSHAGEN, V.: Eine Faunenfolge aus dem jungpleistozänen Löß bei Bad Wildungen. 1963. 105 S., 9 Abb., 2 Tab., 14 Taf., DM 12,-.
- 45: KÜMMERLE, E.: Die Foraminiferenfauna des Kasseler Meeressandes (Oberoligozän) im Ahnetal bei Kassel (Bl. Nr. 4622 Kassel-West). 1963. 72 S., 1 Abb., 2 Tab., 11 Taf., DM 9,40.
- 46: SCHENK, E.: Die geologischen Erscheinungen der Subfusion des Basaltes. 1964. 31 S., 6 Abb., 2 Tab., 16 Taf., DM 7,60.
- 47: HÖLTING, B. & STENGEL-RUTKOWSKI, W.: Beiträge zur Tektonik des nordwestlichen Vorlandes des basaltischen Vogelsberges, insbesondere des Amöneburger Beckens. 1964. 37 S., 2 Taf., DM 5,60.
- 48: DIEDERICH, G., LAEMMLEN, M. & VILLWOCK, R.: Das obere Biebental im Nordspessart. Neugliederung des Unteren Buntsandstein, Exkursionsführer und geologische Karte. 1964. 34 S., 2 Abb., 5 Tab., 4 Taf., 1 Kte., DM 7,20.
- 49: KUTSCHER, F.: Register für die Notizblatt-Bände der 4. Folge, Hefte 1—35, erschienen 1880—1914. 1965. 56 S., 1 Taf., DM 6,60.
- 50: ZAKOSEK, H., u. a.: Die Standortkartierung der hessischen Weinbaugebiete. 1967. 82 S., 1 Abb., 17 Tab., 1 Atlas, DM 10,-.
- 51: MATTHES, G.: Zur Geologie des Ölschiefervorkommens von Messel bei Darmstadt. 1966. 87 S., 11 Abb., 10 Tab., DM 10,-.
- 52: BERG, D. E.: Die Krokodile, insbesondere *Asiatosuchus* und aff. *Sebecus*?, aus dem Eozän von Messel bei Darmstadt/Hessen. 1966. 105 S., 11 Abb., 6 Taf., DM 11,20.
- 53: HÖLTING, B.: Die Mineralquellen in Bad Wildungen und Kleinern (Landkreis Waldeck, Hessen). 1966. 59 S., 7 Abb., 9 Tab., DM 7,-.
- 54: SOLLE, G.: Hederelloidea (Cyclostomata) und einige ctenostome Bryozoen aus dem Rheinischen Devon. 1968. 40 S., 1 Tab., 5 Taf., DM 5,-.
- 55: SCHNEIDER, J.: Das Ober-Devon des nördlichen Kellerwaldes (Rheinisches Schiefergebirge). 1969. 124 S., 24 Abb., 1 Taf., DM 15,-.
- 56: HORST-FALKE-Festschrift. 1970. 228 S., 71 Abb., 10 Tab., 23 Taf., 1 Bild, DM 14,-.
- 57: MEISL, S.: Petrologische Studien im Grenzbereich Diagenese-Metamorphose. 1970. 93 S., 70 Abb., 2 Tab., DM 11,-.

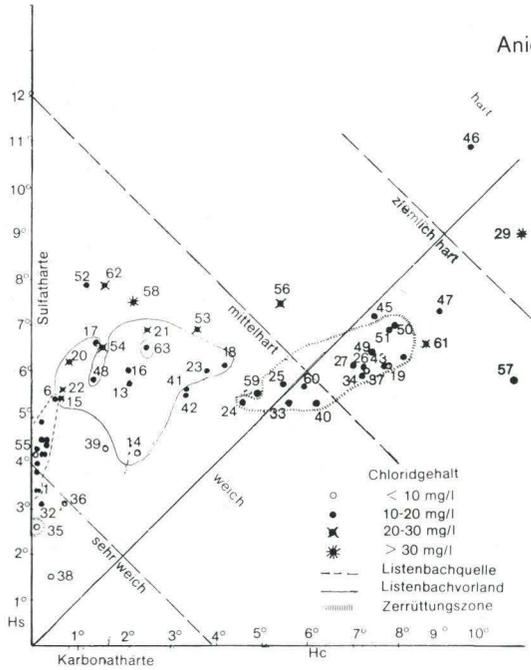
- 58: MATTHES, G.: Beziehungen zwischen geologischem Bau und Grundwasserbewegung in Festgesteinen. 1970. 105 S., 20 Abb., 18 Tab., 4 Taf., DM 12,-.
- 59: SOLLE, G.: *Brachyspirifer* und *Paraspirifer* im Rheinischen Devon. 1971. 163 S., 1 Diagr., 20 Taf., DM 30,-.
- 60: HEINZ-TOBIEN-Festschrift. 1971. 308 S., 58 Abb., 12 Tab., 32 Taf., 1 Bild, DM 24,-.
- 61: WIRTZ, R.: Beitrag zur Kenntnis der Paläosole im Vogelsberg. 1972. 159 S., 2 Abb., 21 Tab., DM 19,-.
- 62: BUGGISCH, W.: Zur Geologie und Geochemie der Kellwasserkalke und ihrer begleitenden Sedimente (Unteres Oberdevon). 1972. 68 S., 19 Abb., 6 Tab., 13 Taf., DM 16,-.
- 63: THEWS, J.-D.: Zur Typologie der Grundwasserbeschaffenheit im Taunus und Taunusvorland. 1972. 42 S., 27 Abb., 7 Tab., 2 Taf., DM 12,-.
- 64: STEPHAN-HARTL, R.: Die altmiozäne Säugetierfauna des Nordbassin und der Niederräder Schleusenkammer (Frankfurt/M., Hessen) und ihre stratigraphische Stellung. 1972. 97 S., 16 Abb., 11 Tab., 24 Taf., DM 21,-.
- 65: BOY, J. A.: Die Branchiosaurier (Amphibia) des saarpfälzischen Rotliegenden (Perm, SW-Deutschland). 1972. 137 S., 70 Abb., 2 Tab., 2 Taf., DM 17,-.
- 66: BARTH, H.: Petrologische Untersuchungen im Felsberg-Zug (Bergsträßer Odenwald). 1972. 85 S., 16 Abb., 11 Tab., 8 Taf., DM 12,-.
- 67: KUSTER-WENDENBURG, E.: Die Gastropoden aus dem Meeressand (Rupelium) des Mainzer Tertiärbeckens. 1973. 170 S., 8 Taf., DM 21,-.
- 68: NEUFFER, FR. O.: Die Bivalven des Unteren Meeressandes (Rupelium) im Mainzer Becken. 1973. 113 S., 13 Taf., DM 25,-.
- 69: WALTER, H.: Hydrogeologie und Wasserhaushalt im oberen Horlofftal (westlicher Vogelsberg). 1974. 104 S., 13 Abb., 17 Tab., 2 Taf., DM 25,-.
- 70: AZIMI, M. A., HILALI, E.-A., HUSCHMAND, A., KRÜGER, H., PICKEL, H.-J., SCHARPFF, H.-J., SCHEWE, L., WAGNER, H.-R.: Beiträge zur Hydrogeologie von Hessen. 1974. 198 S., 60 Abb., 37 Tab., 2 Taf., DM 35,-.
- 71: BAHO, E.: Die Nagetierfauna von Heimersheim bei Alzey (Rheinessen, Westdeutschland) aus dem Grenzbereich Mittel-/Oberoligozän und ihre stratigraphische Stellung. 1975. 182 S., 43 Abb., 11 Tab., DM 25,-.
- 72: MATHEIS, J.: Kartographische Bearbeitung geologischer und bodenkundlicher Karten. Von der Manuskriptkarte zur Druckvorlage. 1975. 68 S., 22 Abb., 3 Taf., 5 Beil., DM 24,-.
- 73: GOLWER, A., KNOLL, K.-H., MATTHES, G., SCHNEIDER, W., WALLHÄUSSER, K. H.: Belastung und Verunreinigung des Grundwassers durch feste Abfallstoffe. 1976. 131 S., 23 Abb., 34 Tab., 2 Taf., DM 20,-.

Geologische Abhandlungen Hessen

- 74: SOLLE, G.: Oberes Unter- und unteres Mitteldevon einer typischen Geosynklinal-Folge im südlichen Rheinischen Schiefergebirge. Die Olkenbacher Mulde. 1976. 264 S., 11 Abb., 2 Taf., 1 Kt., DM 45,-.
- 75: BOENIGK, W., et al.: Jungtertiär und Quartär im Horloff-Graben/Vogelsberg. 1977. 80 S., 17 Abb., 6 Tab., 8 Taf., DM 16,-.
- 76: MOAYEDPOUR, E.: Geologie und Paläontologie des tertiären „Braunkohlenlagers“ von Theobaldshof/Rhön (Miozän, Hessen). 1977. 135 S., 7 Abb., 5 Tab., 21 Taf., DM 32,-.
- 77: SOBOTH, E.: Lang- und kurzperiodische Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit und der Quellschüttung während 20jähriger Beobachtungen in der Frankenberger Bucht (Hessen). 1978. 39 S., 17 Abb., 5 Tab., 6 Taf.
- 78: JANSSEN, R.: Revision der Bivalvia des Oberoligozäns (Chattium, Kasseler Meeressand).

