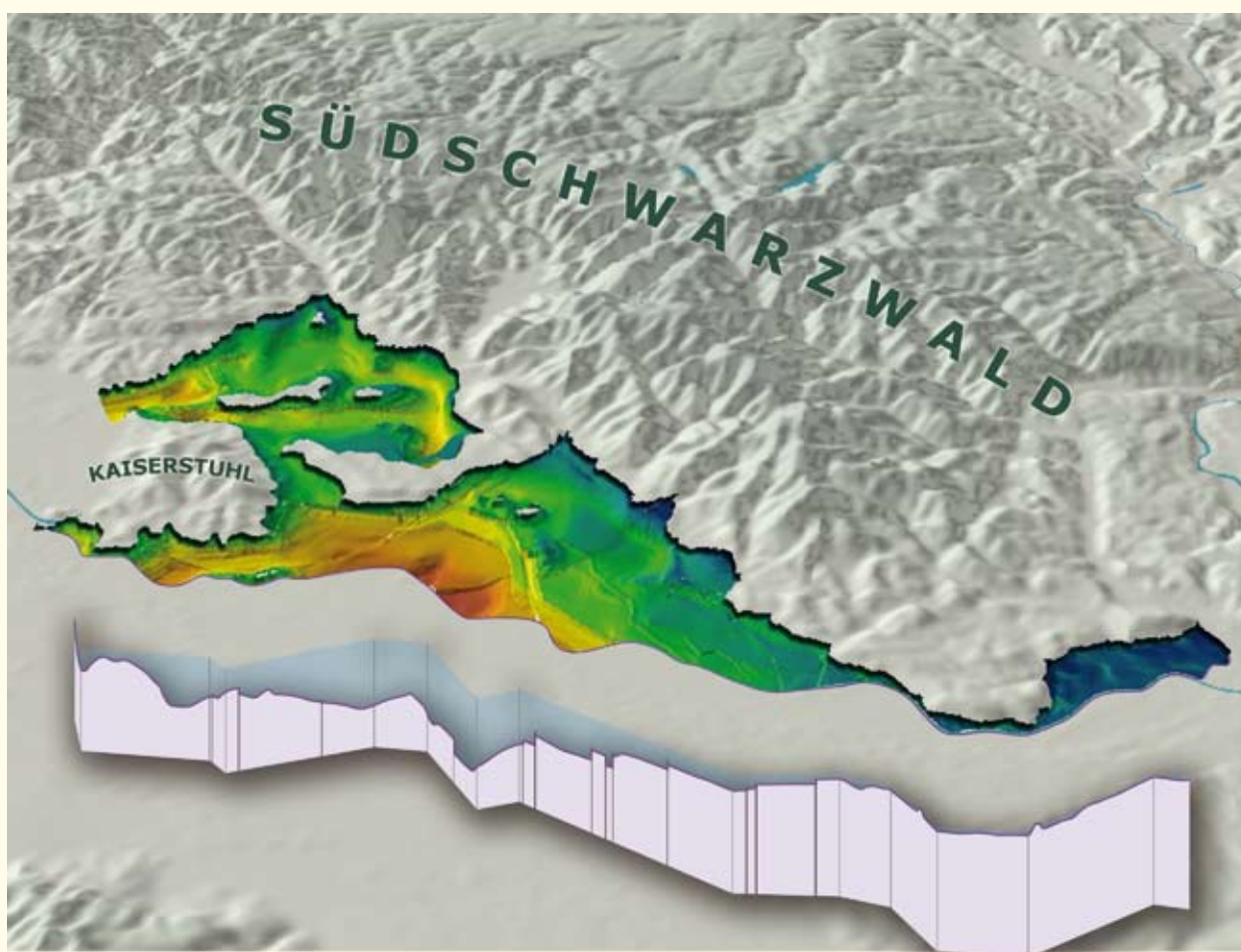


## Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg)



**Titelbild**

Perspektivische Darstellung der Aquiferbasis und stark schematisiertes Längsprofil im südlichen Oberrheingraben.





# **Hydrogeologischer Bau und Aquifereigenschaften der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg)**

Bearbeiter:

GUNTHER WIRSING, ALEXANDER LUZ

Unter Beteiligung von:

DIETRICH ELLWANGER, WOLFGANG ENGESSER, PETER GEERDS,  
MARIO HESS, BERNHARD-MICHAEL KILGER, JOHANNES OHNEMUS, HANS PLUM,  
MICHAEL SCHWARZ, INGRID STOBER, RALPH WATZEL

|                    |           |        |          |         |                                  |
|--------------------|-----------|--------|----------|---------|----------------------------------|
| LGRB-Informationen | <b>19</b> | 130 S. | 118 Abb. | 12 Tab. | Freiburg i. Br.<br>Dezember 2007 |
|--------------------|-----------|--------|----------|---------|----------------------------------|



**ISSN 1619-5329**    LGRB, Informationen

Herausgeber:        REGIERUNGSPRÄSIDIUM FREIBURG, Abteilung 9  
Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB)  
Albertstraße 5, 79104 Freiburg i. Br.  
Telefon: (0761) 208-3000  
Fax:        (0761) 208-3029 oder -39 3029  
E-Mail:    abteilung9@rpf.bwl.de  
Internet: <http://www.rp-freiburg.de>

Bearbeiter:         Dr. GUNTHER WIRSING, ALEXANDER LUZ

Mitarbeiter:        Dr. DIETRICH ELLWANGER, Dr. WOLFGANG ENGESSER, PETER GEERDS, MARIO HESS, Dr. BERNHARD-  
MICHAEL KILGER, JOHANNES OHNEMUS, Dr. HANS PLUM, MICHAEL SCHWARZ, Prof. Dr. INGRID STÖBER,  
Prof. Dr. RALPH WATZEL

Graphik:            BETTINA SCHMÜCKING, ALEXANDER LUZ, Dr. GUNTHER WIRSING

Satz und Layout:    MIRSADA GEHRING-KRŠO

Druck:                Reprodienst GmbH, Gündlinger Straße 8, 79111 Freiburg i. Br.

Bearbeitungsstand: 2005

Ausgabe:            2007

Hinweis:             Aufgrund des Bearbeitungsmaßstabs (1 : 50 000) war bereichsweise eine Generalisierung  
der Daten erforderlich. Für lokale Fragestellungen ist gegebenenfalls eine Überarbeitung im  
geeigneten Maßstab notwendig.

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Herausgebers und unter Quellenangabe sowie  
Überlassung von Belegexemplaren gestattet.



## Vorwort

Aufgrund seiner überregional bedeutsamen Grundwasservorräte nimmt der quartäre und pliozäne Porengrundwasserleiter des Oberrheingrabens in Baden-Württemberg eine wasserwirtschaftliche Sonderstellung ein. Deshalb bildete er bereits früh einen Schwerpunkt der hydrogeologischen Kartiertätigkeit des damaligen Geologischen Landesamts (GLA). Die Ergebnisse der hydrogeologischen, hydrochemischen und hydrologischen Bearbeitung wurden in den 70er bis 90er Jahren des letzten Jahrhunderts in Hydrogeologischen Kartierungen (HGK) zusammengefasst und analog als Kartenwerke mit umfangreichen Erläuterungen veröffentlicht.

In den letzten Jahren wurden in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW, früher Landesanstalt für Umweltschutz, LfU) und gemeinsam mit weiteren deutschen, französischen und schweizerischen Partnern mehrere grenzüberschreitende grundwasserrelevante Projekte im Oberrheingraben durchgeführt. Dabei wurden auch numerische Grundwassermodelle eingesetzt. Für den baden-württembergischen Anteil der Projektgebiete erarbeitete das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau im Regierungspräsidium Freiburg (RPF-LGRB) hierzu die hydrogeologischen Modelle zum räumlichen Aufbau und der internen Gliederung des Aquifersystems sowie zu dessen hydraulischen Eigenschaften.

In der vorliegenden Veröffentlichung werden die Ergebnisse dieser umfangreichen hydrogeologischen Neubearbeitung des Oberrheingrabens zusammenfassend beschrieben und dokumentiert. Die digitalen Daten sind auf CD-ROM erhältlich. Somit liegt erstmals für die Lockergesteine des baden-württembergischen Teils des Oberrheingrabens ein umfassender digitaler Datensatz zur Aquiferarchitektur vor, der unter Einsatz moderner GIS-Technologie nach einer einheitlichen Kartiermethode und Nomenklatur bearbeitet wurde.

Die Daten bilden für grundwasserrelevante wasserwirtschaftliche Fragestellungen eine unverzichtbare Grundlage. Sie können bei Fragen zur Sicherung bzw. Wiederherstellung der guten Grundwasserqualität sowie für das Grundwassermanagement eingesetzt werden. Weiterhin werden sie bei der hydrogeologischen Beurteilung von Vorhaben zur Kies- und Sandgewinnung im Oberrheingraben eine wichtige Rolle spielen.

Prof. Dr. Ralph Watzel

Leiter des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau  
im Regierungspräsidium Freiburg

# Inhalt

|          |                                                                                                                                                                                      |           |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|          | <b>Übersicht .....</b>                                                                                                                                                               | <b>7</b>  |
| <b>1</b> | <b>Allgemeine Vorbemerkungen.....</b>                                                                                                                                                | <b>9</b>  |
| <b>2</b> | <b>Lage und Begrenzung des Arbeitsgebiets .....</b>                                                                                                                                  | <b>11</b> |
| <b>3</b> | <b>Geologische Entwicklung des Oberrheingrabens .....</b>                                                                                                                            | <b>13</b> |
| <b>4</b> | <b>Strukturelle Gliederung des Arbeitsgebiets.....</b>                                                                                                                               | <b>16</b> |
| 4.1      | Bereich südlich des Kaiserstuhls und Freiburger Bucht (Teilgebiet Süd).....                                                                                                          | 16        |
| 4.2      | Bereich nördlich des Kaiserstuhls bis Malsch – Durmersheim (Teilgebiet Mitte).....                                                                                                   | 17        |
| 4.3      | Bereich von Malsch – Durmersheim bis zur nördlichen Landesgrenze<br>(Teilgebiet Nord).....                                                                                           | 17        |
| <b>5</b> | <b>Datengrundlage, Produkte .....</b>                                                                                                                                                | <b>18</b> |
| 5.1      | Datengrundlage.....                                                                                                                                                                  | 18        |
| 5.2      | Produkte.....                                                                                                                                                                        | 19        |
| <b>6</b> | <b>Kartiertechnik .....</b>                                                                                                                                                          | <b>21</b> |
| 6.1      | Eingesetzte Programme.....                                                                                                                                                           | 21        |
| 6.2      | Erstellung des hydrogeologischen Modells und der hydrogeologischen Schnitte .....                                                                                                    | 21        |
| 6.2.1    | Arbeitsvorbereitung.....                                                                                                                                                             | 21        |
| 6.2.2    | Datenaufbereitung.....                                                                                                                                                               | 21        |
| 6.2.3    | Modellierung .....                                                                                                                                                                   | 22        |
| 6.2.3.1  | Strukturierung des Modells.....                                                                                                                                                      | 22        |
| 6.2.3.2  | GIS-gestützte Modellbearbeitung.....                                                                                                                                                 | 22        |
| 6.2.4    | Auswertung: Erstellung der Rasterdatensätze, abgeleitete Karten.....                                                                                                                 | 24        |
| 6.2.5    | Strukturierte Ablage der Daten.....                                                                                                                                                  | 24        |
| <b>7</b> | <b>Hydrogeologische Gliederung der Lockersedimente im<br/>baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens .....</b>                                                                | <b>26</b> |
| 7.1      | Ältere Gliederungsansätze der Lockergesteinsfüllung und<br>neues Klima-/Lithostratigraphisches Gliederungsschema.....                                                                | 26        |
| 7.2      | Hydrogeologisches Gliederungsschema.....                                                                                                                                             | 26        |
| <b>8</b> | <b>Hydrogeologische Gliederung des Oberrheingrabens: Profilschnitte .....</b>                                                                                                        | <b>32</b> |
| 8.1      | Tertiärer und mesozoischer Festgesteinsuntergrund, Untere sandig-schluffige<br>Abfolge unten und Iffezheim-Formation (Pliozän und Eopleistozän) bzw.<br>Fluviatiles Jungtertiär..... | 32        |
| 8.2      | Quartäre Sedimente.....                                                                                                                                                              | 35        |
| 8.2.1    | Teilgebiete Süd und Mitte.....                                                                                                                                                       | 35        |
| 8.2.2    | Teilgebiet Nord.....                                                                                                                                                                 | 38        |



|           |                                                                                            |           |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>9</b>  | <b>Lithologische Beschreibung der hydrogeologischen Einheiten</b>                          | <b>44</b> |
| 9.1       | Teilgebiete Süd und Mitte                                                                  | 44        |
| 9.1.1     | Anthropogene Aufschüttung (yA)                                                             | 44        |
| 9.1.2     | Deckschichten (qs)                                                                         | 44        |
| 9.1.3     | Neuenburg-Formation (qN)                                                                   | 44        |
| 9.1.4     | Ostrhein-Schotter (ORS)                                                                    | 47        |
| 9.1.5     | Feinklastische Horizonte im Raum Strasbourg – Baden-Baden                                  | 49        |
| 9.1.6     | Breisgau-Formation (qBS)                                                                   | 49        |
| 9.1.7     | Riegel-Horizont (RH)                                                                       | 53        |
| 9.1.8     | Ortenau-Formation (qO)                                                                     | 53        |
| 9.1.9     | Zwischenhorizont 3 (ZH3)                                                                   | 55        |
| 9.1.10    | Feinsedimente der Mengener Brücke                                                          | 55        |
| 9.1.11    | Iffezheim-Formation/Fluviatiles Jungtertiär (qIS/tF)                                       | 57        |
| 9.1.12    | Festgesteinsuntergrund (t, j, k)                                                           | 61        |
| 9.2       | Teilgebiet Nord                                                                            | 61        |
| 9.2.1     | Obere kiesig-sandige Abfolge (OksA)                                                        | 61        |
| 9.2.2     | Oberer Zwischenhorizont (OZH)                                                              | 62        |
| 9.2.3     | Mittlere sandig-kiesige Abfolge ungegliedert (MskA)                                        | 63        |
| 9.2.4     | Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (MskAo)                                               | 64        |
| 9.2.5     | Zwischenhorizont 2 (ZH2)                                                                   | 64        |
| 9.2.6     | Mittlere sandig-kiesige Abfolge mitte (MskAm)                                              | 64        |
| 9.2.7     | Zwischenhorizont 3 (ZH3)                                                                   | 64        |
| 9.2.8     | Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten (MskAu)                                              | 64        |
| 9.2.9     | Unterer Zwischenhorizont (UZH)                                                             | 65        |
| 9.2.10    | Untere sandig-schluffige Abfolge oben (UssAo)                                              | 65        |
| 9.2.11    | Untere sandig-schluffige Abfolge unten (UssAu)                                             | 66        |
| 9.2.12    | Festgesteinsuntergrund                                                                     | 67        |
| <b>10</b> | <b>Lagerungsverhältnisse: Verbreitung, Schichtlagerung und Mächtigkeit</b>                 | <b>68</b> |
| 10.1      | Teilgebiete Süd und Mitte                                                                  | 68        |
| 10.1.1    | Neuenburg-Formation (qN)                                                                   | 68        |
| 10.1.2    | Ostrhein-Schotter (ORS)                                                                    | 70        |
| 10.1.3    | Feinklastische Horizonte im Raum Offenburg/Strasbourg – Baden-Baden                        | 71        |
| 10.1.4    | Breisgau-Formation (qBS)                                                                   | 72        |
| 10.1.5    | Riegel-Horizont (RH)                                                                       | 75        |
| 10.1.6    | Ortenau-Formation (qO)                                                                     | 75        |
| 10.1.7    | Zwischenhorizont 3 (ZH3)                                                                   | 77        |
| 10.1.8    | Iffezheim-Formation/Fluviatiles Jungtertiär (qIS/tF) und Feinsedimente der Mengener Brücke | 77        |
| 10.2      | Teilgebiet Nord                                                                            | 79        |
| 10.2.1    | Obere kiesige-sandige Abfolge (OksA)                                                       | 79        |
| 10.2.2    | Zwischenhorizont 1 (ZH1)                                                                   | 80        |
| 10.2.3    | Oberer Zwischenhorizont (OZH)                                                              | 80        |
| 10.2.4    | Obere kiesig-sandige und Mittlere sandig-kiesige Abfolge (OksA/MskA)                       | 81        |
| 10.2.5    | Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (MskAo)                                               | 82        |
| 10.2.6    | Zwischenhorizont 2 (ZH2)                                                                   | 82        |
| 10.2.7    | Zwischenhorizont 3 (ZH3)                                                                   | 82        |
| 10.2.8    | Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten (MskAu)                                              | 83        |
| 10.2.9    | Untere sandig-schluffige Abfolge oben (UssAo)                                              | 84        |
| 10.2.10   | Untere sandig-schluffige Abfolge unten (UssAu)                                             | 85        |



|           |                                                               |            |
|-----------|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>11</b> | <b>Abgeleitete Themen .....</b>                               | <b>89</b>  |
| <b>12</b> | <b>Grundwasservorkommen im Oberrheingraben .....</b>          | <b>94</b>  |
| 12.1      | Hydrostratigraphische Gliederung .....                        | 94         |
| 12.2      | Karten der Grundwasserleiter.....                             | 102        |
| 12.2.1    | Oberer Grundwasserleiter (OGWL) .....                         | 102        |
| 12.2.2    | Mittlerer Grundwasserleiter (MGWL).....                       | 102        |
| 12.2.3    | Unterer Grundwasserleiter (UGWL).....                         | 103        |
| <b>13</b> | <b>Hydraulische Eigenschaften der Grundwasserleiter .....</b> | <b>113</b> |
| 13.1      | Methodik.....                                                 | 113        |
| 13.2      | Statistische Kennzahlen.....                                  | 113        |
| 13.3      | Räumliche Verteilung der Durchlässigkeiten.....               | 114        |
| 13.3.1    | Oberer Grundwasserleiter (OGWL).....                          | 114        |
| 13.3.2    | Mittlerer Grundwasserleiter (MGWL).....                       | 122        |
| 13.3.3    | Unterer Grundwasserleiter (UGWL).....                         | 122        |
|           | Abkürzungen .....                                             | 126        |
|           | <b>Literatur.....</b>                                         | <b>127</b> |





## Übersicht

Mit der Überarbeitung und Fortschreibung der Aquiferstudie der Lockergesteine im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens wird der derzeitige Kenntnisstand über die hydrogeologischen Grundlagen erstmals zusammenfassend in digitaler Form bereitgestellt. Das Arbeitsgebiet umfasst das Verbreitungsgebiet der pliozänen und quartären Kiese und Sande, die den bedeutendsten Grundwasserleiter Baden-Württembergs bilden.

Die Zusammenstellung basiert auf der grundlegenden Überarbeitung des südlichen und mittleren Teils des Oberrheingrabens in Baden-Württemberg sowie der Aktualisierung des digitalen Datenbestandes im Nordteil. Hierbei konnte auf die flächendeckend vorliegenden analogen hydrogeologischen Kartierungen, auf digitale Kartierungen aus verschiedenen nationalen Studien und auf die Ergebnisse mehrerer grenzüberschreitender Projekte zurückgegriffen werden.

Der Kartierung liegt eine einheitliche Nomenklatur und Kartiermethodik zugrunde. Die Bearbeitung basiert auf der Auswertung von ca. 10 300 Bohrungen, für die hydrogeologische Kurzprofile erstellt wurden sowie auf der Interpretation geophysikalischer Messungen.

Das Untersuchungsgebiet wurde vorwiegend aus kartiertechnischen Gründen in die drei Gebiete Süd, Mitte und Nord unterteilt. Dies war wegen der Handhabung der großen Datenmengen im geographischen Informationssystem (GIS) erforderlich. Auf einer CD-ROM (RPF/LGRB 2007a) sind die Ergebnisse der Bearbeitung (Beschreibung der hydrogeologischen Einheiten, hydrogeologische Kurzprofile, Verbreitungskarten, Isolinenpläne und Rasterdaten der hydrogeologischen Einheiten und Grundwasserleiter, Durchlässigkeitskarten, hydrogeologische Profilschnitte) in digitaler Form enthalten.

Die Lockersedimente lassen sich aufgrund lithologischer Unterschiede (Unterschiede im Sand-/Schluff-Gehalt, in der Lagerungsdichte und anhand von Groblagen), der Herkunft des Materials (Alpen, Schwarzwald), des Zersetzungsgrades der Gerölle sowie zwischengeschalteter feinklastischer Sedimente in mehrere hydrogeologische Einheiten untergliedern.

Für das südliche und mittlere Untersuchungsgebiet (Basel bis Malsch – Durmersheim) wurde die gültige stratigraphische Neugliederung der Lockergesteinsabfolge (LGRB 2000, ELLWANGER et al. 2003, RPF/LGRB 2007b) weitgehend übernommen.

Es handelt sich dabei von oben nach unten um folgende lithostratigraphische Einheiten:

- die Neuenburg-Formation bis südlich von Offenburg (frühere Bezeichnungen: Riß-Würm-Komplex, Jüngere Schotter, Frische Kiese)
- die Ostrhein-Schotter (nur in der Freiburger Bucht)
- die Breisgau-Formation bis südlich von Offenburg
- die Ortenau-Formation, die südlich von Offenburg nach Norden die Neuenburg- und die Breisgau-Formation ersetzt
- den Riegel-Horizont (im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation, nur in der Freiburger Bucht)
- die Iffezheim-Formation bzw. das Fluviale Jungtertiär.

Im Norden des Teilgebiets Mitte schalten sich innerhalb der Ortenau-Formation mehrere Feinklastische Horizonte ein (Feinklastische Horizonte 1–4, Kap. 10.1.3, Abb. 8.6, Abb. 10.4 bis 10.7, RPF/LGRB (2007 a): Schnitte: *mitte\_querschnitt 1* bis 9 und *mitte\_laengsschnitt 1* und 2). Nördlich von Bühl wurde der Feinklastische Horizont 4 mit dem Oberen Zwischenhorizont (OZH) zusammengeführt. Damit ist in nördlicher Richtung der Übergang von der Neuenburg-Formation zu der Oberen kiesig-sandigen Abfolge und der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge oben verbunden (s. u.). Die Ortenau-Formation wurde nach hydrogeologischen Gesichtspunkten in einen oberen und einen unteren Teil gegliedert. Der untere Abschnitt der Ortenau-Formation wird nach Norden in die Untere sandig-schluffige Abfolge oben übergeführt. Diese lithologisch/hydrostratigraphische Korrelation (vgl. Kap. 7) bedeutet jedoch nicht, dass es sich dabei auch um zeitgleiche Einheiten handelt. Eine stratigraphische Korrelation ist derzeit wegen des noch unzureichenden Kenntnisstandes über die Alterseinstufung der Sedimente nicht möglich.

Im Teilgebiet Nord (Malsch – Durmersheim bis nördliche Landesgrenze) lehnt sich die hydrogeologische Gliederung an die „klassische“ Gliederung nach BARTZ (1976, 1982) und RPF/LGRB (2007b) an. Dies ist für die hydrogeologische Praxis vorteilhaft, da sie sich an lithologischen Unterschieden innerhalb der quartären und pliozänen Abfolge orientiert. Dabei wurden die lithostratigraphischen Bezeichnungen nach BARTZ (1976, 1982) durch lithologische Bezeichnungen ersetzt, da eine Zeitgleichheit der Einheiten nicht gewährleistet ist. Diese Gliederung gibt die hydraulischen Verhältnisse innerhalb der Abfolge mit kiesig-sandigen bis sandig-schluffigen Einheiten (Grundwasserleiter) und tonig-schluffigen Einschaltungen (Zwischenhorizonte, Grundwassergeringerleiter) gut wieder. Wegen der nach Norden zunehmenden feinkörnigen Trennhorizonte erfolgt in diese

Richtung eine stärkere vertikale Differenzierung der Lockersedimentabfolge.

Es handelt sich dabei von oben nach unten um folgende lithologische Einheiten (Bezeichnung nach RPF/LGRB 2007b in Klammern):

- OksA Obere kiesig-sandige Abfolge (OKL, Mannheim-Formation)
- OksAo Obere kiesig-sandige Abfolge oben (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar, OKLo)
- ZH1 Zwischenhorizont 1 (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar)
- OksAu Obere kiesig-sandige Abfolge unten (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar, OKLu)
- OZH Oberer Zwischenhorizont (Ladenburg-Horizont)
- MskAo Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (MKLo)
- ZH2 Zwischenhorizont 2 (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar)
- MskAm Mittlere sandig-kiesige Abfolge Mitte (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar, MKLm)
- OksA/MskAo Obere kiesig-sandige Abfolge/Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (zusammengefasste Einheit in Bereichen außerhalb der OZH- Verbreitung, OKL, MKLo)
- ZH3 Zwischenhorizont 3
- MskAu Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten (MKLu)

- UZH Unterer Zwischenhorizont
- UssAo Untere sandig-schluffige Abfolge oben (z. T. Altquartär)
- TZH Tieferer Zwischenhorizont (nur in Rheinland-Pfalz kartiert)
- UssAu Untere sandig-schluffige Abfolge unten (Iffezheim-Formation/Fluviatiles Jungtertiär, „Pliozän“)

Die Aquiferbasis besteht meist aus tertiären Ton- und Tonmergelsteinen oder den überwiegend tonig-schluffigen Sanden der Iffezheim-Formation/des Fluvialen Jungtertiärs.

Die Lockersedimente wurden in Grundwasserleiter und Grundwassergeringleiter gegliedert. Der Differenzierung liegen lithologische Unterschiede, unterschiedliche hydraulische Potenziale zwischen Grundwassermessstellen mit unterschiedlicher Tiefe der Filterstrecken, tiefenabhängige Unterschiede der hydraulischen Durchlässigkeiten sowie hydrochemische und isotopenhydrologische Befunde zugrunde. Die Grenzflächen wurden als Rasterdatensätze bzw. perspektivische Darstellungen visualisiert.

Aus Pumpversuchsergebnissen wurden Durchlässigkeitskarten für die Grundwasserleiter abgeleitet.

Auf einer CD-ROM (RPF/LGRB 2007a) sind die Kartiierungsergebnisse in einem interaktiven html-Projekt dokumentiert. Sie enthält außerdem sämtliche GIS-Daten (shape-files bzw. grids), die 41 hydrogeologischen Längs- und 4 Querschnitte\* sowie perspektivische Darstellungen der Basis der Grundwasserleiter.

\* Hinweise darauf im Text in *kursiver Schrift*



# 1 Allgemeine Vorbemerkungen

Die Lockergesteine des Oberrheingrabens enthalten das größte Grundwasservorkommen Mitteleuropas und bilden den bedeutendsten Porengrundwasserleiter Badens-Württembergs (Abb. 1.1). Im Gebiet zwischen Basel im Süden und Karlsruhe im Norden

sind im Untergrund etwa 80 Milliarden Kubikmeter Wasser gespeichert (LUBW 2006 a), aus dem der Trinkwasserbedarf der dort lebenden Bevölkerung zu drei viertel, der Industriewasserbedarf zur Hälfte und der Bedarf der Landwirtschaft zur Bewässerung fast vollständig gedeckt wird. Gleichzeitig bilden die Lockersedimente die bedeutendste Sand- und Kieslagerstätte des Landes (LGRB 2002 a, RPF/LGRB 2006 a).



**Abb. 1.1** Bearbeitungsgebiet im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens

Aufgrund ihrer wirtschaftlich und klimatisch günstigen Lage wird die Region durch Wohnsiedlungen, Gewerbe und Industrie, ein dichtes Verkehrsnetz sowie durch die Landwirtschaft intensiv genutzt. Dies führte in der Vergangenheit zu Belastungen des Grundwassers mit Schadstoffen, deren Konzentrationen die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung gebietsweise überschreiten (Landesanstalt für Umweltschutz, Région Alsace, 2000).

Diese konkurrierenden Nutzungen machen differenzierte Schutzstrategien, den optimierten Einsatz von Maßnahmen zur Reduzierung der Grundwasserbelastung sowie ein auf die jeweiligen Rahmenbedingungen abgestimmtes Grundwassermanagement erforderlich. Dafür werden vielfach numerische Grundwasserströmungs- und Transportmodelle eingesetzt, für die das Aquifermodell wichtige Eingangsdaten bereitstellt.

Bei Überarbeitung des hydrogeologischen Baus des baden-württembergischen Teils des Oberrheingrabens wurden die Aquifergeometrie untersucht, hydrogeologisch relevante Grenzflächen innerhalb des Kiesgrundwasserleiters kartiert und den hydrogeologischen Einheiten hydraulische Parameter zugewiesen.

In den früheren hydrogeologischen Bearbeitungen des Untersuchungsgebiets (vgl. Kap. 5) wurden die hydrogeologisch relevanten Grenzflächen und die hydrogeologischen Profilschnitte meist analog erstellt und in gedruckter Form veröffentlicht. Neben der inhaltlichen Aktualisierung der Karten und Auswei-

tung des Kartierumfangs auf zusätzliche Themen besteht bei der Fortschreibung des hydrogeologischen Baus der wesentliche Fortschritt in der GIS-gestützten digitalen Bearbeitung der Daten und Bereitstellung der Ergebnisse in digitaler Form. Hiermit sind folgende Vorteile verbunden:

- Die digitale Dokumentation der Eingangsdaten (im Wesentlichen Daten von Bohrungen und geophysikalischen Messungen) ermöglicht einen schnellen Zugriff.
- Aufgrund der standardisierten Methodik sind die Grundkarten, die aus den Eingangsdaten abgeleitet werden (Basisgeometrien), reproduzierbar.
- Die hydrogeologischen Profilschnitte werden aus den Basisgeometrien halbautomatisiert erzeugt. Sie sind mit ihnen konsistent.
- Aus den Basisgeometrien lassen sich weitere Kartierthemen ableiten, die mit den Basisgeometrien konsistent sind (z. B. Mächtigkeit der hydrogeologischen Einheiten, verschiedene Themen für einzelne Grundwasserleiter etc.).
- Sämtliche Geometrien sind widerspruchsfrei (keine Überschneidungen bzw. Datenlücken, keine negativen Mächtigkeiten).
- Die Daten können direkt für weitere Anwendungen (z. B. numerische Grundwassermodellierung) genutzt werden.
- Die Kartielergebnisse können vielfältig visualisiert werden (z. B. als Rasterdatensätze oder perspektivische Darstellungen).
- Die Eingangsdaten sowie die daraus generierten Karten und Profilschnitte können selektiv und mit einem im Vergleich zur analogen Bearbeitung geringeren Zeitaufwand aktualisiert werden.



## 2 Lage und Begrenzung des Arbeitsgebiets

Das Arbeitsgebiet liegt im südlichen, mittleren und teilweise im nördlichen Oberrheingraben (Abb. 1.1, 2.1 und 3.1). Es umfasst dort das Verbreitungsgebiet der quartären Kiese und Sande. Sie bilden den Hauptgrundwasserleiter.

Grundlage für die Abgrenzung der Verbreitung des Kiesgrundwasserleiters waren die Hydrogeologischen Karten Baden-Württemberg (Maßstab 1 : 50 000, HGK) sowie die teils analog und teils digital vorliegenden Geologischen Karten im Maßstab 1 : 25 000. Außerdem wurde bei der Grenzziehung die Geländemorphologie entsprechend den topographischen Karten 1 : 25 000 dort berücksichtigt, wo der Übergang zwischen den Kiesen der Niederterrasse und dem angrenzenden Festgestein durch eine Schwemmlössauflage wechselnder Mächtigkeit verdeckt ist. In diesen Fällen orientiert sich die Gebietsabgrenzung am Hangfuß der Vorbergzone bzw. des kristallinen Grundgebirges. Somit wird entgegen früheren Bearbeitungen auch der unter einer bereichsweise mächtigen Lössauflage schlecht erkundete Kiesgrundwasserleiter in das Modellgebiet einbezogen (z. B. im Markgräfler Land oder nördlich von Offenburg). Diese Bereiche sind aufgrund ihrer intensiven landwirtschaftlichen Nutzung für Stoffeinträge in das Grundwasser von der Erdoberfläche aus besonders bedeutsam (LUBW 2006 a).

Im Westen wird das Modellgebiet vom Rhein begrenzt. Im Südosten reicht das Gebiet in das Hochrheintal bis östlich von Pratteln (CH) und Wyhlen (D). Die Nordgrenze wird von der Landesgrenze zu Hessen gebildet (Abb. 1.1).

Die Ostgrenze des Gebiets verläuft im Markgräfler Land entlang der Vorbergzone und weiter am Westrand des Batzenbergs in die Freiburger Bucht. Dort endet das Gebiet am Beginn des Dreisam-, des Glotter-, des Elz- und des Brettentals. Nördlich des Elztals liegt die Grenze bis zur Riegeler Pforte am Westrand der Emmendinger Vorbergzone. Die Riegeler Pforte bildet die Engstelle zwischen der Anhöhe mit der Burgruine Lichteneck (zwischen Hecklingen und Malterdingen) im Osten und dem Michaelsberg bei Riegel im Westen. Nördlich der Riegeler Pforte folgt die Gebietsgrenze dem Westrand der Emmendingen-Lahrer Vorbergzone bis südlich von Offenburg. Nördlich des Kinzigtals werden am Grabenrand die quartären Kiese von mächtigen Lösssedimenten überlagert. Dort wurde zwischen der Rench und der Acher die Grenze des Kiesgrundwasserleiters entlang der Schwarzwaldrandverwerfung gezogen. Ihr Verlauf ist in diesem Abschnitt aufgrund der Löss-

überdeckung nicht genau bekannt (HGK 1978 a). Nördlich von Achern bis Hemsbach wurde der Kiesgrundwasserleiter entlang der westlichen Verbreitungsgrenze der mesozoischen und tertiären Festgesteine abgegrenzt, die in diesem Abschnitt ebenfalls stellenweise lössbedeckt sind.

Das Untersuchungsgebiet wurde vorwiegend aus kartotechnischen Gründen in die drei Teilgebiete Süd (südlich des Kaiserstuhls und Freiburger Bucht), Mitte (nördlich des Kaiserstuhls bis Malsch – Durmersheim) und Nord (nördlich von Malsch – Durmersheim bis zur nördlichen Landesgrenze) unterteilt. Sie werden in verschiedene landschaftlich/morphologische Einheiten gegliedert.

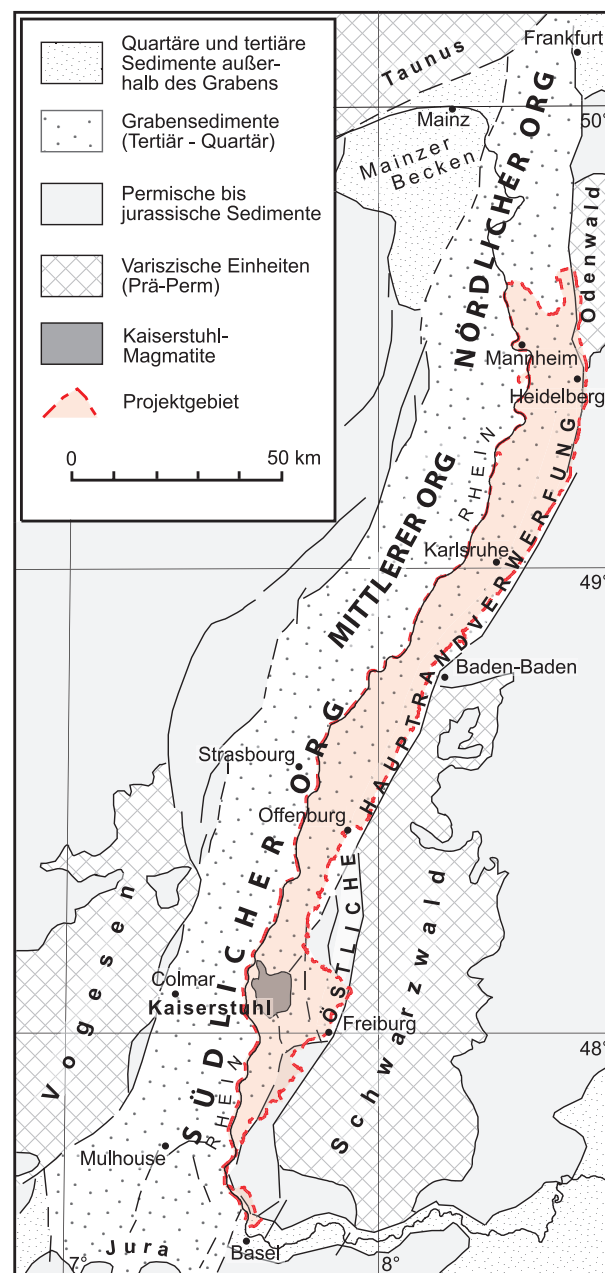


Abb. 2.1 Geologische Übersichtskarte des Oberrheingrabens (ORG, verändert nach PFLUG 1982) mit Projektgebiet.

Das **Teilgebiet Süd** besteht aus dem Oberrheingraben südlich des Kaiserstuhls und der Freiburger Bucht.

Südlich des Kaiserstuhls liegen im Untersuchungsgebiet folgende morphologische Einheiten (MÄCKEL 1992):

- Die **Colmar-Neuenburger Rheinebene** mit der Niederterrasse und der Rheinaue. Beide Einheiten sind durch die Terrassenkante (Hochgestade) morphologisch voneinander getrennt. Die Niederterrasse besteht aus Kies mit Geröllen überwiegend alpiner Herkunft. Die Rheinaue umfasst das ehemals regelmäßig überschwemmte Flussgebiet beiderseits des Rheins, dessen obere 3 bis 5 m im Holozän umgelagert wurden.
- Im Osten schließen das **Markgräfler Hügel-land** mit der **Markgräfler Vorbergzone** und die westlich vorgelagerten **Lösshügelländer** an. Die Lösshügelländer werden bei Staufen am Ausgang des Münstertals durch die sogenannte Stauffer Bucht unterbrochen.

Die **Freiburger Bucht** liegt zwischen dem Kaiserstuhl im Westen und dem Schwarzwald im Osten. Sie wird morphologisch in folgende Einheiten untergliedert:

- Der **Dreisam-** und der **Elz-Glotter-Mündungsschwemmfächer** bilden flache kegelförmige Schotterkörper, die sich von der Austrittsstelle der Schwarzwaldtäler halbkreisförmig in die Freiburger Bucht vorbauen (VILLINGER 1999). Die Schwemmkegel reichen bis an den Tuniberg und an den Nimberg und werden vom Kaiserstuhl durch die alpinen Kiese der Ostrheinrinne getrennt.
- Die **Mengener Brücke** besteht aus mächtigen Feinsedimentablagerungen (vermutlich überwiegend Löss) mit nur wenigen, gering mächtigen kiesigen Einschaltungen. Sie gehört nicht zum Aquifer und bildet eine sanfte Erhebung im Süden der Freiburger Bucht.
- Der **Kaiserstuhl** besteht aus einem sedimentären Sockel im Osten (Kalksteine, Tonsteine, Mergelsteine des Mitteljura und Oligozän) und magmatischen Gesteinen im Zentrum und Westen.
- **Tuniberg, Nimberg, Lehener Berg** und der **Hunnenbuck** sind Vorbergschollen, die über die Schotterebene der Freiburger Bucht herausragen.

Das **Teilgebiet Mitte** reicht vom Nordrand des Kaiserstuhls bis Malsch – Durmersheim.

Hier kommen folgende morphologische Einheiten vor (FISCHER 1967, FISCHER & KLINK 1967):

- **Strasbourg-Offenburger Rheinebene.** Ihr gehören die Mahlberg-Kippenheimweiler Platte und die Forchheimer Niederterrassenplatte an. Beide werden durch die Elzniederung (Kenzingen Niederung) voneinander getrennt. Die ehemals geschlossen verbreitete Niederterrasse wurde bereichsweise von Schwarzwaldtäler durchschnitten und im oberen Teil ausgeräumt. Anschließend wurden die Erosionsformen stellenweise wieder mit Schwarzwaldschottern verfüllt. Nördlich von Greffern schließt an die Strasbourg-Offenburger Rheinebene die Hardtebene an.
- Nach Norden folgen am Ostrand die in weiten Bereichen lössüberdeckten **Lahr-Emmendinger Vorberge** und nördlich des Kinzigtals die **Ortenau-Bühler Vorberge** (FISCHER 1967).
- Im Norden des Teilgebiets Mitte verläuft auf der Niederterrasse entlang des Westrandes der Ortenau-Bühler Vorbergzone die **Kinzig-Murg-Rinne**. Sie wurde vor allem von der Murg ab ihrem Austritt aus dem Schwarzwald südöstlich von Rastatt in die Niederterrassenschotter eingetieft. Später wurde die Rinne mit feinklastischen und organischen Ablagerungen verfüllt.

Das **Teilgebiet Nord** reicht bis zur nördlichen Landesgrenze.

Es wird von Westen nach Osten gegliedert in

- die **Rheinniederung** mit verlandeten Altrheinarmen, zahlreichen Baggerseen und Auewäldern
- das **Hochgestade**, dem bis zu 12 m hohen Erosionsrand der Niederung
- die flache **Niederterrasse** mit der nördlichen Fortsetzung der **Kinzig-Murg-Niederung** im Osten und dem **Schwemmfächer des Neckars** am Nordostrand des Gebiets
- die vermutlich hauptsächlich aus pliozänen und tertiären Sedimenten bestehende **Vorbergzone** mit dem Übergang zum östlich anschließenden **Randgebirge** aus überwiegend mesozoischen Sedimenten.

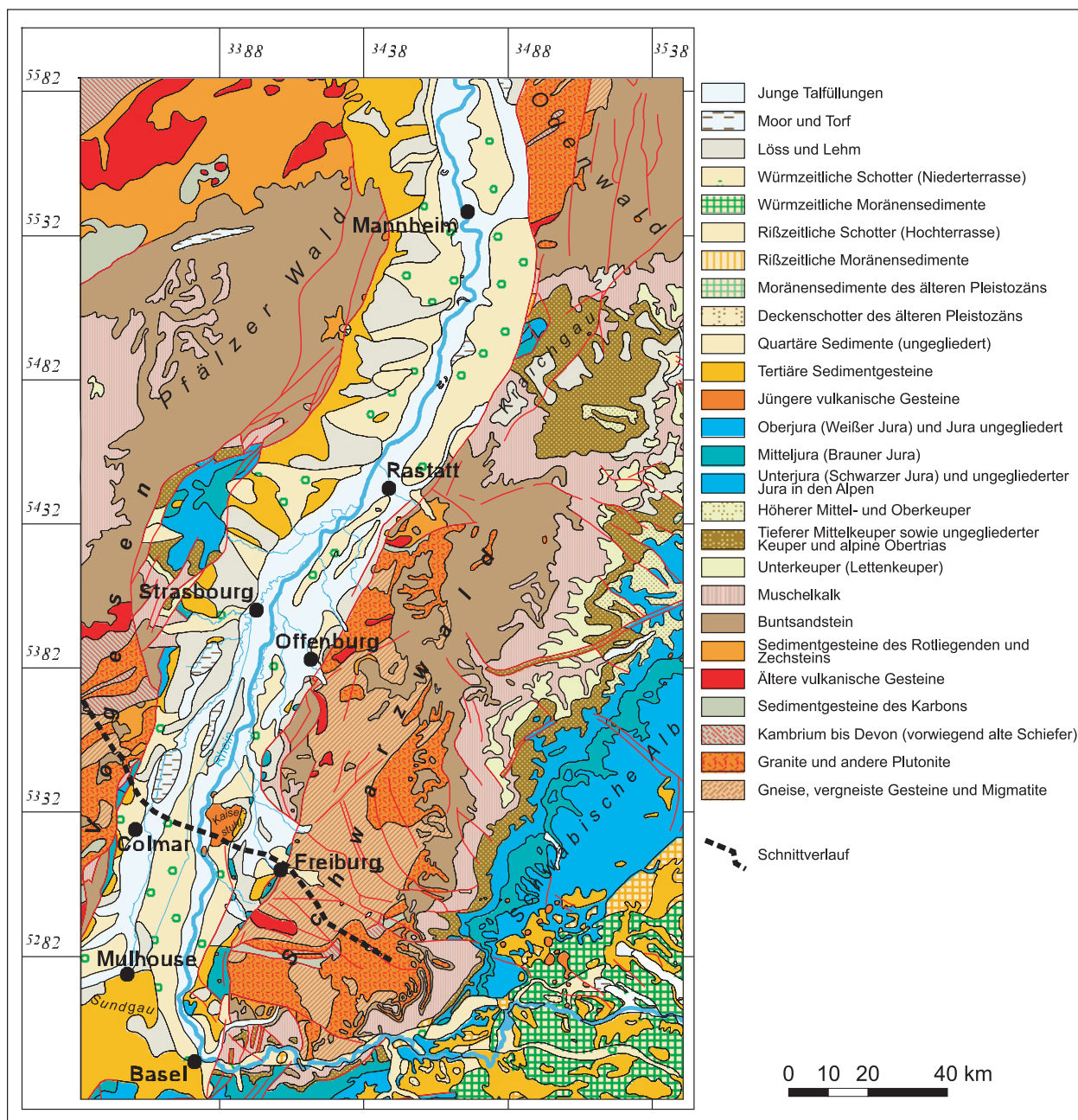


### 3 Geologische Entwicklung des Oberrheingrabens

Der ca. 40 Kilometer breite und ca. 300 Kilometer lange Oberrheingraben ist eine südsüdwest – nordnordost verlaufende Bruchzone im nordwestlichen Vorland der Alpen (ZIEGLER 1992). Er bildet den zentralen Teil einer bedeutenden Großstruktur im geologischen Bau Mitteleuropas, die sich nach Süden über den Bresse- und Rhônegraben bis zum Mittelmeer erstreckt. Nach Norden setzt sie sich über die Hessische Senke bis zum Oslo-Graben fort.

Der tiefe Untergrund des Oberrheingrabens besteht aus kristallinen Gesteinen (Granite und Gneise), die auch im Schwarzwald und den Vogesen vorkommen (Abb. 3.1 und 3.2). Darüber folgen Sedimente aus der Zeit des Perm bis Jura, die noch vor der Grabenentstehung abgelagert wurden.

Der Oberrheingraben entwickelte sich vermutlich entlang älterer geologischer Strukturen, die im Zusammenhang mit tektonischen Vorgängen bei der Entstehung der Alpen reaktiviert wurden (HÜTTNER 1991: S. 24 ff., SCHUHMACHER 2002). Hinweise auf eine aktive Tektonik an Teilabschnitten der Vogesenstörung vor der Ablagerung der alttertiären Sedi-



**Abb. 3.1** Geologische Übersichtskarte (Grundlage: Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000 000, LGRB 1998 a). (Geologischer Schnitt s. Abb. 3.2).



mente ergeben sich u. a. auch aus einem 3D Retrodeformationsmodell, das für den Raum Colmar erstellt wurde (BERTRAND et al. 2005). Der großräumigen schildförmigen Aufwölbung der Erdkruste im Bereich des heutigen Oberrheingrabens und Rheinischen Schiefergebirges folgte seit dem Mitteleozän vor ca. 50 Millionen Jahren das Einsinken des Oberrheingrabens entlang tieferreichender Bruchstrukturen.

Die Haupteinsenkung erfolgte im Obereozän und im Oligozän, wobei diese Entwicklung im Süden begann und sich dann nach Norden fortsetzte (PFLUG 1982, HÜTTNER 1991). Während dieser Zeit wurden im Graben überwiegend limnische und marine Sedimente abgelagert. Die Ablagerungen bestehen im zentralen Graben im Wesentlichen aus grauen und grünlichen Ton- und Mergelsteinen mit Anhydrit-, Gips-, Steinsalz- und Kalisalzlagern im Süden. Am Grabenrand überwiegen Kalk- und Sandsteine mit Konglomeraten.

Im Miozän fiel der Graben im Süden und in der Mitte als Folge von Hebungen weitgehend trocken. Die Verlandung setzte im Süden des Grabens bereits im frühen, in der Mitte erst im späten Untermiozän ein (VILLINGER 1999) und hielt bis in das Obermiozän an. Aus dieser Zeit sind im südlichen Graben keine Ablagerungen bekannt. In die Zeit des Unteren und Mittleren Miozäns fallen die Ausbrüche der Kaiserstuhlvulkane. Sie begannen vor ca. 19 Millionen Jahren und dauerten bis vor ca. 15 Millionen Jahren (WIMMENAUER et al. 2003: 129).

Die zweite Einsenkungsphase begann im Nordteil des Oberrheingrabens im Pliozän vor ca. 5,3 Millionen Jahren. Dort wurden mächtige Fluss- und Seesedimente abgelagert. Nach BARTZ (1976) wurden die pliozänen Sedimente südlich einer Linie von Sélestat – Lahr vor Ablagerung der quartären Sedimente abgetragen. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass auch südlich des Kaiserstuhls pliozäne Sedimente insbesondere in tektonisch abgesenkten Bereichen vorhanden sind (Iffezheim-Formation, WIRSING et al. 1999 a; HAGEDORN 2004). Die tertiären Sedimente erreichen im Süden des Oberrheingrabens eine Mächtigkeit von über 2000 Metern, im Norden werden sie mehr als 3000 m mächtig (PFLUG 1982).

Die flussgeschichtliche Entwicklung von Rhein, Aare und Donau seit dem Miozän wird bei VILLINGER (1986, 1998, 1999) ausführlich beschrieben. Seit dem Untermiozän bestand im Oberrheingraben im Bereich Colmar – Kaiserstuhl – Emmendingen eine Wasserscheide. Der Ur-Rhein entsprang nördlich des Kaiserstuhls und entwässerte nach Norden. Schwarzwald- und Vogesenflüsse und -bäche, die südlich der Kaiserstuhlwasserscheide in den Oberrheingraben eintraten, entwässerten im Mittel- bis Obermiozän vor der Auffaltung des schweizer Jura-gebirges nach Südosten in das Molassebecken vor dem Alpennordrand (VILLINGER 1998). Gemeinsam mit der Aare und der Walliser Rhône bildeten sie Quellflüsse der Ur-Donau, die als großes Entwässerungssystem am Nordrand des nördlichen Molassebeckens verlief.

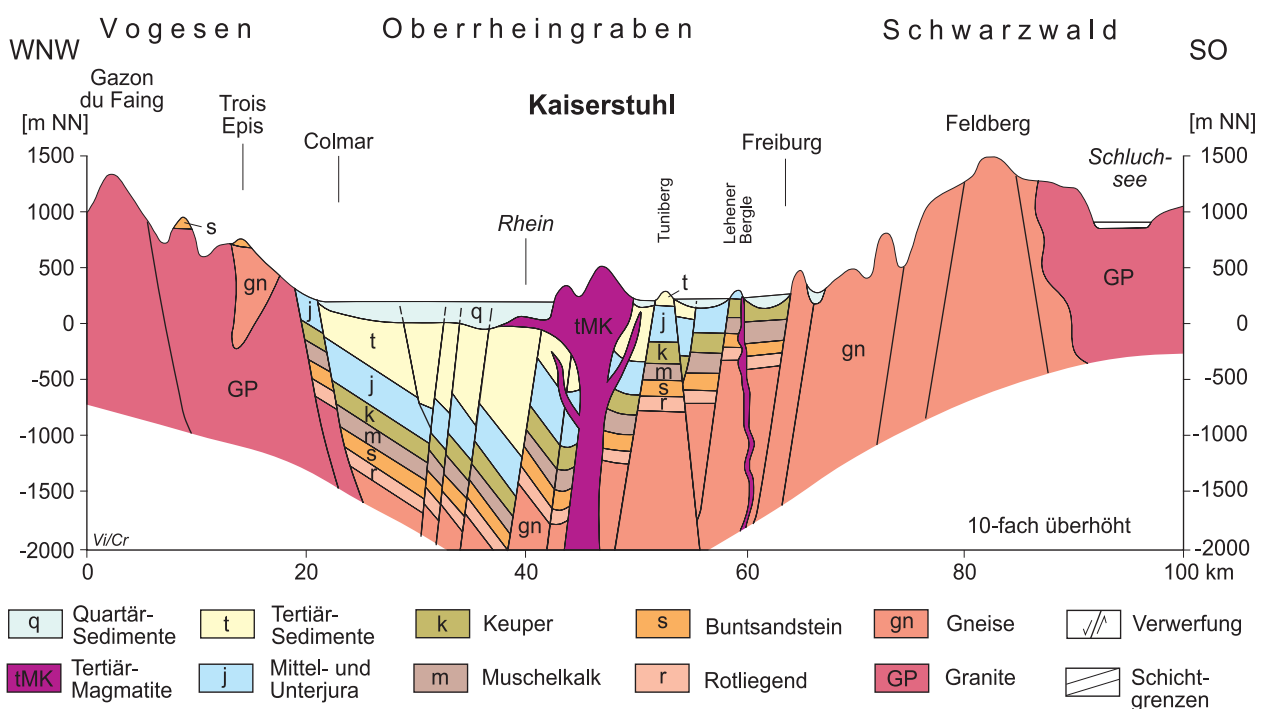


Abb. 3.2 Geologischer Schnitt von den Vogesen zum Schwarzwald auf Höhe des Kaiserstuhls nach VILLINGER (2002) (Schnittverlauf: s. Abb. 3.1).





Im Obermiozän/Unterpliozän wurden die Flüsse aus dem Gebiet südlich der Kaiserstuhlwasserscheide nach Südwesten abgelenkt und entwässerten über den Doubs durch den Sundgau zum Mittelmeer. An dieses System wurde in der Mitte des Pliozän (vor ca. 3,2 Millionen Jahren) die Aare angeschlossen, deren Verbindung zur Donau im Raum Waldshut als Folge tektonischer Hebungen unterbrochen worden war. Die Aare wurde so nach Westen abgelenkt und gemeinsam mit ihren Zuflüssen Walliser Rhône, Reuss und Limmat zum Oberlauf des Doubs. Dieses nach Süden entwässernde Aare-Doubs-Flusssystem lagerte im Oberpliozän am Südrand des Oberrheingrabens die Sundgauschotter ab.

Gegen Ende des Pliozäns sank der südliche Teil des Oberrheingrabens erneut ab. Dies führte zum Verschwinden der oberirdischen Wasserscheide auf Höhe des Kaiserstuhls. Im Grabenzentrum entstand eine neue, nach Norden gerichtete Tiefenlinie. Die etwa gleichzeitige Ablenkung der Rhône nach Süden sowie der Aare nach Norden und ihre Anbindung an den Ur-Rhein führten zur Ausbildung des heutigen Gewässersystems. Diese Entwicklung kommt in der petrographischen Zusammensetzung der Grabensedimente zum Ausdruck.

Da tektonische Bewegungen noch bis in die Gegenwart anhalten (u. a. SCHWEIZER 1992), haben sie bis in die jüngste Zeit einen steuernden Einfluss auf die Ablagerungsprozesse und -produkte der quartären Sedimente.

Die Untergliederung des Oberrheingrabens in einen südlichen, mittleren und nördlichen Abschnitt, die in der vorliegenden Arbeit verwendet wird, erfolgte entsprechend dem tektonischen Bau sowie der lithologischen Ausbildung und Mächtigkeit der pliozänen und quartären Sedimente (Abb. 2.1, Abb. 8.2, vgl. auch SCHAD 1964, BARTZ 1982).

Der südliche Oberrheingraben wird im Süden vom Schweizer Faltenjura begrenzt und reicht vom Sundgau bis zur Karlsruher Schwelle im Raum Hügelsheim/Sinzheim westlich von Baden-Baden. Dieser Bereich war im Quartär überwiegend ein Senkungsgebiet und ist durch mächtige quartäre Kies- und Sandablagerungen gekennzeichnet. Die Sedimente erreichen auf französischem Gebiet im Raum Geiswasser südwestlich des Kaiserstuhls (sog. Senke von Geiswasser) bis zu 240 m und im Raum Offenburg ca. 200 m Mächtigkeit. Aufgrund der Nähe des Ablagerungsraumes zum alpinen Liefergebiet sind sie grobklastisch ausgebildet. Großflächig korrelierbare feinklastische Horizonte fehlen.

Der mittlere Oberrheingraben schließt nördlich von Baden-Baden bis in den Raum Speyer an. Dieser

Bereich war im Pliozän und im Quartär eine Schwellenregion. Sie ist durch West-Ost und Nordnordost-Südsüdwest orientierte Verwerfungen in eine Vielzahl von Hoch- und Tiefschollen gegliedert (z. B. Büchelberger Horst, Rheinzaberner Horst, HGK 1988, HGK 2007). Im Bereich dieser so genannten Karlsruher Schwelle (BARTZ 1982) bzw. Rastatt-Karlsruher Schwelle (WERNER et al. 1995) erreichen die pliozänen und quartären Sedimente lediglich eine Mächtigkeit von insgesamt ca. 100 Metern, die quartären Kiese sind nur 30 m mächtig. Die Kiesbasis (Aquiferbasis) steigt an einem komplexen Störungssystem von ca. 20 m NN bei Membrechtshofen auf ca. 70 m NN nördlich von Karlsruhe an und fällt weiter im Norden wieder bis auf ca. -100 m NN (Basis „Altquartär“ bei Wiesloch, HGK 1988, HGK 2007) ab.

Nördlich von Speyer geht der mittlere Oberrheingraben in den nördlichen Oberrheingraben über, der im Norden vom Rheinischen Schiefergebirge begrenzt wird. Die pliozänen und quartären Sedimente erreichen im so genannten Heidelberger Becken Mächtigkeiten von ca. 1000 m (BARTZ 1982: 3) bzw. möglicherweise noch deutlich darüber (ELLWANGER et al. 2003). Die altersmäßige Einstufung der Abfolge, insbesondere die Tiefenlage der Basis des Pliozän ist dort derzeit noch unklar (SALOMON 1927, FEZER 1974, ELLWANGER et al. 2003). Innerhalb der Lockersedimente sind lateral aushaltende und hydraulisch wirksame feinklastische Horizonte ausgebildet, die zu einer Untergliederung der Abfolge in einen Oberen, Mittleren und Unteren Grundwasserleiter führen.

Tektonisch besteht der Oberrheingraben aus drei Großeinheiten, die zur Grabenmitte hin nahezu spiegelbildlich angeordnet sind (GROSCHOPF et al. 1996, WIMMENAUER et al. 2003, Abb. 3.1 und 3.2).

- Im Oberrheingraben bilden die quartären Kiese und Sande die oberste geologische Einheit. Der Festgesteinsuntergrund wird in die zentral gelegene innere Grabenzone bzw. Grabenscholle und die nach Westen und Osten anschließende Grabenrandzone gegliedert.
- Westlich und östlich davon schließen die Vorberge der Vogesen und des Schwarzwalds an. Sie bestehen aus Bruchschollen und werden von tertiären bis mesozoischen Sedimentgesteinen aufgebaut.
- Diese beiden Einheiten werden von den Graniten und Gneisen der Vogesen und des Schwarzwalds eingerahmt.

Diese generelle Unterteilung ist in Bereichen komplexer Störungsmuster erschwert. Der Kaiserstuhl als miozäner Vulkanschlot liegt an der Grenze zwischen der Freiburger Bucht im Osten und der Grabenscholle des Oberrheingrabens.

## 4 Strukturelle Gliederung des Arbeitsgebiets

Der baden-württembergische Teil des Oberrheingrabens wird in drei Teilgebiete unterteilt. Deren strukturelle Gliederung wird im Folgenden beschrieben.

### 4.1 Bereich südlich des Kaiserstuhls und Freiburger Bucht (Teilgebiet Süd)

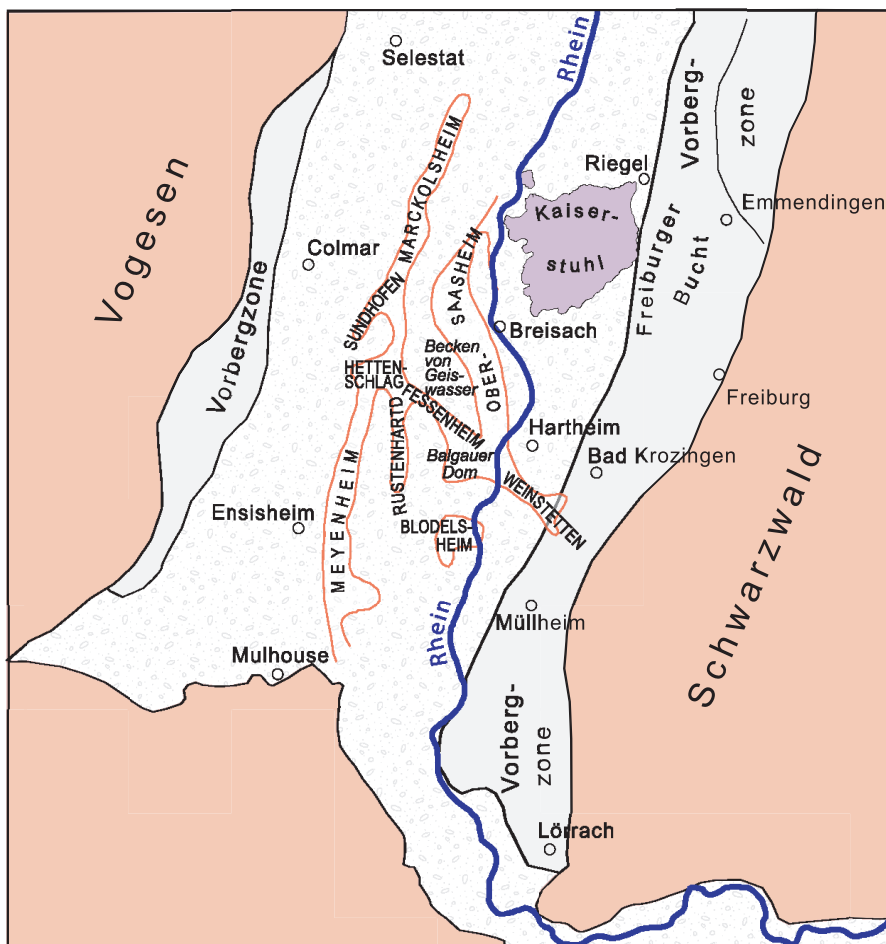
Das südliche Teilgebiet liegt in der Inneren und Äußeren Grabenzone des Oberrheingrabens. Die Äußere Grabenzone und die Vorbergzone grenzen im Osten mit der Schwarzwaldrandverwerfung an das kristalline Grundgebirge, im Westen mit der Rheinverwerfung an die Innere Grabenzone. Diese wichtigen rheinischen Störungen sowie weitere nordnordost-südsüdwest verlaufende Störungen haben Auswirkungen auf die Verbreitung und Mächtigkeit zumindest der basalen hydrogeologischen Einheiten der Lockergesteinsfüllung (Iffezheim-Formation und Breisgau-Formation).

Südlich des Kaiserstuhls sind im tertiären Festgesteinsuntergrund mehrere Strukturen vorhanden, die auf salztektonisch bedingte Bewegungen zurückgeführt werden (Abb. 4.1). Sie zeichnen sich teilweise in der Mächtigkeitsverteilung der darüber liegenden pliozänen und quartären hydrogeologischen Einheiten ab (vgl. Kap. 10). Auf badischer Seite beginnt der sogenannte Weinstetter Diapir (ESSLINGER 1968) bei Heitersheim/Eschbach/Bremgarten. Er verläuft in nordwestliche Richtung und setzt sich bei Fessenheim/Balgau auf französischer Seite als Fessenheimer Salzlücken bis zum Dom von Hettenschlag fort. Ein zweiter Salzlücken (Obersaasheimer Rücken) zweigt bei Fessenheim in nördliche Richtung ab und reicht bis an den Nordwestrand des Kaiserstuhls (LUTZ & CLEINTUAR 1999). Im Bereich der Verzweigung liegt der Balgauer Dom, der die älteren Quartärkiese durchstößt (Interreg II 2002). Bei Bremgarten/Eschbach südlich von Hartheim reichen die oligozänen Tonmergel bis ca. 10 m unter die Geländeoberfläche. Nordöstlich und südwestlich des Weinstetter Diapirs schließen Senken mit erhöhter Quartärmächtigkeit an (HGK 1977).

Die Freiburger Bucht liegt überwiegend in der Randlichen Vorbergzone des südlichen Oberrheingrabens zwischen der Schwarzwaldrandverwerfung im Osten

und der Inneren Rhein-grabenverwerfung im Westen (Abb. 3.1 und 3.2). Das Elz- und Glottertal sowie das Dreisamtal liegen im kristallinen Grundgebirgs-schwarzwald.

Der präquartäre Untergrund der Freiburger Bucht ist durch Störungen in eine Vielzahl von Schollen aus mesozoischen und tertiären Gesteinen gegliedert. Tuniberg, Nimberg, Hunnenbuck und Leherer Berg bilden Hochschollen, die aus der quartären Kiesfüllung der Freiburger Bucht herausragen.



**Abb. 4.1** Lage der Salzlücken und -diapire im südlichen Oberrheingraben (in Anlehnung an LUTZ & CLEINTUAR (1999) und HAGEDORN (2004)).



## 4.2 Bereich nördlich des Kaiserstuhls bis Malsch – Durmersheim (Teilgebiet Mitte)

Nördlich des Kaiserstuhls setzt sich die tektonische Gliederung des Oberrheingrabens in die zentrale Grabenzone, die Grabenrandzone und das kristalline Grundgebirge fort.

Im Osten wird die Grenze zwischen dem quartären Lockergestein, dem Deckgebirge und dem Grundgebirge durch die Rheingrabenverwerfung und die Schwarzwaldrandverwerfung gebildet (z. B. auf den Blättern GK 25 8013 Freiburg-SO, 7913 Freiburg-NO, 7813 Emmendingen).

Die Festgesteine der Vorbergzone bestehen aus mesozoischen und tertiären Sedimenten, die bereichsweise von mächtigem Löss überlagert werden. Die Lössüberdeckung erreicht südlich Lahr eine Mächtigkeit von ca. 40 m, am östlichen Ortsrand von Hohberg südlich Offenburg wurde Löss und Lösslehm in einer Mächtigkeit von ca. 43 m erbohrt (Bohrung LGRB-Archiv-Nr. Bo 7513/802). Die Festgesteine der Vorbergzone am Schwarzwaldrand werden am Übergang zur Grabenzone an mehreren Verwerfungen staffelartig zur Tiefe hin versetzt (vgl. RPF/LGRB 2007 a, Schnitte: *mitte\_querschnitt 1* bis 3). Die Versatzbeträge an den Störungen sowie die stratigraphische Zuordnung des Festgesteinsuntergrunds sind flächenhaft nicht bekannt, da der Festgesteinssockel am Grabenrand meist von Löss und im Grabeninneren von pliozänen und quartären Kiesen und Sanden überlagert wird. Sofern in den Bohrbeschreibungen Angaben über die stratigraphische Einstufung der Lockergesteinsbasis gemacht wurden, sind diese Informationen in den Profilschnitten dokumentiert. Für die Vorbergzone wurde die geologische Zuordnung den geologischen Karten entnommen.

Im Raum Lahr wird der Untergrund vom Rhein im Westen zum Schwarzwald im Osten in folgende tektonische Einheiten untergliedert: Grabenscholle – lössbedeckte Lahrer Vorbergzone mit mesozoischen Schichten – Buntsandsteinplatte – Grundgebirge. Auf dem Kartenblatt GK 7613 Lahr/Schwarzwald-Ost setzt sich das dominante Störungssystem des Grundgebirges ohne nennenswerte Unterschiede kontinuierlich in einem 4 – 5 Kilometer breiten Streifen bis an die Langenhard-Langeck-Störungszone im Deckgebirge staffelartig fort (GLA 1994 a).

Somit gibt es an der östlichen Grenze der Buntsandsteinplatte keine deutlich erkennbare Hauptverwer-

fung, die Grund- von Deckgebirge trennt. Sie liegt je nach Erosionsniveau an unterschiedlichen Störungen. Dieses bruchtektonische Bild des Grundgebirgsrands mit schmalen Schollen und engständigen Störungen ist auch im randlichen Deckgebirge vorhanden und bedingt den komplizierten strukturgeologischen Bau der Buntsandsteinplatte. Dabei weisen die Störungen, die die einzelnen Schollen begrenzen, keine einheitlichen Richtungen auf.

Die Lahrer Verwerfung fällt mit der morphologischen Grenze zwischen der Buntsandsteinplatte und den Lösshügeln im Westen zusammen. Sie hat eine aufsummierte Sprunghöhe von 900 – 1000 m bei Sulz, 1030 – 1100 m bei Lahr und nimmt auf ca. 500 m bei Diersberg ab. Damit handelt es sich um eine der bedeutendsten Verwerfungen der Region.

## 4.3 Bereich von Malsch – Durmersheim bis zur nördlichen Landesgrenze (Teilgebiet Nord)

Die wichtigsten tektonischen Strukturen des Teilgebiets Nord sind die Grabenrandverwerfung im Osten und die bereichsweise westlich vorgelagerten Rand- und Zwischenschollenverwerfungen. Diese Störungen gliedern das Gebiet in tieferliegende Grabenschollen im Westen sowie höherliegende Zwischen- und Randschollen im Osten. Der Verlauf der Störungen wurde größtenteils aus den früheren Hydrogeologischen Kartierungen übernommen. In Teilbereichen wurde ihr Verlauf unter Berücksichtigung der Geologischen Karten 1 : 25000 und von Bohrungen korrigiert bzw. ergänzt.

Das Untersuchungsgebiet ist somit in West-Ost-Richtung folgendermaßen gegliedert (HGK 1988, HGK 1999, HGK 2007):

- Zentrale Grabenscholle
- Östliche Grabenscholle
- Zwischenscholle („Forster Scholle“, nur nördlich von Bruchsal)
- Randscholle (nördlich von Heidelberg nur 1 – 2 Kilometer breit)
- Vorbergzone (nur am Grabenrand südöstlich von Karlsruhe)
- Randgebirge (frühere Bezeichnung: östliche Grabenschulter).

## 5 Datengrundlage, Produkte

### 5.1 Datengrundlage

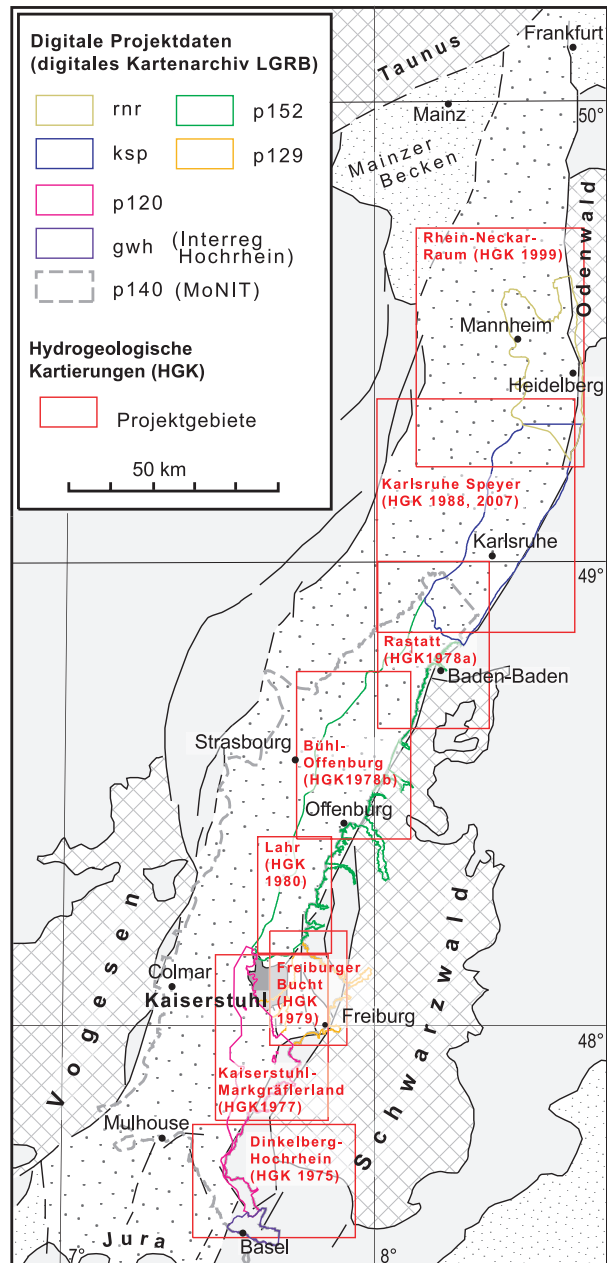
Bei der Bearbeitung konnte auf die Ergebnisse aus mehreren z. T. grenzüberschreitenden Projekten zurückgegriffen werden:

- Im Rahmen des LIFE-Projekts „Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheingrabens“ (LIFE 1996) wurde in einer Übersichtskarte die Basis des Kiesgrundwasserleiters dargestellt. Für den Raum Strasbourg – Offenburg wurde ein mehrschichtiges hydrogeologisches Modell erstellt.
- Im Gebiet südlich des Kaiserstuhls konnten in Rheinnähe Ergebnisse verwendet werden, die im Rahmen des Interreg-II-Projekts „Grenzüberschreitende Erkundung des rheinnahen Aquifers zwischen Fessenheim und Breisach“ (Interreg-II 2002) erarbeitet wurden.
- Die südlichen und mittleren Teilgebiete wurden in Rahmen des Interreg-III-Projekts „Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben (MoNit)“ überarbeitet (LUBW 2006b).
- Im Teilgebiet Nord wurden die vorliegenden digitalen Überarbeitungen der hydrogeologischen Kartierungen bereichsweise aktualisiert (LGRB 1997, HGK 1988, HGK 1999, HGK 2007).

Weiterhin waren folgende Daten verfügbar:

- Geothermische Synthese bzw. Bestandsaufnahme des Oberrheingrabens (GLA/BRGM 1979, GLA 1981): Bearbeitung des präquartären Festgesteinsuntergrundes
- Kartierung der Mächtigkeit der gut durchlässigen Schichten in den quartären Kieselagern des Oberrheingrabens zwischen Basel und der Nordgrenze des Lkr. Karlsruhe (HERRMANN & STÖBER 1996)
- Rohstoffgeologische Bearbeitungen des LGRB (WERNER et al. 1995, WERNER et al. 1997)
- Durchlässigkeiten im Quartär des Oberrheingrabens zwischen Basel und der Nordgrenze des Lkr. Karlsruhe (HERRMANN et al. 1996)

Die wesentliche Datengrundlage der Bearbeitung bilden die Bohrungen, die in der Aufschlussdatenbank (ADB) des RPF/LGRB digital erfasst sind (Stand Juli 2005). Einen Überblick über die An-



**Abb. 5.1** Hydrogeologische Kartierungen und sonstige hydrogeologische Bearbeitungen im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens.

zahl der Bohrungen, die die Basis der jeweiligen Kartiereinheit erreichen, gibt Tab. 5.1. Zusätzlich zu den Bohrungen wurden Ergebnisse geophysikalischer Messungen bei der Konstruktion der hydrogeologischen Grenzflächen verwendet. Hierbei wurden hauptsächlich reflexionsseismische Untersuchungen ausgewertet (Gewässerseismik: RPF/LGRB 2007c, Industrieseismik). Die Ergebnisse der geoelektrischen Messungen (Tiefenlage der interpretierten Grenzfläche) wurden der jeweiligen Hydrogeologischen Karte (HGK) entnommen.

Für die einzelnen Teilgebiete standen außerdem noch folgende Eingangsdaten zur Verfügung:





## Teilgebiet Süd

- Hydrogeologische Karte Bereich Kaiserstuhl – Markgräflerland (HGK 1977)
- Abschlußbericht Wasserwerk Hausen (EHRMINGER & HERDEG 1992)
- Untersuchungen zu den Grundwasserfließsystemen im Bereich der Wasserwerke von Freiburg i. Br. (HERDEG 1993)
- Hydrogeologischer Bau in den Einzugsgebieten der Brunnen der Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG (LGRB 1998b)
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, Vorläufige Ausgabe; Kartenblätter: 7811 Wyhl, 7911 Breisach, 7912 Freiburg i. Br.-NW, 8011 Hartheim, 8012 Freiburg i. Br.-SW, 8013 Freiburg i. Br.-SO, 8111 Müllheim, 8112 Staufen im Breisgau, 8211 Kandern, 8311 Lörrach, 8411 Weil am Rhein
- Hydrogeologisches Modell für den Bereich südlich des Kaiserstuhls (LGRB 2000)
- Hydrogeologische Karte Freiburger Bucht (HGK 1979)
- Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen (u. a. RPF/LGRB 2007 c)
- Freiburg im Breisgau – Geologie und Stadtgeschichte (VILLINGER 1999)
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, Vorläufige Ausgabe; Kartenblätter: 7812 Kenzingen, 7911 Breisach, 7912 Freiburg i. Br.-NW, 8011 Hartheim, 8012 Freiburg i. Br.-SW
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000; Kartenblätter: 7813 Emmendingen, 7913 Freiburg i. Br.-NO, 8013 Freiburg i. Br.-SO
- Geologische Karte von Freiburg im Breisgau mit Umgebung 1 : 50 000 (GROSCHOPF et al. 1996)
- Hydrogeologisches Modell Freiburger Bucht (LGRB 2001 a)

## Teilgebiet Mitte

- Hydrogeologische Karte Oberrheingebiet Raum Rastatt (HGK 1978a)
- Hydrogeologische Karte Oberrheingebiet Bereich Bühl-Offenburg (HGK 1978b)
- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000, Vorläufige Ausgabe; Kartenblätter: 7014 Scheinhardt, 7015 Rheinstetten, 7114 Iffezheim, 7115 Rastatt, 7213 Lichtenau-Scherzheim, 7214 Sinzheim, 7313 Rheinau, 7314 Bühl, 7412 Kehl, 7413 Appenweier, 7414 Oberkirch, 7512 Neuried, 7513 Offenburg, 7612 Lahr/Schwarzwald-West, 7711 Weisweil, 7712 Ettenheim, 7811 Wyhl, 7812 Kenzingen

- Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25 000; Kartenblätter: 7215 Baden-Baden, 7312 Kinzigmündung, 7514 Gengenbach, 7613 Lahr/Schwarzwald-Ost, 7713 Schuttertal
- Lagerstättenpotentialkarte der Kiesvorkommen in der Region Südlicher Oberrhein (WERNER et al. 1997)
- Grundwassermodell Offenburg – Süd (HERRGSELL 1995)

## Teilgebiet Nord

- Hydrogeologische Kartierung Karlsruhe – Speyer (HGK 1988, HGK 2007)
- Hydrogeologische Kartierung Rhein – Neckar-Raum (HGK 1980, HGK 1999)
- Digitale Überarbeitung der Hydrogeologischen Kartierung Raum Karlsruhe – Speyer (LGRB 1997)

## 5.2 Produkte

Im Rahmen der hydrogeologischen Bearbeitung des Oberrheingrabens wurden folgende Produkte erstellt, die in der vorliegenden Veröffentlichung beschrieben und vollständig in digitaler Form auf einer CD-ROM (RPF/LGRB 2007a) dokumentiert sind:

- Projekttable mit digitaler Dokumentation der hydrogeologischen Kurzprofile
- Referenzprofile
- Verbreitungskarten und Isolinienpläne
- Mächtigkeitskarten für hydrogeologisch relevante Einheiten als Rasterdatensätze
- Perspektivische Darstellungen relevanter Grenzflächen
- Schematische Längs- und Querprofile bzw. Blockbilder
- Vier hydrogeologische Längsschnitte
- 41 hydrogeologische Querschnitte
- Karten der lithologischen Ausbildung ausgewählter Zwischenhorizonte
- Verbreitungskarten der Grundwasserleiter
- Karten der Mächtigkeit der Grundwasserleiter
- Durchlässigkeitskarten für die Grundwasserleiter (Rasterdatensätze)
- Digitale Datensätze als shapefiles
- Readme-Datei zur Beschreibung der Datenstruktur und der Nomenklatur
- Arc-View- Projekte
- CD-ROM mit Erläuterungstext und vollständigem digitalen Datensatz (RPF/LGRB 2007a)



**Tab. 5.1** Übersicht über die Anzahl der Bohrungen, die die Basis der jeweiligen Kartiereinheit erreicht haben.

| <b>Kartiereinheit</b>                           | <b>Teilgebiet Süd</b> | <b>Teilgebiet Mitte</b> | <b>Teilgebiet Nord</b> |
|-------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| Neuenburg-Formation                             | 1 131                 | 121                     | n. v.                  |
| Ostrhein-Schotter                               | 68                    | 13                      | n. v.                  |
| Ortenau-Formation                               | n. v.                 | 250                     | 120                    |
| Breisgau-Formation                              | 553                   | 99                      | n. v.                  |
| Riegel-Horizont                                 | 59                    | n. v.                   | n. v.                  |
| Iffezheim-Formation/<br>Fluviatiles Jungtertiär | 29                    | 69                      | n. v.                  |
| Feinsedimente der<br>Mengener Brücke            | 3                     | n. v.                   | n. v.                  |
| Obere kiesig-sandige<br>Abfolge                 | n. v.                 | n. v.                   | 1 791                  |
| Oberer Zwischenhorizont                         | n. v.                 | 142                     | 1 015                  |
| Mittlere sandig-kiesige<br>Abfolge oben         | n. v.                 | n. v.                   | 525                    |
| Mittlere sandig-kiesige<br>Abfolge unten        | n. v.                 | n. v.                   | 220                    |
| Zwischenhorizont 3                              | n. v.                 | 105                     | 349                    |
| Untere sandig-schluffige<br>Abfolge oben        | n. v.                 | n. v.                   | 141                    |
| Untere sandig-schluffige<br>Abfolge unten       | n. v.                 | n. v.                   | 239                    |

n. v. = Einheit nicht vorhanden



## 6 Kartiertechnik

Grundlage der Kartierung ist ein möglichst vollständiger und sorgfältig abgeglicher Bestand an Basisdaten (Bohrungen, Brunnen, Grundwassermessstellen, Ergebnisse geophysikalischer Messungen) in digitaler Form (LGRB 1999).

