Separat-Abdruck
aus dem Jahrbuch des Kgl. Bayer. Hydrotechnischen Bureaus
Jahrgang 1903.

Untersuchungen

über den

Einfluss des Waldes auf den Grundwasserstand.

Ein Beitrag zur Lösung der Wald- und Wasserfrage.

Bearbeitet von dem

Vorstand der meteorologischen Abteilung der Kgl. Bayer. Forstl. Versuchsanstalt

Geh. Hofrat Prof. Dr. Ebermayer

und dem

Kgl. Bauamtmann Otto Hartmann,

dermaligen Amtsverweser des Kgl. Bayer. Hydrotechnischen Bureaus.

Mit 7 Tafeln und 4 Tabellen als Anhang.

München 1904.

Verlag von Piloty & Loehle.

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort.

Im zweiten Jahrgang des Jahrbuches wurde im Jahresbericht darauf hingewiesen, dass infolge Anregung des Vorstandes der meteorologischen Abteilung der Kgl. Bayer. Forstlichen Versuchsanstalt gemeinsam mit dem Hydrotechnischen Bureau zwei Versuchsfelder zur Bestimmung des Einflusses des Waldes auf den Grundwasserstand eingerichtet wurden und dass die Ergebnisse der Untersuchungen seinerzeit in einer besonderen Abhandlung Mitteilung finden sollen. Nachdem nun einerseits eine genügende Beobachtungszeit für die Untersuchungen vorlag und anderseits es angezeigt schien, das Ergebnis derselben dem im September l. J. in Mariabrunn bei Wien stattgehabten internationalen Kongresse forstlicher Versuchsanstalten nicht vorzuenthalten, wurden die Untersuchungen abgeschlossen, verarbeitet und nunmehr veröffentlicht und dürften dem Forstmann, Hydrotekten, Wasserbautechniker und Hygieniker einen nicht unwillkommenen Beitrag zur Beantwortung der Frage über Entstehung und Ausbreitung des Grundwassers liefern. Allerdings hat sich gezeigt, dass es zur endgültigen Lösung der Wald- und Wasserfrage noch weitgehender Untersuchungen in verschiedenen Gebieten bedarf, aber immerhin glaubt man, dass wenigstens über die Ausbreitung des Grundwassers und über seine Beziehung zum Walde in der südbayerischen Hochebene ein ziemlich abschliessendes Urteil vorliegen dürfte, während für die Erforschung dieses Zusammenhanges in anderen klimatischen Gebieten durch die angestellten Versuche der fernerhin einzuschlagende Weg genügend gekennzeichnet sein dürfte. —

Schliesslich erübrigt nun noch, den Beamten und Bediensteten der Kgl. Forstämter Mindelheim und Feucht, dem Magistrate Mindelheim, sowie allen jenen Organen, welche zu dem Zustandekommen vorliegender Arbeit beitrugen, an dieser Stelle den geziemenden Dank auszusprechen.

München, November 1903.

Kgl. Hydrotechnisches Bureau
Hartmann,
Amtsverweser.

I. Einleitung.

In der zweiten Versammlung des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten zu Braunschweig wurde in der Sitzung vom 24. September 1896 beschlossen, Untersuchungs-Methoden bezüglich des Einflusses, den der Wald auf alle Wasserverhältnisse ausübt, festzustellen und zu diesem Zwecke eine Kommission, bestehend aus den Herren Geheimer Hofrat Professor DR. EBERMAYER in München, Geheimer Regierungsrat Professor DR. MÜTTRICH in Eberswalde, Professor DR. BÜHLER in Tübingen und Adjunkt DR. HOPPE in Mariabrunn (nunmehr Adjunkt bei der landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Wien) gewählt, welche in den Tagen vom 13. bis 18. April 1899 in München sich versammelte.

Zu den Beratungen wurde mit Rücksicht auf die Beschaffenheit der Beratungsgegenstände auf Anregung des Professors DR. EBERMAYER beim Kgl. Staatsministerium der Finanzen (Ministerialforstabteilung) vom Kgl. Bayer. Staatsministerium des Innern, der k. Bauamtmann OTTO HARTMANN des Kgl. Bayer. Hydrotechnischen Bureaus in München, abgeordnet.

Den Beratungen lag ein von Herrn Professor DR. BÜHLER entworfenes Programm zu Grunde, das in drei Konferenzen unter Vorsitz des Herrn Professors DR. EBERMAYER eingehende Erörterung fand. Hieraus entsprang ein umfassender Entwurf eines Programmes zur Erforschung des Einflusses des Waldes auf den Stand der Gewässer.

Derselbe enthält:

a) Statistische Grundlagen, welche durch die Arbeiten der allgemeinen meteorologischen Stationen geliefert werden;

b) Beiträge der hydrotechnischen Institute;

c) speziell forstlich meteorologische Arbeiten.

Letztere sollen ins Auge fassen: Die Einwirkung des Waldes auf

1. die Menge der Niederschläge,
2. die Bildung und Stärke der Gewitter- und Hagelschläge,
3. die Verdunstung der Wassermengen im Walde,
4. den Wasserabfluss,
5. die Einsickerung des Wassers in den Boden und die Zurückhaltung desselben (Bodenfeuchtigkeit),
6. den Stand und die Bewegung des Grundwassers,
7. den Einfluss des Waldes auf den Wasserreichtum der Quellen, Bäche und Flüsse, und
8. die mechanische Wirkung der Niederschläge auf den Boden im Walde und im Freien.

Mit Rücksicht darauf, dass die Arbeiten eine grosse Ausdehnung besitzen und teilweise noch nicht zur Ausführung gelangen können, beschloss die Kommission aus dem Programmentwurfe vorerst die wichtigsten Untersuchungsobjekte herauszunehmen und als Einzelnreferate zu bearbeiten.

Von den forstlich-meteorologischen Arbeiten übernahm Professor DR. EBERMAYER in München speziell die Bearbeitung nachstehender Referate: Die Einwirkung des Waldes auf

1. die Bildung und Stärke der Gewitter und Hagelschläge,
2. die eingesickerten und vom Boden zurückgehaltenen Wassermengen (Bodenfeuchtigkeit),
3. den Stand und die Bewegung des Grundwassers im Walde und im Freien.

Zur Bearbeitung des letzteren Punktes stellte Professor DR. EBERMAYER beim Kgl. Staatsministerium der Finanzen den Antrag, dass diese von der forstlichen Versuchsanstalt in Angriff zu nehmenden Untersuchungen in Verbindung mit dem Kgl. Hydrotechnischen Bureau ausgeführt werden sollen, welchem Ansinnen sowohl vom **Kgl. Staatsministerium der Finanzen** als auch vom **Kgl. Staatsministerium des Innern** in Anbetracht des gleich grossen Interesses, sowohl in forstlicher als auch in hydrotechnischer Hinsicht stattgegeben wurde.

Daraufhin trat etc. etc. EBERMAYER in Beziehung zum Kgl. Hydrotechnischen Bureau, und es wurde gemeinsam beschlossen, mit Hilfe von Versuchsfeldern der Beantwortung der Frage näher zu treten und die Resultate im Jahrbuch des Hydrotechnischen Bureaus zu veröffentlichen. Bemerkt soll noch werden, dass Herr Bauamtmann HARTMANN in den Sitzungen des internationalen Kongresses forstlicher Versuchsanstalten zu Mariabrunn bei Wien im August 1903 an Stelle des durch Krankheit verhinderten Herrn Prof. DR. EBERMAYER, soweit es die zu Gebote gestandene Zeit erlaubte, hierüber kurzen Bericht erstattete, welcher hier sachgemässe Erweiterung fand.

II. Die Untersuchungsgebiete.

Bei der Auswahl derselben zeigten sich ziemliche Schwierigkeiten. Vor allem sollte kein Privatwald zur Beobachtung herangezogen werden, der Waldbestand ein entsprechendes Alter haben und womöglich im Flachland gelegen sein, ausserdem müsste das Grundwasser leicht erschliessbar sein, d. h. es sollte sich nicht zu tief unter der Erdoberfläche befinden, nicht durch rasch wechselnde geognostische Verhältnisse oder durch seitlichen Wasserzufluss aus Flüssen, Seen beeinflusst werden oder derartige lokale Stauungen erfahren, dass dadurch die Ermittelung der Beziehungen des Stromes zu den Niederschlägen unmöglich gemacht würden. Von den auf Grund örtlicher Einsicht ins Auge gefassten Objekten waren die meisten ungeeignet, mit Ausnahme einer Waldparzelle bei **Mindelheim**, welche im November 1900 als Versuchsfeld eingerichtet wurde.

Fernere Erwägungen führten dann dahin, noch eine zweite Station in Wendelstein bei Nürnberg zu errichten, die im März 1901 unter Mitwirkung des Herrn Oberbaurates HENSEL, des damaligen Vorstandes des Hydrotechnischen Bureaus, fertig gestellt wurde. Aus Gesundheitsrücksichten konnte er leider seine erfolgreiche Tätigkeit bis zum Abschlusse der Untersuchungen nicht fortsetzen.

Während Mindelheim eine Regenstation seit 1899 besass, musste Wendelstein erst zu einer solchen erhoben werden.

A. Beschreibung der Untersuchungsgebiete.

1. Versuchsfeld Mindelheim.

(Siehe Tafel 1, Fig. 1.)

Dasselbe liegt 2,5 km südöstlich der Stadt Mindelheim in dem 3,5 km breiten Mindeltale. Im Verzeichnis der Flächeninhalte der Bach- und Flussgebiete des Königreiches Bayern ist das in Betracht kommende Gebiet des Hungerbaches unter C, 30, 8 aufgeführt, an das sich das noch zum Teil einschlägige Gebiet C, 30, 17 anschliesst. — 300 m östlich des Hungerbaches liegt in dem Gebiet Nr. 17 das Versuchsobjekt, nämlich der der Stadt Mindelheim gehörige „Eichet-Wald", eine für sich abgeschlossene Waldparzelle in der Form eines unregelmässigen Vierecks 1 km von dem am östlichen Talende gelegenen Orte Heimenegg entfernt.

Das Hungerbachgebiet ist von dem Mindelgebiete durch einen schmalen Rücken getrennt, der bei Apfeltrach 8 m, bei Gernstall 5 m über dem Mindeltale liegt, am Bahndamm vor der Station Mindelheim aber bereits verebnet ist. Die rechtseitige Wasserscheide des Hungerbaches zieht links von Altensteig und Mindelau direkt am Eichet-Walde vorbei zum Bahnhof Mindelheim. Rechts davon liegt das Mindelgebiet C, 30, 17, das bei Altensteig beginnt und am Pegel in Burgau endet. Hier kommt jedoch nur der Teil zwischen Altensteig und Nassenbeuren in Betracht, welcher in der Übersichtskarte abgegrenzt wurde. Aus der Terraingestaltung entnimmt man, dass der Eichet-Wald auf dem Wasserscheiderücken zwischen dem Hungerbachgebiete und dem Gebiete C, 30, 17, liegt und dass zwei scharfe Mulden links und rechts des Waldes, die eine gegen Mindelheim im Hungerbachgebiete und die andere von Mindelau gegen das nördliche Ende des Mindelheimer Bahnhofes, ziehen. Ein oberirdischer Wasserlauf ist in dem Gebiete C, 30, 17 bis Nassenbeuren nicht vorhanden. Daselbst ensteht der Fischbach, und gegenüber Nassenbeuren treten unmittelbar an der Distriktsstrasse von Mindelheim nach Pfaffenhausen starke Quellen, etwa 1,5 m unter dem Niveau der Strasse, zutage, welche, in Gräben gefasst, zur Lohmühle geleitet werden. Bemerkt soll noch werden, dass die Stadt Mindelheim vom Eichbühel, nördlich des Ortes Heimenegg, ihr Trinkwasser bezieht.

Das Gefälle des Mindeltales in der Nähe des Eichet-Waldes beträgt 6 ‰. Das Gebiet des Hungerbaches umfasst 18,40 qkm und erstreckt sich aufwärts bis hart an den Mühlbach, der nach Wörishofen fliesst. Der Hungerbach erhält sein Hauptwasser von den am westlich von Lauchdorf gelegenen Hange entspringenden Quellen, welche nach Messungen am 29. Juni 1903 62 Sekundenliter insgesamt ergaben. Gegenüber Lauchdorf wurden am gleichen Tage nur mehr 31 Liter gemessen, so dass zwischen Terrainhöhe 650 und 637 (gegenüber Helchenried) die Hälfte Wasser versitzt. Eine vollständige Versitzung des Tageswassers findet im oberen Talboden in denjenigen Wasserläufen statt, die in der Übersichtskarte mit gestrichelter Linie angegeben wurden, und woher eigentlich der Bach seinen Namen hat. — Von Helchenried abwärts bis zur Bahn bei Mindelheim ergaben noch weitere Messungen am Hungerbach bei Kote 628 35 Sekundenliter, bei Kote 615 34 Sekundenliter, beim Bahndurchlass 30 Sekundenliter, d. h. es findet auf dieser Strecke kein Versickern des Baches mehr statt. Nach stärkeren Regengüssen schwillt das Bächlein in der Regel auf 100 Sekundenliter an, und nur in ganz besonderen Fällen, z. B. bei hoher Schneelage und stark gefrorenem Boden, tritt im Tale bei plötzlich eintretendem Tauwetter eine Überschwemmung auf, so dass man sich gezwungen sah, für solche Fälle zur geregelten Wasserableitung in den Bahndamm eine Flutbrücke einzubauen. Es wurde auch hier auf der ganzen Bachstrecke eine

feste betonartige Kiessohle vorgefunden. Was die geognostischen Verhältnisse im allgemeinen anlangt, so ist zu bemerken, dass das ganze Tal von Niederterrassenschotter ausgefüllt ist, wie er der bayerischen Hochebene eigen ist, und der hier nicht von Löss bedeckt erscheint. Der obermiocäne Mergel (Flinz) ist bis jetzt in der Umgegend von Mindelheim bei einer aufgeschlossenen Tiefe von 8 cm unter Terrain noch nirgends erreicht worden. — Die Schichtung der Schotterdecke ist in der Regel so, dass nach einer Humusdecke von 0,15 m lehmiger Kies bis zu 1,5 m Mächtigkeit ansteht, mit Kieselsteinen bis zu 0,14/0,08/0,06 m Durchmesser. Dann folgen schwächere und stärkere Kiesschichten von verschiedener Steingrösse, bald sandig, bald sandig-lehmig. Zwischen diesen Schichten sind in unregelmässiger Wiederkehr Gänge von 1—2 m Länge, 0,8—0,10 m Stärke aus ganz reinem, sandfreiem Riesel von wechselnder Korngrösse bis zu 0,5 m Durchmesser. Während die Schotterdecke etwa 5—7 % Hohlräume aufweist, besitzen diese Rieselschichten Hohlräume bis zu 20—40 ‰ und bieten daher dem eindringenden Wasser wenig Widerstand.

Die Waldparzelle.

Die zwischen den Wiesen und Feldern im Mindeltale gelegene 13,5 bayer. Tagwerke oder 40,5 ha messende Waldparzelle hat dieselben Untergrundverhältnisse. Der Boden des Waldes ist mit Nadeln und Gras bedeckt, enthält wenig Laub und Moos. An den Bestandsrändern befinden sich Beersträucher. Der Bestand ist durchschnittlich 93 jährig aus Eichen, Föhren und Fichten in ziemlich lichter Stellung und von mittelmässigem Wuchse. Der Wald erhöht die landschaftliche Schönheit und soll deshalb nur plänterweise genutzt werden, d. h. die Nutzung soll sich im nächsten Zeitabschnitte auf die Aufarbeitung der Dürrhölzer und zufälligen Ergebnisse beschränken. — Obgleich wünschenswert gewesen wäre, einen grösseren Waldkomplex als Versuchsfeld zu erhalten, entschied man sich bei der Wahl desselben doch für Mindelheim, angesichts der ausserordentlich einfach gelagerten geognostischen, hydrographischen und orographischen Verhältnisse. — Die Stadt Mindelheim gab ohne weiteres zur Vornahme der Arbeiten ihre Einwilligung, und es soll diese Gelegenheit benutzt werden, hierfür den geziemenden Dank auszusprechen.

2. Versuchsfeld Wendelstein.

(Siehe Tafel I, Fig. 1 und 2.)

Dieses Feld liegt im Schwarzachtale 12 km süd-südöstlich von Nürnberg, westlich von Wendelstein, zwischen der Schwarzach und dem Ludwigs-Donau-Mainkanal, welcher hier derartig in das Gelände eingeschnitten ist, dass das Versuchsfeld von dem nördlich des Kanals gelegenen Glaserberg (den Wendelsteiner Steinbrüchen) eine Wasserspende nicht mehr erhalten kann und seine Grösse mit dem Zulaufgebiet des Grundwassers zusammenfällt. — Die in Betracht kommende Fläche misst etwa 0,40 qkm und hat eine mässige Abdachung von Nord nach Süd gegen die Schwarzach.

In geognostischer Beziehung gehört das Gebiet dem mittelfränkischen Keuper an, und nach den Bodenschürfungen bilden die obersten Lagen vorwiegend weisse, gelbe und rote Sande, die auf dem quarzitischen Burgsandstein aufliegen und stellenweise mit kalkhaltigem Letten und Rollkiesel durchsetzt sind.

Die Waldparzelle des Versuchsfeldes ist der Hauptsache nach ein Bestandteil der Staatswaldabteilung Bernlohe des Forstamtes Feucht, welche im Norden vom Kanal, im Osten, Süden und teilweise im Westen von Privatwaldungen begrenzt, von dem Verbindungsweg Wendelstein—Kornburg durchzogen wird und ein Alter von 118 Jahren hat. Zur Beobachtung wurde der westliche links von der Strasse nach Sorg gelegene Teil der Abteilung und ein kleiner Streifen rechts der Strasse herangezogen, welche Partie, wie schon vorhin erwähnt, hauptsächlich auf trockenem, lockerem, tiefgründigem Keupersand steht. Von der ganzen rund 70 ha messenden Waldfläche kommen hier etwa 22 ha in Betracht, welche mit Föhren von gutem Wuchs und Schluss besetzt sind und nur im Westen an Höhe und Stärke etwas nachlassen. Gegen Süden, anstossend an den Weg nach Sorg, befindet sich eine 32 Jahre alte, 0,7 ha messende, wüchsige hochschaftige und geschlossene Eichenpartie mit Hainbuchen, umschlossen von Eschen, Lärchen und Weymutskiefern. Südlich anschliessend an die Waldabteilung Bernlohe ist das mit „Am Bernlohe und Wendelsteinerweg-Feld“ bezeichnete, bis zur Distriktsstrasse reichende Freiland mit Nutzpflanzen verschiedener Art bedeckt. Südlich dieser Distriktsstrasse von Wendelstein nach Kleinschwarzenlohe befindet sich ein Privatwald auf einem anfangs schwachen, dann gegen den Talboden zu stärker geneigten Hange mit geringer Humusschichte von wenig Moos und Nadeln und von Gras und Kräutern auf den Schlagflächen überzogen.

Rechts der Strasse nach Sorg kommt hier nur eine Kahlschlagfläche in Betracht, die mit dreijährigen Föhren ausgepflanzt ist, an deren Südrand, entlang der Wiese, sich ein ca. 30 m breiter Saum von 35 jährigen Föhren befindet. Westlich oder links von der Strasse nach Sorg begegnet man einem 40—45 jährigen Föhrenbestand von mittlerem Wuchse und ziemlich gutem Schluss. An den Hängen ist der Wuchs geringer als an der Strasse und in der Tiefe gegen die Felder.

B. Umfang der Grundwasserbeobachtungen und Ermittelung des Grundwasserstandes.

1. Versuchsfeld Mindelheim.

(Siehe Tafel 1, Situationsplan Fig. 1).

300 m westlich vom Eichetwalde entfernt, befinden sich zwei Anwesen, deren Brunnen ohne weiteres zur Beobachtung des Grundwassers herangezogen werden konnten, und woselbst der Grundwasserspiegel ca. 6,60 m unter dem Talboden angetroffen wurde (Nr. 2 und 7 im Situationsplan). Ebenso boten zwei Brunnen der Bahnstation Mindelheim (Brunnen Nr. 8 und 9) Gelegenheit zu Messungen, desgleichen ein zwischen Bahnstation Mindelheim und dem Eichetwalde gelegener alter Feldbrunnen, der im Plan mit Nr. 1 bezeichnet ist.

Schon die im November 1900 von diesen vorhandenen Brunnen ausgeführten Messungen liessen erkennen, dass man es im vorliegenden Falle mit einer Wasseransammlung in dem diluvialen Talboden zu tun hat, dessen durchlässige Natur dem Abfluss Hindernisse nicht bietet, und dass weder Staurücken noch undurchlässige Einlagerungen verwickelte Abflussverhältnisse aufweisen werden. Demnach wurde vereinbart, mit noch vier sog. Nortonröhren die Stromoberfläche aufzuschliessen und an den im ganzen vorhandenen neun Punkten die Schwankungen des Grundwasserspiegels zu ermitteln. Von den vier Nortonröhren kam eine oberhalb des Waldes direkt an den Hungerbach zu liegen, die andere an die Südspitze des Waldes in eine daselbst befindliche Kiesgrube, eine weitere in die Mitte des Waldes und die letzte in eine verlassene Kiesgrube am nordöstlichen Waldrande. Die schmiedeisernen Röhren haben ca. 5 cm Durchmesser, Stahlspitzen und eine entsprechende Anzahl Sauglöcher. Um einen sicheren Wasserzutritt zu erhalten, wurden sie mit Pumpzylinder angesaugt. Die Rohroberkante ist mit einer abschraubbaren Schliesskappe versehen, um ein Verschütten der Rohre zu verhindern.

Mit der Beobachtung des Grundwassers wurde der k. Waldaufseher BIBEL in Mindelheim betraut und bestimmt, dass unter normalen Verhältnissen alle 14 Tage an sämtlichen Brunnen und Röhren der Wasserstand erhoben werden soll. Nach besonderen Niederschlägen sollten in kürzerer Zeitfolge Messungen stattfinden. — Die Höhenlage der Rohroberkante und der Brunnenkränze wurden nivellatorisch bestimmt und auf die Höhenmarke von Mindelheim bezogen. Zugleich wurde das Terrain, soweit es für vorliegende Zwecke als notwendig erschien, kotiert und in Horizontalkurven im Abstand von einem Meter gelegt. — Darnach liegt der Wald im Mittel 640 m über der Nordsee (N. N.). Von der Rohroberkante oder einem festen Brunnenkranze aus wurde der Grundwasserspiegel eingemessen und hierzu ein Bandmass benützt, an dem der bekannte Pettenkofer'sche Tellerschwimmer mit Karabinerhaken angehängt wurde.

Eine zweite Art von Messung geschah mittels eines leichten hohlen Metallschwimmers in Form einer Kugelkappe, welcher beim Aufschlagen auf die Oberfläche des Wassers einen Schall erzeugt, der von jenem, den das Anschlagen des Schwimmers an die Röhre allein hervorruft, leicht zu unterscheiden ist, und es lieferte dieser Apparat ebenso gute Messungsergebnisse wie der Tellerschwimmer. Die Messungen begannen am 1. November 1900 und werden zur Zeit noch vorgenommen, bis eine dreijährige Versuchsperiode vorliegt.

In der anliegenden Beilage III sind für sämtliche Brunnen und Röhren die Abstiche von den Fixpunkten für die ganze Beobachtungszeit enthalten und damit die Koten für den jeweiligen Tageswasserspiegel berechnet worden. Aus einer dritten Spalte ist dann noch der Unterschied zwischen den Wasserständen von zwei aufeinanderfolgenden Messungen zu entnehmen, und dabei Steigen des Grundwassers mit + und Fallen mit — bezeichnet.

2. Versuchsfeld Wendelstein.

Hier musste der Grundwasserspiegel künstlich durch Bohrlöcher erschlossen werden, welche von Januar bis März 1901 ausgeführt wurden. In der nordsüdlichen Richtung des Waldweges, vom Kanal nach dem Weiler Sorg zu, kamen die Bohrlöcher Nr. 5, 6 in der Eichenpartie, No. 7 in einer Linie im Föhrenbestande, im Freilande Nr. 8 und 12 und in der unteren Waldparzelle Nr. 10 und 11, dann senkrecht zu dieser Richtung gegen Westen im Föhrenwalde die Bohrlöcher Nr. 4 und 3 und im Freilande Nr. 9 und 1, zusammen zwölf Bohrlöcher, zur Ausführung, die fast alle, mit Ausnahme von Nr. 10, 11 und 12, auf den untergelagerten Felsen getrieben werden konnten. Zur weiteren Klärung der Bodenverhältnisse hat man im Juni 1903 noch acht neue Bodenschürfungen gemacht, die im Situationsplan mit 1^1 bis 8^1 bezeichnet sind. Das Versuchsfeld wurde ebenfalls genau aufgenommen und in Kurven von Meter zu Meter gelegt (Tafel 1, Fig. 3). Die Oberfläche desselben zeigt zwei schroff ausgeprägte Mulden, wovon die eine in der Richtung gegen Kleinschwarzenlohe, die andere gegen Sorg hinzieht. Letztere endigt jedoch schon an der Strasse von Kleinschwarzenlohe nach Wendelstein in einen Wassersack, indem sich hier südlich der Strasse eine kleine Kuppe erhebt, die von dem Weg nach Sorg angeschnitten wird. Längs dieses Weges zieht eine sekundäre Mulde zum Wassersack rechts des Bohrloches 12. Die Bohrlöcher sind wie in Mindelheim beschaffen (Norton-Brunnen).

