

# Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg

Bühl-Offenburg

Erläuterungen



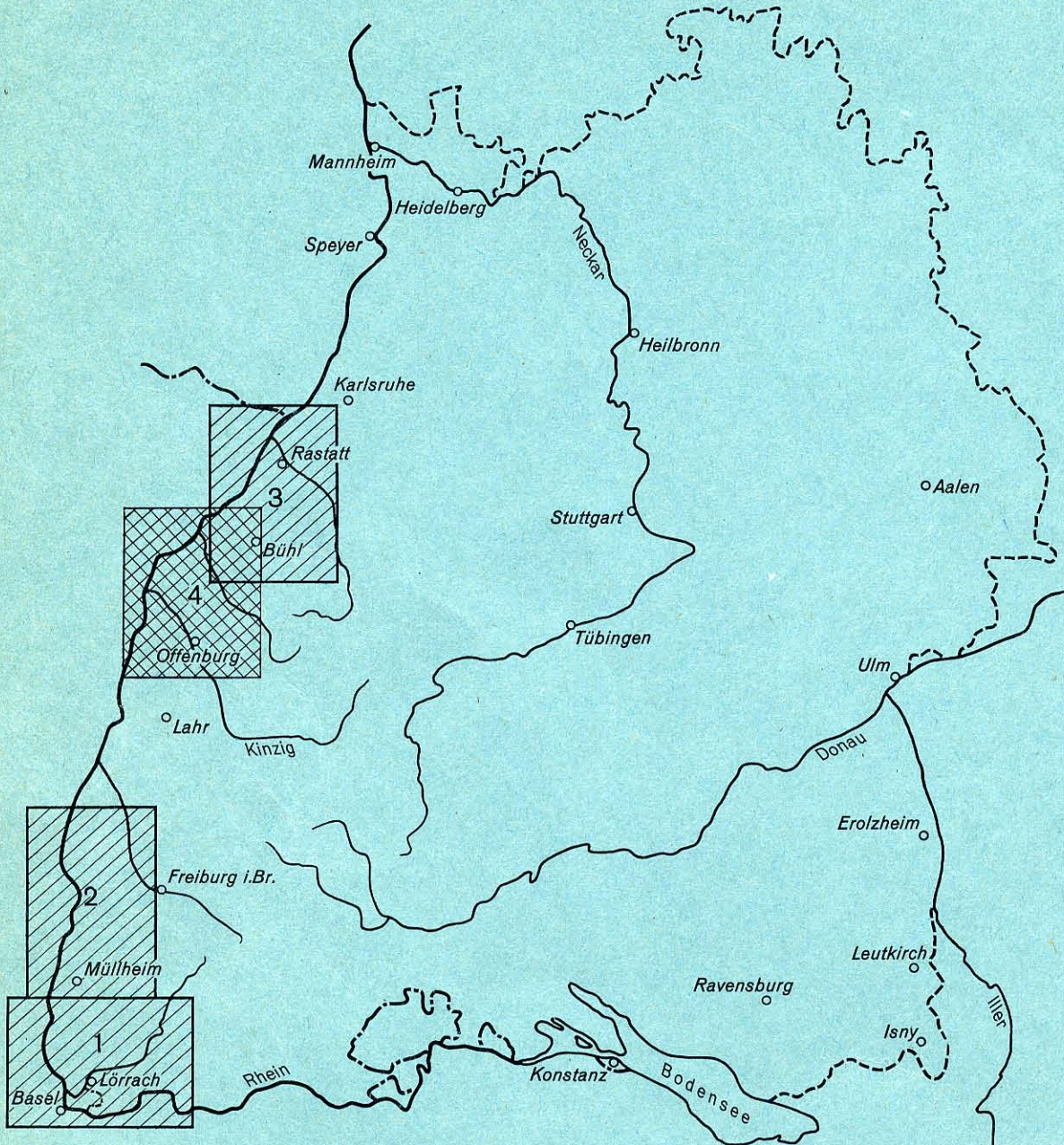
Hergestellt vom Geologischen Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg/Br. und der Landesanstalt  
für Umweltschutz Baden-Württemberg – Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft – Karlsruhe  
unter Mitarbeit des Regierungspräsidiums Freiburg, Abt. Wasserwirtschaft

Im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg



# Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg

mit Erläuterungen (Erscheinungsjahr)



neu



bisher erschienen

- 1 Dinkelberg — Hochrhein (1975)
- 2 Kaiserstuhl — Markgräferland (1978)

- 3 Raum Rastatt (1978)
- 4 Bühl — Offenburg (1979)



# **Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte**

**von**

**Baden-Württemberg**

**Oberrrheingebiet**

**Bereich Bühl – Offenburg**

**Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i.Br.**

**Bearbeiter: Dr. B. JUNKER  
Dr. J. WERNER**

**Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg  
– Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft – Karlsruhe**

**Bearbeiter: Dipl.-Ing. H. ESSLER**

**unter Mitarbeit des Regierungspräsidiums Freiburg, Abt. Wasserwirtschaft**

**1979**



<b>0.</b>	<b>Vorbemerkungen</b>	<b>5</b>
<b>1.</b>	<b>Einleitung</b>	<b>7</b>
1.1	Untersuchungsgebiet	7
1.2	Geologisch-hydrogeologischer Überblick	7
<b>2.</b>	<b>Geologie und Hydrogeologie</b>	<b>9</b>
2.1	Geologische Einheiten	9
2.2	Vorbergzone	9
2.3	Entstehung und tertiäre Verfüllung des Oberrheingrabens	9
2.4	Quartäre Verfüllung des Oberrheingrabens	10
2.5.	Verfüllung der Schwarzwaldtäler	11
2.6	Abgrenzung des Grundwasserleiters	11
2.7	Gliederung des Grundwasserleiters	11
2.7.1	Vertikale Gliederung	11
2.7.2	Horizontale (fazielle) Gliederung	13
2.8	Stratigraphie des Grundwasserleiters	14
2.9	Jungquartäre Tektonik im Grundwasserleiter	14
2.10	Mächtigkeit des Aquifers	15
2.11	Durchlässigkeitsverteilung	15
2.12	Transmissivitätsverteilung	18
<b>3.</b>	<b>Hydrochemie</b>	<b>23</b>
3.1	Verwendetes Datenmaterial	23
3.2	Hydrochemische Karten	23
3.2.1	Gesamthärte und Karbonathärte	23
3.2.2	Sauerstoff	24
3.2.3	Freie und kalkaggressive Kohlensäure	24
3.2.4	Eisen und Mangan	25
3.2.5	Chlorid	25
3.2.6	Nitrat	25
3.3	Hydrochemische Profile	26
3.3.1	Vertikale Eisenverteilung	26
3.3.2	Vertikale Chloridverteilung	26

<b>4.</b>	<b>Hydrologie</b>	<b>31</b>
4.1	Hydrologische Meßeinrichtungen	31
4.1.1	Niederschlagsstationen	31
4.1.2	Lysimeterstationen	31
4.1.3	Oberflächengewässerpegel	31
4.1.4	Grundwassermeßstellen	31
4.1.5	Grundwasserentnahmestellen	32
4.2	Klima	35
4.3	Oberflächengewässer	35
4.4	Wasserbauliche Maßnahmen	37
4.5	Grundwasser	37
4.5.1	Fließrichtung und Gefälle	37
4.5.2	Flurabstand	37
4.5.3	Niederschlag – Grundwasserstand	42
4.5.4	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	55
4.5.5	Oberflächenwasser – Grundwasser	55
4.5.6	Grundwasserneubildung aus Oberflächengewässern	56
4.5.7	Zustrom vom Gebirgsrand	56
<b>5.</b>	<b>Grundwasserbilanzen für Teilgebiete</b>	<b>59</b>
<b>6.</b>	<b>Ergebnisse und Folgerungen</b>	<b>63</b>
<b>7.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>65</b>
7.1	Verzeichnis der Abbildungen	67
7.2	Verzeichnis der Tabellen	67
7.3	Verzeichnis der Karten	67
7.4	Verzeichnis der Anlagen	67
<b>8.</b>	<b>Anhang</b>	<b>68</b>

## 0. Vorbemerkungen

Die Hydrogeologische Kartierung des Landes Baden-Württemberg hat das Ziel, im Interesse der Wasserwirtschaft eine Dokumentation des Kenntnisstandes über die Grundwasservorkommen des Landes zu schaffen.

Sie ist eine Gemeinschaftsarbeit von Geologen, Hydrologen und Wasserwirtschaftlern unter Einbeziehung weiterer Fachrichtungen wie z.B. der Meteorologie.

Die Ergebnisse der Hydrogeologischen Kartierung sind Grundlagen für wasserwirtschaftliche Planung und dienen in erster Linie der Sicherstellung der Wasserversorgung.

Die Untersuchungen erfolgen in der Regel in zwei Stufen:

1. Sammeln und Auswerten der vorhandenen Unterlagen und Kenntnisse, Darstellen der Ergebnisse und Aufzeigen noch zu klärender Fragen
2. Durchführen gezielter Untersuchungen zur Beantwortung der Fragen aus der ersten Stufe mit dem Ziel einer Grundwasser-Bilanzierung und der Möglichkeit, die menschlichen Eingriffe in den Wasserhaushalt aufeinander abzustimmen.

Das bedeutendste Grundwasservorkommen des Landes Baden-Württemberg ist der zu ihm gehörende Teil des Oberrheingrabens. Dieser wird für die Hydrogeologische Kartierung in acht Bereiche aufgeteilt, die von Norden nach Süden folgende Bezeichnungen haben:

1. Rhein – Neckar – Raum
2. Speyer – Karlsruhe
3. Raum Rastatt
4. Bühl – Offenburg
5. Raum Lahr
6. Freiburger Bucht
7. Kaiserstuhl – Markgräflerland
8. Dinkelberg – Hochrhein

Die hier vorgelegte Hydrogeologische Karte des Bereiches Bühl – Offenburg beinhaltet im wesentlichen den Kenntnisstand der ersten Untersuchungsstufe. Zusätzliche Untersuchungen wurden auf dem Sektor der Hydrochemie sowie in Form geoelektrischer und geophysikalischer Einbohrlochmessungen durchgeführt.

Die Arbeiten wurden im Jahre 1974 in Angriff genommen. Hydrogeologische oder hydrologische Literatur, auf die sich die Untersuchungen hätten stützen können, war – abgesehen von zwei Dissertationen (TANGERMANN 1973; ZELLENTIN 1972) – nicht vorhanden; jedoch standen zahlreiche Gutachten und die Gebietserfahrungen von Angehörigen des Geologischen Landesamtes (BARTZ, HÜTTNER, HUMMEL, LEIBER, MAUS, SAUER, STRAYLE, WENDT, ZWÖLFER) zur Verfügung. Ferner lagen die Ergebnisse eines 1961–1969 vom Wasserwirtschaftsamt Offenburg und Geologischen Landesamt durchgeführten Untersuchungsprogrammes für Grundwasser-Erschließungen und Grundwasser-Untersuchungen in der Rheinebene zwischen Memprechtshofen und Altenheim vor (geologische Bearbeiter HÜTTNER, STRAYLE).

Die Gliederung des Hauptgrundwasserleiters (quartäre Rheingrabenfüllung) erfolgte aufgrund der im nördlich angrenzenden Kartiergebiet (Raum Rastatt) geleisteten Vorarbeit (STRAYLE 1978), der wiederum die quartärstratigraphischen Arbeiten von BARTZ (1960, 1974, 1976) zugrunde lagen.

Für das Grenzgebiet entlang des Rheins wurden Unterlagen der Société de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine, Strasbourg, die J. J. OBERLIN freundlicherweise zusammenstellte, mitverwendet.

Zur Geologie des präquartären Untergrundes im Rheingraben konnte auf Arbeiten aus der Erdölgeologie (BREYER 1974, BREYER & DOHR 1967, DOEBL 1970, MASCHEK 1955, WIRTH 1962) zurückgegriffen werden. An geologischen Kartenunterlagen standen im wesentlichen nur die Manuskriptblätter 1 : 25 000 von FAULER zur Verfügung.

Die Beurteilung der langfristigen meteorologischen und hydrologischen Zusammenhänge basiert auf Messungen des Deutschen Wetterdienstes, veröffentlicht in den Monatlichen Witterungsberichten des Wetteramtes Freiburg sowie Beobachtungen der Wasserstände und Abflüsse der Oberflächengewässer und des Grundwasserstandes seit Jahrzehnten, veröffentlicht im Deutschen Gewässerkundlichen Jahrbuch, Sonderheft Land Baden-Württemberg.

Sonderuntersuchungen der Landesanstalt für Umweltschutz, Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft, trugen ausgehend von der Analyse der Lysimetermessungen in der Rheinebene zur Berechnung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag bei (I. u. II. Bericht 1975).

Die hydrologische und limnologische Funktion der zahlreichen Baggerseen in der Rheinebene wurde in zwei Berichten der Landesanstalt für Umweltschutz, Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft, in den Jahren 1975 und 1977 beurteilt.

Umfang und Auswirkung der Acher–Rench–Korrektion schildert eine Denkschrift des Wasserwirtschaftsamtes Offenburg aus dem Jahre 1967.

Zahlreiche zum Teil noch laufende Untersuchungen der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Baden-Württemberg untersuchen die Auswirkungen des Rheinausbaus.



# 1. Einleitung

## 1.1 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet liegt im mittleren Oberrheingraben (siehe Indexkarte Umschlagseite 2) zwischen Greffern (Rhein-km 320) – Leiberstung im Norden und Meißenheim (Rhein-km 270) – Niederschopfheim im Süden. Es deckt sich annähernd mit der Landschaft der Ortenau. Seine Nordgrenze überlappt sich teilweise mit der bereits erschienenen Hydrogeologischen Karte des Raumes Rastatt. Die Südgrenze fällt zusammen mit der Südgrenze der TK 50 Blatt L 7512 Offenburg. Die Bearbeitungsgrenze im Osten markiert die Gebirgsrandverwerfung, die das Grundgebirge des Schwarzwaldes gegen die Vorberge absetzt. Westliche Darstellungsgrenze ist grundsätzlich der Rhein. Allerdings greifen die hydrogeologischen Schnitte, die Darstellungen der Quartärbasis, der Grundwassermächtigkeit und der Transmissivitätsverteilung noch auf französisches Staatsgebiet über.

Die hydrogeologischen Untersuchungen beschränken sich auf das Verbreitungsgebiet der quartären Lockergesteinsfüllung des Oberrheingrabens entsprechend ihrer überragenden hydrogeologischen Bedeutung im Vergleich zum Festgesteinsbereich des Grundgebirges und der Vorbergzone des Schwarzwaldes. Die Lockergesteine nehmen einschließlich der lößbedeckten Randzone eine Fläche von rund 650 km<sup>2</sup> auf insgesamt elf Meßtischblättern (7213 Lichtenau – Scherzheim, 7214 Sinzheim, 7312 Kinzigmündung, 7313 Rheinau, 7314 Bühl, 7412 Kehl, 7413 Appenweiler, 7414 Oberkirch, 7512 Neuried, 7513 Offenburg, 7514 Gengenbach) ein.

Die hydrologischen Untersuchungen erfassen die Bereiche der Rheinaue, der Niederterrasse und der Kinzig–Murg–Niederung mit insgesamt rund 500 km<sup>2</sup>.

Der Festgesteinsrahmen interessiert nur insoweit, als er mit seinem unterirdischen Zustrom den Grundwasserhaushalt der Lockergesteinsfüllung des Oberrheingrabens beeinflusst.

## 1.2 Geologisch-hydrogeologischer Überblick

Der zwischen Schwarzwald und Vogesen eingebrochene Rheingraben besteht aus zahllosen, durch Verwerfungen gegeneinander abgesetzten Einzelschollen. In ihm blieben mesozoische Schichten (Buntsandstein, Muschelkalk, Keuper, Jura) erhalten, die auf den Randgebirgen längst abgetragen sind. Während des Einsinkens lagerten sich im Graben mächtige tertiäre Schichten ab. Die Verfüllung setzte sich während des Eiszeitalters (Quartär; Pleistozän) fort durch die vom Rhein antransportierten alpinen Kiese und Sande, die sich in der östlichen Grabenhälfte mit den Kies- und Sandschüttungen der Schwarzwaldflüsse verzahnen.

Die mächtige **eiszeitliche Kiesfüllung des Rheingrabens** ist der Hauptgrundwasserleiter des Untersuchungsgebietes. Er endet nicht durchweg an der (markanten) morphologischen Ostgrenze der Rheinebene, sondern greift teilweise noch in die lößbedeckte Vorbergzone hinein, allerdings mit stark verminderter Durchlässigkeit und Mächtigkeit.

Die **Vorbergzone** besteht hauptsächlich aus mesozoischen Randschollen, die beim Einsinken des Rheingrabens in unterschiedlicher Höhenlage hängengeblieben sind. Sie ist entsprechend uneinheitlich aufgebaut. Auch hinsichtlich der Grundwasserführung ist sie ungleichwertig, im Untersuchungsgebiet insgesamt von untergeordneter Bedeutung.

Dies gilt auch für die in die Rheinebene ausmündenden **Schwarzwaldtäler** (Kinzigtal, Renchtal). Ihre Mündungstrichter sind zwar von mächtigen Kiesschüttungen verfüllt; diese führen aber wegen ihrer großenteils geringen Durchlässigkeit relativ wenig Grundwasser.

Die **Schwarzwaldflüsse** selbst sind jedoch für die Grundwasserneubildung in der Rheinebene von erheblicher Bedeutung, da sie streckenweise nach ihrem Eintritt in die Ebene ins Grundwasser einspeisen (siehe Kap. 4.5.6).

Östlich der Schwarzwaldrandverwerfung erhebt sich das **Grundgebirge** des Schwarzwaldes (variscische Granite und ältere Gneise), in das bei Berghaupten eine Oberkarbon-Scholle eingeschuppt ist und auf dem nordöstlich Offenburg und südöstlich Achern Rotliegendeporphyre liegen. Es ist im allgemeinen gering durchlässig. Mit einem nennenswerten unterirdischen Zufluß von dort braucht daher nicht gerechnet zu werden, so daß eine Einbeziehung in das Untersuchungsprogramm nicht erforderlich war.



## 2. Geologie und Hydrogeologie

### 2.1 Geologische Einheiten (siehe Karte I)

Die in Karte I eingetragenen Grenzen der geologischen Einheiten des Festgesteinsrahmens (Grundgebirge und Vorbergzone) sowie der quartären Rheingrabenfüllung mit den geomorphologischen Einheiten Rheinaue, Niederterrasse, Kinzig–Murg–Niederung, Lößterrassen und den Schwarzwaldtälern sind teilweise stark vereinfacht Manuskriptblättern von FAULER (1948) entnommen.

Der tektonische Bau des östlichen Rheingrabenrandes ist in der Kartendarstellung ebenfalls stark vereinfacht (abschnittsweise nur mit der Gebirgsrandverwerfung) wiedergegeben. In Wirklichkeit dürfte hier, wie im nördlich anschließenden hydrogeologischen Kartiergebiet Raum Rastatt, ein komplizierter staffelförmiger Abbruch über mehrere z.T. antithetische Schollen vorliegen, der aber mangels tieferreichender Bohraufschlüsse nicht näher bekannt ist.

Von der Grabenmitte sind aus Erdölbohrungen mehrere Verwerfungen bekannt. Wie die hydrogeologischen Längsschnitte 2 und 3 und die Querschnitte 5 und 8 zeigen, ist dieser Bereich in Teilschollen zerlegt. Von diesen tektonischen Strukturen wurde in Karte I nur eine größere längs der Linie Meißenheim – Ichenheim – Hesselhurst – Willstätt – Kork streichende Verwerfung dargestellt (vgl. hierzu Kap. 2.4).

### 2.2 Vorbergzone

Im Randabschnitt zwischen Rench und Acher liegt mächtiger Löß z.T. noch auf dem Grundgebirge des Schwarzwaldes und verhüllt den Bau der Vorbergzone. Die Festgesteins-Obergrenze scheint hier unter dem Niveau der Rheinebene zu liegen. Die in Schnitt 3 gegebene Darstellung ist deshalb unsicher. Im nördlich anschließenden Vorbergzonen-Abschnitt taucht an einer Stelle Lias (Unterer Jura) unter der quartären Verhüllung auf (Erlenbad östlich Achern). Bei Ottersweier wurde er unter geringmächtiger Lößüberdeckung erbohrt. Im übrigen ist auch von diesem Abschnitt nicht bekannt, welche mesozoischen Sedimente die Randschollen aufbauen. Die hydrogeologischen Schnitte 1 und 2 können daher den Bau der Vorbergzone nur ungenau wiedergeben.

Karte I zeigt, daß in der nur in einem sehr schmalen Streifen aufgeschlossenen Vorbergzone in Längserstreckung von SSW nach NNW immer jüngere Schichten anstehen: von Buntsandstein über Muschelkalk, Lias bis zu vorpliozänem Tertiär (nordöstlich Bühl knapp außerhalb des Untersuchungsgebietes). Die größten Tertiärmächtigkeiten im angrenzenden Grabenbereich sind danach NW Bühl zu erwarten.

Die Mächtigkeiten des Buntsandsteins und des Muschelkalks bei Niederschopfheim betragen rund 200 m bzw. rund 100 m. Keuper ist nur aus Erdölbohrungen im Graben (z.B. Appenweier 1) bekannt. Auch Dogger-Vorkommen sind von der Vorbergzone nicht bekannt; erst weiter westlich auf der östlichen Graben-Hochscholle wurde er in mehreren Erdölbohrungen nachgewiesen.

Während der Hochglazialzeiten wurden aus den Kiesflächen der Rheinebene große Lößmassen ausgeweht und in der Vorbergzone aufgehäuft mit Mächtigkeiten bis über 25 m (Bohrung 0 58). Nach FAULER (1936) kann zwischen einem älteren (Riß-) und einem jüngeren (Würm-)Löß unterschieden werden. In den Warmzeiten kam es infolge Entkalkung zur Bildung von Lößlehm, der z.T. verschwemmt ist. Am Rand der Rheinebene verzahnen sich die Lössse mit dem Oberen Kieslager (vgl. Schnitte 5 und 6).

### 2.3 Entstehung und tertiäre Verfüllung des Oberrheingrabens

Die Grabenbildung begann im Eozän (Alttertiär) zunächst als flexurartige Einsenkung und führte infolge fortschreitender Zerrung zum Einbruch. In dem zeitlich und räumlich unterschiedlich schnell einsinkenden Graben wurden die gegeneinander verstellten mesozoischen Schollen von mächtigen tertiären Sedimenten überdeckt. Bruchhafte Einsenkung, Sedimentation und auch Abtragung liefen dabei im Grabenbereich gleichzeitig ab. Die durch Erdölbohrungen nachgewiesenen limnischen und marin(-brackischen) Ablagerungen des Obereozän bis Oberoligozän sind überwiegend tonig-mergelig ausgebildet (DOEBL 1970).

Über dieses vorpliozäne Tertiär legt sich mit einer Erosionsdiskordanz das fluviatile Pliozän (Jungtertiär). Gebietsweise liegt es auch unmittelbar dem Dogger auf (Erdölbohrungen Offenburg 6, 7, 8, 1009, 1016). Infolge andauernder tektonischer Bewegungen und gleichzeitiger Erosion ist sowohl die Untergrenze als auch die Obergrenze des Pliozäns stark reliefiert. Entsprechend schwanken seine Mächtigkeiten zwischen 8 m und 130 m (Erdölbohrungen Offenburg 3 und Kork 1). Im allgemeinen liegt die Mächtigkeit des Pliozäns im zentralen Grabenbereich zwischen 30 und 100 m. Im Mündungstrichter des Renchtals sind 70 m (Erdölbohrung Appenweier 1003) nachgewiesen.

Das im Graben erbohrte Pliozän ist ausschließlich sandig-schluffig-tonig ausgebildet und somit praktisch undurchlässig, während es am Gebirgsrand im Mündungstrichter des Renchtals als grobsandig-grusiger Feinkies (Bohrungen A35 und A18) vorliegt. Im Mündungstrichter des Kinzigals fehlen tiefe Bohrungen.



Das im hydrogeologischen Schnitt 7 bei Ortenberg im Kinzigtal (Bohrung 0 107) eingetragene Pliozän ist fraglich.

Die Abgrenzung des Pliozäns gegen das Pleistozän ist problematisch, weil die stratigraphische Grenze lithologisch schwer zu fassen ist. Charakteristisch für das Pliozän ist eine weißgraue oder gelbliche Bleichung sowie das Fehlen von alpinem Material, da der Alpenrhein damals noch zur Rhône entwässerte. Im gesamten Grabenbereich bildet das Pliozän die Sohlschicht der quartären Grabenfüllung.

## **2.4 Quartäre Verfüllung des Oberrheingrabens**

Die quartäre Verfüllung der östlichen Grabenhälfte besteht überwiegend aus eiszeitlichen Kiesen und Sanden aus den Alpen und dem Schwarzwald. Die Ablagerung glich die tektonische Absenkung aus, wobei Einsinken und Auffüllen des Grabens weder zeitlich noch räumlich gleichmäßig vonstatten gingen. Zu Zeiten, vor allem am Beginn der Glaziale, kam es gebietsweise auch zu Erosionsvorgängen. Die mächtigen Kiesschüttungen erfolgten vor allem in den Hochglazialzeiten, während zugleich in der Vorbergzone große Lößmassen angeweht wurden, die sich z. T. mit den Kiesen verzahnen (vgl. Kap. 2.2).

In den zwischen den Glazialen liegenden Warmzeiten (Interglazialen) kam es zu vergleichsweise geringmächtigen Ablagerungen vorwiegend von Feinsand, Schluff und tonigem Schluff, z.T. mit organischen Bestandteilen (Torfe, Holz). Diese Horizonte ermöglichen die stratigraphische und hydrogeologische Gliederung der Rheingraben-Kiesfüllung (s. Kap. 2.7).

Das alpine Material überwiegt bei weitem gegenüber dem Schwarzwaldmaterial, dessen Anteil am Aufbau des Kieskörpers mit zunehmender Entfernung vom Schwarzwaldrand stark abnimmt. Andererseits ist alpines Material bis an den Schwarzwaldrand verbreitet. Die Schwarzwaldkiese weisen, bedingt durch rötliche Feldspäte in Graniten und Gneisen, sowie durch Buntsandsteingerölle, eine rötliche Grundfarbe auf. Sie sind schlechter gerundet, führen viel Grobsand und verzahnen sich mit dem alpinen Material, in dem das Dunkelgrau vor allem der Kieselkalke den Farbton bestimmt, und das infolge des langen Transportweges gut gerollt bis abgeplattet ist.

Für das Obere Kieslager (s. Kap. 2.7.1) wurde der Übergangsbereich zwischen vorherrschendem alpinem und vorherrschendem Schwarzwaldmaterial in Karte I dargestellt.

Die letzteiszeitliche Kies-Sedimentation schloß ab mit fast ebener Oberfläche, der Niederterrasse. Diese ist teilweise von geringmächtigem Löß, Lößlehm und Flugsand (im Nordteil des Untersuchungsgebietes bei Schwarzach) überdeckt. In den glazialen Kieskörper hat sich in der Nacheiszeit (Holozän) die Rheinaue eingeschnitten. In ihr reicht die Aufarbeitung und Umlagerung des Kiesmaterials durchschnittlich 10–15 m tief. Die umgelagerten Kiese der Rheinaue sind stellenweise von den jüngsten Hochflutabsätzen des Rheins, den Auelehmen, bedeckt.

Entlang dem Gebirgsfuß wurde die Niederterrassenfläche im Holozän auf breiter Fläche von einem durch die Schwarzwaldflüsse gespeisten Rinnensystem, der Kinzig–Murg–Niederung, durchzogen. In seinem Bereich wurden die glazialen Kiese wie in der Rheinaue, aber weniger tiefgreifend, erodiert und umgelagert. Als Deckschichten liegen Sande, Lehme und z.T. torfige Ablagerungen auf den umgelagerten Kiesen.

Während im Nord- und im Südteil des Untersuchungsgebietes noch große Niederterrassenreste, z.T. inselartig aufgelöst, erhalten sind, fehlt die Niederterrassenfläche zwischen Kinzig- und Renchtalmündung ganz. Dies ist wohl auf jüngste tektonische Bewegungen zurückzuführen (vgl. Abschnitt 2.9).

Die tektonischen Bewegungen während der quartären Verfüllung des Rheingrabens unterscheiden sich im Untersuchungsgebiet von denen im nördlich angrenzenden Kartiergebiet (Raum Rastatt). Dort ging das Einsinken des Grabens vermutlich auch noch im Quartär in großen Schollen vor sich, die durch grabenparallele Verwerfungen gegeneinander abgesetzt sind, während im Offenburger Gebiet die Verwerfungen z.T. schon vor dem Pliozän, z.T. im Pliozän enden. Hier erfolgten die Bewegungen während des Quartärs offenbar nicht mehr in Schollen entlang von Verwerfungen, sondern in Form weitgespannter fleurartiger Verbiegungen. Dies wird besonders deutlich an der in Karte I eingezeichneten Verwerfung von Meißenheim – Ichenheim – Hesselhurst – Willstätt – Kork. Sie setzt eine westliche Tiefscholle gegen eine östliche Hochscholle ab. An ihr weist die Tertiär-Untergrenze eine Sprunghöhe von z.T. mehr als 500 m auf (WIRTH 1962, BREYER 1974), doch schon an der Untergrenze des Quartärs zeichnet sie sich nicht mehr ab.

In der Grabenmitte lassen sich die Senkungsbewegungen an den interglazialen Zwischenhorizonten bis ins letzte Interglazial, am Fehlen der Niederterrassenstufe sogar noch bis ins Holozän, weiterverfolgen (vgl. Abschnitt 2.9).

## **2.5 Verfüllung der Schwarzwaldtäler**

Die kleineren Schwarzwaldtäler wurden vom jüngeren Pleistozän bis heute mit Kiesen, Sanden, Lehmen und Schluff verfüllt. Ihre Talfüllungen sind nur wenige m mächtig.

Im Gegensatz dazu lagen die Felssohlen von Kinzig und Rench bereits im Altquartär, vielleicht auch schon im Pliozän, so tief (über 60 bzw. 40 m), daß diese Täler mächtige ältere Kiesfüllungen enthalten. Die grundwasserführenden oberen 6–8 m der Talfüllungen von Kinzig und Rench gehören vorwiegend ins Holozän (vgl. Schnitte 7 und 4).

Die tieferen, älteren Kiese sind im Gegensatz dazu stark zersetzt und verlehmt. Ihre Durchlässigkeit ist dementsprechend gering. Sie werden im Grabenbereich vor den Mündungstrichtern durchlässiger und verzahnen sich hier mit nicht verlehmt alpinem Material.

Zur Altersfrage vgl. auch Kap. 2.8.

## **2.6 Abgrenzung des Grundwasserleiters**

In Karte I ist die Quartärbasis eingetragen. Diese stratigraphische Grenze Pliozän/Pleistozän ist im zentralen Grabenbereich zugleich die Basis des Grundwasserleiters. Abweichend davon mußte die Grundwasserleiterbasis am Grabenrand einschließlich Kinzig- und Renchtal dort gezogen werden, wo im unteren Teil des Kieskörpers die ersten dichtgelagerten zersetzten und verschlufften Kiese einsetzen (s. Kap. 2.7.2), da diese "faulen" Kiese geringdurchlässig und daher kaum grundwasserleitend sind. Der Übergangsbereich zwischen grundwasserführenden frischen Kiesen und grundwasserfreien zersetzten Kiesen ist Karte V zu entnehmen.

Wie neueste Brunnenbohrergebnisse im Raum westlich von Renchen gezeigt haben, können örtlich noch nutzbare grundwasserführende pliozäne Grobsande und Feinkiese unter verschlufften quartären Basis-schichten auftreten. Ihre Verbreitung ist aber zu wenig bekannt, um diese kartenmäßig darstellen zu können.

Als Obergrenze des grundwassergesättigten Teils des Grundwasserleiters, also des Aquifers, wurde das Mittelwasser 1969 gesetzt (siehe Karte der Flurabstände). Diese Grundwasser-Oberfläche ist in Teilen der Rheinaue und der Kinzig–Murg–Niederung identisch mit der Obergrenze der kiesig-sandigen Abfolge. Die Bereiche mit gespannten Grundwasserverhältnissen, in denen die Grundwasser-Druckfläche innerhalb der lehmigen Deckschichten liegt, sind den hydrogeologischen Schnitten zu entnehmen (Karten I a–c). Im weitaus größten Teil des Untersuchungsgebietes liegt innerhalb der kiesig-sandigen Abfolge eine freie Grundwasser-Oberfläche vor.

## **2.7 Gliederung des Grundwasserleiters**

(siehe Karten Ia–c)

### **2.7.1 Vertikale Gliederung**

Bei der Bearbeitung des zur Verfügung stehenden Bohrdatenmaterials wurde das von STRAYLE und SIDKI (s. Erl. Hydrogeologische Karte Raum Rastatt, Seite 12) entwickelte Verfahren einer schrittweisen Generalisierung der unterschiedlichen Schichtansprachen in den Bohrprofilen angewandt, bis schließlich die Grundeinheiten Kies, Sand und Schluff übrigblieben. Mit Hilfe dieser vereinfachten Schichtansprache gelang es, den Grundwasserleiter großräumig zu gliedern. Die Ergebnisse dieser Gliederung sind in acht hydrogeologischen Quer- und drei Längsschnitten niedergelegt (Karten I a–c).

Der für die hydrogeologischen Schnitte vorgegebene Maßstab 1 : 50 000/1 : 2 000 verlangte hierbei eine Überbetonung der teilweise nur Dezimeter mächtigen Schluff- und Sandlagen innerhalb der Kieslager und der Zwischenhorizonte, um diese gering durchlässigen, stratigraphisch und hydrogeologisch wichtigen Ablagerungen überhaupt darstellen zu können.

max. Mächtigkeiten in der Grabenachse (m)	Hydrogeologische Gliederung	Lithologische Gliederung	Stratigraphische Gliederung	Quartär		Tertiär
				Holozän	Pleistozän	Pliozän
2	Gering durchlässige Deckschichten	Lehme, Sande, Löß, Torf	Post-Glazial			
30	Oberes Kieslager	Kiese, Sande	Würm-Hochglazial			
4	Oberer Zwischenhorizont	Schluff, Sand, Ton, Torf	Altwürm und Eem-Warmzeit			
50	Mittleres Kieslager	Kiese, Sande	Riß-Glazial			
4	Unterer Zwischenhorizont	Sande, Schluff, Holz, Torf	Holstein-Warmzeit			
(20) 60 (40)	Unteres Kieslager	Sande, Kiese, Schluff	Mindel-Glazial			
		Sande, Schluff	Prä-Mindel			
130	Sohlschicht	Schluffe, Tone, Feinkies	Reuver			
Grundwasserleiter						

**Tab. 2.1: Gliederung der quartären Lockergesteine des Oberrheingrabens im Bereich Bühl – Offenburg**



Ebenso wurden die teilweise nur zentimeterdünnen Torflagen verstärkt herausgestellt, da sie aufgrund ihres Pollen- und Kohlenstoffgehalts stratigraphische Marken darstellen (siehe Kap. 2.8). Gemäß seiner hydrogeologischen Bedeutung wurde der Aquifer durch Blaudruck hervorgehoben.

Die Lage der hydrogeologischen Schnitte einschließlich der für ihre Konstruktion herangezogenen Bohrungen ist Karte I zu entnehmen.

Es liegen wie im Raum Rastatt drei Kieslager (Unteres, Mittleres, Oberes) vor (BARTZ 1976), die jeweils durch einen sandig-schluffigen (Unteren und Oberen) Zwischenhorizont getrennt sind (Tab. 2.1). Flächenweise sind die Zwischenhorizonte nicht ausgebildet oder durch Erosion entfernt. Echte Trennhorizonte, die zu einer Stockwerksgliederung mit verschiedenen Spannungszuständen des Grundwassers führen, sind nur gebietsweise entwickelt.

Das **Untere Kieslager** ist sandig-kiesig entwickelt. Die Unterscheidung in eine untere sandige Abteilung und eine obere sandig-kiesige Abfolge erfolgte schematisch. Gegen den Grabenrand nehmen die Schluffbeimengungen zu, wobei Schwarzwaldmaterial stark vorherrscht. Die grundwasserfreien zersetzten und verschlufften Kiese an der Basis enthalten größere Anteile von Schwarzwaldmaterial.

Über dem Unteren Kieslager liegt eine bis zu mehrere Meter mächtige vorwiegend sandige, z.T. verschluffte Schicht, die gelegentlich auch Tonanteile enthält. Dieser **Untere Zwischenhorizont** kann stellenweise fehlen; an seine Stelle treten dann zentimeter- bis dezimeterdicke nagelfluhartige verbackene Kiessandlagen. Häufig sind auch eine Redox-Fleckigkeit (grau/rostfarben) und starke Eisenabscheidungen zu beobachten. Im Südteil entlang der Grabenachse weist der Untere Zwischenhorizont kein Gefälle auf (vgl. Längsschnitt 1 auf Karte I c).

Das **Mittlere Kieslager** ist kiesig-sandig entwickelt und enthält verschiedene dünne, nicht horizontbeständige Schluffbänke. Im Kinzig- und Renchtal und in deren Mündungstrichtern ist das Mittlere Kieslager verlehmt und daher praktisch grundwasserfrei.

Der **Obere Zwischenhorizont** trennt das Mittlere Kieslager vom Oberen Kieslager. Er ist als nur teilweise durchgehender Schluffhorizont entwickelt. Vielerorts wird er durch Feinsandlagen oder stark sandige Kiese vertreten. Flächenweise treten über 1 m mächtige durchgehende Schluffschichten mit Torf- und Tonlagen auf. Diese Flächen wurden in Karte V ausgeschieden. Im Raum Kehl erreichen sie Mächtigkeiten zwischen 2 m und 4 m. Entlang der Grabenachse liegen sie im Südteil horizontal, im Nordteil beträgt das Gefälle 0,7 ‰ (vgl. Längsschnitt 1 auf Karte I c). Die fehlenden Gefällswerte sind auf spätere tektonische Verstellungen zurückzuführen (vgl. Kap. 2.9).