Grundwasser im Burgwald

Temperaturen



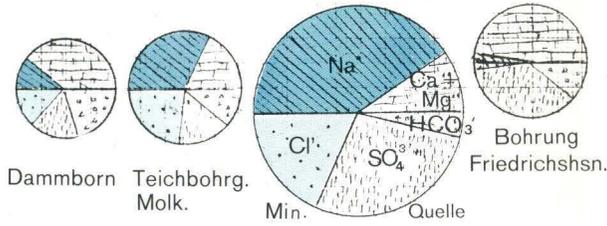
Grundwasser nach Karbonat u. Sulfat in° d. H.

Quellen und Brunnen im Blockbild

I H (47) Hüstenmühle	V B (54) Birkenbrinkhsn.
E (46) Ellershausen	W (24) Wolkersdf. Qu.
II To (52) Totenborn	VI H (32) Heiligenborn
P (51) Papierborn	VII C (33) Christborn
III T (27) Teichestavelle	P (38) Pausewiese
M (30) Mineralquelle	VIII M (34) Müllersborn
O (21) Osterquelle	Th (37) Thalhäuserqu.
S (20) Stennerqu.	L (39) Lehnhsr. Born
F (31) Bohrg. Friedrh.	G (42) Grünsenerstr.
H (45) Haubersche Qu.	IX Wü (35) Würzebergqu.
IV K (25) Kierzeborn	A (41) Annaqu.
L (3) Listebachqu.	
Tr (18) Tränke	
R (44) Römershr. Born	
K (43) Kirschgartenqu.	

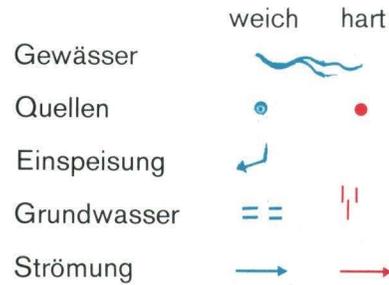
Ziffern: s. Quellübersicht

Mineralwasser

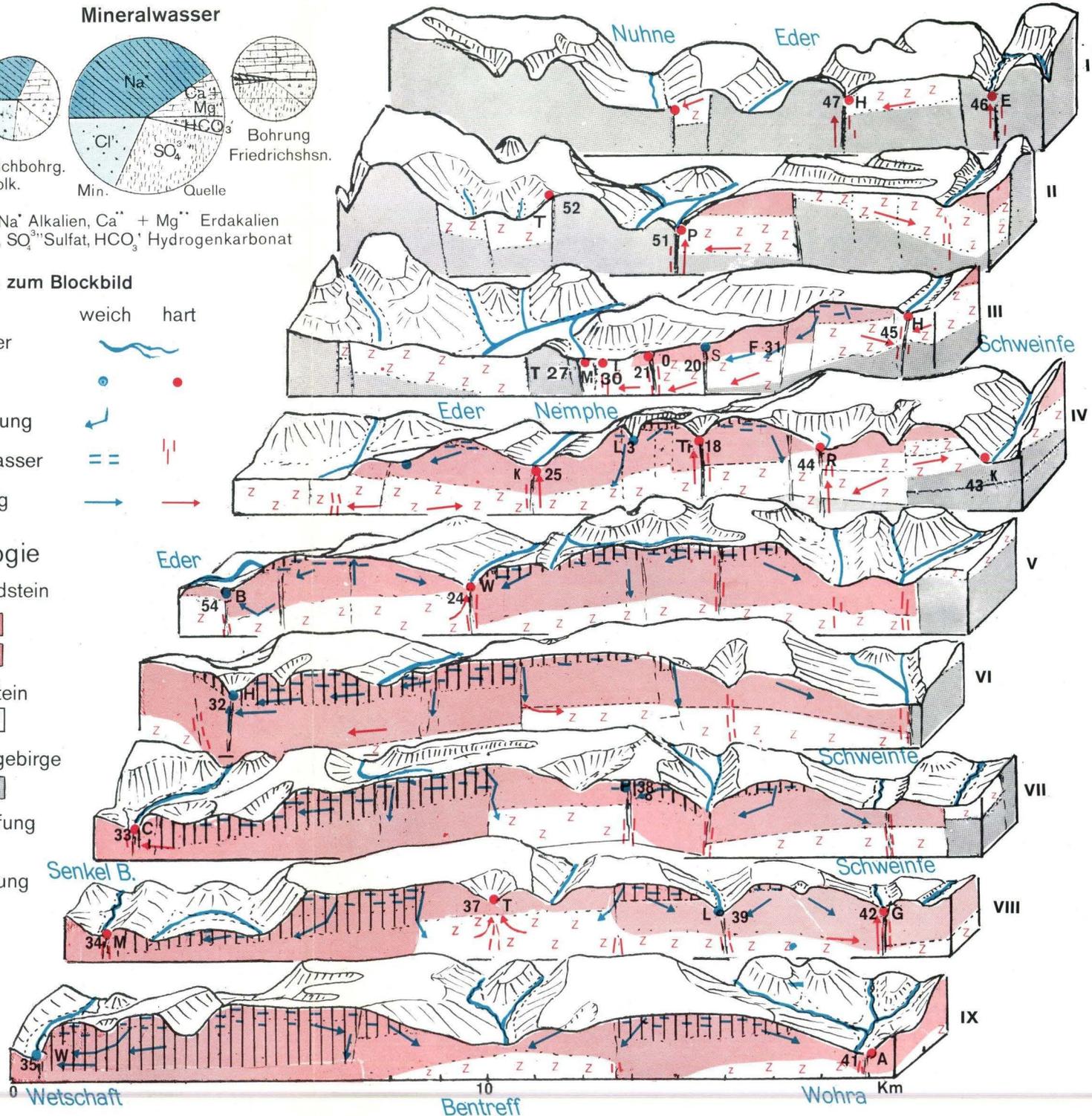
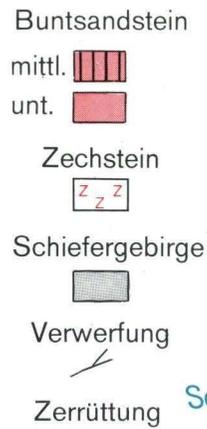


Kationen: Na⁺ Alkalien, Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ Erdalkalien
 Anionen: Cl⁻ Chlorid, SO₄²⁻ Sulfat, HCO₃⁻ Hydrogenkarbonat

