Vertriebs-Archiv

ABHANDLUNGEN DES HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENFORSCHUNG
HEFT 1

DIE GEOLOGISCHEN GRUNDLAGEN DER WASSERVERSORGUNG AM OSTRAND DES RHEINISCHEN GEBIRGES IM RAUME VON MARBURG-FRANKENBERG-BORKEN

VON

ALFRED JOHANNSEN

IN KIEL

MIT 10 TAFELN UND 8 ABBILDUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON
DER DIREKTION DES HESSISCHEN LANDESAMTES
FÜR BODENFORSCHUNG

WIESBADEN 1950

IM VERTRIEB BEIM HESSISCHEN LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG
WIESBADEN, PARKSTRASSE 28

Abh. hess. L.-Amt Bodenforschung	1	S. 1—87	Wiesbaden, 18. 12. 1950

Vertriebs-Archiv

ABHANDLUNGEN DES HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENFORSCHUNG
HEFT 1

DIE GEOLOGISCHEN GRUNDLAGEN DER WASSERVERSORGUNG AM OSTRAND DES RHEINISCHEN GEBIRGES IM RAUME VON MARBURG-FRANKENBERG-BORKEN

VON

ALFRED JOHANNSEN

IN KIEL

MIT 10 TAFELN UND 8 ABBILDUNGEN

HERAUSGEGEBEN VON
DER DIREKTION DES HESSISCHEN LANDESAMTES
FÜR BODENFORSCHUNG

WIESBADEN 1950

IM VERTRIEB BEIM HESSISCHEN LANDESAMT FÜR BODENFORSCHUNG
WIESBADEN, PARKSTRASSE 28

Abh. hess. L.-Amt Bodenforschung	1	S. 1—87	Wiesbaden, 18. 12. 1950

Satz und Druck:
Wiesbadener Graphische Betriebe GmbH

ABHANDLUNGEN DES HESSISCHEN LANDESAMTES FÜR BODENFORSCHUNG

HERAUSGEGEBEN VON
DER DIREKTION DES HESSISCHEN LANDESAMTES
FÜR BODENFORSCHUNG

HEFT 1

Die geologischen Grundlagen der Wasserversorgung am O-Rand des Rheinischen Gebirges im Raume Marburg—Frankenberg—Borken

Von

ALFRED JOHANNSEN, Kiel

Mit 10 Tafeln und 8 Abbildungen.

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

A. Einleitung ..... 7—14

1. Problemstellung — 2. Geologische Übersicht des bearbeiteten Gebietes — a) Zechstein — b) Unterbuntsandstein — c) Mittelbuntsandstein — d) Oberbuntsandstein — e) Muschelkalk — f) Tertiär — g) Diluvium

B. Das Quellgebiet von Nassenerfurth (Bez. Kassel) ..... 14—37

1. Stratigraphie — 2. Tektonik — 3. Das Grundwasser — a) in Brunnen und Bohrungen — b) der Quellen — 4. Schichtverzeichnisse der Bohrungen .....

C. Die Grundwasserverhältnisse um Allendorf, Kr. Marburg ..... 37—59

1. Geologische Übersicht — 2. Die Grundwasserhorizonte — 3. Absenkung des Grundwasserspiegels und Strömungsrichtung des Grundwassers — 4. Schichtverzeichnisse der Bohrungen

D. Die Wasserversorgung der Frankenberger Bucht ..... 59—79

a) im Randgebiet Ost — b) im Randgebiet Nordwest — c) im Randgebiet West — d) im zentralen Gebiet — e) Zusammenstellung der Ergebnisse unter a) bis d)

E. Zusammenfassung ..... 79—82

Tabellen ..... 82—86

Schriftenverzeichnis ..... 86—87

Vorwort

Die vorliegende Arbeit wurde in den Jahren 1944/45 angefertigt. Das bedeutungsvolle, weite Problem der Grundwasserführung in den östlichen Randgebieten des Rheinischen Gebirges ist aufgerollt worden und konnte für den Raum etwa zwischen Marburg-Frankenberg-Borken weitgehend gelöst werden. Verfasser ist sich darüber im klaren, daß die Erkenntnisse dieser Arbeit über die grundsätzliche Gültigkeit hinaus nicht auch ohne weiteres allgemeingültige Bedeutung für die Randgebiete südlich des besprochenen Raumes haben. Neuere Beobachtungen schon im Gebiet um und südlich Marburgs deuten darauf hin, daß hier Ausnahmezustände — oder weitere Gesetzmäßigkeiten — vorliegen, die die Nutzanwendung der Ergebnisse außerhalb des untersuchten Raumes einschränken könnten. Wegen Vorliegen anderer Aufgaben konnte Verfasser bislang nicht — und kann es auch in in der nächsten Zukunft nicht — weiter an die Probleme herangehen. Es wäre erfreulich, wenn die Arbeit zu weiterer Forschung in der begonnenen Richtung Anregung geben könnte.

A. Einleitung

1. Problemstellung

Die Grundwasserführung in den östlichen Randgebieten des alten Rheinischen Gebirges fällt durch ihre gewaltige mengenmäßige und über lange Zeiträume konstante Leistung auf, sobald sie sich in Quellaustritten, Brunnen und Bohrungen äußert. Der Versuch, innerhalb des Buntsandsteines, der den weitaus überwiegenden Gesteinsanteil dieser Randzone hat, auch das Wassereinzugsgebiet der in ihm wieder austretenden Wassermengen zu suchen, ist zur Hoffnungslosigkeit verurteilt. Die Höhe der Schüttungsmengen steht in gar keinem Verhältnis zu den möglichen Einzugsmengen innerhalb dieses Gebietes.

Es ist nicht nur das wissenschaftliche Interesse, das die eingehendere Beschäftigung auf geologischer Grundlage mit diesem Phänomen lohnend erscheinen läßt, sondern es ist ebenso die praktisch-wirtschaftliche Bedeutung dieses „Bodenschatzes Wasser", die zur Bearbeitung geradezu zwingt. Ich erinnere nur an die sogenannte „Bäderlinie" von Nauheim bis Wildungen, die durch ihre wertvollen Mineralwässer bekannt geworden ist. Darüber hinaus aber liegt die viel größere Bedeutung des unerschöpflichen Grundwasservorrates auf dem Gebiete der Land- und Hauswirtschaft und in zunehmendem Maße für die Industrie.

Wenn bekannt ist, mit welchen Vorräten, die von Einzugsgebieten und Mächtigkeiten der Speicherschichten abhängen, zu rechnen ist, welche Strömungsrichtung und -geschwindigkeit das Grundwasser hat, dann können mit großer Wahrscheinlichkeit von vornherein kostspielige Fehlbohrungen auf Wasser vermieden werden. Dann kann auch die eventuell ungünstige Beeinflussung bereits in Nutzung stehender Wassergewinnungsanlagen durch neue Anlagen, wie das so oft in der Praxis vorkommt, unterbunden werden. Kurz, es wird so die Voraussetzung für eine planvolle Lenkung der Wasserwirtschaft geschaffen.

Drei Kernfragen bestimmen diese Arbeit, die sich mit dem „Woher?" an das Einzugsgebiet, mit dem „Wieviel?" auf die nutzbar zu machenden Schüttungsmengen und mit dem „Wo?" auf die günstigste Lage einer zu erstellenden Wasserversorgungsanlage befassen.

Es hat erstmals Denckmann (1901) in seiner klassischen Arbeit „Geologische Untersuchung der Wolkersdorfer Quelle bei Frankenberg in Hessen" dieses Problem angeschnitten und an dem Beispiel der Wolkersdorfer Quelle zu erklären versucht:

Das paläozoische Rheinische Gebirge ist von einem dichten Netz von Verwerfungen und Überschiebungen durchsetzt. Dieses verhindert, daß sich das einsickernde Regenwasser in geschlossenen Grundwasserhorizonten sammeln kann. In ihrer Gesteinseigenart zur Grundwasserführung an sich vorbestimmte Schichten sind oft auf kürzeste Entfernung hin schon so verworfen, daß eine ins Gewicht fallende Wasseraufnahme nicht mehr möglich ist. Mit dem allverbreiteten Verwerfungssystem ist aber ein großartiges Kluftsystem verbunden. Und dieses mit Grundwasser angefüllte Kluftsystem ersetzt die Grundwasserhorizonte. Das Kluftsystem selbst ist der Grundwasserträger.

„Die das Gebirge durchsetzenden Spalten und Klüfte", sagt DENCKMANN (1901), „auf denen die Verwerfung bzw. das Absinken der Gebirgsmassen stattgefunden hat, sammeln die Wässer der in ihrem Zusammenhang zerrissenen Schichten. Wird das Gebirge von Zerreißungen verschiedener Richtung bzw. verschiedenen Alters durchsetzt, so führt diejenige Zerreißungslinie (Verwerfungslinie oder Bruchlinie) das meiste Wasser, welche alle anderen Verwerfungen wiederum zerreißt, welche also dem Alter ihrer Entstehung nach die jüngste ist".

Gewaltige junge Verwerfungen grenzen fast ohne Ausnahme den Ostrand des Rheinischen Schiefergebirges gegen die mesozoischen Gesteinskomplexe Hessens ab: der Buntsandstein, zum Teil auch noch der Zechstein, sind staffelförmig an diesen großen Störungslinien in die Tiefe gesunken. DENCKMANN (1901) nennt sie „Randverwerfungen". Da diese Verwerfungen als jüngere Bildungen alle auftreffenden Kluftsysteme des paläozoischen Gebirges abschneiden, spielen sie mit ihren Kluftsystemen in der Grundwasserführung eine besondere Rolle. Sie sind offenbar Linien auffällig häufiger Quellaustritte mit bedeutenden Wasserschüttungsmengen.

Als Quelle zutage treten wird das Wasser überall dort, wo

1. eine wasserführende Kluft von einer tiefer liegenden Talsohle geschnitten wird,
2. eine die Kluft deckende Gesteinsschicht so durchlässig ist, daß sie als Wasserstauer nicht fungieren und damit ein Austreten des unter Druck stehenden Grundwassers nicht hindern kann. Es kommt dann vielfach zur Bildung einer ganzen Quellinie.

Trifft nun eine jüngere Verwerfung wiederum die Randverwerfungen, so wird sie mit ihren Klüften zum Abflußgebiet des sich um die Randverwerfungen sammelnden Wassers. Es ist die Möglichkeit zum Entstehen neuer Quellgebiete gegeben, wie sie im Buntsandstein dann vielfach mit perennierenden Quellen angetroffen werden.

Mit der Anhäufung des Grundwassers in den Kluftsystemen der Verwerfungen ist aber das Vorhandensein großer Wassermengen keinesfalls erschöpft. Eine ebenso wichtige Rolle für die örtliche Wasserfassung spielt ein zweites Moment: nämlich die mehr oder weniger feine bis grobe Klüftung der Buntsandsteinschichten. Aus den Verwerfungsklüften, die als Reservoire schnell faßbarer Wassermengen gelten können, dringt das Wasser in den

klüftigen Buntsandstein in Richtung des Einfallens der Gesteinsschichten ein und erfüllt diese vollständig. Dadurch entstehen, da die Mächtigkeiten wasseraufnahmefähiger Schichten innerhalb des Buntsandsteines nicht gering sind, Speicherungsräume von unberechenbarem Ausmaß. Die möglichen Wasserschüttungsmengen sind praktisch unerschöpflich. Je stärker die Zerklüftung des Gesteines ist — das steigert sich dann naturgemäß bis zu den großen Verwerfungsklüften — um so mehr Wassermengen sind auch zu erwarten.

Auch andere wasseraufnahmefähige Gesteinsschichten, wie tertiäre Kiese und Sande sowie die Konglomerate des Oberen Zechsteines werden natürlich mit Wasser infiltriert, sofern die Schichten mit den Verwerfungsklüften direkt in Verbindung stehen oder an den klüftigen Buntsandstein angrenzen.

Um die Verhältnisse im einzelnen kennenzulernen, sollen sich unsere Untersuchungen auf zwei Spezialfälle erstrecken, die auf Grund vorliegenden reichhaltigen Materials eine besondere eingehende Betrachtung ermöglichen. Dann sollen zusätzlich die Grundwasserverhältnisse in einem größeren Gebiet unter den gewonnenen Gesichtspunkten allgemein geprüft werden. Wir erwählen dazu:

1. das Quellgebiet von Nassenerfurth, Bezirk Kassel. Es wird Aufschluß geben über die Voraussetzungen zur Entstehung von Quellen, deren Wasser aus tief liegenden Grundwasserspeicherräumen stammt.
2. das Bohrungsgebiet von Allendorf, Kreis Marburg. Es gestattet Einblick zu nehmen in die Grundwasserspeicher selbst.
3. Zur Bestätigung bzw. Überprüfung der gewonnenen Erkenntnisse unter 1 und 2 werden die Grundwasserverhältnisse der Frankenberger Triasbucht untersucht.

Im Laufe der Abhandlung wird sich so zeigen, ob die von Denckmann (1901) herausgearbeitete Erkenntnis über die Entstehung der Wolkersdorfer Quelle für das gesamte engere und weitere Randgebiet des alten Rheinischen Gebirges Allgemeingültigkeit besitzt oder auf Spezialfälle zu beschränken ist.

2. Geologische Übersicht des bearbeiteten Gebietes

Die Grundwasseruntersuchungen erstrecken sich auf ein Gebiet, das, wenn wir es als Dreieck auffassen, als Eckpunkte die Orte Borken (Bezirk Kassel) im NO, Frankenberg/Eder im NW und Marburg/Lahn im SW hat. Die westliche Seite dieses Dreiecks wird durch die Linie Rheinisches Schiefergebirge/Frankenberger Bucht begrenzt, die südöstliche Seite durch das Kirchhainer Becken und den westlichen Teil der Niederhessischen Senke. Über die nordöstliche Seite, die Verbindungslinie Frankenberg-Borken, ragt der Kellerwald mit nordwest/südöstlicher Richtung nasenförmig mitten in dieses Dreieck hinein und beschließt mit seiner SW-Grenze die lange NO-Flanke der Frankenberger Bucht.

Das geologische Bild ist folgendes: Rheinisches Schiefergebirge und Kellerwald sind aus paläozoischen Gesteinen aufgebaut, die mit steil gestellten, reich mit Verwerfungen durchsetzten silurischen, devonischen und unterkarbonischen

Schichten einen alten Faltenrumpf darstellen. An den Grenzen dieses paläozoischen Gebirges sind die Gesteine der Hessischen Senke an großen Verwerfungssystemen staffelförmig in die Tiefe gesunken. In dem gesamten zur Betrachtung stehenden Gebiet legt sich an das paläozoische Gebirge ein schmaler Saum Oberen Zechsteines. Dieser gürtelförmige jungpaläozoische Streifen ist, mit Ausnahme kurzer Strecken bei Hundshausen (SO-Rand des Kellerwaldes) zwischen Herbelhausen—Gilserberg (SW-Rand Kellerwald) und westlich Marburgs bei Marbach, durch starke Verwerfungen vom älteren Paläozoikum getrennt. Nach innen zu, also vom alten Gebirge weiter entfernt, sinken die triadischen Schichten staffelförmig am Zechstein ab. Nur selten legt sich der Unterbuntsandstein konkordant über Zechstein. Das staffelförmige Absinken der mesozoischen Gesteinsschichten am Rande des paläozoischen Gebirges ist das charakteristische Merkmal. Gegenüber dessen steil gestellten Schichten liegen die mesozoischen mehr oder weniger horizontal oder zeigen sehr schwaches Einfallen in südlicher bis östlicher Richtung.

Unter- und Mittelbuntsandstein nehmen den weitaus größten Teil des betrachteten Gebietes ein. Auch sie sind häufig durch Verwerfungen gegeneinander abgegrenzt. Der Oberbuntsandstein, Röt, ist anstehend nur in sehr spärlichen Resten um und nordwestlich Kirchhain, im Momberg—Winterscheider Graben und bei Allendorf an der Landsburg vertreten. Auch der Röt ist, wo er auftritt, durch Verwerfungen abgegrenzt. In noch viel geringeren Resten als der Röt ist Unterer Muschelkalk anstehend nur im Momberg—Winterscheider Grabenzug und in kleinen Grabenstücken westlich Allendorf a. d. Landsburg bekannt geworden. 1 km nordnordwestlich von Nassenerfurth wurde Unterer Muschelkalk in einer Tiefe von 13 m unter tertiären Tonen und Sanden erbohrt (siehe S. 21). Damit ist die mesozoische Gesteinsfolge erschöpft.

Bedeutende Mächtigkeiten erreichen die tertiären Schichtfolgen mit Tonen, Sanden und Kiesen in den tief abgesunkenen Becken des SO-Randes unseres gedachten Gebietsdreieckes (Kirchhainer Becken, Niederhessische Senke). Diluviale Schotter und Lehme, zum Teil von wenig mächtigem Alluvium überdeckt, beschließen hier wie an den flachen Hängen der Buntsandsteinflüsse die junge Schichtfolge.

a) Der Zechstein ist nur als Oberer Zechstein bekannt. Er besteht aus groben und feineren, altersmäßig und in der Geröllausbildung — kantig, oval und rund — verschiedenen Konglomeraten. Sie führen meist kalkig-dolomitische Bindemittel, hin und wieder auch rote, tonige Letten (Galgenbergkonglomerat Zcl, Blatt Frankenau). Die Konglomerate, besonders die gröberen, sind im allgemeinen relativ wasserdurchlässig. Den Abschluß des Zechsteins bilden fein- bis grobkörnige, vereinzelt auch geröllführende Sandsteine. Sie sind stark eisenschüssig und feldspatreich. Durch ihre tiefe violettbraune Farbe lassen sie sich im allgemeinen gut von den triadischen Sandsteinen, die stets eine hellere rote bis rotbraune, bisweilen blaßrote Farbe aufweisen, unterscheiden. Die Sandsteine des Zechsteines führen wie die Konglomerate häufig kalkig-dolomitisches, bisweilen auch toniges Bindemittel. Der Sandstein des Oberen

Zechsteins ist ein bedeutender Wasserstauer unterhalb des klüftigen Unterbuntsandsteines.

b) Der Unterbuntsandstein ist petrographisch eintönig. Er setzt sich entweder sehr schroff oder in 1—2 m mächtigen Übergängen zu den Zechsteinkonglomeraten oder -sandsteinen ab. Die untere Stufe des Unterbuntsandsteines besteht aus feinkörnigem, eckige Quarzkörner aufweisenden Material. Die kräftige vertikale und horizontale Klüftung machen ihn zu einem bedeutenden Wasserträger, das kieselige — zum Teil auch etwas tonige — Bindemittel zu einem brauchbaren Bausandstein, der in vielen Steinbrüchen abgebaut wird. Karbonatisches Bindemittel tritt nie auf!

Über mürbe, vielfach glimmerreiche Sandsteine, die örtlich auch festere Beschaffenheit aufweisen können, geht die Bausandsteinzone in die tonige, lettenreiche obere Stufe des Unterbuntsandsteines über. Dünnplattige, überwiegend feinkörnige Sandsteine liegen in Wechsellagerung mit Ton- und Lettenlagen. Diese Schichtfolge ist praktisch wasserundurchlässig und bildet den sicheren oberen Abschluß der wasserführenden Bausandsteinzone.

c) Der Mittelbuntsandstein stellt eine Folge heller, überwiegend grobkörniger Quarzsandsteine dar. Schneller Wechsel in der Gesteinsausbildung, im Großen wie im Kleinen, ist das kennzeichnende Merkmal dieser Zone. Während im Unterbuntsandstein Fossilien so gut wie ganz fehlen, lassen sich in darüber folgenden, petrographisch ganz ähnlichen Schichten marine Muscheln, *Avicula murchisoni*, in Steinkernen und Abdrücken feststellen. Diese, im Durchschnitt etwa 40—50 m mächtigen Schichten sind auf den O- und NO-Teil unseres Gebietes beschränkt. Im W fehlen sie. Es sind grob- und feinkörnige Sandsteine, die als Bausandsteine vertreten oder auch als mürbe, schiefrige, mit Tongallen und Lettenlagen durchsetzte Schichtglieder ausgebildet sein können. Sie gehen unter der Bezeichnung „Gervillienhorizont" (Denckmann) oder „Aviculasandstein" (Blanckenhorn).

Im westlichen Gebietsteil folgen über dem tonig/lettigen Unterbuntsandstein überwiegend grobkörnige, helle, die ganze Farbskala von weiß bis rotbraun durchlaufende Sandsteine. An ihrer Basis beginnen sie mit harten, dünnen, von Tongallen durchsetzten, roten Sandsteinplatten. In buntem Wechsel folgen die hellen Sande mit kompakten, dünnen Schichten übereinander lagernd. Sie können Sandsteincharakter, ja, in bis zu mehreren Metern mächtigen Zwischenlagen sogar Bausandsteincharakter tragen. Der überwiegende Teil jedoch ist bindemittelarm bis bindemittelfrei. In dieser Ausbildung wird er als Bausand abgegraben. Da die weichen Partien herausgegraben werden, während die härteren vielfach stehen bleiben, hat man von weitem den Eindruck, als ob es sich um Höhlenbildungen handle (z. B. Weißenstein bei Marburg). In früheren Zeiten wurde der helle Quarzsand auch zum Bestreuen der Dielen in den Wohnungen benutzt. Das hat ihm den Namen „Stubensand" eingetragen. Ferner ist für die Stubensande das häufige Vorkommen von Eisenschwarten charakteristisch. Auch tonige Zwischenlagen können auftreten, die sogar in der Frankenberger Bucht wesentliches Übergewicht über die grobsandigen Schichten erlangen, so daß Dienemann (1915)

diese als „smπ“ innerhalb des unteren Mittelbuntsandsteines ausschied. Avicula-Sandstein und Stubensande werden mit ihren Zwischenlagen zu dem unteren Mittelbuntsandstein, sm_1, zusammengefaßt.

Mit dem Auftreten von Geröllen beginnt der obere Teil des Mittelbuntsandsteines. Diese, meist aus Milchquarz bestehenden Gerölle, sind in den unteren Partien noch selten, werden dann nach oben hin aber immer reichhaltiger, so daß sie horizontbildend werden können. Außer Milchquarz haben noch andere paläozoische Gerölle Anteil, wie Eisenkiesel, Kieselschiefer und Quarzite. Das Vorhandensein der Gerölle ist ein Charakteristikum dieser Zone, wenn auch ihre Anhäufung örtlich außerordentlich verschieden sein kann. Die Korngröße der Gerölle nimmt von W nach O ab (Rand des Buntsandsteinbeckens!). Das übrige Material des Sandsteines dieser Zone besteht vor allem aus feinen bis groben Quarzkörnern, Feldspat und Kaolin. Schwarze Kieselschiefer und rote Eisenkiesel gehören zu den Seltenheiten. Das Bindemittel ist stets kieselig. Wegen der besonders ausgeprägten Klüftung sowie der Härte des Steines spielt dieser untere Teil des oberen Mittelbuntsandsteines eine bedeutende Rolle als Bausandstein, weswegen diese Zone auch schlechthin als die „Bausandsteinzone des Mittelbuntsandsteines“ bezeichnet wird. Für uns verdient aber diese Zone noch als wichtigster Wasserträger im Buntsandstein besondere Beachtung.

In den höheren Lagen geht der obere Mittelbuntsandstein vielfach wieder in dünnplattige Sandsteine mit dunkelroten Toneinlagerungen über. Und schließlich folgt als Liegendes des Röt der sogenannte „Kugelsandstein“, der seinen Namen den rundlichen Hohlräumen verdankt. Ihre ehemalige karbonatische Füllung ist fortgeführt und an ihre Stelle ist eine lose Sandfüllung getreten (vgl. Kugelhorizont des süddeutschen Buntsandsteines!).

Bezeichnend ist ferner für diese gesamte Schichtfolge ein außerordentlicher schneller Wechsel in der Gesteinsausbildung, sowohl im Kleinen am örtlichen Profil wie im Großen in der geringen Horizontbeständigkeit der Schichten. Als „sm_2“ wird diese Schichtfolge zusammengefaßt.

d) Der Oberbuntsandstein-Röt bildet mit seinen roten und grünen krümeligen Mergeln und Letten den oberen Abschluß des mächtigen Buntsandsteinpaketes. Röt ist in unserem Gebiet nur wenig vertreten und hat auch für die spezielle Betrachtung nur untergeordnete Bedeutung.

Die Mächtigkeiten des gesamten Buntsandsteines sind sehr wechselnd. Das hängt mit der vielfachen Störung zusammen: hier unterlag er größerer, dort geringerer Abtragung. Es ist nicht die Aufgabe dieser Arbeit, sich näher damit zu beschäftigen. KAYSER (1915) gibt für die Marburger Gegend folgende Mächtigkeitswerte an:

so	60 m
sm_2	150—250 m
sm_1	50 m
su	150—200 m,

also eine Gesamtmächtigkeit von 450—500 m. BLANCKENHORN (1926) errechnete die Mächtigkeit des Buntsandsteines in Niederhessen auf:

so 50 m (im Höchstfall)
sm_2 150 m
sm_1 80—120 m
su 70—80 m,

also eine Gesamtmächtigkeit von 350—400 m. Bei Allendorf, Kr. Marburg, wurde neuerlich eine Tiefbohrung im anstehenden Mittelbuntsandstein abgeteuft, die erst bei 592,8 m unter Oberkante den Zechstein erreichte! Ohne den Oberbuntsandstein ist also schon eine fast 600 m fassende Mächtigkeit festgestellt. Leider ist es mir nicht gelungen, eine Untergliederung dieser Schichten festzustellen, da mir die Proben nicht zur Verfügung standen (siehe Schichtverzeichnis).

e) Muschelkalk steht in sehr stark zerrüttetem Zustande im Momberg—Winterscheider Graben an, ist zwar mit allen Abteilungen vertreten: Unterer Muschelkalk (mu_1) mit Unterem und Oberem Wellenkalk üblicher Ausbildung mit dazwischen liegenden Terebratelbänken (τ), Mittlerer Muschelkalk (mm), mit grauen Mergelkalken, feinkristallinen, dünnen, ebenflächigen dolomitischen Platten, Ockerkalk und gelbem Zellenkalk, Oberer Muschelkalk mit massigen, dicken Kalkbänken des Trochitenkalkes (mo_1) und Nodosenkalkes (mo_2), zwischen die sich Letten und Mergel einschalten. Für die Probleme der Grundwasserführung ist hier der Muschelkalk ohne Bedeutung.

f) Das Tertiär bildet mit mächtigen marinen und limnischen Tonen und Sanden das Füllmaterial der großen Niederhessischen Senke und des Kirchhainer Beckens. Besonders die Ausbildung der Niederhessischen Senke ist durch die zahlreichen Bohrungen auf Braunkohle im Borkener Becken (sowie weiter nördlich im Kasseler Becken) bekannt geworden. Die Basis wird von bis zu 100 m mächtigen eozänen Tonen eingenommen, die das Hauptbraunkohlenflöz bergen. Lose Schwimmsande, Kiese und Quarzite leiten zu den kalkigen Brackwassertonen der unteroligozänen Melanientone über. Brackische Melanientone bilden auch den oberen Abschluß der mitteloligozänen marinen Septarien- oder Rupeltone, sie sind vielleicht auch „gleichzeitig randliche (Ufer-) Vertreter des marinen Septarientones bei der Oszillation des Meeres" (BLANCKENHORN 1930a). Die festländischen miozänen Kiese, Sande, Tone und Mergel sind nur unter schützenden Basaltdecken erhalten. Die höheren Terrainteile des Tertiärs werden von miozänen Basaltdecken, die vornehmlich in N/S-Richtung an alten Bruchlinien als teils rundliche, primäre Quellkuppen, teils als Decken- und Stromergüsse von langgestrecktem Umriß oder auch breit und schildförmig auftreten, eingenommen.

Die tertiären Kiese und Sande spielen als Wasserträger autochthoner wie allochthoner Grundwässer eine nicht geringe Rolle.

g) Das Diluvium endlich ist mit fluviatilen Schottern, Geröllen und Lößlehm meist an den Ufern der Flüsse aufgeschüttet oder an den Hängen der Basalthügel mit Basaltschottern vertreten. Die wasseraufnahmefähigen Schichten des Diluviums haben meist nur für Oberflächenwässer Bedeutung, sind mir im Kirchhainer Becken jedoch auch als Infiltrationszonen von Bunt-

sandsteinwässern bekannt geworden. Für die Sande und Lehme des Alluviums gilt in den Beckenzonen das Entsprechende.

B. Das Quellgebiet von Nassenerfurth

1. Stratigraphie

Das Dorf Nassenerfurth erhebt sich 3 km SSW von Borken auf einer im tertiären Borkener Braunkohlenbecken stehengebliebenen Sandsteinscholle des Mittelbuntsandsteines. 1 km weiter südlich liegt das in den Rahmen der Betrachtung hineingezogene Dorf Haarhausen. Es ist auf tertiärem Boden erbaut.

Der Buntsandstein des Untergrundes von Nassenerfurth, der an verschiedenen Stellen des Ortes ansteht, besteht aus ± dicken, grobkörnigen Sandsteinbänken, die teilweise verkieselt sind, aber nirgendwo toniges Bindemittel aufweisen. In Zwischenlagen gehen die dicken Bänke in 5—20 cm dicke Platten von geringer Festigkeit über. Die Schichten zeigen leichtes Einfallen nach Osten. Die Farbe wechselt zwischen braunrot und blaßrot. Auch entfärbte Zonen treten auf, in denen das Gestein weiße bis gelbe Farbe aufweist. Diese Zonen sind allerdings von mir nur in Tiefen bis zu 10 m unter der Oberfläche festgestellt worden. Da ein Einsehen in größere Tiefen nicht möglich war, konnte nicht festgestellt werden, ob sich auch dort entfärbte Zonen befinden. Die Lage dieser Zone nahe der Oberfläche läßt jedoch vermuten, daß die Entfärbung — sie wird nicht überall angetroffen — ein sehr junger Vorgang ist. Dem Gesamthabitus nach gehört die Scholle dem Bausandstein des Mittelbuntsandsteines, sm_2, an.

Am Nordrand von Nassenerfurth, teilweise noch den Ortsrand schneidend, und am Ost- und Südrand des Dorfes unmittelbar sinkt das umgebende Land in die Tiefe. Horizontal gelagerte tertiäre Schichten sind durch Verwerfungen vom Buntsandstein getrennt. In diesem tertiären Becken liegt an der Olmes der Ort Haarhausen.

Dank der Überlassung vieler Bohrproben aus diesem Gebiet durch die Bergwerksverwaltung der Braunkohlengrube Altenburg ist es möglich geworden, ein klares Bild der Untergrundsverhältnisse, so weit es für die Deutung der Grundwasserfragen wichtig wurde, zu erarbeiten.

Die tertiären Schichten bestehen aus einer Folge von hauptsächlich Tonen, sandigen Tonen und Sanden. Als älteste Ablagerungen sind die Melanientone des eozänen/oligozänen Süßwasserkomplexes bekannt. Während ursprünglich die Melanientone dem Unter- und Mitteloligozän zugeordnet wurden, weisen die später gemachten Funde der wichtigen mitteleozänen Leitschnecke, des *Planorbis pseudoammonius* sowie die als sicher bestimmten Blattbruchstücke der *Silvinia sp.* und *Cryptomeria sternbergi Gardner* aus dem unteren Braunkohlenhorizont auf eozänes Alter dieser Tone hin (REGLING). Ebenso ist die Beschaffenheit der Kohle des hier gelegenen Braunkohlenhauptflözes etwa gleich dem Charakter der bitumenreichen älteren mitteldeutschen Braunkohle, der eozänes Alter zugeschrieben wird.

Eine vollständige Zurechnung der Melanientone zum Eozän ist aber nach Blanckenhorn nicht möglich, da fossilführende Melanientone nicht nur im Liegenden der fossilführenden marinen mitteloligozänen Septarientone, sondern auch in deren Hangendem vorkommen, also als Abschluß des Mitteloligozäns. Eine Unterteilung dieses Komplexes in Eozän und Unteroligozän ist überhaupt noch nicht möglich, vielmehr nur in faziell verschiedene Entwicklungen.

Das Mitteloligozän, durch die Meeresverbindung Nordmeer—Mittelmeer gekennzeichnet, ist als Rupel- oder Septarienton ausgebildet. Als Abschluß kann, wie gesagt, nochmals Melanienton vorliegen. Dieser stellt damit eine Art brackischer Übergangsform dar.

Das Oberoligozän ist für unser betrachtetes Gebiet ohne Bedeutung, da es weder anstehend, noch in Bohrungen bekannt ist. Es scheint in dieser Zeit Abtragung stattgefunden zu haben.

Das Miozän zeigt durchweg festländische Bildungen, bei denen sich eine ältere Epoche mit Sanden, Quarziten, Tonen und Braunkohlen und eine jüngere mit Mergeln, Sanden, Tonen mit groben Geröllen und basaltischen Ergüssen unterscheiden lassen. Das Miozän aber ist nur an den höher liegenden Terrainteilen im Schutze der Basaltdecken bekannt und erhalten.

Die Basaltdecken, die morphologisch die höchsten Teile des Gebietes einnehmen, geben ein Charakteristikum für diese Randzone des Triadischen Abbruches: sie folgen in ihrer Ausdehnung und Formgebung vornehmlich den alten Kluftanlagen als schmale Bänder, zum Teil auch breit und schildförmig oder in Gängen. In petrographischer Hinsicht werden nach Wiegel 3 Doleritttypen, der ältere Entstatitdolerit, der jüngere körnige Dolerit und der ophitische Dolerit, unterschieden.

Mit dem Jungtertiär, dem Pliozän, beginnt ein neuer Abschnitt, der unter dem Zeichen allgemeiner Hebung, Rückzug der Meere und damit Erniedrigung der Flußerosionsbasen steht. Schotter, Kiese, vorwiegend gelbe Sande mit festen eisenreichen Lagen, Konglomeraten und hin und wieder mageren Tonen sind die Ablagerungen dieser Epoche.

Die Sande des Tertiärs können als beliebig wasserdurchlässig betrachtet werden. Sie kommen zum Teil, wie wir später sehen werden, als Wasserleiter für das tiefer aufsteigende Grundwasser in Frage. Dabei bilden die Tone zuverlässige Stauschichten.

Das Jungtertiär leitet mit seinen Ablagerungen bereits ins Diluvium über, so daß es schwer fällt, die Grenze zwischen ihren Ablagerungen zu ziehen. Fluviatile Schotter, paläozoische und triadische Gerölle, mit Lehm untermengt, bilden im allgemeinen die tieferen Lagen. Große Verbreitung hat der diluviale Lehm, der vornehmlich äolischer Herkunft ist. An den Abhängen der Basalthügel ist der Lehm mit Basaltschotter untermengt. Die Gesamtmächtigkeit des Diluviums aber ist sehr gering und hat für die Wasserwirtschaft wenig Bedeutung, da das Niederschlagswasser schon nahe der Oberfläche den Weg durch tertiäre Tonschichten in weitere Tiefe versperrt sieht und gezwungen wird, innerhalb der Schotter- und Kiesschichten des Diluviums und Ober-

pliozäns den Entwässerungsrinnen der Bäche und künstlichen Gräben zuzufließen.

2. Tektonik

Der geologische Bau des Gebietes der nahen Umgebung von Nassenerfurth verdankt seine heutige Formgebung den zusammenhängenden Gebirgsbewegungen der mesozoisch-tertiären Zeitenfolge, die STILLE (1910) unter der Saxonischen Gebirgsbildung zusammenfaßt. Das Bedeutungsvollste für unsere Betrachtungen sind die großen Randverwerfungen in der Triaszone zwischen dem Rheinischen Gebirge und der Tertiärsenke. Inmitten dieser Bruchzone liegt der Ort Nassenerfurth. Die Gebirgsbewegungen, die diese Randverwerfungen schufen, „begannen erst in nachtriadischer, vielleicht oberjurassischer Zeit, erreichten ihr höchstes Ausmaß mit dem Eozän, setzten aber sicher noch ins Unteroligozän fort und endigen zunächst mit dem Rückzug des Mitteloligozänmeeres, um einer (allgemeinen ?) Festlandserhebung Platz zu machen" (BLANCKENHORN, 1926).

Der Kellerwald, der westlich von Nassenerfurth halbinselförmig aus dem Rheinischen Gebirge in die hessische Trias vorspringt, wurde in seinem Kern herausgehoben, während gleichzeitig im SW, S und O davon die permischtriadische Schichtfolge in die Tiefe sank. Dieses Absinken geschah staffelförmig, so daß sich eine Folge voneinander mehr oder weniger parallelen Verwerfungslinien rings um den alten Gebirgsrand legte. Dadurch zeigen die Hauptverwerfungen um Nassenerfurth Nord-Süd-Verlauf, während die Verwerfungen auf der Südseite des Kellerwaldes vornehmlich West-Ost-Verlauf, auf der NO- und SW-Seite Nordwest-Südost-Verlauf aufweisen. Es ist Perm gegen Culm, Zechstein gegen Buntsandstein, dieser gegen Muschelkalk und unter sich verworfen, so daß das Alter der Verwerfungen sicher posttriadisch ist.

Drei dieser Verwerfungen zeichnen sich im Gebiet um Nassenerfurth durch langen, geradlinigen Verlauf besonders aus. Die westlichste streicht von NNW nach SSO. „Sie beginnt in der NW-Ecke des Blattes Borken und läßt sich über Wenzigerode—Betzigerode bis oberhalb Römersberg verfolgen. Die beiden anderen nehmen NS-Verlauf und scharen sich mit der ersten in Betzigerode und Römersberg, so keilförmig Schollen einschließend. Während aber der erste Keil von Betzigerode jüngere Schichten (sm_2) zwischen älteren (sm_1 und su) aufweist, also eingesunken scheint, ist das Umgekehrte der Fall bei dem zweiten Keil, der Scholle der Altenburg mit sm_1 und sm_2 in der Mitte zwischen sm_2 und so an den Seiten, die also herausgehoben ist zwischen den Verwerfungsflächen durch die gleiche Gebirgsbewegung" (BLANCKENHORN, 1926).