### 6.1 Eingesetzte Programme

Bei der Erarbeitung des hydrogeologischen Modells, der abgeleiteten Kartierthemen sowie der Profilschnitte kamen folgende Softwarekomponenten zur Anwendung:

- Relationale Datenbanksysteme zur Datenhaltung (insbesondere der Bohrungen: Aufschlussdatenbank ADB, Oracle-Datenbank)
- Geographisches Informationssystem: ArcView
- Regionalisierungsprogramme: ArcView, Surfer
- Visualisierungsprogramme: ArcView (3D Analyst), Surfer
- Programm zur Visualisierung der Bohrprofilsäulen und zur Erstellung der hydrogeologischen Profilschnitte: GeODIN
- Graphikprogramm zur Ausgestaltung der Profilschnitte und Karten: Adobe-Illustrator

### 6.2 Erstellung des hydrogeologischen Modells und der hydrogeologischen Schnitte

Das hydrogeologische Modell hat zum Ziel, die hydrogeologischen Verhältnisse im Untersuchungsraum darzustellen und die räumliche Beziehung der hydrogeologischen Einheiten zueinander zu dokumentieren. Hierzu werden die Grenzflächen zwischen den hydrogeologischen Einheiten und daraus abgeleitete Kartierthemen erarbeitet. Zur Beschreibung des Untergrunds als Geokörper, die ein dreidimensionales Basismodell aufbauen, sind komplexere Modellierungsprogramme (wie z. B. GoCad, Earthvision o. Ä.) erforderlich. Die bei der Aktualisierung des hydrogeologischen Modells erarbeiteten Themen können als Eingangsdatensätze für solche Modelle verwendet und dort weiterverarbeitet werden.

Der Datenfluss und die verwendeten Softwarekomponenten zur Erstellung der flächenhaften Kartierthemen sowie der Profilschnitte sind in Abb. 6.1, die Arbeitsschritte und die Vorgehensweise bei der Erstellung des hydrogeologischen Modells in Abb. 6.2 zusammengefasst.

Die Bearbeitung erfolgte in folgenden Arbeitsschritten:

#### 6.2.1 Arbeitsvorbereitung

- Bereitstellung topographischer und geologischer Karten sowie des digitalen Geländemodells
- Abgrenzung der Verbreitung der Lockersedimente im Untersuchungsgebiet
- Digitale Erfassung der Stammdaten sämtlicher Bohrungen in der ADB des RPF/LGRB (Aufschlussdatenbank)
- Codierung der Schichtbeschreibungen aller interpretierbaren Bohrungen nach dem DASCH-Schlüssel und Erfassung in der ADB des RPF/LGRB
- Erfassung geophysikalischer Auswertungsergebnisse (insbesondere geoelektrischer und reflexionsseismischer Untersuchungen, u. a. reflexionsseismische Messungen auf dem Rhein (RPF/LGRB 2007 c)) in der Projekttabelle

Die Stammdaten wurden anschließend in eine ArcView-Projekttabelle exportiert, in die später die hydrogeologischen Kurzprofile eingetragen wurden. Zusätzlich wurden in dieser Tabelle die Ergebnisse geophysikalischer Messungen erfasst.

Die Informationen aus den topographischen und geologischen Karten sowie das digitale Geländemodell (DGM) dienen zur Abgrenzung der Lockersedimente im Untersuchungsgebiet sowie der oberirdischen Verbreitungsgrenzen weiterer Kartiereinheiten. Das DGM wurde außerdem u. a. für die Ableitung von Mächtigkeitskarten benötigt.

#### 6.2.2 Datenaufbereitung

- Überprüfung der Lagekoordinaten
- Abgleich der Bohransatzpunkte mit dem digitalen Geländemodell

Die Datenaufbereitung beinhaltet die Kontrolle der Daten und der Datenformate sowie erforderlichenfalls deren Korrektur. Hierzu wurden die Lagekoordinaten (Rechts- und Hochwerte) der Bohrungen stichprobenartig überprüft sowie die Angaben der Bohransatzhöhen aus der ADB mit den Höhenangaben aus dem digitalen Geländemodell verglichen. Außerdem wurde die Syntax der DASCH-codierten Schichtbeschreibungen überprüft, u. a. um die fehlerfreie Darstellung der lithologischen Abfolge in den Profilsäulen der hydrogeologischen Profilschnitte zu gewährleisten.

## 6.2.3 Modellierung

### 6.2.3.1 Strukturierung des Modells

- Auswahl und Interpretation von gut dokumentierten Bohrungen als Referenzbohrungen für die flächenhafte Bearbeitung
- Erarbeitung des (hydro-)geologischen Modells und Definition hydrogeologischer Einheiten
- Interpretation aller geeigneten Bohrungen als hydrogeologische Kurzprofile mit Festlegung der Grenzen der hydrogeologischen Einheiten
- Digitale Erfassung der hydrogeologischen Kurzprofile

Für die Erstellung der geologischen Schnitte und Schichtlagerungskarten wurden die Schichtbeschreibungen gesichtet und hinsichtlich ihrer Aussage bewertet. Dabei dienten Bohrungen mit guter Bohrqualität (Greifer- oder Rammkernbohrungen) und qualifizierter Schichtbeschreibung als Referenzbohrungen.

Die Qualität der Schichtbeschreibungen ist sehr heterogen. Sie ist u. a. abhängig vom Bohrverfahren und der Bohraufnahme. Ein Teil der Bohrungen war für die Konstruktion nicht brauchbar. Entweder ist ihre Endtiefe zu gering und sie erreichen keine der kartierten Grenzflächen, oder die vorliegenden Schichtenverzeichnisse können hinsichtlich der Fragestellung nicht vertrauenswürdig interpretiert werden. Schichtenverzeichnisse mit geringem Detaillierungsgrad wurden nur dann verwendet, wenn die Bohrungen in Bereichen geringer Belegpunktdichte lagen und sich die Schichtbeschreibungen im Kontext der umliegenden Bohrungen interpretieren ließen. In mehreren Bohrungen (meist Spülbohrungen) waren im Schichtenverzeichnis nicht alle hydrogeologisch relevanten Grenzen identifizierbar, sondern nur solche mit einem deutlichen lithologischen Wechsel (z. B. die Grenze zwischen dem Kiesaquifer und dem tonig-schluffigen Oberen Zwischenhorizont oder die Kiesbasis). Nur ein Teil der Bohrungen ist höhenmäßig eingemessen. Für die übrigen Bohrungen liegt die Unschärfe der Höhenangaben der Schichtgrenzen im Bereich von einem bis mehreren Metern.

Das hydrogeologische Modell berücksichtigt den geologischen und lithologischen Aufbau des Untergrundes. Die Gesteinsfolge wurde in hydrogeologische Einheiten gegliedert, die hinsichtlich ihrer hydrogeologischen Eigenschaften im Bearbeitungsmaßstab als homogen zu betrachten sind (FH-DGG 1999). Sie sind teilweise mit den geologischen Einheiten deckungsgleich. Die Verbreitung der hydrogeologischen Einheiten sowie ihr räumlicher Bezug

zueinander wurden definiert. Bereichsweise wurden diese Einheiten entsprechend ihrer lithologischen Ausbildung räumlich weiter differenziert (z. B. Ausbildung des Oberen Zwischenhorizonts in überwiegend sandiger bzw. toniger Fazies).

Entsprechend diesen Vorgaben wurden die Schichten der häufig detailliert aufgenommenen Bohrungen zu hydrogeologischen Einheiten zusammengefasst.

Das Ergebnis sind hydrogeologische Kurzprofile, die in der ArcView-Projektabelle digital erfasst wurden.

### 6.2.3.2 GIS-gestützte Modellbearbeitung

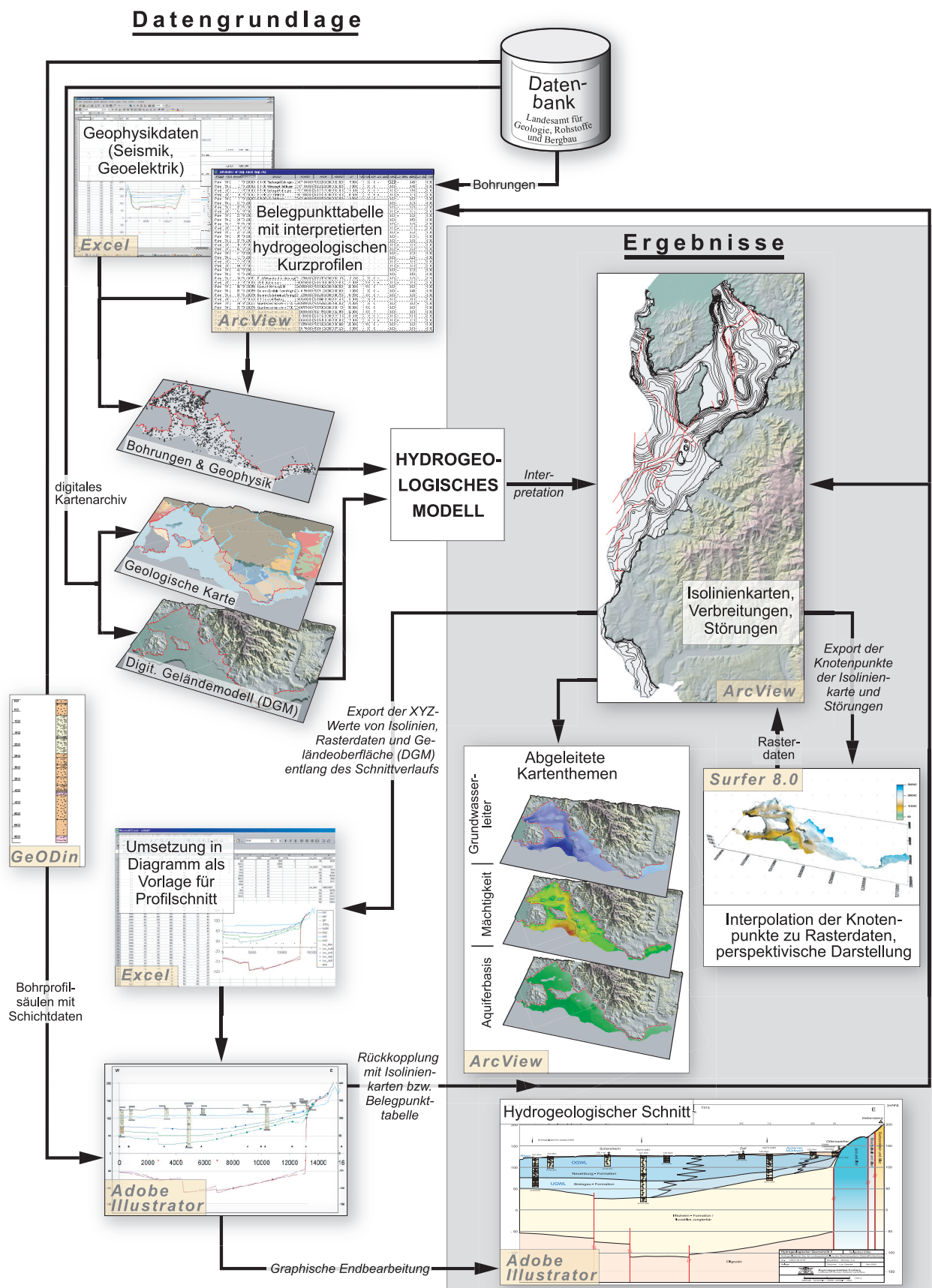
- Festlegung der Schnittpuren der hydrogeologischen Profile mit Auswahl geeigneter Bohrungen
- Erstellung der hydrogeologischen Quer- und Längsschnitte
- Konstruktion von Isolinenplänen für hydrogeologisch relevante Grenzflächen
- Erstellung von Rasterdatensätzen der hydrogeologisch relevanten Grenzflächen

Im Kartiergebiet wurden im Abstand von wenigen Kilometern die Schnittpuren der hydrogeologischen Quer- und Längsschnitte festgelegt. Aus der Aufschlussdatenbank werden hierzu die Bohrungen auf oder nahe den Schnittlinien selektiert. Dabei richtet sich der Schnittverlauf weitgehend nach der Orientierung geologischer Strukturen. Er weicht deshalb in der Freiburger Bucht von der generellen West – Ost bzw. Nord – Süd-Ausrichtung ab.

Das Programm GeODin greift auf die digital codierten Schichtbeschreibungen in der Aufschlussdatenbank des LGRB zu. Für die Bohrungen werden Säulenprofile erzeugt, die das Lithoprofil zeigen. Sie werden in den Profilschnitten höhen- und lagegetreu dargestellt. Die Hauptgemengteile sind darin durch Farben, die Nebengemengteile durch Übersignaturen gekennzeichnet. Bei der graphischen Umsetzung der lithologischen Schichtbeschreibung werden wegen ihrer hydrogeologischen Bedeutung vor allem feinklastische Sedimente in den Profilsäulen hervorgehoben.

Die Korrelation der Bohrungen in den hydrogeologischen Schnitten erfolgt anhand der interpretierten Kurzprofile. Die Quer- und Längsschnitte dienen bei der Interpretation der übrigen, nicht auf den Schnitten liegenden Bohrungen als Orientierungshilfe.

Die Konstruktion der Schichtlagerungskarten beginnt an den geologischen Schnitten und erstreckt sich



**Abb. 6.1** Datenfluss und verwendete Softwarekomponenten zur Erstellung der flächenhaften Kartierthemen sowie der Profilschnitte.



danach über alle Bohrungen zwischen den Schnitten. Bei hoher Bohrpunktdichte wurden nicht alle Stützpunkte für die Isolinkonstruktion verwendet. Weiterhin blieben Bohrungen unberücksichtigt, bei denen die Tiefenlage der Grenzfläche im Kontext mit umliegenden Bohrungen unplausibel erschien. Als Ausgangsdatensatz für die Interpretation tektonischer Strukturen innerhalb der Lockersedimente dienten die Störungen aus den Geologischen Karten (Geologische Karten und vorläufige Geologische Karten in den Maßstäben 1 : 25 000 und 1 : 50 000).

Entlang des Rheins wurden Ergebnisse aus der reflexionsseismischen Messkampagne (RPF/LGRB 2007c) in die Datensätze aufgenommen. Für jede hydrogeologisch relevante Einheit wurde daraus mit dem Programm „Surfer 8.0“ ein flächendeckender Rasterdatensatz erstellt (Interpolationsverfahren: Minimum curvature, Zellweite: 50 m). Aus diesen Rasterdaten wurden mit ArcView Konturlinien erzeugt. Sie bilden die Grundlage der Isoliniendarstellungen. Die weitere Bearbeitung der Isolinenpläne erfolgte ebenso wie die iterative Anpassung der Grenzen in den Schnitten und Schichtlagerungskarten manuell. Für die Interpolation der Rasterdatensätze werden Stützpunkte und Begrenzungslinien benötigt. Die Stützpunkte wurden von den Knotenpunkten der Isolinenpläne abgeleitet. Zum Teil wurden in Gebieten mit wenigen Stützpunkten zusätzliche Punkte manuell eingefügt, um ein möglichst plausibles Abbild der Grenzfläche zu erhalten. Die Begrenzungslinien der Raster basieren auf den Verbreitungen der einzelnen Einheiten. Sie gehen gemeinsam mit dem Störungsinventar, das in der jeweiligen Einheit zu berücksichtigen ist, in die Interpolation ein.

Für jede Schichtgrenze wird somit ein Rasterdatensatz erzeugt, der anschließend in das ASCII-Format (ArcView) konvertiert wird. Die nach ArcView importierten Rasterdaten wurden mit den Datensätzen der über- bzw. unterlagernden Einheiten mittels Differenzenrechnung sowie mit dem digitalen Geländemodell auf Konsistenz überprüft. Wurden negative Mächtigkeiten festgestellt, wurde die Schichtgrenze unter Berücksichtigung benachbarter Bohrungen mit zusätzlich eingefügten Stützpunkten neu berechnet. Diese iterative Anpassung wurde fortgeführt, bis die Rasterdatensätze der Schichtlagerung keine Durchschneidungen mehr aufwiesen.

Im letzten Arbeitsschritt wurden die Grenzflächen der Schichten und die Störungen aus dem Flächen- datensatz als 2D-Linien aus ArcView ausgelesen.

Daraus wurden in Excel Graphiken erstellt, die gemeinsam mit den GeODin-Schnitten in das Graphik-Programm „Adobe Illustrator“ importiert wurden. Sie dienen als Grundlage für die Endbearbeitung der hydrogeologischen Schnitte. So ist die Konsistenz zwischen den verschiedenen Datensätzen (Isolinenpläne, Rasterdatensätze, Profilschnitte) gewährleistet.

#### 6.2.4 Auswertung: Erstellung der Rasterdatensätze, abgeleitete Karten

- Erzeugung von abgeleiteten Kartenthemen durch Verknüpfung der entsprechenden Ausgangsdatensätze
- Verbreitungs- und Mächtigkeitskarten (Rasterdatensätze)

Durch Verknüpfung der jeweiligen Kartierthemen wurden abgeleitete Themen (z. B. Lockergesteinsbasis, Aquiferbasis) erzeugt.

Aus den Rasterdatensätzen der jeweiligen hydrogeologischen Einheiten wurden die Bereiche ausgewählt, die die Basis der jeweiligen abgeleiteten Grenzfläche bilden. Die Rasterdatensätze wurden zugeschnitten und zusammengesetzt. So entstanden Verbreitungskarten der Grundwasserleiter sowie Isolinenpläne ihrer Basis.

Danach folgte die Berechnung der Mächtigkeiten der Grundwasserleiter bzw. der Zwischenhorizonte (OZH und ZH3) als Rasterdatensätze und ihre kartographische Darstellung.

#### 6.2.5 Strukturierte Ablage der Daten

- Graphische Umsetzung und Endbearbeitung der Karten und Profilschnitte
- Digitale Bereitstellung der Daten in einem für die Weiterverarbeitung geeigneten Format

Mit der Graphiksoftware „Adobe Illustrator“ wurden die hydrogeologischen Karten und Profilschnitte nach einem einheitlichen Layout endbearbeitet.

Die digitale Archivierung der Daten erfolgte nach einem für das digitale Kartenarchiv des RPF/LGRB festgelegten Format.

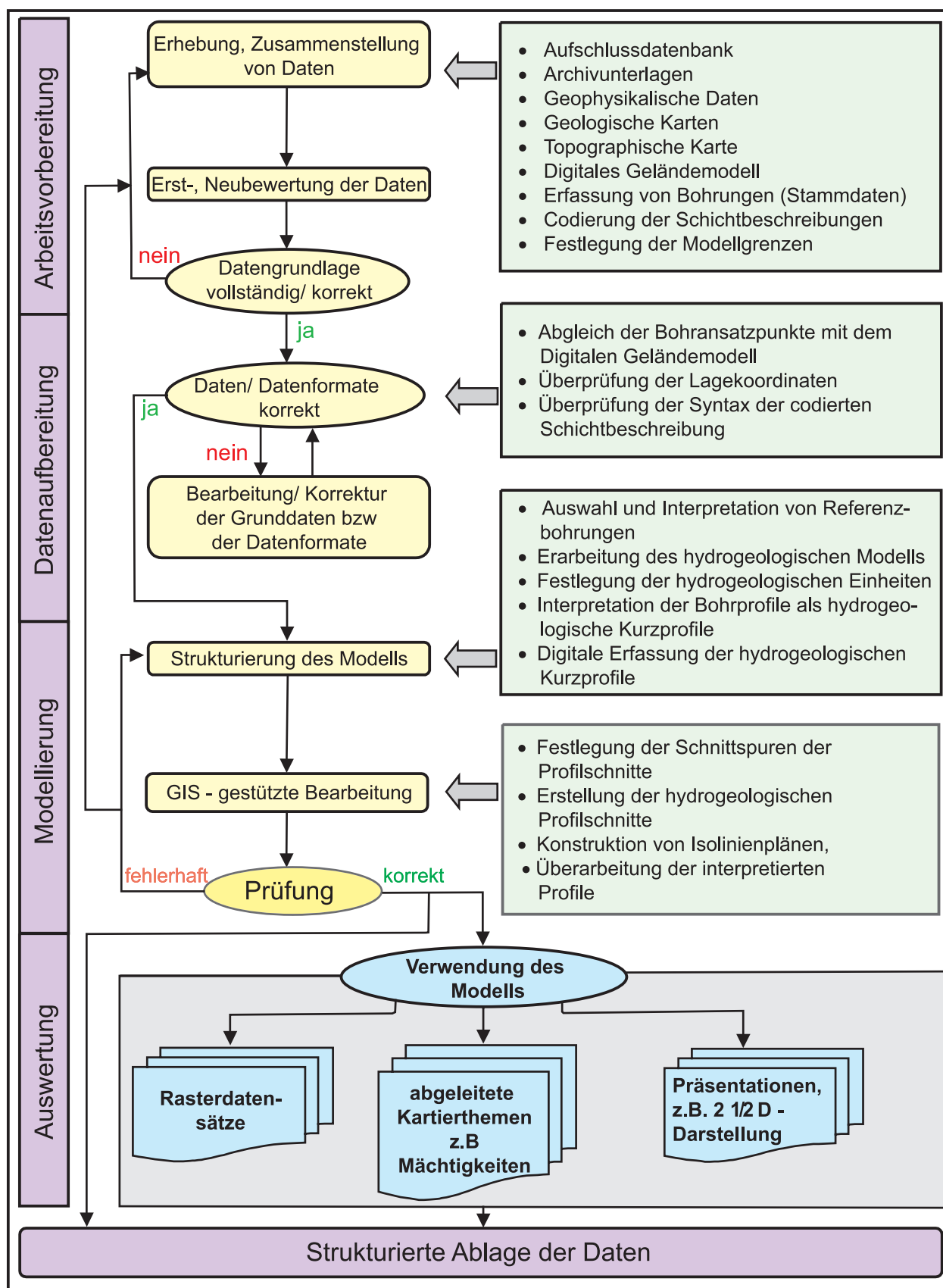


Abb. 6.2 Vorgehensweise bei der Erstellung des hydrogeologischen Modells (in Anlehnung an ELFERS et al. 2004).

## 7 Hydrogeologische Gliederung der Lockersedimente im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens

Ablagerung und fazielle Ausbildung der pliozänen bis quartären Lockergesteine des Oberrheingrabens sind direkt mit den glazial gesteuerten Erosions-, Transport- und Sedimentationsprozessen im alpinen Raum verknüpft (ELLWANGER et al. 2003). Andererseits bestehen auch enge Verbindungen zur tektonischen Entwicklung des Oberrheingrabens.

### 7.1 Ältere Gliederungsansätze der Lockergesteinsfüllung und neues klima-/lithostratigraphisches Gliederungsschema

BARTZ (1959, 1976, 1982) erarbeitete die Grundlagen für die lithostratigraphische Gliederung der Lockersedimente des mittleren Oberrheingrabens. Er gliederte im Raum Karlsruhe – Rastatt die Sedimente in eine untere altquartäre und eine obere kiesige Abfolge. Die obere kiesige Abfolge wurde wiederum in ein Unteres, Mittleres und Oberes Kieslager (UKL, MKL, OKL) unterteilt, die durch die beiden feinkörnigen Zwischenhorizonte Unterer Zwischenhorizont und Oberer Zwischenhorizont (UZH, OZH) getrennt werden. Diese Gliederung wurde in den hydrogeologischen Bearbeitungen nördlich des Kaiserstuhls bis Rastatt übernommen (HGK 1978a, HGK 1978b, HGK 1979, HGK 1980). WERNER et al. (1997) führen die Gliederung in OKL, MKL und UKL bis in den Raum südlich des Kaiserstuhls fort.

Neben der lithostratigraphischen Gliederung geben biostratigraphische Zeitmarken für einzelne feinklastische Horizonte Anhaltspunkte zur Gliederung der Lockersedimente. Da im südlichen Oberrheingrabens feinklastische Horizonte weitgehend fehlen, beschränken sich diese Untersuchungen hauptsächlich auf den nördlichen und mittleren Abschnitt des Grabens (z. B. BARTZ 1982, BLUDAU 1995). Die Interpretation der Ergebnisse ist hinsichtlich der Alterseinstufung der untersuchten Schichten häufig nicht eindeutig, wie z. B. die biostratigraphischen Datierungen für den OZH und den UZH (BARTZ 1976, BARTZ 1982, BLUDAU 1995, ELLWANGER et al. 1995, ELLWANGER et al. 2003).

ELLWANGER et al. (1995) weisen darauf hin, dass eine lithostratigraphische Gliederung der Abfolge problematisch ist. Die früher übliche Gleichsetzung von

Grobsedimenten mit kaltzeitlichem Milieu erscheint nicht zwingend. Eine abschließende, für den gesamten Oberrheingraben von Basel bis Frankfurt gültige stratigraphische Gliederung der jungtertiären und quartären Sedimentabfolge sowie eine grabenweite Korrelation der Ablagerungen gibt es bisher noch nicht.

Eine weitere Gliederungshilfe liefert der Schwermineralgehalt der Sedimente (u. a. BOENIGK 1976, BOENIGK 1987, HAGEDORN 2004). Hierbei konnten für bestimmte Einheiten charakteristische Schwermineralassoziationen unterschieden werden. Dies ermöglicht unterstützend zur lithofaziellen Aufnahme in den untersuchten Bohrungen eine genauere Grenzziehung zwischen den Einheiten und eine Korrelation der Bohrungen untereinander. Darüber hinaus werden Optisch Stimulierte Lumineszenz (OSL)-Datierungen sowie faunenstratigraphische und paläomagnetische Marken als Hilfsmittel zur altersmäßigen Einstufung der Sedimente herangezogen (ELLWANGER et al. 2003).

Die aktuelle klima-/lithostratigraphische Gliederung der Lockergesteine im Oberrheingraben und ein Vergleich mit anderen Teilen Baden-Württembergs ist in Tab. 7.1 dargestellt.

### 7.2 Hydrogeologisches Gliederungsschema

Die räumliche Beziehung der hydrogeologischen Einheiten zueinander und die strukturelle Gliederung des Untergrundes kommen in den schematisierten hydrogeologischen Längsschnitten zum Ausdruck, die zwischen Weil a. Rhein und Mannheim von Süden nach Norden etwa dem heutigen Verlauf des Rheins folgen (Abb. 8.2 und 8.3).

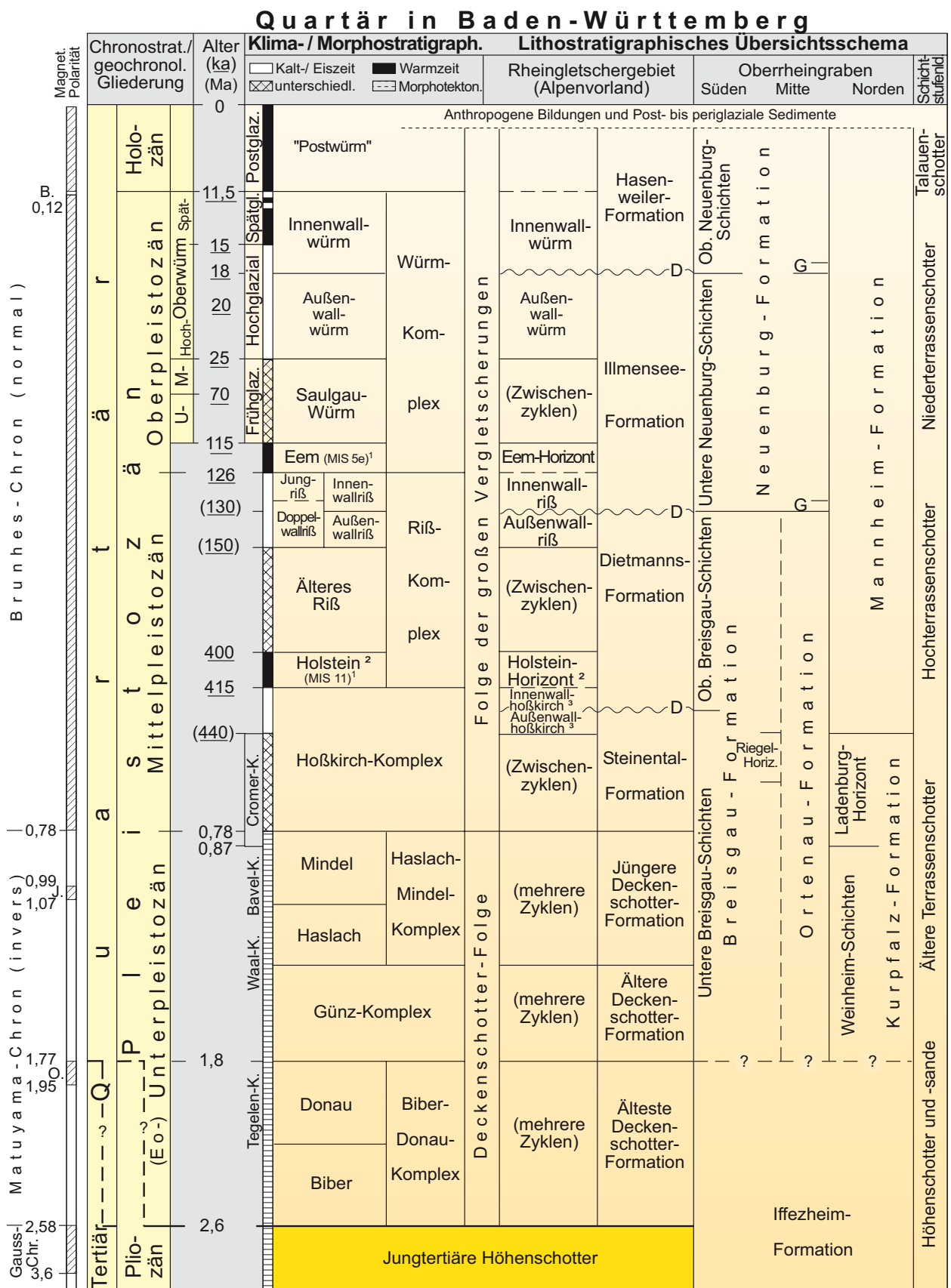
Die Lockersedimente lassen sich aufgrund lithologischer Unterschiede (Unterschiede im Sand-/Schluffgehalt, im Zersetzungsgrad der Gerölle, in der Lagerungsdichte und anhand von Groblagen), der Herkunft des Materials (Alpen, Vogesen, Schwarzwald) und des Zersetzungsgrades der Gerölle sowie zwischengeschalteter feinklastischer Sedimente in mehrere hydrogeologische Einheiten untergliedern.

Für das Untersuchungsgebiet wurde die stratigraphische Neugliederung der Lockergesteinsabfolge (LGRB 2000, ELLWANGER et al. 2003, RPF/LGRB 2007 b) weitgehend übernommen (Tab. 7.1 und 7.2).

In den Teilgebieten Süd und Mitte (Basel bis Malsch – Durmersheim) handelt es sich von oben nach unten um folgende lithologische Einheiten:



Tab. 7.1 Quartär in Baden-Württemberg (Klima-/lithostratigraphisches Übersichtsschema, RPF/LGRB, Internetseite).



**Achtung:**  
Zeitskala ist nicht linear!  
Zeitdaten nach STD (2002) u. a.

- <sup>1</sup> MIS = Marines Isotopenstadium  
<sup>2</sup> Süddeutsches Holstein  
(Samerberg-Holstein)  
<sup>3</sup> MEG = Most extensive Glaciation

- D = Diskontinuität  
mit Beckenerosion  
G = Groblage  
K = Komplex

8. Ausgabe 2005 (1. Ausg. 1997), Bearbeiter: D. ELLWANGER & E. VILLINGER





- die Neuenburg-Formation bis südlich von Freiburg (frühere Bezeichnungen: Riß-Würm-Komplex, Jüngere Schotter, Frische Kiese)
- die Ostrhein-Schotter (nur in der Freiburger Bucht)
- die Breisgau-Formation bis südlich von Offenburg
- die Ortenau-Formation, die südlich von Offenburg die Neuenburg- und Breisgau-Formation ersetzt
- der Riegel-Horizont (im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation, nur in der Freiburger Bucht)
- die Iffezheim-Formation bzw. Fluviales Jungtertiär

Im Norden des Teilgebiets Mitte schalten sich innerhalb der Ortenau-Formation mehrere Feinklas-

tische Horizonte ein (Feinklastische Horizonte 1 bis 4, Kap. 10.1.3, Abb. 8.6, Abb. 10.4 bis 10.7, RPF/LGRB 2007 a, Schnitte: *mitte\_querschnitt 1* bis 9 und *mitte\_laengsschnitt 1* und 2). Nördlich von Bühl wurde der Feinklastische Horizont 4 mit dem Oberen Zwischenhorizont (OZH) zusammengeführt. Damit ist in nördlicher Richtung die Ortenau-Formation mit der Oberen kiesig-sandigen Abfolge und der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge oben verbunden. Die Ortenau-Formation wurde nach hydrogeologischen Gesichtspunkten in einen oberen und einen unteren Teil gegliedert. Die Ortenau-Formation unten wird nach Norden in die Untere sandig-schluffige Abfolge oben übergeführt. Diese lithologisch/hydrostratigraphische Korrelation (vgl. Kap. 10)

**Tab. 7.2** Quartärgliederung im südlichen, mittleren und nördlichen Oberrheingraben nach dem Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg (RPF/LGRB 2007 b, mit hydrogeologischen Begriffen ergänzt).

| Geologische Einheiten in Baden-Württemberg                           |             |        |                                  |                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------|-------------|--------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ID-Nr.                                                               | Oberbegriff | Kürzel | Geologische Einheit              | Bemerkungen (synonymer Begriff: gültig), [früherer Begriff: ungültig]                                                                                         |
| <b>Quartär-Gliederung im nördlichen Oberrheingraben</b>              |             |        |                                  | Raum Mannheim--Karlsruhe; im oberflächennahen Bereich zusätzlich y- und qs-Einheiten verwendbar (siehe landesweite Quartär-Gliederung)                        |
| 1621                                                                 | 1258        | qM     | ---Mannheim-Formation            | [Oberes Kieslager, OKL], hydrogeol.: Obere kiesig-sandige Abfolge, OksA, entspr. Neuenburg-Fm. und ca. ob. Breisgau-Schichten                                 |
| 1150                                                                 | 207         | OKLo   | ----- Oberes OKL                 | hydrogeol.: Obere kiesig-sandige Abfolge oben, OksAo; Raum Mannheim--Heidelberg                                                                               |
| 1151                                                                 | 207         | ZH1    | ----- Zwischenhorizont 1         | Raum Mannheim--Heidelberg                                                                                                                                     |
| 1152                                                                 | 207         | OKLu   | ----- Unterres OKL               | hydrogeol.: Obere kiesig-sandige Abfolge unten, OksAu; Raum Mannheim--Heidelberg                                                                              |
| 1622                                                                 | 1258        | qK     | ---Kurpfalz-Formation            | entspr. ca. Unteren Breisgau-Schichten                                                                                                                        |
| 1623                                                                 | 1622        | LA     | ----- Ladenburg-Horizont         | [Oberer Zwischenhorizont, OZH, Oberer Ton]; cromerzeitlich                                                                                                    |
| 1624                                                                 | 1622        | WE     | ----- Weinheim-Schichten         |                                                                                                                                                               |
| 209                                                                  | 205         | MKL    | ----- Mittleres Kieslager (MKL)  | hydrogeol.: Mittlere sandig-kiesige Abfolge, MskA                                                                                                             |
| 1153                                                                 | 209         | MKLo   | ----- Oberes MKL                 | hydrogeol.: Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben, MskAo; Raum Mannheim--Heidelberg                                                                            |
| 1539                                                                 | 1153        | MKL02  | ----- Oberes MKL 2               | hydrogeol.: Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben, MskAo; Raum Mannheim--Heidelberg                                                                            |
| 1154                                                                 | 1153        | ZH2    | ----- Zwischenhorizont 2         | Raum Mannheim--Heidelberg                                                                                                                                     |
| 1540                                                                 | 1153        | MKL01  | ----- Oberes MKL 1               | hydrogeol.: Mittlere sandig-kiesige Abfolge mitte, MskAm; Raum Mannheim--Heidelberg                                                                           |
| 1552                                                                 | 09          | ZH3    | ----- Zwischenhorizont 3         | Raum Mannheim--Heidelberg                                                                                                                                     |
| 1156                                                                 | 209         | MKLu   | ----- Unterres MKL               | hydrogeol.: Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten, MskAu; Raum Mannheim--Heidelberg                                                                           |
| 210                                                                  | 205         | UZH    | --- Unterer Zwischenhorizont     | gebietsweise nicht vorhanden                                                                                                                                  |
| 211                                                                  | 205         | UKL    | --- Unterres Kieslager           | gebietsweise nicht vorhanden                                                                                                                                  |
| 212                                                                  | 1258        | qA     | --- Altquartär                   | hydrogeol.: Untere sandig-schluffige Abfolge oben, UssAo; (Altquartär-Schichten); Unterpleistozän, z. T. Pliozän ?                                            |
| 1179                                                                 | 1258        | qIS    | ---Iffezheim-Formation           | hydrogeol.: Untere sandig-schluffige Abfolge unten, UssAu; älteres Unterpleistozän (?) bis Pliozän; Überschneidung mit Fluvialem Jungtertiär (tF) noch unklar |
| <b>Quartär-Gliederung im südlichen und mittleren Oberrheingraben</b> |             |        |                                  | Raum Basel--Karlsruhe; im oberflächennahen Bereich zusätzlich y- und qs-Einheiten verwendbar (siehe landesweite Quartär-Gliederung); vgl. HAGEDORN (2004)     |
| 1176                                                                 | 1258        | qN     | ---Neuenburg-Formation           | [Jüngere Schotter, Riß-Würm-Komplex], entspr. Riß-Komplex und Würm-Komplex; südlicher Graben bis Raum Offenburg                                               |
| 1590                                                                 | 1176        | qNo    | ----- Obere Neuenburg-Schichten  | entspr. Innenwallwürm; Basis = obere alpine Groblage                                                                                                          |
| 1550                                                                 | 1590        | ORS    | ----- Ostrhein-Schotter          |                                                                                                                                                               |
| 1591                                                                 | 1176        | qNu    | ----- Untere Neuenburg-Schichten | entspr. Innenwallriß und Außenwallwürm; Basis = untere alpine Groblage. Lokal unten Sedimente, die dem Außenwallriß entsprechen                               |
| 1625                                                                 | 1258        | qO     | ---Ortenau-Formation             | mittlerer Graben ab etwa Raum Offenburg nach Norden; vertritt hier die Neuenburg und Breisgau-Formation                                                       |
| 1177                                                                 | 1258        | qBS    | ---Breisgau-Formation            | südlicher und mittlerer Graben bis etwa Raum Offenburg                                                                                                        |
| 1551                                                                 | 1177        | qBS o  | ----- Obere Breisgau-Schichten   | Hornblende führend                                                                                                                                            |
| 1553                                                                 | 1177        | qBS u  | ----- Untere Breisgau-Schichten  | frei von Hornblende                                                                                                                                           |
| 1552                                                                 | 1553        | RH     | ----- Riegel-Horizont            |                                                                                                                                                               |
| 1179                                                                 | 1258        | qIS    | ---Iffezheim-Formation           | hydrogeol.: Untere sandig-schluffige Abfolge unten, UssAu; älteres Unterpleistozän (?) bis Pliozän; Überschneidung mit Fluvialem Jungtertiär (tF) noch unklar |



bedeutet jedoch nicht, dass es sich dabei auch um zeitgleiche Einheiten handelt. Eine stratigraphische Korrelation ist derzeit wegen der noch unzureichenden Kenntnisse über die Alterseinstufung der Sedimente nicht möglich.

Im Teilgebiet Nord lehnt sich die hydrogeologische Gliederung an die Gliederung nach BARTZ (1976, 1982) an. Dies ist für die hydrogeologische Praxis vorteilhaft, da sie sich an lithologischen Unterschieden innerhalb der quartären und pliozänen Abfolge orientiert. Dabei wurden die lithostratigraphischen Bezeichnungen nach BARTZ (1976, 1982) durch lithologische Bezeichnungen ersetzt, da eine Zeitgleichheit der lithologischen Einheiten nicht gewährleistet ist. Diese Gliederung gibt die hydraulischen Verhältnisse innerhalb der Abfolge mit kiesig-sandigen bis sandig-schluffigen Einheiten (Grundwasserleiter) und tonig-schluffigen Einschaltungen (Zwischenhorizonte, Grundwassergeringleiter) gut wieder.

Es handelt sich von oben nach unten um folgende lithologische Einheiten (in Klammern: Bezeichnung nach Symbolschlüssel Geologie; RPF/LGRB 2007 b):

|       |                                                                                   |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| OksA  | Obere kiesig-sandige Abfolge (OKL)                                                |
| OksAo | Obere kiesig-sandige Abfolge oben (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar, OKLo)  |
| ZH1   | Zwischenhorizont 1 (ZH1, nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar)                  |
| OksAu | Obere kiesig-sandige Abfolge unten (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar, OKLu) |
| OZH   | Oberer Zwischenhorizont (Ladenburg-Horizont)                                      |
| MskAo | Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (MKLo)                                       |

|                |                                                                                                                                                                 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ZH2            | Zwischenhorizont 2 (ZH2, nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar)                                                                                                |
| MskAm          | Mittlere sandig-kiesige Abfolge mitte (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar, MKLm)                                                                            |
| OksA/<br>MskAo | Obere kiesig-sandige Abfolge/Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (OKL/MKL; „Jungtertiär“; zusammengefasste Einheit in Bereichen außerhalb der OZH-Verbreitung) |
| ZH3            | Zwischenhorizont 3 (ZH3)                                                                                                                                        |
| MskAu          | Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten (MKLu)                                                                                                                    |
| UZH            | Unterer Zwischenhorizont (UZH)                                                                                                                                  |
| UssAo          | Untere sandig-schluffige Abfolge oben (z. T. Altquartär)                                                                                                        |
| UssAu          | Untere sandig-schluffige Abfolge unten (Iffezheim-Formation, Fluviales Jungtertiär, „Pliozän“)                                                                  |

Ein Vergleich zwischen den lithostratigraphischen Einheiten der älteren Gliederung (HGK 1980, HGK 1988) und der hier angewandten lithologischen Gliederung ist in Tab. 7.3 zusammengefasst.

Aus der lithologischen Gliederung der Lockergesteine wurde ein stark schematisiertes lithologisches Korrelationsschema zwischen den Lockergesteinen im zentralen südlichen, mittleren und nördlichen Oberrheingraben abgeleitet (Abb. 7.1). Die Abfolge wurde nach hydrogeologischen Gesichtspunkten zusammengefasst und in Grundwasserleiter (unterschiedliche Blautöne) und -geringleiter (rosa) untergliedert (Abb. 7.2).

Die überarbeiteten Datensätze unterscheiden sich aufgrund der neuen Quartärgliederung von den Bearbeitungen der früheren hydrogeologischen Kartierungen.

**Tab. 7.3** Vergleich zwischen der neuen lithologischen (HGK 1999, HGK 2007, vorliegende Arbeit) und der älteren Gliederung (HGK 1980, HGK 1988) der pliozänen und quartären Lockersedimente im Nordteil des Bearbeitungsgebiets.

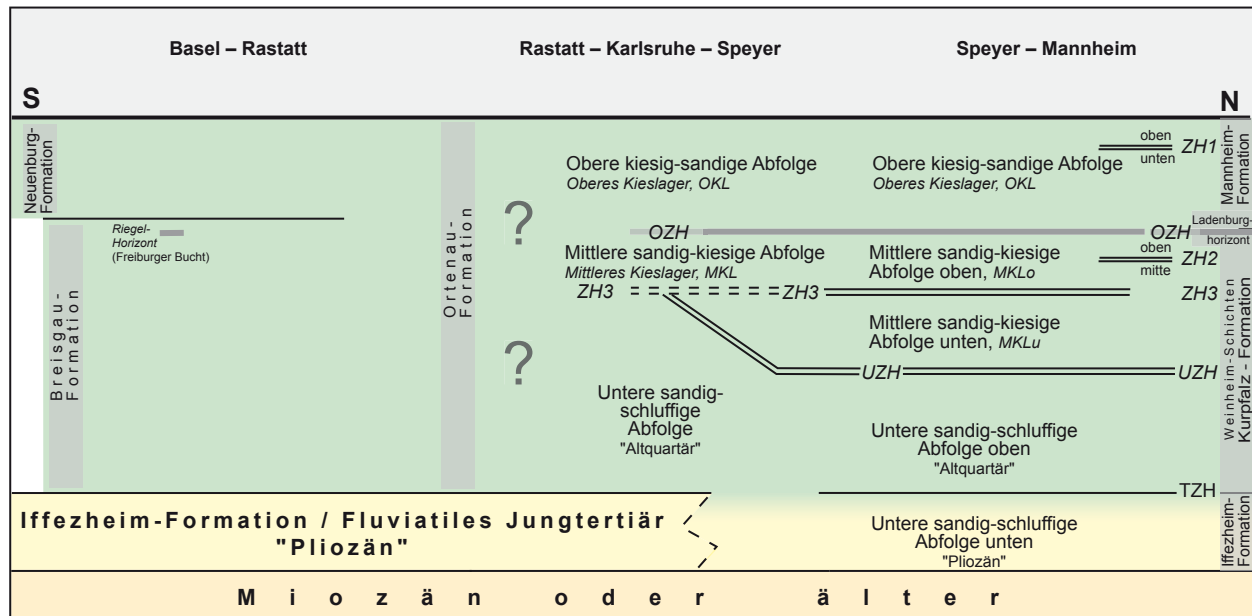
| Neue lithologische Gliederung                                         | Alte Gliederung                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Obere kiesig-sandige Abfolge und Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben | Jungquartär (qJ), Oberes Kieslager (OKL) und Oberes Mittleres Kieslager (MKL) |
| Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten                                 | Jungquartär unten (qJ), Unteres Mittleres Kieslager (uMKL)                    |
| Untere sandig-schluffige Abfolge oben                                 | ± Altquartär (qA)                                                             |
| Untere sandig-schluffige Abfolge unten                                | Fluviales Jungtertiär, Pliozän (tPL)                                          |

Die wesentlichen Unterschiede im Teilgebiet Süd im Vergleich zur HGK (1977) sind:

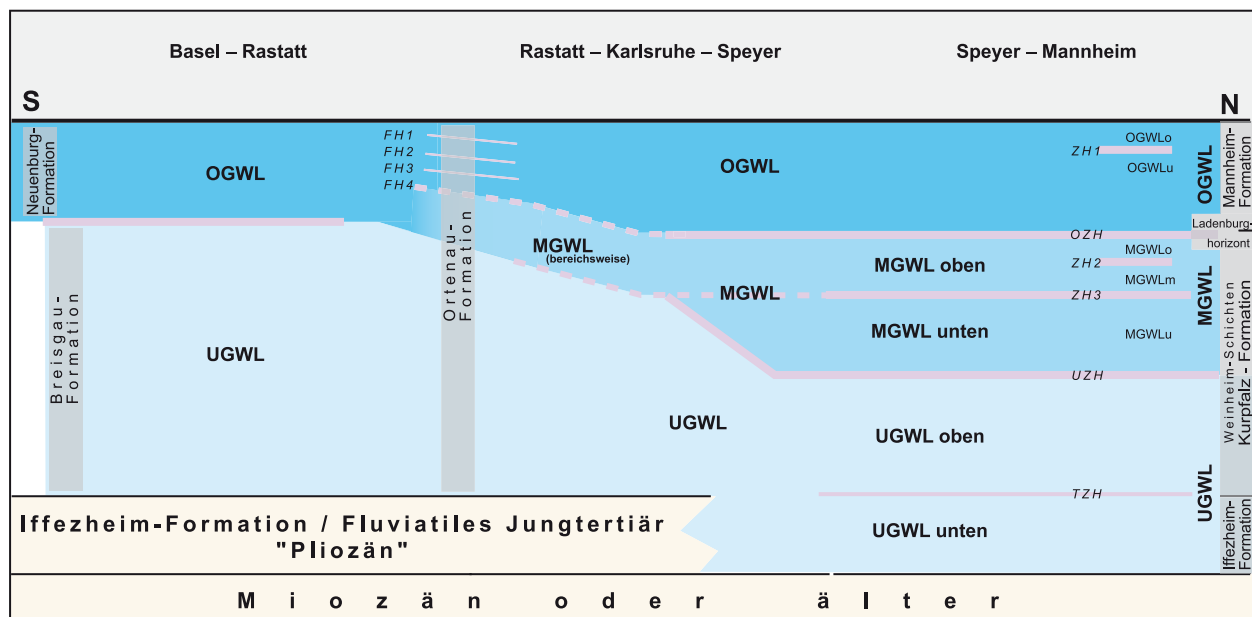
- Mächtigkeit und Verbreitung der Lockergesteine werden zumindest bereichsweise durch Störungen im präquartären Untergrund gesteuert. Ein-

zelne Verwerfungen reichen mindestens bis in den basalen Abschnitt der Neuenburg-Formation.

- Die Basis der Neuenburg-Formation liegt gebietsweise höher als die der „frischen Kiese“ in der HGK.



**Abb. 7.1** Lithologisches Korrelationsschema für die Lockergesteinsabfolge des baden-württembergischen Teils des zentralen Oberrheingrabens (ZH: Zwischenhorizont, OZH: Oberer Zwischenhorizont, UZH: Unterer Zwischenhorizont, TZH: Tieferer Zwischenhorizont; grau hinterlegt/kursiv: Einheiten nach dem Symbolschlüssel Geologie; RPF/LGRB 2007b) unmaßstäblich, stark schematisiert.



**Abb. 7.2** Hydrostratigraphisches Korrelationsschema für die Lockergesteinsabfolge des baden-württembergischen Teils des zentralen Oberrheingrabens und Untergliederung in Grundwasserleiter (blau) und Grundwassergeringleiter (rosa) (OGWL (o/u): Oberer Grundwasserleiter (oben/unten), MGWL (o/m/u): Mittlerer Grundwasserleiter (oben/Mitte/unten), UGWL: Unterer Grundwasserleiter; ZH: Zwischenhorizont, OZH: Oberer Zwischenhorizont, UZH: Unterer Zwischenhorizont, TZH: Tieferer Zwischenhorizont; grau hinterlegt: Einheiten nach dem Symbolschlüssel Geologie; RPF/LGRB 2007b) unmaßstäblich, stark schematisiert.



- Das Verbreitungsgebiet der Breisgau-Formation reicht weiter nach Süden als das der entsprechenden „Festgelagerten Kiese und Schotter mit größeren Schluffanteilen“ der HGK (etwa bis in den Bereich Steinenstadt).
- Die Neuenburg-Formation sowie die Breisgau-Formation können bereichsweise lateral und vertikal lithofaziell untergliedert werden.

Die wesentlichen Unterschiede im Teilgebiet Mitte im Vergleich zur HGK (1980) sind:

- Die der HGK zugrunde liegende Gliederung der sandig-kiesigen Lockergesteinsfüllung in Unteres, Mittleres und Oberes Kieslager (UKL, MKL, OKL) und in die dazwischen liegenden Zwischenhorizonte (OZH und UZH) wurde aufgegeben. Stattdessen wurden die kiesigen Lockersedimente in Übereinstimmung mit dem Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg (RPF/LGRB 2007 b) in die Neuenburg-Formation und die Breisgau-Formation bzw. die Ortenau-Formation untergliedert (Tab. 7.1). Da-

bei entspricht die Neuenburg-Formation dem Oberen Kieslager und dem oberen Abschnitt des Mittleren Kieslagers, die Breisgau-Formation dem unteren Abschnitt des Mittleren Kieslagers (Schluffe, Sande, zersetzte Kiese am Kaiserstuhl-Nordrand, der Riegeler Pforte und dem Schuttertal) sowie dem Unteren Kieslager und die Ortenau-Formation der gesamten Abfolge Oberes Kieslager bis Unteres Kieslager.

- Die Ortenau-Formation wurde abweichend vom Symbolschlüssel Geologie (RPF /LGRB 2007 b) in die Obere und Untere Ortenau-Formation unterteilt. Diese hydrogeologische sinnvolle Gliederung geht auf die frühere Gliederung der sandigen Kiese im Raum Offenburg – Karlsruhe in die Neuenburg-Formation (oben) und die Ortenau-Formation (unten) zurück (LUBW 2006 b).
- Mächtigkeit und Verbreitung der Lockergesteine werden zumindest bereichsweise durch Störungen im präquartären Untergrund gesteuert. Einzelne Verwerfungen reichen mindestens bis in den basalen Abschnitt der Neuenburg-Formation.



## 8 Hydrogeologische Gliederung des Oberrheingrabens: Profilschnitte

Generelle Gliederungselemente für die quartären Ablagerungen im Oberrheingraben sind in Längsrichtung des Grabens die Abfolge von Schwellen- und Beckenregionen und die damit verbundenen Mächtigkeitsvariationen der Quartärsedimente, in Querrichtung die Einteilung in Rand- und Grabenschollen und die unterschiedliche Herkunft des abgelagerten Materials. Während im zentralen Grabenbereich alpines Material (Karbonatgesteine, Radiolarite, Kristallin) vorherrscht, nimmt mit Annäherung an die Grabenränder der Anteil lokaler Komponenten aus dem Schwarzwald bzw. den Vogesen (überwiegend Kristallin und Buntsandstein) zu. Um diese Zusammenhänge zu verdeutlichen, wurden schematische Profilschnitte erstellt (zur Lage siehe Abb. 8.1 links). Der Aufbau des Untergrunds in Süd-Nord-Richtung ist in einem stark schematisierten Schnitt etwa entlang des heutigen Verlaufs des Rheins von Basel bis Mannheim dargestellt (Abb. 8.2). In einem weiteren schematischen Längsschnitt und vier schematischen Querschnitten werden die Lagerungsverhältnisse und Mächtigkeitsentwicklungen der hydrogeologischen Einheiten gezeigt (Abb. 8.3 bis 8.8).

Desweiteren wurde auf der Grundlage der hydrogeologischen Kurzprofile und der interpretierten geophysikalischen Messergebnisse eine große Anzahl von Detailschnitten erstellt. Diese bilden die Grundlage für die Konstruktion der Isolinienpläne und der weiteren thematischen Karten. Die Profilverläufe der detaillierten Schnitte sind in Abb. 8.1 rechts eingetragen. Die auf der CD-ROM (RPF/LGRB 2007 a; Verzeichnis: Schnitte) enthaltenen weiteren Längs- und Querschnitte geben die hydrogeologischen Verhältnisse entlang der jeweiligen Schnittspur detailliert wieder.

In den Profilschnitten sind die durchlässigen Einheiten in verschiedenen Blautönen, die geringer durchlässigen tonig-sandigen Einheiten in Brauntönen dargestellt. Die bis zu 15 m mächtigen, sehr hoch durchlässigen holozänen Umlagerungssedimente im Bereich der Rheinniederung wurden nicht eingetragen, da eine eindeutige Ansprache dieser Einheit nur in wenigen Bohrungen möglich war. Aufgrund der gewählten Überhöhung in den Profilen konnten der Boden und die Verwitterungsbildungen nur schematisiert dargestellt werden. Boden und Verwitterungsbildungen sind im Bereich der Niederterrasse meist in einer Mächtigkeit bis zu 1 m vorhanden.

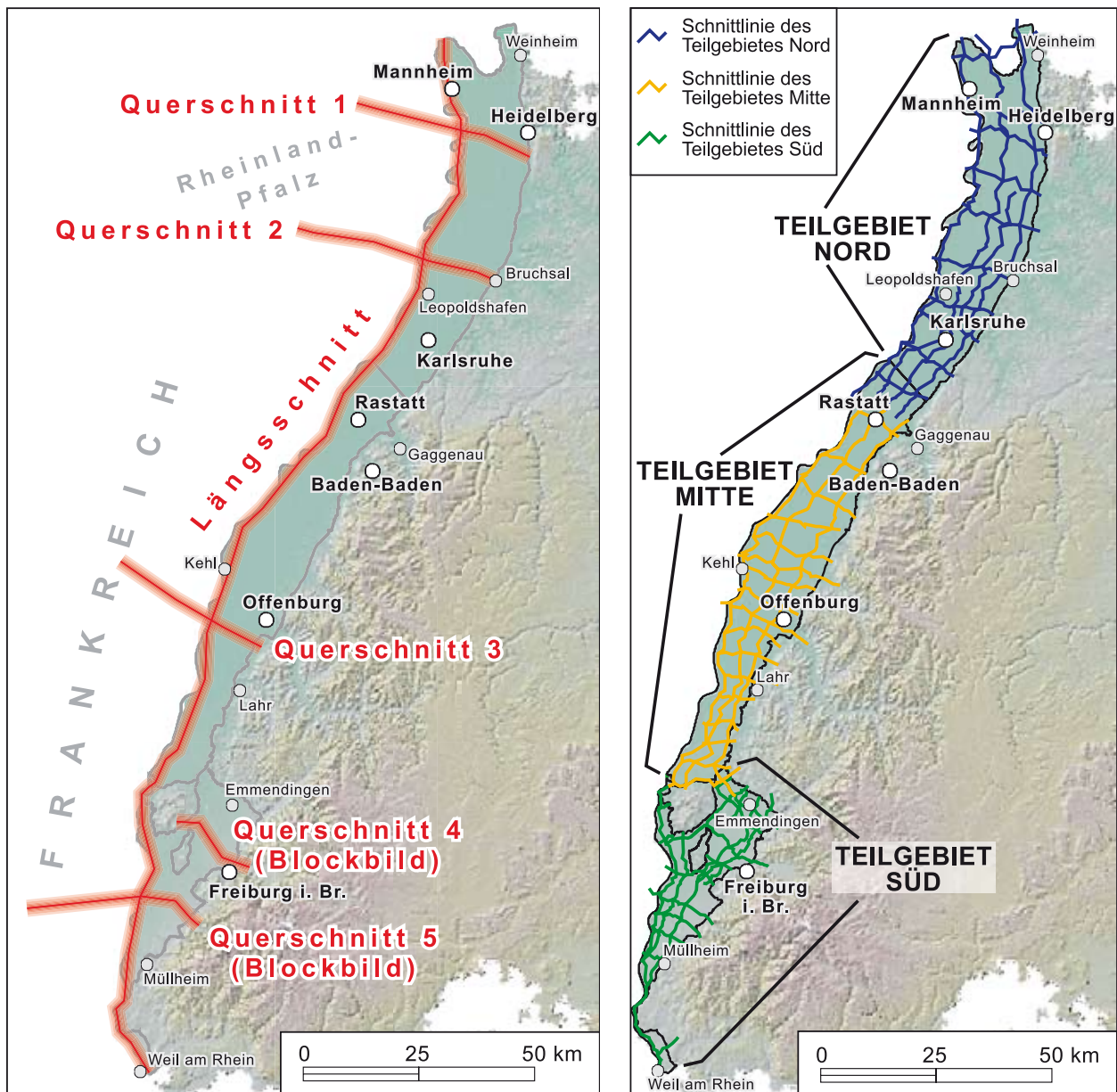
### 8.1 Tertiärer und mesozoischer Festgesteinsuntergrund, Untere sandig-schluffige Abfolge unten und Iffezheim-Formation (Pliozän und Eopleistozän) bzw. Fluviales Jungtertiär

Im Süden und in der Mitte des Oberrheingrabens liegt der Festgesteinsuntergrund bis 240 m unter der Geländeoberkante, im Teilgebiet Nord auf der Grabenscholle in noch größerer Tiefe (z. B. am nördlichen Gebietsrand bei Mannheim in über 500 m, DOEBL 1967, RPF/LGRB 2007 c). Die älteren tertiären Ablagerungen (Eozän, Oligozän, Miozän) enthalten Grundwasser, das überwiegend hoch mineralisiert und zur Trinkwassernutzung nicht geeignet ist.

Im Süd – Nord-Verlauf bestimmt die Karlsruher Schwelle (bzw. „Schwelle von Karlsruhe – Rastatt“, WERNER et al. 1995) am Übergang des Teilgebiets Mitte zum Teilgebiet Nord Mächtigkeit und Ausbildung der pliozänen und quartären Lockersedimente. Vom Schwellenbereich nach Norden nimmt ihre Mächtigkeit zu und erreicht bei Heidelberg das Maximum des gesamten Oberrheingrabens. Weiter nach Norden verringern sich die Mächtigkeiten wieder (BARTZ 1976). Ab dem Miozän hat sich im Rhein-Neckar-Raum die Zone der stärksten Absenkung als Folge der tektonischen Kippung der Grabenscholle nach Osten vor die östliche Grabenschulter verlagert. Das sogenannte Heidelberger Becken, das im Pliozän und Quartär durch zunehmende Sedimentmächtigkeiten gekennzeichnet ist, deutete sich somit bereits im Miozän an (HGK 1988, HGK 1999, HGK 2007).

Die Basis der quartären bzw. pliozänen Lockerersedimente wird überwiegend durch Tonmergelsteine und Mergelsteine (Oligozän bis Miozän) gebildet (Abb. 8.2 und 8.3 oben und Mitte). Im Raum Offenburg wurden unter den Lockersedimenten Ton-, Mergel- und Kalksteine des Mittleren Jura erbohrt. Im Westen der Freiburger Bucht wurden tertiäre Ton- und Tonmergelsteine (Tuniberg-Ostgraben) angetroffen, weiter im Osten bilden mesozoische Ton- und Tonmergelsteine, Kalksteine und Sandsteine den Festgesteinsuntergrund (vgl. Abb. 3.2). Östlich der Haupttrandverwerfung folgt das kristalline Grundgebirge unter den Kiesen und Sanden.

Der Festgesteinsuntergrund wird von zahlreichen Störungen durchsetzt, die im Süden bis in die Iffezheim-Formation und z. T. in die Breisgau-/Ortenau-Formation und im Norden bis in das Niveau des Oberen Zwischenhorizonts reichen. Die Festgesteinsoberfläche taucht nach Norden in größere



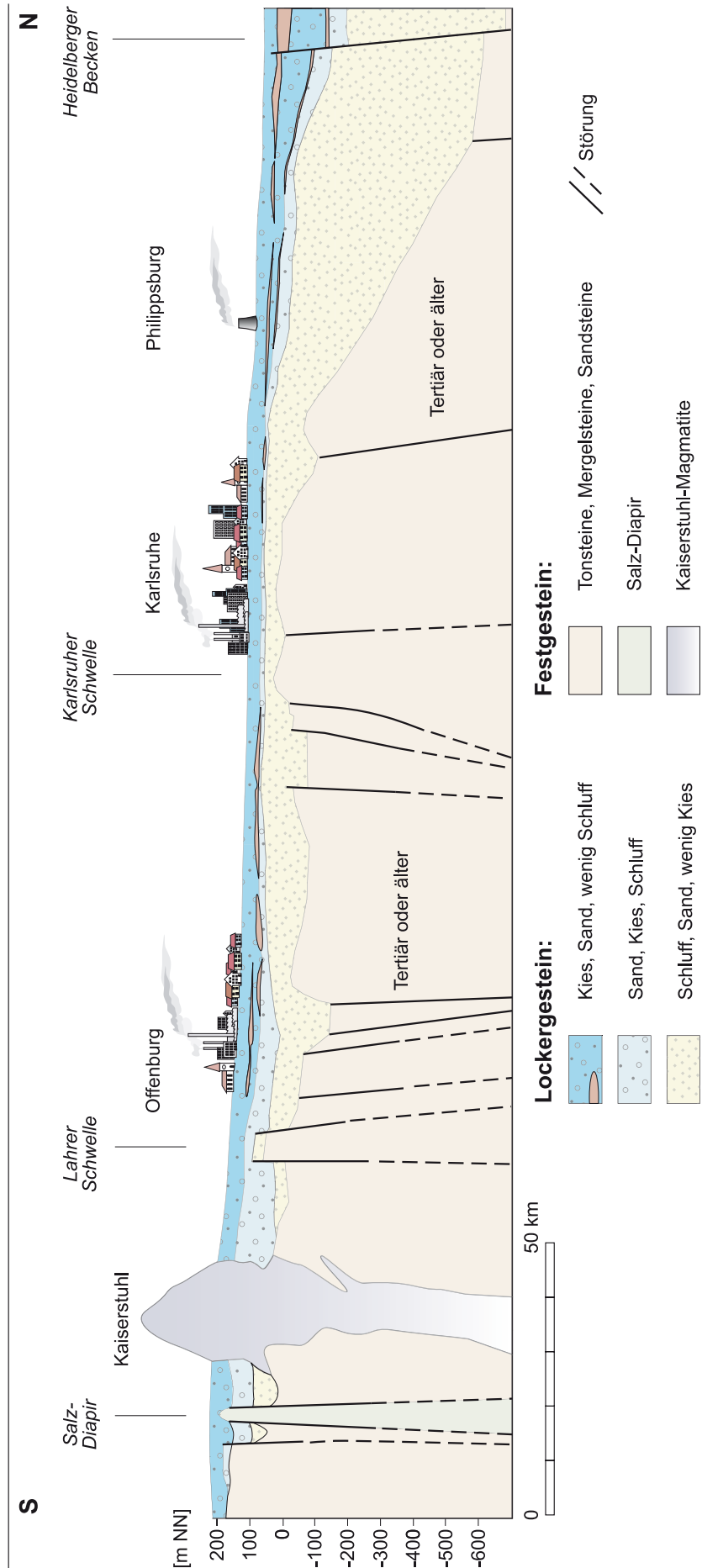
**Abb. 8.1** Schnittpuren der schematischen hydrogeologischen Längs- und Querschnitte (links) sowie der detaillierten hydrogeologischen Schnitte (rechts; RPF/LGRB 2007 a; CD-ROM: Schnitte).

Tiefen ab. Damit geht etwa bei Germersheim die diskordante Lagerung zu den pliozänen Sedimenten nach Norden in eine konkordante Lagerung über (RPF/LGRB 2007 c).

In früheren Bearbeitungen (z. B. HGK 1980) wurde angenommen, dass pliozäne Sedimente im Süden des Oberrheingrabens fehlen und auf elsässischer Seite erst auf der Höhe des Kaiserstuhls bzw. auf baden-württembergischer Seite nördlich einer Linie Schönau – Rust – Kippenheimweiher und westlich von Lahr auftreten. In den letzten Jahren konnte jedoch in mehreren Bohrungen südlich des Kaiserstuhls die eopleistozäne (?) bis pliozäne Iffezheim-Formation im zentralen Grabenbereich zwischen Breisach

und Harthheim nachgewiesen werden (LGRB 2000, HAGEDORN 2004, Abb. 9.16 und 9.17). Nördlich des Kaiserstuhls ist sie mit kleinen Ausnahmen im gesamten Gebiet ausgebildet (Abb. 10.12). Ihre größte Mächtigkeit erreicht sie zwischen Ottenheim und Kehl bzw. bei Greffern. Nach Süden Richtung Kaiserstuhl und nach Norden zur Karlsruher Schwelle nimmt die Mächtigkeit deutlich ab (Abb. 10.13).

Auf der Karlsruher Schwelle beträgt die Mächtigkeit der pliozänen Sedimente bei Lauterbourg nur ca. 15 m. Nach Norden und Nord-Westen sinkt die Pliozenbasis jeweils ab und die Mächtigkeit nimmt zu. In der Bohrung Parkinsel P 34 (LGRB-Archiv-Nr. Bo 6516/624) in Mannheim ist das Pliozen bereits



**Abb. 8.2** Stark schematisierter Längsschnitt entlang des heutigen Rheinverlaufs von Basel bis Mannheim.



rd. 177 m mächtig. Bemerkenswert ist, dass das Absinken der Basis in nördliche Richtung nahezu kontinuierlich erfolgt. Abschiebungen mit bedeutendem vertikalem Versatz wurden in dem seismischen Profil, das entlang des Rheins vermessen wurde, lediglich im Raum Phillipsburg beobachtet (RPF/LGRB 2007c).

Abweichend vom Symbolschlüssel Geologie (RPF/LGRB 2007b) wird in der hydrogeologischen Bearbeitung nicht zwischen der Iffezheim-Formation und dem Fluviatilen Jungtertiär differenziert, da dies anhand der vorliegenden Schichtbeschreibungen in den meisten Bohrungen nicht möglich und für hydrogeologische Fragestellungen nicht relevant ist. Die Grenze zwischen dem Pliozän und dem Quartär definiert BARTZ (1982) mit dem Auftreten kalkhaltiger, alpin geprägter Schüttungen. Auf Unstimmigkeiten dieser Grenzziehung mit pollenanalytischen Befunden (BROST & ELLWANGER 1991) sowie Funde pliozäner Schneckenfaunen in kalkigen Sedimenten (ENGESSER & MÜNZING 1991) haben u. a. ELLWANGER et al. (1995) hingewiesen. Nach VILLINGER (1986) hat die alpine Schüttung bereits im Pliozän begonnen.

In den Teilgebieten Süd und Mitte bildet die Iffezheim-Formation/das Fluviale Jungtertiär dort, wo sie vorhanden ist, die Basis des kiesigen Grundwasserleiters. An der Grenze zum Teilgebiet Nord (Abb. 8.3 unten) wurde die Einheit mit der Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten zusammengeführt. Ob diese beiden Einheiten stratigrafisch korrelieren, ist ungeklärt.

Im südlichen und mittleren Teil des Untersuchungsgebiets ist die Grundwassergewinnung aus den pliozänen Sedimenten wasserwirtschaftlich nicht relevant, im Teilgebiet Nord wird das Grundwasser aus den pliozänen Sanden insbesondere auf rheinland-pfälzischer Seite genutzt.

## 8.2 Quartäre Sedimente

### 8.2.1 Teilgebiete Süd und Mitte

Im Quartär wurden im südlichen und mittleren Oberrheingraben vom Rhein und seinen Nebenflüssen aus dem Schwarzwald und den Vogesen bis zu 240 m mächtige Kiese und Sande mit unterschiedlichen Schluffanteilen abgelagert. Sie werden in die Neuenburg- und die Breisgau-Formation bzw. etwa ab Offenburg in die Ortenau-Formation untergliedert.

In den Schottern überwiegen im südlichen Teilgebiet im zentralen Bereich wegen der Nähe zu den Alpen als Liefergebiet die Komponenten alpinen Ursprungs. Weiter im Norden gewinnen die lokalen

Komponenten aus den Vogesen und dem Schwarzwald an Bedeutung. Die Korngröße der alpinen Komponenten nimmt generell mit zunehmender Entfernung vom Hauptliefergebiet der Alpen von Süden nach Norden ab.

Während in den Tälern der Nebenflüsse des Rheins (z. B. Zartener Becken, Kinzigtal oder Schuttertal) die Schotter ausschließlich aus Schwarzwaldmaterial bestehen, nimmt deren Anteil im Oberrheingraben generell mit zunehmender Entfernung vom Grabenrand zur Grabenmitte ab und es dominieren alpine Komponenten. Die Verzahnung zwischen den einzelnen Lithofaziesbereichen fällt z. T. mit der Position von Störungen im präquartären Untergrund zusammen (Abb. 8.4). Damit geht eine Zunahme der Durchlässigkeit der Schotter von den Grabenrändern zur Grabenmitte einher (Kap. 13).

Südlich des Kaiserstuhls und nördlich davon bis in den Raum Strasbourg/Offenburg fehlen Feinsedimentlagen innerhalb der Kiesabfolge völlig oder sie sind nur sehr geringmächtig und linsenartig ausgebildet. Erst im Norden des Teilgebiets Mitte treten in der Ortenau-Formation geringer durchlässige, feinklastische Einschaltungen auf (Abb. 8.3, Abb. 8.6 bis 8.8). Nördlich einer Linie Lichtenau – Bühl ist ein Feinklastischer Horizont 3 (FH3) bereichsweise flächenhaft ausgebildet. Er führt zu einer Untergliederung des Kiesaquifers in lokal hydraulisch voneinander getrennte Einheiten. Die Verbreitung und lithologische Ausbildung der Feinklastischen Horizonte wurde im Raum Offenburg – Kehl – Strasbourg und nördlich davon kartiert (Kap. 10.1.3, Abb. 10.4 bis 10.7).

Etwa ab Iffezheim tritt der Obere Zwischenhorizont (OZH) in überwiegend sandiger Fazies auf und wirkt in unterschiedlichem Maße hydraulisch als Trennschicht (Abb. 10.7). Nördlich von Gernersheim/Phillipsburg wirkt der dort überwiegend tonige OZH flächenhaft hydraulisch als Trennschicht (HGK 2007).

Die **Breisgau- und die Ortenau-Formation** wurden auf der stark reliefierten Oberfläche der Iffezheim-Formation abgelagert, welche verfüllt und ausgeglichen wurde. Im südlichsten Grabenabschnitt fehlt die Breisgau-Formation. Sie wurde wahrscheinlich herausgehoben und erodiert und entspricht den älteren Rheinterrassen des östlichen Sundgaus. Zwischen Steinernstadt und Grißheim schließt ein Bereich geringer Mächtigkeit an (Abb. 8.3 oben). Weiter nach Norden wurde der Festgesteinsuntergrund an zahlreichen Störungen stufenartig abgesenkt. In diesem Bereich nimmt die Mächtigkeit der Breisgau-Formation südlich des Kaiserstuhls innerhalb weniger Kilometer rasch auf bis 130 m zu. Dabei treten generell die größten Mächtigkeiten der Breisgau-Formation unter dem Rhein bzw. im Nahbereich westlich des



Rheins in der sogenannten Senke von Geiswasser auf (LUBW 2006 b). Nördlich des Kaiserstuhls verlagert sich der Bereich der größten Mächtigkeiten auf die badische Seite (RPF /LGRB 2007 a; Schnitte: *mitte\_querschnitt\_5* und *mitte\_querschnitt\_6*). Südlich von Offenburg gehen die sandig-schluffigen, zersetzten und dichter gelagerten Kiese in sandige Kiese über. Nördlich davon wird die gesamte kiesige Abfolge als Ortenau-Formation zusammengefasst (Abb. 8.3 Mitte).

Als Folge von salztektonischen Bewegungen wird die Breisgau-Formation im Teilgebiet Süd stellenweise von Aufwölbungen des Festgesteinsuntergrundes durchsetzt (Abb. 8.3 oben). Diese Bewegungen erfolgten meist vor und während der Ablagerung der Breisgau-Formation, da die Grenzfläche zur Neuenburg-Formation häufig nicht von den Verbiegungen betroffen ist. An einigen Stellen jedoch hielten die salztektonischen Bewegungen bis in die Zeit der Ablagerung der Neuenburg-Formation an. Beispiele hierfür finden sich im Bereich des Salzrückens von Marckolsheim auf französischer Seite sowie auf badischer Seite auf dem sogenannten Weinstetter Diapir westlich von Eschbach. Dort fehlt die Breisgau-Formation und unter geringmächtigen Kiesen der Neuenburg-Formation folgen direkt die oligozänen Mergel- und Tonmergelsteine des Festgesteinsuntergrundes (Abb. 10.9).

Unmittelbar nördlich des Kaiserstuhls ist die Breisgau-Formation noch relativ mächtig. Die sogenannte „Lahrer Schwelle“ westlich von Lahr (Wittenweiler, Nonnenweiler, Abb. 8.2 und 8.3, RPF / LGRB 2007 a; Schnitte: *mitte\_laengsschnitt\_1*) macht sich in einer deutlichen Mächtigkeitsreduktion bzw. im Fehlen der Breisgau-Formation bemerkbar (Abb. 10.10). Nördlich der Lahrer Schwelle nimmt der Feinanteil in der Breisgau-Formation ab und die Ortenau-Formation ersetzt als laterales Äquivalent die Breisgau-Formation sowie die darüber liegende Neuenburg-Formation. Eine Untergliederung der Ortenau-Formation ist in vielen Bohrungen nicht mehr möglich. Stellenweise nimmt der Sand- und Schluffgehalt im unteren Abschnitt der Ortenau-Formation leicht zu. Da dies hydrogeologisch im Hinblick auf Durchlässigkeitsunterschiede von Bedeutung sein kann, wurde zwischen der Ortenau-Formation oben und der Ortenau-Formation unten unterschieden.

Ab Kehl nimmt die Mächtigkeit der Ortenau-Formation nach Norden in Richtung auf die Karlsruher Schwelle hin kontinuierlich ab. Die Verzahnung des alpinen Materials im Zentrum des Oberrheingrabens mit dem Lokalmaterial am Grabenrand ist in den hydrogeologischen Querschnitten 5 und 6 (RPF/LGRB 2007 a; Schnitte: *mitte\_querschnitt\_5* und *mitte\_querschnitt\_6*) angedeutet.

Die **Neuenburg-Formation** ist südlich von Steinens-  
stadt lediglich 10 bis 25 m mächtig. Sie liegt dort di-  
rekt über älterem Tertiär (Abb. 8.3 oben). Weiter nach  
Norden nimmt ihre Mächtigkeit zu. Mit Ausnahme  
der geringen Mächtigkeiten am Süden-  
de des Grabens sowie an den Grabenrändern sind die Mäch-  
tigkeitschwankungen vergleichsweise gering. Bedingt  
durch die salzinduzierte Aufdomung des präquar-  
tären Festgesteinsuntergrundes ist sie im Bereich  
des Marckolsheimer Salzlückens bzw. Hettenschla-  
ger Doms (Frankreich) und des Weinstetter Diapirs  
deutlich reduziert (RPF/LGRB 2007 a; Schnitte:  
*sued querschnitt 1* und *sued querschnitt 2*).

Feinklastische Einschaltungen, die über ein größeres Gebiet verbreitet sind, fehlen im Süden innerhalb der Neuburg-Formation. Nördlich des Kaiserstuhls haben sie in der Ortenau-Formation im Raum Strasbourg/Kehl und nördlich von Greffern eine größere laterale Verbreitung (Abb. 8.6, RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *mitte\_laengsschnitt\_1*, *mitte\_laengsschnitt\_2* und *mitte\_querschnitt\_5* ff.). Dort wirken sie ebenso wie im Kinzigschwemmfächer bei Offenburg gebietsweise hydraulisch als Trennhorizont.

Störungen, die die Basis der Iffezheim-Formation bzw. der Breisgau-Formation versetzen, machen sich meist nicht bis in die Basis der Neuenburg-Formation bemerkbar.

Abbildung 8.4 zeigt ein schematisches Blockbild durch den Oberrheingraben südlich des Kaiserstuhls von den Vogesen (Thurer Tal) im Westen bis zum Schwarzwald (Münstertal) im Osten. In diesem Bereich liegt auf der östlichen Rheinseite die Hochscholle des Krozinger/Schlatter Berges. Sie besteht aus mittelmiozärem Haupttrogenstein. Im zentralen Graben sind der Balgauer und Hettenschlager Dom als salzinduzierte Aufragungen im tertiären Festgesteinsuntergrund ausgebildet.

Wie in der Breisgau-Formation tritt auch in der Neuenburg-Formation eine lithologische Differenzierung zwischen überwiegend Schwarzwald- bzw. Vogesenmaterial in den Randbereichen des Grabens und alpinem Material im Grabenzentrum auf. Die Verzahnung zwischen den einzelnen Lithofaziesbereichen fällt vermutlich z. T. mit Störungen im präquartären Untergrund zusammen.

