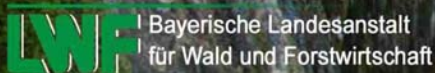


Ein Gemeinschaftsprojekt von:



Bayerischer Quellentypenkatalog

**AKTIONSPROGRAMM
QUELLEN
IN BAYERN**

*Aktionsprogramm
Quellen in Bayern*

Bayerischer Quelltypenkatalog

Ein Gemeinschaftsprojekt von:

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft mit den
Wasserwirtschaftsämtern Ingolstadt und Krumbach,
Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege,
Bayerisches Geologisches Landesamt,
Bayerisches Landesamt für Umweltschutz,
Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft,
Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft,
Nationalparkverwaltung Berchtesgaden,
Bund Naturschutz in Bayern e.V.,
Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V.

IMPRESSUM

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft,
eine Behörde im Geschäftsbereich des Bayerischen
Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz
Lazarettstr. 67, 80636 München
Telefon: 089/9214-01
E-mail: poststelle@lfw.bayern.de, Internet: www.lfw.bayern.de

Projektleitung „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“:

Dr. Gerhard Burkl, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft

Bearbeiter:

Dr. Georg Büttner, Bayer. Geologisches Landesamt
Dr. Rainer Fetz, Bayer. Landesamt für Umweltschutz,
Ralf Hotzy, Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V.
Julia Römheld, Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V.

Unter Mitarbeit der weiteren Mitglieder der Projektgruppe
des „Aktionsprogramms Quellen in Bayern“:
Helmut Franz, Nationalparkverwaltung Berchtesgaden
Dr. Franz-Xaver Heinle, Wasserwirtschaftsamt Krumbach
Dr. Walter Joswig, Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege
Dr. Benno Kügel, Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt
Christine Margraf, Bund Naturschutz in Bayern e.V.
Stefan Müller-Kröhling, Bayer. Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft
Werner Rehklaue, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft
Dr. Wolfgang Sprenger, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft
Hans-Jürgen Unger, Bayer. Landesanstalt für Landwirtschaft

Der vorliegende Quelltypenkatalog basiert auf dem unveröffentlichten Bericht für
das Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft „Der Bayerische Quelltypenkatalog“
(Hotzy, R. & Römheld, J., 2002) und enthält einen gekürzten Auszug aus „Hydrogeo-
logische Raumgliederung von Bayern“ (BÜTTNER, G. PAMER, R. & WAGNER, B., 2003,
GLA-Fachbericht Nr. 20, München).

Redaktion:

Dr. Gerhard Burkl, Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft
Helga Zahn, Geltendorf

Bildnachweis:

Fotos: Archiv Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft: 6 o.l., 6 o.r., 6 u.r., 10 l., 10 r.,
29 r., 33 l., 35 r.; G. Büttner: 6 u.l., 51 l., 106 l., 106 r.; W. v. Brackel: 64; J. Fliehr:
27 l., 37 l., 47, 49 l., 66 l.o., 66 r., 66 u., 67; S. Forster: 43 l., 92 u., 93; R. Hotzy: 31
l., 33 r., 49 r., 62 l., 74 r., 75 r., 94, 96, 99 r., 102, 106 u., H. Howe: 31 r., 35 l.,
37 r., 45 l., 54 u., 79, 83 o.; D. Lange: 75 l.u., P. Leupold: 39 l., 62 r., 63 u.,
N. Mathes: 25 l., 25 r., 29 l., 39 r., 41, 43 r., 45 r., 57 r., 83 u.r., 99 l., 101 u.r.,
S. Putzhammer: 89, J. Römheld: 6 o.m., 27 r., 51 r., 55 r., 63 o., 63 m., 69 l., 69 r.,
71, 74 l., 75 l.o., 83 l.u., 84, 85 o., 85 u., 87 l., 87 r., 88 l., 88 r., 90, 92 o., 95,
101 o., 101 l.u., Skizzen: J. Römheld.

Titelseite:

Schleierfälle in der Ammerschlucht, J. Römheld
Grafik: HelbigDesign, Abenberg

Zitiervorschlag:

Projektgruppe Aktionsprogramm Quellen (2004): Bayerischer Quelltypenkatalog. –
Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), München

Druck:

Universitätsdruckerei Wolf & Sohn GmbH, München

Bezug:

Wasserwirtschaftsamt Deggendorf, Postfach 2061, 94460 Deggendorf
ISBN: 3 – 930253 – 93 – 3, Erscheinungsjahr 2004

**Nachdruck und Wiedergabe – auch auszugsweise – nur mit Genehmigung
des Herausgebers**

Vorwort

Das vergangene Jahr 2003 war von den Vereinten Nationen zum Internationalen Jahr des Süßwassers erklärt worden. Es sollte damit im Bewusstsein der Öffentlichkeit verankert werden, wie wichtig es ist, das kostbare Gut sauberes, trinkbares Wasser zu schützen. In Bayern werden schon seit langem große Anstrengungen in diese Richtung hin unternommen. Die im Jahr 2000 von der Europäischen Union verabschiedete Europäische Wasserrahmenrichtlinie ist dabei ein relativ neues politisches Instrument, um das Grundwasser, die Seen und die Fließgewässer auch grenzüberschreitend von der Quelle bis zur Mündung zu schützen und für alle Gewässer einen biologisch, chemisch, physikalisch und morphologisch guten Zustand zu bewahren bzw. zu erreichen.

Aber was ist mit dem Bindeglied vom Grundwasser zu den oberirdischen Gewässern, den Quellen? Dem Ursprung aller Fließgewässer und Seen? Wo in den dichtbesiedelten und landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen Bayerns gibt es noch ursprüngliche Quellen? Quellen, die nicht verbaut, verrohrt, drainiert, mit Müll zugeschüttet, als Fischteich genutzt oder für touristische Zwecke mehr oder weniger kunstvoll gefasst sind. Auch die Wasserwirtschaft trägt in manchen Regionen mit der notwendigen Trinkwassernutzung aus Quellen zum Rückgang des Lebensraums Quelle bei.

Deshalb wurde im Jahr 2001 das „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“ ins Leben gerufen, das vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz finanziert wird. In ihm arbeiten verschiedene bayerische Behörden und Umweltverbände zusammen, um die Voraussetzungen für einen umfassenden Quellschutz zu schaffen. Hierbei kann auf Erfahrungen der Kollegen in der Projektgruppe des „Aktionsprogramms Quellen in Bayern“ und dabei insbesondere auf die langjährigen Arbeiten von R. Hotzy und J. Römheld vom Landesbund für Vogelschutz aufgebaut werden. Der nun vorliegende „Bayerische Quelltypenkatalog“ stellt einen wichtigen Schritt zu dem Ziel Quellschutz dar, indem er eine bayernweit einheitliche Erfassung von Quellen ermöglicht und damit eine Grundlage bildet für einen koordinierten Schutz der Quellen.

Die Schaffung der Grundlagen alleine reicht aber nicht aus. Zur zukünftigen Umsetzung der Ergebnisse aus dem Projekt ist die Mitarbeit vieler, z.B. von Behörden, Verbänden, Kommunen, Grundstückseigentümern, Agenda-21-Gruppen und Nutzergruppen notwendig. Jeder kann sich daran beteiligen und so dazu beitragen, den einzigartigen Lebensraum Quelle zu bewahren.

Dr. G. Burkl

Projektleiter „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“

Inhalt

1 EINLEITUNG.....	5
2 GRUNDLAGEN UND ZIELE.....	7
2.1 Das „Aktionsprogramm Quellen“	7
2.2 Quelltypologien	8
2.3 Die hydrogeologischen Teilräume Bayerns	9
2.4 Fließgewässertypen und Grundwasserkörper	10
3 METHODEN DER TYPISIERUNG	15
3.1 Datengrundlagen und Auswertung.....	15
3.2 Typisierungsparameter.....	17
3.3 Definition der Bayerischen Quelltypen	20
3.4 Überprüfung der Plausibilität	22
4 DIE QUELLTYPEN BAYERNS.....	23
F-1 Organisch-geprägte Fließquelle	24
F-2 Feinmaterial-geprägte Fließquelle	26
F-3 Grobmaterial-geprägte Fließquelle	28
F-4 Blockmaterial-geprägte Fließquelle	30
F-5 Fallquelle	32
S-1 Organisch-geprägte Sickerquelle.....	34
S-2 Feinmaterial-geprägte Sickerquelle.....	36
S-3 Grobmaterial-geprägte Sickerquelle.....	38
L-1 Organisch-geprägte Linearquelle	40
L-2 Feinmaterial-geprägte Linearquelle.....	42
L-3 Grobmaterial-geprägte Linearquelle	44
T-1 Organisch-geprägte Tümpelquelle	46
T-2 Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle.....	48
T-3 Grobmaterial-geprägte Tümpelquelle	50
5 QUELLSYSTEME UND QUELLKOMPLEXE	53
5.1 Definition	53
5.2 Beispiele.....	55
6 QUELLTYPEN DER HYDROGEOLOGISCHEN TEILRÄUME.....	59
6.1 Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes sowie Kuppenrhön, Lange Rhön und Fulda-Werra-Bergland	60
6.2 Muschelkalk-Platten	65
6.3 Keuper-Bergland	68
6.4 Albvorland	70
6.5 Fränkische Alb, Schwäbische Alb und Nördlinger Ries	72
6.6 Bruchschollenland i. e. S., Hahnbacher Sattel, Bodenwöhrer Bucht	76
6.7 Teilräume des Südostdeutschen Grundgebirges	80
6.8 Tertiär-Hügelland	86
6.9 Fluvioglaziale Schotter	88
6.10 Iller-Lech-Schotterplatten.....	90
6.11 Süddeutsches Moränenland	93
6.12 Faltenmolasse, Helvetikum- und Flyschzone sowie Nördliche Kalkalpen	96
7 ZUSAMMENFASSUNG.....	103
8 LITERATURVERZEICHNIS	105

1 EINLEITUNG

Quellen gelten seit Urzeiten als besondere Stätten. Sie wurden als Sitz von Göttern oder mythischen Wesen verehrt und als heilige Bezirke geschützt. Sie galten als Symbol für Fruchtbarkeit und Reinheit. Quellen waren darum bevorzugte Orte der Weissagung, hier fanden Opferriten und Gerichtsbarkeiten statt. Auch die Heilwirkung des Wassers mancher Quellen war bekannt und begehrt. So entstanden in ihrer Nähe schon früh die ersten Siedlungen.

Viele Menschen verbinden mit Quellen Begriffe wie reines, klares, lebensspendendes Wasser und unberührte Natur. Bis heute werden viele Quellen zur Trinkwasserversorgung genutzt. Quellschutz ist somit auch Trinkwasserschutz. Quellen sind der Ursprung unserer Bäche und Flüsse, sie zu schützen ist Gewässerschutz von Anfang an.

Quellen sind aber auch einzigartige Lebensräume für viele hochspezialisierte Arten der Pflanzen- und Tierwelt. In ihnen sind aquatische und terrestrische Bereiche mosaikartig eng miteinander verzahnt. Damit bieten sie einen besonderen Strukturreichtum. Arten, die auf nährstoffarmes, kühles Wasser angewiesen sind, finden hier ein Rückzugsgebiet. Dazu zählen auch Eiszeitrelikte, die im außeralpinen Raum ihre letzten Refugien in Quellen haben.

Der Gesetzgeber misst den Quellen als Lebensraum und wegen ihrer Bedeutung für den Gewässerschutz großes Gewicht bei und lässt Ihnen daher einen besonderen gesetzlichen Schutz angedeihen. Quellbereiche sind nach § 30 Bundesnaturschutzgesetz und nach Artikel 13d Bayerisches Naturschutzgesetz als besonders wertvolle Biotope eingestuft. Maßnahmen, die zu einer Zerstörung oder sonstigen erheblichen oder nachhaltigen Beeinträchtigung führen können, sind demnach unzulässig. Auch die Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie der Europäischen Union listet Quellen oder Lebensraumtypen, die Quellbereiche beinhalten, ausdrücklich auf. Für diese Biotope sind im Rahmen des Natura-2000-Verfahrens von den Mitgliedsstaaten besondere Schutzgebiete auszuweisen.

In der Praxis wurde der Quellschutz bisher aber nicht ausreichend umgesetzt. Naturnahe Quellen sind darum sowohl in ihrem Bestand als auch in ihrer Funktion als Lebensraum massiv gefährdet. Zwar sind in Bayern einerseits noch eine unübersehbare Zahl von Quellen, insbesondere in den Alpen, in einem sehr guten Zustand. Auch viele Quellen außerhalb des Alpenraums, vor allem in Waldgebieten, können noch als naturnah angesprochen werden oder sind mit geringem Aufwand zu renaturieren. Andererseits aber sind in der vom Menschen stark geprägten Kulturlandschaft viele Quellen beeinträchtigt. Teilweise sind sie sogar nicht mehr auffindbar oder werden nicht mehr als Quelle wahrgenommen. Dabei reichen schon kleinere Eingriffe, um Quellbiotope zu zerstören. Denn diese sind durch die geringe Größe der einzelnen Teillebensräume und der Spezialisierung vieler Quellbewohner auf den Lebensraum Quelle sehr anfällig für Störungen. Nicht alle

anthropogenen Eingriffe sind zudem so deutlich zu sehen wie Verbauungen oder Verrohrungen. Nicht sichtbare Belastungen des Grundwassers durch Landwirtschaft, Industrie und/oder atmosphärische Schadstoffe führen ebenfalls zu Beeinträchtigungen der Quellen. Die isolierte Lage vieler Quellen erschwert dabei eine Wiederbesiedlung nach Störungen des natürlichen Gleichgewichtes oder macht sie unmöglich.

Primär gilt es daher, naturnahe und natürliche Quellbereiche zu schützen. Bayern hat hierbei aufgrund seiner hervorragenden Naturausstattung eine besondere Verantwortung.