Erl. zum Blockbild



Geologie



Quellübersicht

Nr.		HG	Hs	Hc	Cl'	CO ₂	L ₂₀	t	Erg	Erg% N	Relief	Wald	Höhe	Hang	Gestein	Typ	Einzugs- bereich	Alt - Gemeinde	Meßtischblatt	hoch	rechts	Nr.										
1	I	Listenb. 1	3,3	3,2	0,1	11,1	35	150	7,1°	4,3	} 6,6%	} 45 m	} 100%	335	N	Su	Os	} 9	Frankenberg	Frankenberg 4918	} 5656 00	} 34	} 88	} 30	1	Li 1						
2	Listenb. 2	3,4	3,3	0,1	11,0	33	149	7,2°	5,0	335				N	Su	Os	Frankenberg		Frankenberg 4918	2					Li 2							
3	Listenb. 3	4,7	4,5	0,2	15,2	35	185	8,0°	11,8	} 4,9%	} 65 m	} 75%	350	N	Su	0	} 20	Frankenberg	Frankenau 4919	} 5655 35	} 88	} 90	3	Li 3								
4	Listenb. 4	4,7	4,4	0,3	15,6		179	8,1°	3,5				350	N	Su	0		Frankenberg	Frankenau 4919				4	Li 4								
5	II	Listenb. 5	4,4	4,3	0,1	13,2	29	188	8,5°	8,8	} 5%	} 45 m	} 100%	365	S	Su	U	} 12	Frankenberg	Frankenau 4919	} 56 05	} 89	} 22	5	Li 5							
6	Listenb. 6	5,8	5,3	0,5	18,6	57	216	7,8°	18,6	370				N	Su	To	25		Frankenberg	Frankenau 4919				55 95	25	6	Li 6					
7	Listenb. 7	4,7	4,4	0,3	13,7	52	174	7,8°	23,7	} 7,8%	} 60 m	} 80%	375	N	Su	U	} 20	Frankenberg	Frankenau 4919	} 90	} 35	} 7	} 7	7	Li 7							
8	III	Listenb. 8u	4,4	4,2	0,2	14,4	48	187	7,3°				15,7	} 7,2%	} 45 m	} 80%		390	N					Su	Os	} 20	Frankenberg	Frankenau 4919	} 56 00	} 70	} 8	} 8
9	Listenb. 8o	4,1	4,0	0,1	12,7	33	176	7,2°	6,2	390	N	Su	0				Frankenberg	Frankenau 4919	56	70	9	Li 8o										
10	Listenb. 9	4,2	4,0	0,2	13,2	51	177	7,5°	13,8	} 6,1%	} 40	} 75%	395	N	Sm	Cs	} 15	Frankenberg	Frankenau 4919	} 56 05	} 80	} 10	} 9	} 10	10	Li 9						
11	Listenb. 10	5,1	4,9	0,2	14,9		243	8,1°	2,2				410	S	Sm	0		3	Frankenberg						Frankenau 4919	56 10	90 00	11	Li 10			
12	IV	Friedr. Jagd.	3,9	3,8	0,1	12,2	22	159	8,1°	15,0	} 7,6%	} 50	} 100%	395	NE	Sm	Os	} 13	Fr. Dörnh.	Frankenau 4919	} 56 20	} 34	} 91	} 05	12	F. Jgdh.						
13	Friedr. Acker	7,7	5,6	2,1	13,2	42	242	8,0°	21 ü	65				100%	380	NW	Su		To	Fr. Dörnh.					Frankenau 4919	5655 25	34 91 05	13	F. Ack			
14	Friedr. Wald	6,5	4,2	2,3	7,7	22	201	7,6°	3,5	} 5,6%	} 60	} 100%	375	W	Su	Cs	} 4	Fr. Dörnh.	Frankenau 4919	} 5656 50	} 91	} 10	} 14	} 10	14	F. Wa						
15	Friedr. Weg	5,8	5,4	0,4	22,2	44	212	8,3°	14,8				370	S	Su	U		20	Fr. Dörnh.						Frankenau 4919	5656 75	91 20	15	F. We			
16	V	Wildf. Wiu	8,0	6,0	2,0	16,6	20	262	8,5°	8,1	} 5,9%	} 55	} 10%	380	(S)	Su	0	} 20	Fr. Willersdorf	Frankenau 4919	} 55 35	} 90	} 48	} 16	} 17	} 10	16	Wiu				
17	Wildf. Wo	8,0	6,6	1,4	17,9	32	275	8,5°	9,8	385				N	Su	Cs	20		Fr. Willersdorf	Frankenau 4919							55 15	90 65	17	Wo		
18	Wildf. Tränke	10,2	6,0	4,2	18,4	39	321	8,6°	6,9	} 5,5%	} 10%	} 380	W	Su	To	} 20	Fr. Willersdorf	Frankenau 4919	} 55 40	} 90	} 50	} 18	} 18	} 18	18	Tr						
19	Isselsborn	13,8	6,1	7,7	8,8	29	311	8,7°	WF				60	80%	365		S	Su							Tm	Römersb. H.	Frankenau 4919	55 65	92 05	19	Iss	
20	VI	Stenner	7,0	6,2	0,8	20,7	37	258	8,4°	17,5	} 4,6%	} 90	} 50%	305	N	Su	To	} 25	Frankenberg	Frankenau 4919	} 57 40	} 88	} 35	} 20	} 20	} 20	20	Ste				
21	Oster	9,3	6,8	2,5	27,8	26	306	8,9°	~ 100	100				0%	285	N	Su		To	Frankenberg							Frankenberg 4918	50	87 05	21	Ost	
22	Widf. Born	6,3	5,6	0,7	25,2	68	230	8,5°	55	} 65	} 40%	} 365	N	Sm	To	} 75	Fr. Willersdorf	Frankenau 4919	} 54 70	} 89	} 40	} 22	} 22	} 22	} 22	22	WB					
23	Wdf. W. Ltg	9,8	6,0	3,8	17,0	34	275	WF	WF				60	40%	365		S	Su								Tos	Fr. Willersdorf	Frankenau 4919	54 60	89 90	23	WW
24	VII	Wolkersd.	9,9	5,3	4,6	13,9	36	281	9,2°	~ 2000	} 100	} 30%	302	N	Su	Tos	} 20	Bottendorf B.	Frankenberg 4918	} 5654 15	} 34	} 86	} 50	} 24	} 24	} 24	24	Wolk				
25	Kierzeborn	11,2	5,7	5,5	15,3	17	311	8,9°	240	90			10%	292	W	Su		Tm	Bottendorf B.								Frankenberg 4918	55 70	87 10	25	Kierz	
26	Leder M.	13,1	6,1	7,0	12,2	16	330	9,4°	51,1	} ~ 100	} 90	} 0%	282	W	Z	Tm	} 20	Frankenberg	Frankenberg 4918	} 57 20	} 86	} 40	} 26	} 26	} 26	} 26	26	Led				
27	Teich Estavell.	12,8	6,2	6,6	18,1	15	355/538	9,4°	~ 10				~ 100		279	W		Z	Tm								Frankenberg	Frankenberg 4918	57 55	86 10	27	Tei
28	VIII	Damm.	29,1	13,5	15,6	11,2	70	1220	10,5°	~ 80	} ~ 120	} 282	} S	} Z	} Tm	} 20	Frankenberg	Frankenberg 4918	} 57 90	} 86	} 15	} 28	} 28	} 28	} 28	} 28	} 28	28	Damm			
29	Molk. Bohrg	19,7	9,0	10,7	26,9	36	2260	10,1°	WF	~ 100								279										S	Z	Tm	Frankenberg	Frankenberg 4918
30	Min. Qu.	91	75	16	2340	71	13100	10,0°	6,4	} ~ 160	} 279	} S	} Z	} Ia	} 20	Frankenberg	Frankenberg 4918	} 57 45	} 86	} 20	} 30	} 30	} 30	} 30	} 30	} 30	} 30	} 30	30	Min		
31	*Friedr. Bohrg.	46,3	35	11,3	9,9	31	1210	WF	WF							~ 60													342	S	Z	Tm
32	IX	Heiligen B.	3,2	3,0	0,2	12,2	49	105	8,5°	90 ü	} 75	} 60%	308	SW	Sm	U	} 50	Wiesenfeld B.	Frankenberg 4918	} 52 65	} 82	} 60	} 32	} 32	} 32	} 32	} 32	} 32	32	Hei		
33	Christ B.	10,9	5,3	5,6	11,5	18	293	9,5°	~ 300	90			50%	261	SW	Sm		Tm	Ernsthausen B.										Wetter 5018	51 25	81 25	33
34	Müllers B.	13,1	5,9	7,2	13,1	17	346	9,5°	187	} 90	} 70%	} 250	W	Sm	Tm	} 20	Ernsthausen B.	Wetter 5018	} 50 30	} 81	} 40	} 34	} 34	} 34	} 34	} 34	} 34	34	Mü			
35	Würzeberg	2,7	2,6	0,1	8,0	(88)		9,4°	300				140	100%	240		NW	Su										U	Mun/Roda	Wetter 5018	48 55	81 00
36	X	Roda, Bornberg	3,8	3,1	0,7	8,2	54	112	WF	WF	} 70	} 100%	325	S	Su	U	} 50	Roda H.	Wetter 5018	} 5650 00	} 34	} 86	} 20	} 36	} 36	} 36	} 36	} 36	36	Rod		
37	Rosenth. Thalh.	13,3	6,0	7,3	7,0	15	313	~ 800	~ 800	110			100%	300	SE	Su		Tm	Rosenthal										Ros/Ge 5019	50 00	89 50	37
38	Pause W	1,9	1,5	0,4	9,3	55	80	7,8°	32	} 4,6%	} 80	} 95%	340	N	Sm	U	} 50	Lehnhausen G.	Frankenau 4919	} 5651 90	} 34	} 91	} 80	} 38	} 38	} 38	} 38	} 38	38	Pa		
39	Lehn. Born	5,9	4,3	1,6	9,6	43	164	9,1°	320				110	50%	280	SE		Su	U										Lehnhausen G.	Ros/Gem 5019	50 20	94 60
40	XI	Fischteich	11,5	5,3	6,2	10,4	22	306	9,9°	200	} 130	} 5%	240	W	Su	Tm	} 20	Gemünden	Ros/Gem 5019	} 47 15	} 98	} 05	} 40	} 40	} 40	} 40	} 40	} 40	40	FiT		
41	St. Annen	8,9	5,5	3,4	10,7	44	262	9,6°	150	120			10%	250	W	Su		Tm	Gemünden										Ros/Gem 5019	48 15	98 50	41
42	Grüs. Str.	9,0	5,6	3,4	15,9	54	242	9,5°	~ 100	} 90	} 0%	} 256	W	Su	Tm	} 20	Gemünden	Ros/Gem 5019	} 50 30	} 97	} 75	} 42	} 42	} 42	} 42	} 42	} 42	} 42	} 42	42	Gr	
43	Kirschg.	13,8	6,1	7,7	12,0	13	376	8,8°	~ 1300				110	40%	310		E	Su												Tm	Altenhaina H.	Frankenau 4919
44	XII	Römersb.	14,4	6,3	8,1	12,3	22	388	9,3°	WF	} 95	} 60%	325	S	Su	Tm	} 20	Römersh. H.	Frankenau 4919	} 55 50	} 93	} 10	} 44	} 44	} 44	} 44	} 44	} 44	} 44	} 44	44	Rö
45	Haubern	14,6	7,1	7,5	18,5	17	412	8,4°	~ 150	50			10%	368	NW	Su		U	Haubern Fr.												Frankenau 4919	57 35
46	Ellersshn.	20,5	16,9	9,6	19,6	46	600	WF	WF	} 60	} 0%	} 338	SE	Su	Tm	} 20	Ellershausen F.	Frankenau 4919	} 61 10	} 92	} 95	} 46	} 46	} 46	} 46	} 46	} 46	} 46	} 46	} 46	46	Ell
47	Hüstenm.	16,0	7,1	8,9	18,3	20	503	WF	WF				75	10%	315		N	Su													Tm	Geismar Fr.