In der Freiburger Bucht (Abb. 8.5) wurden die Sedimente der Breisgau-Formation und der Neuenburg-Formation hauptsächlich von der Dreisam, sowie der Glotter und der Elz abgelagert. Sie bestehen deshalb aus lokalem Material (Gneis, Granit). Im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation (Obere Breisgau-Schichten) ist der feinklastische Riegel-Horizont eingeschaltet (RPF/LGRB 2007 a; Schnitte:



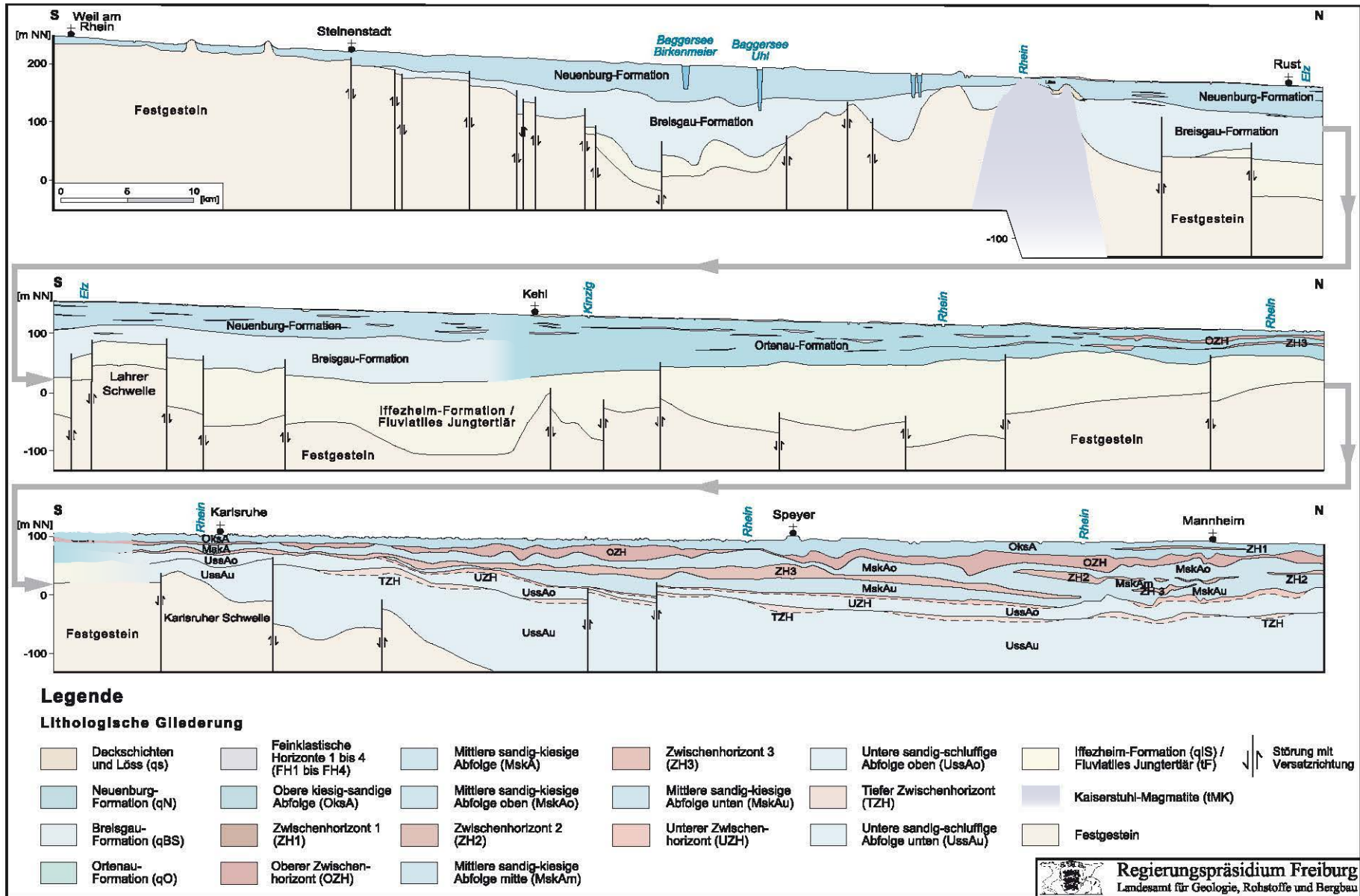


Abb. 8.3 Schematischer Längsschnitt durch das Bearbeitungsgebiet in Süd – Nord-Richtung (Weil am Rhein – Kaiserstuhl – Iffezheim – Mannheim; Schnittverlauf: s. Abb. 8.1).

*sued\_querschnitt\_4, sued\_laengsschnitt\_5, sued\_laengsschnitt\_6 und sued\_laengsschnitt\_7*). Er wirkt im Nordwesten der Freiburger Bucht hydraulisch als Trennhorizont. An der Grenze zwischen der Breisgau-Formation und der Neuenburg-Formation liegt eine Übergangszone, die hydraulisch die Eigenschaften der Neuenburg-Formation hat, in der aber schon vereinzelt verwitterte Gerölle auftreten, wie sie für die Breisgau-Formation typisch sind. Vermutlich handelt es sich dabei um einen Aufarbeitungshorizont. Er wurde hydrogeologisch der Neuenburg-Formation zugeordnet.

Im Spätwürm floss der Rhein mit einem Seitenarm zwischen Tuniberg und Kaiserstuhl in die Freiburger Bucht und weiter am Ostrand des Kaiserstuhls entlang nach Norden. In dieser Ostrheinrinne lagerte er kalkige Sedimente alpinen Ursprungs ab (Abb. 8.3).

In der zur Vorbergzone gehörenden Freiburger Bucht liegen unter dem Quartär im Westen (Bereich des Tuniberg-Ostgrabens) Sedimente des Alttertiärs (Eozän, Oligozän), im Osten Gesteine des Keupers und des Juras (Abb. 3.2). Östlich der Hauptverwerfung folgen Gneise des kristallinen Grundgebirges (Abb. 8.5).

Zwischen Offenburg und südlich von Karlsruhe bildet die Ortenau-Formation die kiesige Grabenfüllung (Abb. 8.3 und 8.6). Aufgrund nach unten leicht zunehmender Schluffgehalte wird sie hydrogeologisch in die Ortenau-Formation oben und die Ortenau-Formation unten unterteilt. Randlich sind feinklastische Horizonte (FH) eingeschaltet, deren Verbreitungsgebiet nach Norden zunimmt. Die Aquiferbasis wird durch die Iffezheim-Formation/das Fluviale Jungtertiär gebildet, der Festgesteinsuntergrund besteht meist aus tertiären Tonmergel- und Mergelsteinen.

### 8.2.2 Teilgebiet Nord

Im Teilgebiet Nord werden die Lockergesteine lithologisch in die Ortenau-Formation (nur im Süden des Teilgebiets) und in sandig-kiesige bis sandig-schluffige Abfolgen gegliedert, die durch tonig-schluffige Einschaltungen voneinander getrennt werden (Abb. 8.3, Abb. 8.7 und 8.8).

Im Pliozän und Quartär verlagerte sich im Norden die Zone verstärkter Absenkung weiter nach Osten und lag unmittelbar vor der östlichen Grabenschulter. Dagegen verringerten sich die Absenkungsbeträge nach Westen zum Pfälzer Wald hin (Abb. 8.7 und 8.8). Dementsprechend nimmt die Quartärmächtigkeit von Westen nach Osten zu. Das Zentrum der Absenkung liegt im Osten im sogenannten Heidelberger Becken. Auf den östlich anschließenden Rand-

schollen sind die Einheiten im Vergleich zu den Grabenschollen geringer mächtig oder fehlen vollständig.

Die Obere kiesig-sandige und die Mittlere sandig-kiesige Abfolge (OksA bzw. MskA) werden in weiten Teilen durch den Oberen Zwischenhorizont (OZH) getrennt. Eine Ton-Schluff-Zwischenlage, die mit dem Oberen Zwischenhorizont gleichgesetzt wurde, setzt sich nach Süden in die Ortenau-Formation hinein fort. Sowohl in die Obere kiesig-sandige als auch in die Mittlere sandig-kiesige Abfolge sind insbesondere im Norden weitere feinsandig-schluffige Zwischenhorizonte eingeschaltet, die als ZH1, ZH2 und ZH3 bezeichnet werden. Die grobklastischen Abfolgen werden durch diese Zwischenhorizonte weiter untergliedert: Die Obere kiesig-sandige Abfolge oben (OksAo) und die Obere kiesig-sandige Abfolge unten (OksAu), die Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (MskAo), mitte (MskAm) und unten (MskAu).

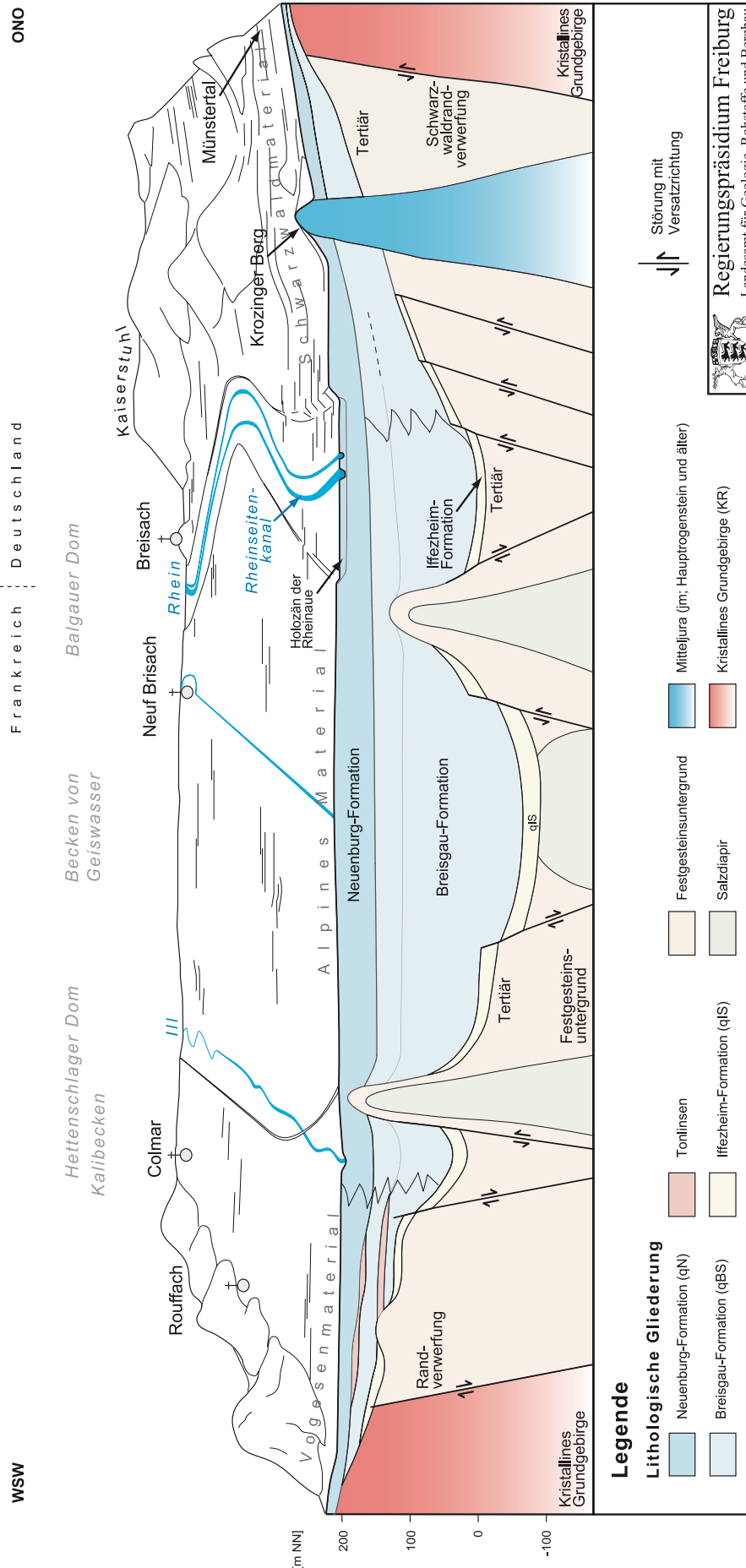
An der Basis der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge werden die Sedimente erheblich sandiger und die Schluff-/Tonanteile nehmen zu. Diese Einheit wird als Untere sandig-schluffige Abfolge oben (UssAo, früher z. T. Altquartär, qA) bezeichnet.

An der Basis der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben erfolgt ein lithologischer Wechsel zu noch feinkörnigeren, meist kalkfreien Sedimenten der Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten (UssAu, Iffezheim-Formation/Fluviatiles Jungtertiär, früher Pliozän).

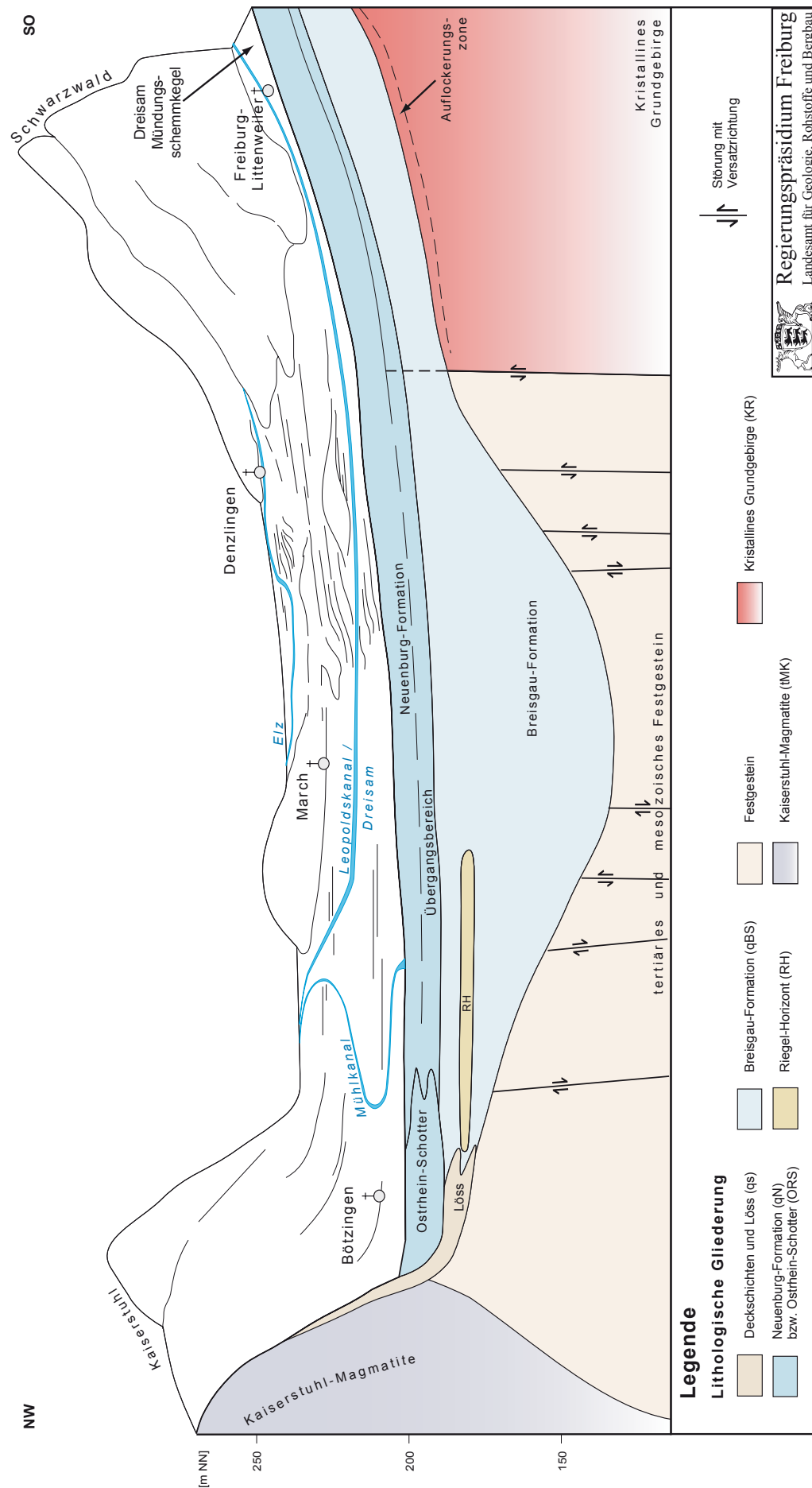
Die Grenze zwischen den quartären und pliozänen Sedimenten ist häufig undeutlich. Sie ist charakterisiert durch das Einsetzen alpinen Materials (Gerölle und Schwerminerale) im Quartär. Weitere, nicht immer eindeutige Kriterien der Grenzziehung sind der mit dem Quartär einsetzende Kalkgehalt, ein Farbumschlag bei den Schluffen und Tonen von den bunten Pastelltönen im Pliozän zu den vorherrschenden Grautönen im Quartär und im Quartär auftretende Mollusken (HGK 1980).

An der Grenze zwischen der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben und der Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten ist insbesondere auf rheinland-pfälzischer Seite eine weitere feinklastische Einheit ausgebildet (Tieferer Zwischenhorizont, TZH, HGK 2007). Auf baden-württembergischer Seite konnte dieser Zwischenhorizont nicht flächenhaft verfolgt und kartiert werden, u. a. da er wegen seiner tiefen Position nur in wenigen Bohrungen erfasst wurde.

Bedingt durch Störungen und diskordante Lageverhältnisse wird das Normalprofil nicht im gesamten Kartiergebiet angetroffen.

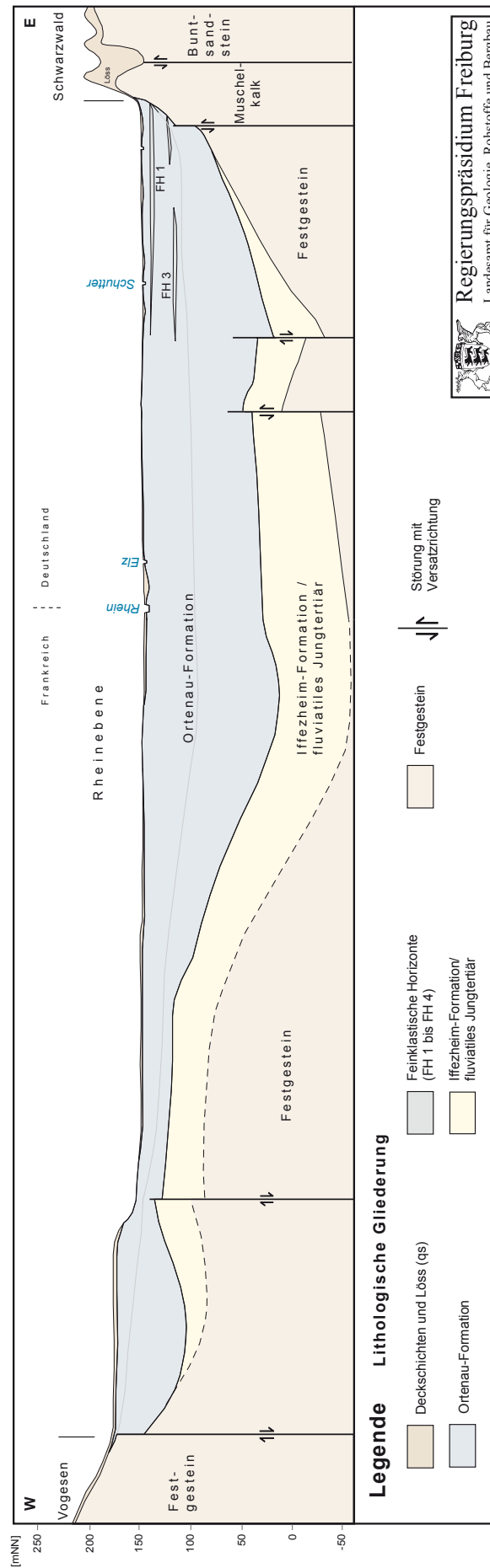


**Abb. 8.4** Schematisches Blockbild durch den südlichen Oberrheingraben vom Thurer Tal nördlich von Mulhouse ins Münstertal bei Staufen (Schnittverlauf s. Abb. 8.1; Querschnitt 5).



**Abb. 8.5** Schematisches Blockbild durch die Freiburger Bucht vom Kaiserstuhl in das Dreisamtal bei Freiburg (Schnittverlauf s. Abb. 8.1; Querschnitt 4).





**Abb. 8.6** Schematischer West – Ost-Schnitt durch den mittleren Oberrhein Graben auf der Höhe von Strassburg / Offenburg (FH: Feinklastischer Horizont; Schnittverlauf s Abb. 8.1; Querschnitt 3).

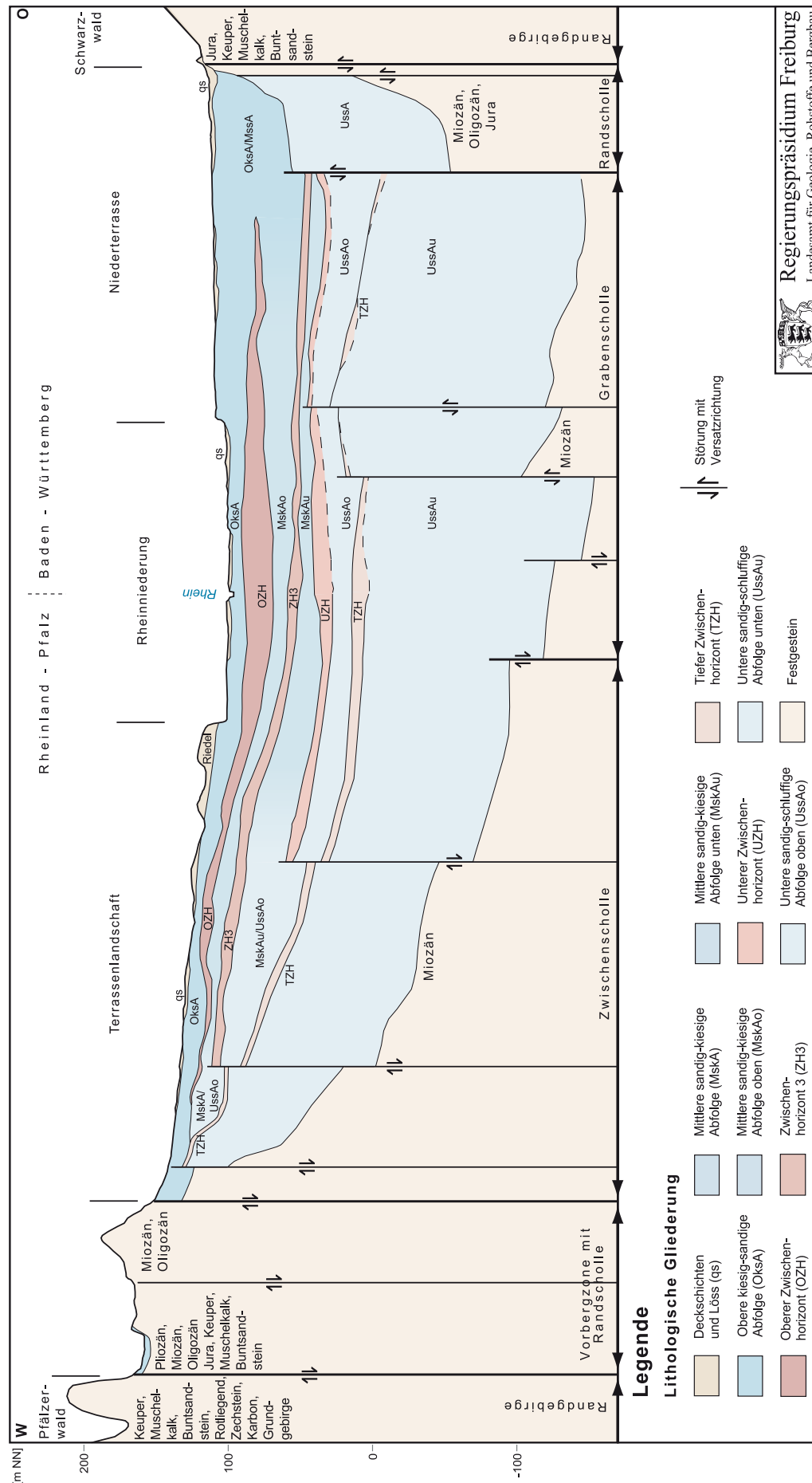
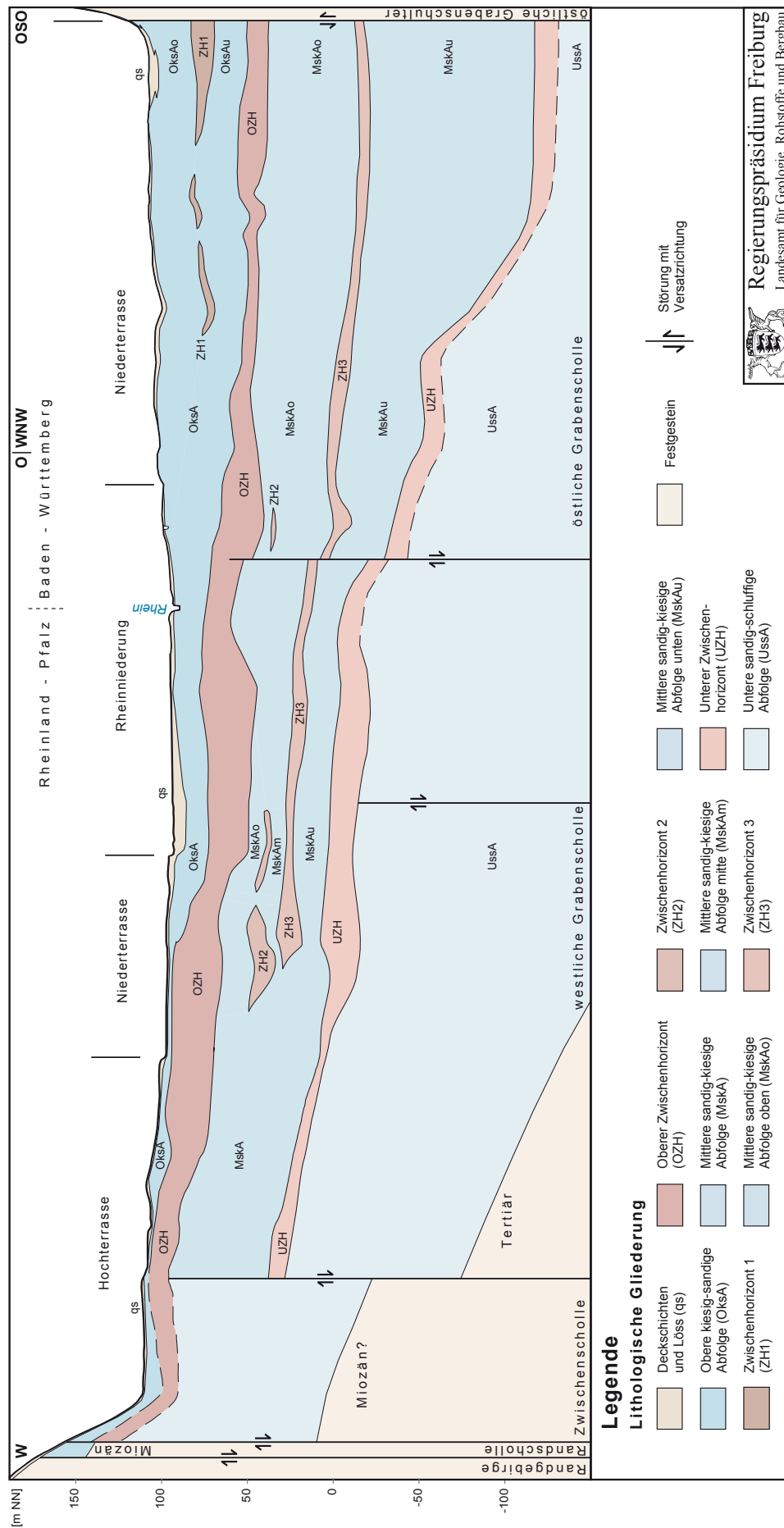


Abb. 8.7 Schematischer West – Ost-Schnitt durch den nördlichen Oberrheingraben etwa auf der Höhe von Gernersheim (HGK 2007, Schnittverlauf s. Abb. 8.1: Querschnitt 2).



**Abb. 8.8** Schematischer West – Ost-Schnitt durch den nördlichen Oberrheingraben südlich von Mannheim (HGK 1999, Schnittverlauf s. Abb. 8.1; Querschnitt 1).

## 9 Lithologische Beschreibung der hydrogeologischen Einheiten

Eine hydrogeologische Einheit ist nach Ad-Hoc-AG Hydrogeologie (1997) definiert als „ein Gesteinskörper, der aufgrund seiner Petrographie, Textur oder Struktur im Rahmen einer festgelegten Bandbreite einheitliche hydrogeologische Eigenschaften aufweist und durch Schichtgrenzen, Faziesgrenzen, Erosionsränder oder Störungen begrenzt ist. Die Bandbreite, innerhalb der ein Gesteinskörper als homogen betrachtet wird, ist in starkem Maße vom Bearbeitungs- und Darstellungsmaßstab abhängig“.

Die in den Bohrungen angetroffenen Gesteine wurden entsprechend dieser Definition zu hydrogeologischen Einheiten zusammengefasst. Die Tab. 9.1 und 9.2 enthalten lithologische Kurzbeschreibungen der hydrogeologischen Einheiten. In z. T. schematisierten Säulenprofilen ist die Lockergesteinsabfolge für einige Bereiche des Untersuchungsgebiets beispielhaft dargestellt (Abb. 9.1, 9.8, 9.9, 9.12, 9.13, 9.14, 9.16, 9.18, 9.23).

Eine einheitliche Gliederung und Nomenklatur für die Lockergesteine des gesamten Grabens steht noch aus. Bisher ist insbesondere die stratigraphische Korrelation der Sedimente im Raum Rhein-Neckar und Karlsruhe–Speyer über die Karlsruher Schwelle hinweg mit den gröberklastischen Sedimenten des Südgrabens ungeklärt.

### 9.1 Teilgebiete Süd und Mitte

In Tab. 9.1 sind die hydrogeologischen Einheiten der Teilgebiete Süd und Mitte zusammenfassend beschrieben.

#### 9.1.1 Anthropogene Aufschüttung (yA)

Eine anthropogene Aufschüttung ist eine vom Menschen absichtlich erzeugte Akkumulation von natürlichem und künstlichem Material (Auffüllung). Anthropogene Aufschüttungen sind lithologisch sehr inhomogen. Sie können aus lokalem Erdaushub, Abraum, Abfall, Bauschutt, Hausmüll und Gewerbemüll bestehen.

#### 9.1.2 Deckschichten (qs)

Als Deckschichten werden gering durchlässige Sedimente zusammengefasst, die den obersten Grund-

wasserleiter überlagern. Stellenweise können geringmächtige schluffige Kieseinschaltungen auftreten. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um Löss und Schwemmlöss, feinklastische Hochflut- und Auesedimente und um die feinklastischen Ablagerungen des Kinzig-Murg-Flusses, der vor allem beim Austritt der Murg aus dem Schwarzwald südöstlich von Rastatt die Niederterrassenablagerungen ausräumte. Die Rinnen wurden später mit Lehm, Sand und Torf aufgefüllt.

Lösssedimente sind überwiegend aus den pleistozänen Schotterebenen der Flüsse im Hochglazial ausgeblasene und mit dem Wind transportierte Feinsedimente (Schluff, Feinsand). Der Löss ist stellenweise zu Lösslehm entkalkt. Lössablagerungen sind meist von gelbbrauner bis brauner Farbe.

Unter Hochflutsediment wird ein humusfreies, unter Auesediment ein mehr oder weniger humoses Hochwassersediment verstanden. Aue- und Hochwassersedimente sind meist dunkelbraun bis schwarzbraun.

Deckschichten sind im gesamten Untersuchungsgebiet verbreitet. Mächtige Lössablagerungen treten am Vorbergzonenrand des Markgräfler Landes, der Emmendingen-Lahrer Vorberge und der Ortenau-Bühler Vorberge auf. Eine Abgrenzung der mächtigeren Löss- und Lösslehmablagerungen, die südwestlich von Teningen (südlich von Reute sowie südlich von Denzlingen) über den Kiesen der Neuenburg-Formation liegen, war auf Grundlage der vorhandenen Bohrungen nicht möglich. Diesbezüglich wird auf die vorliegenden geologischen bzw. bodenkundlichen Karten und auf die spezielle Kartierung der Deckschichten im Oberrheingraben (LGRB 2001 b) verwiesen.

#### 9.1.3 Neuenburg-Formation (qN)

Im **Oberrheingraben** besteht die Neuenburg-Formation aus grauen bis rötlichgrauen Kiesen mit wechselnden Sand- und geringen Schluffanteilen (Abb. 9.2 bis 9.4 und 9.6). Stellenweise sind in die Kiese Steine und Blöcke bzw. sehr hoch durchlässige Rollkieslagen eingeschaltet. Innerhalb der Kiesabfolge sind linsenartig sandige Bereiche ausgebildet, die lateral nur über kurze Entfernungen korrelierbar sind. Im Süden des Markgräfler Landes treten im basalen Abschnitt der Neuenburg-Formation nagelfluhartig verkittete Schotter auf (Abb. 9.5).

Südlich des Kaiserstuhls sind in der Neuenburg-Formation oft deutlich eine obere und eine untere Groblage zu erkennen, die innerhalb einer stärker sanddominierten Abfolge liegen (generelle Abfolge von





Tab. 9.1 Lithologische Kurzbeschreibung der hydrogeologischen Kartiereinheiten in den Teilgebieten Süd und Mitte.

| Abkürzung der Einheit<br>(RPF/LGRB 2007 b) | Bezeichnung der Einheit                                                                     | Lithologische Kurzbeschreibung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| yA                                         | Anthropogene Aufschüttung                                                                   | Feinsedimente, Grobsedimente, Bauschutt; inhomogen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| qs                                         | Deckschichten                                                                               | Schluff, Sand, toniger Sand, selten stark schluffig-sandiger Kies                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| qN                                         | Neuenburg-Formation                                                                         | <b>ORG</b> grauer bis rötlichgrauer sandiger Kies, lagenweise mit Steinen und Blöcken; z. T. schwach schluffig, in der Grabenmitte überwiegend alpine Komponenten, am Grabenrand mit Lokalmaterial<br><b>FB</b> rötlichgrauer bis rötlicher Kies mit Steinen und Blöcken, bereichsweise schluffig, ausschließlich Schwarzwaldmaterial                                                                                                         |
| ORS                                        | Ostrhein-Schotter                                                                           | Gut sortierte, graue sandige Kiese, alpine Komponenten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| OZH „FH“                                   | Oberer Zwischenhorizont sowie Feinklastische Einschaltungen (Raum Strasbourg – Baden-Baden) | Ton- und Schlufflagen, Feinsande und Sande mit größerer Mächtigkeit                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| qBS                                        | Breisgau-Formation                                                                          | <b>ORG</b> grauer bis braungrauer sandig-schluffiger Kies mit unterschiedlich stark zersetzten „bunten“ Geröllen, nach unten zunehmend dichte Lagerung, alpine Komponenten und Lokalmaterial<br><b>FB</b> rötlichgrauer schluffiger bis sandig schluffiger Kies, stellenweise geringmächtige Schlufflinsen, Komponenten oben zum Teil, unten überwiegend zersetzt („bunt“), dicht bis sehr dicht gelagert, ausschließlich Schwarzwaldmaterial |
| qO                                         | Ortenau-Formation                                                                           | Grauer bis braungrauer sandiger bis stark sandiger, schwach schluffiger Kies, nach Norden zunehmend sandiger, sehr wenige zersetzte Komponenten alpinen und lokalen Ursprungs. Im unteren Abschnitt gelegentlich höherer Schluffanteil mit Farbumschlag ins Bräunliche                                                                                                                                                                        |
| RH                                         | Riegel-Horizont                                                                             | <b>FB</b> Schwach feinsandig-schluffiger Ton bzw. toniger Schluff, im Norden der Freiburger Bucht mit organischen Beimengungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| ZH3                                        | Zwischenhorizont 3                                                                          | Ton- und Schlufflagen, die im Norden des Teilgebiets Mitte in einem bestimmten Niveau gehäuft auftreten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|                                            | Feinsedimente der Mengener Brücke                                                           | Gelber bis gelblichgrauer feinsandiger Schluff bzw. toniger Schluff                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| qIS/tF                                     | Iffezheim-Formation / Fluviales Jungtertiär                                                 | <b>Südlich des Kaiserstuhls</b> Stark schluffig-tonige, z. T. schwach kiesige rötliche bis beige Sande und Schluffe, kalkfrei<br><b>Nördlich des Kaiserstuhls</b> helle glimmerhaltige Sande mit Fein- bis Mittelsand und grauen Schluff- und Tonbänken mit Torf- und Holzresten, kalkfrei                                                                                                                                                    |
| t, j, k                                    | Festgesteinsuntergrund                                                                      | Ton- und Tonmergelsteine mit Sand- und Kalksteinbänken, Kalksteine, Mergelsteine, Dolomitsteine (Tertiär, Jura, Keuper)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

ORG = Oberrheingraben FB = Freiburger Bucht

unten nach oben: sandreiche Schotter (können fehlen) – untere Groblage – sanddominierte Schotter – obere Groblage – sandreiche Schotter, Abb. 9.1). Anhand dieser beiden Grobschüttungen kann die Neuenburg-Formation bereichsweise in die Oberen und Unteren Neuenburg-Schichten unterteilt werden. Diese Untergliederung wird nach Norden zu undeutlicher.

Hydraulisch wirksame Trennschichten innerhalb der Neuenburg-Formation fehlen.

In der Neuenburg-Formation ist eine laterale lithologische Differenzierung ausgebildet (LGRB 2000):

- Am Schwarzwaldrand dominieren Schwarzwaldgerölle die Zusammensetzung der Schotter. In den meist schlecht sortierten Sedimenten ist der Feinanteil erhöht. Die Durchlässigkeit dieser Ablagerungen ist mittel bis hoch und damit geringer als die der westlich anschließenden Bereiche. Im Markgräfler Land ist diese lithologische Ausbildung in der Stauffer Bucht und

weiter im Süden in einem schmalen Streifen entlang der Vorbergzone bis südlich von Buggingen vorhanden (Abb. 9.6, Bohrung Parksiedlung Bad Krozingen), weiter im Süden fehlt sie. Die jungquartären Flusskiese und -sande in den Schwarzwaldtälern (z. B. Abb. 9.7) können in Abhängigkeit vom Ausgangsgestein, den Ablagerungsbedingungen und dem Alter der

Ablagerungen alle Übergänge zwischen reinen Kiessanden und stark verlehmtten Kiesen aufweisen.

- Nach Westen schließt zur Grabenmitte hin eine Verzahnung zwischen dem von Schwarzwaldmaterial dominierten und dem von alpinem Material dominierten Bereich an.

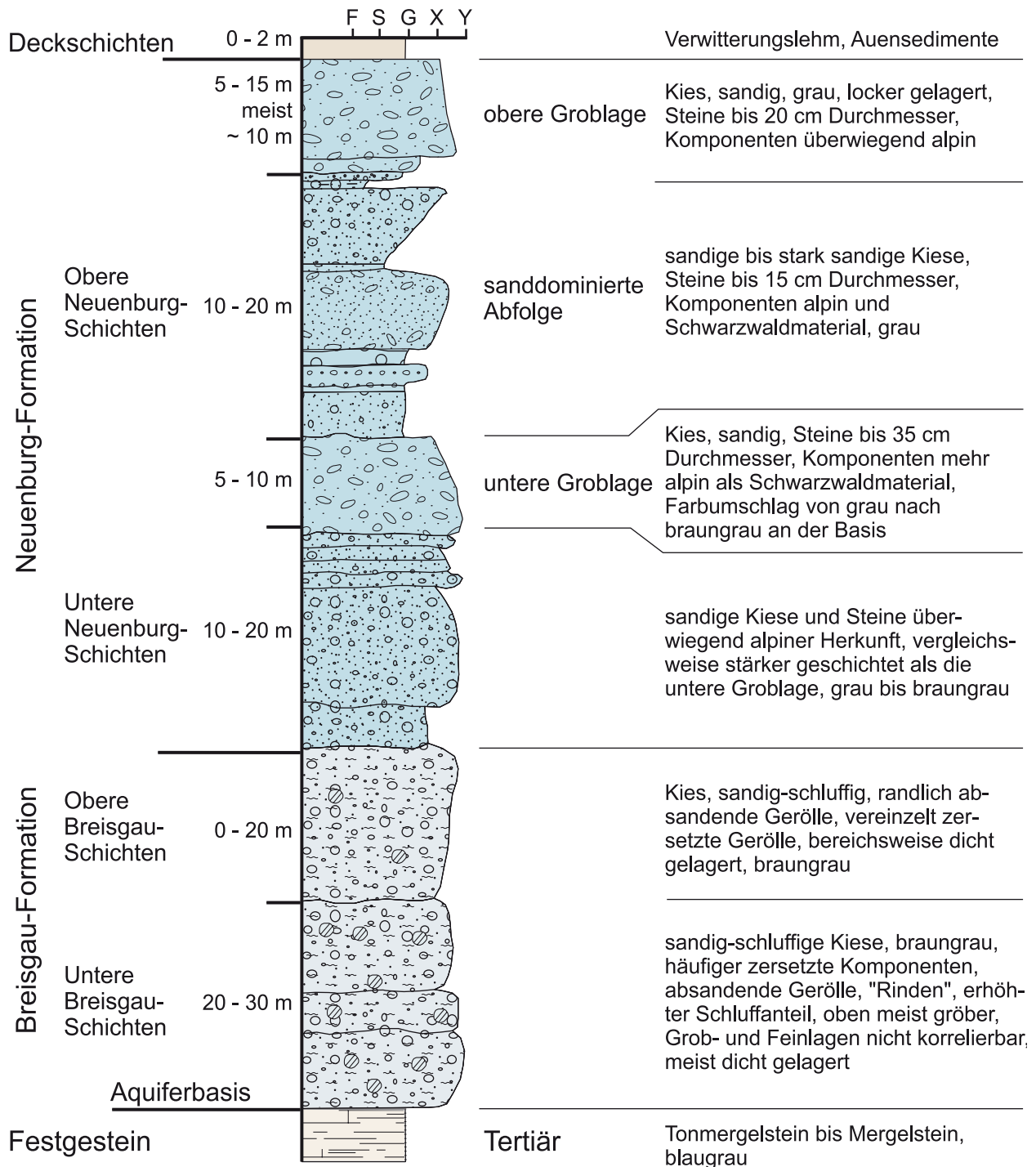


Abb. 9.1 Schematisiertes Säulenprofil für den zentralen Bereich des Markgräfler Landes.

- Der von alpinem Material dominierte Bereich in Rheinnähe besteht im Osten aus Kiesen mit einem erhöhten Feinanteil und frischen bis z. T. mäßig verwitterten Geröllen. Im Westen bestehen die Schotter der Neuenburg-Formation aus „sauberen“ sandigen Kiesen. Als östliche Begrenzung der „sauberen“ Kiese wurde südlich des Kaiserstuhls das Hochgestade als Grenze zwischen der Rheinaue und der Niederterrasse angenommen, wie es in der Hydrogeologischen Karte Kaiserstuhl – Markgräflerland (HGK 1977) dargestellt ist.



**Abb. 9.2** Neuenburg-Formation: Kiesgrube Strohmaier bei Grißheim (TK 25: 8211, R 33 93 057, H 53 05 838, Maßstab: 2 m).



**Abb. 9.3** Neuenburg-Formation, Kiesgrube Märkt (TK 25: 8311, R 33 94 411, H 52 76 420, Wandhöhe ca. 10 m).

In der **Freiburger Bucht** besteht die Neuenburg-Formation aus rötlichgrauen bis rötlichen Kiesen mit wechselnden Sand- und geringen Schluffanteilen. Stellenweise sind in die Kiese Steine und Blöcke eingeschaltet. Die Gerölle stammen mit Ausnahme eines schmalen Streifens entlang dem Ostrand des Kaiserstuhls (Ostrhein-Schotter) ausschließlich aus dem Schwarzwald. Die Größe der Steine nimmt vom Ausgang der Schwarzwaldtäler in westliche und nordwestliche Richtung ab.

Innerhalb der Kiesabfolge sind stellenweise linsenartig sandige Bereiche ausgebildet, die lateral nur über kurze Entfernungen korrelierbar sind.

Am Übergang zum Oberrheingraben im Südwesten der Freiburger Bucht (Bereich zwischen Kaiserstuhl und Tuniberg) besteht die Neuenburg-Formation weitgehend aus alpinen sandigen Kiesen. In diesem Bereich erfolgte die Schüttung der Sedimente noch überwiegend durch den Rhein. Im oberen Abschnitt der Abfolge gehen die Schotter in die Ablagerungen der nördlich anschließenden Ostrheinrinne über. Nördlich der Riegeler Pforte tritt der Anteil an Schwarzwaldkomponenten an der Zusammensetzung der Neuenburg-Formation wieder zurück.

In der Freiburger Bucht wurde an der Basis der Neuenburg-Formation in zahlreichen Bohrungen ein sogenannter Übergangsbereich identifiziert. Er ist im Vergleich zu den Kiesen im Hangenden durch einen erhöhten Schluffanteil und das erste Auftreten randlich zersetzter Kristallingerölle charakterisiert. Zum Liegenden hin nimmt der Zersetzungsgrad zu. Häufig geht damit ein Wechsel von rötlichen in schwach bräunliche Farbtöne einher. Die Sedimente sind zuweilen leicht verbacken. Wegen der nicht immer eindeutigen Unterscheidungsmerkmale ist in den Bohrungen eine Identifikation des Übergangsbereiches oft nicht möglich. Ergebnisse hydraulischer Tests aus dem Übergangsbereich liegen nicht vor. Aufgrund der lithologischen Ausbildung wurde der Übergangsbereich bei der hydrogeologischen Kartierung der Neuenburg-Formation zugeordnet.

Hydraulisch wirksame Trennschichten innerhalb der Neuenburg-Formation und des Übergangsbereichs fehlen.

#### 9.1.4 Ostrhein-Schotter (ORS)

Die Ostrhein-Schotter, ein laterales Faziesäquivalent zur Neuenburg-Formation in der Freiburger Bucht, bestehen aus meist gut sortierten, grauen, sandigen Kiesen überwiegend alpiner Herkunft mit Steinen bis 20 cm Durchmesser. Schwarzwaldgerölle treten nur selten auf. Innerhalb der Ablagerung lassen



sich übereinander mehrere Schüttungskörper unterscheiden, die jedoch nicht zwischen den einzelnen Bohrungen korreliert werden können (Abb. 9.9). Zum Kaiserstuhl und den anderen Erhebungen in der Freiburger Bucht hin verzahnen sich die Ablagerungen mit Schwemmlöss (Abb. 8.5, RPF/LGRB 2007 a; Schnitte: *sued\_querschnitt\_12*). An der Ostgrenze der Ostrhein-Schotter (z. B. im Bereich nördlich von Teningen, LGRB-Archiv-Nr. Bo 7812/553, -/554, -/555, -/556 und -/655) verzahnen sich die Sedimente in einem bis zu mehrere hundert Meter breiten Bereich mit denen der Neuenburg-Formation (LGRB 2001 a).

Zwischen dem Tuniberg und dem Kaiserstuhl liegen die Ostrhein-Schotter gebietsweise direkt auf dem Festgestein (älteres Tertiär), stellenweise werden sie durch eine Schwemmlösslage von diesem getrennt (Abb. 8.5 und 9.9). Weiter im Norden werden sie von der Neuenburg-Formation oder der Breisgau-Formation unterlagert.

Die Ostrhein-Schotter liegen im südlichen Abschnitt meist unter einer bis mehrere Meter mächtigen schluffig-tonigen Deckschicht mit organischen Einlagerungen (z. B. Ried bei Wasenweiler/Oberschaffhausen).

12 m u. GOK



16 m u. GOK

◀ **Abb. 9.4** Neuenburg-Formation in der Bohrung Hartheim B1 (12 – 16 m u. GOK, LGRB-Archiv-Nr. Bo 8011/492).

► **Abb. 9.5** Nagelfluhbildungen im basalen Bereich der Neuenburg-Formation (Kiesgrube Sattler, Steinstadt, TK 25: 8211, R 33 91 016, H 52 92 338).



10 m u. GOK



12 m u. GOK

◀ **Abb. 9.6** In der Neuenburg-Formation überwiegen am Grabenrand die Komponenten lokaler Herkunft (Schwarzwaldmaterial, Bohrung B27 Parksiedlung Bad Krozingen, LGRB-Archiv-Nr. Bo 8012/1270).

0 m u. GOK



5 m u. GOK

**Abb. 9.7** Jungquartäre Flusskiese und -sande (Bohrung LGRB-Archiv-Nr. Bo 8011/917, 0 – 5 m u. GOK, Klemmbachtal bei Müllheim).

### 9.1.5 Feinklastische Horizonte im Raum Strasbourg – Baden-Baden

Als Feinklastische Horizonte (FH) wurden Ton- und Schluffhorizonte sowie Feinsande und Sande kartiert. Nördlich von Neuried treten im Raum Strasbourg – Kehl und weiter bis Baden-Baden in der Ortenau-Formation in verschiedenen Niveaus feinklastische Einschaltungen auf, die sich über eine größere Entfernung verfolgen lassen (Abb. 10.4 bis 10.7, RPF/LGRB 2007 a; Schnitte: *mitte\_laengsschnitte\_1* bis 3 und *mitte\_querschnitte\_1* bis 10). Diese feinklastischen Horizonte unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Lithologie deutlich von der darüber bzw. darunter folgenden Einheit.

Die Feinklastischen Horizonte wurden entsprechend ihrer Lithologie in überwiegend Tone oder Schluffe, überwiegend Fein- bis Mittelsande und überwiegend Sande aller Körnungen klassifiziert (Abb. 10.4 bis 10.7).

Folgende Horizonte sind wegen ihrer größeren räumlichen Ausdehnung in tonig-schluffiger Ausbildung auch hydraulisch von Bedeutung:

- Der Feinklastische Horizont 1 entspricht am Ausgang des Kinzigtales bei Offenburg dem „Kinzighaupttorfhorizont“ nach HERRGESELL (1995).
- Die Feinklastischen Horizonte 1 bzw. 2 entsprechen im Raum Kehl – Strasbourg dem „Kehler Horizont“.
- Der Feinklastische Horizont 4 entspricht im Norden des Bearbeitungsgebiets dem Oberen Zwischenhorizont (OZH, vgl. Abb. 8.3 und 10.7).
- Der Feinklastische Horizont 5 entspricht im Norden des Bearbeitungsgebiets dem Zwischenhorizont 3 (ZH3, vgl. Abb. 8.3).

### 9.1.6 Breisgau-Formation (qBS)

Wegen der lithologischen Unterschiede, die sich auch deutlich in den hydraulischen Eigenschaften auswirken, wird bei der Beschreibung zwischen der Breisgau-Formation im eigentlichen Oberrheingraben und in der Freiburger Bucht unterschieden.

Im **Oberrheingraben** besteht die Breisgau-Formation aus sandig-schluffigem Kies mit unterschiedlich stark zersetzten Komponenten lokaler und alpiner Herkunft. Nach ELLWANGER et al. (2003) wurde das teilweise bereits verwitterte Schwarzwald- und Vogesenmaterial durch Schuttströme in das Grabengebiet verlagert und dort anschließend mehrfach umgelagert.

Aufgrund der lithologischen Ausbildung, einer bereits teilweise vorhandenen Groblage (ELLWANGER et al. 2003) und von Unterschieden im Schwermineralspektrum (HAGEDORN 2004) lässt sich die Breisgau-Formation stellenweise in die Oberen und Unteren Breisgau-Schichten unterteilen (z. B. Abb. 9.1). Dies ist insbesondere bei Materialbohrungen möglich, die detailliert beschrieben wurden. Viele ältere Bohrungen sind jedoch nicht ausreichend dokumentiert, so dass die Belegpunktdichte zu gering ist, um die Grenzfläche zwischen den Oberen und den Unteren Breisgau-Schichten als Isolinenplan im Kartiermaßstab 1 : 50 000 darzustellen.

Die Gesteine der Breisgau-Formation sind in der Hydrogeologischen Karte Kaiserstuhl – Markgräflerland (HGK 1977) als „Festgelagerte Kiese und Schotter mit größeren Schluffanteilen“ beschrieben. In den Geologischen Karten sind im Markgräflerland im Bereich der Vorbergzone „Altpleistozäne Schotter“ (bzw. „Ältere Schotter“, GROSCOPF et al. 1996) kartiert. Diese Schotter gleichen in ihrer



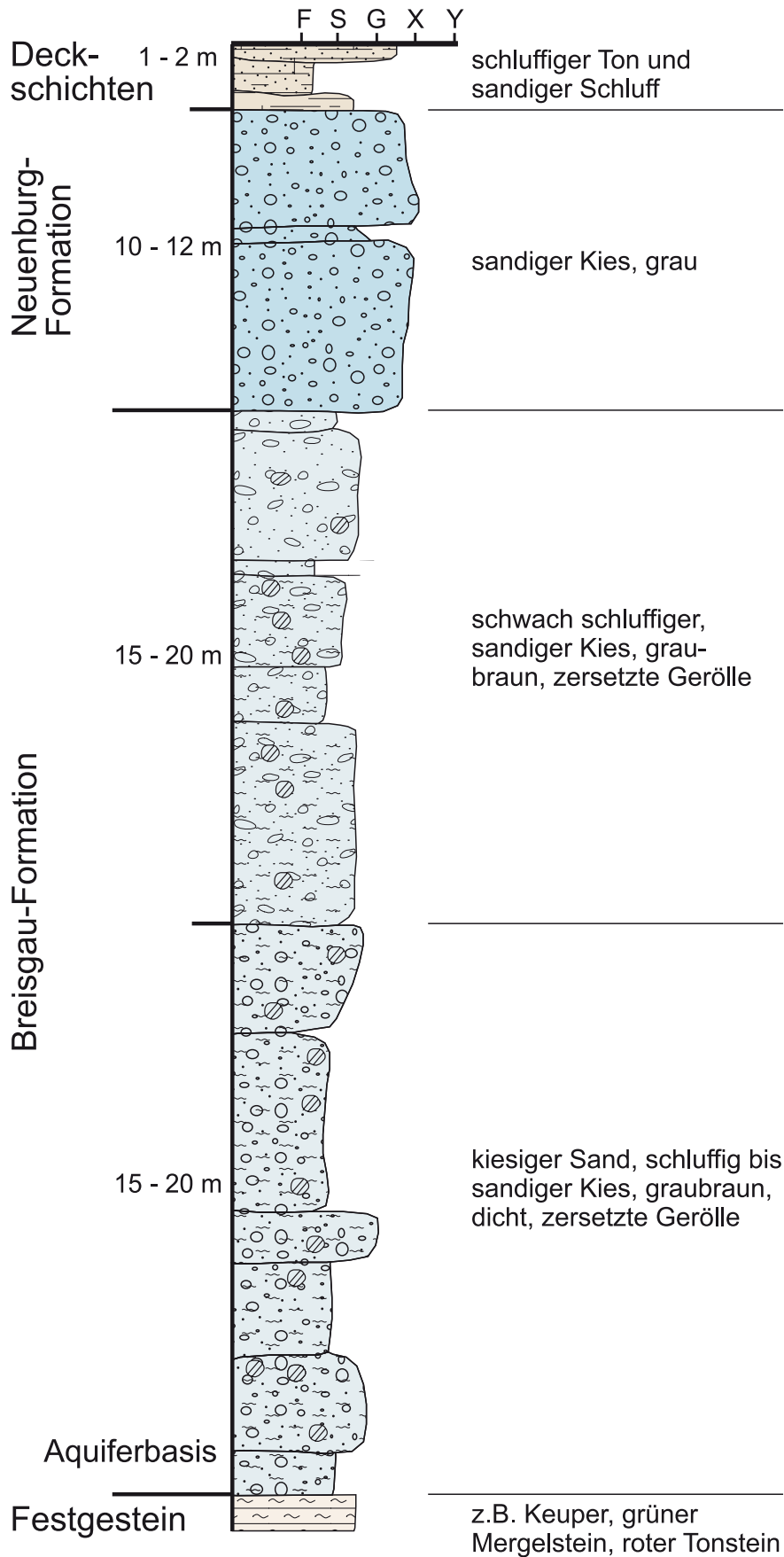


Abb. 9.8 Schematisiertes Säulenprofil für den zentralen Bereich der Freiburger Bucht.

lithologischen Ausbildung denen der Breisgau-Formation und werden deshalb dieser hydrogeologischen Einheit zugeordnet. Ob es sich dabei tatsächlich um zeitgleich abgelagerte Gesteine handelt, ist unklar.

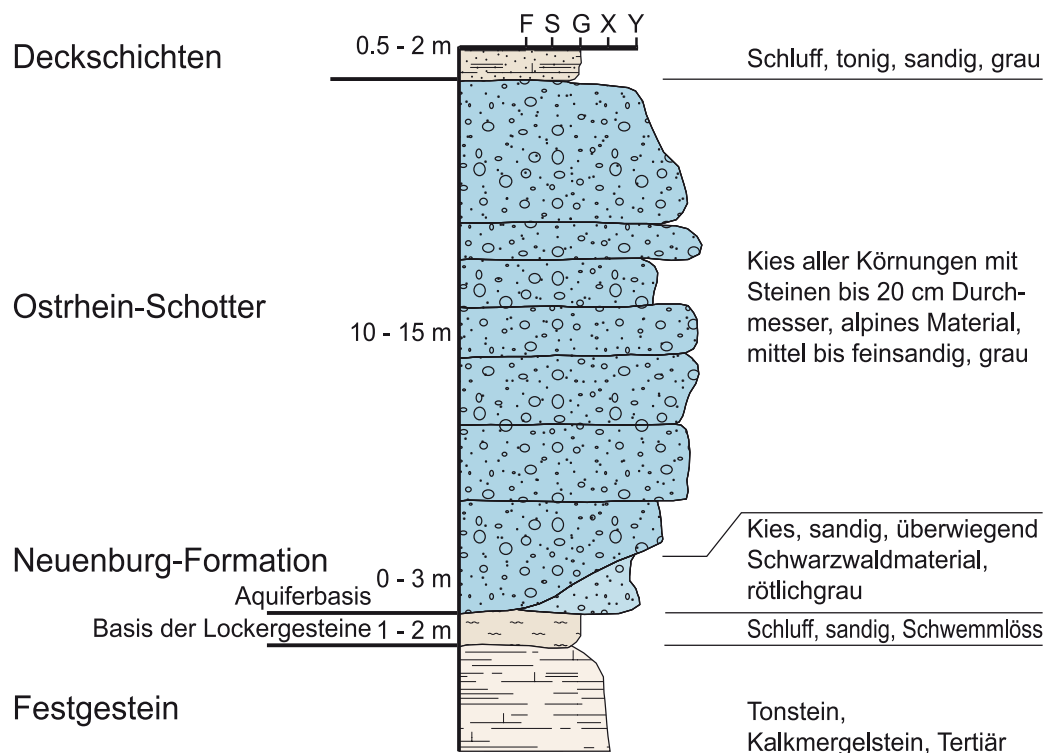
Die Oberen Breisgau-Schichten bestehen aus grauen bis braungrauen sandigen und bereichsweise schluffigen Kiesen, in denen Gerölle aus den Alpen überwiegen (Abb. 9.10 oben). Das Lokalmaterial aus dem Schwarzwald und den Vogesen ist weniger häufig und weniger stark zersetzt, die Komponenten sind gröber und die diamiktischen Kiese weniger dicht gelagert als in den Unteren Breisgau-Schichten. Die Basis der Oberen Breisgau-Schichten ist häufig durch eine Groblage aus alpinen Geröllen gekennzeichnet.

Typisch für die sandigen, bereichsweise schluffigen Kiese der Unteren Breisgau-Schichten sind ihre rötlich-braune Farbe und höhere Schluffanteile (Abb. 9.10 unten). Die Gneis- und Granitgerölle sind meist stärker verwittert („faule Gerölle“). Die Granite zerfallen dabei zu einem stark schluffigen, scharfkantigen

Mittel- bis Grobsand, die Gneise bei völliger Zersetzung zu einem tonigen Schluff. Die zersetzten Komponenten haben grünliche, rötliche, bräunliche oder fahlgraue Farben. Die Unteren Breisgau-Schichten sind meist dicht gelagert und häufig verbacken.

In der Breisgau-Formation ist eine laterale Faziesdifferenzierung ausgebildet (LGRB 2000):

- Am Grabenrand im Osten besteht die Breisgau-Formation überwiegend aus stark zersetzten Schwarzwaldgeröllen mit z. T. hohen Feinanteilen (Abb. 9.11). Die Durchlässigkeit dieser Ablagerungen, die auch im basalen Abschnitt der Schwarzwaldtälfüllungen verbreitet sind, ist mäßig bis gering.
- In Rheinnähe besteht die Breisgau-Formation überwiegend aus alpinen Geröllen mit wenig Schwarzwaldmaterial. In die festgelagerten Kiese mit mittlerer Durchlässigkeit sind bereichsweise weniger dicht gelagerte Abschnitte mit höherer Durchlässigkeit eingeschaltet.



**Abb. 9.9** Schematisiertes Säulenprofil für den westlichen Bereich der Freiburger Bucht (Ostrheinrinne).



18 m u. GOK



20 m u. GOK



▲ **Abb. 9.11** Die Breisgau-Formation in der Randfazies besteht ausschließlich aus  
 ▲ meist stark verwittertem Lokalmaterial (hier Schwarzwaldmaterial, Bohrung B27, Parksiedlung Bad Krozingen, 18,0 – 20,0 m u. GOK links; Detailansicht; LGRB-Archiv-Nr. Bo 8012/1270).

Lagerungsdichte der Breisgau-Formation wesentlich höher und der Zersetzungsgrad der Sedimente wesentlich stärker als im restlichen Gebiet des Oberrheingrabens. Dies ist vorwiegend darauf zurückzuführen, dass die Breisgau-Formation im Oberrheingraben immer einen deutlichen Anteil alpiner Gerölle führt, die nicht oder nur schwach zersetzt sind.

Die Breisgau-Formation entspricht den „schluffigen und sandigen zersetzten Schwarzwaldschottern“ der Hydrogeologischen Karte Freiburger Bucht (HGK 1979).

Aufgrund der lithologischen Ausbildung lassen sich innerhalb der Breisgau-Formation Abschnitte höherer und geringerer Durchlässigkeit unterscheiden. So führen z. B. in der Bohrung B2 Deponie Eichelbuck (LGRB-Archiv-Nr. Bo 7912/318) die oberen ca. 16 m der insgesamt ca. 40 m mächtigen Abfolge deutlich weniger zersetzte Gerölle und Schluff als die darunter folgenden Schichten. Diese lithologische Differenzierung der Breisgau-Formation ist auf einige lokale Vorkommen beschränkt und dürfte auf rinnenartige Bereiche höherer Strömungsenergie während der Ablagerung oder intensiver anschließender Aufarbeitung zurückzuführen sein (HGK 1979). Dies ist auch der Grund für die lokal erhöhten Durchlässigkeiten im basalen Abschnitt der Breisgau-Formation. Aus einem solchen Bereich gewinnt z. B. die Gemeinde Teningen südöstlich von Nimburg mit dem Brunnen Bannlache (LGRB-Archiv-Nr. Bo 7812/173) Trinkwasser.

### 9.1.7 Riegel-Horizont (RH)

Der Riegel-Horizont (HGK 1979) ist ein feinklastischer Horizont im oberen Abschnitt der Breisgau-Formation (Abb. 9.12, RPF/LGRB 2007 a; Schnitte:

*sued\_querschnitt\_10 bis 13*). Er tritt in der Freiburger Bucht auf. Aufgrund von Pollenbefunden wird der Riegel-Horizont als „cromer-artiges“ Vorkommen eingestuft (ELLWANGER et al. 2003). Er ist meist als schwach feinsandiger schluffiger Ton bzw. toniger Schluff ausgebildet. Vereinzelt findet man in den Bohrproben, möglicherweise bohrtechnisch bedingt (Nachfall?), geringe Kiesbeimengungen. In seiner typischen Ausbildung hat er aufgrund eines deutlichen Gehalts an organischen Bestandteilen eine dunkelgraue bis schwarze Farbe (Bereich Riegel bis nördlich Teningen), ansonsten ist er bräunlich bis gelblich. In Bereichen größerer Mächtigkeit wirkt der Riegel-Horizont hydraulisch als Trennhorizont.

### 9.1.8 Ortenau-Formation (qO)

Südlich von Offenburg gehen die Neuenburg- und die Breisgau-Formation in die Ortenau-Formation über. Sie besteht im zentralen Oberrheingraben aus schwach schluffig-sandigen Kiesen. Im unteren Abschnitt nimmt häufig der Sand- und Schluffanteil geringfügig zu. Da dies im Hinblick auf die Durchlässigkeiten der Sedimente von Bedeutung sein kann, wurde die Ortenau-Formation hydrogeologisch in die Ortenau-Formation oben und die Ortenau-Formation unten gegliedert (Abb. 9.14).

Zum Grabenrand hin, am Übergang der Schwarzwaldtäler in den Oberrheingraben und in den Tälern nimmt der Anteil an Lokalmaterial an der Zusammensetzung der Ortenau-Formation zu. Im unteren Abschnitt können die kristallinen Gerölle lokalen Ursprungs stärker zersetzt sein (z. B. im Kinzigtal und im Kinzigschwemmfächer, Abb. 9.14). Damit geht eine dichte Lagerung der sandig-schluffigen Kiese und eine geringere Durchlässigkeit der Sedimente einher.



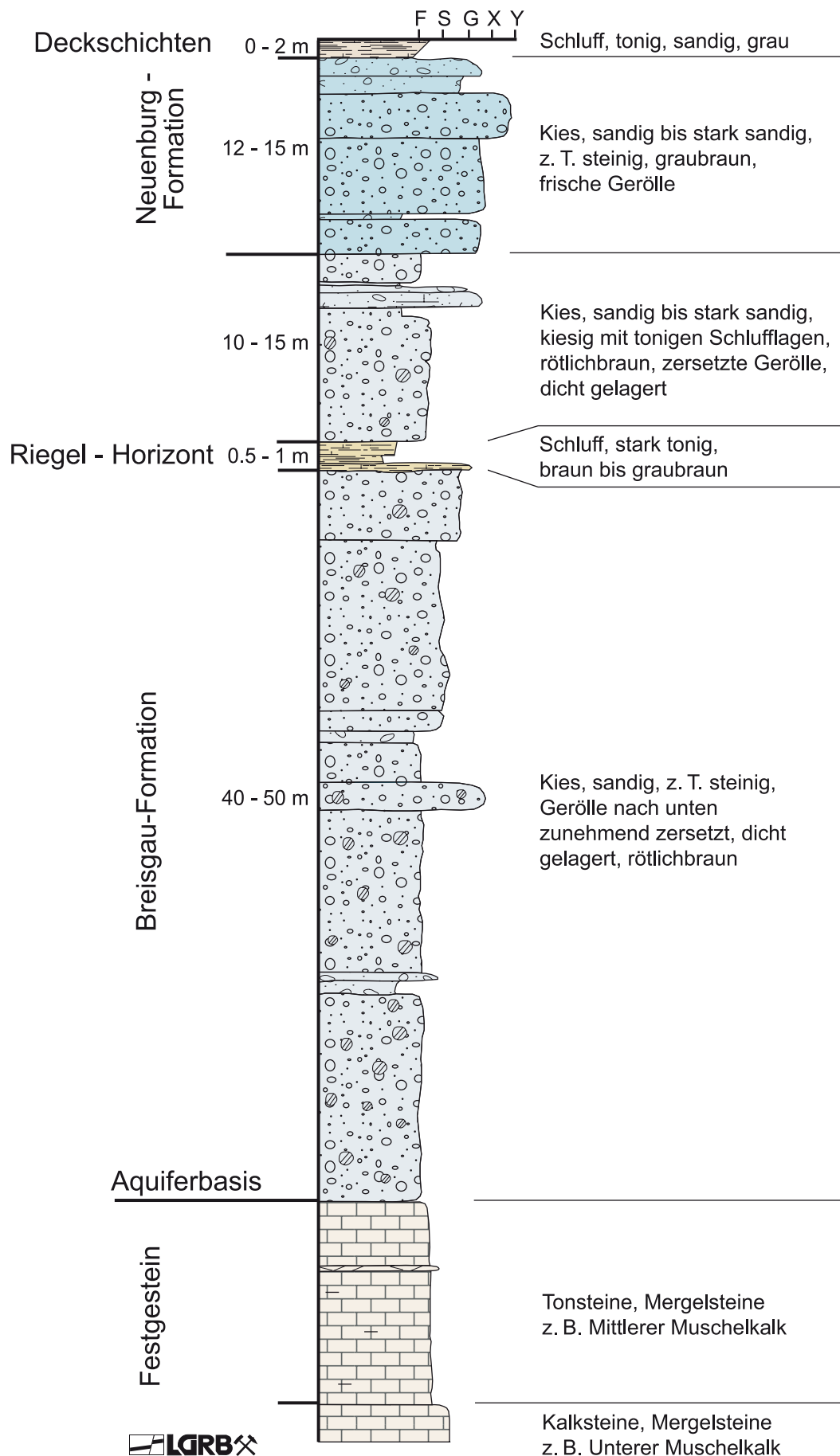


Abb. 9.12 Schematisiertes Säulenprofil für den nördlichen Bereich der Freiburger Bucht.

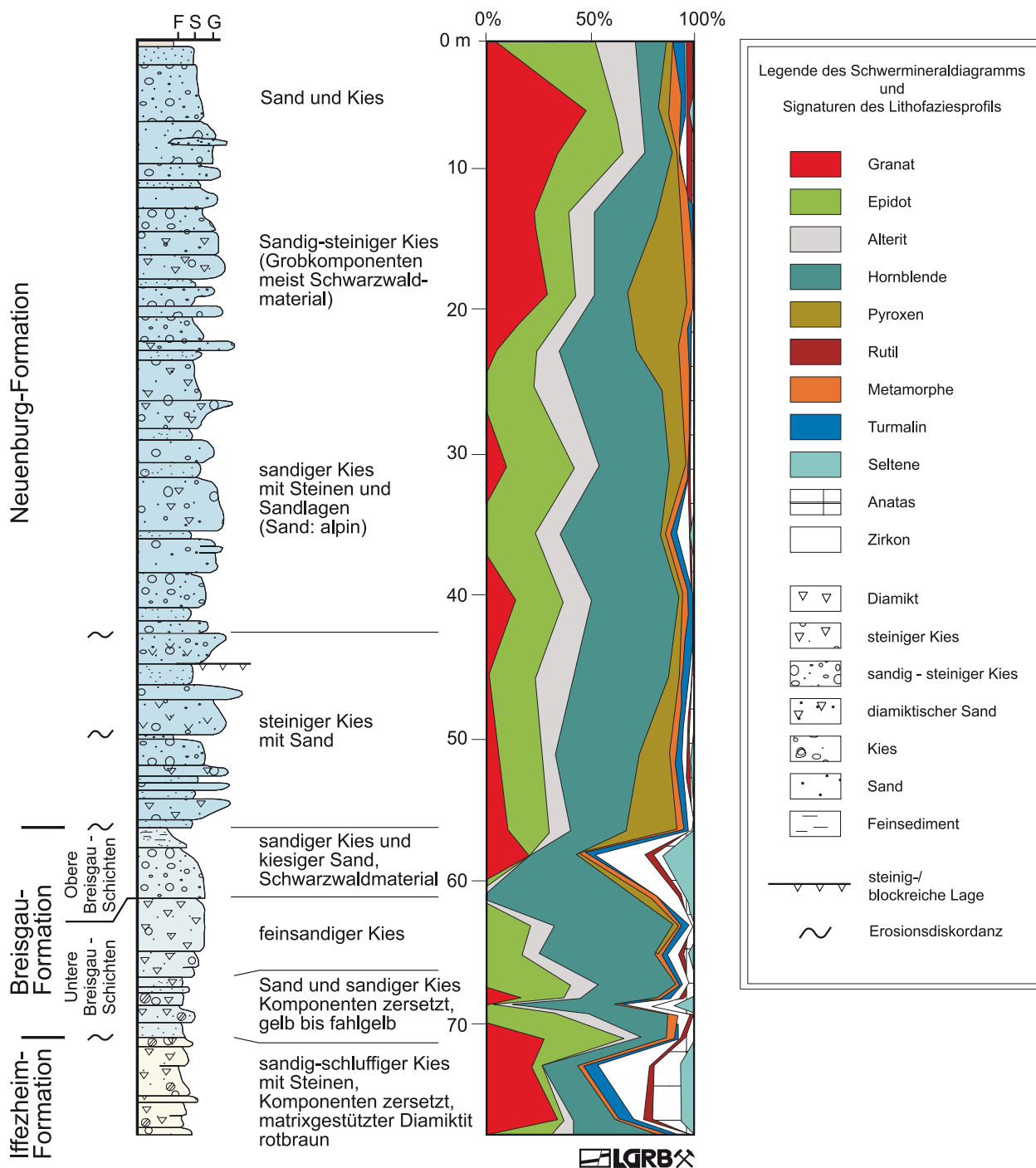


### 9.1.9 Zwischenhorizont 3 (ZH3)

Der Zwischenhorizont 3 besteht aus Ton- und Schlufflagen, die im Norden des Teilgebiets Mitte im Tieffenniveau zwischen 17,6 und 58 m unter Gelände gehäuft auftreten. Dabei liegt der ZH3 im Süden generell tiefer als im Norden (RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *mitte\_laengsschnitt\_1* und 2, *mitte\_querschnitt\_1* und 2).

### 9.1.10 Feinsedimente der Mengener Brücke

Die „Feinsedimente der Mengener Brücke“ bestehen überwiegend aus gelblichen bis gelblichbraunen z. T. feinsandigen Schluffen bzw. tonigen Schluffen, in die geringmächtige Feinsand- bzw. Kieslagen eingeschaltet sein können. Es handelt sich überwiegend um Lössablagerungen (Abb. 9.15). Ein



**Abb. 9.13** Lithofaziesprofil (Beschreibung nach HAGEDORN 2004, vereinfacht) und Schwermineraldiagramm der Bohrung Vogel Bau (LGRB-Archiv-Nr. Bo 7812/950, nach HAGEDORN 2004).

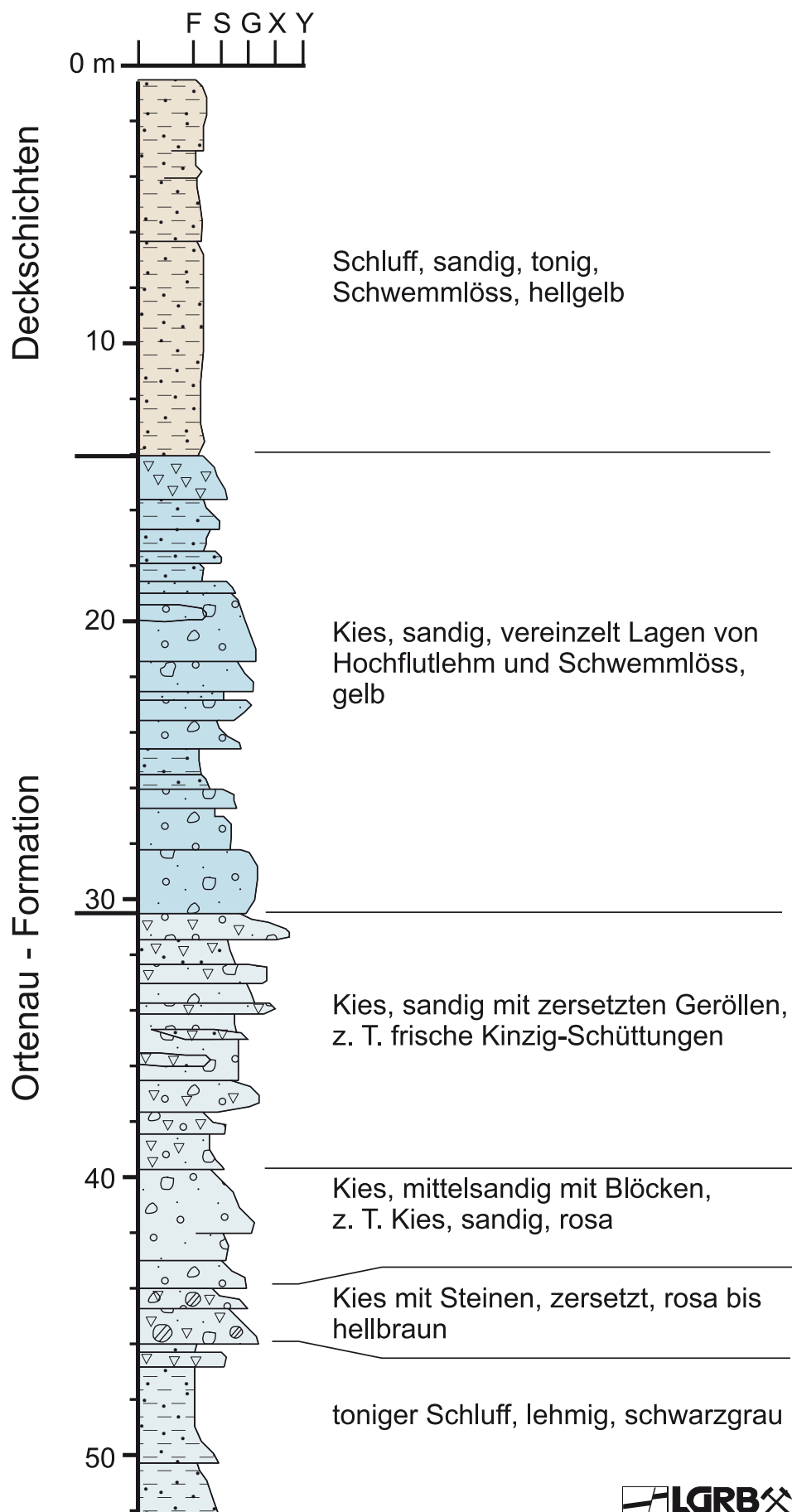


Abb. 9.14 Lithofaziesprofil der Bohrung Offenburg, BK 34 (LGRB-Archiv-Nr. Bo 7513/1926).

Abschnitt innerhalb der Feinsedimente, der reich an organischen Beimengungen ist, wurde dem Riegel-Horizont gleichgesetzt. Ob diese beiden Ablagerungen altersgleich sind, ist nicht bekannt (RPF/LGRB 2007 a; Schnitte: *sued\_querschnitt\_13* und *14*).

#### 9.1.11 Iffezheim-Formation / Fluviatiles Jungtertiär (qIS/tF)

Die Aquiferbasis wird im Untersuchungsgebiet meist von der Oberfläche der Iffezheim-Formation bzw. des Fluviatilen Jungtertiärs (frühere Bezeichnung: Pliozän, Abb. 9.13, Abb. 9.16 und 9.17) und insbesondere im Süden des Bearbeitungsgebiets von bereichsweise aufgewittertem älterem Tertiär gebildet (Abb. 9.19).

Die Iffezheim-Formation besteht südlich des Kaiserstuhls aus stark schluffig-tonigen, z. T. schwach kiesigen Sanden bzw. Schluffen lokalen Ursprungs (Abb. 9.13, 9.16 und 9.17 oben). Die überwiegend sehr dicht gelagerten kalkfreien Sedimente sind rötlich bis beige bzw. durch Vergleyung grünlichgrau

gefärbt. In der Bohrung Namsheim (LGRB-Archiv-Nr. Bo 8011/494) treten im unteren Abschnitt graue und grauviolette Diamikte mit völlig zersetzten Kristallingeröllen auf (Interreg II 2002; Abb. 9.17 unten). Das kaolinisierte Grundgebirgsmaterial besteht aus Granit, Gneis und Porphy. Daneben finden sich Milch- und Gangquarze, gebleichter bis leicht rötlicher Buntsandstein, blauer Kieselschiefer, Karneol und Quarzit (HAGEDORN 2004).

Die Abfolge wird aus mehreren gradierten Sedimentationszyklen aufgebaut. Sie beginnen jeweils mit diamiktischen, zersetzten Kiesen und rötlichen bis weißen Sanden an der Basis und gehen nach oben in meist rotbraune tonige, humose Feinsedimente über.

Die Iffezheim-Formation ist in der Hydrogeologischen Karte Kaiserstuhl – Markgräflerland (HGK 1977) als „Schluff mit eingelagerten Kies- und Sandkomponenten“ beschrieben.

Nördlich des Kaiserstuhls wurde die Iffezheim-Formation/das Fluviatile Jungtertiär in typischer



**Abb. 9.15** Die Feinsedimente der Mengener Brücke bestehen überwiegend aus Lösssedimenten (Weganschnitt im Bereich der Autobahnraststätte Breisgau, R 34 04 809, H 53 15 638).