Keine Quelle gleicht der anderen. Jede ist einzigartig. Das Spektrum reicht von den unscheinbaren und oft unbeachteten Sickerquellen bis hin zu den Naturschauspielen der Fallquellen in den Alpen. Für eine einheitliche Erfassung und Bewertung von Quellen, wie sie für einen umfassenden Quellschutz notwendig ist, müssen diese unterschiedlichen Quellen aber einer überschaubaren Anzahl von Typen zugeordnet werden können. Der Bayerische Quelltypenkatalog soll deshalb auf diesem Wege dazu beitragen, dass Quellen in Bayern weiterhin natürlich sprudeln, fallen und strömen können.



▲ *Naturnahe Quellen in Bayern.*

2 GRUNDLAGEN UND ZIELE

2.1 Das „Aktionsprogramm Quellen“

Im Jahr 2001 initiierte das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (jetzt Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz) das „Aktionsprogramm Quellen“ und übernahm die Finanzierung. Mit diesem Programm soll das Augenmerk verstärkt auf den schutzwürdigen Lebensraum Quelle gelenkt werden und es möglich machen, Quellen in Bayern koordiniert zu erfassen und zu bewerten. Natürliche und naturnahe Quellen können so besser geschützt werden, während bereits geschädigte Quellen anhand eines Maßnahmenkataloges nach Möglichkeit renaturiert werden sollen.

Eine Projektgruppe unter der Leitung des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft ist für die Umsetzung dieser Ziele verantwortlich. In ihr sind Fachleute aus folgenden bayerischen Behörden und Naturschutzverbänden vertreten:

- Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL),
- Bund Naturschutz in Bayern e.V.(BN),
- Geologisches Landesamt (GLA),
- Landesamt für Umweltschutz (LfU),
- Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW) - Projektleitung ,
- Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL),
- Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF),
- Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. (LBV),
- Nationalparkverwaltung Berchtesgaden (NPV Berchtesgaden),
- Wasserwirtschaftsämter Ingolstadt und Krumbach.

Eine der Bedingungen für die einheitliche Erfassung und Bewertung sowie den Schutz von Quellen ist eine Klassifikation der Quellen in Bayern. Dies ist mit der vorliegenden Quelltypologie, die auf einem unveröffentlichtem Bericht für das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft basiert (Hotzy & Römheld 2002), erstmals umfassend möglich. Sie bietet eine Beschreibung der vorkommenden Quelltypen sowie deren Zuordnung zu den hydrogeologischen Teilräumen und kann damit den Fachkräften vor Ort (z.B. der Wasserwirtschaft, des Naturschutzes und der Verbände) als Arbeitsgrundlage bei der Quellerfassung dienen.

Verschiedene weitere Grundlagen und Arbeitshilfen sind notwendig, um effektive Quellerfassung und -schutz zu erreichen. Im Rahmen des „Aktionsprogrammes Quellen“ wurden dazu bisher folgende Voraussetzungen geschaffen:

- Literaturdatenbank „Quellen“,
- Erfassung bisheriger Quellaktivitäten in einer Datenbank,
- Bayerischer Quellerfassungsbogen mit Kartieranleitung,
- vorläufige Bewertungsverfahren,
- vorläufiger Maßnahmenkatalog,
- Auswahl schutz- und sanierungsbedürftiger Quellen,
- Zusammenfassung der rechtlichen Grundlagen,
- Öffentlichkeitsarbeit über verschiedene Medien.

Die Kartieranleitung, das Bewertungsverfahren und der Maßnahmenkatalog werden derzeit in einigen Pilotgebieten Bayerns erprobt. Das Projekt wird voraussichtlich Ende des Jahres 2006 abgeschlossen sein. Bisherige Ergebnisse und weitere Informationen stehen im Internet unter <http://www.lfw.bayern.de/LFW/projekte/qp/welcome.htm> zur Verfügung.

2.2 Quelltypologien

Quellen wurden bereits nach den verschiedensten Kriterien typisiert und klassifiziert. So wurden die Quellen bei KEILHACK (1912) nach ihrem Mechanismus in absteigende und aufsteigende Quellen gegliedert. Eine Einteilung der Quellen nach der Schüttung nahm MEINZER (1927) vor. STINY (1933) beschrieb eine Vielzahl von Quelltypen nach Untergrund, Morphologie und Austreten des Grundwassers, wie z.B. die Überlaufquellen, Wallerquellen, Grenzflächen-Fließquellen oder Kerbquellen.

Die geologische Situation des Untergrundes ist jedoch vor Ort meist schwierig zu ermitteln, langjährige Schüttungsmessungen liegen nur in wenigen Fällen vor. Die von KEILHACK, MEINZER oder STINY beschriebenen Quelltypen sind deshalb im Gelände nicht eindeutig anzusprechen. Damit sind diese frühen Quelltypologien vor Ort wenig praktikabel und für den Quellschutz nicht zu gebrauchen.

Bei ökologischen Fragestellungen etablierte sich bisher die Typologie von THIENEMANN (1925), die nach Art des Grundwasseraustrittes in Fließquelle (Rheokrene), Sicker-/Sumpfquelle (Helokrene) und Tümpelquelle (Limnokrene) untergliedert. Diese Typologie wurde von BREHM & MEIJERING (1990) entsprechend der Art des oberirdischen Wasserabflusses erweitert. Es ergaben sich die sechs morphologischen Typen der Fall-, Schieß-, Fließ-, Sumpf-, Trichter- und Grundquellen (BREHM & MEIJERING, 1990). Diese Erweiterung der Quelltypen nach der Art des oberirdischen Wasserabflusses ist ökologisch sinnvoll, da die Substratstrukturen stark von der vorherrschenden Abflussdynamik geprägt werden. Die Substratstrukturen wiederum prägen zusammen mit der

Abflussdynamik die Besiedlungsmöglichkeiten für Quellfauna und -flora in entscheidendem Maße.

Für die Anwendbarkeit einer Typologie ist die Auswahl der Typisierungsparameter entscheidend. Je komplexer diese Parameter sind bzw. miteinander verknüpft werden, um so differenzierter und damit aber auch unübersichtlicher wird die Typologie. Da die Praxisorientierung bei der angestrebten Bayerischen Quelltypologie im Vordergrund stand, sollten als Grundlage der Klassifizierung nur wenige, leicht nachvollziehbare Parameter herangezogen werden. Damit werden dann Idealtypen beschrieben, die in ihrer vollen Merkmalsausprägung im Gelände nur selten anzutreffen sind. Diese Typen helfen jedoch, komplexe Verhältnisse greifbar zu machen. Wie die Erfahrung zeigt, ist dies für die Charakterisierung vor Ort gerade wegen der oft schwierigen Verhältnisse im Gelände hilfreich.

Eine in der Vergangenheit viel diskutierte Problematik war die Einordnung der Alpenquellen in eine allgemeine Quelltypologie. Hierzu musste ebenfalls eine handhabbare Lösung gefunden werden.

Idealisierte Quelltypen stellen Leitbilder dar, wie Quellen in natürlicher Ausprägung aussehen und können damit als Leitlinien für die Renaturierung dienen. Hilfreich in diesem Sinne soll auch die Darstellung des Vorkommens der verschiedenen Quelltypen in den hydrogeologischen Teilräumen sein.

Der Bayerische Quelltypenkatalog kann über eine reine Typologie hinaus als Grundlage für eine weitere differenzierte Betrachtungsweise der jeweiligen Quelle vor Ort dienen. Um Quellen hinsichtlich ihres Zustandes beurteilen zu können, muss jede Quelle individuell untersucht werden.

2.3 Die hydrogeologischen Teilräume Bayerns

Die hydrogeologischen Räume Bayerns unterteilen sich in insgesamt 29 Teilräume (siehe Karte S. 11). Im Wesentlichen decken sich diese mit der im fachlichen Naturschutz verwendeten naturräumlichen Gliederung. Lediglich bei einigen Detailabgrenzungen ergeben sich Unterschiede. Die Quelltypen Bayerns wurden auf der Grundlage dieser hydrogeologischen Teilräume Bayerns ermittelt. Die geologischen und hydrogeologischen Kurzbeschreibungen der Teilräume wurden in gekürzter Fassung aus BÜTTNER, PAMER & WAGNER (2003) übernommen.

In Kapitel 6 werden die einzelnen hydrogeologischen Teilräume mit ihren Quelltypen vorgestellt. Dabei werden diejenigen Teilräume nach der Überordnung der Räume oder sogar der Großräume

zusammengefasst betrachtet, für die sich hinsichtlich der Quelltypen keine gravierenden Differenzierungen ergeben (z.B. Süddeutsches Grundgebirge).

2.4 Fließgewässertypen und Grundwasserkörper

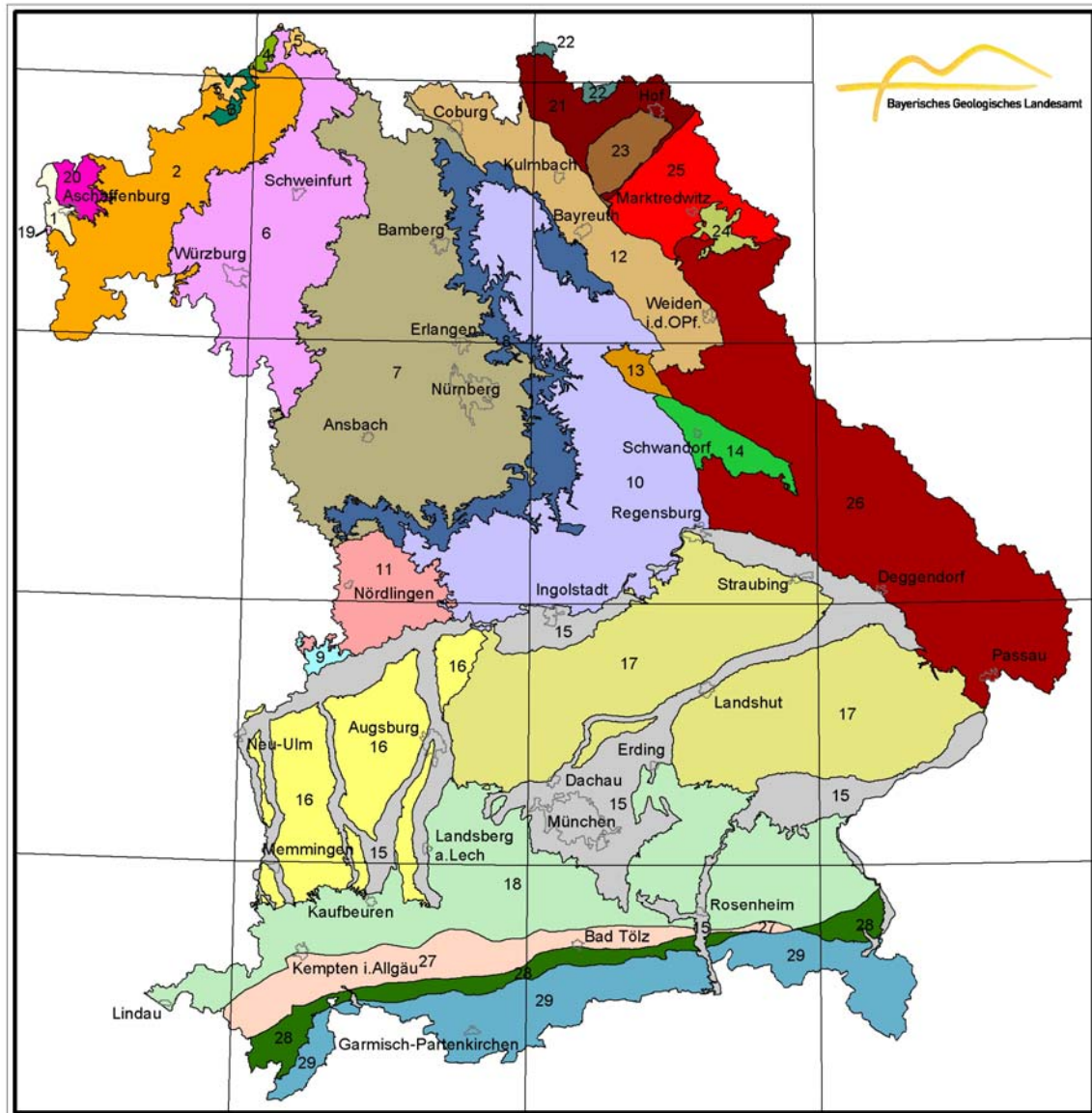
In Zusammenhang mit der Wasserrahmenrichtlinie wurden die Fließgewässertypen Bayerns auf der Grundlage der Fließgewässerlandschaften Bayerns (BRIEM & MANGELSDORF 2002) definiert und das Vorkommen in einer Karte dargestellt (Karte der Fließgewässertypen in Bayern, siehe S. 12). Aus dieser Karte wurden Angaben darüber entnommen, welche Fließgewässertypen in den verschiedenen hydrogeologischen Teilräumen oder zusammengefassten Teilräumen vorkommen und damit mit den jeweiligen Quelltypen vergesellschaftet sind. Sowohl bei der Beschreibung der Quelltypen (Kap. 4) als auch bei den Quelltypen in den hydrogeologischen Teilräumen (Kap. 6) wurden die in den jeweiligen Gebieten vorwiegend mit den Quelltypen vergesellschafteten Fließgewässertypen aufgeführt..

Ebenfalls im Hinblick auf die Wasserrahmenrichtlinie wurden am Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft die Grundwasserkörper Bayerns abgegrenzt und in einer Karte dargestellt (Karte der Grundwasserkörpergrenzen Bayerns, S. 13). Im Kapitel 6 wird jeweils dargelegt, welche Grundwasserkörper oder Teile davon in die hydrogeologischen Teilräume oder zusammengefassten Teilräume hineinragen.



◀▼ Zerstörte und naturnahe Quelle.