Jahreszeitenquelltemperaturen 1953-60

Nr.		1953			1954			1955			1956			1957			1958			1959			1960			Nr.			
		Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He				
1	I Listenb. 1	6,8°	7,2°	8,5°				6,7°	6,7°	8,4°	6,7°	6,0°	8,2°	6,6°	7,0°	7,7°	6,6°	6,4°	7,9°	6,7°	7,7°	8,8°	7,3°	7,6°	8,6°	1	Li 1		
2	Listenb. 2	6,6°	7,4°	8,4°	6,5°	6,8°	8,7°	6,9°	6,9°	8,5°	6,9°	6,2°	8,1°	6,9°	6,9°	7,7°	6,8°	6,8°	7,8°	6,9°	7,8°	8,9°	7,0°	7,7°	8,5°	2	Li 2		
3	Listenb. 3	7,1°						7,4°				6,8°	8,7°	7,5°			7,4°	7,2°	8,7°	7,1°					9,5°	3	Li 3		
4	Listenb. 4	6,7°						6,9°				9,3°	7,8°				6,9°	8,6°							9,7°	4	Li 4		
5	II Listenb. 5	7,5°						7,8°	7,8°			6,5°	8,8°	7,6°	9,1°		7,5°	7,7°	9,7°	7,4°					10,8°	5	Li 5		
6	Listenb. 6	6,9°	7,9°				9,9°	7,2°	7,2°	9,6°	7,1°	6,4°	8,4°	7,1°	7,3°	9,4°	7,2°	6,9°	8,7°	7,1°				8,2°	9,3°	6	Li 6		
7	Listenb. 7	6,9°						7,5°				6,1°	8,7°	7,5°			7,6°			7,0°					9,9°	7	Li 7		
8	III Listenb. 8u	6,8°	7,8°					7,1°	6,7°	8,7°	6,3°	5,5°	8,1°	6,9°	6,5°	8,2°	6,9°	6,2°	8,2°	6,9°					8,7°	8	Li 8u		
9	Listenb. 8o	5,4°						6,2°																		9	Li 8o		
10	Listenb. 9	6,7°	7,2°					7,2°	6,8°	9,4°	6,8°	5,6°	8,6°	6,8°	7,0°	8,9°	7,1°	6,5°	8,5°	7,1°	8,3°				9,3°	10	Li 9		
11	Listenb. 10													5,9°												11	Li 10		
12	IV Friedr. Jagd.								8,3°	10,8°	6,8°	7,1°	8,8°	7,3°	9,2°		7,4°	7,6°	9,7°	6,7°					9,8°	12	F. Jgdh.		
13	Friedr. Acker	5,9°	8,6°	10,8°	5,4°	9,7°	11,8°	6,4°	7,9°	10,5°	6,4°	7,6°	9,8°	6,3°	8,1°	9,4°	6,4°	7,9°	9,7°	6,5°	8,7°	10,8°	6,6°	8,5°	10,5°	13	F. Ack		
14	Friedr. Wald	4,5°	8,7°	10,7°	5,0°	8,7°	11,0°	5,4°	8,7°	10,7°		7,3°	9,4°	5,8°	8,0°	8,8°	5,7°	7,9°	9,0°	5,8°					9,5°	14	F. Wa		
15	Friedr. Weg	7,1°						7,4°	7,8°			6,6°	9,4°	7,3°			7,4°	7,7°	9,3°	7,7°					10,1°	15	F. We		
16	V Wildf. Wiu	4,1°	11,0°	12,8°	4,9°		12,3°	4,7°	9,6°	12,2°	4,7°	9,2°	11,4°	5,3°	10,3°	1,4°								5,0°	10,8°	12,6°	16	Wiu	
17	Wildf. Wo	5,4°	9,9°	12,2°	6,2°	8,7°	11,7°		9,6°	11,7°	5,9°	9,0°	10,6°	6,4°	9,3°	0,9°					12,2°			10,2°	11,5°	17	Wo		
18	Wildf. Tranke	6,9°	9,7°					7,1°	8,8°	11,3°	6,1°	9,5°	10,5°	7,5°	9,0°	10,7°											18	Tr	
19	Isselsborn																										19	Iss	
20	VI Stenner			11,5°	7,7°	7,9°	10,6°	7,4°	8,0°	10,9°		8,2°	10,4°	7,8°	8,2°									11,9°	7,7°	8,8°	11,2°	20	Ste
21	Oster	8,4°	8,8°	10,2°	8,6°	9,0°	10,5°	8,8°	8,5°	9,7°	8,3°	7,8°	9,4°	8,6°	8,2°	9,6°		9,5°	8,6°	9,6°	10,7°	8,3°	9,9°				21	Ost	
22	Widf. Born			9,5°		8,5°	9,5°	8,5°	8,3°	9,5°	8,0°	7,5°	9,2°	8,1°	8,1°	9,0°												22	WB
23	Wdf. W. Ltg																											23	WW
24	VII Wolkersd.			9,3°		9,3°	9,4°								8,9°	8,7°							9,3°	9,5°	9,6°	9,6°	24	Wolk	
25	Kierzeborn																										25	Kierz	
26	Leder M.	9,4°	9,7°	9,7°	9,1°			9,5°	9,7°	9,8°	9,3°	8,9°	9,6°	9,5°	9,2°	9,1°		9,2°	9,5°	9,9°	10,0°	9,3°			10,2°	26	Led		
27	Teich Estavell.					9,9°	9,9°	9,6°	9,8°	9,8°	9,1°	8,0°	9,9°	9,5°	9,4°							10,1°	9,4°	10,1°	9,8°	27	Tei		
40	XI Fischeich					10,2°	9,9°			10,0°		9,9°	9,8°	9,8°													40	Fi. T	
41	St. Annen					9,7°	9,6°			9,3°	9,6°		8,3°	9,4°	9,3°							10,2°	10,0°	9,9°	10,2°	41	ST. Ann		
49	XIII Gernshs.			9,5°									9,6°		8,5°	9,4°								9,8°		9,7°	49	Gernsh	
50	Oschreuffe			10,0°						9,3°	9,9°		8,6°	9,8°	9,2°	9,0°		8,9°	8,7°	8,2°	9,1°	9,7°	10,2°		10,2°	50	Oschr		
51	Papierborn			9,8°		9,5°	9,7°	9,4°		9,7°			9,9°	9,5°	9,7°	9,9°	9,5°	9,7°					9,6°		9,9°	51	Papierb		
	Luft in Frankenberg	0,6°	13,1°	12,6°	0,7°	11,4°	12,3°	-0,2°	11,7°	11,8°	-0,4°	11,6°	11,1°	2,8°	12,7°	2,9°	0,5°	11,6°	12,9°	1,7°	14,1°	12,8°	1,5°	13,3°	11,7°			Luft in Frankenberg	

zu kalt.