Am bedeutsamsten aber ist die große, äußerste Randverwerfung, die den Buntsandstein gegen das tertiäre Becken abschließt. Sie verläuft im wesentlichen in N-S-Richtung. Im weiteren Verlauf der Abhandlung soll sie die Bezeichnung „Hauptverwerfung" führen. Etwa 6 km NNW von Nassenerfurth, am Hundsbach bei Kleinenglis, trennt sie den Buntsandstein in den östlichen Röt und westlichen Bausandstein (sm_2). Von dort ab stößt sie in südlicher Richtung auf den Kuhberg westlich Arnsbach, umgeht diesen in einem

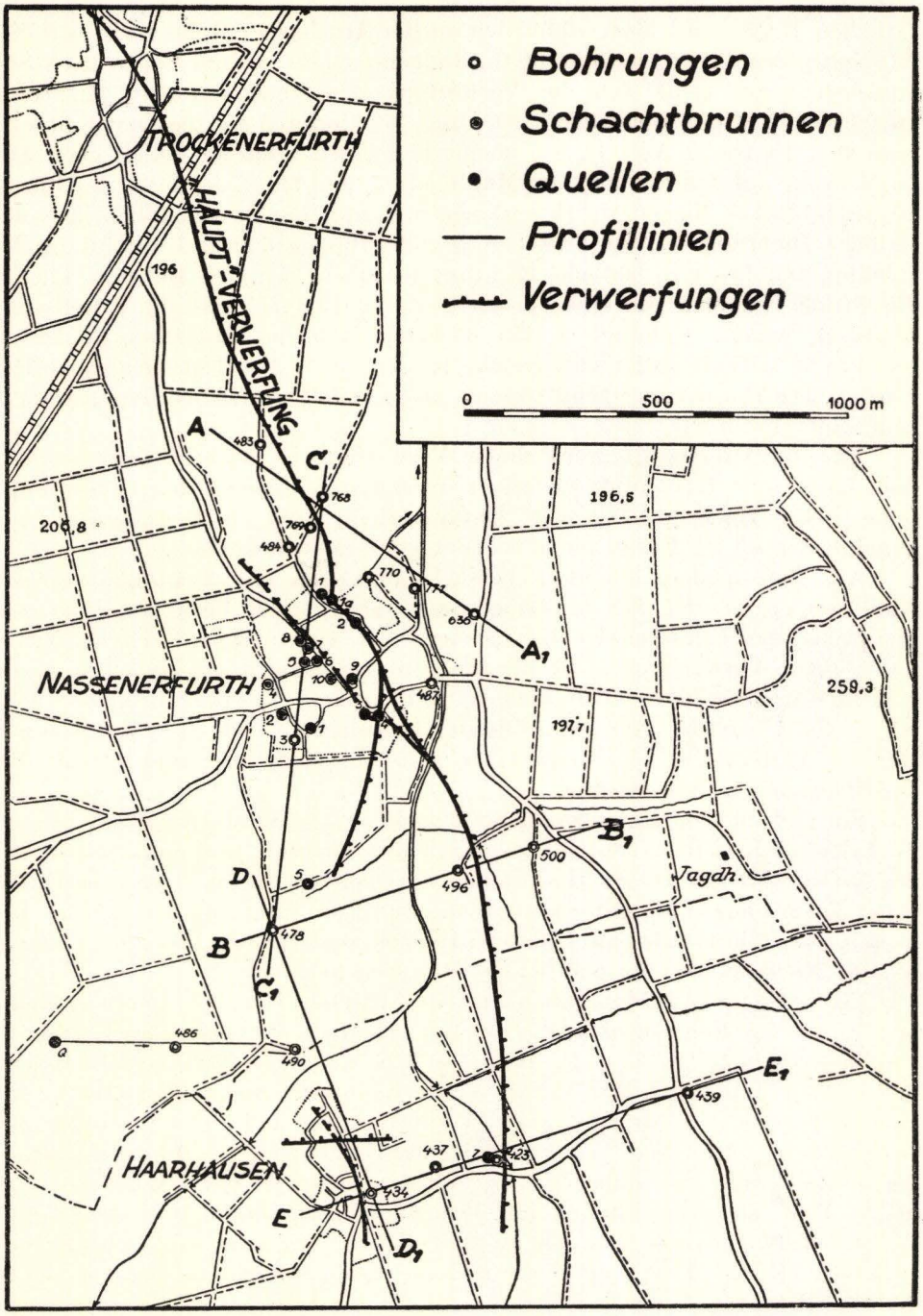


Abb. 1. Übersichtskarte zum Quellgebiet von Nassenerfurth. Den Abschluß der staffelförmigen Abbrüche bildet die „Hauptverwerfung", die den Buntsandstein gegen die tertiären Beckensedimente verwirft. Die Profile zu den Profillinien A—E finden sich in den Abb. 4 und 5, S. 26 und 31

östlichen Bogen und läuft südöstlich an der Arnsbacher Höhe vorbei auf die NO-Spitze des Ortes Trockenerfurth. Zunächst einen sanften Bogen nach SO ausschwenkend, zieht sich die Verwerfung dann mit südlicher Richtung zwischen den beiden Bohrungen 768[1]) und 769 hindurch auf die Quelle Stockborn-Ost, 1a (siehe Abb. 1), zu, macht hier einen scharfen Knick nach SO in Richtung auf den Brunnen am Mühlteich, 2, und biegt, am Fuße des Buntsandsteinblockes Nassenerfurth entlangstreichend, wieder allmählich in mehr südliche Richtung ein, um zwischen den Bohrungen 500 und 496 hindurchzulaufen und fast rein südliche Richtung beizubehalten. Die Bohrung 423 an der Straße ostwärts von Haarhausen bleibt in 13,5 m Teufe im Mittelbuntsandstein liegen, während in der Bohrung 439 der Mittelbuntsandstein selbst in 50 m Teufe noch nicht erreicht, sondern ab 32,2 m Röttone angetroffen wurden. Die Hauptverwerfung verläuft also zweifellos zwischen diesen beiden Bohrungen hindurch.

Für die Altersbestimmung dieser Verwerfung ist wichtig, festzustellen, daß das eozäne Kohlenflöz an seiner Westgrenze, also an der Verwerfung, seine größte Mächtigkeit besitzt. Daraus erhellt, daß die Bewegungen also zumindest noch im Eozän nicht beendet gewesen sein können.

Aus den niedergebrachten Versuchsbohrungen der Braunkohlengrube Altenburg ergibt sich, daß die soeben beschriebene große Verwerfung nur das Hauptmerkmal eines verwickelten Systems der Abbruchzone darstellt. Nicht nur kleinere Verwerfungen, die die Staffelung kennzeichnen, begleiten sie in N-S-Richtung, sondern auch kleinere und größere Querverwerfungen verwirren die Übersicht. Nur mit Hilfe der Bohrungen wurde es möglich, auch hier die Verhältnisse zu erkennen, da Alluvium, Diluvium und Tertiär die Oberflächeneinsicht versperren.

So muß die von BLANCKENHORN eingezeichnete Verwerfungslinie, die er im Erlenbruch südlich von Nassenerfurth unterbrochen und dann wieder an der N-Ost-Seite des Dorfes Haarhausen angelegt hat, in der vorhin beschriebenen Form weiter nach Osten verlegt und durchgezeichnet werden. Die an der anstehenden Buntsandsteinscholle von Haarhausen eingezeichnete Verwerfung ist eine Nebenverwerfung parallel der Hauptverwerfung.

Das geologische Bild zwischen Nassenerfurth und Haarhausen erhält Klarheit durch die Bohrungen 478, 486, 490, 496 und 500 (siehe auch Abb. 2, Profile B—B_1 und D—D_1). In Bohrung 478 wird der Mittelbuntsandstein in 3 m Tiefe unter alluvialer und diluvialer Bedeckung angetroffen. Mit einem kleinen Sprung sinkt das sm_2 nach W zur Bohrung 496 auf 6,5 m unter die Oberfläche ab. Tertiärer Ton liegt über dem Buntsandstein und dann kommt der große Sprung zur Bohrung 500. Schon dicht unter der Oberfläche liegt in 2 m Tiefe die eozäne Braunkohle. Wir befinden uns nunmehr in dem tiefen Teil des Tertiärgrabens, den wir in südwestlicher Richtung zur Bohrung 439 verfolgen können. Dort treffen wir dieselbe Kohlenschicht in fast 6 m unter der Oberfläche an.

[1]) Die Nummern der Bohrungen beziehen sich auf das Bohrregister der Braunkohlengrube Altenburg bei Borken (Abb. 1).

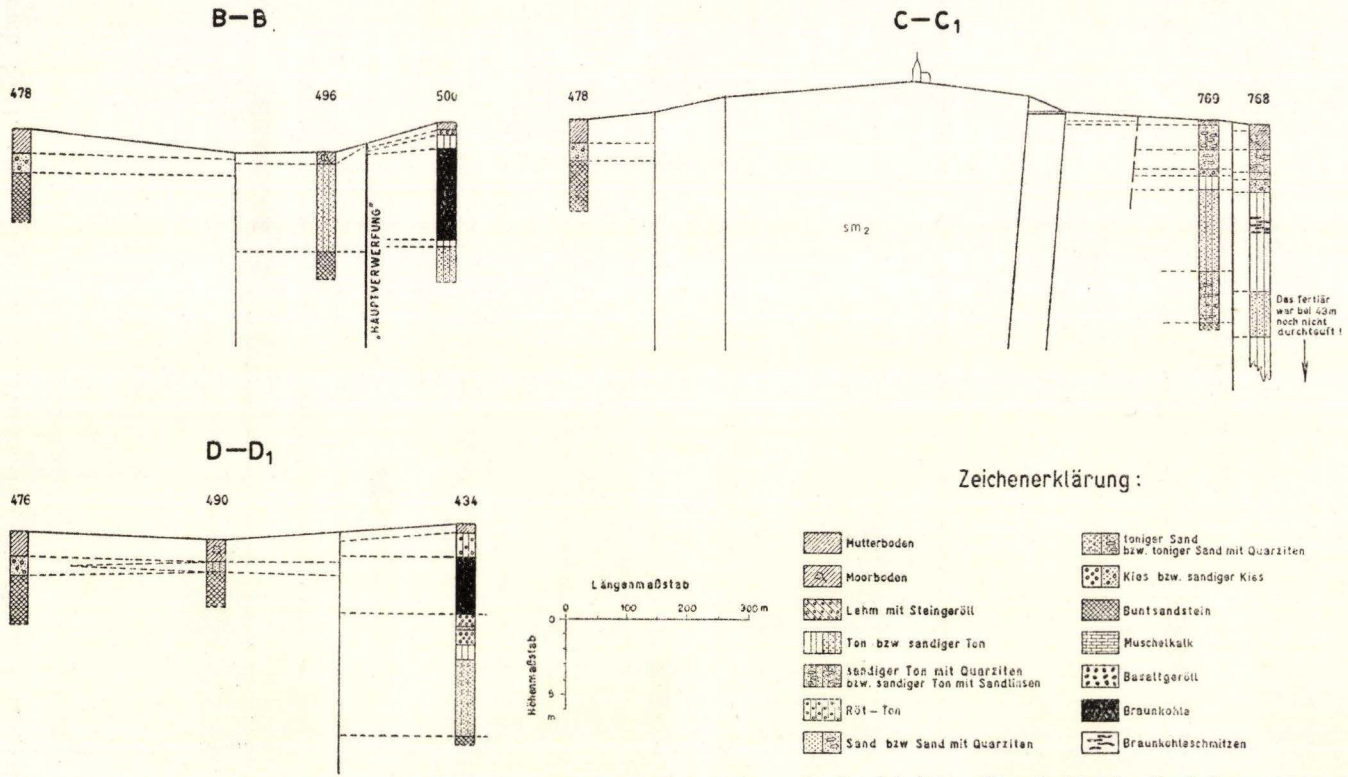


Abb. 2. Profile B – D (s. Abb. 1, S. 17) wie auch die Profile A und E (Abb. 3, S. 20) lassen die räumlich dicht aufeinanderfolgenden Verwerfungen erkennen. Profil C zeigt den staffelförmigen Abbruch der Buntsandsteinscholle Nassenerfurth zum Tertiärbecken

Bewegen wir uns nun auf der Linie D—D_1 (Abb. 2) vom Bohrpunkt 478 aus nach SSO, so treffen wir in Punkt 490 den Mittelbuntsandstein auf

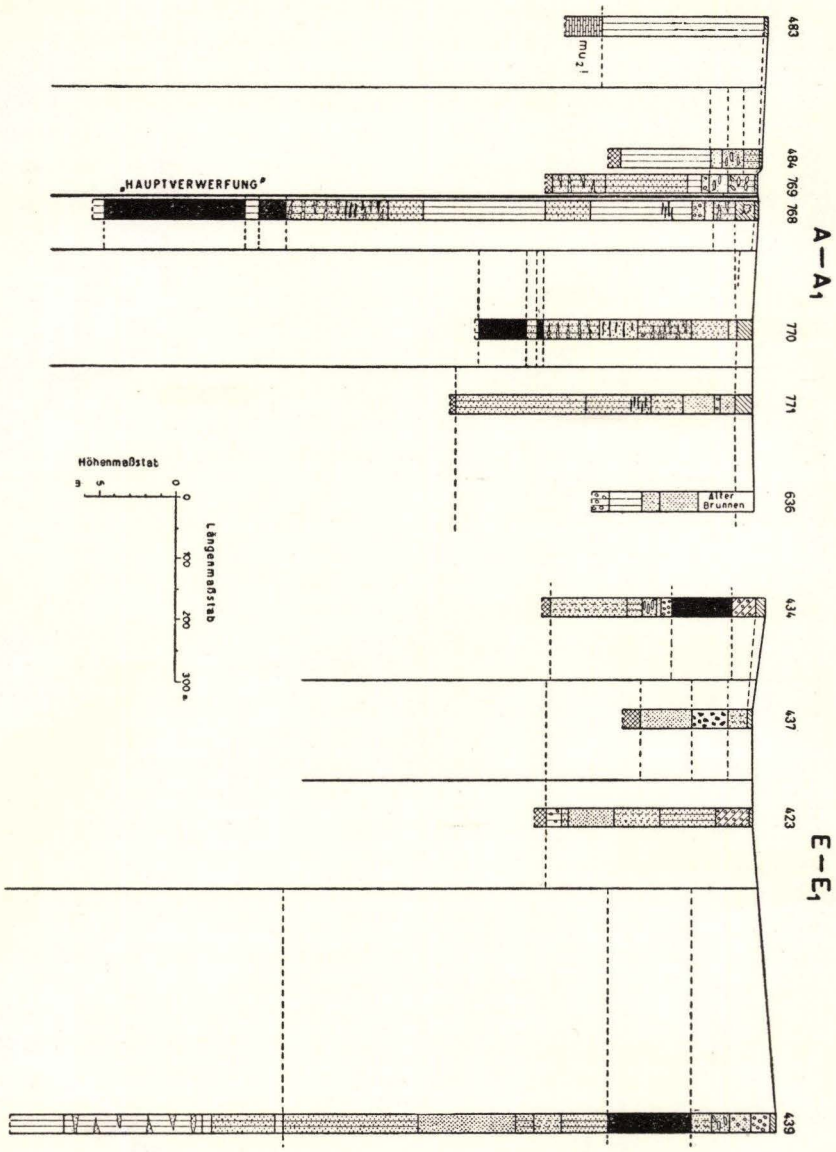


Abb. 3. Profile A und E (s. Abb. 2, S. 19)

fast der gleichen Höhe an. Auch die Bohrung 486 erreicht den Buntsandstein im gleichen Niveau. Aber in Punkt 434 am Ostrand von Haarhausen liegt der Buntsandstein (sm_2) erst in 14 m Tiefe unter kohleführendem Eozän. Diese Bohrung 434 liegt hart ostwärts der NS-Verwerfung am Ostrand der Bunt-

sandsteinscholle bei Haarhausen. Diese Verwerfung erfährt nun eine Überschneidung durch eine in west-östlicher Richtung am Nordrand von Haarhausen verlaufende Verwerfung. Nördlich der Linie B—B_1 hebt sich dann in mehreren Stufen die Buntsandsteinscholle von Nassenerfurth heraus.

Die Profillinie E-E_1 (Abb. 3) zeigt, vom Bohrpunkt 434 nach W gehend, daß Braunkohlenanlagerungen bei den Bohrungen 437 und 423 nicht mehr vorhanden sind. Während das Buntsandsteinniveau bei 434 und 423 die gleiche Höhe hat, liegt es bei 437 um 6 m höher. Es liegen also zwischen diesen 3 Bohrungen nicht nur 2 Störungslinien in N-S-Richtung, sondern eine auf engen Raum begrenzte Erosion hat die Braunkohle fortgehobelt und die Rinne mit diluvialem Material (Basaltschotter) wieder aufgefüllt. Nach dem großen Abbruch westlich der Bohrung 423 finden wir in der Bohrung 439 dann den Braunkohlenhorizont wieder.

Es ergibt sich somit für den Raum südlich Nassenerfurth folgendes Bild: zwischen den beiden herausragenden Schollen des Mittelbuntsandsteines Nassenerfurth und südwestlich Haarhausen ist der Buntsandstein in West-Ost-verlaufenden Querverwerfungen abgesunken. Gleichzeitig liegen neben der Hauptverwerfung, die westlich der beiden Schollen verläuft, mehrere Störungen nord-südlicher Richtung, die in dieses Gebiet übergreifen, so daß sich ein Gitterwerk von Störungslinien ergibt, das für die weiter unten darzulegenden Grundwasserverhältnisse von Bedeutung sein und andererseits durch diese Bekräftigung und Erklärung erfahren wird.

Die Profillinie C-C_1 (Abb. 2) zeigt die staffelförmige Heraushebung der Buntsandsteinscholle Nassenerfurth. Zur S-Seite ist hier nichts mehr hinzuzufügen. Im Zusammenhang mit dem soeben Dargelegten besteht darüber Klarheit. Sehr viel verwickeltere, durch die Grundwasservorgänge deutlich werdende, aber auch nur mit ihrer Hilfe endgültig erklärbare Verhältnisse liegen auf der N-Seite vor. Betrachten wir zunächst die Profillinie A-A_1, in die auch die in ihrer unmittelbaren Nähe liegenden Bohrpunkte hineinbezogen sind (das kann ruhig geschehen, da dies das Übersichtsbild nicht stört). In der Bohrung 483 erscheint — und in diesem Gebiet als einziges bekannt — in 13 m Tiefe unter Tonen Muschelkalk, um dann aber in den Bohrungen 484 und 769 in etwa gleicher Höhenlage gegenüber Buntsandstein zu verschwinden. Die Zone dieser beiden Bohrungen ist als schmaler Streifen offensichtlich herausgehoben. Auf kürzeste Entfernung zur Bohrung 768 erfolgt dann der steile Abfall ins kohleführende Tertiärbecken. In 43 m Tiefe wurde das Tertiär hier noch nicht durchteuft. Der Kohlenhorizont liegt hier in 31 m Tiefe, steigt aber schon in Bohrung 770 auf 14 m Tiefe an und ist in Bohrung 771 verschwunden. Das Ende der Bohrung ist bereits wieder durch Buntsandstein abgeschlossen. Nach dem stufenförmigen Abbruch von Bohrung 483 bis Bohrung 768 erfolgt nun ein räumlich etwa ebenso schneller stufenförmiger Anstieg bis zur Bohrung 636, deren unterste angeschnittene Schicht aus graugrünen Tonen besteht, die an der Basis vom Eozän vielfach angetroffen werden. Das tiefste, mit tertiärem Material angefüllte Grabenstück schiebt sich damit als ein schmaler Keil an den anstehenden Mittelbuntsandstein

heran. Es ist gekennzeichnet durch das Hervortreten sehr warmer Quellen (16° C).

Eine weitere, von großem Einfluß auf das Grundwasser sich zeigende Verwerfung verläuft etwa entlang der Straße Trockenerfurth-Nassenerfurth im spitzen Winkel auf die Hauptverwerfung zu und trifft sie etwa bei den Quellen 3 und 4. Auch diese Verwerfung ist von großer Wichtigkeit für die Grundwasserförderung.

Zur Klärung dieser tektonischen Verhältnisse haben die Grundwasseraustritte in hohem Maße, wie anschließend ausgeführt werden wird, beigetragen.

3. Das Grundwasser

Es ist zu unterscheiden zwischen 2 Arten von Grundwässern: 1. Grundwasser, das durch Einsickern der Niederschläge in wasseraufnahmefähige Schichten des Tertiärs und der Trias mehr oder weniger unmittelbar am Auftreffort gesammelt wird. 2. Grundwasser, das im Kluftsystem des paläozoischen Gebirges zusammenfließt, von querlaufenden Randverwerfungen aufgenommen und den klüftigen Triasgesteinen zugeführt wird. Hier wird es dem Einfallen gemäß mehr und mehr gestaut und tritt dort, wo ihm an einer Verwerfung ein undurchlässiger Gesteinsriegel entgegentritt, als Druckwasser zutage. Dieses Grundwasser hat wegen seiner Ergiebigkeit und Reinheit die wesentlich höhere Bedeutung als das Oberflächenwasser.

a) Das Grundwasser in Brunnen und Bohrungen

Die bisherige und auch noch derzeitige Wasserentnahme zur Bewirtschaftung der Vieh- und Haushaltungen wird in Nassenerfurth zur Hauptsache aus Schachtbrunnen innerhalb der Buntsandsteinscholle oder auch des Tertiärs entnommen. Allerdings ist in den letzten Jahren eine Reihe der Brunnen versiegt, so daß die Anlieger deshalb gezwungen wurden, an den natürlich auftretenden Quellen zu schöpfen. Auf den mutmaßlichen Grund des Versiegens der Brunnen wird weiter unten eingegangen werden.

Die Gesteins- und Wasserverhältnisse der Schachtbrunnen ergeben sich aus den folgenden 10 Zusammenstellungen, deren Angaben sich zum Teil auf eigene Beobachtungen, teils auf Auskünfte, die die Besitzer der Brunnen Verfasser auf Befragen gaben, stützen. Ferner konnte auch Herr Lehrer AHRENS, Nassenerfurth, wichtige Auskünfte — auch in bezug auf Lage und Ergiebigkeit umliegender Quellen — erteilen.

Brunnen Nr. 1 „Windeborn": Lage 50 m südlich der Kirche in der Straßengabelung. Sehr alte Anlage. Geschlagener Brunnen, ca. 20 m tief, 2 m Durchmesser. Nach ca. 1,5 m Boden sind die Wandungen durch mächtige, waagerecht und senkrecht gespaltene Sandsteinblöcke begrenzt: oberer Mittelbuntsandstein, sm_2. Wasserstand nach nächtlicher Sammelzeit nicht über 60 cm über Brunnensohle hinausgehend. Starke Abhängigkeit von trockenen und nassen Jahreszeiten. Wasserführung gerade ausreichend für die Versorgung von 4 kleinen Gehöften mit ca. 16 Stück Großvieh.

Brunnen Nr. 2 (Grundstück Georg Otto): Lage 100 m NNW vom Windeborn an der Straßenkreuzung nach Zimmersrode. Der Brunnen zeigt dieselben Verhältnisse wie der Windeborn. Er wurde wegen zu geringer Wasserlieferung außer Betrieb gesetzt.

Brunnen Nr. 3 (Dieling): Lage 80 m SSO der Kirche. Gleiche Verhältnisse wie Nr. 1.

Brunnen Nr. 4 („Schulborn"): Lage 60 m nördlich Straße nach Zimmersrode am Westausgang des Dorfes. Gebohrter Brunnen, ca. 22 m tief. Wasserspiegel normalerweise um 19 m unter Brunnenoberrand, aber sehr stark auf Niederschläge und Trockenheit reagierend wie Nr. 1. Durchteufte Schicht: Sandstein. Wasser enthält größere Mengen Salpetersäure und salpetrige Säure, Benutzung mußte deshalb eingestellt werden. (Nähe Kirchhof!)

Brunnen Nr. 5 (Charlottengasse Norwig): Lage 120 m ONO von der Schule. Schachtbrunnen, 1,35 m Durchmesser, Sandstein. Nach anfänglich ausreichendem Wasserstand langsamer Wasserschwund. Nach Vertiefung 1940 wieder zunächst wasserführend, dann aber 1942 erneut versiegt.

Brunnen Nr. 6 (Becker): Lage an der Straße Nassenerfurth- Trockenerfurth, 50 m NW des Austrittes der Charlottengasse in die Hauptstraße. Schachtbrunnen, 8 m tief, 1,5 m Durchmesser. Über 20 Jahre immer ausreichend Wasser für Haus und Wirtschaft. Unabhängig von der Jahreszeit (ca. 3 Stück Hornvieh, 5 Schweine). 1942 versiegt.

Brunnen Nr. 7 (Kramer): Lage 30 m W der gleichen Straße wie Nr. 6, 30 m weiter in Richtung Trockenerfurth. Schachtbrunnen, 8 m tief, 1 m Durchmesser. Gleiche Verhältnisse wie Nr. 8 (siehe unten).

Brunnen Nr. 8 (Helbig): Lage Nachbargrundstück von Nr. 7 in Richtung Trockenerfurth. Schachtbrunnen, 8 m tief, 1 m Durchmesser. Seit 1902 1,6 m Wasserstand über der Sohle, von der Jahreszeit unabhängig. 1942 abfallend auf 30 cm Wasserstand (Höchstmaß). Als 1938 der „Stockborn" auf Wasserführungsmenge abgepumpt wurde, blieb das Wasser im Brunnen nach 2—3 Stunden Abpumpzeit weg. Nach Einstellen des Pumpens kehrte allmählich der alte Wasserstand zurück. Gestein: bis 8 m Tiefe Buntsandstein (sm_2), ab 8 m plastischer, heller Ton (nur angestochen). Wassertemperatur 11° C.

Brunnen Nr. 9 (Gastwirtschaft Riemenschneider). Lage Mitte des Dorfes gegenüber dem Gut an der Straßenkreuzung Dorfstraße — Straße Trockenerfurth. Schachtbrunnen, ca. 4,5 m tief, 1,5 m Durchmesser. Der Brunnen zeigt sehr gute Wasserführung. Auch bei reichlicher Wasserentnahme wurde zu allen Jahreszeiten niemals ein Rückgang festgestellt. Das Wasser schießt sehr schnell nach, geht aber nicht über 1 m Wasserstand über Brunnensohle hinaus, da bei 3,5 m unterhalb des Brunnenoberrandes das Wasser in einer waagerechten Kluft abläuft. Daß der Wasserstand auch bei erprobter schneller Wasserentnahme der gleiche bleibt trotz der nur 1 m hohen Wassersäule, beweist die schnelle Fließgeschwindigkeit des nachsteigenden Grundwassers. Auf dem Hof werden normalerweise 8 Stück Großvieh gehalten, dazu Haushalt und Gefangenenlager. Temperatur 11°.

Brunnen Nr. 10 (Deubel): Lage an der Straße nach Trockenerfurth, 80 m von der Straßenkreuzung Dorfmitte entfernt. Schachtbrunnen 7,5 m tief, 1,2 m Durchmesser. Brunnen dient zur Versorgung des Hofes, hat bisher keinerlei Beeinflussung durch jahreszeitliche Schwankungen gezeigt. Gestein: 1,5 m Boden, klüftiger Sandstein. Wassertemperatur 11° C.

Sämtliche 10 Brunnen sind nach Durchteufen der Bodenschicht in den klüftigen Buntsandstein (sm_2) abgesenkt. Es ergeben sich zwei wichtige Unterscheidungsmerkmale:

1. Brunnen, die ganz oder teilweise versiegt sind,
2. Brunnen, die die beabsichtigte Wasserversorgung voll aufrechterhalten haben, ohne, daß hier größere Grabungstiefen als im Fall 1 vorliegen.

Diese Tatsache ist höchst bedeutsam!

Zu 1: Nach allgemein geologischen Überlegungen mußte eine Anlage von Flachbrunnen innerhalb des klüftigen Buntsandsteines von vornherein zu einer mehr oder minder vollständigen Ergebnislosigkeit verurteilt sein, denn der anstehende klüftige Buntsandstein wird das eindringende Sickerwasser natürlich sofort abfließen lassen. Zu einem merklichen Wasserstand kann es in diesen Brunnen niemals kommen. Den deutlichsten Beweis dafür gibt ja auch der tiefste Brunnen, der „Windeborn" (Nr. 1), der über eine Wasserführung von mehr als 60 cm über Brunnensohle niemals hinausgekommen ist und dazu noch bei Wasserentnahme jeweils einer größeren Regenerationszeit bedarf, um überhaupt den an sich geringen Ansprüchen gerecht zu werden. Dasselbe gilt für die Brunnen Nr. 2, 3 und 4. Die hinzukommenden starken, jahreszeitlich bedingten Schwankungen weisen eindeutig auf oberflächliches Sickerwasser hin. Die starken Verunreinigungen, besonders des Schulbornes, der in der Nähe des Friedhofes liegt, zeigen die geringe Filterung des Wassers an. Die Bodenschicht ist natürlich nicht in der Lage, das Wasser zu filtern, und innerhalb des Buntsandsteines besteht auf den Klüften und Spalten eine ziemlich ungehinderte Zusammenfließmöglichkeit, ohne daß das Wasser einer schnellen und gründlichen Reinigung unterzogen werden könnte.

Infolgedessen sind diese Brunnen sowohl in der Wasserführung wie in der Wasserqualität als durchaus minderwertig zu bezeichnen. Ein den Forderungen der Wirtschaft und der Hygiene entsprechendes Wasser kann nicht erwartet werden.

Verwickelter werden die Verhältnisse bei den Brunnen Nr. 5 (Norwig), Nr. 6 (Becker), Nr. 7 (Kramer) und Nr. 8 (Helbig). Sie sind nach jahrelanger, zum Teil jahrzehntelanger Wasserführung ab 1942 etwa nach und nach versiegt. Dagegen führen die Brunnen Nr. 9 (Riemenschneider) und Nr. 10 (Deubel) nach wie vor reichhaltige Mengen Wasser. Diese beiden letzten Brunnen liegen nur 50 bis 150 m in südöstlicher Richtung von den anderen Brunnen, also in einer Linie mit ihnen, entfernt. Sie haben sogar eine geringere bzw. gleiche Tiefe als diese. Alle Brunnen liegen im Buntsandstein. Demnach spielen hier irgendwelche Vorgänge eine Rolle, die durch oberflächliche Betrachtungen nicht erklärt werden können. Vor allem bereitet die Ergründung des Versiegens der 4 erstgenannten Brunnen zunächst Schwierigkeiten.

Seit einigen Jahren befindet sich im Tertiärbecken nördlich von Nassenerfurth ein Braunkohlenförderstollen mit südlicher Richtung auf Nassenerfurth im Vortrieb. Ein Verdacht, daß durch diesen Stollen den Brunnen in Nassenerfurth das Wasser entzogen worden ist, liegt natürlich nahe und wird von den Einwohnern offen ausgesprochen. Durch den Stollenabbau werden mehrfach tertiäre, wasserführende Sandschichten angeschnitten, wodurch ein gewisser Wasserentzug für das umgebende Gebiet entstehen könnte. Es sind dies aber verhältnismäßig so geringe Mengen, daß sie sich auf wenige Kubikmeter täglichen Abzugs beschränken. Vor Ort ist es feucht, daß es von der Stollendecke tropft und die Bergleute in Gummianzügen arbeiten müssen. Weiter rückwärts wird der Wasseranfall durch Steckfilter, die in die Decke eingelassen werden, abgeleitet. Dabei zeigt es sich, daß nach aufgesetztem

Filter nur in den ersten Tagen etwa täglich 4 bis 5 cbm Wasser abgepumpt werden (die Filter stehen 40 m auseinander), daß bereits nach 8 Tagen ein wesentlicher Rückgang zu verzeichnen ist und nach etwa einem halben Jahre die Filter vollkommen trocken stehen. Das bedeutet also, daß der Wasserzufluß so gering ist, daß das der Wasserzuflußrichtung am nächsten liegende Filter bereits alles anfallende Wasser auf sich zu ziehen vermag und eine Ausdehnung des Grundwassers auf weitere Teile der Grube bereits hier verhindert. Es geht weiter daraus hervor, daß es sich nur um eingesickertes Oberflächenwasser handeln kann, sonst müßten die Wassermengen, wie aus der folgenden Besprechung der Quellen hervorgehen wird, größer und andauernder sein.

Zusammenhängende, größere Grundwasserhorizonte können auch nicht vorhanden sein. Vielmehr sind die doch insgesamt nicht wenig mächtigen Sandschichten so stark gegeneinander verworfen, daß eine durchgehende Verbindung, damit eine größere Grundwasseransammlung und -förderung, nicht vorhanden sein kann.

Zwar stoßen die Tertiärschichten an der Verwerfung direkt an den Buntsandstein. Ein Diffundieren des sich im klüftigen Buntsandstein und in den Brunnen sammelnden Wassers in anstoßende tertiäre Sandschichten kann als ein normaler Vorgang angenommen werden. Wenn nun im Grubenbetrieb Wasser abgepumpt wird, könnte sich die Grundwasserabsenkung auch auf die Brunnenspiegelstände im Buntsandstein auswirken. Das hieße, daß das Einzugsgebiet für das Grundwasser in den Tertiärschichten als wesentlich erweitert angesehen werden, mithin auch der Wasseranfall entsprechend hoch sein müßte. Dies ist aber bei den wenigen abgepumpten Kubikmetern pro Tag keineswegs der Fall. Die Verbindung der Grubenwässer zu dem Buntsandstein ist eben wegen der Verworfenheit auch der tertiären Sand- und Tonschichten so gut wie oder gar ganz abgeschnitten.

Von hier aus ist die Frage des Versiegens der Brunnen nicht zu lösen — ganz abgesehen davon, daß auf dieser Überlegungsbasis alle Brunnen versiegen müßten und nicht nur ein Teil.

Zwei andere Beobachtungen sind für dieses Problem bedeutsam:

1. In dem Orte Singlis, 3 km ONO von Borken, wurde festgestellt, daß die Wasserstände in den örtlichen Brunnen in den beiden letzten Jahren um rund 60 bis 80 cm zurückgegangen sind. Da dieses Gebiet weit außerhalb des Bergbaugebietes liegt und dazu von diesem geologisch wie morphologisch völlig getrennt ist, kann also der Bergbau hier niemals Einfluß ausgeübt haben.

Ferner wurde auch in dem Orte Gombeth, 2 km NNO von Borken, ein leerlaufender Brunnen vermerkt. Da diese Brunnen bereits recht nahe an den neuen Tagebau südlich Großenenglis herankommen, lag auch hier zunächst die Vermutung nahe, daß die Ursache der Absenkung im Grubenbau zu suchen sei. Eine Versuchsbohrung auf Grundwasser in tertiären Schichten zwischen Gombeth und der Grube aber hat in 3 m Tiefe unter Druck stehendes Grundwasser ergeben, das im Rohr 60 cm gestiegen ist. Damit ist ein Abzug des Brunnenwassers durch den Grubenbau widerlegt, denn normalerweise müßte

sich bei der Lage der Versuchsbohrung hier die Absenkung noch viel stärker bemerkbar machen. Das Gegenteil ist der Fall.

2. Im Jahre 1938 wurde am Nordrande von Nassenerfurth, etwa 100 m von den versiegten Brunnen entfernt, am Stockborn ein Probeabpumpen für eine in Aussicht genommene zentrale Wasserversorgung des Ortes durchgeführt. Nach etwa 2 bis 3stündigem scharfen Abpumpen ohne Leistungsabfall liefen die Brunnen Nr. 5—8 leer. Nach Einstellen des Pumpens kehrte der alte Wasserstand allmählich wieder. Vorweggenommen sei, daß das Quellwasser sehr tiefen Horizonten entstammt. Es wird an einer Verwerfungslinie hochgedrückt, findet den Weg in eine Sandschicht und tritt an tieferliegender Stelle, wo der überlagernde Ton auskeilt, in Quellen zutage (Abb. 5).

Die Brunnen werden also von diesem Grundwasser gespeist oder zumindest maßgeblich beeinflußt. Wie geschieht das?

Das Grundwasser steigt in der Kluft der Verwerfung, die von NW an der Straße Trockenerfurth-Nassenerfurth kommend, in den NW-Teil von Nassen-

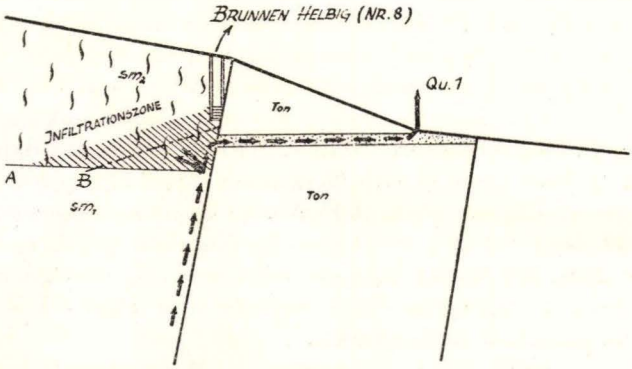


Abb. 4. Infiltrationszone im klüftigen Buntsandstein, entstanden durch an einer Verwerfungskluft aufsteigendes tieferes Grundwasser. Brunnen und Quelle liefern gleiches Grundwasser

erfurth einmündet, unter Druck nach oben. Die Brunnen liegen hart neben dieser Kluft auf der SW-Seite der Straße. Der Helbigsche Brunnen liegt sogar unmittelbar auf der Verwerfungslinie, denn beim Schlagen des Brunnens ist man in 8 m Tiefe auf plastischen grauen Ton gestoßen, nachdem man zuvor den Buntsandstein durchstoßen hatte. Die Kluft muß also nach Norden überhängend sein. Solange das Grundwasser nun mit einem starken Druck nach oben gepreßt wird, dringt es nicht nur in die ersten besten angrenzenden, wenig Widerstand leistenden Sandschichten ein, um dort abzufließen, sondern wird auch je nach der Druckstärke mehr oder weniger weit in den höherliegenden klüftigen Bausandstein aufdringen und ihn mit Wasser erfüllen. So entsteht nahe der Kluft entgegen der Fließrichtung eine Art Infiltrationszone.

Wenn nun der Grundwasserdruck aus irgendeinem Grunde fällt, so wird das Wasser nicht mehr die Kraft besitzen, in höhere Zonen hinaufzudringen, wenn ihm zuvor schon die Möglichkeit geboten wird — und das geschieht hier

mit Hilfe der Sandschichten — bequemer abzufließen. Die Möglichkeit der Abnahme des Grundwasserdruckes scheint mir hier gegeben.

In Sachsen sind während der letzten 20 Jahre systematisch Grundwassermessungen durchgeführt worden. GRAHMANN (1943) veröffentlicht in der „Braunkohle" die Ergebnisse dieser Messungen. Danach will er periodische Schwankungen der Grundwassermengen in 3 bis 5jährigen, 11jährigen und 16jährigen Abständen festgestellt haben (die 11jährigen Schwankungen bringt er mit dem Auftauchen der Sonnenflecken in Beziehung), mit jeweiligen Tief- und Hochständen. Bei dieser 3fachen Periodizität kommt es zu Überschneidungen, die sich verstärkend oder vermindernd auswirken. Einer solchen Überschneidung steuern wir zu.