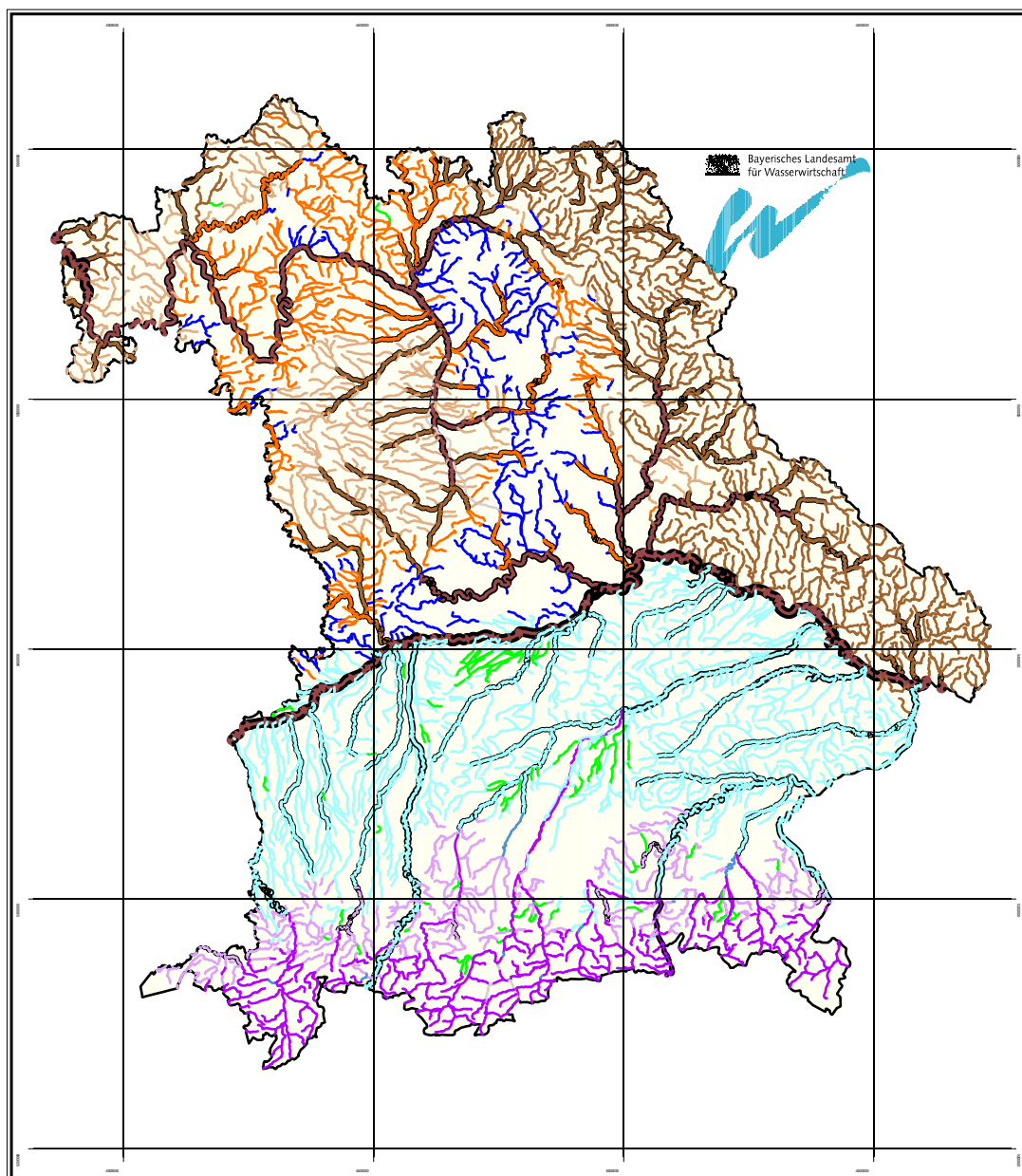




Teilraum

- | | | |
|---|--|--|
| 1 Hanauer-Seligenstädter Senke (1) | 11 Nördlinger Ries (11) | 21 Ostthüringischer-fränkischer-vogtländischer Synklinalbereich (21) |
| 2 Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwalds (2) | 12 Bruchschollenland i.e.S. (12) | 22 Antiklinalbereiche des thüringischen Schiefergebirges (22) |
| 3 Kuppenrhön (3) | 13 Hahnbacher Sattel (13) | 23 Münchberger Gneismasse (23) |
| 4 Lange Rhön (4) | 14 Bodewöhrer Bucht (14) | 24 Fichtelgebirgs-Tertiär (24) |
| 5 Fulda-Werra-Bergland (5) | 15 Fluvioglaziale Schotter (15) | 25 Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum (25) |
| 6 Muschelkalk-Platten (6) | 16 Iller-Lech-Schotterplatten (16) | 26 Oberpfälzer-Bayerischer Wald (26) |
| 7 Keuper-Bergland (7) | 17 Tertiär-Hügelland (17) | 27 Faltenmolasse (27) |
| 8 Albvorland (8) | 18 Süddeutsches Moränenland (18) | 28 Helvetikum- und Flyschzone (28) |
| 9 Schwäbische Alb (9) | 19 Kristallin des Odenwalds (19) | 29 Nördliche Kalkalpen (29) |
| 10 Fränkische Alb (10) | 20 Kristalliner Vorspessart und Rotliegend der östlichen Wetterau (20) | |

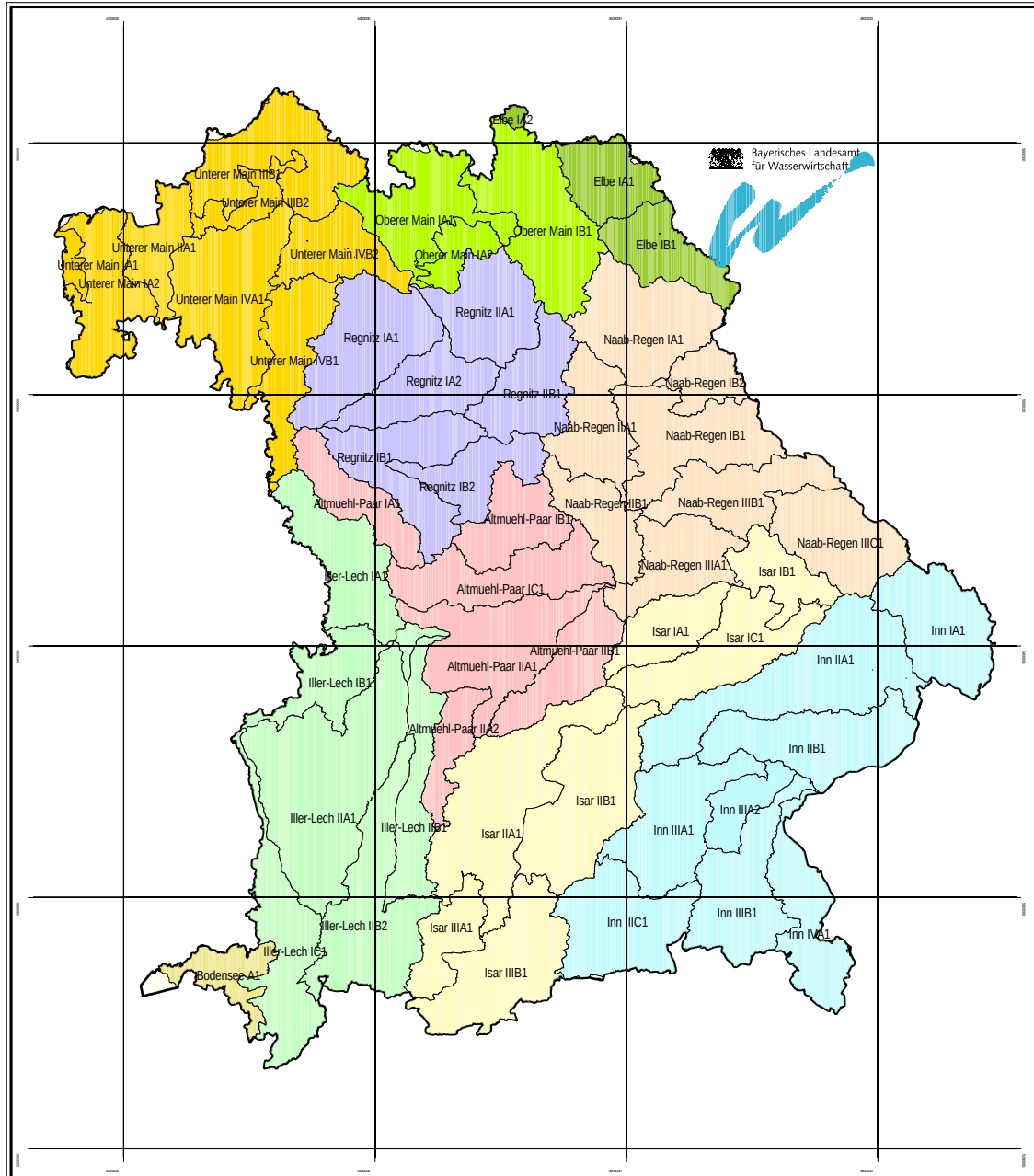
▲ Karte der hydrogeologischen Teilräume Bayerns (aus BÜTTNER, PAMER & WAGNER 2003)



Fließgewässertypen

- | | | | |
|--|--|--|--|
| | Typ 1: Fließgewässer der Alpen, Subtyp 1.1 | | Typ 6: Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche |
| | Typ 1: Fließgewässer der Alpen, Subtyp 1.2 | | Typ 7: Grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche |
| | Typ 2: Fließgewässer des Alpenvorlandes | | Typ 9: Silikatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse |
| | Typ 2: Fließgewässer des Alpenvorlandes, Subtyp 2.1 | | Typ 9.1: Karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse |
| | Typ 2: Fließgewässer des Alpenvorlandes, Subtyp 2.2 | | Typ 9.2: Große Flüsse des Mittelgebirges |
| | Typ 3: Fließgewässer der Jungmoräne des Alpenvorlandes, Subtyp 3.1 | | Typ 10: Kiesgeprägte Ströme |
| | Typ 3: Fließgewässer der Jungmoräne des Alpenvorlandes, Subtyp 3.2 | | Typ 11: Organisch geprägte Bäche |
| | Typ 4: Große Flüsse des Alpenvorlandes | | Typ 21: Seeausflussgeprägte Fließgewässer |
| | Typ 5: Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche | | Vorläufig keine Typzuweisung da künstliches Gewässer |
| | Typ 5.1: Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche | | |

▲ Karte der Fließgewässertypen in Bayern nach Wasserrahmenrichtlinie (Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Stand Dezember 2003).



Grundwasserkörper

 Altmuehl-Paar	 Isar
 Bodensee	 Naab-Regen
 Elbe	 Oberer Main
 Iller-Lech	 Regnitz
 Inn	 Unterer Main

▲ Karte der Grundwasserkörpergrenzen in Bayern nach Wasserrahmenrichtlinie (Bayer. Landesamt für Wasserwirtschaft, Stand Mai 2004).

3 METHODEN DER TYPISIERUNG

Im Rahmen der Erstellung des Bayerischen Quelltypenkatalogs wurden – aufgeschlüsselt nach hydrogeologischen Teilräumen – sowohl bereits vorhandene Quelluntersuchungen ausgewertet als auch neue Quelldaten erhoben. Anhand dieses Datenmaterials wurden Typisierungsparameter festgelegt und daraus die Quelltypen entwickelt. In einem abschließenden Schritt fand eine Plausibilitätsprüfung auf der Grundlage von praktischen Versuchen zur Typenbestimmung im Gelände statt.

3.1 Datengrundlagen und Auswertung

Innerhalb der einbezogenen hydrogeologischen Teilräume wurden möglichst zwei Gebiete mit mindestens 50 repräsentativen Quellen ausgesucht. Die Quellen sollten dabei nach möglichst einheitlichen Methoden erfasst werden oder bereits erfasst worden sein. Diese Quelldaten dienten als Grundlage der Typisierung.

Vorhandene Quelldaten und ihre Erhebungsmethode

Die bayernweiten Quellaktivitäten, die im Rahmen des „Aktionsprogrammes Quellen“ in einer Datenbank zusammengeführt wurden (siehe Einleitung), wurden bei der Auswahl der Projektgebiete berücksichtigt. Dies wurde durch den Umstand erleichtert, dass in der überwiegenden Anzahl der Projekte, sowohl der Naturschutzverbände als auch der Wasserwirtschaftsämter, die Quellen mit dem Nordrhein-Westfälischen Quellerfassungsbogen (NRW-Bogen, NATURSCHUTZZENTRUM NORDRHEIN-WESTFALEN 1993) erfasst worden waren, was eine Vergleichbarkeit der Daten gewährleistete. Quelldaten, welche mit einer anderen Methode erhoben worden waren, mussten dem System des NRW-Bogens angepasst werden.

Nachstehend sind die Quelluntersuchungen aufgelistet, die bereits vorlagen und auf deren Ergebnisse zurückgegriffen werden konnte :

REGION	BEARBEITUNG	METHODE
• <i>Kuppenrhön/Lange Rhön/Fulda-Werra-Bergland</i>		
Quelltypologie Rhön	Diplomarbeit	andere Methode
• <i>Keuper-Bergland</i>		
Quellen im EZG Roth	LBV/StMLU	NRW-Bogen
Quellenkataster, Methlach	WWA/BN	andere Methode
Offenlandquellen Bad Windsheim	LBV/Bez. MFR	NRW-Bogen
• <i>Albvorland</i>		
Quellen im EZG Roth	LBV/StMLU	NRW-Bogen
Quellen im westl. NP Altmühltal	LBV/NP Altmühltal	NRW-Bogen
Quellen EZG Happurger Stausee	WWA Nürnberg	NRW-Bogen

REGION	BEARBEITUNG	METHODE
• <i>Fränkische Alb</i>		
Quellen im westl. NP Altmühltal	LBV/NP Altmühltal	NRW-Bogen
Quellen im Altmühljura	LBV	NRW-Bogen
Quellen EZG Happurger Stausee	WWA Nürnberg	NRW-Bogen
Kalktuffquellen Roth	LBV/Naturschutzfonds	NRW-Bogen
• <i>Tertiär-Hügelland</i>		
Quellen im EZG der Gr. Laaber	LBV/Bez. NdB	NRW-Bogen
Linksseitige Quellen der Ilm	LBV/Naturschutzfonds	NRW-Bogen
• <i>Süddeutsches Moränenland</i>		
Projekt Lappachquellen	WWA Freising	NRW-Bogen
Quellen der Salzachauen	ANL	NRW-Bogen
Quellen EZG Glonn	Diplomarbeit	andere Methode
• <i>Oberpfälzer-Bayerischer Wald</i>		
Waldquellen Oberpfälzer Wald	LBV/Forst/NP	NRW-Bogen
Hoher Bogen	LBV	andere Methode
• <i>Nördliche Kalkalpen</i>		
Quellmoore im Sudelfeld	LBV/Naturschutzfonds	andere Methode
Quellmoore Berchtesgaden	LBV	andere Methode
Quellen im Nationalpark Berchtesgaden	NPV/Diplomarbeit	andere Methode
Nordabfall Reiteralpe	LBV	andere Methode

▲ Tabelle der bereits vorhandenen Quelldaten und ihrer Erhebungsmethode – Erläuterung der Abkürzungen: ANL = Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, BN = Bund Naturschutz, EZG = Einzugsgebiet, LBV = Landesbund für Vogelschutz, MFR = Mittelfranken, NdB = Niederbayern, NP = Naturpark, NPV = Nationalparkverwaltung, StMLU = Ministerium für Landesentwicklung und Umwelt (jetzt: Ministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz), WWA = Wasserwirtschaftsamt.