Jahreszeitengang der Quellen

Nr.		Temp.			Erg. l/min.			HG °dH			Hs °dH			Hc °dH			Cl' mg			L ₂₀ µS			CO ₂ mg			Nr.	
		Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He		
1	I Listenb. 1	6,5°	7,0°	8,3°	5,0	4,5	2,7	3,4	3,2	3,1	3,4	3,2	3,1	0,1	0,1	0,1	11,1	11,3	10,7	157	152	140	42	29	39	1	Li 1
2	Listenb. 2	6,6°	7,1°	8,4°	5,4	5,2	3,9	3,5	3,4	3,3	3,5	3,3	3,3	0,1	0,1	0,1	11,0	11,2	10,8	155	151	140	48	28	37	2	Li 2
3	Listenb. 3	7,3°	8,0°	9,1°	18,5	9,4	3,3	4,9	4,3	4,7	4,7	4,3	4,5	0,3	0,1	0,2	16,2	14,8	14,5							3	Li 3
4	Listenb. 4	6,7°	8,7°	9,6°	5,8	2,8	0,6	4,9	4,3	4,8	4,6	4,1	4,5	0,3	0,2	0,4	16,0	14,8	16,0							4	Li 4
5	II Listenb. 5	7,9°	8,5°	10,2°	12,4	9,1	2,3	4,8	4,3	4,3	4,5	4,2	4,3	0,2	0,1	0,1	13,4	13,2	12,7							5	Li 5
6	Listenb. 6	7,9°	7,6°	9,5°	26,2	16,8	8,5	6,2	5,7	5,4	5,8	5,2	5,1	0,5	0,5	0,4	20,2	18,1	16,6							6	Li 6
7	Listenb. 7	7,2°	7,6°	9,3°	37,2	20,8	5,1	5,0	4,4	4,8	4,7	4,3	4,5	0,3	0,2	0,4	14,3	12,9	13,6							7	Li 7
8	III Listenb. 8u	6,5°	7,3°	8,5°	23,4	13,8	5,2	4,6	4,3	4,3	4,4	4,1	4,2	0,3	0,2	0,2	14,6	14,5	14,2							8	Li 8u
9	Listenb. 8o	5,7°	7,2°	9,6°	10,7	4,8	0,6	4,1	4,0	4,2	4,0	3,9	4,1	0,2	0,1	0,1	12,8	12,5	12,9							9	Li 8o
10	Listenb. 9	6,7°	7,2°	9,2°	21,9	11,8	2,9	4,3	4,2	4,1	4,2	4,1	4,0	0,2	0,1	0,1	13,1	13,4	13,1							10	Li 9
11	Listenb. 10	6,4°	8,8°	10,3°	3,4	2,3	0,1	5,1	5,4	4,5	4,9	5,3	4,3	0,3	0,2	0,2	15,0	16,1	12							11	Li 10
12	IV Friedr. Jagd.	6,4°	8,4°	9,8°	20	16	4,5	4,0	3,8	3,9	3,9	3,8	3,8	0,1	0,1	0,1	12,1	12,1	12,3							12	F. Jgdh.
13	Friedr. Acker	6,3°	8,4°	10,5°	25	20	15	7,4	7,6	8,5	5,6	5,5	6,1	1,8	2,2	2,4	13,1	13,5	13,0							13	F. Acker
14	Friedr. Wald	5,8°	8,3°	9,7°	4,5	3,8	1,8	6,3	6,5	6,9	4,3	4,1	4,1	2,0	2,4	2,7	8,0	7,5	7,2							14	F. Wald
15	Friedr. Weg	7,9°	8,4°	9,8°	22,9	9,1	5,5	5,9	5,4	6,0	5,5	5,2	5,6	0,4	0,3	0,5	21,8	21,7	23,6							15	F. Weg
16	V Wildf. Wiu	4,8°	10,4°	12,1°	11,5	6,7	4,3	7,5	8,2	8,6	6,0	6,0	6,0	1,6	2,3	2,6	16,7	16,6	16,6							16	Wiu
17	Wildf. Wo	6,0°	9,3°	11,5°	13,3	8,3	5,9	7,8	8,1	8,3	6,5	6,7	6,7	1,4	1,5	1,7	17,4	18,3	18,3							17	Wo
18	Wildf. Tranke	6,6°	9,2°	11,2°	8,9	6,0	4,8	10,3	10,1	10,3	6,2	6,0	5,7	4,1	4,2	4,7	19,3	17,8	17,5							18	Tr
19	Isselsborn	8,5°	8,8°	9,2°				13,8	13,9	13,5	6,1	6,1	6,0	7,7	7,8	7,5	8,4	9,5	8,7	312	307	315	24	32	30	19	Iss
20	VI Stenner	7,2°	8,3°	11,0°	19,5	16,7	15,3	7,0	7,0	7,1	6,3	6,1	6,1	0,7	0,9	1,0	20,5	21,1	20,3							20	Stenner
21	Oster	8,3°	8,7°	10,0°				9,4	9,2	9,3	7,0	6,8	6,7	2,4	2,4	2,6	27,9	27,2	28,3							21	Ost
22	Wildf. Born	8,2°	8,3°	9,3°	57	55	50	6,5	6,1	6,3	5,7	5,5	5,4	0,8	0,7	0,8	25,4	25,4	24,6	236	227	225	62	59	73	22	WB
23	Wdf. W. Ltg							9,7	9,6	10,2	6,3	5,8	5,7	3,4	3,8	4,5	17,4	17,4	17,0							23	WW
24	VII Wolkersd.	9,1°	9,2°	9,2°				10,1	9,7	9,9	5,6	5,1	5,3	5,5	4,6	4,6	14,0	13,9	13,7							24	Wolk
25	Kierzeborn	8,9°	8,9°	9,0°	240	270	207	11,5	11,0	11,2	5,6	6,0	5,6	5,8	5,0	5,7	15,3	15,4	15,2							25	Kierz
26	Leder M.	9,3°	9,5°	9,7°	55	54	42	13,4	12,8	13,1	6,3	5,9	6,3	7,1	6,9	6,9	12,0	12,2	12,2	334	326	330	15	13	16	26	Led
27	Teich Estavell.	9,1°	9,5°	9,7°				12,8	12,9	12,9	6,1	6,1	6,6	6,5	6,8	6,3	17,7	17,8	19,5	432	421	427	15	12	16	27	Tei
28	VIII Dammb.	10,4°	10,4°	10,7°				29	29	30	13,0	11,7	15,0	15,7	16,6	14,1	109	113	114							28	Damm
29	Molk. Bohrg	10,1°	10,2°	10,2°				20	20	19	9,1	9,5	8,0	10,8	10,2	11,4	256	260	302							29	Molk.
30	Min. Qu.	9,9°	10,1°	10,2°	7	8	5	92	91	89	73	76	75	18	15	14	2333	2370	2319	13250	14150	13050	78	63	66	30	Min
31	* Friedr. Bohrg.							47	46	46	35	38	34	12	10	12,3	9,7	10,1	10,0							31	Fr. Wb
32	IX Heiligen B.	8,0°	8,8°	9,0°	100	90	70	3,2	3,2	3,2	3,1	3,0	3,1	0,2	0,2	0,2	12,0	12,2	12,3							32	Hei
33	Christ B.	9,4°	9,5°	9,6°				10,9	10,7	11,0	5,3	5,1	5,5	5,6	5,5	5,5	11,4	11,6	11,5							33	Chri
34	Müllers B.	9,5°	9,5°	9,7°	192	190	174	13,3	12,9	13,0	6,1	5,7	6,0	7,2	7,2	7,1	13,0	13,2	13,4							34	Mü
35	Würzeberg	9,4°	9,4°	9,2°	336	290	250	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	2,6	0,1	0,2	0,1	8,0	8,2	7,9							35	Wü
36	X Roda, Bornberg							4,2	3,5	3,8	3,1	3,0	3,1	1,1	0,5	0,6	8,2	8,3	8,1							36	Rod
37	Rosenth. Thalh.							13,5	13,0	13,5	6,1	5,9	6,2	7,4	7,1	7,3	7,0	6,9	7,1							37	Ros
38	Pause W	7,8°	7,8°	8,1°	32	45	28	1,9	1,8	2,0	1,4	1,4	1,6	0,5	0,4	0,4	9,7	9,1	8,9	80		79	49	51	56	38	Pau
39	Lehnh. Born	9,1°	9,2°	9,0°	318	337	307	6,1	5,8	5,8	4,5	4,2	4,3	1,6	1,6	1,5	9,8	9,5	9,7							39	Lehn
40	XI Fischteich	9,8°	10,1°	10,0°	170	200	230	11,6	11,4	11,4	5,3	5,3	5,5	6,3	6,1	6,0	11,0	9,9	10,1							40	FiT
41	St. Annen	9,4°	9,6°	9,8°	167	142	135	8,7	8,9	9,2	5,5	5,4	5,4	3,2	3,5	3,8	10,7	11,0	10,2							41	St. A
42	Grüs. Str.	9,3°	9,5°	9,6°				8,9	9,0	9,0	5,6	5,4	5,8	3,3	3,6	3,2	16,1	15,8	15,7							42	Gr
43	Kirschg.	8,6°	8,9°	8,9°				13,8	13,8	13,8	6,2	5,9	6,2	7,6	7,9	7,6	11,6	12,1	12,4							43	Ki
44	XII Römersb.	9,2°	9,3°	9,5°				14,5	14,1	14,4	6,4	6,1	6,3	8,2	8,0	8,1	12,2	12,4	12,3							44	Rö
45	Haubern	7,9°	8,7°	8,8°				14,9	14,4	14,6	7,3	7,0	7,3	7,6	7,4	7,4	18,3	18,7	18,8							45	Ha
46	Eilershsh.							20,6	20,4	20,5	10,7	10,8	11,3	9,9	9,6	9,1	19,4	19,7	19,6							46	Ell
47	Hüstenm.							15,9	15,9	16,1	7,1	7,0	7,3	8,8	8,9	8,8	18,0	19,0	18,7							47	Gei
48	XIII Dörnholz.	7,5°	9,1°	11,0°				6,4	7,2	7,2	5,9	5,7	6,0	1,3	1,5	1,3	19,9	19,4	19,3							48	Dörn
49	Gernshsn.	9,0°	9,2°	9,5°				13,9	13,7	13,8	6,3	6,3	6,7	7,8	7,4	7,1	11,8	11,9	11,3							49	Gern
50	Oschreuffe	9,0°	9,1°	9,7°	153	180	124	14,8	14,8	14,9	6,9	6,8	7,2	7,9	8,0	7,7	15,6	16,2	16,3	393	390	394	17	16	22	50	Oschr
51	Papierborn	9,3°	9,5°	9,6°				15,0	14,7	14,2	7,0	6,9	6,8	8,1	7,8	7,4	15,0	15,2	15,5							51	Pap
52	XIV Totenborn	4,9°	7,2°	9,8°	7	6	2	9,4	9,0	8,9	8,1	7,9	7,5	1,3	1,1	1,4	16,0	16,5	17,3	333	333	328	44	43	58	52	Tot
53	Rennerteh.	8,8°	8,7°	10,0°	180	170	90	10,7	10,4	10,5	7,0	7,0	6,7	3,7	3,4	3,8	28,5	29,5	28,7							53	Renn
54	Birkenbr.	8,3°	9,1°	11,0°	36	17	2,6	7,7	7,2	9,1	6,7	6,4	6,3	1,0	0,8	2,8	28,2	28,1	25,7	278	282	274	62	70	95	54	Birk
55	Schinnerb.	5,7°	7,1°	10,0°	4,3	2,3	0,8	4,4	4,3	4,1	4,3	4,2	4,0	0,1	0,1	0,1	9,5	10,3	10,1	181	183	175	55	82	83	55	Schinn
56	XV Wolfspfad	4,1°	10,9°	12,0°	37 cm	22 cm	17 cm	15,5	11,8	10,0	8,9	7,0	5,8	6,6	4,8	4,2	33,5	16,7	7,1	500	459	509	22	19	37	56	Wo
57	Drain G.	4,7°	10,7°	13,1°	30	4	3	14%	17%	17%	5,5	6,2	5,5	9,2	11,6	12,3	20	20	17							57	Drai
58	Louisendorf	5,6°	8,6°	12																							