Mit der Beobachtung der Wasserstände wurde der Bader BUCHNER in Wendelstein betraut, der zugleich die Regenstation bedient. Die Messungen der Wasserstände von den einnivellierten Rohroberkanten aus geschahen wiederum mit dem erwähnten Pettenkofer'schen Tellerschwimmer. Die regelmässigen Messungen begannen in Wendelstein erst mit April 1901 und sind am 26. Juli 1903 abgeschlossen worden. Beilage IV enthält die Messungsergebnisse.

III. Ergebnisse der Grundwasserbeobachtungen.

A. Beziehungen des Grundwassers zum Niederschlag.

(Siehe Tafel 2 und 3.)

Auf den Tafeln 2 und 3 sind die zu Mindelheim und Wendelstein beobachteten Grundwasserstände für die verschiedenen Brunnen und Bohrlöcher derart dargestellt, dass man sich jeden Festpunkt eines Brunnens oder Rohres, von wo aus die Abstiche zum Tageswasserstande genommen wurden, als Abzisse dachte, auf welcher die Messtage aufwärts, während als Ordinaten die gefundenen Abstiche zum Wasserspiegel abwärts getragen wurden. Die Verbindungslinie der Ordinate stellt dann den Gang der Grundwasserbewegung für eine Beobachtungsstelle dar. Neben dieser Darstellung der Grundwasserbewegung ist ausserdem eine solche der täglichen Niederschläge gegeben samt der zeitweise aufgetretenen Schneebedeckungen.

Über die Verdunstung liegen sowohl für Mindelheim als auch für Wendelstein Beobachtungen nicht vor, dagegen konnte die mittlere Tagestemperatur zweier nicht allzuweit entfernt gelegenen meteorologischen Stationen, nämlich von Ottobeuren bezw. von Nürnberg (Waisenhaus), in den Bereich der Betrachtungen hereinbezogen werden, um damit einigermassen auf die jährlichen Schwankungen der Luftfeuchtigkeit der Umgegend schliessen zu können.

Weiters soll noch bemerkt werden, dass in Mindelheim an dem Brunnen Nr. 7 bei der Eichetkapelle einigemale unmittelbar vor der Vornahme der Messungen eine grössere Wasserentnahme stattfand, die entsprechende Berücksichtigung erfuhr. — Endlich ist noch zu erwähnen, dass die Tiefe der Bohrlöcher in Rücksicht des nach Angabe der Talbewohner zu erwartenden tiefsten Grundwasserstandes bemessen wurde. Das Grundwasser sank aber an einigen Stellen im Winter 1900/1901 ausserordentlich tief unter diese Angaben, wodurch einige Bohrlöcher auf einige Zeit leer wurden.

Unterzieht man die Wasserstandsbewegung einem Vergleich mit dem Niederschlag, so findet man aufs neue den innigen Zusammenhang zwischen dem Meteorwasser und Grundwasser bestätigt, wie schon aus den langjährigen Grundwasserbeobachtungen von PETTENKOFER in München nachgewiesen wurde. — Je nach der Jahreszeit und je nach der Dichte und Dauer der Niederschläge, der Neigung der Bodenoberfläche, wird der Grundwasserstand mehr oder weniger beeinflusst, so dass ein und dieselbe Niederschlagsmenge verschiedene Wirkung erzeugen kann, weil die Verdunstung und der Wasserverbrauch der Pflanzen hierbei eine grosse Rolle spielt. — Von wesentlichem Einfluss ist auch die Dauer der Trockenperiode zwischen zwei Regenperioden. So z. B. drückten sich in Mindelheim die längeren Trocken- und Kälteperioden im November und Dezember 1901 und 1902 in einem ganz entschiedenen Fallen des Wasserstandes aus. Dasselbe ist aber noch ausgezeichneter in Wendelstein in der Zeit vom April bis November 1902. — Diese Station ist klimatologisch von Mindelheim sehr verschieden. Letztere liegt 614 m über dem Meere, Wendelstein dagegen nur 340 m, demnach 274 m tiefer.

Innerhalb der Beobachtungsperiode weichen die mittleren Jahrestemperaturen der Landstriche, in denen die Stationen liegen, für das meteorologische Jahr von November bis November um 1.17 bezw. 1.56° ab und die jährlichen Regenmengen 100—240 mm, wie nachfolgende kurze Übersicht entnehmen lässt.

Vergleichende Übersicht

über die wichtigsten meteorol. Verhältnisse der zwei Beobachtungsstationen, soweit Material vorhanden.

A. **Mindelheim,** 614 m über dem Meere, im Algäuvorlande.

		Mittl. Tages-Temp. in Grad	Niederschlag mm	Regen-tage	Dichte pro Tag	Tage ohne Niederschl.
Winter (Nov. mit März)	1900/1	— 0,64	178,2	39	4,6	112
	1901/2	+ 0,13	168,4	38	4,4	113
	1902/3	+ 0,36	127,9	42	3,8	109
Veget.-Periode	1901	12,07	615,7	68	9,1	146
	1902	11,32	644,3	89	7,2	125
	1903	11,51	602,3	103	5,8	111
Meteor. Jahr	1900/1	+ 6,77	793,9	107	7,4	258
	1901/2	+ 6,66	812,7	127	6,4	238
B. **Wendelstein,** 340 m über dem Meere.						
Winter	1900/1	— 0,19	188,1	36	5,2	115
	1901/2	+ 2,24	240,2	56	4,3	95
	1902/3	+ 1,25	164,7	30	5,2	121
Veget.-Periode	1901	+13,74	498,7	68	**7,3**	147
	1902	+12,5	330,3	69	4,8	145
Meteor. Jahr	1900/1	+ 7,94	686,8	104	6,6	261
	1901/2	+ 8,22	570,5	125	4,6	230

Während in Mindelheim der Anteil des Winters an der Jahressumme der Niederschläge zwischen 17—22,5 % schwankte, betrug derselbe in Wendelstein 27,5—42 %. Dabei hatten aber beide Stationen in dieser

Zeit nicht weit voneinander abweichende Niederschlagssummen, dagegen aber ungleiche Temperaturverhältnisse. Es entsprechen der höheren Wintertemperatur zu Wendelstein bei gleichen Niederschlagsmengen höhere Grundwasserstände als zu Mindelheim. Hier sollten während der Vegetationsperiode, nach den Niederschlägen zu schliessen, die Grundwasserstände innerhalb der drei Versuchsjahre nahezu gleich sein. — Die ungleiche Regendichte in den einzelnen Jahren und die ungleiche Temperaturverteilung verursachte im ersten Jahre einen etwas niedrigeren Grundwasserstand, im zweiten dagegen ein fortwährendes Steigen desselben bis zum Oktober, von wo ab sich dann wieder mit dem Sinken der Temperatur ein schroffer Abfall des Wasserstandes einstellte.

Dagegen sind in Wendelstein die Winterstände des Grundwassers verhältnismässig viel höher wie in Mindelheim, weil daselbst einerseits verhältnismässig viel dichtere und ergiebigere Niederschläge gefallen waren, und andererseits die höheren Temperaturen eine lange Schneebedeckung nicht aufkommen liessen.

An beiden Stationen kommt jedoch die Schneeschmelze namentlich in Verbindung mit Regen unverkennbar schroff zum Ausdruck.

Zur Zeit der Vegetation liefert in Wendelstein die geringere und weniger dichte Niederschlagsmenge einen verhältnismässig niederen Grundwasserstand, namentlich im Jahre 1902, woselbst ein konstantes Fallen desselben zu verzeichnen ist.

Noch deutlicher kann die Einwirkung des Niederschlages auf das Grundwasser aus den beigegebenen Tabellen I und II ersehen werden, in welchen die den einzelnen Grundwasseranschwellungen entsprechenden Niederschlagsperioden einander gegenübergestellt wurden.

Man entnimmt hieraus, dass in Mindelheim das Grundwasserbecken im Sommer einen Wasservorrat zugeführt erhält, der dann im Winter während der trockenen Kälte langsam an die Flüsse abgegeben wird, während in Wendelstein umgekehrt im Winter ein Wasservorrat aufgespeichert wird, der aber, wie z. B. im Jahre 1902, im Sommer fast bis zur Tragschichte des Grundwassers entleert werden kann. — Hieraus erklärt sich auch die grössere Wasserarmut des Maingebietes, wie sie durch die nunmehr schon fünf Jahre lang betätigten Wassermessungen des Hydrotechnischen Bureaus erkannt und in der kleinsten Niederwasserspende ausgedrückt ist, die für die Gebirgsflüsse 8—10 Liter, selten 6 Liter für den Quadratkilometer ergibt, für das Maingebiet aber nur 1,70 Liter. Demselben fehlt eben diese Mächtigkeit der Grundwasser führenden Schichten, wie sie in Südbayern angetroffen werden.

Eine weitere Betrachtung der Grundwasserbewegung lässt sodann erkennen, dass durch besonders hervorragende schwere Niederschläge lokale, kürzer andauernde Anschwellungen des Grundwasserstandes erzeugt werden, welche sich in Mindelheim nicht so schroff äussern, namentlich im Rückgang des Wasserstandes, wie in Wendelstein, in dem die höchsten Erhebungen hier schon nach 1—10 Tagen zum Ausdruck kommen, während sie in Mindelheim 5—37 Tage Verspätung erfahren konnten. Nachfolgende Tabellen enthalten hiefür die näheren Angaben.

Ausserordentliche Grundwasserbewegungen.

a) Mindelheim.

Tabelle 1.

Anschwellungszeit Datum	Niederschlag			Erhebung des Grundwassers im Walde cm	Es trifft auf		Die Erhebung des Grundwasserstandes verspätet sich Tage
	mm	Zeitdauer in Tagen	Bemerkungen		1 mm Niederschl. pro Tag	eine Grundwassererhebg. von cm	
1. bis 15. Dezember 1900	41 (63,1)	1 (6)		5	1	1,2	10
18. bis 31. Oktober 1902	72,2	11		14	1	1,9	13
14. bis 31. Mai 1902	40,7 (87,2)	1 11	Dabei in 5 Stunden 35,5 mm	15 (15)	1 (1)	3,7 (1,7)	14
6. bis 30. Juli 1901	125,2	11		19	1	1,5	24
12. Juni bis 30. Juli 1901	245,9	20	Bemerkenswerte geringe Anschwellung des Grundwassers	19	(1)	(0,8)	26
14. bis 29. April 1903	87,3	16		20	1	2,5	15
17. Februar bis 24. April 1901	150,8	30	Mit Schneeschmelze; dabei am 6. April 17,9 mm Niederschl. 7. „ 15,4 „ „ 11. „ 15,9 „ „	123	1	8,1	37
20. bis 30. Juli 1903	100,3	10	Wolkenbruchartige Regen. Dabei in 6′ 10 mm	11	1	1	5
20. Juli bis 4. September 1903	189,9	24	desgl.	41	1	5	14
17. bis 4. September 1903	87,3	9	Dabei am 15. 38,9 mm	21	1	2,2	7

b) Wendelstein. *Tabelle 2.*

Anschwellungszeit Datum	Niederschlag mm	Zeitdauer in Tagen	Bemerkungen	Erhebung des Grundwassers i. d. Bohrloch 3, 4, 5 u. 6 cm	Es trifft auf 1 mm Niederschl.	eine Grundwassererhebg. von mm	Die Erhebung des Grundwasserstandes verspätet sich ca. Tage
12. bis 26. Juni 1902	22,4 am 18./19. Juni	2	Dabei wolkenbruchartiger Regen mit 6,5 mm in 5 Min.	2,5	1	1,1	7
20. März bis 3. April 1902	29,7 am 28. auf 30. März	3		5,5	1	1,8	6
21. bis 31. Mai 1901	24,5 ⊼	2	Zwischen einem zweitägigen Regen drei Tage Unterbrechg.	14,0	1	5,7	0
5. bis 19. September 1901	44,5	9		17,5	1	3,9	1
17./18. Juli 1902	19,3	1	Dabei in 1 Stunde 16,5 mm	12,0	1	6,2	0
9. bis 23. Januar 1902	54,1	16	Dabei ein 24 stündiger ununterbrochener Regen	15,0	1	2,8	2
3. bis 17. Oktober 1901	(32) 65,3	(1) 7	In einem Tag 32,0 mm	(18,0) 18,0	1 1	5,6	6
25. Juli bis 8. August 1901	70,4 ⊼	2 2 u. 3. Aug.		29,0	1	4,1	6
11. bis 23. Dezember 1902	75,6	12	Schneeschmelze und Regen	36,2	1	4,8	ca 4
11. Dezember 1902 bis 16. Januar 1903	123,1	36	desgl. mit Regenunterbrechgn.	56,2	1	4,6	10

Es genügt hier wiederum auf die verschiedenen Bodenverhältnisse der zwei Stationen hingewiesen zu haben, aber auch auf den Umstand, dass in Wendelstein nur Sickerwasser vorhanden ist, das keine mächtigen Schichten zu durchdringen hat und nicht von weiterher gespeist wird und es rufen deshalb hier schon 2—3 tägige Niederschläge 1,1 bis 5,7 cm Grundwassererhebung hervor, was in Mindelheim selten der Fall ist. Hierzu bedarf es hier schon mehrtägiger Regen, wenn nicht ganzer Regenperioden, oder wie im Winter 1901 einer starken Schneeschmelze mit Regen, die bisher die höchste Erhebung von 8,1 cm für 1 mm Niederschlag lieferte. — Zugleich wird durch die vorliegenden Zahlen wiederum die Erscheinung bestätigt, dass der reine Sand in Wendelstein eine viel stärkere Durchlässigkeit besitzt und sein Wasser rascher abgibt, als der lehmige Kies zu Mindelheim. — Auch der Vergleich der Wasserstandsbewegung der den Versuchsfeldern zunächst liegenden Bäche mit den Grundwasserbewegungen spricht für diese Annahme, indem die Kulminationen des Grundwasserstandes der Schwarzach zeitlich bedeutend näher derjenigen des Grundwassers zu Wendelstein liegen, als wie die Kulminationen der Mindel den Kulminationen des Grundwassers zu Mindelheim. — Damit ist ein neues Kriterium für den Abflusskoëffizienten der Flussgebiete gegeben.

B. Die Grundwasserbewegung.

1. Das Grundwasser zu Mindelheim.

(Siehe Tafel 2.)

Wenn man den Gang der Wasserstandsbewegung an den sämtlichen neun aufgeschlossenen Stellen mit einander vergleicht, so findet man in demselben einen scharf ausgeprägten Parallelismus. — Auch der für sämtliche Stellen berechnete mittlere Wasserstand (für die Zeit vom April 1901 bis Ende Oktober 1903) kommt nahezu einem erhobenen Wasserstand gleich wie nachstehende Zusammenstellung ersehen lässt. *Tabelle 3.*

Nr.	Ort	Kote des gerechneten mittleren Grundwasserstandes	Erhobener Grundwasserstand vom 30. Juni 1902	Differenz zwischen beiden Wasserspiegeln
				cm
1	Städtischer Brunnen bei den Kastanien	603,33	603,37	—4
2	Brunnen bei dem Bauern an der Eichetkapelle	606,00	606,02	—2
3	Bohrloch östlich des Waldes	607,77	607,79	—2
4	Bohrloch in der Mitte des Waldes	607,95	607,99	—4
5	Bohrloch in der Kiesgrube südlich des Waldes	608,65	608,67	—2
6	Bohrloch beim Kreuz am Hungerbach	610,02	610,06	—4
7	Brunnen bei der Brauerei neben der Eichetkapelle	605,71	605,76	—3
8	Brunnen beim Bahnwärterposten Nr. 2 der Station Mindelheim	599,07	599,12	—5
9	Brunnen am unteren Wechselwärterposten der Station Mindelheim	598,11	598,15	—4

Jedenfalls spricht dieser Umstand für eine sorgfältige Erhebung der Wasserstände.

In Bezug auf die Grösse der Anschwellungen ist anzuführen, dass während der grössten bisher beobachteten Anschwellung in der Zeit vom 26. März bis 21. April 1901 innerhalb 28 Tagen an den oberen fünf Punkten ein Steigen von 77, 78, 69, 64 und 67 cm oder 2,2 bis 2,8 cm pro Tag beobachtet wurde.

In der Vegetationsperiode trat in der Zeit vom 14. bis 31. Mai 1902 an denselben Brunnen ein Steigen von 17, 21, 15, 15 und 14 cm ein, d. i. pro Tag rund 1 cm.

Während des starken Fallens vom 15. Dezember 1901 bis 17. Februar 1902 im Betrage von 77 cm trifft pro Tag **1,2 cm**, in der Zeit vom 31. Oktober bis 11. Dezember **1,30 cm** und im Vorwinter 1903 vom 31. Oktober bis 27. Dezember **1,1 cm Rückgang des Grundwassers.**

Die **grösste Schwankung** zwischen dem niedersten und höchsten bisher beobachteten Stand in der Zeit vom 17. Februar bis 24. April beträgt 123 cm, wobei der Stand im Vorwinter nach Angabe der Bewohner als einer der niedrigsten gelten kann. Nach dem wolkenbruchartigen Regen vom 12., 13. und 19. Oktober 1902 wurde der höchste Stand vom April 1901 nahezu wieder erreicht.

Bestimmt man ferner für die einzelnen Aufschlusstellen und für ihre zugehörigen bemerkenswerten Wendepunkte in den Grundwasserschwankungen deren Grösse, wie es in den zwei Tabellen auf Seite 9 geschehen, so kommt in derselben ein deutlich ausgesprochenes Gesetz zum Ausdruck. Sowohl für kürzere als längere Anschwellungen ist im Mindeltale in der betrachteten ca. 2 km langen Strecke eine Zunahme der Wasserspiegelerhebung von oben nach unten zu erkennen und zwar vom Bohrloch 6 bis zum Brunnen 9 für 14 tägige Anschwellungen 3—15 cm und für grössere Perioden 28—56 cm. In der Niedergangsperiode wurden von oben nach unten 3—40 cm Unterschied verzeichnet. Der Wasserstandszuwachs für die Grösse der An- und Abschwellungen ist um so beträchtlicher, je grösser die Anschwellung bezw. der Ablauf des Grundwassers war. So z. B. entspricht dem Anstieg von 123 cm vom Februar zum April 1901 am Brunnen Nr. 4 53 cm Unterschied zwischen Bohrloch 3 und Brunnen 9, dagegen dem Rückgang vom 24. April bis 11. Dezember 1901 im Betrage von 46 cm am Bohrloch 4 ein Unterschied des Rückganges von Nr. 6 und Nr. 8 von 40 cm. Ausserdem findet man, dass der Zuwachs der Grösse des Anstieges kleiner ist, als derjenige des Rückganges des Grundwassers. Deutlicher kommt diese Erscheinung in dem Längennivellement für den Grundwasserspiegel auf Tafel IV Fig. 1 zum Ausdruck, in welches ein aus den konstruierten Grundwasserhöhenschichten erhaltener niederer, mittlerer und der bisher beobachtete höchste Grundwasserspiegel eingetragen wurde, der nach der Stromrichtung des Grundwassers durch die Mitte des Waldes auf 1,90 km bis zum Bahnhof in Mindelheim entwickelt ist.

Das dazugehörige Talgefälle hat 6‰, das Niederwassergefälle in der oberen Strecke bis zum Feldbrunnen 6,57‰, das der unteren Strecke bis zum Bahnhof 6,40‰. Es zeigt eine Abnahme von 0,17‰.

Für das Hochwasser in der oberen Partie wurde ein Gefälle von 6,25‰ gefunden und in der unteren ein solches von 6‰, d. i. 0,25‰ Gefällsabnahme. Nieder- und Hochwassergefälle weichen demnach in ihren Gefällen in der oberen Strecke um 0,32‰ und in der unteren Strecke dagegen um 0,40‰ von einander ab. Hierin sind die vorhin besprochenen Steigerungen der An- und Abschwellungen des Grundwassers auf seinem Wege talabwärts begründet.

Solche Verhältnisse treten bei oberirdischen Flussläufen dann ein, wenn dieselben entweder gestaut werden oder wenn sie in ihrem Laufe einen Wassermengezuwachs erhalten. — Man geht daher nicht fehl, wenn man annimmt, dass man es in Mindelheim mit einem **strömenden Grundwasser** zu tun hat, das sich in einer wasserdurchlässigen Schotterdecke (dem Wasserträger) über einer für Wasser undurchlässigen geneigten Bodenschicht (Flinz) ansammelt, wobei die Oberflächengestaltung der undurchlässigen Schicht nicht besonders unregelmässig beschaffen sein wird, weil sich ein so gleichmässiges Gefälle des Wasserspiegels ausbilden und weil die Ausbreitung des Grundwassers auf grosse Entfernung von Lauchdorf bis Nassenbeuren stattfinden kann. Bekanntlich ist die bayerische Hochebene reich an solchen Grundwasserströmen und es sollen hierfür weiter unten noch weitere Beispiele angeführt werden.

Zeigt die Oberfläche des Wasserträgers Unebenheiten, Mulden oder Rücken, so bilden sich Aufstauungen oder Grundwasserseen und damit starke Gefällsbrüche im Stromspiegel selbst dann, wenn derartige Rücken nicht bis zum Wasserspiegel reichen. — Alsdann kann man bei Betrachtung der Grundwasserschwankungen an solchen besonderen Stellen nicht mehr einen derartigen Parallelismus, wie er hier vorliegt, erwarten, weil die Hebungen und Senkungen von Seen nicht direkt mit denjenigen der Zu- und Abflüsse vergleichbar sind, indem die Retention der Seen die Wasserstandsbewegung beeinflusst. — Die weitere Verfolgung des Mindelheimer Grundwasserstromes führt dahin, dass der Spiegel im Weiler Kuhstall bei Lauchdorf ca. 8,8 m unter Terrain, in Helchenried 7,0 m, im unteren Teile von Altensteig 6,30 m und in Mindelau 8,68 m unter Terrain liegt. Unterhalb Mindelheim befindet sich im Felde beim Kreuz zu St. Sebastian (Plateau) ebenfalls ein Feldbrunnen, der am 10. Juli 1903 9,50 m unter Terrain noch kein Wasser zeigte. Dagegen traf man in Nassenbeuren am gleichen Tage den Wasserspiegel 2,14 unter Brunnenkranz an. Dieser Spiegel entspricht annähernd der Höhenlage der Quellen rechts der Wiesmühle unterhalb Mindelheim. Im ganzen betrachtet, hat der Grundwasser-

spiegel von Lauchdorf bis St. Sebastian fast das gleiche Gefälle wie dasjenige des Tales, welches Gefälle sich von hier ab bis zum Austrittspunkt gegenüber Nassenbeuren unwesentlich schwächt. Der Grundwasserträger nimmt somit von oben nach unten an Stärke ab, keilt sich bei Nassenbeuren aus und es beginnt daselbst das Wiestal.

Erhebungen des Grundwasserspiegels zu Mindelheim. *Tabelle 4.*

am Punkt	in der Zeit vom 26. II. bis 4. III. 1902	4. III. 1902	1. bis 15. XII. 1900	20 bis 30. VII. 1903	20. I. 1903	31. X. 1902	29. IV. 1903	14. V. 1902	24. IV. 1901	17. II. bis 24. IV. 1901	XII. 01 bis X. 02	Bemerkungen
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
6	3	4	9	10	12	8	16	16	35	(90)	61	
5	6	6	6	15	15	11	18	14	44	—	67	
4	6	4	5	11	17	14	20	15	40	—	72	
3	5	9	—	11	14	11	18	15	47	103	68	
2	8	6	10	26	15	14	21	21	48	125	76	
7	8	7	14	26	16	14	21	22	44	—	73	
1	**8**	**7**	**16**	**23**	**13**	**16**	**22**	**17**	**51**	**123**	**76**	
8	16	6	21	34	15	21	31	33	42	156	89	
9	10	7	—	17	15	22	27	31	—	—	87	
Zuwachs zwischen 6 und 9	7	3	12	24	3	14	11	15	(16)	(56)* 53	28	* zwischen 3 und 8

Senkungen des Grundwasserspiegels zu Mindelheim. *Tabelle 5.*

am Punkt	in der Zeit vom 24. bis 29. V. 1903	31. IX. bis 3. X. 1901	30. VIII. bis 3. IX. 1903	31. V. bis 19. VI. 1902	16. IV. bis 14. V. 1902	31. X. bis 11. XII. 1901	24. IV. bis 12. V. 1901	31. X. bis 17. XI. 1902	24. IV. bis 11. X. 1901	Bemerkungen
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
6	2	4	—	1	14	21	27	43	54	
5	1	2	4	1	12	29	34	49	62	
4	0	2	—4	1	12	31	32	51	60	
3	0	2	3	2	15	35	39	50	66	
2	1	3	2	4	18	41	33	58	71	
7	2	4	—	9	11	39	38	55	64	
1	**6**	**3**	**5**	**4**	**14**	**36**	**42**	**55**	**76**	
8	17	5	13	21	13	39	48	66	94	
9	14	4	—	15	24	36	—	63	—	
Abnahme zwischen 6 und 9	12	3	(9)	14	12	15	21	20	40	

Wie schon oben erwähnt, besitzt die bayerische Hochebene viele solche Grundwassergebiete, welche alle darin übereinstimmen, dass der auf dem Letten oder Flinz lagernde Schotter von Süden nach Norden an Mächtigkeit abnimmt und damit auch der Abstand der Tragschichte und des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche, worauf nochmals zurückgekommen werden soll.