Das **Obere Kieslager** besteht aus lockergelagerten Kiesen mit z.T. reinen Fein-Mittelsandlagen. Am Gebirgsrand ist es verschlufft. Im Kinzig- und Renchtal und den zugehörigen Mündungsbereichen ist die Hauptgrundwasserführung auf das hier stärker grobsandige Obere Kieslager beschränkt.

## 2.7.2 Horizontale (fazielle) Gliederung

Neben der vertikalen Gliederung nach Stratigraphie und Korngröße läßt sich der Kieskörper auch horizontal gliedern (Abb. 2.1). Diese fazielle Gliederung beruht auf der unterschiedlichen Beteiligung von alpinem und Schwarzwaldmaterial am Kornaufbau, wobei sich großräumig ein alpiner Kieskörper von einem Schwarzwaldkieskörper unterscheiden läßt. Zwischen beiden besteht keine scharfe Grenze; sie verzahnen sich miteinander (siehe Kap. 2.4).

Im Bereich der Rheinaue ist das Obere Kieslager nahezu ausschließlich aus alpinem Material aufgebaut und unterscheidet sich somit von dem Verbreitungsgebiet des übrigen alpinen Kieskörpers, an dessen Zusammensetzung Material aus dem Schwarzwald deutlich beteiligt ist. Im Schwarzwaldrandbereich überwiegen die Schwarzwaldkiese. Hier ist innerhalb des Oberen Kieslagers die Tendenz einer Zerteilung in einen oberen ca. 10–15 m mächtigen Abschnitt mit deutlich höherem Schwarzwaldanteil und einen tieferen mit vorherrschend alpinem Material zu beobachten. Der obere Teil entspricht dem grundwasserführenden oberen Kieskörper in den Tälern der größeren Schwarzwaldflüsse. In den Mündungstrichtern vor den völlig mit Schwarzwaldmaterial gefüllten Tälern von Kinzig und Rench treten nur vereinzelt alpine Komponenten auf, die meist auf einzelne Lagen beschränkt sind.

Das Obere Kieslager ist in den Schwarzwaldtälern in seinem tieferen Teil (von etwa 12–25 m) stärker schluffig entwickelt. Erst als die Materialfracht des Rheins geringer wurde, setzte sich dann der Schwarzwaldanteil dank eines größeren Gefälles bis in das Holozän hinein durch. Eine analoge Entwicklung zeichnet sich in abgeschwächter Form im Übergangsbereich Mittleres – Oberes Kieslager ab.

Innerhalb des Verbreitungsgebietes der vorherrschenden Schwarzwaldkiese setzen an der Quartärbasis im Unteren Kieslager dichtgelagerte zersetzte und verschluffte Kiese ein, die gegen den Grabenrand zunehmend auch das Mittlere Kieslager aufbauen. In den Tälern von Kinzig und Rench nehmen diese zersetzten verlehmteten Kiese das gesamte Untere und Mittlere Kieslager ein. Die westliche Verbreitungsgrenze dieser gering durchlässigen Kiese ist Karte V zu entnehmen.

Das Ansteigen des Kiesersatzes gegen den Schwarzwaldrand bedingt zugleich auch ein Ansteigen der Grundwasserleiterbasis, da die zersetzten Kiese praktisch grundwasserfrei sind (siehe Kap. 2.6). Grundwasserleiterbasis und Quartäruntergrenze (Karte I) sind also in diesem Bereich nicht identisch. Daraus resultiert die enge Scharung der Isopachen am Gebirgsrand (Karte V).

## 2.8 Stratigraphie des Grundwasserleiters

Nach BARTZ (1976) sind die Kieslager glazialklimatischer Entstehung und jeweils einer Eiszeit zuzuordnen, während die Zwischenhorizonte als interglaziale Bildungen zu betrachten sind. Das Untere Kieslager entstand im Prä-Mindel und im Mindel-Glazial, das Mittlere Kieslager im Riß-Glazial, das Obere Kieslager im Würm-Glazial. Der Untere Zwischenhorizont ist der Holstein-Warmzeit, der Obere Zwischenhorizont dem Eem (Riß/Würm-Interglazial) zuzurechnen. Die Einstufung der feinklastischen Interglazialbildungen erfolgte aufgrund von Pollenuntersuchungen im Raum Rastatt (v.d. BRELIE in BARTZ 1976).

<sup>14</sup>C-Bestimmungen (GEYH in BARTZ 1976) an Holzresten aus dem Oberen Zwischenhorizont – ebenfalls aus dem Raum Rastatt – ergaben Alter von mehr als 45 000 bzw. 43 000 Jahren und von  $29\,300 \pm 500$  Jahren. Im Zusammenhang mit der Hydrogeologischen Kartierung Bühl – Offenburg durchgeführte <sup>14</sup>C-Bestimmungen (Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung; Kommentar GEYH) an Proben aus der Bohrung A 35 (Urloffen A) aus Tiefen von 12,1–12,5 m und aus 28–29 m Tiefe (Oberer Zwischenhorizont) ergaben Alter von  $40\,450 \pm 1970$  Jahren und  $27\,810 \pm 550$  Jahren. Eine weitere Probe aus dem Oberen Zwischenhorizont der Bohrung B 5 (Memprechtshofen 6a) aus 34,6–35,2 m erbrachte ein Alter von  $19\,000 \pm 370$  Jahren.

Hiervon sind die Datierungen der tieferen Probe aus Bohrung A 35 und der Probe aus Bohrung B 5 aufgrund der Lagerungsverhältnisse als viel zu niedrig anzusehen. Die Ursache ist in Kontamination durch Schimmelbildung zu suchen. (Die Proben wurden erst nach jahrelanger Lagerung zur Datierung eingesandt.)

Die Proben mit absolutem Alter  $> 45\,000$  bzw.  $> 43\,000$  Jahren sind ohne Schwierigkeiten dem Eem (Riß/Würm-Interglazial) zuzuordnen. Die Probe aus Bohrung A 35 mit endlichem Alter 40 450 Jahre liegt so nahe an der Grenze der Datierungsmöglichkeit, daß auch für sie eemzeitliches Alter nicht auszuschließen ist.

Die durchgeführten Datierungen bestätigen somit die Einstufung des Oberen Zwischenhorizontes ins Eem. Wie die Probe mit Alter 29 300 Jahren zeigt, ging die Sedimentation dieses Horizontes mit relativ warmzeitlichen Bildungen während der Frühwürm-Interstadiale weiter. Die Schüttung des Oberen Kieslagers setzte dann mit Beginn des Würm-Hochglazials, also vor etwa 22 000 Jahren ein.

Die Frage, ob die beiden durch eine mächtige Kieszwischenlage getrennten Torfhorizonte der Bohrung A 35 verschiedenen Interglazialen angehören, konnte durch die <sup>14</sup>C-Datierungen nicht beantwortet werden.

## 2.9 Zur jungquartären Tektonik

Die über große Flächenerstreckungen durchhaltenden, im Vergleich zur gesamten Quartärfüllung des Grabens geringmächtigen warmzeitlichen Zwischenhorizonte stellen ausgezeichnete tektonische Bezugsniveaus dar. Zusammen mit der würmzeitlichen Sedimentationsoberfläche, also der Niederterrasse, lassen sie auch noch jüngste, d.h. würmzeitliche bis holozäne, weitgespannte Krustenbewegungen erkennen.

Schwierigkeiten bereiten hierbei die Gebiete, in denen die Zwischenhorizonte durch nachfolgende kaltzeitliche Erosion ausgeräumt wurden, sowie im Bereich des Unteren Zwischenhorizontes das häufige Auftreten mehrerer Schluff- oder Feinsandlagen in unterschiedlicher Tiefe, so daß dort die Zuordnung zum Unteren Zwischenhorizont problematisch wird.

Der Obere Zwischenhorizont hat entlang der Grabenachse zwischen Marlen und Auenheim (vgl. Längsschnitt 1) kein Gefälle. Bei seiner Ablagerung im Eem, also im Riß/Würm-Interglazial (vielleicht einschließlich Altwürm) muß noch ein normales Rheingefälle (heutige Rheinaue: 0,63 ‰) vorgelegen haben. Die heutige sölige Schichtlagerung ist somit das Ergebnis einer nach-eem- oder nach-altwürmzeitlichen gegenläufigen Kippung in diesem Gebiet. Diese Bewegung zeichnet sich auch an der Quartärbasis ab. Die Divergenz zwischen dieser Schichtgrenze und dem Oberen Zwischenhorizont zeigt, daß die Kippung nach S in der Hauptsache schon vor dem Eem erfolgte. Die Niederterrasse fehlt in diesem Bereich (Karte I), und zwar nicht durch Erosion, sondern durch Abtauchen in das holozäne Niveau, also offenbar durch nachwürmzeitliches tektonisches Absinken, das heute noch weitergehen dürfte. Nur die Lagerung des Unteren Zwischenhorizontes paßt nicht eindeutig in dieses tektonische Bild.

Bei Memprechtshofen (Längsschnitt 2) liegt der Obere Zwischenhorizont besonders tief (34 m u.Gel.). Er weist hier zugleich mit 4 m große Mächtigkeiten auf. Die Quartärbasis zeigt eine etwa gleich große Depression, während die Zuordnung des Unteren Zwischenhorizontes auch hier unsicher ist.

An der Niederterrassen-Oberfläche ist keine zugehörige Einsenkung feststellbar.

Schnitt 3 zeigt bei Wagshurst eine ähnliche, etwas weniger ausgeprägte Tieflage des Oberen und Unteren Zwischenhorizontes und der Quartärbasis. Es liegt nahe, diese Depressionen miteinander und mit dem Renttal zu einer grabenartigen NNW-SSE-streichenden Furche zu verbinden. Ihre Entstehung würde in die Zeit zwischen Eem (oder Altwürm) und Ende Würm fallen. Bei einem Absenkungsbetrag von etwa 18 m (Memprechtshofen) in einem Zeitraum von zumindest 25 000 Jahren errechnet sich noch eine (plausible) jährliche Absenkung von etwa 0,7 mm.

## **2.10 Mächtigkeit des Aquifers**

(siehe Karte V)

Die Mächtigkeit des Aquifers nimmt vom Grabenrand zur Grabenachse zu und ist unter der Rheinaue am größten. Sie erreicht westlich Altenheim 140 m. Die Quartärbasis, die im zentralen Grabenbereich mit der Basis des Grundwasserleiters identisch ist, steigt entlang der Grabenachse von SSW (westlich Altenheim) von einige m unter NN nach NNE um rund 30 m auf NN+ 24 m an (Erdölbohrung Söllingen 1; rund 4 km nördlich Schwarzach; vgl. Längsschnitt I). Die Quartärmächtigkeit nimmt hierbei von 150 m auf 90 m ab. Wenige km außerhalb der nördlichen Blattbegrenzung ist das Quartär nur noch 65 m mächtig. Die Basis liegt dort bei NN + 55 m.

Die Grabenachse liegt in der Südwestecke des Untersuchungsgebietes linksrheinisch, folgt zwischen Altenheim und Freistett dem Verlauf des Rheins, wechselt dann über auf rechtsrheinisches Gebiet und verläuft schließlich längs der Linie Scherzheim – Schwarzach parallel zum Rhein.

Im Grabenrandbereich und in den Mündungstrichtern von Kinzig und Rench ist nur das Obere (und teilweise das Mittlere) Kieslager grundwasserführend (vgl. Kap. 2.7.2). Hier ist die Basis des Grundwasserleiters identisch mit der Basis des Oberen Kieslagers. In der Übergangszone zwischen zentralem Graben und Grabenrandbereich sind daher die Linien gleicher Aquifermächtigkeit (Karte V) infolge der raschen Mächtigkeitsabnahme entsprechend dicht geschart.

Der Abfall der Aquiferbasis am Grabenrand erfolgt ziemlich gleichförmig mit einem Gefälle zwischen 1 % und 3 %. Lediglich in einem Streifen zwischen Meißenheim – Schutterzell im S und Rheinbischofsheim – Wagshurst im N, der nur durch den Kinzigtrichter unterbrochen wird, weist die Basis zwischen NN + 60 m und NN + 50 m mit durchschnittlich 0,2 % eine terrassenartige Verflachung auf.

Im Bereich der Lößterrassen bestehen Unsicherheiten über die Aquifer-Mächtigkeit, da hier Bohrungen selten sind (siehe Karte I). Nach diesen wenigen Bohrungen muß im Randbereich mit Werten unter 20 m gerechnet werden (gestrichelte 10 m-Isopache). Lediglich im westlichen Stadtgebiet von Offenburg sind Aquifermächtigkeiten bis 40 m nachgewiesen.

In den Tälern von Kinzig und Rench sind zwar Quartärmächtigkeiten bis über 60 m bzw. über 40 m erbohrt; der grundwasserführende Anteil hiervon (Oberes Kieslager) beschränkt sich jedoch im Kinzigtal auf weniger als 20 m, im Renttal auf weniger als 10 m.

Unbedeutend ist die Grundwasserführung der kleineren Schwarzwaldtäler; die Mächtigkeit der grundwasserführenden durchlässigen Ablagerungen beträgt nur wenige Meter.

Wie die hydrogeologischen Längsschnitte (Karte I c) zeigen, sind an der Abnahme der Gesamtaquifermächtigkeit von SSW nach NNE alle drei Kieslager gleichermaßen beteiligt.

Die Mächtigkeit des Unteren Kieslagers beträgt – jeweils von SSW nach NNE in der Grabenachse (Längsschnitt 1) zwischen 60 und 50 m, im Bereich der terrassenartigen Verflachung (Längsschnitt 2) zwischen 30 m (pliozänes Relief) und 40 m und vor dem Gebirgsrand (Längsschnitt 3) durchschnittlich zwischen 20 und 10 m.

Im Mittleren Kieslager gehen die Mächtigkeiten im Längsschnitt 1 von 50 m auf unter 30 m, im Längsschnitt 2 von 40 m auf unter 20 m und im Längsschnitt 3 von 20 m auf unter 10 m zurück.

Das Obere Kieslager ist durchschnittlich zwischen 20 und 30 m mächtig.

## **2.11 Durchlässigkeitsverteilung**

Die in Kap. 2.7.2 beschriebene horizontale (fazielle) Gliederung des Grundwasserleiters in alpine Kiese und Schwarzwaldkiese wirkt sich auch auf die Durchlässigkeiten aus. Durchlässigkeitsunterschiede beruhen neben der unterschiedlichen Beteiligung von alpinem und Schwarzwaldmaterial aber auch auf der Lagerungsdichte. Die relativ lockerste Lagerung weisen die holozänen Kiese im Bereich der Rheinaue auf. Aufgrund dieser Merkmale wurden auf Abb. 2.1 drei Bereiche unterschiedlicher Kiestypen gegeneinander abgegrenzt:



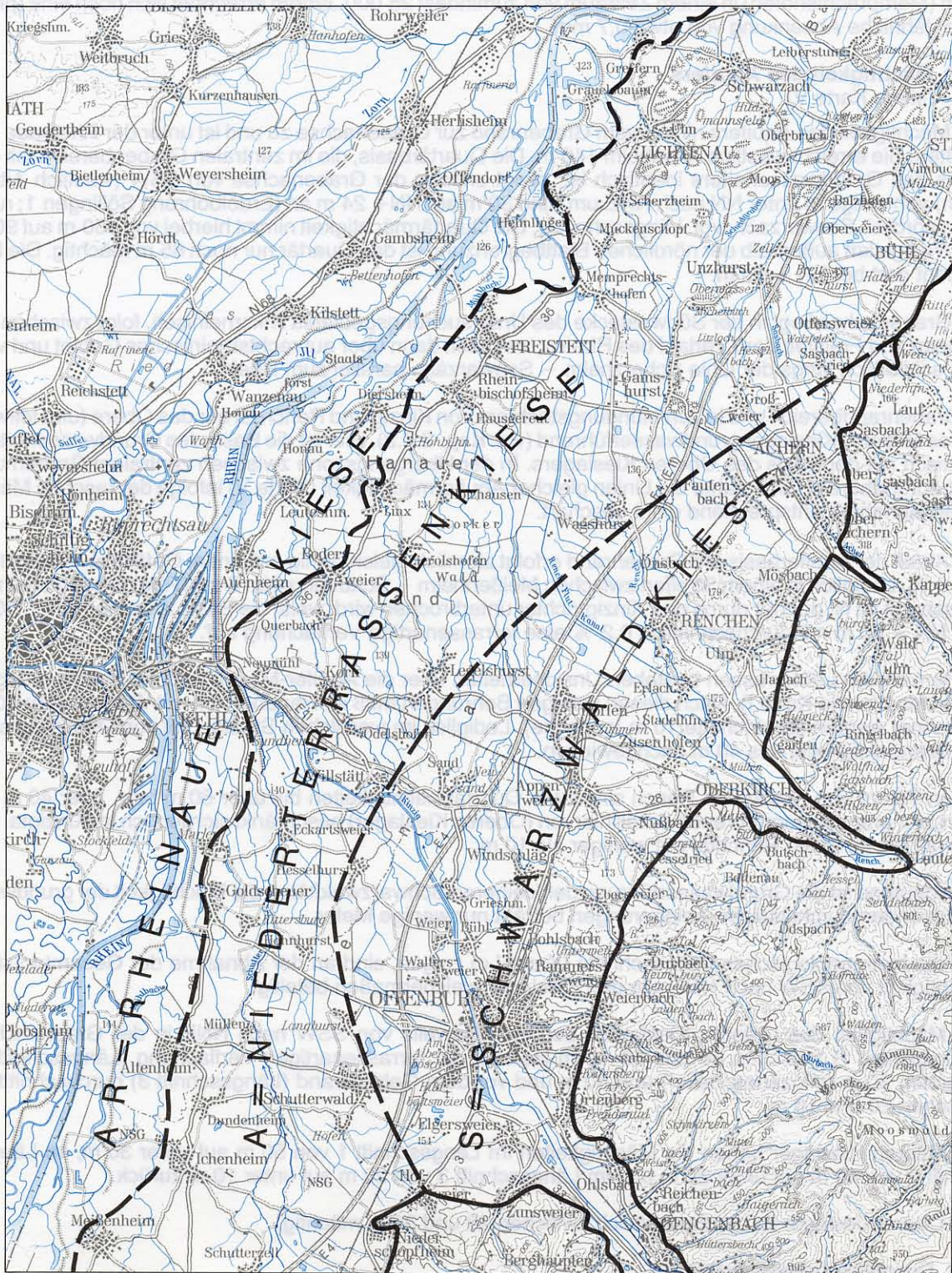


Abb. 2.1: Verbreitung der Kiestypen



Kiestyp AR "Rheinauekiese"	(Rheinaue; ausschließlich alpines Material; relativ locker gelagert)
Kiestyp A "Niederterrassenkiese"	(Niederterrasse und Teile der Kinzig-Murg-Niederung; alpines Material vorherrschend)
Kiestyp S "Schwarzwaldkiese"	(Schwarzwaldrandbereich und Teile der Kinzig – Murg – Niederung; Schwarzwaldmaterial vorherrschend)

Die Grenze zwischen den Rheinauekiesen und Niederterrassenkiesen ist im Süd- und Nordteil des Untersuchungsgebietes mit dem Geländesprung des Hochgestades zwischen Rheinniederung und Niederterrassenfläche identisch; im Bereich des Kinzigtrichters wurde die Abgrenzung an die westliche Verbreitungsgrenze der Kinzig-Murg-Niederung angelehnt, da hier die Niederterrasse fehlt (s. Kap. 2.9).

Als Grenze zwischen den Niederterrassenkiesen und Schwarzwaldkiesen wurde der in Karte I dargestellte "Übergangsbereich zwischen vorherrschend alpinen Kiesen und vorherrschend Schwarzwaldkiesen im Oberen Kieslager" gewählt. Dieser Übergangsbereich ist in Wirklichkeit mehrere km breit. Bohrprofile mit Angaben zu Kornaufbau und Kornverteilung dieser Mischkiese sind in den Anlagen 8–12 wiedergegeben.

Die Auswertung der vorwiegend aus Unterlagen des Geologischen Landesamts stammenden Pumpversuchsdaten zeigt, daß die Durchlässigkeit der Schwarzwaldkiese um mehr als eine Zehnerpotenz kleiner ist als die der vorherrschend oder rein alpinen Kiese.

Rund 10 % der Durchlässigkeits- und Transmissivitätswerte konnten unveröffentlichten Gutachten des Geologischen Landesamtes (Bearbeiter STRAYLE, WENDT) entnommen werden, die durch mehrere Auswertungsverfahren abgesichert sind. Sie lieferten die hydrogeologischen Kennwerte der drei Kiestypen-Bereiche, mit denen die Ergebnisse der übrigen 90 % nach Näherungsverfahren (STRAYLE 1976, 1978) ausgewerteten Pumpversuche auf ihre Brauchbarkeit überprüft werden konnten. Eine Zusammenstellung der spezifischen  $k_f$ -Werte gibt Tab. 2.2.

Die durchschnittlichen höheren Durchlässigkeiten der Rheinauekiese im Vergleich zu den Niederterrassenkiesen beruhen in erster Linie auf der rund eine Zehnerpotenz höheren Durchlässigkeit des holozän umgelagerten Anteils.

Kiestyp	Raum	Bohrungen	$k_f \times 10^{-3} \text{ m/s}$	
AR "Rheinauekiese"	Altenheim Auenheim	N2, N3, N4, N5 A2, A3	1,7 – 3,7 2,6 – 3,8	$\overline{2,7}$
A "Niederterrassenkiese"	Hofweier Bühl Memprechtshofen	0 98 B2, B3 B6	1,5 1,6 – 1,9 2,7	$\overline{1,5}$
S "Schwarzwaldkiese"	Appenweier Achern Zunsweier Elgersweier	A65, A64, A55, A15 B31 0 99, 0 119, 0 103 0 98, 0 79	0,2 – 0,6 0,7 0,3 – 0,9 0,9 – 1,2	$\overline{0,9}$

**Tab. 2.2: Durchlässigkeitsbeiwerte der Kiestypen-Bereiche**

In Bohrung B 6 wurde unterhalb des Oberen Zwischenhorizontes neben der horizontalen Durchlässigkeit  $k_{fh} = 2,7 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  auch die vertikale Durchlässigkeit  $k_{fv} = 0,7 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  bestimmt. Daraus ergibt sich für das Mittlere Kieslager eine Anisotropie von  $k_{fh} : k_{fv} = \text{etwa } 4 : 1$ .

Für den schluffig-sandigen Oberen Zwischenhorizont in Bohrung B 6 gibt STRAYLE einen  $k_f$ -Wert in der Größenordnung von  $2 \times 10^{-7} \text{ m/s}$  ( $-2 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ ) an.

Angaben zum Speicherkoeffizienten S liegen ebenfalls aus Bohrung B 6 vor. STRAYLE ermittelte einen S-Wert von 0,13.

Im Raum Rastatt betragen die S-Werte im Aquifer mit freier Grundwasser-Oberfläche 0,07–0,21 bei einem arithmetischen Mittel von 0,15; für Bereiche mit schwach gespanntem Grundwasser liegen die S-Werte unter 0,04 (STRAYLE 1978).

## 2.12 Transmissivitätsverteilung

(siehe Karte VI)

Aus den Ergebnissen aller 107 Pumpversuchsauswertungen (Tab. 2.3) wurden für die auf Abb. 2.1 abgegrenzten Kiestypen-Bereiche Rheinaue (AR), Niederterrasse (A) und Schwarzwaldrand (S) die linearen Regressionen zwischen Transmissivität und Kiesmächtigkeit ermittelt (Abb. 2.2). Die Steigung der Regressionsgeraden entspricht repräsentativen Gebietsparametern des  $k_f$ -Wertes. Mit ihnen können aus geologischen Bohrprofilen und den in den hydrogeologischen Schnitten (Karte I a–c) konstruierten Kiesmächtigkeiten auch für solche Gebiete Transmissivitätswerte angegeben werden, in denen keine Pumpversuche vorliegen. Ebenso ist es möglich, die an unvollkommenen Brunnen ermittelten Transmissivitätswerte (90 % aller Einzelbestimmungen) zur Transmissivitätsbestimmung des gesamten Aquifers heranzuziehen.

Bei der Ermittlung der Gebietsparameter  $k_f$  mit Hilfe der linearen Regressionen brauchen die Sand- und Schluffeinlagerungen – unabhängig von ihren Mächtigkeiten – nicht berücksichtigt zu werden, weil ihre Durchlässigkeiten im Vergleich zum Kies weitaus (1–4 Zehnerpotenzen) geringer sind. Diese im nördlich angrenzenden Kartiergebiet "Raum Rastatt" nachgewiesenen Zusammenhänge (STRAYLE 1978) gelten auch für das vorliegende Untersuchungsgebiet.

Die mit dieser Methode sich ergebenden Unsicherheiten bei der  $k_f$ -Wert-Ermittlung sind insbesondere im zentralen Grabenbereich der Rheinaue relativ groß, da hier das Untere Kieslager kaum durch Pumpversuche getestet wurde.

Die für den Kiestypenbereich Rheinaue ermittelte Regressionsgerade  $y_{(AR)} = 0,00283 x + 0,028$  enthält die stark durchlässigen, holozän umgelagerten Kiese und die dichter gelagerten eiszeitlichen Ablagerungen des Mittleren Kieslagers. Die so aus der Geradensteigung ermittelte Gesamtdurchlässigkeit stellt also einen Mischwert dar (s. Kap. 2.11). Der durchschnittliche  $k_f$ -Wert des Kiestyps Rheinaue (vgl. Diagramme auf Abb. 2.2) ist mit rund  $3 \times 10^{-3}$  m/s etwa doppelt so groß wie der Durchlässigkeitsbeiwert der Niederterrassenkiese von  $1,4 \times 10^{-3}$  m/s (Regressionsgerade  $y_{(A)} = 0,00144 x + 0,004$ ) und mehr als dreimal so hoch wie der  $k_f$ -Wert von rund  $0,9 \times 10^{-3}$  m/s der Kiese des Schwarzwaldrandbereichs (Regressionsgerade  $y_{(S)} = 0,00091 x + 0,000$ ).

Im Gebiet um Kehl, in dem das Obere Kieslager durch einen weitgehend undurchlässigen Zwischenhorizont vom Mittleren Kieslager getrennt ist, wurde die deutlich geringere Durchlässigkeit der dichter gelagerten Kiese des Mittleren Kieslagers mit vier Pumpversuchen nachgewiesen. In Abb. 2.2 wurden daher diese vier Werte (ausgefüllte Punkte) dem Diagramm für den Bereich der Niederterrasse zugeordnet.

Für das sandige und verschluffte Untere Kieslager im Bereich der Rheinaue und der Niederterrasse sind wie im Schwarzwaldrandbereich Durchlässigkeiten in der Größenordnung von  $< 10^{-3}$  m/s anzusetzen.

Die Korrelationskoeffizienten der drei linearen Regressionsanalysen wurden zu 0,7 bis 0,8 berechnet, die Anpassungsqualität ist in diesem Fall brauchbar. Erwartungsgemäß ist sie mit 0,701 im Schwarzwaldrandbereich am geringsten, da hier besser durchlässiges alpines Material in sehr unterschiedlichem Anteil am Kornaufbau beteiligt ist.

Die Regressionsgerade schneidet für den Bereich der Niederterrasse die y-Achse bei 0,004. Das heißt, die den Sanden und Schluffen zuzuordnende Resttransmissivität von  $0,004 \text{ m}^2/\text{s}$  ist sehr gering.

Die Regressionsgerade für den Schwarzwaldrandbereich verläuft sogar durch den Ursprung, d.h. die Durchlässigkeit der Sande und Schluffe ist gleich Null. Lediglich für den Bereich der Rheinaue ergab sich eine nennenswerte Resttransmissivität von  $0,028 \text{ m}^2/\text{s}$ . Die in diesem Bereich in die Kiese eingeschalteten z.T. reinen Fein- bis Mittelsandlagen sind zwar besser durchlässig, aber diese große Resttransmissivität läßt sich auch mit der geringen Anzahl der stark streuenden Einzelwerte erklären.

Karte VI zeigt neben der regionalen Verteilung der Brunnen, in denen Pumpversuche gefahren wurden, auch die jeweils getesteten Aquiferbereiche. In dieser Karte wurden zum einen die direkt aus den Pumpversuchen bestimmten, zum anderen aus geologischen Daten (Bohrprofilen) indirekt abgeleiteten Transmissivitäten zusammen mit der Grundwasser-Oberfläche MW 1975 dargestellt. Dies ist die Grundlage für das in Kap. 5 beschriebene Verfahren, überschlägig Grundwasserbilanzen für Teilgebiete aufzustellen.

Die regionale Verteilung der Transmissivität deckt sich annähernd mit der Verteilung der Grundwassermächtigkeit. Eine strenge lineare Beziehung zwischen der Transmissivität und Grundwassermächtigkeit besteht allerdings nicht, weil der Aquifer insgesamt relativ inhomogen aufgebaut ist.

Abweichungen der im allgemeinen annähernd parallel zum Grabenrand verlaufenden Isolinien, die im Kinzig-Schwemmfächer bis fast an die Rheinaue ausbiegen, sind auf das hier geringer durchlässige grobsand-führende Kiesmaterial aus dem Schwarzwald zurückzuführen. Da hier zugleich die Quartärbasis tie-



fer liegt – was eine größere Grundwassermächtigkeit bedeutet –, muß eine deutliche Verschlechterung der Durchlässigkeit vorliegen.

Linksrheinisch beruhen die Isolinien der Transmissivität auf Karten der Société de la Carte Géologique d'Alsace et de Lorraine, Strasbourg. Die darin dargestellte Transmissivitätsverteilung wurde durch Grundwassermodelle überprüft. Daher ist Karte VI auch im Bereich der großen Grundwassermächtigkeiten unter der Rheinaue plausibel.

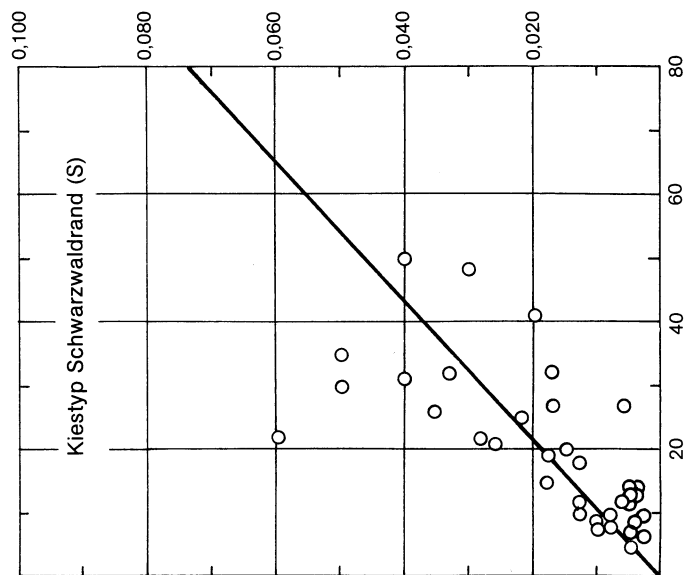
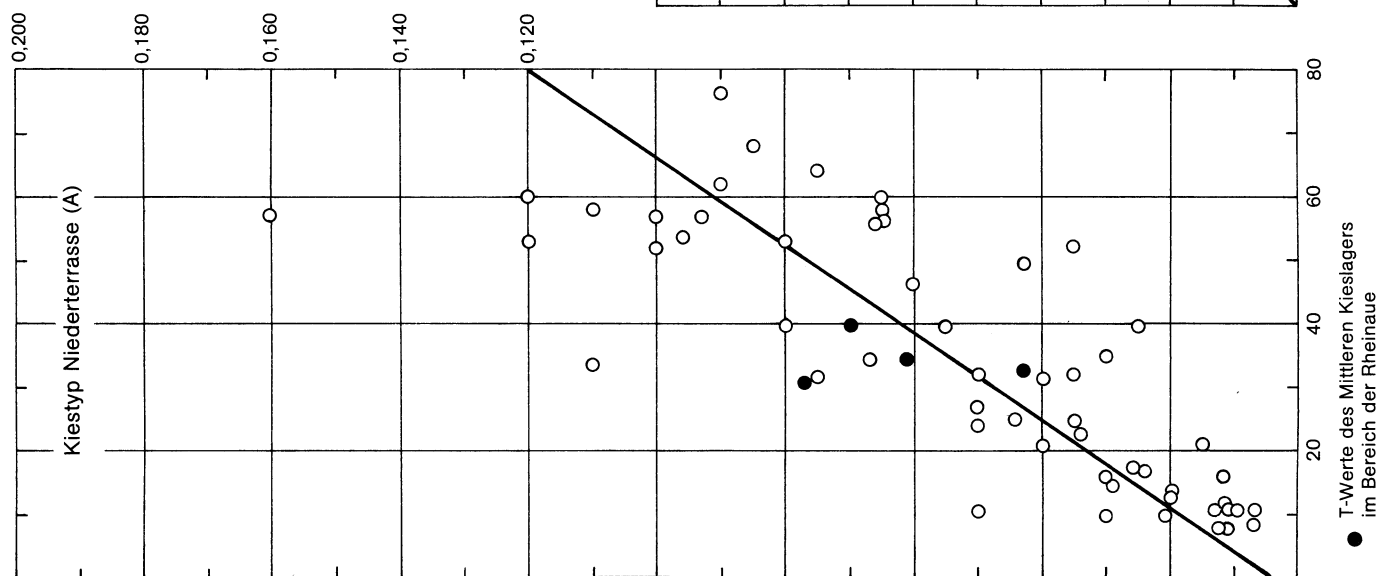
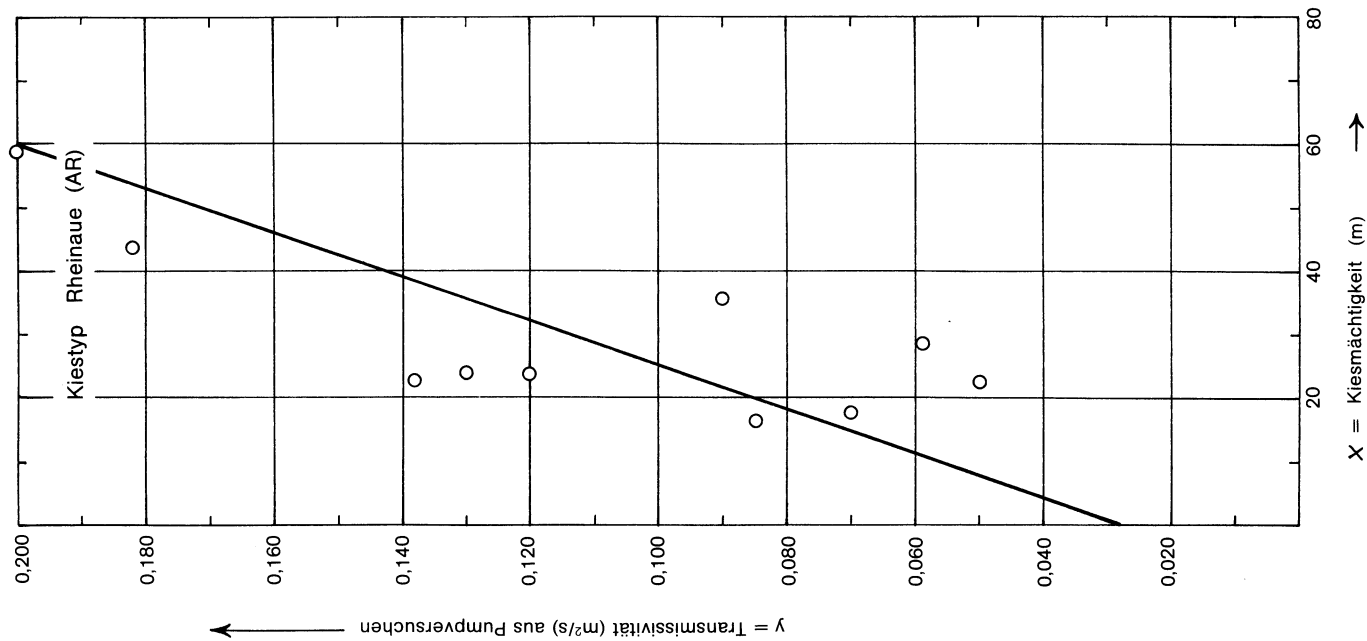
Niederterasse (n = 59)		
1)	2)	3)
Sz 2	20	13
Sz 39	10	11
Sz 40	30	10
Sz 41	65	58
Sz 42	65	57
Sz 45	12	16
Sz 46	15	21
Sz 49	25	40
B 2	50	32
B 3	67	35
B 6	160	57
B 9	30	16
B 10	29	15
B 11	26	18
B 16	44	25
B 18	11	8
B 22	50	24
B 23	40	32
R 2	80	40
R 3	43	50
R 5	80	53
R 14	90	76
R 19	100	52
R 20	7	9
R 21	35	52
R 26	12	8
R 27	21	10
R 30	75	32
R 37	75	64
R 38	35	32
A 5	24	17
A 11	60	46
A 12	11	11
A 13	12	11
A 21	120	53
A 24	13	12
A 36	66	56
A 37	65	60
A 38	100	57
A 39	120	60
A 51	55	40
A 58	40	21
A 69	96	54
A 70	35	30
A 71	34	23
K 47	50	11
K 56	50	27
N 12	7	11
O 2	90	62
O 4	85	68
O 20	110	58
O 21	110	34
O 22	20	14
O 91	35	25
O 111	93	57
*R 23	70	40
*A 3	43	33
*K 42	77	31
*K 51	61	35

Rheinaue (n = 10)		
1)	2)	3)
Sz 36	50	23
A 2	90	36
K 50	59	29
K 52	70	18
K 53	138	23
N 2	182	44
N 3	200	59
N 4	120	24
N 5	130	24
N 14	85	17

Schwarzwaldrand (n = 38)		
1)	2)	3)
R 39	50	30
B 25	17	27
B 32	5	13
B 35	50	35
B 39	6	27
Ok 2	2	6
Ok 3	10	9
Ok 4	2	6
Ok 5	8	8
Ok 12	13	12
Ok 24	9	9
A 15	40	31
A 18	5	12
A 34	60	22
A 35	33	32
A 55	40	50
A 57	10	8
A 64	20	41
A 65	30	48
A 74	4	13
A 75	3	10
O 14	17	32
O 16	18	15
O 66	8	10
O 78	35	26
O 79	28	22
O 83	13	18
O 86	18	19
O 89	13	11
O 95	4	9
O 98	26	21
O 99	6	12
O 100	4	14
O 101	5	14
O 103	22	25
O 106	5	7
O 119	15	20
O 127	5	5

- 1) Bohrung (Lage siehe Karte I)  
2) Transmissivität ( $\times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ )  
3) Erbohrte Kiesmächtigkeit (m)  
\* Pumpversuch im Mittleren Kieslager  
im Bereich der Rheinaue

Tab. 2.3: Verzeichnis der Pumpversuche



**Regressionsfunktionen:**

$$y_{(AR)} = 0,00283 x + 0,028$$

$$y_{(A)} = 0,00144 x + 0,004$$

$$y_{(S)} = 0,00091 x \pm 0,000$$

**Korrelationskoeffizienten:**

$$r_{(AR)} = 0,731$$

$$r_{(A)} = 0,797$$

$$r_{(S)} = 0,701$$





### 3. Hydrochemie

#### 3.1 Verwendetes Datenmaterial

Die hydrochemischen Karten (siehe Karte VII. 1–8) wurden aus rund 120 Vollanalysen des Grundwassers konstruiert.