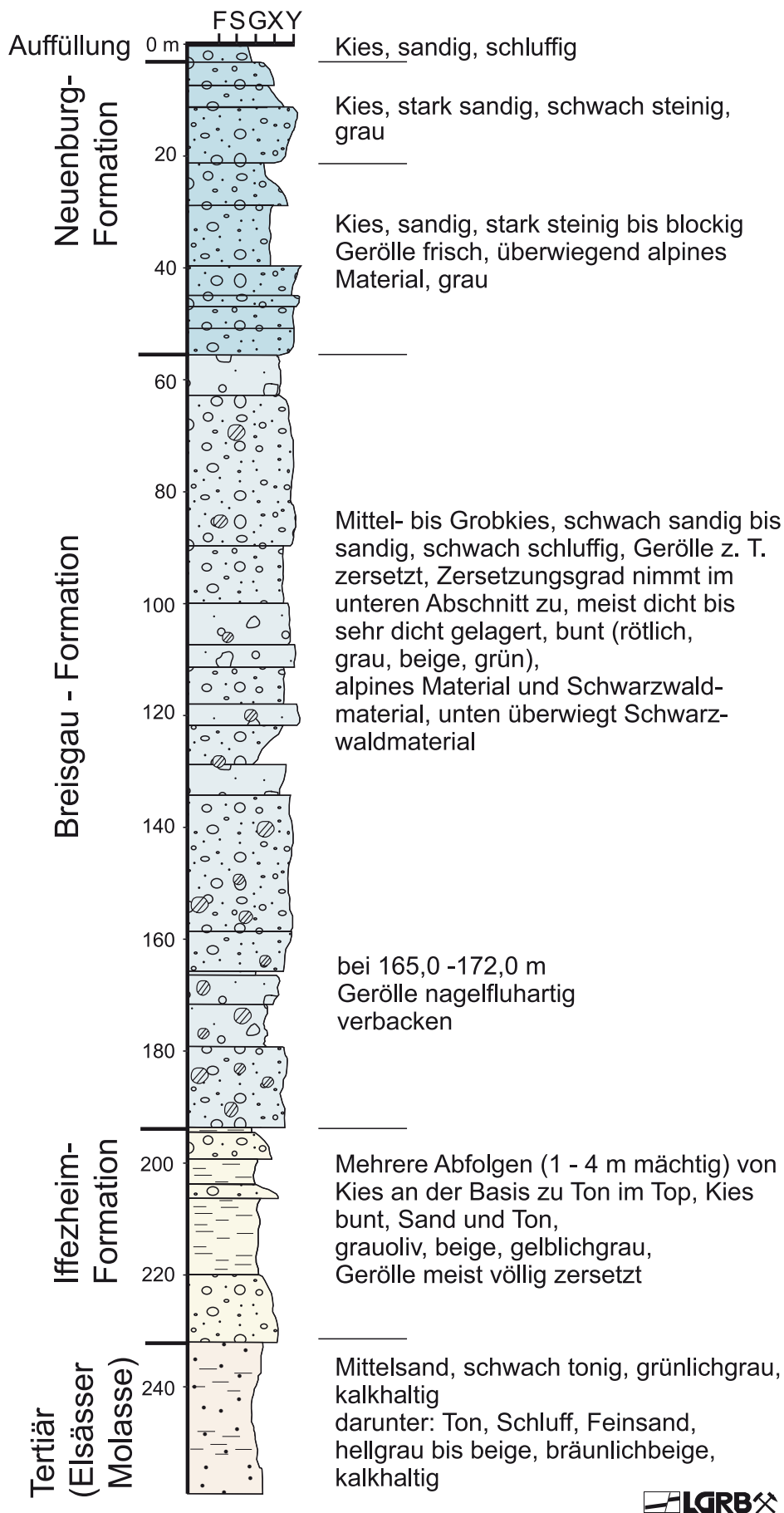


Abb. 9.16 Lithofaziesprofil der Bohrung Namsheim (LGRB-Archiv-Nr. Bo 8012/482, verändert nach Interreg II 2002).

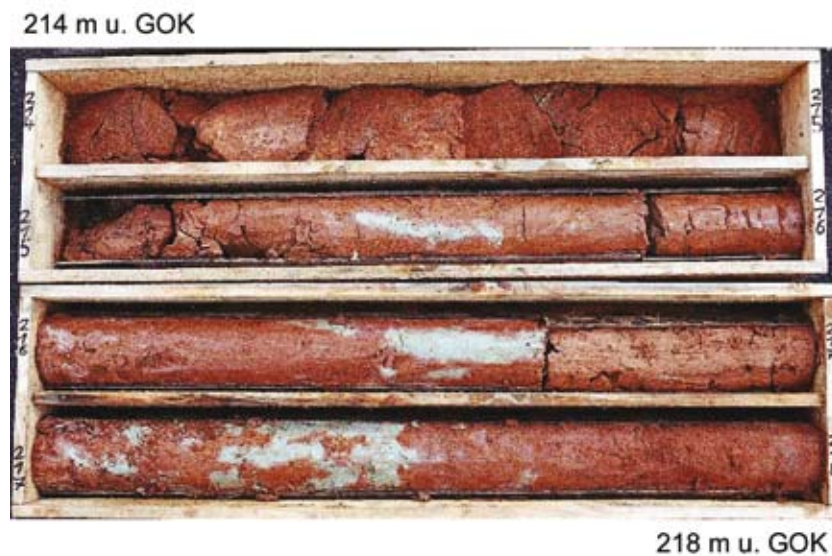
Ausbildung in der Bohrung Iffezheim angetroffen (Abb. 9.18). In die vorwiegend hell gefärbten glimmerhaltigen Sande („weißes Pliozän“, HGK 1980) sind Fein- bis Mittelkiese sowie weißgraue und grünlich-graue Schluff- und Tonbänke mit Torf- und Holzresten eingelagert (STOBER et al. 2002, HAGEDORN 2004). Der Übergang von der Iffezheim-Formation in die überlagernde Ortenau-Formation ist durch einen markanten Wechsel in der Schwermineralvergesellschaftung gekennzeichnet. Während in der Iffezheim-Formation überwiegend die stabilen Schwerminerale Turmalin und Zirkon und untergeordnet Rutil und Anatas vorkommen, dominieren in der darüber liegenden Ortenau-Formation (frühere Bezeichnung nach HAGEDORN 2004: Breisgau-Formation) die instabilen Schwerminerale Granat, Epidot, Alterit und Hornblende.

Die Iffezheim-Formation entspricht nördlich des Kaiserstuhls dem oberen Teil des Fluvialen Jungtertiärs (Fluviales Pliozän nach HGK 1980). Es handelt sich dabei im Grabenzentrum um creme- bis

pastellfarbige (weißgraue bis gelbliche), meist sandig-schluffig-tonige Ablagerungen. Nach der HGK Bühl – Offenburg (HGK 1978 b) gehen diese feinkörnigen Ablagerungen im Mündungstrichter des Renchtals in grobsandig-grusigen Feinkies über. In den pliozänen Sedimenten fehlt alpines Material. Sie sind kalkfrei.

In die Kartiereinheit wurde auch der Schwemmlöss einbezogen, der bereichsweise in der Freiburger Bucht und entlang des Vorbergzonenrandes unter dem Kies auftritt. Er wurde von den benachbarten Hochlagen (Kaiserstuhl, Nimberg, Tuniberg, Vorbergzone) umgelagert. Aus hydrogeologischer Sicht bilden sowohl der Schwemmlöss an der Kiesbasis als auch die Iffezheim-Formation bzw. das Fluviale Jungtertiär die Basis des Grundwasserleiters.

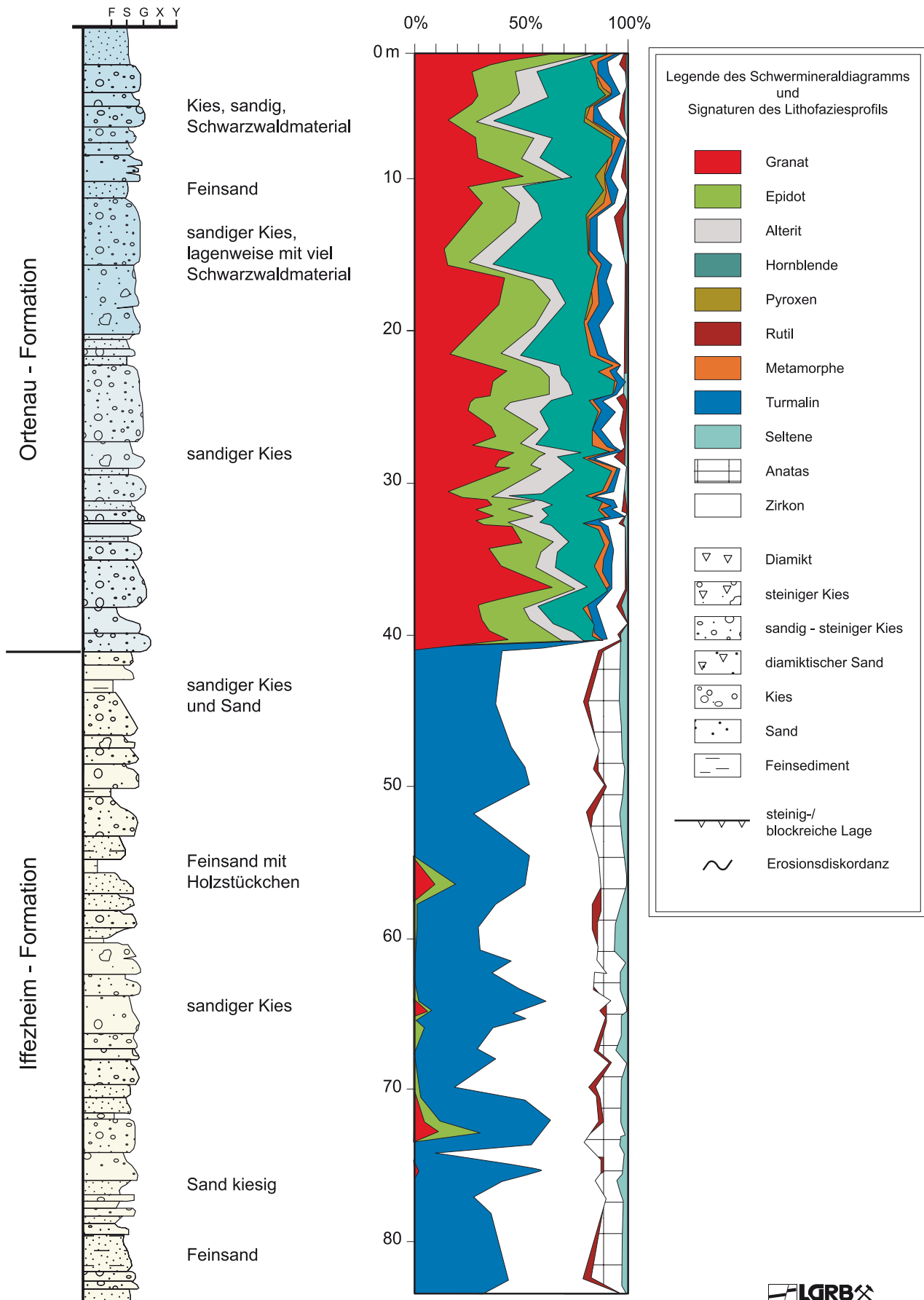
In den hydrogeologischen Schnitten (RPF/LGRB 2007a; Schnitte) wurde zwischen der Iffezheim-Formation/dem Fluvialen Jungtertiär und den Schwemmlössablagerungen unterschieden.



**Abb. 9.17** Iffezheim-Formation.

- ◀ Bohrung Hartheim:  
LGRB-Archiv-Nr. Bo 8011/492,  
214 – 218 m u. GOK.
- ▼ Bohrung Nambshiem:  
LGRB-Archiv-Nr. Bo 8011/494,  
208 – 212 m u. GOK.





**Abb. 9.18** Lithofaziesprofil und Schwermineraldiagramm der Bohrung Iffezheim (LGRB-Archiv-Nr. Bo 7114/491, verändert nach HAGEDORN 2004).

### 9.1.12 Festgesteinsuntergrund (t, j, k)

Der Festgesteinsuntergrund besteht überwiegend aus gering durchlässigen tertiären Tonmergel- und Mergelsteinen. Im Markgräfler Land wird er in unmittelbarer Nähe des Krozinger und Biengener Berges sowie im Westen und Norden der Mengener Brücke von den mäßig bis mittel durchlässigen, z. T. geklüfteten und verkarsteten Kalksteinen des mittellurassischen Hauptrogensteins gebildet. Das Grundwasser im Hauptrogenstein ist dort häufig artesisch gespannt. Im Raum Offenburg folgen unter den Lockergesteinen Ton-, Kalk- und Mergelsteine des Mittellurass (z. B. Erdölbohrung Offenburg 7, LGRB-Archiv-Nr. Bo 7512/121, RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *mitte\_laengsschnitt\_1*: Erdölbohrung Offenburg 6). Bei Kenzingen bildet der Hauptrogenstein das Liegende, bei Mahlberg folgt unter den Lockergesteinen Keuper (HGK 1980).

In der Freiburger Bucht ist der Festgesteinsuntergrund in eine Vielzahl von Schollen mit unterschiedlichem stratigraphischem Alter und unterschiedlicher lithologischer Zusammensetzung zerbrochen

fig noch gering durchlässige Verwitterungsbildungen (Boluslehm) unterschiedlicher Mächtigkeit. Sie wirken dann häufig hydraulisch als Trennschicht. Weiter nach Süden wird die Basis von stratigraphisch jüngeren Einheiten gebildet. Stellenweise stehen sie mit der überlagernden Breisgau-Formation hydraulisch in Kontakt. Südlich von Vörsstetten wurden an der Basis der Lockergesteine in Bohrungen Sedimente des Keupers und des Unterjuras angetroffen. Bei den Freiburger Thermalbohrungen (LGRB-Archiv-Nr. Bo 8012/414 und /417) bilden tertiäre Sedimente den Festgesteinsuntergrund.

Östlich der Schwarzwaldrandverwerfung besteht der Festgesteinsuntergrund überwiegend aus Gneisen des kristallinen Grundgebirges. Die Gneise sind häufig im Kontaktbereich zu den überlagernden Sedimenten aufgelockert, zu Gneisgrus verwittert oder stark geklüftet, so dass sie stückig zerfallen. Diese in der Regel bis zu 3 m, selten bis zu 5 m mächtige Auflockerungszone hat ähnlich mäßige Durchlässigkeiten wie die Breisgau-Formation, von der sie meist überlagert wird. Darunter folgen schwächer geklüftete, unverwitterte Gneise mit geringerer Durchlässigkeit.

16 m u. GOK



20 m u. GOK

**Abb. 9.19** Der Festgesteinsuntergrund besteht südlich des Kaiserstuhls meist aus oligozänen Tonmergelsteinen (grau) mit graubraunen Verwitterungsfarben im Übergangsbereich zur darüber liegenden Breisgau-Formation (Bohrung Kaserne Müllheim, GWM 1, LGRB-Archiv-Nr. Bo 8111/968).

(HOMILIUS et al. 1991, VILLINGER 1999). Im Westen bilden am Ostrand des Kaiserstuhls gering durchlässige tertiäre Tonmergel- und Mergelsteine die Lockergesteinsbasis (Tuniberg-Ostgraben). Zwischen dem Nimberg und Teningen/Emmendingen folgen unter den Lockergesteinen die z. T. hoch durchlässigen Kalksteine, Kalkmergelsteine und Dolomitsteine des Muschelkalks. Über dem Festgestein liegen hier häufig

## 9.2 Teilgebiet Nord

In Tab. 9.2 sind die hydrogeologischen Einheiten, die im Teilgebiet Nord auftreten, zusammenfassend beschrieben.

### 9.2.1 Obere kiesig-sandige Abfolge (OksA)

Die Obere kiesig-sandige Abfolge (OksA) besteht aus kiesigen Sanden und sandigen Kiesen (Abb. 9.20). Das Material stammt aus den Alpen (überwiegend Fein- bis Mittelkiese und Sande) bzw. ist insbesondere nördlich von Heidelberg lokalen Ursprungs (Neckar-Schwemmfächer).

In der Oberen kiesig-sandigen Abfolge tritt im östlichen Rhein-Neckar-Raum ein tonig-schluffiger Zwischenhorizont auf (Zwischenhorizont 1, ZH1) dessen Verbreitung sich auf den östlichen Grabenrand mit Schwerpunkt im Heidelberger Raum beschränkt (Abb. 10.15). Dabei handelt es sich vermutlich nicht um einen durchgehenden Horizont, sondern um ein Niveau, in dem vermehrt tonig-schluffige Linsen un-



**Tab. 9.2** Lithologische Kurzbeschreibung der hydrogeologischen Kartiereinheiten im Teilgebiet Nord.

| Abkürzung der Einheit | Bezeichnung der Einheit                | Lithologische Kurzbeschreibung                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OksA                  | Obere kiesig-sandige Abfolge           | Kiesige Sande und sandige Kiese alpinen und (insbesondere im Norden) lokalen Ursprungs, im östlichen Rhein-Neckar-Raum durch den Zwischenhorizont 1 in die Obere kiesig-sandige Abfolge oben und unten zweigeteilt                                   |
| OZH                   | Oberer Zwischenhorizont                | Tone, Schluffe und Sande                                                                                                                                                                                                                             |
| qO                    | Ortenau-Formation                      | Grauer bis braungrauer stark sandiger Kies, sehr wenig bis keine zersetzten Gerölle, alpine Komponenten und Lokalmaterial, im unteren Abschnitt gelegentlich höherer Schluffanteil mit Farbumschlag ins Bräunliche, tritt nur im äußersten Süden auf |
| MskAo                 | Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben   | Sandige Kiese und Sande mit zwischengeschalteten Tonhorizonten und -linsen. Bereichsweise durch den Zwischenhorizont 2 zweigeteilt                                                                                                                   |
| ZH3                   | Zwischenhorizont 3                     | Ton- und Schlufflinsen, die in einem Tiefenniveau gehäuft auftreten                                                                                                                                                                                  |
| MskAu                 | Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten  | Sandige Kiese und Sande mit zwischengeschalteten Tonhorizonten und -linsen                                                                                                                                                                           |
| UZH                   | Unterer Zwischenhorizont               | Tonig-schluffige Linsen                                                                                                                                                                                                                              |
| UssAo                 | Untere sandig-schluffige Abfolge oben  | Sande und Schluffe, im Süden kiesig, kalkführend                                                                                                                                                                                                     |
| UssAu                 | Untere sandig-schluffige Abfolge unten | Sande und Schluffe, bereichsweise mit eingeschalteten Torfen, im unteren und mittleren Abschnitt mit Kieslagen, überwiegend kalkfrei, pastellfarben, bunt                                                                                            |
| t                     | Festgesteinsuntergrund                 | Ton- und Tonmergelsteine, überwiegend älteres Tertiär                                                                                                                                                                                                |

terschiedlicher Ausdehnung auftreten (HGK 1999). Auch im Raum Ludwigshafen wurde der ZH1 als 1 bis 5 m mächtige Ton-/Schlufflage kartiert. Weiter westlich konnte er nicht mehr identifiziert werden (GLA Rheinland Pfalz 2000). Durch den ZH1 wird die Obere kiesig-sandige Abfolge in die Obere kiesig-sandige Abfolge oben und die Obere kiesig-sandige Abfolge unten unterteilt.

Die Obere kiesig-sandige Abfolge entspricht dem Oberen Kieslager (OKL).

### 9.2.2 Oberer Zwischenhorizont (OZH)

Der Obere Zwischenhorizont (OZH) besteht aus Tonen, Schluffen und Sanden (Abb. 9.21). Seine Obergrenze ist wegen des häufig markanten Übergangs von den sandigen Kiesen der Oberen kiesig-sandigen Abfolge zu den feinklastischen Sedimenten des OZH meist eindeutig zu bestimmen. Die Basis des Oberen Zwischenhorizonts wurde dort gezogen, wo die feinklastischen Sedimente wieder in gröberklastische Ablagerungen übergehen. Da die Sedimente unterhalb des Oberen Zwischenhorizonts generell feinkörniger ausgebildet sind als darüber, ist diese Grenze oft unscharf und besonders in Spülbohrungen schwer bzw. nur unter Zuhilfenahme des Gamma-Logs festzulegen. Die Grenze wurde dann an den Übergang zu Mit-

telsand bzw. zu deutlich mittelsandigen Feinsanden gelegt. Bereichsweise können in den OZH auch geringmächtige kiesige Lagen eingeschaltet sein.

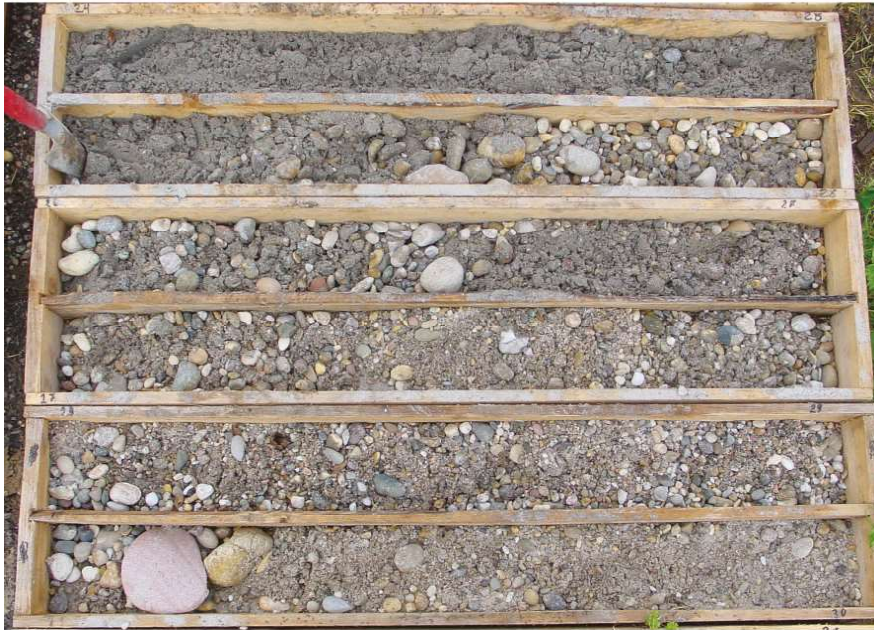
Im Raum Ludwigshafen – Mannheim teilt eine bis mehrere Meter mächtige Sandeinschaltung den OZH in eine Obere und eine Untere Ton-/Schlufflage (OZH1 und OZH2; HGK 1999; GLA Rheinland-Pfalz 2000).

Als Anhaltspunkt für die relative Durchlässigkeit des Oberen Zwischenhorizonts wurde dessen lithologische Ausbildung dargestellt. Dabei wurden Bereiche mit überwiegend tonig-schluffiger, überwiegend fein- bis mittelsandiger und überwiegend sandiger Ausbildung unterschieden (Abb. 10.17). Obwohl der OZH in sandiger Fazies nicht mehr als typische hydraulische Trennschicht wirkt, ist hier der vertikale Grundwasseraustausch immer noch deutlich geringer als in den Fensterbereichen, in denen feinklastische Sedimente völlig fehlen. Dies ist für die Stoffausbreitung zwischen den einzelnen Grundwasserkörpern von Bedeutung.

Detaillierte hydraulische, hydrochemische und isopenhydrologische Untersuchungen zeigen, dass der OZH im Raum Eggenstein-Leopoldshafen und Linkenheim-Hochstetten verbreitet durchlässig und nur in Teilbereichen schwach durchlässig ist (RPF / LGRB 2006b).



24 m u. GOK



30 m u. GOK

**Abb. 9.20** Die Obere kiesig-sandige Abfolge (OksA, OKL) besteht aus sandigen Mittelkiesen mit vereinzelt Steinen. Nach Norden nimmt der Anteil an alpinen Geröllen ab (P4/2006 Wiesloch 24 – 30 m u. GOK, LGRB-Archiv-Nr. Bo 6717/1217).

### 9.2.3 Mittlere sandig-kiesige Abfolge ungegliedert (MskA)

Die Mittlere sandig-kiesige Abfolge (MskA) besteht aus sandigen Kiesen und Sanden, die nur bereichsweise durch Schluff- und Tonhorizonte und -linsen gegliedert sind (Abb. 9.22). Horizontbestän-

dige, über große Gebiete ausgebildete feinklastische Einschaltungen sind der Zwischenhorizont 2 (ZH2) sowie der Zwischenhorizont 3 (ZH3). Sie gliedern dort, wo sie vorhanden sind, die Mittlere sandig-kiesige Abfolge (MskA) in die Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben, Mitte und unten (MskAo/m/u) (Abb. 9.23).

Obere kiesig-sandige  
AbfolgeOberer  
ZwischenhorizontMittlere sandig-kiesige  
Abfolge

**Abb. 9.21** Oberer Zwischenhorizont (OZH) in der Bohrung BK 1A HAUF, 10 – 16 m u GOK (LGRB-Archiv-Nr. Bo 6816/797), darüber die Obere kiesig-sandige Abfolge, darunter die Mittlere sandig-kiesige Abfolge.



#### 9.2.4 Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (MskAo)

In der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge oben nimmt der Sandanteil im Vergleich zur darüber liegenden Oberen kiesig-sandigen Abfolge zu.

#### 9.2.5 Zwischenhorizont 2 (ZH2)

Der Zwischenhorizont 2 (ZH2) trennt die Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben von der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge Mitte (Abb. 10.20).

Er setzt sich aus mehreren ineinander verschachtelten Ton- und Schlufflinsen zusammen, die in einem bestimmten Tiefenniveau verstärkt auftreten.

#### 9.2.6 Mittlere sandig-kiesige Abfolge Mitte (MskAm)

Die Mittlere sandig-kiesige Abfolge Mitte (MskAm) wird im Hangenden durch den ZH2, im Liegenden durch den ZH3 (s. u.) begrenzt. Sie besteht ebenso wie die MskAo aus sandigem Kies und Sand, wobei jedoch der Sandanteil im Vergleich zur darüber liegenden MskAo deutlich höher ist.

#### 9.2.7 Zwischenhorizont 3 (ZH3)

Der Zwischenhorizont 3 (ZH3) trennt verbreitet die Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben bzw. im Ver-

breitungsgebiet des ZH2 die Mittlere sandig-kiesige Abfolge Mitte von der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge unten. Auch hier handelt es sich vermutlich um ein Tiefenniveau, in dem Linsen aus Ton und Schluff vermehrt auftreten. Er ist mit Ausnahme des nördlichen Stadtgebiets von Mannheim und weniger kleiner Flächen auf der Grabenscholle in weiten Bereichen des nördlichen Teilgebiets ausgebildet (Abb. 10.21).

Die Fortsetzung nach Süden in Richtung Karlsruher Schwelle konnte durch die Ergebnisse der flussseismischen Untersuchungen auf dem Rhein (RPF/LGRB 2007c) genauer festgelegt werden. Danach lässt sich ein Reflektor, der dem ZH3 zugeordnet wird, nach Süden nahezu durchgängig bis auf Höhe von Iffezheim erkennen. Dieser Horizont wurde anhand von Bohrungen nach Osten verfolgt und kartographisch dargestellt. Dabei weist die flächige Verbreitung des ZH3 südlich von Karlsruhe zunehmend größere Fenster auf. Südwestlich von Ettlingen fehlt der ZH3 im östlichen Teil der Grabenscholle.

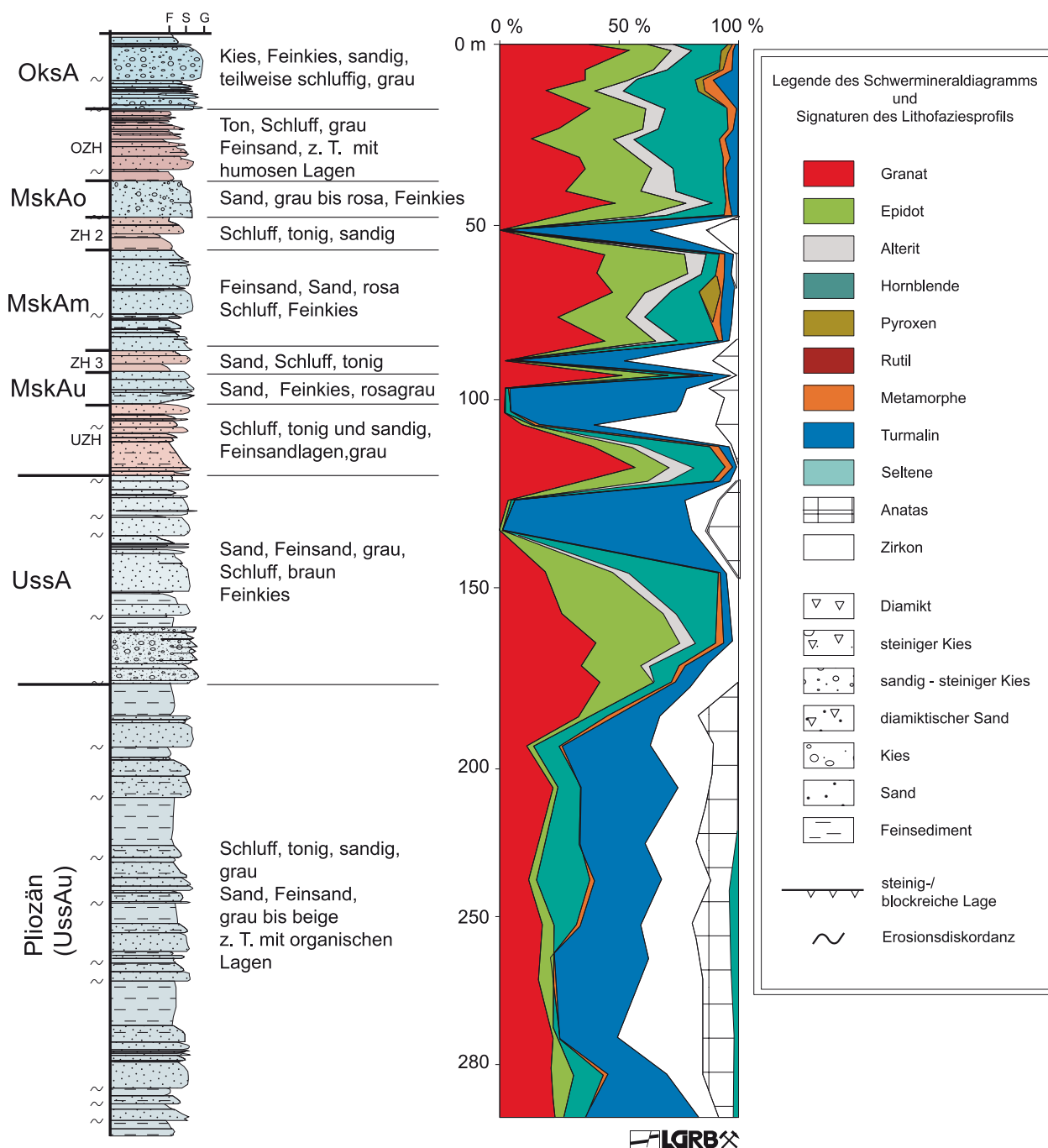
#### 9.2.8 Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten (MskAu)

Die Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten (MskAu) ist nur durch wenige Bohrungen belegt. Teilweise wurden zur Abgrenzung Erdölbohrungen herangezogen, die allerdings im Lockergestein aufgrund der Bohrverfahren und der Art der Bohraufnahme Ungenauigkeiten aufweisen. Von einem Großteil der Erdölbohrungen liegen zudem keine geophysikalischen Bohrlochmessungen vor, die eine exakte Gliederung der Lockergesteine ermöglichen würden.

Die Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten besteht überwiegend aus sandigem Kies (zum Teil Grobkies) und kiesigem Sand. Im Vergleich zu den darüber liegenden Einheiten treten vermehrt tonig-schluffige Linsen auf.



**Abb. 9.22** Mittlere sandig-kiesige Abfolge in der Bohrung Wiesloch P6/2006 (69 – 76 m u. GOK, LGRB-Archiv-Nr. Bo 6717/1219).



**Abb. 9.23** Lithofaziesprofil und Schwermineraldiagramm der Bohrung Ludwigshafen – Parkinsel (LGRB-Archiv-Nr. Bo 6516/624, verändert nach HAGEDORN 2004).

(OksA: Obere kiesig-sandige Abfolge, OZH: Oberer Zwischenhorizont, ZH1/2/3: Zwischenhorizont 1/2/3, MskAo/m/u: Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben/Mitte/unten, UZH: Unterer Zwischenhorizont, UssAo/u: Untere sandig-schluffige Abfolge oben/unten).

### 9.2.9 Unterer Zwischenhorizont (UZH)

Zum Unterem Zwischenhorizont (UZH) wurden tonig-schluffige Linsen zusammengefasst, die an der Basis der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge unten vermehrt auftreten. Sie leiten von den kiesigen Ablagerungen im Hangenden (MskAu) zu den sandigen und schluffigen Ablagerungen der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben (UssAo) im Liegenden über.

### 9.2.10 Untere sandig-schluffige Abfolge oben (UssAo)

Die Untere sandig-schluffige Abfolge oben (UssAo) (früher überwiegend Altquartär) ist im Raum Karlsruhe – Speyer vor allem im Bereich der Grabenschollen verbreitet. Nach Osten hin wird sie an den Randschollenverwerfungen tektonisch abgeschnitten oder keilt auf den Randschollen aus. An



der Basis der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben sind teilweise noch deutliche Verstellungen durch Störungen zu erkennen, die im tieferen Untergrund nachgewiesen sind. Weiter im Norden wurde die Grenzfläche nicht mehr kartiert, da sie dort in noch größere Tiefen abtaucht und nicht ausreichend durch Bohrungen belegt ist (Abb. 10.23).

Die Untere sandig-schluffige Abfolge oben besteht überwiegend aus einer Wechselfolge von kalkhaltigen, im Süden bereichsweise kiesigen Sanden und Schluffen (Abb. 9.24 und 9.25). Insbesondere an der Basis können vermehrt kiesige Lagen auftreten. Nach Norden nimmt der Anteil der grobkörnigen Sedimente an der Zusammensetzung der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben ab.

Auf linksrheinischer Seite wurde an der Basis der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben in vielen

Bohrungen ein stärker toniger Profilabschnitt identifiziert, der zum Tieferen Zwischenhorizont (TZH) zusammengefasst wurde (HGK 2007). Bereichsweise deutet sich auf rechtsrheinischer Seite in den wenigen Bohrungen, die bis in die entsprechende Tiefe reichen, ebenfalls eine solche feinerklastische Einschaltung an. Dies wurde in den Profilschnitten (RPF/LGRB 2007 a; Schnitte: *nord\_querschnitt\_6* und 7) sowie im schematischen Profilschnitt (Abb. 8.7) vermerkt. Eine flächenhafte Darstellung dieser lithologischen Einheit war jedoch nicht möglich.

### 9.2.11 Untere sandig-schluffige Abfolge unten (UssAu)

Die Untere sandig-schluffige Abfolge unten (UssAu, früher überwiegend Pliozän) besteht aus nahezu kalkfreien fluviatilen bis limnischen Feinklastika. Es



**Abb. 9.24** Untere sandig-schluffige Abfolge in tonig-schluffiger Ausbildung in der Bohrung BK 3A HAUF 34-40 (LGRB-Archiv-Nr. Bo 6816/797), darüber die Mittlere sandig-kiesige Abfolge.

96 m u. GOK



100 m u. GOK

**Abb. 9.25** Untere sandig-schluffige Abfolge in sandiger Ausbildung in der Bohrung P6/2006 Wiesloch, 96 – 100 m u. GOK (LGRB-Archiv-Nr. Bo 6717/1219).



überwiegen Schluffe, Tone und Sande („Klebsande“) mit pastellfarbenen, bunten, z. T. auch weißgrauen bis grauen Farbtönen, in die bereichsweise Torfe eingelagert sind. Im unteren und mittleren Abschnitt der UssAu sind Grobsand- und Kieslagen eingeschaltet, die auf rheinland-pfälzischer Seite südlich von Landau in mehreren Sandgruben aufgeschlossen sind. Die pliozäne Abfolge kann nach BARTZ (1982) über weite Gebiete lithologisch in drei große Zyklen (Pliozän I bis III) gegliedert werden. Dieser Kartieransatz wurde auch in der früheren Hydrogeologischen Kartierung Karlsruhe – Speyer (HGK 1988) verfolgt. Da die räumliche Korrelation dieser Untereinheiten jedoch problematisch ist und über deren hydrogeologische Wirkung keine ge-

sicherten Erkenntnisse vorliegen, wird hier auf eine weitere Differenzierung verzichtet (vgl. HGK 2007).

Die Untere sandig-schluffige Abfolge unten ist aufgrund ihres beträchtlichen Porenraumes vor allem linksrheinisch ein wichtiger Grundwasserleiter (HGK 1988, HGK 1999, HGK 2007).

#### 9.2.12 Festgesteinsuntergrund (t, j, k)

Der Festgesteinsuntergrund besteht im Teilgebiet Nord ebenso wie in den Teilgebieten Süd und Mitte meist aus Ton-, Mergel- und Sandmergelsteinen des älteren Tertiär.

## 10 Lagerungsverhältnisse: Verbreitung, Schichtlagerung und Mächtigkeit

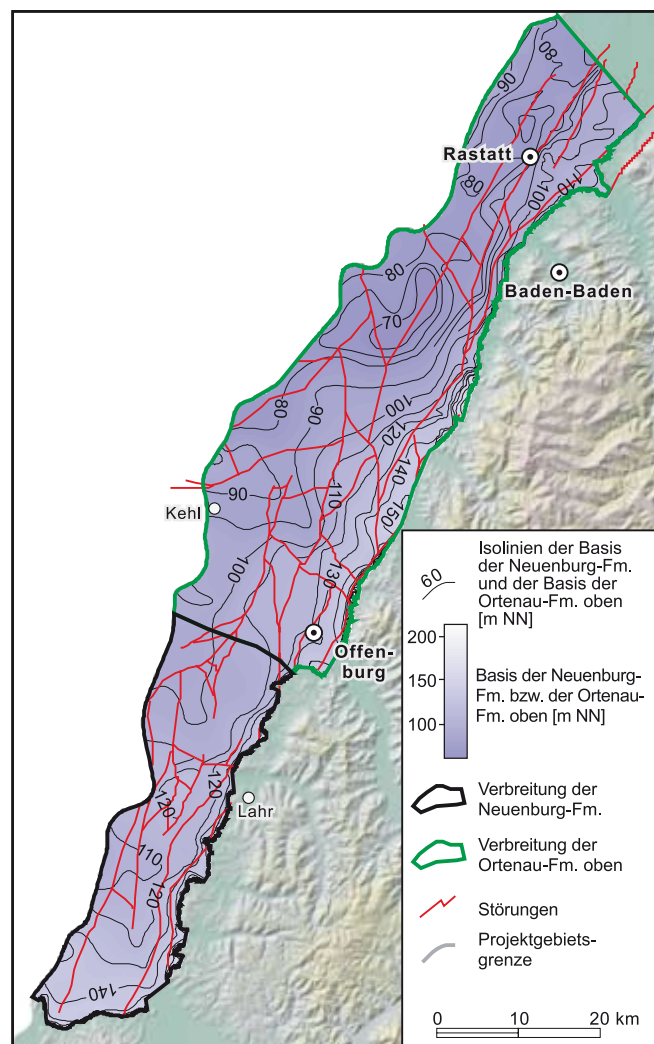
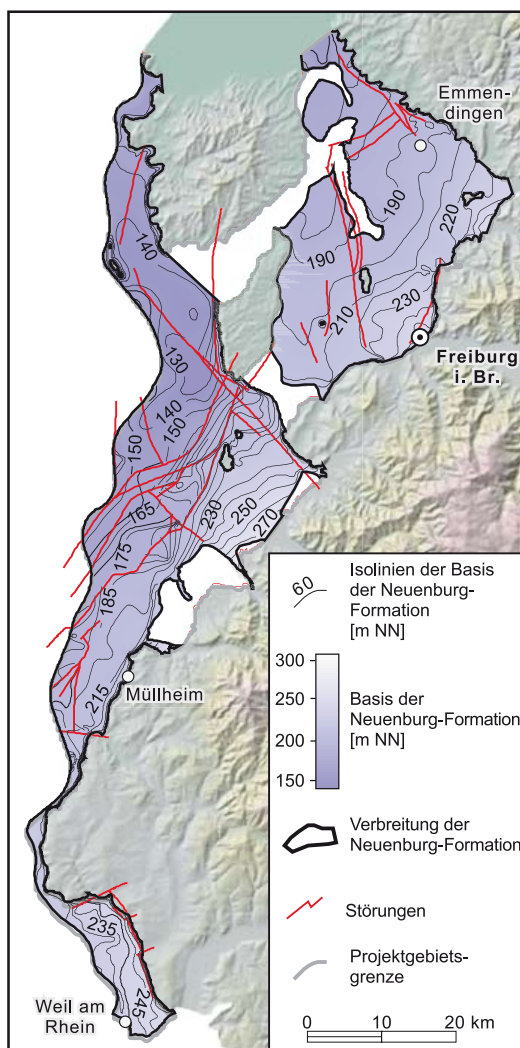
Für die hydrogeologischen Einheiten wurden Verbreitungskarten erstellt und Isolinienpläne ihrer Grenzflächen konstruiert. Dabei wurde für Grundwasserleiter die Basis, für Grundwassergeringleiter die Oberfläche modelliert. Die Isolinienpläne wurden in Rasterkarten umgewandelt.

Durch Differenzenbildung wurden aus diesen Grenzflächen Mächtigkeitskarten für die hydrogeologischen Einheiten abgeleitet. Aufgrund der regional unterschiedlichen lithologischen Ausbildung der Lockersedimente erfolgt die Beschreibung getrennt für die Teilgebiete Süd und Mitte und für das Teilgebiet Nord.

### 10.1 Teilgebiete Süd und Mitte

#### 10.1.1 Neuburg-Formation (qN)

Die Neuburg-Formation ist nahezu im gesamten südlichen und mittleren Oberrheingraben bis südlich von Offenburg verbreitet (Abb. 10.1). Südlich des Kaiserstuhls fehlt sie lediglich am östlichen Grabenrand im Markgräfler Hügelland zwischen Heitersheim – Sulzburg und Müllheim sowie auf den beiden Hochschollen Krozinger/Schlatter Berg und Biengener Berg. Zwischen dem Markgräfler Land und der Freiburger Bucht ist sie im Bereich der Mengener Brücke nicht vorhanden. Die Grenze zu dieser Geländeerhebung, die bis zum Festgesteinsuntergrund aus Feinsedimenten besteht, wurde dort gezogen, wo die Neuburg-Formation aufgrund ihrer geringen Mächtigkeit und des hohen Feinsedimentanteils nicht mehr als Aquifer eingestuft werden kann.



**Abb. 10.1** Verbreitung und Basis der Neuburg-Formation bzw. der Ortenau-Formation oben (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).

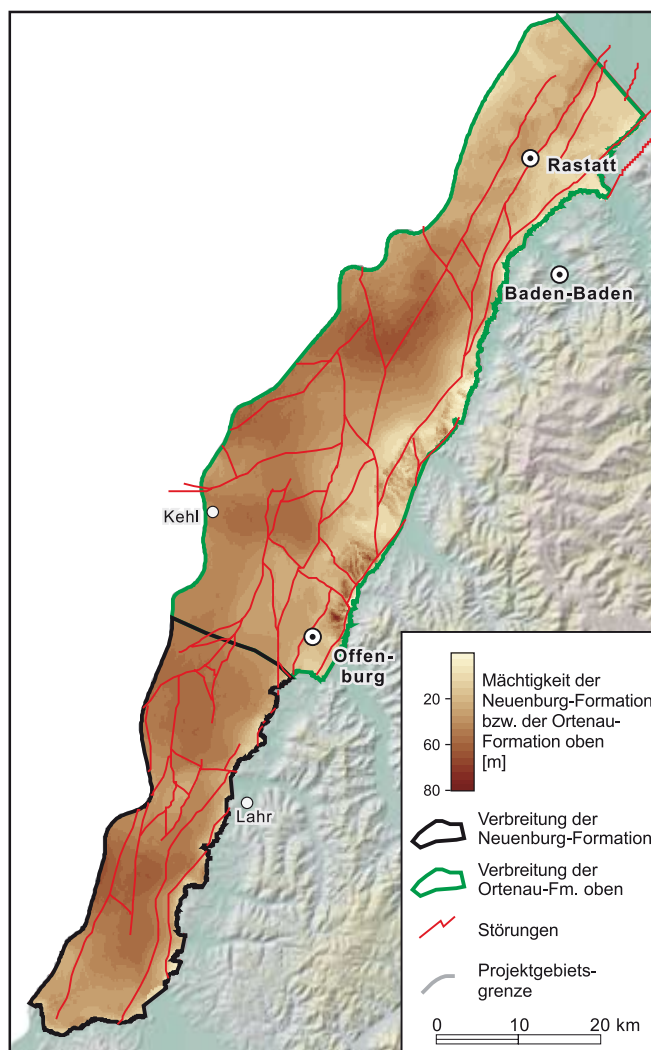
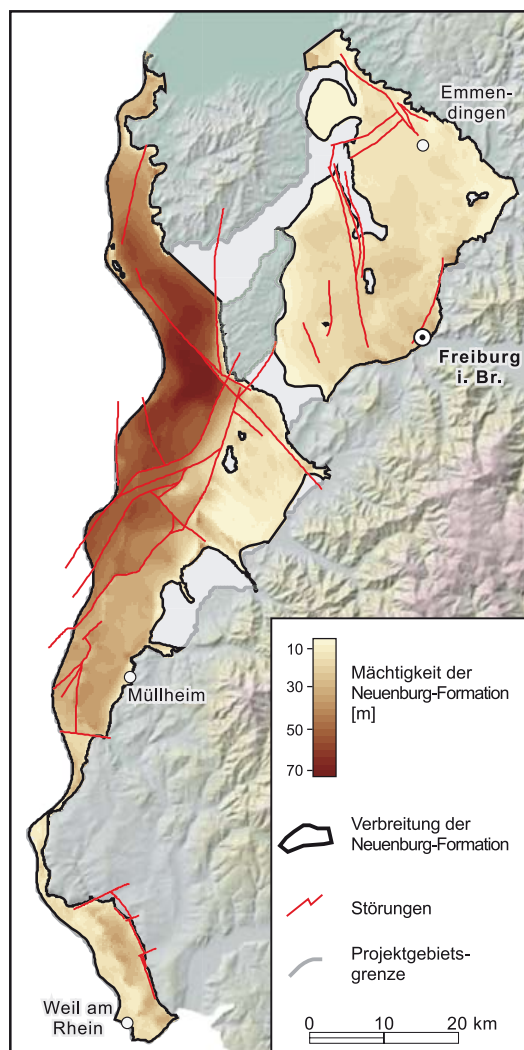


In der Freiburger Bucht ist die Neuenburg-Formation im Bereich des Elz-Dreisam-Schwemmfächers vorhanden. Sie umfasst dort sowohl die holozänen kiesigen Auesedimente als auch die darunter folgenden Niederterrassenschotter einschließlich des sogenannten Übergangsbereichs. Der Übergangsbereich wurde auch im östlich an das Bearbeitungsgebiet anschließenden Dreisamtal und im Zartener Becken nachgewiesen. Die Flussschotter in den Talauen der Schwarzwaldflüsse wurden mit der Neuenburg-Formation zu einer Einheit zusammengefasst, da sie sich hydrogeologisch nicht wesentlich unterscheiden. Am Ostrand des Kaiserstuhls wird die Neuenburg-Formation durch die Ostrhein-Schotter als laterales Faziesäquivalent ersetzt (vgl. Kap. 10.1.2, Abb. 10.3).

Die Basis der Neuenburg-Formation fällt generell vom Vorbergzonenrand im Osten zur Grabenmitte nach Westen hin ein (Abb. 10.1). Sie liegt im

Süden des Oberrheingrabens am Grabenrand bei ca. 250 – 270 m NN. Südlich des Kaiserstuhls zeichnet sich in der Basisfläche bei Hartheim eine rinnenartige Struktur ab, die von der französischen Seite kommend unter Hausen a. d. Möhlin hinweg zwischen dem Kaiserstuhl und dem Breisacher Münsterberg nach Norden zieht. Südlich des Limbergs wechselt sie wieder auf die französische Seite (Abb. 10.1 links).

In der Freiburger Bucht fällt die Basis vom Ost- rand der Talausgänge der Dreisam, Elz und Glotter mit gleichmäßigem Gefälle nach Nordwesten ein. Am Übergang des Dreisamtals in die Freiburger Bucht liegt ihre Basis bei ca. 250 m NN. Am Ausgang des Dreisamtals zeichnet sich an der Basis der Neuenburg-Formation analog zur heutigen Geländeoberfläche die Oberfläche eines Schwemmkegels ab. Die tiefste Position erreicht sie in der Riegeler Pforte am Nordrand der Freiburger Bucht (ca. 145 m NN, Abb. 10.1).



**Abb. 10.2** Mächtigkeit der Neuenburg-Formation bzw. der Ortenau-Formation oben (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).



Die Neuenburg-Formation erreicht ihre größte Mächtigkeit von ca. 75 m südlich des Kaiserstuhls (Abb. 10.2). Im zentralen Graben von der Linie Neuenburg – Mulhouse bis zur nördlichen Verbreitungsgrenze auf Höhe von Offenburg überwiegen Mächtigkeiten zwischen 40 und 60 m.

In der Freiburger Bucht ist die Neuenburg-Formation am Ausgang des Dreisamtals und im westlich anschließenden Stadtgebiet von Freiburg mit ca. 25 m am mächtigsten. Zwischen dem Nimberg und der Vorbergzone beträgt die Mächtigkeit meist 5 bis 10 m, unter den Ostrhein-Schottern zwischen dem Tuniberg und dem Nimberg bis 8 m und in der Riegeler Pforte bis 15 m.

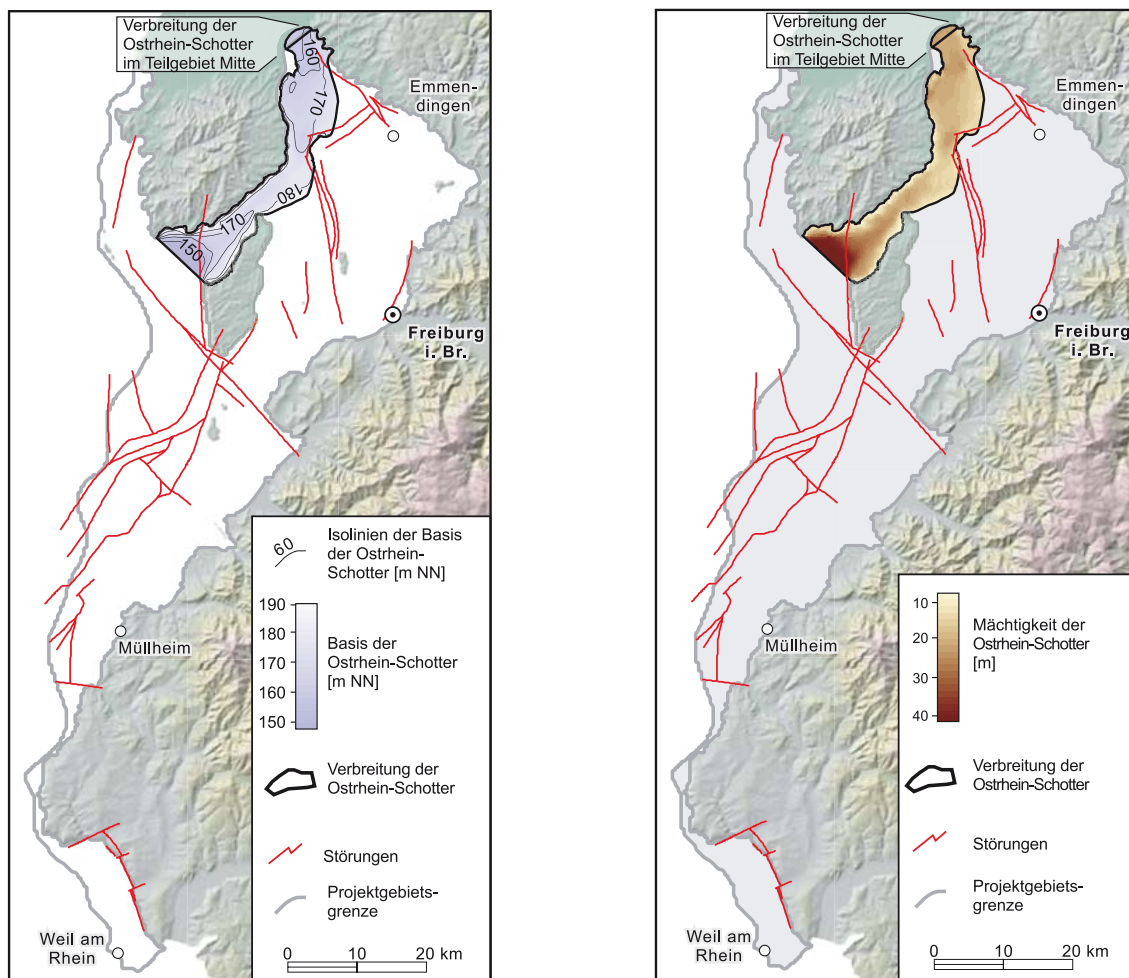
### 10.1.2 Ostrhein-Schotter

Die Ostrhein-Schotter kommen in einem bis zu ca. 6 km breiten Streifen im Westen der Freiburger Bucht entlang des Ostrand des Kaiserstuhls vor (Abb. 10.3). Im Süden bildet der Westrand des Tunibergs die östliche Begrenzung, weiter im

Norden verläuft die Ostgrenze am Nordwestrand des Nimbergs. Von der Nordspitze des Nimbergs aus verläuft die Ostgrenze in annähernd nördliche Richtung. Nördlich der Riegeler Pforte zeichnet sich entlang der Vorbergzone ein Bereich erhöhter Durchlässigkeiten mindestens bis Kenzingen ab, der auf den Verlauf des ehemaligen Ostrheins zurückgeführt wird (Kap. 13, Abb. 13.10). Die südwestliche Verbreitungsgrenze wurde willkürlich gezogen, da dort kein lithologischer Unterschied zu den Niederterrassenschottern des Rheingraben besteht.

Zwischen dem Nimberg und dem Kaiserstuhl sowie in Richtung Riegeler Pforte liegen unter bzw. über den meist alpinen Ostrhein-Schottern Schwarzwaldkiese und -sande. Nach Osten schließt an die Ostrheinrinne ein mehrere hundert Meter breiter Verzahnungsbereich zwischen Ostrhein-Schotter und Lokalmaterial an.

Die Basis der Ostrhein-Schotter steigt von 150 m NN zwischen Merdingen und Ihringen auf ca. 175 m NN nordwestlich von March an. Weiter



**Abb. 10.3** Verbreitung und Basis Ostrhein-Schotter (links) sowie Mächtigkeit (rechts).

nach Norden fällt die Basis in der Riegeler Pforte wieder auf 160 m NN ab (Abb. 10.3 links).

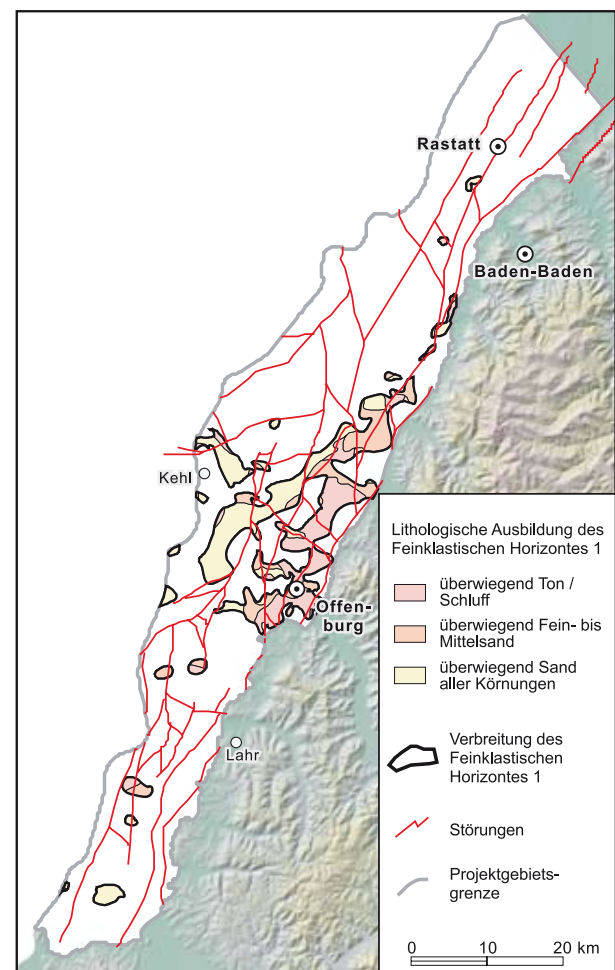
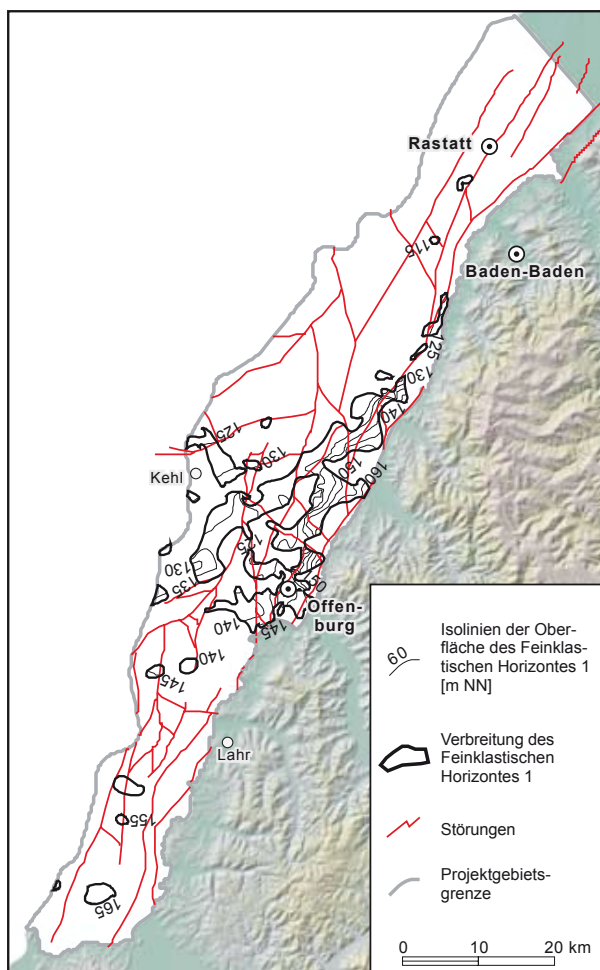
Die Ostrhein-Schotter haben im zentralen Rinnenbereich meist eine Mächtigkeit zwischen 10 und 15 m (Abb. 10.3 rechts). Ihre größte Mächtigkeit erreichen sie im Norden mit 20 m und im Südwesten am Übergang zum Rheingraben.

### 10.1.3 Feinklastische Horizonte im Raum Offenburg / Strasbourg – Baden-Baden

Der Feinklastische Horizont 1 ist am Ausgang des Kinzigtales bei Offenburg flächenhaft ausgebildet und entspricht dort dem „Kinzighaupttorfhorizont“ (Abb. 10.4). Er wird maximal 5 m mächtig und ist hydraulisch als Trennhorizont wirksam. Die Druckfläche des unteren Grundwasserkörpers liegt bis 0,3 m unter der Grundwasseroberfläche des oberen (HERRGESELL 1995).

Der Feinklastische Horizont 2 ist hauptsächlich am Schwarzwaldrand von Offenburg bis Bühl verbreitet, tritt aber lückenhaft bis Strasbourg im Westen auf, wo er bereichsweise erodiert und die Erosionsrinnen anschließend mit größerem Material verfüllt zu sein scheinen (Abb. 10.5). Seine Oberfläche fällt von ca. 160 m NN am Schwarzwaldrand nach Westen bis zur Autobahn A5 auf ca. 130 m NN ab. Bei Kehl liegt seine Oberfläche bei ca. 120 m NN. Der Feinklastische Horizont 2 ist im Allgemeinen geringer mächtig als der Feinklastische Horizont 1. Er erreicht die größten Mächtigkeiten am Schwarzwaldrand. Westlich der Autobahn ist er zwischen 0,2 und 3,5 m mächtig.

Der Feinklastische Horizont 3 ist hauptsächlich im Raum Offenburg/Kehl bis auf Höhe von Rheinau/Renchen verbreitet (Abb. 10.6). Weiter im Norden handelt es sich nur um kleinräumigere Vorkommen. Seine Oberfläche fällt von ca. 140 m NN am Schwarzwaldrand nach Westen auf ca. 110 m NN am Rhein ein. Er ist maximal 7,5 m mächtig, meist



**Abb. 10.4** Verbreitung, lithologische Ausbildung und Höhenlage [m NN] der Oberfläche des Feinklastischen Horizontes 1 (links) sowie lithologische Ausbildung (rechts).

liegt seine Mächtigkeit jedoch unter 5 m. Er entspricht dem sogenannten „interglazialen“ Trennhorizont, der hauptsächlich im Bereich von Strasbourg vorkommt. Im östlichen Bereich des Verbreitungsgebiets handelt es sich vermutlich um Umlagerungssedimente (Schwemmlöss) vom Vorbergzonenrand.

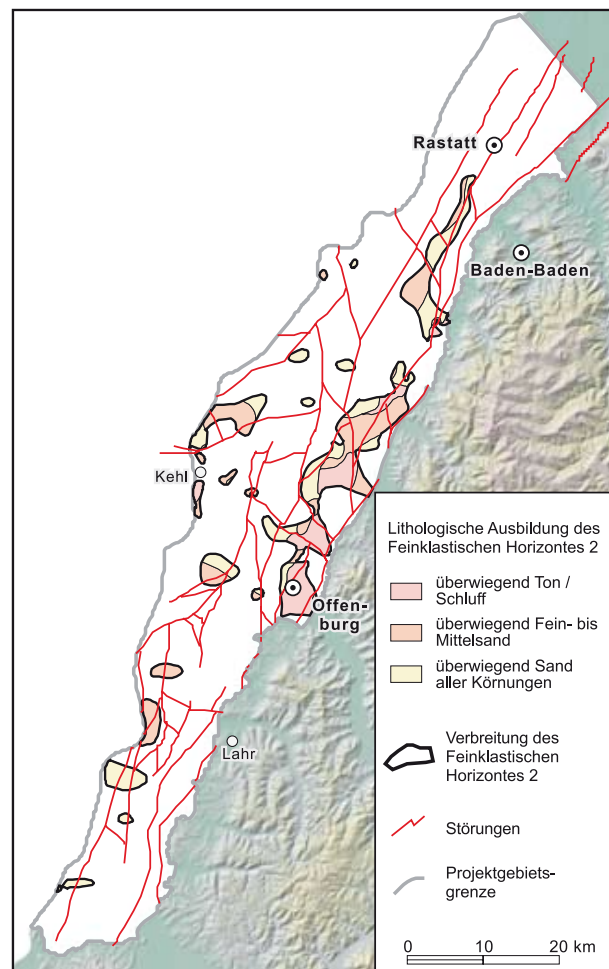
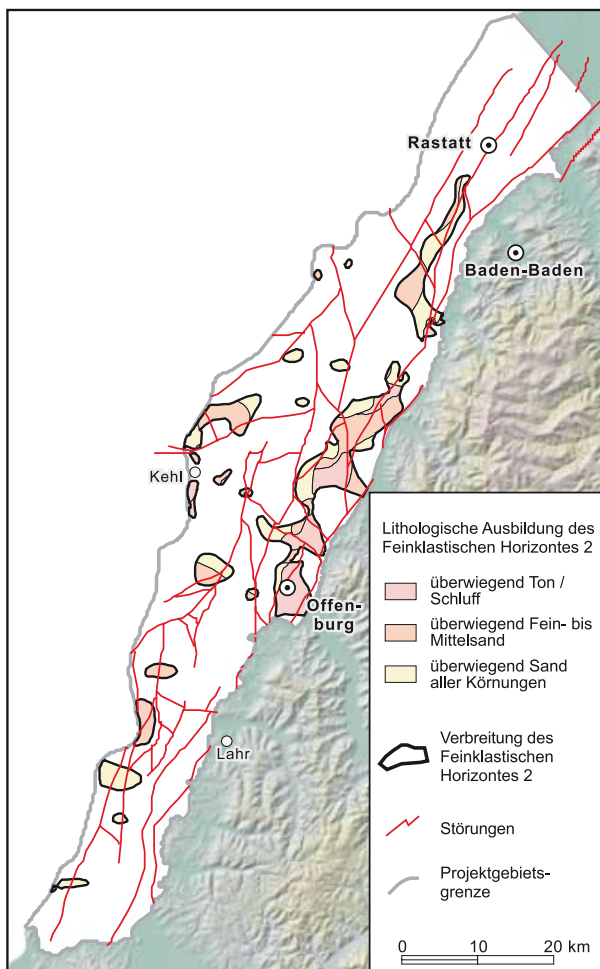
Der Feinklastische Horizont 4 tritt lückenhaft zwischen Dundenheim im Süden und südlich von Baden-Baden auf (Abb. 10.7). Weiter im Norden ist er flächenhaft ausgebildet. Seine Oberfläche fällt in Rheinnähe von 120 m NN im Süden auf ca. 95 m NN im Norden ab. Er erreicht eine Mächtigkeit von über 9 m, meist ist er jedoch weniger als 2 m mächtig.

Der Feinklastische Horizont 4 liegt im Norden des Teilgebiets Mitte ab der Höhe von Bühl im Niveau des Oberen Zwischenhorizonts (OZH) der nördlich anschließenden HGK Karlsruhe – Speyer (HGK 2007) und wurde mit diesem zusammengeführt (Abb. 10.7). Aufgrund seiner insbesondere im südlichen Verbreitungsgebiet häufig sandigen Aus-

bildung ist der OZH im Teilgebiet Mitte und im südlichen Teilgebiet Nord als Trennhorizont nicht flächenhaft hydraulisch wirksam.

#### 10.1.4 Breisgau-Formation (qBS)

Die Breisgau-Formation ist im Süden des Oberrheingrabens bis südlich von Offenburg vorhanden (Abb. 10.8). Am Westrand des Markgräfler Hügellandes zwischen Müllheim und Buggingen fehlt sie. Dort wird das präquartäre Festgestein direkt von der Neuenburg-Formation überlagert. Im Bereich des Biengener, Krozinger und Schlatter Bergs, der tertiären Magmatite bei Breisach sowie der Hochlage des Festgesteinsuntergrunds südöstlich von Bremsgarten (LGRB-Archiv-Nr. Bo 8011/47) fehlt die Breisgau-Formation ebenso wie im Norden auf der Hochscholle der sogenannten Lahrer Schwelle (RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *mitte\_laengsschnitt\_3*). Im Markgräfler Land reicht die Verbreitung der Breisgau-Formation zwischen Möhlin und Sulzbach bereichsweise, zwischen Sulzbach und Klemmbach



**Abb. 10.5** Verbreitung, lithologische Ausbildung und Höhenlage [m NN] der Oberfläche des Feinklastischen Horizonts 2 (links) sowie lithologische Ausbildung (rechts).



erheblich über das Verbreitungsgebiet der Neuenburg-Formation nach Osten hinaus. In der Freiburger Bucht verläuft die westliche Verbreitungsgrenze entlang des Ostrands des Tunibergs und weiter von der Nordspitze des Tunibergs zum Ostrand des Kaiserstuhls südlich von Eichstetten. Südwestlich von Oberschaffhausen fehlt die Breisgau-Formation im Verbreitungsgebiet der Ostrhein-Schotter.

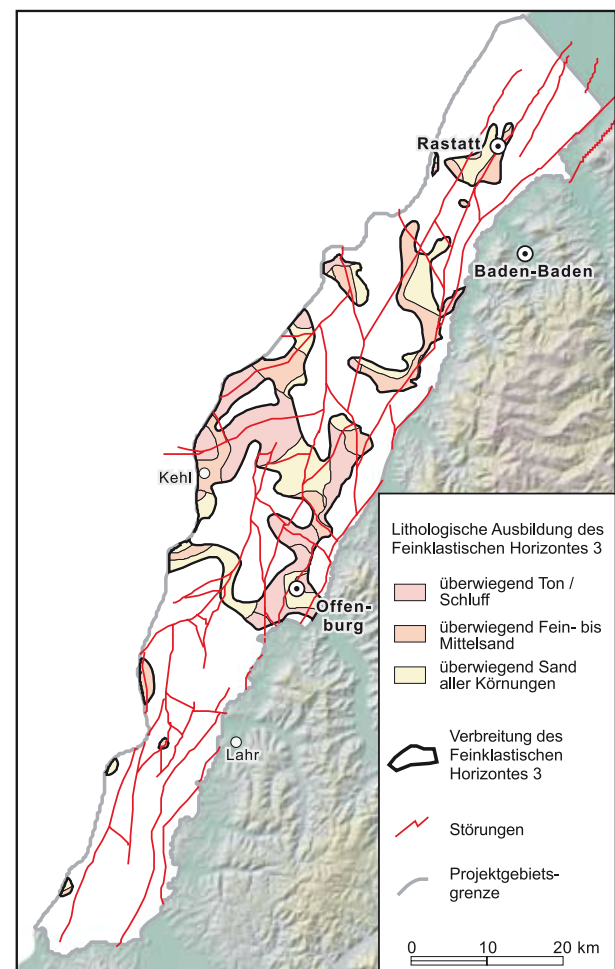
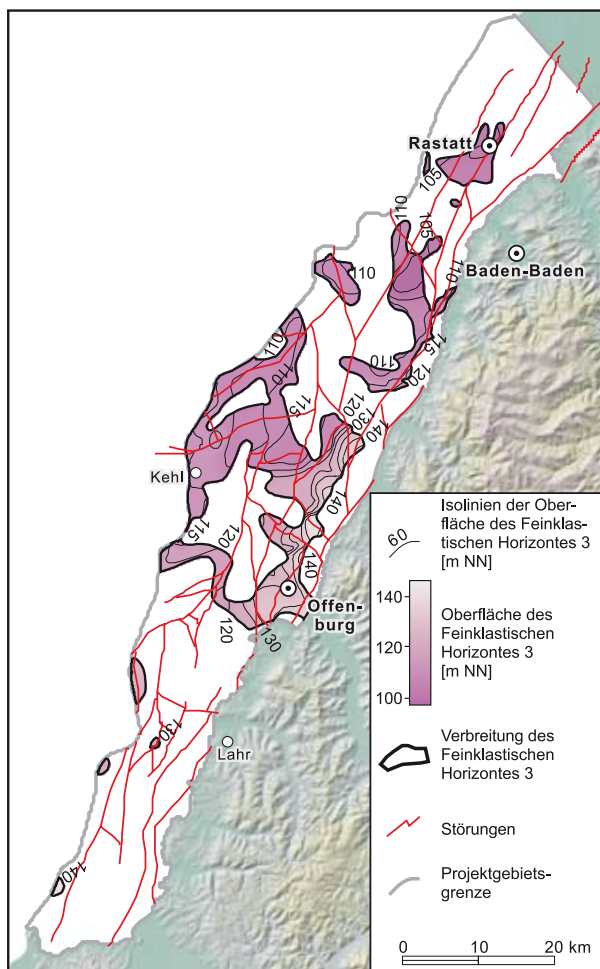
Die Basis der Breisgau-Formation liegt am Grabenrand im Süden des Bearbeitungsgebiets bei ca. 200 bis 220 m NN und im Norden bei 80 bis 120 m NN. Ihre tiefste Position mit -40 m NN erreicht sie in der sogenannten Senke von Geiswasser südwestlich von Breisach auf linksrheinischem Gebiet. Auf badischer Seite fällt die Basis der Breisgau-Formation in Richtung dieses Beckens ein.

Östlich des Rheins ist westlich von Gündlingen in der Basisfläche der Breisgau-Formation eine Tiefstruktur ausgebildet, die in nordnordwestliche Richtung zwischen dem Kaiserstuhl und dem Breisacher Münsterberg verläuft. Südlich von Burkheim biegt

sie nach Westen ab und trifft dort zwischen Kunheim und Durrentzen auf eine Eintiefung auf französischer Seite (Abb. 10.9 links).

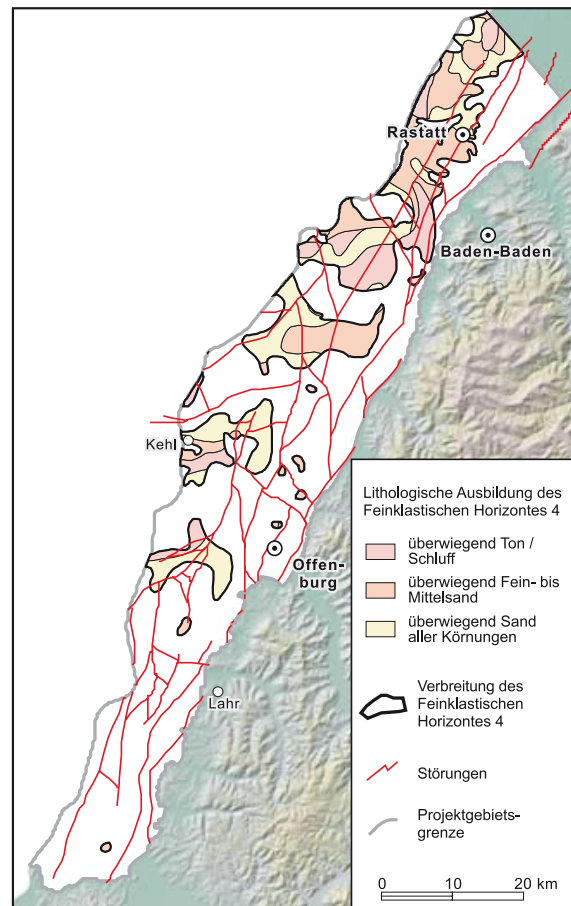
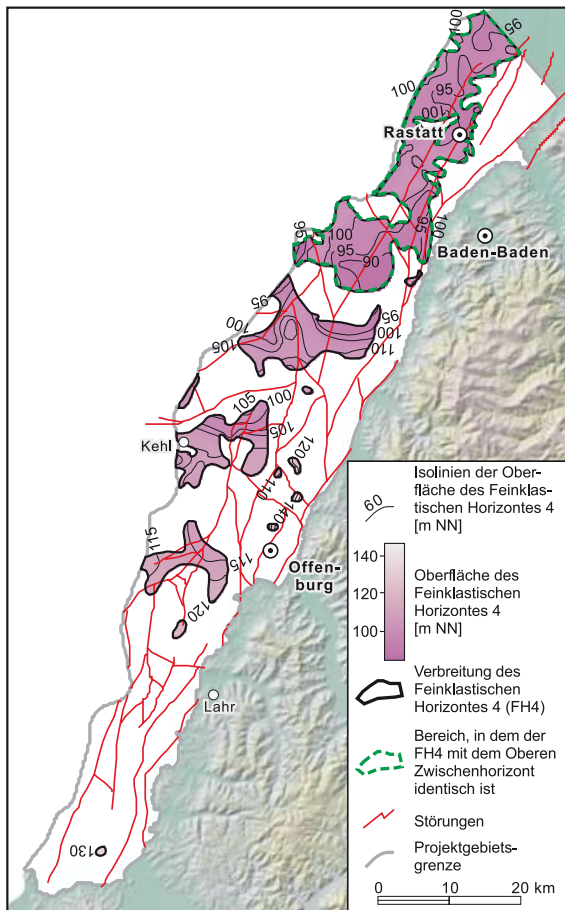
In der Freiburger Bucht ist in der Basis der Breisgau-Formation eine Rinne vom Elztalesausgang in südliche Richtung zwischen dem Mauracher Berg, dem Marchhügel und dem Hunnenbuck im Westen und dem Schwarzwaldrand im Osten zu erkennen. Sie zeichnet den Verlauf der Urelz und der Glotter nach, die bis in das frühe Altpleistozän zwischen dem Tuniberg und dem Schwarzwald hindurch nach Süden entwässerten (GROSCHOPF et al. 1996, VILLINGER 1999). Bis zu dieser Zeit war auf Höhe des nördlichen Kaiserstuhls eine Wasserscheide ausgebildet, die in der Freiburger Bucht möglicherweise mit der tektonisch bedingten Hochposition zwischen dem Nordrand des Nimbergs und Emmendingen zusammenfiel.

Die Verbreitung der Breisgau-Formation wird gebietsweise durch tektonische Strukturen begrenzt, z. B. durch die Tunibergstörung am Westrand des

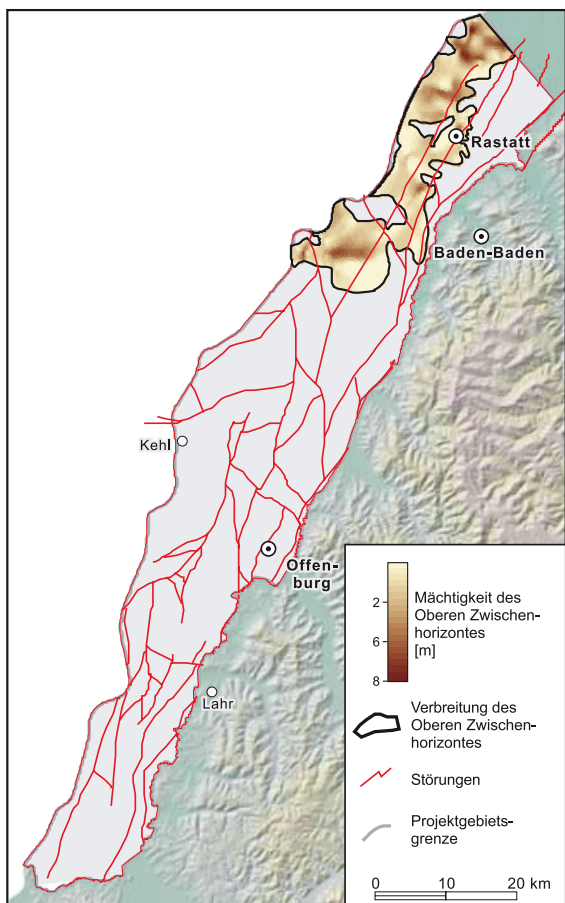


**Abb. 10.6** Verbreitung, lithologische Ausbildung und Höhenlage [m NN] der Oberfläche des Feinklastischen Horizonts 3 (links) sowie lithologische Ausbildung (rechts).





**Abb. 10.7** Verbreitung und Höhenlage (m NN) der Oberfläche des Feinklastischen Horizontes 4 (links oben), lithologische Ausbildung des Feinklastischen Horizontes 4 (rechts oben) sowie Mächtigkeit des Feinklastischen Horizontes 4 in dem Bereich, in dem er dem OZH gleichgesetzt wurde (links unten).



Tunibergs. In der Freiburger Bucht bilden Störungen am Ostrand des Tunibergs, am Westrand des Nimbergs und zwischen Nimburg und Teningen/ Emmendingen die Verbreitungsgrenze.

Die Mächtigkeit der Breisgau-Formation variiert sehr (Abb. 10.10). Sie bewegt sich meist zwischen 40 und 140 m. In Richtung der Grabenränder nach Süden und Osten nimmt sie stark ab. In der südwestlich des Kaiserstuhls in Frankreich gelegenen „Senke von Geiswasser“ und im sogenannten Becken bei Marckolsheim (nordwestlich vom Kaiserstuhl, französische Rheinseite) ist die Breisgau-Formation ca. 190 bzw. 160 m mächtig (LUBW 2006b). Die größte Mächtigkeit auf badischer Seite erreicht sie südlich des Kaiserstuhls mit ca. 140 m in einer grabenartigen Struktur westlich von Hartheim. Auf der domarti-

gen Hochposition des tertiären Festgesteinsuntergrunds bei Tunsel/Bremgarten sowie auf der Lahrer Schwelle fehlt sie vollständig (Abb. 10.9).

In der Freiburger Bucht ist die Breisgau-Formation mit 100 m in der Thermalbohrung Freiburg 1 (LGRB-Archiv-Nr. Bo 7812/257) und in den geothermischen Erkundungsbohrungen Weingarten (LGRB-Archiv-Nr. Bo 7812/176 und -/177) westlich des Stadtgebiets von Freiburg am mächtigsten. Im Bereich des Teninger Allmend nördlich von Reute liegen die Mächtigkeiten zwischen 40 und 60 m.

### 10.1.5 Riegel-Horizont (RH)

Der Riegel-Horizont tritt in der Freiburger Bucht auf (Abb. 10.8). Im Bereich zwischen Riegel und Nimburg ist er in seiner typischen lithologischen Beschaf-

fenheit (vgl. Kap. 9.1.7) ausgebildet. Im übrigen Verbreitungsgebiet wurden dieser hydrogeologischen Einheit alle Feinsedimente zugeordnet, die im vergleichbaren Höhenniveau auftreten.

Der Riegel-Horizont reicht von der Nordgrenze des Bearbeitungsgebiets bis südöstlich von Nimburg und entlang der Emmendinger Vorbergzone bis auf die Höhe von Vordersexau. Innerhalb dieses Verbreitungsgebiets sind nördlich von Nimberg sowie westlich von Emmendingen zwei „Fenster“ vorhanden. Südwestlich einer Linie von Tiengen nach Schallstadt/Wolfenweiler treten in den Feinsedimenten der Mengener Brücke Abschnitte mit einem hohen Anteil an organischen Bestandteilen auf, die aufgrund der lithologischen Ausbildung dem Riegel-Horizont zugewiesen wurden.

Der Riegel-Horizont ist im nördlichen Verbreitungsgebiet bis 4 m mächtig. In den Feinsedimenten der Mengener Brücke erreichen die äquivalenten Horizonte bis 7 m Mächtigkeit.