Die Abnahme des Grundwassergefälles in Mindelheim talabwärts findet aber auch noch eine weitere Erklärung in der Zunahme der Wassermenge des Grundwasserstromes. Schon auf Seite 2 wurde nachgewiesen, dass der Hungerbach bei gewöhnlichem Stande die Hälfte seines Wassers in die Tiefe abgibt, demnach die Menge des Grundwasserstromes vermehren muss, ohne hiebei auf die Schwankungen des Grundwasserstandes direkt neben dem Bach einen Einfluss auszuüben, wie das Verhalten des Bohrloches 6 zeigt.

Diese Vermehrung kann sich bei gleichbleibendem Gefälle und gleicher Breite des Wasserträgers im Tale nur in einer Vergrösserung der Wassertiefe, d. h. in einem Stau äussern.

2. Wendelstein.

(Vergleiche Tafel 3.)

Hier bemerkt man in dem Gang der Grundwasserbewegung nicht diesen scharf ausgeprägten Parallelismus wie in Mindelheim, aber auch der jährliche Gang weicht wesentlich von jenem zu Mindelheim ab, insoferne als in Mindelheim nicht ein so scharfer Niedergang des Grundwassers in dem Winter 1902/03 wie hier stattfindet. Erst nach einer entsprechenden Gruppierung der Bohrlöcher kann auch in Wendelstein der teilweise noch vorhandene Parallelismus der Wasserbewegung erkannt werden. Gute Übereinstimmung durch die ganze Versuchsperiode zeigen die Wasserstände der Bohrlöcher Nr. 3, 4, 5 und 6 im Wald (erste Gruppe), denen sich

die Bewegung im Bohrloch Nr. 7 nähert, weniger Übereinstimmung dagegen Bohrloch Nr. 12. Dasselbe bildet mit Nr. 10 und 11 schon in Rücksicht der tieferen Lage eine eigene Gruppe Nr. 2 und stellt den Übergang zur Gruppe Nr. 1 her. Die Bewegungen des Grundwassers in den Bohrlöchern Nr. 1 und 9 müssen jede für sich betrachtet werden und Nr. 2 und Nr. 8 zeigen bald mehr Parallelismus mit der ersten, bald mit der zweiten Gruppe. In der Senkungsperiode des Grundwassers vom Februar bezw. April bis zum 15. Dezember 1902 sind an den verschiedenen Bohrlöchern Schwankungen von 69—206 cm zu verzeichnen und der Gang des Grundwassers in der Gruppe 2 und im Bohrloch Nr. 8 weicht von der Gruppe 1 insoferne ab, als hier von Februar bis April anstatt einer Senkung zuerst ein Anstieg von 4—40 cm vorliegt. Im oberen Walde hingegen konnte für diese Periode in der Gruppe 1 und bei Nr. 7 nur ein Rückgang im Betrage von 95—114 cm konstatiert werden. Der Rückgang im unteren Walde (Gruppe 2) war 69—75 cm, der im Freilande dagegen 154—171 cm (Nr. 12 hierzu nicht gerechnet).

Es wurde schon Seite 3 erwähnt, dass die Grösse des Wendelsteiner Versuchsfeldes sich mit derjenigen seines Niederschlagsgebietes deckt und von einem seitlichen Zufluss also eigentlich soviel wie nicht gesprochen werden kann. Trotzdem wurden an den verschiedenen Bohrlöchern Nr. 1 bis Nr. 8 ungleiche Wasserstandserhebungen konstatiert. Demnach können dieselben bei gleich grosser Niederschlagsmenge nur dadurch entstehen, dass bei den vorhandenen Unebenheiten des Terrains in Mulden mehr Wasser zusammenfliesst und in den Boden einsickert, oder dass durch den Wald die Sickerwassermenge gegenüber derjenigen im Freiland verringert wird, weil derselbe grosse Wassermengen verbraucht und weil ausserdem in seinem geschlossenen Kronendach ein Teil der Niederschläge zurückgehalten wird.

Darnach musste sich in Würdigung des ersten Umstandes in der Richtung der Bohrlöcher 3, 2, 1, ein starker Zuwachs der Grundwassererhebung bei Anschwellungen von oben nach unten bemerkbar machen. Findet — wie zur Zeit der Schneeschmelze — wenig Verdunstung statt, so wird die Sättigung des Bodens mit Sickerwasser rascher vor sich gehen und daher allgemein mehr Abfluss zum Grundwasser stattfinden. Deshalb zeigen auch zur Zeit eines solchen Vorganges, wie z. B. an der Jahreswende 1902/03, alle Bohrlöcher eine energische Erhebung des Grundwasserstandes, welche noch durch die vorhandene schwache Humusdecke und durch den porösen Keupersand eine weitere Unterstützung erfährt. — Auf die übrigen Abweichungen soll zurückgekommen werden, wenn der Einfluss des Waldes auf das Grundwasser näher zu besprechen sein wird.

Der Grundwasserstand wird aber noch abhängen von der Beschaffenheit der Bodenoberfläche, deren Neigung und von der geognostischen Beschaffenheit des Terrains, die soeben berührt wurde, namentlich von der Lage und Neigung der wasserundurchlässigen Schicht. Ist letztere ebenfalls stark geneigt, so kann das Wasser rascher zum Abfluss kommen, und dies muss sich dann im Stand des Grundwassers ausdrücken.

Zur Würdigung dieser Verhältnisse wurden mit Hilfe der genauen Terrainaufnahmen und Bodenschürfungen vier Querschnitte auf Tafel V dargestellt und in dieselben ein niederer und höherer Grundwasserspiegel sowie die Schürfungsergebnisse eingetragen. Die undurchlässige, wassertragende Schicht bildet in Wendelstein in der Regel der quarzitische Sandstein, teilweise festgelagerter Sand oder Letten. Fast durchgehends besteht die wasserführende Schicht (der Wasserträger) aus einer Schichte fein- bis mittelkörnigem, weissem oder rotem Keupersand.

In der Umgegend der Bohrlöcher 1, 2, 5, 6 und 9 zieht ausserdem durch den Wasserträger eine 0,5 bis 2,0 m starke, kalkhaltige Lettenbank mit Rollkiesel. Während der Felsen im oberen Teile des Versuchsfeldes bis zum Bohrloch 8 in der Regel 2—3,0 m unter Terrain angetroffen wird, konnte derselbe beim Bohrloch 12 in 9,0 m Tiefe noch nicht erreicht werden und im Bohrloch 11 stiess man in 5,10 m Tiefe auf roten Lehm. Verbindet man diese eingetragenen Tiefen an den Bohrlöchern in den Querschnitten durch eine Linie, so stellt sie im grossen die Oberfläche der undurchlässigen Schicht dar. Dieselbe verläuft zufällig annähernd parallel zum Terrain bis zur oberen Waldgrenze und fällt von hier scharf zum Schwarzachtal ab. Ebenso herrscht zwischen dem Gefälle des in den Querschnitt eingetragenen Wasserspiegels vom 26. Juni 1903 (der sich vollständig über alle Bohrlöcher und über die nachträglich ausgeführten Schürfungen erstreckt) einerseits und zwischen der Lage des Felsens und dem Terrain auf die Länge der Ausdehnung des Waldes anderseits Übereinstimmung. Vom Waldende aber angefangen sinkt sowohl der Felsen als auch das Grundwasser viel rascher zum Talgrund als das Terrain. Selbstverständlich ist mit den 21 Schürfungen nur im grossen ein Bild von der Oberfläche des Untergrundes und des Grundwasserspiegels gegeben, der hier eine wellige Gestalt ähnlich dem Terrain annehmen muss.

Nach den nördlich des Versuchsfeldes am Glaserberg aufgedeckten Sandsteinbrüchen ist der Stein nicht gleichmässig geschichtet, teilweise verwittert und zerklüftet, wodurch das Grundwasser teilweise in Spalten eindringen oder absinken kann.

Ausserdem wird sein Stand, wie schon erwähnt, weil es soviel wie keinen seitlichen Zufluss erhält, zur Zeit der Trockenheit fast bis zur Tragschichte absinken, wie z. B. am 26. Juni 1901, woselbst über der Felsenschichte an mehreren Stellen nur mehr 20 bis 30 cm Wasserstand konstatiert werden konnte. — Es drückt sich hier ein Gegensatz zur schwäbisch-bayerischen Hochebene aus, nämlich neben den an und für sich geringeren Niederschlagsmengen der Mangel eines genügend starken Wasserträgers, wovon schon auf Seite 6 die Rede

war und wodurch ferner die zeitweise Wasserarmut der Keupergegend, speziell der Gegend **neben dem Kanal** im Sommer Erklärung finden kann.

Weiter oben ist bemerkt worden, dass das Grundwasser des Bohrloches Nr. 1 zur Zeit der höchsten Erhebung von Dezember 1900 bis März 1902 einen ganz abnormen Gang aufwies. Aus dem Profil IV Tafel V ist zu ersehen, dass die undurchlässige Lettenschichte bei Bohrloch Nr. 2 auf dem Felsen auflagert und bei Nr. 1 zwischen ihr und dem Felsen eine 2,00 m starke Sandschichte eingelagert ist. Beim Bohren dieses Loches kam erst Wasser, als der Felsen angebohrt wurde, und stieg dann bis auf 1,90 m unter Terrain, während der Felsen erst 4,20 m unter demselben auftrat. Es liegt nun der Gedanke nahe, dass dem Wasser der Weg von Bohrloch 2 her durch die undurchlässige Lettenschichte versperrt ist, und dass es sich zuerst durch den Felsen vom Bohrloch 3 her zum Bohrloch 1 bewegen muss, um von einem gewissen Stande an mit hydrostatischem Druck im Bohrloch 1 entsprechend aufzusteigen. Da derselbe beim höher gelegenen Bohrloch 2 geringer ist als bei Nr. 1, so wird dort das Grundwasser auch weniger gehoben als bei Nr. 1. Hierbei dürfte es nicht gleichgültig sein, ob die Erhebungen aus einem niederen Stande, wie im Dezember 1902, oder aus einem hohen wie im Dezember 1901, stattfinden, in dem jedesmal andere Druckverhältnisse gegeben sind, die wiederum verschiedene Grundwassererhebungen nach sich ziehen.

Einen sehr gemilderten Gang in der Wasserbewegung zeigen die Bohrlöcher der Gruppe Nr. 2, 12, 10 und 11. Dass die geringen Schwankungen des Grundwassers dieser Bohrlöcher eine Folge des Staues des Grundwassers im Schwarzachtale bezw. der Schwarzach selbst sind, geht aus dem Profil I ohne weiteres hervor, noch mehr aber aus dem Vergleich der Wasserstände der Schwarzach am Pegel zu Wendelstein, welche in Tafel III unter der Grundwasserkurve des Bohrloches 9 aufgetragen wurden. Letztere bildet förmlich eine Einhüllungskurve der Wasserstandskurve der Schwarzach, auf welcher die schroffen Anschwellungen vom Februar, März, August, Oktober 1901, Februar, April, und November, Dezember 1902 aufsitzen und diejenige vom Bohrloch Nr. 10.

Man ist fast geneigt, auch für Bohrloch Nr. 12 noch eine Stauwirkung vom Schwarzachtale her geltend zu machen, obgleich der noch weiter ausgesprochene Parallelismus des Wasserstandes dieses Bohrloches mit demjenigen des höhergelegenen Bohrloches Nr. 3 auch auf eine Verbindung des unteren Stromes mit dem oberen Teile des Versuchsfeldes durch Spalträume schliessen lässt.

Alle die hier hervorgehobenen Punkte berechtigen zu der Annahme, dass auch in Wendelstein, woselbst man es nirgends mit einem Quellenaustritt, sondern nur mit einer schwachen Grundwasseransammlung und einem schwachen Grundwasserträger zu tun hat, ein deutlich ausgesprochener Zusammenhang der Bewegung des Grundwassers mit der Höhenlage und der Neigung der undurchlässigen Schichte, wenn auch nicht in dem Masse wie in Mindelheim, vorhanden ist, dass also auch hier für die Grundwasserbewegung die Gesetze für die Bewegung der oberirdischen Gewässer zur Anwendung kommen, wenn sie auch durch die geognostischen Verhältnisse oder durch Stauwirkungen etc. verschleiert erscheinen. Bemerkt soll noch werden, dass nach Versuchen der in Wendelstein vorkommende feine und mittelkörnige Quarzsand 30 ‰ Hohlräume aufweist.

Das Gefälle des Grundwassers beträgt in Wendelstein 3,9 bis 51 ‰, und hieraus ergibt sich im oberen Teile des Versuchsfeldes — **im Walde** — ein **kleinerer** Abstand des Grundwasserspiegels vom Terrain, als unterhalb des Waldes.

C. Einfluss des Waldes auf das Grundwasser.

In der Broschüre „Einfluss des Waldes auf die Bodenfeuchtigkeit, Sickerwassermenge etc." von E. EBERMAYER (Stuttgart, Verlag von ENKE 1900) werden die Untersuchungen erwähnt, welche P. OTOTZKIJ (Konservator am K. K. Mineralog. Museum in St. Petersburg) im Sommer 1893 und 1895 über den Grundwasserstand innerhalb und ausserhalb der Wälder in den Steppen des südwestlichen Russlands im Gebiete der Schwarzerde, dann im Sommer 1897 in einigen nördlichen Waldungen des Gouvernements St. Petersburg im Moränengebiet durchgeführt hat und die Ergebnisse OTOTZKIJS aus der Gesamtzeit der Beobachtungen in folgende Sätze zusammenfasst:

1. Auf horizontalem Terrain und bei gleicher geophysikalischer Bodenbeschaffenheit ist in der Steppenregion der Wasservorrat für die Speisung der Quellen in den Wäldern beträchtlich geringer als im umgebenden baumlosen Freiland. Die meisten Brunnen und Quellen sind dort ausserhalb des Waldes zu suchen.

2. Im Walde steht das Grundwasser stets beträchtlich tiefer als in der umgebenden Steppe, auch wenn dieselbe mit dichtem Gras bewachsen ist. Es konnte eine deutlich fortschreitende Senkung des Grundwasserspiegels von der Steppe nach dem Walde hin konstatiert werden. Beim Übergang in den Wald findet plötzlich ein starkes Sinken des Grundwassers oft schon auf kurze Distanz statt. So betrug z. B. im Schipow'schen Walde bei Erischow auf 130 m Entfernung die Senkung des Grundwasserspiegels 10,96 m, bei Laptiew auf nur 32 m Abstand sogar 10 m, im schwarzen Walde bei Sandrow für 200 m Distanz 4,95 m und erreichte am Waldrande bei Gybulow auf eine Entfernung von 104 m den Betrag von 10,72 m u. s. w.

3. Die Depression des Grundwasserspiegels wächst mit zunehmender Dichte des Waldes; in jungen Beständen ist sie am geringsten, in geschlossenen Waldungen von mittlerem Alter (60—80 Jahren) am grössten.

4. Selbst Lichtungen von geringem Umfang reichen hin, den Grundwasserstand zu heben.

5. Nach dem Abtrieb eines Waldes findet ein allmähliches Steigen des Grundwassers statt.

6. Im nördlichen Russland ist im allgemeinen die Einwirkung des Waldes auf die Senkung des Grundwasserspiegels **wesentlich geringer** als im Steppengebiete. Offenbar wird dort durch die häufigeren und stärkeren Niederschläge dem Waldesboden mehr Wasser zugeführt und infolge des kalten und feuchten Klimas der Wasserverbrauch und die Transpiration der Bäume beträchtlich vermindert.

Diese Ergebnisse finden sich auch in der von Professor GRAVELIUS herausgegebenen Zeitschrift der Gewässerkunde veröffentlicht (Band I 1898, Seite 214 und 278, dann Band II 1879, Seite 160). Darnach würde der Einfluss des Waldes auf das Grundwasser lediglich nach dem Abstand des Grundwasserspiegels von der Terrainoberfläche zu bemessen sein.

Wenn man die Ergebnisse für unsere beiden Versuchsfelder auch nach dieser Richtung hin einer Beurteilung unterzieht, so findet man, dass unter den hier in Betracht kommenden Verhältnissen nicht im mindesten Anhaltspunkte vorhanden sind, welche zu solchen Schlüssen, wie sie von OTOTZKIJ für Südrussland aufgestellt wurden, gegeben sind. Auf Seite 9 wurde bereits erwähnt, dass die Grundwässer der bayerischen Hochebene alle darin übereinstimmen, dass der auf dem Letten oder Flinz lagernde Schotter von Süden nach Norden an Mächtigkeit abnimmt und damit auch der Abstand der Tragschichte und des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche. Es kommt dabei für die allgemeine Beurteilung der Lage des Grundwasserspiegels offenbar wenig darauf an, ob und wieweit letztere mit Wäldern bedeckt ist, sondern auf die Gefällsverhältnisse des Terrains und des Grundwassers, welche so gelagert sind, dass in einem jeden südlich gelegeneren Wald der Grundwasserstrom einen tieferen Stand als in einem nördlich gelegenen Freiland aufweisen muss. Hierfür bietet der Verlauf von zwei mächtigen Grundwasserströmen, welche auf Tafel IV dargestellt sind, weitere Belege. Die Figur 3 stellt den Grundwasserstrom rechts der Isar zwischen Otterfing und Aschheim auf eine Länge von 34 km dar, woselbst ausgedehnte Waldungen, wie z. B. die Hofoldinger-Höhenkirchner und Perlacher Forste vorhanden sind.

Während hier der Grundwasserstrom, der 3—4 m hohe Schwankungen hat, ein ziemlich stetiges Gefälle von 2,6 ‰ besitzt, nimmt das Terrain der Hochebene stetig von 7,6 auf 4,3 ‰ ab und es entstehen hierdurch von oben nach unten abnehmende Abstände zwischen dem Grundwasserspiegel und der Erdoberfläche von 70 m bis herunter auf 3,0 m und zuletzt tritt das Grundwasser bei Daglfing, Riem und Aschheim selbst zutage und gibt Veranlassung zur Bildung des Saalbaches und der Dorfen und zu derjenigen des Erdinger Mooses. — Hieraus kann aber unmöglich abgeleitet werden, dass z. B. der grössere Abstand des Grundwassers im Walde mit 32 m bei Höhenkirchen gegenüber dem geringeren von 18 m im Freilande bei Grasbrunn auf Rechnung des Waldes zu setzen ist, sondern dass die Grösse des Abstandes lediglich aus der Konvergenz der Gefälle der Tragschichte und des Grundwasserspiegels gegenüber der Erdoberfläche entsteht. Ganz ähnliche Verhältnisse treten in dem Grundwasserstrom des Lechfeldes zwischen Kaufering und dem Siebentischwald bei Augsburg auf, von dem die Figur 6 der Tafel IV einen Längenschnitt und die Figuren 2, 3 und 4 Details von dem Strome bei Schwabstadel darstellen.*)

Die Grundwasserverhältnisse werden hier zur Zeit vom hydrotechnischen Bureau für andere Zwecke untersucht; sie bieten aber zugleich auch für vorliegenden Zweck einen willkommenen weiteren Beweis dafür, dass der Strom in der Richtung von Südwest nach Nord abnimmt. Sein Gefälle beträgt 2,70 ‰. Die Mächtigkeit ist bei Schwabstadel 12,00 m, gegen den Siebentischwald bei Augsburg nur mehr 4,8 m und der Wasserspiegel liegt in Schwabstadel im Mittel 8 m, gegen den Siebentischwald zu 2,0 m unter der Oberfläche. Die Richtung des Grundwasserstromes ist fast parallel zum Lech, dagegen lässt sich bei Schwabstadel ein kleines Quergefälle des Stromes zum tiefer gelegenen Flusswasserspiegel erkennen. Die hier im Mittel 20,0 m unter Terrain liegende wassertragende Schicht wird durch den oligocänen Flinz gebildet. Dieser auf 28 km Länge untersuchte Grundwasserstrom zieht neben dem Lech bis zur Wertachmündung und entleert sich unterhalb der Eisenbahnlinie Augsburg—München direkt in das tief eingeschnittene Lechbett, nachdem zuvor ein Teil davon von der Stadt Augsburg zu ihrer Wasserversorgung entnommen wurde. Nach dem Abstande des Grundwasserspiegels von der Oberfläche zu schliessen, stünde im Auwald rechts von Haunstetten und im Siebentischwald der Wasserstand **höher** als im Freiland, dem Truppenübungsplatz Lager Lechfeld, und höher in der Lechau bei Schwabstadel (Fig. 3, Tafel IV) als bei Schwabstadel selbst. In Wirklichkeit aber liegt der Unterschied der Abstände des Wasserspiegels bei Schwabstadel lediglich in der durch die vorhandene Lechterrasse bedingten Terrainungleichheit, während der Wasserspiegel selbst eine stetig verlaufende Linie sowohl der Quere, als auch der Länge nach bildet.

Erst dann, wenn in dem Spiegel eines Grundwasserstromes innerhalb eines Waldes eine Depression vorhanden wäre, könnte man sich der Ansicht zuneigen, dass bei einem fliessenden Grundwasserstrome durch den Wasserverbrauch des Waldes eine Senkung des Grundwasserspiegels hervorgerufen werde, die sich aber dann auf die Dauer der Vegetationszeit erhalten und sich ähnlich herausbilden müsste, wie die Depressionen der Wasserspiegel bei Pumpversuchen, welche bezüglich der Ergiebigkeit der Grundwasser für Wasserversorgung angestellt werden. Zufälligerweise wurden von dem Kgl. Wasserversorgungsbureau für die Militärverwaltung behufs Erschliessung des Lechfeldgrundwassers solche Pumpversuche bei Schwabstadel angestellt

*) Letztere vom Kgl. Wasserversorgungsbureau angestellte Untersuchungen verdanken wir der gütigen Mitteilung des Kgl. Garnisonsbaurates Feder in Augsburg und des Vorstandes des Kgl. Wasserversorgungsbureaus Herrn Kgl. Oberbaurates Brenner.

und aus dem bereitwilligst von der Garnisonsbauverwaltung Augsburg zur Verfügung gestellten Materiale ist zu entnehmen, dass in der Zeit vom 13. November bis 12. Dezember 1896 täglich teils zwölf Stunden, später kontinuierlich mittels Zentrifugalpumpen 50 Sekundenliter dem Grundwasserstrom entnommen wurden, wobei sich der Wasserspiegel im Maximum 40—50 cm absenkte und einen Depressionskreis von einem Halbmesser von 125 m erreichte. Nach Stillstand der Pumpen nahmen die Niveaukurven nahezu wieder ihre frühere Lage ein. Die Tafeln 6 und 7 stellen den Vorgang während der Versuche dar, mittels Konstruktion der Grundwassergefällslinien aus der während der Versuche aufgenommenen Wasserspiegelhöhenlage. Eine gleiche lokale Depression ist im Siebentischwald durch die ständige Wasserentziehung für die Stadt Augsburg vorhanden. In ähnlicher Weise **müsste** sich der Einfluss des Wasserverbrauches des Waldes auf den Grundwasserspiegel und zwar erst dann geltend machen können, wenn der Wasserverbrauch des Waldes die Zuströmung des Grundwassers überwiegen würde. Dies wird aber bei der Ergiebigkeit solcher Ströme wohl kaum anzunehmen sein. Abgesehen davon, wird der Wald kaum Depressionen von mehreren Metern erzeugen, wenn Zentrifugalpumpen nur imstande sind, im Maximum solche von 50 cm hervorzurufen. Die weitere Folge einer Depression wäre die, dass dann im Sommer, zur Zeit der Vegetation, die Grundwasserbewegung im Walde nicht mehr den Parallelismus mit derjenigen im Freilande aufweisen könnte, wie ihn die Beobachtungen in Mindelheim ergeben haben. Da nach OTOTZKIJ'S Angaben schon Lichtungen von geringem Umfange genügen, den Grundwasserstand zu heben, hätte sich eine Depression auch an einer solchen Waldparzelle wie in Mindelheim zeigen müssen.

Aus allen Betrachtungen geht hervor, dass in Südbayern das Gefälle und die Ergiebigkeit der Grundwasserströme so mächtig ist, dass der Wasserverbrauch der Pflanzen, speziell des Waldes, nicht imstande ist, einen solch bemerkbaren Einfluss auf den Wasserstand auszuüben, wodurch der Grundwasserspiegel unter dem Walde ein schroffes Gegengefälle zur Strömungsrichtung des Grundwassers annehmen könnte und wodurch das bisher als allgemein gültig angenommene empirische Gesetz der Hydrodynamik zu modifizieren wäre.