Etwa 50 Vollanalysen wurden an Wasserproben durchgeführt, die im Herbst 1975 gezogen wurden. Dabei wurden alle öffentlichen Trinkwasser-Entnahmebrunnen erfaßt. Das Datenmaterial ist hinsichtlich der Entnahmezeit und Entnahmearart (längere Pumpzeit, nicht geschöpft) weitgehend homogen und erfüllt damit die Bedingung für eine flächenhafte Darstellung der Parameter. Die Vergleichbarkeit ist durch die verschiedenen Entnahmetiefe der Wasserproben eingeschränkt.

Da die Entnahmebrunnen der öffentlichen Trinkwasserversorgung zum Großteil in den Trichtern der Schwarzwaldflüsse nahe dem Gebirgsrand oder der Randterrassen liegen, wurden zur Verdichtung des Meßnetzes weitere 45 Analysen aus Dauerpumpversuchen verwendet, die in den Jahren 1961–1969 in Zusammenhang mit dem in der Rheinebene zwischen Memprechtshofen und Altenheim durchgeführten Bohrprogramm erstellt wurden (siehe Kap. 3.3). Für das südliche Untersuchungsgebiet wurde eine dritte Analysengruppe aus den Jahren 1970–1977 herangezogen. Diese Analysen sind z.T. ZELLENTIN (1972) entnommen. Weitere Übersichtsanalysen lagen von TANGERMANN (1973) vor.

Lage und Entnahmezeit aller verwendeten Analysen sind der Übersichtskarte in Karte VII zu entnehmen. Dem insgesamt heterogenen Datenmaterial entspricht der gewählte Darstellungsmaßstab 1 : 200 000. Selbst bei diesem kleinen Maßstab mußten einige Grenzen mangels Aufschlußpunkten an die hydrogeologischen Einheiten angelehnt werden.

Auf den Karten treten die hydrochemischen Grundzüge, wie die Einflüsse der aus dem Schwarzwald austretenden Flüsse, die randliche Einspeisung und die Rheininfiltation deutlich hervor. Die aus den Kiesfüllungen der Schwarzwaldtäler in die Kiesfüllung des Oberrheingrabens übertretenden Grundwassermengen sind vergleichsweise gering (vgl. Karte VI und Kap. 2.10). Daher sind die sich auf den hydrochemischen Karten entlang der Schwarzwaldflüsse Kinzig, Rench und untergeordnet der Acher und des Sandbachs (= Unterlauf der Bühlott) abzeichnenden niedrigeren Gesamt- und Karbonathärte sowie die erhöhten Werte der Freien Kohlensäure überwiegend auf die Auswirkung der Uferfiltration zurückzuführen.

Für lokale Aussagen dürfen die Karten aufgrund des grobmaschigen Probenentnahmenetzes von statistisch 1 Analyse pro 6 km<sup>2</sup> nur bedingt herangezogen werden.

Die dargestellten hydrochemischen Zusammenhänge gelten im wesentlichen für das Obere (und mit Einschränkung auch für das Mittlere) Kieslager. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen hydrochemischer und hydrogeologischer Situation wurden in der Übersichtskarte die hydrogeologischen Einheiten Festgesteinsbereich mit Grundgebirge und Vorbergzone und Lockergesteinsbereich mit Lößterrassen, Kinzig–Murg–Niederung und Schwarzwaldtäler, Niederterrasse und Rheinaue ausgeschieden.

Entsprechend der geringen wasserwirtschaftlichen Bedeutung der Festgesteine beschränken sich die hydrochemischen Untersuchungen auf die Grundwässer des Lockergesteinskörpers.

Nachfolgende allgemeine Angaben zur Hydrochemie stützen sich auf MATTHESS (1973).

#### 3.2 Hydrochemische Karten (siehe Karte VII)

##### 3.2.1 Gesamthärte und Karbonathärte (Karten VII.1 und VII.2)

Die Gesamthärte setzt sich aus temporärer oder Karbonathärte und bleibender oder Nichtkarbonathärte zusammen. Die Karbonathärte wird von den an Karbonate und Hydrogenkarbonate gebundenen Erdalkalien gebildet. Die Nichtkarbonathärte ist allen übrigen Ionen, im wesentlichen den Sulfationen, zuzuordnen.

Die Karbonathärte bildet den überwiegenden Anteil an der Gesamthärte. Da sie von einem Gleichgewicht zwischen Karbonat, Hydrogenkarbonat und Kohlensäure abhängt, zeigt sie in der Regel keine sprunghaften Veränderungen. Bestimmt wird die Karbonathärte vom Karbonatgehalt der vom Grundwasser durchströmten Gesteine.

Die Nichtkarbonathärte hängt einmal ab von der Zusammensetzung des Grundwasserleiters, zum anderen von anthropogenen Verunreinigungen, welche sich gleichzeitig in erhöhten Gehalten von Sulfat, Chlorid, Nitrat oder Phosphat bemerkbar machen.

Die Gesamthärte beinhaltet damit sowohl den Einfluß der vom Grundwasser durchflossenen Gesteine als auch dessen anthropogene Belastung. In Verbindung mit der Karbonathärte macht sie hydrogeologische Zusammenhänge sichtbar und ist deshalb ein guter Indikator zur Beurteilung von Grundwässern.

Für die Darstellung der Gesamthärte und Karbonathärte wurde eine Abstufung von 4° dH gewählt, da mit dieser Abstufung auch geringe Härteunterschiede im allgemeinen noch wiedergegeben werden können. Die alte Maßeinheit ° dH wurde abweichend von der DIN 19640, nach der die Härte in mval/l anzugeben ist (2,8° dH = 1 mval/l), mit Rücksicht auf Erfordernisse der Praxis beibehalten.

Sehr weiche Wässer unter 4° dH sind auf die karbonatfreien Ablagerungen in den Trichtern von Kinzig und Rench beschränkt, werden jedoch beim Übertritt in die karbonatreichen alpinen Kiese des Oberrheingraben infolge Vermischung und Kalkauflösung sofort aufgehärtet. Die Zufuhr von weichem Wasser aus dem Schwarzwald erfolgt entlang Kinzig und Rench bis fast an die Rheinaue über Uferinfiltration. Die Uferinfiltration weichen Wassers aus Acher und Sandbach ist ebenfalls andeutungsweise zu erkennen.

Im rheinnahen Bereich N Kehl sind die Gesamthärten von 12–16° dH die Regel; S Kehl wurden Gesamthärten von 16–20° dH bestimmt.

Weitere Bereiche mit Gesamthärten über 16° dH trennen die Schwemmfächer von Kinzig und Rench sowie von Rench und Sandbach gegeneinander ab.

Gesamthärten bis 24° dH und darüber sind auf das Gebiet zwischen Niederschopfheim (angrenzende Vorbergzone mit Muschelkalk) und Altenheim beschränkt. In dieser Zone erhöhter Gesamthärte scheint sich eine Zufuhr von geringer hartem Wasser durch die Schutter bemerkbar zu machen. Einige inselartige Bereiche mit höheren Härtegraden sind auf anthropogene Einflüsse zurückzuführen.

Diese hydrochemischen Grundzüge mit Einspeisung durch Kinzig, Rench sowie untergeordnet auch Acher und Sandbach mit dazwischenliegenden Härterücken treten auch in der Karte der Karbonathärte deutlich hervor.

### **3.2.2 Sauerstoff (Karte VII.3)**

Das Vorhandensein oder Fehlen von freiem Sauerstoff läßt erkennen, ob oxidierende oder reduzierende Verhältnisse herrschen (Redox-Potential). Ein Grundwasser gilt als reduziert, wenn es weniger als 50 %ige Sauerstoffsättigung (entsprechend 5–6 mg Sauerstoff pro Liter) enthält. Reduzierte Grundwässer weisen vielfach höhere Gehalte an Eisen und Mangan auf.

Auf der Karte wurde unterschieden nach Sauerstoffgehalten über 6 mg/l, 3–6 mg/l und unter 3 mg/l. Die Wässer am Schwarzwaldrand haben ausnahmslos über 6 mg/l und sind nahezu sauerstoffgesättigt, wobei die Auswirkung der Rench weit in den Rheingraben hinein sichtbar wird. Im übrigen Untersuchungsgebiet ist das Grundwasser reduziert, wobei im Bereich der Kinzig, der Schutter, S Kehl sowie in der Rheinaue N Kehl Werte unter 3 mg/l ermittelt wurden. Dies ist vor allem auf geringe Flurabstände, auf die Infiltration durch den anthropogen stark belasteten Rhein und wenig durchlüftete humose Deckschichten (Auewälder) sowie auf anmoorige Verlandungssedimente in alten Flußrinnen (Kinzig) zurückzuführen.

### **3.2.3 Freie und kalkaggressive Kohlensäure (Karte VII.4)**

Jedes Grundwasser enthält gelöstes CO<sub>2</sub>-Gas und Hydrogenkarbonationen. Diese bilden ein gepuffertes System, das sich auf den pH-Wert und das Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht auswirkt.

Wässer, die nicht im Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht stehen, enthalten überschüssige Freie Kohlensäure, die als aggressive Kohlensäure wirksam wird.

Die Grundwässer in den kalkreichen alpinen Kiesen stehen infolge Kalklösung im Gleichgewicht; sie können sogar ein Kohlensäure-Defizit aufweisen und neigen dann zu Kalkausfällungen.

Demgegenüber enthalten die Grundwässer in den Schwarzwaldkiesen aufgrund des Fehlens von karbonatischen Gesteinen höhere Gehalte an Freier Kohlensäure, häufig aber auch dann, wenn kalkhaltige Deckschichten (Lößprodukte) zu einer Aufhärtung geführt haben.

Im Untersuchungsgebiet treten die Schwemmfächer von Kinzig, Rench und Schutter als Ausbuchtungen erhöhter Gehalte an Freier Kohlensäure in den Rheingraben deutlich hervor. Sie belegen eine Einspeisung von kohlensäurereichem Flußwasser aus dem Schwarzwald in den Grundwasserkörper. Am Gebirgsrand läßt ein Streifen erhöhten Gehaltes Freier Kohlensäure einen Grundwasser-Randzustrom erkennen.

Die westlich Offenburg nachgewiesene erhöhte Freie Kohlensäure rührt von der ehemaligen Mülldeponie Kattunlache her.

### 3.2.4 Eisen und Mangan (Karten VII.5 und VII.6)

Das Vorkommen oder Fehlen von Eisen und Mangan im Grundwasser hängt von den pH-Bedingungen und den Oxidationsstufen in der Sickerzone und im Grundwasserleiter ab. Eisen und Mangan liegen im Boden in weitgehend unlöslichen Fe III- und Mn III- oder Mn IV-Verbindungen vor. In reduzierten Wässern können sie in der zweiwertigen Form in Lösung gehen. Bei ausreichendem Sauerstoffgehalt (über 6 mg/l) bleiben die Fe III-, Mn III- und Mn IV-Verbindungen stabil. Da die Sauerstoffgehalte des Grundwassers starken jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen sind, ändern sich auch die Eisen- und Mangangehalte rasch. Analysen von Proben aus verschiedenen Tiefen des Grundwasserleiters können stark wechselnde Gehalte an Eisen (siehe Kap. 3.3.1) und Mangan enthalten.

Das verwandte chemische Verhalten von Eisen und Mangan spiegeln auch die Konzentrationsverteilungen der beiden Stoffe wider.

Der größere Teil des untersuchten Bereichs Bühl – Offenburg weist trotz verhältnismäßig niedrigem Sauerstoffgehalt nur geringe Gehalte, z.T. auch nur Spuren von Eisen und Mangan auf. Eisengehalte über 0,1 mg/l und Mangangehalte über 0,05 mg/l sind auf Teile der Kinzig – Murg – Niederung und sonstige Gebiete mit geringen Flurabständen beschränkt. Vereinzelt nachgewiesene stark erhöhte Gehalte von Eisen und Mangan über 1,0 mg/l bzw. 0,5 mg/l sind teilweise auf anthropogene Verunreinigungen im Unterstrom von Mülldeponien zurückzuführen. Die höchsten Werte beider für die Verwendbarkeit als Trinkwasser wichtigen Parameter wurden im Raum Willstätt und Zierolshofen ermittelt. Dort liegen keine anthropogenen Ursachen vor.

### 3.2.5 Chlorid (Karte VII.7)

Der Chloridgehalt des Grundwassers beruht auf der Lösung von Salzen (Steinsalz) im Untergrund (geogene Ursachen) und auf der Zusickerung von chloridreichen Wässern (anthropogene Ursachen). Lassen sich geogene Ursachen für erhöhte Chloridgehalte ausschließen, kann der Chloridgehalt ein Indikator für die anthropogene Belastung eines Grundwassers sein.

Infolge ihres höheren spezifischen Gewichtes sinken chloridreiche Wässer ab, wodurch sich eine vertikale Konzentrationsverteilung einstellt. Analysen des tieferen Grundwassers ergaben dementsprechend generell höhere Chloridgehalte (siehe Kap. 3.3.2).

In der Kartendarstellung konnte die unterschiedliche vertikale Verteilung des Chlorids nicht berücksichtigt werden. Die Darstellung beruht auf Proben, die vorwiegend aus dem Oberen Kieslager gezogen wurden.

Die höchsten Chloridgehalte wurden im Kinzigtal unterhalb von Ohlsbach ermittelt. Dort steigen an einer Verwerfung chloridhaltige Wässer auf, die in einer 1977 niedergebrachten Bohrung erschlossen wurden. Der analysierte Chloridgehalt betrug 8 500 mg/l.

Von Ohlsbach ausgehend zieht eine Fahne stark erhöhten Chloridgehalts nach NW zum Rhein.

Der Rhein ist durch Abwässer vor allem aus der elsässischen Kali-Industrie stark mit Chlorid belastet. Infolge Infiltration weist daher das Grundwasser längs des Rheins durchweg erhöhte Chloridgehalte auf, die nahe an 100 mg/l heranreichen. Im Hafengebiet von Kehl werden 100 mg/l überschritten.

In der Kinzig – Murg – Niederung betragen die Chloridwerte in der Regel zwischen 10 mg/l und 25 mg/l. Davon abweichende höhere Gehalte zwischen 25 mg/l und 50 mg/l sind auf anthropogene Ursachen (Mülldeponien, Auftausalze u.a.) zurückzuführen.

Die von der ehemaligen Mülldeponie Kattunlache westlich Offenburg ausgehende Verschmutzung wird wie in allen übrigen hydrochemischen Karten auch durch erhöhte Chloridgehalte von über 50 mg/l angezeigt. Die zwischen Meißenheim und Altenheim ausgeschiedene Zone mit etwas erhöhten Werten zwischen 25 mg/l und 50 mg/l ist vermutlich geogen bedingt. Wenige km südlich davon wurde chloridhaltiges Tertiär in geringer Tiefe erbohrt.

### 3.2.6 Nitrat (Karte VII.8)

Der Nitratgehalt eines Grundwassers beruht auf biogenen Prozessen im Boden und unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen (Vegetationsperiode). Andererseits wirken sich anthropogene Verunreinigungen (Düngemittel und Fäkalien) konzentrationserhöhend aus. In reduzierten Wässern wird das Nitrat über seine Reduktionsstufen Nitrit und Ammonium abgebaut. Diese Denitrifikation kann bis zu elementarem Stickstoff führen, der an die Atmosphäre abgegeben wird. Geringe oder gar fehlende Nitratgehalte sind deshalb in einem reduzierenden Milieu, wie es im größten Teil des Untersuchungsgebietes nachgewiesen ist, kein Indikator für anthropogen unbelastetes Grundwasser. Die Belastung wird dann durch die Reduktionsstufen Nitrit und Ammonium angezeigt.

Im überwiegenden Teil des Untersuchungsgebietes liegen die ermittelten Nitratwerte entsprechend dem weitverbreitet niedrigen Sauerstoffgehalt deutlich unter 10 mg/l. Das häufige Auftreten von Null-Werten zeigt an, daß das Nitrat völlig reduziert wurde. Lediglich bei Altenheim sowie im Bereich der Randterrassen sind geringfügig erhöhte Nitratgehalte festgestellt worden. Neben intensiver landwirtschaftlicher Nutzung des Bodens ist dies auf den höheren Sauerstoffgehalt des Grundwassers zurückzuführen.

### 3.3 Hydrochemische Profile

Im Rahmen des in den Jahren 1961–1969 vom Wasserwirtschaftsamt Offenburg und Geologischen Landesamt durchgeführten Untersuchungsprogramms (Abb. 3.1 und Tab. 3) wurde der Kieskörper abschnittsweise hydrochemisch untersucht. Beim Abteufen der Bohrungen wurden in der Regel alle 5 m Kurzpumpversuche von wenigen Stunden Dauer durchgeführt und das Wasser auf Eisen, Mangan und Chlorid untersucht. Da das Wasser bei verrohrtem Bohrloch jeweils nur aus dem Horizont an der Bohrsohle gefördert wurde, war gewährleistet, daß die ermittelten hydrochemischen Parameter die tatsächlichen hydrochemischen Verhältnisse in den getesteten Bereichen wiedergeben.

Die hierbei nachgewiesenen vertikalen Konzentrationsverteilungen von Eisen und Chlorid sind in den Abb. 3.2 und 3.3 dargestellt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und der Verdeutlichung der Zusammenhänge zwischen hydrogeologischem Bereich und Chemismus wurden die Profile der verschiedenen Bereiche Rheinaue, Niederterrasse, Kinzig–Murg–Niederung und Schwarzwald gruppenweise zusammengestellt.

Zusätzlich wurden einige zusammen mit den Bohrprofilen dargestellte hydrochemische Profile als Anlagen 1–12 beigegeben. Diese Anlagen sind unveröffentlichten Gutachten des Geologischen Landesamtes (Bearbeiter HÜTTNER, STRAYLE) entnommen.

#### 3.3.1 Vertikale Eisenverteilung

Die Eisengehalte unterliegen nach der Tiefe hin starken Schwankungen (Abb. 3.2). Eine Gesetzmäßigkeit kann nicht festgestellt werden. Zwar erfolgt in einigen Bohrungen in Tiefen zwischen 20 m und 30 m eine merkliche Zunahme des Eisengehaltes (R 23, K 50, R 14, R 2, R 5, A 11, A 51, R 38, R 37), was auf eine Auswirkung des Oberen Zwischenhorizontes (Kap. 2.7.1) hinweist. In anderen Bohrungen hingegen wurde im Bereich dieser schluffig-sandigen Zwischenschicht eine Abnahme des Eisengehaltes festgestellt (N 2, R 3, R 21, R 30, R 39).

Ähnlich verhält es sich im Bereich des Unteren Zwischenhorizontes. Während in einigen Bohrungen in dieser Tiefe stark erhöhte Eisengehalte nachgewiesen wurden (R 2, R 38, R 39), die zweifelsfrei dem Unteren Zwischenhorizont zuzuordnen sind, erbrachten Analysen aus anderen Bohrungen (R 14, R 21, R 23, O 21, A 15) keine Zunahmen des Eisengehaltes.

Insgesamt verlaufen die aus Kurzpumpversuchen ermittelten Eisengehaltskurven in einem Bereich hoher Eisengehalte. Sie liegen in der Regel um ein Vielfaches über den aus Dauerpumpversuchen in denselben Bohrungen ermittelten Eisengehalten der Mischwässer, welche für die Konstruktion der Karte VII.5 verwendet wurden.

Dieser erhebliche Unterschied im Eisengehalt aus Kurz- und aus Dauerpumpversuchen ist wohl darauf zurückzuführen, daß nach langer Pumpdauer Eisenoxid im Absenkungstrichter ausfällt. Der Rückgang der Eisengehalte in den Mischwässern nach bereits ein bis zwei Tagen Pumpdauer auf annähernd feste Werte, die sich auch nach langer Pumpversuchsdauer oder Betriebszeit nur noch geringfügig verringern, ist in nahezu allen Bohrungen zu beobachten (vgl. Diagramme Anlage 13).

Für die Mangangehalte gilt ähnliches; sie wurden daher nicht dargestellt.

#### 3.3.2 Vertikale Chloridverteilung

Die bereits im Abschnitt 3.2.5 angeführte Zunahme des Chloridgehaltes nach der Tiefe ist im Bereich der Rheinaue, besonders deutlich aber im Bereich der Kinzig–Murg–Niederung zu erkennen. Demgegenüber ist in den hydrochemischen Profilen aus dem Bereich der Niederterrasse und des Schwarzwalds keine Zunahme der Chloridgehalte nach unten festzustellen (Abb. 4.3).

Im Bereich der Rheinaue weist die dem Rhein am nächsten gelegene Bohrung K 52 mit 85 mg/l die höchsten Chloridgehalte auf. Sie erfaßt nur das Obere Kieslager. Die erhöhten Chloridgehalte entstammen dem Rhein und sind anthropogen. Die übrigen in hydrochemischen Profilen untersuchten Bohrungen der Rheinaue haben mit Ausnahme der Bohrung R 23, welche den gesamten Aquifer durchsunkken hat, nur das Obere und Mittlere Kieslager getestet.

Aus dem Bereich der Kinzig–Murg–Niederung liegt kein hydrochemisches Profil bis zur Kiesbasis vor. Bis ins Untere Kieslager reichen die Bohrungen A 51 und A 55, in deren unterem Abschnitt eine deutliche Zunahme der Chloridgehalte festgestellt wurde. Die ermittelten hohen Chloridgehalte aus den Bohrungen A 69, O 2, O 20 und O 21 sind geogen. Diese Bohrungen liegen innerhalb der vom Kinzigtal ausgehenden Fahne stark chloridbelasteten Grundwassers (siehe Karte VII.7). Von diesen Bohrungen reicht nur die Bohrung O 21 bis ins Untere Kieslager. An ihrer Bohrsohle in 75 m u.G. wurde mit 155,3 mg/l der absolut höchste Chloridgehalt aller hydrochemisch untersuchten Profile nachgewiesen.

1)		2)	3)	4)	5)
AR	Rheinaue	R 23	Auenheim 3	90	s. Anlage 1 s. Anlage 2 s. Anlage 4 s. Anlage 7
		K 50	Kehl-Sundheim I	65	
		K 51	Kehl-Sundheim II	65	
		K 52	Marlen IV	65	
		K 53	Goldscheuer 9	25	
		N 5	Altenheim 6	50	
		N 4	Altenheim 6a	50	
		N 3	Altenheim V	75	
		N 2	Altenheim 4	50	
A	Niederterrasse	B 5	Memprechtshofen 6a	70	
		R 2	Freistett 3	60	
		R 3	Freistett 2	60	
		R 5	Freistett 1	60	
		R 14	Memprechtshofen 5	80	
		R 21	Rheinbischofsheim 4	75	
		R 19	Holzhausen 3	80	
	Kinzig-Murg-Niederung	R 37	Zierolshofen 2	75	s. Anlage 5  s. Anlage 6 s. Anlage 3
		R 38	Zierolshofen 1	55	
		A 11	Neumühl 7	45	
		A 21	Kehl-Sundheim	60	
		A 25	Willstätt 8	65	
		A 36	Eckartsweier III	65	
		A 51	Sand 1	72,5	
		A 69	Goldscheuer 5	65	
		O 2	Schutterwald 2	65	
		O 20	Schutterwald 1	65	
		O 21	Schutterwald 3	75	
S	Grabenrand	R 30	Wagshurst 1	45	s. Anlage 8
		R 39	Wagshurst 2	49	s. Anlage 8
		A 15	Urloffen 5	60	s. Anlage 12
		A 55	Windschläg 4	60	s. Anlage 11
		A 64	Appenweiler 2	55	s. Anlage 10
		A 65	Appenweiler 1	55	s. Anlage 9

- 1) = Kiestypen-Bereich  
2) = Bezeichnung der Bohrung in Karte I  
3) = Name der Bohrung  
4) = Hydrochemisch untersuchter Bereich bis m u.G.  
5) = Bohrprofil

**Tab. 3: Verzeichnis der hydrochemisch untersuchten Profile**



Aus dem Bereich der Kiesel-Murg-Niederung liegt kein hydrochemisches Profil bis zur Kieselbasal vor. Die untere Kieselger reichen die Bohrungen A 51 und A 55, in deren unterem Abschnitt eine deutliche Zunahme der Chloridgehalte festgestellt wurde. Die ermittelten hohen Chloridgehalte aus den Bohrungen A 59, O 20 und O 21 sind gegen. Diese Bohrungen liegen innerhalb der vom Kieselal ausströmenden Fährte stark chloridbelasteten Grundwasser (siehe Karte VII.2). Von diesen Bohrungen reicht nur die Bohrung O 21 bis ins untere Kieselger. An ihrer Bohrschicht in 75 m u.G. wurde mit 152,3 mg/l der absolut

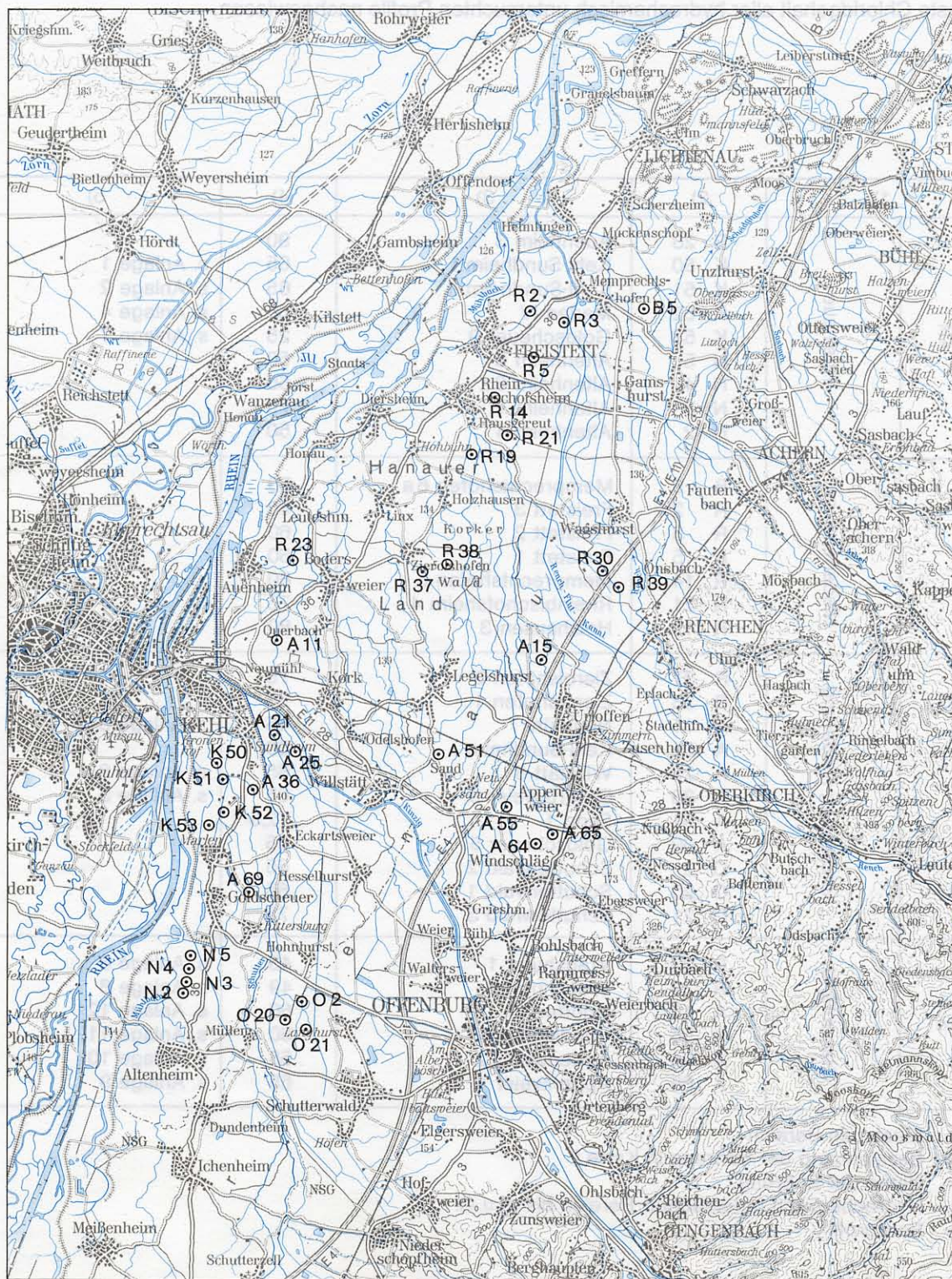


Abb. 3.1: Lage der hydrochemisch untersuchten Profile innerhalb der Kiestypen-Bereiche



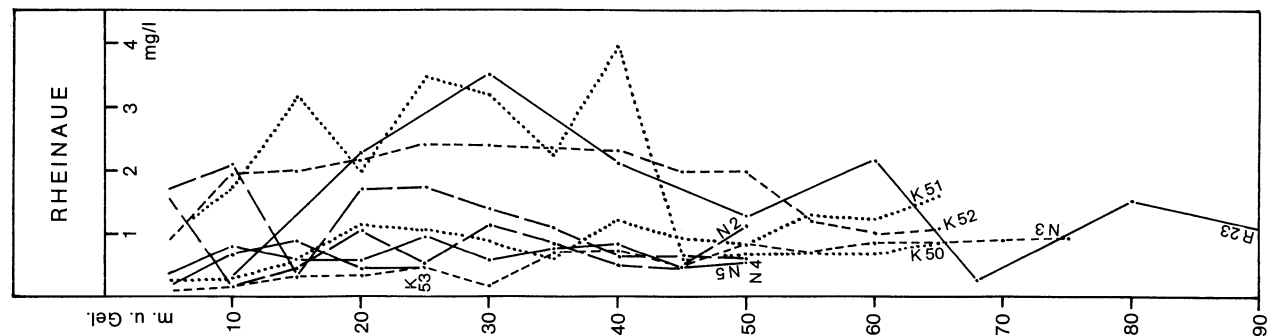
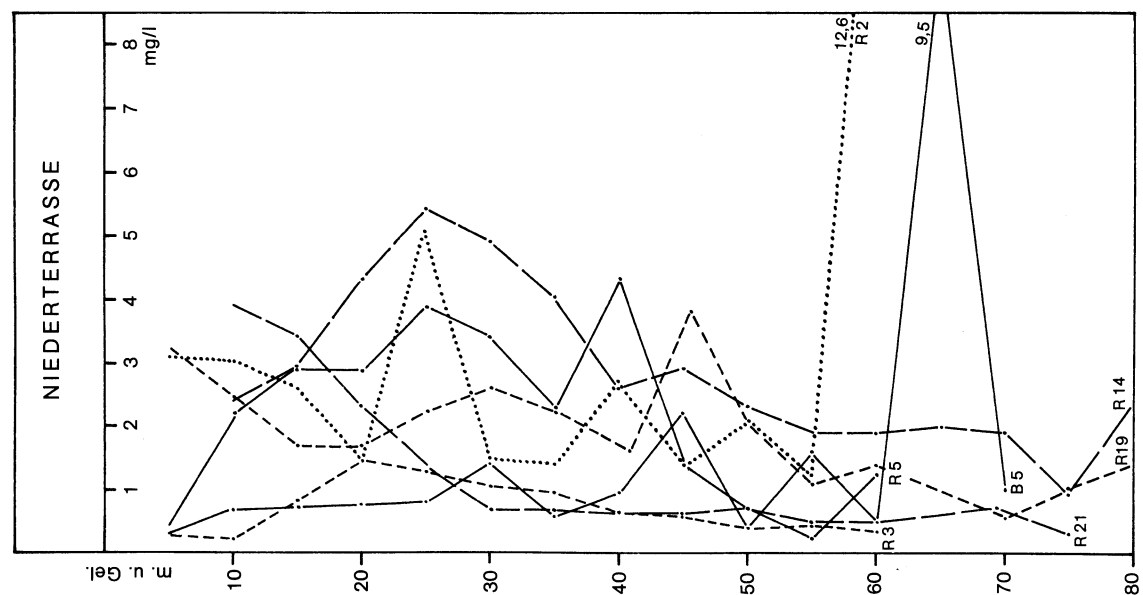
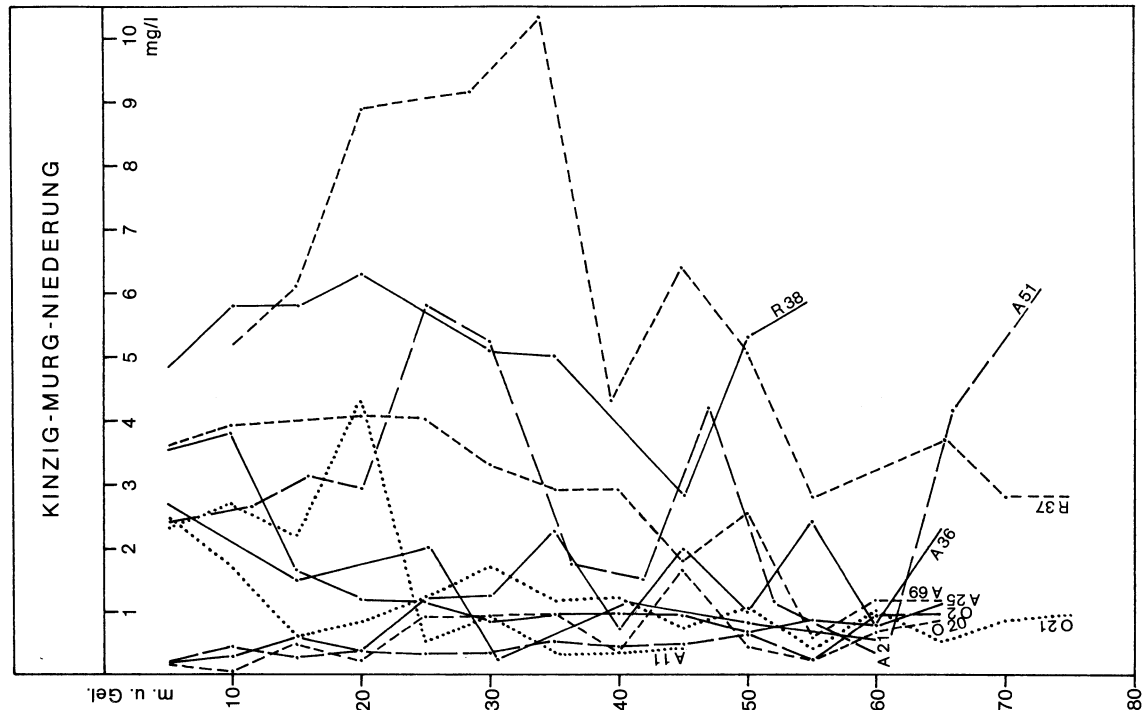
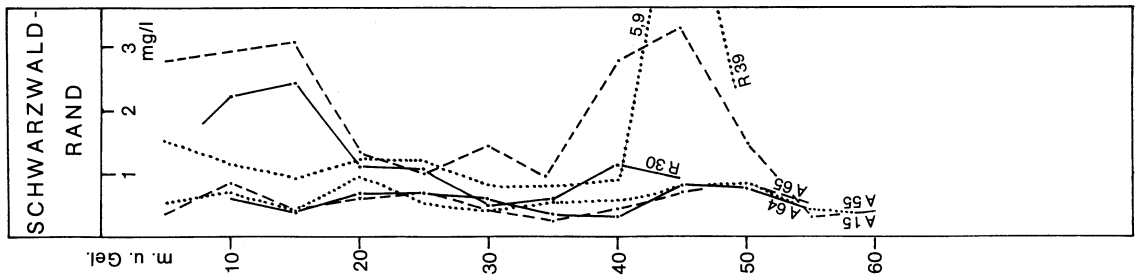


Abb. 3.2: Vertikale Eisenverteilung

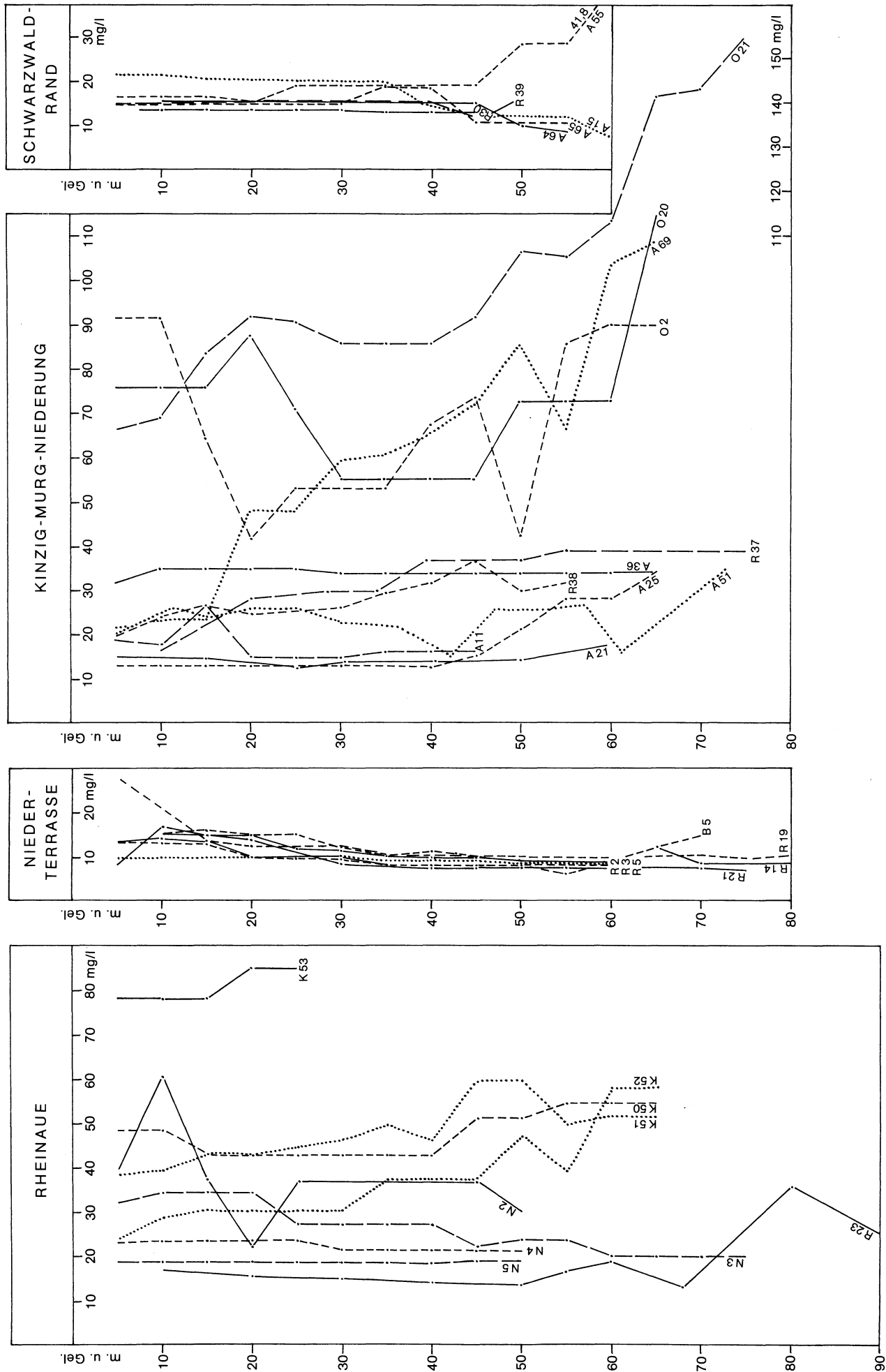


Abb. 3.3: Vertikale Chloridverteilung

## 4. Hydrologie

### 4.1 Hydrologische Meßeinrichtungen (siehe Karte II)

Zur Beobachtung der Komponenten des Wasserhaushaltes sind im Kartiergebiet entsprechende Meßgeräte eingerichtet. Die folgende Zusammenstellung ordnet der jeweiligen Meßeinrichtung die dort gewonnene Meßgröße zu.