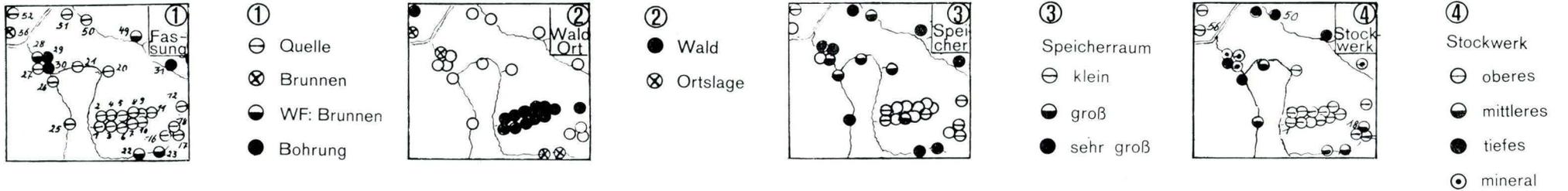
Jahreszeitengang der Quellen

Nr.		Temp.			Erg. l/min.			HG °dH			Hs °dH			Hc °dH			Cl' mg			L ₂₀ µS			CO ₂ mg			Nr.	
		Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He	Wi	So	He		
1	I Listenb. 1	6,5°	7,0°	8,3°	5,0	4,5	2,7	3,4	3,2	3,1	3,4	3,2	3,1	0,1	0,1	0,1	11,1	11,3	10,7	157	152	140	42	29	39	1	Li 1
2	Listenb. 2	6,6°	7,1°	8,4°	5,4	5,2	3,9	3,5	3,4	3,3	3,5	3,3	3,3	0,1	0,1	0,1	11,0	11,2	10,8	155	151	140	48	28	37	2	Li 2
3	Listenb. 3	7,3°	8,0°	9,1°	18,5	9,4	3,3	4,9	4,3	4,7	4,7	4,3	4,5	0,3	0,1	0,2	16,2	14,8	14,5							3	Li 3
4	Listenb. 4	6,7°	8,7°	9,6°	5,8	2,8	0,6	4,9	4,3	4,8	4,6	4,1	4,5	0,3	0,2	0,4	16,0	14,8	16,0							4	Li 4
5	II Listenb. 5	7,3°	8,5°	10,2°	12,4	9,1	2,3	4,8	4,3	4,3	4,5	4,2	4,3	0,2	0,1	0,1	13,4	13,2	12,7							5	Li 5
6	Listenb. 6	7,0°	7,6°	9,5°	26,2	16,8	8,5	6,2	5,7	5,4	5,8	5,2	5,1	0,5	0,5	0,4	20,2	18,1	16,6							6	Li 6
7	Listenb. 7	7,2°	7,6°	9,3°	37,2	20,8	5,1	5,0	4,4	4,8	4,7	4,3	4,5	0,3	0,2	0,4	14,3	12,9	13,6							7	Li 7
8	III Listenb. 8a	6,5°	7,3°	8,5°	23,4	13,8	5,2	4,6	4,3	4,3	4,4	4,1	4,2	0,3	0,2	0,2	14,6	14,5	14,2							8	Li 8a
9	Listenb. 8b	5,7°	7,2°	9,6°	10,7	4,8	0,6	4,1	4,0	4,2	4,0	3,9	4,1	0,2	0,1	0,1	12,8	12,5	12,9							9	Li 8b
10	Listenb. 9	6,7°	7,2°	9,2°	21,9	11,8	2,9	4,3	4,2	4,1	4,2	4,1	4,0	0,2	0,1	0,1	13,1	13,4	13,1							10	Li 9
11	Listenb. 10	6,4°	8,8°	10,3°	3,4	2,3	0,1	5,1	5,4	4,5	4,9	5,3	4,3	0,3	0,2	0,2	15,0	16,1	12							11	Li 10
12	IV Friedr. Jagd.	6,4°	8,4°	9,8°	20	16	4,5	4,0	3,8	3,9	3,9	3,8	3,8	0,1	0,1	0,1	12,1	12,1	12,3							12	F. Jgdh.
13	Friedr. Acker	6,3°	8,4°	10,5°	25	20	15	7,4	7,6	8,5	5,6	5,5	6,1	1,8	2,2	2,4	13,1	13,5	13,0							13	F. Acker
14	Friedr. Wald	5,8°	8,3°	9,7°	4,5	3,8	1,6	6,3	6,5	6,9	4,3	4,1	4,1	2,0	2,4	2,7	8,0	7,5	7,2							14	F. Wald
15	Friedr. Weg	7,3°	8,4°	9,8°	22,9	9,1	5,5	5,9	5,4	6,0	5,5	5,2	5,6	0,4	0,3	0,5	21,8	21,7	23,6							15	F. Weg
16	V Wildf. Wiu	4,8°	10,4°	12,1°	11,5	6,7	4,3	7,5	8,2	8,6	6,0	6,0	6,0	1,6	2,3	2,6	16,7	16,6	16,6							16	Wiu
17	Wildf. Wo	6,0°	9,3°	11,5°	13,3	8,3	5,9	7,8	8,1	8,3	6,5	6,7	6,7	1,4	1,5	1,7	17,4	18,3	18,3							17	Wo
18	Wildf. Tränke	6,6°	9,2°	11,2°	8,9	6,0	4,8	10,3	10,1	10,3	6,2	6,0	5,7	4,1	4,2	4,7	19,3	17,8	17,5							18	Tr
19	Isselsborn	8,5°	8,8°	9,2°				13,8	13,9	13,5	6,1	6,1	6,0	7,7	7,8	7,5	8,4	9,5	8,7	312	307	315	24	32	30	19	Iss
20	VI Stenner	7,2°	8,3°	11,0°	19,5	16,7	15,3	7,0	7,0	7,1	6,3	6,1	6,1	0,7	0,9	1,0	20,5	21,1	20,3							20	Stenner
21	Oster	8,3°	8,7°	10,0°				9,4	9,2	9,3	7,0	6,8	6,7	2,4	2,4	2,6	27,9	27,2	28,3							21	Oster
22	Wdf. Born	8,2°	8,3°	9,3°	57	55	50	6,5	6,1	6,3	5,7	5,5	5,4	0,8	0,7	0,8	25,4	25,4	24,6	236	227	225	62	59	73	22	WB
23	Wdf. W. Ltg							9,7	9,6	10,2	6,3	5,8	5,7	3,4	3,8	4,5	17,4	17,4	17,0							23	WW
24	VII Wolkersd.	9,1°	9,2°	9,2°				10,1	9,7	9,9	5,6	5,1	5,3	5,5	4,6	4,6	14,0	13,9	13,7							24	Wolk
25	Kierzeborn	8,9°	8,9°	9,0°	240	270	207	11,5	11,0	11,2	5,6	6,0	5,6	5,8	5,0	5,7	15,3	15,4	15,2							25	Kierze
26	Leder M.	9,3°	9,5°	9,7°	55	54	42	13,4	12,8	13,1	6,3	5,9	6,3	7,1	6,9	6,9	12,0	12,2	12,2	334	326	330	15	13	16	26	Leder
27	Teich Estavell.	9,1°	9,5°	9,7°				12,8	12,9	12,9	6,1	6,1	6,6	6,5	6,8	6,3	17,7	17,8	19,5	432	421	427	15	12	16	27	Teich