„Nachdem im Jahre 1911 die Spiegel eine vorher nie beobachtete Höhe erreichten, kann ohne weiteres angenommen werden, daß die Jahresmittel der kommenden Jahre tiefer liegen werden als 1941. Das wird auch durch den Verlauf der Witterung seither wahrscheinlich gemacht. Das Ergebnis verminderter Niederschlagsmengen in der Nährzeit ist eine Spiegelsenkung im Jahre 1942, die sich, soweit Messungen vorliegen, im vergangenen Winter kräftig fortgesetzt hat und möglicherweise auf einen Tiefstand um das Jahr 1945 zusteuert, der nach der 11jährigen Periode zu erwarten wäre" (GRAHMANN 1943).

Man geht wohl nicht fehl, wenn man die über ein so großes und benachbartes Gebiet wie Sachsen gemachten Beobachtungen in großen Zügen auch auf unser Gebiet überträgt. Dann könnte das Nachlassen des Grundwassers in den fraglichen Brunnen hiermit erklärt werden. Der allgemeine Druck auch des tieferen Grundwassers hat infolge geringerer Nährmengen nachgelassen und vermag nun nicht mehr das erwartete Wasser zu spenden. Derselbe Grund kann für die Schwankungen im Gebiete Singlis und Gombeth angeführt werden, denn was für das tiefere Grundwasser gilt, hat auch — zwar unter etwas anderen, aber doch übergeordnet gleichen Bedingungen — für das Grundwasser der höheren, hier tertiären Schichten, Berechtigung. Leider fehlt es hier an gleichartigen Beobachtungen, die diese Folgerung für das speziell betrachtete Gebiet von Nassenerfurth beweisen könnte.

Jedenfalls ist es meines Erachtens abwegig, den Grund für das Versiegen der Brunnen im Stollenbau zu suchen. Das in den klüftigen Buntsandstein eindringende Niederschlagswasser wird, da es doch der dem Einfallen entsprechenden Fließrichtung folgen muß, auf dem schnellsten Wege aus dem Buntsandstein herauszutreten versuchen. Diese Möglichkeit aber ist ihm in angrenzenden Tertiärschichten gegeben. Solange der Druck des tieferen Grundwassers von unten her so groß war, daß dem von oben zufließenden Wasser ein genügender Gegendruck geboten werden konnte, konnte das Niederschlagswasser schwerlicher abfließen. Es blieb im Buntsandstein stehen und erreichte damit Standhöhen, daß es als Gebrauchswasser aus den Brunnen entnommen werden konnte. So setzte sich also das Brunnenwasser aus Teilen des aufsteigenden, tieferen Grundwassers der Infiltrationsschicht und aus dem aufgestauten Sickerwasser des Buntsandsteines selbst zusammen.

Zur Zeit geschieht die Vereinigung dieser beiden Wässer in einem wenig tiefer liegenden Horizont. Dieser Horizont kann aus dem Grunde nur wenig tiefer liegen, weil das Grundwasser nur 100 m von den Brunnen entfernt in 10 m tieferem Oberflächenniveau die dort nur noch sehr dünne, überlagernde Tonschicht durchbricht und mit einem gewissen Druck als Quelle aus der Sandschicht herausfließt (Stockborn). Aber immerhin liegt der Horizont so tief, daß die augenblicklichen Brunnensohlen nicht mehr hineinreichen.

Hier liegt nun der Schlüssel zum Beweis, daß das Grundwasser nicht im Grubenbau verschwindet: wenn der Stollenbau diese Sandschicht, aus der das Wasser als Quelle hervordringt, angeschnitten haben würde, dann wäre nicht einzusehen, warum das Wasser nicht den bequemeren Weg über die tieferliegende Stollensohle wählen würde, anstatt bis zur Oberfläche vorzudringen. Die vom Grubenbau angeschnittene Sandschicht hat mit dieser Schicht nichts zu tun. Sie sind durch mächtige Tonschichten voneinander isoliert. Das wird dann über die rein geologische Überlegung hinaus noch bewiesen durch die Bohrung 768: über dem in 30 m Tiefe liegenden Kohlenflöz liegt eine 9 m mächtige Sandschicht bzw. sandige Tonschicht. Diese liefert das Wasser der Grube. Dann folgen darüber fast 20 m dicke Tonschichten und darüber endlich liegt die Sandschicht, die das Wasser als Quelle zutage treten läßt. Es ist allerdings denkbar, daß die über dem Kohlenflöz liegende Sandschicht ihr Wasser zu Teilen auch aus dem aufsteigenden Grundwasser bezieht, aber die Zuflußmöglichkeit ist infolge der Zerrüttung der Schichten so gering, daß die Hauptmenge eben bis zu der am höchsten liegenden Sandschicht aufsteigt.

Somit bleibt meines Erachtens keine andere Möglichkeit für die Begründung des Versiegens der Brunnen als die einer allgemeinen Abnahme des Nährwassers für das tiefere Grundwasser, die sich dadurch so verhängnisvoll auswirkt, daß zwei Faktoren sich nach der negativen Seite hin verstärken, nämlich

1. das Ausbleiben der Infiltration der Buntsandsteinschichten mit aufsteigendem Grundwasser und
2. durch den davon abhängenden fehlenden Gegendruck, der das Sickerwasser in Höhe der Brunnenschächte zu „stauen" vermöchte.

Zu 2: Wie ist es aber nun zu erklären, daß die Brunnen Nr. 9 (Riemenschneider) und Nr. 10 (Deubel) gleichmäßig genügend Wasser liefern? Die Situation ist an sich sehr einfach. Die im Sommer und Winter gleichbleibende Temperatur von 11° C, sowie die keinen feststellbaren jahreszeitlichen Schwankungen unterliegende Wasserförderung sind ein Beweis dafür, daß das Brunnenwasser sich aus aufsteigendem Grundwasser aus der Tiefe zusammensetzt.

Weshalb aber steigt hier das Wasser in die Brunnenschächte hinein und in die nur wenig entfernt liegenden anderen Brunnen nicht?

Das ist nur tektonisch zu erklären. Wir haben bereits gesehen, daß dies gesamte Gebiet von Verwerfungen zerrüttet ist. Die Verwerfung, an der die Brunnen Nr. 5 und Nr. 8 liegen, hat hier auf die Wasserförderung keinen Ein-

fluß mehr, denn sonst müßte hier wie dort gleiche Wasserführung vorhanden sein.

Es ist anzunehmen, und das läßt auch die morphologische Ausbildung der Oberfläche vermuten, die hier zunächst muldenförmig abgesunken ist und dann nach den Quellen 3 und 4 hin sehr steil abfällt, daß so die Verlängerung der Verwerfungskluft durch eine oder mehrere Querverwerfungen abgeschnitten und durch verrutschte Gesteinmassen nach SO hin völlig abgesperrt ist. Gleichzeitig aber ist durch dieses neue Verwerfungssystem im tieferen Untergrund die Verbindung zu einer anderen stark wasserführenden Kluft — bzw. wahrscheinlich zu einem Kluftsystem — hergestellt worden, von wo das Wasser als Druckwasser in die nun mitten innerhalb dieses Bruchsystems liegenden Brunnen Nr. 9 und Nr. 10 hineinsteigt.

Die anfallenden Wassermengen sind groß und würden auch wahrscheinlich aus den Brunnen frei heraustreten, wenn nicht mit der Zerklüftung unterirdische Abflußmöglichkeiten geschaffen worden wären. In dem Riemenschneiderschen Brunnen ist solch ein Abfluß angeschnitten worden und zu beobachten: der Brunnen ist nur 4,5 m tief. Das Wasser steht nie höher als 1 m über der Brunnensohle, da es dort in eine offene Kluft abfließt. Man hört deutlich das Rauschen des Abflusses, was auf einen starken Strom schließen läßt. Dies geht außerdem aus einem Probeabpumpen hervor: trotz scharfen, stundenlangen Abpumpens gelang es nicht, den in 3,5 m Tiefe stehenden Spiegel abzusenken.

So lassen sich aus den angeführten Beispielen der Grundwasserführung gleichzeitig wichtige Schlüsse auf die tektonische Verformung des Gebietes ableiten, die ihrerseits wieder für die Grundwasserverhältnisse verantwortlich ist. Das wird noch deutlicher bei der nun folgenden Besprechung der Quellen.

b) Das Grundwasser der Quellen

In einer weiteren Form tritt uns das Grundwasser zur Beobachtung in den Quellen entgegen. Wiesen und sumpfige, mit Erlen bestandene Gründe, in ihnen die Bäche, sind die unmittelbaren Folgeerscheinungen des hervorquellenden Wassers. Sie umgeben Nassenerfurth von Norden, Westen und Süden. Ihnen verdankt der Ort seinen Namen. Leider ist ein Teil durch alluviale Bedeckung der Beobachtung entzogen und auch die Quellen Nr. 5 und Nr. 6 im Süden des Ortes sind aus demselben Grunde so schlecht faßbar, daß auch sie für die Messungen ausscheiden.

Anders ist es mit den Quellen am N- und W-Rand des Dorfes. Sie sind zum Teil zur Projektierung einer wasserwirtschaftlichen Ausnutzung in Beton gefaßt, so die Quellen Stockborn 1 und 1a, Brunnen am Mühlteich (2), Steinborn (3) und Silberborn (4).

Der geologische Befund ist nach dem vorher Gesagten einfach und klar. Es tauchen hier dieselben Probleme auf, die bei den Brunnen bereits besprochen worden sind. Das Kluftsystem des paläozoischen Gebirges wird von den großen Randverwerfungen der Trias geschnitten, auf deren Klüften das Wasser nach oben dringt.

Wenn man in der kalten Jahreszeit die Hand in das rasch fließende Quellwasser hineinhält, spürt man sofort, daß es temperiert ist. Es wurden über das Jahr 1944 allmonatlich Temperaturmessungen vorgenommen. Zwei weitere Messungen liegen aus einem früheren hygienischen Untersuchungsbericht des Hygienischen Instituts der Universität Marburg aus Sommer und Winter des Jahres 1933 vor. Sie geben eine wertvolle Ergänzung zu den neuerlichen Messungen.

Die Temperaturübersicht ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Stockborn West 1	Stockborn Ost 1a	Brunnen am Mühlteich 2	Steinborn 3	Silberborn 4	Lufttemperatur im Schatten	Datum
14°		15,5°			— 2°	20. 1. 33
14°						15. 8. 33
14°					+ 7°	21. 11. 33
14°	16°	16°	12,5°	13,5°	+ 12°	6. 5. 34
14°	16°	16°	12,5°	13,5°	+ 6°	23. 3. 44
14°	16°	16°	12,5°	13,5°	+ 10°	15. 4. 44
14°	16°	16°	12,5°	13°	+ 16°	20. 6. 44
14°	16°	16°	12,5°	13,5°	+ 21°	23. 7. 44
14,5°	17°	16°	13°	14°	+ 30°	23. 8. 44

Aus diesen Werten ergeben sich wichtige Tatsachen:

1. Das Wasser ist in allen 5 Quellen temperiert.
2. Die Temperaturen zeigen im Sommer und Winter über lange Jahre im wesentlichen dieselben Werte.
3. Es ergeben sich 2 Temperaturgruppen: die eine zeigt Temperaturen um 16°, die andere um 12,5° bis 14° C.

Das Wasser kommt also in allen Fällen aus tieferen Horizonten als artesiches Wasser an die Oberfläche. Das ergibt sich auch aus der Wasserergiebigkeit, die Sommer wie Winter keinen feststellbaren Schwankungen unterliegt.

Am auffälligsten sind jedoch die beiden verschiedenartigen Temperaturgruppen, die Erklärung verlangen. Am eigenartigsten ist dies Phänomen bei den Stockbornquellen, die nur 10 m voneinander entfernt austreten und stets einen Temperaturunterschied von 2° aufweisen. Die westliche ist die kältere, die östliche die wärmere.

Das läßt sich wiederum nur mit Hilfe der Tektonik erklären, die abermals ein Anzeichen dafür gibt, wie zerrüttet diese Abbruchzone ist. So wie bei den Brunnen, liegen auch hier auf engstem Raum, durch Verwerfung bedingt, ganz abweichende Verhältnisse vor, die aus der Morphologie nicht abgeleitet werden könnten, sondern für sich nur aus der Erscheinungsform des Grundwassers Erklärung finden lassen.

Das Wasser des Stockbornes-West (Nr. 1) dringt, wie aus Abb. 5 zu ersehen ist, an der Verwerfungskluft, die etwa auf der Höhe der Zufahrtstraße von Trockenerfurth verläuft, als Druckwasser aus tieferen, paläozoischen Sammelräumen nach oben. Als oberster spendender Grundwasserträger wird zwar schon der klüftige Unterbuntsandstein in Betracht gezogen werden

müssen, der seinerseits aber bereits an weiter westlich liegenden Verwerfungen von aufsteigendem paläozoischen Wasser erfüllt worden ist und jetzt nur mit Hilfe dieser Verwerfung die Möglichkeit erhält, sein Wasser teilweise an der Quelle mit austreten zu lassen.

Das gegen die Verwerfungskluft drängende und durch Sperrschichten an dieser zum Aufstieg gezwungene Wasser wird auf seinem Wege natürlich, falls es wasseraufnahmefähige Schichten antrifft, in diese eindringen. Solche sind z. B. der Unter- und der klüftige Mittelbuntsandstein. Das Mißverhältnis zwischen der Aufnahmefähigkeit dieser Schichten in der Zeiteinheit und dem unter hohem Druck aufsteigenden Wasser bewirkt ein Vorbeifließen eines Teiles des Wassers bis in die oberste aufnahmefähige Schicht, einen tertiären Sand, der nach oben durch eine Tonschicht abgeschlossen ist. Ein Aufdringen

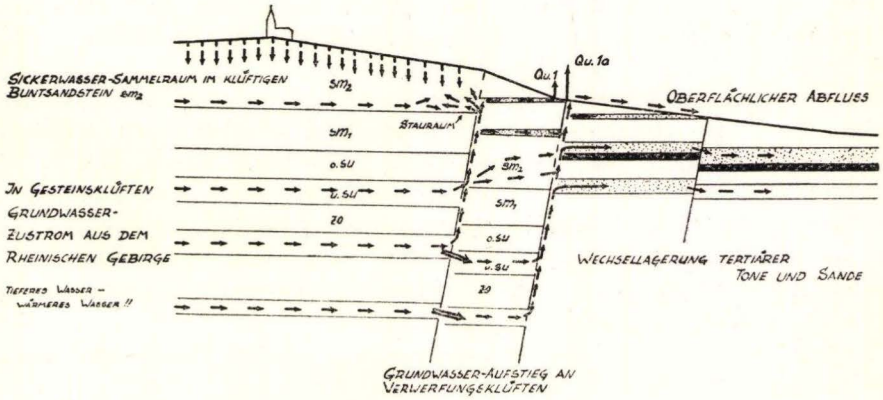


Abb. 5. Grundwasserzufluß an den Quellen 1 und 1 a in Nassenerfurth (schematisch). Die nebeneinanderliegenden Quellen werden aus verschiedenen Druckwasserhorizonten gespeist, so daß die Wassertemperaturen sich um mehrere Grade unterscheiden

des Wassers an der Schwächezone Buntsandstein/tertiärer Ton direkt bis an die Oberfläche wäre durchaus denkbar. Der Druck ist aber hier augenscheinlich doch schon so schwach, daß das restliche Druckwasser ausnahmslos den bequemeren Weg in die Sandschicht hinein wählt. Die Tondecke über dieser Sandschicht nimmt an Stärke entsprechend dem Bergabhang ab, bis sie schließlich nach etwa 100 m Entfernung so schwach wird, daß sie von dem Quellwasser durchstoßen wird. Oberflächlich fließt das Wasser von hier ab der Olmes zu. Das Wasser zeigt beim Austritt 14° C.

Zehn Meter neben dieser Quelle tritt nun die andere, 16° warmes Wasser führende Quelle aus. Dieser Umstand kann so erklärt werden, daß Grundwasser aus noch tieferen, wärmeren Schichten in jenseits der Verwerfung liegende wasseraufnahmefähige Schichten eindringt, die dem Zufluß zunächst günstiger liegen als die Schwächezone der Verwerfung, die ein steiles Aufsteigen verlangt. Dadurch aber werden diese tiefen, wärmeren Wässer von den kälteren eben beschriebenen, getrennt. Die Hauptverwerfung nötigt nun auch dieses Wasser, aufzusteigen und mit seinen restlichen Teilen, soweit es nicht von

vorhergehenden aufnahmefähigen Schichten abgezogen wurde, als Quelle zutage zu treten. So wird es möglich, daß unmittelbar nebeneinander zwei so verschiedenartig temperierte Quellen austreten können.

Freilich werden wir an der Oberfläche nicht das Wasser mit seiner ursprünglichen Temperatur antreffen. Durch die Verbindungen, die den Wässern durch die gemeinsam gestreiften, wasserdurchlässigen Schichten gegeben werden, tritt eine unvermeidbare Vermischung ein, daß sowohl das kältere Wasser durch das wärmere temperaturerhöhend, wie das wärmere umgekehrt temperaturerniedrigend beeinflußt werden wird. Ferner hat in diesem Sinne Einfluß das untermischte Sickerwasser, das die in der Sommerzeit festgestellte leichte Erhöhung der Temperatur hervorrufen mag.

Im Grundsätzlichen aber bleibt uns bis oben hin der Temperaturunterschied erhalten, der einen weiteren wichtigen Hinweis gibt, wie groß der Einfluß der hier auf engstem Raum nebeneinander liegenden Verwerfungen auf die Grundwasserführung ist, die auf kürzeste Entfernung hin völlig verändert sein kann.

Bei der chemisch-bakteriologischen Untersuchung des Wassers des Stockbornes durch das Hygienische Institut Marburg wurden einige coliähnliche Bakterien festgestellt, die allerdings nicht mehr fähig waren, sich bei Temperaturen von über 46° zu vermehren und auch sonst Abweichungen von sonstigen typischen thermophilen Darmbakterien zeigten, so daß das Wasser für den Trinkwassergebrauch als geeignet angesehen werden konnte. Die Bakterien können nur aus oberflächlichem Zufluß stammen, die bei genügend tiefer Fassung der Quelle in Fortfall kommen.

Die chemische Untersuchung ergab ein mittelhartes, im einzelnen wie folgt zusammengesetzes Wasser:

Alkalinität ccm 1	3,5
Gebund. Kohlensäure	77,0
Carbonathärte	9,8
Gesamthärte	10,4
Freie CO_2 zugehörig	12,6
aggressiv	5,0
Ammoniak	0
Salpetr. Säure	0
Chlor	16,0
O-Verbrauch mg/l	1,6
Eisen	0
Mangan	0
Keimzahl	10
Coli- und Path. Keime	negativ
Sediment	unwesentlich

Die Ergiebigkeit des Stockbornes kann an Hand des 1938 vorgenommenen versuchsweisen Abpumpens mit mindestens 40 cbm/h angegeben werden.

Die „Hauptverwerfung", die ja als der Förderer des wärmeren Wassers der Quelle 1a angesehen wurde, läßt sich nun noch etwa 150 m weiter nach Westen verfolgen an Hand des ebenfalls mit 16° C austretenden und gleiche chemische Zusammensetzung führenden Wassers des „Brunnen am Mühl-

teich" (Quelle Nr. 2). Es handelt sich auch hier um eine von einem Betonbecken gefaßte Quelle, die für Lieferung von Wirtschaftswasser wie der Stockborn ausgenutzt wird. Ob hier allerdings die Verwerfung, wie am Stockborn direkt an der Quelle vorbeiläuft oder um Geringes ostwärts, läßt sich nicht feststellen. Daß sie aber keine unmittelbare Verbindung zu dem Kluftsystem hat, das den Brunnen Nr. 9 und Nr. 10 das Wasser liefert, beweist die um volle 5° abweichende Temperatur.

Aus demselben Grunde kann auch keine bedeutende Verbindung zu den beiden Quellen „Steinborn" (Nr. 3) und „Silberborn" (Nr. 4) bestehen. Diese weisen Temperaturen von 12,5 bis 13,5° auf, erhalten also — zumindest zum überwiegenden Teil — ihr Wasser aus anderem Reservoir wie dem durch die Hauptverwerfung angeschnittenen. Das Wasser ist — nach den Messungen des Hygienischen Instituts Marburg — als hart zu bezeichnen gegenüber dem als mittelhart bestimmten Wasser des „Stockbornes" und „Brunnen am Mühlteich". Auch das macht es deutlich, daß kein wesentlicher Zusammenhang zu dem warmen Wasser besteht. Die Hauptverwerfung muß dann also nördlich-östlich mit südwestlicher Richtung an diesen Quellen vorbeilaufen, um dann allmählich in die südliche Richtung zwischen den Bohrpunkten 496 und 500 hindurch einzubiegen.

Es ist nun schwer zu entscheiden, ob wir für die Quellen „Steinborn" und „Silberborn" eine ganz neue Nährzone annehmen sollen. Es brauchte bei der inzwischen erkannten Verworrenheit des Untergrundes zwar nicht gerade Wunder nehmen. Andererseits aber könnte man aus der gemittelten Temperatur — zwischen 16 und 11°! — sowie aus der örtlichen Lage zwischen Hauptverwerfung und Nebenverwerfungen auf eine stärkere Durchmischung als bei den bisher besprochenen Wässern schließen. Auf alle Fälle sind aber auch diese Quellen temperaturmäßig, wie auch wegen ihrer ebenfalls gleichbleibenden Ergiebigkeit innerhalb der Jahreszeiten als Austritte tieferen Grundwassers zu deuten.

Die Ergiebigkeit der Wasserförderungen in der Zone der Hauptverwerfung erfuhr eine wichtige Bestätigung durch die Versuchsbohrung 423 westlich Haarhausen. Als dort 1928 auf Kohle gebohrt wurde, drang der Meißel in 13,5 m Tiefe in eine Spalte des Buntsandsteines. Das Wasser trat mit einer solchen Gewalt aus einem 2 m über der Oberfläche stehenden Rohr, daß der Meißel, der in der Spalte klemmte, nicht geborgen werden konnte. Das Wasser tritt bis zum heutigen Tage, zwar nur noch schwach, frei aus dem Rohr heraus. Die Temperatur liegt ebenfalls bei 16°. Obwohl keine chemische Untersuchung gemacht werden konnte, darf doch angenommen werden, daß es sich um dasselbe Wasser handelt wie beim „Stockborn", denn daß die Hauptverwerfung in der Nähe dieser Bohrung entlang läuft, beweist ja die benachbarte Bohrung 439 mit ihrer starken tertiären Schichtfolge.

So bildet das Gebiet um Nassenerfurth ein Musterbeispiel für die Grundwasserverhältnisse innerhalb der triadischen Randzone am Rheinischen Gebirge.

Es ist wesentlich, am Schluß dieser Betrachtung festzustellen, daß nur in besonders gelagerten Fällen, wie sie Nassenerfurth sehr ausgeprägt zeigt,

das Grundwasser teilweise an der Oberfläche sichtbar wird. Ungeheure Mengen aber fließen im Kluftsystem vor allem des Buntsandsteines unbeobachtbar unterirdisch ab.

4. Schichtverzeichnisse

der Bohrungen von Nassenerfurth (nach Angaben der Grubenverwaltung Altenburg b. Borken).

(Tiefenangaben in m)

Bohrloch 423
— 0,20 Mutterboden
— 2,30 Steingeröll mit Ton
— 6,00 Ton grau, sandig
— 9,00 Sand grau, tonig
— 12,00 Sand hellgelb
— 12,40 Ton hellgelb, sandig
— 13,40 Letten rot, steinig
— 14,20 Sandstein grau (nicht durchbohrt)
Grundwasser: 1. Horizont 1,00 m u. T.
2. „ 13,75 m u. T.
Das Wasser des 2. Horizontes steht unter sehr hohem artesischen Druck (gebohrt 1928).

Bohrloch 434
— 0,60 Aufgefüllter Boden
— 2,20 Lehm mit Steinen
— 5,90 Braunkohle
— 6,80 Kies fein
— 7,00 Sand grau
— 8,00 Quarzitgeröll
— 9,00 Ton braun, sandig
— 14,10 Sand hellgrau, tonig
— 14,30 Sandstein (nicht durchbohrt)
Grundwasser: 1. Horizont 5,90 m u. T.
2. „ 9,00 m u. T.

Bohrloch 437
— 0,30 Mutterboden
— 1,45 Sand hellgelb, tonig
— 4,00 Basaltgeröll
— 6,50 Sand grau
— 8,50 Sand graugrün (nicht durchbohrt)
Grundwasser: 1. Horizont 1,00 m u. T.
2. „ 5,00 m u. T.

Bohrloch 439
— 0,40 Mutterboden
— 1,60 Steingeröll
— 3,00 Sand rot, mit Steinen
— 4,20 Quarzitgeröll
— 5,50 Sand hellgrau, tonig (wasserführend)
— 10,90 Braunkohle
— 14,00 Ton hellgrau, sandig (festgelagert)
— 15,85 Sand hellgrau, tonig, fest
— 17,00 Ton hellgrau, sandig
— 23,20 Sand hellgrau (wasserführend)

— 32,20 Ton grün, sandig (fest)
— 32,80 Letten rot
— 36,90 Ton grün, sandig (fest)
— 37,50 Letten rot
— 45,70 Ton grün, mit Sandeinlagerungen
— 50,00 Letten rot (nicht durchbohrt)
Grundwasser: 1. Horizont 4,20 m u. T.
2. „ 17,00 m u. T.

Bohrloch 478
— 1,60 Sandiger Boden
— 2,90 Sand rot mit Steinen
— 5,45 Sandsteingeröll
— 6,05 Sandstein rot (nicht durchbohrt)
1. Grundwasserhorizont: 6,20 m u. T.

Bohrloch 483
— 0,20 Mutterboden
— 2,40 Lehm gelb
— 5,20 Ton grau gelb
— 10,80 Ton gün
— 13,30 Schieferton grau mit Kalksteinmergel (nicht durchbohrt: Muschelkalk!)
1. Grundwasserhorizont: 3,00 m u. T.

Bohrloch 484
— 0,20 Mutterboden
— 1,00 Ton grau, sandig
— 2,50 Quarzit in tonigem Sand
— 3,30 Sand grau
— 9,30 Ton grau grün, sandig, mit gelben Streifen
— 9,95 Sandstein grau (nicht durchbohrt)
1. Grundwasserhorizont: 2,50 m u. T.

Bohrloch 486
— 0,60 Mutterboden
— 1,40 Ton hellgrau, stark sandig
— 2,15 Ton rotgrau, sandig
— 3,55 Sand rot, fest mit Steinen
— 4,30 Sandstein rot (nicht durchbohrt)
1. Grundwasserhorizont: 1,00 m u. T.

Bohrloch 487
— 0,30 Mutterboden
— 0,90 Ton grün
— 2,00 Quarzit in Ton gelagert
— 9,00 Ton grün (festgelagert)
1. Grundwasserhorizont: 1,20 m u. T.

Bohrloch 490
— 1,40 Moorboden
— 2,15 Ton hellgrau, stark sandig
— 2,80 Sand rot, mit Steinen
— 4,50 Sandstein rot (nicht durchbohrt)
1. Grundwasserhorizont: 1,40 m u. T.

Bohrloch 493
— 0,80 Ton hellgrau, stark sandig
— 13,40 Sand hellgelb, in Sandstein übergehend
Kein Wasser angetroffen.

Bohrloch 496
— 0,60 Moorboden
— 6,50 Ton grau, sandig
— 8,50 Sandstein (nicht durchbohrt)
1. Grundwasserhorizont: 6,50 m u. T.

Bohrloch 500
— 0,55 Mutterboden
— 0,80 Steingeröll
— 1,80 Ton braun
— 7,80 Braunkohle (schwimmend)
— 8,30 Ton grau braun
— 10,65 Ton hellgrau, sandig (nicht durchbohrt)
1. Grundwasserhorizont: 1,80 m u. T.

Bohrloch 636
— 3,75 Brunnen ausgebaut
— 6,20 Sand hellgrau
— 7,35 Sand dunkelgrau (wasserführend)
— 9,50 Ton graublau
— 10,60 Ton graugrün, sandig
1. Grundwasserhorizont: 6,20 m u. T.

Bohrloch 768
— 0,30 Mutterboden
— 1,55 Moorboden
— 2,90 Ton hellgrau, stark sandig, mit Sandschichten
— 3,70 Sand hellgrau (wasserführend)
— 4,40 Kies, grob und fein (wasserführend)
— 8,50 Ton grau, aufgeschwemmt, sandig, von 6—7 m mit Kohle durchsetzt
— 11,00 Ton graublau
— 14,20 Ton hellgrau, sandig
— 19,00 Ton graublau
— 22,00 Ton hellgrau, sandig
— 24,35 Ton dunkelgrau, stark sandig
— 27,15 Sand grau mit verhärteten Sandschichten und Kohle durchsetzt (wasserführend)
— 30,60 Ton grau, stark sandig, mit Sandschichten
— 31,00 Letten braun
— 32,65 Braunkohle
— 33,60 Ton graublau, leicht sandig, fest und trocken
— 42,85 Braunkohle, fest und trocken
— 43,55 Ton grau, sandig.

Bohrloch 769
— 0,30 Mutterboden
— 2,00 Ton hellgrau, stark sandig mit Quarziten
— 3,20 Sand hellgrau, mit Quarziten
— 3,70 Kies, grob und fein (Wasser)
— 4,50 Ton graugrün
— 10,00 Ton grau, aufgeschwemmt, sandig
— 13,50 Ton grau, aufgeschwemmt, sandig, rotbraune Sandschichten
— 13,80 Buntsandstein
1. Grundwasserhorizont: 3,20 m u. T.

Bohrloch 770
— 1,00 Mutterboden
— 1,50 Sand grau, naß
— 4,00 Sand grau, aufgeschwemmt, tonig, naß

— 6,00 Ton grau, stark sandig, Sandschichten (wasserführend)
— 7,50 Ton grau, stark sandig, von 7 m bis 7,20 m Kies (wasserführend)
— 10,15 Schlemmsand, hellgrau mit Kohlenschmitzen und Tonschichten (wasserführend)
— 13,75 Ton, sandig, mit Sandschichten (wasserführend)
— 14,00 Braunkohle (naß)
— 14,80 Ton grau, sandig
— 17,85 Kohle (naß)
— 18,20 Ton grau, sandig.

Bohrloch 771
— 1,20 Lehm, aufgeschwemmt
— 2,10 Sand grau (wasserführend)
— 2,45 Kies (wasserführend)
— 3,00 Sand grau, trocken und fest
— 4,60 Sand grau, bis 3,90 m trocken, dann naß
— 6,65 Sand braun, tonig (wasserführend)
— 11,00 Ton grau, sandig bis 2,85 m, mit Kohle durchsetzt
— 19,50 Ton grau, sandig
— 19,80 Sandstein.

C. Die Grundwasserverhältnisse um Allendorf (Kreis Marburg)

1. Geologische Übersicht

Einen recht guten Einblick in die Grundwasserverhältnisse des Buntsandsteines bietet uns ein für die Wasserversorgung einer großen Industrieanlage geschaffenes System von 30 Tiefbohrungen hart südwestlich von Allendorf (Munitionsfakrik). Das Bohrungsgebiet liegt zu seinem Hauptteile am Westrande des Staatsforstes Neustadt unmittelbar südlich der Eisenbahn Kirchhain-Neustadt mit den Bohrlöchern Nr. 2 bis 18 (Abb. 7). Der kleinere Teil der Bohrungen, Nr. 19 bis 31, liegt im Tälchen zwischen der Höhe 226,7 an der Straße Allendorf-Niederklein und der Höhe 254,6 westlich der Straße und folgt dann dem Bachlauf der Klein nach Süden bis kurz vor Schnitthof.

Dieses Gebiet liegt im Gegensatz zu Nassenerfurth weit außerhalb des großen Bruchsystems, das die paläozoischen Gesteine gegen die mesozoischen Schichten verwirft. Die Luftlinie vom südlichen Abbruch des Kellerwaldes bei Gilserberg bis Allendorf beträgt etwa 15 km. Nassenerfurth dagegen liegt mitten im Bruchsystem selbst. Trotzdem soll sich — und gerade deswegen — die Betrachtung für das Allendorfer Gebiet an die über Nassenerfurth anschließen.

Wir hatten gesehen, wie im Raume von Nassenerfurth dem tieferen Grundwasser, aus dem paläozoischen Gebirge kommend, durch das Kluftsystem der Randverwerfungszone ermöglicht wird, aufzusteigen, um dann von dem klüftigen Buntsandstein oder anderen wasseraufnahmefähigen Gesteinsschichten aufgenommen zu werden. In diesen wird das Wasser unterirdisch weiter befördert oder aus verschiedenen Gründen an die Oberfläche abgegeben.

Dank der auf einem Gebiet von 3 mal 5 km Erstreckung niedergebrachten zahlreichen Tiefbohrungen bei Allendorf wird uns ermöglicht, Einblick in den unterirdischen Lauf des Grundwassers verschiedener Buntsandsteinhorizonte

unmittelbar zu erhalten. Damit gewinnen wir aber den Anknüpfungspunkt an das aus zahlreichen Quellen des Buntsandsteines und Tertiärs bei Nassenerfurth hervordringende Grundwasser tieferer Horizonte. Was uns hier die Quellen mittelbar aufschließen, das verraten uns in Allendorf die Bohrungen, die uns nun an Stelle oberflächlicher Quellen eines Verwerfungssystems den Weg zur Beobachtung des Grundwassers in seinen Horizonten selbst freigeben.

Auf diese Weise werden wir bald bemerken, daß wir damit aus der Richtung, die uns unsere Aufgabe weist, die Grundwasserverhältnisse des mesozoischen „Randgebietes" zu untersuchen, nicht abweichen, daß vielmehr dieser kleine „Seitensprung" mitten in den Buntsandstein hinein nur dazu dienen kann, die Ergebnisse der Untersuchung der Randgebiete zu erhärten.

Wie uns die Schichtverzeichnisse (S. 56 ff.) zeigen, sind sämtliche Bohrungen 150 m bis 153 m tief. Sie stehen alle im Buntsandstein. Und zwar ist es der obere Mittelbuntsandstein (sm_2), für dessen höhere Lagen dünnplattige, hellere rote Sandsteine mit dunkleren tonigen Einlagen und Letten, charakteristisch sind. Die Bohrungen Nr. 2 bis 18 am N- und W-Rand des südwestlich von Allendorf gelegenen bewaldeten Buntsandsteinhügels im Neustädter Forst zeigen nur in ihren obersten Lagen schwache, tonige oder sandige Verwitterungsgesteine des Buntsandsteines, oder das Profil geht direkt vom Mutterboden in den festen Buntsandstein über. Es kann auch der Mutterboden so gut wie ganz fehlen, so daß bei allen diesen Bohrungen das eigentliche Buntsandsteinprofil mehr als 145 m einnimmt. Die Bohrungen 19 bis 29 (von 30 und 31 liegen keine Schichtverzeichnisse vor; sie dürften auch kaum von den vorherigen wesentlich abweichen) jedoch durchteufen zunächst mächtigere Ton-, Sand- oder Kiesschichten des Alluviums und Diluviums einerseits im Tälchen, das sich nördlich von Niederklein zwischen die Buntsandsteinhügel einschiebt und zum anderen südöstlich von Niederklein im Tal der Klein. Nach Durchteufung dieser oberen jungen Schichten, die im allgemeinen um 10 m unterhalb Oberkante mit einer wasserführenden Kiesschicht abschließen, tritt uns wieder der Buntsandstein entgegen in der gleichen Ausbildung, wie er bei den Bohrungen 2 bis 18 festgestellt wurde.

Diese Bohrungen sind in einem für unsere Gesamtbetrachtung geologisch bedeutungsvollen Bezirk niedergebracht:

1. bieten sie uns Einblick in einen wasserführenden Buntsandstein, der über größere Erstreckung hin entgegen dem Grundwasserstrom sich in anscheinend wenig gestörter Lagerung mit N-S-Einfallen ausdehnt. Erst der 10 km nordöstlich abgesunkene Muschelkalk-Keuper-Graben von Momberg mit seiner nach NW bis Winderscheid-Heimbach reichenden Fortsetzung auf Blatt Gilserberg ist die nächste größere Störung, die in bezug auf die Grundwasserführung in unserem Beobachtungsgebiet — das Wasser strömt, wie wir später sehen werden, aus nördlicher Richtung herbei — nicht mehr von Einfluß sein kann, zumindest nicht so, daß man an eine Einschränkung der zu ziehenden Folgerungen, die sich auf einer mehr oder weniger ungestörten Schichtfolge gründen, denken müßte.

2. aber liegen die Bohrlöcher sehr nahe am Rande des Kirchhainer Beckens, das sich vom Brücker Wald im SO des Blattes Kirchhain bis zur Ohmenge westnordwestlich Anzefahr ausdehnt. Diese von der Ohm durch flossene Niederung ist ein von Alluvialbildungen eingedeckter Triasgraben (BLANKENHORN 1931d), dessen Ursprung der Anlage analog den übrigen Muschelkalkgräben Hessens, in den saxonischen Gebirgsbewegungen Norddeutschlands zu suchen ist. Seine endgültige Ausgestaltung vollzog sich in mehrfachen alt- und jungtertiären Gebirgsbewegungen. Die Südrandverwerfung dieses Grabens wird geschnitten von einer Verwerfung, die aus südwestlicher Richtung kommend, über die Amöneburg hinaus nach NO verläuft, etwa in Richtung auf den Forsthof Netze zu und den Abbruch des Buntsandsteinhügels, an dessen W-Rand sich ein Teil der Bohrungen befindet, bewirkt. Das Auftreten starker Quellen in den Plausdorfer Wiesen ist ein nicht zu übersehender Ausdruck dieser Verwerfungslinie. Das Kirchhainer Bekken aber ist nur ein kleiner Ausschnitt im NO einer größeren N-S verlaufenden Störung des verlängerten Rheintalgrabens, die am Ostabfall der Buntsandstein-Lahnberge ihre westliche Begrenzung hat.