Neuerhebungen von Daten

Für die nachfolgend aufgeführten hydrogeologischen Teilräume, aus denen keine systematischen Quellerhebungen mit entsprechendem Umfang an Daten vorlagen, wurden speziell für die Typologie-Entwicklung Quellkartierungen in Auftrag gegeben oder im Rahmen von Diplomarbeiten erhoben.

Ergänzende Kartierungen

- *Bruchschollenland i.e.S.*
- *Faltenmolasse*
- *Fichtelgebirgstertiär*
- *Fluvioglaziale Schotter*
- *Helvetikum- und Flyschzone*
- *Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwalds*
- *Muschelkalk-Platten*

Diplomarbeiten

- *Iller-Lech-Schotterplatten* – Naturpark Augsburg westl. Wälder und Projekt Östliche Günz
- *Süddeutsches Moränenland* - Mangfallquellen

Aus den Teilräumen *Hanauer-Seligenstädter Senke*, *Kristallin des Odenwalds* und *Kristalliner Vorspessart und Rotliegend der östlichen Wetterau* lagen keine Quelluntersuchungen vor. Aufgrund ihrer relativ geringen geographischen Ausdehnung wurden sie nicht weiter berücksichtigt.

Andere hydrogeologische Teilräume, die in den obigen Listen nicht aufgeführt sind, wurden mit benachbarten größeren Teilräumen zusammen betrachtet, so z.B. die Teilräume *Bodenwöhrer Bucht* und *Hahnbacher Sattel* zusammen mit dem *Oberpfälzer-Bayerischen Wald*.

Bei der Datenneuerhebung wurden ausschließlich natürliche bis naturnahe Quellen nach morphologischen Gesichtspunkten erfasst. In erster Linie sollten die für die Typologie in Frage kommenden Parameter erhoben werden, **daneben** weitere Kriterien zur Merkmalsdifferenzierung. Gleichzeitig musste die Vergleichbarkeit mit dem Bogen des Naturschutzzentrums Nordrhein-Westfalen gewährleistet sein. Daher wurde für die Neukartierungen eine Überarbeitung dieses Bogens verwendet. Die Angaben zu Umfeld und Strukturveränderungen der Quellen sowie die Blätter zu den chemisch-physikalischen Angaben und zu Fauna und Flora wurden dabei nicht berücksichtigt. Dafür wurde der Bogen um einige morphologische Merkmale ergänzt, wie z.B. Talform, Laufentwicklung sowie die Detail- und Übersichtsskizze mit Längsschnitt, Querschnitt und Aufsicht. Die Kartierer legten darüber hinaus eine Fotodokumentation an, in der möglichst verschiedene Quelltypen festgehalten werden sollten. Etwa 500 Quellen wurden auf diese Weise neu erfasst.

Bei den Erhebungen handelte es sich nicht um komplette Quellkartierungen, wie sie nun anhand des Bayerischen Quellerfassungsbogens (siehe Anhang) vorgenommen werden können, sondern um die Erfassung von Teilbereichen. Wichtige Parameter, vor allem die genaue Lage der Quellen, wurden jedoch ergänzend festgehalten, damit die Angaben für weitergehende Untersuchungen genutzt werden können.

Auswertung

Die gesamten Quelldaten wurden in eine Access-Datenbank eingegeben und daraufhin analysiert, welche Parameter die Quellen am aussagekräftigsten beschrieben. Eine Analyse der erhaltenen Quelltypen hinsichtlich ihrer Verteilung in den hydrogeologischen Teilräumen wurde über eine GIS-Auswertung vorgenommen.

Nähere Angaben zu den Auswerteverfahren finden sich in HOTZY & RÖMHELD (2002).

3.2 Typisierungsparameter

Die Parameter AUSTRITTSVERHALTEN (z.B. fließend, sickern) und SUBSTRATTYP (z.B. organisch-geprägt) erwiesen sich in der statistischen Analyse am aussagekräftigsten und wurden als HAUPTPARAMETER FÜR DIE TYPISIERUNG bestimmt. Für den Parameter Austrittsverhalten wur-

den dabei neben den gängigen Definitionen sickernd, fließend und tümpelartig zusätzlich die Begriffe linear und fallend eingesetzt.

Die genannten Hauptparameter wurden wie in der folgenden Tabelle dargestellt unterteilt:

AUSTRITTSVERHALTEN	SUBSTRATTYP
• sickernd (helokren) • fließend (rheokren) • tümpelartig (limnokren) • linear • fallend	• organisch-geprägt • Feinmaterial-geprägt • Grobmaterial-geprägt • Blockmaterial-geprägt • Fels

▲ *Zusammenstellung der Typisierungsparameter.*

Versuche, noch mehr Parameter einzubeziehen, hatten zur Folge, dass die Anzahl der Quelltypen stark anstieg, was der Zielsetzung einer handhabbaren praktikablen Typologie nicht entgegenkam. Zudem hätte es sich dabei nur um eine regelmäßige Vervielfachung gehandelt, nicht aber um wirklich neue Typenbildungen.

Wie u.a. die Arbeiten von HOWEIN (1998) und RÖMHELD (2001) sowie die langjährigen Erfahrungen des Landesbundes für Vogelschutz zeigen, ist eine Beschränkung auf die genannten Hauptparameter auch daher sinnvoll, dass die Habitatstrukturen der Quellen vom Austrittsverhalten und den Substrattypen direkt abhängig sind. Auch die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers ist eng mit den beiden Parametern verknüpft. Verschiedene Autoren sehen die Faktoren Habitatstruktur und Strömungsgeschwindigkeit als ausschlaggebend für die Zusammensetzung der Gewässerfauna an. Die Parameter Austrittsverhalten und Substrattyp bestimmen daher in hohem Maße indirekt über Habitatstruktur und Strömungsgeschwindigkeit das Besiedelungspotential von Quellen.

Im Folgenden werden die Typisierungsparameter näher erläutert. Die Beschreibungen dazu wurden in der gleichen Form in die Kartieranleitung zum Quellerfassungsbogen übernommen.

Typisierungsparameter Austrittsverhalten

- **Sickernder Austritt:** Das Quellwasser tritt in einem flächigen Quellsumpf zutage. Die Grenze zum terrestrischen Umfeld ist nur schwer feststellbar, da eine ausgeprägte Übergangszone vorliegt. Eine freie Wasseroberfläche findet sich hier lediglich in Stillwasserzonen. Eine fließende Wasserbewegung ist in der Regel erst im Quellbach zu beobachten.
- **Fließender Austritt:** Der punktuelle Quellaustritt ist in der Regel deutlich als solcher erkennbar, z.B. wenn das Quellwasser aus Klüften oder Spalten des Gesteines hervorquillt. Ein punktueller Quellaustritt kann aber auch im Lockergestein vorliegen, dann ist keine Gesteinskluft er-

kennbar. Im Gegensatz zum sickern den Austritt ist der Abfluss jedoch überwiegend oberirdisch und fließend. Die Abgrenzung zum terrestrischen Umfeld ist meist klar und die feuchte Übergangszone zum terrestrischen Umfeld ist weniger stark ausgeprägt. Die Geschwindigkeit des Abflusses ist im Quellbereich oft, besonders bei geringer Schüttung, nur sehr langsam, kann aber in Abhängigkeit vom Gelände auch sehr schnell sein.

- **Tümpelartiger Austritt:** Das Quellwasser tritt am Grunde eines Beckens aus, sammelt sich zu einem Quellweiher oder Quellsee und fließt schließlich über den Rand des Beckens ab. Der „tümpelartige“ Quellaustritt kann sich aber auch am Grunde eines Fließgewässers befinden, dann erfolgt eine schnelle Durchmischung des Quellwassers mit der fließenden Welle des Quellbaches.
- **Linearer Austritt:** Der lineare Quellaustritt ist in der Regel nicht klar an einem Punkt zu lokalisieren. Das Quellwasser sammelt sich vielmehr unterirdisch entlang der Tiefenlinie und sickert von hier nach und nach hangabwärts. Erst mit zunehmender Wassermenge beginnt der Quellabfluss schließlich zu fließen. Häufig kommt es zu kleinen Stillwasserzonen im linearen Quellbereich.
- **Fallender Austritt:** Quellen mit fallendem Austritt entspringen meist in stark geneigtem bis schroffem Gelände, wie z.B. am Hang einer Klamm. Der Abfluss des Quellwassers erfolgt sofort in fallender Weise. Je nach Geländemorphologie, Schüttungsmenge und Abflusssdynamik kann eine mehr oder weniger ausgeprägte Wasserfilm- bzw. Spritzwasserzone vorliegen. Der fallende Austritt kann auch als Extremtyp des fließenden Austritts betrachtet werden.

Typisierungsparameter Substrattyp

- **Organisch-geprägt:** Die Quellsohle bzw. das Quellsubstrat besteht durchgehend aus feinem abgestorbenem organischen Material sowie aus Falllaub, Totholz, Algen und Moosen. Das fein verteilte organische Substrat ist durchmischt mit meist feinkörniger mineralischer Substanz und kann bis in 30 cm Tiefe reichen. Diesen dunkel bis schwarz gefärbten Auflagehorizont kann man auch als anmoorigen Nasshumus ansprechen. Das Quellwasser weist einen hohen Gehalt an leicht löslichen Huminstoffen auf, was an der gelblich-braunen Verfärbung zu erkennen ist. Quellen mit einer mächtigen (ca. >10 cm) wasserdurchtränkten Mooschicht und mit beginnender Torfbildung zählen zu den organisch geprägten Quellen, auch wenn sich in größerer Tiefe das mineralische Ausgangsgestein befindet.
- **Feinmaterial-geprägt:** Der überwiegende Anteil der Quellsohle bzw. des Quellsubstrates (>60%) besteht aus feinen mineralischen Partikeln von der Korngröße Ton/Schluff (<0,002–0,06 mm) und Sand (0,06–2 mm).
- **Grobmaterial-geprägt:** Der überwiegende Anteil der Quellsohle bzw. des Quellsubstrates (>60%) besteht aus gröberen mineralischen Partikeln von der Korngröße des Kies/Grus (2,0–

6,3 cm) und Steinen (6,3–20 cm).

- Blockmaterial-geprägt: Der überwiegende Anteil der Quellsohle bzw. des Quellsubstrates (>60%) besteht aus Blöcken (>20 cm) und anstehendem Fels.
- Fels: Der überwiegende Anteil der Quellsohle bzw. des Quellsubstrates (>60%) besteht aus anstehendem Fels.

3.3 Definition der Bayerischen Quelltypen

Aus der Kombination der Typisierungsparameter ergaben sich nach der Auswertung der Quelldaten 14 Quelltypen für Bayern. Diese sind in der nachfolgenden Tabelle mit ihrer Kurzbezeichnung (Kurztyp), ihrem Grundtyp und dem Substrattyp aufgelistet. Der Quellgrundtyp wird hierbei durch die Austrittsart festgelegt, die weitere Spezifikation erfolgt nach dem Substrattyp.

Insgesamt ergaben sich weniger Quelltypen als von der Kombination der Typisierungsparameter her theoretisch möglich wären, da sich zumindest im Untersuchungsraum nicht immer alle Substrattypen bei allen Quellgrundtypen finden ließen. So ist der Blockmaterial-geprägte Substrattyp nur an Fließquellen vorhanden (vorwiegend im alpinen Raum), Fallquellen kommen im Wesentlichen nur im alpinen Raum auf Fels vor.

KURZTYP	GRUNTYP	SUBSTRATTYP
• F-1	<i>Fließquelle</i>	<i>Organisch-geprägt</i>
• F-2	<i>Fließquelle</i>	<i>Feinmaterial-geprägt</i>
• F-3	<i>Fließquelle</i>	<i>Grobmaterial-geprägt</i>
• F-4	<i>Fließquelle</i>	<i>Blockmaterial-geprägt</i>
• F-5	<i>Fallquelle</i>	<i>Fels</i>
• S-1	<i>Sickerquelle</i>	<i>Organisch-geprägt</i>
• S-2	<i>Sickerquelle</i>	<i>Feinmaterial-geprägt</i>
• S-3	<i>Sickerquelle</i>	<i>Grobmaterial-geprägt</i>
• L-1	<i>Linearquelle</i>	<i>Organisch-geprägt</i>
• L-2	<i>Linearquelle</i>	<i>Feinmaterial-geprägt</i>
• L-3	<i>Linearquelle</i>	<i>Grobmaterial-geprägt</i>
• T-1	<i>Tümpelquelle</i>	<i>Organisch-geprägt</i>
• T-2	<i>Tümpelquelle</i>	<i>Feinmaterial-geprägt</i>
• T-3	<i>Tümpelquelle</i>	<i>Grobmaterial-geprägt</i>

▲ Die 14 Bayerischen Quelltypen.

Merkmale zur weiteren Differenzierung der Quelltypen

In Kapitel 4 des Quelltypenkataloges werden die Quelltypen Bayerns näher erläutert. Dies erfolgt über eine Kurzcharakteristik, in der neben dem Austrittsverhalten die charakteristischen Substrattypen und die damit verbundenen Substratklassen als Typisierungsparameter aufgezeigt werden. Ergänzt werden diese Merkmale durch weitere wie Substratdiversität, vorherrschende Strömungsarten im Abfluss, Geländelage und Geländeneigung. In der nachfolgenden Tabelle sind die einzelnen Spezifizierungen bei Substratdiversität und Strömungsart aufgeführt und erläutert.