28	VIII Dammb.	10,4°	10,4°	10,7°	29	29	30	13,0	11,7	15,0	15,7	16,6	14,1	10,9	11,3	11,4										28	Damm
29	Molk. Bohrg	10,1°	10,2°	10,2°	20	20	19	9,1	9,5	8,0	10,8	10,2	11,4	25,6	26,0	30,2										29	Molk.
30	Min. Qu.	9,8°	10,1°	10,2°	7	6	5	9,2	9,1	8,9	7,3	7,6	7,5	18	15	14	23,3	23,7	23,9	13250	14150	13050	78	63	66	30	Min
31	* Friedr. Bohrg.				47	46	46	35	36	34	12	10	12,3	9,7	10,1	10,0										31	Fr. Wb
32	IX Heiligen B.	8,0°	8,8°	9,0°	100	90	70	3,2	3,2	3,2	3,1	3,0	3,1	0,2	0,2	0,2	12,0	12,2	12,3							32	Hei
33	Christ B.	9,4°	9,5°	9,6°				10,9	10,7	11,0	5,3	5,1	5,5	5,6	5,5	5,5	11,4	11,6	11,5							33	Christ
34	Müllers B.	9,5°	9,5°	9,7°	192	190	174	13,3	12,9	13,0	6,1	5,7	6,0	7,2	7,2	7,1	13,0	13,2	13,4							34	Müll
35	Würzeberg	9,4°	9,4°	9,2°	336	290	250	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5	2,6	0,1	0,2	0,1	8,0	8,2	7,9							35	Würze
36	X Roda, Bornberg							4,2	3,5	3,8	3,1	3,0	3,1	1,1	0,5	0,6	8,2	8,3	8,1							36	Roda
37	Rosenth. Thalh.							13,5	13,0	13,5	6,1	5,9	6,2	7,4	7,1	7,3	7,0	6,9	7,1							37	Ros
38	Pause W	7,6°	7,8°	8,1°	32	45	28	1,9	1,8	2,0	1,4	1,4	1,6	0,5	0,4	0,4	9,7	9,1	8,9	60	80	79	49	51	56	38	Pau
39	Lehn. Born	9,1°	9,2°	9,0°	318	337	307	6,1	5,8	5,8	4,5	4,2	4,3	1,6	1,6	1,5	9,6	9,5	9,7							39	Lehn
40	XI Fischteich	9,8°	10,1°	10,0°	170	200	230	11,6	11,4	11,4	5,3	5,3	5,5	6,3	6,1	6,0	11,0	9,9	10,1							40	Fisch
41	St. Annen	9,4°	9,6°	9,8°	167	142	135	8,7	8,9	9,2	5,5	5,4	5,4	3,2	3,5	3,8	10,7	11,0	10,2							41	St. A
42	Grüs. Str.	9,3°	9,5°	9,6°				8,9	9,0	9,0	5,6	5,4	5,8	3,3	3,6	3,2	16,1	15,8	15,7							42	Gr
43	Kirschg.	8,6°	8,9°	8,9°				13,8	13,8	13,8	6,2	5,9	6,2	7,6	7,9	7,6	11,6	12,1	12,4							43	Kir
44	XII Römersb.	9,2°	9,3°	9,5°				14,5	14,1	14,4	6,4	6,1	6,3	8,2	8,0	8,1	12,2	12,4	12,3							44	Rö
45	Heuborn	7,9°	8,7°	8,8°				14,9	14,4	14,6	7,3	7,0	7,3	7,6	7,4	7,4	18,3	18,7	18,8							45	Ha
46	Eilershsn.							20,6	20,4	20,5	10,7	10,8	11,3	9,9	9,6	9,1	19,4	19,7	19,6							46	Eil
47	Hüstenm.							15,9	15,9	16,1	7,1	7,0	7,3	8,8	8,9	8,8	18,0	19,0	18,7							47	Gei
48	XIII Dörnholz.	7,5°	9,1°	11,0°				6,4	7,2	7,2	5,9	5,7	6,0	1,3	1,5	1,3	19,9	19,4	19,3							48	Dörn
49	Gernshsn.	9,0°	9,2°	9,5°				13,9	13,7	13,8	6,3	6,3	6,7	7,8	7,4	7,1	11,8	11,9	11,3							49	Gern
50	Oschreuffe	9,0°	9,1°	9,7°	153	180	124	14,8	14,8	14,9	6,9	6,8	7,2	7,9	8,0	7,7	15,6	16,2	16,3	393	390	394	17	16	22	50	Oschr
51	Papierborn	9,3°	9,5°	9,6°				15,0	14,7	14,2	7,0	6,9	6,8	8,1	7,8	7,4	15,0	15,2	15,5							51	Pap
52	XIV Totenborn	4,9°	7,2°	9,8°	7	6	2	9,4	9,0	8,9	8,1	7,9	7,5	1,3	1,1	1,4	16,0	16,5	17,3	333	333	328	44	43	58	52	Tot
53	Rennerteh.	8,6°	8,7°	10,0°	180	170	90	10,7	10,4	10,5	7,0	7,0	6,7	3,7	3,4	3,8	28,5	29,5	28,7							53	Renn
54	Birkenbr.	8,3°	9,1°	11,0°	36	17	2,6	7,7	7,2	9,1	6,7	6,4	6,3	1,0	0,8	2,8	28,2	28,1	25,7	276	282	274	62	70	95	54	Birk
55	Schinnerb.	5,7°	7,1°	10,0°	4,3	2,3	0,8	4,4	4,3	4,1	4,3	4,2	4,0	0,1	0,1	0,1	9,5	10,2	10,1	181	183	175	55	82	83	55	Schinn
56	XV Wolfspfad	4,1°	10,9°	12,0°	37 cm	22 cm	17 cm	15,5	11,8	10,0	8,9	7,0	5,8	6,6	4,8	4,2	33,5	16,7	7,1	500	459	509	22	19	37	56	Wo
57	Drain G.	4,7°	10,7°	13,1°	30	4	3	14%	17%	17%	5,5	6,2	5,5	9,2	11,6	12,3	20	20	17							57	Drai
58	Louisendorf	5,6																									