So befinden wir uns mit dem Allendorfer Bohrungsgebiet dennoch in „Randlage". In erster Linie aufgeschlossen ist uns hier jedoch — im Gegensatz zu Nassenerfurth — der wasserführende Buntsandstein. Die vorgefundenen Verhältnisse der Wasserführung nach Menge und Richtung, des Abflusses in das Beckengebiet und die gegenseitige Beein-

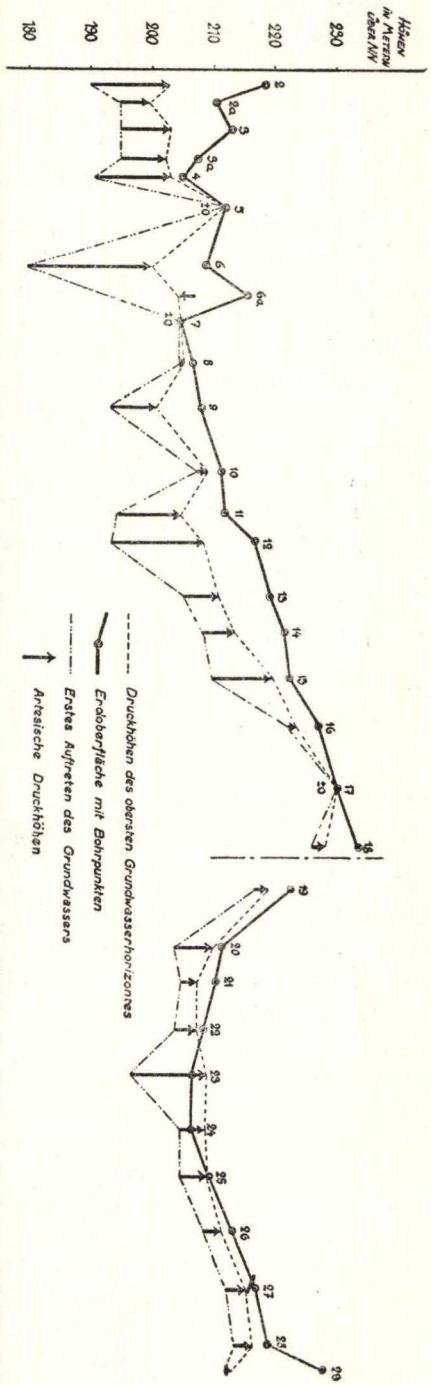


Abb. 6. Druckhöhen des obersten Grundwasser-Horizontes in Allendorf (Kr. Marburg). Die Pfeillängen geben das Maß der Druckhöhe, die Verbindungslinie ihrer Spitzen die Spiegelstände nach Neueinstellung an. Die Verbindungslinie der unteren Pfeilenden gibt die Spiegelstände beim ersten Auftreten des Grundwassers wieder

flussung wird sehr deutlich und ist als Bestätigung und Bekräftigung der Ereignisse von Nassenerfurth — die zum Teil nicht ganz der Hypothese entbehren — sehr wertvoll. Die Wasserverhältnisse von Nassenerfurth und Allendorf bieten manche Analogie, ja, stehen in ursächlichem Zusammenhang miteinander.

2. Die Grundwasserhorizonte

In der Tabelle 3 sind in der zweiten Spalte die Wasserstandshöhen über NN eingetragen, die gemessen wurden, als bei der Niederbringung der Bohrung zum ersten Male Grundwasser angetroffen wurde. Zusammen also ergeben diese Werte den Grundwasserspiegel, wie er sich in dem abgebohrten Gebiet im Laufe der Zeit zunächst der Erdoberfläche herausgebildet hatte.

In der nächsten Spalte sind die Werte eingetragen, die gemessen wurden, als das Grundwasser sich im Bohrloch neu eingestellt hatte und wieder zur Ruhe gekommen war. Das Bohren wurde jeweils nach dem Antreffen des ersten Grundwassers solange unterbrochen, bis der Wasserspiegel stand (Abb. 6).

Die letzte Spalte zeigt das Ergebnis dieser Neueinstellung: wir stellen fest, daß das Wasser in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Bohrungen als artesisches Wasser anfällt. Die artesischen Druckhöhen sind in der Abb. 8 graphisch aufgetragen. Die Pfeile geben nicht nur mit der Pfeilspitze die erreichte Höhe des Grundwassers in der Bohrung, sondern mit ihrem stumpfen unteren Ende auch gleichzeitig die Höhenlage des Grundwassers beim ersten Antreffen an. Die Länge des Pfeiles umfaßt damit die Größe der Drucksäule, die das Grundwasser über seine ursprüngliche Ruhelage hinaushebt.

Vier Dinge sind bei der Betrachtung der graphischen Darstellung auffällig:

1. Die Lage des oberen, ursprünglichen Grundwasserspiegels ist beträchtlichen Schwankungen unterworfen. Die beiden Extreme der Vertikalen liegen bei der Bohrung 6 mit 180 m über NN und Bohrung 18 mit 227 m über NN. Der Grundwasserspiegel hat also auf eine Entfernung von 2750 m eine um fast 50 m differierende Höhenlage. Wird das untere Ende der Pfeile miteinander verbunden, so ergibt sich eine allgemein stark auf und absteigende Kurve. Besonders ausgeprägt sind die Schwankungen bei den Bohrungen 2 bis 18.

2. Die Intensität des artesischen Druckes ist scheinbar sehr verschieden. Während sie sich im Maximum mit einem Auftriebswert von vollen 20 m in der Bohrung 6 dartut, fällt sie über alle Stufen schließlich in den Bohrungen 5, 7 und 17 auf Null und erfährt bei Bohrung 6a sogar eine Umkehrung ins Negative von 2 m Absenkung! Besonders auffällig dabei ist es, daß das positive und negative Extrem in den Bohrungen 6 und 6a benachbart liegen.

3. Werden die Pfeilspitzen wiederum durch eine Linie miteinander verbunden, so entsteht eine Kurve, die eine weit größere Ausgeglichenheit zeigt, als die, die das untere Ende der Pfeile miteinander verbindet.

4. Wird nun die Profillinie der Erdoberfläche zum Vergleich herangezogen, so erkennt man, daß beide Kurven in großen Zügen dieser folgen und zwar ist

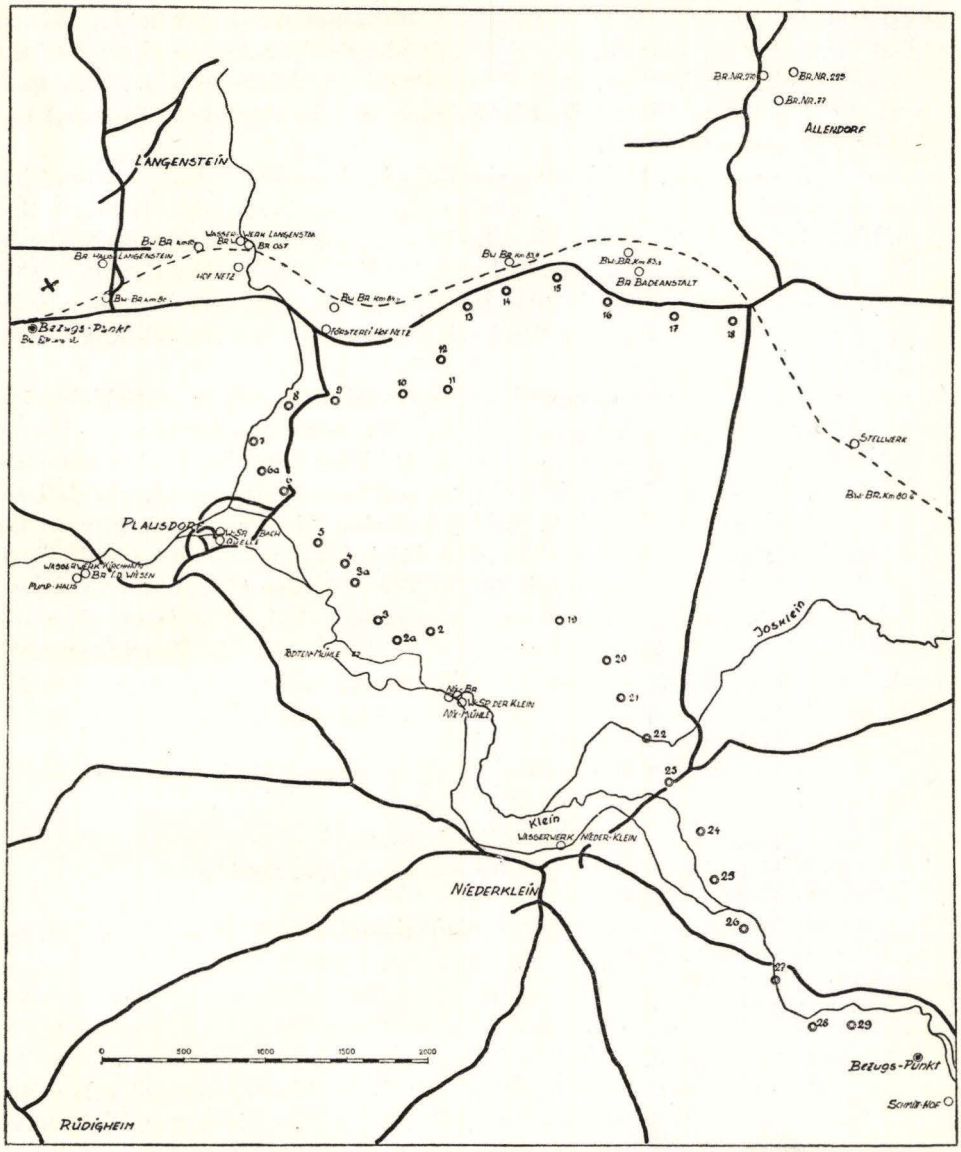


Abb. 7. Übersichtskarte zu den Tiefbrunnen (2—29) in Allendorf, Kr. Marburg

die obere Kurve der Erdoberfläche weit besser angeglichen, als die untere. Fallen und Steigen der Erdoberfläche zeigt meist auch Fallen und Steigen der Grundwasserkurve an gleicher Stelle. Das ist vor allem bei den Bohrungen 2 bis 18 der Fall. Aber auch die Kurven der Bohrungen 19 bis 29 zeigen im Prinzip das gleiche Verhalten.

Sehen wir uns zu diesen Feststellungen das Schichtenverzeichnis als den natürlich erscheinenden Weg zu ihrer Erklärung an. Die Bohrprofile Nr. 2 bis 18

haben fast alle die gleiche Schichtfolge. Unter einer recht spärlichen Bodenschicht setzt der Buntsandstein meist mit einer schwachen tonigen Schicht ein, oder es fehlt auch diese, so daß das Profil durchgehend aus „Sandstein mit Letten" besteht. Die große Eintönigkeit des Buntsandsteines (sm_2) beherrscht das gesamte Profil.

Die Bohrungen Nr. 19 bis 29 weisen ein in den oberen Lagen wesentlich abwechslungsreicheres Profil auf, bleiben in dieser Folge aber immer unter 15 m Mächtigkeit. Es sind dies die alluvialen und diluvialen Ablagerungen in den Tälern der Klein und nördlich davon in dem oben beschriebenen Waldtälchen. Tone, Schwemmsande und Kiese sind die charakteristischen Sedimente. Darunter aber folgt der Sandstein in der gleichen Ausbildung wie in allen Bohrungen vorher auch.

Es gelingt nicht, aus dieser eintönigen und gleichmäßigen Schichtfolge etwa solche Schichten auszuwählen, die als Wasserstauer oder Wasserleiter in Frage kämen, um von hier aus das bewegte Bild der Grundwasserkurven etwa zu erklären. Die Lettenlagen sind viel zu unzusammenhängend, als daß sie horizontbildend werden könnten. Leider konnten die Profile nicht von mir selbst an den Proben geprüft werden, um für jedes einzelne eine spezifizierte Untergliederung aufzustellen. Ich habe die Verzeichnisse übernehmen müssen, wie sie vom Bohrmeister aufgenommen worden sind. Wie bunt aber die Schichtenfolge ist, darüber geben 2 Profile Auskunft, die BLANCKENHORN (1931a) auf Blatt Kirchhain genau aufgenommen hat:

1. Ein Steinbruchprofil an der Straße Emsdorf-Hatzbach:
— 1,20 m schiefriger Sandstein
— 1,30 m braune, sandige Letten
— 1,35 m Sandstein
— 1,53 m Letten
— 1,59 m gelbweiße Lage glimmerigen Sandsteines
— 1,89 m violettbraune Letten im Wechsel mit weißen Streifen
— 2,39 m Werksteinbank.

2. Im Wald westlich Schönbach liegen die Verhältnisse in einem Steinbruch ähnlich:
— 1,50 m schiefriger Sandstein
— 2,50 m rote Letten
— 3,70 m Sandstein, meist schiefrig
— 3,95 m rote und grüngraue Letten
— 5,95 m Bausandstein (ohne Geröll).

Die außerordentlich hohe Vielfältigkeit im Schichtenwechsel schon auf kurze Tiefe von wenigen Metern läßt die Ausbildung eines ausgedehnteren Grundwasserhorizontes nicht zu. Darin liegt der Grund für die starke Auf- und Abbewegung des Kurvenverlaufes.

Andererseits wird nun auch die Ursache für den wesentlich ruhigeren Kurvenverlauf der Bohrungen Nr. 19 bis 29 klar. Wir erkennen deutlich, daß sich zwischen den geologisch jungen Ton- und Kiesschichten ein oberster Grundwasserhorizont etwa zwischen 4 und 8 m Tiefe herausgebildet hat und nun beim Anbohren als erster angetroffen wird. Auffällig ist hier ferner, daß der artesische Druck im Vergleich zu der Bohrreihe 2 bis 18 einigermaßen gleichmäßig und niedrig ist, bis auf die Bohrung 23, bei der ein weiterer Grund-

wasserzufluß angeschnitten sein muß. Die Gleichmäßigkeit der Kurve aber ist ein Hinweis auf einen durchgehenden Horizont, die Schwäche des Auftriebes aus der verhältnismäßig geringen Wasserführung — im Vergleich zu tieferen Schichten — einer oberflächlich nahen Schicht, die von einem nur geringen Einzugsgebiet gespeist wird, zu deuten. Der zunächst ins Blickfeld tretende Unterschied zwischen den beiden Bohrreihen ist also nur dadurch bedingt, daß wir einmal bereits Buntsandsteinwasser, das andere Mal aber zunächst Wasser einer jungen Gesteinsschicht vor uns haben. Später wird sich ergeben, daß nach Durchbohren des Sandsteines eine gleichsinnige Ausbildung der Grundwasserstandskurven aller Bohrungen, Nr. 2 bis 29, erfolgt.

Wir haben festgestellt, daß wir von einem Grundwasserhorizont i. e. S. im Buntsandstein — zumindestens zunächst — nicht sprechen können. Vielmehr handelt es sich in dem Buntsandstein um Grundwasser, das sich in den Klüften des Gesteines bewegt. Die Verbindung der einzelnen Klüfte zu einem durchgehenden, geschlossenen Kluftsystem, in dem das Grundwasser einen Horizont im eigentlichen Sinne mit mehr oder weniger regelmäßigem Spiegel und regelmäßiger Sohle bildet, ist keinesfalls vorhanden.

Der obere Mittelbuntsandstein (sm_2), wie er hier vorliegt, ist mit vertikalen und horizontalen weiten und engen Klüften durchsetzt, die je nach der Gesteinsbeschaffenheit — ob harte Bausandsteinbank, ob dünnplattige Sandsteine, ob mehr oder weniger lockere, bindemittelarme, sandähnliche Lagen oder Letten — nach Stärke und Länge sehr verschieden sind. Die stärksten Klüfte weist der Bausandstein auf.

Bei dem schnellen Wechsel der Gesteinsausbildung, wie sie z. B. die beiden vorseitig angeführten Profile aufweisen, ist es einleuchtend, daß das strömende Grundwasser nicht alle Klüfte des mächtigen Gesteinspaketes gleichmäßig erreichen und füllen kann. Die Zu- und Übergänge von einer Kluft zur anderen sind nur ungleich frei oder können überhaupt nur auf größeren Umwegen, da sich in Strömungsrichtung eine mehr oder weniger undurchlässige Schicht sperrend vorschieben kann, erreicht werden. Es kann auch die Verbindung vollkommen fehlen.

So ist es klar, daß sich ein Grundwasser„spiegel" nur so ausbilden kann, wie er durch die Verbindungslinie der unteren Pfeilenden in Abb. 6 dargestellt wird: steile Anstiege wechseln mit sanften Abhängen in Abhängigkeit von der Klüftigkeit.

Wird nun eine ganze Serie von verhältnismäßig dicht nebeneinander liegenden Bohrungen niedergebracht, so wird das Kluftsystem zu einem gewissen Grade eingeregelt. Klüfte, die bisher nur ungenügende oder gar keine direkte Verbindung miteinander hatten, erhalten diese nun durch das Bohrloch. Das Wasser kann ungehinderter strömen und die Bohrlöcher als „kommunizierende Röhren" ausnutzen. Die Folge ist eine erhebliche Begradigung der die neuen, obersten Grundwasserstände (festgelegt durch die Pfeilspitzen) verbindenden Linie. Bei diesem Ausgleich der Höchststände kann es dann sogar soweit kommen, daß, wie in Bohrung Nr. 6a eine Erniedrigung des ursprünglichen Wasserstandes stattfindet.

Erklärung verlangt noch die verschiedenartige Druckhöhe, die durch die Pfeillänge ausgedrückt ist. Die Druckhöhe, wie sie Zahlenwerte und Zeichnung wiedergeben, ist eine scheinbare; sie ist in Wirklichkeit nicht von so verschiedenem Wert wie es zunächst aussieht. Infolge der soeben beschriebenen verschiedenartigen Durchdringung der Klüfte mit Grundwasser ist diese von Bohrung zu Bohrung fast immer in anderer Tiefe angetroffen worden. Durch die „kommunizierende Wirkung" der Bohrlöcher nun steigt das Grundwasser zu einer Höhe auf, die eine wesentliche Einebnung der Höhenlinie zeigt. Das bedingt natürlich einen entsprechend verschiedenartigen Anstieg.

Aus dieser Tatsache leiten wir aber ein anderes wichtiges Ergebnis ab, nämlich das, daß das Grundwasser über das ganze Bohrgebiet einen angenähert gleichen Druck hat, ja, wir können weiter folgern, daß der Druck wahrscheinlich vollkommen gleich sein wird! Nur die verschiedenartigen Widerstände, hervorgerufen durch das Schichtenprofil, bewirken eine Unterschiedlichkeit in dem erreichten, tatsächlichen Grundwasserstand.

Damit kann bereits jetzt vermutet werden, daß doch ein Grundwasserhorizont i. w. S. vorhanden ist und daß dieser in seiner ganzen einzusehenden Erstreckung unter gleichem Druck steht, der nur nicht ohne weiteres offenbar wird. Diese Vermutung wird sich als Tatsache erweisen.

In den Tafeln 8 und 9 ist eine aufschlußreiche Gegenüberstellung von dem anfallenden Grundwasser im Verhältnis zur jeweiligen Bohrtiefe dargestellt. Die Doppellinie stellt die Bohrungen vom Ansatzpunkt bis zur Basis dar. Ihre Höhenlage ist auf der Ordinate in Metern über NN aufgetragen. Die starken senkrechten Kurven zeigen die Veränderlichkeit der für jeden Tiefenpunkt der Bohrung festgelegten Wasserstandshöhe. Der Punkt des ersten Auftretens des Grundwassers ist nach den Werten der Ordinate orientiert, die sich einstellende Höhe der Wassersäule aber nach den auf der Abszisse eingetragenen Höhe über NN. Diese sind für jede Bohrung einzeln nach den Erfordernissen aufgetragen. In Bohrung 19 tritt also — als Beispiel — das Grundwasser auf in der Höhe 218 m (Ordinate!) und steigt infolge des artesischen Druckes sogleich auf die Höhe 219,90 m (Abszisse!) an. Diese Höhe bleibt beständig bis zu einer Bohrtiefe von 210 m. An dieser Stelle fällt die im Bohrrohr stehende Wassersäule auf 218 m (Abszisse!). Nach mehrstufigem Abfall steigt die Wassersäule bei der Bohrtiefe von 189 m von 214,7 m auf 216,5 m an, und hat schließlich beim Erreichen der Endteufe eine Spiegelhöhe von 213 m. Da der Bohrungsansatzpunkt stets auch nach der Abszisse wie nach der Ordinate ausgerichtet ist, gibt der Abstand der Wasserkurve von der Bohrlinie zugleich ein schnelles Übersichtsmaß, wie weit Bohrtiefe und Wasserstandshöhe divergieren. Ein Zusammentreten der beiden Linien heißt also: Überlaufpunkt erreicht. Konnte die Überlaufsäule gemessen werden, ist sie (also rechts von der zweispurigen Bohrlinie!) mit eingetragen. Befindet sich die starke Wasserlinie von Anfang an auf der rechten Seite von der doppeltspurigen, so bedeutet das nunmehr, daß vom ersten Auftreten des Grundwassers ab Überlauf vorhanden war.

Die Lage etwaiger weiterer Grundwasserhorizonte ist zunächst wieder ebensowenig augenfällig wie die des obersten, den wir bereits als solchen kennzeichneten (S. 43). Der Wasseranfall bei fortschreitender Bohrung unterliegt auch fernerhin ebenso großen, wenn nicht zum Teil noch größeren Unregelmäßigkeiten in bezug auf die Höhenlage wie bei dem obersten Auftreten des Wassers. Den Charakter der Grundwasserführung als Kluftwasserträger behält der Buntsandstein über die ganze Bohrtiefe, wie erwartet, bei. Dennoch ist es möglich, weitere Höhenstufen herauszugliedern, in denen eine Zunahme des Wasseranfalles die Regel ist. Eine solche Stufe liegt in der Bohrreihe 2 bis 18 etwa zwischen 40 und 55 m unter Flur, während sie in der weiter östlich liegenden Bohrreihe sich etwa zwischen 25 und 35 m unter Flur bewegt. Dann ist ein kräftiger Wasseranfall ab 100 m unterhalb Oberkante zu verzeichnen. Diese Tiefenangaben sind recht dehnbar, aus Gründen, die wir genügend besprochen haben. Sie sind deshalb nicht als absolute Werte zu betrachten, sondern können nur als Richtschnur dienen.

Wir können demnach, wenn wir, trotz der durchgehenden Unregelmäßigkeit in der Wasserzunahme, diese als Anfang eines Grundwasserhorizontes deuten — und das können wir meines Erachtens mit guter Berechtigung tun — nunmehr drei Grundwasserhorizonte herausstellen:

1. einen oberen,
2. einen mittleren und
3. einen unteren.

Der untere ist der ergiebigste und zeigt naturgemäß den stärksten artesischen Druck. Die Wassermengen aller drei Horizonte vereinigen sich zu der endgültigen Schüttungsmenge, wie sie die Wasserkurven in den Tafeln 8 und 9 als Drucksäule wiedergeben. Diese Wasserstandshöhe bildet also den neu einregulierten „Spiegel" am Ende der Bohrung, ehe mit dem Abpumpen angefangen wurde.

Dieser „Spiegel" wird durch die - · - · - · - Linie in den Tafeln 8 und 9 dargestellt. Im allgemeinen bleibt sie unter Flur. Bei der Bohrreihe 2 bis 18 kommt es 2mal, in den Bohrungen 4 und 15, zum Überlauf, während in der 2. Bohrreihe Nr. 21 bis 27 hintereinander über Flur auslaufen. Die erreichten Höhen sind hier auch gemessen worden. Sie sind mit der größten und mehrfach erreichten Höhe von 6 m über Oberkante nicht unerheblich.

Die geförderte Wassermenge ist beträchtlich. Wenn wir die täglich benötigte Wassermenge von 45 bis 50000 cbm auf die Bohrungen verteilen, so ergibt sich eine Einzelleistung von 1500 bis 1700 cbm pro Bohrung und Tag. In der Praxis ist es so, daß nicht jede Bohrung Tag für Tag abgepumpt wird, dafür dann aber die Einzelleistung weit höher liegt als der Durchschnittswert. In der Tabelle 4 sind die jeweiligen Fördermengen für die Tage angezeigt, an denen der Grundwasserhöhenstand gemessen wurde (es sind gerade diese Tage nur der Einheitlichkeit halber herausgewählt. Es hätten auch beliebige andere Tage genommen werden können). In den ersten Jahren war nur die Bohrreihe 2 bis 18 in Betrieb. Erst 1944 wurde die Ausnutzung aller

Bohrungen notwendig. Die Leistungsgrenze ist, wie mir das zuständige Wasserwerk mitteilte, noch nicht erreicht.

3. Absenkung und Strömungsrichtung des Grundwassers

Von Wichtigkeit ist nun, wie sich der Grundwasserstand im Laufe der Zeit verhält. Darüber geben uns die Tabelle 1 und die dazugehörige graphische Darstellung auf Tafel 10 Aufschluß. Auf der Geländehöhenlinie sind die Bohrpunkte im maßstäblichen Abstande (M = 1 : 20000) aufgetragen. Die oberste ------Kurve gibt den Grundwasserstand am Ende der Bohrungsarbeiten wieder, bevor mit dem Abpumpen begonnen wurde. Es ist also die dem ursprünglichen Grundwasserdruck entsprechende Kurve. Zunächst wurde lange Zeit nur eine Wassermenge bis zu 20000 cbm im Tag abgepumpt, und zwar nur aus den Bohrungen 2 bis 12. Die --------Kurve, die die Absenkung nach rund 2 Jahren Betriebszeit zeigt, entspricht in ihrer Höhenlage der Beanspruchung der Brunnen: der größte Absenkungsbetrag liegt in der Mitte der unter Abpumpung stehenden Brunnenreihe und nimmt nach den Flanken hin in natürlicher Weise ab, dehnt sich aber auch auf den Rest der ganzen Bohrreihe aus und ergreift schwach bereits die ganze Bohrreihe 19 bis 29. Bei der Bohrreihe 2 bis 18, die unter Nutzung steht, beträgt die größte Absenkung 9,28 m bei der Bohrung 9 und hat bei Bohrung 16 die geringste Absenkung von 1 m. Die Bohrreihe 19 bis 29 weist nur geringe Beeinträchtigung ihrer Spiegelhöhe auf. In Bohrung 20 und 22 ist die jetzige Spiegelhöhe höher, bzw. gleich hoch gelegen wie die erstgemessene.

Die nächste Spiegelmessung, die im April 1943, also ein halbes Jahr später, vorgenommen wurde, steht im Zeichen verschärften Abpumpens und Ausdehnung desselben auf die ganze Bohrreihe 2 bis 18. Einen Anhalt für die Abpumpmenge gibt die 2. Spalte der Tabelle 4. Sie liegt bei $>$30000 cbm pro Tag. Die neuerliche Absenkung ist nur gering. Sie beträgt in der westlichen Hälfte (Bohrung 2 bis 9) nur 0 bis 3 m. Daß sie in der nordöstlichen Hälfte (Bohrung 10 bis 18) Beträge bis zu reichlich 13 m erreicht, ist daraus zu erklären, daß diese Bohrungen ja erst neuerlich in Nutzung genommen worden sind und die Spiegelhöhe sich angleicht. Der Einfluß auf eine etwaige weitere Absenkung der Bohrreihe 19 bis 29 ist gleich Null. Bohrung 22 zeigt sogar erstmalig Überlauf. Es ist also offensichtlich, daß die geförderte Wassermenge von der Anlage leicht geschafft werden kann, sonst müßte die Absenkung weiter gebietsmäßig Raum greifen.

Der Wasserbedarf wird nun in der Folgezeit laufend größer, so daß die Wasserspiegelhöhe nicht gehalten werden kann. Die Messung vom 2. Januar 1944 zeigt eine abermalige Absenkung (-×-×-×-Kurve). Die Böschungen des Senkungstrichters dehnen sich auf weiteres Gebiet aus. Die in der Tabelle 4 angegebenen Fördermenge liegt an dem Tage unglücklicherweise unterhalb dem Durchschnitt, ist also nicht als maßgebend zu bewerten. Wichtig ist, daß die Absenkung sich nun auch in stärkerem Maße in der Bohrungsreihe 19 bis 29 bemerkbar macht, obwohl immer noch kein Wasser direkt aus diesen

Bohrungen abgezogen wird. Es geht nunmehr klar hervor, daß beide Bohrreihen von gemeinsamen Grundwasserhorizonten gespeist werden.

Eine abermalige wesentliche Leistungssteigerung in der Wasserfördermenge macht nun auch die Ausnutzung der Bohrreihe 19 bis 29 notwendig. Die tägliche Verbrauchsmenge ist auf 45 bis 50000 cbm gestiegen. Die Messung vom 1. September 1944 ergibt eine Fördermenge von rund 52000 cbm Tagesleistung. Eine nochmalige generelle Absenkung ist, wie uns die -× ×-× ×-Kurve zeigt, kaum mehr festzustellen, wenn berücksichtigt wird, daß die Differenz zwischen der vorhergehenden und dieser Absenkung in der Bohrungsreihe 19 bis 29 auf der erst in dieser Phase aufgenommenen Abpumpung beruht. Die Grenze der Leistungsfähigkeit der Gesamtanlage ist also noch nicht erreicht. Etwas flacher geworden ist die Böschung des Senkungstrichters allerdings, was wir aus der, wenn auch geringen weiteren Absenkung der randlich gelegenen Flachbrunnen, wie sie in der Tabelle 5 aufgeführt sind, entnehmen können[1].

Die Absenkung in dem Bohrgebiet weist zwischen den einzelnen Bohrungen ziemliche Schwankungen auf. Die größte Absenkung liegt in dem Gebiet der Bohrungen 16, 17 und 18 mit 20 bis 21 m. Es folgt Nr. 25 mit 29,25 m und schließlich das Gebiet um Bohrung 9, 10, 11 und 12 mit 16,5 bis 18,5 m. Das Gros bewegt sich zwischen 12 und 15 m, während die Bohrung 7 das Minimum mit 8 m hält. Es sind verschiedene Ursachen hierfür verantwortlich zu machen: verschiedene Abpumpbeanspruchung der einzelnen Bohrlöcher, Unterschiedlichkeit in der Schichtenfolge und im Kluftsystem sowie die Strömungsrichtung des Grundwassers.

Klärung ergeben die 5 Streichkurvenkarten (Tafel 3—7). Obwohl die Bohrpunkte in ihrer etwas ungünstigen räumlichen Anordnung der Anfertigung von Streichkurven gewisse Schwierigkeiten entgegensetzen, so lassen sich doch im Vergleich der fünffachen Aufzeichnungen der Wasserstandshöhen recht brauchbare Streichkurvenkarten konstruieren, die an den wesentlichen Punkten gute Genauigkeit haben und über Strömungsrichtung, Gefälle, Geschwindigkeit und Abfluß entscheidend Auskunft erteilen.

Zur Auszeichnung standen zur Verfügung die 5 Meßergebnisse von den Tiefbohrungen sowie auch die Spiegelmessungen in den umliegenden Flachbrunnen und Quellen. Diese letzteren ergeben allerdings Werte, die mit großer Vorsicht zu betrachten sind und nur als Anhaltspunkte dienen können, da sie von Oberflächenwasserführung mehr oder weniger stark abhängig sind. Diese Werte alle zusammengenommen und Beobachtungen im Gelände sind die Grundlagen für die Konstruktion der Streichkurven, die oft über größere Geländeerstreckung gemessener Werte entbehren müssen.

[1]) Es ist dies schon eine beginnende allgemeine weitere Absenkung des Grundwasserspiegels, wie mir das Wasserwerk Allendorf jetzt einige Monate später beim Schreiben dieser Arbeit mitteilte. Die Förderung der hohen, täglich benötigten Wassermenge dieser letzten Phase konnte jedoch vollständig und ohne Schwierigkeit beibehalten werden. In Zusammenhang mit der weiteren Absenkung steht das Versiegen einiger bislang noch fördernden Brunnen und Quellen bei Langenstein.

Bei der Auswertung dieser Streichkurven ist auf Dreierlei besonderes Augenmerk zu legen:

1. auf den nord-nord-östlichen Bezirk,
2. auf die Verlagerung der Wassermulden und -schwellen und
3. auf den süd-süd-westlichen Teil der Blätter.

Blatt 1 (Taf. 3) ist wieder nach dem Wasserstand unmittelbar bei Beendigung der Bohrungen angefertigt. Die Tiefenlinien des Grundwasserspiegels haben einen Höhenunterschied von 1 zu 1 Metern. Schon bei diesem ruhenden, d. h. durch Abpumpen nicht beeinflußten Wasserspiegel tritt das in den drei Punkten als wesentliches Angedeutete hervor: die N- und NO-Seite des Blattes ist charakterisiert durch einen engen Kurvenverlauf, d. h. durch einen mehr oder weniger steilen Abfall der Grundwasseroberfläche. Der Absturz klingt aus in 3 Mulden, die sich südwestlich und südlich anschließen. Der Kern dieser Mulden ist um die Bohrungen 7 und 6a, um 3 und 3a und um 20 und 22 gelagert. Die beiden letzten Bohrungen sind durch eine 2,5 m hohe Schwelle getrennt. Nach S und SW steigt dann der Wasserspiegel anscheinend gleichmäßig mit sanfter Böschung wieder an und schwingt wahrscheinlich außerhalb unseres Beobachtungsbereiches — allerdings muß die genügende Durchlässigkeit der Bodenschichten gewährleistet sein — mit ± gleichmäßig fallender Tendenz aus. Das wäre der Idealfall.

In Wirklichkeit aber ist der Grundwasserzufluß von so unendlich vielen, immer nur für ein ganz beschränktes Gebiet zu übersehenden großen bis kleinsten Zufälligkeiten abhängig, daß ein idealer Lauf kaum jemals zustande kommt. Und auch in unserem speziellen Fall wird der Wasserspiegel sehr bald ganz erheblichen Unregelmäßigkeiten durch auftretende Verwerfungen unterworfen sein, die wir aus der Beobachtung oberflächlich austretender Wässer annehmen können.

Aber zunächst zurück zum Kurvenbild! Die Mulden fallen mit morphologischen Tiefpunkten ungefähr zusammen, und wenn man dazu einen Blick auf die Taf. 10 wirft, wo die Spiegelhöhenkurven in großen Zügen dem Auf und Ab der Geländeoberfläche folgen, könnte man meinen, daß ein Zusammenhang zwischen Spiegelhöhen und Geländeoberfläche bestünde. Das scheint mir aber doch eine Zufälligkeit, beruhend auf der räumlichen Anordnung der Bezugspunkte für die Spiegelhöhenkurven in Taf. 10 zu sein, denn während hier eine Anlehnung aller Kurven auch nach der 4. Absenkung noch an die Geländehöhe zu bestehen scheint, ist dies bei der Entwicklung der Streichkurvenbilder nicht der Fall. Bestünde tatsächlich ein solcher Zusammenhang, müßte er hier noch viel eindeutiger herauskommen. Die Mulden beruhen also auf der unterirdischen Zu- und Durchflußmöglichkeit in den Gesteinsschichten. Wir wenden ihnen zunächst kein besonderes Augenmerk zu.

Wichtig ist die N/NO- und die S/SW-Flanke mit ihrem steilen Abfall einerseits und dem sanften Anstieg andererseits. Der steile Abfall des Grundwasserstromes kann einen größeren Wasseranfall bedeuten, kann aber auch als Verengung des Profiles gedeutet werden. In diesem Falle wären untere und

obere Begrenzung der wassertragenden Schicht durch zusammengerückte undurchlässige Gesteinsschichten oder aber auch geringere Durchlässigkeit des Wasserträgers selbst die Ursache. Ein besonders ergiebiger Wasseranfall dürfte dann in den Bohrungen nicht erwartet werden. Daß aber die Schüttungsmengen der Bohrlöcher ganz erheblich sind, ist uns bereits bekannt, so daß diese mögliche Einschränkung von vornherein außer acht gelassen werden kann.

Was verursacht nun diesen Wasseranfall und -abfall? Woher kommt das Wasser?

Die Strömungsrichtung geht bereits einwandfrei aus dem Streichkurvenbild Nr. 1 (Taf. 3) hervor: aus N/NO-Richtung kommend, verläßt es mit S/SW-Richtung das Kartengebiet. Nehmen wir nun die anderen Streichkurventafeln hinzu, so wie sie den Messungen in zeitlicher Reihenfolge entsprechen. Wir stellen fest, daß

1. die Kurvenverengung im nördlichen Tafelbild auf allen folgenden 4 Blättern erhalten bleibt,
2. nach Beginn des Abpumpens die Höhenlinienführung ausgeglichener wird,
3. die größte Enge aber um die Försterei Hof Netz und den Bahnwärterbrunnen bei km 84,9 bestehenbleibt.

Beim Vergleich der Linienführung in diesem N-Teil mit der Geländeform entsteht eine räumliche, orographische Übereinstimmung mit der Lage des Netzgraben-Tälchens. Es ist von Wichtigkeit, festgestellt zu werden, ob hier ein tieferer geologischer Zusammenhang besteht, den man beim vergleichenden Anschauen der Kurvenbilder vermuten muß.

Es wurde weiter vorne bereits gesagt, daß sich der Buntsandsteinhügel, auf dem die Bohrungen niedergebracht sind, am Rande eines Grabengebietes befindet, des Kirchhainer Grabens. Genetisch ist der Kirchhainer Graben nun kein abgeschlossenes Ganzes, vielmehr verdankt er seine Entstehung den zeit-, stärke- und richtungsmäßig verschiedensten Gebirgsbewegungen des Mesozoikums und Tertiärs. Mit herzynischer Streichrichtung endet der nördlichste Teil des Oberrheintalgrabens mit nach NW umgebogener Spitze (von SSW kommend) im Kirchhainer Graben. „Darin gibt sich der Einfluß der herzynischen Achse zu erkennen, welche den Rheintalgraben vom niederhessischen Senkungsfeld trennt. Es ist dies die Kellerwaldachse, die schon in der kimmerischen Tektonik eine wichtige Rolle spielte" (Stille 1910). Der Buntsandsteinhügel, auf dem sich die Allendorfer Bohrungen befinden, ist am W-Rand des innerhalb der Kellerwaldachse herausragenden Buntsandsteinhochlandes gelegen, das zungenartig mit SO-Richtung aus dem Burgwald auf Kirtorf vorspringt und damit den Kirchhainer Graben von der Niederhessischen Senke trennt.