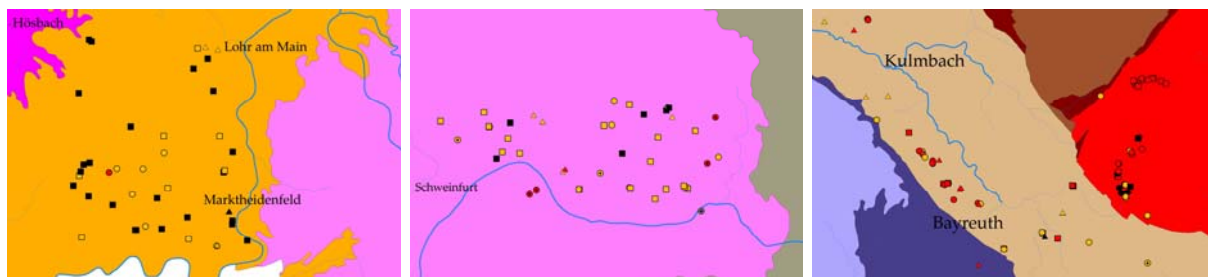
SUBSTRATDIVERSITÄT (DER ANORGANISCHEN PARTIKEL)

- gering 1–2 Korngrößenklassen
- mittel 3–4 Korngrößenklassen
- groß ≥ 5 Korngrößenklassen

STRÖMUNGSARTEN DES FLIEßENDEN WASSERS (NACH AHNERT 1996):

- laminar Wasseroberfläche ist glatt, Wasserteilchen bewegen sich parallel
- strömend wellige Wasseroberfläche, kleine Wirbel bewegen sich sichtbar flussabwärts
- schießend wellig bis schäumende Wasseroberfläche, zahlreiche stehende Wellen. Fließgeschwindigkeit des Wassers ist größer als die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen
- fallend wasserfallartig, Wasserfäden reißen beim Überstürzen von Hindernissen ab

▲ Zusammenstellung weiterer Differenzierungsmerkmale innerhalb der bayerischen Quelltypen.



▲ Beispiel für Hydrogeologische Teilräume und ihre Quelltypen – Von links nach rechts: Quelltypen im Spessart, in den Muschelkalk-Platten und im Bruchschollenland. (Viereck = Fließquelle, Dreieck = Linearquelle, Punkt = Sickerquelle, Kreis mit Punkt = Tümpelquelle / gelb = Feinmaterial-geprägt, schwarz/grau = Grobmaterial-geprägt, rot = organisch-geprägt).

Im Vergleich der hydrogeologischen Teilräume (Kap. 6) wurden dieselben weiteren Merkmale zur Differenzierung eingesetzt wie bei der Beschreibung der Quelltypen. Hier erwies sich insbesondere das Merkmal SUBSTRATDIVERSITÄT als geeignet, um eine Differenzierung der Quelltypen zwischen den hydrogeologischen Räumen vorzunehmen.

In der vorhergehenden Abbildung sind beispielhaft die Unterschiede zwischen hydrogeologischen Teilräumen bezüglich des Vorkommens der verschiedenen Quelltypen dargestellt.

3.4 Überprüfung der Plausibilität

Um dem Anspruch einer handhabbaren, praxisorientierten Typologie gerecht zu werden, wurden verschiedene Plausibilitätsprüfungen durchgeführt. So unternahmen Bearbeiter in den verschiedenen Räumen Bayerns eine ganze Reihe von Fachexkursionen und Begehungen. Dabei sollte vor allem im Vordergrund stehen, ob sich die beschriebenen Grundtypen im Gelände wieder finden, bzw., ob sich die vorgefundenen Quellen durch die Typologie beschreiben lassen. Zusätzlich wurden Dritte gebeten, dies ebenfalls in bestimmten Räumen zu ermitteln, insbesondere um zu testen, ob der Katalog für Außenstehende handhabbar ist.

Die beschriebenen Typen bilden die Quellen Bayerns in ihren Idealformen ab. Im Gelände finden sich meist Beziehungsgefüge, also Quellkomplexe oder Quellsysteme, mit allen denkbaren Übergängen. Betrachtet man jedoch die jeweiligen Teilbereiche eines solchen Systems, so finden sich hier die beschriebenen Quelltypen wieder. Es wurden bei den diversen Begehungen keine Quellen gefunden, die nicht durch die Typologie beschreibbar wären.

Von besonderer Wichtigkeit war die Plausibilitätsprüfung im Alpengebiet, um die Frage zu klären, inwieweit die alpinen Quellen durch eine eigenständige Typologie erschlossen werden müssten. Aufgrund der Ergebnisse aus der Plausibilitätsprüfung im Gelände erwies sich eine spezielle Typologie der Alpenquellen als nicht notwendig.

Im Vergleich zu den anderen bayerischen Teilräumen ist der Alpenraum zwar sehr quellenreich, dies verlangt jedoch nicht nach einer eigenständigen Typologie, wenn die Hauptparameter Austrittsverhalten bzw. Substrat genutzt werden. Es wurde lediglich ein Typ beschrieben, der fast ausschließlich im Alpenraum vorkommt (Fallquelle). Ansonsten sind im Alpenraum nahezu alle Quelltypen vertreten, wobei hier die Dimensionen oft andere sind. So können beispielsweise bei den Sickerquellen mehrere Hektar große Gebiete beobachtet werden, wohingegen im Flachland dieser Typus meist nur wenige Quadratmeter groß ist. Da aber darauf verzichtet wurde, die räumliche Ausdehnung als Parameter oder Merkmal zu verwenden, sind die beschriebenen Quelltypen auch in den Alpen gültig. Räumliche Differenzierungen und Leitbilddefinitionen lassen sich mit der vorliegenden Typologie auch im Alpenraum entwickeln.

4 DIE QUELLTYPEN BAYERNS

Im folgenden Kapitel werden die Quelltypen Bayerns anhand von Text und Bild näher erläutert.

Zur Übersicht werden im Folgenden die Quelltypen in der Reihenfolge der Darstellung aufgelistet:

- F-1 *Organisch geprägte Fließquelle,*
- F-2 *Feinmaterial-geprägte Fließquelle,*
- F-3 *Grobmaterial-geprägte Fließquelle,*
- F-4 *Blockmaterial-geprägte Fließquelle,*
- F-5 *Fallquelle,*
- S-1 *Organisch-geprägte Sickerquelle,*
- S-2 *Feinmaterial-geprägte Sickerquelle,*
- S-3 *Grobmaterial-geprägte Sickerquelle,*
- L-1 *Organisch-geprägte Linearquelle,*
- L-2 *Feinmaterial-geprägte Linearquelle,*
- L-3 *Grobmaterial-geprägte Linearquelle,*
- T-1 *Organisch-geprägte Tümpelquelle,*
- T-2 *Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle,*
- T-3 *Grobmaterial-geprägte Tümpelquelle.*

Die Beschreibung der Quelltypen erfolgt über eine Kurzcharakteristik, in der neben dem Austrittsverhalten der charakteristische Substrattyp und die damit verbundenen Substratklassen als Typisierungsparameter aufgezeigt werden. Ergänzend werden weitere beschreibende Merkmale, wie Substratdiversität, vorherrschende Strömungsarten im Abfluss, Geländelage und Geländeneigung, dargestellt.

Daneben enthält die Beschreibung eine Skizze des Quelltyps mit Aufsicht sowie einen Erläuterungstext und Fotos typischer Quellen und Quellstrukturen. Die Legende zu den modellhaften Skizzen der Quelltypen findet sich am Ende des Kapitels auf Seite 52.

Zu den einzelnen Quelltypen werden darüber hinaus die jeweiligen Verbreitungsschwerpunkte in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns angegeben. Zudem werden die mit den Quellen vergesellschafteten Fließgewässertypen, wie sie für die Wasserrahmenrichtlinie verwendet werden, aufgeführt.

F-1 Organisch-geprägte Fließquelle

Kurzcharakteristik

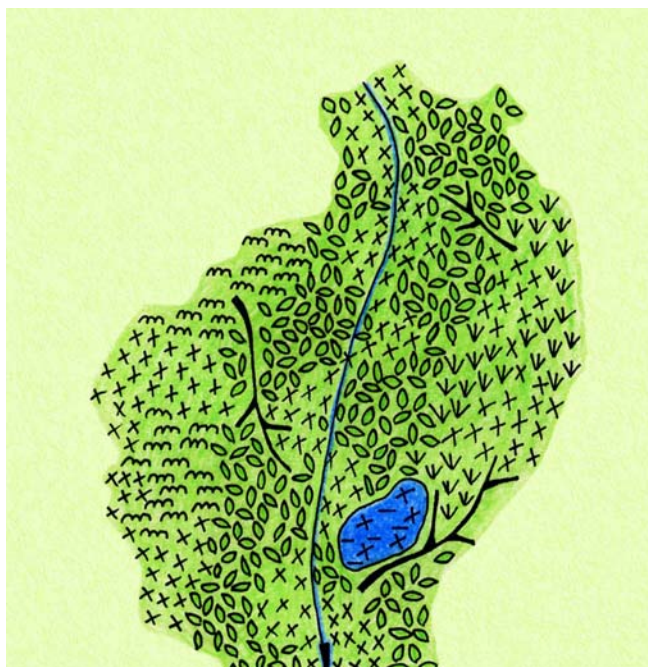
PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Fließend	Strömung:	Laminar bis strömend, mit Stillwasserbereichen
Substrattyp:	Organisch-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Algen, Detritus, Falllaub,	Substratdiversität:	Gering
	Totholz, daneben Ton,	Geländelage:	Tallage bis Hanglage
	Schluff	Geländeneigung:	Schwach bis mittel

Austritt und Abfluss

- Die organisch-geprägte Fließquelle tritt an einem deutlich erkennbarem punktuellen Austritt zutage und bildet sofort einen sichtbaren Abfluss.
- Der Abfluss ist in der Regel langsam und laminar fließend und kann einzelne Stillwasserzonen aufweisen.

Substrat

- In der Zusammensetzung dominieren aufgrund stark verzögerter Abbauraten die organischen Bestandteile wie Algen, Detritus, Totholz oder Falllaub.
- Eine typische Quellvegetation aus höheren Pflanzen oder Moosen kann in verschiedenen Anteilen vorhanden sein.
- Insbesondere im Offenland kann dieser Quelltyp stark bewachsen sein.
- Das Wasser ist durch Huminstoffe oft bräunlich gefärbt.
- Die organische Substanz bestimmt das Sohlsubstrat. In der Regel sind mächtige organische Auflagen bis hin zur Entwicklung von Anmoorböden ausgebildet.



▲ Modellhafter Lageplan einer organisch-geprägten Fließquelle.

Gelände

- Die organisch-geprägte Fließquelle findet man vorwiegend in Tal- oder Hanglage in schwach bis mittel geneigtem Gelände.



▲ Organisch-geprägte Fließquelle, Detail- und Übersichtsbild.

Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte organisch-geprägter Fließquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

- Der Quelltyp findet sich vorwiegend in den hydrogeologischen Teilräumen Ostthüringischer-fränkischer-vogtländischer Synklinalbereich, Münchberger Gneismasse, Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum, Fichtelgebirgs-Tertiär, Oberpfälzer-Bayerischer Wald, Süddeutsches Moränenland, Faltenmolasse, Helvetikum- und Flyschzone.
- Folgende Fließgewässertypen sind in diesen Gebieten vorwiegend mit den Quellen vergesellschaftet: Grobmaterialreiche silikatische Mittelgebirgsbäche (im Kristallinen Grundgebirge), Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes

(v.a. Süddeutsches Moränenland, Faltenmolasse), Fließgewässer der Alpen (Helvetikum- und Flyschzone), in allen Gebieten örtlich auch organisch geprägte Bäche.

F-2 Feinmaterial-geprägte Fließquelle

Kurzcharakteristik

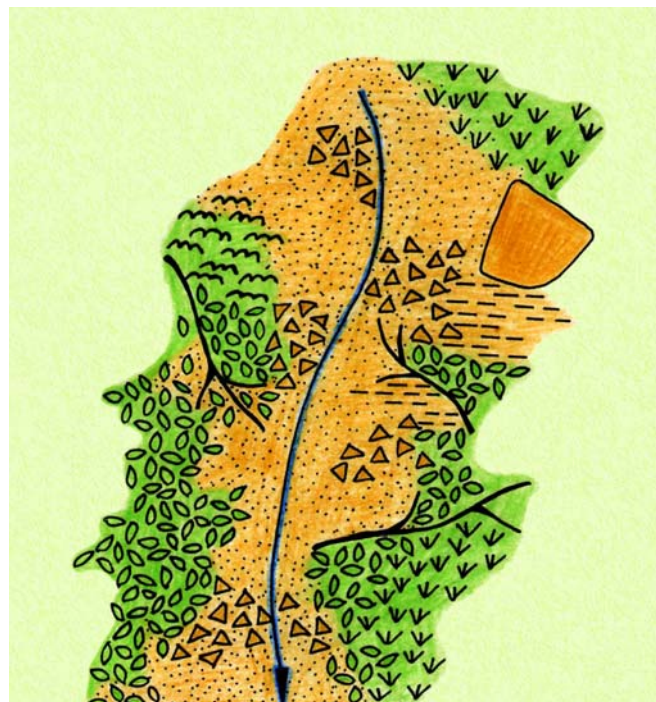
PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Fließend	Strömung:	Laminar bis strömend mit Stillwasserbereichen
Substrattyp:	Feinmaterial-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Ton, Schluff, Sand, Grus	Substratdiversität:	Gering bis groß
		Geländelage:	Hanglage
		Geländeneigung:	Schwach bis mittel

Austritt und Abfluss

- Die Feinmaterial-geprägte Fließquelle besitzt einen deutlichen punktuellen Austritt und einen fließenden Abfluss.
- Die Strömungsart reicht von laminar fließend bis strömend.