Auf kurze Zeit ist der Fall denkbar, dass bei rascher Schneeschmelze durch Regen und Temperaturerhöhung (Föhn) das Meteorwasser im Freiland eher zum Grundwasser gelangt als im Walde, woselbst durch Zurückhaltung des Regens und durch späteren Frostaufgang zur gleichen Zeit weniger Wasser dem Grundwasser zugeführt wird. Alsdann kann bei gleichzeitiger Messung im Walde ein niederer Stand als im Freilande vorübergehend gefunden werden, der sich aber längstens nach einigen Tagen je nach Örtlichkeit ausgleichen muss. Damit ist dargetan, dass der zeitliche Gang der Grundwasserbewegung verfolgt werden muss, um einen vollständigen Einblick in diese schwierigen Verhältnisse erhalten zu können. Nach dieser Richtung dürften die Beobachtungen OTOTZKIJ'S, wenigstens nach dem, was uns hierüber vorliegt, nicht ganz einwandfrei sein. Auch die Untersuchungen in der klimatologisch und hydrographisch von Südbayern vollständig verschiedenen Station Wendelstein führen zu keinem anderen Ergebnis, als wie in Mindelheim. Wenn auch in Wendelstein der Wasserspiegel an den verschiedenen Bohrlöchern durch die Untergrundsverhältnisse nicht einen so ausgeprägten Parallelismus zeigt, wie in Mindelheim, so ist doch soviel erkannt, dass seine Höhenlage und Schwankung der Hauptsache nach ebenfalls von der Menge des Niederschlages und von der Tiefe der wassertragenden Schicht abhängt, so dass auch mit dem einfachen Abstand des Wasserspiegels vom Terrain höchstens nur bewiesen werden kann, dass der Felsen ungleich von der diluvialen oder alluvialen Verwitterungschichte überdeckt ist und zwar zufälligerweise im oberen Walde geringer als im Freilande. — Die Wasserspiegelfläche selbst weist in dem auf Tafel 5 gegebenen Schnitt ebenfalls stetige Linien auf und hat Gefälle von 3,9 bis 51 ‰, wie bereits Seite 11 angegeben, so dass hier **im Walde** ein **kleinerer** Abstand des Grundwassers vom Terrain, als wie im Festlande zu verzeichnen ist.

Dagegen darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Bohrlöcher des oberen Waldes in Wendelstein Nr. 3, 4, 5, 6 und 7 namentlich bei schweren Regen eine geringere Anschwellung aufweisen, als diejenigen des Freilandes, wobei die durch die besonderen Untergrundsverhältnisse zeitweise bedingten, abnormen Grundwasserbewegungen zum Vergleiche nicht herangezogen werden dürfen. Diese Erscheinung steht nicht im Widerspruch mit dem in oben genannter EBERMAYER'schen Broschüre erwähnten Einfluss des Waldes auf die Menge des Sickerwassers, bedingt aber auch in Wendelstein noch nicht — wie die Gefällslinien des Grundwasserspiegels beweisen — eine Ausschaltung des empirischen Gesetzes der Hydrodynamik. Eine nähere Betrachtung des abnormen Sinkens des Grundwassers in Wendelstein in der Zeit vom 3. April bis 31. Oktober 1902 zeigte, dass die Ursache hierfür in erster Linie in den geringen Niederschlägen zu suchen ist. Auf zusammen 240 Tage treffen 65 Regentage mit 329,8 mm von und über 1 mm pro Tag. Darunter waren 24 Tage mit zusammen 207,8 mm von und über 5 mm und 6 Tage mit zusammen 84,5 mm. Die Gesamtregenmenge dieser Periode ist fast ausschliesslich der Verdunstung und dem Wasserverbrauch der Pflanzen anheimgefallen, denn sonst müsste sich in dem entschiedenen Rückgang des Grundwassers zeitweise wieder einmal eine Neigung zur Erhebung geltend gemacht haben. Da nun aber in den russischen Steppen die mittlere **jährliche** Niederschlagshöhe ca. 480 mm betragen soll und während der wärmeren Jahreszeit jedenfalls auch eine ausserordentlich starke Verdunstung stattfinden wird, so folgt daraus, dass auch dort während der Vegetationszeit in den Wäldern so viel wie nichts in den Untergrund zum Grundwasser versickern kann.

Es wäre von grossem Interesse, durch exakte Messungen in den russischen Steppen die Schwankungen des Grundwasserspiegels namentlich zur Zeit der Schneeschmelze kennen zu lernen, um festzustellen, ob und

in welchem Grade dort während der kälteren Jahreszeit der Grundwasserstand in den Wäldern und auf freiem Felde durch Sickerwasser beeinflusst wird. Jedenfalls sind bei den dortigen klimatischen und Bodenverhältnissen fortlaufende Beobachtungen der Brunnen und Bohrlöcher notwendig und dürfen die Untersuchungen nicht auf einmalige Beobachtungen gelegentlich der Vornahme der Bohrungen beschränkt werden. Ausserdem muss die Richtung des Hauptgefälles der Tragschichte wie bei unseren Versuchen ermittelt sein. Nach dieser Richtung hin wären die Versuche von OTOTZKIJ — soweit nach den uns zu Gebote stehenden Veröffentlichungen zu schliessen ist — zu erweitern, aber auch in Bezug auf die Grundwasserbeobachtungen selbst, denn in den betreffenden Abhandlungen ist nur von **dem** Grundwasser die Rede, wonach angenommen werden könnte, dass der aufgeschlossene Spiegel gar keinen Schwankungen unterliege.

Man ist aber versucht, ohne nähere Kenntnisse der in den russischen Steppen obwaltenden Vorgänge, sich die Depressionen des „Grundwassers in den Wäldern" — um bei dem Namen zu bleiben — so zu erklären, dass infolge der geringen Niederschläge, der starken Verdunstung und des grossen Wasserverbrauches durch die Bäume für die Tiefen unter der Wurzelregion, die Sickerwassermengen im Walde vorwiegend auf Null herabsinken, während im Freilande infolge geringeren Wasserverbrauches durch die Kulturgewächse grössere Sickerwassermengen geliefert werden müssten.

Hiermit dürfte das Wesentlichste an der Hand der vorliegenden Untersuchungen zur Beantwortung der gestellten Frage dargelegt sein und es soll zum Schlusse nur noch bemerkt werden, dass für unsere Verhältnisse der Vollständigkeit halber die Versuche noch auf schwerer durchlässige, feinkörnige Bodenarten (Lössboden, sandigen Lehm) und auf grössere, gutwüchsige Waldkomplexe auszudehnen sind, um auch hier das Verhalten des Grundwassers zum Walde kennen zu lernen.

IV. Hauptergebnisse.

1. Wird dem Boden durch die atmosphärischen Niederschläge mehr Wasser zugeführt, als er vermöge seiner Wasserkapazität aufsaugen und zurückhalten kann, so sickert nach erfolgter Sättigung desselben der Überschuss des Wassers nach Massgabe des Durchlässigkeitsgrades des Erdreiches und der Gesteine schneller oder langsamer in die Tiefe ein, bis er sich auf einem wasserundurchlassenden Material als **Grundwasser** ansammeln kann, das die gesamten vorhandenen Hohlräume der wasserführenden Schichte erfüllt.

Die vorliegenden Untersuchungen bestätigen aufs neue, dass die Speisung des Grundwassers in erster Linie von der Menge und zeitlichen Verteilung der Niederschläge, dann aber auch von der Grösse des Sammelgebietes, vom Trockenheitsgrade des Bodens, von der Mächtigkeit und dem Durchlässigkeitsgrade der wasserleitenden Schichten, vom Neigungsgrade und von der Form der wassertragenden Schichte und endlich von dem grösseren oder geringeren Wasserverbrauch der lebenden Pflanzendecke abhängig ist.

Unter sonst gleichen Bodenverhältnissen ist der Einfluss der Niederschläge auf das Grundwasser je nach der Jahreszeit (Klima) sehr verschieden. — Infolge der geringen Wasserverdunstung und der bessern Durchfeuchtung des Bodens ist bei gleicher Wasserzufuhr die Speisung des Grundwassers während der kälteren Jahreszeit eine beträchtlich stärkere als in der wärmeren Jahreshälfte. Nur wenn im Winter eine längere Frostperiode eintritt und der Boden durch Gefrieren wasserundurchlässig wird, kann auch bei starker Schneebedeckung der Erdoberfläche ein stetes Fallen des Grundwassers beobachtet werden. Dagegen findet ein schnelles Ansteigen desselben statt, wenn nach erfolgtem Auftauen des Bodens rasche Schneeschmelze und stärkerer Regen eintritt. Aus diesem Grunde ist bei uns der Grundwasserstand im Vorfrühling in der Regel am höchsten. Eine starke Senkung desselben erfolgt wieder im Sommer und Herbst bei längerer Trockenheit. Die Wasserkapazität der stark ausgetrockneten oberen Bodenschichten ist dann so gross, dass selbst mehrtägige Regen zu ihrer Sättigung verbraucht werden und zur Speisung des Grundwassers wenig oder nichts übrig bleibt. Je grösser die Wasserkapazität der Zuleitungsschichte ist und je tiefer der Grundwasserspiegel unter der Erdoberfläche liegt, desto geringer ist die Einwirkung der Sommerregen auf die Hebung des Grundwasserstandes. So konnte z. B. in Wendelstein während der langen Trockenperiode vom 1. April bis zum 1. Dezember 1902, welche 167 niederschlagsfreie Tage umfasste, trotz eines 325,7 mm starken Niederschlages ein steter Rückgang des Grundwassers im Betrage bis zu 175 cm beobachtet werden. Nur intensive länger anhaltende Regen können in stark ausgetrocknetem Boden nach einiger Zeit ein Steigen des Grundwassers bewirken, während bei durchfeuchtetem Erdreich schwächere Niederschläge dazu ausreichen. Immer aber wird dieser Vorgang in hohem Grade durch die herrschende Luft- und Bodentemperatur (Verdunstungsstärke des Wassers) beeinflusst.

So z. B. verursachte in **Mindelheim** in der Periode vom 12. Juni bis 30. Juli 1901 eine Regenhöhe von 245,9 mm eine Erhebung des Grundwassers von 19 cm, dagegen diejenige vom 14. bis 31. Mai 1902 mit nur 87,2 mm Regenhöhe in 11 Tagen ein Steigen von 15 cm. In Verbindung mit einer Schneeschmelze vom 17. Februar bis 24. April 1902 bewirkte ein Niederschlag von 150,8 mm eine Erhebung des Grundwassers von 123 cm u. s. w.

In **Wendelstein** fielen vom 12. bis 26. Juni 1902 22,4 mm Niederschlag, die ein Steigen von 2,5 cm veranlassten, während in der Periode vom 9. bis 13. Januar mit 25,3 mm Regen in 24 Stunden das Grundwasser um 15 cm gestiegen ist.

In der Zeit vom 11. bis 23. Dezember 1902 fand unter gleichzeitiger Schneeschmelze bei 75,6 mm Niederschlag eine Erhebung von 36,2 cm statt, die sich bis zum 16. Januar bei 123,1 mm Niederschlag auf 56,2 cm steigerte.

2. Von der Lage und der Oberflächenbeschaffenheit der wasserundurchlassenden Schicht als Träger des Grundwassers hängt es ab, ob letzteres im fliessenden oder stagnierenden Zustande sich befindet. Wo die undurchlässige Schicht geneigt ist, setzt sich das Grundwasser in der Richtung des Gefälles in Bewegung und es entsteht ein **Grundwasserstrom**, der bei gleichem Gefälle um so langsamer fliesst, aus je feinkörnigerem Material die wasserführenden Schichten bestehen.

Tritt der Grundwasserstrom an geeigneten Stellen entweder an Gehängen oder im Tale hervor, so bildet er Quellen, die neben dem oberflächlichen Wasserabfluss zur Speisung von Flüssen oder Seen dienen. Vermöge seiner langsamen Bewegung vermag er den letzteren auch in Trockenperioden noch Wasser zuzuführen, wenn deren oberflächliche Zuflüsse längst versiegt sind.

In Flusstälern kann vorübergehend ein Grundwasserstrom stagnierend werden, wenn zur Zeit der Hochflut der Austritt des Grundwassers am Flussufer durch hohen Wasserstand des Flusses verhindert und eine Stauung des Grundwassers bewirkt wird. Letztere setzt sich erst dann wieder in Bewegung, wenn durch entsprechendes Fallen des Wasserstandes im Flusse Vorflut für das Grundwasser geschaffen ist, wie an der Grundwasserbewegung zu Wendelstein im Zusammenhang mit derjenigen der Schwarzach zu ersehen ist. (Tafel III.)

In der Mehrzahl der Fälle wird aber das Grundwasser in den tieferen Erdschichten in langsamer Bewegung sich befinden, da eine vollkommen horizontale Lage oder eine muldenförmige Gestalt der wasserundurchlassenden Schichte nur selten vorkommen dürfte. Diese Tatsache ist für die Beurteilung der Frage über den Einfluss der Wälder auf den Grundwasserstand von grosser prinzipieller Bedeutung, denn trotzdem durch das geschlossene Kronendach des Waldes je nach Holzart und Bestandesschluss ein grösserer oder geringerer Teil der Niederschläge aufgefangen und zurückgehalten und durch den grossen Wasserverbrauch der Bäume während der Vegetationszeit ein starkes Austrocknen des Bodens innerhalb der Wurzelregion veranlasst wird, womit die Bildung geringerer Sickerwassermengen und eine schwächere Speisung des Grundwassers verbunden sein muss, wurde durch obige Untersuchungen nachgewiesen, dass dennoch unter unseren klimatischen Verhältnissen in leicht durchlässigen Böden der Grundwasserstand innerhalb und ausserhalb des Waldes nicht wesentlich voneinander abweicht. Man sollte vermuten, dass infolge der geschilderten Vorgänge der Grundwasserstand im Walde während der Vegetationszeit durchschnittlich tiefer sein müsste, als auf einer unbewaldeten Fläche von sonst gleicher Beschaffenheit. Eine derartige lokale Depression des Grundwasserspiegels im Walde kann aber dauernd nicht bestehen, weil ähnlich wie bei einem Brunnen, aus welchem durch zeitweises Pumpen eine Wasserentnahme stattfindet, nach kurzer Zeit wieder durch seitlichen Zufluss von Grundwasser ein Ausgleich des Wasserniveaus stattfindet.

Eine andauernde Senkung des Grundwasserspiegels kann demnach durch den Wald nur bei Vorhandensein eines **stagnierenden** Grundwassersees veranlasst werden, wenn ein seitlicher Wasserzufluss durch undurchlässigen Boden verhindert ist. In der Tat lehrt die Erfahrung, dass versumpftes Terrain durch Anpflanzung schnell und gut wüchsiger Bäume (Fichten, Weiden, Eucalyptusarten u. s. w.) infolge ihres grossen Wasserverbrauches entwässert und eine Senkung des Grundwasserspiegels erreicht werden kann.

Nicht unerwähnt soll bleiben, dass in **Wendelstein** die Grundwasserschwankungen im Walde etwas geringer waren als im Freilande (siehe die Grundwasserbewegungen von Wendelstein auf Tafel IV).

Inwieweit diese Erscheinung dem Walde zuzuschreiben ist, konnte nicht festgestellt werden, da sie auch durch den Wechsel der Bodenbeschaffenheit veranlasst sein könnte.

3. Die Wälder können in doppelter Weise einen Einfluss auf das Grundwasser ausüben. Bei hochgelegenem Grundwasserstand (ca. 2 m unter der Erdoberfläche) oder bei entsprechendem seitlichem Zufluss aus benachbarten Seen und Flüssen sind die Baumwurzeln imstande, entweder direkt oder durch kapillarische Wasserzuleitung von unten her ihren gesamten Wasserbedarf zu decken und können bei stagnierendem Grundwasserstand eine Senkung des Wasserspiegels herbeiführen.

Findet sich dagegen das Grundwasser in solcher Tiefe, dass dasselbe durch Kapillarität nicht mehr bis zur Wurzelregion gehoben werden kann, so sind die Bäume bezüglich ihres Wasserbedarfs einzig und allein auf das kapillarisch gebundene oder auf das an der Oberfläche der Erdteilchen anhaftende Wasser angewiesen und bewirken während der Vegetationszeit bei mangelnden Niederschlägen ein starkes Austrocknen innerhalb der Wurzelregion.

Ist aber ein mit Pflanzen bebauter Boden in seinen oberen Schichten teils durch direkte Wasserverdunstung, teils durch den grossen direkten Wasserverbrauch der Pflanzen mehr oder weniger ausgetrocknet, so nimmt die zum Ersatze und zur Sättigung erforderliche Wassermenge zu, ein um so grösserer Teil wird den nachfolgenden

eindringenden Niederschlägen entzogen und ein um so geringerer Überschuss bleibt für die unterirdische Wasserzufuhr und für die Speisung des Grundwassers übrig. In solchen Fällen können selbst starke nachfolgende Regen keinen Einfluss auf das Grundwasser haben.

4. Die Bewegung des Grundwasserstromes unterliegt denselben Gesetzen wie die Bewegung des Wassers auf der Erdoberfläche. Die Geschwindigkeit desselben hängt daher unter anderem von der Wassermenge, von dem Gefälle der undurchlassenden Erd- oder Gesteinsschichten und von der Mächtigkeit und dem Durchlässigkeitsgrade der überlagernden wasserführenden Schichten ab. Sind in der wassertragenden Schichte Spalten und Risse vorhanden, so fliesst das Wasser durch diese ab und sammelt sich wieder auf einer tiefer liegenden undurchlässigen Schicht. Es entsteht ein zweiter Grundwasserstrom, der bei vorhandenem Gefälle abwärts fliesst.

In Wendelstein dürfte dieser Umstand wenigstens zum Teil die ungleiche Bewegung des Wassers in den verschiedenen Bohrlöchern erklären.

Je gleichmässiger das Gefälle der undurchlassenden Schichten und je mächtiger die wasserführende Schichte ist, eine desto gleichmässigere Spiegelfläche hat das Grundwasser. Je mehr aber die Neigung der wasserundurchlässigen Schichte von der Terrainoberfläche abweicht, desto geringer ist der Parallelismus zwischen Grundwasserspiegel und Erdoberfläche.

Der Abstand des Grundwasserspiegels von letzterer kann daher schon auf kurze Entfernung schroffe Unterschiede erfahren, wie z. B. das Wendelsteiner Grundwasserprofil lehrt. Die Entfernung der Tragschicht von der Erdoberfläche betrug für die gewählten Stationen 2—9 m, kann aber, wie andere Aufschlüsse lehren, bis 70 m und mehr anwachsen.

Im Lechfeld bei Schwabstadel beträgt die Entfernung des Grundwasserspiegels von der Erdoberfläche ca. 8,5 m und die Mächtigkeit des Stromes 12—14 m. Gegen Augsburg zu liegt dagegen das Grundwasser nur mehr 2—4 m unter dem Terrain und zeigt sehr geringe Schwankungen. Seine Tragschichte wurde im Siebentischwald 10—12 m unter der Erdoberfläche erbohrt.

Der Grundwasserstrom rechts der Isar zwischen Otterfing und dem Erdinger Moos liegt bei Otterfing 70 m unter dem Terrain und tritt bei Aschbach zutage.

5. Unter solchen Verhältnissen kann lediglich die Grösse der Entfernung des Grundwassers von der Erdoberfläche einen Masstab für die Beurteilung des Einflusses des Waldes auf den Grundwasserstand nicht bilden, wie aus den Profilen von Mindelheim und Wendelstein und aus denen vom Lechfeld und von der Hochebene rechts der Isar zweifellos hervorgeht. In Wendelstein ist oberhalb des Waldgebietes die Entfernung des Grundwassers von der Erdoberfläche beträchtlich geringer als ausserhalb desselben, im Gegensatz von OTOTZKIJ'S in den russischen Steppen gemachten Beobachtungen.

6. Es scheint, dass im Steppengebiet bei der geringen jährlichen Regenhöhe von ca. 480 mm und bei der ausserordentlich starken Verdunstung während der wärmeren Jahreszeit die Grundwasserschwankungen nicht wie bei uns in naher Beziehung zu den atmosphärischen Niederschlägen stehen, sondern vorwiegend durch die Verdunstungsgrösse beeinflusst werden. Ob aber dieser Umstand in Verbindung mit den dortigen Vegetations- und Bodenverhältnissen (humusreicher Lössboden) die Ursache bildet, dass in den dortigen Wäldern der Grundwasserstand stets bedeutend tiefer liegen soll als ausserhalb derselben, könnte erst dann aufgeklärt und beurteilt werden, wenn die Untersuchungen OTOTZKIJ'S auf sämtliche massgebende Faktoren ausgedehnt und einige Jahre fortgesetzt würden, ähnlich wie es bei uns geschehen ist. Insbesondere sollte der Nachweis geliefert werden, ob das dortige Grundwasser im fliessenden oder stagnierenden Zustande sich befindet. Aus den aus der Zeitschrift für Gewässerkunde zu entnehmenden Profilen dürfte das Vorhandensein eines Grundwasserstromes wohl anzunehmen sein.

Während in den russischen Steppen der Grundwasserspiegel unter dem Walde ein Gefälle zeigen soll, welches dem der Terrainoberfläche entgegengesetzt ist, bestätigen die Ergebnisse der bayerischen Versuchsstationen im Gegenteil, dass die Bewegung des Grundwassers denselben Gesetzen wie das oberflächlich abfliessende Wasser unterliegt, sie weisen aber auch darauf hin, dass bei dieser Frage in erster Linie die Bewegungsbedingungen für das Grundwasser aufgeklärt sein müssen.

Schon OTOTZKIJ hat darauf hingewiesen, dass im nördlichen Russland in der Nähe von Petersburg, speziell im Moränengebiet, die Einwirkung des Waldes auf die Senkung des Grundwassers wesentlich geringer ist als in der Steppe Südrusslands.

7. Auf Grund der vorliegenden Untersuchungen in Bayern kann wohl mit Sicherheit angenommen werden, dass in unserer klimatischen Zone überall dort, wo ein Grundwasserstrom vorhanden ist, durch den Wald weder eine Depression noch eine Anschwellung des Grundwassers hervorgerufen wird, und dass bewaldetes Terrain den Grundwasserstand nicht anders beeinflusst als unter sonst gleichen Verhältnissen ein unbewaldetes Gebiet.

So z. B. würde in Mindelheim der Grundwasserspiegel jedenfalls keine anderen Gefällsverhältnisse erfahren, wenn das ganze in Betracht kommende Einzugsgebiet bewaldet wäre, ebenso wie die ausgedehnten Waldungen zwischen Otterfing und dem Erdinger Moos auf den Grundwasserstand nur insofern Einfluss ausüben, als innerhalb desselben der Frost und die Schneeschmelze im allgemeinen später eintreten als im Freilande.

Infolgedessen hält während der kälteren Jahreszeit die Speisung des Grundwassers im Walde länger an, als unter gleichen Verhältnissen auf einem unbewaldeten Gebiete.

8. Schliesslich muss noch darauf aufmerksam gemacht werden, dass die bisherigen Untersuchungen über den Einfluss des Waldes auf das Grundwasser nur für unsere klimatischen Verhältnisse und für mehr oder weniger durchlässige Bodenarten Geltung haben.

Im Mittel- und Hochgebirge, wo in der Regel die Bodentiefe bei vorhandenem starken Gefälle eine geringe und das Eindringen des Wassers in das unterliegende Gestein bei vorhandenen zahlreichen Klüften, Spalten und Rissen wie z. B. bei Kalksteinen und Dolomiten ein rasches ist, muss die Grundwasserbildung in den Hintergrund treten und wird an dessen Stelle vorwiegend das Sickerwasser zur Quellenbildung und unterirdischen Wasseransammlung verwendet. Bei der Mannigfaltigkeit der geologischen Verhältnisse sind aber die hier obwaltenden Vorgänge so verwickelt, dass es schwierig sein dürfte, speziell den Einfluss des Waldes durch exakte Untersuchungen derart festzustellen, um daraus allgemeine Schlussfolgerungen ableiten zu können.

Man wird sich auf eine Reihe vergleichender Wasserbestimmungen auf bewaldeten und nicht bewaldeten Böden von gleicher geologischer, physikalischer und orographischer Beschaffenheit bis unterhalb der Wurzelregion der Bäume beschränken müssen, wie bereits in der öfter genannten Ebermayer'schen Broschüre Seite 43 ausgeführt wurde; denn alle anderen grösseren künstlichen Eingriffe, wie z. B. die Herstellung von Tunnelen, werden den natürlichen Abflussvorgang, sei es ober- oder unterirdisch, beeinflussen.

Die vielen durch das Kgl. Bayer. Hydrotechnische Bureau in den verschiedenen Flussgebieten und bei verschiedenen Flusswasserständen ausgeführten Wassermessungen lassen jedoch schon jetzt keinen Zweifel mehr darüber, dass in den Gebirgen in erster Linie die Neigung des Terrains, die Exposition, die Menge, Dichte und zeitliche Verteilung der Niederschläge und die Grösse des Sammelgebietes sowohl für die oberirdische als auch unterirdische Wasseransammlung und für den Wasserabfluss vorwiegend massgebend sind.

Mit Rücksicht auf den Umstand, dass in den Gebirgen die jährliche Regenhöhe 2—3 mal grösser ist als im Flachland, dass ferner der Wasserverbrauch der Bäume mit zunehmender Seehöhe infolge geringerer Produktion stetig sich vermindert, die Bodenfeuchtigkeit dagegen durchschnittlich zunimmt, dass endlich an bewaldeten Gebirgsabhängen die Bildung von Rinnsalen und Wildbächen sehr erschwert ist und die oberflächliche Wasserabfuhr weit mehr Hindernisse vorfindet als an nackten Gehängen, kann es kaum zweifelhaft sein, dass in Gebirgen die Menge und Nachhaltigkeit des ober- und unterirdischen Wasserabflusses beträchtlich grösser sein muss als im Hügel- und Flachlande. Die Gebirge, zumal im bewaldeten Zustande, werden daher mit Recht als die Hauptwasserreservoire des Festlandes betrachtet.

Beilage I.

Zusammenhang zwischen Niederschlag und Grundwasser zu Mindelheim.