Es ist klar, daß die beiden Verwerfungssysteme der rheinischen und herzynischen Einbruchsrichtungen, die sich im Kirchhainer Becken, dieses gestaltend, scharen, eine Zerrüttung der Beckengebiete selbst, sowie auch ihrer stehengebliebenen Ränder bewirkt haben. So schreibt Blanckenhorn

(1931a) z. B. die Auflockerung des triadischen Untergrundes um Amöneburg der Kreuzung der NW-SO-Verwerfung am S-Rande des Kirchhainer Beckens mit der SW-NO-Verwerfung Amöneburg, Rossdorf, Wittelsberg, Heskem, Zwester Ohm zu, die den Aufbruch der miozänen Eruptivmassen zur Folge hatte. In den Randgebieten wurden die entstandenen Klüfte vielfach der Anlaß zu kleineren und größeren Talbildungen, ohne daß in vielen Fällen heute an der Oberfläche die Klüfte selbst noch erkannt werden könnten. „Solche auf Verwerfungen als Ursache beruhenden Talbildungen sind (in der Umgegend von Kirchhain) der Teufelsgraben nordöstlich von Betziesdorf, der obere Wohlgraben bei Sindersfeld, das kurze Tal östlich Schwarzenborn, das östlich Stause-

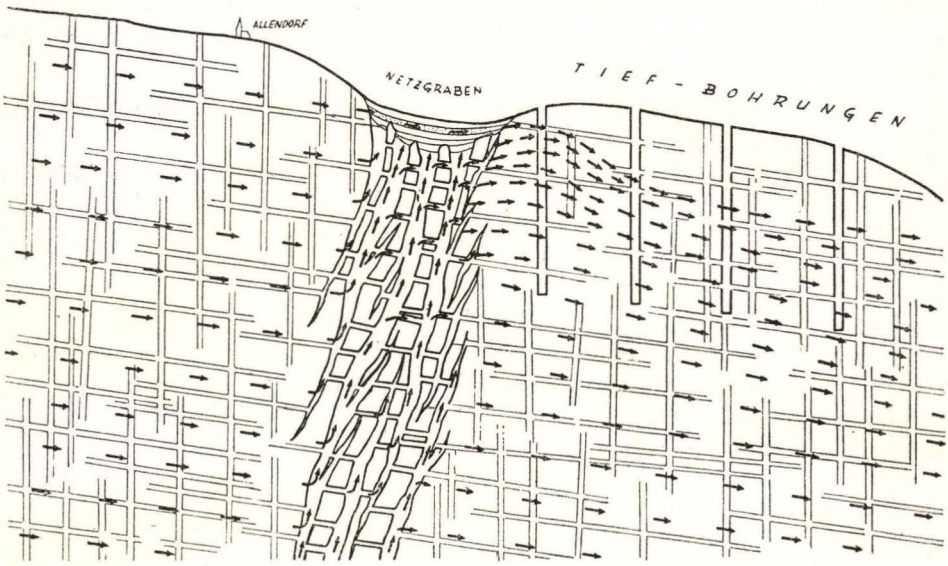


Abb. 8. Beeinflussung des Grundwasserstromes durch das Netzgraben-Kluftsystem bei Allendorf, Kr. Marburg

bach nach N gegen Himmelsberg führende Tal, das tiefe Tälchen westlich Langenstein, vielleicht auch das Wohratal von Kirchhain bis Ernsthausen" (BLANCKENHORN 1931a).

Und daß auch das Tälchen des Netzegrabens nichts weiter ist als die ausgewaschene Zermürbungszone einer in ihm verlaufenden Kluft wird durch den starken Grundwasseranfall wahrscheinlich, wenn auch am anstehenden Gestein die Kluft nicht mehr nachgewiesen werden kann. Seine Fortsetzung findet das Tälchen in den „Teichwiesen" südlich des Ortsausganges Allendorf. Schon der Name weist auf ständige starke Durchfeuchtung dieses Geländes hin. Sollte aber noch ein Zweifel an der vorhandenen Kluft bestehen, so wird er ausgelöscht durch die Auswertung der Streichkurven und Absenkungsmessungen.

Vom Netzgraben her schießt das Grundwasser nach S in die Abpumpzentren hinein. Die Abpumpmenge ist, wie bekannt, sehr hoch. Der Nordrand des Senkungstrichters ist durch eine im Vergleich zum S-Rand unverhältnis-

mäßig steile Böschung gekennzeichnet. Bereits ein Viertel Kilometer nordöstlich der Bohrungsreihe bei der Badeanstalt und dem Bahnwärterhäuschen km 83,8 ist die Absenkung mit 1 bis 2 m nur mehr sehr schwach und 1 km weiter nordöstlich in Allendorf praktisch nicht mehr nachweisbar. Diese Tatsache ist mit der hohen Abpumpmenge nicht in Einklang zu bringen, wenn wir bedenken, daß die Absenkung innerhalb der Bohrungsreihen ja doch Werte bis zu reichlich 20 m erreicht, also trotz der offensichtlich zur Verfügung stehenden großen Wassermengen doch bedeutsam in Erscheinung tritt. Das müßte sich auch nördlich des Tales, zumindest angenähert, auswirken, wenn der Zustrom ein von N kommender gleichmäßiger wäre.

Erklärung kann dies Phänomen nur finden, wenn wir mit dem Netzgrabental eine alte Kluft verbinden, die aus tieferliegenden, wassererfüllten Buntsandsteinschichten das Aufsteigen des Grundwassers vermittelt, dem in dem wasseraufnahmefähigen Buntsandstein des Bohrungsgebietes Abflußmöglichkeit in südlicher Richtung gegeben wird. Ob diese Kluft an einer Verwerfung liegt, ist nicht zu sagen. Zu beiden Seiten steht Mittelbuntsandstein an. Ein Unterschied ist nicht festzustellen. Die Kluft hat dieselbe Wirkung im großen, wie die einzelnen Bohrschächte im kleinen: tiefe, im Buntsandstein liegende Grundwasserhorizonte werden miteinander verbunden, die Wässer zwischen den nach S einfallenden Schichten finden in der Kluft einen leichteren Abfluß, als wenn sie sich sogleich den Weg weiter durch die feine Klüftung des Buntsandsteines selbst suchen sollten. Der Aufstieg an der Kluft wird mit Hilfe ihres artesischen Druckes leicht überwunden. Auf dem Wege nach oben wird der Überdruck durch den seitlichen Abfluß in den Buntsandstein allmählich aufgezehrt, so daß es zu einer Durchstoßung der oberflächennahen Schichten nicht kommt. Der Weg in den durchklüfteten Buntsandstein hinein verlangt immer noch weniger Druck als die Überwindung überlagernder, wenn auch schwacher Bodenschichten.

Nun ist auch die schon vor dem Pumpbeginn vorhandene Streichkurvenverengung erklärt: bei geringer Reibung dringt das unter artesischem Druck stehende, weiter von N kommende Grundwasser an der Kluft höher empor, als der Aufnahmefähigkeit pro Zeiteinheit der nach S sich anschließenden Schichten entspricht. Es entsteht zunächst ein „Stau" infolge des überschüssigen Wassers, der beim Abfließen in die großen Aufnahme„räume" des Gesteins erst abklingen kann. Dies geschieht dann auf Grund der verhältnismäßig guten Durchklüftung ziemlich schnell.

Mit Beginn des Abpumpens in den Bohrungen unterliegt natürlich auch dies durch den Stau charakterisierte Gebiet enger Streichkurvenführung um die Kluft einer allgemein eintretenden Absenkung. Dadurch, daß erhebliche Mengen Wasser abgepumpt werden, kann auch mehr Wasser an der Kluft vom Gestein aufgenommen werden, der Überdruck wird früher abgenutzt und die Wasserstandshöhe wird auch an dieser Stelle absinken. Der Kurvenverlauf aber, der ein Maß für die Aufnahmefähigkeit des Gesteines ist, muß im Prinzip erhalten bleiben. Das bestätigen die aufeinander folgenden Streichkurvendarstellungen aufs deutlichste.

So liegt das beobachtete Bohrgebiet wohl innerhalb des Mittelbuntsandsteines, dazu auf einer recht stabilen tektonischen Achse (herzynische Kellerwaldachse), und das Grundwasser fließt bei leichtem NS-Einfallen innerhalb der Buntsandsteinschichten, die von einer größeren Verwerfung auf weitere Entfernung, soweit feststellbar, anscheinend nicht gestört werden. Dennoch erleidet der Grundwasserstrom an der Netzgraben-Kluft eine Unterbrechung und Ablenkung, wie sie an einer Verwerfungskluft oder in einem ganzen Verwerfungskluftsystem, wie in Nassenerfurth, nicht klarer und klassischer vor sich gehen kann: d. h. mit anderen Worten, ein gespannter Grundwasserstrom irgendeines Horizontes oder Kluftsystemes wird durch eine diese schneidende jüngere Kluft (die meist mit einer jüngeren Verwerfung zusammengeht) zum Aufsteigen gezwungen und der Weg in evtl. vorhandene höher liegende, wasseraufnahmefähige Schichten oder zum Abfluß an der Oberfläche (querende Taleinschnitte, Schichtenauskeilung) geöffnet.

Wir verfolgen nun die Streichkurventafeln weiter. Nachdem in allen Entwicklungsstadien die Lage an der nord/nordöstlichen Einzugsfront im Prinzip die gleiche bleibt, unterliegt die Ausbildung von Schwellen und Mulden innerhalb des Abpumpgebietes auf den Tafeln 3 bis 6 (Kurvenkarte 1 bis 4) verschiedenen, scheinbar unbedeutenden Verschiebungen. Ihre allgemeine Lage ist durch die 2 Hauptmulden gekennzeichnet, deren eine an der NW-Ecke des Bohrgebietes um die Bohrungen Nr. 6 bis 8, deren andere in der Gegend der Bohrungen Nr. 2 bis 4 pendelnd gelegen ist. Ihre Achsen behalten stets eine SW-NO-Richtung bei. Ihre Ausbildung ist von der Abflußmöglichkeit des Grundwasserstromes abhängig, ihre Achsenlage von der Abflußrichtung bestimmt.

Eine dritte Mulde liegt zunächst noch auf Karte 1 (Taf. 3) um die Bohrungen 20 bis 22. Sie ist durch eine flache Schwelle in eine nordnordwestliche und südsüdöstliche Hälfte geteilt. Wegen ihrer geringen Beständigkeit — sie verschwindet bereits beim Abpumpbeginn — hat sie für unsere Betrachtung untergeordnete Bedeutung.

Wichtig ist die Ränderlage der Muldenkerne A und B. Auf Karte 3 ragen die Muldenränder nach SW über die Bohrungslinie hinaus. Die Konstruktion der Schichtlinien nach SW ist wegen des Fehlens einer genügenden Zahl von Meßwerten ziemlich hypothetisch. Die Auswertung der Wasserstandshöhen in den Plausdorfer Wiesen (Wiese Plausdorf, Pumphaus Wiese, Quelle Plausdorf) darf nur mit Einschränkung geschehen, weil hier, wie aus den chemischen Untersuchungen später hervorgehen wird, Oberflächenwassermengen eine Rolle spielen. Ein Zusammenhang zwischen dem Grundwasser in der Plausdorfer Niederung und dem des Buntsandsteines ist jedoch ohne weiteres festzustellen, so daß er bei vorsichtiger Wägung für die Zeichnung der Streichkurven geltende Anhaltspunkte bietet.

Somit ist zu konstatieren, daß das Grundwasser gleichmäßig nach SW und W hin ins Tertiär abfließt und daß nach der Überwindung der Mulden im Buntsandstein wieder ein langsamer, ausgeglichener Anstieg statt hat. Dieses kommt in der Streichkurvenführung deutlich zum Ausdruck.

Auf den folgenden Kartenbildern 2, 3, und 4 (Taf. 4—6) entgeht der aufmerksamen Beobachtung nicht, daß die Mulden sich nach dem Einsetzen des Abpumpens Schritt für Schritt nach NO verlagern. Die Mulde B zeigt keine so gleichmäßigen Entwicklungsformen wie A, stimmt aber in der richtungsmäßigen Entwicklung mit A durchaus überein, und das ist das Maßgebliche.

Auf der Streichkurvenkarte 2 (Taf. 4) sind die Muldenkerne direkt auf der Bohrungslinie gelegen. Auf Karte 3 (Taf. 5) ragt die Mulde B immer noch gering nach SW über die Bohrungsreihe hinaus, während A jedoch auf die Innenseite des NW-Ecks abgewandert ist, und auf Karte 4 (Taf. 6) liegt dann auch Mulde B ganz auf der Innenseite, d. h. nordöstlich der Bohrungsreihe 3 bis 7. Die Mulde A stabilisiert sich an der Innenseite des NW-Ecks.

Die auf den Karten 1 bis 4 (Taf. 3 bis 6) zu erkennende Aufspaltung der Grundwasserspiegel in Sättel und Mulden zeigt

1. daß der Grundwasseranfall immer noch so stark bleibt, daß eine regelmäßige Tagesförderung von 30000 bis 35000 cbm die ursprüngliche Spiegelausbildung (siehe Karte 1) nicht zu überwinden imstande ist,

2. daß auch dem ursprünglichen Abfluß auf den Schwellen zwischen den Mulden hindurch nach SW nur in gering geändertem Maße gewehrt werden kann. Hieraus können wir weiter folgern, daß die Abflußmöglichkeit nach SW günstig sein muß, sonst dürfte von hier aus eine stärkere Unterstützung des dem Abfließen entgegenwirkenden Abpumpsogs zu erwarten sein, was eine Verlagerung der Mulden hätte nach sich ziehen müssen. Dem Abfluß bleibt das Tor nach SW voll geöffnet.

Aufnahmeschichten für das Grundwasser bilden im SW alluviale, diluviale und tertiäre Sand- und Kiesschichten des Kirchhainer Beckens, das an einer großen Verwerfung — wie bereits erwähnt — gegen den Buntsandstein abgesunken ist.

Schon im Alluvium liegen sehr wasserreiche Sand- und Kiesschichten. Beim Bau eines Brunnens bei Langenstein bildete eine in etwa 5 m Tiefe liegende, aus feinem Material bestehende 1 m mächtige Schwemmsandschicht den Hauptwasserträger. Diese feinen Sande bewirkten, daß die Pumpanlage nach kurzer Zeit wieder vollständig versandete.

Blanckenhorn (1931a) führt zwei Profile an: „Das Durchschnittsprofil des Alluviums zwischen Kirchhain, Anzefar, Niederwald und Kleinseelheim zeigt von oben nach unten:

Rotbraunen, tonigen Lehm, aus den umliegenden Rötflächen zusammengeschwemmt 30—60 cm; Ton, grün + grau bis schwarz/braun mit Torflagen, die hellblaue Flecken von Vivianit oder Blaueisenerde, Eisenphosphat aufweisen 20—30 cm, Bimssteinsand, oben fein, unten gröber 15—30 cm; Ton sandig 10—30 cm; grober, rotgelber, kiesiger Sand mit wohlgerundeten kleinen Geröllen von Quarz und Buntsandstein und Kieselschiefer, sehr wasserreich 40—200 cm.

Die unterste Schicht kann man vielleicht schon dem Ende der Diluvialzeit zurechnen.

Eine andere Bohrung nördlich von Niederwald ergab folgendes Profil:

Brauner Alluviallehm 80 cm; graugrüner Ton, darin deutliche Spuren von Bimssandstein 80 cm; graugrüner, sandiger Ton 80 cm; roter, grobsandiger Kies und Sand mit

kleinen Geröllen von Buntsandstein und Kieselschiefer, darin viel Wasser 60 cm; graugrüner Ton 10—15 cm."

Der Grundwasseranfall in diesen alluvialen Kiesschichten ist, wie BLANCKENHORN betont, so stark, daß Erdarbeiten, die aus irgendwelchen Gründen in diese Zonen vorgedrungen waren, stets wegen nicht Einhalt zu gebietendem Grundwasserzufluß eingestellt werden mußten.

Wie weit Diluvium und Tertiär mit wasserführenden Schichten versehen sind, läßt sich im einzelnen wegen mangelnder Bohrungen nicht genau nachweisen. Jedoch steht fest, daß das Diluvium mit wasseraufnahmefähigen Schottern und Sanden im Vergleich zu reinen Lehmdecken unbedeutender vertreten ist, wie an den Terrassenabsätzen festgestellt worden ist (BLANCKENHORN 1931a). Als tertiäre Wasserhorizonte kommen oberpliozäne (?) Schotter der Ur-Lahn und eozäne/oligozäne Quarzitsande in Betracht. (Den Hauptteil der tertiären Ablagerungen nehmen marine und Süßwassertone ein.) Die Wasserspeicherfähigkeit aller dieser jungen Schichten ist nicht gering. Quellenaustritte und Brunnen, die nie versiegen, sind Beweis genug.

Seit 30 Jahren wurde die Stadt Kirchhain durch Quellfassung und zwei Schachtbrunnen in den Plausdorfer Wiesen mit Trinkwasser versorgt. Das Wasser der beiden Schachtbrunnen wurde aus diluvialem Horizont gefördert. Das Schichtenprofil ist folgendes:

—2,0 mooriger Boden
—3,0 Ton
—4,5 feiner Sand
ab 4,5 Kies und Felsschotter.

Bei offenem Auslauf betrug die Tagesleistung 450 cbm. Merkliche jahreszeitliche oder sonstige Schwankungen sind nicht verzeichnet worden.

Mit Inbetriebnahme der Industriewasserversorgungsanlage Allendorf ging die Wasserschüttung der Plausdorfer Quelle sehr bald zurück und war bereits versiegt, als die Messung am 2. Oktober 1942 vorgenommen wurde. Die Brunnen gingen ebenfalls in ihrer Leistung zurück, wenn sich der Absenkungsbetrag nach nächtlicher Erholung auch zunächst auf Geringfügigkeit beschränkte. Nach forcierterer Beanspruchung der Bohrungsanlage Allendorf ist dann aber die Leistung der Brunnen so weit gefallen, daß an eine Ausnutzung für die Versorgung des Ortes Kirchhain nicht mehr zu denken war (Kirchhain wird heute vom Wasserwerk Allendorf aus versorgt).

Daraus ergibt sich also, daß die diluvial/tertiären Grundwasserhorizonte des Kirchhainer Beckens mit denen des Buntsandsteines jenseits der Verwerfung in Zusammenhang stehen. Solange hier die abgepumpten Wassermengen noch keine wesentliche Absenkung des Grundwasserspiegels nach sich zogen, konnten auch dort die oberen wasseraufnahmefähigen Horizonte mit Grundwasser gefüllt werden, das überzählig aus dem Buntsandstein in westlicher Richtung abfloß, wie es die Streichkurvenbilder 1 bis 4 zeigen.

Bei der Betrachtung der Streichkurvenkarte 5 (Taf. 7) ist zu erkennen, daß die Mulden A und B zu einer einzigen Mulde zusammengeschmolzen sind, die deutlich einer zentralen Lage innerhalb des nordwestlichen Bohrreihen-

winkels zustrebt und sich von dem SW-Rand der Bohrungen entfernt. Mit dem Absenkungsbetrag von 20 m, von 207 m über NN auf Karte 1 zu 187 m über NN auf Karte 5 kann die Mulde (A + B) als der Innenteil eines nun zusammenhängenden Senkungstrichters angesehen werden, der sich infolge der auf 45000 bis 50000 cbm/Tag sehr erhöhten Abpumpmenge der letzten Periode ausgebildet hat. Die Böschung dieses Senkungstrichters greift über das Gebiet der Plausdorfer Wiesen hinüber, so daß die Schachtbrunnen keinen Wasserhorizont mehr erfassen und auch die Quelle, deren Auslaufhöhe mit 209,9 m über NN nach der Messung vom 1. 9. 44 etwa 10 m oberhalb der durchschnittlichen Spiegelhöhe an der W-Seite der Bohrungsreihe liegt, mußte restlos versiegen.

So steht also das Kirchhainer Becken in hydrogeologischer Hinsicht in enger Beziehung zum angrenzenden Buntsandstein. Dieser ist der wichtigste Wasserspender. Grundwasser, das sein Einzugsgebiet im Kirchhainer Becken selbst hat, spielt nur eine für die praktische Nutzung sehr geringe Rolle. Praktische Bedeutung hat allein das aus tieferen Horizonten des Buntsandsteines aufsteigende Wasser, dem Verwerfungs- und Kluftsysteme den Zugang auch zu jüngeren Schichten öffnen, die sonst bei ungestörter Lagerung dieser „unerschöpflichen" Wasserspende nicht teilhaftig werden könnten.

Gerade diese unerschöpflichen Wassermengen des Buntsandsteines haben uns noch etwas zu beschäftigen. Sie zeigen hier in Allendorf — wie in Nassenerfurth — keinerlei Beeinflussung durch trockene oder nasse Jahreszeiten. Irgendwelche periodischen Schwankungen sind bisher nicht festgestellt worden, obwohl die Bohrungen nun schon mehr als 4 Jahre in Nutzung liegen. Auch die mehr als 30jährige Versorgung von Kirchhain durch das Wasser der Plausdorfer Wiesen ist nie auf Schwierigkeiten gestoßen, solange in Allendorf nicht abgepumpt wurde. Wohl unterlag dort der Wasseranfall einer gewissen nächtlichen Regeneration, was aber m. E. auf die wenig mächtigen Sand- und Kiesschichten zurückzuführen ist. Großzeitliche Schwankungen sind nicht bekannt geworden.

Wenn wir versuchen, das Einzugsgebiet innerhalb des Buntsandsteines selbst zu suchen, stoßen wir auf Schwierigkeiten. Ein Einzugsgebiet von etwa 100 Quadratkilometern, das im W durch die Wohralinie (Dienemann 1915), im N und NO durch den Winterscheider/Momberger Graben und im O durch das Neustädter Becken begrenzt sein könnte, würde bei durchschnittlich 60 cm Jahresniederschlag, wenn wir die Berechnung nach Keilhack (1912) zugrunde legen, eine Wassermenge von täglich rund 30000 cbm zu liefern imstande sein. Diese Wassermenge entspricht nicht im entferntesten den geschöpften Mengen, geschweige denn denjenigen, die sich unter Einkalkulierung der ungenutzt abfließenden Wassermassen allein der erschlossenen Horizonte vermuten lassen. Das gäbe wahrscheinlich eine beachtliche Summe, denn es sind sicher noch nicht annähernd die Wässer der angebohrten Horizonte voll erfaßt, wie Absenkung, Streichkurven usw. beweisen. Welche Mengen aber mögen sich noch unterhalb der erfaßten Zonen bewegen! Die Wasserspeicherung im Buntsandstein muß wahrhaft gigantisch sein, selbst unter Berück-

sichtigung des tonigen oberen Unterbuntsandsteines und des dichten, wenig Wasser führenden unteren Mittelbuntsandsteines (sm_1). Welche Mächtigkeit der gesamte Buntsandstein hat, zeigt die Tiefbohrung im Tal der Joßklein, 300 m südöstlich des trigonometrischen Punktes 226,7, wo der Zechstein erst bei 592,8 m Teufe erreicht wurde.

Die Temperatur des Wassers schwankt zwischen 9½ und 10½° C als extremsten Werten. Von einer maßgeblichen Oberflächenwasser-Beeinflussung kann also nicht die Rede sein. Das erweisen ebenso die chemischen Untersuchungen. Das Wasser ist weich bis sehr weich. Auch ist Chlor nur in sehr geringer Menge vorhanden. Diese wenigen Angaben genügen weder nach Art noch Menge, einen Hinweis auf durchflossene Erdschichten zu geben. Die Werte sind für die Herkunftsbestimmung des Wassers als neutral zu betrachten.

Andererseits aber legen sie nun der Annahme, daß auch das Allendorfer Wasser — wie das Nassenerfurther — schon außerhalb des Buntsandsteingebietes seinen Einzug in die Erde findet, nichts in den Weg. Sicher ist Buntsandsteinwasser, den Niederschlägen entsprechend, untermengt, aber der größere Teil fließt unterirdisch aus weiter entfernt liegenden Einzugsgebieten zu, wie die oben durchgeführte Berechnung zeigt. Und so bleibt uns kein naheliegenderer Schluß übrig, als die paläozoischen Kluftsysteme des Kellerwaldes nördlich der großen Randverwerfungen für die durch die Bohrungen in Allendorf mobilisierten gewaltigen Wassermengen verantwortlich zu machen.

Allendorf und Nassenerfurth sind zwei Musterbeispiele für die wasserwirtschaftlichen Möglichkeiten, die der hessische klüftige Buntsandstein auf Grund seiner naturbedingten Auffanglage an den Ausfalltoren des paläozoischen rheinischen Wasserspeichers bietet.

4. Schichtverzeichnisse der Bohrungen bei Allendorf

Bohrung 2, Oberkante 218,46 m über NN.
— 0,30 Mutterboden
— 3,00 rote, tonige Letten
— 152,8 Sandstein mit Letten.

Bohrung 2a, Oberkante 210,86 m über NN
151,2 Sandstein mit Letten.

Bohrung 3, Oberkante 212,93 m über NN
— 151,1 Sandstein mit Letten.

Bohrung 3a, Oberkante 207,47 m über NN
— 2,0 sandige Letten
— 5,5 toniger Sand
— 11,4 gelber Ton
— 150,2 Sandstein mit Letten.

Bohrung 4, Oberkante 204,70 m über NN
— 89,3 Sandstein
— 97,5 klüftiger Buntsandstein mit Sand
— 150,0 dito

Bohrung 5, Oberkante 211,94 m über NN
— 0,6 Mutterboden
— 151,4 Sandstein mit Letten.

Bohrung 6, Oberkante 209,29 m über NN
— 0,3 Mutterboden
— 152,7 Sandstein mit Letten.

Bohrung 7, Oberkante 204,78 m über NN
— 0,3 Mutterboden
— 1,2 tonige Letten
— 151,8 Sandstein mit Letten.

Bohrung 8, Oberkante 207,28 m über NN
— 0,6 lehmiger Sand
— 3,5 roter Sand mit Letten
— 151,8 Sand mit Letten.

Bohrung 9, Oberkante 208,42 m über NN
— 0,3 Mutterboden
— 9,0 tonige Letten
— 151,3 Sandstein mit Letten.

Bohrung 10, Oberkante 211,83 m über NN
— 0,5 Mutterboden
— 1,5 Lehm
— 3,7 Sand mit Sandstein
— 150,8 Sandstein mit Letten.

Bohrung 11, Oberkante 212,49 m über NN
— 0,4 Mutterboden
— 2,4 Letten
— 151,6 Sandstein mit Letten.

Bohrung 12, Oberkante 217,22 m über NN
— 3,0 rote Letten
— 152,5 Sandstein mit Letten.

Bohrung 13, Oberkante 219,74 m über NN
— 1,2 roter Ton
— 150,8 Sandstein mit Letten.

Bohrung 14, Oberkante 222,07 m über NN
— 3,0 rote Letten
— 151,5 Sandstein mit Letten.

Bohrung 15, Oberkante 223,7 m über NN
— 1,0 roter Lehm
— 1,9 roter sandiger Lehm
— 150,25 Sandstein mit Letten.

Bohrung 16, Oberkante 227,76 m über NN
— 1,5 toniger Sand
— 3,0 roter Ton
— 151,4 Sandstein mit Letten.

Bohrung 17, Oberkante 230,92 m über NN
— 0,4 Mutterboden
— 3,0 roter Ton
— 151,4 Sandstein mit Letten.

Bohrung 18, Oberkante 234,18 m über NN
— 1,2 Sand mit Steinen
— 4,5 Sandsteinplatten und Sand
— 151,0 Sandstein mit Letten.

Bohrung 19, Oberkante 223,80 m über NN
— 0,7 Mutterboden
— 1,7 weißer Sand

— 10,0 weißer Sandstein
— 28,4 roter Sandstein mit Letten
— 33,1 roter, scharfer Sandstein
— 64,0 roter Sandstein mit Letten
— 77,0 roter, harter Sandstein
— 88,2 roter Sandstein mit Letten
— 150,5 roter Sandstein.

Bohrung 20, Oberkante 212,50 m über NN
— 5,2 roter Ton
— 10,7 Ton mit Letten
— 151,4 Sandstein mit Letten.

Bohrung 21, Oberkante 211,70 m über NN
— 1,0 tonige Letten
— 2,0 Letten
— 151,0 Sandstein mit Letten.

Bohrung 22, Oberkante 209,74 m über NN
— 4,0 rote Letten
— 150,2 Sandstein mit Letten.

Bohrung 23, Oberkante 207,80 m über NN
— 1,5 grauer, sandiger Ton
— 1,8 blauer, toniger Schlämmsand
— 5,5 blauer, fetter Ton
— 6,2 grober Kies
— 10,5 grober, feiner Kies
— 11,0 Ton
— 16,5 roter Sandstein mit Tonlagen
— 23,5 Sandstein
— 24,0 roter Ton
— 33,0 roter Sandstein mit schwachen Tonlagen
— 124,0 roter Sandstein
— 133,0 Sandstein mit Letten
— 150,7 Sandstein.

Bohrung 24, Oberkante 208,7 m über NN
— 1,0 Mutterboden und Ton
— 4,8 sandiger Ton
— 9,3 Kies mit grobem Sand
— 150,2 Sandstein.

Bohrung 25, Oberkante 210,45 m über NN
— 2,0 Mutterboden
— 5,0 grauer, sandiger Ton
— 8,0 feiner Kies
— 10,0 weißgrauer Ton und Sandstein
— 20,0 roter Ton mit Sandstein
— 100,0 Sandstein mit Letten
— 102,0 roter Ton
— 150,1 Sandstein mit Letten.

Bohrung 26, Oberkante 214,70 m über NN
— 1,8 sandiger Ton
— 11,4 grober Kies
— 150,2 Sandstein mit Letten.

Bohrung 27, Oberkante 218,24 m über NN
— 3,0 Letten
— 150,3 Sandstein mit Letten.

Bohrung 28, Oberkante 220,45 m über NN
— 150,5 Sandstein mit Letten.

Bohrung 29, Oberkante 229,03 m über NN
— 1,0 Gerölle
— 2,0 Gerölle mit Letten
— 3,0 Gerölle mit Ton
— 150,5 Sandstein mit Letten.

Tiefbohrung (Deutag I), an der-Straße Bahnhof Allendorf-Niederklein, 350 m SO des trig. Punktes 226,7 am Talrand der Joßklein.
Oberkante 208,00 m über NN
— 592,8 rote Sandsteine (sm)
braunrote, moorige Tongesteine (su)
— 631,5 rote und graue Tongesteine mit Anhydritbänken, Gipsknollen und Fasergipslagen (Oberer Zechsteinanhydrit)
— 637,5 Anhydrit
— 650,0 Dolomit mit gipserfüllten Klüften (Mittlerer Zechstein)
— 672,8 Kalk (Unterer Zechstein)
— 676,1 graues Konglomerat
— 683,4 rotes Konglomerat (Ober-Rotliegend).

D. Die Wasserversorgung der Frankenberger Bucht

Die für Nassenerfurth und Allendorf (Kr. Marburg) herausgearbeitete Analyse der geologischen Grundlagen der Wasserversorgung, wie auch der Grundwasserverhältnisse überhaupt, ist an zwei besonders gut aufgeschlossenen Spezialfällen durchgeführt worden. Das Ergebnis geht konform mit der DENCKMANNschen Auffassung. Es ist wichtig, mit den so gesammelten Erfahrungen nun auch ein größeres Gebiet zu untersuchen, damit festgestellt werden kann, ob die gewonnenen Ergebnisse tatsächlich Allgemeingültigkeit besitzen und damit richtungweisende Voraussetzung für eine planvolle Wasserwirtschaft geben können. Es soll die Frankenberger Trias-Bucht unter diesen Gesichtspunkten betrachtet werden.

Die „Frankenberger Bucht" ragt zungenförmig mit südost-nordwestlicher Richtung in das paläozoische Rheinische Gebirge hinein. Sie wird geographisch begrenzt im W und NW durch das Rothaar-Gebirge, im O durch den Kellerwald und im S durch die Hessische Senke.

Die Frankenberger Bucht, die den Burgwald einschließt, wird zum größten Teil von Mittel- und Unterbuntsandstein bedeckt. Diese beiden Abteilungen des Buntsandsteines liegen regelrecht, können auch durch Verwerfungen voneinander getrennt sein. Der gesamte W-, N- und O-Rand dieses Buntsandsteingebietes wird — von geringen Ausnahmen abgesehen (im O) — von einem Zechsteingürtel umgeben, gegen den der Buntsandstein verworfen ist, und der, aus Konglomeraten und Sandsteinen bestehend, seinerseits wieder gegen das paläozoische Gebirge verworfen wird. Diese beiden, den Rahmen der Frankenberger Bucht bildenden Haupt-Randverwerfungen sind wiederum durch jüngere Störungslinien, die vornehmlich südost-nordwestliche und nord-südliche Richtungen haben, verworfen. Das mit diesen Verwerfungen zusammenhängende Kluftsystem bildet den Schlüssel zu den großen, unerschöpflichen

Grundwasservorräten der Frankenberger Bucht. Doch wollen wir zugleich zu den Einzeluntersuchungen schreiten.

Ich habe zu diesem Zweck die Brunnenanlagen und Quellen sowohl am Rande wie im Kern dieses Gebietes untersucht. Da es bei den Brunnenanlagen sowohl wie bei den Quellen nicht immer möglich war — hier wegen meist vorgefundener starker Verwachsung, dort wegen unzugänglicher Vermauerung —, die vor allem wichtigen Schüttungsmengen zu messen, mußte ich mich darauf beschränken, an Hand der Einwohnerzahl und des Viehbestandes für manche Orte wenigstens ein Mindestmaß der Grundwasserförderung zu berechnen. Chemische Analysen konnte ich selbst im Rahmen dieser Arbeit nicht durchführen. Wo sie bereits von irgendwelchen Überwachungsinstitutionen durchgeführt worden waren und greifbar waren, habe ich sie für die Auswertung benutzt.

Das wichtigste Moment der Untersuchung, nämlich die Frage nach der Perennität der Quellen, konnte ich bei den für die Wasserversorgung erschlossenen, in jedem Falle mit Hilfe der bei den Bürgermeistereien oder Wasserwerken niedergelegten Akten bis über eine Zeitspanne von 40 Jahren erfassen. Für die Beurteilung der frei auslaufenden Quellen brachte die bei der älteren Einwohnerschaft gehaltene Umfrage hinreichende Ergebnisse.

Zur Untersuchung gelangten die Quellen und Brunnen, die sich um folgende Ortschaften gruppieren:

a) im Randgebiet Ost: Gemünden (Wohra), Kirschgarten, Haubern, Dainrode, Allendorf (Kr. Frankenberg) und Ellershausen.

b) im Randgebiet Nordwest: Geismar und Frankenberg a. d. Eder.

c) im Randgebiet West: Wiesenfeld, Ernsthausen, Münchhausen, Wetter und Goßfelden.

d) im zentralen Gebiet: Willershausen, Willersdorf, Bottendorf, Wolkersdorf, Rosenthal (Burgwald), Bracht und Schönstadt.

a) Das Randgebiet Ost

Gemünden (Wohra)

1. Quelle „St. Anna", 250 m SSO Au-Mühle am O-Talrand der Wohra. Schüttung ohne jahreszeitliche Schwankungen 230 cbm/Tag.

2. „Kälberbrunnen", 50 m östlich Eisenbahnunterführung am NW-Rande des Dorfes. Nur schwache, aber dauernde Schüttung.

Beide Quellen werden für wirtschaftliche Zwecke ausgenutzt. Quelle 1 liegt im Unterbuntsandstein, Quelle 2 im Alluvium der Schweinfe. Besonders die Quelle „St. Anna" weist auf tieferen tektonischen Zusammenhang hin. Eine einwandfreie Erklärung — bis darauf, daß die Störungslinie des Wohratales hier im Spiele ist — läßt sich auf Grund der schlechten Aufgeschlossenheit der Schichten nicht geben.

Kirschgarten

Quellgebiet von 40 mal 20 m Fläche im Hof Kirschgarten bei Altenhaina im Schweinfetal. Fünf Fassungen. Früher befand sich an der Stelle ein Quellteich. Quellen seit 1910 in Nutzung zur Versorgung der Orte Gemünden, Grüßen, Sehlen, Bockendorf und Halgehausen. Außerdem werden noch mehrere Wassermühlen mit dem frei ablaufenden, überschüssigen Wasser betrieben. Schüttungsmengen 1900 cbm/Tag.

Chemische Analyse (Apotheke Gemünden 1907):

Chlor	6,382 mg/l
Schwefelsäure	8,403 „
Organische Substanz	9,269 „
Trockenrückstand	300,00 „
Glühverlust	139,00 „
Calciumoxyd	66 „
Magnesiumoxyd	10 „
Schwefelwasserstoff	—
Ammoniak	—
Salpetersäure	—
Salpetrige Säure	—

Die Wassertemperatur betrug bei — 1° C Lufttemperatur 8,5° C am 16. 10. 44. Jahreszeitlich bedingte Schüttungsunterschiede bestehen nicht.

Eine starke NNW/SSO-Randverwerfung schneidet etwa 700 m östlich der Quellenaustritte die paläozoischen Gesteine des Kellerwaldes gegen die jungpaläozoisch-mesozoischen Gesteine der Frankenberger Bucht ab. Kulmschiefer stoßen gegen Unterbuntsandstein und Zechstein.

Fast senkrecht zu dieser Randverwerfung stößt eine schwächere O-W gerichtete Verwerfung, die konkordant auf dem Heckwaldkonglomerat (Oberer Zechstein Zsc) liegenden Unterbuntsandstein gegen das Heckwaldkonglomerat und diesen gegen Frankenberger Sandstein (Zs) verwirft. An dieser nur über 700 m zu erkennenden Verwerfung treten östlich und westlich der Schweinfe 2 Quellen aus, und am W-Rande dieser Verwerfung liegt vor einer steilen Böschung des Heckwaldkonglomerates, am Rande des Frankenberger Sandsteines, das Quellgebiet von Kirschgarten.

Als Wasserleiter ist das Heckwaldkonglomerat anzusehen, als Wasserstauer der Frankenberger Sandstein.

Da sowohl das Konglomerat wie der Frankenberger Sandstein einen größeren Gehalt an kalkig-dolomitischen Bindemitteln haben, das Quellwasser jedoch laut chemischer Analyse als weich (Gesamthärte = 8,1°) zu bezeichnen ist, so geht daraus hervor, daß das Konglomerat als Wasserspeicher im üblichen Sinne nicht zu betrachten ist. Vielmehr ist der Wasserspeicher und -spender die Hauptverwerfung, die ja in aller Nähe der Quellen liegt. Das Konglomerat wird als schnelles Durchflußgebiet benutzt, so daß sich die Karbonate nur in geringen Mengen zu lösen vermögen. Die Verwerfung, die zu den Quellen führt, ist selbst als Kluft ausgebildet und kann infolgedessen als unterirdische Wasserrinne ausgenutzt werden. Damit aber wird die Möglichkeit zur Vergrößerung der Fließgeschwindigkeit erhöht, so daß es zu einem ins Gewicht fallenden Auflösen der Karbonate bis zum Austreten des Wassers an der Quelle nicht kommen kann.

Haubern

Quelle gefaßt am W-Ausgang des Ortes an der Straße nach Frankenberg. Die Quelle wurde 1898 für die Wasserversorgung des Ortes erschlossen und fließt seitdem Sommer wie Winter gleichmäßig ohne Abpumpen. Das Maß für die Ergiebigkeit wird durch menschliche und tierische Benutzer gegeben:

500 Einwohner
500 Stück Jungvieh und Schweine
400 Kühe
43 Pferde

Quellenlage an der Grenze Unterbuntsandstein-Heckwaldkonglomerat (Zsc). 800 m nordöstlich des Ortes wird Kulmschiefer gegen Unterbuntsandstein verworfen, der konkordant dem Heckwaldkonglomerat aufliegt. Der letten- und tonreiche Buntsandstein bildet zusammen mit diluvialem Lehm einen undurchlässigen Wasserstauer über dem Heckwaldkonglomerat, das an der starken Verwerfung im NO mit Grundwasser infiltriert wird. An der Stelle, wo Buntsandstein und Diluvium oberflächlich auskeilen, tritt die Quelle aus.