Substrat

- Die Zusammensetzung ist geprägt von Feinmaterial wie Ton, Schluff, Sand und Grus.
- Vereinzelt können auch gröbere Partikel vorkommen.
- Die organischen Bestandteile wie Quellvegetation, Totholz, Falllaub können in den verschiedensten Ausprägungen und Anteilen vorliegen und im Jahresverlauf entsprechend der Vegetationsperiode stark schwanken.
- Der Anteil an organischen Substrattypen ist jedoch wesentlich geringer als bei der organisch geprägten Fließquelle und es kommt nicht bzw. nur in unbedeutendem Maße zur Ausbildung von Nasshumus bzw. Anmoorböden.



▲ Modellhafter Lageplan einer Feinmaterial-geprägten Fließquelle.

Gelände

- Die Feinmaterial-geprägte Fließquelle findet man, wie auch die organisch-geprägte Fließquelle, vorwiegend in Tal- oder Hanglage in schwach bis mittel geneigtem Gelände.



▲► *Feinmaterial-geprägte Fließquellen aus den Muschelkalk-Platten und aus dem Keuper-Bergland*



Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte der Feinmaterial-geprägten Fließquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

- Der Quelltyp kommt vor allem in folgenden hydrogeologischen Teilräumen vor:: *Muschelkalk-Platten, Keuper-Bergland, Albvorland, Bruchschollenland i.e.S., Tertiär-Hügelland, Iller-Lech-Schotterplatten.*
- Nördlich der Donau sind folgende Fließgewässertypen vorwiegend mit dem Quelltyp vergesellschaftet: *Feinmaterialreiche, karbonatische oder silikatische Mittelgebirgsbäche, z.T. auch grobmaterialreiche, silikatische oder karbonatische Mittelgebirgsbäche.* Südlich der Donau entstehen aus dem Quelltyp vor allem Fließgewässer des Alpenvorlandes.

F-3 Grobmaterial-geprägte Fließquelle

Kurzcharakteristik

PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Fließend	Strömung:	Von schießend über strömend bis laminar
Substrattyp:	Grobmaterial-geprägt		
Substratklassen:	Steine, Grus und Blöcke	Geländelage:	Hanglage
		Geländeneigung:	Mittel bis stark

Austritt und Abfluss

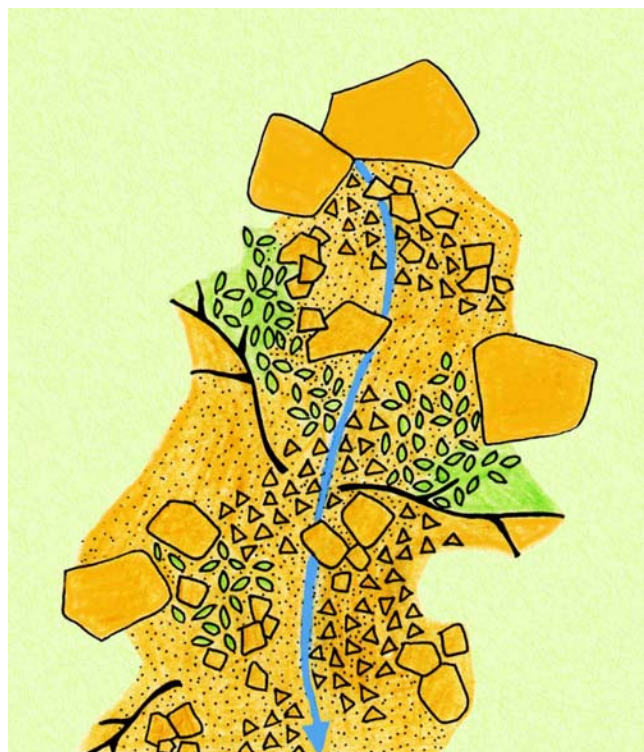
- Die *Grobmaterial-geprägte Fließquelle* besitzt einen deutlichen punktuellen Austritt mit einem fließenden Abfluss.
- Die Strömungsarten im Abfluss reichen von laminar fließend bis zu schießend.

Substrat

- In der Zusammensetzung überwiegen die anorganischen und gröberen Partikel wie Blöcke, große Steine, Steine und Grus. Feinere Bestandteile sind untergeordnet.
- Die organischen Bestandteile differieren je nach Jahreszeit und Umfeldvegetation stark. Detritus, Falllaub, Totholz, Quellvegetation und Algen können daher in unterschiedlichen Mengen und Kombinationen vertreten sein.
- Der Anteil der organischen Substrattypen tritt gegenüber der *Feinmaterial-geprägten Fließquelle* weiter zurück.
- Vegetation bzw. abgestorbene organische Materialien können sich vorwiegend im Strömungsschatten an Hindernissen ansammeln bzw. in Randbereichen als Genist ansiedeln.

Gelände

- *Grobmaterial-geprägte Fließquellen* finden sich vor allem in Gelände mit mittlerer bis starker Hangneigung.



▲ Modellhafter Lageplan einer Grobmaterial-geprägten Fließquelle.



◀▲ Grobmaterial-geprägte Fließquellen

Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte Grobmaterial-geprägter Fließquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

- Grobmaterial-geprägte Fließquellen kommen vor allem in den hydrogeologischen Teilräumen Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes, Muschelkalk-Platten, Fränkische Alb, Helvetikum- und Flyschzone sowie in den Nördlichen Kalkalpen vor.
- Folgende Fließgewässertypen sind in diesen Gebieten vorwiegend mit den Quellen vergesellschaftet: Feinmaterialreiche und grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche, feinmaterialreiche und grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche, Fließgewässer der Alpen.

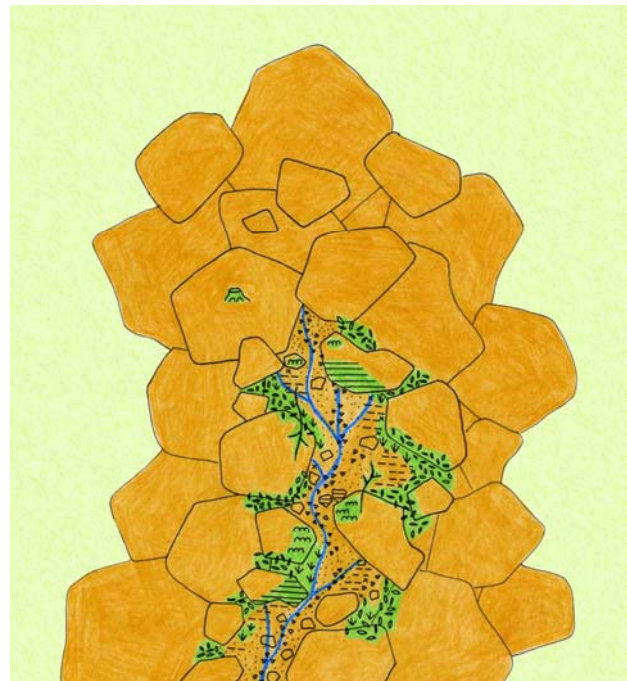
F-4 Blockmaterial-geprägte Fließquelle

Kurzcharakteristik

PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Fließend	Strömung:	Laminar bis stürzend, mit Schnellen und Stillen
Substrattyp:	Blockmaterial-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Blöcke, Steine, Sand, Schluff, stellenweise größere Ansammlungen von organischem Material	Substratdiversität:	Groß
		Geländelage:	Hanglage
		Geländeneigung:	Mittel bis stark

Austritt und Abfluss

- Die Quellaustritte sind deutlich vom terrestrischen Umfeld abzugrenzen.
- Da die Quellen jedoch aus Blockschuttsturzmassen entspringen, die den mittel bis stark geneigten Hang bedecken, ist die ursprüngliche bzw. die primäre Lage der Quellen in der Regel im Gelände nicht festzustellen.
- Meist tritt an verschiedenen Stellen zwischen dem Blockmaterial Quellwasser aus, das im Quellbereich überwiegend laminar bis strömend abfließt.
- Im weiteren Verlauf sind zwischen den Blöcken häufig Stillen von größerer Wassertiefe ausgebildet, die mit Schnellen und stürzendem Abfluss wechseln.



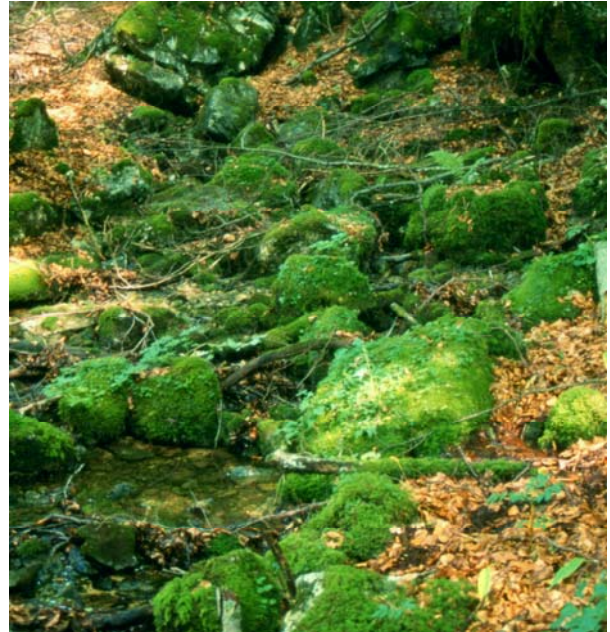
▲ Modellhafter Lageplan einer Blockmaterial-geprägten Fließquelle.

Substrate

- Die Wechsel im Abflussverhalten verdeutlichen die häufig sehr heterogene Substratsituation im Quellbereich, die von Feinstsubstrat in Stillen bis hin zu Blockmaterial an den Schnellen reichen kann.
- Der Anteil an organischem Material ist ebenfalls sehr hoch und von großer Diversität. Besonders in den Stillen kann sich viel Detritus, Falllaub und Totholz anreichern. Im Strömungsbereich der Schnellen kommt es an Hindernissen häufig zu geniestartigen Anballungen von verdrifteter organischer Substanz.

Gelände

- *Blockmaterial-geprägte Fließquellen* kommen vor allem in den mittel bis stark geneigten Hanglagen der Mittelgebirge und Alpen vor.



▲► *Blockmaterial-geprägte Fließquellen mit unterschiedlichen Schüttungsmengen, Nördliche Kalkalpen.*

Verbreitungsschwerpunkte



▲ *Verbreitungsschwerpunkte Blockmaterial-geprägter Fließquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.*

- Der Quelltyp kommt überwiegend in folgenden hydrogeologischen Teilräumen vor: *Fulda-Werra-Bergland, Kuppenrhön, Lange Rhön, Oberpfälzer-Bayerischer Wald, Faltenmolasse, Helveticum- und Flyschzone, Nördliche Kalkalpen.*
- Folgende Fließgewässertypen sind in diesen Gebieten vorwiegend mit den Quellen vergesellschaftet: *Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche, Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes, Fließgewässer der Alpen.*

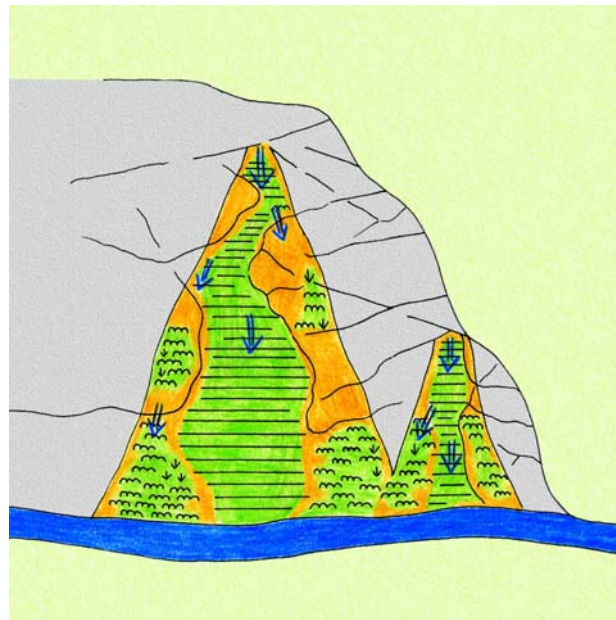
F-5 Fallquelle

Kurzcharakteristik

PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Fallend	Strömung:	Fallend, stürzend, Wasserfilm
Substrattyp:	Fels		
Substratklassen:	v.a. Felsen, Blöcke, z.T.	Substratdiversität:	Gering bis mittel
	Algenüberzüge und Moospolster	Geländelage:	Hanglage
		Geländeneigung:	Stark

Austritt und Abfluss

- Der Austrittsort lässt sich in der Regel an einer Kluft oder Felsspalte eindeutig lokalisieren. Das Quellwasser stürzt sofort wasserfallartig die meist stark geneigte bis senkrechte Felswand hinab.
- Je nach Schüttung und Hangneigung erfolgt der Abfluss mehr in Form eines dünnen Wasserfilmes oder als stürzend-fallende Wassermassen.
- Die *Fallquelle* könnte man auch als einen für die Alpen spezifischen Extremtyp der *Fließquelle* ansehen.



▲ Modellhafter Lageplan einer Fallquelle.

Substrat

- Aufgrund der extremen Hangneigung kommen kaum feinere Partikel vor. Der mineralische Untergrund besteht überwiegend aus Fels oder Blockmaterial.
- Organische Bestandteile können hier kaum angereichert werden. In der steilen Felswand sind lediglich Algenüberzüge und Moospolster zu finden. Krautige Vegetation kann sich nur in Felsspalten oder auf Moospolstern ansiedeln.

Gelände

- *Fallquellen* finden sich fast ausschließlich in stark geneigten bis senkrechten oder überhängenden Felswänden.



▲ Fallquellen in den Nördlichen Kalkalpen.

Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte von Fallquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

- Fallquellen kommen fast ausschließlich in den hydrogeologischen Teilräumen *Faltenmolasse*, *Helvetikum-* und *Flyschzone*, und *Nördliche Kalkalpen* vor.
- In diesen Gebieten sind mit dem Quelltyp vorwiegend folgende Fließgewässertypen vergesellschaftet: *Fließgewässer der Alpen*, gebietsweise auch *Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes*.