Nr.	Zeit-Perioden	Mittlere Tagestemperatur	Niederschlags-Tage	Niederschlagsfreie Tage	Gemessener Niederschlag in mm	Für die Grundwasserspeisung in Betracht kommende Niederschläge in mm	Regendichte in mm	Für die Grundwasserbewegung in Berücksichtigung kommende Trockenperiode	Dieselbe in Prozenten der Gesamtperiode	Gesamtbewegung des Grundwassers in cm am Bohrloch 1	Bemerkungen
								Tage	%		
I	1. Nov. 1900 bis 20. Febr. 1901	− 0,68	34*	78	130,9*		(3,8)	112	100	−89	Trockenes, kaltes Wetter. Feste ergiebige Niederschläge, daher keine Einsickerung. Starkes Fallen des Grundwassers, welches Fallen am 4. Dez. durch einen Wetterumschlag mit 41 mm Regen unterbrochen wurde. 16 cm Anstieg, dann wieder Rückgang.
II	21. Febr. 1901 bis 18. April 1901	+ 2,00	25	32	121,3	252,2	10,1	32	56,1	+123	Tauwetter mit Regen und Schneeschmelze. Hierauf wieder trockenes und kaltes Wetter und dann neuerliche Schneefälle. Alsdann Gewitterregen mit Schneeschmelze. — Starkes Steigen des Grundwassers, mit vorübergehender Unterbrechung durch den Kälterückfall.
III	19. April 1901 bis 9. Juni 1901	+10,96	11	41	(42,0)	(42,0)	3,8	41	79	−44	Zuerst vorherrschend trockene Witterung, dann im Juni Regen, der aber erst im Juli sich geltend macht. Vegetationsperiode. — Entschiedenes Fallen des Grundwassers.
IV	10. Juni 1901 bis 10. Okt. 1901	+14,36	53	70	524,8	524,8	9,9	70	57	+8	Vegetationsperiode, regenreich mit fünf grösseren Regentagen mit zusammen 155,4 mm. Trotzdem schwache Erhebung des Wasserstandes, da durch Trockenheit gegen Ende der Periode die Regendichte stetig abnimmt.
V	11. Okt. 1901 bis 11. Dez. 1901	+ 1,80	9	53	51,9*		5,8	62	100	−39	Trocken- und Kälteperiode. Mässige feste Niederschläge. Entschiedenes Fallen des Grundwassers.
VI	12. Dez. 1901 bis 24. Okt. 1902	+ 7,73	132	185	751,0	802,9	6,1	185	58,2	+75	Wenig Niederschläge in der Kälteperiode, und Schneeschmelze lassen den Grundwasserstand schwach ansteigen. Erst vom Mai ab stellen sich ergiebige Niederschläge ein bis gegen Ende der Periode und rufen entschiedenes Steigen hervor.
VII	25. Okt. 1902 bis 15. Dez. 1902	+ 1,20	7	45	17,2		(2,6)	52	100	−55	Trockenes, kaltes Wetter mit Schneefall, dann Tauwetter. Entschiedenes Fallen des Grundwassers.
VIII	16. Dez. 1902 bis 28. Febr. 1903	+ 1,40	21	54	87,1	104,3	5,0	54	72	+19	Die infolge Tauwetter nachrückende Grundwassererhebung kommt wegen der sich einstellenden Trockenheit zum Stillstand.
IX	1. März 1903 bis 13. April 1903	+ 2,92	18	26	91,0	91,0	5,1	26	59	−16	Die Trockenheit hält an, daher langsames Fallen des Wasserstandes. Am Schlusse der Periode neuer Schneefall.
X	14. April 1903 bis 29. April 1903	+ 4,05	3	13	8.3	8,3	2,8	16	100	+22	Die Schneeschmelze kommt durch eine kurze kräftige Anschwellung zum Ausdruck.
XI	30. April 1903 bis 20. Juli 1903	+12,61	35	46	210,8	219,1	6,3	46	56,8	−34	Vegetationsperiode mit mässigen Niederschlägen rufen ein Fallen des Grundwasserstandes hervor.
XII	21. Juli 1903 bis 4. Sept. 1903	+15,53	22	24	197,9	197,9	9,0	24	52	+41	Die schweren Niederschläge am Ende der vorigen Periode leiten eine entschiedene Erhebung des Standes ein, der durch weitere sich steigernde Niederschläge (103,4 mm in 11 Tagen, dabei in 6 Minuten 10 mm am 21. Juli) noch in die nachfolgende Trockenperiode sich erstreckt.
XIII	5. Sept. 1903 bis 29. Okt. 1903	+10,64	23	34	94,8	94,8	4,1	34	60	−28	Dieselbe ruft fast in demselben Grade wie für den Anstieg des Wasserstandes ein Fallen desselben trotz der mässigen Regenperiode im Oktober hervor.

Zusammenhang zwischen Niederschlag und Grundwasser zu Wendelstein.

Nr.	Zeit-Perioden	Mittlere Tagestemperatur	Niederschlags-Tage	Niederschlagsfreie Tage	Gemessener Niederschlag in mm	Für die Grundwasserspeisung in Betracht kommender Niederschlag in mm	Regendichte in mm	Für die Grundwasserbewegung in Berücksichtigung kommende Trockenperiode	Dieselbe in Prozenten der Gesamtperiode	Gesamtbewegung des Grundwassers in cm am Bohrloch	Bemerkungen
								Tage	%	Bohrloch	
I	27. Jan. 1901 bis 19. April 1901	+4,9	36	47	140,9	140,9	3,9	47	56,6	Nr. 3 +37 „ 8 +76	Zuerst trocken und kalt, dann Schneeabgang und Regen. Kräftige Erhebung des Grundwassers.
II	20. April 1901 bis 8. Aug. 1901	+15,5	35	76	257,8	257,8	7,3	76	68,5	Nr. 3 −23 „ 8 −44	Nur einzelne Gruppen von dichten Niederschlägen, sonst Trockenperiode vorherrschend. Im ganzen Neigung zum Sinken des Grundwassers. Das Sinken wird aber durch die einzelnen schweren Niederschläge verhindert. Vegetationsperiode.
III	9 Aug. 1901 bis 31. Okt. 1901	+14,2	23	61	155,6	155,6	6,7	61	72,6	Nr. 3 +5 „ 8 +13	Längere Trockenperioden vorherrschend. Dazwischen einzelne Regenperioden, welche den Grundwasserstand beunruhigen. Vegetationsperiode.
IV	1. Nov. 1901 bis 31. März 1902	+2,3	65	86	230,4	230,4	3,5	86	57,0	Nr. 3 +28 „ 8 +41	Kälteperiode mit Schnee- und Regenfällen und Frostaufgang ziemlich wechselnd, daher mässige Erhebung und Stillstand des Grundwassers.
V	1. April 1902 bis 30. Nov. 1902	+11,2	77	167	325,7	325,7	4,2	167	68,4	Nr. 3 −103 „ 8 −177	Vegetationsperiode. Wenig ergiebige Niederschläge und lang anhaltende Trockenperioden bei hohen Temperaturen. Konstantes Fallen des Grundwassers.
VI	1. Dez. 1902 bis 6. Jan. 1903	−0,8	19	18	114,0	114,0	6,0	18	48,7	Nr. 3 +57 „ 8 +164	Kälteperiode mit schroffer Auftauung und ergiebigem Regenfall vom 16. bis 21. Dezember mit 57,4 mm. Schroffe Erhebung des Grundwasserstandes.
VII	7. Jan. 1903 bis 27. Mai 1903	+7,1	34	107	132,9	132,9	3,9	107	75,8	Nr. 3 −29 „ 8 −23	Vegetationsperiode. Längere anhaltende Trockenperiode mit dazwischen schwachen Niederschlägen bedingen stetigen Rückgang des Grundwassers.
VIII	28. Mai 1903 bis 18. Juni 1903	+14,99	4	18	24,0	24,0	6,0	18	75,0	Nr. 3 −13 „ 8 −25	Vegetationsperiode. Der Rückgang hält unter den gleichen Bedingungen an, nur äussert er sich an den verschiedenen Bohrlöchern infolge der verschiedenen Untergrundsverhältnisse ungleich.

Beilage III.

Beobachtete Grundwasserstände zu Mindelheim.

Datum der Messung	Nr. 1			Nr. 2			Nr. 3			Nr. 4			Nr. 5			Nr. 6			Nr. 7			Nr. 8			Nr. 9			Bemerkungen
	Städt. Brunnen bei den Kastanien			Brunnen bei dem Bauern an der Eichetkapelle			Bohrloch östlich des Waldes			Bohrloch in der Mitte des Waldes			Bohrloch in d. Kiesgrube südlich des Waldes			Bohrloch beim Kreuz am Hungerbach			Brunnen bei der Brauerei neben der Eichetkapelle			Brunnen beim Bahnwärterposten Nr. 2			Brunnen am unteren Wechselwärterhaus			
	Cote der Oberkante: 611,30			Cote der Oberkante: 612,66			Cote der Oberkante: 609,52			Cote der Oberkante: 614,37			Cote der Oberkante: 612,28			Cote der Oberkante: 615,74			Cote der Oberkante: 613,46			Cote der Oberkante: 607,59			Cote der Oberkante: 607,80			
	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	
	in „m“		in „cm“	in „m“		in „cm“	in „m“		in „cm“	in „m“		in „cm“	in „m“		in „cm“	in „m“		in „cm“	in „m“		in „cm“	in „m“		in „cm“	in „m“		in „cm“	
1. November 1900	7,90	603,40	.	6,56	606,10	.	1,60	607,92	.	6,35	608,02	.	3,57	*608,71*	.	5,64	610,10	.	.	.	.	8,10	599,49	.	.	.	.	
19. „ „	7,97	*603,33*	— 7	6,72	605,94	— 16	1,77	*607,75*	— 17	6,48	607,89	— 13	3,70	608,58	— 13	5,82	609,92	— 18	.	.	.	8,68	598,91	— 58	.	.	.	
1. Dezember „	8,18	603,12	— 21	6,88	605,78	— 16	leer	.	.	6,63	607,74	— 15	3,82	608,46	— 12	5,96	609,78	— 14	8,00	605,46	.	8,77	598,82	— 9	.	.	.	
15. „ „	8,02	603,28	+ 16	6,78	605,88	+ 10	„	.	.	6,58	607,79	+ 5	3,76	608,52	+ 6	5,87	609,87	+ 9	7,86	605,60	+ 14	8,56	*599,03*	+ 21	.	.	.	
1. Januar 1901	8,23	603,07	— 21	7,02	605,64	— 24	„	.	.	leer	.	.	3,93	608,35	— 17	leer	.	.	8,09	605,37	— 23	8,81	598,78	— 25	.	.	.	Vom 27. bis 29. Januar Sturm mit Schneefall, daher Messungsergebnis des Niederschlags etwas zu gering.
16. „ „	8,38	602,92	— 15	eingedeckt			„	.	.	„	.	.	4,06	608,22	— 13	„	.	.	8,28	605,18	— 19	9,02	598,57	— 21	.	.	.	
24. „ „	8,52	602,78	— 14	7,28	605,38	.	Rohrbrunn. nachgeschl.			„	.	.	4,13	608,15	— 7	„	.	.	8,40	605,06	— 12	9,14	598,45	— 12	.	.	.	
31. „ „	8,53	602,77	— 1	7,28	605,38	.	2,30	607,22	.	„	.	.	leer	.	.	„	.	.	8,43	605,03	— 3	9,25	598,34	— 11	nicht beobachtet, weil Brunnen erst errichtet			
17. Februar „	8,79	602,51	— 26	leer	.	.	2,45	607,07	— 15	„	.	.	„	.	.	„	.	.	8,65	604,81	— 22	9,55	598,04	— 30				
7. März „	8,41	602,89	+ 38	6,81	605,85	.	2,09	607,43	+ 36	6,95	607,42	.	3,81	608,47	.	„	.	.	7,90	605,56	+ 75	9,35	598,24	+ 20				
14. „ „	8,37	602,93	+ 4	7,15	605,51	— 34	2,15	607,37	— 6	6,76	607,61	+ 19	4,05	608,23	— 24	„	.	.	leer	.	.	8,98	598,61	+ 37	.	.	.	20. bis 25. März Schneefall.
26. „ „	8,33	602,97	+ 4	7,09	605,57	+ 6	2,11	607,41	+ 4	6,80	607,57	— 4	4,01	608,27	+ 4	6,08	609,66	.	8,15	605,31	.	8,84	598,75	+ 14	.	.	.	
9. April „	8,07	603,23	+ 26	6,79	605,87	+ 30	1,89	607,63	+ 22	6,56	607,81	+ 24	3,78	608,50	+ 23	5,85	609,89	+ 23	7,89*	605,57	+ 6	8,41	599,18	+ 43	.	.	.	* Grösserer Wasserbezug.
24. „ „	7,56	603,74	+ 51	6,31	606,35	+ 48	1,42	608,10	+ 47	6,16	608,21	+ 40	3,34	608,94	+ 44	5,50	610,24	+ 35	7,45	606,01	+ 44	**7,99**	**599,60**	**+ 42**	.	.	.	
4. Mai „	7,73	603,57	— 17	6,39	606,27	— 8	1,53	607,99	— 11	6,25	608,12	— 9	3,44	608,84	— 10	5,54	610,20	— 4	7,50	605,96	— 5	8,12	599,47	— 13	.	.	.	
18. „ „	7,81	603,49	— 8	6,46	606,20	— 7	1,60	607,92	— 7	6,29	608,08	— 4	3,50	*608,78*	— 6	5,62	610,12	— 8	7,57	605,89	— 7	8,30	599,29	— 18	.	.	.	
24. „ „	7,85	603,45	— 4	6,54	606,12	— 8	1,63	607,89	— 3	6,33	608,04	— 4	3,54	*608,74*	— 4	5,63	610,11	— 1	7,63	605,83	— 6	8,35	599,24	— 5	9,55	598,25	.	
12. Juni „	7,98	*603,32*	— 13	6,64	*606,02*	— 10	1,81	*607,71*	— 18	6,48	607,89	— 15	3,68	608,60	— 14	5,77	609,97	— 14	7,73	*605,73*	— 10	8,47	599,12	— 12	9,65	*598,15*	— 10	
21. „ „	8,00	*603,30*	— 2	6,67	*605,99*	— 3	1,87	607,65	— 6	6,53	607,84	— 5	3,73	608,55	— 5	5,81	609,93	— 4	7,76	*605,70*	— 3	8,35	599,24	+ 12	9,60	598,20	+ 5	
6. Juli „	7,99	*603,31*	+ 1	6,71	*605,95*	— 4	1,81	*607,71*	+ 6	6,51	607,86	+ 2	3,71	608,57	+ 2	5,80	609,94	+ 1	7,80	605,66	— 4	8,34	599,25	+ 1	9,58	598,22	+ 2	Am 5. Juli starker Gewitterregen.
30. „ „	7,85	603,45	+ 14	6,58	606,08	+ 13	1,68	607,84	+ 13	6,32	608,05	+ 19	3,55	*608,73*	+ 16	5,64	610,10	+ 16	7,95*	605,51	— 15	8,35	599,24	— 1	9,57	598,23	+ 1	* Am 30. Juli vor der Messung bei Nr. 7 fünf Hektoliter Wasserentnahme.
11. August „	7,86	603,44	— 1	6,59	606,07	— 1	1,69	607,83	— 1	6,35	608,02	— 3	3,58	608,70	— 3	5,67	*610,07*	— 3	7,68	*605,78*	+ 27	8,34	599,25	+ 1	9,56	598,24	+ 1	2. August heftiger Landregen.
31. „ „	7,85	603,45	+ 1	6,57	606,09	+ 2	1,66	607,86	+ 3	6,32	608,05	+ 3	3,55	*608,73*	+ 3	5,63	610,11	+ 4	7,66	*605,80*	+ 2	8,36	599,23	— 2	9,58	598,22	— 2	
3. September „	nicht gemessen			6,61	606,05	— 4	1,70	607,82	— 4	6,35	608,02	— 3	3,57	*608,71*	— 2	nicht gemessen			7,71	*605,75*	— 5	8,49	*599,10*	— 13	nicht gemessen			
16. „ „	7,87	603,43	.	6,59	606,07	+ 2	1,67	607,85	+ 3	6,33	608,04	+ 2	3,53	*608,75*	+ 4	5,62	610,12	.	7,68	*605,78*	+ 3	8,43	*599,16*	+ 6	9,64	*598,16*	.	
30. „ „	7,88	603,42	— 1	6,59	606,07	± 0	1,68	607,84	— 1	6,33	608,04	± 0	3,53	*608,75*	± 0	5,62	610,12	± 0	7,68	*605,78*	± 0	8,44	*599,15*	— 1	9,64	*598,16*	± 0	
3. Oktober „	7,92	*603,38*	— 4	6,61	*606,05*	— 2	1,70	*607,82*	— 2	6,35	*608,02*	— 2	3,56	*608,72*	— 3	5,66	*610,08*	— 4	7,71	*605,75*	— 3	8,49	*599,10*	— 5	9,68	*598,12*	— 4	
16. „ „	7,94	*603,36*	— 2	6,63	*606,03*	— 2	1,70	*607,82*	± 0	6,39	*607,98*	— 4	3,59	608,69	— 3	5,68	*610,06*	— 2	7,73	*605,73*	— 2	8,51	*599,08*	— 2	9,70	*598,10*	— 2	
31. „ „	7,95	*603,35*	— 1	6,61	*606,05*	+ 2	1,73	*607,79*	— 3	6,45	*607,92*	— 6	3,62	608,66	— 3	5,71	*610,03*	— 3	7,70	*605,76*	+ 3	8,54	*599,05*	— 3	9,73	*598,07*	— 3	
13. November „	8,09	603,21	— 14	6,82	605,84	— 21	1,87	607,65	— 14	6,54	607,83	— 9	3,75	608,53	— 13	5,83	609,91	— 12	7,90	605,56	— 20	8,71	598,88	— 17	9,85	597,95	— 12	
27. „ „	8,22	603,08	— 13	6,87	605,79	— 5	2,02	607,50	— 15	6,70	607,67	— 16	3,88	608,40	— 13	.	.	.	7,97	605,49	— 7	8,85	598,74	— 14	10,00	597,80	— 15	
11. Dezember „	8,31	602,99	— 9	7,02	605,64	— 15	2,08	607,44	— 6	6,76	607,61	— 6	3,96	608,32	— 8	6,04	609,70	.	8,09	605,37	— 12	8,93	598,66	— 8	10,09	597,71	— 9	
21. „ „	8,25	603,05	+ 6	6,98	605,68	+ 4	2,03	607,49	+ 5	6,71	607,66	+ 5	3,91	608,37	+ 5	nicht gemessen			8,05	605,41	+ 4	8,85	598,74	+ 8	10,02	597,78	+ 7	
8. Januar 1902	8,20	603,10	+ 5	6,92	605,74	+ 6	1,96	607,56	+ 7	6,64	607,73	+ 7	3,83	608,45	+ 8	5,89	609,85	.	8,00	605,46	+ 5	8,82	598,77	+ 3	9,98	597,82	+ 4	
22. „ „	8,12	603,18	+ 8	6,79	605,87	+ 13	1,84	607,68	+ 12	6,51	607,86	+ 13	3,70	608,58	+ 13	5,78	609,96	+ 11	7,87	605,59	+ 13	8,82*	598,77	± 0	9,93	597,87	+ 5	
8. Februar „	8,17	603,13	— 5	6,84	605,82	— 5	1,89	607,63	— 5	6,58	607,79	— 7	3,77	608,51	— 7	5,83	609,91	— 5	7,72	*605,74*	+ 15	8,90	598,69	— 8	9,99	597,81	— 6	
26. „ „	8,20	603,10	— 3	6,91	605,75	— 7	1,94	607,58	— 5	6,60	607,77	— 2	3,82	608,46	— 5	5,85	609,89	— 2	8,00	605,46	— 28	8,97	598,62	— 7	10,04	597,76	— 5	
4. März „	8,12	603,18	+ 8	6,83	605,83	+ 8	1,89	607,63	+ 5	6,54	607,83	+ 6	3,76	608,52	+ 6	5,82	609,92	+ 3	7,92	605,54	+ 8	8,81	598,78	+ 16	9,94	597,86	+ 10	
26. „ „	8,07	603,23	+ 5	6,81	605,85	+ 2	1,89	607,63	± 0	6,51	607,86	+ 3	3,76	608,52	± 0	5,82	609,92	± 0	7,90	605,56	+ 2	8,60	598,99	+ 21	9,80	598,00	+ 14	
16. April „	7,95	*603,35*	+ 12	6,67	*605,99*	+ 14	1,76	*607,76*	+ 13	6,44	*607,93*	+ 7	3,67	608,61	+ 9	5,75	609,99	+ 7	7,81	605,65	+ 9	8,39	599,20	+ 21	9,59	598,21	+ 21	
30. „ „	8,05	603,25	— 10	6,77	605,89	— 10	1,84	*607,68*	— 8	6,49	607,88	— 5	3,72	608,56	— 5	5,81	609,93	—	7,85	605,61	— 4	8,56	*599,03*	— 17	9,76	598,04	— 17	
14. Mai „	8,09	603,21	— 4	6,85	605,81	— 8	1,91	607,61	— 7	6,56	607,81	— 7	3,79	608,49	— 7	5,89	609,85	— 8	7,92	605,54	— 7	8,62	598,97	— 6	9,83	597,97	— 7	Am 17. Mai in fünf Stunden 40,7 mm Niederschlag.
31. „ „	7,92	*603,38*	+ 17	6,64	*606,02*	+ 21	1,76	*607,76*	+ 15	6,41	*607,96*	+ 15	3,65	608,63	+ 14	5,73	*610,01*	+ 16	7,70	*605,76*	+ 22	8,29	599,30	+ 33	9,52	598,28	+ 31	
17. Juni „	7,96	603,34	— 4	6,68	605,98	— 4	1,78	607,74	— 2	6,42	607,95	— 1	3,66	608,62	— 1	5,74	610,00	— 1	7,79	605,67	— 9*	8,50	599,09	— 21	9,67	598,13	— 15	* Am 17. bei Nr. 7 vor der Messung eine Stunde Wasserentnahme.
30. „ „	*7,93*	*603,37*	*+ 3*	*6,64*	*606,02*	*+ 4*	*1,73*	*607,79*	*+ 5*	*6,38*	*607,99*	*+ 4*	*3,61*	*608,67*	*+ 5*	*5,68*	*610,06*	*+ 6*	*7,70*	*605,76*	*+ 9*	*8,47*	*599,12*	*+ 3*	*9,65*	*598,15*	*+ 2*	
13. Juli „	7,89	603,41	+ 4	6,59	606,07	+ 5	1,67	607,85	+ 6	6,31	608,06	+ 7	3,54	*608,74*	+ 7	5,62	610,12	+ 6	7,66	605,80	+ 4	8,45	599,14	+ 2	9,64	598,16	+ 1	
2. August „	7,85	603,45	+ 4	6,55	606,11	+ 4	1,61	607,91	+ 6	6,26	608,11	+ 5	3,49	*608,79*	+ 5	5,58	610,16	+ 4	7,63	605,83	+ 3	8,43	599,16	+ 2	9,61	598,19	+ 3	
14. „ „	7,82	603,48	+ 3	6,53	606,13	+ 2	1,63	607,89	— 2	6,28	608,09	— 2	3,50	*608,78*	— 1	5,60	610,14	— 2	7,62	605,84	+ 1	8,39	599,20	+ 4	9,58	598,22	+ 3	Gewitterregen!
30. „ „	7,77	603,53	+ 5	6,50	606,16	+ 3	1,61	607,91	+ 2	6,26	608,11	+ 2	3,48	608,80	+ 2	5,58	610,16	+ 2	7,59	605,87	+ 3	8,30	599,29	+ 9	9,49	598,31	+ 9	
16. September „	7,80	603,50	— 3	6,49	606,17	+ 1	1,60	607,92	+ 1	6,24	608,13	+ 2	3,46	608,82	+ 2	5,56	610,18	+ 2	7,58	605,88	+ 1	8,36	599,23	— 6	9,54	598,26	— 5	
30. „ „	7,74	603,56	+ 6	6,41	606,25	+ 8	1,52	608,00	+ 8	6,18	608,19	+ 6	3,38	608,90	+ 8	5,49	610,25	+ 7	7,50	605,96	+ 8	8,34	599,25	+ 2	9,52	598,28	+ 2	
18. Oktober „	7,72	603,58	+ 2	6,40	606,26	+ 1	1,51	608,01	+ 1	6,18	608,19	± 0	3,40	608,88	— 2	5,51	610,23	— 2	7,50	605,96	± 0	8,25	599,34	+ 9	9,44	598,36	+ 8	Am 12., 13. und 19. wolkenbruchartiger Regen.
31. „ „	7,56	603,74	+ 16	6,26	606,40	+ 14	1,40	608,12	+ 11	6,04	608,33	+ 14	3,29	608,99	+ 11	5,43	610,31	+ 8	7,36	606,10	+ 14	8,04	599,55	+ 21	9,22	598,58	+ 22	
15. November „	7,75	603,55	— 19	6,44	606,22	— 18	1,52	608,00	— 12	6,20	608,17	— 16	3,42	608,86	— 13	5,56	610,18	— 13	7,51	605,95	— 15	8,26	599,33	— 22	9,43	598,37	— 21	
29. „ „	7,92	*603,38*	— 17	6,61	*606,05*	— 17	1,68	607,84	— 16	6,35	608,02	— 15	3,57	*608,71*	— 15	5,68	*610,06*	— 12	7,68	*605,78*	— 17	8,47	*599,12*	— 21	9,63	*598,17*	— 20	
11. Dezember „	8,04	603,26	— 12	6,76	605,90	— 15	1,82	*607,70*	— 14	6,50	607,87	— 15	3,69	*608,59*	— 12	5,79	*609,95*	— 11	7,84	605,62	— 16	8,64	598,95	— 17	9,79	598,01	— 16	19. bis 27. Dezember Regen und Schnee mit Tauwetter — am 27. noch nicht bemerkbar.
27. „ „	8,11	603,19	— 7	6,84	605,82	— 8	1,90	607,62	— 8	6,55	607,82	— 5	3,78	608,50	— 9	5,86	609,88	— 7	7,91	605,55	— 7	8,70	598,89	— 6	9,85	597,95	— 6	
20. Januar 1903	7,98	*603,32*	+ 13	6,69	605,97	+ 15	1,76	*607,76*	+ 14	6,38	*607,99*	+ 17	3,63	*608,65*	+ 15	5,74	*610,00*	+ 12	7,75	*605,71*	+ 16	8,55	*599,04*	+ 15	9,70	*598,10*	+ 15	Bis 6. Januar Regen; am 12. Schneefall, übrige Zeit trocken.
31. „ „	7,99	*603,31*	— 1	6,64	*606,02*	+ 5	1,72	*607,80*	+ 4	6,37	*608,00*	+ 1	3,61	*608,67*	+ 2	5,70	*610,04*	+ 4	7,72	*605,74*	+ 3	8,57	*599,02*	— 2	9,73	*598,07*	— 3	
14. Februar „	7,99	*603,31*	± 0	6,67	*605,99*	— 3	1,76	*607,76*	— 4	6,40	*607,97*	— 3	3,63	*608,65*	— 2	5,72	*610,02*	— 2	7,76	*605,70*	— 4	8,58	*599,01*	— 1	9,74	*598,06*	— 1	
28. „ „	7,92	*603,38*	+ 7	6,61	*606,05*	+ 6	1,67	607,85	+ 9	6,36	*608,01*	+ 4	3,57	*608,71*	+ 6	5,68	*610,06*	+ 4	7,69	*605,77*	+ 7	8,52	*599,07*	+ 6	9,67	*598,13*	+ 7	
14. März „	7,97	*603,33*	— 5	6,67	*605,99*	— 6	1,74	*607,78*	— 7	6,43	*607,94*	— 7	3,62	*608,66*	— 5	5,73	*610,01*	— 5	7,74	*605,72*	— 5	8,56	*599,03*	— 4	9,70	*598,10*	— 3	
30. „ „	8,06	603,24	— 9	6,78	605,88	— 11	1,83	607,69	— 9	6,50	607,87	— 7	3,72	608,56	— 10	5,81	609,93	— 8	7,85	605,61	— 11	8,65	598,94	— 9	9,80	598,00	— 10	
14. April „	8,08	603,22	— 2	6,80	605,86	— 2	1,87	607,65	— 4	6,56	607,81	— 6	3,76	608,52	— 4	5,84	609,90	— 3	7,87	605,59	— 2	8,62	598,97	+ 3	9,78	598,02	+ 2	
29. „ „	7,86	603,44	+ 22	6,59	606,07	+ 21	1,69	607,83	+ 18	6,36	608,01	+ 20	3,58	*608,70*	+ 18	5,68	*610,06*	+ 16	7,66	605,80	+ 21	8,31	599,28	+ 31	9,51	598,29	+ 27	Nr. 8 und 9 scheinen eher zu steigen.
14. Mai „	7,92	603,38	— 6	6,59	606,07	0	1,68	607,84	0	6,36	608,01	0	3,57	608,71	+ 1	5,66	610,08	+ 2	7,66	605,80	0	8,43	599,16	— 12	9,60	598,20	— 9	
29. „ „	7,92	603,38	0	6,60	606,06	— 1	1,68	607,84	0	6,36	608,01	0	3,57	608,71	0	5,66	610,08	0	7,68	605,78	— 2	8,48	599,11	— 5	9,65	598,15	— 5	
4. Juni „	8,00	603,30	— 8	6,63	606,03	— 3	1,70	607,82	— 2	6,39	607,98	— 3	3,62	608,66	— 5	5,72	610,02	— 6	7,76	605,70	— 8	8,52	599,07	— 4	9,68	598,12	— 3	
15. „ „	8,10	603,20	— 10	6,69	605,97	— 6	1,77	607,75	— 7	6,44	607,93	— 5	3,69	608,59	— 7	5,82	609,92	— 10	7,84	605,62	— 8	8,59	599,00	— 7	9,73	598,07	— 5	
29. „ „	8,10	603,20	0	6,81	605,85	— 12	1,85	607,67	— 8	6,52	607,85	— 8	3,75	608,53	— 6	5,84	609,90	— 2	7,89	605,57	— 5	8,70	598,89	— 11	9,82	597,98	— 9	
16. Juli „	8,18	603,12	— 8	6,91	605,75	— 10	1,94	607,58	— 9	6,61	607,76	— 9	3,83	608,45	— 8	5,91	609,83	— 7	7,98	605,48	— 9	8,80	598,79	— 10	9,91	597,89	— 9	
20. „ „	8,20	603,10	— 2	6,93	605,73	— 2	1,95	607,57	— 1	6,62	607,75	— 1	3,84	608,44	— 1	5,92	609,82	— 1	8,01	605,45	— 3	8,83	598,76	— 3	9,95	597,85	— 4	
22. „ „	8,19	603,11	+ 1	6,91	605,75	+ 2	1,95	607,57	± 0	6,60	607,77	+ 2	3,83	608,45	+ 1	5,91	609,83	+ 1	7,99	605,47	+ 2	8,77	598,82	+ 6	9,94	597,86	+ 1	
25. „ „	8,13	603,17	+ 6	6,86	605,80	+ 5	1,80	607,72	+ 15	6,57	607,80	+ 3	3,79	608,49	+ 4	5,89	609,85	+ 2	7,94	605,52	+ 5	8,69	598,90	+ 8	9,88	597,92	+ 6	
30. „ „	7,97	603,33	+ 16	6,67	605,99	+ 19	1,84	607,68	— 4	6,51	607,86	+ 6	3,69	608,59	+ 10	5,82	609,92	+ 7	7,75	605,71	+ 19	8,49	599,10	+ 20	9,78	598,02	+ 10	
3. August „	7,97	603,33	0	6,72	605,94	— 5	1,78	607,74	+ 6	6,47	607,90	+ 4	3,69	608,59	0	5,80	609,94	+ 2	7,79	605,67	— 4	8,45	599,14	+ 4	9,67	598,13	+ 11	
6. „ „	7,97	603,33	0	6,72	605,94	0	1,78	607,74	0	6,47	607,90	0	3,68	608,60	+ 1	5,79	609,95	+ 1	7,79	605,67	0	8,46	599,13	— 1	9,67	598,13	0	
10. „ „	7,98	603,32	— 1	6,71	605,95	+ 1	1,76	607,76	+ 2	6,45	607,92	+ 2	3,67	608,61	+ 1	5,77	609,97	+ 2	7,79	605,67	0	8,49	599,10	— 3	9,68	598,12	— 1	
13. „ „	7,99	603,31	— 1	6,71	605,95	0	1,75	607,77	+ 1	6,43	607,94	+ 2	3,65	608,63	+ 2	5,75	609,99	+ 2	7,79	605,67	0	8,52	599,07	— 3	9,70	598,10	— 2	
17. „ „	7,98	603,32	+ 1	6,69	605,97	+ 2	1,74	607,78	+ 1	6,42	607,95	+ 1	3,65	608,63	0	5,73	610,01	+ 2	7,77	605,69	+ 2	8,51	599,08	+ 1	9,71	598,09	— 1	
21. „ „	7,94	603,36	+ 4	6,66	606,00	+ 3	1,71	607,81	+ 3	6,39	607,98	+ 3	3,60	608,68	+ 5	5,69	610,05	+ 4	7,73	605,73	+ 4	8,44	599,15	+ 7	9,66	598,14	+ 5	
24. „ „	7,89	603,41	+ 5	6,61	606,05	+ 5	1,66	607,86	+ 5	6,33	608,04	+ 6	3,55	608,73	+ 5	5,65	610,09	+ 4	7,68	605,78	+ 5	8,41	599,18	+ 3	9,62	598,18	+ 4	
27. „ „	7,86	603,44	+ 3	6,56	606,10	+ 5	1,61	607,91	+ 5	6,27	608,10	+ 6	3,51	608,77	+ 4	5,61	610,13	+ 4	7,63	605,83	+ 5	8,40	599,19	+ 1	9,59	598,21	+ 3	
31. „ „	7,82	603,48	+ 4	6,51	606,15	+ 5	1,57	607,95	+ 4	6,23	608,14	+ 4	3,46	608,82	+ 5	5,57	610,17	+ 4	7,59	605,87	+ 4	8,39	599,20	+ 1	9,57	598,23	+ 2	
4. September „	7,80	603,50	+ 2	6,49	606,17	+ 2	1,54	607,98	+ 3	6,21	608,16	+ 2	3,44	608,84	+ 2	5,55	601,19	+ 2	7,57	605,89	+ 2	8,40	599,19	— 1	9,56	598,24	+ 1	
16. „ „	7,81	603,49	— 1	6,50	606,16	— 1	1,55	607,97	— 1	6,22	608,15	— 1	3,44	608,84	0	5,56	610,18	— 1	7,58	605,88	— 1	8,43	599,16	— 3	9,58	598,22	— 2	
21. „ „	7,83	603,47	— 2	6,52	606,14	— 2	1,56	607,96	— 1	6,23	608,14	— 1	3,45	608,83	— 1	5,58	610,16	— 2	7,60	605,86	— 2	8,46	599,13	— 3	9,60	598,20	— 2	
26. „ „	7,85	603,45	— 2	6,53	606,13	— 1	1,58	607,94	— 2	6,27	608,10	— 4	3,48	608,80	— 3	5,60	610,14	— 2	7,61	605,85	— 1	8,49	599,10	— 3	9,63	598,17	— 3	
30. „ „	7,88	603,42	— 3	6,58	606,08	— 5	1,61	607,91	— 3	6,30	608,07	— 3	3,51	608,77	— 3	5,63	610,11	— 3	7,66	605,80	— 5	8,51	599,08	— 2	9,66	598,14	— 3	
5. Oktober „	7,90	603,40	— 2	6,60	606,06	— 2	1,63	607,89	— 2	6,32	608,05	— 2	3,54	608,74	— 3	5,65	610,09	— 2	7,68	605,78	— 2	8,52	599,07	— 1	9,68	598,12	— 2	
9. „ „	7,93	603,37	— 3	6,63	606,03	— 3	1,66	607,86	— 3	6,35	608,02	— 3	3,57	608,71	— 3	5,68	610,06	— 3	7,71	605,75	— 3	8,54	599,05	— 2	9,70	598,10	— 2	
13. „ „	7,97	603,33	— 4	6,67	605,99	— 4	1,71	607,81	— 5	6,40	607,97	— 5	3,61	608,67	— 4	5,71	610,03	— 3	7,75	605,71	— 4	8,59	599,00	— 5	9,74	598,06	— 4	
19. „ „	8,01	603,29	— 4	6,72	605,94	— 5	1,76	607,76	— 5	6,44	607,93	— 4	3,65	608,63	— 4	5,76	609,98	— 5	7,80	605,66	— 5	8,62	598,97	— 3	9,77	598,03	— 3	
25. „ „	8,03	603,27	— 2	6,74	605,92	— 2	1,78	607,74	— 2	6,45	607,92	— 1	3,68	608,60	— 3	5,76	609,98	0	7,81	605,65	— 1	8,64	598,95	— 2	9,79	598,01	— 2	
29. „ „	8,07	603,23	— 4	6,77	605,89	— 3	1,82	607,70	— 4	6,49	607,88	— 1	3,70	608,58	— 3	5,80	609,94	— 4	7,85	605,61	— 4	8,69	598,90	— 5	9,83	597,97	— 4	
Mittel aus April 1901 bis mit Oktober 1903		**603,33**			**606,00**			**607,77**			**607,95**			**608,65**			**610,02**			**605,71**			**599,07**			**598,11**		