Eine 2. Quelle, die aber für Wirtschaftszwecke nicht genutzt wird, tritt auf der O-Seite des Dorfes an dem mit Alluvium gefüllten kleinen Tälchen aus. Die Ergiebigkeit konnte nicht gemessen werden. Nach Aussagen des Herrn Bürgermeisters schüttete diese Quelle seit Jahrzehnten gleichmäßig schätzungsweise 2 bis 3 l/sec, unabhängig von meteorologischen Einflüssen.

Diese Quelle liegt an einer Störung, die Heckwaldkonglomerat (Zsc) gegen Frankenberger Sandstein (Zs) verwirft.

Dainrode

1. Quelle 250 m vor der S-Spitze des verlängerten Langetales etwa $1^1/_2$ km OSO von Haubern. Diese Quelle wurde 1912 für die Versorgung des Ortes gefaßt und läuft seitdem ohne jahreszeitliche Beeinflussung frei aus in einen Hochbehälter vor Dainrode. Sie dient zur Versorgung von:

250 Einwohnern
150 Stück Jungvieh
180 Rindern
340 Schweinen
50 Pferden.

Die Versorgung stieß nie auf Schwierigkeiten.

Die Quelle liegt inmitten des Zechsteingürtels, der die Frankenberger Bucht ringsherum an der paläozoisch-mesozoischen Randzone umsäumt. Der Austritt liegt am alluvialen Talrand gegen eine schmale Zunge älteren oberen Zechsteinkonglomerates (Zc), dessen diskordante Lagerung über Kulm oder Devon kennzeichnend ist. Der dieses Konglomerat überlagernde Frankenberger Sandstein (Zs) ist in dem Langetal forterodiert, so daß beim Erscheinen des wasserführenden Konglomerates das Austreten des Grundwassers als Quelle veranlaßt wird.

2. Quelle etwa 1 km westlich des Dorfes Dainrode im Bohnlandgrund. Die Quelle ist nicht sehr stark, reicht aber zur Versorgung von 3 Gehöften gut aus. Meteorologische Beeinflussung nicht festzustellen.

Die Quelle liegt im Alluvium des Grundes. Hier und etwa 200 m weiter westlich verwerfen zwei starke Störungen einerseits Unterbuntsandstein gegen Frankenberger Sandstein (Zs), zum anderen derbe Grauwacken des oberen Kulm (Cug) gegen Unterbuntsandstein. Außerdem wird die Kulmgrauwacke am Ende des Talgrundes durch Erosion angeschnitten.

Die Kulmgrauwacke ist wasserführend. An der Störungszone tritt das Grundwasser als Quelle aus, durch Unterbuntsandstein und Frankenberger Sandstein getrennt.

Allendorf (bei Geismar)

1. Quelle 200 m SO des Ortes bereits 1904 zur Versorgung des Dorfes mit Wirtschaftswasser gefaßt. Schüttung weit über das Maß des Bedarfes hinaus. Keine meteorologische Beeinflussung. Versorgt werden im Ort:

150 Einwohner
100 Stück Großvieh
150 Stück Jungvieh/Schweine
25 Pferde
1 Schwimmbad.

2. Quellenaustritte an den östlichen Wiesenhängen des Dorfes. In Gräben gefaßt und der Lengel zugeführt.

3. Quellen im mittleren Talgrund des Brückenbachs ohne größere Ergiebigkeit. Der Brückenbach verdankt diesen Austritten seine Entstehung und Nährung.

Die Quellenaustritte unter 1 und 2 liegen an einer starken Verwerfung die Kulmtonschiefer (Cut) und Kulmgrauwacken (Cug) gegen Unterbuntsandstein und Heckwaldkonglomerat (zsc) verwirft. Das Heckwaldkonglomerat bildet, im N und S durch eine Querverwerfung begrenzt, einen kleinen Horst im Unterbuntsandstein. Dort, wo die Verwerfung, überdeckt von diluvialem Schotter, Kulmgrauwacke an Unterbuntsandstein angrenzen läßt, tritt die stärkste Quelle, die die Versorgung des Ortes gewährleistet, hervor. Den Wasserstauer bildet der Unterbuntsandstein.

Diese Verwerfung ist die gleiche, die, in nordnordwestlicher Richtung sich fortsetzend, im Tal der Lengel und östlich von Ellershausen die Quellen austreten läßt.

Auch die unter 3 genannten Quellen im Brückenbachgrund verdanken ihre Entstehung einer örtlichen Störungszone, die Kulmgrauwacke (Cug) gegen Zechsteinsandstein (Zs) und -konglomerate (Zsc) verwirft.

Ellershausen

1. Starke Quelle im Tal der Lengel an der Obersten Mühle, 500 m NO des Dorfes Ellershausen. Dient zur Versorgung des Ortes.

2. Quelle 250 m NNW der Obersten Mühle.

Beide Quellen wurden 1929 gefaßt und versorgen den Ort: Etwa 500 Einwohner und entsprechende landwirtschaftliche Betriebe. Von meteorologischen Einflüssen sind die Quellen völlig unabhängig. Um diese gefaßten Quellen befinden sich noch mehrere kleine Quellen, deren Wässer ungenutzt mit der Lengel talabwärts fließen. Starke Quellen treten ferner das Lengeltal aufwärts genau östlich Ellershausen aus. Der Wasseranfall ist hier so groß, daß die Wiesen nur mit Mühe nutzbar sind für die Grasernte. Ein Grasen des Viehs ist wegen des immer sehr feuchten Bodens überhaupt unmöglich.

Die Situation liegt hier sehr klar. Die gesamten Quellen liegen in einer NNW-SSO-Linie. Bei den beiden nördlichen Quellen, die für die Versorgung des Ortes ausgenutzt werden, ist eine Verwerfung gleicher Richtung feststellbar: Kulmtonschiefer (Cut) sind gegen Kulmgrauwacke (Cug) und älteres Zechsteinkonglomerat (Zc) verworfen. Die Verwerfung läßt sich noch fast 1 km weiter nach NW hin verfolgen, wo gegen Kulmgrauwacke Zechstein und Buntsandstein verworfen wird. Nach SSO hin verwehrt von den gefaßten Quellen ab das Alluvium die Verfolgung der Verwerfung. Sie wird aber 1 km weiter südöstlich am Ostrand des Ortes Allendorf sichtbar, wo Kulmgesteine gegen Zechstein und Trias (siehe auch Allendorf S. 63) verworfen sind. Auch hier treten starke Quellen aus.

Es ist somit ganz offensichtlich, daß die Verwerfung die Ursache der Quellaustritte ist. Das Wasser des paläozoischen Kellerwaldes wird an der Verwerfung durch die Schichtenverschiebung gestaut und auf den Verwerfungsklüften zum Aufsteigen gezwungen.

Bei der Verfolgung der Quellenlinie durch das Alluvialtal der Lengel in Richtung auf Allendorf ist meines Erachtens die Konstruktion der Verwerfung keine gewagte Hypothese: am Ostrand des Lengeltales steht Kulmgrauwacke an. Jenseits des schmalen Tales taucht diluvialer Lehm aus dem alluvialen Talgrund heraus, der sich nur wenig weiter westlich als schwache Auflage über Frankenberger Sandstein (Zs) und Heckwaldkonglomerat (Zsc) erweist. Etwas weiter nördlich gegenüber der Obersten-Mühle fehlt das Diluvium. Der Frankenberger Sandstein ist von der Kulmgrauwacke nur durch das Talalluvium oberflächlich getrennt. Und ebenfalls südlich des trigonometrischen Punktes 891 fehlt das Diluvium an der Talflanke, es steht Zechstein und Buntsandstein an, der Buntsandstein ist wiederum gegen Zechstein verworfen. Kurz, das Diluvium und Alluvium verdecken im Lengeltal die Verwerfung, die nördlich der Obersten-Mühle und hart östlich Allendorf sichtbar ist. Die Austritte der starken Quellen zwischen diesen beiden Abschnitten aber erlaubt, sie zu einer einheitlichen Verwerfungslinie zu verbinden.

b) Das Randgebiet Nordwest

Geismar

1. 2 Quellen im Talgrund der Hüster etwa 1200 m nördlich des Dorfes sind zur Versorgung gefaßt. Außer einer an dieser Stelle noch ungefaßten Quelle fließt ein großer Teil auch des anderen Wassers ungenutzt ab.

2. Weitere Quellen befinden sich im Quellgebiet südlich „Die Köpfe". Sie sind nicht in Nutzung.

3. Quelle im Helsgraben, $1^1/_2$ km nordwestlich des Dorfes Geismar. Ungenutzter Abfluß.

Alle 3 Quellengebiete zeigen einen starken Wasseranfall, der keinen merklichen meteorologischen Einflüssen unterliegt. Die beiden gefaßten Quellen dienen zur Versorgung der Einwohner und des Viehs von Geismar, die sich wie folgt beziffern:

750 Einwohner
600 Stück Großvieh
50 Pferde
1000 Stück Jungvieh.

Die Quellen sind hier, wie alle anderen ergiebigen Quellen dieser Zone, an Verwerfungen gebunden. Die Quellen im Hüstertal und im Helsgraben verdanken ihre Entstehung einer und derselben Verwerfungslinie, an der sie alle liegen: die Karbongesteine, meist obere Kulmgrauwacke (Cug), an einzelnen Stellen auch Kulmtonschiefer (Cut), grenzen an abgesunkene Schichten des Zechsteines, die entweder aus dem Frankenberger Sandstein (Zs) oder dem Heckwaldkonglomerat (Zsc) bestehen. Die Verwerfung hat NW-SO-Streichen. An den Stellen, wo sie von Tälern geschnitten wird, treten die Quellen aus. Das geschieht einmal durch das Hüstental, zum anderen durch den Helsgraben.

Die Quellen im S von „Die Köpfe" hängen mit den anderen Quellen zusammen. „Die Köpfe" werden gebildet durch einen stehengebliebenen Horst kulmischer Gesteine (Kulmgrauwacke Cug und Cugc), der von N über O nach SW durch einen deutlichen Abbruch gegen Zechstein verworfen ist. Die Fortsetzung der Verwerfungen auf der W-Seite stößt auf Schwierigkeit, da sich Diluvium und Alluvium dazwischenschieben. Es tritt etwa 200 m weiter nach W jenseits des Diluviums und eines mit Alluvium gefüllten Tälchens die Grauwacke wieder morphologisch als „Königshöhe" in Erscheinung. Der S- und W-Rand der Königshöhe reicht in das Alluvium der Hüsten hinein. Die Annahme, daß das Tal der Hüsten sowie das Tälchen, das sich von der Hüsten südlich an der Königshöhe vorbei nach ONO zieht, alte Bruchzonen sind, liegt keineswegs außerhalb des möglichen. Dann aber würden die „Köpfe" durch zwei Verwerfungen gekennzeichnet, deren eine innerhalb des Hüstentales die SW-Flanke der „Königshöhe" und der „Köpfe" beschlösse, deren andere ungefähr parallel zur „Hüstenverwerfung" ihren Weg vom N-Rand der „Köpfe" entlang dem kleinen Tälchen zum N-Rand der „Königshöhe" auf die festgestellte Verwerfung nähme, die weiter in nordwestlicher Richtung Frankenberger Sandstein (Zs) gegen Zechsteinkonglomerat (Zc) abgrenzt. Diese zum Teil hypothetischen Verwerfungen entsprächen mit ihren südost-nordwestlichen Richtungen absolut denjenigen der Kulissenverwerfungen des Kellerwaldes. Die genannten Tälchen wären dann nichts als ausgewaschene und mit Alluvium gefüllte Schwächezonen. Und vor allem die Quellen am Oberlauf der Hüsten wären ihrer Entstehung nach als auf einer die Randverwerfung querenden jungen Verwerfung liegend hinreichend erklärt.

Frankenberg a. d. Eder

1. Quelle bei der Ledermühle, Gemarkung Frankenberg, 1100 m südlich der Stadt, 100 m östlich der Reichsstraße 252. Die Quelle ist zur Versorgung der Stadt gefaßt, die Leistung beträgt 90 cbm/Tag. Keine merkliche meteorologische Beeinflussung.

2. Prielsborn in den Teichwiesen der Gemarkung Frankenberg, 700 m südlich der Stadtmitte, 100 m östlich Reichsstraße 252.

Die Quelle ist seit über 40 Jahren gefaßt zur Versorgung der Stadt. Die Leistung beträgt 1750 cbm/Tag und zeigt keine meteorologische Beeinflussung.

Diese beiden Quellen hängen eng miteinander zusammen. Sie liegen auf einer von Frankenberg aus nach S streichenden Verwerfung, die an den Quellenaustritten Zechstein (Zs) gegen Unterbuntsandstein (su) verwirft. In

das Tal der Nempfe ragen von O her zungenartig, jeweils im N und S durch Erosionstälchen begrenzt, Buntsandsteinhügel, deren Gesteine aus dünnplattigen, feinkörnigen Schichten, in denen Tonschiefer eingelagert sind, bestehen und dem Unterbuntsandstein angehören. Die Gesteine sind in alten Steinbrüchen unterhalb der „Ledermühle" aufgeschlossen. Diese Gesteine werden durch die N-S verlaufende Verwerfung, die eine starke Zerklüftung im Gefolge hat, abgeschnitten. Es lehnen sich nach W in einem schmalen Streifen Konglomerate und klüftige, dickbankige, dunkelrote Sandsteine, die dem Frankenberger Sandstein angehören, an.

Die Verwerfung stößt im Gebiet der Stadt Frankenberg auf eine starke Randverwerfung, die in südwest-nordöstlichem Streichen paläozoische Gesteine (Kulm) gegen solche des oberen Paläozoikums und des Unterbuntsandsteines verwirft. Es ist dieselbe Randverwerfung, die als Ursache der Quellenaustritte nördlich Geismar angesehen wird (siehe Geismar, S. 65).

Das Abschneiden dieser Randverwerfung durch die jüngere N-S-Verwerfung, an der die „Ledermühle" und der „Prielsborn" liegen, klärt hinreichend die geologische Situation.

Hinzuzufügen wäre noch die interessante technische Lösung der Quellfassung am Prielsborn, Durch den Zechsteinsandstein sind von W her in Richtung auf die Verwerfung zu zwei mannshohe Stollen vorgetrieben worden, die an den die ganze Höhe des Stollens schneidenden Klüften von 10 cm Stärke enden, dort das ausströmende Quellwasser bereits fassen und zum Sammelbehälter leiten.

Chemische Analyse des Prielsborn (1906):

Ammoniak	—
HNO_3	—
Eisenoxydul	—
Blei, Kupfer	—
Abdampfrückstand	210,0 mg/l
Glührückstand	170,0 „
Glühverlust	40,0 „
Organische Substanz	1,2 „
Chlor	7,0 „
HNO_3	Spur
Gesamthärte	9,52 „

3. Brunnen für die Molkerei Frankenberg am S-Rand der Stadt, 60 m südöstlich Austritt Horst-Wessel-Straße Frankenberg-Friedrichshausen. 4 m tiefer Schachtbrunnen, Leistung 120 cbm/Tag.

Chemische Analyse:

pH-Wert		6,9
Alkalität (n/10 HCl-Verbrauch)		8,0 ccm
Karbonathärte		22,7
Gesamthärte		31,1
Gebundene Kohlensäure		178,2 mg/l
Freie Kohlensäure	zugehörige	122,0 „
	aggressive	0,0 „
Sauerstoff		5,28 „
Eisen	unter	0,1 „

Mangan	—
Salpetersäure	109,9 mg/l
Salpetrige Säure	—
Ammoniak	—
Chlor	132,8 „
Organische Substanz	3,48 „

Der Brunnen befindet sich unmittelbar an der Verwerfung, die, in N-S-Richtung streichend (siehe auch „Prielsborn" usw.), Kulmtonschiefer (Cut) gegen Unterbuntsandstein verwirft und nur 40 m weiter nördlich die große südwest-nordöstliche Randverwerfung schneidet. Der große Wasseranfall in dem nur 1 m Durchmesser fassenden und 4 m tiefen Brunnen ist dadurch geklärt.

Die chemische Analyse allerdings weicht von der für dieses Tiefenwasser erwarteten erheblich ab. Dieses liegt an der mangelhaften Tiefe und Abschirmung des Brunnens gegen Oberflächenwässer, die von der Stadt her in die auf Richtung des Brunnens abschüssigen Bodenschichten eindringen und das an der Verwerfungskluft anfallende Wasser verschmutzen. Das Wesentliche für diese Betrachtung ist, daß die Masse des Brunnenwassers sich aus Kluftwasser zusammensetzt. Die konstante Leistung ist ja auch bezeichnend.

4. Quellen Gernhäuser Tal. Lage $3^1/_2$ km östlich Stadtmitte Frankenberg im Tal der „Wäsche" am N-Rande des Gernhäuser Teiches. 2 Quellen sind gefaßt für die Versorgung von Frankenberg. Die Schüttung beträgt, von meteorologischen Einflüssen unabhängig, 2400 cbm/Tag.

Chemische Analyse (Hygienisches Institut Marburg):

Wassertemperatur		+8°
Lufttemperatur		—1°
Reaktion gegen Lakmus		—
Abdampfrückstand		—
pH-Wert		7,86
Alkalität (HCl-Verbrauch n/10)		3,0 ccm
Karbonathärte		8,4
Gesamthärte		10,64
Gebundene Kohlensäure		66 mg/l
Freie Kohlensäure	zugehörige	8,2 „
	aggressive	2,8 „
Sauerstoff		9,34 „
Eisen, Mangan		—
Salpetersäure		7,09 mg/l
Salpetrige Säure, Ammoniak		—
Chloride		13 mg/l
Organische Substanz		3,79 „

In der NO-Spitze der Frankenberger Bucht wendet sich das Streichen der Randverwerfungen von SO-NW-Richtung der östlichen Buchtgrenze zum SW-NO-Streichen an der NW-Seite der Bucht. Der an der gesamten O-Seite der Bucht schmale Zechsteingürtel verbreitert sich hier sehr stark. Außer den südost-nordwestlich streichenden Verwerfungen, die seinen NO- und SW-Rand, d. h. seinen Innen- und Außenrand säumen, wird er von zahlreichen südwest-nordöstlich streichenden Verwerfungen in Bruchstücke zerrissen. Die starken

Quellen von Kirschgarten, Allendorf, Ellershausen und Geismar gehören dieser Zone an.

Das Gernhäuser Tal liegt an der Innenseite dieses Zechsteinbandes und überschreitet mit seinem nordwestlichen Verlauf die große Randverwerfung, die mit südwest-nordöstlichem Streichen das NW-Ende des Zechsteingürtels gegen das rheinische Mittelpaläozoikum beschließt.

Auf dem Wege von der Straße Frankenberg-Geismar nach O in das Gernhäuser Tal hinein überschreitet man zunächst einen Buntsandsteinhügel mit dünnplattigen, feinkörnigen, tonige Lagen enthaltenden Schichten, die dem Unterbuntsandstein angehören. An der Neuen Hütte wird dieser Unterbuntsandstein durch eine Verwerfung von bankigen, mittelkörnigen Sandsteinen abgetrennt. Dieser säumt die N-Seite des Tales mit seinen steilen Abhängen und geht dann, einige hundert Meter vor den Gernhäuser Quellen, in konglomeratische Schichten mit stark abgerollten, flachen Geröllen über, äußerlich durch sanfte Talhänge gekennzeichnet. Es sind Zechsteinschichten des Frankenberger Sandsteines (Zs) und Heckwaldkonglomerates (Zsc). Weiter nach N lagert sich konkordant Unterbuntsandstein darüber. Die S-Hänge des Tales werden zum größten Teile von Unterbuntsandstein eingenommen. Nur an einzelnen Stellen tritt noch Zechstein, aber dann zum Teil von Diluvium überlagert, zutage, so gegenüber der Neuen Hütte.

Ihre Entstehung verdankt die Gernhäuser Quelle ihrer Lage am Rande des Bruchsystems. Im nordwestlichen Teile des Gernhäuser Tales ist die im vorherigen Absatz beschriebene Störung nachweisbar, taucht dann aber ins Alluvium und wird der Beobachtung entzogen. Das Tal verläuft in gleicher östlicher Richtung weiter. An der Stelle, wo weiter im O eine SO-NW-Verwerfung Zechstein gegen Unterbuntsandstein verwirft und das Tal senkrecht kreuzt, treten die starken Quellen zutage.

Auch von NO her besteht zwischen dem Gernhäuser Tal und der Randverwerfungszone ein Zusammenhang. Von Ellershausen her streicht in südwestlicher Richtung ein schmaler, auf beiden Seiten durch Störungslinien begrenzter Rücken Kulmischer Gesteine auf das östliche Drittel des Gernhäuser Tales zu, wird kurz vorher, südsüdöstlich Geismar, durch eine querlaufende Verwerfung abgeschnitten, die in das Alluvium des Tales einmündet. Die NO-Talflanke wird von hier ab bis zum Ende von Kulmgrauwacke eingenommen, die S-Flanke von Diluvium oder Unterbuntsandstein. Der Buntsandstein tritt auch einmal, gegenüber von Dörnholzhausen, auf der NO-Talseite als schmaler Streifen, gegen Kulm verworfen, auf. Diese Verwerfung hat wieder SO-NW-Streichen. Auch am SO-Ende des Tales wird sie noch einmal sichtbar. (Das Tal wird hier auch „Holzhauserborn" genannt.)

Es läßt sich hier wiederum nicht der Eindruck verwischen, daß das Tal einer alten Schwächezone folgt. Nicht nur die Richtung des Tales, sondern auch das in gleicher Richtung immer wieder Sichtbarwerden von Verwerfungen und schließlich das Auftreten einer sehr starken Quelle an der Stelle, wo sich jüngere und ältere Verwerfungen schneiden, führen die Hypothese an die Grenze des Beweises — ganz abgesehen von den bislang in dieser Beziehung

gemachten Erfahrungen. Es ist auch hier immer wieder ein Hinweis darauf, wie sehr die Wasserführung zur Klärung tektonischer Verhältnisse herangezogen werden kann!

5. Quelle Papiermühle etwa 1700 m nordöstlich der Stadtmitte, 50 m südöstlich der Papiermühle im Westteil des Gernhäuser Tales etwa 400 m ostwärts der Reichsstraße 252. Frei ausfließende Quelle, von dem ein Teil früher zum Betrieb der Mühle verwandt wurde. Konstante, meteorologisch unbeeinflußte Leistung von 2400 cbm/Tag.

Die Quelle liegt genau an der Kreuzung der großen Randverwerfung, die von Frankenberg nach NO auf Louisendorf zustreicht (also die gleiche Randverwerfung, die für die bisher besprochenen Frankenberger Quellen von maßgeblichem Einfluß war), mit dem Gernhäuser Tal.

Für den außerordentlich großen Wasseranfall dieser Quelle ist meines Erachtens nicht der flache Taleinschnitt, der die große Randverwerfung schneidet, sondern die tiefgreifende junge Verwerfung, die erst den Anlaß zur Bildung dieses Tales gab, verantwortlich. Nur diese ist auf Grund ihrer Zerreißung tieferer Schichten fähig, eine derartig hohe Schüttung zu verwirklichen.

Eine eingehendere Besprechung des Sachverhaltes erübrigt sich nach dem Vorangegangenen.

6. Noch eine weitere Quelle im Frankenberger Gebiet ist mir bekannt geworden, die

Quelle in den Osterwiesen, 1100 m SO der Stadtmitte unmittelbar an der Landstraße 2. Ordnung Nr. 29 Frankenberg-Rosenthal. Die Leistung der Quelle weist etwa 300 cbm/Tag auf, zeigt aber in der Trockenheit wesentlichen Schüttungsrückgang. Es ist also eine auf Oberflächenwässer gestützte Quelle, die eine eingehendere Besprechung nicht nötig macht.

c) Das Randgebiet West

Wiesenfeld-Ernsthausen (Wetschaft)

1. Heiligenborn, 50 m östlich der Eisenbahn im Tälchen 200 m nördlich Wiesenfeld. Die Quelle ist doppelt gefaßt und dient zur Versorgung der Orte Wiesenfeld und des südlich davon gelegenen Ernsthausen. Konstante Leistung von 4000 cbm/Tag.

Chemische Analyse (Hygien. Institut Marburg):

Wassertemperatur		$8^1/_2$°
Lufttemperatur		+1,4°
pH-Wert		6,95
Gesamthärte		1,12
Kohlensäure gebunden		8,8 mg/l
Freie Kohlensäure	zugehörige	1,5 „
	aggressive	31,5 „
Sauerstoff		10,6 „
Eisen, Mangan		—
Salpetersäure		1,9 mg/l
Salpetrige Säure		—
Ammoniak		—
Chloride		11,0 mg/l
Organische Substanz		4,8 „

2. Quelle Christborn, Lage 1100 m nördlich Ernsthausen, 100 m nördlich der Höhe 263. Frei auslaufende Quelle ohne Nutzung. Leistung etwa 70 cbm/Tag, konstant.

Chemische Analyse (Hygien. Institut Marburg):

Abdampfrückstand	157,5	mg/l
Glühverlust	82	„
Glührückstand	75,5	„
Chloride	10,5	„
NH_3, HNO_3, HNO_2, freie CO_2	—	
Eisen, Mangan	—	
Gesamthärte	7,85	
Vorübergehende Härte	6,16	
Bleibende Härte	1,68	

Beide Quellen liegen in einer Linie N-S streichender Verwerfungen. Es werden Gesteine des Mittelbuntsandsteines, und zwar der Bausandsteinzone (sm_2), gegen tonige Unterbuntsandstein-Gesteine (su) verworfen. Diese Verwerfung zieht sich allem Anschein nach weiter nach N hin, wo sie am Talrand der Eder die große Randverwerfung an der NW-Seite der Frankenberger Bucht schneidet. Während die Quelle bei Wiesenfeld auf der NS-Verwerfung selbst liegt, wird diese Verwerfung nördlich Ernsthausen von einer WO-Verwerfung gekreuzt. Diese wiederum wird von dem Tal, in dem sich die Eisenbahn Marburg-Frankenberg entlangzieht, senkrecht geschnitten. An dem Schnittpunkt tritt der „Christborn" aus.

Münchhausen (Wetschaft)

1. Quelle Silberborn, 700 m ostwärts der Fischbrutanstalt im Tale ostwärts Münchhausen. Die Quelle dient zur Versorgung der Fischteiche und des Ortes Münchhausen mit Trink- und Wirtschaftswasser. Konstante, von meteorologischen Einflüssen unabhängige Förderung von 430 cbm/Tag.

2. Gesundheitsbrunnen. Zwei Quellen 700 m ostwärts der Ortsmitte Münchhausen-Roda unterhalb der Höhe 244,6. Die Quellen waren ehemals für Versorgungszwecke vorgesehen, sind aber nicht gefaßt worden. Konstante, jahreszeitlich nicht verschiedene Leistung von 75 cbm/Tag.

Chemische Analyse (Hygien. Institut Marburg 1942):

Karbonathärte		1,7	
Gesamthärte		1,7	
Gebundene Kohlensäure		13,2	mg/l
Freie Kohlensäure	zugehörige	1,0	„
	aggressive	12,2	„
Sauerstoff		9,5	„
Eisen, Mangan		—	
Salpetersäure		Spur	
Salpetrige Säure, Ammoniak		—	
Chloride		14,0	mg/l
Organische Substanz		2,3	„

3. Bonifatiusquelle, 300 m östlich des Silberborns. Die Quelle tritt aus einer Buntsandsteinspalte aus und ist laut Aussagen der alten Bewohner auch in trockensten Perioden gelaufen. Die Schüttungsmenge beträgt etwa 70 cbm/Tag.

Die beiden Quellen des Gesundheitsbrunnens treten am nördlichen Talhang unterhalb des Mussteines aus. Das Tal ist stark mit Alluvium ausgefüllt. Hart oberhalb der Quellenaustritte ist am Bergabhang ein 1½ m hoher Aufschluß. Es stehen dort dünnplattige, vielfach des Bindemittels beraubte helle Sandsteine an, die mit dunkleren, festen Schichten wechsellagern. Sie tragen den Charakter des oberen Mittelbuntsandsteines. Durch ein kleines Tälchen getrennt, schließt sich nach W toniger Unterbuntsandstein an, durch Verwerfung abgesetzt, die von S nach N streicht.

Geht man das südlich des Mussteines gelegene, W-O gerichtete Tälchen nach O hinauf, trifft man auf die Quelle Silberborn. Sie tritt mitten im engen Tal aus. Weder hier, noch in näherer Umgebung, ist anstehendes Gestein vorhanden. Die ganze Gegend ist mit dichtem Buchenwald bestanden.

Erst dem östlichen Ende dieses Tales zu tritt die Bonifatiusquelle aus. Aus mächtigen Buntsandsteinblöcken, von mehr als armdicken Spalten durchsetzt, quillt das Wasser hervor. Das Gestein gehört zweifellos dem Bausandstein des Mittelbuntsandsteines (sm_2) an.

Das Tälchen, in dem sich die Quellen 1 bis 3 befinden, wird an seinen Flanken von keinen einheitlichen Gesteinen begrenzt. Im W-Teil wird die N-Flanke von Unterbuntsandstein und oberem Mittelbuntsandstein, durch Verwerfung getrennt, eingenommen. Die S-Flanke dagegen zeigt gegenüber dem Unterbuntsandstein und dem oberen Mittelbuntsandstein unteren Mittelbuntsandstein (Aviculasandstein [sm_1]). Das schmale Alluvialtal trennt diese Gesteine. Eine Verwerfung läßt sich nicht ohne weiteres nachweisen. Die Gesteinsverschiedenheit in Verbindung mit den austretenden Quellen macht eine Verwerfung, an deren Klüfte die Quellen zutage treten, jedoch sehr wahrscheinlich.

Wetter

1. Quellengebiet 150 m nördlich Straße Wetter-Mellnau im Tal zwischen den Höhen 284,2 und 287,2. Die Quellen sind in 3 Brunnen gefaßt und dienen zur Versorgung von Wetter. Die Schüttungsmenge konnte nicht gemessen werden.

Chemischer Befund (Hygien. Institut Marburg):

Karbonathärte	4
Gesamthärte	5
pH-Wert	6,5
Kohlensäure aggressiv	49,7 mg/l

Die Quellen liegen am Rand des Tälchens östlich des Galgenberges. Es ist mit Alluvium angefüllt. Der Fuß des Galgenberges besteht aus tonigem Unterbuntsandstein. 30 m hangaufwärts zur Höhe 287,2 hin ist ein Aufschluß. Es steht hier mittelkörniger, dünnschichtiger, weicher, grau-gelb-rotbrauner Sandstein an, von Eisenschwarten durchsetzt. Er macht ganz den Eindruck wie der von Denckmann ausgeschiedene Stubensand (sm_1). Eine Verwerfung ist nicht festzustellen, die Mittel- von Unterbuntsandstein trennt.

Sehr verdächtig ist der hohe freie CO_2-Gehalt mit 49,7 mg/l. Das ist nur so zu deuten, daß diese von der Zersetzung organischer Substanzen (Kiefern-

waldungen!), d. h. von Wässern herrührt, die in der Nähe des Quellgebietes auch ihr Einzugsgebiet haben. Daß weder östlich zum Mittelbuntsandstein, noch nach W zur Randverwerfung hin Störungslinien feststellbar sind, verstärken die Vermutung. Dann aber ist die Entstehung der Quellen als Schichtquellen zwischen Mittel- und Unterbuntsandstein wahrscheinlich und auf Grund mangelnder Aufschlüsse, die das Gegenteil beweisen könnten, die zur Zeit einzig mögliche Lösung: als Wasserträger ist der Mittelbuntsandstein, als Wasserstauer der tonige Unterbuntsandstein anzusehen. Der oben beschriebene Aufschluß liegt 30 m höher als der Quellenhorizont. Dieser Sandstein kann wegen seiner Dichte nicht als Wasserhorizont angesehen werden. Er muß vielmehr räumlich untergeordnete Bedeutung haben bei der Vorherrschaft des klüftigen Mittelbuntsandsteines. Die Vielfältigkeit in der Ausbildung des Buntsandsteines auf oft engstem Raum mindert die Bedeutung nur eines einzusehenden Aufschlusses erheblich ab. Nur ausreichende Erfahrung im Buntsandstein kann da helfen.

Goßfelden (Lahn)

Die Versorgung des Ortes mit dem nötigen Wirtschaftswasser vollzieht sich aus einzelnen Schachtbrunnen, an die im allgemeinen mehrere Höfe angeschlossen sind. Die Brunnen stehen im Diluvium, Unterbuntsandstein und unteren Mittelbuntsandstein (sm_1). Infolgedessen ist ihre Wasserförderung und -beschaffenheit eine entsprechend verschiedene.

1. Brunnen Bürgermeister Jung, Dorfmitte, 8 m tief mit 3 m Durchmesser. Der Brunnen dient zur Versorgung von 20 Familien und 6 mittleren Bauernhöfen. Eine periodische Schwankung in der Förderungsmenge ist bisher nicht eingetreten, überflüssiges Wasser fließt ständig ab. Das Wasser ist sehr weich und salpeterfrei.

2. Brunnen Jung am SW-Ausgang des Dorfes, 30 m tiefer Rohrbrunnen, starke Abhängigkeit von Trockenheit und feuchter Jahreszeit, Trübung bei Regen.

3. Quelle 400 m westlich des Ortsausganges am Rand Buntsandstein-Alluvium. Die Quelle fließt zu allen Jahreszeiten ohne merkliche Schwankungen frei aus.

Der Brunnen des Bürgermeisters Jung und die Quelle stehen in ursächlichem Zusammenhang insofern, als sie aus gleichen Horizonten das Wasser fördern. Wasserträger ist in beiden Fällen der klüftige untere Unterbuntsandstein. Dieser ist an mehreren Stellen am Talabhang oberhalb und östlich der Quelle in großen Steinbrüchen aufgeschlossen. Es handelt sich um feinkörnigen, nicht sehr harten, dunkelroten Sandstein mit starker horizontaler und vertikaler Klüftung. Auf den Schichtoberseiten finden sich häufig subaquatische Fließwülste. In dem etwa 30 m hohen Profil ist der Sandstein des öfteren so zerfallen, daß sich Bausandsteineinlagen mit regelrechten Sandschichten, die auch für Bauzwecke abgegraben werden, abwechseln. Die Schichten zeigen leichte Sättelung und sind von kleinen durchgehenden Verwerfungen gestört, was den Charakter der Zerklüftung außerordentlich erhöht. Man erkennt eben noch sehr deutlich den zerrüttenden Einfluß der nahen Randverwerfung, die nur 500 m entfernt den Buntsandstein gegen Zechstein (Zo) verwirft.

Dieser Unterbuntsandstein — der als das Hangende des Zechsteines zu deuten ist — wird 500 bis 600 m östlich der Steinbrüche durch eine weitere Verwerfung, diesmal gegen unteren Mittelbuntsandstein abgeschnitten (sm_1). Diese Verwerfung ist für die Wasserführung sehr bedeutsam, ist dieser doch der Anlaß der konstanten Wasserführung des Bürgermeisterbrunnens: das Grundwasser wird an dem dichten Mittelbuntsandstein gestaut und dringt in den in unmittelbarer Nähe liegenden Brunnen des Bürgermeisters Jung ein. Für den Austritt der Quelle aber ist der Taleinschnitt verantwortlich zu machen, der das durch Verwerfungen bedingte Kluftsystem schneidet.

Der Rohrbrunnen Jung führt im Gegensatz zu der Quelle und dem Bürgermeisterbrunnen nur Oberflächenwasser. Der tiefere Grundwasserhorizont liegt so weit unter der Oberfläche des Buntsandsteinrückens, daß das Wasser an der geländemäßig bereits auf Lahntalhöhe liegenden Quelle und Bürgermeisterbrunnen austreten kann, die Rohrbrunnen Jung aber trotz seiner 30 m messenden Tiefe nicht mehr erreicht. Bei der Quelle kommt dann außerdem noch die Zerrüttungszone begünstigend hinzu.

Außer diesen Wasserspendern sind noch verschiedene Schachtbrunnen in den unteren Mittelbuntsandstein abgeteuft. Diese führen aber nur sehr wenig und chemisch stark verunreinigtes Wasser (NO_3).

d) Das zentrale Gebiet

Willershausen

Quelle 400 m nördlich des Dorfes in der Wiese, für Versorgung des Dorfes gefaßt. Die Schüttungsmenge ist mit 18—36 cbm/Tag recht verschieden und jahreszeitlich bedingt. Ziemlich eisenhaltig.

Wasserbeschaffenheit sowie die sehr schwankenden Schüttungsmengen weisen auf Oberflächenwasser. Die Anpflanzung einer bislang kahlen Fläche mit Kiefern führte vor Jahren, wie mir der ehemalige Bürgermeister des Dorfes berichtete, zum Versiegen der Quelle. Der darauf erfolgte Kahlschlag bewirkte das Neuaufleben der Quelle. Die Quelle ist also eindeutig an geologische Störungslinien nicht gebunden.

Willersdorf

1. Quelle am W-Ausgang des Dorfes unmittelbar an der Straße nach Bottendorf. Die Quelle ist für eine zentrale Versorgung des Ortes vorgesehen (bisher geschieht die Versorgung aus Einzelschachtbrunnen).
2. Quellenreihe nördlich des Dorfes im Alborngrund.
3. Zwei Quellen im Buchbachgrund, wo die Straße Willersdorf-Oberholzhausen aus der Talgabelung heraustritt.

Die Schüttungsmenge der Quellen konnte nicht gemessen werden. Die Leistung ist jedoch von allen Quellen nicht unerheblich. Vor allem ist nicht bekannt geworden, daß die Quellen jahreszeitlichen Schwankungen unterlägen.

Die Quellen 1 und 2 sind an deutlich aufgeschlossene Verwerfungen gebunden, die Unterbuntsandstein gegen Mittelbuntsandstein absetzen. Dort, wo die Taleinschnitte die Verwerfungen kreuzen, treten die Quellen auf.