Niederschlagsstation	Niederschlagshöhe
Lysimeterstation	Sickerwassermenge Niederschlagshöhe
Oberflächengewässerpegel	Wasserstand Abfluß
Grundwassermeßstelle	Wasserstand
Grundwasserentnahmestelle	Entnahmemenge Wasserqualität

**Tab. 4.1: Hydrologische Meßeinrichtungen**

#### 4.1.1 Niederschlagsstationen

Das Niederschlagsgeschehen im Kartiergebiet kann aus Messungen an zwei Klima- und fünf Niederschlagsstationen des Deutschen Wetterdienstes beurteilt werden. Die Klimastationen sind Memptrethofen und Offenburg, die Niederschlagsstationen sind Kehl, Freistett/Maiwald, Achern, Legelshurst und Altenheim.

Als Ausgangswerte der Berechnungen dienen die Monatssummen der Niederschläge, entnommen aus den monatlichen Witterungsberichten des Deutschen Wetterdienstes.

#### 4.1.2 Lysimeterstationen

Zur Erfassung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag betreibt das Land Baden-Württemberg im betrachteten Raum sechs Lysimeterstationen des Typs FRIEDRICH/FRANZEN bei Schwarzach, Tiergarten, Willstätt, Hesselhurst, Elgersweiler und Ichenheim. Die Sickerwassermenge und der dazugehörige Niederschlag werden hier in einem Turnus von i.a. zwei bis drei Tagen gemessen. In einem Bericht der Landesanstalt für Umweltschutz (1975) zur Grundwasserneubildung wurden die bisherigen Ergebnisse der Neubildungsermittlung dokumentiert.

#### 4.1.3 Oberflächengewässerpegel

An den in Karte II eingetragenen Meßstellen am Rhein, Rhein-Niederungskanal, an der Bühlott, Acher, Rench und Kinzig werden die Wasserstände bzw. davon abgeleitet die Abflüsse der Oberflächengewässer gemessen.

Die Meßergebnisse des Schreibpegels Kehl–Kronenhof und der Lattenpegel Diersheim und Grauelsbaum am Rhein sowie der Schreibpegel Kappelrodeck/Achern und Bühl/Bühlott einschließlich der davon abgeleiteten statistischen Größen werden im Gewässerkundlichen Jahrbuch, Sonderheft Land Baden-Württemberg von der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg – Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft – Karlsruhe (LfU/IWA) herausgegeben.

#### 4.1.4 Grundwassermeßstellen

An 260 Stellen des Kartiergebietes unterhält das Land Baden-Württemberg Grundwassermeßeinrichtungen, an denen in der Regel jeden Montag der Grundwasserstand beobachtet wird. Dies geschieht zum Teil schon seit dem Jahre 1913.

An etwa 70 weiteren Stellen der Oberflächengewässer und im Grundwasser kann bei Bedarf eine Wasserstandsmessung durchgeführt werden. Diese Zusatzmessungen werden insbesondere an Stichtagen vorgenommen, um eine gut belegbare Momentaufnahme der Grundwasseroberfläche zu erhalten. So wurde auf Karte III die Grundwasseroberfläche mit einer mittleren Meßwerte-Dichte von einer Messung pro 1,5 km<sup>2</sup> konstruiert.

Die an den regelmäßig beobachteten Meßstellen gewonnenen Daten einschließlich statistischer Größen werden zum Teil im o.g. Gewässerkundlichen Jahrbuch und vollständig als Ganglinienbücher von der LfU/IWA herausgegeben.



#### **4.1.5 Grundwasserentnahmestellen**

Die dem Grundwasser entnommene Wassermenge zu Zwecken der Trink- und Betriebswasserversorgung wird von der Wasserwirtschaftsverwaltung registriert. Die gewonnenen Meßwerte bieten die Möglichkeit im Zusammenhang mit den hydrologischen und geologischen Untersuchungsergebnissen die Komponenten des Wasserhaushalts quantitativ zu fassen.

Die Tabelle 4.2 beinhaltet die wasserrechtlich zugelassenen und die tatsächlichen Entnahmen der öffentlichen Wasserversorgungsunternehmen des Jahres 1973. Letztere wurden zusammen mit den hydrologisch bedeutsamen Entnahmen der Industrie, die im einzelnen nicht aufgeführt sind, in der Bilanzberechnung Kap. 5 verwendet.

**Tabelle 4.2 Öffentliche Trinkwasserentnahmen**

Öffentliche Trinkwasserentnahme im Bilanzgebiet ( ) OT: Ortsteil	Rechtswert Hochwert	Zugelassene Entnahme [l/s]	Entnahme im Jahre 1973 [Mio m <sup>3</sup> /a]
Achern			
OT Sasbachried	34 32 280 53 91 740	6	0,026
OT Wagshurst (5)	34 26 235 53 84 840	20	–
OT Önsbach	34 28 220 53 85 330	12	0,074
OT Gamshurst/Maiwald (6)	34 26 650 53 91 550	30	0,032
OT Fautenbach (Brunnen I–VI) Die drei südlichen Brunnen sind geplant	34 28 680 53 88 200	50	–
Appenweiler	34 23 510 53 77 330	40	0,197
OT Urloffen	34 23 450 53 80 140	14	0,117
Durbach			
OT Ebersweiler	34 24 620 53 75 440	3	0,042
Friesenheim			
OT Ober-Schopfheim	34 17 800 53 63 190	5	0,097
Hanauer Land, Rheinau (6)	34 26 500 53 94 000	75	–
Hohberg			
OT Hofweiler	34 18 310 53 66 000	35	0,088
OT Niederschopfheim	34 17 430 53 64 000	18	0,089
Ichenheim (1)	34 12 570 53 66 120	10	0,099
Kehl			
OT Neumühl	4 15 420 53 81 660	15	0,046
OT Kork (4)	34 17 430 53 81 580	8	0,108
OT Bodersweiler (4)	34 16 940 53 84 730	6	0,092
OT Auenheim	34 14 110 53 85 030	30	0,072
OT Eckartsweiler	34 15 010 53 77 230	18	0,032
OT Goldscheuer	34 13 040 53 76 050	44	0,174
Auf Gemarkung Eckartsweiler Brunnen I (3)	34 15 735 53 80 010	75	–
Brunnen II (3)	34 15 440 53 79 875	75	–
Brunnen III (3)	34 15 245 53 79 725	75	–
Brunnen IV (3)	34 15 090	75	–

**Tabelle 4.2 Öffentliche Trinkwasserentnahmen**

Öffentliche Trinkwasserentnahme im Bilanzgebiet ( ) OT: Ortsteil	Rechtswert Hochwert	Zugelassene Entnahme [l/s]	Entnahme im Jahre 1973 [Mio m <sup>3</sup> /a]
Brunnen II – IV noch nicht ausgebaut	53 79 540		
Kronenhof Brunnen I	34 12 500 53 81 340	49	—
Brunnen II	34 12 500 53 81 280	33	—
Brunnen III	34 12 500 53 81 230	85	—
Korker Wald (5)	34 20 980 53 89 330	75	—
Neuried OT Dundenheim (1)	34 13 180 53 68 430	10	0,055
OT Altenheim (1)	34 12 530 53 69 800	10	0,146
Oberkirch OT Erlach, Stadelhofen, Zusenhofen 3 Brunnen, Pumpwerk	34 28 390 53 79 960	14	0,229
5 Fassungen	—	65	0,683
Offenburg OT Elgersweier	34 22 870 53 67 140	10	0,116
OT Zunsweier 3 Brunnen, Pumpwerk	34 23 600 53 66 070	20	0,109
OT Bühl (3)	34 21 270 53 74 060	24	0,145
OT Windschläg	34 22 850 53 75 740	10	0,071
3 Brunnen; Ranney	34 22 150 53 69 220	200	—
B I	34 22 270 53 68 600	30	—
Bauernpfuhl	34 22 180 53 69 510	—	—
Sasbach	34 32 950 53 90 800	42	—
Schutterwald	34 17 740 53 68 410	20	0,224
Willstätt (3)	34 19 140 53 78 250	50	0,258
OT Hesselhurst (3)	34 17 830 53 75 880	15	0,034

— nicht bekannt

## 4.2 Klima

Der Oberrheingraben liegt im Bereich des gemäßigten Regen- und Westwindgürtels. Das Klima dieses ausgeprägten Tieflandes erfährt durch die Gebirgszüge der Vogesen und des Schwarzwaldes eine besondere Abwandlung, da diese Gebirgsflanken als Hindernisse quer zur Hauptwindrichtung liegen und dabei durch den Effekt von Luv und Lee Einfluß auf Kondensation, Wolkenbildung und Niederschlag nehmen. Ebenso wird die großräumige Westwindströmung abgelenkt, so daß die Südwestwinde vorherrschen, das zweite Maximum der Windhäufigkeitsverteilung jedoch beim Nordwind liegt.

Dementsprechend zeigt die in Karte II eingetragene mittlere jährliche Niederschlagsverteilung – gewonnen aus den monatlichen Niederschlagssummen der Jahre 1931 bis 1960 – eine Zunahme von 750 mm/a im Südwesten auf 950 mm/a im Nordosten am Schwarzwaldrand. Geschwächter Föhneinfluß und verstärkte Stauwirkung des Schwarzwaldes lassen den Niederschlag bei Bühl auf über 1000 mm/a ansteigen.

Die Jahresmittel der Lufttemperatur reichen von 9,5°C in der Nähe des Rheins bis 10,0°C am Schwarzwaldrand und 10,4°C in den Taleinschnitten.

## 4.3 Oberflächengewässer

Im Rahmen der hydrogeologischen Kartierung interessiert das System der Oberflächengewässer unter dem Aspekt ihrer Beziehung zum Grundwasser. So ist für den Grundwasserhaushalt neben der Dichte des Gewässernetzes die relative Höhenlage der Gewässersohle gegenüber der Grundwasseroberfläche von Bedeutung. Daraus ergibt sich in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit des Gewässerbettes Richtung und Menge der Ex- oder Infiltrationsrate; das heißt der Wassermenge entlang eines Gewässerabschnittes, die entweder aus dem Grundwasser in das Oberflächengewässer austritt oder aus diesem versickert. Die Oberflächengewässer des Kartiergebietes bestehen aus einem engen Netz von natürlichen und künstlichen Wasserläufen, die ihr Wasser aus dem Schwarzwald beziehen und in nördlicher bis nordwestlicher Richtung dem Rhein zufließen. Dennoch stammt der weitaus größte Teil des Rheinabflusses aus den Alpen.

Die Abflußganglinien der Monatsmittelwerte der Bühloot am Pegel Bühl und der Kinzig am Pegel Schwaibach auf Abb. 4.1, insbesondere die übereinander gezeichneten Jahresganglinien zeigen die typische Charakteristik eines Mittelgebirgsflusses in unserem Raum. Im Winter und Frühjahr schwellen diese Flüsse an und führen i.a. im Sommer und Herbst Niedrigwasser.

Im Gegensatz dazu zeigt die Charakteristik der Wasserstandsganglinie des Rheins am Pegel Grauelsbaum auf Abb. 4.1 mit einem Einzugsgebiet von 46.166 km<sup>2</sup> den Typ des Hochgebirgsflusses, der im Winter und Frühjahr in der Regel Niedrigwasser führt, während in den wärmeren Jahreszeiten Sommer und Herbst die Wasserführung höher liegt und im Juni und Juli i.a. die Höchststände erreicht.

Die Altrheine, die lediglich bei Hochwasser überflutet werden, haben gegenüber dem Grundwasser die Funktion der Vorflut; dieses gelangt also erst nach dem Austritt in die Altrheine letztlich in den Rhein.

Im Gebiet des Altrheinsystems und entlang der Autobahn liegen im wesentlichen die zahlreichen künstlich entstandenen Seen.

Die Baggerungen in der Rheinaue zum Abbau der Kiese und Sande bewirkten jeweils eine Vertiefung der Altrheinarme und eine Vergrößerung der Gesamtwasserfläche. In der Niederterrasse bzw. der Kinzig–Murg–Niederung stellen sie Grundwasserblänken dar, die in der Regel keine oberirdischen Zu- und Abflüsse haben. In bisher zwei Berichten (1975 und 1977) hat die LfU/IWA den Einfluß der Baggerseen auf den Wasserhaushalt untersucht.



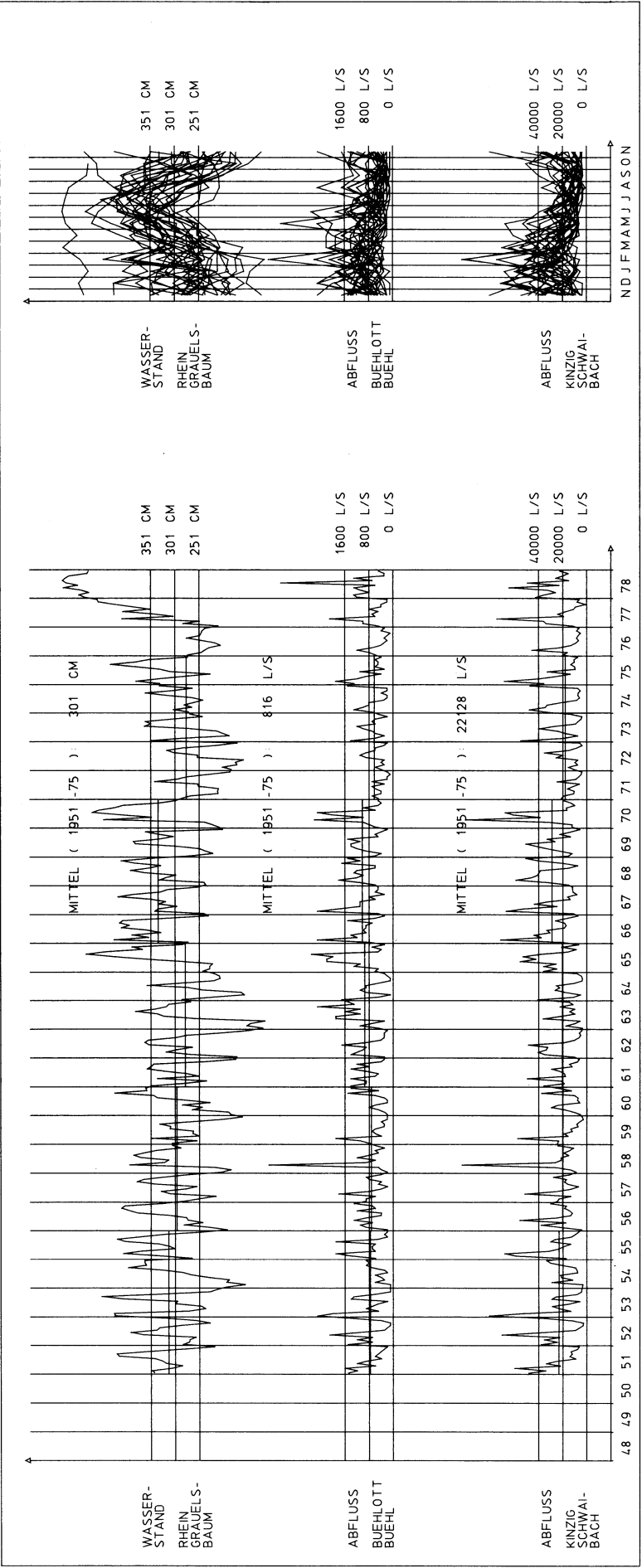


Abb. 4.1: Wasserstands-Ganglinie des Rheins am Pegel Grauelsbaum; Abfluß-Ganglinien der Bühlott bei Bühl und der Kinzig bei Schwalbach

#### 4.4 Wasserbauliche Maßnahmen

Die naturräumlichen Bedingungen für die Wechselbeziehung zwischen Oberflächen- und Grundwasser sind im betrachteten Gebiet vor allem durch drei bedeutsame wasserbauliche Maßnahmen verändert worden:

- Rheinkorrektion
- Acher – Rench – Korrektion
- Staufufenbau im Rhein

Der erste Eingriff etwa zwischen 1840 und 1880 verkürzte den Rheinlauf, bewirkte eine verstärkte Sohlenerosion und verminderte die Größe der hochwasserüberfluteten Flächen.

Die zweite Maßnahme hatte seit dem Jahre 1936 die Aufgabe, in einem Gebiet von 600 km<sup>2</sup> zwischen dem Rhein im Westen, dem Schwarzwald im Osten, der Linie Offenburg – Kehl im Süden und der Linie Baden-Baden – Iffezheim im Norden die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse durch Erfüllung dreier Forderungen zu verbessern:

- Hochwasserschutz
- Entwässerung vernäßter und versumpfter Flächen
- Erhaltung der Wasserführung für Wassertriebwerke und Bau von Bewässerungseinrichtungen

Nach dem erfolgreichen Abschluß der Arbeiten im Jahre 1967 bestehen neben zahlreichen Bauwerken 78 km neu angelegte Hochwasserflutkanäle, 138 km Entwässerungskanäle und -gräben sowie drei Rückhaltebecken mit einem Gesamtinhalt von 8,4 Mio m<sup>3</sup>. In einer Denkschrift der Wasserwirtschaftsverwaltung (WASSERWIRTSCHAFTSAMT OFFENBURG 1967) wird das Gesamtprojekt dokumentiert. Der Staufufenbau am Oberrhein beeinflusst die Grundwasserstände des Kartiergebietes nach Inbetriebnahme der Stufe Gerstheim im Jahre 1967, Straßburg 1970 und Gamsheim 1974. Die besonderen Auswirkungen des Staufufenbaus werden zum Teil in noch laufenden Arbeiten der Bundes- und Landesverwaltung untersucht.

#### 4.5 Grundwasser

Auf der Grundlage von Messungen an den oben genannten hydrologischen Meßeinrichtungen wird das Verhalten des Wassers insbesondere in den grundwasserführenden Lockergesteinen des Rheingrabens im beschriebenen Kartiergebiet untersucht.

##### 4.5.1 Fließrichtung und Gefälle

(siehe Karte III)

Die Karte der Grundwasseroberfläche ist das Ergebnis einer Stichtagsmessung am 6. Oktober 1975 an rund 330 Meßstellen im Grundwasser und an Oberflächengewässern. Das Ergebnis der Auswertung, die Linien gleicher Grundwasserstände, zeigt eine Momentaufnahme der tatsächlichen hydraulischen Situation. Im Gegensatz dazu besteht eine zweite Möglichkeit der Darstellung der Grundwasser-Oberfläche mit Höhenlinien aufgrund statistischer Werte wie z.B. MW 1969 als Grundlage der Flurabstandskarte (Karte IV) oder des MW 1975 in der Karte VI. Das MW 1975 wurde aus Gründen der Vergleichbarkeit in die Flurabstandskarte auch in den Bereichen Kaiserstuhl–Markgräflerland, Freiburger Bucht und Raum Lahr aufgenommen.

Wie aus dem Verlauf der Grundwasserhöhenlinien hervorgeht, bewegt sich das Grundwasser vom Schwarzwaldrand aus in etwa nord-nordwestlicher Richtung mit einem mittleren Gefälle von rund 1 ‰ rheinwärts. Die Fließrichtung des Grundwassers fällt also i.a. mit der der Oberflächengewässer zusammen. Diese Aussage gilt für das gesamte Kartiergebiet.

Abweichungen von diesem generellen Verhalten werden aus den hydrologischen Längenschnitten L1–L4 ersichtlich (Abb. 4.2–4.5), deren Lage in Karte II eingetragen ist. Die Geländeoberfläche wie die Grundwasser-Oberfläche in den Längenschnitten ist generalisiert und lediglich an der jeweiligen Grundwassermeßstelle genau. Der eingetragene Schwankungsbereich des Grundwasserstandes bezieht sich auf die Extremwerte der Zeit zwischen 1951 und 1977.

##### 4.5.2 Flurabstand

(siehe Karte IV)

Die Differenz zwischen der Gelände- und Grundwasseroberfläche – der Flurabstand – gemäß der Schwankung des Grundwasserstandes eine orts- und zeitabhängige Größe, beeinflusst das Wachstum der Vegetation, die Grundwasserneubildung aus Niederschlag und die Korrespondenz zwischen Grund- und Oberflächenwasser. Er ist auch ein wichtiger Wert zur Beurteilung der Gründungsmaßnahmen von Bauwerken, der Kiesgewinnung, der Maßnahmen bei Ölunfällen u.a.

Die Flurabstände auf Karte IV bezogen auf MW 1969 stellen eine etwas über dem langfristigen Mittelwert liegende Situation dar. Geht man davon aus, daß die Grundwasseroberfläche nur sehr abgeschwächt der

# Hydrologischer Längenschnitt L1

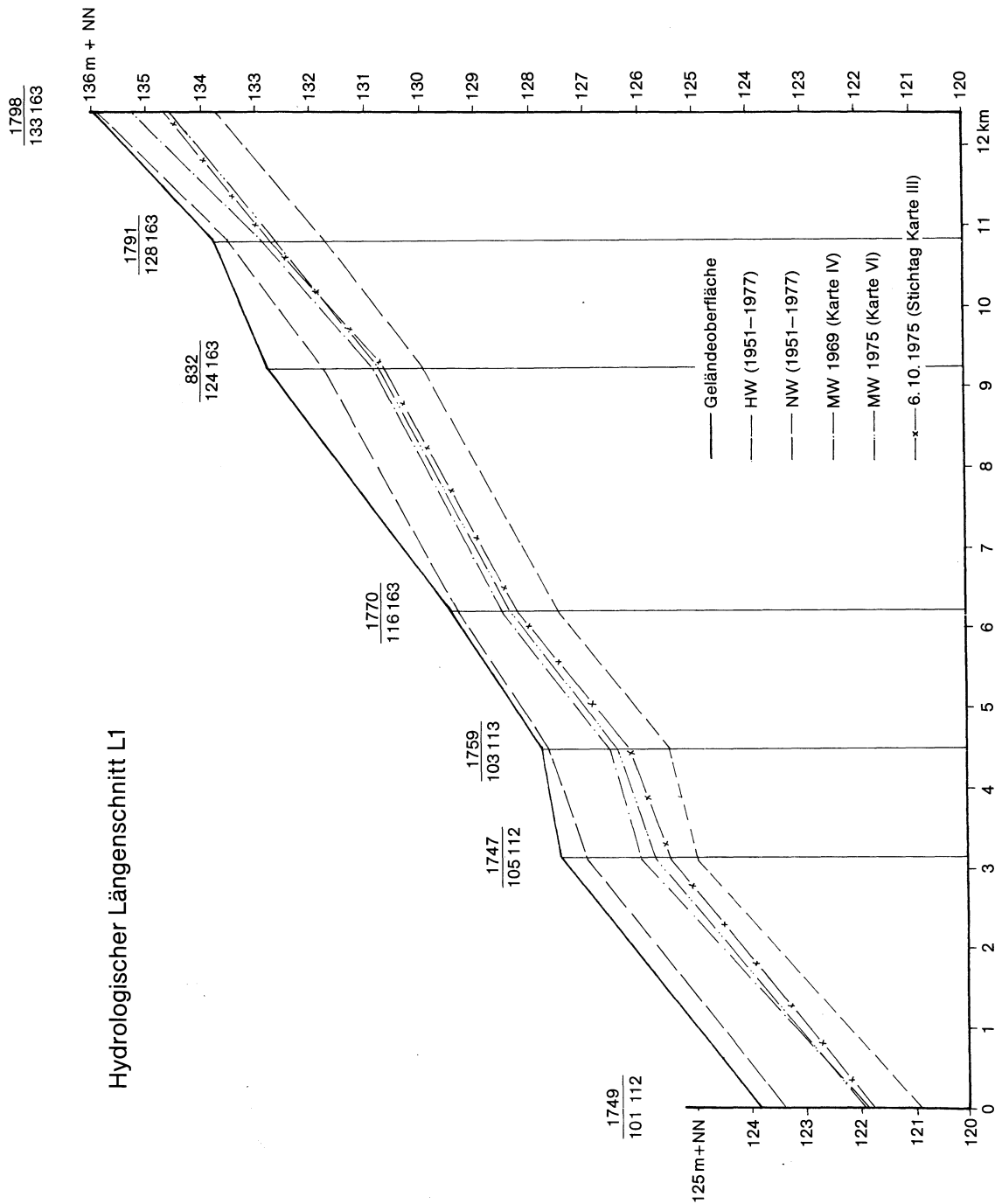


Abb. 4.2: Hydrologischer Längenschnitt L 1, Lage siehe Karte II

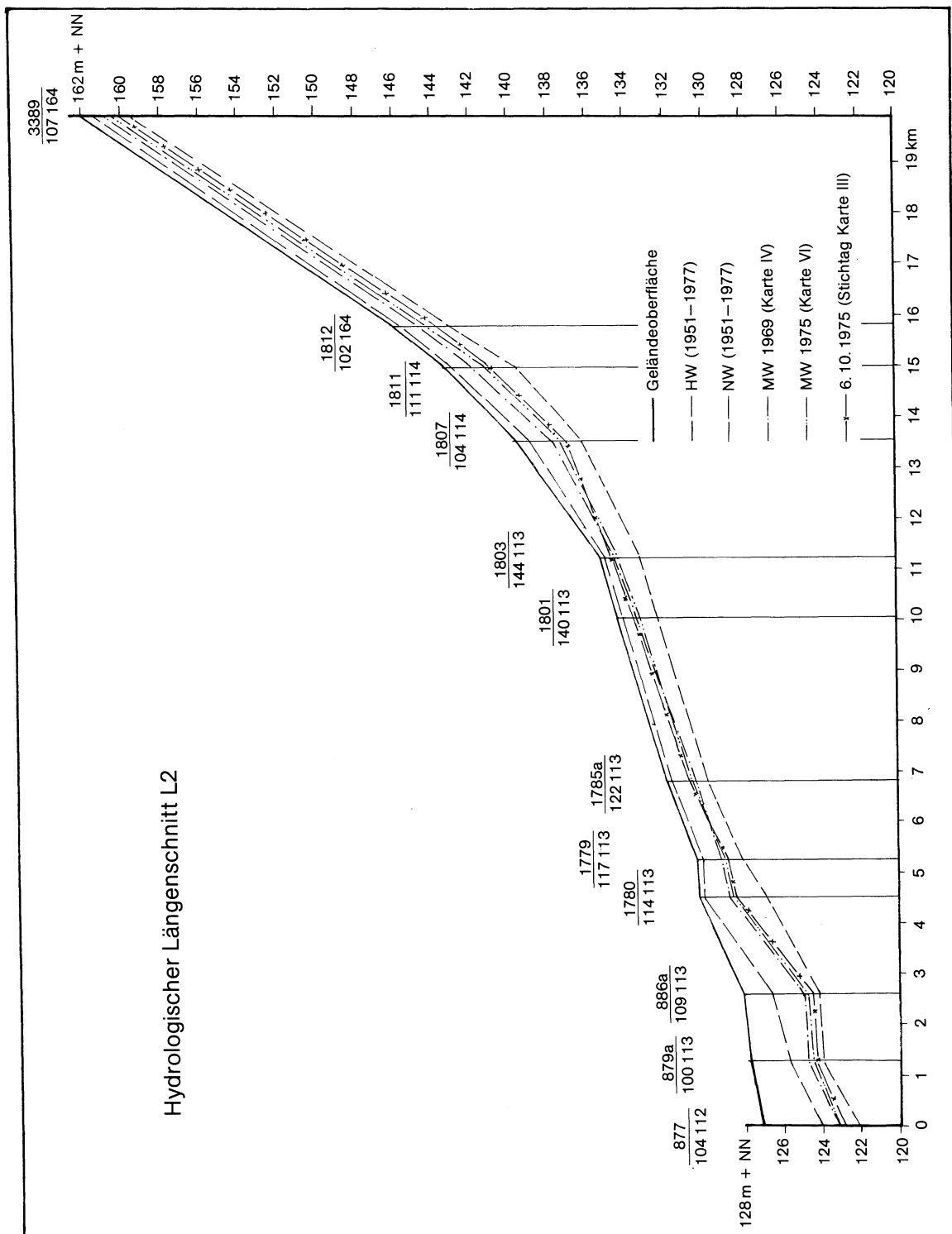


Abb. 4.3: Hydrologischer Längenschnitt L 2, Lage siehe Karte II

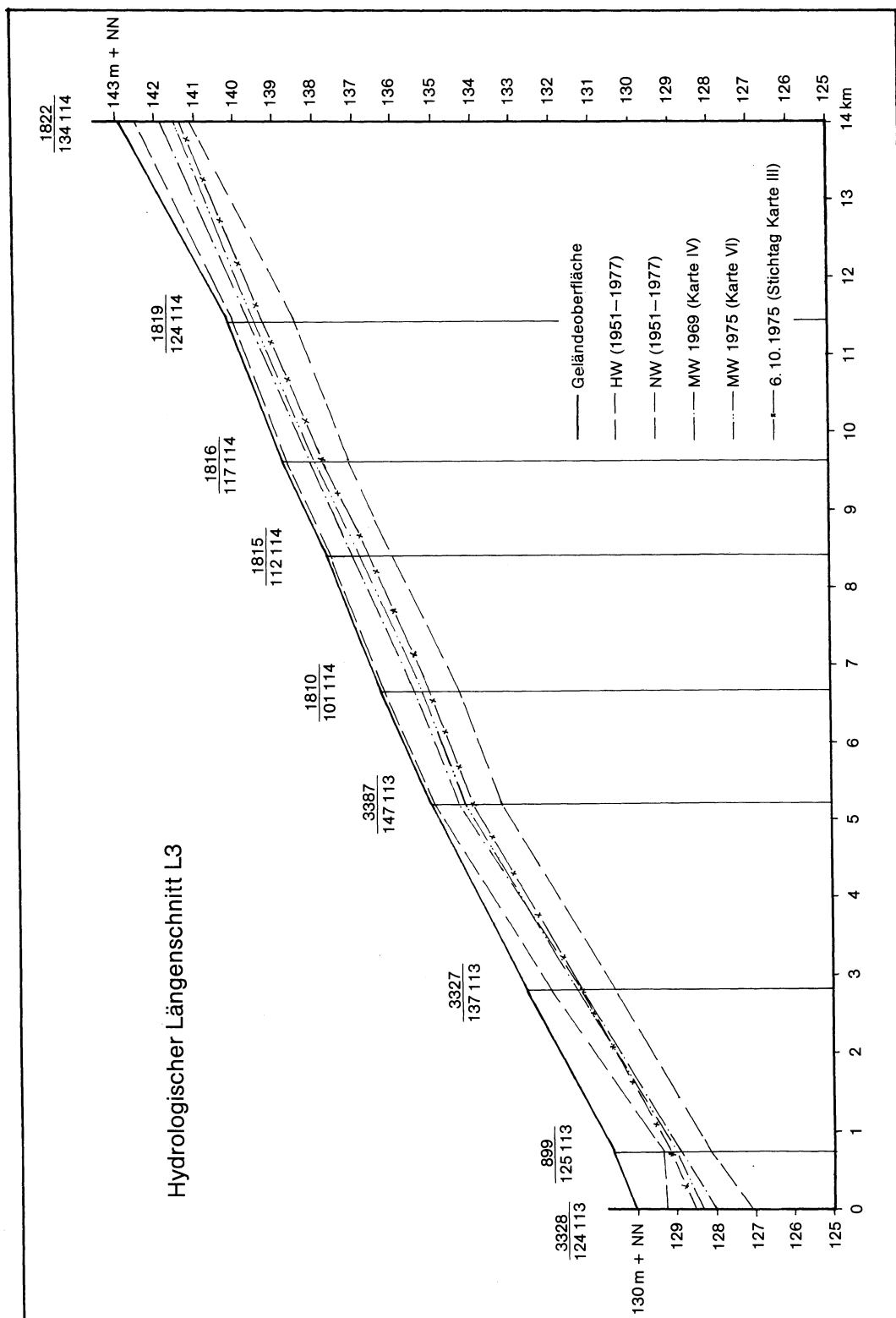


Abb. 4.4: Hydrologischer Längenschnitt L 3, Lage siehe Karte II



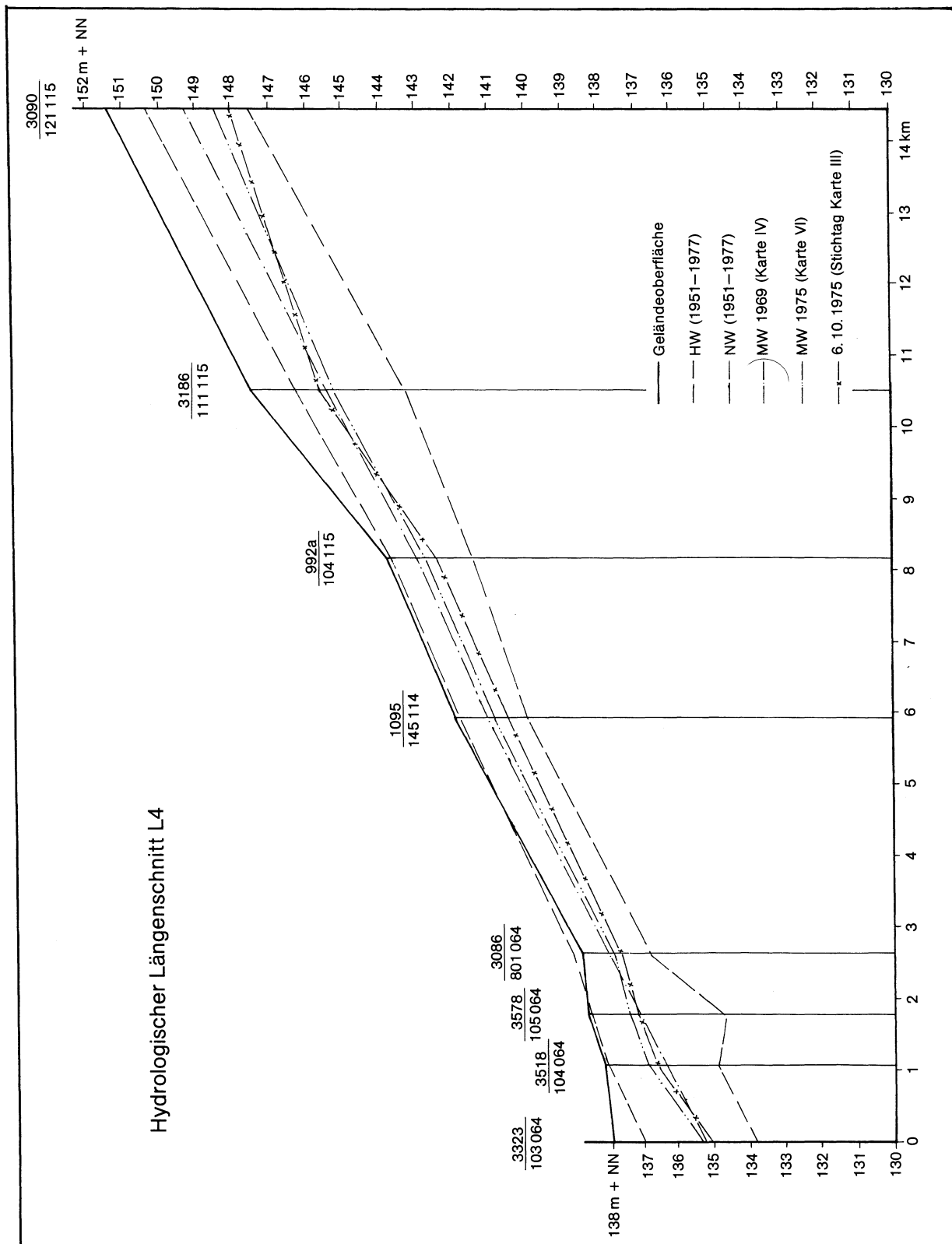


Abb. 4.5: Hydrologischer Längenschnitt L 4, Lage siehe Karte II

Geländeoberfläche folgt (siehe auch hydrogeologische Schnitte) sollten die Flurabstände in ihrer räumlichen Verteilung ein gewisses Spiegelbild der morphologischen Verhältnisse sein. So zeigt Karte IV den von N nach S abnehmenden Geländesprung des Hochgestades zwischen der Rheinaue und Niederterrasse einerseits und zwischen der Niederterrasse und der Kinzig – Murg – Niederung andererseits auch in der Verteilung der Flurabstände, die zwar in beiden Bereichen i.a. unter 2 m liegen, aber von einem von N nach S sich verjüngenden Bereich – dem Verbreitungsgebiet der Niederterrasse – mit Flurabständen bis zu 5 m und mehr voneinander getrennt werden. Diese naturräumliche Gliederung in Rheinaue, Niederterrasse und Kinzig – Murg – Niederung ist im Bereich des Mündungstrichters der Kinzig nicht mehr vorhanden; die Niederterrasse fehlt (siehe Kap. 2.9 und Karte I). Der südliche Bereich des Kartiergebietes besitzt wiederum Reste der Niederterrasse, die durch die relativ höheren Flurabstände von rd. 3 bis 5 m in einer Umgebung mit Flurabständen unter 2 m zum Ausdruck kommen.