Bemerkung im allgemeinen.

Die dem mittleren Wasserstand nahe kommenden beobachteten Tageswasserstände sind in *Cursivdruck* hervorgehoben.

Bemerkung.

Die Beobachtungen sind für die Abhandlung mit Oktober abgeschlossen, werden aber noch bis Ende des Jahres fortgesetzt.

Beilage IV.

Beobachtete Grundwasserstände zu Wendelstein.

Datum der Messung	Nr. 3			Nr. 4			Nr. 5			Nr. 6			Nr. 2			Nr. 7			Nr. 9			Nr. 1			Nr. 8			Nr. 12			Nr. 10			Nr. 11			Bemerkungen
	Cote: 346,28			Cote: 346,38			Cote: 345,68			Cote: 345,22			Cote: 345,28			Cote: 342,51			Cote: 344,36			Cote: 343,36			Cote: 340,42			Cote: 337,85			Cote: 330,57			Cote: 328,00			
	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	Abstich	W.Sp. Cote	Differenz	
31. Januar 1901	139	344,89	.	155	344,83	.	94	344,74	.	124	343,98	.	.	.	.	73	341,78	.	.	.	.	.	.	.	192	338,50	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
14. Februar „	139	344,89	0	150	344,88	+5	88	344,80	+6	118	344,04	+6	114	344,14	.	73	341,78	0	208	342,28	.	.	.	.	177	338,65	+15	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
28. „ „	132	344,96	+7	155	344,83	−5	89	344,79	−1	124	343,98	−6	102	344,26	+12	68	341,83	+5	205	342,31	+3	204	341,32	.	173	338,69	+4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
5. März „	126	345,02	+6	143	344,95	+12	71	344,97	+18	102	344,20	+22	92	344,36	+10	51	342,00	+17	184	342,52	+21	166	341,70	+38	137	339,05	+36	.	.	.	.	.	.	331	324,69	.	
21. „ „	124	345,04	+2	138	345,00	+5	48	345,20	+23	.	.	.	64	344,64	+28	40	342,11	+11	180	342,56	+4	140	341,96	+26	118	339,24	+19	647	331,38	.	498	325,59	.	316	324,84	+15	
27. „ „	118	345,10	+6	128	345,10	+10	55	345,13	−7	83	344,39	.	65	344,63	−1	44	342,07	−4	155	342,81	+25	98	342,38	+42	116	339,26	+2	650	331,35	−3	500	325,57	−2	322	324,78	−6	
9. April „	102	345,26	+16	117	345,21	+11	32	345,36	+23	67	344,55	+16	64	344,64	+1	34	342,17	+10	145	342,91	+10	93	342,43	+5	116	339,26	0	629	331,56	+21	494	325,63	+6	322	324,78	0	
23. „ „	103	345,25	−1	120	345,18	−3	49	345,19	−17	84	344,38	−17	70	344,58	−6	45	342,06	−11	143	342,93	+2	90	342.46	+3	124	339,18	−8	590	331,95	+39	474	325,83	+20	313	324,87	+9	
8. Mai „	114	345,14	−11	120	345,18	0	47	345,21	+2	103	344,19	−19	78	344,50	−8	56	341,97	−9	150	342,86	−7	150	341,86	−60	126	339,16	−2	588	331,97	+2	472	325,85	+2	330	324,70	−17	
21. „ „	120	345,08	−6	127	345,11	−7	72	344,96	−25	113	344,09	−10	88	344,40	−10	63	341,90	−7	167	342.69	−17	154	341,82	−4	132	339,10	−6	595	331,90	−7	474	325,83	−2	336	324.64	−6	
31. „ „	105	345,23	+15	114	345,24	+13	44	345,24	+28	94	344,28	+19	107	344,21	−19	54	341,99	+9	177	342,59	−10	135	342,01	+19	118	339,24	+14	577	332,08	+18	467	325,90	+7	330	324,70	+6	
13. Juni „	111	345,17	−6	130	345,08	−16	66	345,02	−22	108	344,14	−14	113	344,15	−6	74	341,79	−20	184	342,52	−7	171	341,65	−36	133	339,09	−15	585	332,00	−8	467	325,90	0	335	324,65	−5	
27. „ „	123	345,05	−12	130	345,08	0	72	344,96	−6	124	343,98	−16	113	344,15	0	86	341,67	−12	190	342,46	−6	175	341,61	−4	140	339,02	−7	594	331,91	−9	472	325,85	−5	335	324,65	0	
11. Juli „	109	345,19	+14	120	345,18	+10	69	344,99	+3	109	344,13	+15	114	344,14	−1	82	341,69	+2	192	342,44	−2	178	341.58	−3	136	339,06	+4	586	331,99	+8	470	325,87	+2	336	324,64	−1	
25. „ „	125	345,03	−16	132	345,06	−12	86	344,82	−17	132	343,90	−23	132	343,96	−18	104	341,47	−22	216	342,20	−24	206	341,30	−28	160	338,82	−24	592	331,93	−6	472	325,85	−2	337	324,63	−1	
8. August „	92	345,36	+33	107	345,31	+25	40	345,28	+46	85	344,37	+47	70	344,58	+62	77	341,74	+27	192	342,44	+24	132	342,04	+74	123	339,19	+37	588	331,97	+4	461	325,96	+11	317	324,83	+20	
22. „ „	116	345,12	−24	124	345,14	−17	80	344,88	−40	123	343,99	−38	107	344,21	−37	95	341,56	−18	207	342,29	−15	197	341,39	−65	146	338,96	−23	590	331,95	−2	463	325,94	−2	330	324,70	−13	
5. September „	126	345.02	−10	134	345,04	−10	91	344,77	−11	133	343,89	−10	110	344,18	−3	106	341,45	−11	220	342,16	−13	210	341,26	−13	161	338.81	−15	598	331,87	−8	473	325,84	−10	337	324,63	−7	
19. „ „	110	345.18	+16	123	345,15	+11	69	344,99	+22	112	344,10	+21	95	344,33	+15	90	341,61	+16	200	342.36	+20	156	341,80	+54	141	339,01	+20	610	331,75	−12	479	325,78	−6	332	324,68	+5	
3. Oktober „	129	344,99	−19	135	345,03	−12	82	344,86	−13	130	343,92	−18	100	344,28	−5	100	341,51	−10	202	342,34	−2	203	341,33	−47	160	338,82	−19	617	331,68	−7	488	325,69	−9	345	324.55	−13	
17. „ „	110	345,18	+19	118	345,20	+17	69	344,99	+13	103	344,19	+27	79	344,49	+21	72	341,79	+28	183	342,53	+19	110	342,26	+93	136	339,06	+24	615	331,70	+2	473	325,84	+15	315	324,85	+30	
31. „ „	120	345,08	−10	129	345,09	−11	69	344,99	0	111	344,11	−8	82	344,45	−3	69	341,82	+3	184	342,52	−1	173	341,63	−63	147	338,95	−11	613	331,72	+2	480	325,77	−7	330	324,70	−15	
14. November „	124	345,04	−4	133	345,05	−4	76	344,92	−7	113	344,09	−2	87	344.41	−5	69	341,82	0	195	342,41	−11	183	341,53	−10	153	338,89	−6	616	331,69	−3	487	325,70	−7	343	324,57	−13	
28. „ „	126	345,02	−2	135	345,03	−2	75	344,93	+1	110	344,12	+3	85	344.43	+2	64	341,87	+5	194	342,42	+1	191	341,45	−8	148	338,94	+5	624	331,61	−8	480	325,77	+7	324	324,76	+19	
12. Dezember „	112	345,16	+14	130	345,08	+5	68	345,00	+7	97	344,25	+13	55	344,73	+30	57	341,94	+7	187	342,49	+7	89	342,47	+102	141	339.01	+7	632	331,53	−8	480	325,77	0	318	324,82	+6	
27. „ „	106	345.22	+6	124	345,14	+6	59	345,09	+9	82	344,40	+15	59	344,69	−4	50	342,01	+7	168	342,68	+19	72	342,64	+17	137	339,05	+4	631	331.54	+1	481	325,76	−1	306	324,94	+12	
9. Januar 1902	113	345,15	−7	119	345.19	+5	57	345,11	+2	83	344,39	−1	61	344,67	−2	48	342,03	+2	160	342.76	+8	82	342,54	−10	111	339,31	+26	618	331,67	+13	473	325,84	+8	302	324,98	+4	
23. „ „	93	345,35	+20	110	345,28	+9	36	345,32	+21	55	344,67	+28	64	344,64	−3	44	342,07	+4	121	343,15	+39	63	342,73	+19	111	339,31	0	619	331,66	−1	468	325,89	+5	301	324,99	+1	
6. Februar „	101	345,27	−8	108	345,30	+2	47	345,21	−11	82	344,40	−27	68	344,60	−4	43	342,08	+1	131	343,05	−10	92	342,44	−29	114	339,28	−3	597	331.88	+22	458	325.99	+10	305	324,95	−4	
19. „ „	100	345,28	+1	109	345,29	−1	43	345.25	+4	82	344,40	0	69	344,59	−1	47	342,04	−4	154	342,82	−23	85	342,51	+7	115	339,27	−1	592	331,93	+5	454	326,03	+4	308	324,92	−3	
6. März „	100	345,28	0	111	345,27	−2	50	345,18	−7	84	344,38	−2	73	344,55	−4	48	342,03	−1	159	342,77	−5	98	342,38	−13	118	339,24	−3	590	331,95	+2	457	326,00	−3	311	324,89	−3	
13. „ „	100	345,28	0	112	345,26	−1	54	345,14	−4	87	344,35	−3	73	344,55	0	49	342,02	−1	164	342,72	−5	109	342,27	−11	118	339,24	0	588	331,97	+2	460	325,97	−3	315	324,85	−4	
20. „ „	96	345,32	+4	110	345,28	+2	49	345,19	+5	88	344,34	−1	64	344,64	+9	50	342,01	−1	168	342,68	−4	104	342,32	+5	114	339,28	+4	591	331,94	−3	458	325,99	+2	321	324,79	−6	
3. April „	92	345,36	+4	103	345,35	+7	36	345,32	+13	77	344,45	+11	63	344,65	+1	48	342,03	+2	161	342,75	+7	80	342,56	+24	106	339,36	+8	581	332.04	+10	452	326,05	+6	297	325,03	+24	
17. „ „	103	345,25	−11	113	345,25	−10	53	345,15	−17	96	344,26	−19	78	344,50	−15	51	342,00	−3	164	342,72	−3	122	342,14	−42	120	339.22	−14	578	332,07	+3	452	326,05	0	313	324,87	−16	
1. Mai „	114	345,14	−11	124	345,14	−11	69	344,99	−16	112	344,10	−16	85	344,43	−7	61	341.90	−10	172	342,64	−8	162	341,74	−40	131	339,11	−11	579	332,06	−1	460	325,97	−8	331	324,69	−18	
15. „ „	120	345,08	−6	129	345,09	−5	77	344,91	−8	119	344,03	−7	91	344,37	−6	67	341,84	−6	180	342,56	−8	183	341,53	−21	134	339,08	−3	590	331,95	−11	466	325,91	−6	331	324.69	0	
29. „ „	119	345,09	+1	130	345,08	−1	81	344,87	−4	118	344,04	+1	99	344,29	−8	69	341,82	−2	191	342,45	−11	187	341.49	−4	125	339,17	+9	598	331,87	−8	468	325,89	−2	325	324,75	+6	
12. Juni „	128	345,00	−9	137	345,01	−7	86	344,82	−5	128	343,94	−10	102	344,26	−3	72	341,79	−3	195	342,41	−4	197	341,39	−10	134	339,08	−9	606	331,79	−8	477	325,80	−9	331	324,69	−6	
26. „ „	125	345,03	+3	135	345,03	+2	84	344,84	+2	124	343,98	+4	102	344,26	0	80	341,71	−8	194	342,42	+1	185	341,51	+12	131	339,11	+3	612	331,73	−6	482	325,75	−5	334	324,66	−3	
10. Juli „	141	344,87	−16	144	344,94	−9	105	344,63	−21	142	343,80	−18	113	344,15	−11	104	341,47	−24	216	342,20	−22	205	341,31	−20	150	338,92	−19	612	331,73	0	487	325,70	−5	345	324,55	−11	
13. „ „	145	344,83	−4	147	344,91	−3	111	344,57	−6	149	343,73	−7	117	344,11	−4	109	341,42	−5	223	342,13	−7	212	341,24	−7	165	338,77	−15	618	331,67	−6	490	325,67	−3	348	324,52	−3	
15. „ „	147	344,81	−2	148	344,90	−1	113	344,55	−2	150	343,72	−1	139	343,89	−22	113	341,38	−4	226	342,10	−3	213	341,23	−1	170	338,72	−5	617	331,68	+1	490	325,67	0	347	324,53	+1	
17. „ „	134	344,94	+13	141	344,97	+7	101	344,67	+12	140	343,82	+10	137	343,91	+2	114	341,37	−1	228	342,08	−2	215	341,21	−2	176	338,66	−6	619	331,66	−2	491	325,66	−1	348	324,52	−1	
18. „ „	135	344,93	−1	142	344,96	−1	98	344,70	+3	140	343,82	0	134	343,94	+3	115	341,36	−1	226	342,10	+2	214	341,22	+1	171	338,71	+5	618	331,67	+1	491	325,66	0	349	324,51	−1	
19. „ „	135	344,93	0	142	344,96	0	97	344,71	+1	139	343,83	+1	133	343,95	+1	114	341,37	+1	225	342,11	+1	213	341,23	+1	169	338,73	+2	617	331,68	+1	490	325,67	+1	349	324,51	0	
20. „ „	137	344,91	−2	144	344,94	−2	100	344,68	−3	140	343,82	−1	135	343,93	−2	115	341,36	−1	227	342,09	−2	216	341,20	−3	169	338,73	0	617	331,68	0	490	325.67	0	349	324,51	0	
21. „ „	138	344,90	−1	145	344,93	−1	101	344,67	−1	141	343,81	−1	137	343,91	−2	115	341,36	0	229	342,07	−2	217	341,19	−1	173	338,69	−4	620	331,65	−3	492	325,65	−2	345	324,55	+4	
22. „ „	140	344,88	−2	147	344,91	−2	104	344,64	−3	144	343,78	−3	141	343,87	−4	115	341,36	0	231	342,05	−2	220	341,16	−3	178	338,64	−5	621	331,64	−1	492	325,65	0	344	324,56	+1	