### 10.1.6 Ortenau-Formation

Die Ortenau-Formation ist zwischen Offenburg im Süden und südlich von Karlsruhe verbreitet (Abb. 10.1, 10.9, 10.14, 10.18 und 10.19). Ebenso wie die Breisgau-Formation wird auch die Ortenau-Formation bereichsweise durch Störungen begrenzt. Dies ist z. B. am Vorbergzonenrand zwischen Ortenberg und Achern der Fall. Im Norden fehlt die Ortenau-Formation auf der östlichen Randscholle.

Die Ortenau-Formation wurde wegen der vielerorts nach unten leicht zunehmenden Sand- und Schluff-Gehalte hydrogeologisch in die Ortenau-Formation oben (Abb. 10.1) und die Ortenau-Formation unten (Abb. 10.9) unterteilt. Im Norden des Verbreitungsgebiets schalten sich in die Ortenau-Formation oben mehrere Feinklastische Horizonte ein (Feinklastische Horizonte 1 bis 4, Kap. 10.1.3, Abb. 8.3, Abb. 10.4 bis 10.7, RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *mitte\_querschnitt\_1* bis 9 und *mitte\_laengsschnitt\_1* und 2). Nördlich von Bühl geht der Feinklastische Horizont 4 in den Oberen Zwischenhorizont (OZH) über (Abb. 10.7). Dies führt zu einer weiteren hydrogeologischen Unterteilung der Ortenau-Formation oben in die Ortenau-Formation oben (oberer Abschnitt) und die Ortenau-Formation oben (unterer Abschnitt).

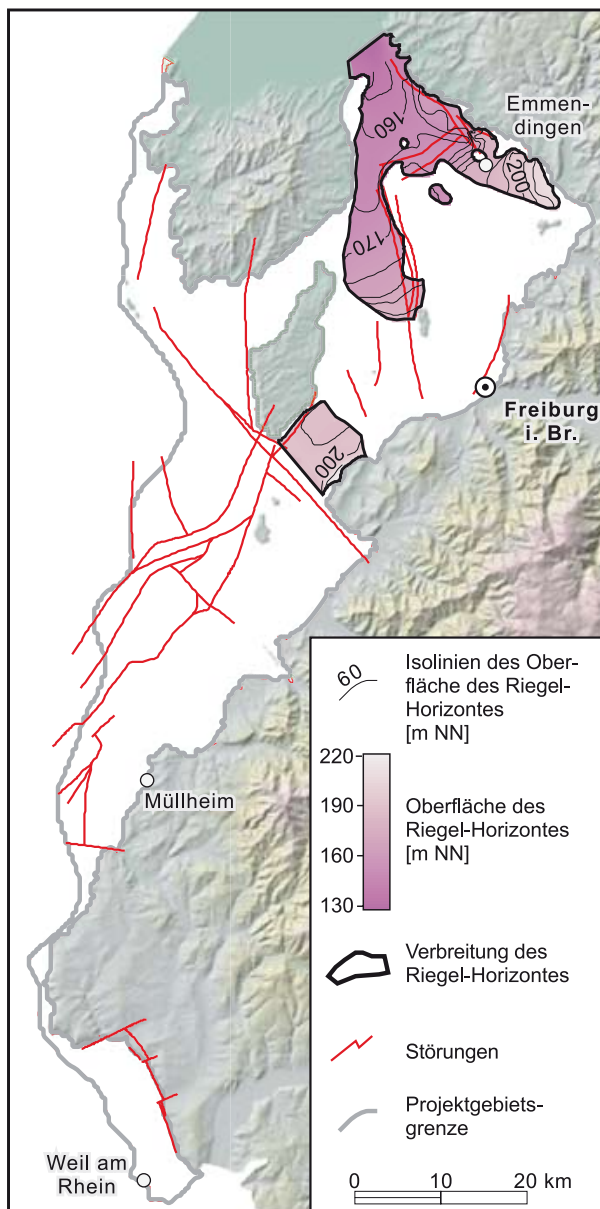


Abb. 10.8 Die Verbreitung und Oberfläche des Riegel-Horizonts.

Die Basis der Ortenau-Formation oben und unten fällt generell vom Vorbergzonenrand im Osten zur Grabenmitte nach Westen ein (Abb. 10.1 rechts, Abb. 10.9 rechts). Die Basis der Ortenau-Formation oben liegt am Rhein fast einheitlich bei ca. 90 m NN, die Basis der Ortenau-Formation unten steigt von ca. 20 m NN südlich von Kehl auf 50 m NN südlich von Karlsruhe an.

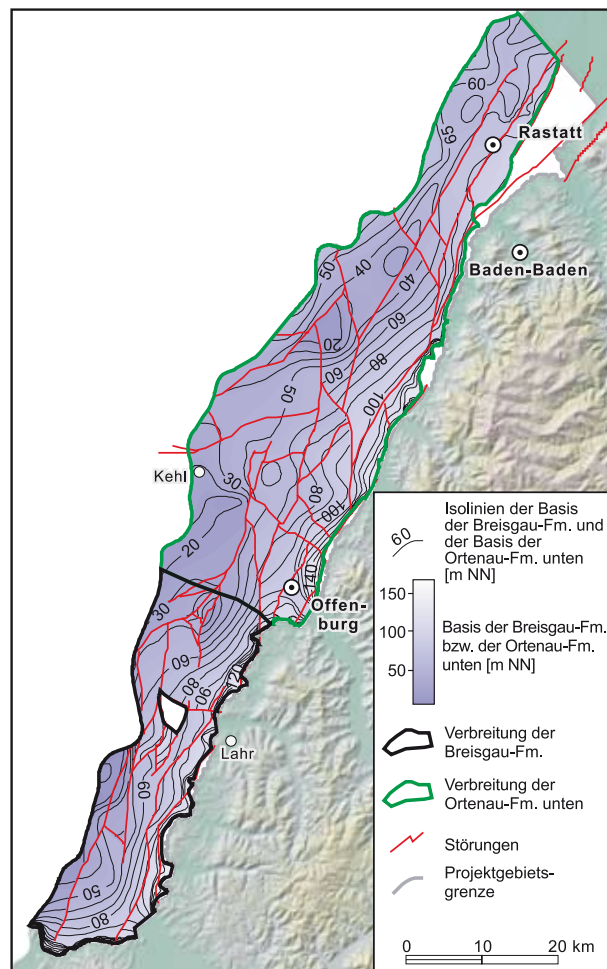
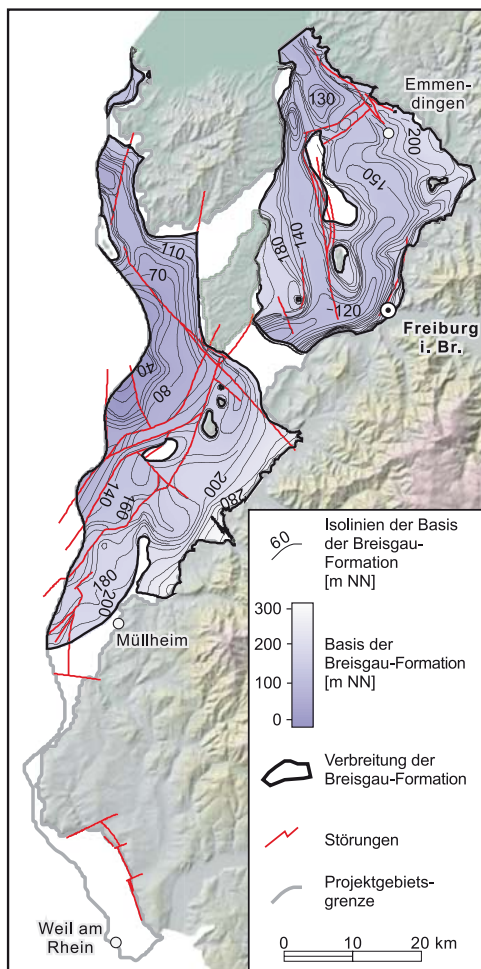
Nördlich von Strasbourg verläuft die tiefste Position der Basis der Ortenau-Formation oben bis Rheinau unter dem Rhein. Zwischen Unzhurst und Lichtenau (südwestlich von Baden-Baden) liegt eine muldenartige Senke mit der Basis bei 70 m NN. Nördlich davon steigt die Basis der Ortenau-Formation oben bei Iffezheim auf 80 m NN an. Bis zum nördlichen Rand des Teilgebiets Mitte bei Durmersheim liegt sie zwischen 75 und 80 m NN.

Südlich von Strasbourg /Kehl schwenkt eine rinnenartige Struktur in der Basis der Ortenau-Formation unten vom französischen Gebiet unter dem Rhein auf

die deutsche Seite (Abb. 10.9, LUBW 2006 b). Von hier aus steigt die Basis von 20 m NN auf 40 m NN östlich von Kehl an, um bei Membrechtshofen wieder auf 20 m NN zu fallen. Dieses Becken von Membrechtshofen wird nach Westen durch eine Hochscholle begrenzt, auf der die Basis der Ortenau-Formation bei 40 m NN liegt und nach Westen weiter ansteigt. Nördlich von Membrechtshofen steigt die Basis der Ortenau-Formation an mehreren Störungen zur Karlsruher Schwelle an.

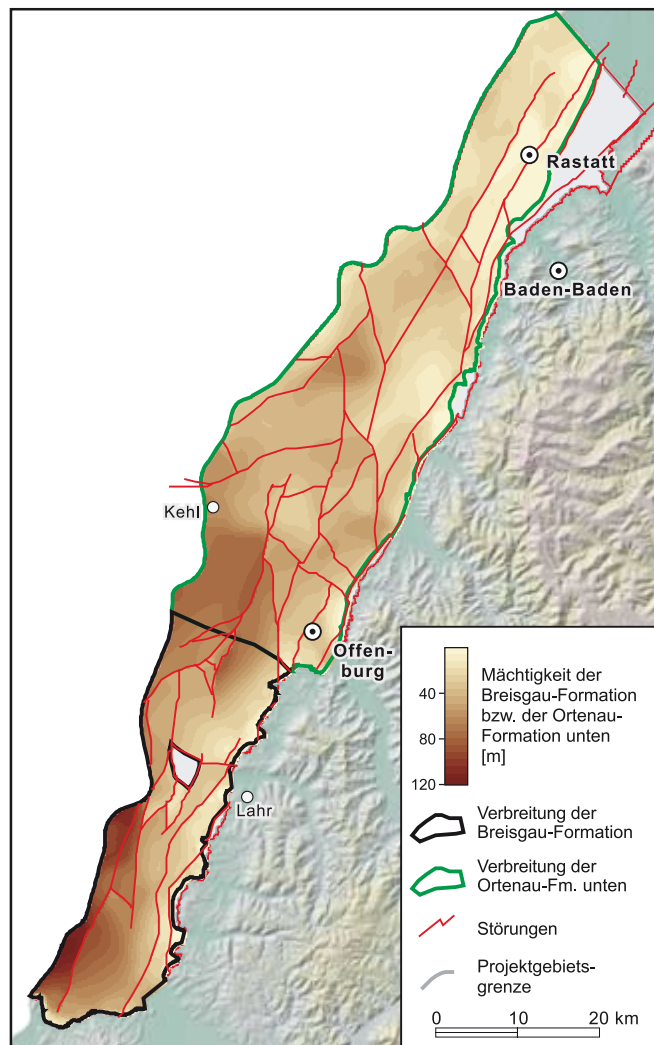
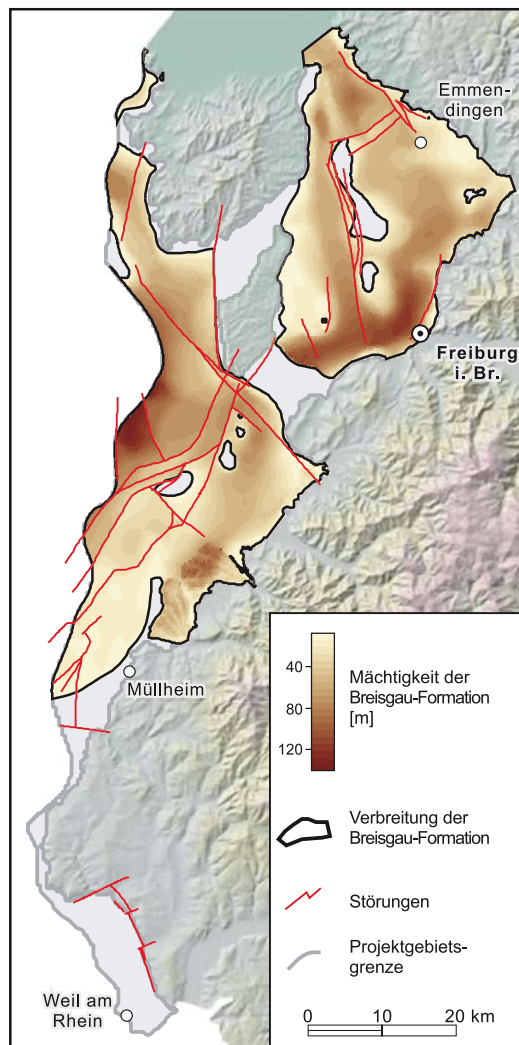
Die Mächtigkeit der Ortenau-Formation variiert stark. Die Ortenau-Formation oben erreicht mit 50 bis 60 m ihre größten Mächtigkeiten zwischen Appenweier und Kehl und zwischen Freistett, Bühl und Greffern. Die Ortenau-Formation unten ist mit über 40 m nördlich von Altenheim sowie nordwestlich von Freistett am mächtigsten (Abb. 10.2 und 10.10).

Nach Norden verringert sich die Mächtigkeit zur Karlsruher Schwelle hin deutlich. Dort beträgt die Gesamtmächtigkeit der Ortenau-Formation nur noch



**Abb. 10.9** Verbreitung und Basis der Breisgau-Formation bzw. der Ortenau-Formation unten (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).





**Abb. 10.10** Mächtigkeit der Breisgau-Formation bzw. der Ortenau-Formation unten (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).

ca. 30 bis 40 m (z. B. RPF/LGRB 2007 a; Schnitte: *mitte\_laengsschnitt\_1* und 2, *mitte\_querschnitt\_1*).

### 10.1.7 Zwischenhorizont 3 (ZH3)

Der Zwischenhorizont 3 (ZH3) ist etwa nördlich einer Linie Bühl – Greffern auf der Grabenscholle vorhanden (Abb. 10.11). Im Raum Greffern sowie zwischen Iffezheim – Plittersdorf und Rastatt – Elchesheim – Illingen weist die Verbreitung größere Lücken auf, auf der Randscholle fehlt der ZH3 völlig.

Die Basis des Zwischenhorizonts 3 liegt meist zwischen 70 und 80 m NN, nach Osten zur Randscholle hin steigt sie auf 100 m NN an (Abb. 10.11 links). Die Mächtigkeit nimmt von wenigen Dezimetern im Süden auf 9,5 m im Raum Elchesheim – Illingen und nordwestlich davon zu (Abb. 10.11 rechts).

### 10.1.8 Iffezheim-Formation / Fluviales Jungtertiär (qIS/tF) und Feinsedimente der Mengener Brücke

Die Iffezheim-Formation / das Fluviale Jungtertiär und die Feinsedimente der Mengener Brücke wurden wegen ihrer feinkörnigen Ausbildung zu einer hydrogeologischen Kartiereinheit zusammengefasst. Genetisch handelt es sich um unterschiedliche Ablagerungen.

Die Feinsedimente der Mengener Brücke (grüne Umrahmung in Abb. 10.12 links) trennen die Kiese in der Freiburger Bucht von den südlich angrenzenden Niederterrassenkiesen im Oberrheingraben. Die Feinsedimente liegen direkt auf der Festgesteinsoberfläche auf, die bei Munzingen von dem mittelljurassischen Haupttrogenstein gebildet wird (Bohrung GWM Munzingen II, LGRB-Archiv-Nr. Bo 8012/265).



Die Basis der Iffezheim-Formation/des Fluviatilen Jungtertiärs ist nur durch relativ wenige Stützstellen belegt. Bei der Konstruktion der Basiskarte wurde davon ausgegangen, dass tektonische Prozesse einen wesentlichen Einfluss auf die Verbreitung der Einheit haben. In der Hydrogeologischen Karte Lahr (HGK 1980: Abb. 3.1) ist als ungefähre südliche Verbreitungsgrenze des Pliozäns, das in diesem Gebiet mit der Iffezheim-Formation/dem Fluviatilen Jungtertiär gleichzusetzen ist, die Linie Oberschopfheim – Langenwinkel – Grafenhausen – Rust – Schönau angegeben. Neuere Bohrungen belegen jedoch, dass die Einheit im zentralen Teil des Grabens auch südlich des Kaiserstuhls und in der Freiburger Bucht zwischen dem Nimberg und der Vorbergzone bei Emmendingen vorhanden ist. Nördlich des Kaiserstuhls fehlt sie lediglich entlang eines schmalen Saumes (Bereich Sasbach, Königshausen, Endingen bis nördlich von Wühl) sowie in einem kleinen Gebiet zwischen Weisweil und Rheinhausen (LGRB-Archiv-Nr. Bo 7812/258). Am Grabenostand endet die Verbreitung der Kartiereinheit an Störungen.

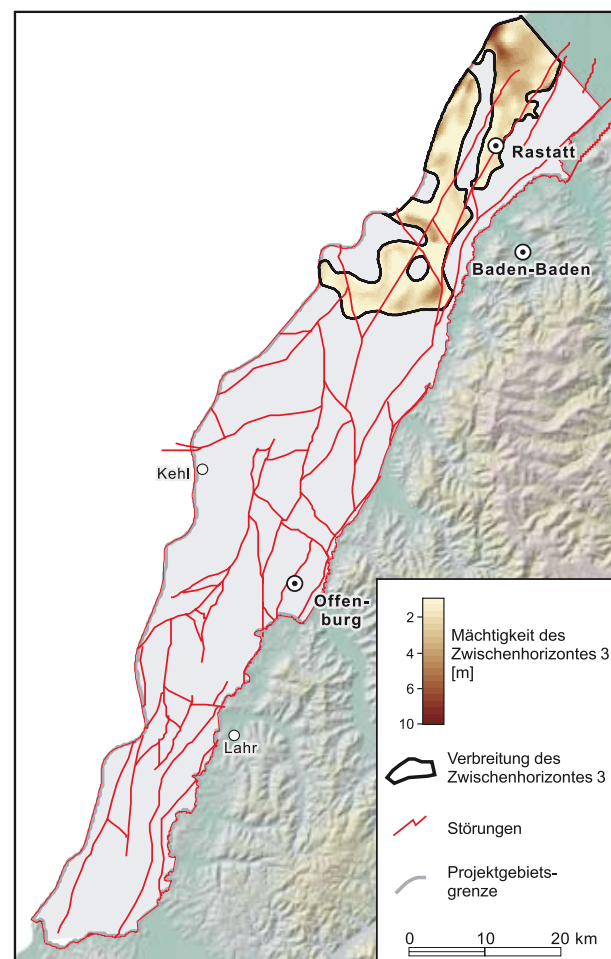
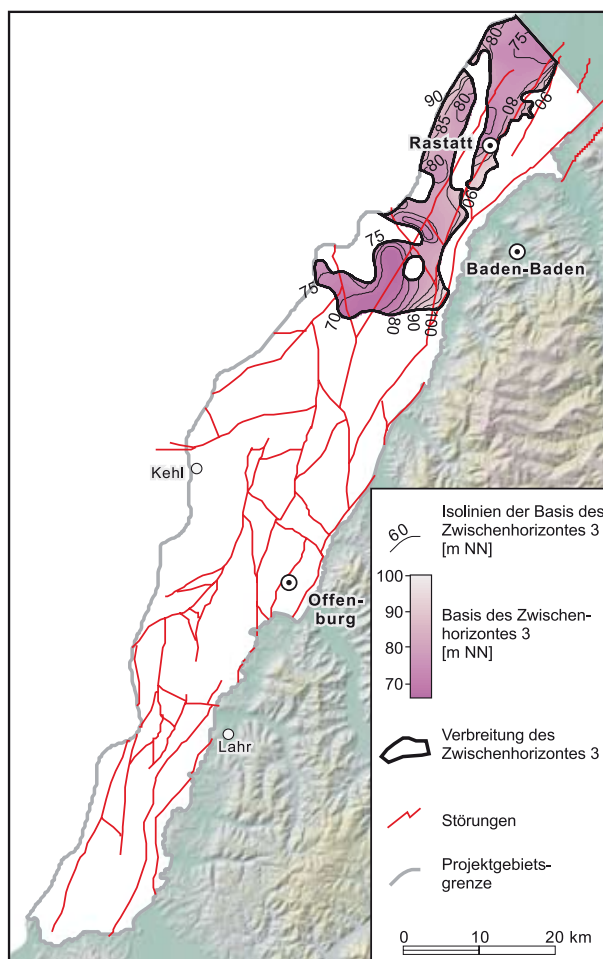
Insbesondere im Gebiet nördlich der Riegeler Pforte bis in den Raum Rheinau – Kappel – Kippenheim

erreichen nur sehr wenige Bohrungen die Lockergesteinsbasis bzw. die Basis der Breisgau-Formation. Die südliche Verbreitungsgrenze der Kartiereinheit Iffezheim-Formation/Fluviatiles Jungtertiär ist deshalb unsicher.

Die dargestellte Verbreitung beruht darauf, dass im Bereich der Riegeler Pforte und in der südlich daran anschließenden Freiburger Bucht die Iffezheim-Formation in zahlreichen Bohrungen angetroffen wurde. Die Basis der Iffezheim-Formation liegt am Ausgang der Riegeler Pforte bei ca. 100 m NN.

Schwemmlössvorkommen am Rand der Vorbergzone bzw. des Kaiserstuhls, die direkt über der Iffezheim-Formation/dem Fluviatilen Jungtertiär liegen oder an diese randlich grenzen, wurden ebenfalls in diese Kartiereinheit einbezogen. Dies ist z. B. entlang des Nordost- und Nordrandes des Kaiserstuhls der Fall (RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *mitte\_querschnitt\_17*).

Die Feinsedimente der Mengener Brücke erreichen eine Mächtigkeit von ca. 130 m (Abb. 10.13 links). Randlich werden sie sowohl im Norden als auch im



**Abb. 10.11** Verbreitung und Basis des Zwischenhorizonts 3 im Teilgebiet Mitte.

Süden von Kiesen der Neuenburg-Formation überlagert.

Iffezheim-Formation bzw. Fluviales Jungtertiär werden südlich des Kaiserstuhls bis 50 m (Abb. 10.13 links), nördlich davon bis 80 m mächtig (Abb. 10.13 rechts). Die größten Mächtigkeiten treten im Gebiet nordöstlich von Kehl/Strasbourg auf. Dabei kommt der Einfluss von Störungen auf die Mächtigkeitsverteilung der Kartiereinheit deutlich zum Ausdruck (Abb. 10.13 rechts).

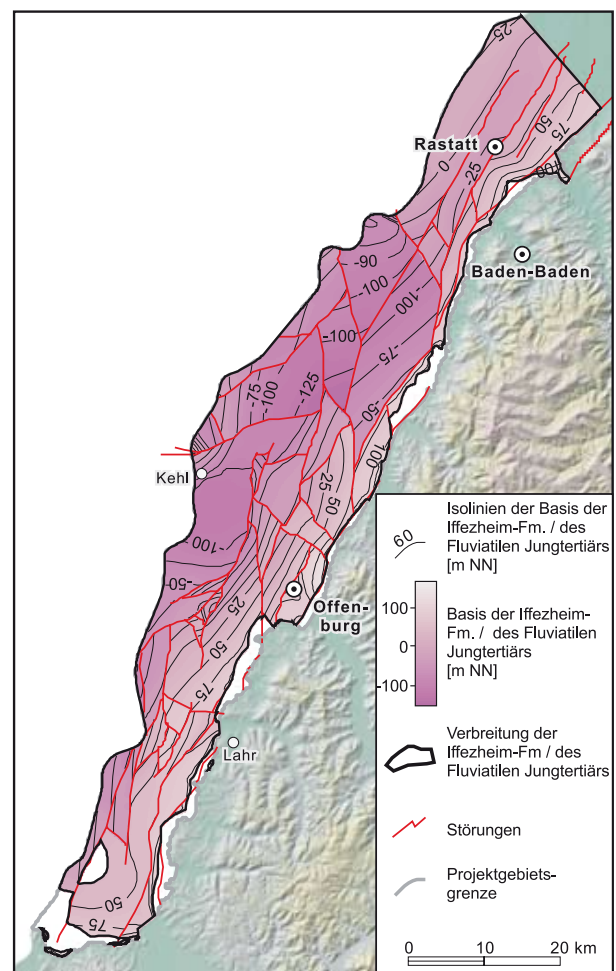
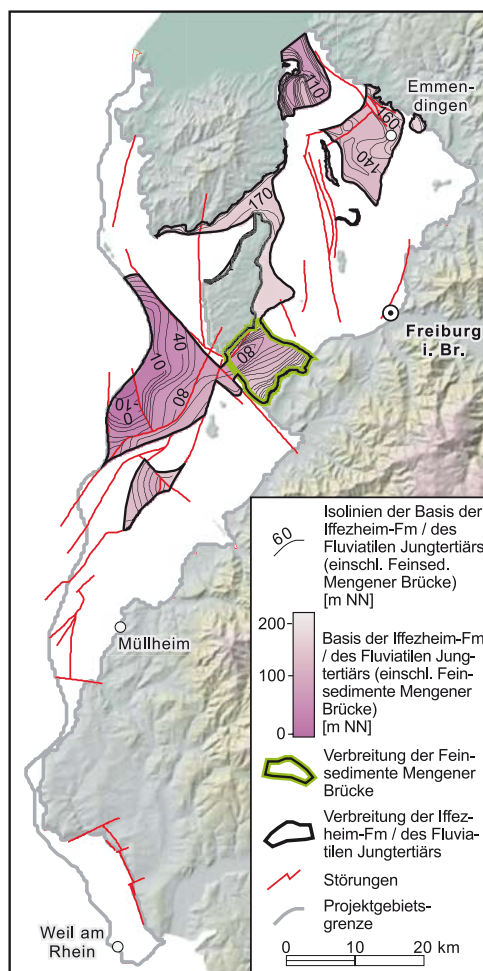
## 10.2 Teilgebiet Nord

### 10.2.1 Obere kiesig-sandige Abfolge (OksA)

Die Obere kiesig-sandige Abfolge (OksA) ist im Teilgebiet Nord flächendeckend vorhanden (Abb. 10.14). Die südöstliche Verbreitungsgrenze ist kartier-technisch bedingt. Dort, wo im Raum Walldorf – Bruchsal – Karlsruhe sowie im Süden des Gebiets

entlang des Ostrands der Grabenscholle der Obere Zwischenhorizont als markante Grenze zur darunter folgenden Mittleren sandig-kiesigen Abfolge fehlt, werden die Obere kiesig-sandige und die Mittlere sandig-kiesige Abfolge zu einer Kartiereinheit zusammengefasst. Im Süden wurde die Obere kiesig-sandige Abfolge mit der Ortenau-Formation oben (oberer Abschnitt) zusammengeführt (RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *nord\_laengsschnitt\_2* und *mitte\_laengsschnitt\_2*, Abb. 8.3).

Wegen der Vielzahl der Bohrungen, die die Basis der Oberen kiesig-sandigen Abfolge durchteuft haben, und der markanten lithologischen Grenze, die in den Bohrungen meist eindeutig identifiziert werden konnte, konnte der Verlauf der Basis der OksA differenziert dargestellt werden. Sie fällt vom Rhein generell zum östlichen Grabenrand hin ein (Abb. 10.14 links). Im Süden des Gebiets liegt die Grenzfläche bei ca. 90 bis 95 m NN und somit ca. 20 bis 40 m höher als am Nordrand (70 bis 50 m NN). Am tiefsten liegt sie mit ca. 45 m NN in der Gegend um Heidelberg.



**Abb. 10.12** Verbreitung und Isolinienplan der Basis der Feinsedimente der Mengener Brücke (grün umrahmt) sowie der Iffezheim-Formation/des Fluvialen Jungtertiärs (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).

Die Mächtigkeit der Oberen kiesig-sandigen Abfolge nimmt generell von Süden nach Norden und von Westen nach Osten zu (Abb. 10.14 rechts). Im Süden beträgt sie zwischen 10 und 20 m. Entlang des Rheins bleibt die Mächtigkeit nach Norden bis etwa auf die Höhe von Hockenheim in diesem Schwankungsbereich, weiter nördlich nimmt sie gebietsweise auf ca. 30 m zu. Die größte Mächtigkeit erreicht die Obere kiesig-sandige Abfolge im Heidelberger Raum mit ca. 70 m.

### 10.2.2 Zwischenhorizont 1 (ZH1)

Der Zwischenhorizont 1 (ZH1) ist im Rhein-Neckar-Raum im Osten der Grabenscholle zwischen Sandhausen im Süden und der Landesgrenze im Norden in einem bis zu 8 km breiten Streifen verbreitet (Abb. 10.15). Er reicht zwischen Seckenheim und Ilvesheim am weitesten nach Westen. Bei Pfaffengrund und südlich davon fehlt er ebenso wie auf der Randscholle östlich von Hemsbach und Weinheim und südlich davon.

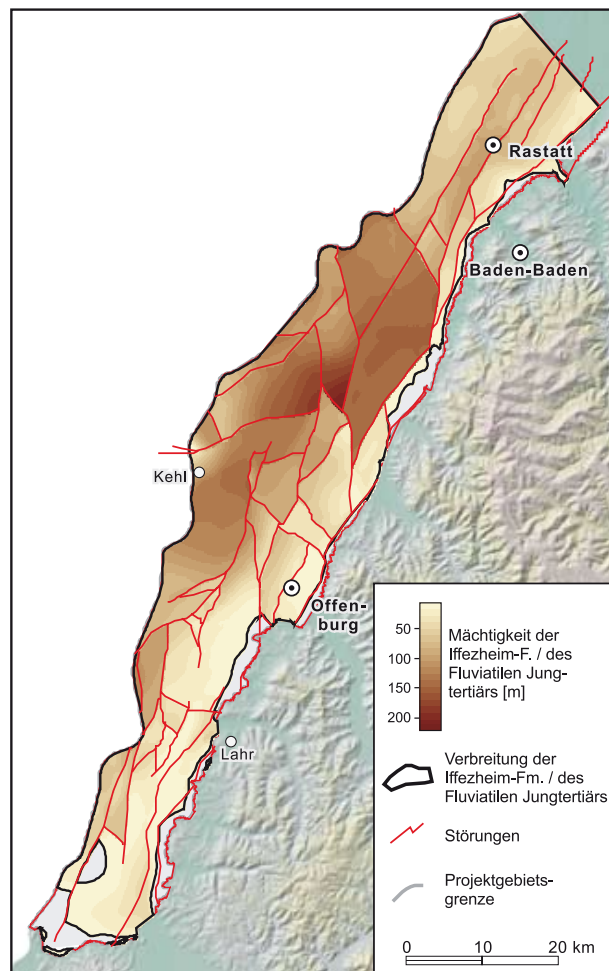
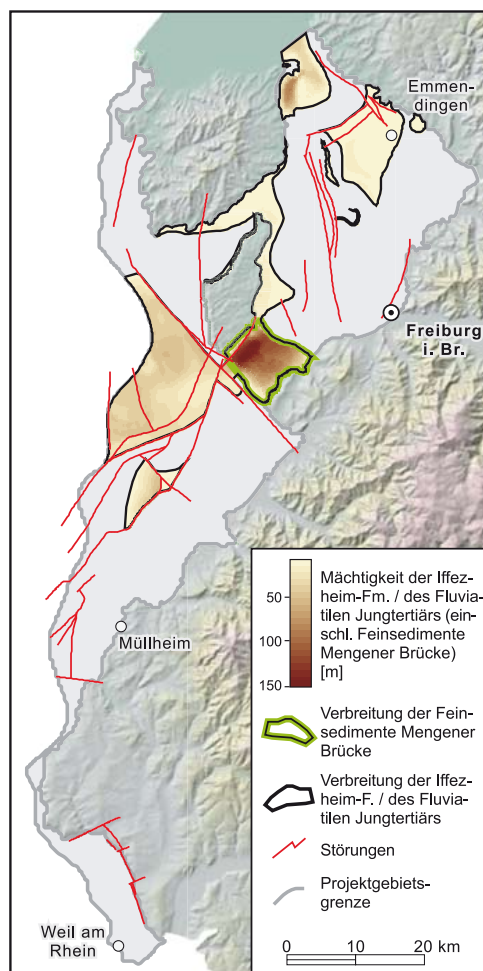
Seine Oberfläche liegt zwischen 90 und 75 m NN. Ein Einfallen nach Osten zum Grabenrand hin wie bei den tiefer gelegenen Einheiten ist nicht zu erkennen.

Die Mächtigkeit des Zwischenhorizonts 1 wurde wegen der relativ schwer festzulegenden Basis der feinkörnigen Sedimente nicht dargestellt. Sie liegt in der Größenordnung von mehreren Metern.

### 10.2.3 Oberer Zwischenhorizont (OZH)

Der Obere Zwischenhorizont ist im Raum Karlsruhe-Speyer und Rhein-Neckar mit Ausnahme des südöstlichen Bereiches auf der gesamten Grabenscholle verbreitet. Er fehlt hingegen auf der Randscholle (Abb. 10.16).

Die Basis des Oberen Zwischenhorizonts fällt generell von Süden nach Norden und zwischen Speyer und Mannheim von Westen nach Osten ein. Sie liegt im Süden bei Durmersheim/Illingen bei ca. 90 m NN.



**Abb. 10.13** Mächtigkeit der Feinsedimente der Mengener Brücke (grün umrahmt), bzw. der Iffezheim-Formation/des Fluvialen Jungtertiärs (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).



Am Nordrand des Gebiets liegt sie im Westen bei ca. 50 m NN, im Osten zwischen 25 und 30 m NN.

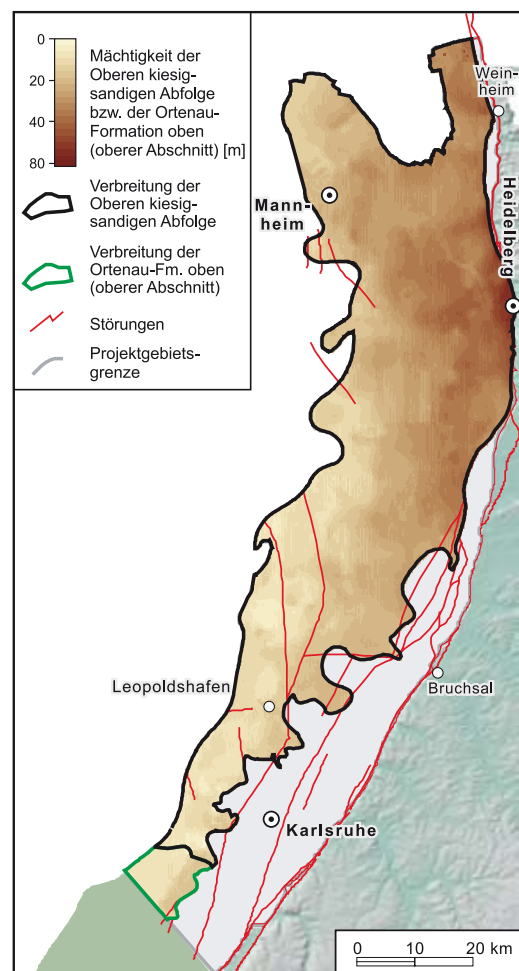
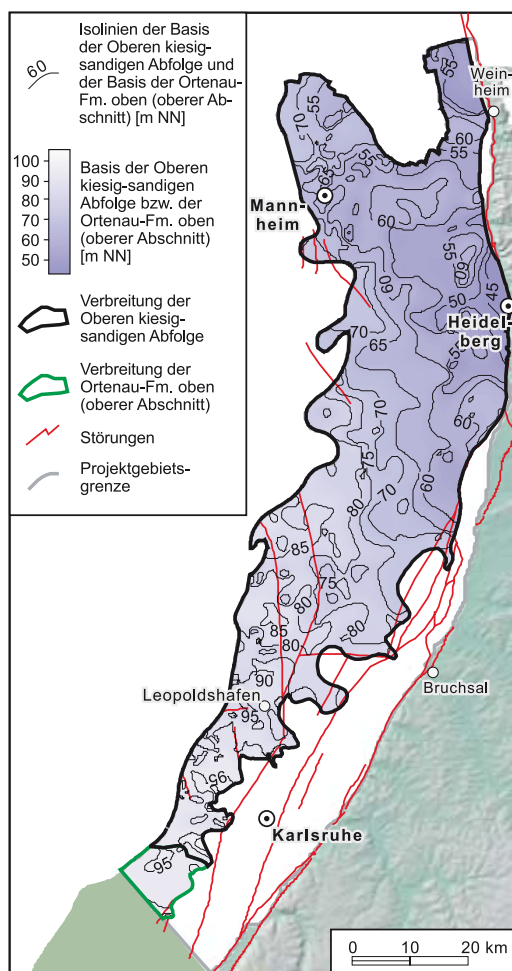
Die Mächtigkeit des Oberen Zwischenhorizonts schwankt im Raum Karlsruhe – Speyer zwischen wenigen Metern im Süden und 10 und 25 m im Nordwesten (Abb. 10.16 rechts). Im Norden, wo der OZH flächendeckend verbreitet ist, erreicht er östlich von Heddeshelm über 30 m Mächtigkeit. Im Süden und Osten ist seine Verbreitung auf den rheinnahen Bereich der Grabenscholle beschränkt. Sie setzt sich nach Süden bis südwestlich von Baden-Baden fort (Abb. 10.7 links unten).

In Abb. 10.17 ist die lithologische Ausbildung des Oberen Zwischenhorizonts dargestellt. Im Norden überwiegen Tone und Schluffe, nach Süden wird der OZH zunehmend sandiger, wobei im südlichen Teil Sand aller Körnungen überwiegt. Nordwestlich von Bruchsal sowie in zunehmenden Maße südlich von Leopoldshafen sind im OZH sogenannte Fenster ausgebildet, in denen gröber klastische Sedimente vorhanden sind.

#### 10.2.4 Obere kiesig-sandige und Mittlere sandig-kiesige Abfolge (OksA/MskA)

Außerhalb des Verbreitungsgebiets des Oberen Zwischenhorizonts wurden die Obere kiesig-sandige und die Mittlere sandig-kiesige Abfolge zur Einheit OksA/MskA zusammengefasst. Diese ist im Südosten am östlichen Rand der Grabenscholle sowie auf der Zwischen- und Randscholle zwischen Wiesloch – Bruchsal – Karlsruhe bis Malsch – Dürmersheim verbreitet (Abb. 10.18).

Die Basis der Einheit OksA/MskA fällt tendenziell vom Grabenrand nach Westen zur Grabenscholle hin ein. Sie liegt auf Höhe von Ettlingen am östlichen Grabenrand bei ca. 115 m NN und bei Daxlanden im Westen bei 65 m NN (Abb. 10.18 links). Im Raum Uppstadt-Weiher – Bruchsal – Spöck ist die Basis der Einheit von mehreren Störungen durchsetzt, die zu Schollenkippen führten und sich auf die Mächtigkeitsverteilung der Einheit auswirken.



**Abb. 10.14** Verbreitung und Basis der Oberen kiesig-sandigen Abfolge bzw. der Ortenau-Formation oben (links) sowie Mächtigkeit (rechts).



Die Obere kiesig-sandige/Mittlere sandig-kiesige Abfolge hat tendenziell am Westrand des Verbreitungsgebiets die größte Mächtigkeit (Abb. 10.18 rechts). Sie liegt östlich von Malsch bei maximal 55 m und bei Karlsruhe und Blankenloch bei ca. 40 m. Weiter nach Norden nehmen die Mächtigkeiten von Neuhard (55 m) über Forst (70 m) bis auf über 90 m südwestlich von Kronau zu. Auf der Randscholle nördlich von Bruchsal bzw. östlich von Kronau ist die Mächtigkeit mit maximal 20 m relativ gering.

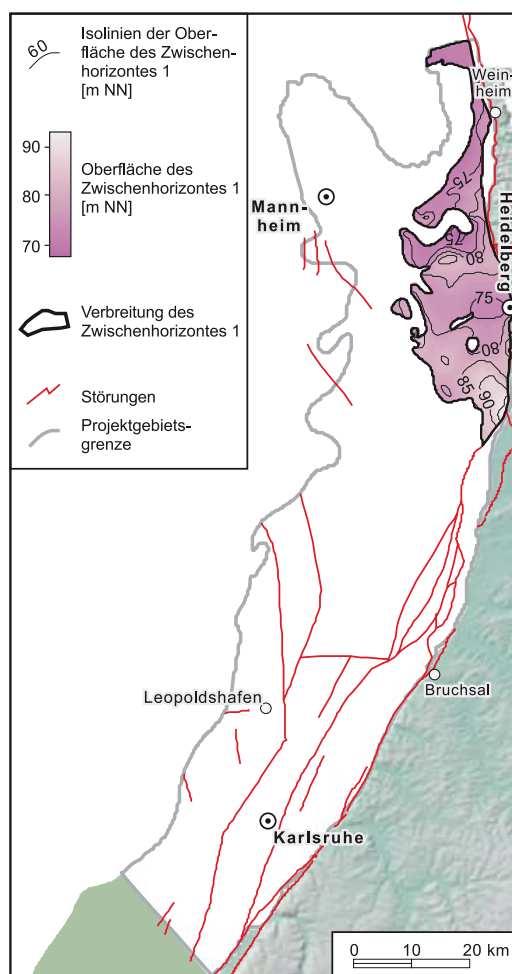
### 10.2.5 Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (MskAo)

Die Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (MskAo) kann nur dort, wo der OZH vorkommt, von der Oberen kiesig-sandigen Abfolge unterschieden werden (Abb. 10.19). Ihr Verbreitungsgebiet deckt sich folglich mit dem des Oberen Zwischenhorizonts (Kap. 10.2.3). Im Süden läuft die Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben mit der Ortenau-Formation oben (unterer Abschnitt) zusammen (RPF/LGRB 2007a;

Schnitte: *nord\_laengsschnitt\_2* und *mitte\_laengsschnitt\_2*, Abb. 8.3).

Die Basis der Einheit liegt am Südrand ihrer Verbreitung nördlich von Mörsch bei 75 m NN und westlich von Bruchsal bei ca. 55 m NN (Abb. 10.19 links). Von da aus fällt sie vom Rhein in östliche Richtung zum Grabenrand hin ein. Die tiefste Position hat sie am östlichen Grabenrand östlich von Ladenburg (-35 m NN, ca. 10 km nördlich von Heidelberg). Am Westrand des Untersuchungsgebiets liegt sie bei Mannheim – Ludwigshafen bei ca. 0 m NN. In diesem Gebiet ist die Grenzfläche von mehreren Störungen versetzt (RPF/LGRB 2007c).

Im Süden schwankt die Mächtigkeit der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge oben bis etwa Friedrichstal – Linkenheim – Hochstetten zwischen 10 und 15 m (Abb. 10.19 rechts). Von hier aus nimmt die Mächtigkeit in nördliche Richtung deutlich zu. Sie erreicht am nördlichen Gebietsrand Werte zwischen 45 und 55 m. Die größten Mächtigkeiten von 75 m treten in einer Senke südöstlich von Ladenburg auf. Weitere Bereiche erhöhter Mächtigkeit liegen bei Mannheim, nördlich von Ilvesheim sowie am östlichen Grabenrand bei Hemsbach (ca. 60 m). Im Altripper Rheinbogen machen sich mehrere Störungen, die bis in das Niveau der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge reichen, in der Mächtigkeitsverteilung bemerkbar.



**Abb. 10.15** Verbreitung und Isolinenplan der Oberfläche des Zwischenhorizonts 1.

### 10.2.6 Zwischenhorizont 2 (ZH2)

Der Zwischenhorizont 2 (ZH2) ist nur im nördlichen Rhein-Neckar-Raum nördlich einer Linie von Rheinau nach Ilvesheim und nördlich von Heddeshaim – Weinheim verbreitet (Abb. 10.20). Im Westen ist er hauptsächlich auf den Raum Mannheim – Sandhofen beschränkt. Im Osten reicht er bis zur nördlichen Landesgrenze (Abb. 8.3 und 8.8, RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *nord\_laengsschnitt\_1* und *nord\_querschnitt\_1* bis *nord\_querschnitt\_3*). Im Verbreitungsgebiet des ZH2 gibt es eine Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben und eine Mittlere sandig-kiesige Abfolge Mitte.

Die Oberfläche des ZH2 liegt am Rhein bei ca. 45 bis 50 m NN (Rheinau) bzw. 35 m NN (Sandhofen). Nach Osten zum Grabenrand hin fällt sie auf 0 m NN nördlich von Hemsbach ab. Wegen der geringen Ausdehnung des ZH2 wurde dessen Mächtigkeitsverteilung nicht dargestellt. Er ist ca. 2 bis 4 m mächtig.

### 10.2.7 Zwischenhorizont 3 (ZH3)

Der Zwischenhorizont 3 (ZH3) ist nahezu auf der gesamten Grabenscholle verbreitet (Abb. 10.21).



Im Norden weist er zwischen Mannheim, Sandhofen und Viernheim eine Lücke auf, ein weiteres „Fenster“ liegt nordwestlich von Leimen. Nach Süden hin verschmälert sich sein Verbreitungsgebiet ab Friedrichstal auf einen ca. 6 bis 9 km breiten Streifen östlich des Rheins. Auf der Randscholle zwischen Malsch und Weinheim sowie im Norden im Raum Weinheim – Hemsbach fehlt er. Der ZH3 setzt sich auch südlich in das Teilgebiet Mitte fort (Abb. 10.11).

Die Basis des ZH3 liegt im Süden bei Durmersheim bei ca. 70 m NN (Abb. 10.21 links). Zwischen Oberhausen und Kirrlach ist in der Basisfläche eine Senke ausgebildet (Basis bei 10 m NN). Weitere Senken sind am östlichen Grabenrand nördlich von Kronau (0 m NN) sowie südöstlich von Ladenburg (-45 m NN) nachgewiesen. Im Raum Mannheim wird die Grenzfläche unter dem Rhein von mehreren Störungen versetzt (RPF / LGRB 2007 c).

Der ZH3 erreicht die größten Mächtigkeiten von ca. 25 m östlich von Oberhausen (Abb. 10.21 rechts). Wei-

tere Bereiche erhöhter Mächtigkeit liegen südwestlich von Philippsburg (17 m), nordwestlich von Leopoldshafen und südöstlich von Mannheim (ca. 15 m). Im übrigen Gebiet beträgt die Mächtigkeit bis ca. 10 m.

Die Bereiche erhöhter Mächtigkeit des ZH3 fallen nicht mit denen in den darüber bzw. darunter liegenden gröber klastischen Einheiten zusammen (vgl. Abb. 10.19 und 10.22). Da davon auszugehen ist, dass die Senkungstendenzen im gesamten Gebiet zu Zeiten der Ablagerung der Einheiten ähnlich verteilt waren, wurde der ZH3 vermutlich bereichsweise nachträglich erodiert.

### 10.2.8 Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten (MskAu)

Die Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten (MskAu) ist im Rhein-Neckar-Raum und im Norden des Raums Karlsruhe – Speyer bis nördlich von Karlsruhe vorhanden (Abb. 10.22). Sie endet im Süden bei Leopoldshafen – Neuthard – Forst. Im Osten bildet die

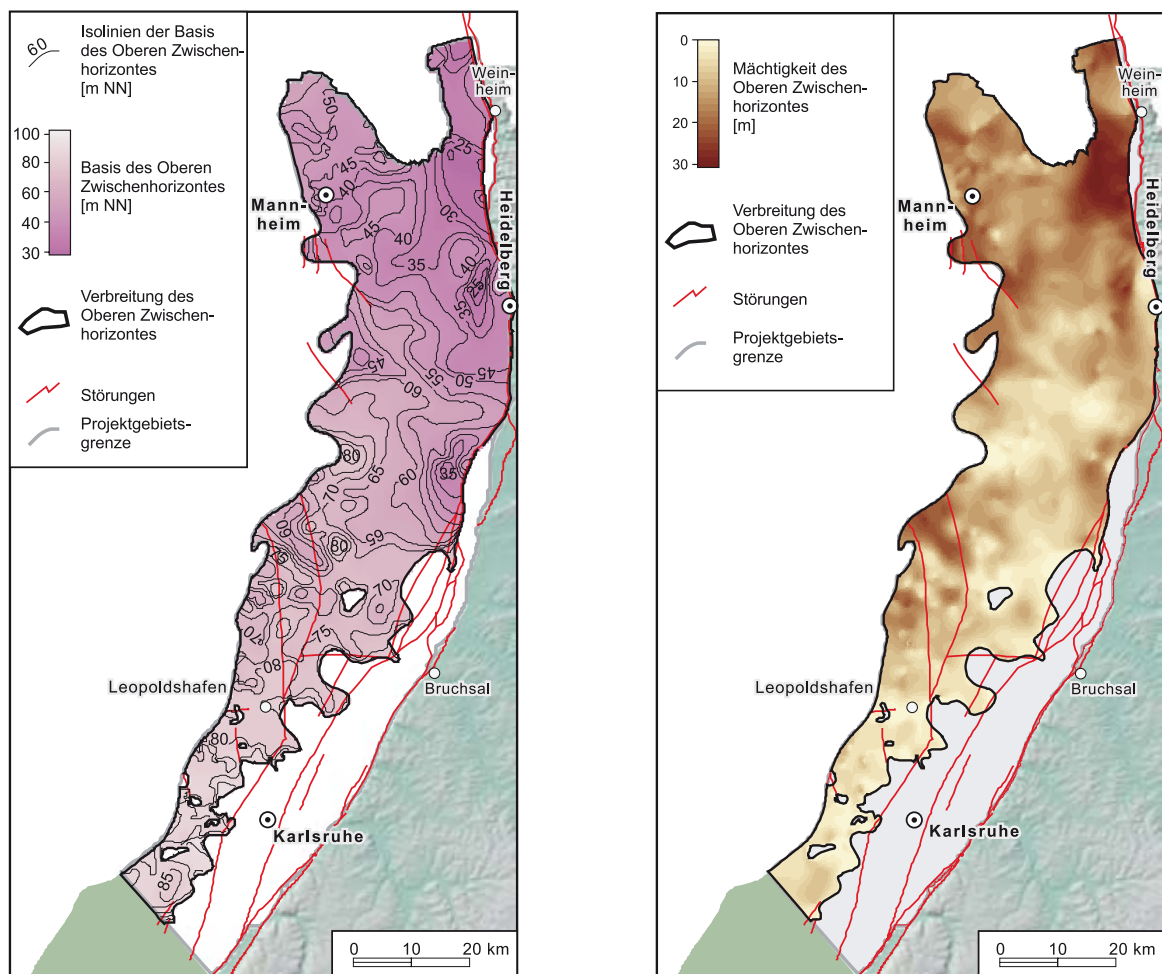


Abb. 10.16 Verbreitung und Basis des Oberen Zwischenhorizonts (links) sowie Mächtigkeit (rechts).

Grabenrandverwerfung über Kronau bis östlich von Leimen die Verbreitungsgrenze. Im Westen reicht die Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten über den Rhein hinaus nach Rheinland-Pfalz, im Norden ist sie über die Landesgrenze nach Hessen zu verfolgen. Sie fehlt auf der Randscholle nördlich Bruchsal und auf der nur 1 bis 2 km breiten Randscholle nördlich von Heidelberg.

Die Basis der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge unten fällt von Süden bei Leopoldshafen (65 m NN) nach Nordosten in Richtung auf das sogenannte Heidelberger Loch nördlich von Heidelberg ein (-50 m NN; Abb. 10.22 links). Am Nordwestrand des Gebiets liegt die Basis bei Sandhofen bei -30 m NN. Auch aus dieser Richtung fällt die Basis zum Heidelberger Loch nach Osten hin ein. Im Raum Mannheim wird die Grenzfläche unter dem Rhein von mehreren Störungen versetzt (RPF/LGRB 2007c).

Der Untere Zwischenhorizont an der Basis der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge unten ist auf rheinland-pfälzischer Seite flächenhaft verbreitet. In Ba-

den-Württemberg wurde er wegen seiner Tiefenlage nur in wenigen Bohrungen erfasst und deshalb nicht dargestellt.

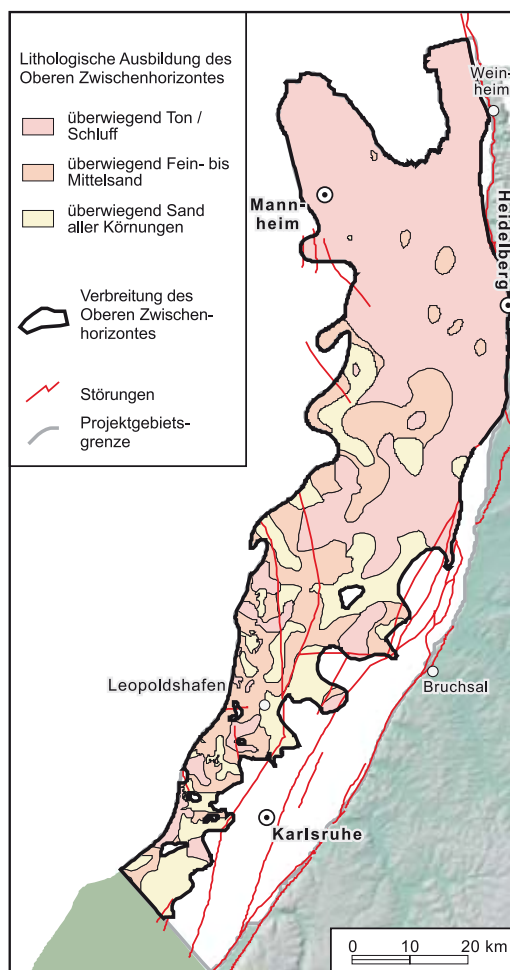
Die Mächtigkeit der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge unten nimmt vom südlichen, westlichen und nördlichen Gebietsrand in Richtung auf das sogenannte Heidelberger Loch im Osten zu (Abb. 10.22 rechts). Im Süden beträgt die Mächtigkeit maximal etwa 3 m, im Westen ca. 25 m (westlich von Philippsburg sowie südwestlich von Mannheim). Am Nordrand nimmt die Mächtigkeit von ca. 10 m im Westen auf über 50 m im Osten (nordwestlich von Hemsbach) zu. Im Heidelberger Loch am östlichen Grabenrand ist die Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten nordöstlich von St. Leon über 80 m und nördlich von Heidelberg bis 120 m mächtig.

### 10.2.9 Untere sandig-schluffige Abfolge oben (UssAo)

Die Untere sandig-schluffige Abfolge oben (UssAo) wurde nur im Raum Karlsruhe-Speyer kartiert. Im nördlich anschließenden Rhein-Neckar-Raum liegt die Einheit so tief unter der Geländeoberfläche, dass sie nur durch wenige Bohrungen erreicht wurde und wegen der geringen Anzahl von Stützstellen nicht dargestellt wurde (Abb. 10.23). Im Raum Karlsruhe – Speyer ist sie auf der Grabenscholle verbreitet. Nach Osten wird sie an den Randschollenverwerfungen tektonisch abgeschnitten oder keilt auf den Randschollen aus. Im Westen reicht sie über den Rhein hinweg und wurde in Rheinland-Pfalz flächenhaft nachgewiesen (HGK 2007). Im Süden läuft die Untere sandig-schluffige Abfolge oben mit der Ortenau-Formation unten zusammen (Abb. 8.3, RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *nord\_laengsschnitt\_2* und *mitte\_laengsschnitt\_2*).

Ähnlich wie die darüber liegenden Horizonte fällt auch die Basis der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben vom Südrand des Gebiets (55 bis 60 m NN) nach Nordosten in Richtung auf das Heidelberger Loch ein. Sie liegt südlich von Walldorf bei -150 m NN (Abb. 10.23 links). Die Grenzfläche wird durch mehrere Störungen mit Beträgen von bis zu 20 m versetzt.

Die Mächtigkeit der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben nimmt tendenziell von Süden nach Nordosten zu (Abb. 10.23 rechts). Zwischen der Südgrenze des Teilgebiets und Leopoldshafen schwankt sie zwischen 10 und 22 m. Auf der Hochscholle nordwestlich von Leopoldshafen steigt die Mächtigkeit auf 40 m an. Die größte Mächtigkeit von 78 m erreicht die Untere sandig-schluffige Abfolge oben im Nordosten zwi-



**Abb. 10.17** Lithologische Ausbildung des Oberen Zwischenhorizonts.

schen St. Leon und Walldorf. Im Nordwesten ist sie mit 12 bis 27 m deutlich geringer mächtig.

### 10.2.10 Untere sandig-schluffige Abfolge unten (UssAu)

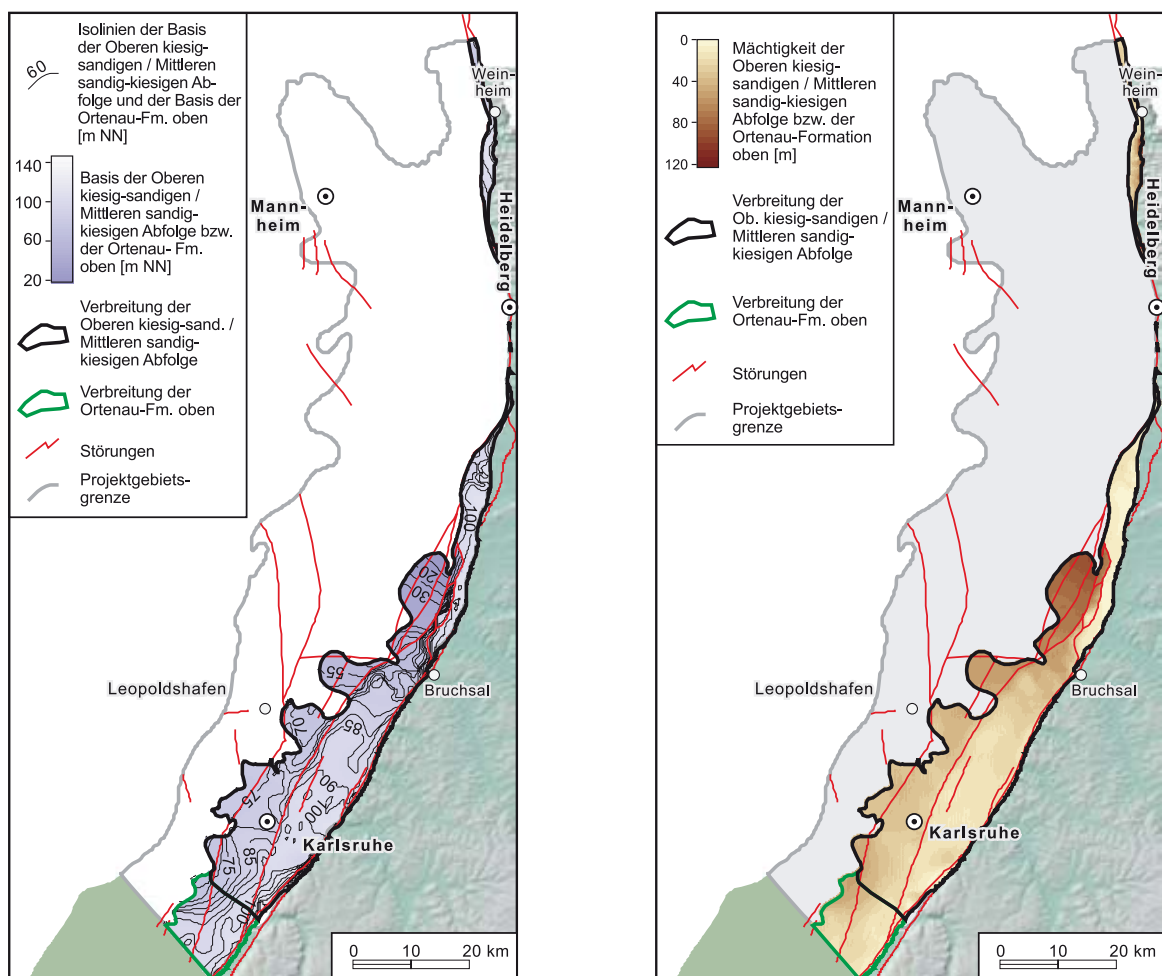
Die Untere sandig-schluffige Abfolge unten (UssAu) wurde nur im Raum Karlsruhe – Speyer kartiert (Abb. 10.24). Sie ist dort auf der gesamten Grabenscholle und zwischen Grötzingen, Weingarten und Bruchsal auf der Randscholle verbreitet. Östlich von Forst, Kronau und Walldorf fehlt sie auf der Randscholle. Dies ist dort nachweislich tektonisch bedingt, da die Verbreitung an Störungen endet. Im zentralen und südlichen Teil der Randschollen kann hingegen aufgrund der vorhandenen Daten nicht zweifelsfrei entschieden werden, ob die Begrenzung tektonischen Ursprungs ist oder durch diskordante Schichtlagerung zustande kommt. Im Westen reicht die Untere sandig-schluffige Abfolge unten nach Rheinland-Pfalz hinein (HGK 2007). Im Süden läuft sie mit der Iffezheim-Formation / dem Fluvi-

atilen Jungtertiär zusammen (Abb. 8.3, RPF / LGRB 2007a; Schnitte: *nord\_laengsschnitt\_2* und *mitte\_laengsschnitt\_2*).

Die Basis der Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten liegt bei Malsch im Südosten des Teilgebiets Nord bei 50 m NN (Abb. 10.24 links). Ähnlich wie die darüber liegenden Grenzflächen fällt auch sie nach Nordosten in Richtung auf das Heidelberger Loch ein. Sie sinkt in diese Richtung auf -350 m NN bei St. Leon ab. Auf den Randschollen liegt sie im Süden bei ca. 100 m NN, bei Bruchsal unter -50 m NN.

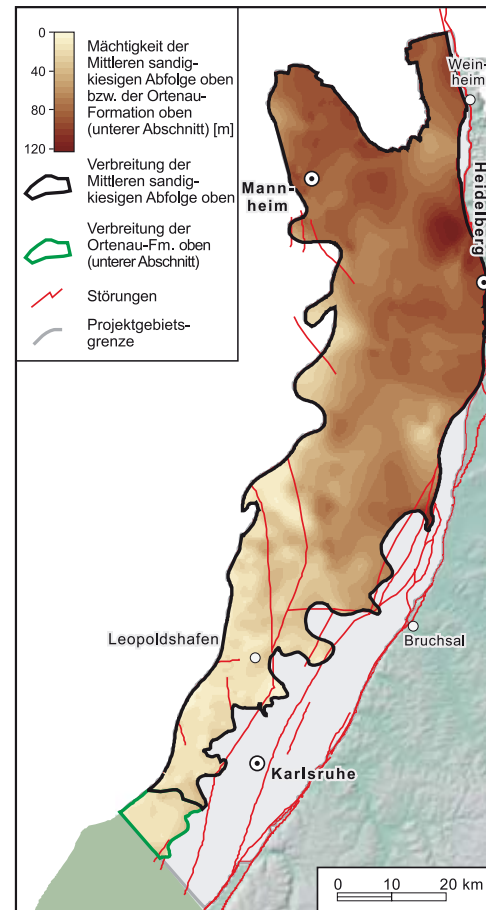
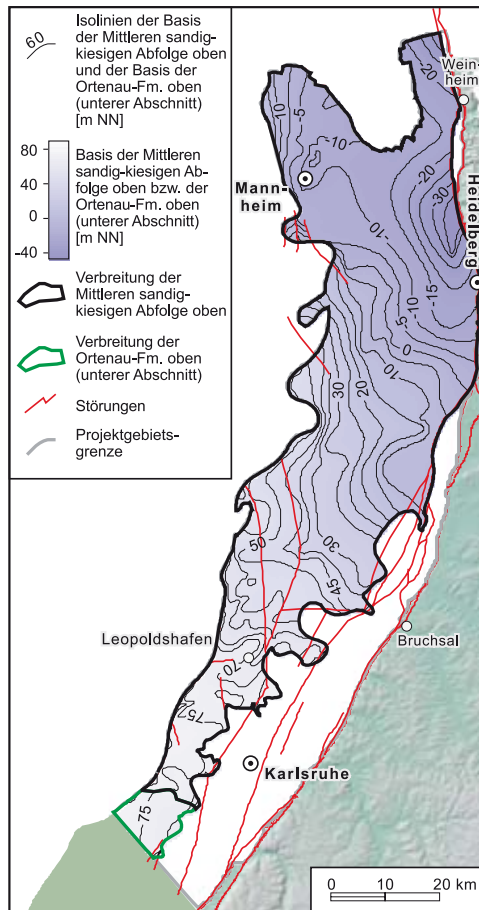
Die Grenzfläche wird durch mehrere Störungen mit Versatzbeträgen von bis zu mehreren zehn Metern versetzt. Dabei liegen die Randschollen (z. B. zwischen Bruchsal und Weingarten) im Vergleich zur Grabenscholle deutlich höher.

Mit dem generellen Einfallen der Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten von Süden nach Nordosten (Abb. 10.24 links) nimmt auch ihre Mächtigkeit zu (Abb. 10.24 rechts). Sie beträgt an der südlichen

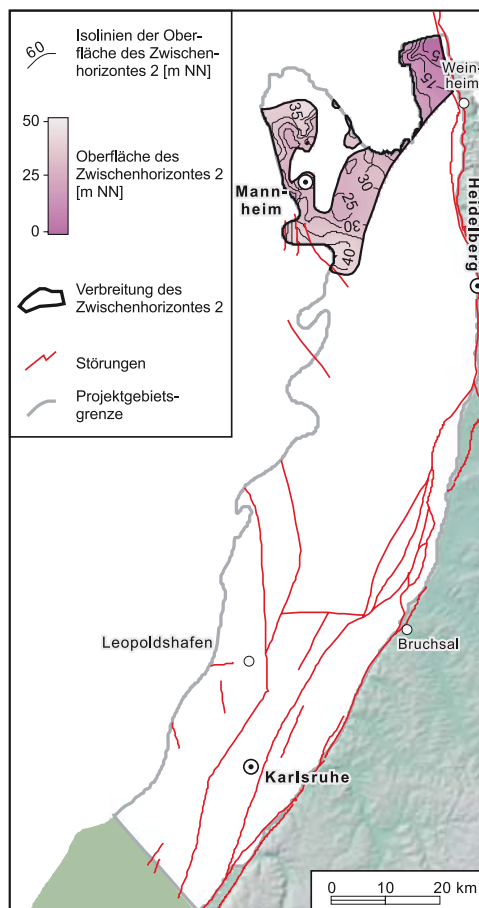


**Abb. 10.18** Verbreitung und Basis der Oberen kiesig-sandigen und Mittleren sandig-kiesigen Abfolge bzw. der Ortenau-Formation oben (links) sowie Mächtigkeit (rechts).



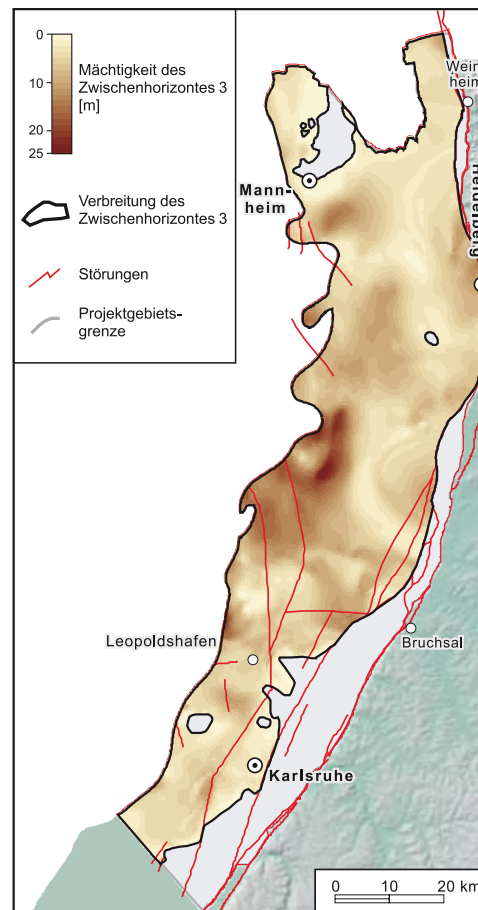
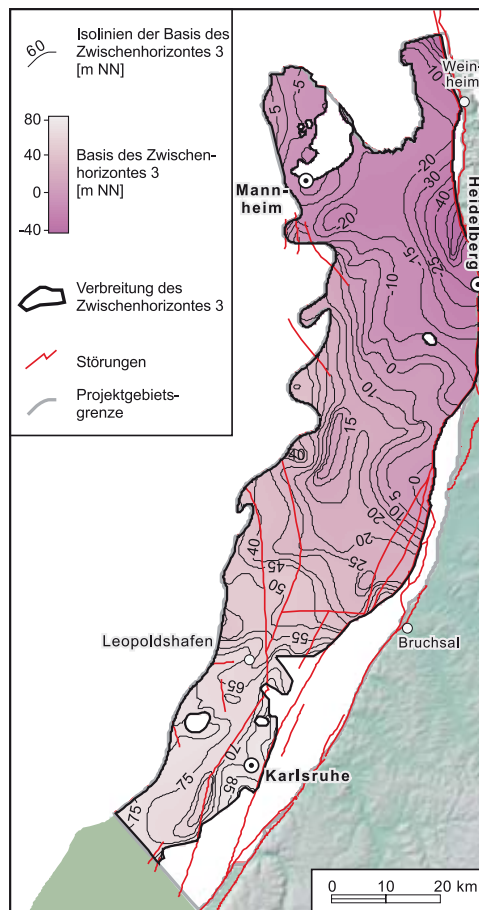


▲ **Abb. 10.19** Verbreitung und Basis der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge oben bzw. der Ortenau-Formation oben (links) sowie Mächtigkeit (rechts).

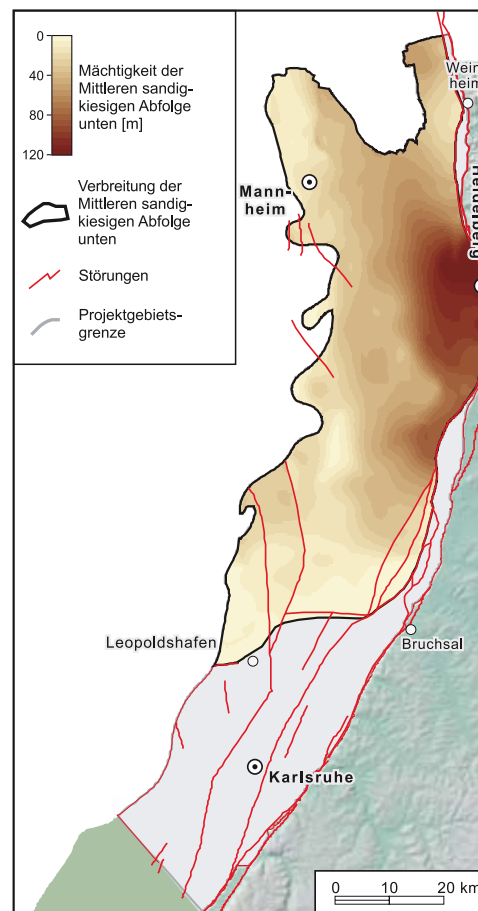
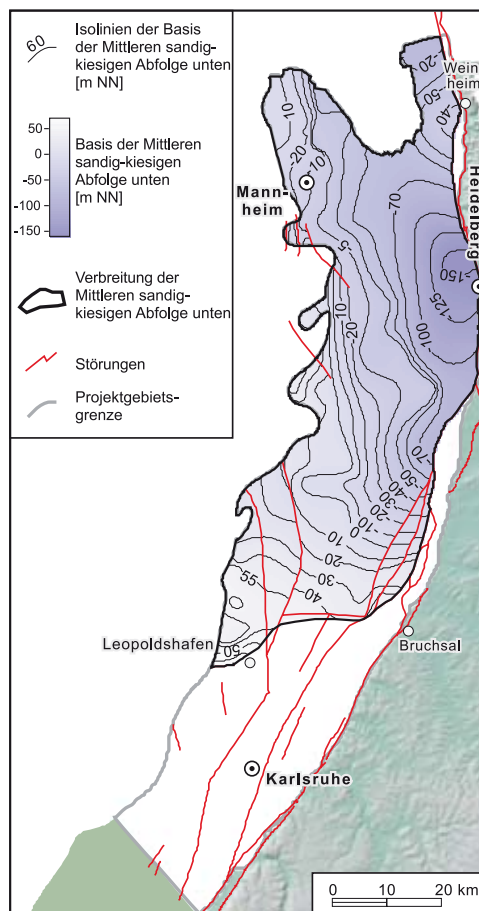


◀ **Abb. 10.20** Verbreitung und Isolinienplan der Oberfläche des Zwischenhorizonts 2.

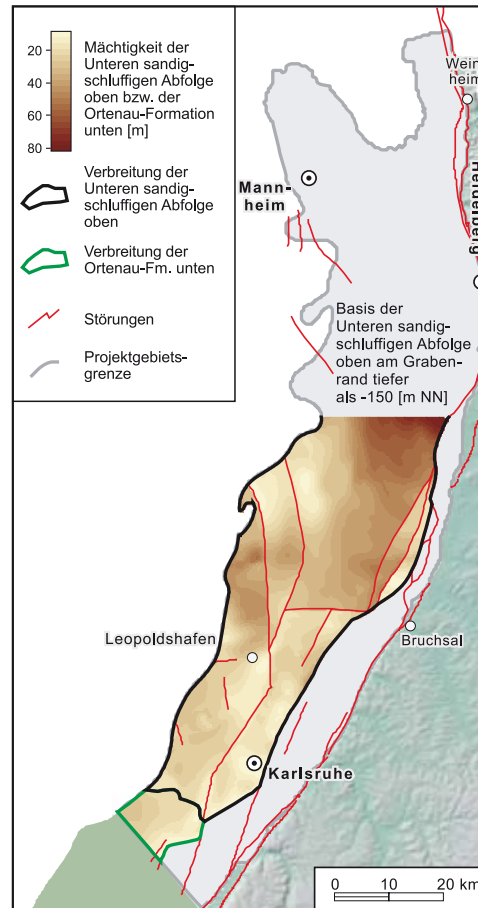
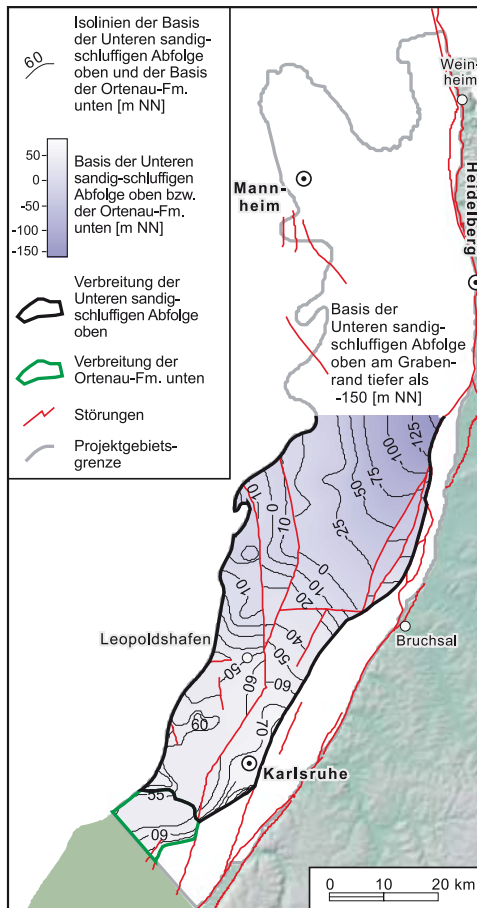
Grenze des Teilgebiets in Rheinnähe westlich von Mörsch ca. 30 bis 35 m und nördlich von Malsch etwa 20 m. Nördlich einer Linie von Linkenheim über Neuthard nach Bruchsal wächst die Mächtigkeit, ausgehend von einer West – Ost verlaufenden Störung, von ca. 130 bis 140 m auf ca. 245 bis 250 m nördlich von Kirrlach sowie im Raum St. Leon im Nordosten an. Westlich und östlich dieser Tiefscholle steigt die Basis im Westen an mehreren südsüdost – nordnordwest und im Osten an südsüdwest – nordnordost verlaufenden Störungen an. Am Rhein westlich von Philippsburg beträgt die Mächtigkeit zwischen 140 und 175 m, auf den Randschollen südlich von Kronau nimmt sie auf 80 m bzw. nordöstlich von Forst auf 10 bis 20 m ab.



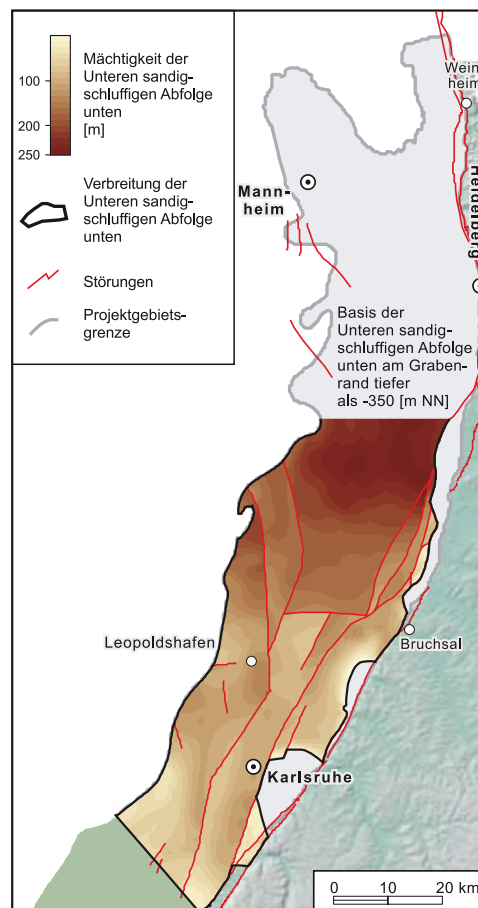
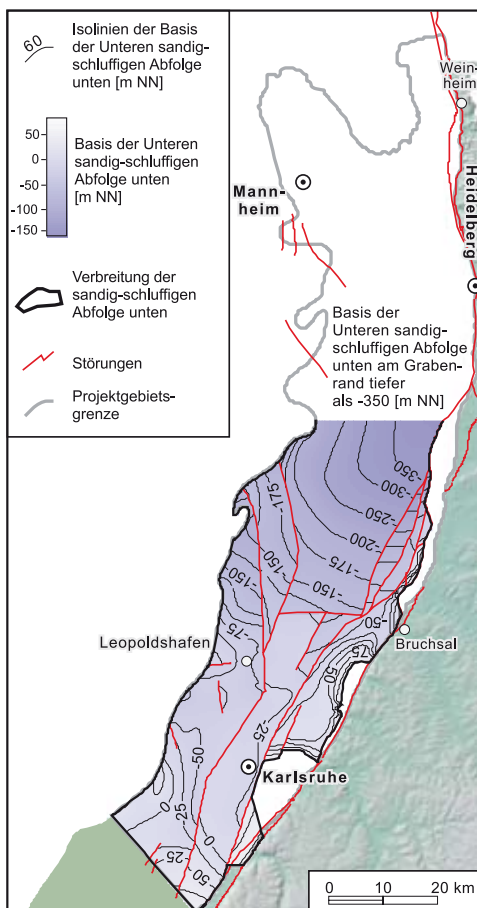
**Abb. 10.21** Verbreitung und Basis des Zwischenhorizontes 3 (links) sowie Mächtigkeit (rechts).



**Abb. 10.22** Verbreitung und Basis der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge unten (links) sowie Mächtigkeit (rechts).



**Abb. 10.23** Verbreitung und Basis der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben (links) sowie Mächtigkeit (rechts).



**Abb. 10.24** Verbreitung und Basis der Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten (links) sowie Mächtigkeit (rechts).



## 11 Abgeleitete Themen

Durch Verknüpfung verschiedener Grundthemen wurde die Lage der Aquiferbasis sowie die der Lockergesteine abgeleitet. Daneben ist dokumentiert, welche hydrogeologische Einheit die Aquiferbasis bildet.

Im Teilgebiet Süd fällt die Aquiferbasis generell vom Rand der Vorbergzone im Osten nach Westen zur Grabenmitte hin ein (Abb. 11.1 und 11.2). Am tiefsten (ca. 10 m NN) liegt sie auf einer nach Westen abfallenden Grabenscholle westlich von Hartheim. Südlich des Kaiserstuhls (Abb. 11.1 links und 11.2) ist die Aquiferbasis kleinräumig in Schwellen und Becken gegliedert. Ursache hierfür sind salztektonische Bewegungen, die im elsässischen und badischen Kalibecken noch bis in die Gegenwart anhalten. Im Bereich Tunsel – Bremgarten ist die Aquiferbasis als Folge dieser salzinduzierten Bewegungen im älteren tertiären Festgesteinsuntergrund domartig aufgewölbt (Abb. 11.1 links und 11.2). Hier fehlt die Breisgau-Formation und die Neuenburg-Formation liegt in einem inselartigen Vorkommen direkt über der Aquiferbasis aus oligozänen Mergelsteinen (Abb. 11.1 rechts).