#### 4.5.3 Niederschlag – Grundwasserstand

Die natürliche Veränderung des Grundwasserstandes wird letztlich durch die zufällige Abfolge der Niederschläge verursacht gleichgültig ob diese im jeweiligen Einzugsgebiet die Wasserführung eines Oberflächengewässers bedingen, das linienhaft mit dem Grundwasserkörper in Wechselbeziehung steht oder ob sie flächenhaft durch den Erdboden versickern, wobei zunächst ein Teil verdunstet, vom Boden zurückgehalten, von den Pflanzen gebunden bzw. wieder in die Atmosphäre abgegeben wird.

Diese räumlich und zeitlich unterschiedliche Grundwasserneubildung läßt aus dem unmittelbaren Vergleich der Niederschlags- und Grundwasserstandsganglinie den natürlichen Zusammenhang oft nur mit Hilfe geeigneter statistischer Aufbereitung der Meßwerte erkennen, zumal anthropogene Einflüsse wie z.B. Grundwasserentnahmen oder Be- und Entwässerungsmaßnahmen den natürlichen Schwankungsgang des Grundwasserstandes überlagern.

Die auf Abb. 4.6 dargestellte Ganglinie der monatlichen Niederschlagssummen der Niederschlagsstationen Achern, ist in ihrem Verlauf repräsentativ für das gesamte Kartiergebiet. Abweichungen vom Gang der Niederschlagssummen an den übrigen Stationen sind durch einzelne lokale jedoch selten auftretende Niederschlagsereignisse bedingt. Lediglich der absolute Betrag der Niederschlagssummen ist langfristig von Ort zu Ort verschieden, was durch die entsprechende Verteilung der Niederschlagsgleichen auf Karte II zum Ausdruck kommt.

Bildet man – wie auf Abb. 4.6 dargestellt – die Niederschlagssummen für das jeweilige hydrologische Halbjahr, berechnet deren Mittelwert und trägt den davon abweichenden Überschuß bzw. das Defizit nach oben bzw. unten ab, erhält man ein Kriterium zur Klassifizierung nach nassen, mittleren und trockenen Halbjahren und Jahren.

Die in den Abb. 4.7 bis 4.17 dargestellten Grundwasserstands-Ganglinien stellen die Abfolge der Monatsmittelwerte dar, die aus den wöchentlich gemessenen Grundwasserständen berechnet werden. Die Darstellung der extremen Einzelwerte geht dabei zwar verloren; zum Erkennen langfristiger Entwicklungen und großräumiger Zusammenhänge ist jedoch die Verwendung von Monatsmittelwerten der Grundwasserstände besser geeignet.

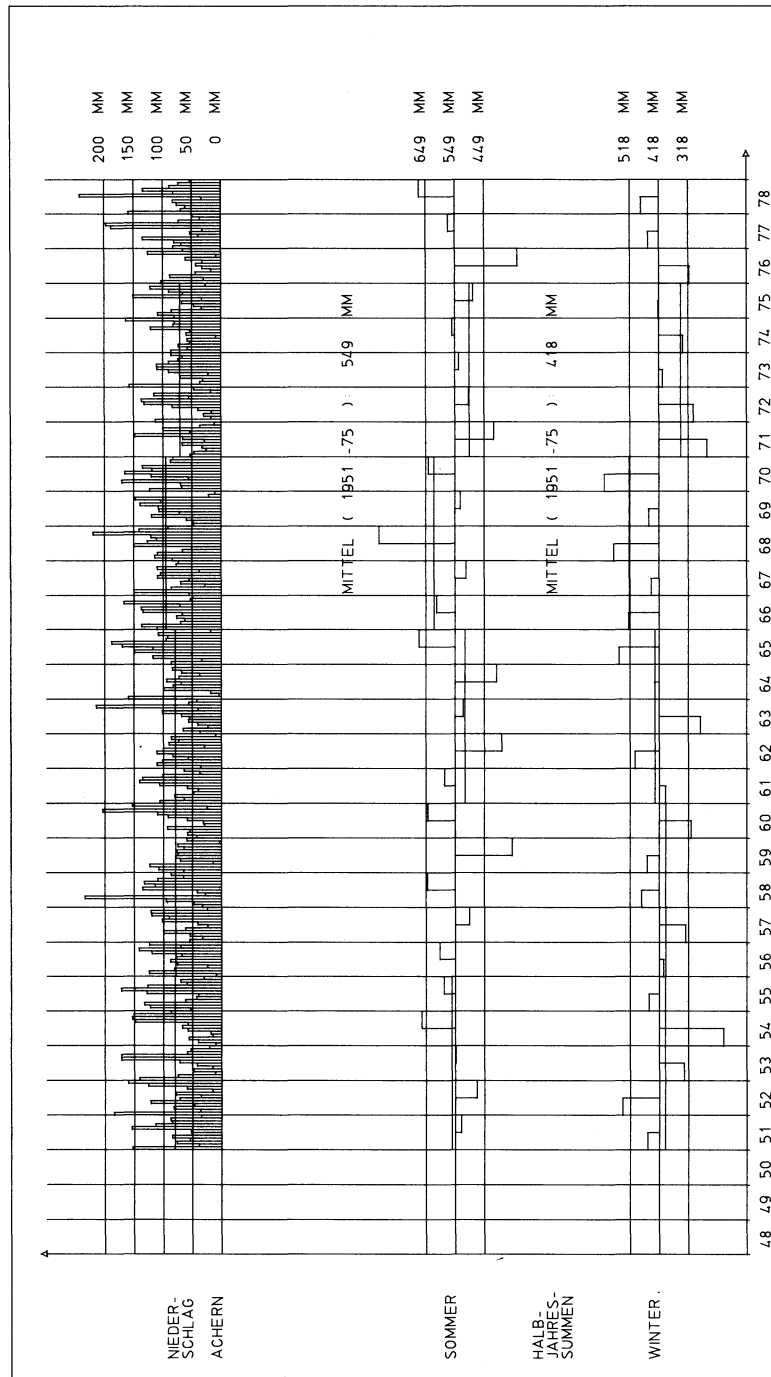
Beim Vergleich der Niederschlags- mit dem Grundwasserstands-Ganglinien ist zu beachten, daß die Grundwasserneubildung aus Niederschlag bevorzugt im Winterhalbjahr stattfindet, obwohl die Niederschlagssumme im Sommer um mehr als 100 bis 150 mm höher liegt. Dies liegt an der im Winter durch niedrigere Lufttemperatur bedingten geringeren Verdunstung und dem eingestellten Pflanzenwachstum.

So reduziert sich der Vergleich Niederschlag – Grundwasser im wesentlichen auf die Gegenüberstellung der Winterniederschlagssummen und der Grundwasserstandsganglinien. Da jedoch die Entwicklung der Grundwasserstände auch zeitlich nicht isoliert betrachtet werden kann, ist es sinnvoll, eine Gruppe von Jahren statistisch zusammenzufassen und diese dann miteinander zu vergleichen.

Dies wurde unter Verwendung von Fünfjahresmittelwerten (siehe Abb. 4.7–4.17) durchgeführt. Ist auch die Wahl des jeweiligen Intervalls willkürlich, so ist ein Vergleich dennoch möglich, wenn alle betrachteten Ganglinien in derselben Weise behandelt werden.

Ordnet man den Fünfjahresmitteln gemäß ihrer Abweichungen vom langfristigen Mittelwert der Reihe von 1951 bis 1975 die Bezeichnung naß, mittel, trocken zu, erhält man folgende Einstufung:

1951–1955	mittel
1956–1960	mittel
1961–1965	mittel
1966–1970	naß
1971–1975	trocken



**Abb. 4.6: Niederschlags-Ganglinie der Station Achern des Deutschen Wetterdienstes**

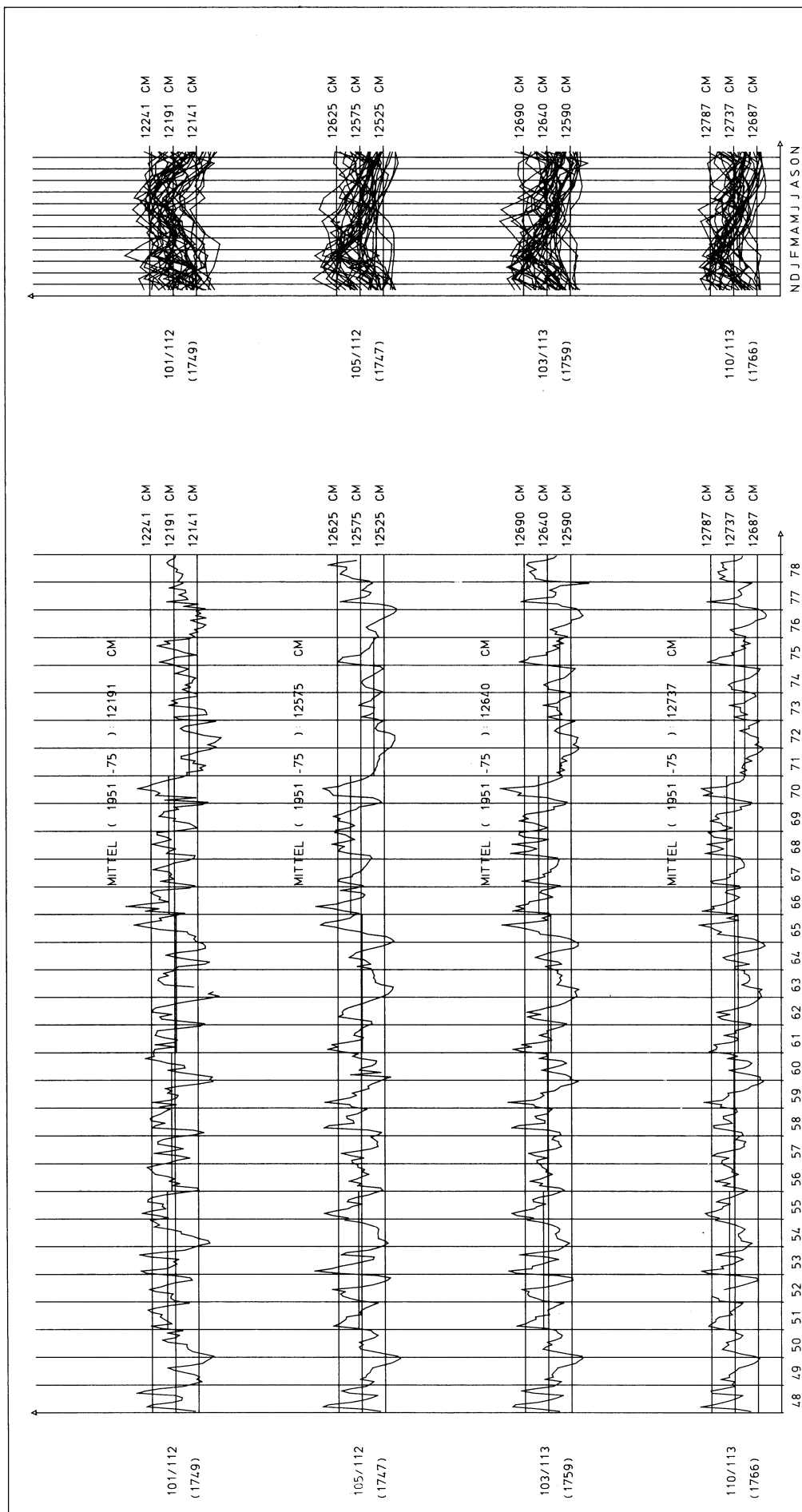


Abb. 4.7: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 1 in Abb. 4.2)

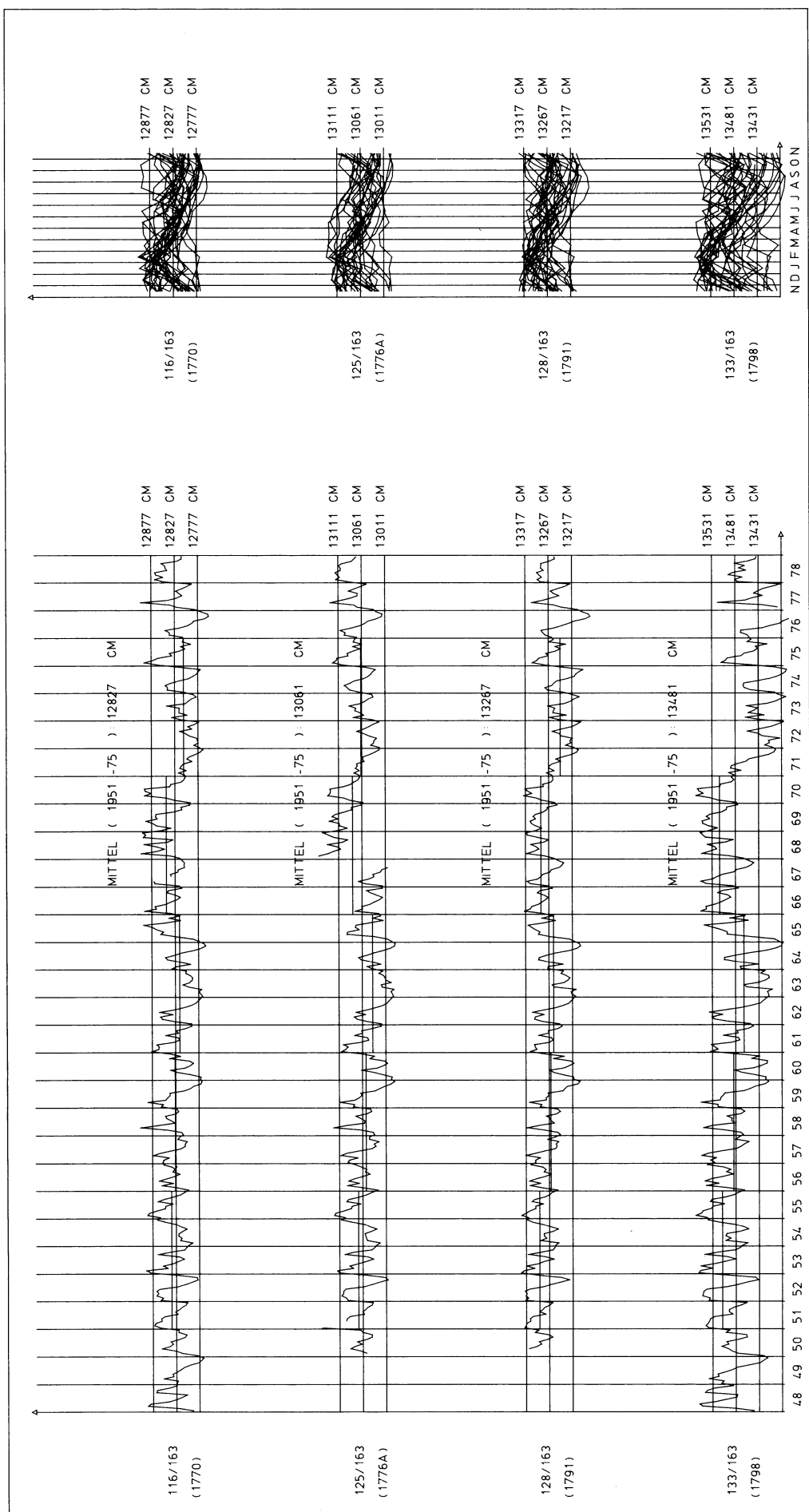


Abb. 4.8: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 1 in Abb. 4.2)



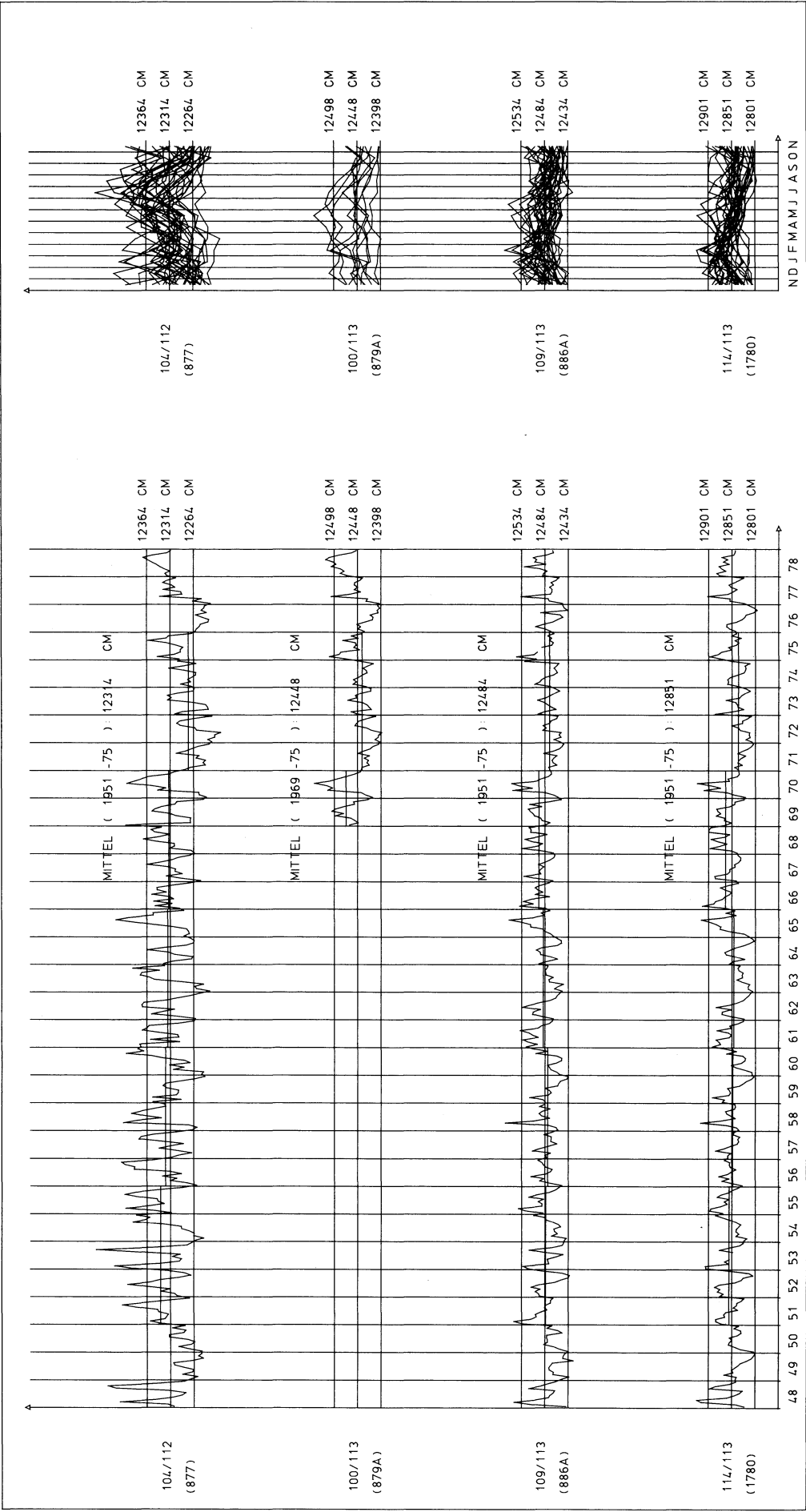


Abb. 4.9: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 2 in Abb. 4.3)

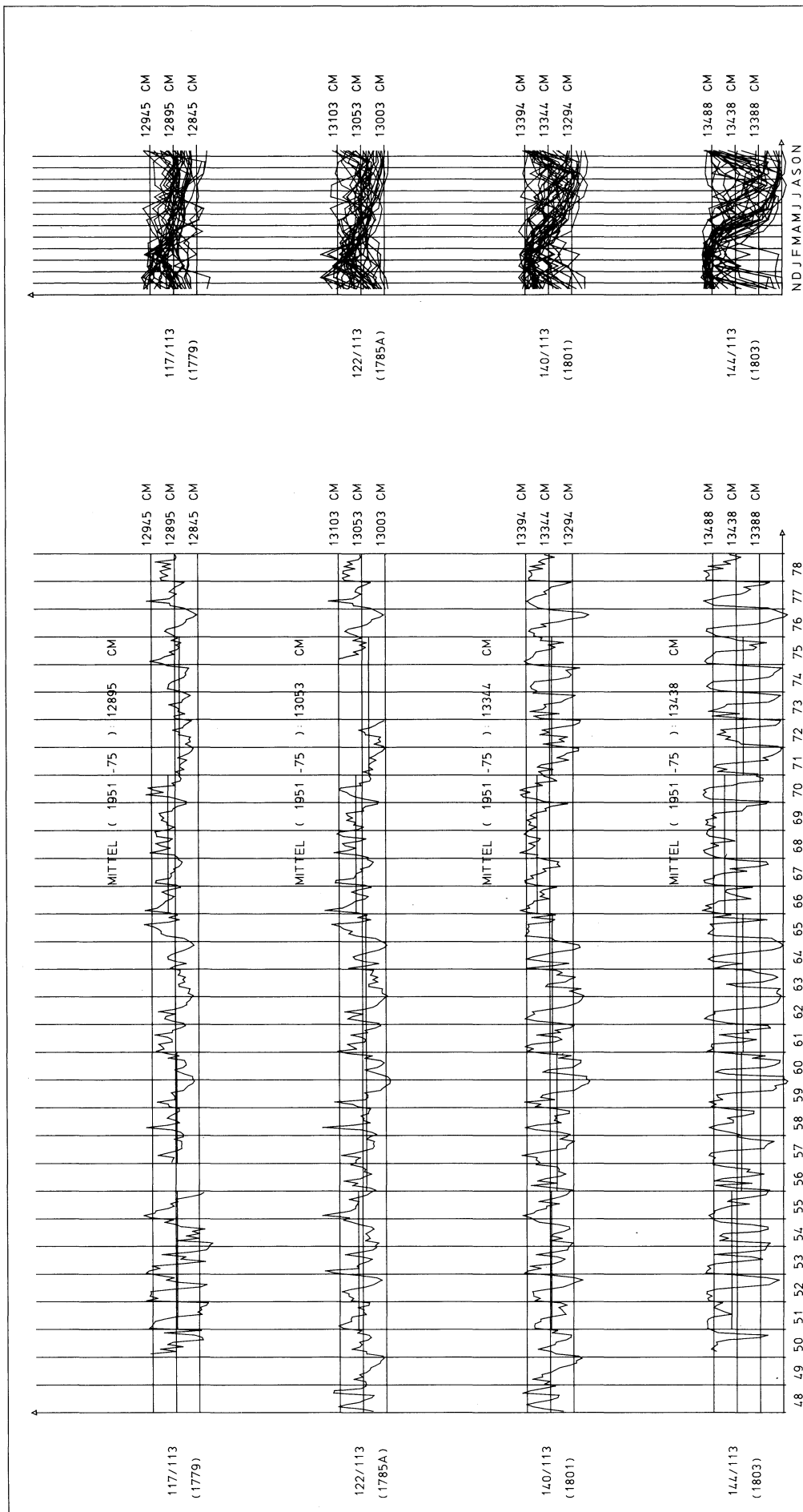


Abb. 4.10: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 2 in Abb. 4.3)

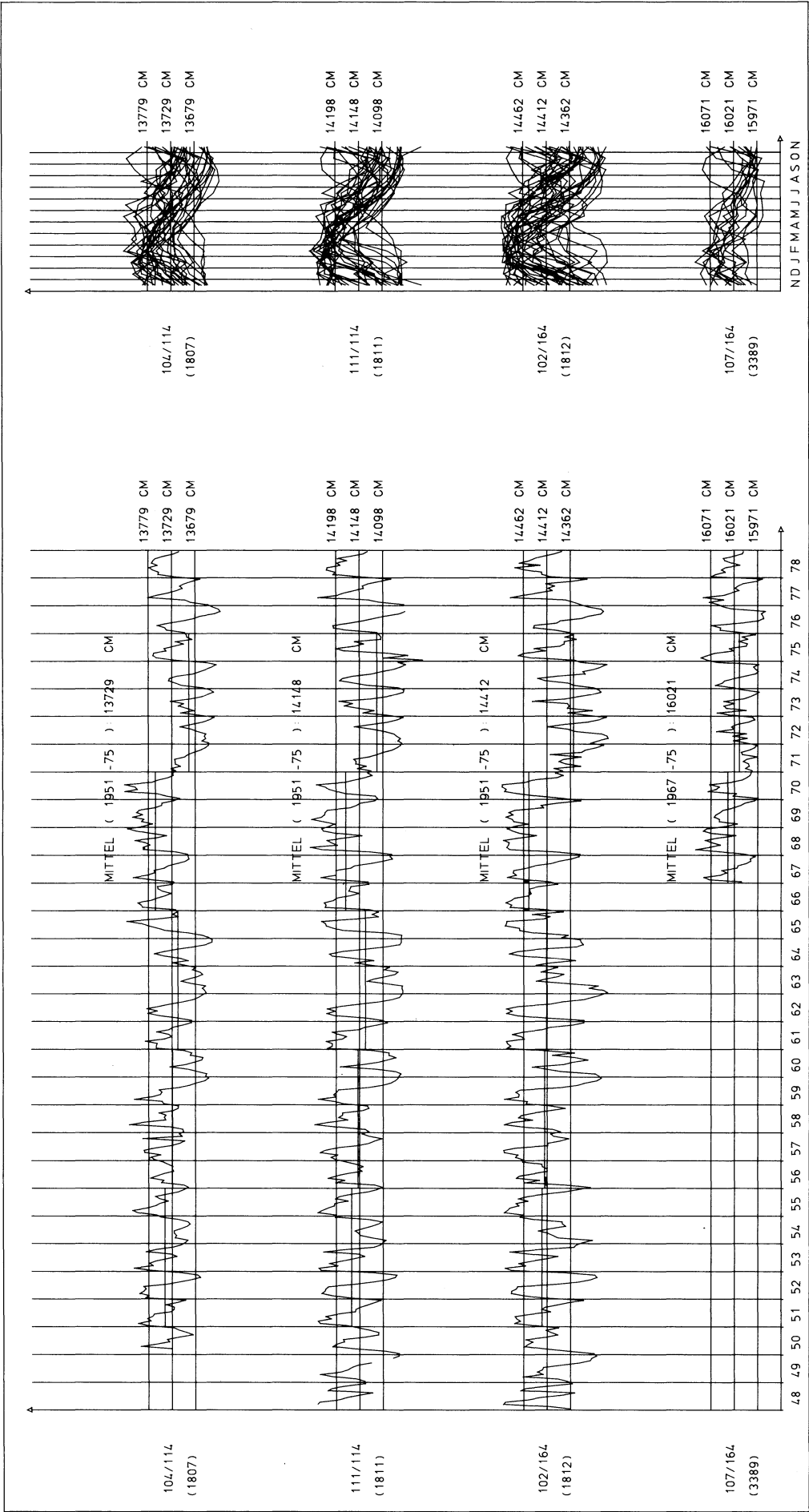


Abb. 4.11: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 2 in Abb. 4.3)

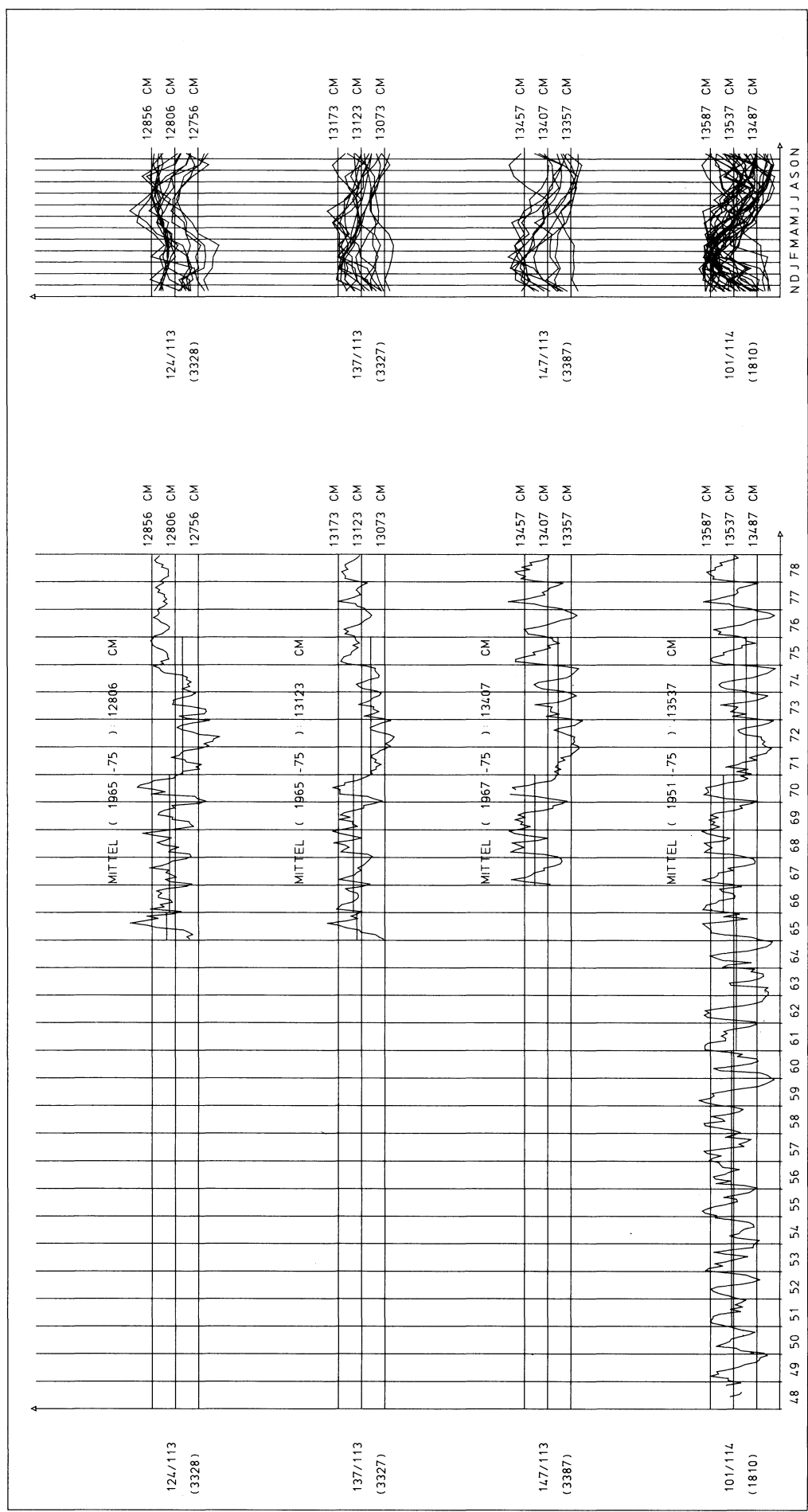


Abb. 4.12: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 3 in Abb. 4.4)

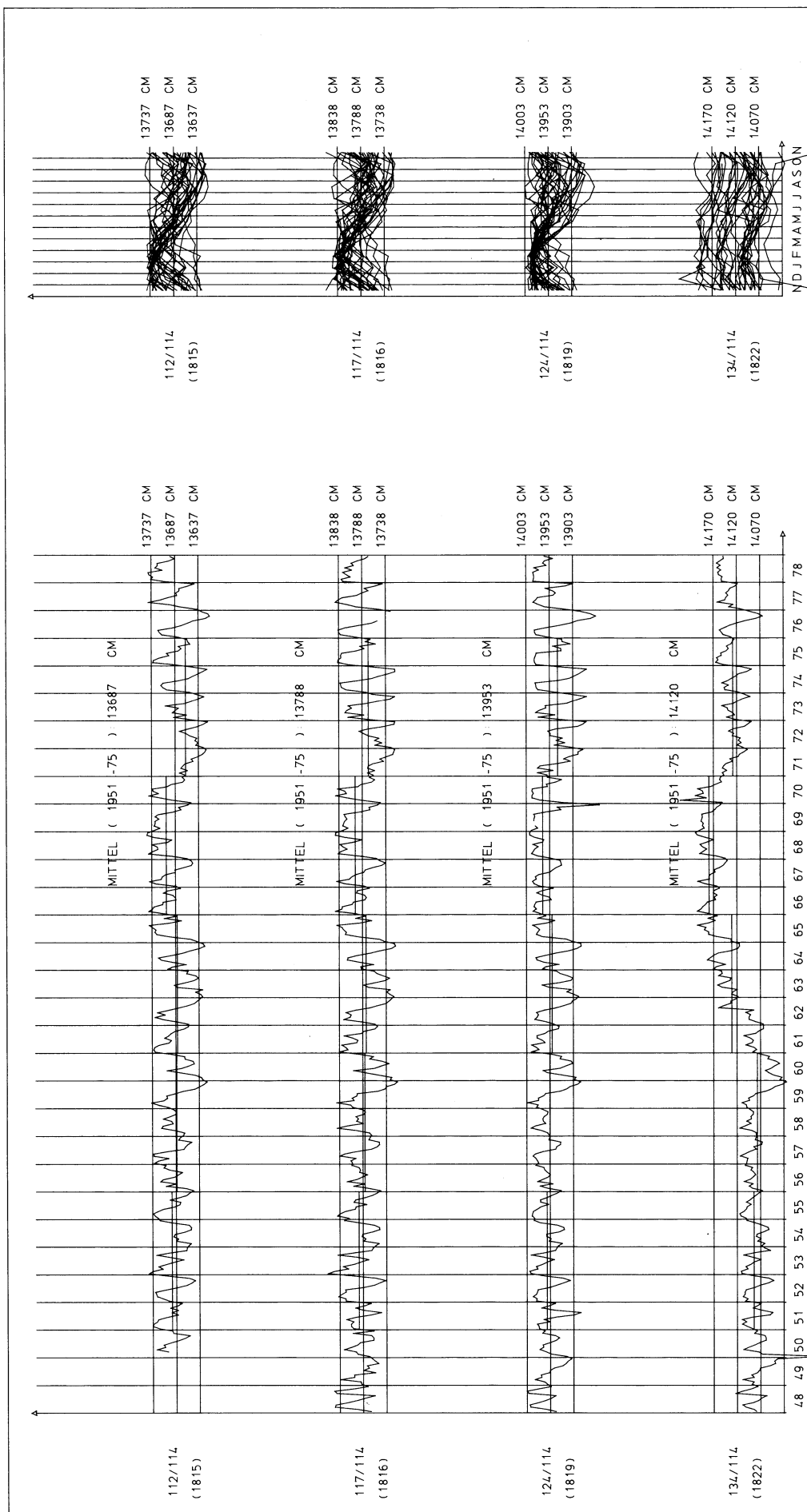


Abb. 4.13: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 3 in Abb. 4.4)