23. „ „	142	344,86	−2	148	344,90	−1	105	344,63	−1	145	343,77	−1	141	343,87	0	115	341,36	0	231	342,05	0	220	341,16	0	177	338,65	+1	621	331,64	0	492	325,65	0	346	324,54	−2	
26. „ „	144	344,84	−2	149	344,89	−1	107	344,61	−2	147	343,75	−2	142	343,86	−1	116	341,35	−1	232	342,04	−1	222	341,14	−2	178	338,64	−1	623	331,62	−2	493	325,64	−1	348	324,52	−2	
28. „ „	148	344,80	−4	151	344,87	−2	108	344,60	−1	149	343,73	−2	145	343,83	−3	117	341,34	−1	235	342,01	−3	225	341,11	−3	182	338,60	−4	625	331,60	−2	495	325,62	−2	347	324,53	+1	
30. „ „	149	344,79	−1	152	344,86	−1	113	344,55	−5	152	343,70	−3	147	343,81	−2	120	341,31	−3	236	342,00	−1	225	341,11	0	180	338,62	+2	625	331,60	0	495	325,62	0	347	324,53	0	
2. August „	150	344,78	−1	152	344,86	0	114	344,54	−1	153	343,69	−1	149	343,79	−2	122	341,29	−2	236	342,00	0	226	341,10	−1	183	338,59	−3	625	331,60	0	496	325,61	−1	349	324,51	−2	
5. „ „	154	344,74	−4	154	344,84	−2	117	344,51	−3	155	343,67	−2	153	343,75	−4	130	341,21	−8	239	341,97	−3	229	341,07	−3	189	338,53	−6	627	331,58	−2	497	325,60	−1	348	324,52	+1	
8. „ „	155	344,73	−1	155	344,83	−1	118	344,50	−1	154	343,68	+1	156	343,72	−3	128	341,23	+2	240	341,96	−1	230	341,06	−1	192	338,50	−3	628	331,57	−1	499	325,58	−2	351	324,49	−3	
11. „ „	157	344,71	−2	157	344,81	−2	120	344,48	−2	156	343,66	−2	159	343,69	−3	132	341,19	−4	242	341,94	−2	231	341,05	−1	195	338,47	−3	629	331,56	−1	500	325,57	−1	349	324,51	+2	
14. „ „	159	344,69	−2	158	344,80	−1	121	344,47	−1	158	343,64	−2	161	343,67	−2	133	341,18	−1	244	341,92	−2	234	341,02	−3	200	338,42	−5	631	331,54	−2	500	325,57	0	349	324,51	0	
17. „ „	161	344,67	−2	158	344,80	0	121	344,47	0	160	343,62	−2	163	343,65	−2	134	341,17	−1	246	341,90	−2	236	341,00	−2	203	338,39	−3	633	331,52	−2	500	325,57	0	348	324,52	+1	
20. „ „	162	344,66	−1	161	344,77	−3	125	344,43	−4	161	343,61	−1	176	343,52	−13	150	341,01	−16	246	341,90	0	236	341,00	0	203	338,39	0	633	331,52	−0	502	325,55	−2	350	324,50	−2	
23. „ „	164	344,64	−2	162	344,76	−1	127	344,41	−2	163	343,59	−2	170	343,58	+6	151	341,00	−1	249	341,87	−3	239	340,97	−3	209	338,33	−6	635	331,50	−2	503	325,54	−1	352	324,48	−2	
26. „ „	166	344,62	−2	163	344,75	−1	129	344,39	−2	164	343,58	−1	172	343,56	−2	157	340,94	−6	250	341,86	−1	240	340,96	−1	210	338,32	−1	636	331,49	−1	504	325,53	−1	352	324,48	0	
29. „ „	168	344,60	−2	165	344,73	−2	130	344,38	−1	164	343,58	0	177	343,51	−5	158	340,93	−1	250	341,85	0	242	340,94	−2	215	338,27	−5	638	331,47	−2	506	325,51	−2	355	324,45	−3	
1. September „	170	344,58	−2	167	344,71	−2	133	344,35	−3	168	343,54	−4	179	343,49	−2	162	340,89	−4	253	341,83	−3	244	340.92	−2	218	338,24	−3	640	331,45	−2	507	325,50	−1	354	324,46	+1	
4. „ „	172	344,56	−2	169	344,69	−2	135	344,33	−2	169	343,53	−1	182	343.46	−3	.	.	.	255	341,81	−2	245	340,91	−1	220	338,22	−2	641	331,44	−1	508	325,49	−1	356	324,44	−2	
7. „ „	173	344,55	−1	171	344,67	−2	135	344,33	0	169	343,53	0	183	343,45	−1	.	.	.	256	341,80	−1	246	340,90	−1	221	338,21	−1	641	331,44	0	510	325,47	−2	356	324,44	0	
10. „ „	174	344,54	−1	171	344,67	0	138	344,30	−3	171	343,51	−2	187	343,41	−4	.	.	.	256	341,80	0	247	340,89	−1	224	338,18	−3	643	331,42	−2	510	325,47	0	355	324,45	+1	
13. „ „	174	344,54	0	172	344,66	−1	137	344,31	+1	171	343,51	0	.	.	.	.	.	.	257	341,79	−1	247	340,89	0	225	338,17	−1	643	331,42	0	510	325,47	0	358	324,42	−3	
16. „ „	178	344.50	−4	175	344,63	−3	141	344,27	−4	172	343,50	−1	.	.	.	.	.	.	260	341.76	−3	250	340,86	−3	230	338,12	−5	646	331,39	−3	512	325.45	−2	358	324,42	0	
19. „ „	180	344,48	−2	177	344,61	−2	143	344,25	−2	175	343,47	−3	.	.	.	.	.	.	262	341,74	−2	253	340,83	−3	233	338,09	−3	649	331,36	−3	514	325,43	−2	360	324,40	−2	
22. „ „	181	344,47	−1	178	344,60	−1	145	344,23	−2	176	343,46	−1	.	.	.	.	.	.	263	341,73	−1	254	340,82	−1	235	338,07	−2	649	331,36	0	515	325,42	−1	362	324,38	−2	
25. „ „	183	344,45	−2	180	344,58	−2	148	344,20	−3	177	343,45	−1	.	.	.	.	.	.	264	341,72	−1	255	340,81	−1	238	338,04	−3	650	331,35	−1	517	325,40	−2	363	324,37	−1	
2. Oktober „	186	344,42	−3	179	344,59	+1	148	344,20	0	179	343,43	−2	.	.	.	.	.	.	266	341,70	−2	258	340,78	−3	241	338,01	−3	651	331,34	−1	518	325,39	−1	366	324,34	−3	
16. „ „	188	344,40	−2	182	344,56	−3	147	344,21	+1	173	343,49	+6	.	.	.	.	.	.	268	341,68	−2	262	340,74	−4	251	337,91	−10	656	331,29	−5	518	325,39	0	363	324,37	+3	
30. „ „	187	344,41	+1	187	344,51	−5	144	344,24	+3	173	343,49	0	.	.	.	158	340,93	.	270	341,66	−2	261	340,75	+1	253	337,89	−2	662	331,23	−6	519	325,38	−1	357	324,43	+6	
13. November „	190	344,38	−3	191	344,47	−4	148	344,20	−4	176	343,46	−3	.	.	.	151	341,00	+7	271	341,65	−1	264	340,72	−3	260	337,82	−7	665	331,20	−3	523	325,34	−4	357	324,43	0	
27. „ „	195	344,33	−5	191	344,47	0	150	344,18	−2	177	343,45	−1	.	.	.	148	341,03	+3	274	341,62	−3	269	340,67	−5	269	337,73	−9	672	331,13	−7	527	325,30	−4	364	324,36	−7	
11. Dezember „	195	344,33	0	198	344,40	−7	150	344,18	0	178	343,44	−1	.	.	.	145	341,06	+3	275	341,61	−1	269	340,67	0	283	337,59	−14	672	331,13	0	525	325,32	+2	358	324,42	+6	
20. „ „	169	344,59	+26	179	344,59	+19	125	344,43	+25	141	343,81	+37	103	344,25	.	106	341,45	+39	259	341,77	+16	249	340,87	+20	157	338,85	+126	677	331,08	−5	514	325,43	+11	334	324.66	+24	
23. „ „	162	344,66	+7	173	344,65	+6	101	344,67	+24	140	343,82	+1	87	344,41	+16	103	341,48	+3	256	341,80	+3	244	340,92	+5	152	338,90	+5	675	331,10	+2	508	325,49	+6	325	324,75	+9	
26. „ „	163	344,65	−1	174	344,64	−1	104	344,64	−3	137	343,85	+3	86	344,42	+1	100	341,51	+3	253	341,83	+3	248	340,88	−4	150	338,92	+2	677	331,08	−2	504	325,53	+4	325	324,75	0	
29. „ „	163	344,65	0	173	344,65	+1	104	344,64	0	134	343,88	+3	86	344,42	0	98	341,53	+2	250	341,86	+3	214	341,22	+34	154	338,88	−4	676	331,09	+1	502	325,55	+2	324	324,76	+1	
1. Januar 1903	158	344,70	+5	169	344,69	+4	103	344,65	+1	140	343,82	−6	76	344,52	+10	96	341,55	+2	244	341,92	+6	211	341,25	+3	148	338,94	+6	672	331,13	+4	501	325,56	+1	322	324.78	+2	
4. „ „	158	344,70	0	169	344,69	0	103	344,65	0	135	343,87	+5	67	344,61	+9	93	341,58	+3	236	342,00	+8	185	341,51	+26	143	338,99	+5	676	331,09	−4	500	325,57	+1	322	324.78	0	
7. „ „	145	344,83	+13	164	344,74	+5	81	344,87	+22	116	344,06	+19	60	344,68	+7	82	341,69	+11	215	342,21	+21	163	341,73	+22	124	339,18	+19	676	331,09	0	492	325,65	+8	304	324,96	+18	
10. „ „	141	344,87	+4	160	344,78	+4	83	344,85	−2	116	344,06	0	62	344,66	−2	80	341,71	+2	205	342,31	+10	163	341,73	0	121	339,21	+3	673	331,12	+3	487	325,70	+5	302	324,98	+2	
13. „ „	138	344,90	+3	156	344,82	+4	83	344,85	0	115	344,07	+1	65	344,63	−3	77	341,74	+3	202	342,34	+3	131	342,05	+32	119	339,23	+2	670	331,15	+3	486	325,71	+1	302	324,98	0	
16. „ „	138	344,90	0	155	344,83	+1	86	344,82	−3	117	344,05	−2	80	344,48	−15	75	341,76	+2	200	342,36	+2	183	341,53	−52	119	339,23	0	663	331,22	+7	486	325,71	0	311	324,89	−9	
19. „ „	139	344,89	−1	155	344,83	0	93	344,75	−7	119	344,03	−2	87	344,41	−7	76	341.75	−1	202	342,34	−2	199	341,37	−16	123	339,19	−4	665	331,20	−2	488	325,69	−2	316	324,84	−5	
22. „ „	140	344,88	−1	156	344,82	−1	97	344,71	−4	126	343.96	−7	94	344,34	−7	79	341.72	−3	204	342,32	−2	202	341,34	−3	127	339,15	−4	662	331,23	+3	490	325,67	−2	322	324,78	−6	
5. Februar „	144	344,84	−4	158	344,80	−2	103	344,65	−6	132	343,90	−6	104	344.24	−10	76	341,75	+3	208	342,28	−4	215	341,21	−13	133	339,09	−6	658	331,27	+4	504	325,53	−14	339	324,61	−17	
19. „ „	147	344,81	−3	157	344,81	+1	103	344,65	0	127	343,95	+5	81	344,47	+23	76	341,75	0	214	342,22	−6	203	341,33	+12	135	339,07	−2	660	331,25	−2	506	325,51	−2	337	324,63	+2	
5. März „	150	344,78	−3	158	344,80	−1	103	344,65	0	131	343,91	−4	85	344,43	−4	76	341,75	0	216	342,20	−2	196	341,40	+7	139	339,03	−4	663	331,22	−3	511	325,46	−5	340	324.60	−3	
19. „ „	152	344,76	−2	155	344,83	+3	103	344,65	0	133	343,89	−2	88	344,40	−3	75	341,76	+1	220	342,16	−4	212	341,24	−16	141	339,01	−2	668	331,17	−5	517	325,40	−6	349	324,51	−9	
2. April „	157	344,71	−5	164	344,74	−9	107	344,61	−4	135	343,87	−2	95	344,33	−7	77	341,74	−2	217	342,19	+3	216	341,20	−4	146	338,96	−5	669	331,16	−1	521	325,36	−4	359	324,41	−10	
16. „ „	157	344,71	0	159	344,79	+5	104	344,64	+3	130	343,92	+5	95	344,33	0	73	341,78	+4	208	342,28	+9	189	341,47	+27	146	338,96	0	671	331,14	−2	515	325,42	+6	346	324,54	+13	
30. „ „	160	344,68	−3	161	344,77	−2	106	344,62	−2	137	343,85	−7	89	344,39	+6	74	341,77	−1	209	342,27	−1	206	341,30	−17	148	338,94	−2	673	331,12	−2	520	325,37	−5	351	324,49	−5	
14. Mai „	162	344,66	−2	164	344,74	−3	109	344,59	−3	144	343,78	−7	91	344,37	−2	73	341,78	+1	217	342,19	−8	209	341,27	−3	140	339,02	+8	674	331,11	−1	519	325,38	+1	352	324,48	−1	
28. „ „	167	344,61	−5	169	344,69	−5	117	344,51	−8	146	343,76	−2	96	344,32	−5	76	341,75	−3	216	342,20	+1	211	341,25	−2	142	339,00	−2	672	331.13	+2	517	325,40	+2	357	324,43	−5	
11. Juni „	173	344,55	−6	175	344,63	−6	126	344,42	−9	159	343,63	−13	135	343,93	−39	101	341,50	−25	231	342,05	−15	226	341,10	−15	150	338,92	−8	673	331,12	−1	517	325,40	0	358	324,42	−1	
18. „ „	180	344,48	−7	178	344,60	−3	135	344,33	−9	161	343,61	−2	146	343.82	−11	109	341,42	−8	234	342,02	−3	230	341,06	−4	170	338,72	−20	672	331,13	+1	518	325,39	−1	358	324,42	0	
25. „ „	180	344,48	0	181	344,57	−3	135	344,33	0	165	343,57	−4	155	343.73	−9	114	341,37	−5	240	341,96	−6	236	341,00	−6	183	338,59	−13	674	331,11	−2	521	325,36	−3	361	324,39	−3	

Fig.1 Übersichtsplan für das Versuchsfeld zu Mindelheim

M. 1:50000

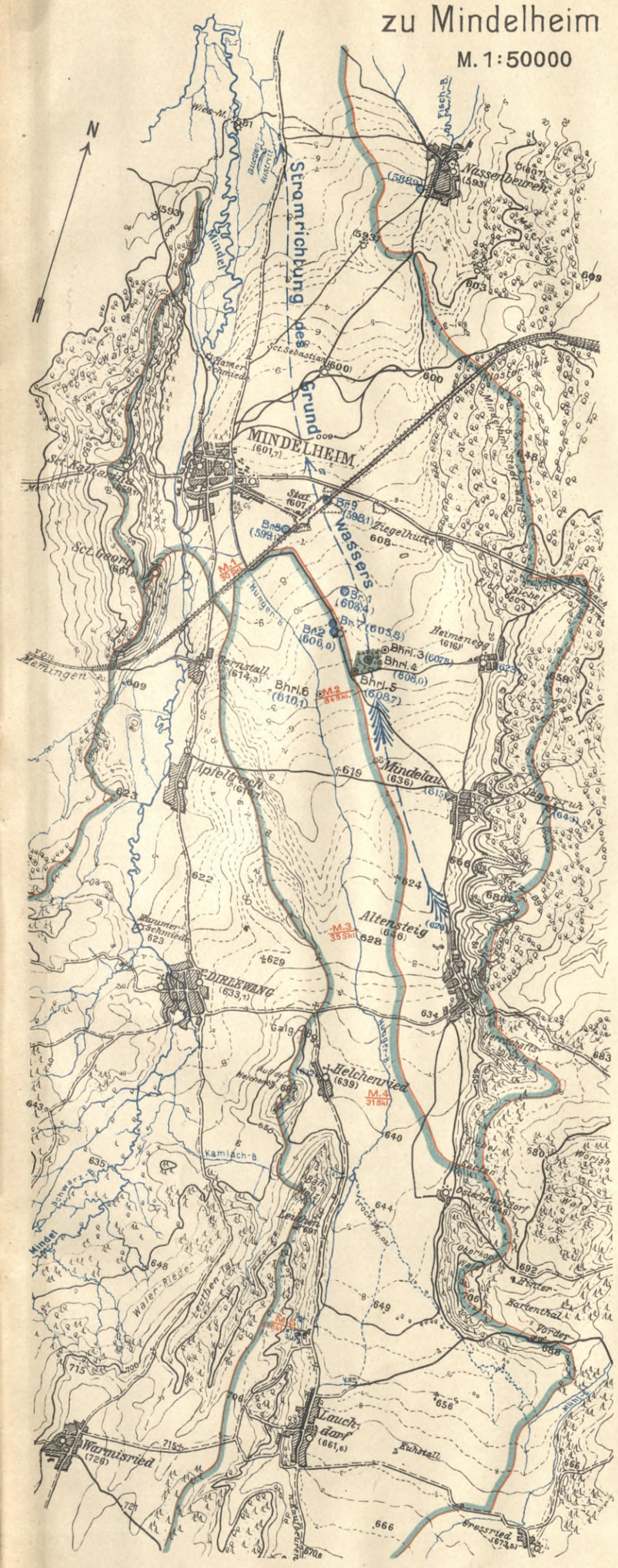


Fig.2 Übersichtsplan für das Versuchsfeld zu Wendelstein

M. 1:50000

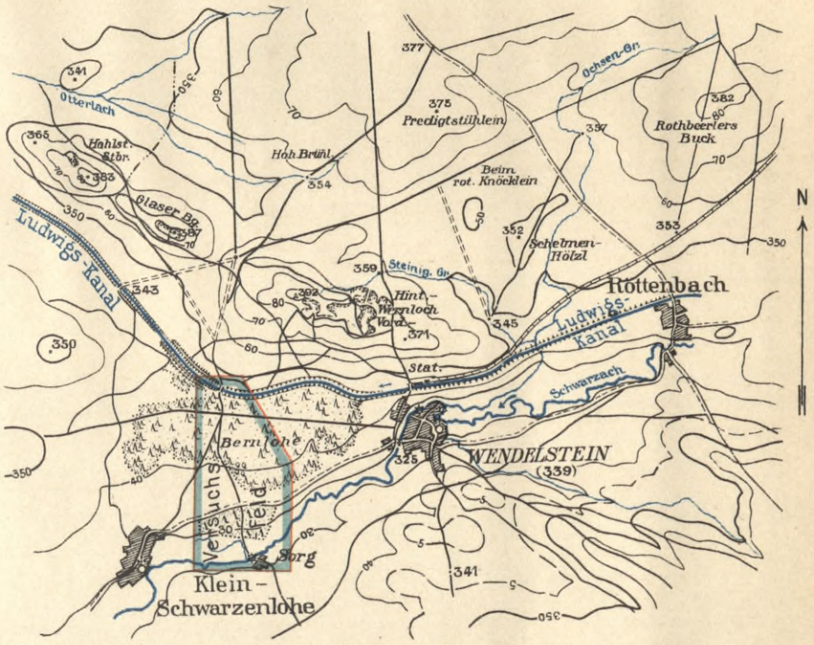
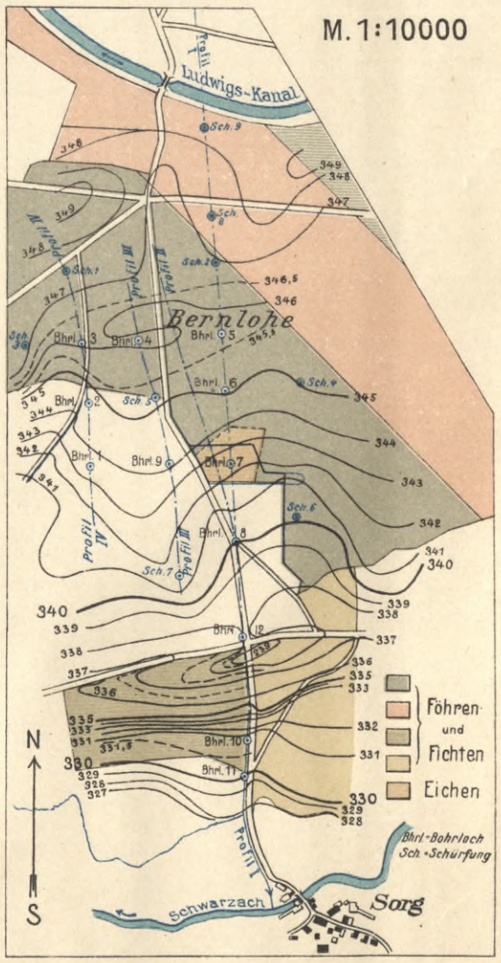


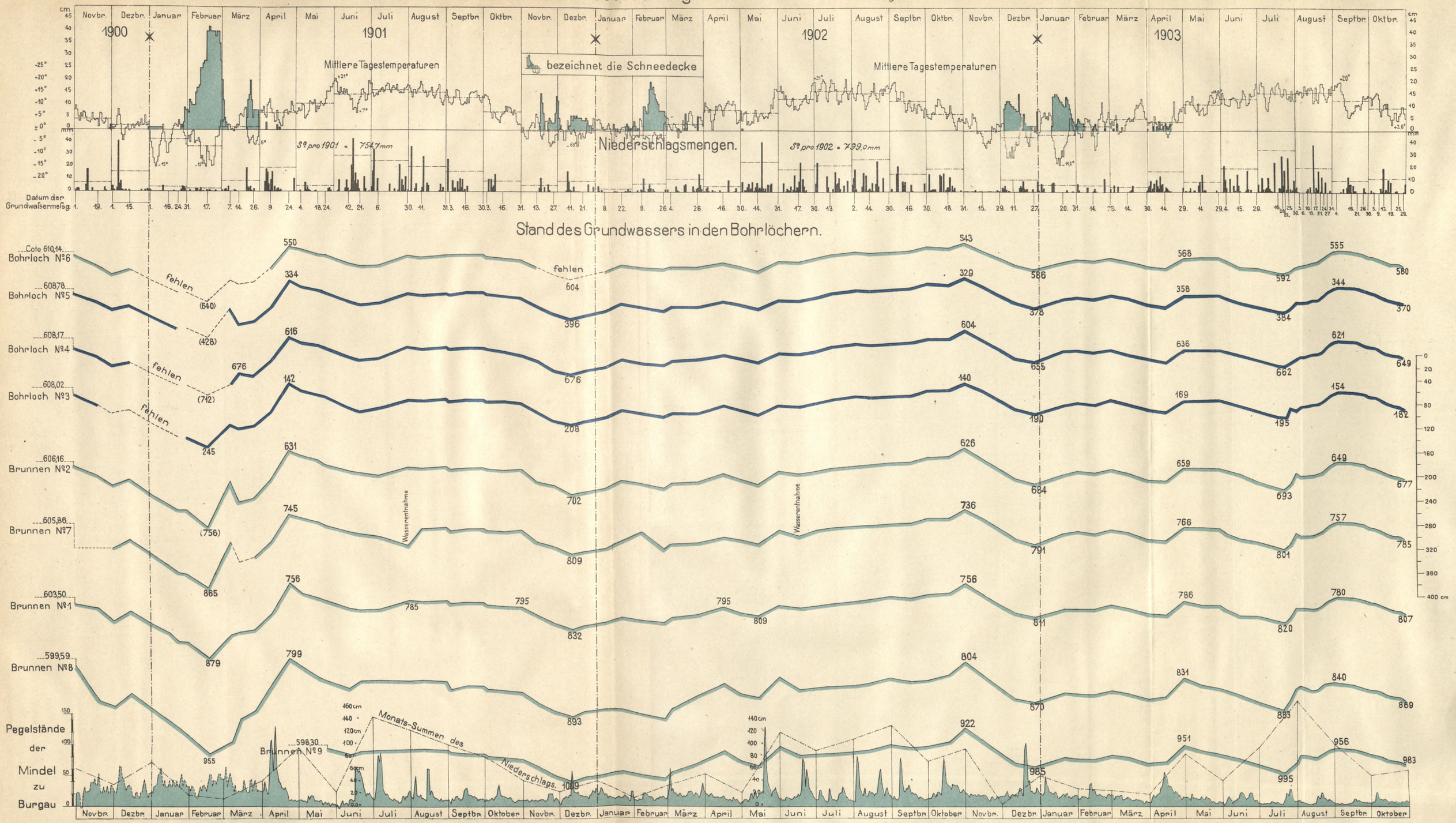
Fig.3 Plan für die Bohrlöcher im Versuchsfeld zu Wendelstein