Der Mittelbuntsandstein, der hier in 2 bis 10 cm starken Platten vorliegt und eine kräftige Vertikalklüftung zeigt, scheint jedoch weniger als

Wasserträger in Frage zu kommen, da er nur in einigen kleinen Schollen vorliegt. Der Unterbuntsandstein ist jedoch, soweit er aufgeschlossen ist, von toniger Beschaffenheit, so daß zumindest seine oberflächlichen Lagen als Wasserstauer anzusehen sind. Der ergiebige Wasserträger ist meines Erachtens der klüftige untere Unterbuntsandstein, der an den Zerrüttungszonen der Verwerfungen befähigt wird, sein Grundwasser nach oben abzugeben.

Die Quellen unter 3 sind nach denselben Voraussetzungen nicht zu erklären, da eine Verwerfung nicht nachzuweisen ist. Das Tal ist mit Alluvium ausgefüllt, zu beiden Talseiten steht Unterbuntsandstein an. Dennoch muß auf Grund ihrer Perennität ein Zusammenhang mit tieferen wasserführenden Schichten angenommen werden.

Bottendorf-Wolkersdorf

1. Quelle 700 m SSW Bottendorf, 50 m ostwärts der Reichsstraße 252. Die Quelle ist gefaßt und wird zur Versorgung von Frankenberg mit benutzt. Schüttungsmenge 3000 cbm/Tag ohne meteorologisch bedingte Schwankungen.

2. Quelle Domäne Wolkersdorf gegenüber der Domäne 300 m westlich der Reichsstraße 252, dient zur Versorgung von Wolkersdorf (8 Familien, 20 Rinder). Schüttungsmenge konstant ohne meteorologische Beeinflussung.

3. Heiberscher Born am Talrand der Nempfe etwa 500 m südlich von Wolkersdorf, 450 m ostwärts der großen Kurve Reichsstraße 252. Quelle ist gefaßt zur Versorgung von Bottendorf. Die Schüttung ist konstant, wenn auch nicht sehr hoch.

4. Helmersdorfer Quelle im Helmersdorfer Grund, etwa 700 m westlich der Reichsstraße 252. Hauptquelle zur Versorgung von Bottendorf seit 1930 in Nutzung. Konstante, ergiebige Schüttung. Außer der Versorgung von Bottendorf mit

1100 Einwohnern
50 Pferden
450 Rindern
150 Stück Jungvieh

fließen noch große Mengen ungenutzt zur Nempfe ab. Chemische Analysen waren von allen 4 Quellen nicht zu erhalten.

Die Quelle 1 liegt an der gleichen N-S streichenden Verwerfung, die uns begegnet bei den Quellen „Prielsborn" und „Ledermühle" im S von Frankenberg. Es ist die Verwerfung, mit der sich DENCKMANN (1901) ausführlich schon beschäftigt hat. Als jüngere Verwerfung schneidet sie die große Randverwerfung im NW der Frankenberger Bucht und läßt sich nach S im Nempfetal weiter verfolgen, wo sie im nördlichen Teil Zechstein gegen Unterbuntsandstein und dann weiter nach S Unterbuntsandstein (im O) gegen Mittelbuntsandstein (im W) verwirft.

An der Quelle (DENCKMANN hat sie als „Wolkersdorfer Quelle" bezeichnet) wird die N-S-Verwerfung von einer OSO-WNW-Verwerfung gekreuzt. Nordöstlich steht Unterbuntsandstein, südwestlich Mittelbuntsandstein an. Diese Gesteine lassen sich allerdings erst etwas weiter östlich an den Berghängen des Tales ausmachen, während das Quellgebiet von Diluvium und Alluvium bedeckt ist. Der Unterbuntsandstein hat tonige Beschaffenheit, der Mittelbuntsandstein ist grobkörnig und klüftig. An der Zerrüttungszone der Verwerfungskreuzung tritt die Quelle zutage.

Die für die Versorgung von Wolkersdorf gefaßte Quelle (Quelle Domäne Wolkersdorf) liegt in einer mit Diluvium angefüllten schwachen Mulde im W der soeben beschriebenen N-S-Verwerfung. Daß sich noch eine zweite, parallele Verwerfung auf der W-Seite des Nempfetales entlangzieht, durch Diluvialbedeckung aber dem Einblick entzogen ist, hat schon DENCKMANN vermutet. Durch das Auftreten einer immer laufenden Quelle wird die Vermutung bestärkt. Weiter im SW kann dann auch eine über etwa 600 m Länge N-S streichende Verwerfung tatsächlich ausgemacht werden, die Unterbuntsandstein im W gegen Mittelbuntsandstein im O verwirft.

An dieser Verwerfung kreuzt der ost-westlich gerichtete Helmersdorfer Grund. Der W-Teil des Grundes besteht aus Unterbuntsandstein, der aber schon in einem kleinen südwestlichen Ausläufer des Grundes gegen Mittelbuntsandstein verworfen wird. Dann folgt in östlicher Richtung der etwa 1100 m lange, von Alluvium und Diluvium erfüllte Helmersdorfer Grund. Jenseits des Nempfetales, auf das der Helmersdorfer Grund senkrecht aufstößt, setzt sich ein Verwerfungsbüschel mit W-O- und NNW-SSO- bis N-S-Richtung fort. Mehr oder weniger durchlässige Gesteine des Mittelbuntsandsteines werden gegeneinander verworfen. Allem Anschein nach ist die W-O-Verwerfung, die hier östlich des Nempfetales gegenüber dem Helmersdorfer Grund sichtbar wird, eine Fortsetzung der westlich des Helmersdorfer Grundes W-O streichenden Verwerfung. Innerhalb des Grundes selbst bleibt die Verwerfung durch die Bedeckung mit jungen Schichten zwar unsichtbar, aber durch das Auftreten der Quelle an der Schnittstelle der von N kommenden Verwerfung (siehe Quelle „Domäne Wolkersdorf") mit dem Helmersdorfer Grund ist das Zusammenfallen dieses Grundes mit der O-W-Verwerfung so gut wie sicher. Die Lage des Helmersdorfer Grundes auf der Zermürbungszone der Verwerfung findet damit ebenfalls ihre Erklärung.

Rosenthal (Burgwald)

„Frauenborn". Es ist ein Quellgebiet im Tal der Talhäuser Wiesen, etwa 2000 m nordnordwestlich der Stadt zwischen Mühlberg und Schönelsberger Kopf. Es treten hier

Datum	Hauptquelle		Nebenquelle	
	Liter	in Sekunden	Liter	in Sekunden
18. 7.	14	1½	14	5
1. 8.	14	1½	14	5
13. 8.	14	1½	14	5
1. 9.	14	1½	14	4½
16. 9.	14	1½	14	4½
1. 10.	14	1½	14	4½
15. 10.	14	1½	14	4½
1. 11.	14	1½	14	4½
5. 11.	14	1½	14	4½
12. 11.	14	1½	14	5
19. 11.	14	1½	14	5
26. 11.	14	1½	14	5
3. 12.	14	1½	14	5
10. 12.	14	1½	14	5

zwei bedeutende Quellen aus: eine „Hauptquelle" mit 806 cbm Tagesleistung und eine „Nebenquelle" mit 240 cbm Tagesleistung. Nur die Nebenquelle ist zur Versorgung des Ortes gefaßt. Die Hauptquelle fließt frei aus in den Talhäuser Bach. Die Quelle ist seit 1908 zur Versorgung des Ortes ausgenutzt worden, hat seitdem keine merkliche Schwankung in der Schüttungsmenge gezeigt. Eine Messung ergab folgendes Ergebnis. (Siehe Tabelle vorhergehender Seite.)

Chemische Analyse (landwirtschaftl. Versuchsstation Kassel 1907 und 1908):

NH_3, NO_2, Fe, Pb, Cu	—	—
Abdampfrückstand	220 mg/l	170 mg/l
Glührückstand	200 „	150 „
Glühverlust	20 „	20 „
Organ. Substanz	1,4 „	0,9 „
Chlor	5 „	5 „
Salpetersäure	3,2 „	2,0 „
Härte	5,1	4,8

Eine weitere starke Quelle liegt etwa 600 m nordnordöstlich vom Frauenborn und einige kleinere befinden sich am NW-Ende des Talhäuser Tales. Diese Quellen fließen alle ungenutzt aus.

Die geologische Situation ist hier sehr einfach. Zu beiden Seiten des Tales steht ein dunkelroter, dünnplattiger Sandstein, von tonigen und lettigen Lagen unterbrochen, an. In den unteren Partien wird er massiger, tonfreier und klüftig. Es ist der Übergang in den unteren Unterbuntsandstein. Das Hangende ist der obere Unterbuntsandstein. Der klüftige untere Unterbuntsandstein ist mit Wasser angefüllt, das von dem tonigen Hangenden gestaut wird. In den tiefsten Partien des Talhäuser Tales wurde die wasserstauende Schicht herauserodiert und die wasserführende angeschnitten.

Zur Frage der Herkunft der so groß und konstant anfallenden Wassermengen ist wesentlich zu bemerken, daß der Unterbuntsandstein in nur geringer Entfernung weiter westlich von einer großen N-S streichenden Verwerfung gegen Mittelbuntsandstein abschneidet. Damit wird nämlich die Verbindung zu der bei Bottendorf entlangstreichenden wichtigen N-S-Verwerfung hergestellt bzw. zu dem ganzen Verwerfungssystem zwischen Bottendorf und Willersdorf.

Bracht

1. Starke Quelle am N-Ende des „Rotes Wasser"-Tales nördlich Bracht. Viele kleine Quellaustritte das gesamte Tal abwärts. Das Wasser fließt frei ab.

2. Brunnen. Die Wasserversorgung des Ortes wird aus Einzelschachtbrunnen, denen zum Teil mehrere Höfe angeschlossen sind, bestritten. Der Wasseranfall ist ein recht reichlicher und gleichmäßiger. Das Wasser ist weich. Der Gehalt an aggressiver Kohlensäure liegt um 12 mg/l. Mangan fehlt, Eisen ist in Spuren vorhanden.

Ein 16 m tiefer, neu geschachteter Brunnen am NO-Ausgang des Dorfes sowie ein von hier unterhalb des Brunnens liegender Stollen zeigen dunkelroten, etwas tonigen, sehr fein zerklüfteten dünnlagigen Sandstein. Dieser ist nicht wasserführend.

Nach Durchteufung dieser Schicht trifft man auf hellen Sand, aus dem das Wasser beim Anschneiden hervorquillt. Der Druck ist ganz gering, jedoch bleibt der Anfall bei Nutzung gleichmäßig bestehen, so daß bei keinem Brunnen

Rückgang in trockener Jahreszeit zu verzeichnen ist. Sämtliche Brunnen reichen in diesen sandigen Horizont hinein.

An der Straße nach Oberrosphe am Waldrand westlich von Bracht ist dieser Sand in einer Grube aufgeschlossen. Es handelt sich um mittelkörnigen, praktisch bindemittelfreien, hellen bis gelben Sand mit einzelnen sehr dünnen, verfestigten Lagen. Es ist der „Stubensand" des unteren Mittelbuntsandsteines (sm_1).

Dieser Stubensand ist also infolge der Beraubung jeglichen Bindemittels zum Wasserträger geworden, und der dichte, noch konglomeratfreie obere Mittelbuntsandstein ist in diesem Falle der Wasserstauer. Seine Klüftung ist hier außerordentlich fein, so daß seine Wasseraufnahmefähigkeit noch so gering bleibt, daß es zur Grundwasserhorizontbildung darin nicht kommen kann.

Schönstadt

1. Quelle Horchenbach, 1300 m westnordwestlich des Ortes im Grund westlich des trig. Punktes 217,8. Zwei Fassungen zur Versorgung des Ortes Schönstadt. Die Quellen unterliegen starken jahreszeitlichen Schwankungen. Die Schüttungsmenge zu Beginn der Nutzung im Jahre 1912 von 72 cbm/Tag ist bis heute auf die Hälfte gesunken.

Chemische Analyse (Hygien. Institut Marburg):

Abdampfrückstand	495	mg/l
Glühverlust	200	„
Chlor	8	„
NH_3	Spur	
NO_2	—	
NO_3	7,5	„
Organ. Substanz	2,04	„
Eisen	1	„
Mangan	—	
Härte	24	
Freie Kohlensäure	—	

2. Quelle in den Winterwiesen, etwa 1300 m östlich des Ortes, 200 m südlich des trig. Punktes 253,6. Sehr starke Reaktion auf Niederschlag und Trockenzeit. Schüttungsmenge in der feuchten Jahreszeit um 30 cbm/Tag.

Diese Quellen werden von Wässern gespeist, die aus diluvialen, Ober- und Mittelbuntsandsteinschichten, die hier in bunter Verworfenheit nebeneinander liegen, zusammengetragen und in dem alluvialen Horchenbachgrund zur Quelle gesammelt werden. Daß es sich um reines Oberflächenwasser handelt, beweisen sowohl Schüttungsmengen wie die chemische Analyse. Der abgesunkene Rötton erweist sich als Sperre für jeglichen Zufluß aus tieferen Zonen.

e) Zusammenstellung der Ergebnisse unter a bis d

Die Einzelbeschreibungen der Quellgebiete der Frankenberger Bucht sind über Menge und Herkunft des Grundwassers in bezug auf die jeweilige geologische Situation bereits so einleuchtend, daß wir uns mit wenigen Worten, das Wesentliche herauszuheben, begnügen können.

Sämtliche Quellen, die eine hohe, von meteorologischen Einflüssen unabhängige, konstante Wassermenge zeigen, liegen entweder an einem Kluftsystem einer Verwerfung selbst (Kirschgarten, Ellershausen, Geismar, Frankenberg usw.), oder aber das Quellgebiet kann zu einer nahe gelegenen Verwerfung in Beziehung gesetzt werden (Rosenthal, Münchhausen z. B.). Hier ist dann der klüftige Buntsandstein infiltriert. Wird dessen hangende, wasserstauende Schicht durch Erosion abgetragen (wie in Rosenthal), so tritt das Grundwasser als starke Quelle zutage. Die Entfernung von der Quelle zu den großen Randverwerfungen ist dabei von untergeordnetem Belang.

Unter günstigen Umständen der Schichtenführung kann auch reines Buntsandsteinwasser, das also seinen Einzug im Buntsandsteingebiet selbst hat, zu recht ergiebigen Quellen führen, die für die Wasserversorgung kleinerer Ortschaften durchaus ausreichend sind. Dies ist der Fall in der Gegend um Bracht und Wetter. Das Wasser ist gutes Wirtschaftswasser, kann aber seine Herkunft aus oberflächennahen Schichten bei der chemischen Analyse nicht verleugnen, wenn auch eine meteorologische Beeinflussung praktisch ohne Auswirkung bleibt.

Immer aber sind die Quellen weitaus am ergiebigsten, die mit starken Verwerfungslinien und diese wieder mit den „Randverwerfungen" in enger bzw. mittelbarer Verbindung stehen. Als eklatante Beispiele ragen in der Frankenberger Bucht hervor der „Heiligenborn" bei Wiesenfeld, die Wolkersdorfer Quelle, die Quellen im Gernhäuser Tal östlich Frankenberg, der „Kirschgarten" und ebenso die zwar von mir nicht untersuchten Quellen bei Ernsthausen a. d. Wohra, die um 5000 cbm pro Tag liefern sollen.

Das nicht oberirdisch abfließende Wasser dringt in den triadischen Absenkungsraum ein und wird von den Spalten des klüftigen Buntsandsteins aufgenommen. Dieses wird langsam in Richtung des Einfallens der Gesteinsschichten durchflossen. Immer wieder ergänzen sich die Wassermassen aus den Zuläufen des paläozoischen Gebirges. Auch autochthones Wasser des Buntsandsteins untermengt sich natürlich und dringt zu den tieferen Grundwasserhorizonten hinab. Daß aber in der Mitte der Frankenberger Bucht die Quellen weniger und die Schüttungsmengen geringer werden, liegt nur daran, daß die Wassermengen nicht entsprechend mobilisiert werden. Mobilisierungskräfte können sein:

1. Taleinschnitte, die einen Grundwasserhorizont anschneiden;
2. Verwerfungslinien, die ein mehr oder weniger starkes Kluftsystem im Gefolge haben und
3. Tiefbohrungen, die zu den Horizonten vordringen und eventuell noch zur Vereinigung der Wässer verschiedener Horizonte führen. Mit diesen drei Voraussetzungen ist es um die Mittelachse der Frankenberger Bucht schlecht bestellt.

Auf ein Phänomen möchte ich noch hinweisen: Wir haben gesehen, daß die Quellen vielfach auf einer Linie liegen, eine Quellinie bilden. Als Beispiele seien herausgegriffen das Wohratal, das Tälchen zwischen Allendorf (Kr. Frankenberg) und Ellershausen, das Nempfetal Frankenberg-Bottendorf usw.

Wir haben diese Anordnung der Quellage mit den Störungslinien der Verwerfungen in Zusammenhang gebracht und den Verlauf einer Störungslinie, die mit anderweitigen Mitteln nicht zu verfolgen war, mit Hilfe der Quellaustritte festlegen können (z. B. Ellershausen-Allendorf Kr. Frankenberg und v. a. m.). Es scheint mir außerordentlich wichtig, auch hier darauf hinzuweisen, wie bedeutungsvoll die Berücksichtigung der hydrogeologischen Verhältnisse für die Klarstellung der Tektonik irgendeines untersuchten Gebietes sein kann. Nassenerfurth und Allendorf haben ja gleichfalls eine entsprechende Aufhellung erfahren.

Auf derselben Linie liegt die Entstehungsgeschichte der Flußtäler. Auf tektonischen Störungslinien treten Quellen hervor, deren Wässer sich zu Flüssen vereinigen und auf der Schwächezone der Störung ein Erosionstal herausbilden können. Es ist verschiedentlich in der Literatur darauf hingewiesen worden [Kegel (1938), Stille (1913)]. In der Frankenberger Bucht konnten wir mehrere Tälchen, die mit Verwerfungen zusammenliegen, nachweisen, wie das auch schon Dienemann (1915) getan hat. Wenn wir das Flußtalsystem der Frankenberger Bucht in der Gesamtheit betrachten, so ist die richtungsmäßige Übereinstimmung aller Flußtäler mit den Hauptverwerfungsrichtungen — SO-NW, SW-NO, N-S — unverkennbar. Es wäre eine dankbare Aufgabe, auch hier zu versuchen, nachzuweisen, wie weit die Störungslinie an der Schaffung der Talsysteme die Voraussetzung geboten haben.

E. Zusammenfassung

Denckmann (1901) hat bei der Beschreibung der Wolkersdorfer Quelle erstmals nachgewiesen, daß die von den großen Buntsandsteinquellen geschütteten Wassermengen ihr Einzugsgebiet weit außerhalb des Buntsandsteingebietes, nämlich im paläozoischen Rheinischen Gebirge haben. Im Kluftsystem des alten Gebirges wird das Wasser gesammelt, von der jeweils jüngeren Kluft aufgenommen, bis schließlich die großen Randverwerfungen des Rheinischen Gebirges mit ihren jüngsten und kräftigsten Störungslinien auch die kräftigsten Wasserträger werden. Werden diese Randverwerfungen wiederum von noch jüngeren Verwerfungen, die in den Buntsandstein beispielsweise hineinstreichen, geschnitten, dann bleibt ihr Kluftsystem die Voraussetzung zum Auftreten der Quellen im Buntsandstein selbst.

Es galt, in dieser Arbeit die Gültigkeit der Denckmannschen Darlegung, die sich vornehmlich auf die Untersuchung der Wolkersdorfer Quelle beschränkte, für das oberhessische Buntsandsteingebiet allgemein nachzuprüfen.

Das Ergebnis ist folgendes:

1. Im Buntsandstein der Frankenberger Bucht tritt eine große Anzahl von perennierenden Quellen auf, deren Schüttungsmenge nicht mit einem zuzuordnenden Einzugsgebiet innerhalb des Buntsandsteins in Einklang zu bringen ist. Die Schüttung geht meist weit über das zu errechnende Maß hinaus.

2. Im allgemeinen sind die Quellen innerhalb des staffelförmig angelegten Abbruchgebietes am paläozoischen Gebirge zum mesozoischen Schichtenkomplex am ergiebigsten. Eine Abhängigkeit dieser wie der unter 1 aufgeführten Quellen von meteorologischen Einflüssen ist nicht feststellbar.

3. Innerhalb des Buntsandsteingebietes gibt es — zwar in zahlenmäßiger Unterlegenheit — ebenfalls Quellen, die denen des Randgebietes weder in Schüttungsmenge noch in der Perennität nachstehen.

Alle diese unter 1 bis 3 genannten Quellen hängen mittelbar oder unmittelbar mit Störungsgebieten zusammen. Je stärker die Zerrüttung infolge der Verwerfung und je undurchlässiger ein sich vor das Kluftwasser setzender Stauer ist — dies gilt besonders für tonigen Unterbuntsandstein gegenüber stark klüftigem Mittelbuntsandstein —, um so kräftiger ist auch der Wasseranfall. Da die Randverwerfungen die weitaus kräftigsten sind, der Unterbuntsandstein sich als hervorragender Stauer davorlegt, können auch die Quellaustritte hier am kräftigsten und häufigsten sein. Mit zunehmender Entfernung von den Randverwerfungen aber werden auch die Verwerfungen, die mit jenen in unmittelbarer Verbindung stehen, weniger häufig. Das hat zwangsläufig ein zahlenmäßiges Abnehmen der perennierenden Quellen im Gefolge.

Jedoch spielt hier die Entfernung des Quellgebietes von einer der großen Randverwerfungen in bezug auf Schüttungsmengen keine entscheidende Rolle. Entscheidend ist in erster Linie der Grad der Mächtigkeit derjenigen Verwerfung, die als die jüngere die ältere Randverwerfung wiederum verwirft.

4. Das Fehlen von konstant laufenden Quellen über größere Erstreckung des Buntsandsteingebietes ist kein Beweis für das Fehlen größerer Mengen Grundwassers überhaupt; vielmehr ist der klüftige Buntsandstein, das gilt sowohl für den Unter- wie den Mittelbuntsandstein, ein hervorragender Wasserträger. Aus den Kluftsystemen der Verwerfungen dringt das Grundwasser in die mehr oder weniger fein geklüfteten Buntsandsteinschichten ein und benutzt diese als Durchflußgebiet in Richtung ihres Einfallens. Dabei werden auch wasseraufnahmefähige Schichten anderer geologischer Zeitalter mit Wasser erfüllt, die an die wasserführenden Schichten des Buntsandsteins anstoßen. Ein Zutagetreten des Grundwassers wird aber erst ermöglicht durch einen Wasserstauer, der sich als Barriere der Fließrichtung entgegenstellt, wie das durch eine Verwerfung geschehen kann oder durch Verringerung der Mächtigkeit des Grundwasserhorizontes. Nicht das Grundwasservorkommen ist somit an Verwerfungszonen gebunden, sonder nur der Grundwasseraustritt. Dieser kann ferner ermöglicht werden durch Erosion, die einen Grundwasserhorizont höherer Schichten anschürft. Und endlich kann der künstliche Eingriff mitten in den Grundwasserstrom hinein, d. h. durch Bohrungen, das Grundwasser oberflächlich in Erscheinung treten lassen. Das hat vor allem großen praktischen Wert für die Planung und Lenkung der Wasserversorgung.

Der Buntsandstein als Wasserträger läßt sich mit dem Wattenmeer vergleichen: bei aufkommender Flut werden zuerst die Priele aus dem unerschöpflichen Wasserreservoir des Meeres gespeist. Aus den vollgelaufenen Prielen

spült das Wasser über die weiten Ebenen des Watts, diese mit einer immer wachsenden Wassermenge erfüllend. Das unerschöpfliche Wasserreservoir sind die verzweigten Klüfte des alten Gebirges. Sie geben das Grundwasser zunächst an die mächtigen Kluftsysteme der Randverwerfungen ab, die wiederum die sich anschließenden Klüfte der in den Buntsandstein hineinragenden Verwerfungen mit Wasser erfüllen. Schließlich fassen auch diese die wachsenden Wassermassen nicht mehr und geben sie an die weiten Räume des klüftigen Buntsandsteins ab, diese „überschwemmend", wie die überlaufenden Priele das Wattenmeer. DENCKMANN bezeichnete die Sprunghöhe aller staffelförmigen Abbrüche am Rande des Rheinischen Gebirges mit zusammen etwa 500 m. Die Tiefbohrung in Allendorf (Kr. Hersfeld) erreichte erst bei 593 m Teufe in durchgehendem Buntsandstein den Zechstein. Dieses Bohrergebnis gibt einen Begriff von der Wasserfassungsmöglichkeit des Buntsandsteins.

5. Auch die Klüfte derjenigen tektonischen Störungszonen innerhalb des Buntsandsteins, die keine direkte Kluftverbindung mit den Randverwerfungen haben, sind besonders ergiebige Wasserspeicher. Sie sind es um so mehr, je tiefer sie den Buntsandstein zerreißen. Dadurch werden nämlich verschiedene Grundwasserhorizonte miteinander verbunden, so daß sie alle gemeinsam nun ihrerseits das Kluftsystem mit Wasser speisen. Dieses wird dadurch zu einer Art Wasserbassin, das über einen leicht greifbaren und schnell ergänzbaren Wasservorrat verfügt, ohne daß ein Wasserstauer im üblichen Sinne vorhanden wäre. Das hat bedeutenden praktischen Wert für die Anlage von Wasserbohrungen (siehe Allendorf, Kr. Marburg).

6. Für die Erstellung von Wasserversorgungsanlagen größerer Bedarfsmengen im hessischen Buntsandsteingebiet müssen folgende Gesichtspunkte maßgebend berücksichtigt werden:

a) Vorhandensein von kluftführenden Störungszonen, die mit den Randverwerfungen des paläozoischen Gebirges in mittelbarer oder unmittelbarer Beziehung stehen.

b) Tiefgreifende Kluftsysteme, die auch ohne Beziehung zu den Randverwerfungen innerhalb des Buntsandsteins möglichst zahlreiche Grundwasserhorizonte miteinander verbinden.

c) Schichtmächtigkeit des Buntsandsteins.

d) Verwerfungen, die undurchlässige Buntsandsteinschichten (z. B. oberer Unterbuntsandstein) gegen wasseraufnahmefähige Buntsandsteinschichten (z. B. klüftiger Mittelbuntsandstein) versetzen.

Aus allem ergibt sich zusammenfassend, daß der fundamentale Träger der Grundwasserbevorratung im hessischen Buntsandsteingebiet die Klüftung des Gesteins ist. Das gilt sowohl für die groben Kluftsysteme der Störungszonen wie für die feine Klüftelung der Gesteinseigenart. Diese Zerklüftung bewirkt die Verbindung zu den paläozoischen, ebenfalls stark zerklüfteten Gebirgen, die das mit vornehmlich mesozoischen Gesteinen erfüllte Gebiet Hessens umrahmen bzw. sich als westliche Begrenzung anlegen.

Mit dieser Feststellung, die sich auf die zahlreichen besprochenen Beobachtungen und Messungen stützt, erlangt die DENCKMANNsche These über den

Ursprung der Wolkersdorfer Quelle für das gesamte besprochene Randgebiet des Rheinischen Gebirges Allgemeingültigkeit. Es wird aber auch offenbar, daß nur auf geologischer, d. h. auf wissenschaftlicher Grundlage, alle Möglichkeiten der Prospektierung und Ausbeute planvoll erschöpft werden können.

Tabelle 1. Grundwasserspiegelstände in den Bohrungen Allendorf, Kr. Marburg.

Nr. der Bohrung	Oberkante Bohrung in Höhe über NN	Grundwasserspiegelstände in Höhe über NN					
		nach erstem Auftreten des Grundwassers	am Ende der Bohrung	am 2. 10. 42	am 15. 4. 43	am 2. 1. 44	am 1. 9. 44
2	218,46	202,50	205,00	201,86	200,50	196,06	192,66
2a	210,86	199,00	205,00	199,61	199,40	195,06	192,26
3	212,93	203,00	204,00	201,43	198,85	193,23	190,63
3a	207,47	202,00	204,00	198,27	196,50	192,87	191,10
4	204,80	203,00	Überlf.	197,50	195,75	191,30	189,90
5	211,94	205,00	207,00	197,84	196,20	192,44	193,67
6	209,29	200,00	204,00	197,88	194,80	194,29	193,68
6a	215,83	205,00	204,00	194,73	194,70	190,03	193,78
7	204,78	202,00	202,50	195,92	194,80	192,98	194,28
8	207,28	205,50	204,50	195,88	194,40	192,58	191,50
9	208,42	201,00	205,00	195,72	195,45	190,02	187,46
10	211,83	209,50	207,00	198,68	196,60	194,83	189,38
11	212,49	205,00	205,00	201,29	196,60	193,89	188,43
12	217,22	209,00	212,00	203,07	199,20	194,92	193,12
13	219,74	211,50	214,50	210,64	203,20	196,94	200,59
14	222,07	214,00	216,00	211,62	204,20	198,67	199,32
15	223,07	220,00	Überlf.	220,27	210,70	196,57	202,13
16	227,76	224,00	222,50	221,58	207,90	199,86	202,91
17	230,92	225,00	224,50	223,00	209,85	202,62	203,52
18	234,18	229,00	230,00	227,91	214,50	207,58	209,48
19	223,80	219,90	213,00	209,70	209,40	200,70	197,48
20	212,50	211,00	209,60	211,70	211,50	201,30	195,35
21	211,70	208,60	212,00	210,80	210,30	206,10	199,85
22	209,75	208,50	209,70	210,00	Überlf.	203,95	199,35
23	207,80	210,00	214,00	210,50	210,40	202,36	199,26
24	208,70	210,00	215,00	211,50	211,30	202,96	198,06
25	210,45	211,00	216,00	213,65	213,65	204,25	196,75
26	214,70	212,80	216,20	214,50	214,50	210,20	199,56
27	218,24	216,85	218,50	216,40	216,65	212,54	202,86
28	220,45	217,90	218,50	217,20	217,50	213,25	209,77
29	229,03	214,20	219,40	218,00	217,80	214,03	210,87

Tabelle 2. Ergebnisse der chemischen Untersuchung in den Bohrungen Allendorf, Kr. Marburg.

Nr. der Bohrung	Gesamthärte	Chloride	Nr. der Bohrung	Gesamthärte	Chloride
2			15	6,4	8,8
2a	nicht untersucht		16	6,0	10,2
3			17	5,2	12,1
3a	6,1	10,2	18	5,6	13,8
4	7,0	9,2	19	5,9	14,2
5	6,2	9,4	20	4,2	21,2
6	6,0	9,3	21	7,5	10,2
6a	6,1	9,6	22	4,4	11,4
7	7,2	9,2	23	6,4	9,8
8	7,6	9,5	24	5,2	10,0
9	6,4	9,5	25	2,9	9,7
10	6,2	9,8	26	3,2	8,9
11	6,1	9,8	27	3,6	10,3
12	5,6	12,4	28	3,9	10,6
13	6,8	11,5	29	4,5	14,2
14	7,3	9,5			

Tabelle 3. Artesischer Druck des obersten Grundwasserhorizontes, Bohrungen Allendorf, Kr. Marburg.

Nr. der Bohrung	Erstes Auftreten des Grundwassers in Höhe über NN	Steighöhe über NN	Druckhöhe in Meter
2	190,0	202,5	+ 12,5
2a	195,0	199,0	+ 4,0
3	195,0	203,0	+ 8,0
3a	195,0	202,0	+ 7,0
4	191,0	203,0	+ 12,0
5	205,0	205,0	± 0,0
6	180,0	200,0	+ 20,0
6a	207,0	205,0	— 2,0
7	202,0	202,0	± 0,0
8	205,0	205,5	+ 0,5
9	194,0	201,0	+ 7,0
10	208,0	209,5	+ 1,5
11	195,0	205,0	+ 10,0
12	194,0	209,0	+ 15,0
13	206,0	211,5	+ 5,5
14	209,0	214,0	+ 5,0
15	210,5	220,0	+ 9,5
16	223,0	224,0	+ 1,0
17	225,0	225,0	± 0,0
18	227,0	229,0	+ 2,0
19	218,0	219,9	+ 1,9
20	205,0	211,0	+ 6,0
21	206,0	208,6	+ 2,6
22	205,0	208,5	+ 3,5

Nr. der Bohrung	Erstes Auftreten des Grundwassers in Höhe über NN	Steighöhe über NN	Druckhöhe in Meter
23	198,0	210,0	+ 12,0
24	206,0	210,0	+ 4,0
25	206,0	211,0	+ 5,0
26	210,0	212,8	+ 2,8
27	214,0	216,8	+ 2,8
28	215,0	217,9	+ 2,9
29	213,8	214,2	+ 0,4

Tabelle 4. Wasserfördermenge der Bohrungen in Allendorf, Kr. Marburg.

Nr. der Bohrung	Abgepumpte Wassermenge in cbm/Tag am		
	15. 4. 43	2. 1. 44	1. 9. 44
2			2060
2a	2460	2210	2120
3		2330	2140
3a	2240	2380	2000
4	2330	2160	2230
5	2130	2080	2650
6	1750	2490	2330
6a	2130	2260	2220
7	2020	2090	2360
8	2300		1970
9	1810		1950
10		530	
11	2280	580	1850
12	1590		1130
13	1670		2330
14	2560		2190
15	1820	2400	2580
16	2040	2460	
17	2170	2290	
18	2320	2440	
19			1990
20			1800
21			1900
22			1660
23			2060
24			2120
25			2020
26			2020
27			1970
28			
29			

Tabelle 5. Grundwasserspiegelstände in den Brunnen Allendorf, Kr. Marburg.

Name (Lage) der Brunnen	Höhe der Brunnenoberkante über NN	Spiegelstand vor Schüttung der Tiefbohrungen Allendorf	Grundwasserspiegelstände in Höhe über NN am			
			2. 10. 42	15. 4. 43	2. 1. 44	1. 9. 44
Schmitthoff	223,25	222,00	221,90	221,90	220,75	219,65
Allendorf 270	257,10	248,00	247,20	246,90	246,90	247,10
Allendorf 225	254,51	242,00	242,51	240,20	239,20	238,71
Allendorf 71	247,68	246,00	246,75	246,10	246,28	246,08
Badeanstalt	226,72	227,50	226,62	226,70	226,72	226,22
Bahnw.km 83,1	238,14	234,60	234,09	233,50	232,94	232,84
Bahnw.km 83,8		216,50	214,28	213,70		
Bahnw.km 84,9	226,22	217,22	210,54	210,20	209,82	209,82
Förster Hof	210,44	206,74	202,21	203,70	203,24	203,24
Netz						
Hof Netz	209,41		209,21	209,40	209,41	208,86
Langenstein Ost	211,48	211,13	209,64	210,20	205,59	203,98
Langenstein West	211,25	210,80	209,53	207,70	207,75	209,25
Bahnw.km 85,8	222,89	216,89	213,29	213,40	212,79	212,99
Langenstein 153	225,90		222,08	222,80	220,70	222,40
Bahnw.km 86,4	217,19	215,29	214,29	214,80	213,19	214,49
Bahnw.km 87,0		216,57	216,15	217,60		
Pumpwerk	197,53		195,75	195,65	195,73	194,73
Kirchhain						
Wiese Plausdorf	198,49	197,40	197,54	197,65	196,19	196,49
Pumphaus Wiese	198,49	197,44	197,81	197,60	196,19	196,49
Niederklein	208,56	207,80	208,12	208,20	204,56	204,76
Nixmühle	207,05		206,78	206,40	206,75	206,93
Klein a. Nixbrunnen	203,80		203,54	203,40	202,86	203,26
Nixbrunnen	204,87		204,77	204,40	203,82	203,07
Totenmühle	203,51		203,33	203,40	203,51	203,36
Mühlgraben	200,76		200,38	200,20	200,26	200,26
Totenmühle Klein						
Totenmühle-Quelle		204,52	versiegt			
Quelle Plausdorf		200,90	versiegt			
Graben	200,81	200,14		200,00	200,71	200,71
Bahnw.km 81,2	243,43		240,55	240,40	239,33	239,33
Bahnw.km 80,6	246,65		242,90	243,20	242,85	242,85
Bahnw.km 72,3	252,89		250,54	250,70	250,49	250,29
Bahnw.km 76,2	276,97		263,50	263,30	262,97	262,47

Tabelle 6. Chemische Analyse der Quellen- und Brunnenwässer um Allendorf, Krs. Marburg

Name (Lage) der Quellen bzw. Brunnen	Gesamthärte	Chloride mg/l
Bahnw.km 83,1	12,5	44,0
Bahnw.km 83,8	4,8	2,8
Bahnw.km 84,9	2,9	14,3
Förster Hof Netz	7,1	25,8
Quelle Hof Netz	10,4	13,5
Langenstein Ost	13,2	20,5
Bahnw.km 85,8	9,8	16,8
Langenstein 153	29,0	106,0
Bahnw.km 86,4	19,8	65,4
Bahnw.km 87,0	34,2	64,3
Bahnw.km 87,5	29,8	122,0

Anmerkung: Von den übrigen untersuchten Quellen und Brunnen in der Umgebung von Allendorf (siehe Tabelle 6) sind keine chemischen Analysen vorhanden.

Schriftenverzeichnis

BLANCKENHORN, M.: Geol. Kte. Preußen u. benachb. deutsche L., Erl. Bl. Borken, Berlin 1926.

— Geol. Kte. Preußen u. benachb. deutsche L., Erl. Bl. Kirchhain, Berlin 1931 (1931a).

— Geol. Kte. Preußen u. benachb. deutsche L., Erl. Bl. Neustadt—Arnshain, Berlin 1931 (1931b).

— Geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Erl. Bl. Homberg/Ohm, Berlin 1920.

— Organische Reste im Mittleren Buntsandstein Hessens. — S.-B. Ges. Förderg. ges. Naturw., **1916**, S. 21—45, Marburg 1916.

CLOOS, H.: Hebung — Spaltung — Vulkanismus. — Geol. Rdsch. **30**, S. 401—527, Stuttgart 1939.

DENCKMANN, A.: Geologische Untersuchung der Wolkersdorfer Quelle bei Frankenberg in Hessen. — Z. prakt. Geol. **9**, S. 1—9, Berlin 1901.

— Geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Erl. Bl. Gilserberg, Berlin 1902 (1902a).

— Geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Erl. Bl. Rosenthal, Berlin 1902 (1902b).

— Geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Erl. Bl. Frankenau, Berlin 1902 (1902c).

DIENEMANN, W.: Das oberhessische Buntsandsteingebiet. — Jb. kgl. preuß. geol. L.-A. f. 1913, **34**, II, S. 318—403, Berlin 1915.

DIEZEMANN, W.: Beiträge zur hydrologischen Entwicklung des Saale-Salzke-Gebietes vom Elster-Saale-Interglazial zum Weichselinterglazial in der Umgebung von Halle. Jb. hallesch. Verb. Erforsch. mitteldeutsch. Bodenschätze, N.F. **17**, S. 11—56, Halle 1939.