S-1 Organisch-geprägte Sickerquelle

Kurzcharakteristik

PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung:	Sickernd bis laminar mit Stillwasserbereichen
Substrattyp:	Organisch-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Detritus, Algen, Falllaub,	Substratdiversität:	Gering bis mittel
	Totholz, Quellvegetation,	Geländelage:	Tallage bis Hanglage
	daneben Ton, Schluff	Geländeneigung:	Schwach bis mittel

Austritt und Abfluss

- Die *organisch-geprägte Sickerquelle* tritt als mehr oder weniger großer Quellsumpf zu Tage. Dieser ist mit flächig sickerndem Quellwasser durchtränkt, es können auch Stillwasserbereiche auftreten.
- Das Quellwasser sickert in kleinen Quellrinnsalen zusammen, in denen es bereits langsam fließende Bereiche geben kann.

Substrat

- Die anorganischen Bestandteile sind von untergeordneter Bedeutung für die Quellstrukturen, da diese in der Regel nur in geringem Maß der fein verteilten organischen Substanz beigemischt sind.
- Den anmoorigen Feuchthumus erkennt man an seiner dunklen, beinahe schwarzen Farbe. Er bildet einen idealen Standort für typische Quellvegetationseinheiten. Je nach Standort (Wald oder Offenland) bzw. Ausgangsgestein reichen diese von sauren Torfmoosgesellschaften (z.B. in Nordbayern) bis hin zu basisch geprägten Niedermoorarten (z.B. im Alpenvorland).
- Die *organisch-geprägte Sickerquelle* wird in einigen Bereichen auch als Quellmoor bzw. Hangquellmoor bezeichnet.



▲ Modellhafter Lageplan einer organisch-geprägten Sickerquelle.

Gelände

- Die Quellen kommen an schwach bis mittel geneigten Hängen oder in Tallage vor.



▲ ► Organisch-geprägte Sickerquellen.

Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte organisch-geprägter Sickerquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

- Die Verbreitungsschwerpunkte liegen in den hydrogeologischen Teilräumen Ostthüringischer-fränkischer-vogtländischer Synklinalbereich, Münchberger Gneismasse, Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum, Fichtelgebirgs-Tertiär, Oberpfälzer-Bayerischer Wald, Süddeutsches Moränenland, Faltenmolasse, Helvetikum- und Flyschzone und Nördliche Kalkalpen.
- In den genannten Gebieten sind vorwiegend folgende Fließgewässertypen mit den Quellen vergesellschaftet: Grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche, Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes, Fließgewässer der Alpen.

S-2 Feinmaterial-geprägte Sickerquelle

Kurzcharakteristik

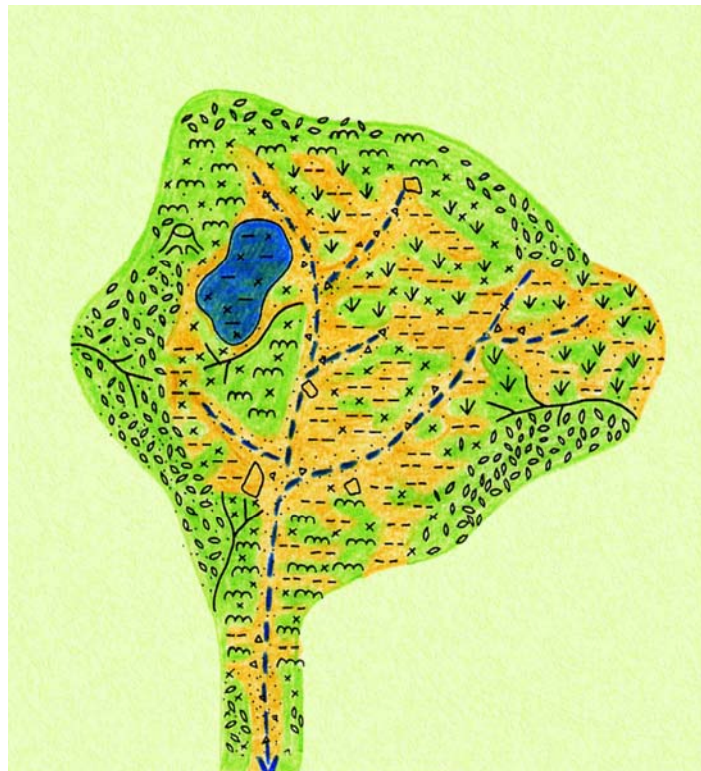
PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung:	Sickernd bis laminar mit Stillwasserzonen
Substrattyp:	Feinmaterial-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Ton, Schluff, Sand,	Substratdiversität:	Gering bis groß
	Grus, daneben organische	Geländelage:	Tallage bis Hanglage
	Komponenten	Geländeneigung:	Schwach bis mittel

Austritt und Abfluss

- Die *Feinmaterial-geprägte Sickerquelle* tritt als mehr oder weniger großer Quellsumpf zu Tage.
- Das Erdreich ist mit flächig sickerndem Quellwasser durchtränkt und vereinzelt bilden sich Stillwasserbereiche mit einer offenen Wasseroberfläche aus.
- Der Abfluss des Sickerwassers erfolgt meist über kleine Quellrinnsole, die den Sumpf durchziehen und in denen ein langsam fließender Bereich auftreten kann.

Substrat

- Die anorganischen Bestandteile (meist die feineren Korngrößen, wie Ton, Schluff, Sand und Grus) überwiegen im Substrat.
- Als organische Komponenten können Quellvegetation, Moose, Falllaub, Totholz, Detritus und Algen in unterschiedlichen Mengen auftreten.
- Ähnlich wie bei der *organisch-geprägten Sickerquelle* kann in Teilbereichen eine reiche Quellvegetation ausgebildet sein. Es kommt jedoch nicht zu einer mächtigen Anreicherung von anmoorigem Feuchthumus und dadurch nicht zur Ausbildung typischer Quellmoorstandorte.



▲ Modellhafter Lageplan einer Feinmaterial-geprägten Sickerquelle.

Gelände

- *Feinmaterial-geprägte Sickerquellen* treten meist in Hang- oder Tallagen mit schwacher bis mittlerer Neigung auf.



▲ ▲ *Feinmaterial-geprägte Sickerquellen.*

Verbreitungsschwerpunkte



▲ *Verbreitungsschwerpunkte Feinmaterial-geprägter Sickerquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.*

- Der Quelltyp findet sich vor allem in den hydrogeologischen Teilräumen *Muschelkalk-Platten, Keuper-Bergland, Fluvioglaziale Schotter, Tertiär-Hügelland, Helvetikum- und Flyschzone* und *Nördliche Kalkalpen*.
- In den genannten Gebieten sind vorwiegend folgende Fließgewässertypen mit den Quellen vergesellschaftet: *Feinmaterialreiche, karbonatische oder feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche, Fließgewässer des Alpenvorlandes, Fließgewässer der Alpen*

S-3 Grobmaterial-geprägte Sickerquelle

Kurzcharakteristik

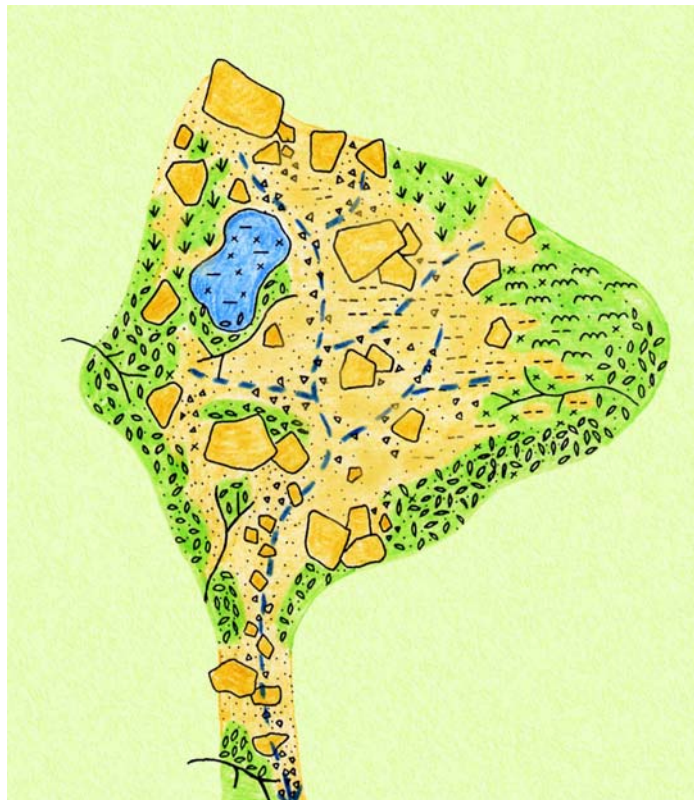
PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung:	Sickernd bis laminar bis strömend mit Stillwasserbereichen
Substrattyp:	Grobmaterial-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Blöcke, Steine, Grus, daneben Feinmaterial, wenig organische Komponenten	Substratdiversität:	Gering bis groß
		Geländelage:	Tallage bis Hanglage
		Geländeneigung:	Schwach bis mittel

Austritt und Abfluss

- Die *Grobmaterial-geprägte Sickerquelle* tritt als mehr oder weniger großer Quellsumpf zu Tage. Dieser ist mit flächig sickerndem Quellwasser durchtränkt, das in kleinen Quellrinnsalen zusammenläuft.
- Auch Stillwasserbereiche können auftreten.

Substrat

- Charakterisierende Sohlstrukturen sind die mineralischen Grobmaterial-Partikel wie Blöcke, große und kleine Steine.
- Daneben können auch feinere, mineralische Komponenten wie Grus, Sand, Schluff und Ton auftreten, die jedoch vom Gesamtanteil her untergeordnet sind.
- Dieser Quelltyp kann völlig vegetationslos sein, aber auch in Teilbereichen eine Quellvegetation aufweisen, wobei keine Moorgesellschaften ausgebildet werden.



▲ Modellhafter Lageplan einer Grobmaterial-geprägten Sickerquelle.

Gelände

- Die *Grobmaterial-geprägte Sickerquelle* ist meist in Hanglagen von schwacher bis mittlerer Neigung zu finden.



▲ *Grobmaterial-geprägte Sickerquellen.*

Verbreitungsschwerpunkte



▲ *Verbreitungsschwerpunkte Grobmaterial-geprägter Sickerquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.*

Der Quelltyp findet sich überwiegend in den hydrogeologischen Teilräumen *Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwalds, Fränkische Alb, Helvetikum- und Flyschzone* und *Nördliche Kalkalpen*.

- In den genannten Gebieten sind vorwiegend folgende Fließgewässertypen mit den Quellen vergesellschaftet: *Feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche, feinmaterialreiche und grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche, Fließgewässer der Alpen.*

L-1 Organisch-geprägte Linearquelle

Kurzcharakteristik

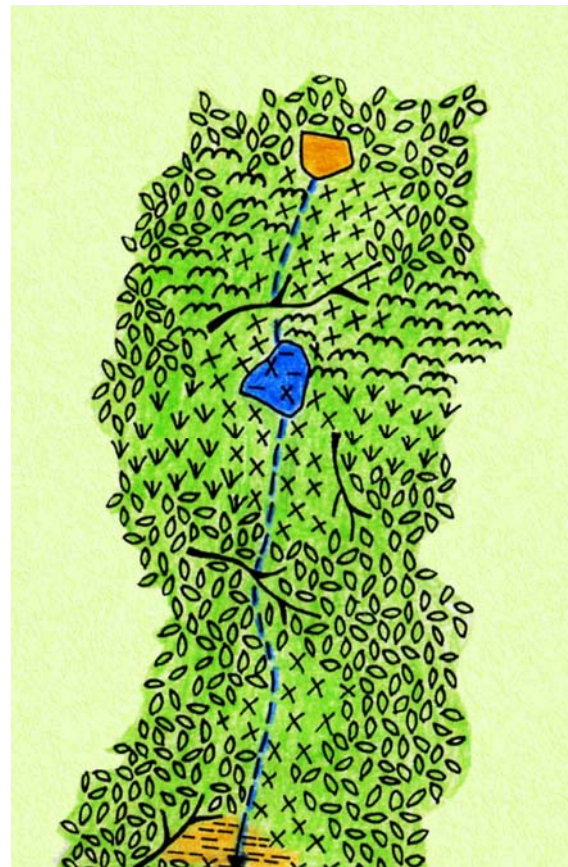
PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung:	Sickernd bis laminar mit Stillwasserbereichen
Substrattyp:	Organisch-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Detritus, Fall-	Substratdiversität:	Gering bis mittel
	laub/Nadeln, Totholz, Quell-	Geländelage:	Tallage bis Hanglage
	vegetation, daneben Ton, Schluff, Sand	Geländeneigung:	Schwach bis mittel

Austritt und Abfluss

- Der Austrittsort ist nicht klar abgrenzbar.
- Das Quellwasser sammelt sich kontinuierlich entlang der Tiefenlinie im Gelände zum Abfluss.
- Der beginnende Quellaustritt ist in der Regel sickernd mit einzelnen Stillwasserzonen.
- Mit zunehmender Wassermenge beginnt der Abfluss langsam zu strömen und es bilden sich allmählich die charakteristischen Sohlstrukturen eines Quellbaches aus.

Substrat

- In der Zusammensetzung dominieren die organischen Bestandteile mit einer mächtigen Auflage aus Detritus, Falllaub, Totholz und Quellvegetation.
- Auch Stillwasserzonen mit Algenaufwuchs sind typisch.
- Die mineralischen Bestandteile, die überwiegend den feinkörnigen Fraktionen wie Ton, Schluff oder Sand angehören, sind von untergeordneter Bedeutung.



▲ Modellhafter Lageplan einer organisch-geprägten Linearquelle.

Gelände

- Durch die lineare Erosion im Quellverlauf bildet sich häufig ein Kerbtal aus, in dessen Tallage sich der lineare Quellbereich befindet.
- Die Lage des beginnenden linearen Quellverlaufes ist jedoch stark vom Stand des Grundwasserspiegels abhängig und kann somit im Jahresverlauf variieren.



► Organisch-geprägte Linearquelle.

Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte organisch-geprägter Linearquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

Der Quelltyp ist hauptsächlich in den folgenden hydrogeologischen Teilräumen verbreitet: *Bruchschollenland i.e.S.*, *Ostthüringischer-fränkischer-vogtländischer Synklinalbereich*, *Münchberger Gneismasse*, *Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum*, *Fichtelgebirgs-Tertiär*, *Oberpfälzer-Bayerischer Wald* und *Faltenmolasse*.