M. 1:10000



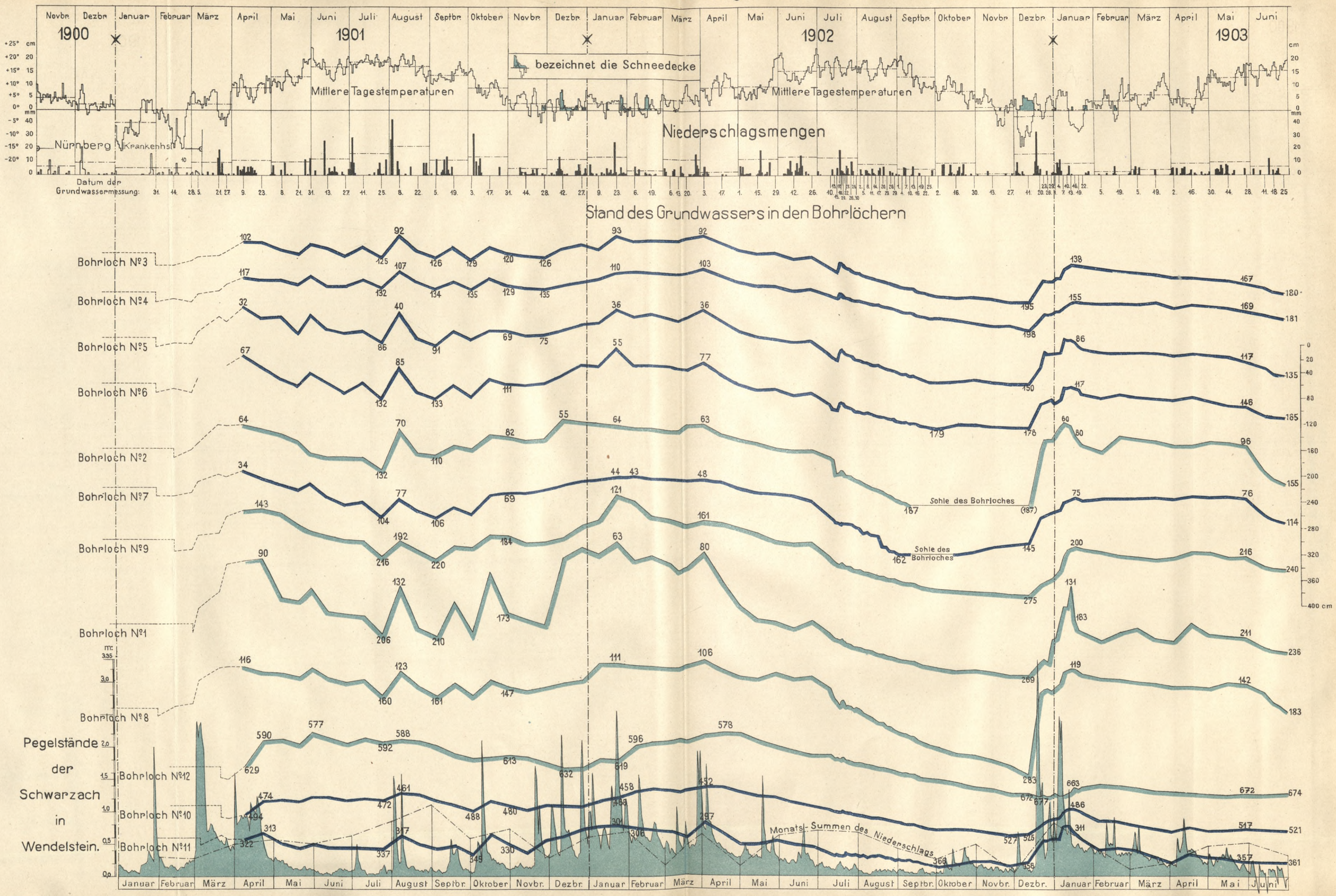
Grundwasserbeobachtungen zu Mindelheim (Donaugebiet)

Tafel № II



Grundwasserbeobachtungen zu Wendelstein (Maingebiet)

Tafel № III



Einfluss des Waldes auf das Grundwasser.

2. Grundwasseruntersuchungen im Lager Lechfeld |: bei Schwabstadel :|

(Vom k. Wasserversorgungsbureau ausgeführt.)

Siehe Situation, Tafel №

Fig.2 Längenschnitt nach der Linie A-B

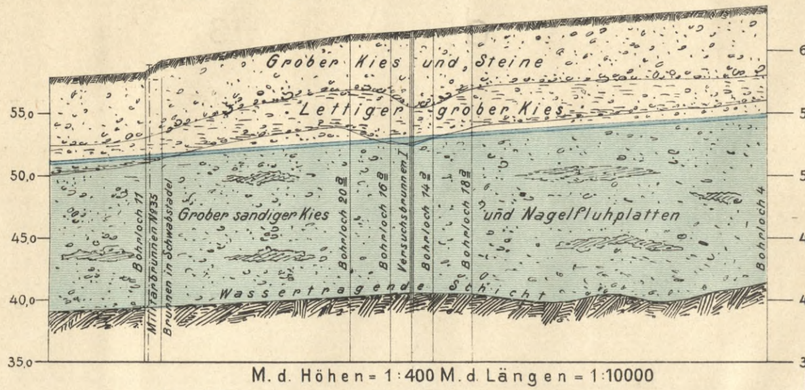


Fig.3 Querschnitt nach der Linie C-D.

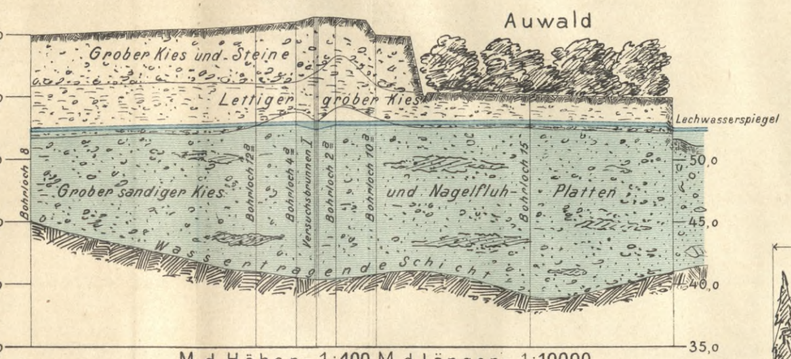
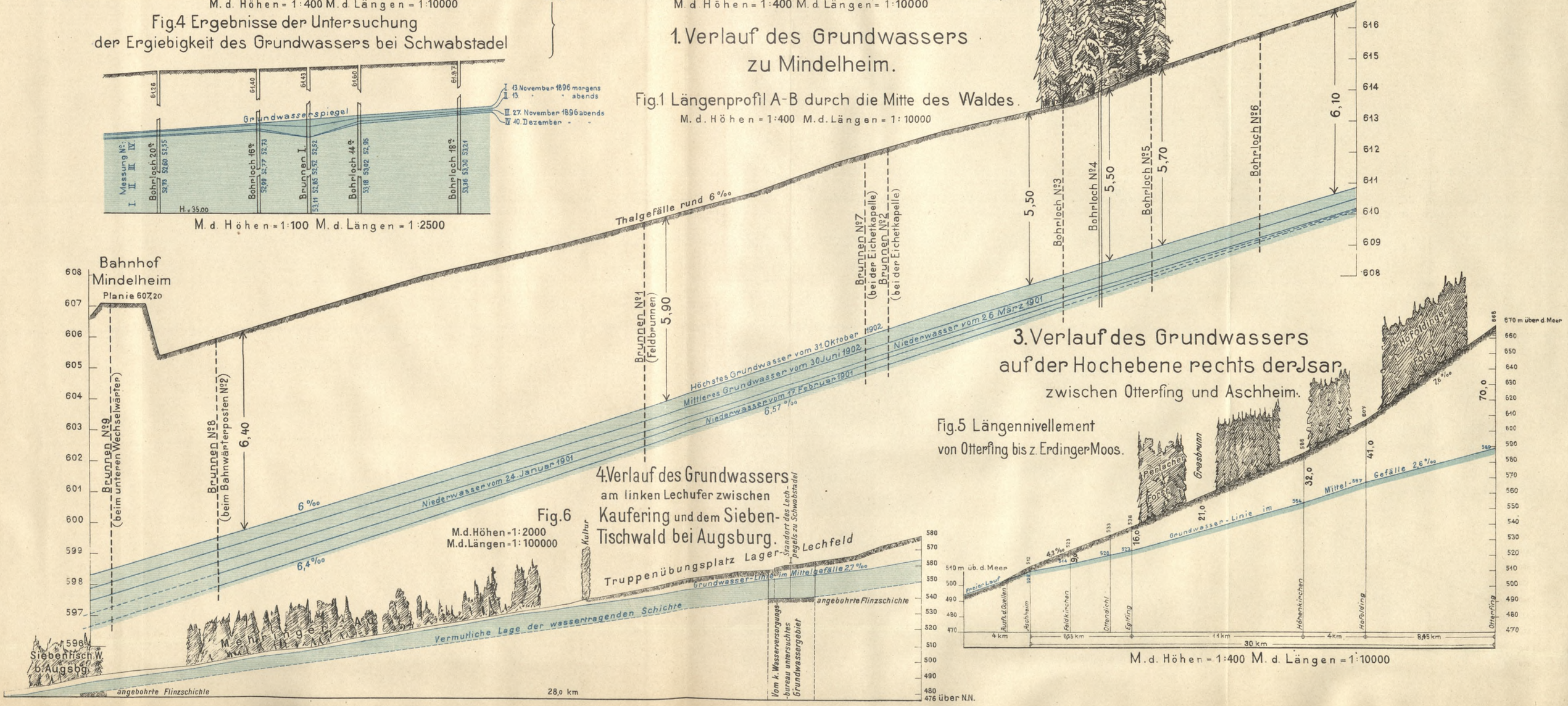


Fig.4 Ergebnisse der Untersuchung der Ergiebigkeit des Grundwassers bei Schwabstadel

1. Verlauf des Grundwassers zu Mindelheim.

Fig.1 Längenprofil A-B durch die Mitte des Waldes.

M. d. Höhen = 1:400 M. d. Längen = 1:10000



4. Verlauf des Grundwassers am linken Lechufer zwischen Kaufering und dem Sieben-Tischwald bei Augsburg.

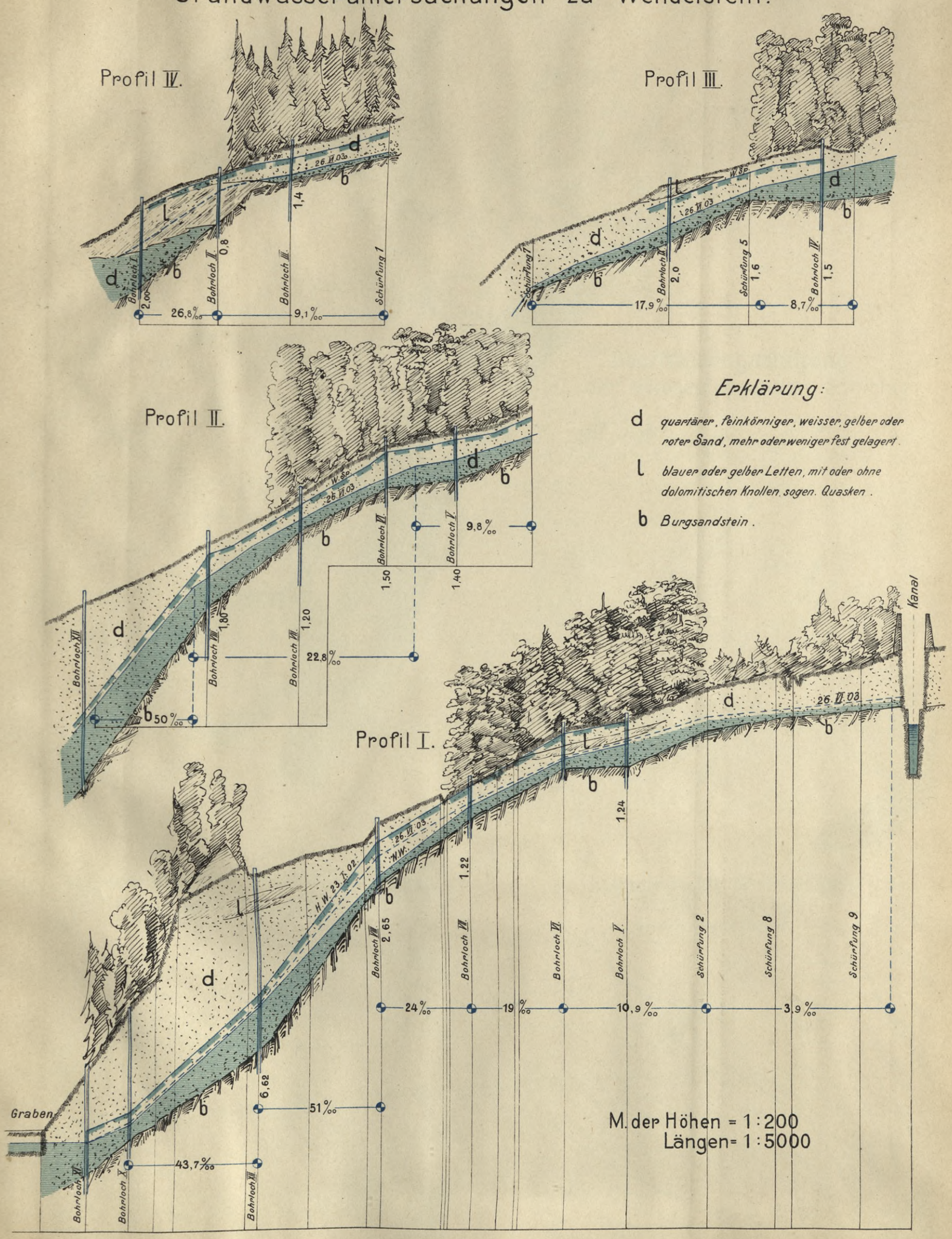
Fig.6

M. d. Höhen = 1:2000
M. d. Längen = 1:100000

Einfluss des Waldes auf das Grundwasser.

Tafel No V

Grundwasseruntersuchungen zu Wendelstein.

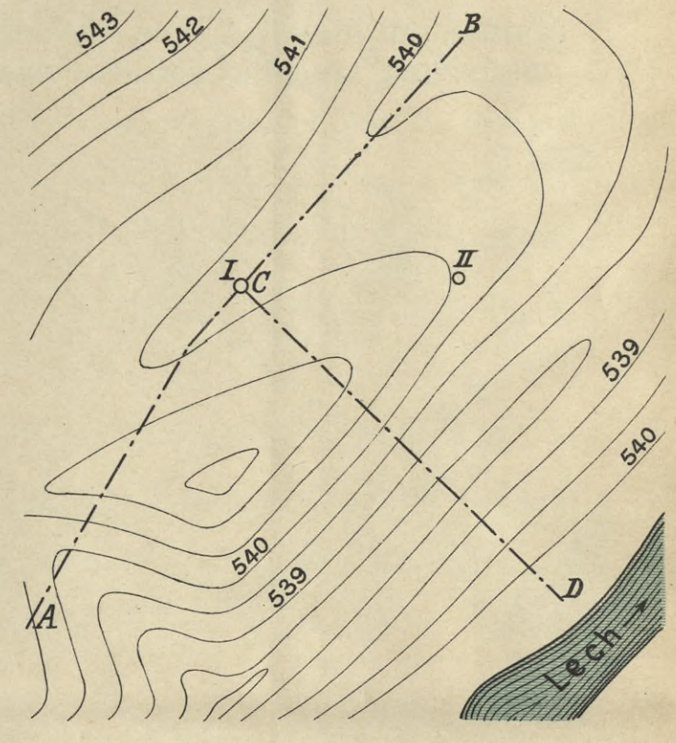


Grundwasserversorgung bei Schwabstadel am Lech. Taf. VI.

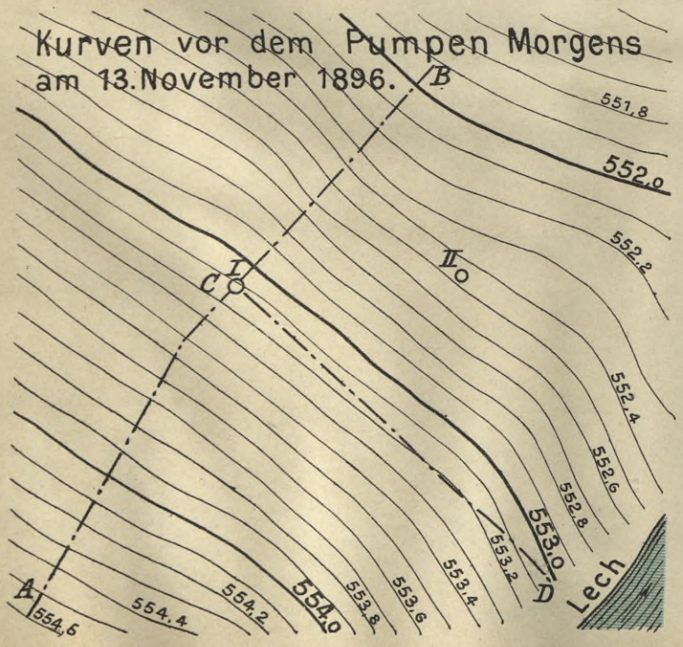
Situation.

Maaßstab 1:10000.

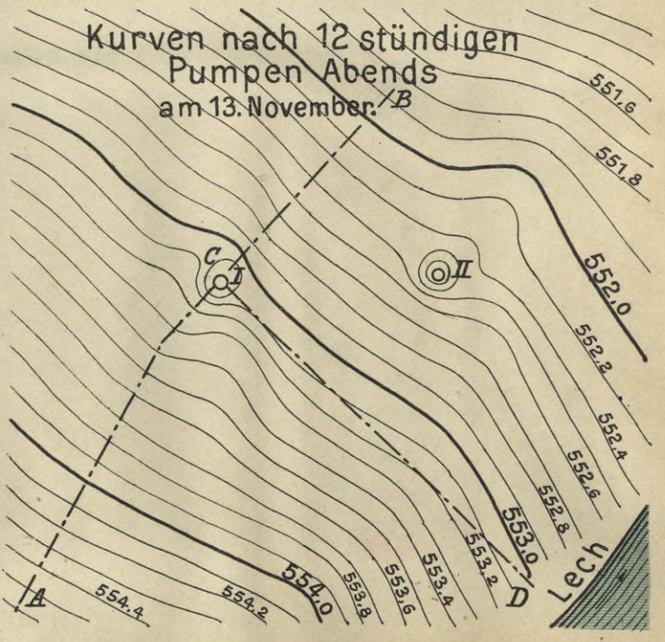
Oberflächengestaltung der wassertragenden Schichte.



Kurven vor dem Pumpen Morgens am 13. November 1896.

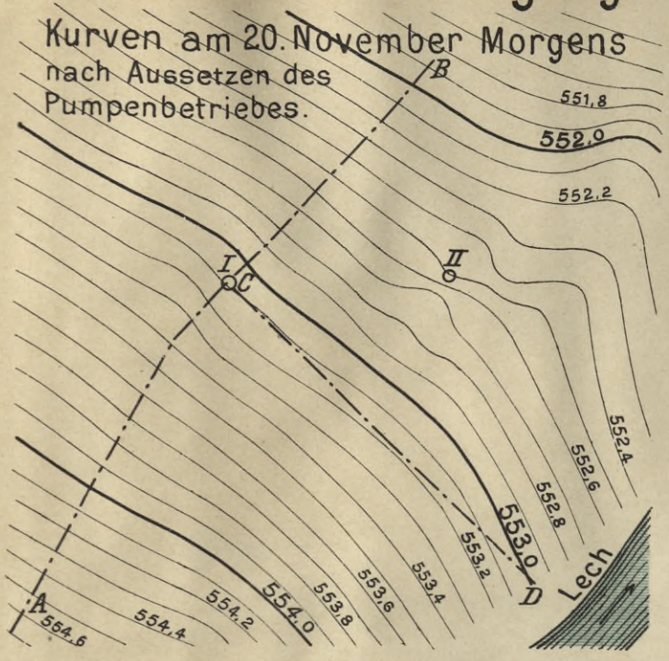


Kurven nach 12 stündigen Pumpen Abends am 13. November.



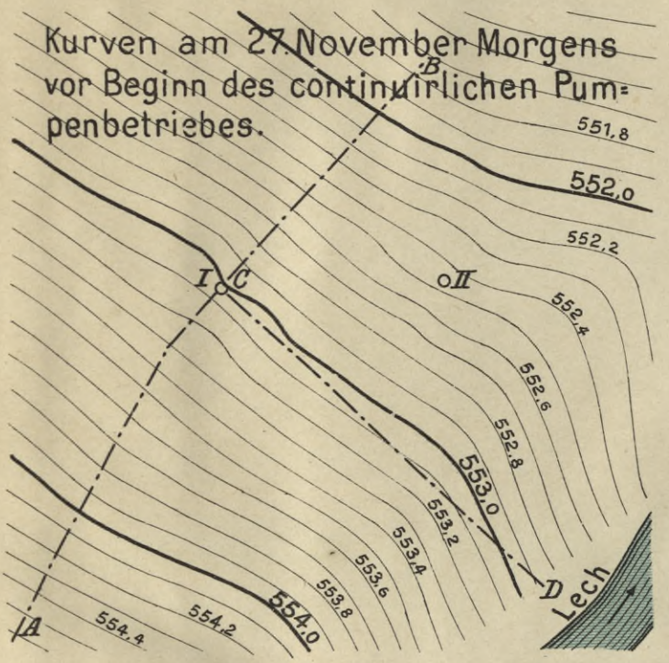
Grundwasserversorgung bei Schwabstadel am Lech. Taf. VII.

Kurven am 20. November Morgens nach Aussetzen des Pumpenbetriebes.

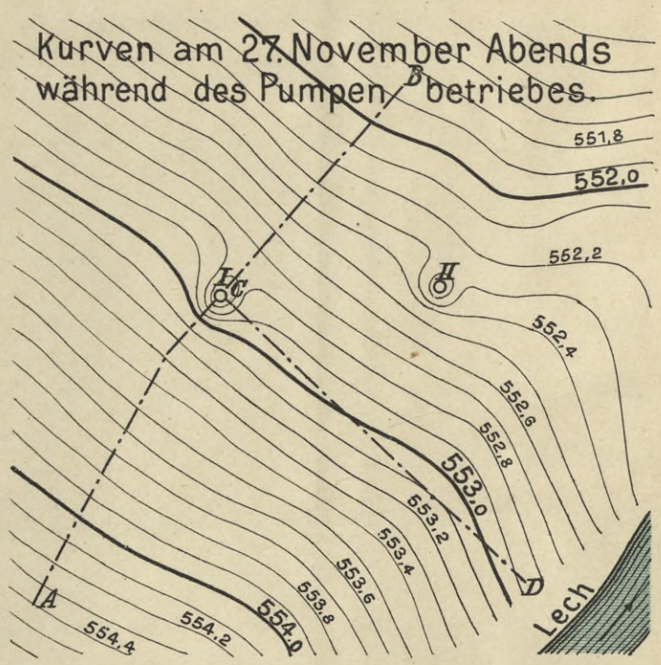


Kurven am 20. November Abends nach Abfluss der halben Zeit bei 12 stünd. Betrieb der Pumpen.

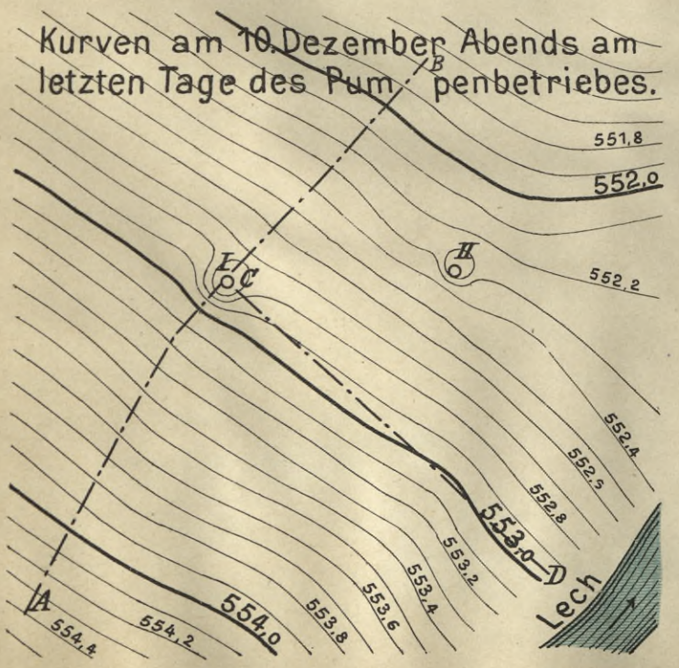
Kurven am 27. November Morgens vor Beginn des continuirlichen Pumpenbetriebes.



Kurven am 27. November Abends während des Pumpenbetriebes.



Kurven am 10. Dezember Abends am letzten Tage des Pumpenbetriebes.



Kurven am 12. Dezember Abends zwei Tage nach Abschluss der Pumpversuche.