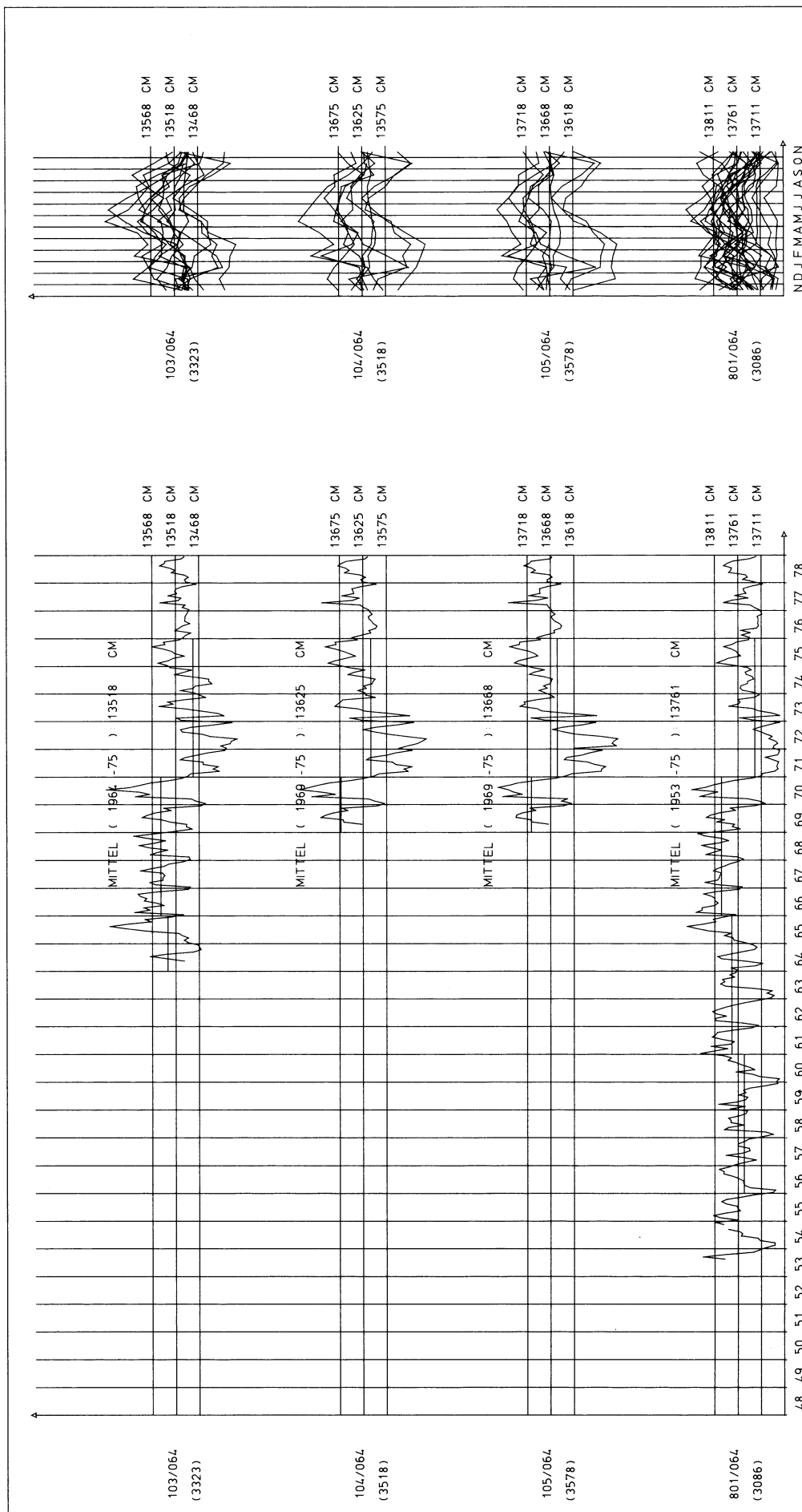


Abb. 4.14: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 4 in Abb. 4.5)

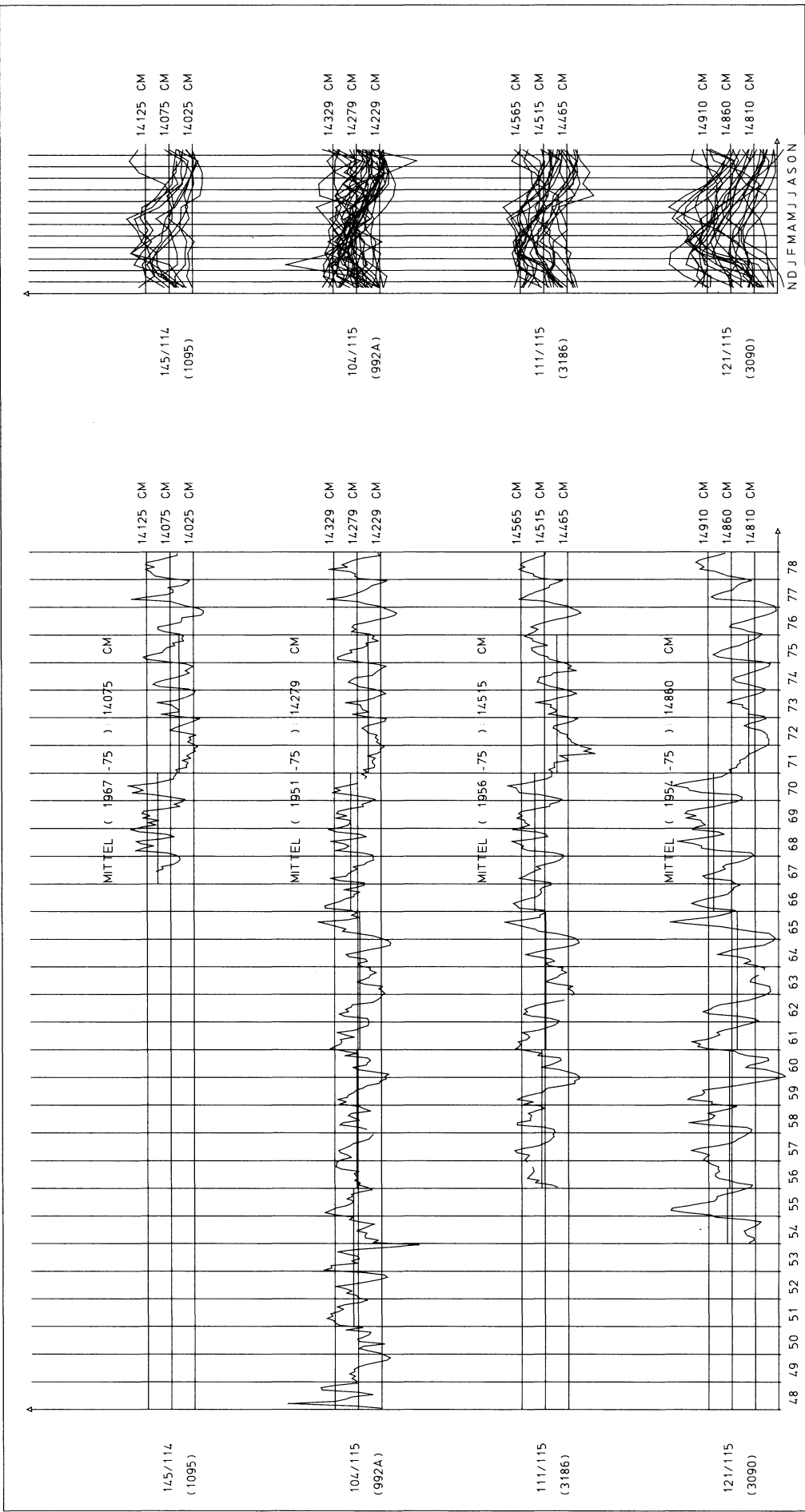
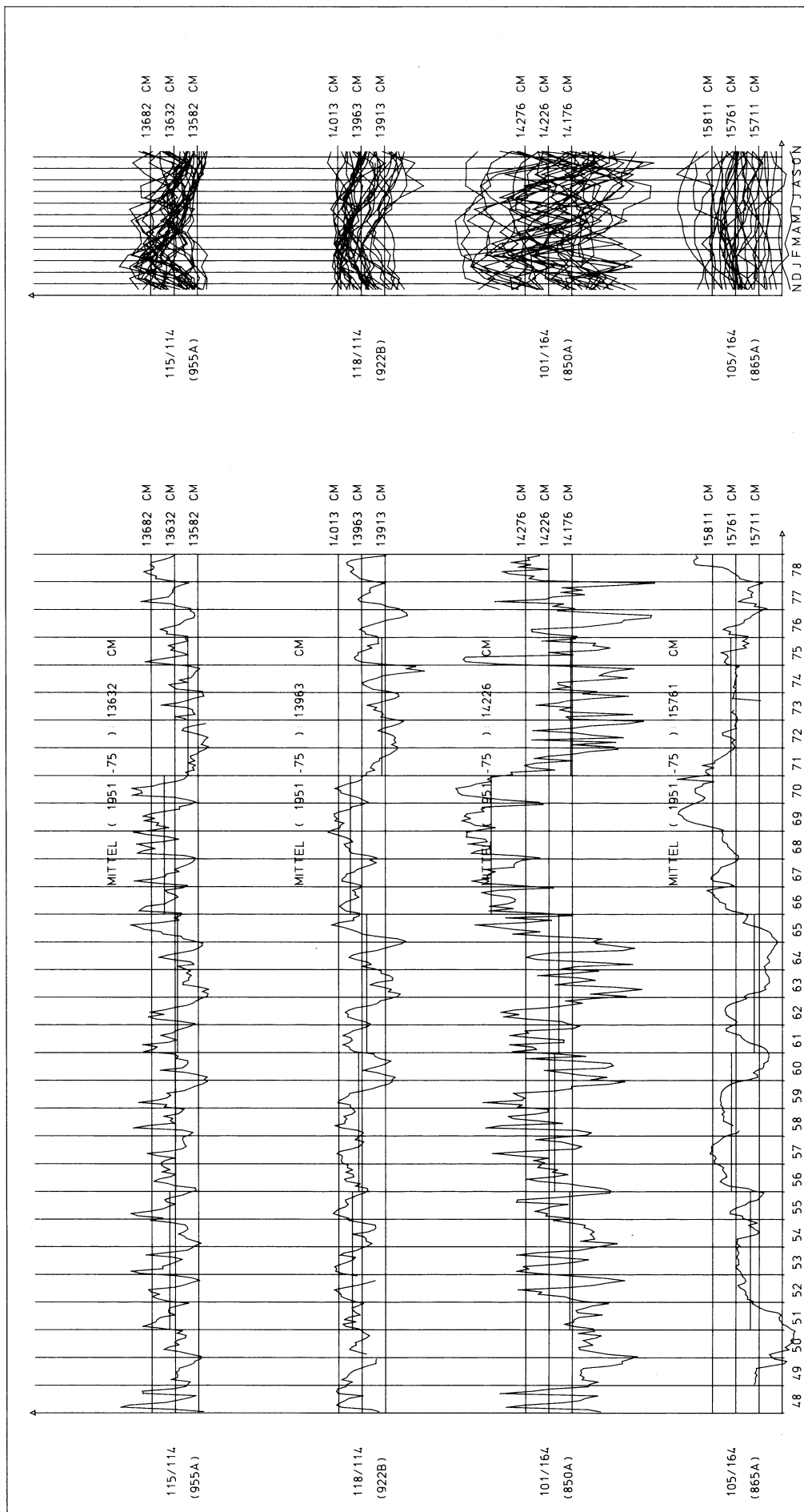


Abb. 4.15: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 4 in Abb. 4.5)



**Abb. 4.16: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II (siehe auch Hydrologischer Längenschnitt L 4 in Abb. 4.5)**

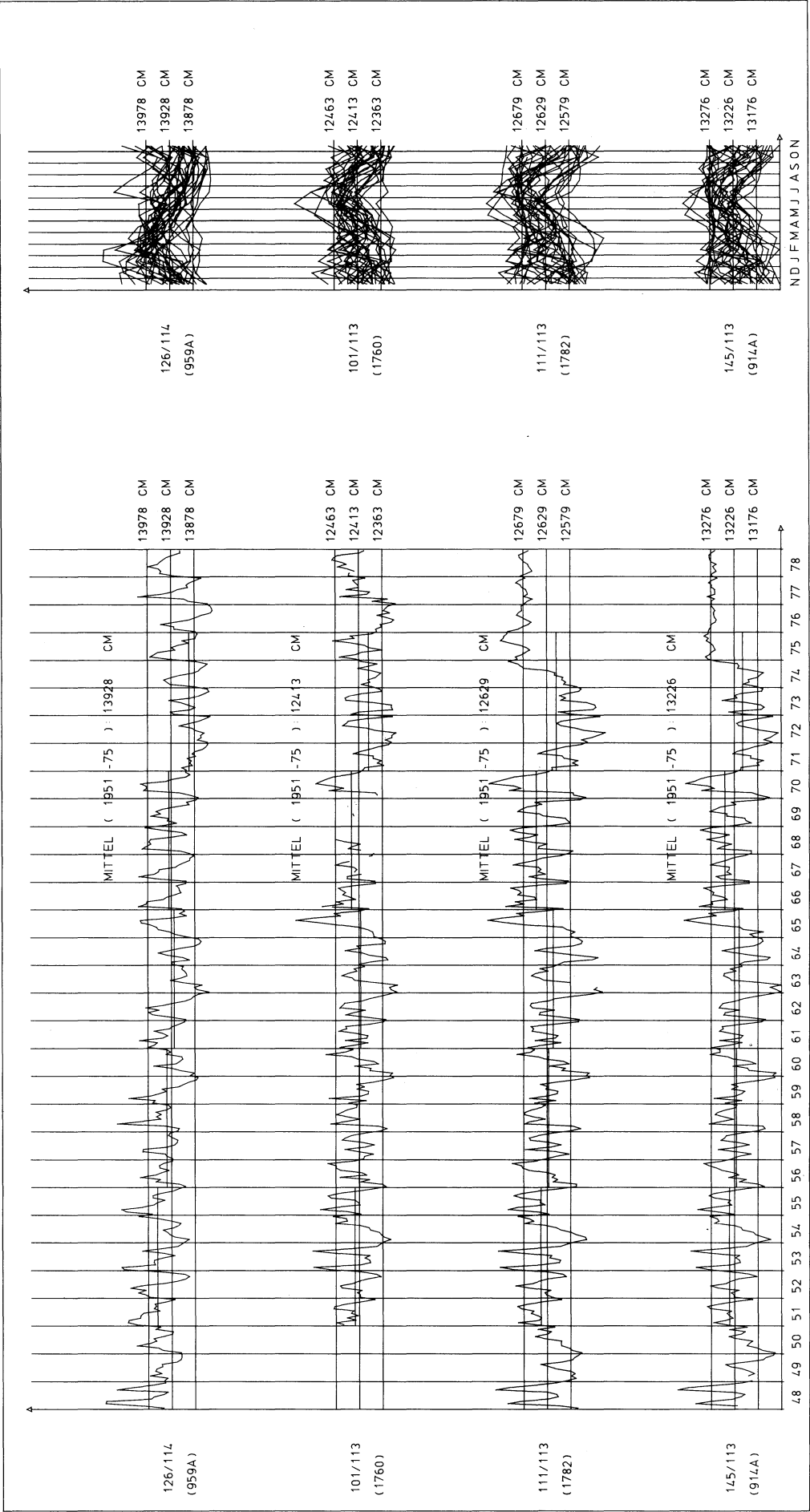


Abb. 4.17: Grundwasserstands-Ganglinien, Lage siehe Karte II

Die bei dieser Betrachtungsweise vernachlässigten Besonderheiten der Einzeljahre müssen schließlich in den endgültigen Vergleich mit der Grundwasserstandsabfolge hineingenommen werden.

Aufgrund dieser Zusammenhänge erkennt man an zahlreichen Grundwasserstandsganglinien den synchronen gleichsinnigen Verlauf mit dem für das Grundwasser ausschlaggebenden Niederschlag, d.h. die durch den Niederschlag dominierte Grundwasserstandsganglinie steigt i.a. von November bis Februar an und fällt dann kontinuierlich bis September/Okttober ab. Dies ist der charakteristische Verlauf der Grundwasserstandsganglinie im Bereich der Niederterrasse und großer Teile der Kinzig–Murg–Niederung, sofern nicht Grundwasserentnahmen, Be- und Entwässerungen u.a. den Grundwasserstandsgang verändert haben. Aus den in den Anlagen Abb. 4.7–4.17 übereinandergezeichneten Jahresganglinien der Monatsmittelwerte der wöchentlich beobachteten Grundwasserstände erkennt man besonders gut das zeitliche Zusammenfallen gleicher Ereignisse und damit die sich stets wiederholende Jahrescharakteristik.

Beispiele hierfür sind insbesondere die Ganglinien folgender Meßstellen:

126/114 (959a) (Abb. 4.17), 105/112 (1747) (Abb. 4.7), 103/113 (1759) (Abb. 4.7), 116/163 (1770) (Abb. 4.8), 112/114 (1815) (Abb. 4.13), 111/115 (3186) (Abb. 4.15), 115/114 (955a) (Abb. 4.16).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß das primär niederschlagsbeeinflusste Grundwasser im Bereich der Niederterrasse und in Teilen der Kinzig–Murg–Niederung anzutreffen ist. Der Schwankungsbereich beträgt hier in der Regel 1 bis 2 m, wobei die Mehrzahl der betrachteten Ganglinien eine Schwankungsbreite von rund 1,5 m besitzt.

#### 4.5.4 Grundwasserneubildung aus Niederschlag

Die Kenntnis des Betrages der Grundwasserneubildung sowohl linienhaft aus Oberflächengewässern wie flächenhaft aus Niederschlag ist einerseits Voraussetzung zur Berechnung des Wasserhaushalts und andererseits Beurteilungsgrundlage der Auswirkungen anthropogener Einflüsse auf das Grundwasser in quantitativer wie qualitativer Hinsicht.

Durch die Auswertung von Lysimeterdaten sowie durch Verdunstungsberechnungen nach PENMAN und HAUDE unter Berücksichtigung der Korrektur der potentiellen Verdunstung in Abhängigkeit von der Wasserspeicherung im Boden nach RENGIER (I. u. II. Bericht der LFU/IWA, 1975) wurden im Bereich des Untersuchungsgebietes für die Grundwasserneubildung aus Niederschlag folgende Ergebnisse ermittelt: Entsprechend dem zunehmenden Niederschlag vom Rhein zum Schwarzwald in NE-Richtung von etwa 750 mm/a bis 1000 mm/a steigen die Werte für die Grundwasserneubildung generell an. Im Bereich der Rheinaue liegen die Spendenwerte zwischen 0 und 6 l/s·km<sup>2</sup>. In der Kinzig–Murg–Niederung nehmen die Werte zu und erreichen im NE 13 l/s·km<sup>2</sup>. Im Bereich der Niederterrasse im Nordteil des Kartiergebietes liegen die Spendenwerte mit 9 und 10 l/s·km<sup>2</sup> ebenfalls relativ hoch.

Das Bild einer gesetzmäßigen stetigen Steigerung der Neubildungswerte in Richtung zunehmender Niederschläge wird durchbrochen durch den Einfluß unterschiedlicher Flächennutzungen von Acker und Wiese, Wald oder Bebauung auf gleicher Deckschicht bzw. Böden mit gleicher nutzbarer Feldkapazität sowie durch weite Bereiche mit Flurabständen unter 1 m, wo ein Vergleich des langjährigen mittleren Niederschlags mit der potentiellen Verdunstung sehr geringe Werte für die Grundwasserneubildung aus Niederschlag ergibt. Der Gebietsmittelwert liegt bei etwa 5 l/s·km<sup>2</sup>.

#### 4.5.5 Oberflächenwasser-Grundwasser

Ein Oberflächengewässer, das linienhaft mit dem Grundwasser in Beziehung steht, kann einerseits mit seiner Sohle immer über der Grundwasseroberfläche liegen und somit stets Wasser in den Untergrund abgeben; es kann andererseits stets ein Gefälle von der Grundwasseroberfläche zum Wasserspiegel des Gewässers bestehen und damit das Gewässer stets Grundwasser abführen; außerdem kann im Laufe der Zeit an ein und derselben Stelle die Differenz zwischen Grund- und Oberflächenwasserspiegel zum einen Grundwasserabgabe, zum anderen Grundwasserabfuhr bewirken.

Die Grundwasserstandsganglinie insbesondere in ihrer jahresperiodischen Charakteristik gibt je nach ihrer Entfernung von dem sie beeinflussenden Oberflächengewässer mit entsprechender Deutlichkeit Auskunft über den Grad des Zusammenhangs zwischen den Wasserstandsschwankungen im Oberflächen- und Grundwasser.

Während die Grundwasseroberfläche im Bereich der Niederterrasse primär auf die Niederschläge reagiert, erkennt man in der Rheinaue sowie in der Nähe der Oberflächengewässer im Bereich der Kinzig–Murg–Niederung den dominanten Einfluß der Oberflächengewässer auf die Schwankungen des Grundwasserstandes.

Beispiele für die Rheinaue sind die Ganglinien der Meßstellen 101/112 (1749) (Abb. 4.7), 104/112 (877) (Abb. 4.9), 101/113 (1760) (Abb. 4.17), 111/113 (1782) (Abb. 4.17), 145/113 (914a) (Abb. 4.17), 103/064 (3223) (Abb. 4.14), 104/064 (3518) (Abb. 4.14), 105/064 (3578) (Abb. 4.14) und 801/064 (3086) (Abb. 4.14).



Der Jahresgang dieser Grundwasserstände zeigt eine ähnliche Charakteristik wie der des Rheinwasserstandes mit niedrigen Werten im Winter und Frühjahr und höheren im Sommer und Herbst, wobei die Maxima im Juni und Juli liegen.

Die zeitweilige Vorflutfunktion eines Oberflächengewässers zeigt besonders deutlich die Ganglinie der in der Nähe des Rench-Flutkanals gelegenen Meßstelle 144/113 (1803) (Abb. 4.10).

Ein bestimmter Grundwasserstand wird hier nicht überschritten; d.h., daß das Grundwasser ab dieser Höhe in das Oberflächengewässer austritt.

Zusammenfassend stellt man fest, daß im Untersuchungsgebiet insbesondere in der Rheinaue und in der Nähe der Oberflächengewässer der Kinzig – Murg – Niederung ein enger Zusammenhang zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser besteht. Dies wird auch durch den weithin geringen Flurabstand belegt.

#### **4.5.6 Grundwasserneubildung aus Oberflächengewässern**

Die Austauschvorgänge zwischen Oberflächen- und Grundwasser sind von einer Vielzahl physikalischer, chemischer und biologischer Faktoren abhängig. Diese Faktoren bedingen den Grad der Selbstdichtung von Gewässerbetten, in denen insbesondere stark schweb- und schmutzstoffbelastetes Wasser abfließt.

Auf dem Hintergrund der Bedeutung der Oberflächengewässer der Rheinebene für den Grundwasserhaushalt ist es besonders wichtig, die Austauschmenge zwischen Oberflächenwasser und Grundwasser zu kennen. Der gegenwärtige Kenntnisstand läßt jedoch darüber i.a. nur Schätzungen zu.

Nach Angabe des Wasserwirtschaftsamtes Offenburg können über die Wechselbeziehung zwischen Oberflächen- und Grundwasser im Untersuchungsgebiet folgende Aussagen gemacht werden (siehe Abb. 4.18):

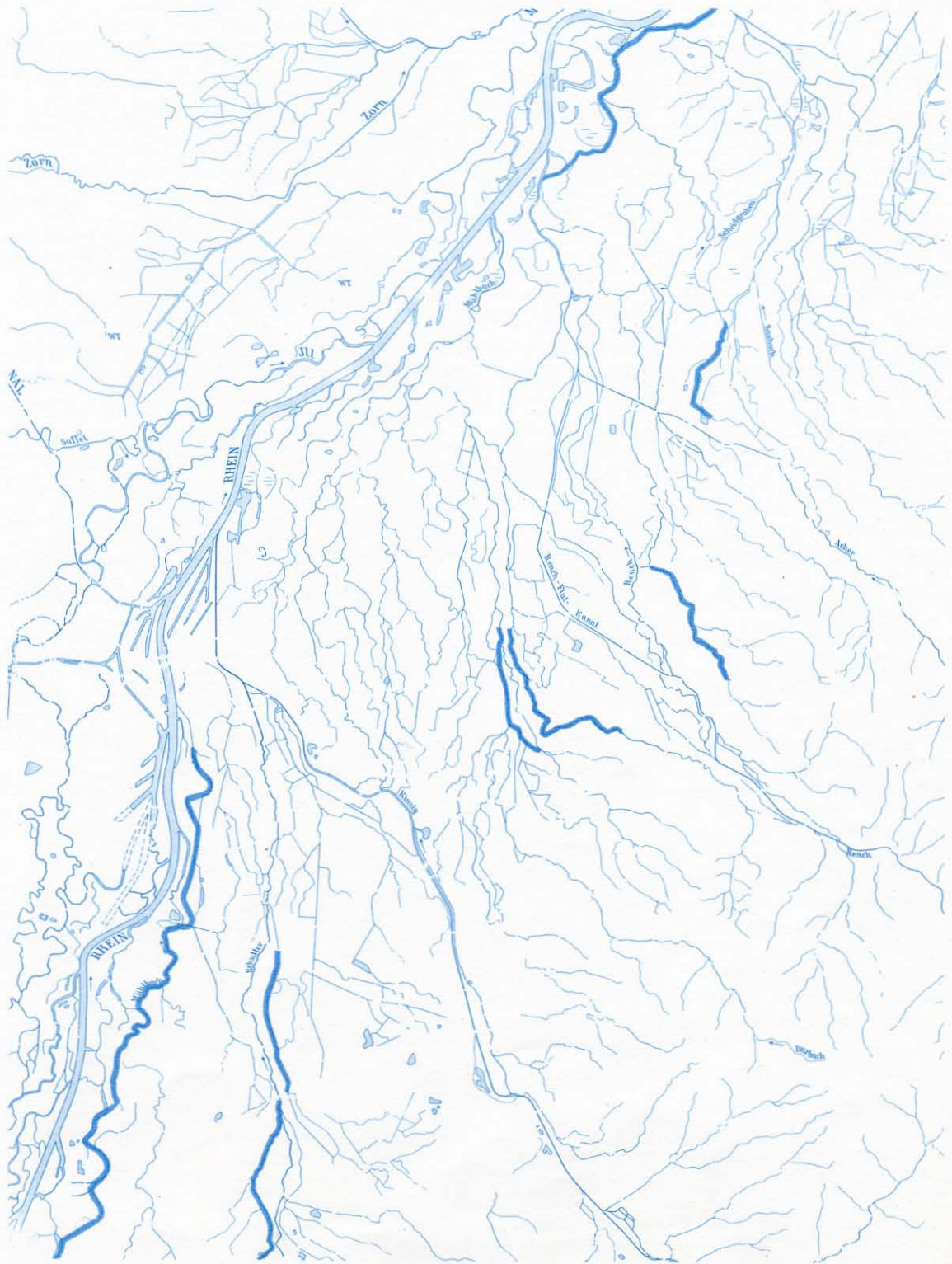
1. Ottenheimer Mühlbach  
Abflußmessungen am Mühlbach im Jahre 1959 ergaben im Mittel 20–30 l/s·km<sup>2</sup> Grundwasserneubildung.
2. Unditz  
Die Unditz ist überwiegend ein Grundwasservorfluter. Bei extremen Trockenperioden gibt sie Wasser in den Untergrund ab und trocknet sogar streckenweise ganz aus.
3. Tieflachkanal  
Das Gewässer verhält sich wie die Unditz, jedoch fällt der Kanal nie ganz trocken.
4. Acher–Rench–Korrektions-Gebiet (siehe Kap. 4.4)
  - 4.1 Ansenbach zwischen Ulm und Renchen
  - 4.2 DKW-Kanal im Bereich Durbach–Kamm bach–Wannenbach
  - 4.3 Stangenbach auf Gemarkung Urloffen
  - 4.4 Schwarzwasser auf den Gemarkungen Gamshurst und Grossweier
  - 4.5 Rheinniederungskanal ab Helmlingen bis Stollhofen

Die Austauschvorgänge zwischen den Oberflächengewässern und dem Grundwasser sind durch die Anlage der Flutkanäle und zahlreicher Entwässerungsgräben bestimmt. Grundsätzlich haben diese Oberflächengewässer Grundwasservorflutfunktion, ausgenommen bei niedrigem Grundwasserstand.

#### **4.5.7 Zustrom vom Gebirgsrand**

Der Grundwasserkörper des Rheingrabens erfährt neben der flächenhaften Neubildung aus Niederschlag sowie der linienhaften aus Oberflächengewässern einen weiteren Zufluß vom Gebirgsrand des Schwarzwaldes sowohl oberflächlich wie oberflächennah und unterirdisch. Es gelingt nur schwer, diese Komponenten direkt zu messen bzw. mit der erforderlichen Genauigkeit zu berechnen. In die folgende Bilanzberechnung gehen diese Komponenten deshalb auch als Summe ein, wobei der Teil der Niederschlagsneubildung zwischen dem oberen Querschnitt des jeweiligen Teilbereiches und dem Gebirgsrand im Wert "Grundwasserzustrom" G<sub>z</sub> ebenfalls enthalten ist. Eine grobe Abschätzung läßt jedoch den Schluß zu, daß im Bereich der Kinzig, Rench und Acher wo der Gebirgsrand zurückweicht und eine größere Fläche der Niederschlagsneubildung zur Verfügung steht, dieser Anteil etwa 50 % des Grundwasserzustroms beträgt, d.h. daß der Zustrom vom Gebirgsrand etwa 50 % des Grundwasserzustroms beträgt. Dies gilt also für die Teilgebiete 2, 3, 5 und teilweise 6 (siehe Abb. 5). Gebiet 4 und teilweise Gebiet 6 erhalten etwa 2/3 G<sub>z</sub> als Zustrom vom Gebirgsrand.

Zusammenfassend hat damit der Zustrom vom Gebirgsrand des Schwarzwaldes zwischen Niederschopfheim und Achern die Größenordnung von 30 l/s·km.



**Abb. 4.18:** Oberflächengewässer mit den Abschnitten (hellblau), für die ein nennenswerter Austausch mit dem Grundwasser bekannt ist.



## 5. Grundwasserbilanzen für Teilgebiete

Nach dem bisherigen Kenntnisstand ist eine erste überschlägige Grundwasserbilanzierung möglich.

Dies geschieht hier für Teilgebiete des Grundwasserkörpers, die durch Grundwasserhöhen- und Stromlinien begrenzt sind (siehe Abb. 5 und Karte III).

Die unterschiedliche Größe und Form der einzelnen Teilgebiete ergab sich u.a. durch die Absicht, den Eintrittsquerschnitt so nahe wie möglich an den Schwarzwaldrand und den Austrittsquerschnitt so nahe wie möglich an die Rheinaue zu legen. Die Rheinaue selbst wurde aufgrund ihrer stark wechselnden hydrologischen Verhältnisse nicht zur Bilanzierung herangezogen.

Die Ausgangsdaten der Berechnung sind:

- |  |                |
|--|----------------|
| – Die Grundwasserhöhenlinien und damit das Gefälle der Grundwasseroberfläche | J              |
| – Die Transmissivitätsverteilung   | T              |
| – Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag                                 | G <sub>N</sub> |
| – Die Grundwasserentnahmen   | Q <sub>E</sub> |

Mit der Breite B des durchströmten Querschnittes eines Teilgebietes erhält man nach der Beziehung

$$G_{z,A} = B \cdot T \cdot J$$

- |  |                |
|--|----------------|
| – den Grundwasserzustrom in das betrachtete Teilgebiet   | G <sub>Z</sub> |
| – den Grundwasserabstrom aus dem betrachteten Teilgebiet | G <sub>A</sub> |

Die Grundwasserbilanzgleichung lautet:

$$G_Z + G_N + G_V - Q_E - G_A = 0$$

- |   |                |
|---|----------------|
| – mit der Grundwasserneubildung durch Versickerung von Oberflächengewässern | G <sub>V</sub> |
|---|----------------|

Mit den unabhängig voneinander bestimmten Komponenten G<sub>Z</sub>, G<sub>N</sub>, G<sub>A</sub> und Q<sub>E</sub> wurde die Unbekannte G<sub>V</sub> berechnet; siehe Tabelle 5 Zeile 17.

Geht man davon aus, daß zumindest die Größenordnungen der Werte für die einzelnen Bilanzglieder in ihrer Relation zueinander realistisch sind, da in einer derartigen Wasserhaushaltsbetrachtung Ungenauigkeiten aus Mangel an der nötigen Zahl gesicherter Meßdaten und aus Gründen der Verallgemeinerung im methodischen Vorgehen nie zu vermeiden sind, ergibt sich aus den Zahlen der Tabelle folgende Beurteilung:

Gebiet 1: Aufgrund der Lage des Zustromquerschnittes relativ weit vom Gebirgsrand entfernt, nimmt der unterirdische Zustrom mit 720 l/s bzw. 94 l/s-km den mit Abstand höchsten Wert im Vergleich mit den anderen Teilgebieten an. Die relativ geringe Neubildung aus Niederschlag von 80 l/s bzw. 2 l/s-km<sup>2</sup> und die ebenso geringen Grundwasserentnahmen von rund 10 l/s ergeben mit einem Grundwasserabstrom von 600 l/s bzw. 214 l/s-km für die Oberflächengewässer die Funktion der Vorflut mit einem Grundwasserabzug von 190 l/s. Dies sind 31 % der Summe von unterirdischem Grundwasserabstrom und Entnahme.

Gebiet 2: Hier stehen dem Abstrom G<sub>A</sub> von 460 l/s bzw. 135 l/s-km ein Zustrom G<sub>Z</sub> von 480 l/s bzw. 73 l/s-km mit einer wie in Gebiet 1 geringeren Niederschlagsneubildung von 70 l/s bzw. 2 l/s-km<sup>2</sup> gegenüber. Das bedeutet für die Oberflächengewässer auch noch Vorflutfunktion, jedoch sind die 90 l/s bzw. 20 % ein Wert, der eine genauere Absicherung erfordert.

Gebiet 3: Der Zustrom G<sub>Z</sub> von 200 l/s bzw. 61 l/s-km und die relativ hohe Neubildung aus Niederschlag mit 240 l/s bzw. 7 l/s-km<sup>2</sup> wird von einer relativ hohen Entnahme mit 110 l/s beansprucht. Mit einem unterirdischen Abstrom von 300 l/s bzw. 104 l/s-km ergeben sich aus der Rechnung immer noch eine Menge von 30 l/s bzw. 7 %, die die Kinzig in der Gesamtbilanz dem Grundwasser entzieht. Jedoch liegen diese Werte im Bereich der Fehlergrenzen.

Gebiet 4: mit den Werten G<sub>Z</sub> = 160 l/s bzw. 50 l/s-km und einer dem Gebietsmittel naheliegenden Neubildung aus Niederschlag von rund 4 l/s-km<sup>2</sup>, d.h. 200 l/s ergibt sich bei einem Abstrom G<sub>A</sub> = 410 l/s bzw. 111 l/s-km und Q<sub>E</sub> = 10 l/s für die Oberflächengewässer ein Betrag von 60 l/s Einspeisung in das Grundwasser. Dieser relativ kleine Wert von 14 % liegt wohl in der Tendenz richtig, muß jedoch zusammen mit der Neubildung aus Niederschlag genauer bestimmt werden.

Gebiet 5: Als Funktion der zunehmenden Niederschläge liegt sowohl die Neubildung aus Niederschlag mit 300 l/s bzw. 6 l/s·km<sup>2</sup> wie auch der unterirdische Zustrom mit 460 l/s bzw. 73 l/s·km über dem Gebietsmittel. Gegenüber stehen geringe Entnahmen von rund 5 l/s und ein Abstrom von 1070 l/s bzw. 149 l/s·km. Das ergibt für die Oberflächengewässer eine Neubildung durch Versickerung von 315 l/s bzw. 29 %.

Gebiet 6: Das niederschlagsreichste Teilgebiet zeigt sich in 7 l/s·km<sup>2</sup> Neubildungsspende aus Niederschlag, das sind 340 l/s, zu denen ein Grundwasserzustrom von 330 l/s bzw. 58 l/s·km kommt. Sehr geringe Entnahmen von 3 l/s und ein Abstrom von 874 l/s bzw. 156 l/s·km ergeben 207 l/s bzw. 24 % Grundwasserneubildung durch Versickerung von Oberflächengewässern.

Insgesamt erkennt man aus den Zahlen der Tabelle 5:

Der Grundwasserzustrom  $G_z$  beträgt 58 bis 73 l/s·km (Ausnahme: Gebiet 1 mit 94 l/s·km aufgrund der großen Entfernung vom Gebirge)

Der Grundwasserabstrom  $G_A$  beträgt 104 bis 156 l/s·km (Ausnahme: Gebiet 1 mit 214 l/s·km)

Verglichen mit dem Randzustrom aus dem Schwarzwald in der Größenordnung von 30 l/s·km liegen die Werte für den unterirdischen Zustrom in den gewählten Querschnitten etwa bei dem Doppelten (siehe Kap. 4.5.7).

Vergleicht man Zu- und Abstrom des jeweiligen Teilgebietes – dies gilt auch für Gebiet 1 –, so liegt der spezifische Abstrom des Grundwassers jeweils etwa doppelt so hoch wie der Zustrom (Ausnahme: Gebiet 6 mit dem etwa Dreifachen). Da einerseits die Werte für die Neubildung aus Niederschlag einer ersten überschlägigen Ermittlung entstammen und andererseits auch mit diesen Werten die Beträge für die Austauschmengen der Oberflächengewässer mit dem Grundwasser bestimmt wurden, muß hier eine genauere Untersuchung beginnen.