Im Süden des Teilgebiets Süd folgt bis auf Höhe von Müllheim über der Aquiferbasis die Neuenburg-Formation (Abb. 11.1 rechts). Weiter nach Norden und im größten Teil der Freiburger Bucht ist die Breisgau-Formation die unterste Einheit im Aquifer. Im Westen der Freiburger Bucht wird die Aquiferbasis von den Ostrhein-Schottern überlagert.

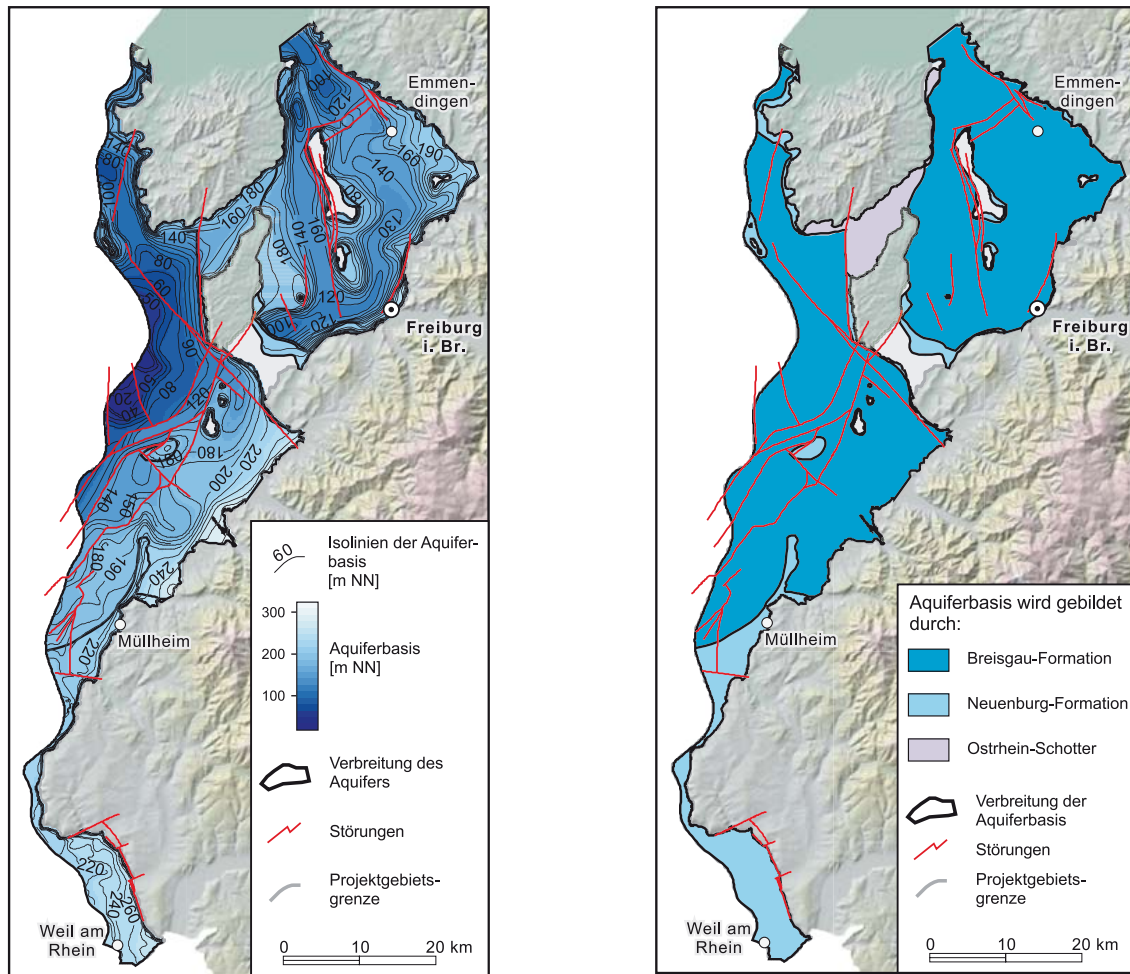
Im Teilgebiet Mitte (Abb. 11.3 und 11.4) liegt die Aquiferbasis im Westen südlich von Kehl bis Altenheim (ca. 20 m NN) sowie auf der Tiefscholle westlich von Kappel und Weisweil (ca. 10 m NN) am tiefsten. Sie steigt entlang des Rheins auf Höhe von Lahr auf 60 m NN an. Westnordwestlich von Lahr zeichnet sich im Bereich dieser Schwelle eine Hochscholle ab. Hier fehlt die Breisgau-Formation, und die Neuen-

burg-Formation liegt direkt auf gering durchlässigen pliozänen Sedimenten (Abb. 11.3 rechts und 11.4). Im Norden wird der untere Aquiferabschnitt durch die Ortenau-Formation gebildet.

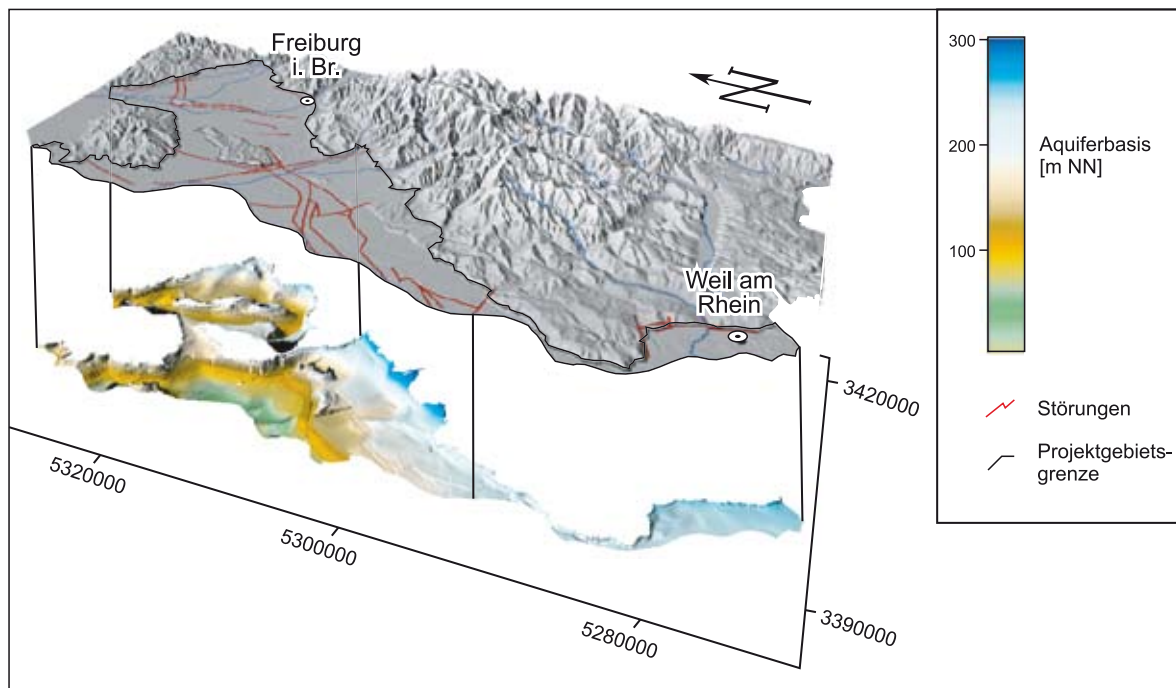
An der Grenze zum Teilgebiet Nord geht die Iffezheim-Formation / das Fluvatile Jungtertiär nach Norden in die Untere sandig-schluffige Abfolge unten über (z. B. RPF/LGRB 2007a: Schnitte: *nord\_laengs-schnitt\_3*). Letztere bildet im Teilgebiet Nord gemeinsam mit der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben den Unteren Grundwasserleiter (Kap. 12.2.3), der im Raum Karlsruhe und nördlich davon zur Trinkwassergewinnung genutzt wird. Im GIS-Datensatz wurde der allmähliche lithologische Übergang von der überwiegend tonig-schluffig ausgebildeten Iffezheim-Formation / dem Fluvialen Jungtertiär im Süden zur überwiegend sandig-schluffig bzw. lagenweise kiesig ausgebildeten Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten im Norden vereinfacht dargestellt. Dies hat zur Folge, dass an der Grenze vom Teilgebiet Mitte zum Teilgebiet Nord die Aquiferbasis nach Norden auf die Basis der Lockergesteine (bzw. Miozänoberfläche) „herunterfällt“ und die Aquifermächtigkeit dadurch sprunghaft zunimmt (Abb. 11.3, 11.5, 11.6). Die Untere sandig-schluffige Abfolge unten fehlt bereichsweise auf der Randscholle. Dort wird der Aquifer durch die Obere kiesig-sandige / Mittlere sandig-kiesige Abfolge gebildet (Abb. 11.5 rechts). Sie liegt direkt auf den älteren tertiären Sedimenten.

In den Isolinienplänen der Lockergesteinsbasis (Abb. 11.7 und 11.8) zeichnen sich im Wesentlichen die gleichen Strukturen ab, die auch in der Aquiferbasis vorhanden sind. Geringe Abweichungen treten in den Teilgebieten Süd und Mitte auf, wo zwischen der Aquiferbasis und der Basis der Lockergesteine die gering durchlässigen feinkörnigen Sedimente der Iffezheim-Formation / des Fluvialen Jungtertiärs eingeschaltet sind. Im Norden liegt direkt über der Lockergesteinsbasis der Untere Grundwasserleiter (Untere sandig-schluffige Abfolge unten). Die beiden Grenzflächen sind dort deshalb identisch.

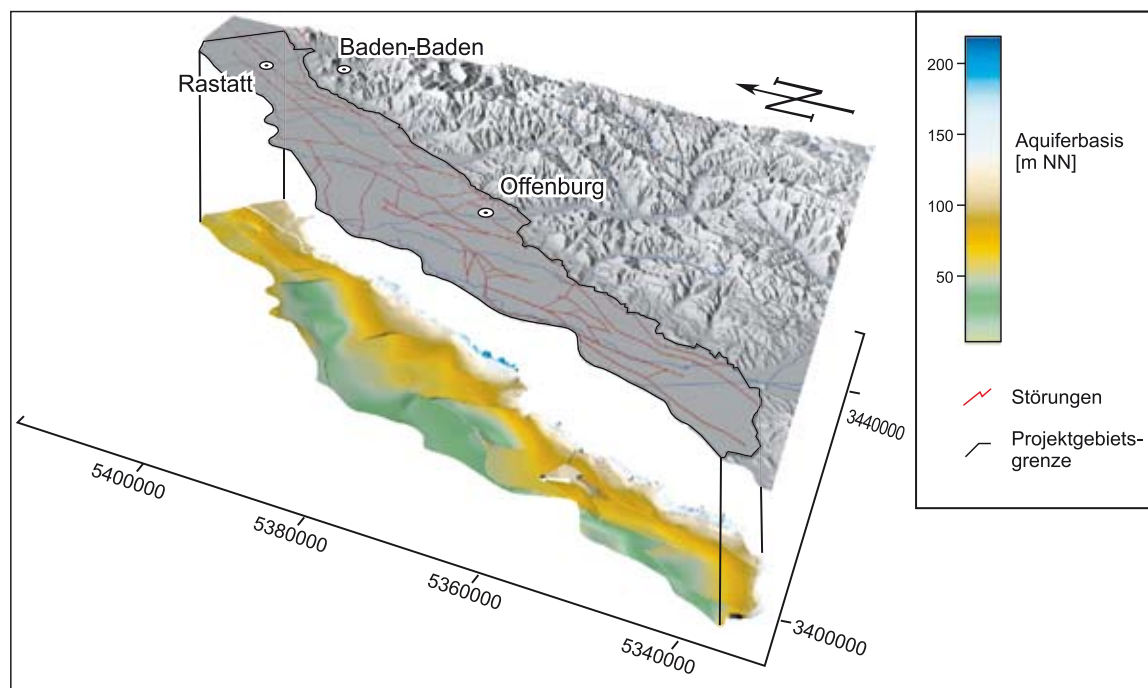
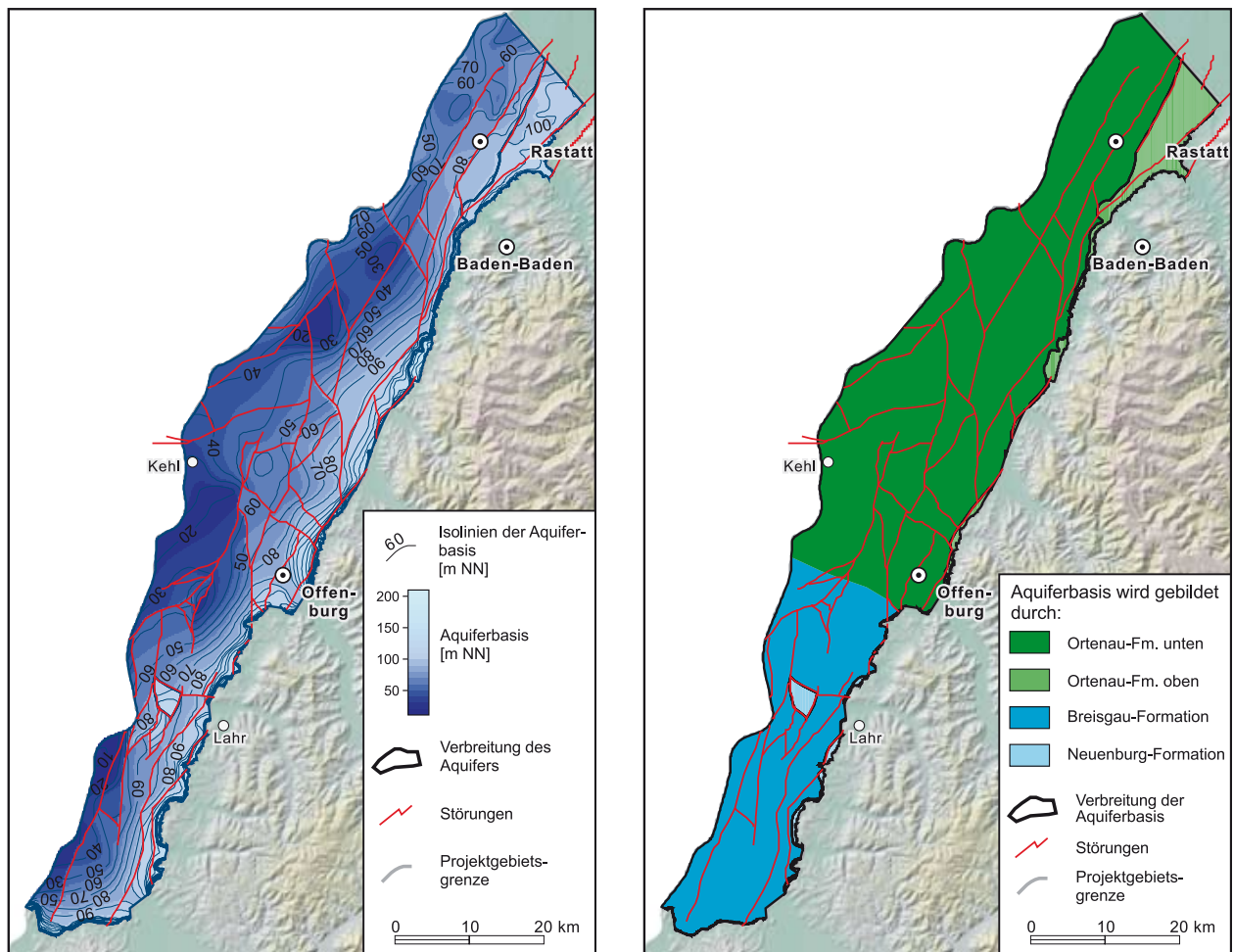


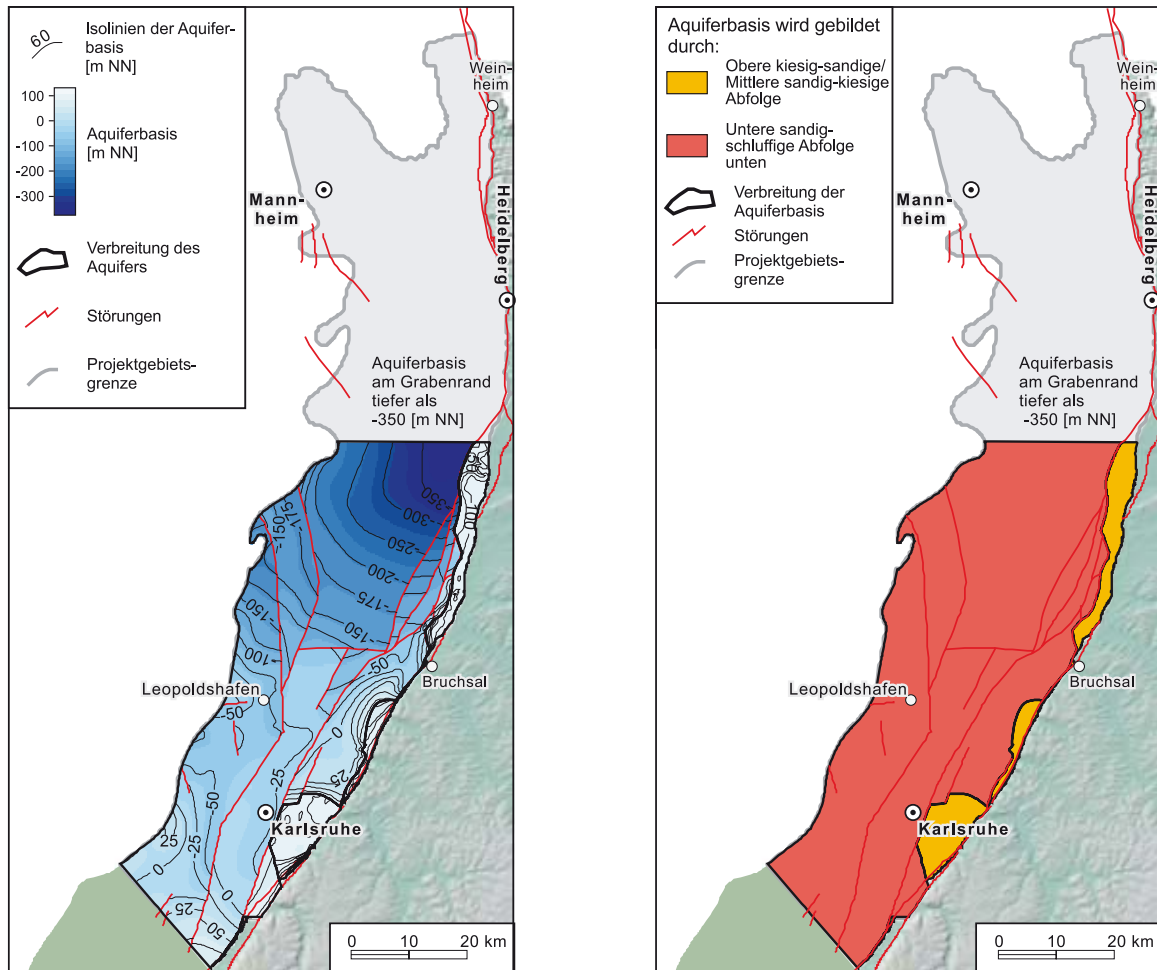


**Abb. 11.1** Teilgebiet Süd: Isolinienplan und Rasterdarstellung der Aquiferbasis (links) sowie hydrogeologische Einheit an der Aquiferbasis (rechts).

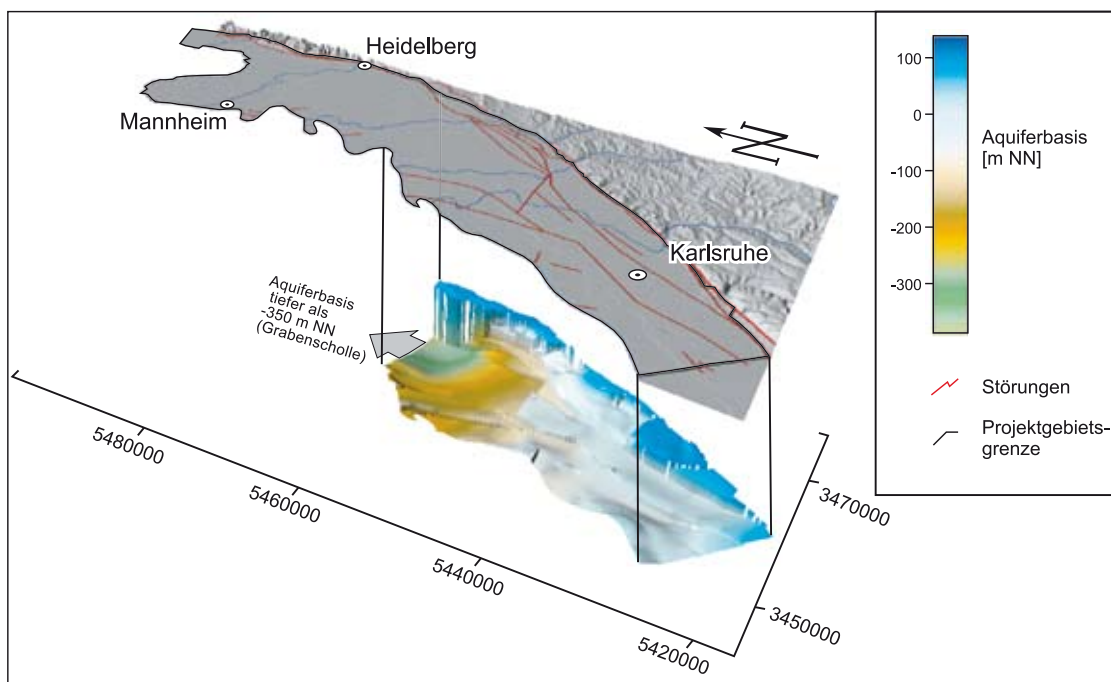


**Abb. 11.2** Teilgebiet Süd: Perspektivische Ansicht der Aquiferbasis.



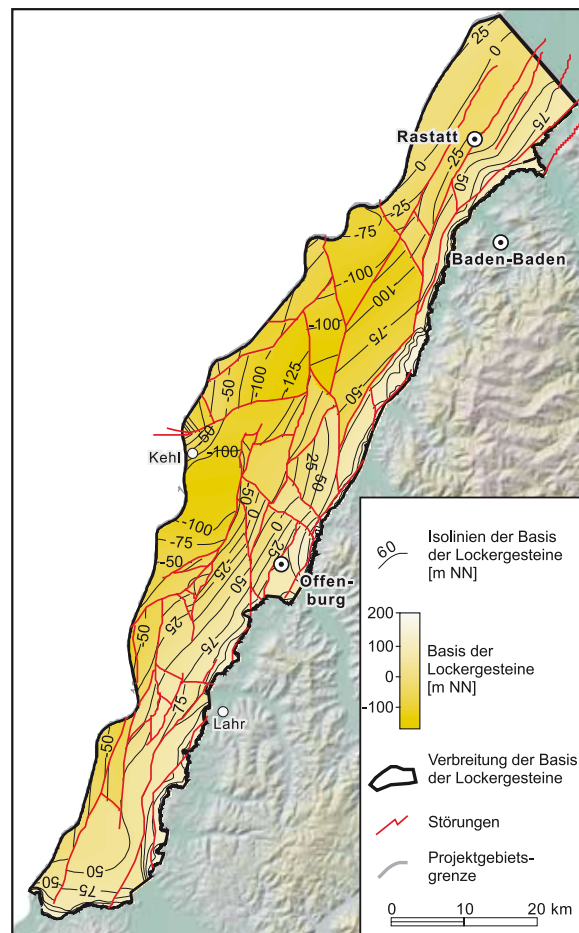
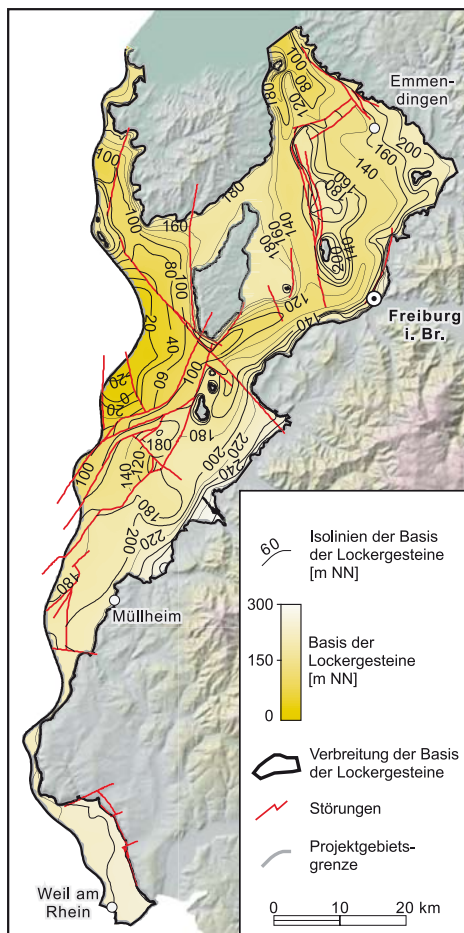


**Abb. 11.5** Teilgebiet Nord: Isolinenplan und Rasterdarstellung der Aquiferbasis (links) sowie hydrogeologische Einheit an der Aquiferbasis (rechts).

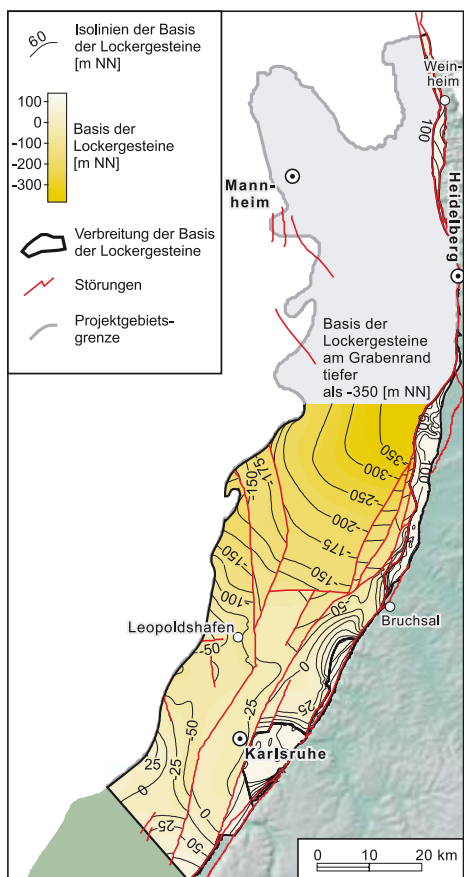


**Abb. 11.6** Teilgebiet Nord: Perspektivische Ansicht der Aquiferbasis.





▲ **Abb. 11.7** Teilgebiet Süd (links) und Teilgebiet Mitte (rechts): Isolinienplan und Rasterdarstellung der Lockergesteinsbasis.



◀ **Abb. 11.8** Teilgebiet Nord: Isolinienplan und Rasterdarstellung der Lockergesteinsbasis.



## 12 Grundwasservorkommen im Oberrheingraben

Die Lockergesteine des Oberrheingrabens enthalten Grundwasservorkommen, die lateral über verschiedene hydrogeologische Einheiten reichen und vertikal gegliedert werden können. Kriterien für die Abgrenzung sind bindige Zwischenschichten, unterschiedliche hydrogeologische Eigenschaften der Grundwasserleiter, Unterschiede in den hydraulischen Potenzialen sowie eine unterschiedliche hydrochemische und isotonenhydrologische Beschaffenheit des Grundwassers.

Entsprechend der Nomenklatur in der HGK Karlsruhe-Speyer (HGK 2007) und HGK Rhein-Neckar-Raum (HGK 1999) werden die Grundwasservorkommen nach den Grundwasserleitern benannt, in denen sie vorkommen.

### 12.1 Hydrostratigraphische Gliederung

Die Gliederung der Grundwasservorkommen in den Lockersedimenten des Oberrheingrabens in einzelne Grundwasserkörper ist für die verschiedenen Teilgebiete anhand schematischer hydrogeologischer Längs- bzw. Querschnitte dargestellt (Abb. 12.1 bis 12.6, zur Lage der Schnitte siehe Abb. 8.1). 41 weitere Längs- und vier Querschnitte finden sich auf der CD-ROM (RPF/LGRB 2007a).

In den Teilgebieten Süd und Mitte erfolgt die Einteilung in Grundwasserkörper im Wesentlichen aufgrund der unterschiedlichen hydraulischen Eigenschaften der beiden Grundwasserleiter. Diese Unterschiede sind im Teilgebiet Süd zwischen der Neuenburg-Formation und der Breisgau-Formation deutlich, im Teilgebiet Mitte innerhalb der Ortenau-Formation dagegen nur noch gering (Tab. 13.1, Abb. 13.10 und 13.11). Hydraulisch wirksame Trennhorizonte fehlen. Signifikante Unterschiede im hydraulischen Potenzial zwischen dem Grundwasser des Oberen und des Unteren Grundwasserleiters existieren südlich von Offenburg nicht.

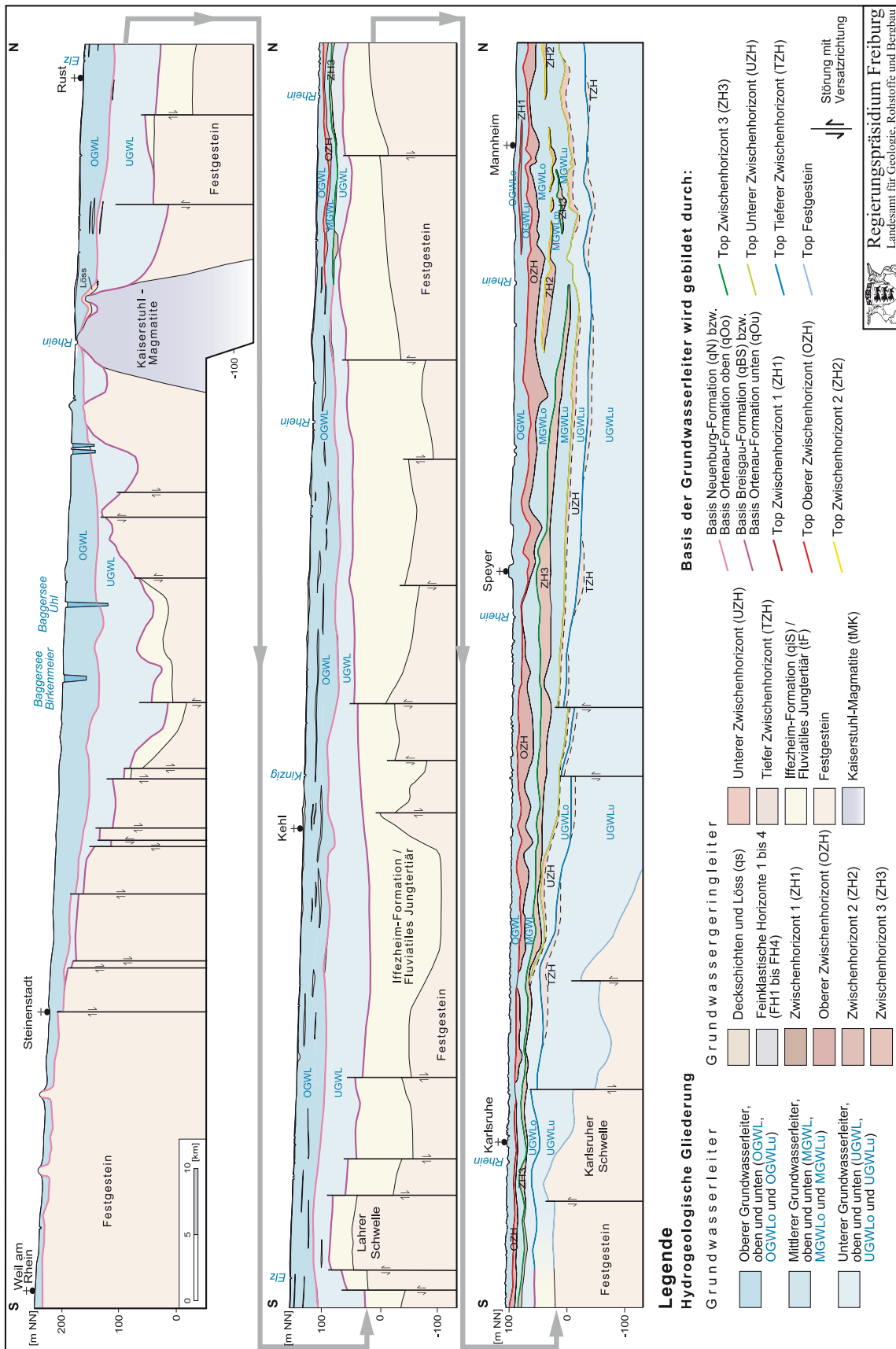
Von Basel bis Rastatt wurden die Lockergesteine entsprechend ihrer unterschiedlichen hydraulischen Eigenschaften in einen Oberen und einen Unteren Grundwasserleiter (OGWL und UGWL) gegliedert, die jeweils ein separates Grundwasservorkommen enthalten (Abb. 12.1). Den Oberen Grundwasserleiter bildet südlich von Offenburg die Neuenburg-Formation, nördlich davon die Ortenau-Formation oben. Der Untere Grundwasserleiter wird im Süden von der Breisgau-Formation, ab Offenburg von der

Ortenau-Formation unten aufgebaut (Abb. 12.1, 12.2, 12.4). Im größten Teil des Oberrheingrabens bilden die gering durchlässige Iffezheim-Formation/das Fluviale Jungtertiär oder ältere tertiäre Schichten die Aquiferbasis.

In der Freiburger Bucht lässt sich ebenfalls ein Oberer Grundwasserleiter (Neuenburg-Formation und Ostrhein-Schotter) und ein Unterer Grundwasserleiter (Breisgau-Formation) unterscheiden (Abb. 12.3). Im oberen Abschnitt des Unteren Grundwasserleiters ist im Norden der Freiburger Bucht der feinkörnige Riegel-Horizont ausgebildet, der bereichsweise zu einer weiteren hydraulischen Trennung innerhalb des Unteren Grundwasserkörpers führt.

Im Bereich Offenburg schalten sich nach Norden in den Oberen und Unteren Grundwasserleiter vermehrt geringer durchlässige Schichten ein. Es handelt sich um räumlich eng begrenzte Linsen, die zwar den vertikalen Grundwasserfluss einschränken, jedoch noch nicht flächenhaft als Trennschicht wirken (Abb. 10.4 bis 10.7 und 12.4, RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *mitte\_laengsschnitt\_1* bis *mitte\_laengsschnitt\_3* und *mitte\_querschnitt\_1* bis *mitte\_querschnitt\_7*). Erst nördlich von Kehl ist ein Feinklastischer Horizont (FH4) flächenhaft ausgebildet. Er liegt ab der Höhe von Bühl auf dem Niveau des Oberen Zwischenhorizonts (OZH; Hydrogeologische Kartierung Karlsruhe-Speyer; HGK 1988, HGK 2007) und wird mit diesem verbunden. Das Verbreitungsgebiet des OZH wurde deshalb gegenüber früheren Bearbeitungen nach Süden erweitert. Ob die beiden feinkörnigen Einheiten stratigraphisch einander entsprechen, ist unklar.

Weiter im Norden sind gering durchlässige Sedimente aus Schluffen, Tonen und Sanden flächenhaft verbreitet und trennen in den gröberklastischen Grundwasserleitern als Grundwassergeringleiter einzelne Grundwasservorkommen (Abb. 12.5 und 12.6). Je nach Mächtigkeit und lithologischer Ausbildung der Trennschichten stehen die einzelnen Grundwasserleiter über Fenster und Leakage miteinander in unterschiedlichem Maße hydraulisch in Verbindung. In den Fensterbereichen, in denen die Trennschichten fehlen, sind die verschiedenen Grundwasserkörper miteinander verbunden und die Leiter bilden eine durchgehende hydraulische Einheit. Dies kommt in den Karten der Basis und Mächtigkeit der Grundwasserleiter durch sprunghafte Änderung der Tiefenlage der Grenzfläche zum Ausdruck, da sie im Bereich solcher Fenster auf die nächst tiefer gelegene Trennschicht „herunterfällt“ (z. B. im Raum Karlsruhe – Speyer in der Karte des Oberen Grundwasserleiters an der östlichen Verbreitungsgrenze des Oberen Zwischenhorizonts bzw. der Oberen kiesig-sandigen Abfolge, Abb. 12.11).

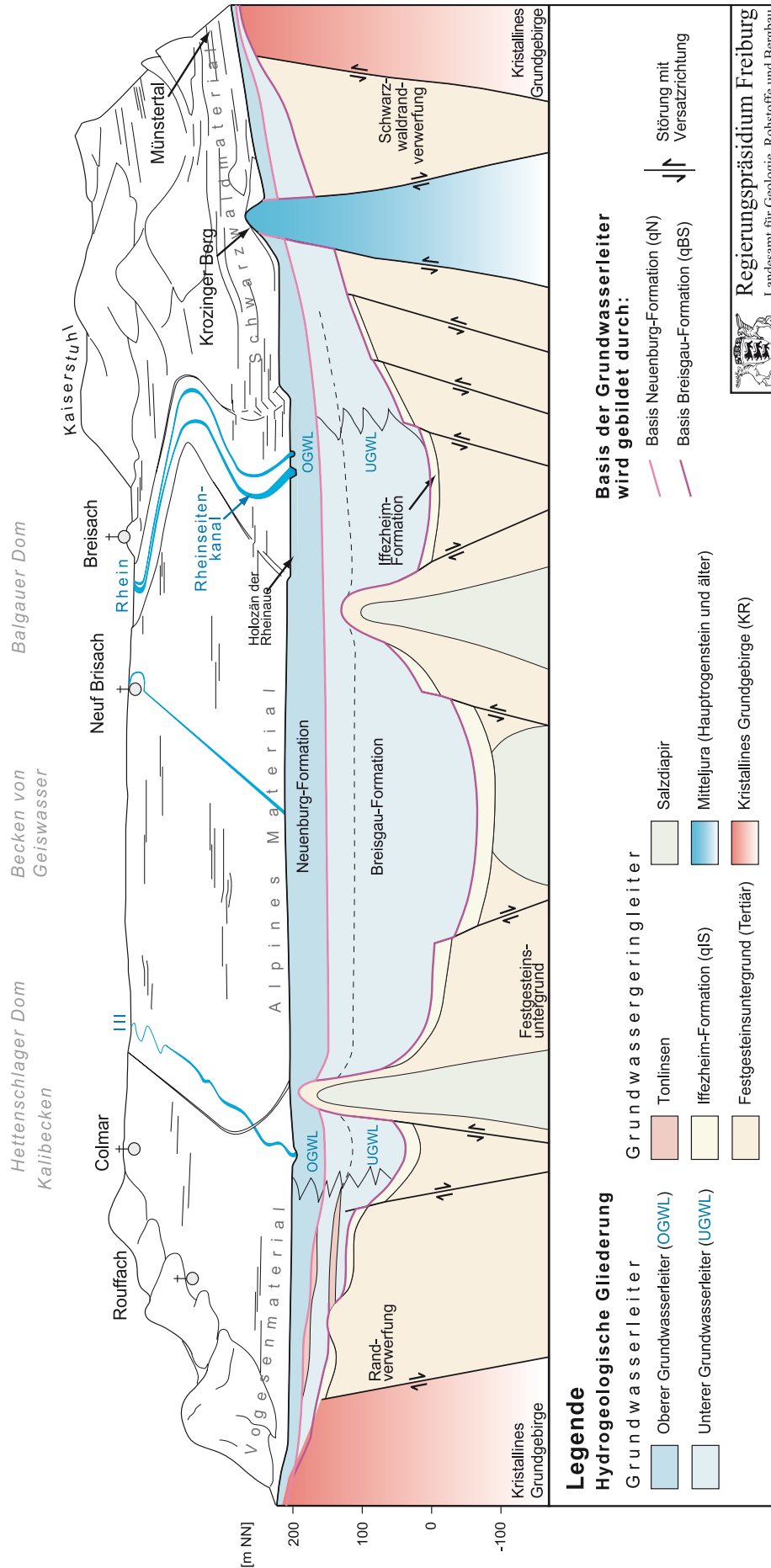


**Abb. 12.1** Schematischer Längsschnitt durch das Bearbeitungsgebiet in Süd – Nord-Richtung (Weil am Rhein – Kaiserstuhl – Mannheim, Schnittverlauf s. Abb. 8.1) mit Gliederung der Abfolge in Grundwasserleiter (verschiedene Blautöne) und Grundwassergeringleiter (verschiedene Brauntöne). Die Farbe der Grenzen zwischen den Grundwasserleitern gibt an, durch welche lithologische Einheit die Basis des jeweiligen Grundwasserleiters gebildet wird.

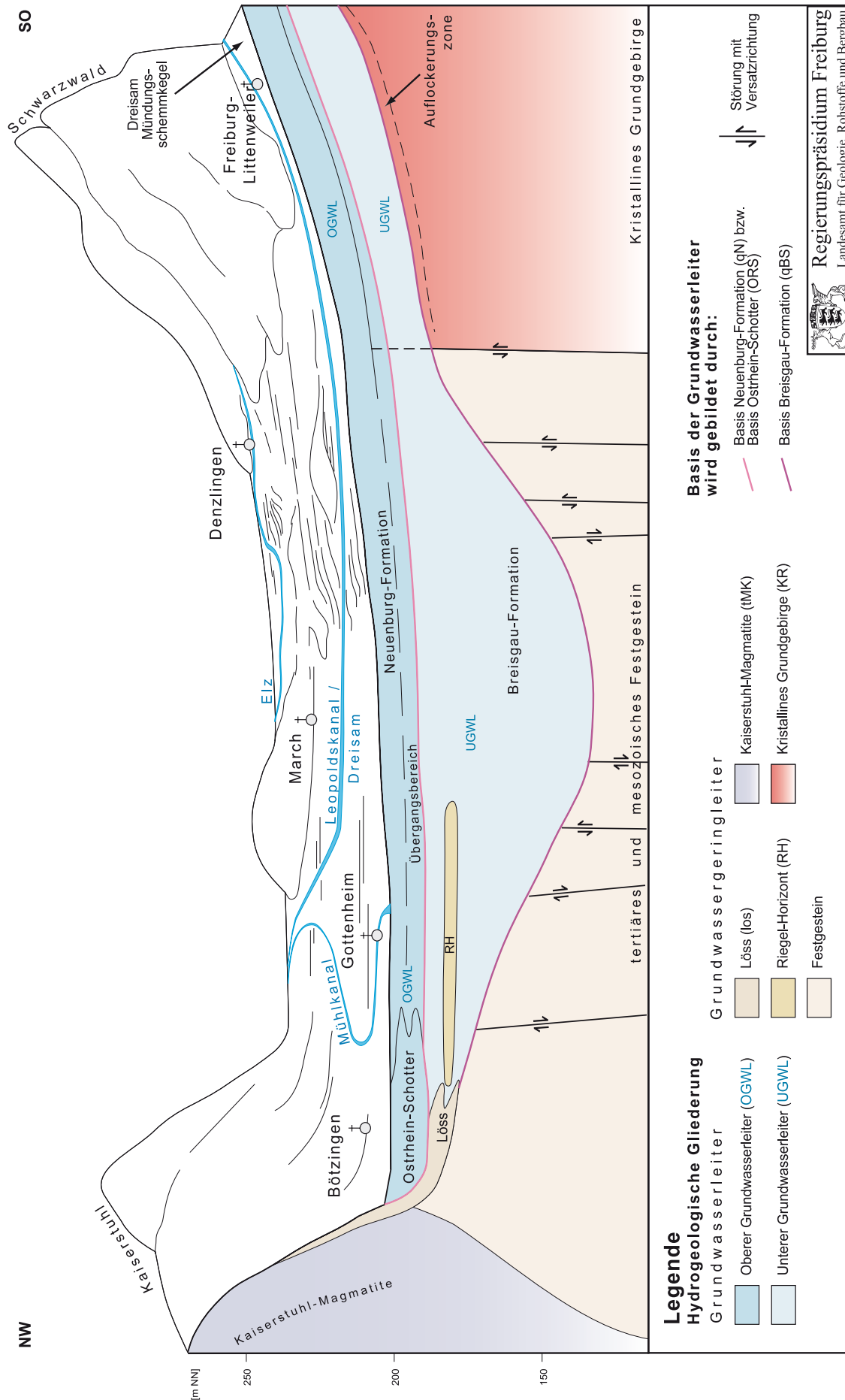
WSW

Frankreich Deutschland

ONO

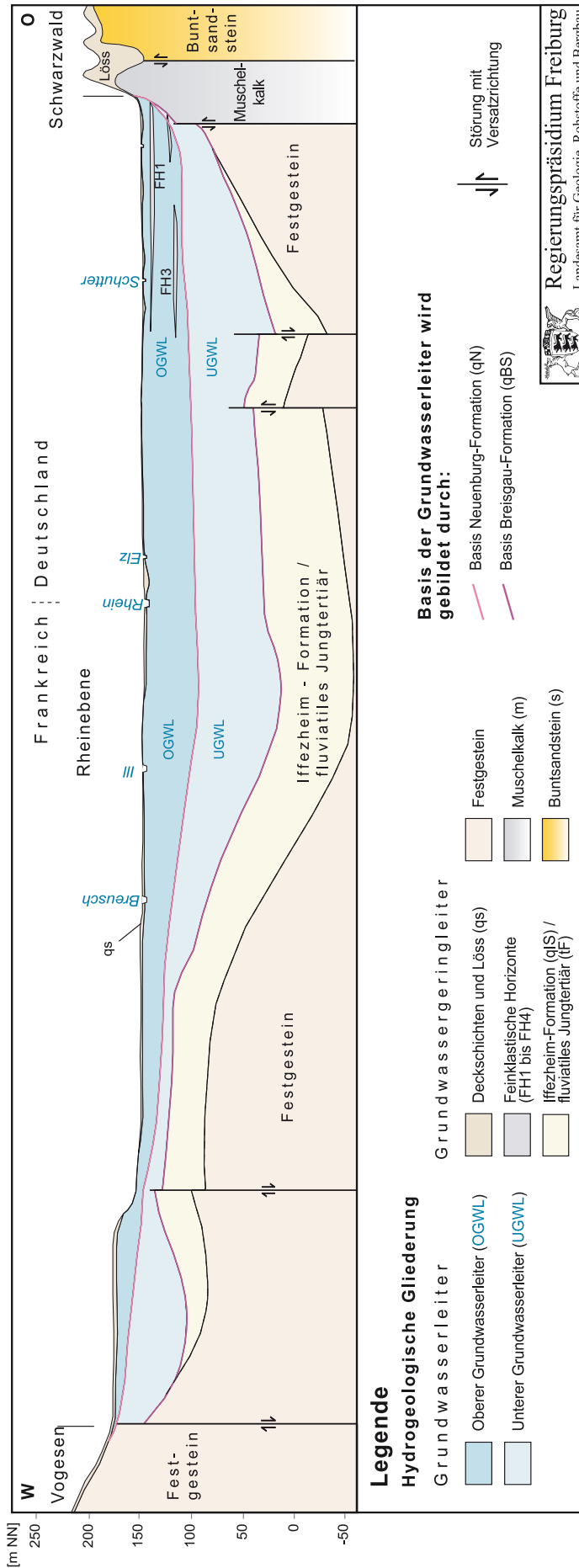


**Abb. 12.2** Schematisches Blockbild durch den südlichen Oberrheingraben vom Thurer Tal nördlich von Mulhouse ins Münsterthal bei Staufen (Schnittverlauf s. Abb. 8.1) mit Gliederung der Abfolge in Grundwasserleiter (verschiedene Blautöne) und Grundwassergeringleiter (verschiedene Brauntöne). Die Farbe der Grenzen zwischen den Grundwasserleitern gibt an, durch welche lithologische Einheit die Basis des jeweiligen Grundwasserleiters gebildet wird.

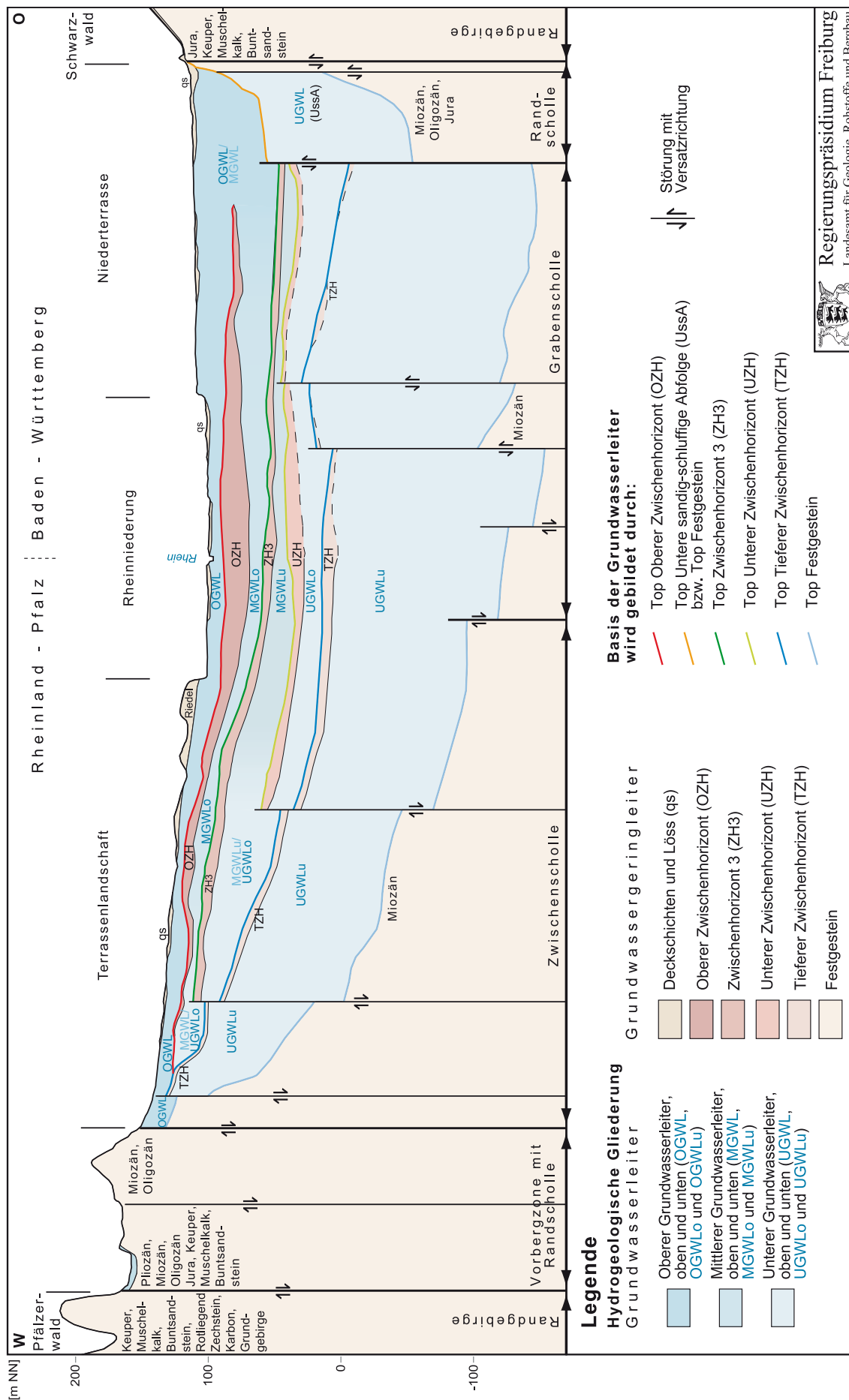


**Abb. 12.3** Schematisches Blockbild durch die Freiburger Bucht vom Kaiserstuhl in das Dreisamtal bei Freiburg (Schnittverlauf s. Abb. 8.1) mit Gliederung der Abfolge in Grundwasserleiter (verschiedene Blautöne) und Grundwassergeringleiter (verschiedene Brauntöne). Die Farbe der Grenzen zwischen den Grundwasserleitern gibt an, durch welche lithologische Einheit die Basis des jeweiligen Grundwasserleiters gebildet wird.

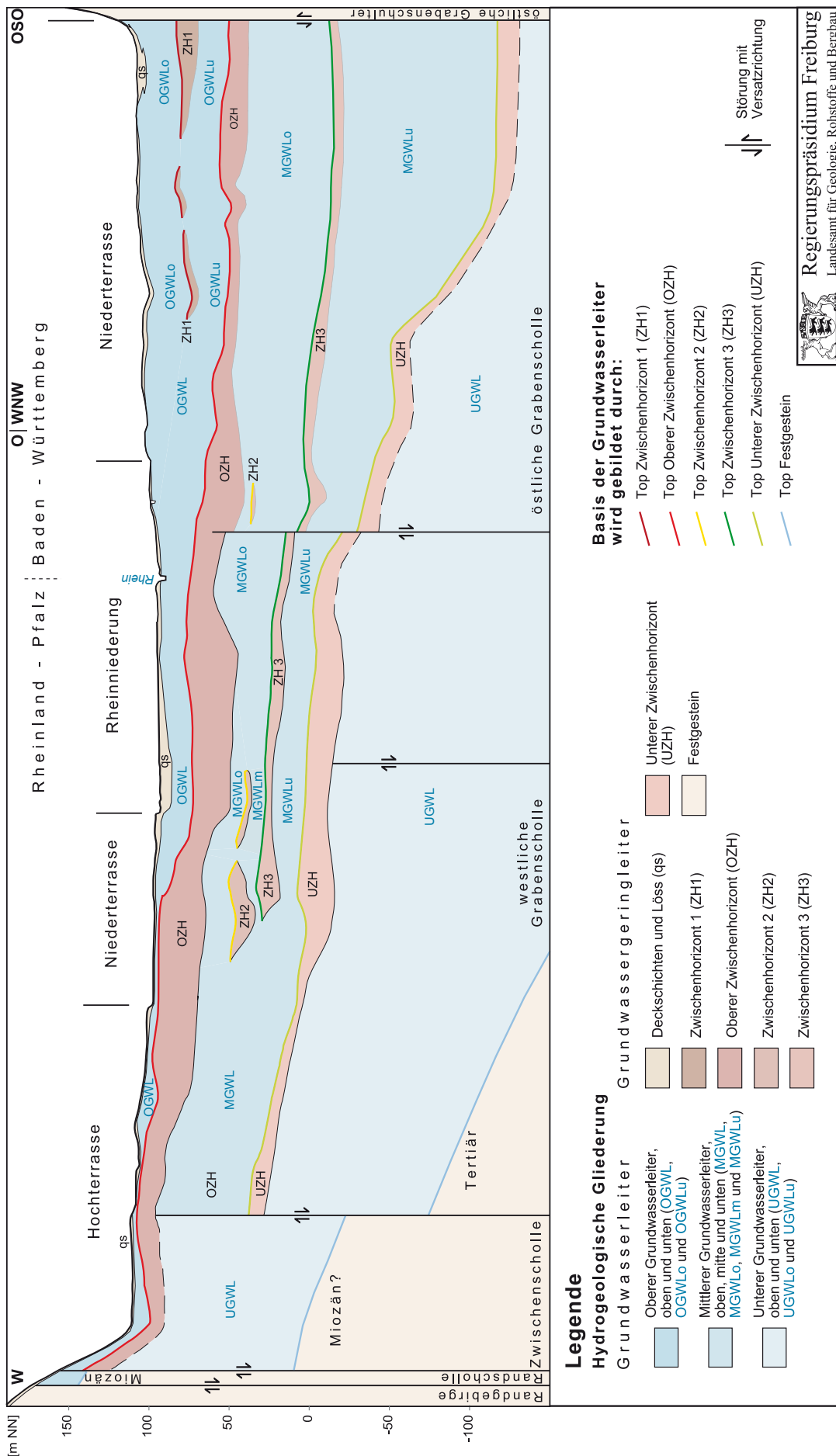




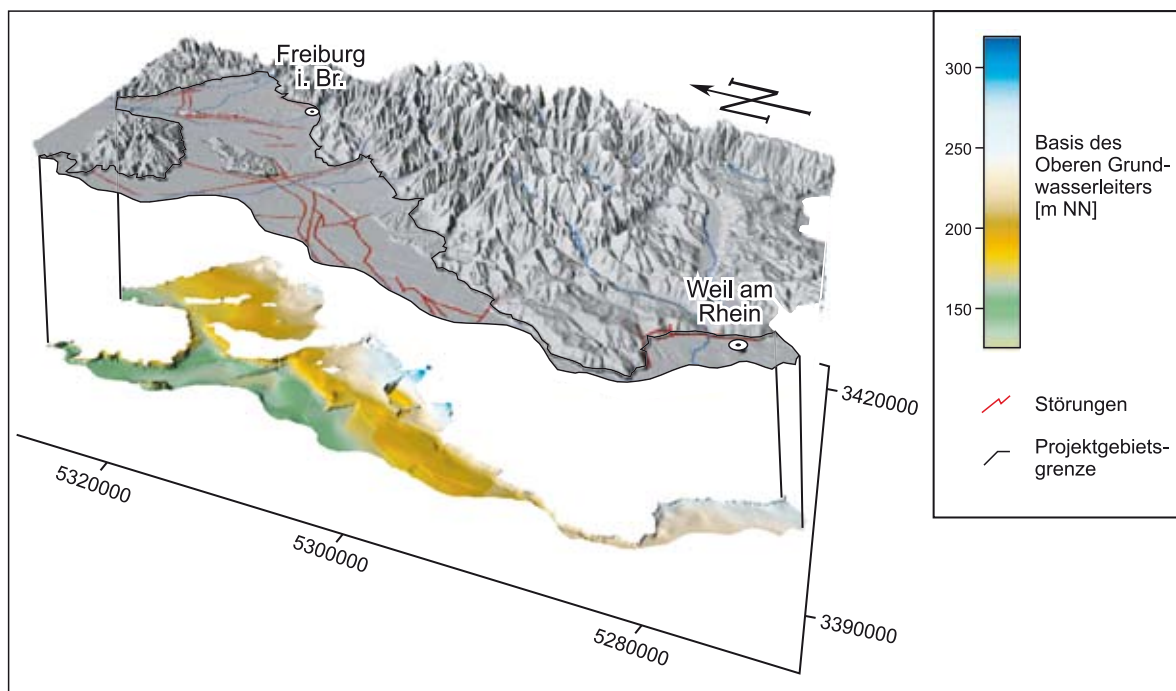
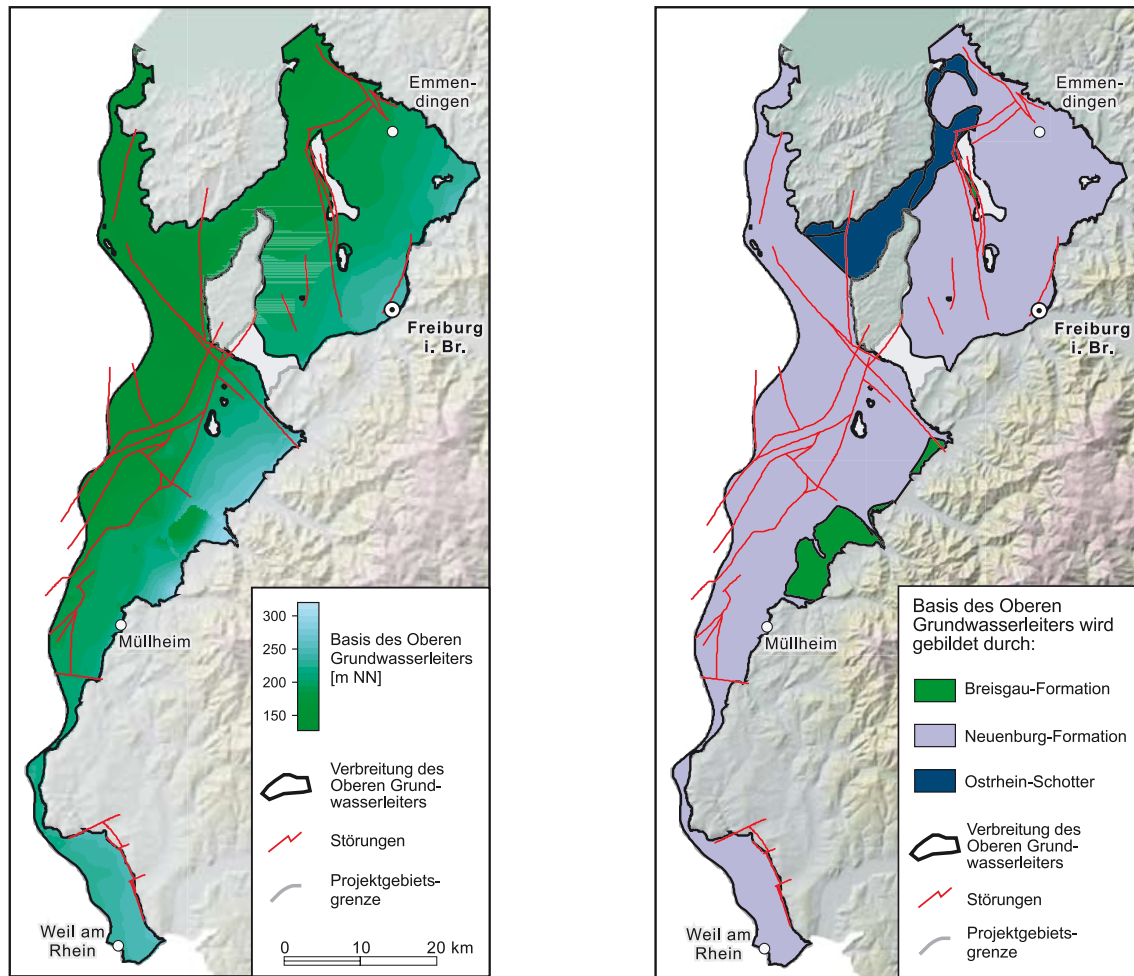
**Abb. 12.4** Schematischer Querschnitt durch den Oberrheingraben auf der Höhe von Strassbourg / Offenburg (Schnittverlauf s. Abb. 8.1) mit Gliederung der Abfolge in Grundwasserleiter (verschiedene Blautöne). Die Farbe der Grenzen zwischen den Grundwasserleitern gibt an, durch welche lithologische Einheit die Basis des jeweiligen Grundwasserleiters gebildet wird.



**Abb. 12.5** Schematischer Querschnitt durch den nördlichen Oberheingraben etwa auf der Höhe von Gernersheim (Schnittverlauf s. Abb. 8.1) mit Gliederung der Abfolge in Grundwasserleiter (verschiedene Blautöne) und Grundwassergeringleiter (verschiedene Brauntöne). Die Farbe der Grenzen zwischen den Grundwasserleitern gibt an, durch welche lithologische Einheit die Basis des jeweiligen Grundwasserleiters gebildet wird.



**Abb. 12.6** Schematischer Querschnitt durch den nördlichen Oberheingraben südlich von Mannheim (Schnittverlauf s. Abb. 8.1) mit Gliederung der Abfolge in Grundwasserleiter (verschiedene Blautöne) und Grundwasserringleiter (verschiedene Brauntöne). Die Farbe der Grenzen zwischen den Grundwasserleitern gibt an, durch welche lithologische Einheit die Basis des jeweiligen Grundwasserleiters gebildet wird.





Vergleichsweise kleine Fenster wurden bei der Darstellung der Grundwasserleiterbasis nicht berücksichtigt.

Im Rhein-Neckar-Raum werden bis zu 5 Grundwasserleiter unterschieden (Abb. 12.6). Die hydraulisch wirksamste Trennschicht ist der Obere Zwischenhorizont, der vor allem nördlich von Karlsruhe in z. T. beträchtlicher Mächtigkeit tonig-schluffig ausgebildet ist. Der Zwischenhorizont 3 (ZH3) ist eine weitere, über ein größeres Gebiet vorhandene feinklastische Einschaltung, die zu einer Unterteilung des Mittleren Grundwasserleiters (MGWL) in den MGWL oben (MGWLo) und den MGWL unten (MGWLu) führt. Nur im Nordosten führt der dort flächenhaft ausgebildete Zwischenhorizont 1 (ZH1) zu einer Zweiteilung des Oberen Grundwasserleiters (OGWL) in den Oberen Grundwasserleiter oben (OGWLo) und den Oberen Grundwasserleiter unten (OGWLu).

## 12.2 Karten der Grundwasserleiter

Für die Grundwasserleiter wurden Isolinienpläne abgeleitet. Sie zeigen das Niveau der Grundwasserleiterbasis und wurden in perspektivische Darstellungen umgesetzt, von denen im Folgenden einige exemplarisch dargestellt werden. Sie sind auf der CD-ROM (RPF/LGRB 2007a) für alle Grenzflächen enthalten.

Außerdem wurde dargestellt, welche lithologische Einheit die basale Einheit des jeweiligen Grundwasserleiters bildet.

### 12.2.1 Oberer Grundwasserleiter (OGWL)

Der Obere Grundwasserleiter (OGWL) enthält über den gesamten baden-württembergischen Oberrhein-graben hinweg einen lateral zusammenhängenden Grundwasserkörper. Wasserwirtschaftlich handelt es sich um das bedeutendste Grundwasservorkommen dieser Region.

Bis südlich von Offenburg bildet hauptsächlich die Neuenburg-Formation den Oberen Grundwasserleiter (Abb. 12.7 und 12.9), im Markgräfler Hügelland die Breisgau-Formation und entlang des Kaiserstuhl-Ost-rands die Ostrhein-Schotter. Bis südlich von Karlsruhe schließt die Ortenau-Formation oben an (Abb. 12.9), nördlich davon im Bereich der Grabenscholle die Obere kiesig-sandige Abfolge (Abb. 12.11). Auf der Randscholle wird die Obere kiesig-sandige mit der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge zum Oberen Grundwasserleiter zusammengefasst. Hiermit ist

eine deutliche Zunahme der Mächtigkeit des Oberen Grundwasserleiters östlich des Oberen Zwischenhorizonts verbunden (Abb. 12.11 links und 12.12). Lediglich auf der Vorbergzonen-Scholle nordöstlich von Ettlingen wird er von der Unteren sandig-schluffigen Abfolge unten gebildet (Abb. 12.11 rechts).

Die Basis des Oberen Grundwasserleiters ist von zahlreichen Störungen durchzogen. Dies führt insbesondere im südlichen und mittleren Teilgebiet zu sprunghaften Änderungen in der Tiefenlage der Grenzfläche sowie der Mächtigkeit des Grundwasserleiters (Abb. 12.7 bis 12.10).

Das Grundwasser ist im Oberen Grundwasserleiter meist ungespannt. Lediglich im Raum Karlsruhe – Speyer und der Region Rhein-Neckar kann es im Bereich der Rheinaue durch die Auelehme gespannt sein.

Der Obere Grundwasserleiter wird im Rhein-Neckar-Raum am östlichen Grabenrand durch den Zwischenhorizont 1 (ZH1) in den Oberen Grundwasserleiter oben (OGWLo) und den Oberen Grundwasserleiter unten (OGWLu) zweigeteilt (Abb. 10.15 und 12.13, RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *nord\_querschnitt\_1* bis 3). Potenzialunterschiede zwischen dem Grundwasser im OGWLo und OGWLu sind meist nicht nachweisbar oder klein. Dagegen macht sich die hydraulische Trennung durch den ZH1 durch die unterschiedliche hydrochemische und isotopenhydrologische Zusammensetzung der Grundwässer über und unter der Trennschicht deutlich bemerkbar (HGK 1999).

Im Bereich der Zweiteilung ist der Obere Grundwasserleiter oben getrennt dargestellt (Abb. 12.13). Der Obere Grundwasserleiter unten wurde in die Darstellung des Oberen Grundwasserleiters einbezogen (Abb. 12.11).

Auf der Randscholle, wo der Obere Zwischenhorizont als Trennschicht fehlt und eine lithologische Unterscheidung zwischen Oberer kiesig-sandiger Abfolge und Mittlerer sandig-kiesiger Abfolge nicht möglich ist, wurde die gesamte kiesige bis sandige Abfolge als Oberer Grundwasserleiter zusammengefasst (Abb. 12.11 rechts). Er entspricht damit in diesem Bereich dem Jungquartär früherer Bearbeitungen (z. B. HGK 1988).

### 12.2.2 Mittlerer Grundwasserleiter (MGWL)

Mit dem Auftreten des Feinklastischen Horizonts 4 bzw. des Oberen Zwischenhorizonts als obere Begrenzung (Abb. 10.7) und des Zwischenhorizonts 3



bzw. des Unteren Zwischenhorizonts (UZH, nördlich von Karlsruhe) als untere Begrenzung (Abb. 10.11 und 10.21) schaltet sich westlich von Baden-Baden der Mittlere Grundwasserleiter (MGWL) mit einem eigenständigen Grundwasservorkommen ein (Abb. 12.1, 12.5 und 12.6 sowie 12.14 und 12.15). Im Teilgebiet Mitte bildet die Ortenau-Formation oben (unterer Abschnitt) den MGWL, im Norden die Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben (Abb. 8.3, 12.1, 12.14 und 12.15).

Nördlich von Karlsruhe spaltet sich auf Höhe von Leopoldshafen – Karlsdorf der Untere Zwischenhorizont (UZH) vom Zwischenhorizont 3 ab (Abb. 8.3 und 10.22). Dies führt zu einer Zweiteilung des Mittleren Grundwasserleiters in den Mittleren Grundwasserleiter oben (Abb. 12.15) und den Mittleren Grundwasserleiter unten (Abb. 12.16).

Der ZH3 konnte gegenüber früheren Bearbeitungen durch die Ergebnisse der seismischen Messkampagne auf dem Rhein (RPF/LGRB 2007c) weiter nach Süden verfolgt werden. Er wurde ebenfalls durch Bohrungen auf der Grabenscholle nachgewiesen und kartiert. Auf der östlich anschließenden Zwischen- und Randscholle fehlt er. Der Zwischenhorizont 3 lässt sich als Trennschicht bis zur Grenze nach Hessen verfolgen. Er fehlt lediglich im zentralen Stadtbereich von Mannheim (Abb. 10.21).

Die Basis des Mittleren Grundwasserleiters ist von zahlreichen Störungen durchzogen. Dies führt zu sprunghaften Änderungen in der Tiefenlage der Grenzfläche sowie der Mächtigkeit des Grundwasserleiters (Abb. 12.16 bis 12.18).

Am nördlichen Gebietsrand kommt im Verbreitungsgebiet des Zwischenhorizonts 2 (ZH2) zusätzlich noch der Mittlere Grundwasserleiter Mitte (MGWLm) vor (Abb. 12.17).

Im Raum Karlsruhe – Speyer ist das Grundwasser des Mittleren Grundwasserleiters durchweg gespannt (HGK 1988, HGK 2007).

### 12.2.3 Unterer Grundwasserleiter (UGWL)

Der Untere Grundwasserleiter entspricht im Süden bis in den Raum Offenburg der Breisgau-Formation, bis südlich von Karlsruhe der Ortenau-Formation unten und nördlich davon der Unteren sandig-schluffigen Abfolge (Abb. 12.19, 12.21, 12.23 und 12.24).

Im Raum Karlsruhe und nördlich davon wird der Untere Grundwasserleiter in den Unteren Grundwas-

serleiter oben (UGWLo) und den Unteren Grundwasserleiter unten (UGWLu) unterteilt (Abb. 12.1, 12.5, 12.23 und 12.24). Den UGWLo bildet die Untere sandig-schluffige Abfolge oben, den UGWLu die Untere sandig-schluffige Abfolge unten (Abb. 8.3, 8.7 und 8.8 sowie 12.5 und 12.6).

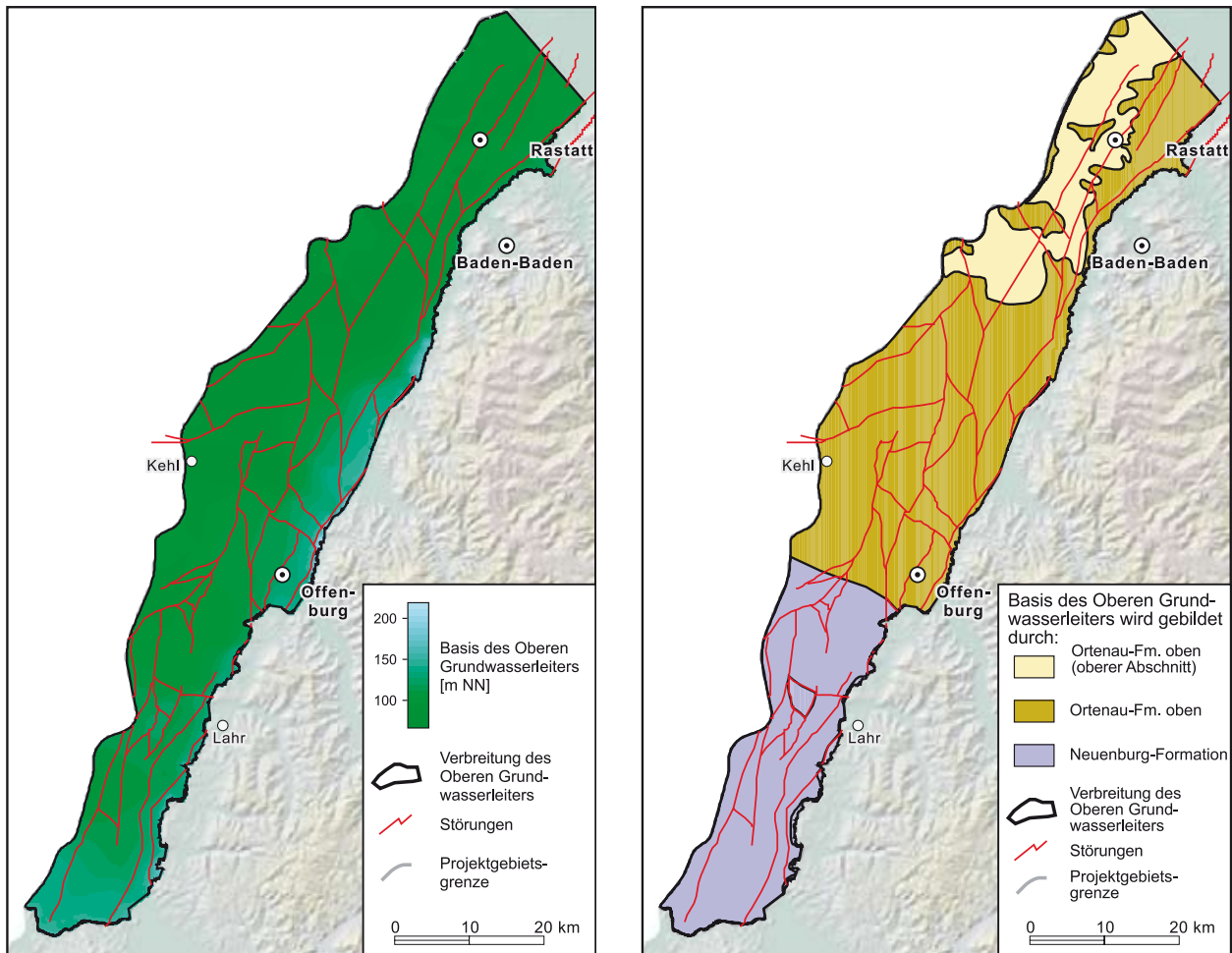
Der Untere Grundwasserleiter wird rechtsrheinisch nördlich von Blanckenloch wasserwirtschaftlich genutzt. Von da aus nimmt seine Mächtigkeit von 30 m auf 140 m bei Walldorf zu. Mit der Mächtigkeitszunahme geht eine Vergrößerung der Korngröße zu Grobsanden mit Kieseinschaltungen einher (RPF/LGRB 2007a; Schnitte: *nord\_querschnitt\_5*). Auf der zentralen Grabenscholle hat der dort überwiegend feinklastische Untere Grundwasserleiter oben folgende Mächtigkeiten: ca. 20 m bei Karlsruhe, ca. 25 m bei Graben-Neudorf, ca. 75 m nordöstlich von St. Leon (Abb. 10.23 rechts).

Inwieweit die Ortenau-Formation unten und die Untere sandig-schluffige Abfolge oben stratigraphisch gleichzustellen sind, ist unklar. Wegen der wesentlich feinkörnigeren Ausbildung der Unteren sandig-schluffigen Abfolge oben ist davon auszugehen, dass mit diesem Übergang in nördliche Richtung eine Verringerung der Durchlässigkeiten des Unteren Grundwasserleiters oben einhergeht. Bereichsweise ist die hydraulische Trennung zum über- bzw. unterlagernden Grundwasserleiter nicht vorhanden, da die Trennhorizonte fehlen.

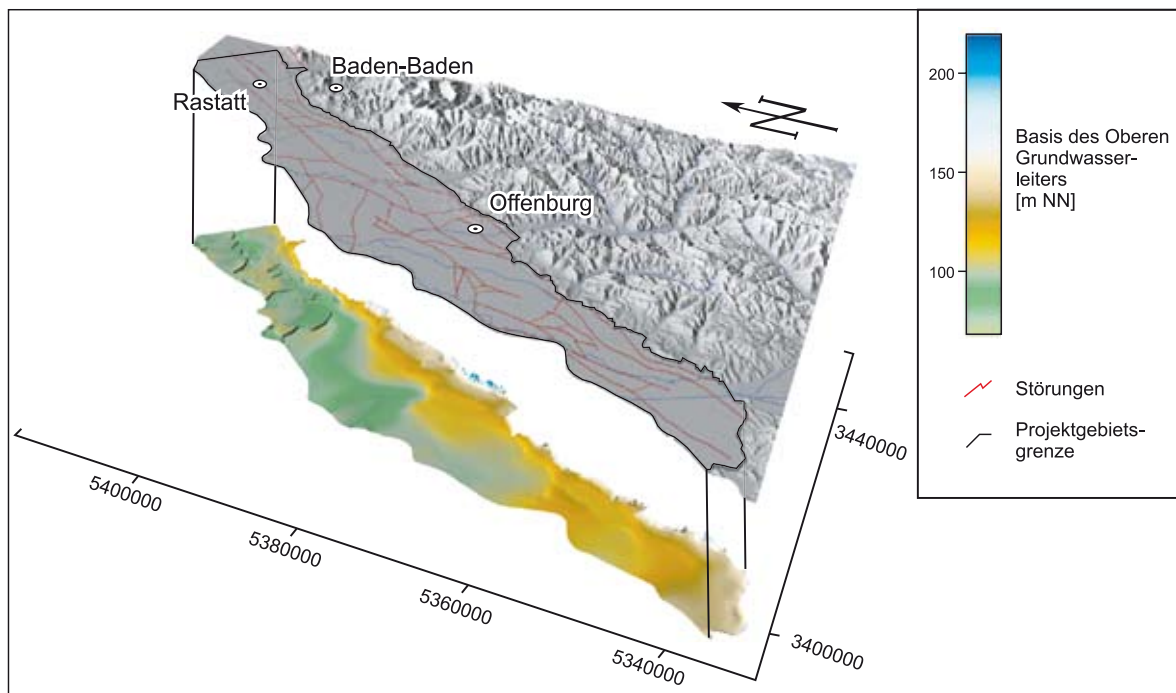
Die Grenze zwischen dem Unteren Grundwasserleiter oben und dem Unteren Grundwasserleiter unten wurde vom Südrand des Teilgebiets Nord bis in den Raum Speyer – Walldorf kartiert. Sie liegt dort bei ca. -25 m NN am Rhein und fällt nach Osten zum Grabenrand auf -125 m NN ab (Abb. 12.23 und 12.24). Weiter nach Norden konnte sie nicht verfolgt werden. Sie taucht dort in große Tiefen ab, in die zu wenige Bohrungen reichen. Auf linksrheinischer Seite konnte der Tiefere Zwischenhorizont (frühere Bezeichnung nach HGK 1988: Tiefere Zwischenschicht) zwischen diesen beiden Grundwasserleitern flächenhaft auskartiert werden.

Eine Gliederung des Unteren Grundwasserleiters unten in einen unteren und oberen pliozänen Grundwasserleiter (HGK 1988), die von der sogenannten Unteren Zwischenschicht getrennt werden, wurde nicht durchgeführt.