DITZEL: Quellenstudien aus der Umgebung von Marburg. Marburg 1905.

GRAHMANN, R.: Schwankungen des Grundwasserspiegels im Lande Sachsen während der Jahre 1920 bis 1942. — Braunkohle **42**, S. 245—253, Halle a. d. S. 1943.

HUMMEL, K.: Die tektonische Entwicklung eines Schollengebirgslandes (Vogelsberg und Rhön). — Fortschr. Geol. Paläontol, Berlin 1922.

KAYSER, E.: Geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Erl. Niederwalgern, Berlin 19 15 (1915a).

— Geol. Kte. Preußen u. benachb. Bundesst., Erl. Bl. Marburg a. d. Lahn, Berlin 1915 (1915b).

KEGEL, K.: Bergmännische Wasserwirtschaft. — In: Berg- und Aufbereitungstechnik **3**, 1. Halle a. d. S. (Knapp) 1938.

KEILHACK, K.: Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin (Bornträger) 1912.

LIND, I. G.: Geologische Untersuchungen der Beziehungen zwischen den Gesteinsspalten bei Heidelberg. — Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg, N.F. **11**, S. 7—45, Heidelberg 1910—12.

LOTZE, F.: Der Südteil des Göttinger Leinetalgrabens und des Eichenberger Grabenknotens. — Abh. preuß. geol. L.-A., N.F. **139**, S. 6—49, Berlin 1932.

REGLING, W.: Geologische Beschreibung der Umgebung Borkens unter besonderer Berücksichtigung der dortigen Braunkohlenvorkommen. — Manuskr.

RÖHRER, F.: Das Untergrundwasser, seine Bildungsweise und seine Erscheinungsformen. — Gas- u. Wasserfach **72**, S. 174—180, 199—205. München 1929.

SALOMON, W.: Die Bedeutung der Messung und Kartierung von gemeinen Klüften und Harnischen. — Z. deutsch. geol. Ges., **63**, S. 496—521, Berlin 1912.

SCHINDEWOLF, A. H.: Studien aus dem Marburger Buntsandstein, I/II. — Senckenbergiana, III, 1, S. 33—49, Frankfurt a. M. 1921. —

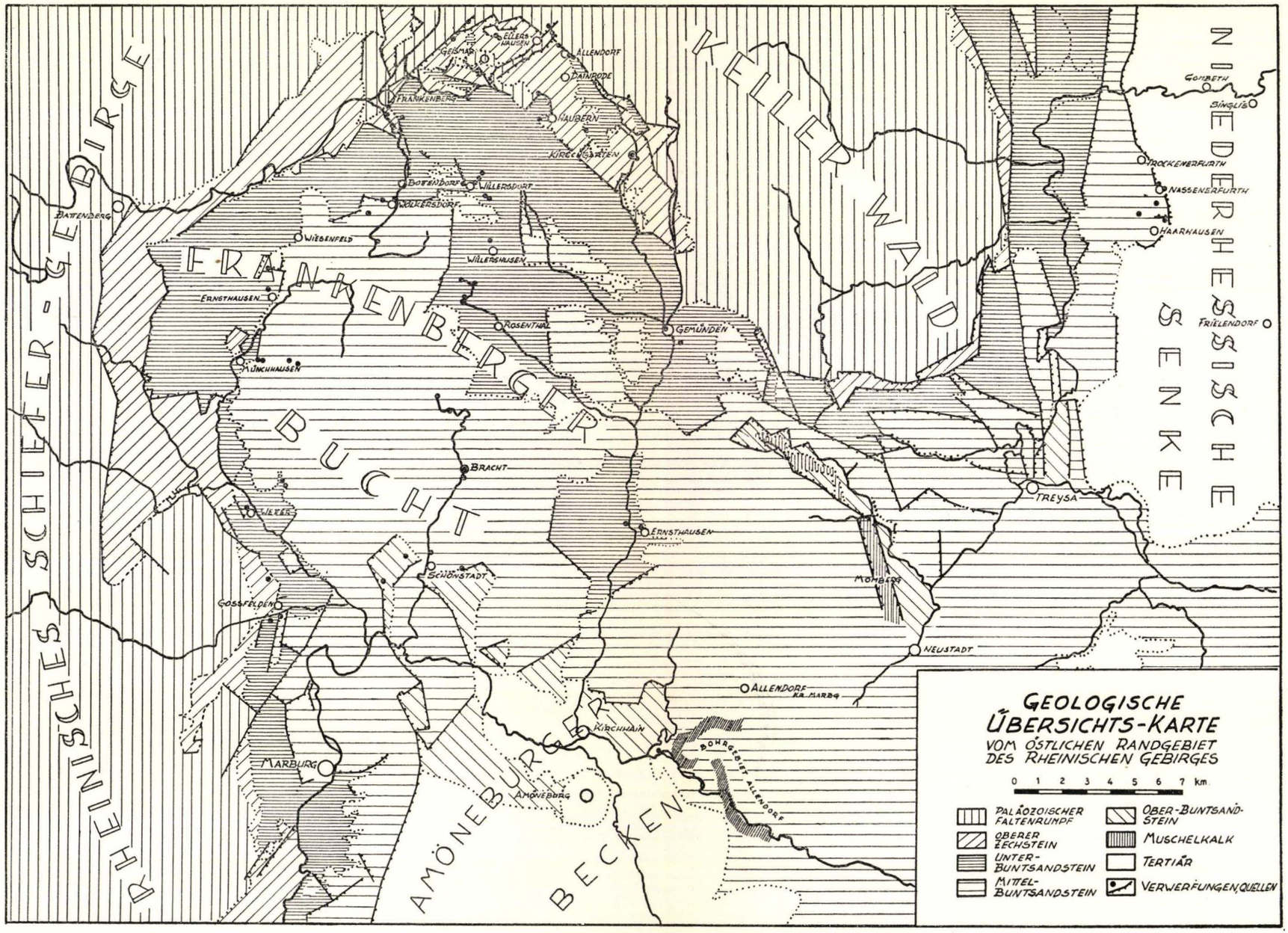
STILLE, H.: Die mitteldeutsche Rahmenfaltung. — 3. Jber. niedersächs. geol. Ver. S. 141—170, Hannover 1910.

— Die saxonische Faltung. — Z. deutsch. geol. Ges. **65**, Mber., S. 575—593, Berlin 1914.

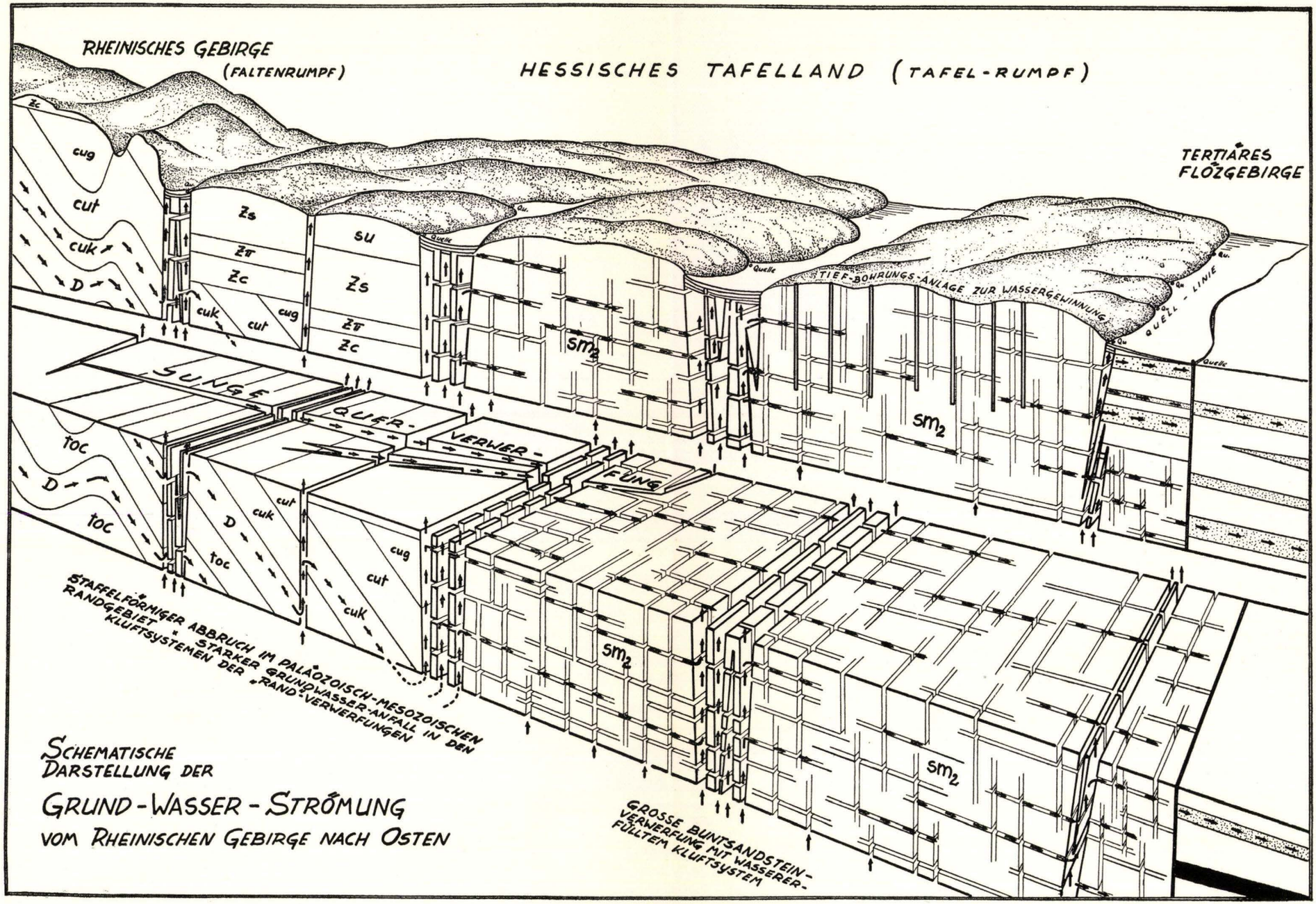
STRIGEL, A.: Das süddeutsche Buntsandsteinbecken. — Verh. naturhist.-med. Ver. Heidelberg **16**, S. 80—465, Heidelberg 1929.

WEIGEL, K.: Grundwasseruntersuchungen im Schwabachtal bei Erlangen. — Diss. Erlangen 1938.

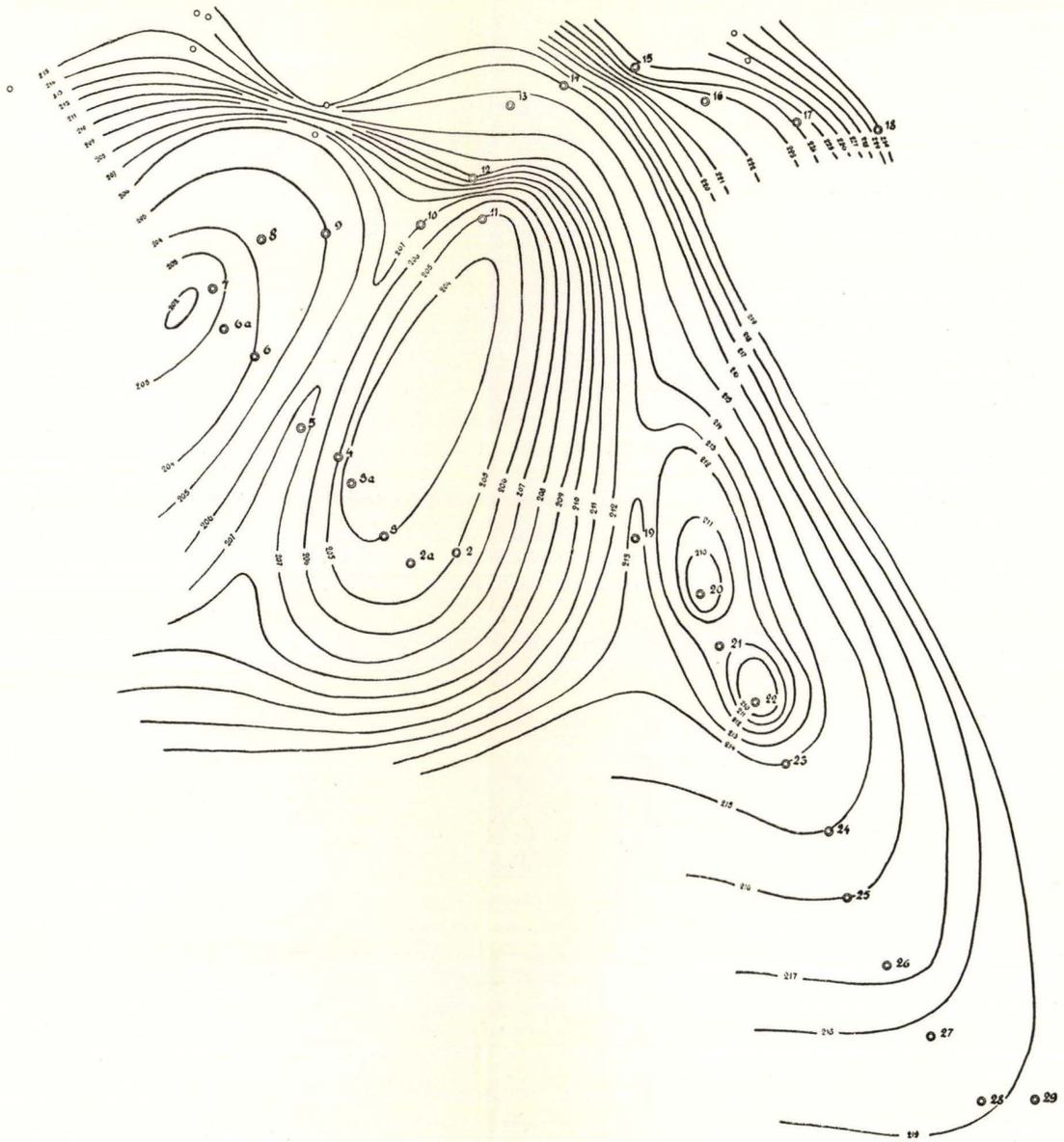
Manuskript eingegangen am 19. 6. 1950



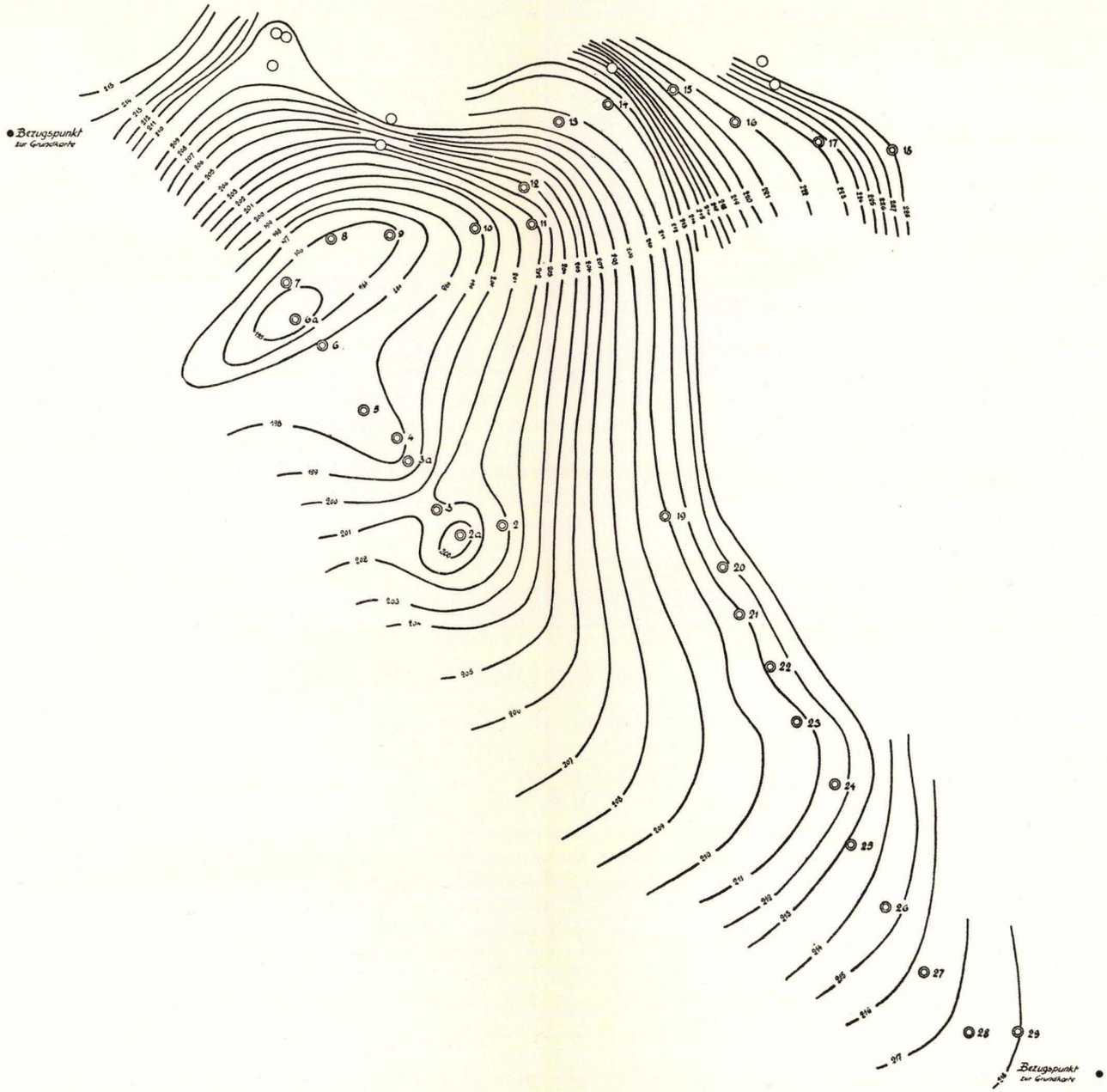
Geologische Übersichtskarte der „Frankenberger Triasbucht"



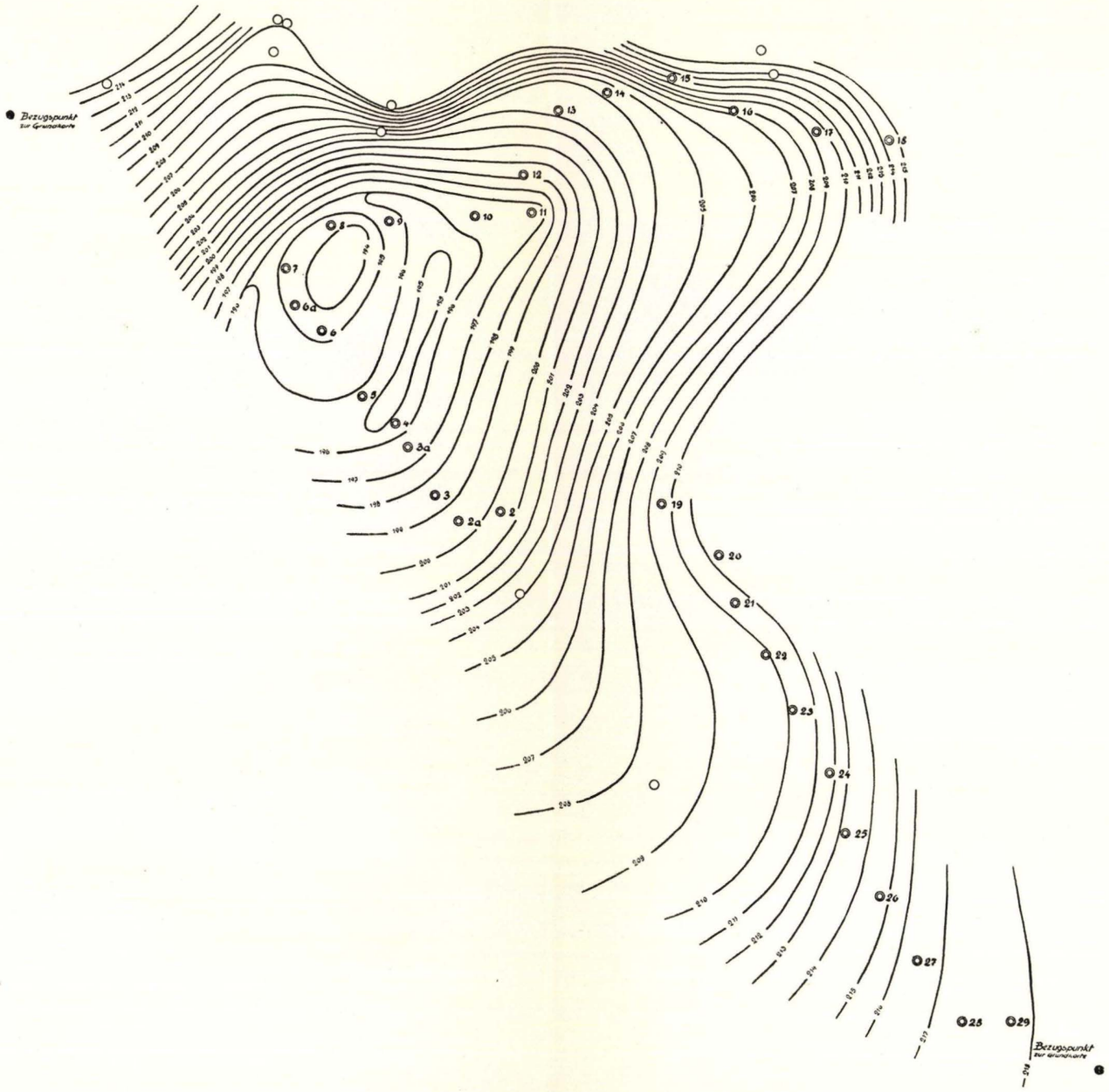
Schematische Darstellung des Grundwasser-Zuflusses aus dem paläozoischen Rheinischen Gebirge in die Wasserleiter mesozoischer und tertiärer Gesteine. Es wird insbesondere der Einfluß der Kluftsysteme auf die Grundwasserströmung verdeutlicht.



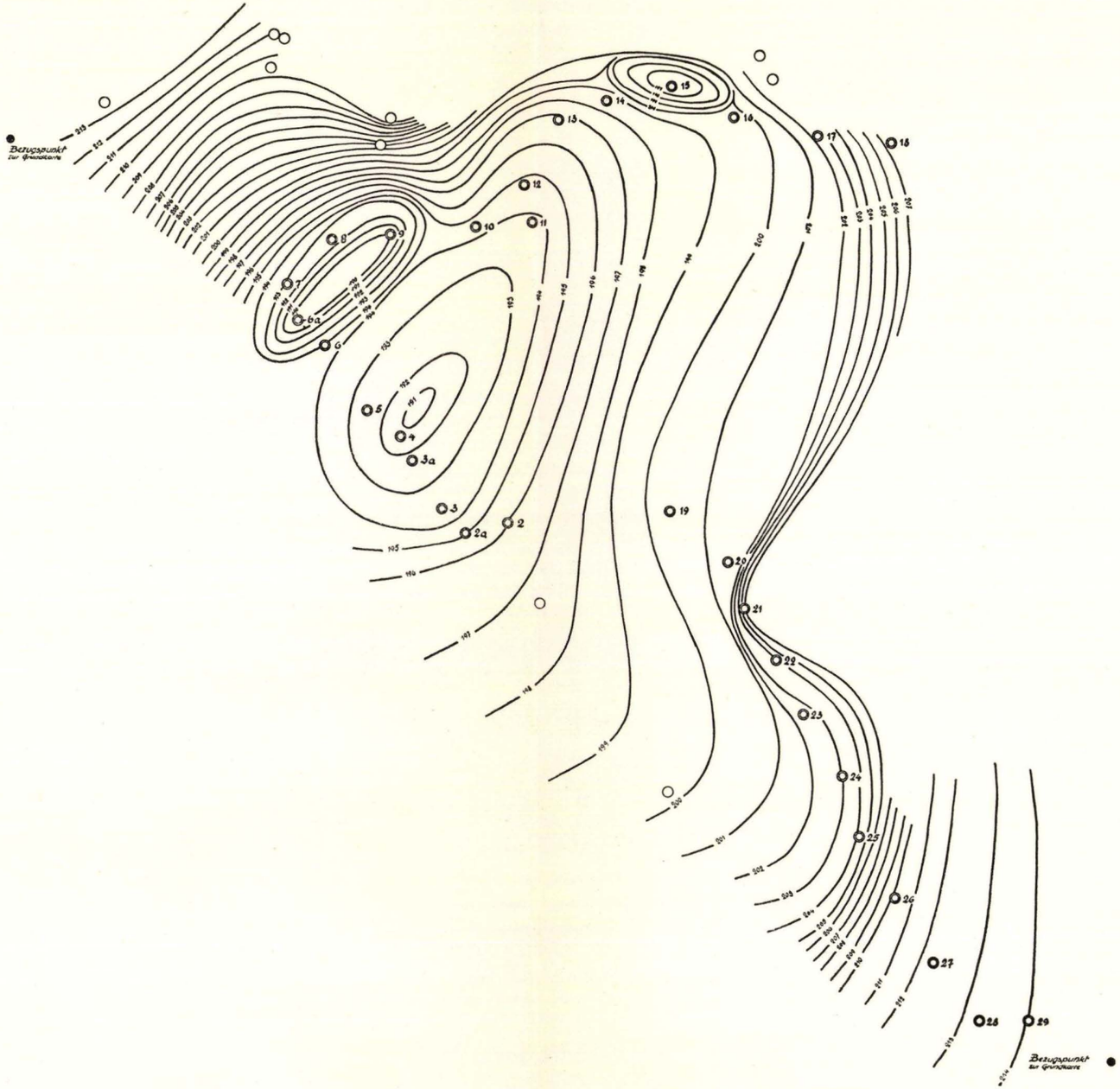
Streichkurvenkarte 1 zur Grundwasserbewegung im Bereich des Wasserwerkes Allendorf, Kr. Marburg (s. S. 47ff.)



Streichkurvenkarte 2 zur Grundwasserbewegung im Bereich des Wasserwerkes Allendorf, Kr. Marburg (s. S. 47 ff.)

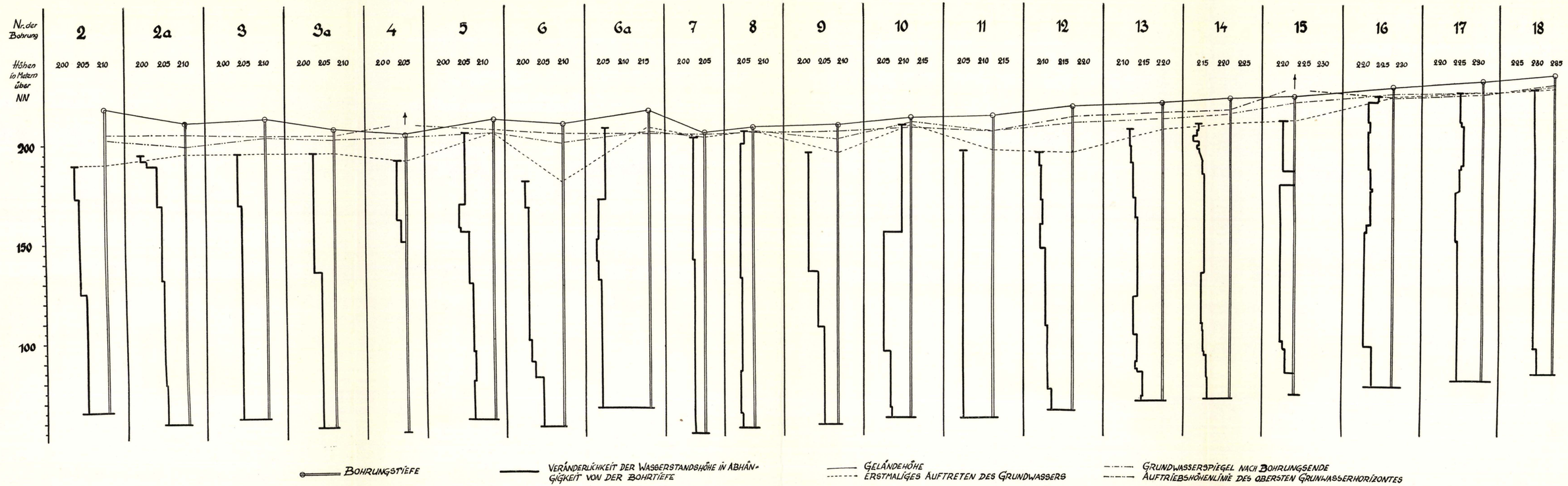


Streichkurvenkarte 3 zur Grundwasserbewegung im Bereich des Wasserwerkes Allendorf, Kr. Marburg (s. S. 47ff.)

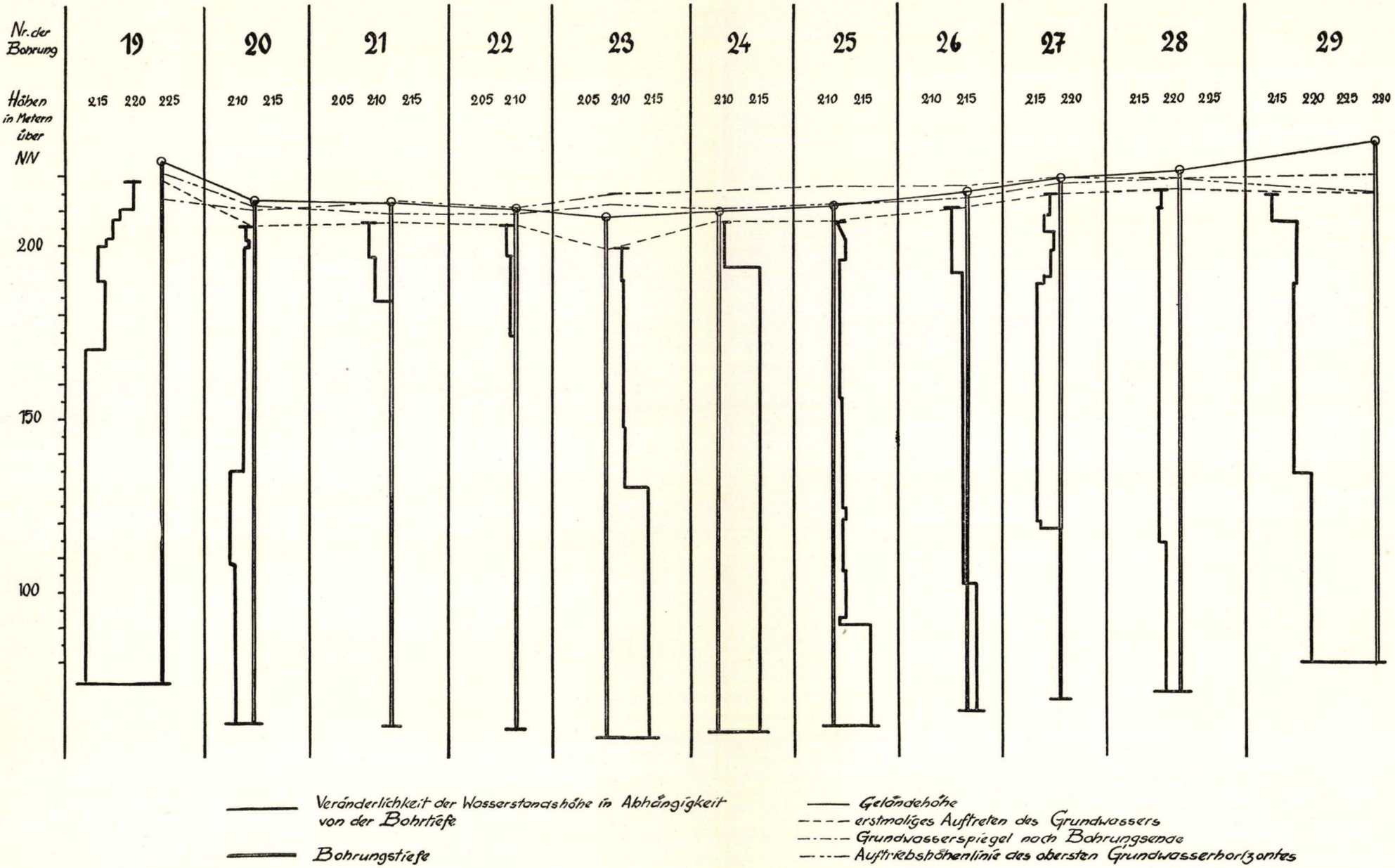


Streichkurvenkarte 4 zur Grundwasserbewegung im Bereich des Wasserwerkes Allendorf, Kr. Marburg (s. S. 47ff.)

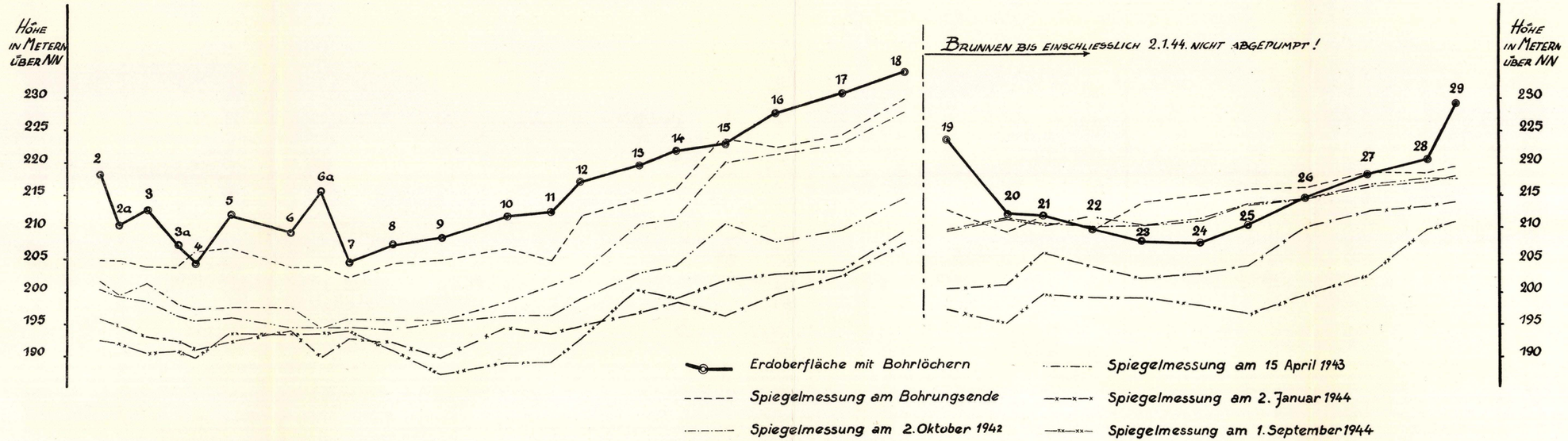
Streichkurvenkarte 5 zur Grundwasserbewegung im Bereich des Wasserwerkes Allendorf, Kr. Marburg (s. S. 47 ff.)



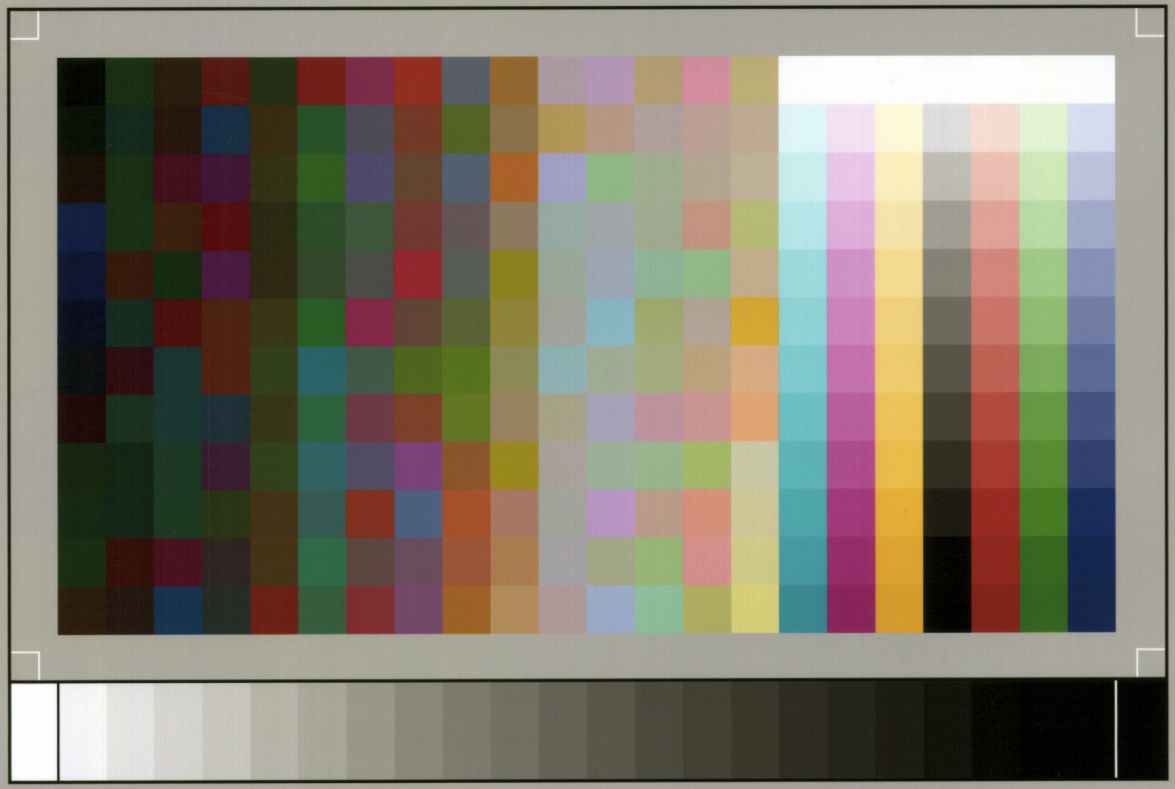
Grundwasser-Spiegelstände in Beziehung zur jeweiligen Teufe (Wasserwerk Allendorf, Kr. Marburg). Ordinate: Teufe, Abszissen: Grundwasser-Spiegelstände (s. S. 44)



Grundwasser-Spiegelstände in Beziehung zur jeweiligen Teufe (Wasserwerk Allendorf, Kr. Marburg). Ordinate: Teufe, Abszissen: Grundwasser-Spiegelstände (s. S. 44)



Grundwasser-Spiegelhöhen in bezug auf Gelände-Oberkante in m über NN. (Wasserwerk Allendorf, Kr. Marburg), s. S. 46. Die Kurven geben das Maß der sich im Laufe der Betriebsjahre ergebenden Spiegelabsenkungen wieder. Man beachte dazu auch Tabelle 1



SP050509001

ScanPrint® *autopilot* Scan Target v2.0