Die Vorflutfunktion der Oberflächengewässer im Süden sowie deren Einspeisung ins Grundwasser im Norden des betrachteten Gebietes als Gesamtbilanzierungsergebnis deckt sich jedoch in der Tendenz auch mit den Untersuchungsergebnissen der Grundwasserbeschaffenheit.

1 Gebiet	①	②	③	④	⑤	⑥	Summe ① bis ⑥	[Mio m³/a]
2 Breite des Zustromquerschnitts, B <sub>Z</sub> [km]	7,7	6,6	3,3	3,2	6,3	5,7	32,8	
3 Grundwassergefälle im Bereich von B <sub>Z</sub> , I <sub>Z</sub> [‰]	0,7	0,9	1,4	1,4	1,2	1,2		
4 Transmissivität im Bereich von B <sub>Z</sub> , T <sub>Z</sub> [m²/s · 10 <sup>-3</sup> ]	134	81	43	36	61	48		
5 Breite des Abstromquerschnitts, B <sub>A</sub> [km]	2,8	3,4	2,9	3,7	7,2	5,6	25,6	
6 Grundwassergefälle im Bereich von B <sub>A</sub> , I <sub>A</sub> [‰]	1,0	1,1	0,8	0,9	1,1	1,3		
7 Transmissivität im Bereich von B <sub>A</sub> , T <sub>A</sub> [m²/s · 10 <sup>-3</sup> ]	214	123	129	123	135	120		
8 Fläche F [km²]	39	35	33	51	52	47	257	
9 Grundwasserzustrom G <sub>Z</sub> [l/s]	720	480	200	160	460	330	2350	74
10 Grundwasserzustrom [l/s · km]	94	73	61	50	73	58	72	
11 Grundwasserneubildung aus Niederschlag G <sub>N</sub> [l/s]	80	70	240	200	300	340	1230	39
12 Summe (G <sub>Z</sub> + G <sub>N</sub> ) [l/s]	800	550	440	360	760	670	3580	113
13 Grundwasserentnahme Q <sub>E</sub> [l/s]	10	0	110	10	5	3	138	5
14 Grundwasserabstrom G <sub>A</sub> [l/s]	600	460	300	410	1070	874	3714	117
15 Grundwasserabstrom G <sub>A</sub> [l/s · km]	214	135	104	111	149	156	169	
16 Summe (Q <sub>E</sub> + G <sub>A</sub> ) [l/s]	610	460	410	420	1075	877	3852	122
17 Grundwasserneubildung aus Oberflächen- gewässern (Differenz Zeile 16–12) G <sub>V</sub> [l/s]	–190	–90	–30	60	315	207	272	9
18 [% von Zeile 16]	31	20	7	14	29	24	7	

**Tab. 5: Grundwasserbilanzen für Teilgebiete**



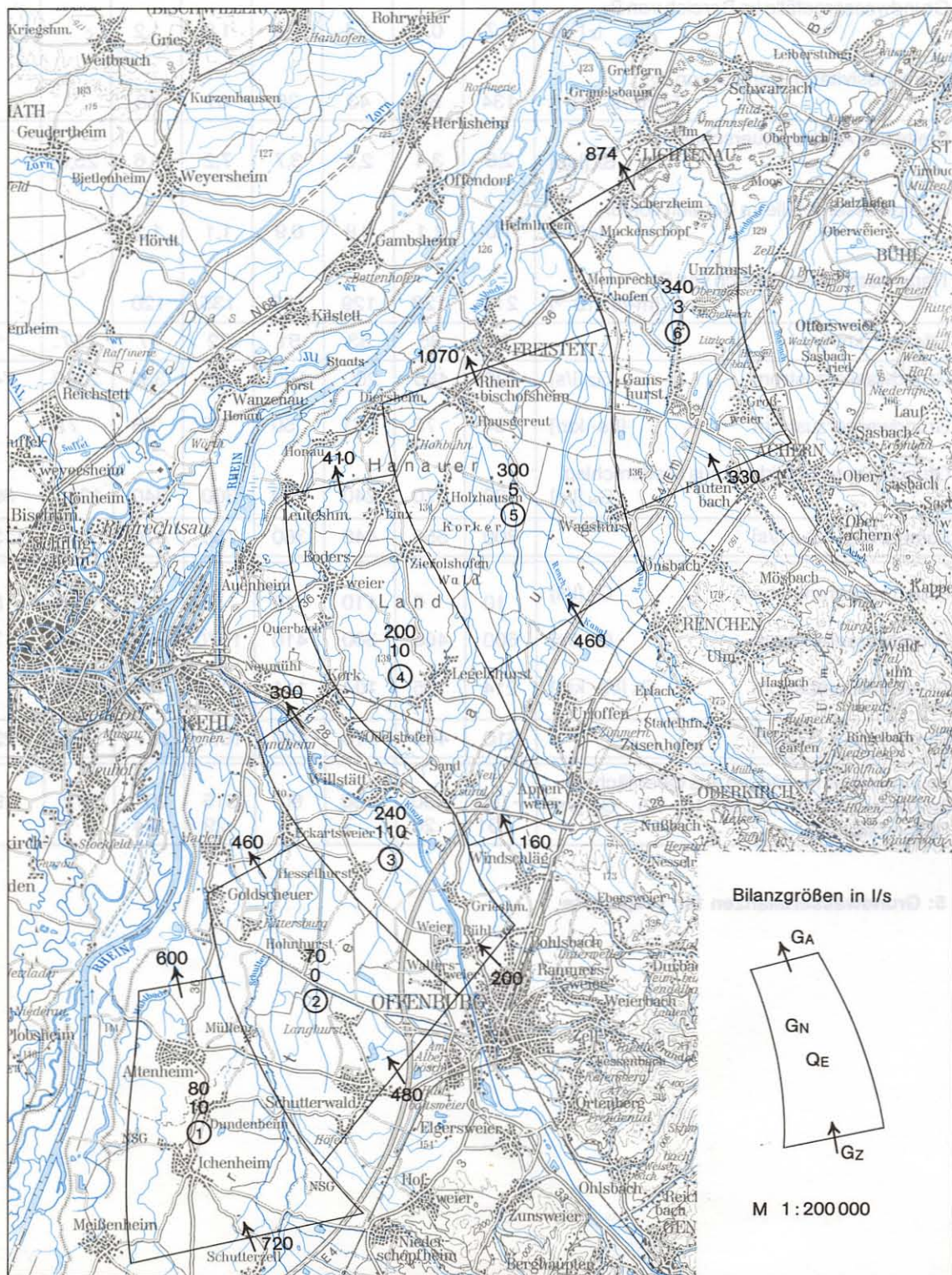


Abb. 5: Bilanzgrößen des Grundwasserhaushalts in den Teilgebieten ① bis ⑥

## 6. Ergebnisse und Folgerungen

Die Hydrogeologische Karte des Oberrheingebietes, Bereich Bühl-Offenburg, dokumentiert die gegenwärtigen Kenntnisse über den grundwasserführenden Lockergesteinskörper zwischen Greffern–Leibers–tung im Norden, Meißenheim–Niederschopfheim im Süden, dem Rhein im Westen und dem Schwarzwaldrand im Osten. Die Kartierung erfaßt eine Fläche von rund 650 km<sup>2</sup>.

Das Untersuchungsgebiet gliedert sich in die naturräumlichen Einheiten Rheinaue, Niederterrasse, Kinzig–Murg–Niederung und die den Schwarzwaldvorbergen vorgelagerten Lößterrassen (siehe Karte I).

Der Festgesteinsrahmen mit Vorbergen und dem aus Graniten und Gneisen aufgebauten Grundgebirge hat über die unter- und oberirdischen Zuflüsse Bedeutung für den Grundwasserhaushalt der quartären Kies- und Sandfüllung des Oberrheingrabens.

Der untersuchte Grundwasserkörper besteht aus altpleistozänen bis letzteiszeitlichen Kiesen und Sanden aus dem Schwarzwald und aus dem Alpenraum. Im Holozän wurden die Kiese in der Rheinaue 10–15 m tief durch den Rhein aufgearbeitet und umgelagert. Darüber liegen als Deckschichten 1–2 m mächtige Hochflutlehme. Ebenfalls im Holozän wurde die Niederterrassenfläche am Fuß der Lößterrassen von einem Rinnensystem unterschiedlicher Breite durchzogen. Diese Rinnen in der Kinzig–Murg–Niederung sind mit Sand, Lehm und teilweise auch Torf verfüllt. Im Mündungstrichter der Kinzig fehlt die Niederterrasse zwischen Altenheim und Kehl durch Abtauchen unter das holozäne Niveau.

Der Grundwasserleiter läßt sich in ein Unteres, Mittleres und Oberes Kieslager gliedern, die jeweils durch sandig-schluffige Zwischenhorizonte voneinander getrennt sind. Die Ergebnisse dieser Grundwasserleiter-Gliederung sind in acht hydrogeologischen Quer- und drei Längsschnitten niedergelegt (siehe Karten Ia–c).

Die Sohlschicht des Grundwasserleiters wird von schluffig-tonigen Sanden des Pliozäns gebildet.

Am Grabenrand wird das Untere Kieslager und teilweise auch das Mittlere Kieslager von zersetzten verschlufften Kiesen aufgebaut und ist grundwasserfrei. Die Grundwasserführung im Kinzigtal und im Rensch–tal ist auf das Obere Kieslager beschränkt.

Die Kieslager sind als glazialklimatische Bildungen zu betrachten und werden von unten nach oben der Mindel-, Riß- und Würm-Eiszeit zugeordnet. Die Zwischenhorizonte sind interglaziale Bildungen und ins Holstein und Eem zu stellen.

Die Grundwassermächtigkeit ist unter der Rheinaue am größten. Sie nimmt generell zum Grabenrand sowie in der Längserstreckung des Grundwasserkörpers von SSW nach NNE ab. Die größte Mächtigkeit wird mit rund 140 m westlich Altenheim angetroffen (siehe Karte V).

Es können horizontal drei Bereiche unterschiedlicher Kiestypen unterschieden werden. Diese Kiestypen der Rheinaue (AR), der Niederterrasse (A) und des Grabenrandbereichs einschließlich der Schwarzwald–täler (S) heben sich hinsichtlich ihrer Durchlässigkeit deutlich voneinander ab. Die ermittelten durchschnittlichen Durchlässigkeitsbeiwerte betragen für den Kiestypenbereich AR  $k_f = 0,00283$  m/s, für den Kiestypenbereich A  $k_f = 0,00144$  m/s und für Kiestypenbereich S  $k_f = 0,00091$  m/s.

Die Transmissivität nimmt entsprechend der Grundwassermächtigkeit vom Grabenrand zur Grabenachse zu und erreicht westlich Altenheim Höchstwerte von 0,250 m<sup>2</sup>/s. Demgegenüber liegen die ermittelten Transmissivitätswerte im Rensch–tal bei 0,005 m<sup>2</sup>/s (siehe Karte VI).

Nach den hydrochemischen Untersuchungen entspricht das Grundwasser mit Ausnahmen einzelner kleiner Bereiche den Anforderungen, die an ein Trinkwasser gestellt werden (siehe Karte VII).

Neben Sauerstoffarmut im Bereich der Kinzig–Murg–Niederung und der Rheinaue, die teilweise mit erhöhten Eisen- und Mangangehalten einhergeht, sind im unmittelbaren Rheininfiltrationsbereich sowie in einer Zone, die aus dem Kinzigtal über Schutterwald zum Rhein zieht, erhöhte Chloridgehalte nachgewiesen. Stellenweise ist ein Ansteigen der Chloridgehalte über die Zulässigkeitsgrenze bei Großentnahmen wegen des möglichen Aufstiegs versalzener Tiefenwässer möglich.

Leicht erhöhte, jedoch unbedenkliche Nitratgehalte wurden im Bereich der Lößterrassen festgestellt. Am Schwarzwaldrand tritt kalkaggressive Kohlensäure auf.

Klimatisch liegt das Kartiergebiet im Bereich des gemäßigten Regen- und Westwindgürtels. Die Gebirgs–flanken der Vogesen und des Schwarzwaldes lenken den Westwind ab, so daß die Hauptwindrichtungen Südwest und Nord sind. Die mittlere jährliche Lufttemperatur liegt zwischen 9,5°C und 10,4°C vom Rhein zum Schwarzwald. Die langfristige Niederschlagsverteilung zeigt eine Zunahme der Jahressummenwerte vom Südwesten mit 750 mm/a zum Nordosten mit rund 1000 mm/a (siehe Karte II).



Diese hydrologische Grundkarte beinhaltet außer den meteorologischen und hydrologischen Meßeinrichtungen die Lage ehemaliger und gegenwärtiger Mülldeponien sowie die Grundwasserentnahmestellen der öffentlichen Wasserversorgung.

Das Grundwasser bewegt sich vom Schwarzwaldrand aus in etwa nord-nordwestlicher Richtung mit einem mittleren Gefälle von rund 1 ‰ rheinwärts (siehe Karte III).

Das relativ dichte Netz der Oberflächengewässer mit ihrem Hauptvorfluter Rhein steht in deutlicher Beziehung zum Grundwasser. So haben sich wasserbauliche Maßnahmen wie insbesondere die Rheinkorrektur, die Acher–Rench–Korrektur und der Staustufenbau im Rhein auf die Grundwasserstände ausgewirkt. Art und Umfang dieser Auswirkungen werden durch die Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes Baden–Württemberg untersucht.

In der Karte der Grundwasserflurabstände MW 1969 (Karte IV) dominieren die Beträge 1 m bis 2 m als Differenz zwischen Gelände- und Grundwasser-Oberfläche sowohl in der Rheinaue wie in der Kinzig–Murg–Niederung. Der Jahresmittelwert von 1969 stellt eine etwas über dem langfristigen Mittelwert liegende Situation dar, während die in Karte VI dargestellte Grundwasseroberfläche MW 1975 etwas unter dem langfristigen Mittelwert liegt.

Der Schwankungsbereich des Grundwassers liegt bei etwa 1,5 m. Während die Grundwasserstände in der Rheinaue und entlang der größeren Rheinbegewässer deutlich von den Wasserständen im Oberflächengewässer beeinflusst werden, dominiert im übrigen Bereich der Kinzig–Murg–Niederung und der Niederterrasse der Einfluß des Niederschlags auf die Schwankungen des Grundwassers.

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag steigt gemäß der zunehmenden Niederschläge von SW nach NE an und beträgt im Mittel 5 l/s·km<sup>2</sup>.

Für geeignete Teilräume des Kartiergebietes (siehe Karte III) wurde im wesentlichen im Bereich der Kinzig–Murg–Niederung auf der Grundlage der bekannten hydrogeologischen, hydrologischen und wasserwirtschaftlichen Ausgangswerte eine überschlägige Grundwasserhaushaltsbilanzierung versucht. So stellen die folgenden Zahlen für eine Fläche von rund 260 km<sup>2</sup> zumindest in der Größenordnung und der Relation der einzelnen Komponenten zueinander eine erste Übersicht über den Grundwasserhaushalt dar.

Grundwasserzustrom	$G_Z = 74 \text{ Mio m}^3/\text{a} \text{ (2,35 m}^3/\text{s)}$
Grundwasserneubildung aus Niederschlag	$G_N = 39 \text{ " (1,23 m}^3/\text{s)}$
Grundwasserneubildung aus Oberflächengewässern	$G_V = 9 \text{ " (0,29 m}^3/\text{s)}$
<b>Summe der "Einnahmen"</b>	<b>122 Mio m<sup>3</sup>/a (3,87 m<sup>3</sup>/s)</b>
Grundwasserentnahmen	$Q_E = 5 \text{ Mio m}^3/\text{a} \text{ (0,16 m}^3/\text{s)}$
Grundwasserabstrom	$G_A = 117 \text{ " (3,71 m}^3/\text{s)}$
<b>Summe der "Ausgaben"</b>	<b>122 Mio m<sup>3</sup>/a (3,87 m<sup>3</sup>/s)</b>

Die Ausgeglichenheit der Bilanz resultiert daher, daß mit den Werten für  $G_Z$ ,  $G_N$ ,  $G_A$  und  $Q_E$  der Wert für  $G_V$  berechnet wurde.

Daraus ergibt sich für **notwendige weitere Untersuchungen** folgende Reihenfolge:

1. Bestimmung der Austauschwassermengen zwischen dem Rhein und seinen Nebengewässern mit dem Grundwasser.
2. Verbesserte Bestimmung der Grundwasserneubildung aus Niederschlag.
3. Genauere Bestimmung der Transmissivitätsverteilung vor allem in der tieferen quartären Rheingrabenfüllung.
4. Bestimmung des Randzustroms vom Schwarzwald.

## 7. Literaturverzeichnis

- BARTZ, J. (1960): Zur Gliederung des Pleistozäns im Oberrheingebiet. – Z. deutsch. geol. Ges., **111**, S. 653–661, Hannover.
- BARTZ, J. (1974): Die Mächtigkeit des Quartärs im Oberrheingraben. – in: ILLIES, H. & FUCHS, K.: Approaches to Taphrogenesis, S. 78–87, Stuttgart.
- BARTZ, J. (1976): Quartär und Jungtertiär im Raum Rastatt. – Jb. Geol. Landesamt Baden-Württemberg **18**, S. 121–178, Freiburg i.Br.
- BREYER, F. (1974): Die Entstehungsgeschichte des Südtails des Rheingrabens nach reflexionsseismischen Messungen, geologischen Kartierungen und Tiefbohrungen. – Geol. Jb. **A 20**, S. 3–64, Hannover.
- BREYER, F. & DOHR, G. (1967): Bemerkungen zur Stratigraphie und Tektonik des Rheintalgrabens zwischen Karlsruhe und Offenburg. – The Rhinegraben Progress Report 1967, Abh. geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **6** : 42–43, Freiburg i. Br.
- DEUTSCHER WETTERDIENST: Monatliche Witterungsberichte für Baden-Württemberg der Regierungsbezirke Freiburg und Karlsruhe. – Herausgegeben vom Deutschen Wetterdienst, Wetteramt Freiburg, Freiburg i. Br.
- DOEBL, F. (1970): Die tertiären und quartären Sedimente des südlichen Rheingrabens. – Graben Problems. International Upper Mantle Project, Scient. Rep. **27** : 56 – 66, Stuttgart.
- ENGESSER, W. & JUNKER, B. (1978): Hydrochemie des Grundwassers. – In: Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg, Oberrheinebene Raum Rastatt (Karlsruhe–Bühl). – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft), Freiburg i. Br./Karlsruhe.
- ESSLER, H., JUNKER, B., LAMPRECHT, K. & WENDT, O. (1978): Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Bereich Kaiserstuhl–Markgräflerland 1978, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft), Freiburg i. Br.
- FAULER, W. (1935): Die Geologie der Vorberge bei Durbach (Ortenau). – Bad. Geol. Abh., Jg. **VII**, 1/2 : 92–118, Karlsruhe.
- FAULER, W. (1936): Der Löß und Lößlehm des Schwarzwaldrandes zwischen Achern und Offenburg. – N. Jb. Min. **75 B**: 191–230, Stuttgart.
- HUPPMANN, O. & STRAYLE, G. (1978): Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg, Oberrheinebene Raum Rastatt (Karlsruhe–Bühl). – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg und Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Institut für Wasser- und Abfallwirtschaft), Freiburg i. Br./Karlsruhe.
- JOACHIM, H. & VILLINGER, E. (1973): Die Darstellung der Ergebnisse der Hydrogeologischen Kartierung in Baden-Württemberg. – gwf, **114** : 454–460, München.
- JOACHIM, H. & VILLINGER, E. (1975): Erläuterungen zur Hydrogeologischen Karte von Baden-Württemberg 1 : 50 000, Markgräflerland – Weitenauer Vorberge – Wiesental – Dinkelberg – Hochrheintal – Wehratal. – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i. Br.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (INSTITUT FÜR WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT):  
Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Sonderheft Land Baden-Württemberg.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (INSTITUT FÜR WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT) (1975):  
Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen 1. Bericht. – Karlsruhe.
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (INSTITUT FÜR WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT) (1977):  
Wasserwirtschaftliche Untersuchungen Baggerseen 2. Bericht. – Karlsruhe
- LANDESANSTALT FÜR UMWELTSCHUTZ BADEN-WÜRTTEMBERG (INSTITUT FÜR WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFT) (1975):  
Grundwasserneubildung II. Bericht. – Karlsruhe.
- MASCHEK, W. (1955): Bericht über erdölgeologische Aufschlüsse im Raume Appenweier – Müllheim. – Bull. Ver. schweiz. Petrol. – Geol. u. – Ing., **21**, 61 : 29–40, Zürich.
- MATTHESS, G. (1973): Die Beschaffenheit des Grundwassers. – Lehrbuch der Hydrogeologie Band 2, Stuttgart.

- MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND UMWELT BADEN-WÜRTTEMBERG  
(Herausgeber) (1976): Pumpversuche in Porengrundwasserleitern. – Arbeitsblatt 1976.
- REST, H. (1951): Beiträge zur Geologie der Vorbergzone zwischen Lahr und Offenburg. – Diss. Univ. Freiburg i. Br.
- SCHNEIDER, H. (1973): Die Wassererschließung. – 2. Auflage, Essen.
- STRAYLE, G. (1976): Korrektur bei unvollkommenen Brunnen. – In: Pumpversuche in Porengrundwasserleitern. – Arbeitsblatt 1976, herausgegeben vom Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt, Baden-Württemberg.
- TANGERMANN, H. (1973): Die hydrogeologischen Verhältnisse in der Oberrheinebene zwischen Kinzig und Murg. – Diss. Univ. Heidelberg.
- THEOBALD, N. (1948): Carte de la base des formations alluviales dans le sud du fossé rhénan. – Mem. S.C.G.A.L. 9 : 1–72.
- WASSERWIRTSCHAFTSAMT OFFENBURG (1967): Die Acher–Rench–Korrektion. – Denkschrift der Wasserwirtschaftsverwaltung.
- WIRTH, E. (1962): Die geologischen Ergebnisse der Erdölexploration der Rheinebene zwischen Offenburg und Lahr. – Erdöl und Kohle, 15 : 684–692, Hamburg.
- ZELLENTIN, R. (1972): Beiträge zur Hydrogeologie der Rheinniederterrasse zwischen Kaiserstuhl und Offenburg in Südbaden. – Diss. Univ. Heidelberg.

**Geologische Unterlagen für Karte I:** Unveröffentlichte Manuskriptkarten

- TK 25 : 7213: FAULER, W. (1948)
- TK 25 : 7214: FAULER, W. (1948)
- TK 25 : 7313: FAULER, W. (1948)
- TK 25 : 7314: FAULER, W. & HOENES (ohne Jahreszahl)
- TK 25 : 7413: FAULER, W. (1948)
- TK 25 : 7414: ANONYM (1936)
- TK 25 : 7512: FAULER, W. (ohne Jahreszahl)
- TK 25 : 7513: FAULER, W. (1948)
- TK 25 : 7514: SAUER, A. (1892)

**Geophysikalische Untersuchungen:**

- |  |  |
|--|--|
| Bundesversuchs- und Forschungsanstalt Arsenal (1965):  | Radiohydrometrie Renchtal-Bucht.   |
| Geophysikalische Bodenforschung GmbH (1965):           | Geoelektrik Offenburg  |
| Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1953): | Geoelektrik Tiergarten   |
| Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1955): | Geoelektrik Achern I.  |
| Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1968): | Geoelektrik Oberkirch  |
| Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1971): | Geoelektrik Achern II  |
| Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (1976): | Bericht über Messungen der Grundwasser-<br>Fließrichtung zwischen Offenburg und<br>Freiburg. |

**Unveröffentlichte Gutachten** des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg:

Dr. HÜTTNER, Prof. SAUER, Dr. STRAYLE, Dr. WENDT, Dr. WERNER

## 7.1 Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 2.1:	Verbreitung der Kiestypen
Abb. 2.2:	Regressionsgeraden der Kiestypen
Abb. 3.1:	Lage der hydrochemisch untersuchten Profile innerhalb der Kiestypen-Bereiche
Abb. 3.2:	Vertikale Eisenverteilung
Abb. 3.3:	Vertikale Chloridverteilung
Abb. 4.1:	Wasserstands-Ganglinie des Rheins am Pegel Grauelsbaum; Abfluß-Ganglinien der Bühloft bei Bühl und der Kinzig bei Schwaibach
Abb. 4.2–4.5:	Hydrologische Längsschnitte L1–L4
Abb. 4.6:	Niederschlags-Ganglinie der Station Achern des Deutschen Wetterdienstes
Abb. 4.7–4.17:	Grundwasserstands-Ganglinien
Abb. 4.18:	Oberflächengewässer mit den Abschnitten, für die ein nennenswerter Austausch mit dem Grundwasser bekannt ist.
Abb. 5:	Bilanzgrößen des Grundwasserhaushalts in den Teilgebieten ① bis ⑥

## 7.2 Verzeichnis der Tabellen:

Tab. 2.1:	Gliederung der quartären Lockergesteine des Oberrheingrabens im Bereich Bühl–Offenburg
Tab. 2.2:	Durchlässigkeitsbeiwerte der Kiestypen-Bereiche
Tab. 2.3:	Verzeichnis der Pumpversuche
Tab. 3:	Verzeichnis der hydrochemisch untersuchten Profile
Tab. 4.1:	Hydrologische Meßeinrichtungen
Tab. 4.2:	Öffentliche Trinkwasserentnahmen
Tab. 5:	Grundwasserbilanzen für Teilgebiete

## 7.3 Verzeichnis der Karten

I.	Hydrogeologische Grundkarte
Ia.	Hydrogeologische Querschnitte 1–4
Ib.	Hydrogeologische Querschnitte 5–8
Ic.	Hydrogeologische Längsschnitte 1–3
II.	Hydrologische Grundkarte
<del>III.</del>	Karte der Grundwasser-Oberfläche
<del>IV.</del>	Karte der Grundwasser-Flurabstände MW 1969
<del>V.</del>	Karte der Grundwasser-Mächtigkeiten
<del>VI.</del>	Karte der Transmissivitätsverteilung
<del>VII.</del>	Hydrochemie

## 7.4 Verzeichnis der Anlagen (im Anhang)

Anlagen 1–12:	Hydrochemische Profile und Bohrprofile
Anlage 13:	Verhalten der hydrochemischen Parameter bei mehrtägigen Pumpversuchen



## 8. Anhang

### Hydrochemische Profile und Bohrprofile

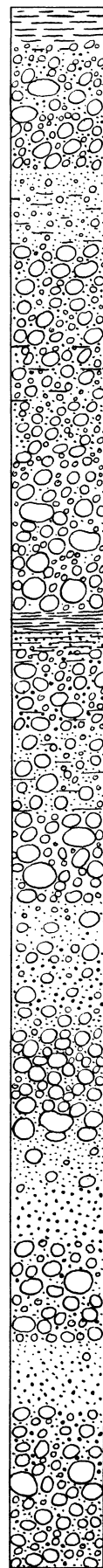
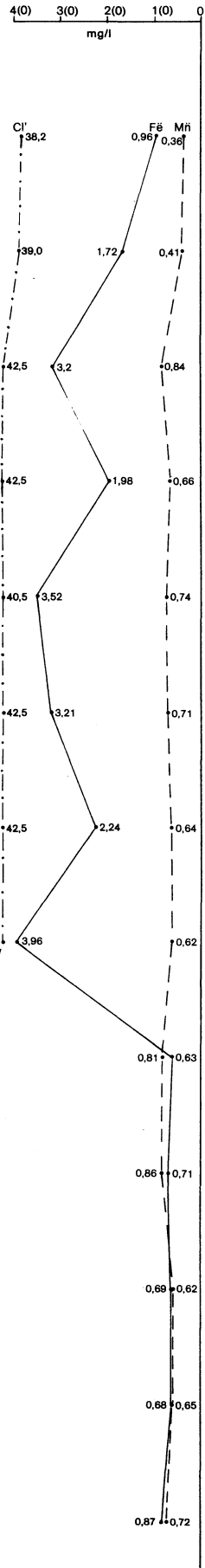
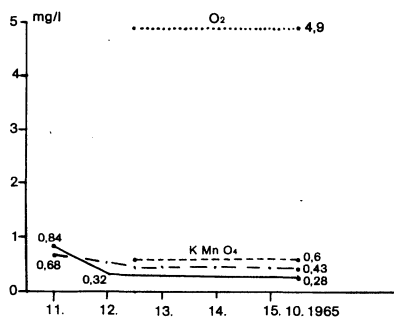
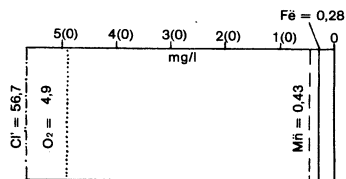
Anlage 1:	Bohrung K 50 (Kehl–Sundheim I)
Anlage 2:	Bohrung K 51 (Kehl–Sundheim II)
Anlage 3:	Bohrung A 36 (Eckartsweier III)
Anlage 4:	Bohrung K 52 (Marlen IV)
Anlage 5:	Bohrung A 11 (Neumühl 7)
Anlage 6:	Bohrung A 25 (Willstätt 8)
Anlage 7:	Bohrung K 53 (Goldscheuer 9)
Anlage 8:	Bohrung R 30 (Wagshurst 1) Bohrung R 39 (Wagshurst 2)
Anlage 9:	Bohrung A 65 (Appenweier 1)
Anlage 10:	Bohrung A 64 (Appenweier 2)
Anlage 11:	Bohrung A 55 (Windschläg 4)
Anlage 12:	Bohrung A 15 (Urloffen 5)

### Verhalten der hydrochemischen Parameter bei mehrtägigen Pumpversuchen

Anlage 13:	Bohrung A 65 (Appenweier 1) Bohrung A 64 (Appenweier 2) Bohrung A 55 (Windschläg 4) Bohrung A 15 (Urloffen 5)
------------	--

Geländehöhe: 138,00 m ü. NN  
 Ruhender Wasserspiegel am 11. 10. 1965  
 136,90 m ü. NN  
 Abgesenkter Wasserspiegel bei einer  
 Förderung von 20 l/s 135,61 m ü. NN

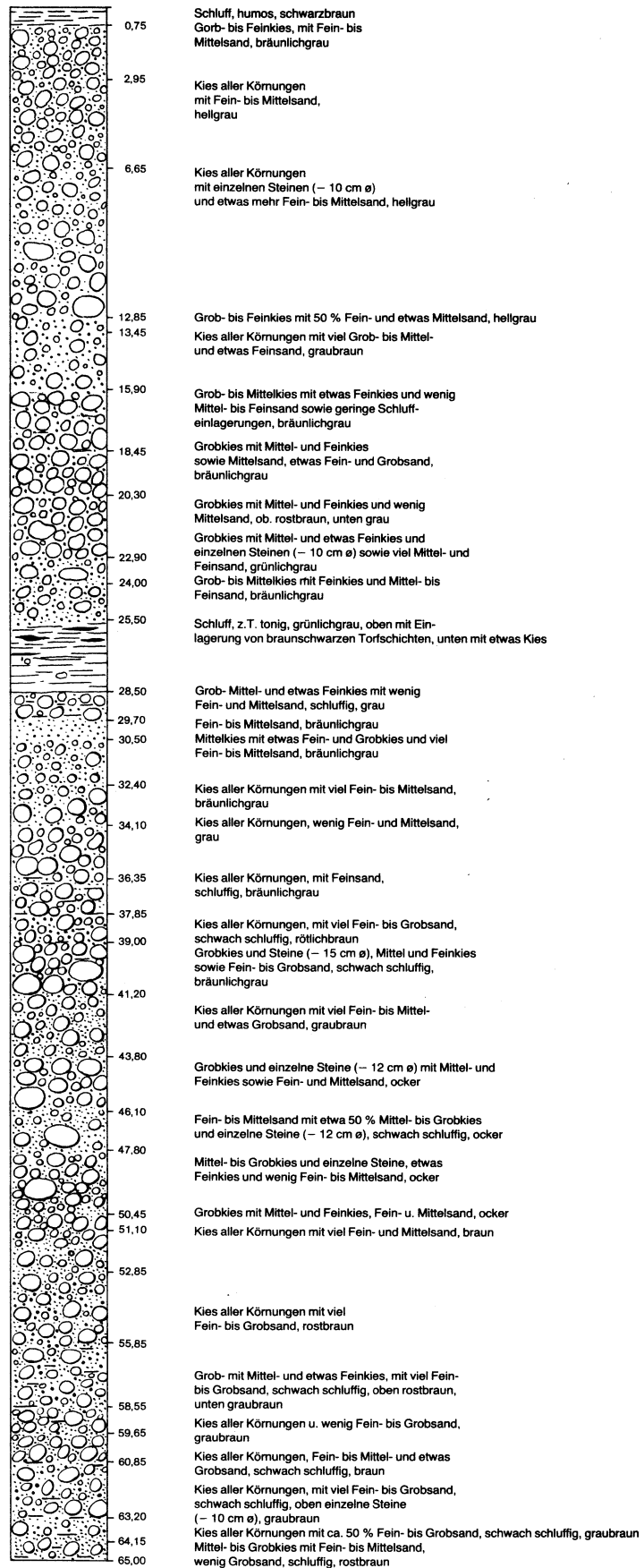
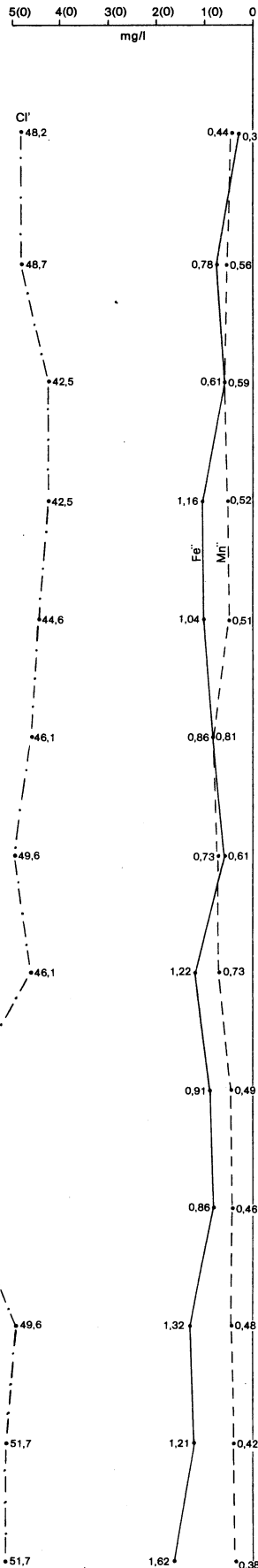
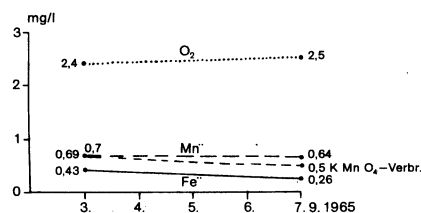
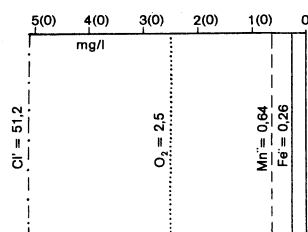
Dauerpumpversuch vom 11.–14. 10. 1965



Geländehöhe: 138,26 m ü. NN

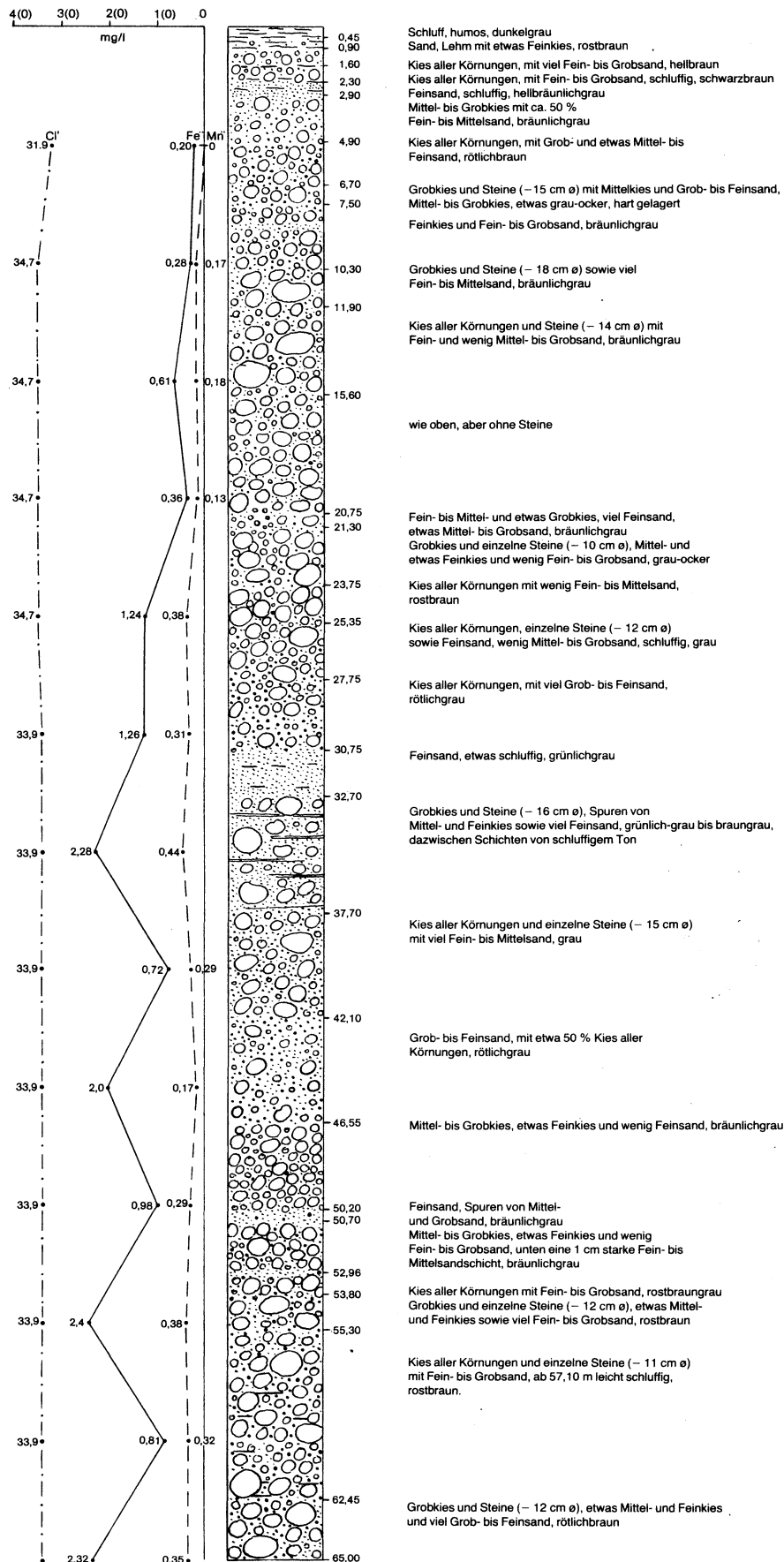
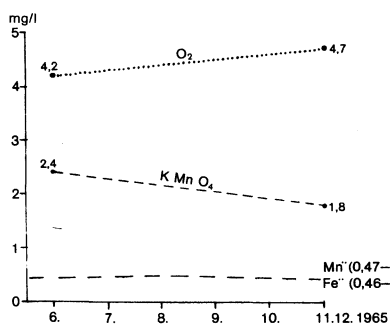
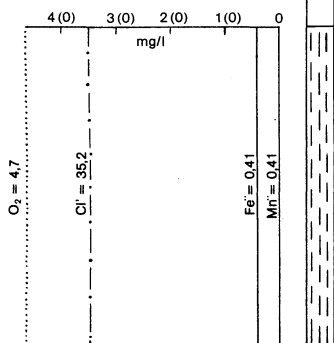
Ruhender Wasserspiegel  
am 2.9.1965 137,41 m ü. NNAbgesenkter Wasserspiegel  
bei einer Förderung von 15 l/s: 135,78 m ü. NN