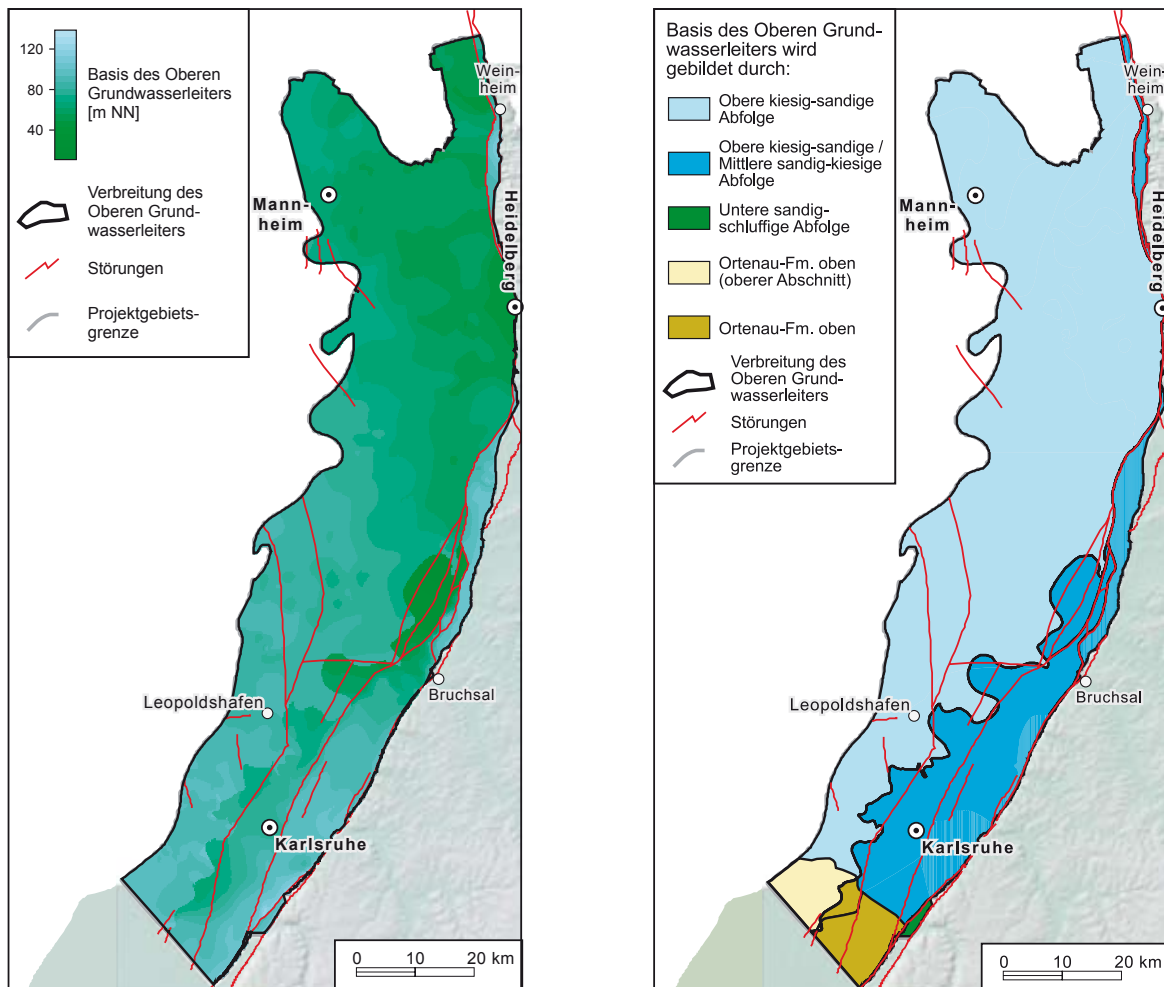
Die Basis des Unteren Grundwasserleiters ist von zahlreichen Störungen durchzogen. Dies führt zu sprunghaften Änderungen in der Tiefenlage der Grenzfläche sowie der Mächtigkeit des Grundwasserleiters (Abb. 12.19 bis 12.25).



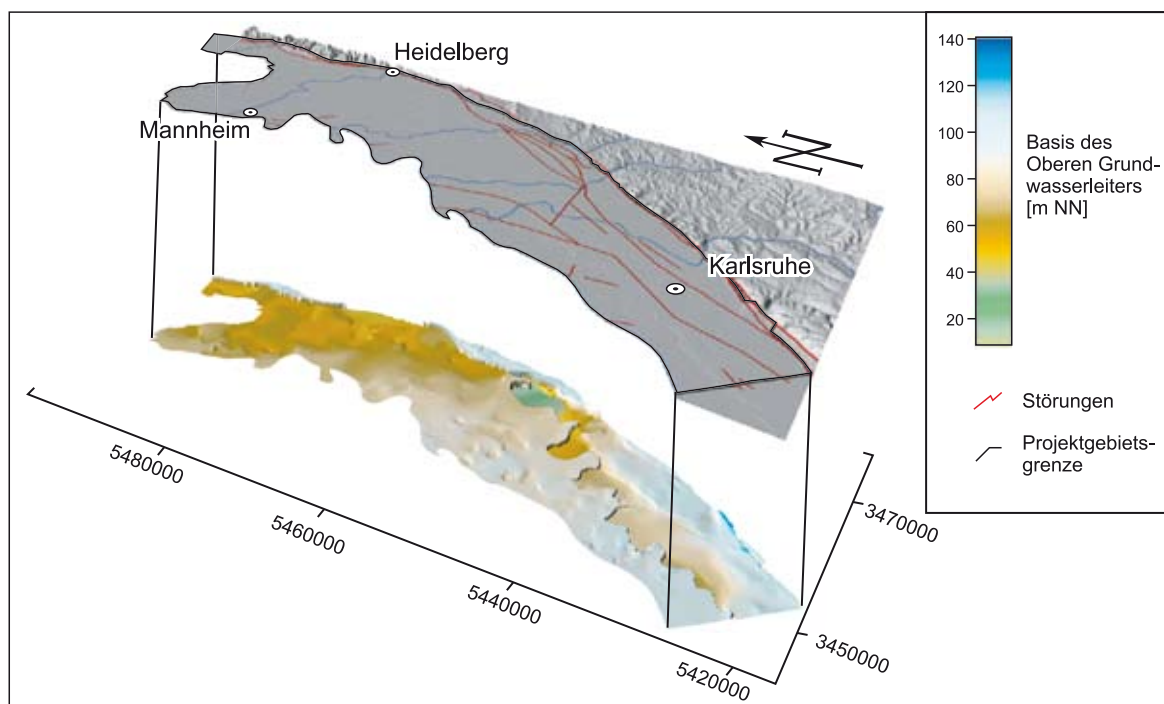
**Abb. 12.9** Oberer Grundwasserleiter im Teilgebiet Mitte: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



**Abb. 12.10** Teilgebiet Mitte: Perspektivische Darstellung der Basis des Oberen Grundwasserleiters.

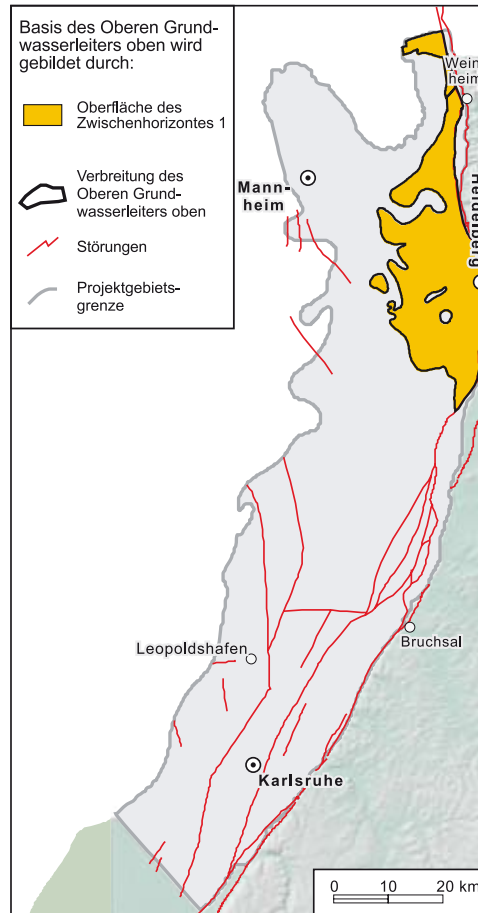
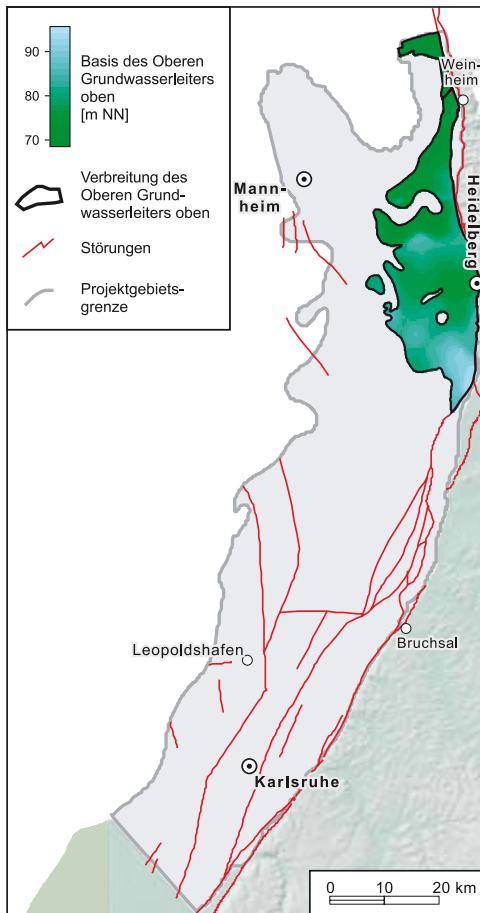


**Abb. 12.11** Oberer Grundwasserleiter im Teilgebiet Nord: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.

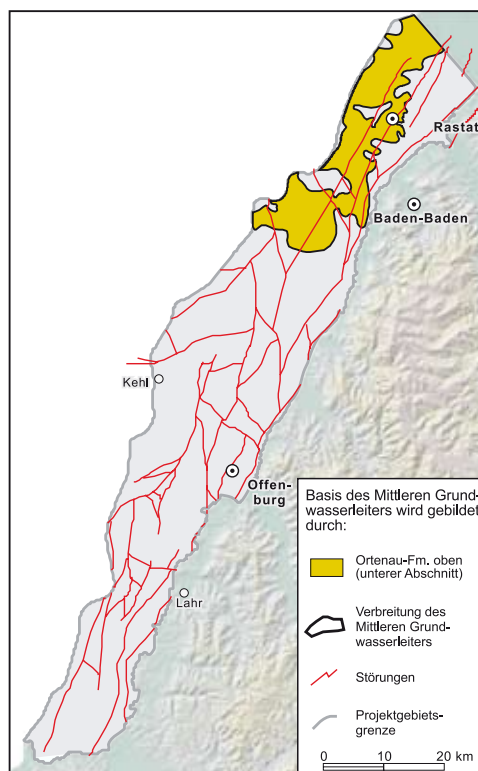
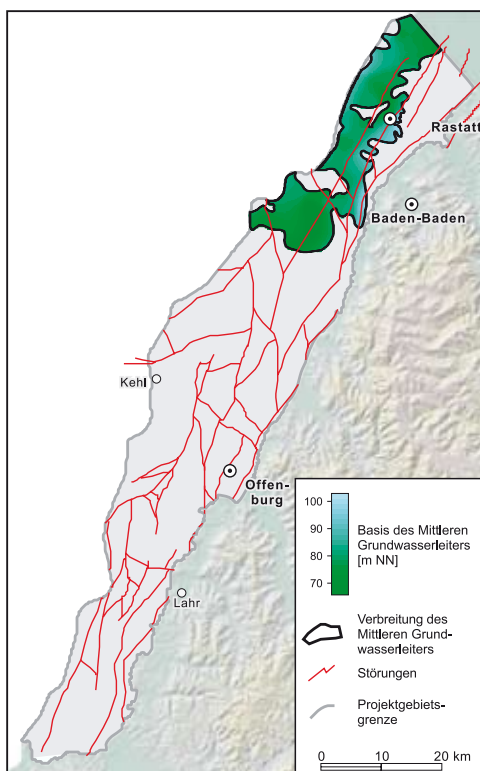


**Abb. 12.12** Teilgebiet Nord: Perspektivische Darstellung der Basis des Oberen Grundwasserleiters.

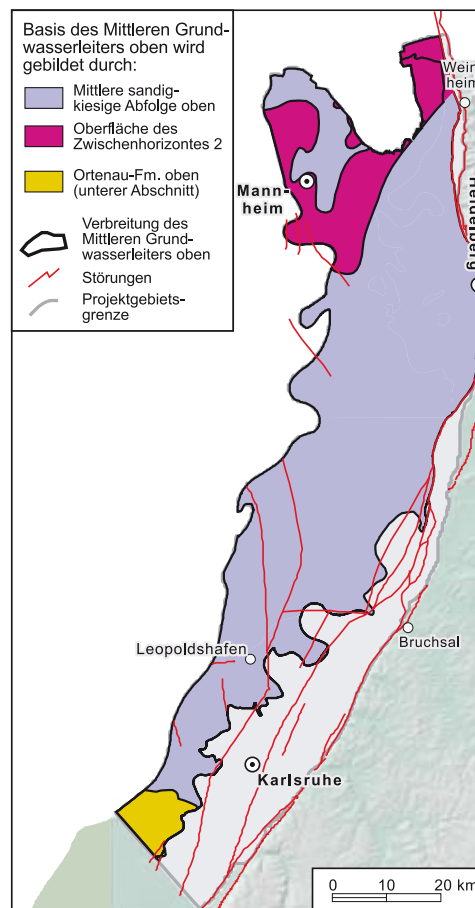
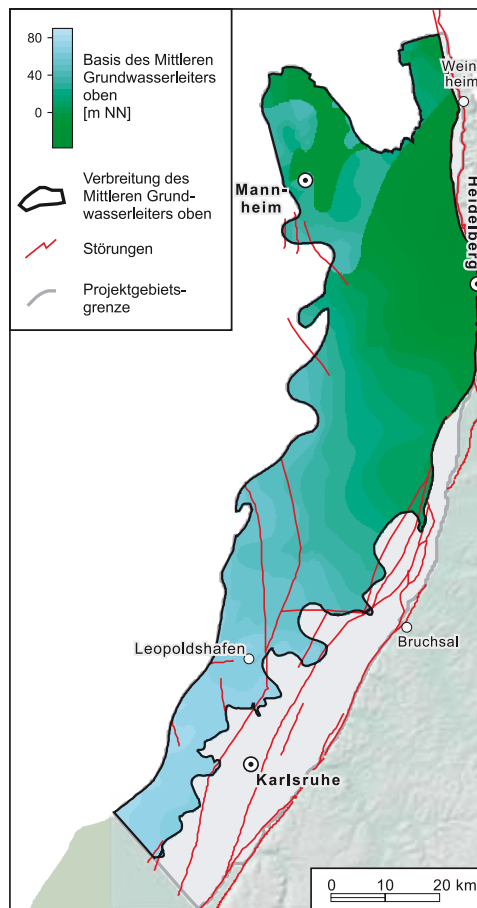




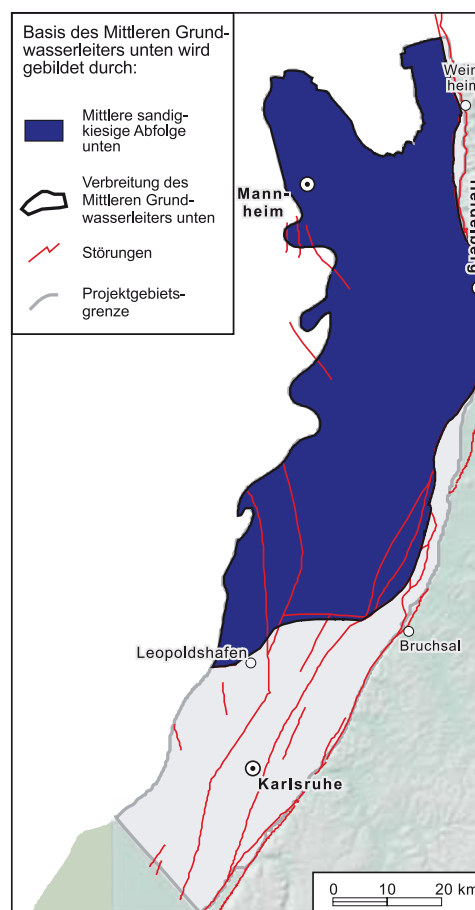
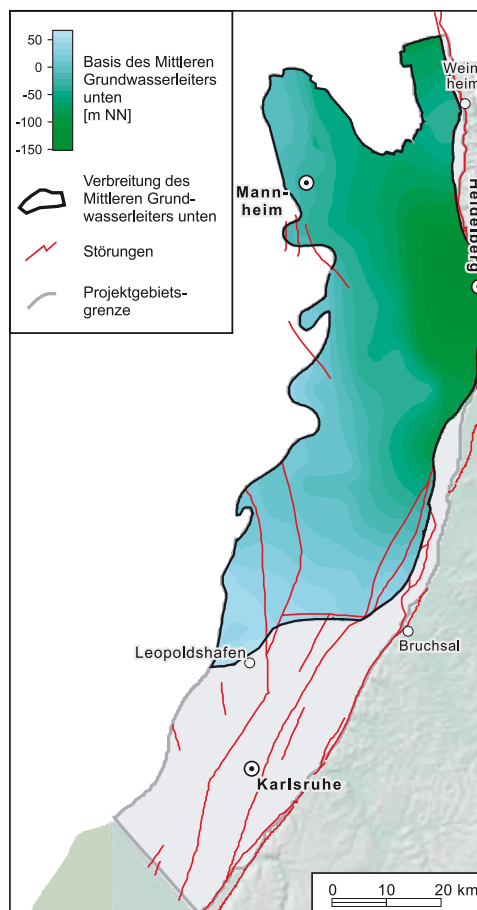
**Abb. 12.13** Oberer Grundwasserleiter oben im Teilgebiet Nord: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



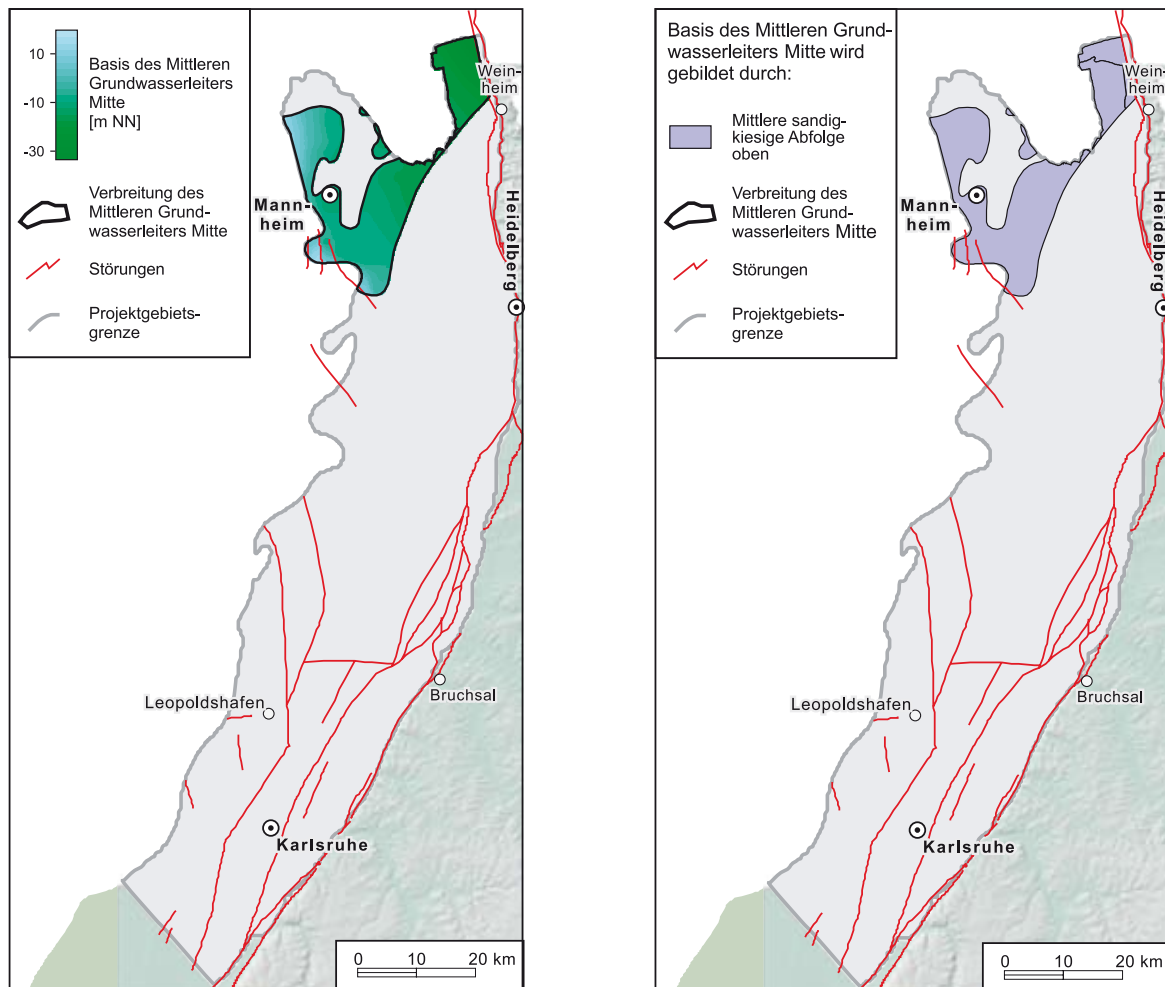
**Abb. 12.14** Mittlerer Grundwasserleiter im Teilgebiet Mitte: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



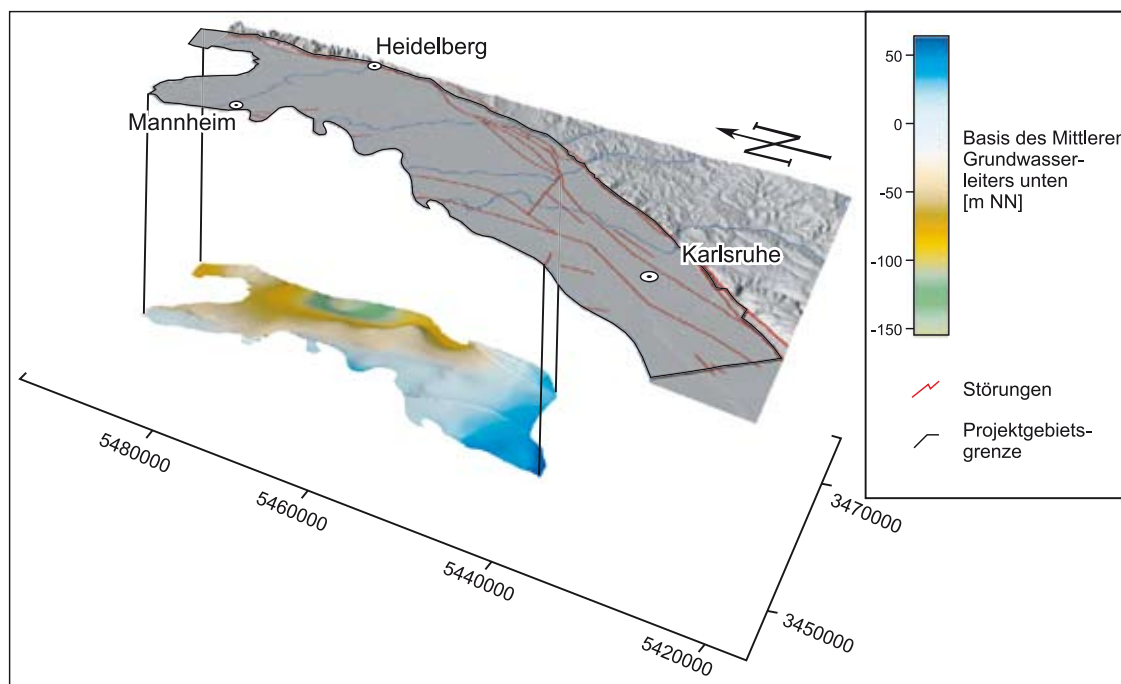
**Abb. 12.15** Mittlerer Grundwasserleiter oben im Teilgebiet Nord: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



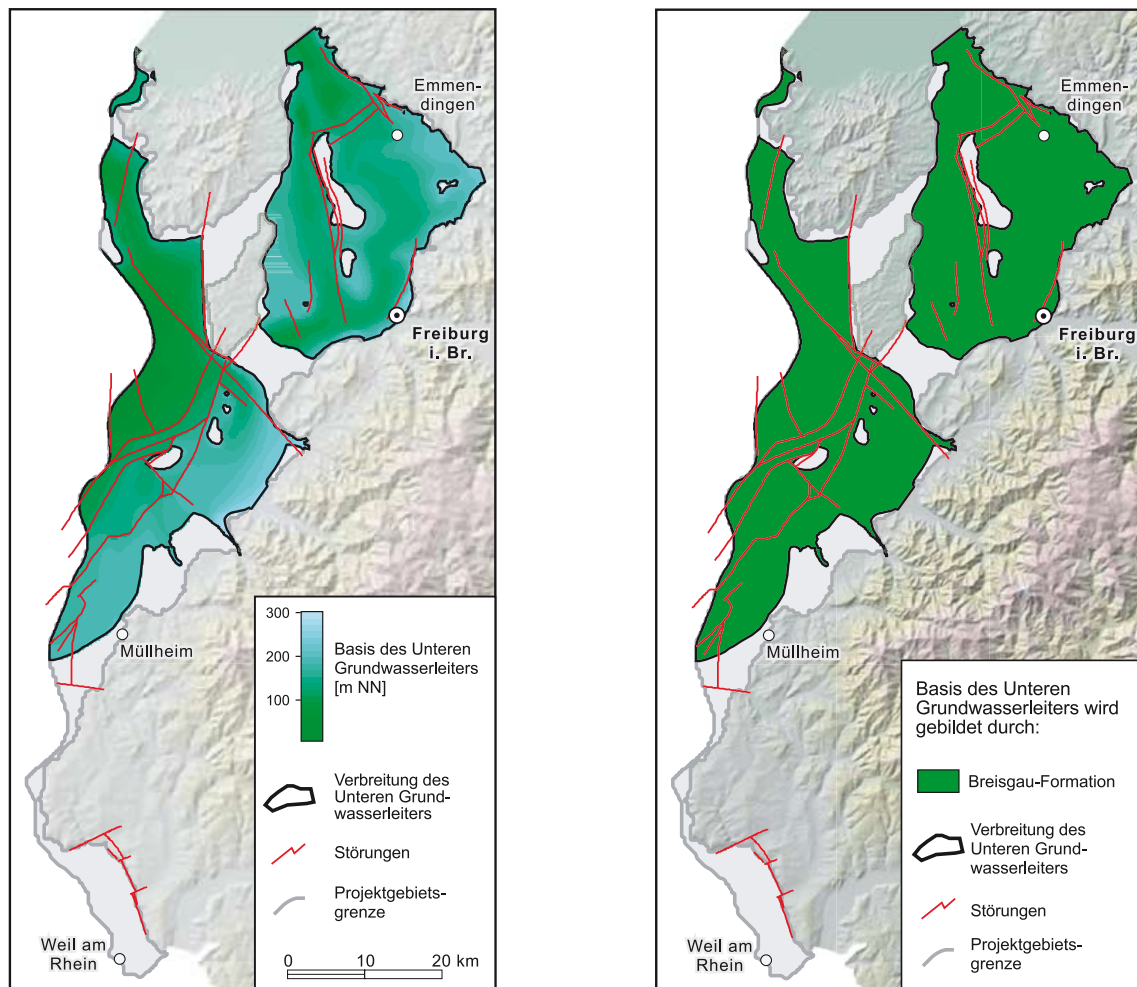
**Abb. 12.16** Mittlerer Grundwasserleiter unten: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



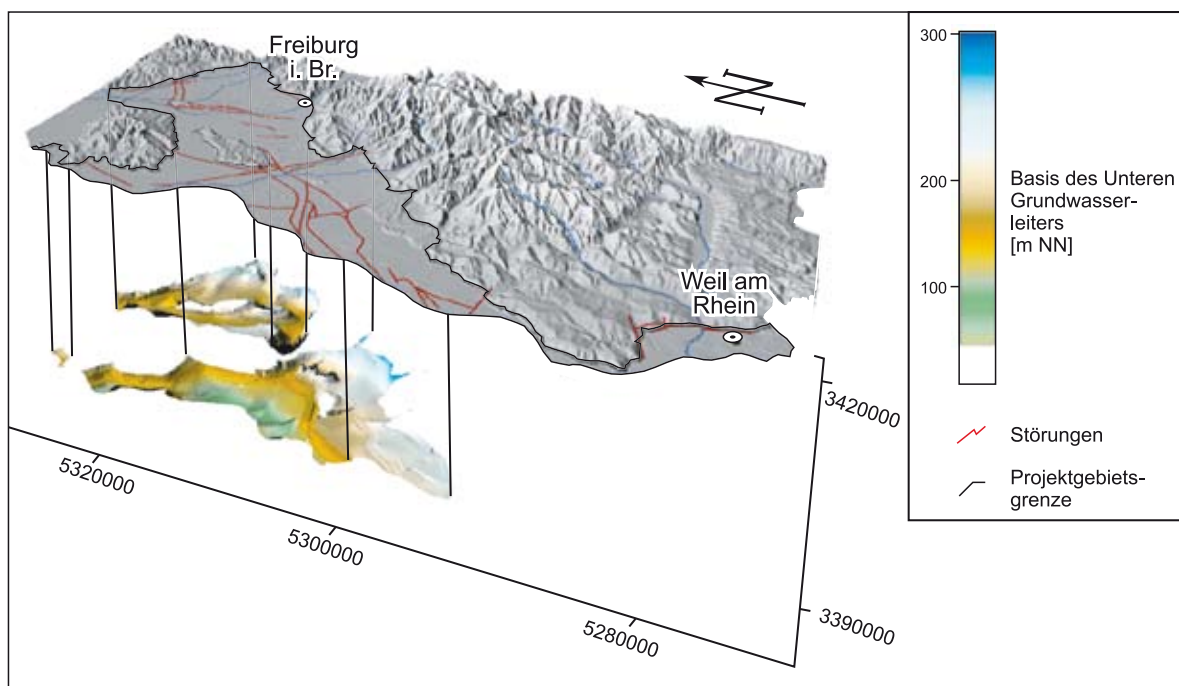
**Abb. 12.17** Mittlerer Grundwasserleiter Mitte im Teilgebiet Nord: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



**Abb. 12.18** Teilgebiet Nord: Perspektivische Darstellung der Basis des Mittleren Grundwasserleiters unten.

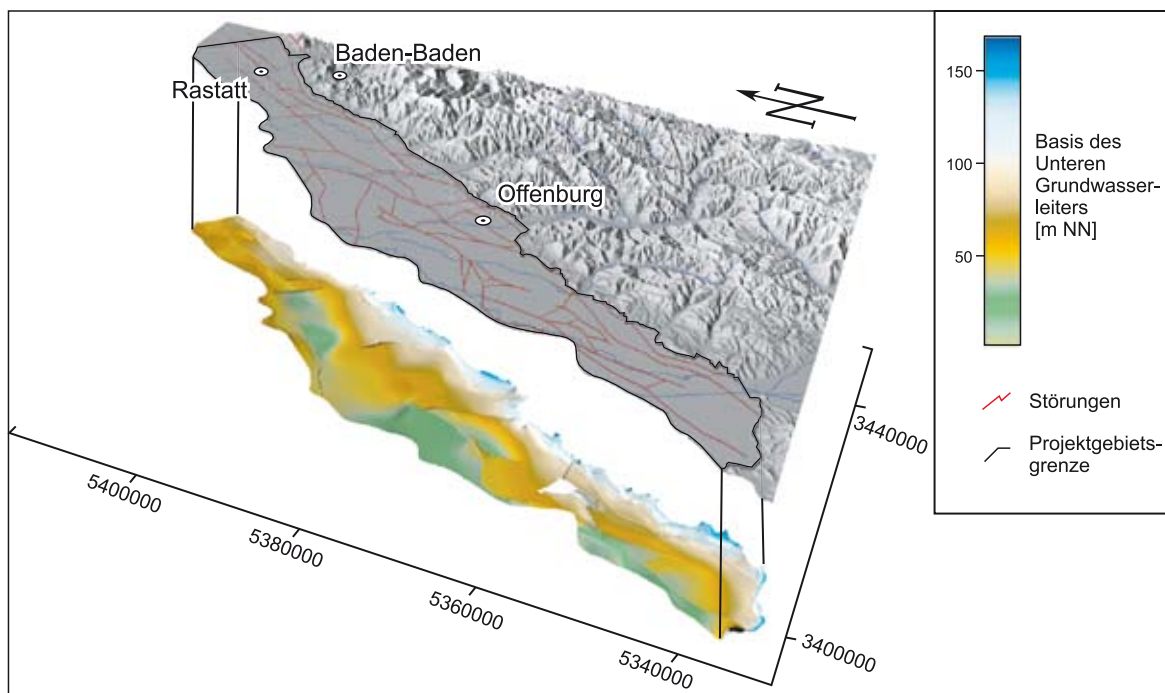
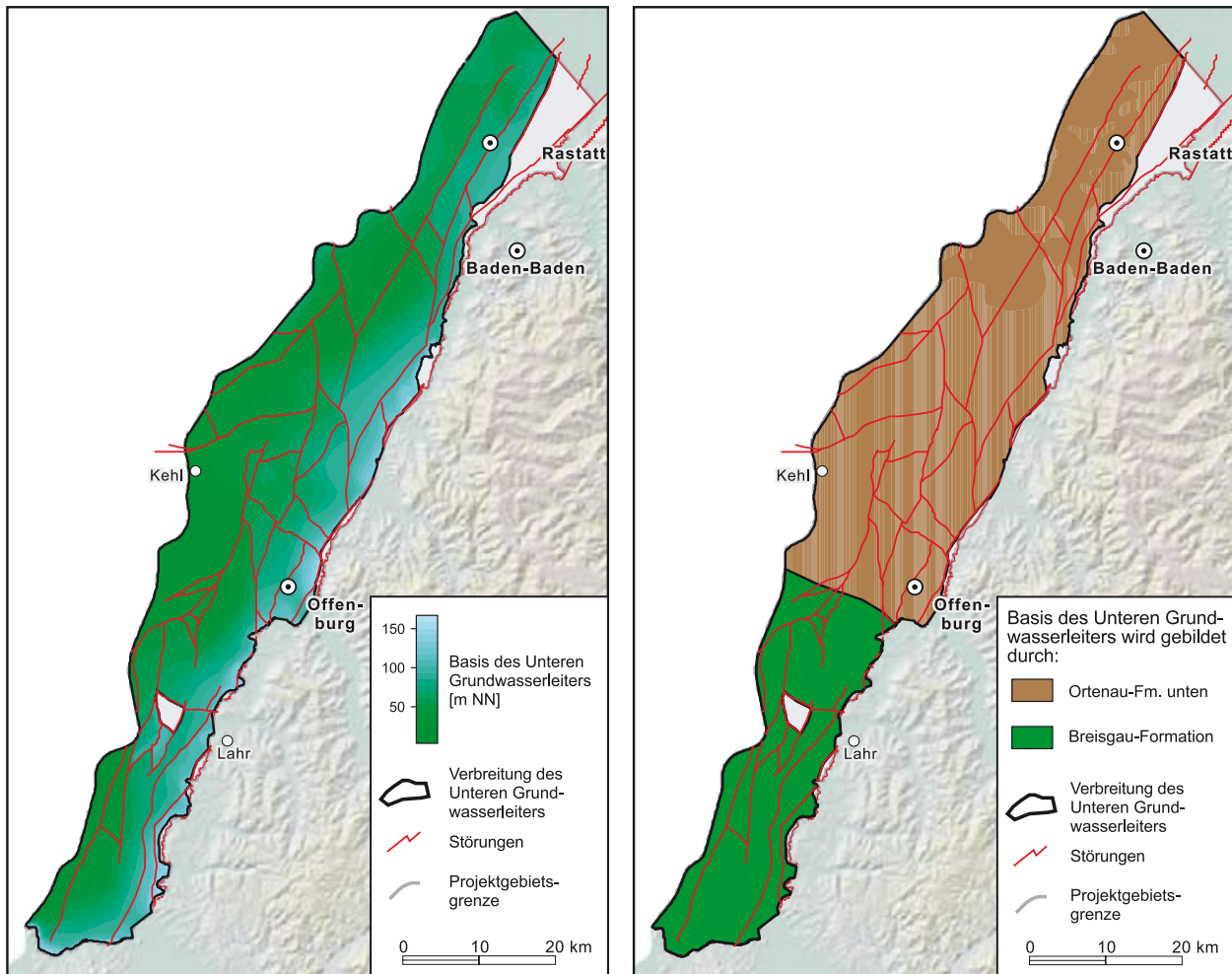


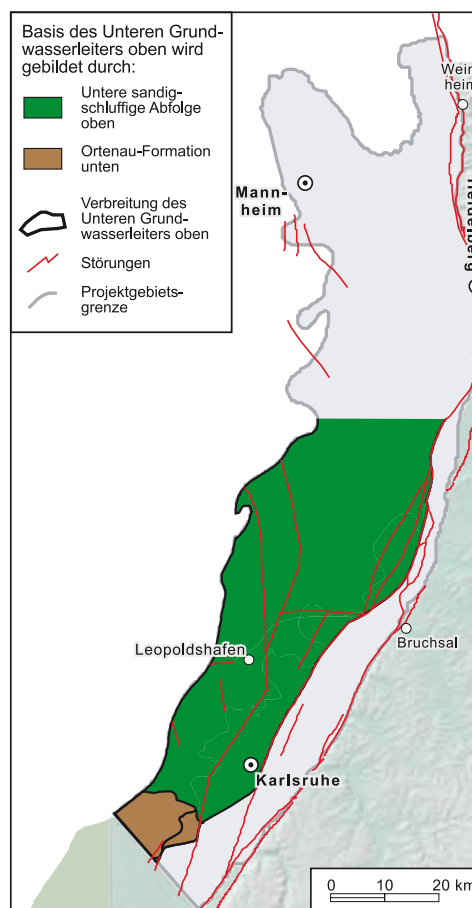
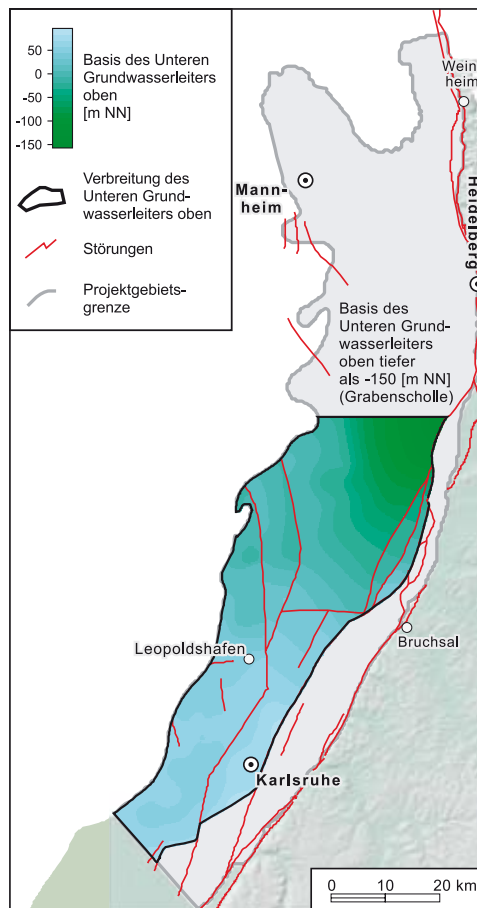
**Abb. 12.19** Unterer Grundwasserleiter im Teilgebiet Süd: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



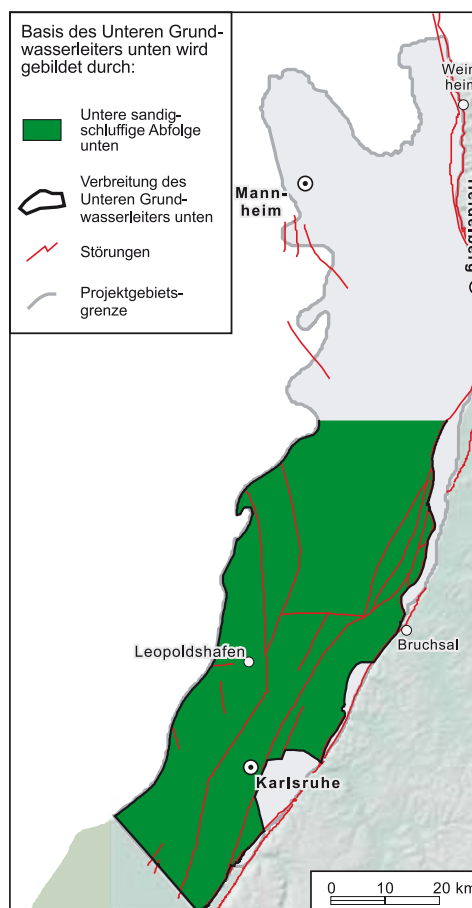
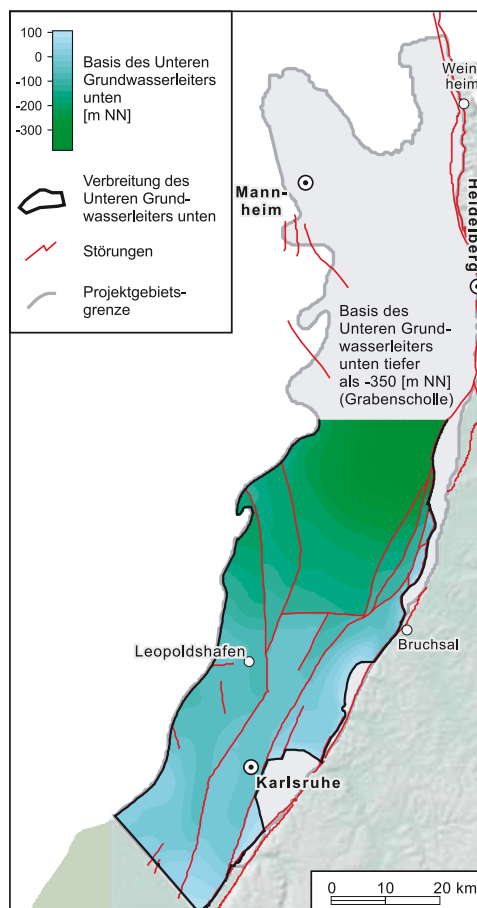
**Abb. 12.20** Teilgebiet Süd: Perspektivische Darstellung der Basis des Untergrundwasserleiters.



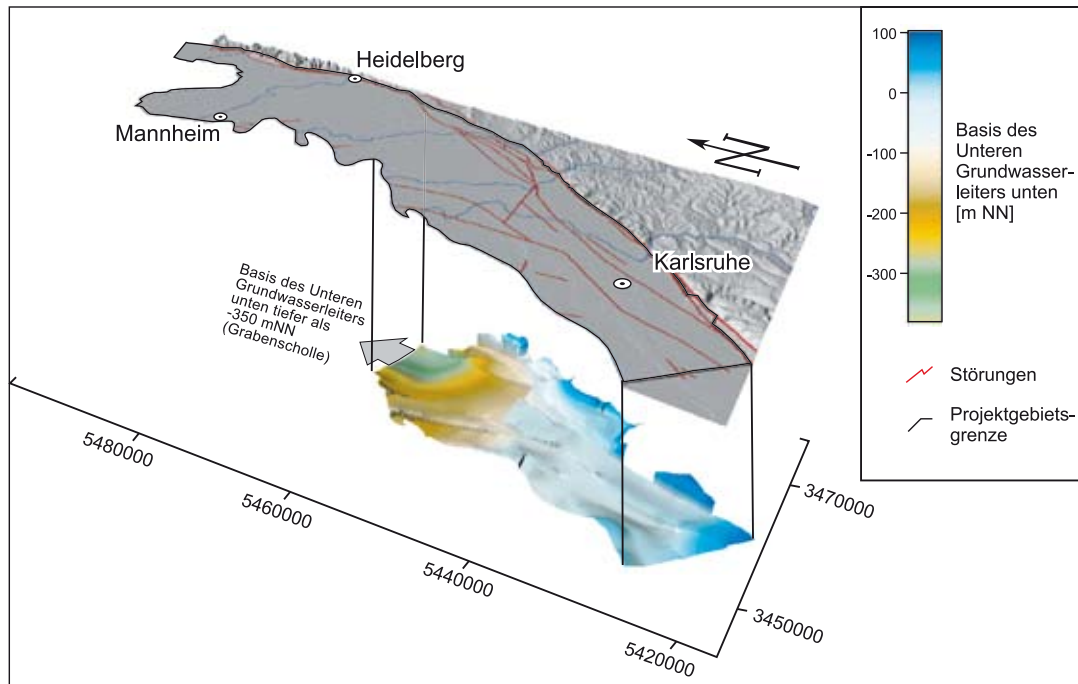




**Abb. 12.23** Unterer Grundwasserleiter oben im Teilgebiet Nord: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



**Abb. 12.24** Unterer Grundwasserleiter unten im Teilgebiet Nord: Rasterdarstellung der Basis (m NN, links) und basale lithologische Einheit.



**Abb. 12.25** Teilgebiet Nord: Perspektivische Darstellung der Basis des Unteren Grundwasserleiters unten.



## 13 Hydraulische Eigenschaften der Grundwasserleiter

### 13.1 Methodik

Für die Ermittlung hydraulischer Kennwerte wurde in den Teilgebieten Süd und Mitte zwischen dem oberen und unteren Abschnitt des Oberen bzw. Unteren Grundwasserleiters unterschieden. Die Abgrenzung erfolgte in Anlehnung an die Groblagen, die die Basis der Oberen und Unteren Neuenburg- bzw. Breisgau-Schichten bilden (ELLWANGER et al. 2003). Da diese Lagen nur in wenigen Bohrungen eindeutig identifiziert werden konnten, wurden die Grenzflächen nicht kartiert. Deshalb wurden die beiden Grenzen näherungsweise festgelegt. Nach der statistischen Auswertung der Bohrungen, in denen die Grenzen eindeutig angesprochen werden konnten, wurde für den oberen Abschnitt der Neuenburg- bzw. Ortenau-Formation eine generelle Mächtigkeit von 20 m angenommen. In der Breisgau-Formation bzw. dem unteren Abschnitt der Ortenau-Formation wurden jeweils die oberen 45 % der Gesamtmächtigkeit dem oberen Abschnitt zugeordnet. Dieses Verteilungsmuster wurde auch auf die Freiburger Bucht und die Ortenau-Formation übertragen.

Entsprechend der Position der Filterstrecke in den Brunnen und Grundwassermessstellen wurden die Durchlässigkeiten der jeweils getesteten hydrogeologischen Einheit zugeordnet. Dabei wurde auf vorhandene Zusammenstellungen von Pumpversuchsergebnissen zurückgegriffen (HERRMANN et al. 1996, LGRB 1999, LGRB 2003). Die Qualität der hydraulischen Daten ist sehr heterogen. Bei einigen Pumpversuchen konnte die Transmissivität lediglich abgeschätzt werden (Quotient Entnahmerate/Absenkung). Die meisten Versuche wurden mit dem sogenannten Geradlinienverfahren nach COOPER & JACOB und dem Wiederanstiegsverfahren nach THEISS (Horner-Plot) ausgewertet (HERRMANN et al. 1996).

Aus der Transmissivität  $T$  und der Filterlänge  $H$  wurde der Quotient  $T/H$  berechnet. Dieser entspricht dem mittleren horizontalen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  des getesteten Abschnitts. Bei inhomogener Durchlässigkeitsverteilung repräsentieren die so ermittelten Werte in erster Linie die besser durchlässigen Abschnitte innerhalb der jeweiligen Tiefenstufe.

Die Bearbeitung erfolgte in folgenden Arbeitsschritten:

- Ermittlung des hydrogeologischen Kurzprofils für jeden Pumpbrunnen bzw. jede Messstelle

aus dem hydrogeologischen 3D-Modell. Dieser Arbeitsschritt war erforderlich, da für zahlreiche Brunnen bzw. Messstellen kein Schichtenverzeichnis vorlag.

- Zuordnung des Pumpbrunnens bzw. der Messstelle zu der getesteten hydrogeologischen Einheit. Hierzu wurde die Filterposition mit dem ermittelten hydrogeologischen Kurzprofil in Bezug gesetzt.
- Selektion geeigneter Ergebnisse für die Auswertung. Für die weitere Bearbeitung wurden nur die Pumpversuchsergebnisse von Pumpbrunnen und Grundwassermessstellen verwendet, deren Filterstrecke mindestens zu 75 % in einer hydrogeologischen Einheit liegt.

Die Regionalisierung der Werte erfolgte in einem ersten Auswerteschritt nach dem Minimum curvature Verfahren im Programm SURFER mit anschließender Umsetzung in Isolinien. Diese wurden manuell nachbearbeitet. Dabei wurden die Werte an den Belegpunkten so gewichtet, dass vereinzelt auftretende Extremwerte weniger stark berücksichtigt wurden als die umliegenden Daten. Dies führte bereichsweise dazu, dass einige Werte aus dem Rasterdatensatz von den Werten der Stützstellen abweichen. Generell wurde der Schwerpunkt der Regionalisierung darauf gelegt, den Trend, der sich in den Einzelwerten abzeichnet, in der Isoliniendarstellung nachzubilden. Die so bearbeiteten Isolinien wurden anschließend wieder in ein Raster überführt.

### 13.2 Statistische Kennzahlen

Die Ergebnisse der Durchlässigkeitsuntersuchungen wurden getrennt für die verschiedenen Grundwasserleiter statistisch ausgewertet und als Histogramme dargestellt (Abb. 13.1 bis 13.8).

Tabelle 13.1 gibt die Anzahl der für die jeweiligen Grundwasserleiter ermittelten hydraulischen Kennwerte an. Sie nimmt mit zunehmender Tiefenlage der Einheit stark ab. Des Weiteren enthält die Tabelle für jeden Grundwasserleiter wichtige statistische Kennzahlen zur Transmissivität und Durchlässigkeit.

Die mittlere Durchlässigkeit aller Kiese und Sande im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens liegt bei  $k_f = 4,5 \cdot 10^{-3}$  m/s (arithmetischer Mittelwert). Der zugehörige geometrische Mittelwert ( $k_f = 2,3 \cdot 10^{-3}$  m/s) liegt geringfügig über dem Wert, der in LGRB (2002 b) ermittelt wurde ( $k_f = 1,59 \cdot 10^{-3}$  m/s). Eine mögliche Ursache für den Unterschied ist, dass in der Auswertung von 2002 geringere Durchlässigkeitswerte aus dem nördlichen Oberrheingraben überrepräsentiert waren.



Der Obere Grundwasserleiter besitzt über das gesamte Gebiet hinweg eine mittlere Durchlässigkeit von  $k_f = 5,03 \cdot 10^{-3}$  m/s (arithmetischer Mittelwert, Median  $k_f = 2,47 \cdot 10^{-3}$  m/s; Abb. 13.1 und Tab. 13.1). Der Mittlere Grundwasserleiter hat eine mittlere Durchlässigkeit von  $k_f = 8,7 \cdot 10^{-4}$  m/s (arithmetischer Mittelwert, Median  $k_f = 3,4 \cdot 10^{-4}$  m/s; Abb. 13.4 und Tab. 13.1) und der Untere eine mittlere Durchlässigkeit von  $k_f = 1,51 \cdot 10^{-3}$  m/s (arithmetischer Mittelwert, Median  $k_f = 4,0 \cdot 10^{-4}$  m/s; Abb. 13.5 und Tab. 13.1).

Entsprechend der Klassifikation der Durchlässigkeiten nach der hydrogeologischen Kartieranleitung (Ad-Hoc-AG Hydrogeologie 1997) ist der Obere Grundwasserleiter als hoch durchlässig (Unterklasse 2.1), der Mittlere Grundwasserleiter als mittel durchlässig (Unterklasse 3.1) und der Untere Grundwasserleiter wiederum als hoch durchlässig (Unterklasse 2.2) einzustufen.

Im Oberen Grundwasserleiter weist die Neuenburg-Formation, die im Süden und der Mitte des Bearbeitungsgebiets verbreitet ist (Abb. 12.7 und 12.9), die höchsten Durchlässigkeiten auf ( $k_f = 7,69 \cdot 10^{-3}$  m/s (arithmetischer Mittelwert), Median  $k_f = 3,0 \cdot 10^{-3}$  m/s, Standardabweichung  $1,77 \cdot 10^{-2}$  m/s, Tab. 13.1). Die Durchlässigkeit der nördlich anschließenden Ortenau-Formation oben (Verbreitung s. Abb. 12.9 und 12.11) liegt um ca. 25 % darunter ( $k_f = 5,60 \cdot 10^{-3}$  m/s, Median  $k_f = 3,03 \cdot 10^{-3}$  m/s, Standardabweichung  $9,91 \cdot 10^{-3}$  m/s, Tab. 13.1), wobei die niedrigere Standardabweichung zeigt, dass die Streuung der Werte in der Ortenau-Formation geringer ist als in der Neuenburg-Formation. Die Häufigkeitsverteilung der Durchlässigkeitsbeiwerte der Neuenburg- und Ortenau-Formation (oben) ist in Abb. 13.2 dargestellt. Im Norden des Gebiets liegt die Durchlässigkeit des Oberen Grundwasserleiters, der hier durch die Obere kiesig-sandige Abfolge und auf der Randscholle durch die Obere kiesig-sandige und die Mittlere sandig-kiesige Abfolge gebildet wird (Abb. 12.11), im Mittel bei  $k_f = 2,89 \cdot 10^{-3}$  m/s (Median  $k_f = 2,03 \cdot 10^{-3}$  m/s, Abb. 13.3 und Tab. 13.1). Damit liegt sie deutlich unter dem Wert des mittleren und südlichen Gebiets. Im oberen Abschnitt der Neuenburg-Formation ( $k_f = 7,26 \cdot 10^{-3}$  m/s, Median  $k_f = 2,56 \cdot 10^{-3}$  m/s) sind die Durchlässigkeiten etwas geringer als im unteren Abschnitt ( $k_f = 1,02 \cdot 10^{-2}$  m/s, Median  $k_f = 5 \cdot 10^{-3}$  m/s, Tab. 13.1). In der Ortenau-Formation nimmt dagegen im Oberen Grundwasserleiter die Durchlässigkeit nach unten etwas ab (oben:  $k_f = 5,72 \cdot 10^{-3}$  m/s, Median  $k_f = 3,05 \cdot 10^{-3}$  m/s, unten:  $k_f = 3,46 \cdot 10^{-3}$  m/s, Median  $k_f = 2,56 \cdot 10^{-3}$  m/s).

Im Norden des Untersuchungsgebiets unterscheiden sich die statistischen Kennzahlen der Transmissivität und Durchlässigkeit der verschiedenen Einheiten nur wenig.

Im Mittleren Grundwasserleiter liegen die Durchlässigkeiten zwischen  $k_f = 5 \cdot 10^{-5}$  und  $2 \cdot 10^{-2}$  m/s (Tab. 13.1). Die große Spannbreite beruht im Wesentlichen auf der nur geringen Anzahl von Werten aus der Ortenau-Formation ( $k_f = 2,64 \cdot 10^{-3}$  bis  $1,97 \cdot 10^{-2}$  m/s). Die Durchlässigkeiten in der Mittleren sandig-kiesigen Abfolge liegen deutlich darunter ( $k_f = 5 \cdot 10^{-5}$  bis  $5 \cdot 10^{-3}$  m/s, arithmetischer Mittelwert  $k_f = 6,9 \cdot 10^{-4}$  m/s, Median  $k_f = 3,3 \cdot 10^{-4}$  m/s).

Im Unteren Grundwasserleiter sind zwischen den drei hydrogeologischen Einheiten, die den Grundwasserleiter bilden, deutliche Unterschiede in den hydraulischen Eigenschaften zu erkennen (Tab. 13.1, Abb. 13.5 bis 13.8). Die mittleren Durchlässigkeiten liegen im Süden und in der Mitte bei  $k_f = 1,96 \cdot 10^{-3}$  m/s (Breisgau-Formation gesamt, Median  $k_f = 4,2 \cdot 10^{-4}$  m/s, Abb. 13.6), in der Mitte bei  $k_f = 2,28 \cdot 10^{-3}$  m/s (Ortenau-Formation unten, Median  $k_f = 1,18 \cdot 10^{-3}$  m/s, Abb. 13.7) und im Norden bei  $k_f = 3,3 \cdot 10^{-4}$  m/s (Untere sandig-schluffige Abfolge, Median  $k_f = 1,7 \cdot 10^{-4}$  m/s, Abb. 13.8).

In den wenigen Pumpversuchsergebnissen für die Breisgau-Formation deuten sich nur geringfügige Durchlässigkeitsunterschiede zwischen dem oberen und dem unteren Abschnitt an (oberer Abschnitt:  $k_f = 1,95 \cdot 10^{-3}$  m/s (arithmetischer Mittelwert), Median  $k_f = 3,4 \cdot 10^{-4}$  m/s, unterer Abschnitt:  $k_f = 1,98 \cdot 10^{-3}$  m/s, Median  $k_f = 5,2 \cdot 10^{-4}$  m/s, Tab. 13.1). Die Ortenau-Formation unten ist im oberen Abschnitt ( $k_f = 2,58 \cdot 10^{-3}$  m/s, Median  $k_f = 8,8 \cdot 10^{-4}$  m/s) besser durchlässig vorhanden als im unteren ( $k_f = 1,57 \cdot 10^{-3}$  m/s, Median  $k_f = 1,41 \cdot 10^{-3}$  m/s). Für die Untere sandig-schluffige Abfolge ist keine weitere Differenzierung möglich.

## 13.3 Räumliche Verteilung der Durchlässigkeiten

### 13.3.1 Oberer Grundwasserleiter

Die Verbreitung des Oberen Grundwasserleiters sowie die Einheiten, die ihn zusammensetzen, sind in den Abb. 12.7 und 12.9 dargestellt. Im südlichen und mittleren Teil des Oberrheingrabens wurde die räumliche Verteilung der Durchlässigkeiten getrennt für den oberen Abschnitt (obere 20 m) und den unteren Abschnitt (verbleibende Restmächtigkeit) des Oberen Grundwasserleiters ausgewertet (Abb. 13.9 bis 13.11).

Im oberen Abschnitt des Oberen Grundwasserleiters kommen die höchsten Durchlässigkeiten im elsässischen Teil des südlichen Oberrheingrabens vor (LUBW 2006 b). Auf der baden-württembergischen



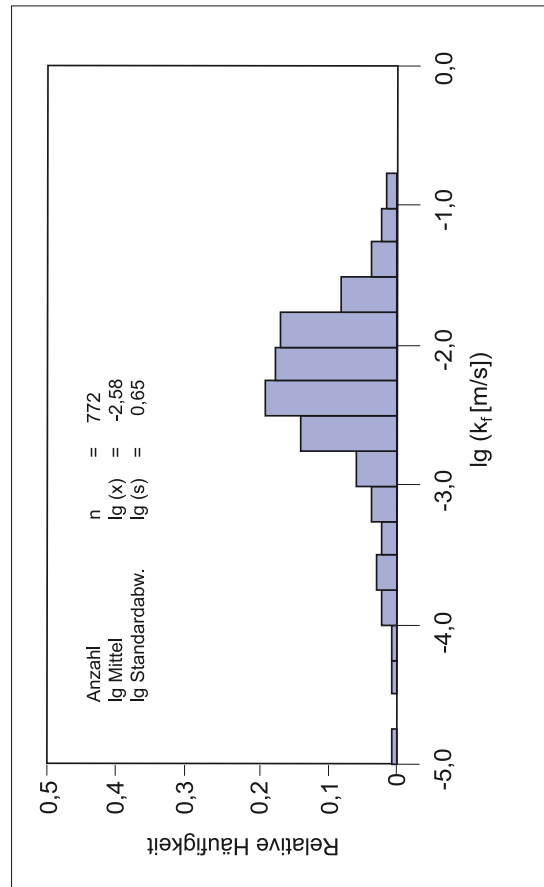
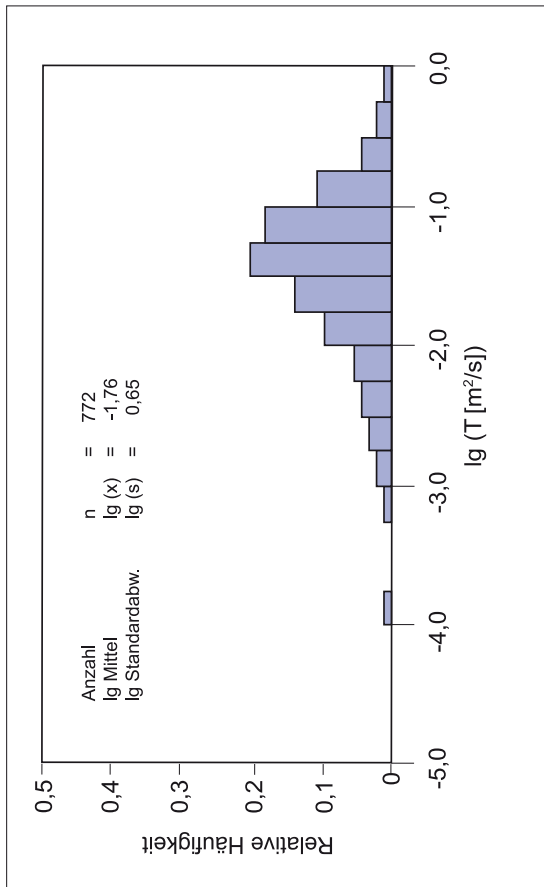
**Tab. 13.1** Anzahl der Pumpversuche sowie statistische Kennwerte zur Transmissivität (T) und Durchlässigkeit ( $k_f$ ) der Grundwasserleiter.

| Grundwasserleiter*                                                   | Anzahl der Pumpversuchsergebnisse | Transmissivität T · 10 <sup>-3</sup> [m <sup>2</sup> /s] |                               |        | Durchlässigkeit $k_f$ · 10 <sup>-3</sup> [m/s] |                               |        |                    |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|-------------------------------|--------|------------------------------------------------|-------------------------------|--------|--------------------|
|                                                                      |                                   | arithmetischer Mittelwert                                | Einzelwerte (von ... bis ...) | Median | arithmetischer Mittelwert                      | Einzelwerte (von ... bis ...) | Median | Standardabweichung |
| <b>Oberer Grundwasserleiter gesamt</b>                               | 1404                              | 34,72                                                    | 0,005 – 900                   | 21,10  | 5,03                                           | 0,001 – 269                   | 2,47   | 11,36              |
| Oberer Grundwasserleiter Süd und Mitte (NF/OF)                       | 772                               | 40,60                                                    | 0,005 – 900                   | 22,20  | 6,79                                           | 0,001 – 268                   | 3,01   | 14,90              |
| Oberer Grundwasserleiter (NF gesamt)                                 | 439                               | 43,42                                                    | 0,005 – 53,75                 | 43,42  | 7,69                                           | 0,001 – 26,875                | 3,00   | 17,74              |
| Oberer Grundwasserleiter (NF oben)                                   | 375                               | 36,88                                                    | 0,005 – 53,75                 | 15,70  | 7,26                                           | 0,001 – 26,875                | 2,56   | 18,43              |
| Oberer Grundwasserleiter (NF unten)                                  | 64                                | 81,73                                                    | 2,00 – 53,40                  | 42,75  | 10,18                                          | 0,016 – 66,00                 | 5,00   | 12,81              |
| Oberer Grundwasserleiter (OF oben, gesamt)                           | 333                               | 36,88                                                    | 0,01 – 900                    | 25,00  | 5,60                                           | 0,002 – 1,00                  | 3,03   | 9,91               |
| Oberer Grundwasserleiter oben (OF oben, oberer Abschnitt)            | 315                               | 37,56                                                    | 0,01 – 900                    | 25,00  | 5,72                                           | 0,002 – 1,00                  | 3,05   | 10,16              |
| Oberer Grundwasserleiter unten (OF oben, unterer Abschnitt)          | 18                                | 24,95                                                    | 1,50 – 82,00                  | 19,55  | 3,46                                           | 0,17 – 10,91                  | 2,56   | 2,87               |
| Oberer Grundwasserleiter Nord gesamt (OksA, OksAo, OksAu, OksA/MskA) | 632                               | 27,54                                                    | 0,35 – 286,00                 | 20,32  | 2,89                                           | 0,03 – 20,31                  | 2,03   | 0,11               |
| Oberer Grundwasserleiter Nord (OksA)                                 | 343                               | 25,09                                                    | 0,73 – 138,50                 | 19,30  | 2,52                                           | 0,07 – 17,20                  | 1,74   | 2,32               |
| Oberer Grundwasserleiter Nord oben (OksAo)                           | 87                                | 26,89                                                    | 1,05 – 82,40                  | 21,71  | 3,07                                           | 0,18 – 10,30                  | 2,52   | 2,25               |
| Oberer Grundwasserleiter Nord unten (OksAu)                          | 22                                | 21,55                                                    | 0,35 – 83,00                  | 16,05  | 2,68                                           | 0,03 – 14,88                  | 1,27   | 4,16               |
| Oberer Grundwasserleiter Nord (OksA/MskA)                            | 180                               | 33,26                                                    | 0,80 – 286,00                 | 22,90  | 3,50                                           | 0,16 – 20,31                  | 2,67   | 3,91               |
| <b>Mittlerer Grundwasserleiter gesamt</b>                            | 134                               | 19,07                                                    | 0,46 – 190,02                 | 13,80  | 0,87                                           | 0,05 – 19,69                  | 0,34   | 1,89               |
| Mittlerer Grundwasserleiter (OF)                                     | 3                                 |                                                          | 44,88 – 78,70                 |        |                                                | 2,64 – 19,68                  |        |                    |
| Mittlerer Grundwasserleiter (MskA)                                   | 131                               | 18,15                                                    | 0,46 – 190,20                 | 13,30  | 0,69                                           | 0,05 – 5,00                   | 0,33   | 0,90               |
| <b>Unterer Grundwasserleiter gesamt</b>                              | 51                                | 18,11                                                    | 0,50 – 178,00                 | 6,40   | 1,51                                           | 0,03 – 77,08                  | 0,40   | 2,69               |
| Unterer Grundwasserleiter BF gesamt                                  | 13                                | 10,80                                                    | 1,10 – 56,00                  | 3,80   | 1,96                                           | 0,07 – 11,20                  | 0,42   | 3,36               |
| Unterer Grundwasserleiter oben, BF oben                              | 8                                 | 10,90                                                    | 1,10 – 56,00                  | 3,65   | 1,95                                           | 0,07 – 11,20                  | 0,34   | 3,81               |
| Unterer Grundwasserleiter unten, BF unten                            | 5                                 | 10,86                                                    | 1,40 – 35,30                  | 7,00   | 1,98                                           | 0,14 – 7,06                   | 0,52   | 2,91               |
| Unterer Grundwasserleiter OF unten, gesamt                           | 20                                | 24,39                                                    | 0,50 – 178,00                 | 8,25   | 2,28                                           | 0,03 – 12,71                  | 1,18   | 3,12               |
| Unterer Grundwasserleiter oben, OF unten, oberer Abschnitt           | 14                                | 30,34                                                    | 0,50 – 178,00                 | 6,99   | 2,58                                           | 0,04 – 12,71                  | 0,88   | 3,46               |
| Unterer Grundwasserleiter unten, OF unten, unterer Abschnitt         | 6                                 | 10,49                                                    | 0,80 – 29,50                  | 8,25   | 1,57                                           | 0,03 – 9,39                   | 1,41   | 1,31               |
| Unterer Grundwasserleiter (UssA gesamt, Nord)                        | 18                                | 16,34                                                    | 4,05 – 58,60                  | 6,65   | 0,33                                           | 0,07 – 1,30                   | 0,17   | 0,37               |

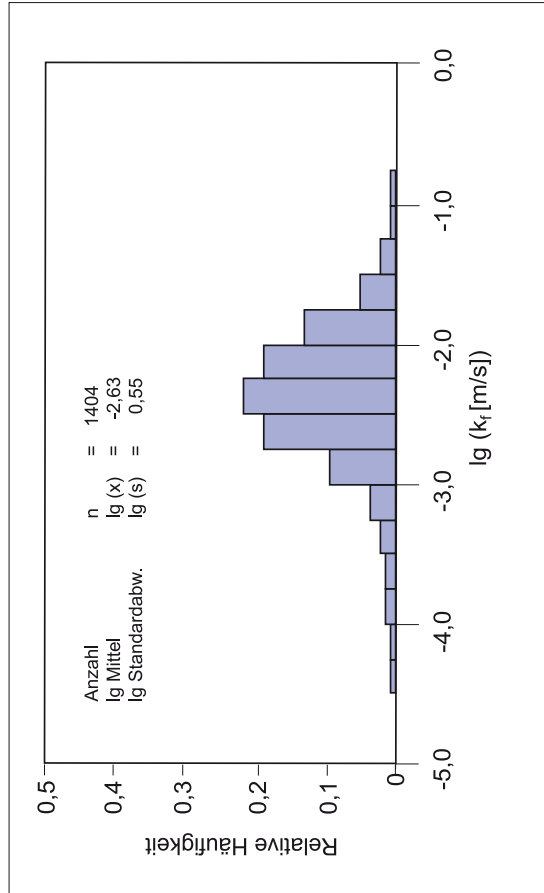
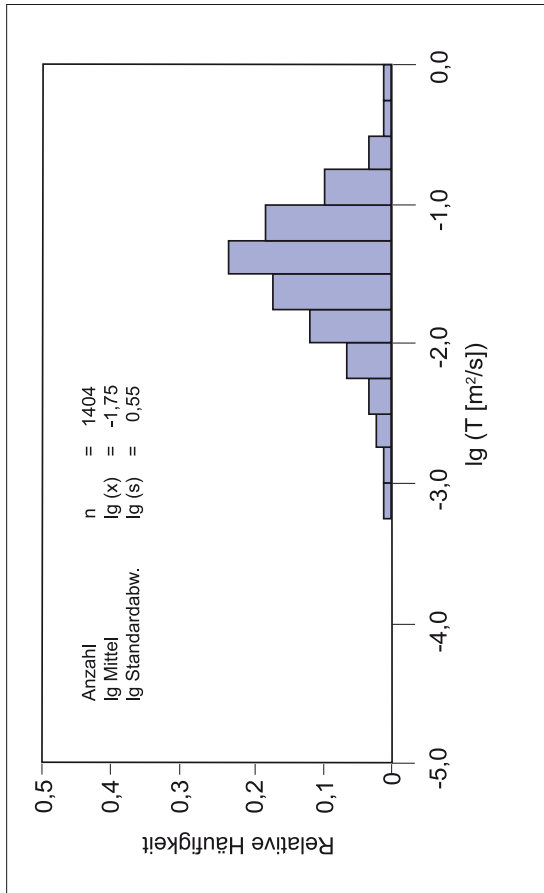
\* NF: Neuenburg-Formation, OF: Ortenau-Formation, BF: Breisgau-Formation, OksA/o/u: Obere kiesig-sandige Abfolge/oben/unten, MskA: Mittlere sandig-kiesige Abfolge, UssA: Untere sandig-schluffige Abfolge

Seite des Grabens liegen die höchsten Durchlässigkeiten unter dem Rhein. Dagegen sind die Durchlässigkeiten in der Freiburger Bucht und im „Strömungsschatten“ des Kaiserstuhls sowie nördlich davon deutlich niedriger (Abb. 13.9 links und 13.10). Ein ähnliches Verteilungsmuster zeichnet sich im unteren Abschnitt des oberen Grundwasserleiters ab (Abb. 13.9 rechts und 13.11).

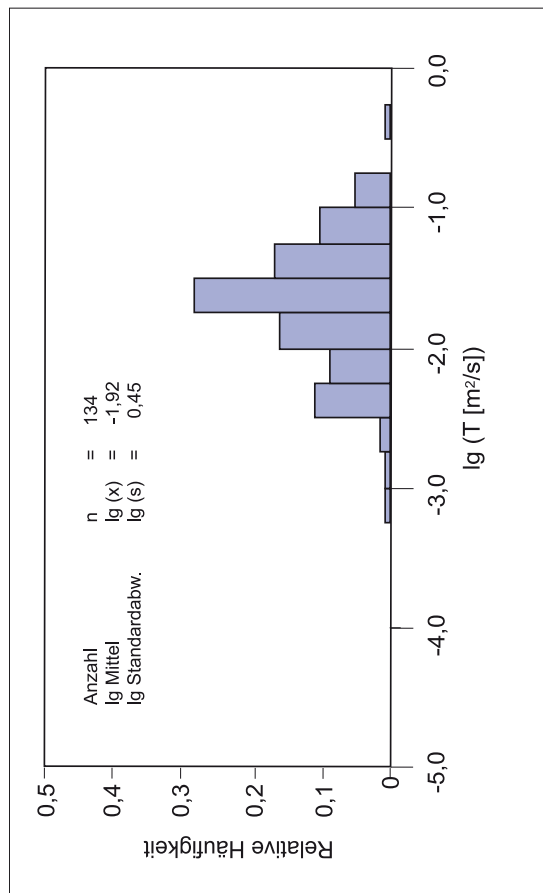
Im oberen Abschnitt des Oberen Grundwasserleiters beginnt bei Neuenburg in Rheinnähe eine schmale Zone hoher Durchlässigkeiten, die nach Norden bis südwestlich des Kaiserstuhls verläuft und sich dort in zwei Längsstrukturen teilt (Abb. 13.10 links). Die westliche Zone verläuft am Westrand des Kaiserstuhls und des Limbergs nach Norden und weist Durchlässigkeiten von  $k_f = 1,0$  bis  $2,0 \cdot 10^{-2}$  m/s auf.



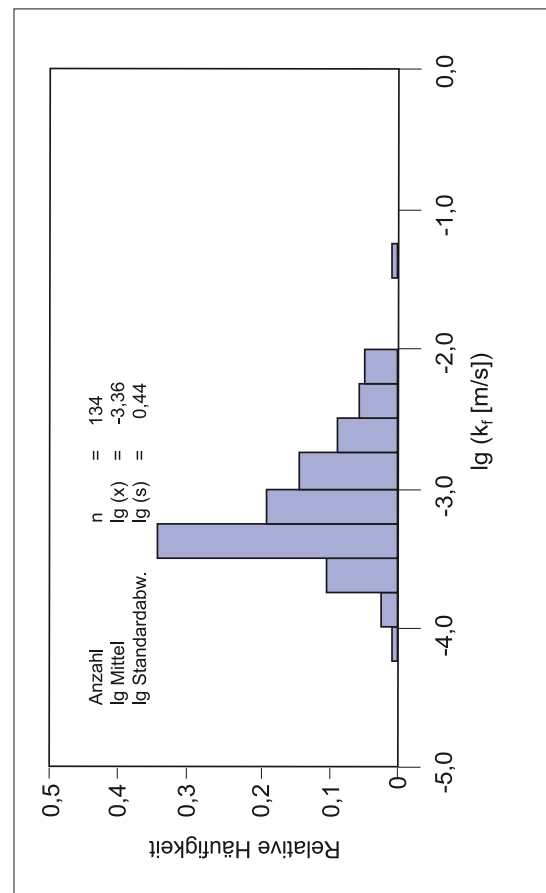
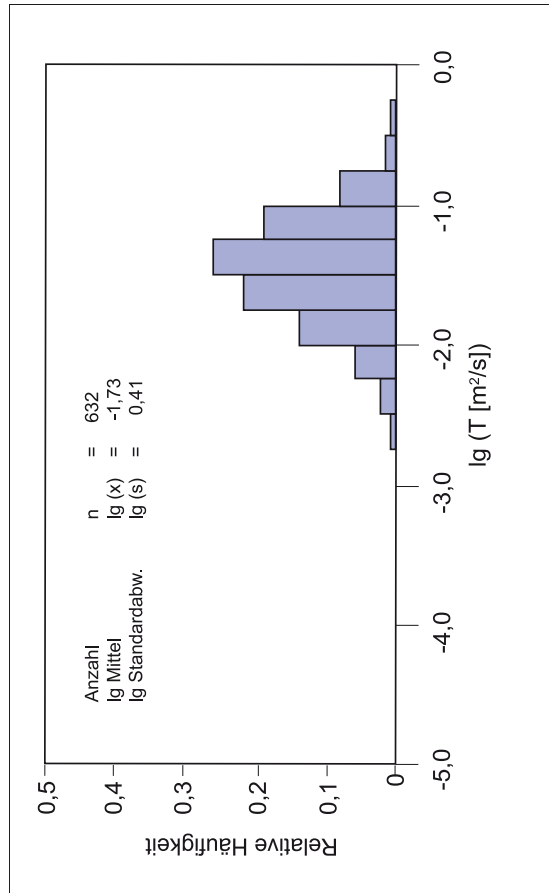
**Abb. 13.2** Neuenburg- und Ortenau-Formation (Oberer Grundwasserleiter): Log-normale Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte T (oben) und der Durchlässigkeitswerte  $k_f$  (unten); arithmetische Mittelwerte  $T = 4,06 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  und  $k_f = 6,79 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  (Tab. 13.1).



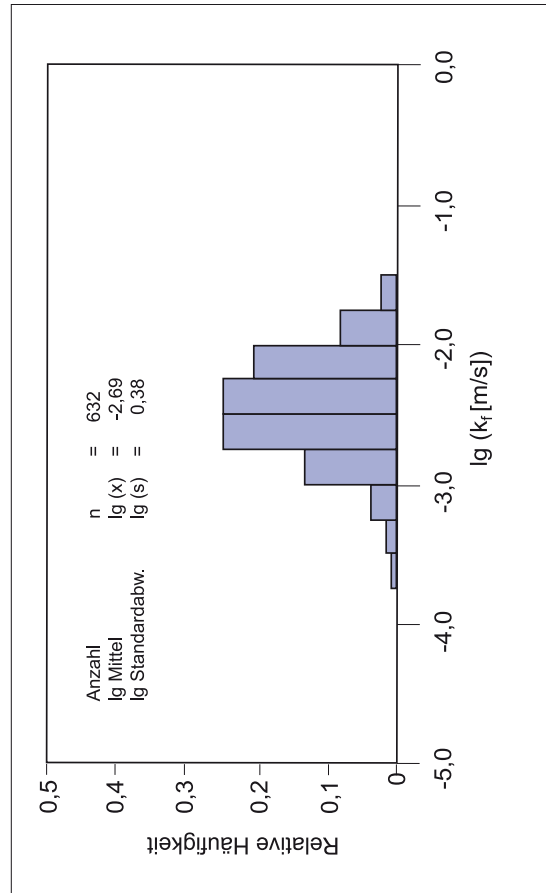
**Abb. 13.1** Oberer Grundwasserleiter: Log-normale Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte T (oben) und der Durchlässigkeitswerte  $k_f$  (unten); arithmetische Mittelwerte  $T = 3,47 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $k_f = 5,03 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  (Tab. 13.1).



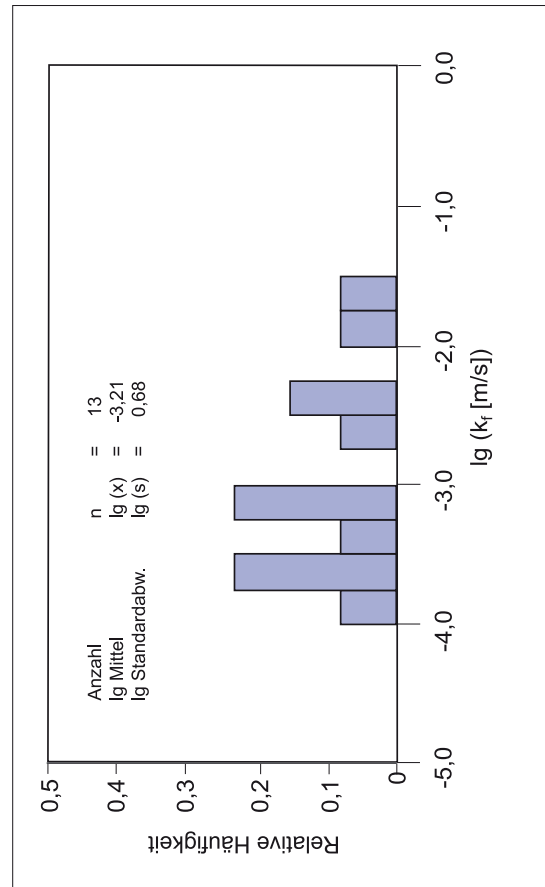
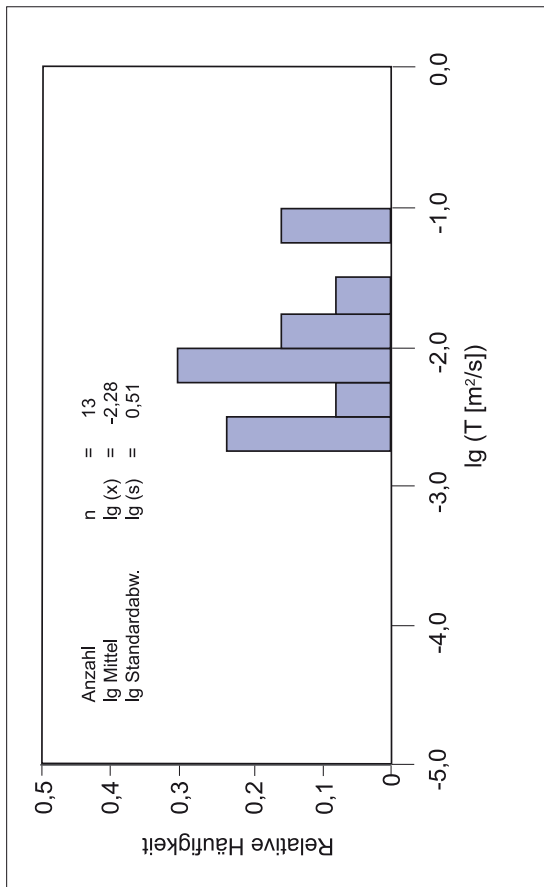
**Abb. 13.4** Mittlerer Grundwasserleiter: Log-normale Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte T (oben) und der Durchlässigkeitswerte  $k_1$  (unten); arithmetische Mittelwerte  $T = 1,91 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $k_1 = 8,7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  (Tab. 13.1).