Maxima u. Minima der Quellen

Nr.		Erg. l/min		Temp.				Gesamthärte				Sulfathärte				Karbonathärte				Chlorid mg		CO ₂ mg.						
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.							
1	I Listenb. 1	18	15	0	0	10,5°	9,0°	2,2°	4,6°	5	4½	1¼	1	5	4½	1¼	1¼	1	½	0	0	17	14	9	9	48	22	Li 1
2	Listenb. 2	20	15	1	1,1	9,4°	9,3°	3,3°	4,9°	5	5	1½	2	5	4½	1½	1½	1¼	1	0	0	17	14	8	8	48	22	Li 2
3	Listenb. 3	120	90	0	0	14,3°	10,3°	4,4°	3,5°	6	6	3½	3½	6	6	3	3	1½	1	0	0	23	20	6	9			Li 3
4	Listenb. 4	27	24	0	0	14,6°	11,0°	2,0°	4,8°	7½	6¾	3½	3½	6¼	6	3	3½	2¼	1½	0	0	22	21	12	12			Li 4
5	II Listenb. 5	75	60	0	0	15,0°	15,0°	3,2°	3,2°	7½	7¼	3	3½	8½	8½	3	3½	1½	1	0	0	19	18	9	9	31	26	Li 5
6	Listenb. 6	90	84	0	0	13,1°	11,2°	2,2°	5,1°	8½	8¼	3½	3½	8	8	3	3½	2¼	2	0	0	28	27	11	12	70	48	Li 6
7	Listenb. 7	192	180	0	0	11,5°	10,6°	3,7°	3,7°	8½	8¼	3½	3½	7	6	3	3½	1½	1½	0	0	19	19	10	10			Li 7
8	III Listenb. 8u	120	120	0	0	13,2°	11,5°	1,3°	4,7°	6¼	5½	3	3½	7	6	2½	2½	1½	1½	0	0	20	18	9	11	62	35	Li 8u
9	Listenb. 8o	60	48	0	0	11,5°	11,5°	2,0°	3,4°	5½	5½	2½	3	5½	5	2½	2½	1½	1½	0	0	16	15	7	8	40	27	Li 8o
10	Listenb. 9	140	120	0	0	14,4°	10,3°	0,3°	4,2°	6½	6½	2¼	2¼	7	6½	2½	2½	1¼	1	0	0	16	16	10	10	54	48	Li 9
11	Listenb. 10	70	50	0	0	15,6°	10,6°	3,5°	3,5°	7½	7½	2½	3	8	7½	2½	3	2	2	0	0	22	21	9	9			Li 10
12	IV Friedr. Jagd.	120	120	0	0	13,7°	12,1°	3,2°	3,3°	5	5	3	3½	5	4½	2½	2½	1	1	0	0	16	16	7	8	26	18	F. Jgdh.
13	Friedr. Acker	100	80	0	0	14,2°	14,2°	1,8°	3,9°	8½	8½	4	4½	7¾	7¾	3¼	3¼	4	4	0	0	19	18	8	9	44	40	F. Acker
14	Friedr. Wald	40	21	0	0	12,2°	11,2°	3,4°	3,4°	9½	8	3¼	4½	8½	8	2½	3	5½	4½	0	0	16	11	6	6			F. Wald
15	Friedr. Weg	80	66	0	0	15,8°	11,4°	1,0°	4,6°	10½	8¼	3¼	3¼	8	8	3¼	3¼	2	1½	0	0	28	28	15	16			F. Weg
16	V Wildf. Wiu	45	36	0	0	15,0°	14,9°	2,6°	2,6°	10¼	10¼	4½	5¼	9½	9	3¼	4	5¼	4½	0	0	28	27	10	11	22	18	Wiu
17	Wildf. Wo	300	45	0	0	13,3°	13,2°	4,0°	4,2°	10¼	10	5½	5½	9½	8¼	4	4½	3½	3½	0	0	22	22	12	13	40	24	Wo
18	Wildf. Tränke	45	36	0	0	16,2°	14,3°	2,9°	4,9°	12½	11½	8¼	8¼	9½	9½	4	4½	7½	7½	2	2¼	46	35	13	13	44	33	Tr
19	Isselsborn					9,5°	9,1°	8,2°	8,2°	18½	16½	10½	11	7½	7	3	3½	11	10	6	7	14	14	8	8	35	22	Iss
20	VI Stenner	30	30	5	6	12,4°	12,4°	4,9°	5,2°	9	8¼	4	5¼	8½	8	4½	4½	2½	2½	0	0	29	29	16	17	40	35	Stenner
21	Oster	300	200	0	0	12,4°	12,4°	6,7°	6,6°	12	11¼	7¼	7¼	8½	9½	5	5	4½	4½	½	1	42	39	21	22	35	22	Oster
22	Widf. Born	135	123	24	30	9,7°	9,8°	6,6°	6,7°	9	8¼	4½	5	8½	8¼	3	4	3¼	3	0	0	38	33	21	22	84	44	WB
23	Wdf. W. Ltg									14½	13½	7	7	9¼	8¼	4½	4½	88½	7¼	1	1	23	23	12	13			W W
24	VII Wolkersd.	~600	~500	~100		9,9°	9,8°	8,6°	8,7°	13	13	8¼	8¼	12½	8½	3	3¼	8	7½	½	2¼	33	18	11	11	44	31	Wolk
25	Kierzeborn	420	400	130	135	9,2°	9,2°	8,6°	8,7°	12	12	10½	10½	7½	7¼	4½	5	7½	7½	3	3	18	18	14	14	22	13	Kierz
26	Leder M.	120	120	0	0	10,6°	10,4°	7,5°	8,5°	16	15¼	11¼	11¼	12¼	9½	3¼	3¼	11	10	3½	3½	19	16	10	10	24	9	Led
27	Teich Estavell	~200	~100	0	0	10,4°	10,4°	7,1°	8,2°	17	16½	10½	10½	11½	10½	3¼	4	10½	10	2½	3½	61	44	11	11	22	6	Tei
28	VIII Dammb.					11,2°	10,8°	10,0°	10,2°	38½	31	22½	25½	22	19½	8	8½	21	19½	6	9	135	121	89	99	79	62	Damm
29	Molk. Bohrg					10,3°	10,2°	9,9°	10,0°	22½	22	17½	18	16	15	4½	5½	18	14	4	5½	335	326	185	192	42	31	Molk.
30	Min. Qu.	40	25	0	2	10,5°	10,3°	9,7°	9,8°	110	107	77	78	92	92	60	63	24	23	5	7	2735	2700	2130	2166	97	22	Min.
31	Friedr. Bohrg.									50	49	42	42	41	41	23	25	20½	19	7	8	11	11	8	8			Fr. W.
32	IX Heiligen B.					10,1°	10,0°	7,6°	7,7°	5	5	2	2½	5	4½	2	2	2	1½	0	0	24	21	9	10	49	40	Hei
33	Christ B.					10,2°	10,1°	8,4°	8,8°	14¼	13¼	8	8¼	8½	8	2¼	3¼	10	8½	2¼	3	16	16	11	11	22	18	Chri
34	Müllers B.	300	300	36	40	10,2°	10,2°	8,5°	9,1°	18½	16½	10½	10½	9½	9¼	4	4½	11½	10½	3½	4	26	14	9	9	15	13	Mü
35	Würzeberg	500	420	150	150	9,8°	9,8°	8,0°	8,5°	4	3½	1½	2	4	3½	1½	1½	1	0	0	11	10	6	6			Wü	
36	X Roda. Bornberg									7¼	6¼	2½	2½	5	4	2	2½	3¼	3	0	0	10	10	7	7			Roda
37	Rosenth. Thalh.									17½	17¼	10¼	11	10	9¼	3	3½	10½	10½	5½	5½	13	9	5	6			Ros
38	Pause W	60	50	10	10	8,3°	8,2°	7,3°	7,4°	3	3	1½	1½	3	3	1	1	1	½	0	0	12	11	7	8	76	40	Pau
39	Lehn. Born	400	400	120	120	9,8°	9,8°	8,2°	8,4°	8	8	4½	4½	7½	6½	2½	3	3½	3½	0	0	15	13	8	8	44	40	Lehn
40	XI Fischteich	1200p	300			10,5°	10,5°	9,4°	9,5°	15	14½	9½	10	8½	7½	2½	2½	11½	10½	3	3½	23	22	7	8			Fit
41	St. Annen	330	330	0	30	10,3°	10,2°	8,8°	8,8°	12¼	12	6	6¼	9	8¼	2¼	3	7	7	0	½	27	14	8	8	53	35	St. A
42	Grüs. Str.	400		~20		12,3°	11,3°	8,8°	8,8°	11¼	11	7	7¼	9½	9¼	3½	3½	5½	5½	0	1½	19	18	12	13	56	53	Gr
43	Kirschg.					9,6°	9,6°	8,4°	8,4°	17¼	17¼	11¼	11¼	9	9	4	4	11	10½	4¼	4¼	26	16	9	10			Ki
44	XII Römersb.									18½	18½	11½	11½	10¼	9½	4	4	13	11½	3	5	18	16	9	9			Rö
45	Haubern					9,9°	9,7°	6,4°	6,6°	17½	17¼	9½	9½	11	10¼	4½	5½	9½	9½	3	4½	26	23	14	14	18	15	Ha
46	Ellersshsn.									27½	23½	15½	17	15	15	6¼	7¼	16½	13	5	5½	23	23	17	17			Ell
47	Hüstenm.									21½	20½	12½	12½	11	10¼	3	4	12¼	11½	5	5½	22	22	16	16			Gei
48	XIII Dörnholz.					13,4°	13,0°	5,1°	6,1°	9¼	9¼	4½	5	8¼	7½	3¼	3¼	4¼	4½	0	0	29	26	14	14			Dörn
49	Gernshsn.					10,0°	9,8°	8,2°	8,2°	17½	15½	11¼	11¼	9½	8¼	4½	4½	10½	10½	4½	5	18	15	9	9			Gern
50	Oschreuffe	600	600	0	0	10,4°	10,4°	8,0°	8,0°	17¼	17	11¼	12	10½	9½	4½	4½	11½	10½	5½	5½	24	20	13	13	31	9	Oschr
51	Papierborn					11,0°	10,3°	8,3°	8,3°	19	17	10	10½	10	9¼	4½	5	12½	11½	2	4½	21	20	13	13			Pap
52	XIV Totenborn	19,5	18	0	0	15,6°	11,6°	1,3°	2,6°	13	11½	7½	7½	10½	10½	5½	5½	3	3	0	0	24	21	13	13	70	31	Tot
53	Rennerth.					12,0°	12,0°	7,6°	7,6°	14½	13	8¼	8¼	12½	11	5	5	7¼	6	0	½	48	45	21	22	38	35	Renn
54	Birkenbr.	90	90	0	0	12,5°	12,4°	7,2°	7,2°	12¼	11¼	5½	5½	9½	8½	3¼	3¼	7½	7¼	0	0	40	36	14	17	79	53	Birk
55	Schinnerb.	15	11	0,1	0,2	10,6°	10,3°	3,6°	4,0°	5½	5½	3½	3½	5½	5½	3½	3½	1	½	0	0	13	12	8	9	105	44	Schinn
56	XV Wolfspfad	210		0	0	15,5°	15,1°	0,6°	1,2°	27½	25	5	5½	22	19	3	3	15½	12½	1¼	1¼	191	181	2	2	106	0	Wo
57	Drain G.	105		0	0,01	14,8°	13,0°	1,9°	3,3°	19½	18½	12	14	7	6½	5	5	13½	12½	6½	9	23	22	16	17			Drain
58	Louisendorf	2				12,8°	12,7°	3,7°	4,0°	14½	12½	8	8															

Übersicht: Fassung, Lage, Speicher, Stockwerk



Monatliche Änderungen: ● Zunahmen ○ Abnahmen ⊖ Unverändert