Dauerpumpversuch vom 2.-7.9.1965



Geländehöhe: 138,93 m ü. NN  
 Ruhender Wasserspiegel  
 am 6. 12. 1965 138,23 m ü. NN  
 Abgesenkter Wasserspiegel  
 bei einer Förderung von 20,5 l/s  
 134,34 m ü. NN

Dauerpumpversuch vom 6.–11. 12. 1965



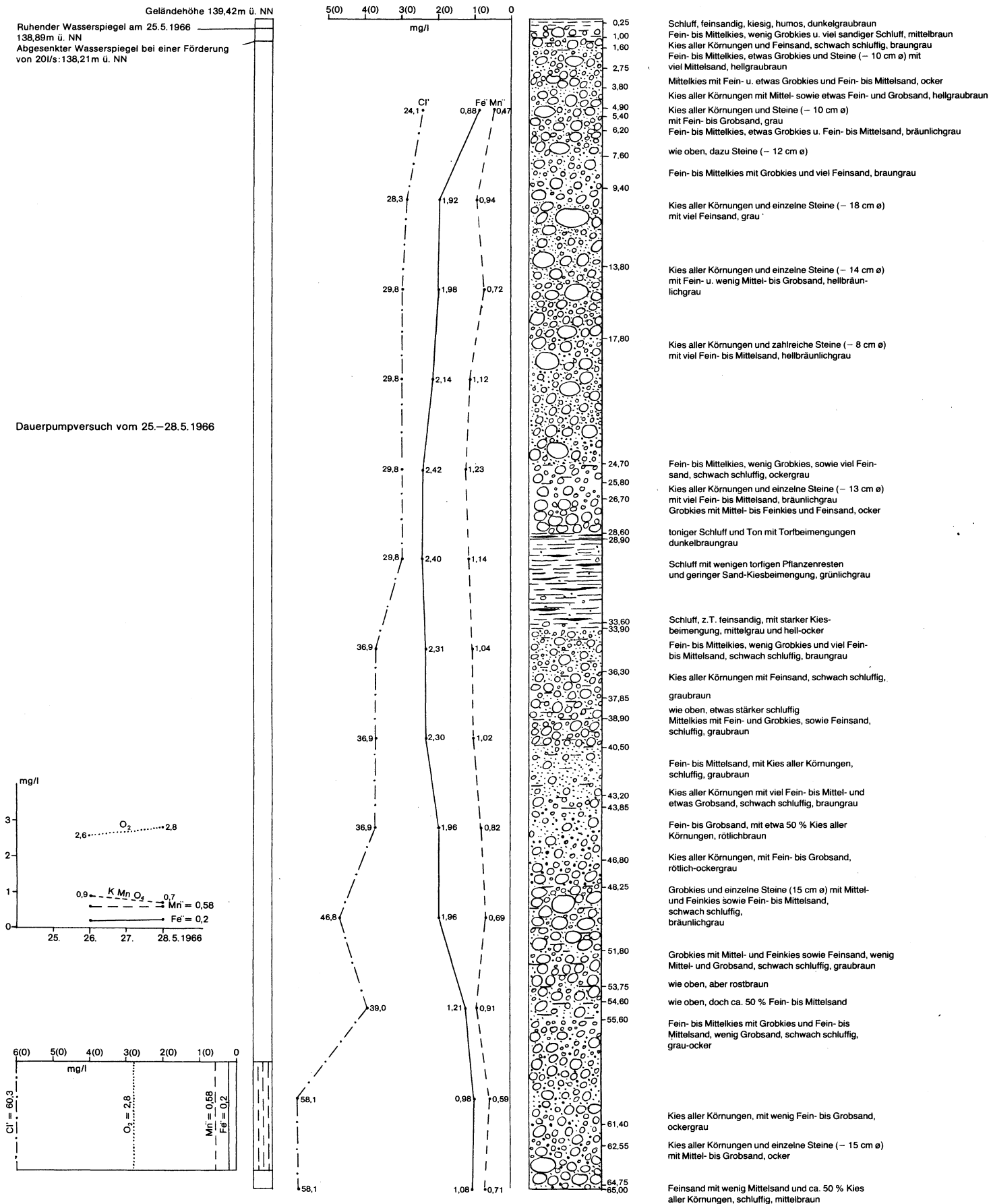
## Bohrung Nr. 4

M = 1 : 200

Geländehöhe 139,42m ü. NN

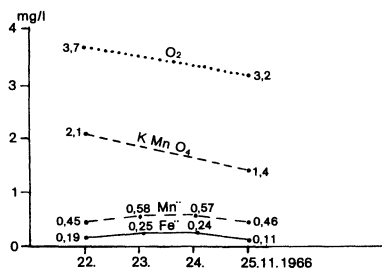
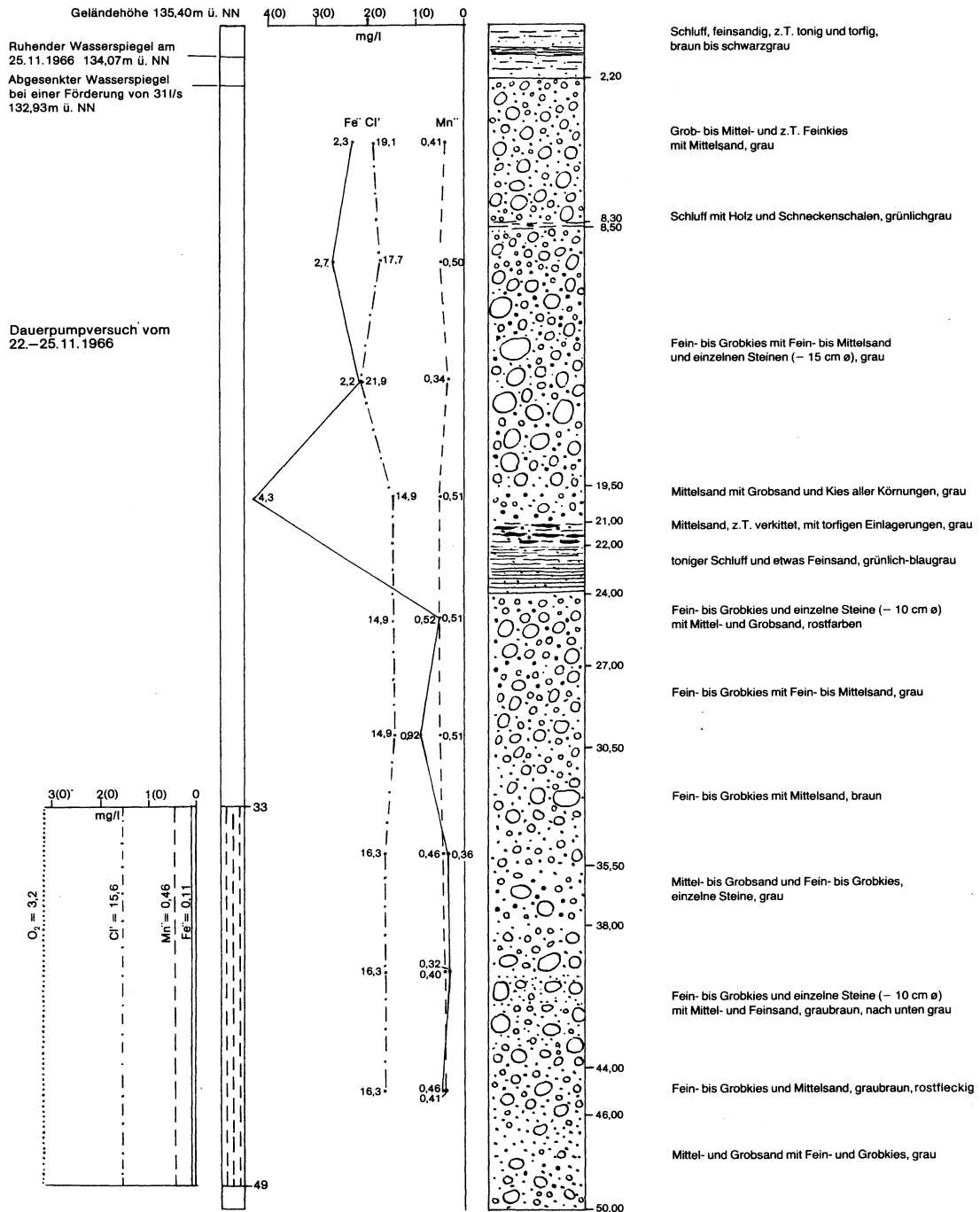
Ruhender Wasserspiegel am 25.5.1966  
138,89m ü. NN  
Abgesenkter Wasserspiegel bei einer Förderung  
von 20l/s: 138,21m ü. NN

Dauerpumpversuch vom 25.–28.5.1966



## Bohrung Nr. 7

M = 1:200



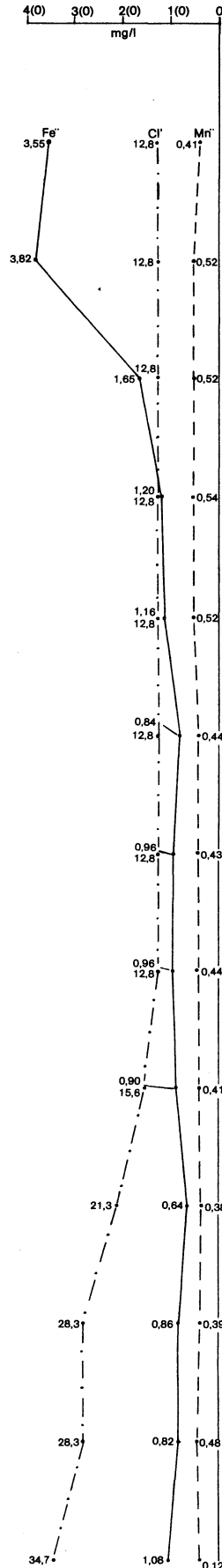
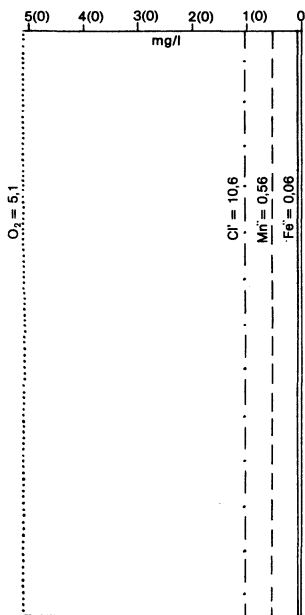
## Bohrung Nr. 8

M = 1:200

Geländehöhe 138,97 m ü. NN  
 Ruhender Wasserspiegel am 18. 1. 1967  
 137,82 m ü. NN

Abgesenkter Wasserspiegel bei  
 einer Förderung von 31 l/s: 136,64 m ü. NN

Dauerpumpversuch vom 18.-21. 1. 1967



Schluff, braun, unten gefleckt

Feinsand, schluffig, grau

Mittelkies mit Fein- und Grobkies  
sowie Fein- bis Grobsand, schwach schluffig, grauKies aller Körnungen und einzelne Steine (- 15 cm ø)  
mit Fein- bis Grobsand, hellgrau

Fein- bis Mittelsand mit Mittel- bis Grobkies, hellgrau

Kies aller Körnungen und einzelne Steine (- 12 cm ø)  
mit Fein- bis Mittelsand, mittelgrau

Kies aller Körnungen mit wenig Feinsand, hellgrau

Kies aller Körnungen mit Grob- bis Feinsand, rötlichgrau

Grobkies mit etwas Mittelkies und einzelnen Steinen  
(- 15 cm ø) sowie wenig Grob- bis Feinsand, rötlichgrauGrobkies mit Mittel- und etwas Feinkies sowie Grobsand,  
braunrot, fest gelagertGrob- mit Mittel- und etwas Feinkies  
sowie Grob- bis Feinsand, bräunlichgrauMittel- mit Grob- und etwas Feinkies sowie  
wenig Fein- bis Grobsand, bräunlichgrau

Mittel- mit Grob- und etwas Feinkies sowie Feinsand, bräunlichgrau

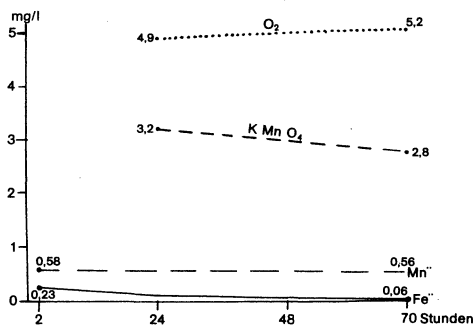
Grob- bis Mittel- und etwas Feinkies sowie Steine  
(- 10 cm ø) und wenig Feinsand, grau

Mittel- bis Grobkies, wenig Feinkies sowie Fein- bis Mittelsand

wie oben, jedoch weniger Sand, hellgrau

Kies aller Körnungen und einzelne Steine (- 10 cm ø)  
mit etwas Fein- bis Grobsand, hellgrauMittel- mit Fein- und Grobkies sowie einzelne Steine  
(- 10 cm ø), hellgrauGrob- bis Mittel- und etwas Feinkies, viel Grob- u. wenig F.-Sand, rötlichgrau  
Schluff, schwach feinsandig, hellgrau-ockerfleckigKies aller Körnungen mit Grob- und Feinsand,  
schwach schluffig, bräunlichgrauKies aller Körnungen mit Steinen (- 8 cm ø)  
sowie Grob- bis Mittelsand, hellgelblichgrau

Schluff, schwach feinsandig, ocker

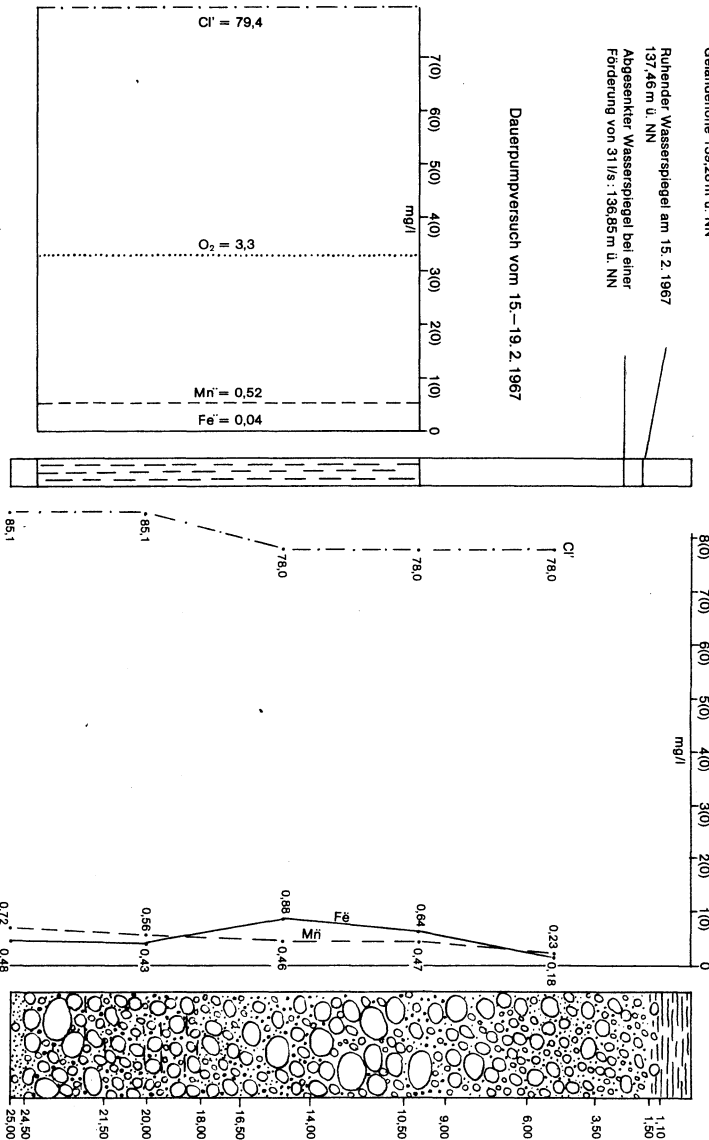
Fein- bis Mittelkies, etwas Grobkies und viel  
Grob- bis Mittelsand, schluffig, rötlichgrauKies aller Körnungen mit viel Grob- bis Mittelsand,  
schwach schluffig, gelblichgrauFeinsand mit wenig Mittel- und Grobsand, Kies aller Körnungen  
und einzelne Steine (- 8 cm ø), schluffig, grau



Geländehöhe 136,28 m ü. NN

Ruhender Wasserspiegel am 15.2.1967  
137,46 m ü. NN  
Abgesenkter Wasserspiegel bei einer  
Förderung von 31 l/s: 136,85 m ü. NN

Dauerpumpversuch vom 15.-19.2.1967

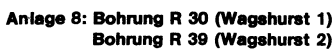


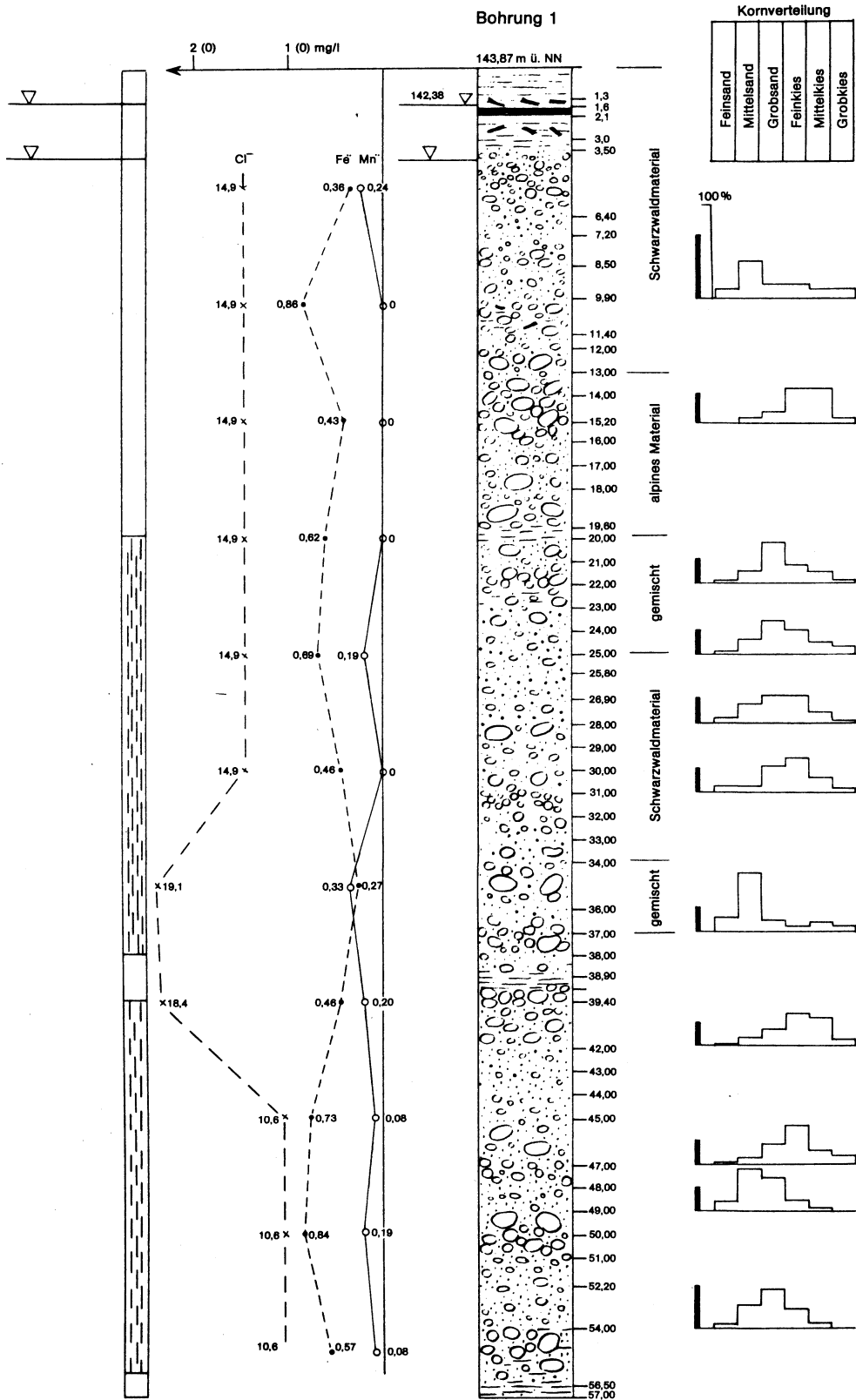
Bohrung Nr. 9

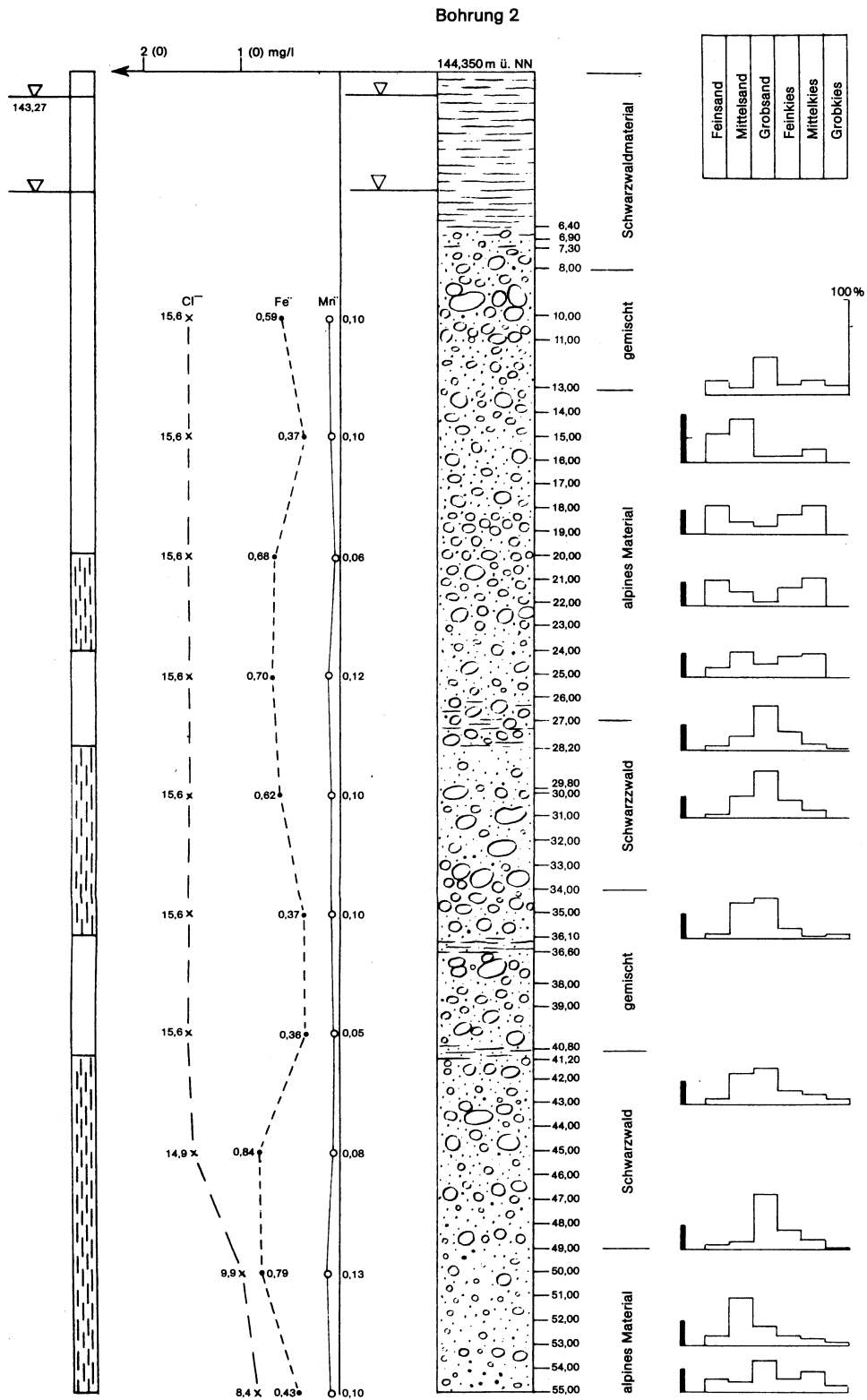
M = 1:200

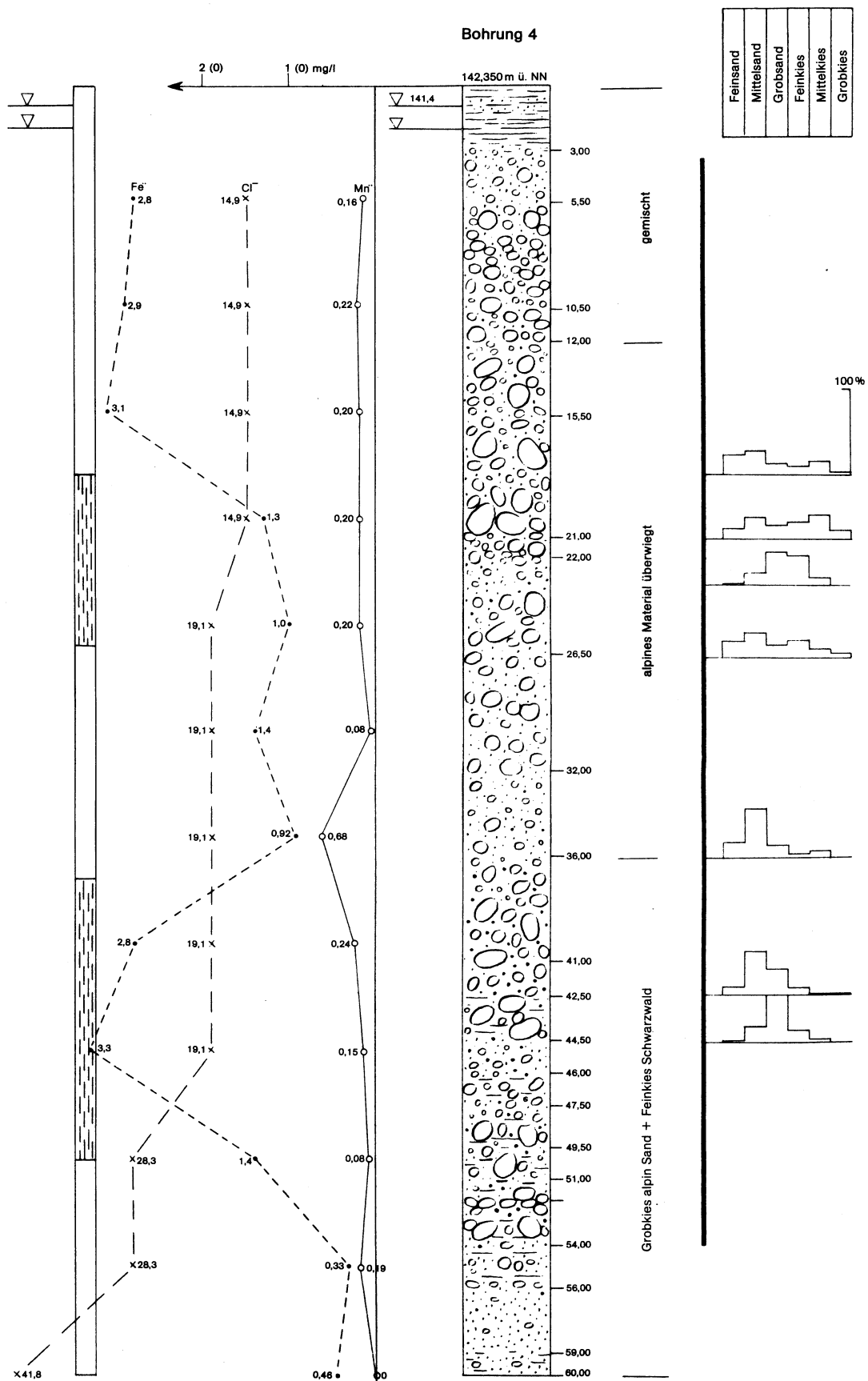
- Schicht z.T. feinsandig, oben mittelbraun, unten grau-rostfleckig
- Schicht mit Kies aller Kornungen, stark humos, schwarz
- Mittels mit feinem und etwas Grobkies sowie Fein- bis Mittelsand, oben schluffig, bräunlichgrau
- Kies aller Kornungen und einzelne Steine (- 10 cm ø) mit Fein- bis Mittelsand, gelblichgrau
- wie oben, jedoch nur wenig Sand
- Kies aller Kornungen und einzelne Steine (- 15 cm ø) mit Fein- bis Grobsand, bräunlichgrau
- Grobkies und Steine (- 15 cm ø) mit Mittel- und etwas Feinkies sowie sehr wenig Mittelsand, hellgrau
- Kies aller Kornungen und einzelne Steine (- 10 cm ø) mit viel Mittel- und etwas Fein- bis Grobsand, gelblichgrau
- Kies aller Kornungen mit Fein-, Mittel- und etwas Grobsand, gelblichgrau
- Kies aller Kornungen mit etwas Fein- und Grobsand, schwach schluffig, gelblichgrau
- Mittels mit Fein- und Grobkies sowie wenig Fein- und Grobsand, schwach schluffig, gelblichgrau
- Kies aller Kornungen und Steine (- 15 cm ø) mit wenig Fein- und Grobsand, hellgrau
- Feinsand mit geringer Kieseimengung, mittelgrau

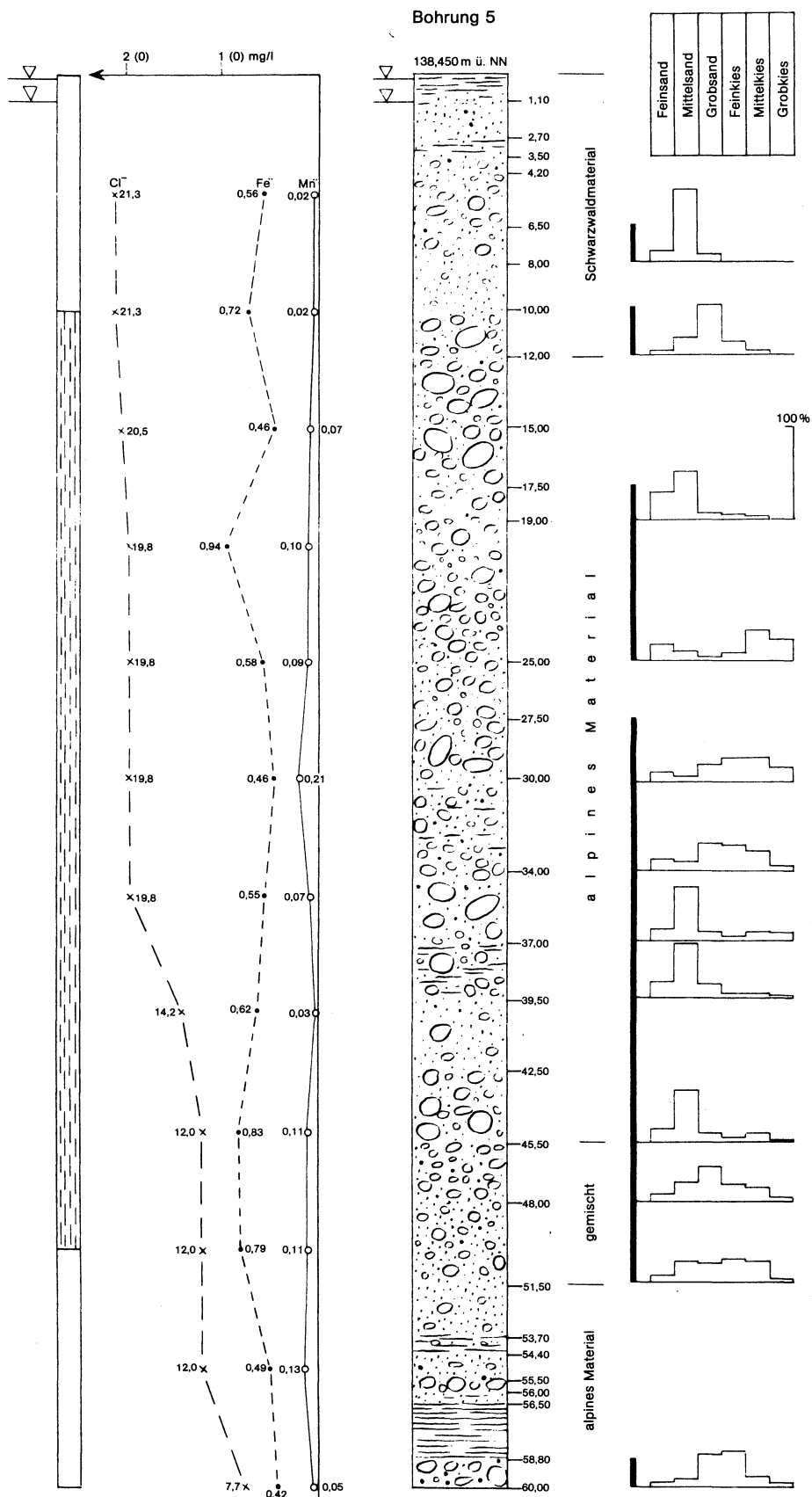
## Bohrung 2

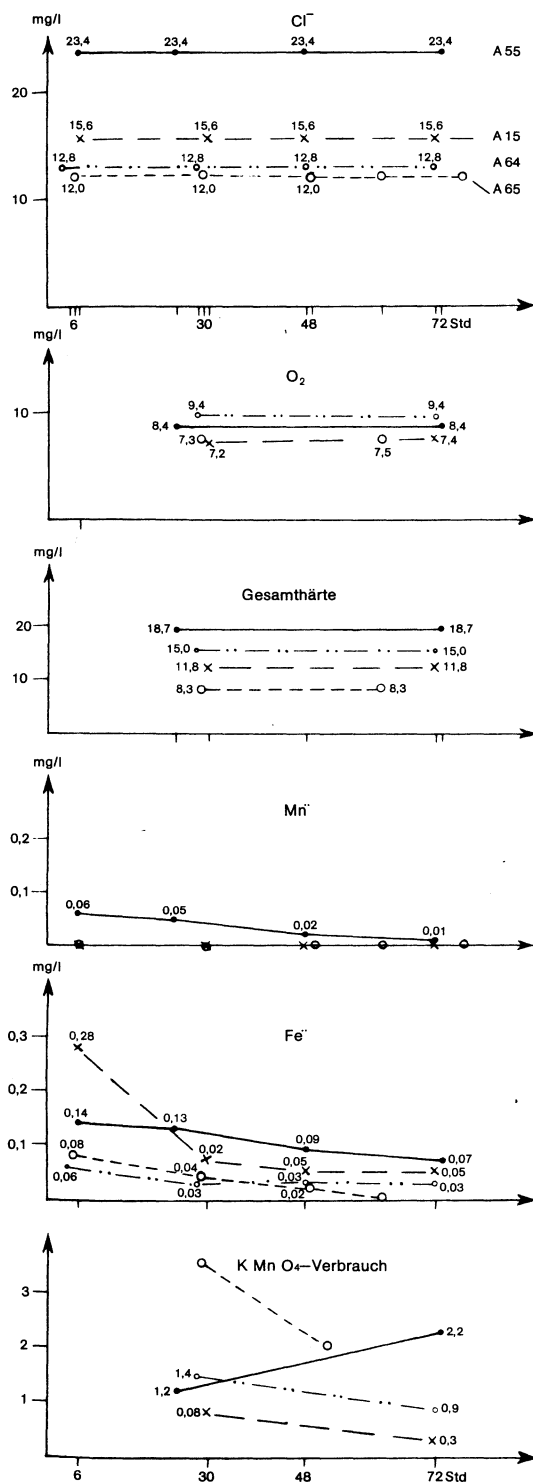












Anlage 13: Bohrung A 65 (Appenweiler 1) Bohrung A 64 (Appenweiler 2) Bohrung A 55 (Windschlag 4) Bohrung A 15 (Urloffen 5)