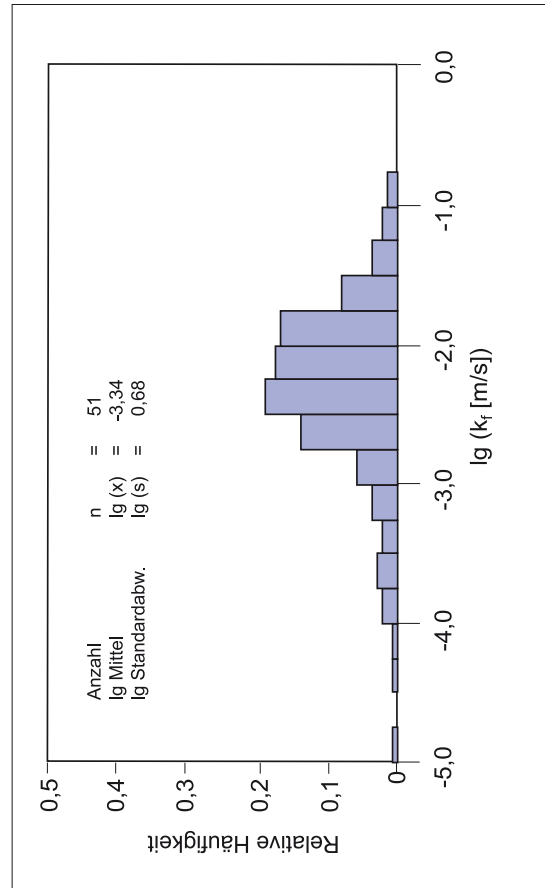
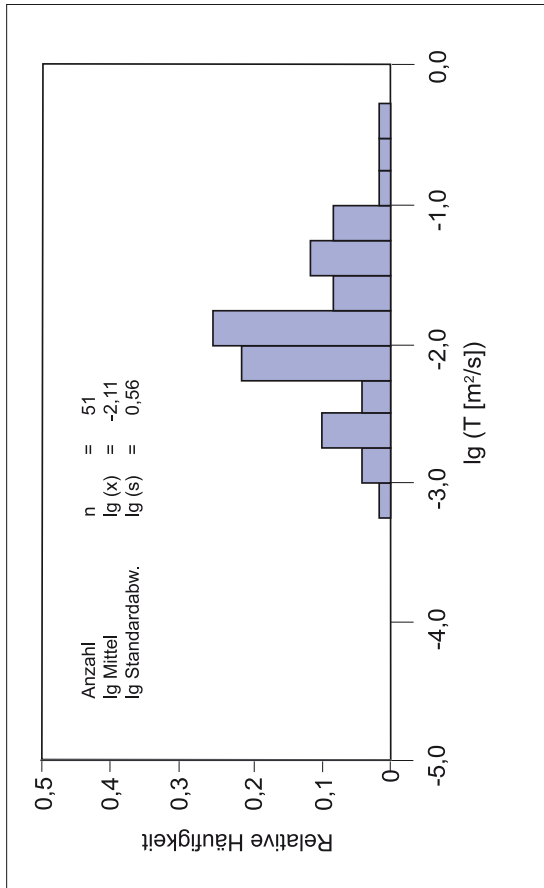
**Abb. 13.3** Obere kiesig-sandige Abfolge (Oberer Grundwasserleiter): Log-normale Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte T (oben) und der Durchlässigkeitswerte  $k_1$  (unten); arithmetische Mittelwerte  $T = 2,51 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  und  $k_1 = 5,52 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  (Tab. 13.1).



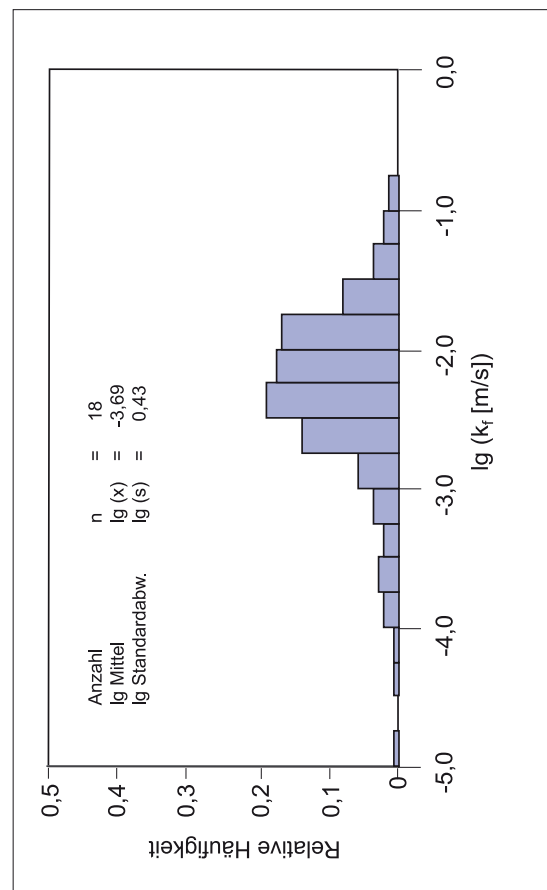
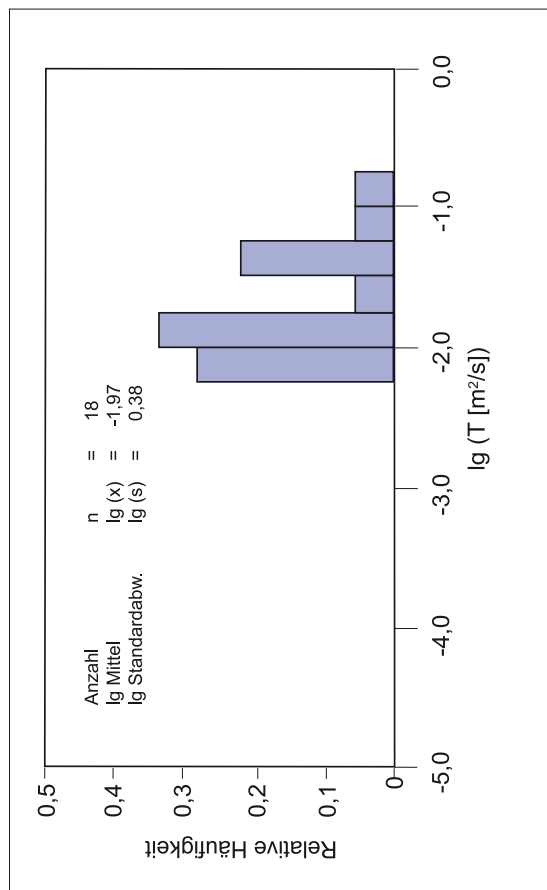




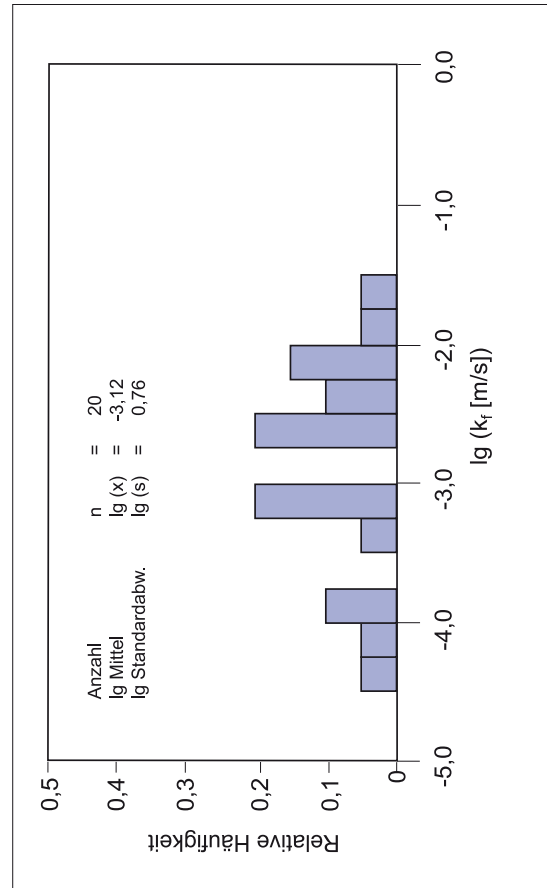
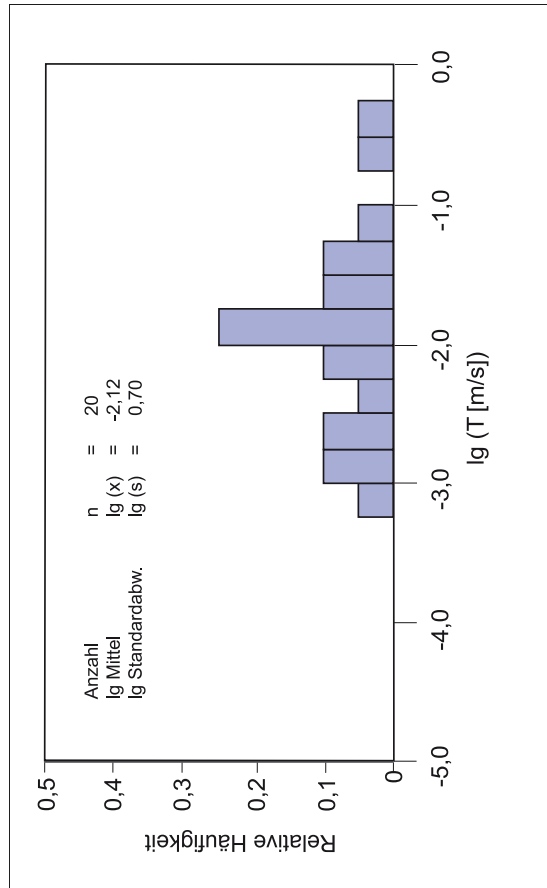
**Abb. 13.6** Breisgau-Formation (Unterer Grundwasserleiter): Log-normale Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte T (oben) und der Durchlässigkeitswerte  $k_f$  (unten); arithmetische Mittelwerte  $T = 1,08 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $k_f = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  (Tab. 13.1).



**Abb. 13.5** Unterer Grundwasserleiter: Log-normale Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte T (oben) und der Durchlässigkeitswerte  $k_f$  (unten); arithmetische Mittelwerte  $T = 1,81 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $k_f = 1,51 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  (Tab. 13.1).



**Abb. 13.8** Untere sandig-schluffige Abfolge (Unterer Grundwasserleiter): Log-normale Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte T (oben) und der Durchlässigkeitswerte  $k_f$  (unten); arithmetische Mittelwerte  $T = 1,63 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $k_f = 3,3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  (Tab. 13.1).



**Abb. 13.7** Ortenau-Formation (Unterer Grundwasserleiter): Log-normale Häufigkeitsverteilung der Transmissivitätswerte T (oben) und der Durchlässigkeitswerte  $k_f$  (unten); arithmetische Mittelwerte  $T = 2,44 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ,  $k_f = 2,28 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  (Tab. 13.1).

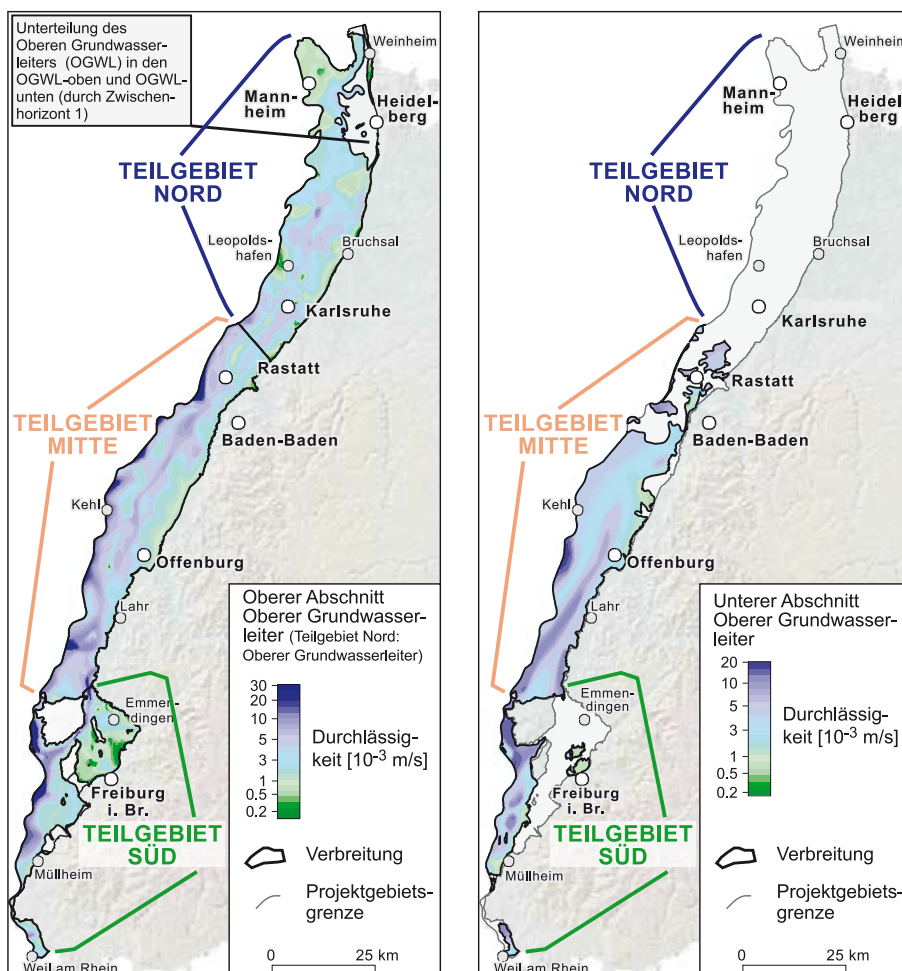
Sie trifft westlich von Weisweil auf eine von Westen kommende weitere Zone hoher Durchlässigkeiten (LUBW 2006b). Der andere Strang verläuft östlich des Kaiserstuhls und zeichnet den Verlauf der Ost-rheinrinne nach. Er lässt sich mit Durchlässigkeiten von  $k_f = 1,0$  bis  $2,5 \cdot 10^{-2}$  m/s nach Norden bis Ken-zingen / Herbolzheim verfolgen (Abb. 13.10 links und rechts). Weiter nach Norden zeichnen sich wei-tere längliche Strukturen mit erhöhter Durchlässig-keit ( $k_f = 1,0 \cdot 10^{-2}$  bis  $6,0 \cdot 10^{-3}$  m/s) ab. Sie folgen ehemaligen Hauptabflussbahnen des Rheins, in de-nen wegen der höheren Transportenergie Kiese mit geringerem Feinsedimentanteil abgelagert wurden (Abb. 13.10 rechts).

In der Freiburger Bucht (Schwemmflächen von Drei-sam, Elz und Glotter mit Durchlässigkeiten von  $k_f = 1,0$  bis  $1,5 \cdot 10^{-3}$  m/s) sind die Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt des Oberen Grundwasserlei-ters deutlich geringer. Am Ausgang des Dreisam- und des Elztals zeichnen sich Bereiche mit höhe-ren Durchlässigkeiten ab ( $k_f = 2,0$  bis  $2,5 \cdot 10^{-3}$  m/s, Abb. 13.10 links).

Der untere Abschnitt des Oberen Grundwasser-leiters ist südlich des Kaiserstuhls nur im Westteil

des Untersuchungsgebiets vorhanden (Abb. 13.11), da die Neuenburg-Formation im Osten und in wei-ten Teilen der Freiburger Bucht weniger als 20 m mächtig ist. Auch im unteren Abschnitt des Oberen Grundwasserleiters zeichnet sich die in dieser Tie-fenstufe in der Freiburger Bucht nur noch stellenweise vorhandene Ostrheinrinne mit Durchlässigkeiten von  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-2}$  m/s bis in die Gegend von Ringsheim ab. Daneben ist südlich des Kaiserstuhls und an dessen Westrand der untere Abschnitt höher durch-lässig ( $k_f = 1,0$  bis  $2,0 \cdot 10^{-3}$  m/s). Diese Zone setzt sich um den Limberg herum in nordwestliche Rich-tung auf deutscher Seite fort (Abb. 13.11 links).

Im Teilgebiet Mitte liegen die höchsten Durchläs-sigkeiten im unteren Abschnitt des Oberen Grund-wasserleiters in einem schmalen Streifen westlich von Altenheim. Sie betragen dort ca.  $k_f = 1,7 \cdot 10^{-2}$  m/s. Ein weiterer Streifen mit erhöhten Durchlässigkei-ten verläuft am Westrand des Kaiserstuhls vorbei und unter Kappel in nordöstliche Richtung bis auf die Höhe von Appenweier. Die höchsten Durch-lässigkeiten in dieser Zone liegen im Süden (west-lich von Wyhl,  $k_f = 1,2 \cdot 10^{-2}$  m/s). Bis nördlich von Lahr betragen die Durchlässigkeiten größenord-nungsmäßig  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-2}$  m/s. Nördlich von Appen-



**Abb. 13.9** Übersicht über die Durchlässigkeiten des Oberen Grundwasserleiters (links: oberer Abschnitt, rechts: unterer Abschnitt).

weiter nehmen sie auf ca.  $k_f = 2,0$  bis  $3,0 \cdot 10^{-3}$  m/s ab (Abb. 13.11 rechts).

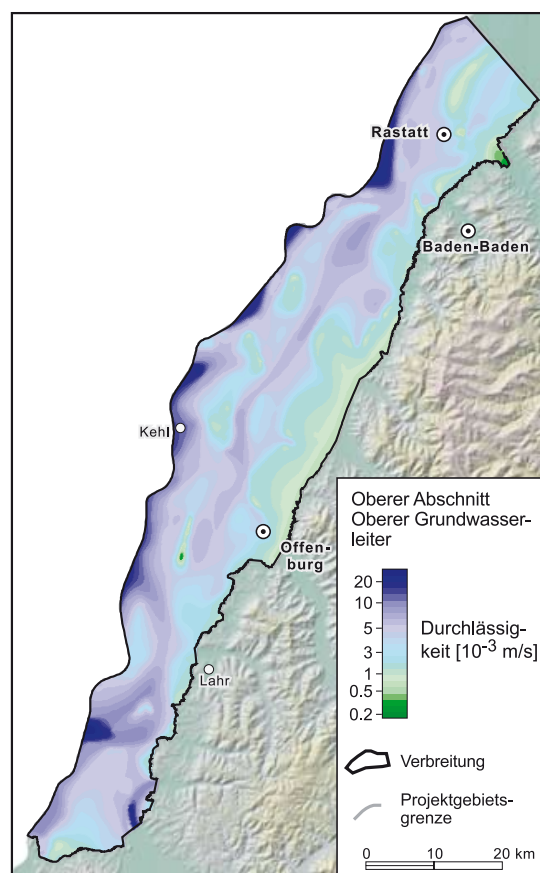
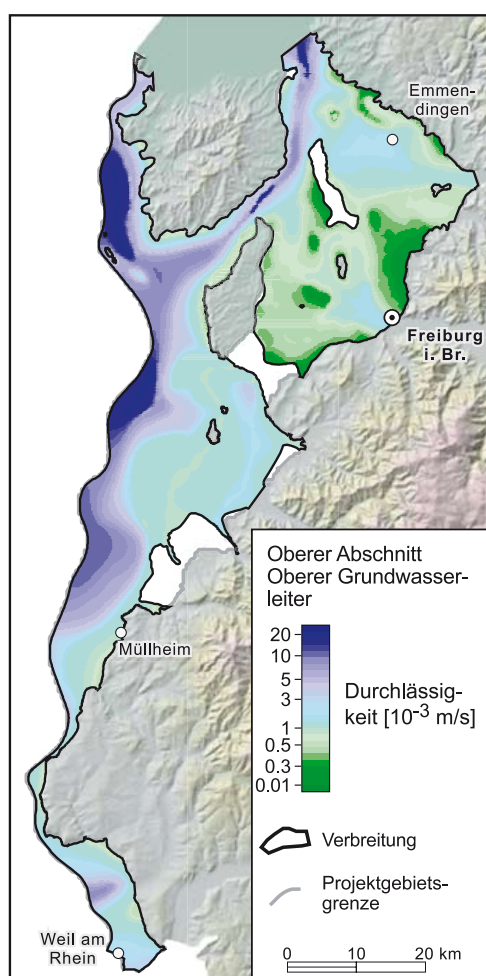
Im Norden des Untersuchungsgebiets ist der Obere Grundwasserleiter außerhalb des Verbreitungsgebiets des Zwischenhorizonts 1 ungegliedert (Abb. 13.12). Hier treten hohe Durchlässigkeitswerte von  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-2}$  m/s und darüber in einer Zone auf, die östlich von Durmersheim beginnt, in nordnord-östliche Richtung unter Karlsruhe verläuft und sich östlich von Leopoldshafen fortsetzt. Nordöstlich von Friedrichstal zweigt von dieser Struktur eine Zone nach Nordosten bis nördlich von Kronau ab. Die Hauptzone hoher Durchlässigkeiten verläuft im Westen weiter in Richtung auf Kirrlach – Oberhausen, wo sie endet. Ein weiterer Bereich hoher Durchlässigkeit liegt westlich von Mörsch und Karlsruhe entlang des Rheins. Westlich von Leopoldshafen ist der Obere Grundwasserleiter vergleichsweise gering durchlässig ( $k_f = 3,0$  bis  $5,0 \cdot 10^{-4}$  m/s). Solche geringen Durchlässigkeiten treten auch nordwestlich von Mannheim sowie in der Randscholle südlich von Weinheim auf.

Im Nordosten wird der Obere Grundwasserleiter durch den Zwischenhorizont 1 in den Oberen Grund-

wasserleiter oben und unten gegliedert. Dort wurden die Durchlässigkeiten für die beiden Abschnitte getrennt regionalisiert (Abb. 13.13).

Die Durchlässigkeiten im Oberen Grundwasserleiter oben liegen zwischen  $k_f = 1,8 \cdot 10^{-4}$  und  $k_f = 1,03 \cdot 10^{-2}$  m/s (Tab. 13.1). Die höchsten Durchlässigkeiten wurden im Neckar-Schwemmfächer westlich von Heidelberg sowie südwestlich von Ladenburg festgestellt (Abb. 13.13 links). Die Zonen erhöhter Durchlässigkeiten ( $k_f = 5,0 \cdot 10^{-3}$  bis  $1,0 \cdot 10^{-2}$  m/s) verlaufen vom Ausgang des Neckartals in westsüdwestliche Richtung nach Schwetzingen sowie nach Nordwesten in Richtung Ilvesheim. Von dieser Zone zweigt 5 km südwestlich von Ladenburg ein Ast ab, der auf Heddesheim zu nach Norden verläuft. Die niedrigsten Durchlässigkeiten ( $k_f = 1,0$  bis  $3,0 \cdot 10^{-4}$  m/s) liegen im Oberen Grundwasserleiter oben östlich von Heddesheim am östlichen Grabenrand an der Grenze zur Randscholle.

Die Durchlässigkeiten im Oberen Grundwasserleiter unten betragen zwischen  $k_f = 3,0 \cdot 10^{-5}$  und  $1,5 \cdot 10^{-2}$  m/s (Abb. 13.13 rechts). Sie sind damit deutlich niedriger als im oberen Abschnitt. Die höchsten Durchlässig-



**Abb. 13.10** Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt des Oberen Grundwasserleiters (Tiefenstufe 0 – 20 m, links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).



keiten liegen im Raum Heidelberg und westlich davon, die niedrigsten Werte südlich von Heddeshelm und Ladenburg sowie am Grabenrand bei Leimen.

### 13.3.2 Mittlerer Grundwasserleiter

Abb. 13.14 gibt einen Überblick über die Verteilung der Durchlässigkeiten im Mittleren Grundwasserleiter.

Der Mittlere Grundwasserleiter wird durch die Einschaltung der feinkörnigen Zwischenhorizonte nach Norden in bis zu drei Einheiten gegliedert (Mittlerer Grundwasserleiter oben, Mitte und unten). Die Verbreitung sowie die Einheiten, die den Mittleren Grundwasserleiter zusammensetzen, sind in den Abb. 12.1 sowie 12.14 bis 12.17 dargestellt.

Die höchsten Durchlässigkeiten im Mittleren Grundwasserleiter liegen im Teilgebiet Mitte und am südlichen Gebietsrand des Teilgebiets Nord östlich von Durmersheim sowie am Rhein nordwestlich von Linkenheim-Hochstetten ( $k_f = 7,0$  bis  $9,0 \cdot 10^{-3}$  m/s, Abb. 13.15 oben). Die niedrigsten Werte kom-

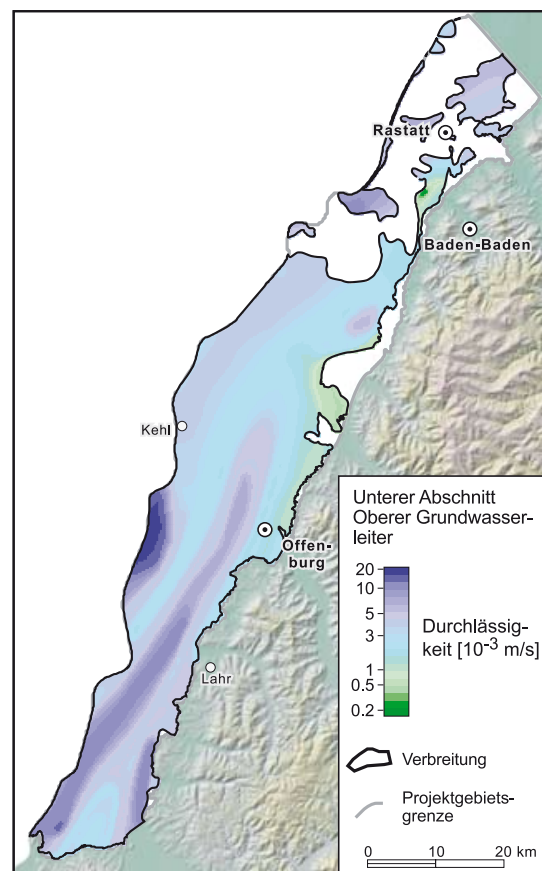
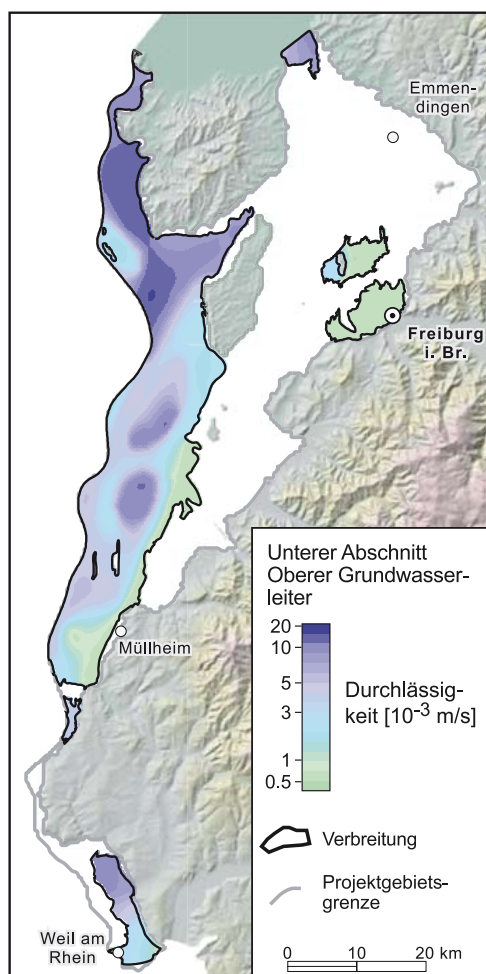
men in einer Zone vor, die nördlich von Leopoldshafen beginnt und über Graben-Neudorf – Reilingen – Schwetzingen und Ilvesheim bis nach Mannheim im Nordwesten sowie nördlich von Hemsbach im Nordosten verläuft ( $k_f = 1,0 \cdot 10^{-4}$  m/s).

### 13.3.3 Unterer Grundwasserleiter

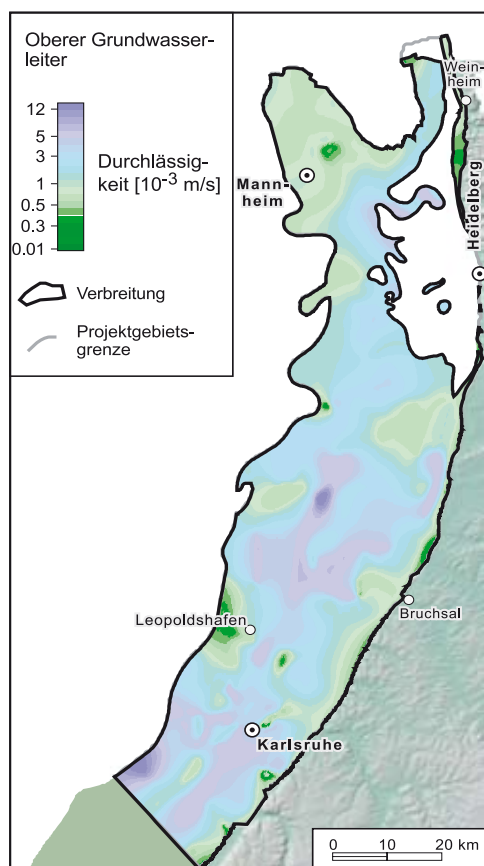
Für den Unteren Grundwasserleiter wurden die Durchlässigkeiten nur für den oberen Abschnitt in den Teilgebieten Süd und Mitte regionalisiert (Abb. 13.16).

Rheinnah liegen die Durchlässigkeiten südlich des Kaiserstuhls und nördlich davon bis Lahr in der Größenordnung von  $k_f = 8,0 \cdot 10^{-3}$  bis  $1,0 \cdot 10^{-2}$  m/s. Zum östlichen Grabenrand hin nehmen sie auf Werte zwischen  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-4}$  bis  $2,0 \cdot 10^{-3}$  m/s ab. Im selben Wertebereich liegen die Durchlässigkeiten in der Freiburger Bucht.

Nördlich von Nonnenweiher bei Lahr nehmen die Durchlässigkeiten auf  $k_f = 1,0$  bis  $6,0 \cdot 10^{-3}$  m/s ab (Abb. 13.16 rechts). Demgegenüber zeigen Sedi-



**Abb. 13.11** Durchlässigkeiten im unteren Abschnitt des Oberen Grundwasserleiters (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).

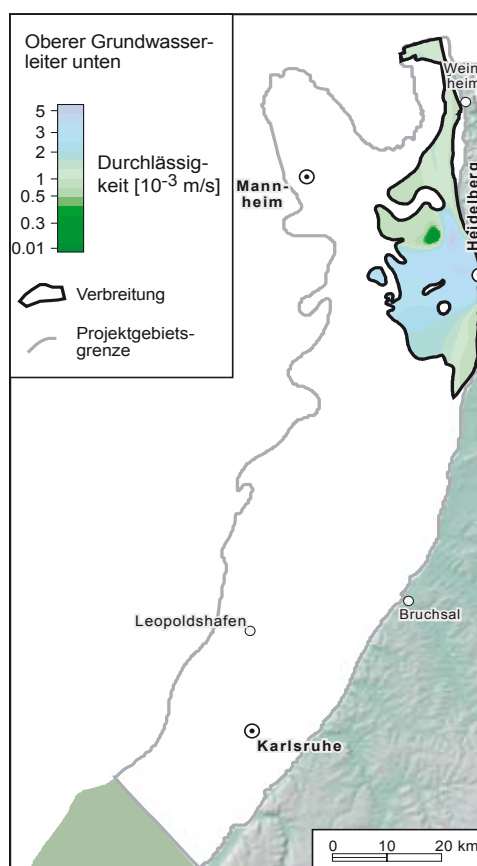
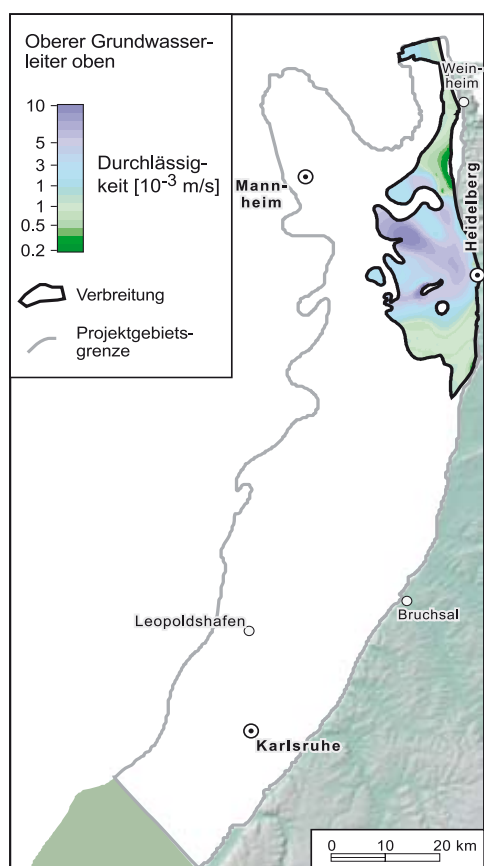


**Abb. 13.12** Durchlässigkeiten im Oberen Grundwasserleiter (Teilgebiet Nord).

mentbeschreibungen von Materialbohrungen, dass der Schluffanteil nach Norden geringer wird (vgl. auch Längsprofile, RPF/LGRB 2007 a). Ein Grund für diese scheinbar widersprüchlichen Befunde könnte sein, dass die Datendichte für eine repräsentative flächenhafte Darstellung der Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt des unteren Grundwasserleiters nicht ausreicht.

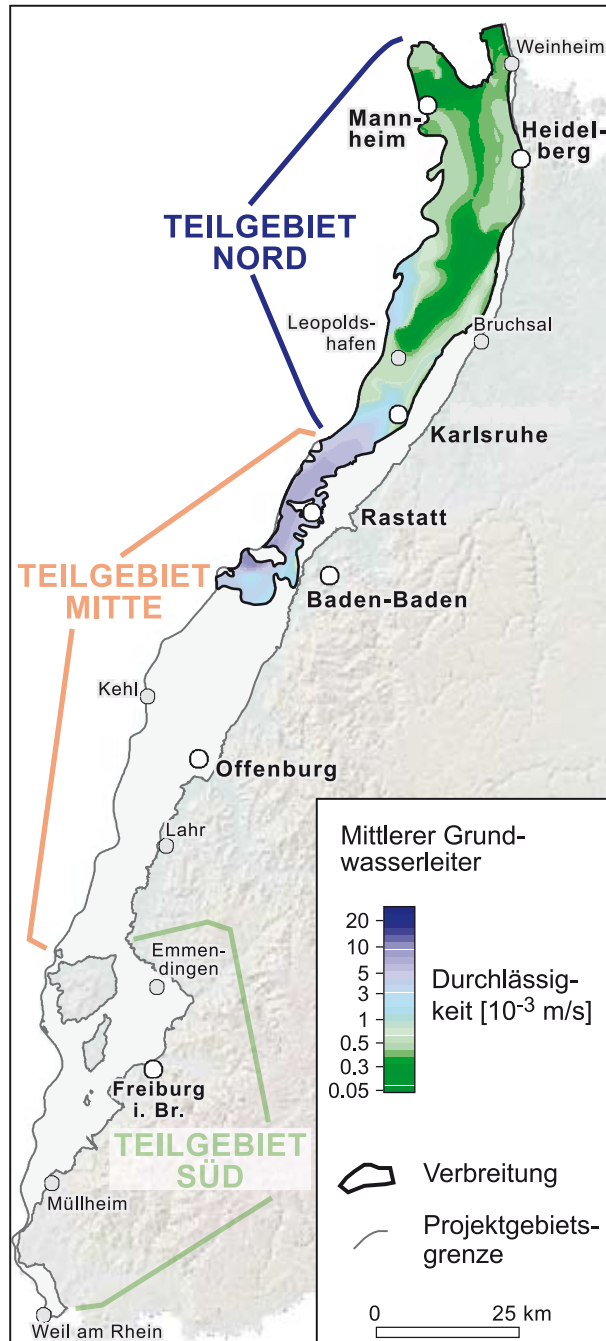
Südlich von Offenburg nehmen die Durchlässigkeiten vom Schwarzwaldrand ( $k_f < 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ) zum Rhein hin zu ( $k_f = 8,0 \cdot 10^{-3}$  bis  $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ ). Ursache dafür ist die Veränderung in der Zusammensetzung der Sedimente (Kap. 9). Zwischen Strassbourg und Offenburg verläuft ein Bereich höherer Durchlässigkeit ( $k_f = 4,0$  bis  $6,0 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ) in nord-östliche Richtung. Westlich daran schließt auf Höhe von Kehl eine Zone geringerer Durchlässigkeiten an.

Für den unteren Abschnitt des Unteren Grundwasserleiters liegen zu wenige Messwerte vor, um eine flächenhafte Aussage zur Verteilung der Durchlässigkeiten zu machen. In den Abb. 13.17 und 13.18 sind deshalb lediglich die Punkte dargestellt, für die Messwerte existieren. Sie sind nach Durchlässigkeitsklassen farblich unterschieden. Die Durchlässigkeiten im basalen Teil der Lockergesteine des Oberrheingrabens nehmen tendenziell von Süden



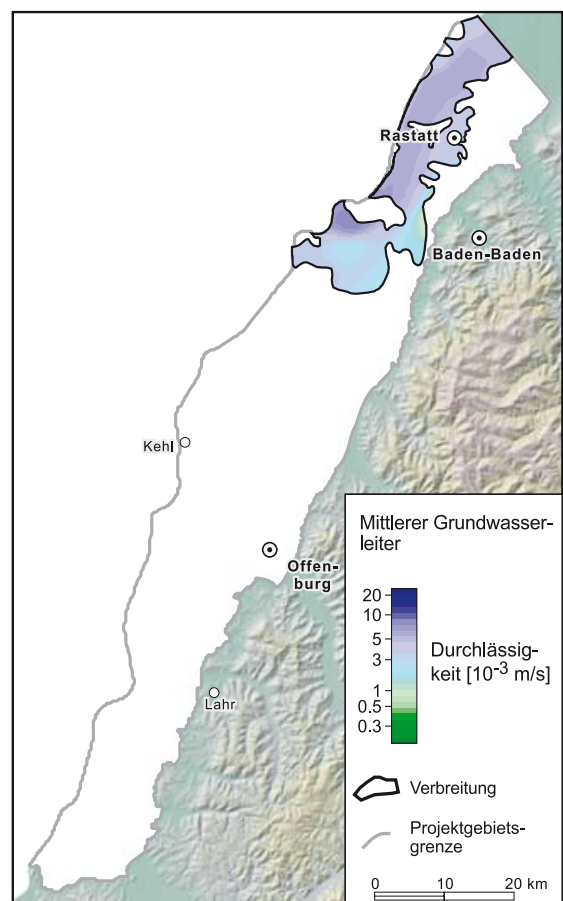
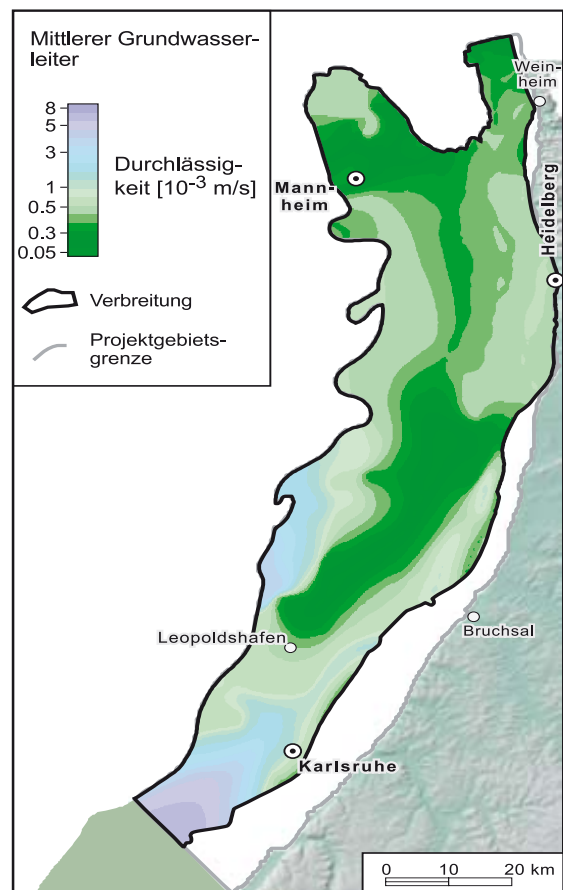
**Abb. 13.13** Durchlässigkeiten im Oberen Grundwasserleiter oben und unten (Teilgebiet Nord).

nach Norden ab. Während im Süden an mehreren Stellen Durchlässigkeiten zwischen  $k_f = 1,5$  und  $8,0 \cdot 10^{-3}$  m/s festgestellt wurden, sind im nördlichen Teilgebiet nur Durchlässigkeiten bis  $k_f = 1,5 \cdot 10^{-3}$  m/s vorhanden.



**Abb. 13.14** Übersicht über die Durchlässigkeiten im Mittleren Grundwasserleiter.

► **Abb. 13.15** Durchlässigkeiten im Mittleren Grundwasserleiter (rechts oben: Teilgebiet Nord, rechts unten: Teilgebiet Mitte).





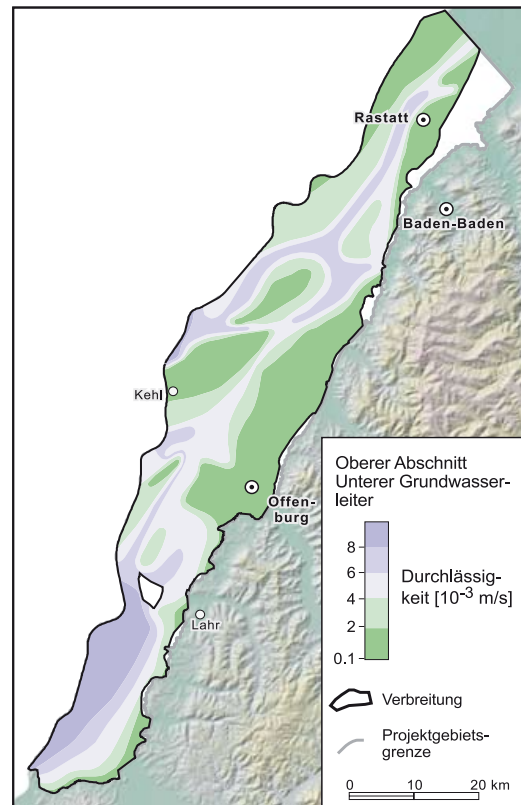
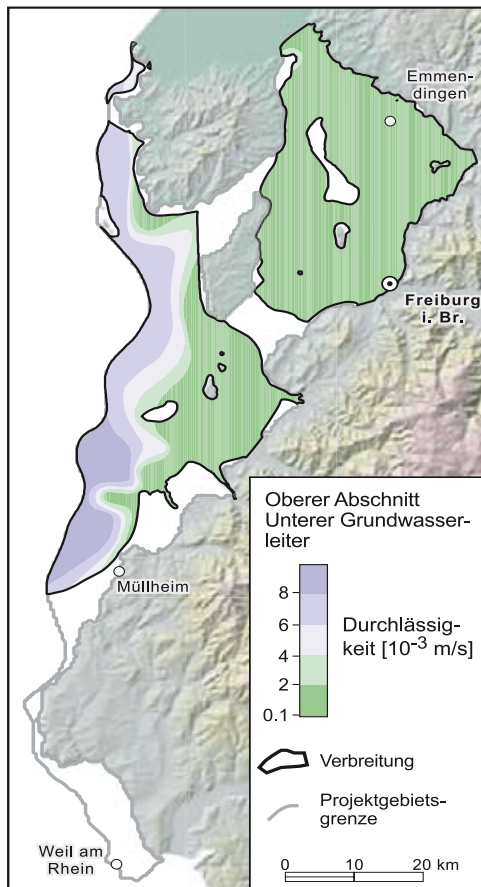


Abb. 13.16 Durchlässigkeiten im oberen Abschnitt des Unteren Grundwasserleiters (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).

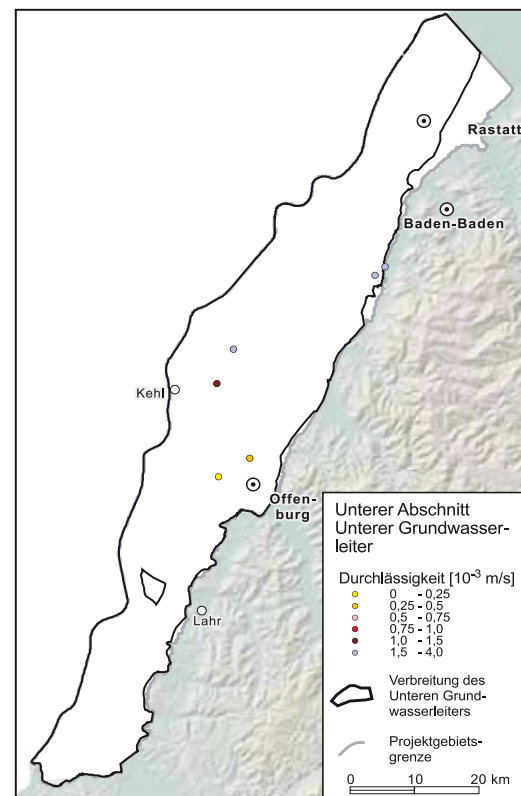
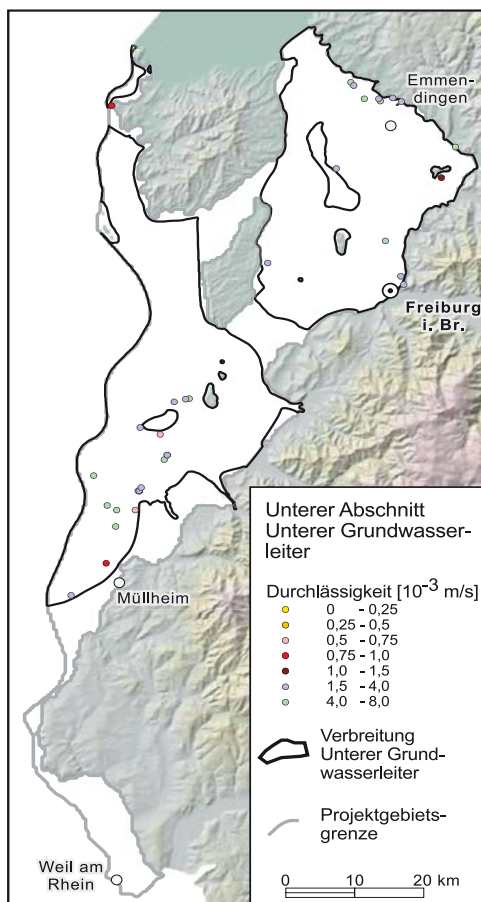
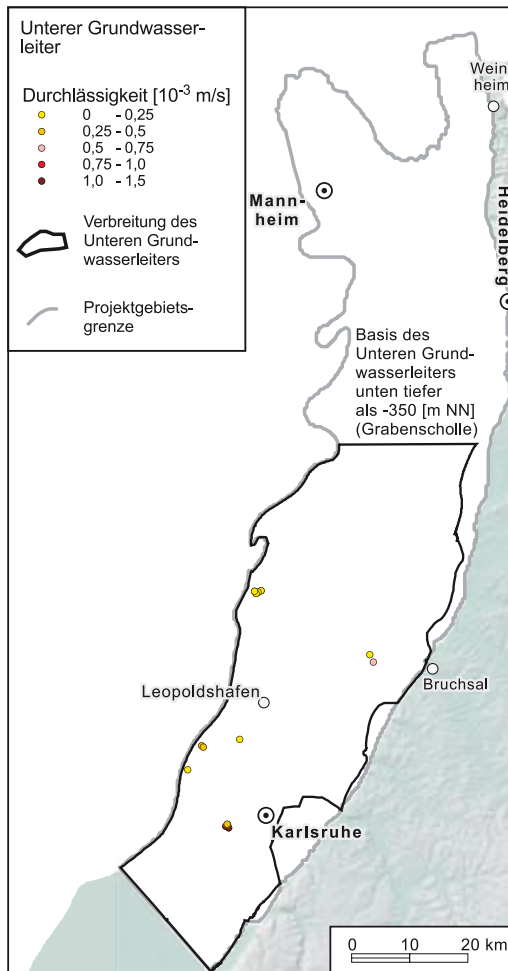


Abb. 13.17 Belegpunkte für die Durchlässigkeiten im unteren Abschnitt des Unteren Grundwasserleiters (links: Teilgebiet Süd, rechts: Teilgebiet Mitte).





**Abb. 13.18** Belegpunkte für die Durchlässigkeiten im Unteren Grundwasserleiter (Teilgebiet Nord).

## Abkürzungen

|         |                                                                  |
|---------|------------------------------------------------------------------|
| Abb.    | Abbildung                                                        |
| ArcView | Geografisches Informationssystem (Programmpaket)                 |
| ADB     | Aufschlussdatenbank                                              |
| Bo      | Bohrung                                                          |
| BRGM    | Bureau de Recherches Géologiques et Minières                     |
| CH      | Schweiz                                                          |
| D       | Deutschland                                                      |
| DGM     | Digitales Geländemodell                                          |
| Excel   | Tabellenkalkulationsprogramm                                     |
| F       | Feinsedimente (Ton, Schluff)                                     |
| ff.     | (fort)folgende Seiten                                            |
| FB      | Freiburger Bucht                                                 |
| G       | Kies                                                             |
| GLA     | Geologisches Landesamt Baden-Württemberg (seit 01.07.1998: LGRB) |
| GeODIN  | Programm zur Visualisierung der Bohrprofile                      |

|              |                                                                                             |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| GIS          | Geografisches Informationssystem                                                            |
| HGK          | Hydrogeologische Kartierung                                                                 |
| j            | Jura                                                                                        |
| k            | Keuper                                                                                      |
| $k_f$        | Durchlässigkeitswert [m/s]                                                                  |
| LfU          | Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg                                            |
| LGRB         | Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (seit 01.01.2005: RPF/LGRB) |
| LUBW         | Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg                       |
| m            | Meter                                                                                       |
| MGWL (o/m/u) | Mittlerer Grundwasserleiter (oben/Mitte/unten)                                              |
| m NN         | Meter Normalnull                                                                            |
| MoNit        | Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben                       |
| MskAm        | Mittlere sandig-kiesige Abfolge Mitte                                                       |
| MskAo        | Mittlere sandig-kiesige Abfolge oben                                                        |
| MskAu        | Mittlere sandig-kiesige Abfolge unten                                                       |
| m u. Gel.    | Meter unter Gelände                                                                         |
| n. v.        | nicht vorhanden                                                                             |
| Nr.          | Nummer                                                                                      |
| OGWL (o/u)   | Oberer Grundwasserleiter (oben/unten)                                                       |
| OksA         | Obere kiesig-sandige Abfolge                                                                |
| OksAo        | Obere kiesig-sandige Abfolge oben (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar)                  |
| OksAu        | Obere kiesig-sandige Abfolge unten (nur bereichsweise im Raum Rhein-Neckar)                 |
| ORG          | Oberrheingraben                                                                             |
| OZH          | Oberer Zwischenhorizont                                                                     |
| RPF/LGRB     | Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau    |
| S            | Sand                                                                                        |
| S.           | Seite                                                                                       |
| s.           | siehe                                                                                       |
| t            | Tertiär                                                                                     |
| T            | Transmissivität [m <sup>2</sup> /s]                                                         |
| Tab.         | Tabelle                                                                                     |
| TZH          | Tieferer Zwischenhorizont                                                                   |
| u. a.        | unter anderem                                                                               |
| UGWL (u/o)   | Unterer Grundwasserleiter (unten/oben)                                                      |
| UssAo        | Untere sandig-schluffige Abfolge oben                                                       |
| UssAu        | Untere sandig-schluffige Abfolge unten                                                      |
| UZH          | Unterer Zwischenhorizont                                                                    |
| X            | Steine                                                                                      |
| Y            | Böcke                                                                                       |
| ZH1          | Zwischenhorizont 1                                                                          |
| ZH2          | Zwischenhorizont 2                                                                          |
| ZH3          | Zwischenhorizont 3                                                                          |



## Literatur

- Ad-Hoc-AG Hydrogeologie [Hrsg.] (1997): Hydrogeologische Kartieranleitung. – Geol. Jb. **G2**: 3 – 157, 15 Abb., 6 Tab., 10 Anl.; Hannover.
- BARTZ, J. (1959): Zur Gliederung des Pleistozäns im Oberrheingebiet. – Ztschr. dt. geol. Ges., **111**: 653 – 661, 2 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- (1974): Die Mächtigkeit der Quartärs im Oberrheingraben. – In: ILLIES, J. H. & FUCHS, K. [eds.]: Approaches to Taphrogenesis. – Inter-Union Comm. Geodynamics Sci. Rep., **8**: 78 – 87, 1 Abb.; Stuttgart (Schweizerbart).
- (1976), mit Beitr. v. VON DER BRELIE, G. & MAUS, H. †: Quartär und Jungtertiär im Raum Rastatt. – Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **18**: 121 – 178, 13 Abb., 4 Tab.; Freiburg i. Br.
- (1982): Quartär und Jungtertiär II im Oberrheingraben im Großraum Karlsruhe. – Geol. Jb., **A 63**: 3 – 237, 28 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; Hannover.
- BERTRAND, G., HORSTMANN, M., HERMANN, O. & BEHRMANN, J. H. (2005): Retrodeformation of the southern Upper Rhine Graben: new insights on continental oblique rifting. – Quaternary Science Reviews, **24**: 347 – 354.
- BLUDAU, W. (1995): Biostratigraphische Untersuchungen an Sedimenten aus dem mittleren Oberrheingraben – Vorläufige Ergebnisse. – Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **35** (1993): 395 – 406; Freiburg i. Br.
- BOENIGK, W. (1976): Schwermineraluntersuchungen zur Entwicklung des Rheinsystems. – Eiszeitalter und Gegenwart., **27**: 202 S.; Öhringen.
- (1987): Petrographische Untersuchungen jungtertiärer und quartärer Sedimente am linken Oberrhein. Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N. F., **69**: 357 – 394; Stuttgart.
- BROST, E. & ELLWANGER, D., mit Beitr. v. BLUDAU, W. und ROLF, C. (1991): Einige Ergebnisse neuerer geoelektrischer und stratigraphischer Untersuchungen im Gebiet zwischen Kaiserstuhl und Kehl. – Geol. Jb., **E 48**: 71 – 81; Hannover.
- DOEBL, F. (1967): The tertiary and pleistocene Sediments of the northern and central part of the Upper Rhinegraben. – In: ROTHE, J. P. & SAUER, K. [eds.]: The Rhine Graben Progress Report 1967: 48 – 54, 9 fig.; Freiburg i. Br., Strasbourg.
- EHRMINGER, B. & HERDEG, U. (1992): Abschlußbericht über die isotopehydrologischen Untersuchungen und die erstellten Grundwassermodelle im Einzugsbereich des Wasserwerks Hausen. – Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG, Geol. L.-Amt Baden-Württ.; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- ELFERS, H., BOMBIEN, H., FRANK, H., SPÖRLEIN, T., KRENTZ, O., RAPPILBER, I., SIMON, A. & SCHWEIZER, R. (2004): Wege zur 3D-Geologie. – Personenkreis 3D der BIS-Steuerungsgruppe: 14 S., 4 Abb., 1 Anh.; Krefeld. – [unveröff.]
- ELLWANGER, D., BIBUS, E., BLUDAU, W., KÖSEL, M. & MERKT, J. (1995): Baden-Württemberg. – In: BENDA, L. [Hrsg.]: Das Quartär Deutschlands: 255 – 295; Berlin, Stuttgart (Borntraeger).
- , BLUDAU, W., FIEBIG, M., KNIPPING, M., HAGEDORN, E.-M., MÜLLER-DICK, B., SZENKLER, C. & STORCH, D. (2000): Paläoklimatisch-sedimentologische Untersuchungen an Lockergesteins-Forschungsbohrungen im Quartär des Alpenvorlands (Rheingletschergebiet/Oberrheingraben) – Vorläufige Ergebnisse und Folgerungen. – Extended abstract, ICDP/KTB Kolloquium, Ruhr-Univ. Bochum; Bochum.
- , mit Beitr. v. LÄMMERMANN-BARTHEL, J. und NEEB, I. (2003): Eine landschaftsübergreifende Lockergesteinsgliederung vom Alpenrand zum Oberrhein. – GeoArchäoRhein, **4**: 81 – 125, 5 Abb., 5 Tab.; Münster.
- ELSASS, P. & WIRSING, G. (1999): Interreg II – Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur. Etudes géophysiques et piézomètres profonds, BRGM; Strasbourg.
- ENGESSER, W. & MÜNZING, K. (1991): Molluskenfaunen aus Bohrungen im Raum Mannheim und ihre Bedeutung für die Quartärstratigraphie des Oberrheingrabens. – Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **33**: 97 – 117, 4 Abb., 5 Tab., 1 Taf.; Freiburg i. Br.
- ESSLINGER, G. (1968): Rezente Bodenbewegungen über dem Salinar des südlichen Oberrheintals: 76 S., 7 Taf., 10 Anl.; Berlin.
- FEZER, F. (1974): Randfluß und Neckarschwemmfächer. – Heidelberger Geographische Arbeiten, **40**: 167 – 183; Heidelberg.
- FH-DGG (1999): Hydrogeologische Modelle – Ein Leitfaden für Auftraggeber, Ingenieurbüros und Fachbehörden. – Hydrogeol. Beitr. der Fachsektion Hydrogeologie in der Dt. Geol. Gesellsch. [Hrsg.], **10**: 36 S., 5 Abb.; Hannover.
- FISCHER, H. (1967): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 169 Rastatt, Geographische Landesaufnahme 1: 200 000, Naturräumliche Gliederung Deutschlands: 33 S.; Bad Godesberg.
- FISCHER, H. & KLINK, H.-J. (1967): Die naturräumlichen Einheiten auf Blatt 177 Offenburg – Geographische Landesaufnahme 1: 200 000 – Naturräumliche Gliederung Deutschlands: 49 S.; Bad Godesberg.
- FRIEDMANN, A. (2000): Die Spät- und postglaziale Landschafts- und Vegetationsgeschichte des süddeutschen Oberrheintieflands und des Schwarzwalds. – Freiburger Geographische Hefte, **62**: 222 S.; Freiburg i. Br.
- GLA – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg [Hrsg.] (1981): Geothermische Bestandsaufnahme des Oberrheingrabens zwischen Karlsruhe und Mannheim, Anteil Baden-Württemberg. – Commission of the European Communities, Directorate general of Research, Science and Education, Programme on Geothermal Energy, Geol. L.-Amt Baden-Württ.: 72 S., Anh.; Freiburg i. Br.
- (1990 a): Blatt 8013 Freiburg – Geologische Karte Baden-Württemberg 1: 25 000 mit Erläuterungen. – 2., erg. Aufl., IV + 159 S., 2 Abb., 8 Taf., 3 Beil., Freiburg i. Br.
- (1994 a): Blatt 7613 Lahr/Schwarzwald-Ost – Geologische Karte Baden-Württemberg 1: 25 000 mit Erläuterungen: 295 S., 30 Abb., 10 Tab., 5 Taf., 5 Beil., 1 Kt. (Bearb.: KESSLER, G., LEIBER, J., mit Beitr. v. KASS, W., MÜNZING, K. und OHMERT, W.); Freiburg i. Br., Stuttgart.
- (1994 b): Blatt 7913 Freiburg i. Br.-NO. – Geologische Karte Baden-Württemberg 1: 25 000 mit Erläuterungen. – 2., erg. Aufl.: VI + 130 S., 6 Abb., 8 Tab., 4 Taf., 5 Beil., Freiburg i. Br.
- (2000): Hydrogeologisches Strukturmodell Stadtgebiet Ludwigshafen – Mannheim: 22 S., 21 Anl.; Mainz. – [unveröff.]
- GLA/BRGM – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg / Bureau de Recherches Géologiques et Minières [Hrsg.] (1979): Geothermische Synthese des Oberrheingrabens – Commission of the European Communities, Directorate general for Research, Science and Education, Programme on Geothermal Energy. – Service Géologique Régional Alsace, Geol. L.-Amt Baden-Württ.: 100 S., 23 Anl., 4 Beil.; Freiburg i. Br., Strasbourg.

- GRIMMELMANN, W., HANNEMANN, M., HECHT, G., MÜLLER, A., PLUM, H., PRETSCHOLD, H.-D., SCHARPFF, H. J. & SCHLIMM, W. (1997): Hydrogeologische Kartieranleitung. – Geol. Jb., **G2**: 3 – 157, 15 Abb., 6 Tab., 10 Anl.; Hannover.
- GROSCHOPF, R., KESSLER, G., LEIBER, J., MAUS, H. (†), OHMERT, W., SCHREINER, A. & WIMMENAUER, W., mit Beitr. v. ALBIEZ, G., HÜTTNER, R. und WENDT, O. (1996): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Freiburg i. Br. und Umgebung 1: 50 000. – 3., erg. Aufl., Geol. L.-Amt Baden-Württ.: IV + 364 S., 27 Abb., 7 Taf., 1 Beil.; Freiburg i. Br.
- GUENTHER, E. (1935): Der geologische Bau der Freiburger Bucht. – Bad. Geol. Abh., **7**: 2 – 56, 4 Abb., 3 Tab.; Karlsruhe.
- HAGEDORN, E.-M. (2004): Sedimentpetrographie und Lithofazies der jungtertiären und quartären Sedimente im Oberrheingebiet: 248 S., 22 Anl., 80 Abb., Anh.; Dissert. Univ. Köln; Köln.
- HERDEG, U. (1993): Untersuchungen zu den Grundwasserfließsystemen im Bereich der Wasserwerke von Freiburg i. Br. auf der Grundlage isotopenhydrologischer und geologischer Daten: 231 S., 154 Abb., Dissert. Univ. Freiburg; Freiburg i. Br.
- HERRGESELL, G. (1995): Grundwassermodell Offenburg-Süd, PFA 7.1 der Ausbau und Neubaustrecke Offenburg – Basel der Deutschen Bahn AG. – Gutachten Geol. L.-Amt Baden-Württ., Az.: 2307.11/91-4763; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- HERRMAN, A. & STÖBER, I. (1996): Mächtigkeiten der gut durchlässigen Schichten in den quartären Kieslagern des Oberrheingrabens zwischen Basel und der Nordgrenze des Lkr. Karlsruhe, Geol. L.-Amt Baden-Württ.; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- , MEINKEN, W. & STÖBER, I. (1996): Durchlässigkeiten im Quartär des Oberrheingrabens zwischen Basel und der Nordgrenze des Lkr. Karlsruhe – Forschungsber. Geol. L.-Amt Baden-Württ. im Rahmen des LIFE-Projekts, Az.: 1107.01/96-4763: 7 S., 22 Kt., Anl.; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- HKG – Hydrogeologische Kartierung (1977): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Bereich Kaiserstuhl – Markgräflerland mit Erläuterungen. – Geol. L.-Amt Baden-Württ., L.-Anst. f. Umweltschutz Baden-Württ.: 65 S., 7 Abb., 5 Tab., 6 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe.
- (1978a): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet – Raum Rastatt mit Erläuterungen. – Geol. L.-Amt Baden-Württ., L.-Anst. f. Umweltschutz Baden-Württ.: 52 S., 31 Abb., 9 Tab., 6 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe.
- (1978b): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Bereich Bühl – Offenburg mit Erläuterungen. – Geol. L.-Amt Baden-Württ., L.-Anst. f. Umweltschutz Baden-Württ.: 68 S., 24 Abb., 7 Tab., 10 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe.
- (1979): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Freiburger Bucht mit Erläuterungen. – Geol. L.-Amt Baden-Württ., L.-Anst. f. Umweltschutz Baden-Württ.: 72 S., 25 Abb., 10 Tab., 12 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe.
- (1980): Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg, Oberrheingebiet Raum Lahr mit Erläuterungen. – Geol. L.-Amt Baden-Württ., L.-Anst. f. Umweltschutz Baden-Württ.: 63 S., 25 Abb., 7 Tab., 8 Kt.; Freiburg i. Br., Karlsruhe.
- (1988): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe – Speyer, Analyse des Ist-Zustandes – Aufbau eines mathematischen Grundwassermodells: 111 S., 23 Abb., 9 Tab.; Stuttgart, Mainz.
- (1999): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Rhein-Neckar-Raum, Fortschreibung 1983 – 1989. – Minist. f. Umwelt u. Verkehr Baden-Württ., Hess. Minist. f. Umwelt, Landwirtsch. u. Forsten, Minist. f. Umwelt u. Forsten Rheinl.-Pfalz: 155 S., 71 Abb., 23 Tab., 18 Kt.; Stuttgart, Wiesbaden, Mainz.
- (2007): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Raum Karlsruhe – Speyer, Fortschreibung 1986 – 2005, Teil I – Beschreibung der geologischen, hydrogeologischen und hydrologischen Situation. – Minist. f. Umwelt Baden-Württ., Minist. f. Umwelt, Forsten u. Verbraucherschutz Rheinl.-Pfalz; Stuttgart, Mainz.
- HOMILIUS, H. J. & SCHREINER, A., mit Beitr. v. DÜRBAUM, H. J. und LEIBER, J. (1991): Geoelektrische Untersuchungen in der Freiburger Bucht. – Geol. Jb., **E48**: 43 – 70, 9 Abb., 7 Taf.; Hannover.
- HÜTTNER, R. (1991): Bau und Entwicklung des Oberrheingrabens. Ein Überblick mit historischer Rückschau. – Geol. Jb., **E48**: 17 – 42, 10 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- Interreg II (2001): Erkundung der Grundwasserleiter und der Böden im Hochrheintal zwischen Schaffhausen und Basel. – Abschlussbericht zum Interreg II-Projekt, Ergebnisse und Karten: 101 S., 27 Abb., 16 Tab.; Waldshut.
- (2002): Grenzüberschreitende Erkundung des tiefen rhein-nahen Grundwasserleiters zwischen Fessenheim und Breisach. – Endbericht zum Interreg II-Projekt. – Regierungspräsidium Freiburg: 172 S.; Freiburg i. Br.
- LEIBER, J. (1976): Die Schichtenfolge der Tiefbohrung Lahr. – Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **18**: 105 – 112, 1 Abb.; Freiburg i. Br.
- LfU – Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Région Alsace (1996): Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheingrabens: 166 S., 25 Abb., 5 Tab.; Karlsruhe.
- (2000): Synthèse et recommandations/Zusammenfassung und Empfehlungen – Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans la vallée du Rhin supérieur/Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben. – Initiative communautaire Interreg II: 30 S.; Strasbourg.
- (2005), MONIT: Entwicklung von Prognosewerkzeugen, Zwischenpräsentation: 170 S.; Karlsruhe.
- LGRB – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (1997): Abschlußbericht über die Fortschreibung des hydrogeologischen Baus im baden-württembergischen Teil der Hydrogeologischen Kartierung Karlsruhe–Speyer (Bearb.: WATZEL, R. & OHNEMUS, J.): 18 S., 1 Abb., 33 Anl.; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- (1998a): Geologische Schulkarte von Baden-Württemberg 1 : 1 000 000 mit Erläuterungen. – 12., überarb. u. erweit. Aufl., VI + 142 S., 27 Abb., 2 Tab.; Freiburg i. Br.
- (1998b): Hydrogeologischer Bau in den Einzugsgebieten der Brunnen der Freiburger Energie- und Wasserversorgungs-AG. – (Bearb.: OHNEMUS, J., WIRSING, G.); Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- (1999): Räumliche Modellierung hydrogeologischer Strukturen im nördlichen Oberrheingraben. – L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ. (Bearb.: OHNEMUS, J., SOKOL, G., WATZEL, R.), LGRB-Infom., **11**, 69 – 75, 8 Abb.; Freiburg i. Br.
- (2000): Geologisch-hydrogeologischer Bau im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens südlich des Kaiserstuhls. – Projekt p120 im Digitalen Kartenarchiv des Regierungspräsidiums, Abt. 9: L.-Amt Geol. Rohst. Bergbau (Bearb.: OHNEMUS, J., WIRSING, G.), Az.: 0527.01/00-4763; Freiburg i. Br. – [unveröff.]



- (2001a): Geologisch-hydrogeologischer Bau der Lockergesteinsfüllung der Freiburger Bucht. – Projekt p120 im Digitalen Kartenarchiv des Regierungspräsidiums Freiburg, Abt. 9: L.-Amt Geol. Rohst. Bergbau (Bearb.: ELLWANGER, D., HESS, M., OHNEMUS, J., SCHWARZ, M., WIRSING, G.), Az.: 3579.01/99-4763; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- (2001b): Deckschichtenauswertung Oberrheingraben Abschlußbericht. – Projekt p147 im Digitalen Kartenarchiv des Regierungspräsidiums Freiburg, Abt. 9: L.-Amt Geol. Rohst. Bergbau (Bearb.: SCHWARZ, M., WALDMANN, F., WIRSING, G.), Az.: 3603.02/00-4763; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- (2002a): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2002. – L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ. (Bearb.: WERNER, W., KIMMIG, B., BRASSE, A., BOCK, W. D., FINGER, P., TRAPP, C., SCHLOZ, W., WEINZIERL, W., DENNERT, V., FROMM, F., BOCK, H., KÖBERLE, G., KÜCK, J., ANDRÄ, H.). – LGRB-Inf., **14**: 92 S., 58 Abb., 12 Tab., 1 Anh.; Freiburg i. Br.
- (2002b): Hydrogeologische Einheiten in Baden-Württemberg. – (Bearb.: ARNMBRUSTER, V., PLUM, H., SCHMIDT, G., WIRSING, G.): 30 S., 5 Kt., 11 Anl.; Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- (2003): Durchlässigkeiten Karlsruhe – Speyer. – Projekt p127 im Digitalen Kartenarchiv des Regierungspräsidiums Freiburg, Abt. 9: L.-Amt Geol. Rohst. Bergbau (Bearb.: WATZEL, R.); Freiburg i. Br. – [unveröff.]
- LIFE (1996): Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheingrabens; Karlsruhe.
- LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg [Hrsg.] (2006a): Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben. – Prognosen zur Entwicklung der Nitratbelastung: 152 S.; Karlsruhe.
- [Hrsg.] (2006b): Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben – Abschlussbericht Teilprojekt Hydrogeologie – Aquifergeometrie der quartären und pliozänen Lockergesteinsfüllung im baden-württembergischen Teil des Oberrheingrabens. – Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9: L.-Amt Geol. Rohst. Bergbau, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Geol.-Pal. Inst. Univ. Basel (Bearb.: WIRSING, G., ELSASS, P., LUZ, A., HUGGENBERGER, P.): 160 S., 56 Abb., 6 Tab., 1 Anl.; Karlsruhe.
- LUTZ, M. & CLEINTUAR, M. (1999): Geological results of a hydrocarbon exploration campaign in the southern Upper Rhine Graben. – Bull. Appl. Geol., vol., **4**, Suppl.: 3 – 80, 37 fig.; CH-Zürich.
- MÄCKEL, R. (1992): Naturraum des Mittleren und Südlichen Schwarzwaldes und Oberrheintieflandes. – In: Schwarzwald und Oberrheintiefland, Freiburger Hefte, **36**: 1 – 23, Selbstverlag des Inst. f. Phys. Geographie, Univ. Frbg.; Freiburg i. Br.
- NOYER, M. L., MENJOZ, A., ELSASS, P., THIÉRY, D. & MARTIN, J. C. (1998): Modèle de la nappe d'Alsace. Projet de développement 312. Rapport final. Rapport BRGM R 40335; Strasbourg.
- PFLUG, R. (1982): Bau und Entwicklung des Oberrheingrabens. – Erträge Forsch., **184**: X + 145 S., 43 Abb., 2 Tab. (Wiss. Buchgesellschaft); Darmstadt.
- RPF/LGRB – Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9: Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (2006a): Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006 (Bearb.: WERNER, W., KIMMIG, B., LIEDTKE, M., KESTEN, D., KLEINSCHNITZ, M., BRASSE, A., TRAPP, C.). – LGRB-Inf., **18**: 202 S., 209 Abb., 12 Abb., 15 Tab., 1 Kt.; Freiburg i. Br.
- (2006b): Hydrogeologische Untersuchungen zur Beurteilung von Tiefenbaggerungen durch den Oberen Zwischenhorizont in der Rheinniederung nördlich von Karlsruhe. – LGRB-Fachber., **1/06**: 66 S., 37 Abb., 7 Tab.; Freiburg i. Br.
- (2007a): Hydrogeologischer Bau der Lockergesteine im Oberrheingraben (Baden-Württemberg). – CD-ROM mit html-Projekt und digitalen Datensätzen; Freiburg i. Br.
- (2007b): Symbolschlüssel Geologie Baden-Württemberg – Verzeichnis Geologischer Einheiten. – Aktual. Ausg. 04/2007, Internet-Publ.: <http://www.lgrb.uni-freiburg.de>; Freiburg i. Br.
- (2007c): Hochauflösende Reflexionsseismik auf dem Rhein zwischen Mannheim und Rheinfelden und dem Rheinseitenkanal (Bearb.: WIRSING, G., LUZ, A., ENGESSER, W. & KOCH, A.). – LGRB-Fachber., **1/07**: 60 S., 32 Abb., 7 Tab., 1 Beil.; Freiburg i. Br.
- SALOMON, W. (1927): Die Erbohrung der Heidelberger Radium-Sol-Therme und ihre geologischen Verhältnisse. – Abh. Heidelberger Akad. Wiss. Math.-Nat. Kl., **14**: 1 – 105; Heidelberg.
- SCHAD, A. (1964): Feingliederung des Miozäns und die Deutung der nacholigozänen Bewegungen im Mittleren Rheingraben. – Abh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **5**: 1 – 56, 4 Abb., 8 Taf.; Freiburg i. Br.
- SCHREINER, A. (1992): Einführung in die Quartärgeologie, 104 Abb., 14 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).
- SCHUHMACHER, M. E. (2002): Upper Rhine Graben: Role of preexisting structures during rift evolution. – Tectonics, vol., **21/1**: 6 – 13, 12 fig.; Washington.
- SCHWEIZER, R. (1992): Höhenänderungen von Nivellementpunkten im südlichen Oberrheingraben. – Schr. Angew. Geol. Karlsruhe, **16**: VII + 180 S., 72 Abb., 11 Tab.; Karlsruhe.
- STOBER, I., WENDT, O. & TRAUB, R. (2002): Tiefenabhängige hydrogeologische Untersuchungen im Quartär und Pliozän des Oberrheingrabens – Ergebnisse der Erkundungs- und Messstellenbohrung bei Kehl. – Abh. L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., **15**: 255 – 301, 13 Abb., 5 Tab.; Freiburg i. Br.
- VILLINGER, E. (1986): Untersuchungen zur Flußgeschichte von Aare-Donau/Alpenrhein und zur Entwicklung des Malm-Karsts in Südwestdeutschland. – Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **28**: 297 – 362, 10 Abb., 2 Tab., 3 Beil.; Freiburg i. Br.
- (1998): Zur Flußgeschichte von Rhein und Donau in Südwestdeutschland. – Jber. Mitt. Oberrhein. geol. Ver., N.F., **80**: 361 – 398; Stuttgart.
- (1999): Freiburg im Breisgau – Geologie und Stadtgeschichte. – L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., LGRB-Inf., **12**: 60 S., 27 Abb., 2 Tab., 1 Taf., 2 Beil.; Freiburg i. Br.
- (2002): Freiburg im Breisgau und der Oberrheingraben – 50 Mill. Jahre lebendige Erdgeschichte im Stadtgarten dokumentiert. – L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., LGRB-Nachr., **27/02**; Freiburg i. Br.
- WERNER, W., GIEB, J. & LEIBER, J. (1995): Zum Aufbau pleistozäner Kies- und Sandablagerungen des Oberrheingrabens. Ergebnisse rohstoffgeologischer Untersuchungen im Raum Lichtenau – Karlsruhe – Waghäusel. – Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **35** (1993): 361 – 394; Freiburg i. Br.
- , LEIBER, J. & BOCK, H. (1997): Die grobklastische pleistozäne Sedimentserie im südlichen Oberrheingraben: geologischer und lithologischer Aufbau, Lagerstättenpotential. – Zbl. Geol. Paläont., Teil 1, **9/10**: 1059 – 1085, 7 Abb., 3 Tab.; Stuttgart.
- WIRSING, G., ELLWANGER, D. & ELSASS, P. (1999a): Ergebnisse der geologischen und hydrogeologischen Untersuchungen an der Bohrung Bremgarten. – Interreg II Oberrhein Mitte-Süd –



Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben, L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., Az.: 1429.01/99-4763: 16 – 39; Freiburg i. Br. – [unveröff].

- , BRAM, K., BROST, E. & ELSASS, P. (1999b): Ergebnisse geophysikalischer Untersuchungen im Oberrheingraben südlich des Kaiserstuhls. – Interreg II Oberrhein Mitte-Süd – Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben, L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ., Az.: 1429.01/99-4763: 1 – 15; Freiburg i. Br. – [unveröff].

WIMMENAUER, W. mit Beitr. v. BRÜSTLE, W., FINGER, P., FLECK, W., GROSCHOPF, R., HOMILIUS, J., KÖSEL, M., MAUS, H. (†), MÜNZING, K., OHMERT, W., PLAUMANN, S., PUCHER, R., SCHREINER, A., VILLINGER, E. und WIRSING, G. (2003): Blatt Kaiserstuhl – Geologische Karte von Baden-Württemberg 1 : 25000 mit Erläuterungen. – 5., völl. neu bearb. Aufl., L.-Amt Geol. Rohst. Bergb. Baden-Württ.: IX + 280 S., 26 Abb., 14 Tab., 8 Taf., 4 Beil.; Freiburg i. Br.

ZIEGLER, P.A. (1992): European Cenozoic rift system. – Tectonophysics, **208**: 91 – 111; Amsterdam.



## **LGRB -Informationen des Regierungspräsidium Freiburg · Abteilung 9**

**Bis Heft 9** Informationen des **GLA** – Geologisches Landesamt Baden-Württemberg · **Bis Heft 15**  
Informationen des **LGRB** – Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg

|                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                    |        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|  <b>Heft 6</b> (1994)    | Ergiebigkeitsuntersuchungen in Festgesteinsaquiferen<br>114 S., 65 Abb., 11 Tab. ....                                                                                                              | 10,– € |
|  <b>Heft 8</b> (1996)    | Die Grenzziehung Unter-/Mitteljura (Toarcium/Aalenium)<br>bei Wittnau und Fuentelsaz — Beispiele interdisziplinärer<br>geowissenschaftlicher Zusammenarbeit<br>52 S., 35 Abb., 2 Tab., 4 Taf. .... | 10,– € |
|  <b>Heft 10</b> (2001)   | Wechselwirkungen zwischen Baggerseen und<br>Grundwasser<br>64 S., 42 Abb., 15 Tab., 1 CD-ROM ....                                                                                                  | 10,– € |
|  <b>Heft 11</b> (1999)   | Anwendung geowissenschaftlicher Informationssysteme<br>am Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau<br>Baden-Württemberg<br>84 S., 49 Abb., 1 Tab., 1 Taf. ....                                | 5,– €  |
|  <b>Heft 12</b> (1999)   | Freiburg im Breisgau — Geologie und Stadtgeschichte<br>60 S., 28 Abb., 2 Tab., 1 Taf., Beilage: 2 Kt. ....                                                                                         | 5,– €  |
|  <b>Heft 13</b> (2000)   | Tätigkeitsbericht 1997 — 1999<br>104 S., 52 Abb., 6 Tab. ....                                                                                                                                      | 5,– €  |
|  <b>Heft 14</b> (2002) | Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2002<br>92 S., 58 Abb., 12 Tab. ....                                                                                                                             | 5,– €  |
|  <b>Heft 15</b> (2004) | Exotische Gehölze im Kirchheimer-Arboretum Freiburg<br>36 S., 48 Abb. ....                                                                                                                         | 5,– €  |
|  <b>Heft 16</b> (2005) | Ingenieurgeologische Gefahren in Baden-Württemberg<br>79 S., 46 Abb. ....                                                                                                                          | 10,– € |
|  <b>Heft 17</b> (2005) | Ergebnisse neuer Forschungsbohrungen in<br>Baden-Württemberg<br>150 S., 17 Abb., 7 Tab., 3 Taf. ....                                                                                               | 10,– € |
|  <b>Heft 18</b> (2006) | Rohstoffbericht Baden-Württemberg 2006<br>202 S., 209 + 12 Abb., 15 Tab., 1 Kt. ....                                                                                                               | 10,– € |

*Preise zzgl. Versandkosten*