- Mit dem Quelltyp kommen in den zum Kristallinen Grundgebirge gehörenden Teilräumen vorwiegend *grobmaterialreiche*, *silikatische Mittelgebirgsbäche* vor, im Bruchschollenland dagegen *feinmaterialreiche* oder *grobmaterialreiche*, *karbonatische Mittelgebirgsbäche*.

Im Gebiet der Faltenmolasse sind *Fließgewässer der Alpen*, *Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes* und *organisch geprägte Bäche* mit den Quellen vergesellschaftet..

gewässer der Alpen, *Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes* und *organisch geprägte Bäche* mit den Quellen vergesellschaftet..

L-2 Feinmaterial-geprägte Linearquelle

Kurzcharakteristik

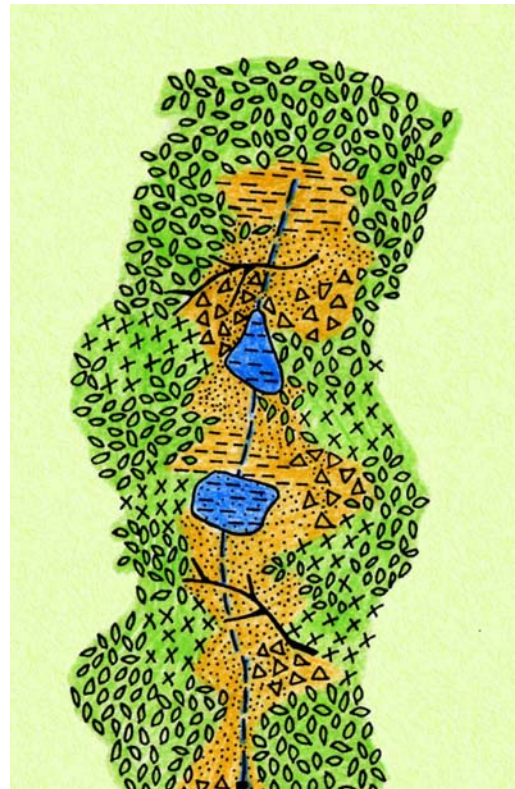
PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung:	Sickernd bis laminar mit Stillwasserzonen
Substrattyp:	Feinmaterial-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Ton, Schluff, Sand,	Substratdiversität:	Gering bis mittel
	Grus, wenig organische	Geländelage:	Tallage bis Hanglage
	Komponenten	Geländeneigung:	Schwach bis mittel

Austritt und Abfluss

- Der Quellaustritt ist nicht klar abgrenzbar.
- Das Quellwasser sammelt sich kontinuierlich entlang der Tiefenlinie im Gelände zum Abfluss.
- Der beginnende Quellaustritt ist in der Regel sickernd mit einzelnen Stillwasserzonen.
- Mit zunehmender Wassermenge beginnt der Abfluss langsam zu strömen und allmählich bilden sich die charakteristischen Sohlstrukturen eines Quellbaches aus.

Substrat

- In der Zusammensetzung dominieren die anorganischen Bestandteile mit den Fraktionen Ton, Schluff, Sand und Grus.
- Die Diversität der anorganischen Substrattypen ist in der Regel gering bis mittel.
- Der Anteil der organischen Bestandteile ist von untergeordneter Bedeutung und kann stark variieren. Je höher der Anteil ist, desto wahrscheinlicher ist eine Quellvegetation ausgebildet. Trocknen größere Bereiche der Quellen im Jahresverlauf aus, kann sich jedoch keine Quellvegetation entwickeln.



▲ Modellhafter Lageplan einer Feinmaterial-geprägten Linearquelle.

Gelände

- Durch die lineare Erosion im Quellverlauf bildet sich häufig ein Kerbtal aus, in dessen Tallage sich der lineare Quellbereich befindet.

- Die Lage des beginnenden linearen Quellverlaufes ist jedoch stark vom Stand des Grundwasserspiegels abhängig und kann somit im Jahresverlauf variieren.



◀▲ *Feinmaterial-geprägte Linearquellen.*

Verbreitungsschwerpunkte



▲ *Verbreitungsschwerpunkte Feinmaterial-geprägter Linearquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.*

- Der Quelltyp findet sich vor allem in den hydrogeologischen Teilräumen *Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes, Muschelkalk-Platten* sowie im *Keuper-Bergland*.
- Mit dem Quelltyp kommen im Bereich der *Muschelkalk-Platten* und im nördlichen Teil des *Keuper-Berglandes* vorwiegend *feinmaterialreiche*, daneben auch wenige *grobmaterialreiche*, *karbonatische Mittelgebirgsbäche* vor, im südlichen Teil des *Keuper-Berglandes* und in *Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes* dominieren dagegen *feinmaterialreiche*, *silikatische Mittelgebirgsbäche*, dort sind *grobmaterialreiche*, *silikatische Mittelgebirgsbäche* nur von untergeordneter Bedeutung.

sche Mittelgebirgsbäche nur von untergeordneter Bedeutung.

L-3 Grobmaterial-geprägte Linearquelle

Kurzcharakteristik

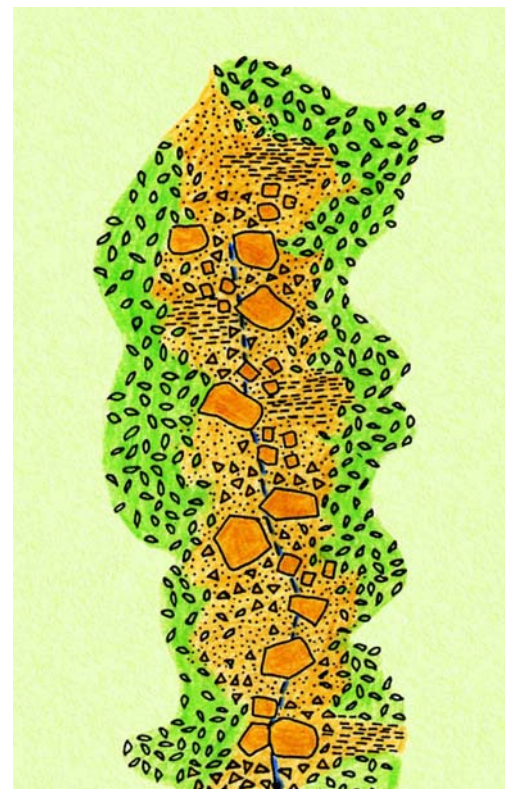
PARAMETER		MERKMAL
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung im Abfluss: Sickernd bis laminar bis strömend
Substrattyp:	Grobmaterial-geprägt	
Substratklassen:	v.a. Blöcke, Steine, Grus, organische Anteile stark variierend	Substratdiversität: Mittel bis groß Geländelage: Tallage bis Hanglage Geländeneigung: Mittel bis stark

Austritt und Abfluss

- Der Quellaustritt ist nicht klar abgrenzbar.
- Das Quellwasser sammelt sich kontinuierlich entlang der Tiefenlinie im Gelände zum Abfluss.
- Der Quellaustritt beginnt in der Regel sickernd mit einzelnen Stillwasserzonen.
- Mit zunehmender Wassermenge bildet sich eine langsame Strömung aus und es entwickeln sich allmählich die charakteristischen Sohlstrukturen eines Quellbaches.

Substrat

- In der Zusammensetzung des Quellbereiches dominieren die anorganischen Bestandteile mit den Grobfraktionen Grus, Steine, große Steine und Blöcke.
- Die Diversität der anorganischen Substrattypen ist mittel bis groß. Untergeordnet findet man die feinen Verwitterungsprodukte wie Schluff und Sand.
- Der Anteil der organischen Bestandteile tritt in seiner Bedeutung zurück und kann stark variieren. Je nach Höhe des organischen Anteils kann eine Quellvegetation ausgebildet sein, nicht jedoch, wenn größere Bereiche der Quellen im Jahresverlauf austrocknen.



▲ Modellhafter Lageplan einer Grobmaterial-geprägten Linearquelle.

Gelände

- Durch die lineare Erosion im Quellverlauf bildet sich häufig ein Kerbtal aus, in dessen Tallage sich der lineare Quellbereich befindet. Die Lage des linearen Quellverlaufes ist jedoch stark vom Stand des Grundwasserspiegels abhängig und kann somit im Jahresverlauf variieren.



▲ ▲ Grobmaterial-geprägte Linearquellen.

Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte der Grobmaterial-geprägten Linearquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

- Der Quelltyp kommt vor allem in folgenden hydrogeologischen Teilräumen vor: *Bruchschollenland i.e.S., Fichtelgebirge, Fichtelgebirgstertiär, Oberpfälzer-Bayerischer-Wald, Faltenmolasse, Helvetikum- und Flyschzone sowie Nördliche Kalkalpen.*
- Je nach Gebiet sind vorwiegend folgende Fließgewässertypen mit den Quellen vergesellschaftet: *Feinmaterialreiche oder grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche, grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche, Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes, Fließgewässer der Alpen, örtlich auch organisch geprägte Bäche.*

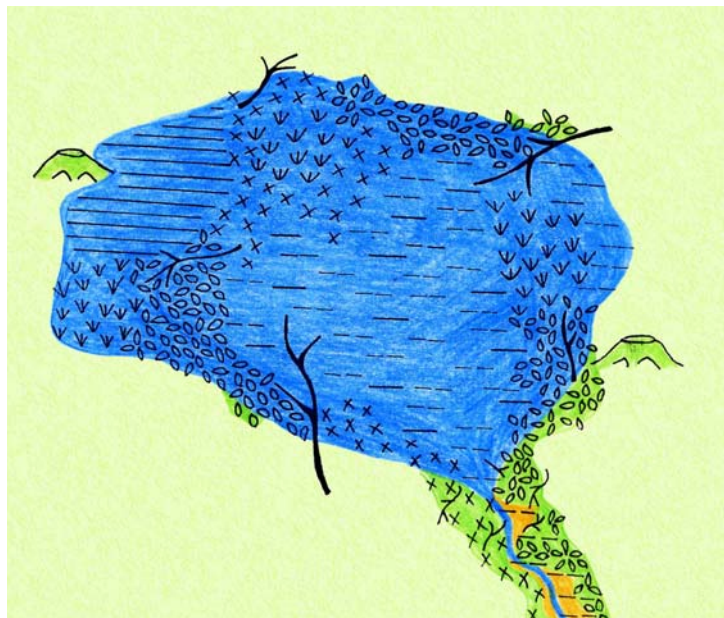
T-1 Organisch-geprägte Tümpelquelle

Kurzcharakteristik

PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Tümpelartig	Strömung:	Laminar bis strömend, stagnierend bzw. Stillwasser
Substrattyp:	Organisch-geprägt		
Substratklassen:	Viel Detritus, Totholz, Fall- laub/Nadeln, Quell- vegetation	Substratdiversität:	Gering bis mittel
		Geländelage:	Tallage, Hanglage
		Geländeneigung:	Schwach

Austritt und Abfluss

- Der Austrittsort der Quelle gleicht einem Tümpel.
- Das Quellwasser tritt am Grund eines Beckens aus und sammelt sich in einer Geländemulde.
- Der Abfluss erfolgt langsam und laminar über den Rand des Beckens.
- Wasserbewegungen oder Verwirbelungen sind sowohl auf der Quellsohle als auch auf der Wasseroberfläche nicht erkennbar.



▲ Modellhafter Lageplan einer organisch-geprägten Tümpelquelle.

Substrat

- Durch den nahezu stagnierenden oberirdischen Abfluss kann sich viel organische Substanz im Quellbecken ansammeln.
- Die organische Auflage aus Detritus, Falllaub, Totholz kann große Mächtigkeiten erreichen, was oft zur Bildung von Faulschlamm führt.

Gelände

- Der Quelltyp ist in Tal- und Hanglagen vertreten, jedoch nur in schwach geneigtem Gelände.



▲ Organisch-geprägte Tümpelquelle.

Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte von organisch-geprägten Tümpelquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

- Der Quelltyp findet sich vor allem in den hydrogeologischen Teilräumen *Muschelkalk-Platten*, *Süddeutsches Moränenland* und *Faltenmolasse*.
- Als Fließgewässertypen kommen in diesen Gebieten vorwiegend *feinmaterialreiche*, daneben *grobmaterialreiche*, *karbonatische Mittelgebirgsbäche* (*Muschelkalk-Platten*) sowie *Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes* (*Süddeutsches Moränenland* und *Faltenmolasse*) vor

T-2 Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle

Kurzcharakteristik

PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Tümpelartig	Strömung:	Laminar bis strömend, oft Strudel/Verwirbelungen
Substrattyp:	Feinmaterial-geprägt	Substratdiversität:	Gering
Substratklassen:	v.a. Ton, Schluff, Sand	Geländelage:	Tallage, Gewässersohle
		Geländeneigung:	Schwach

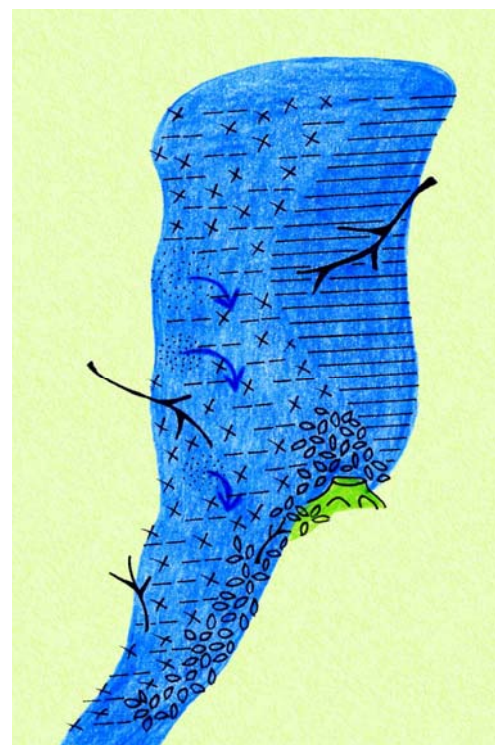
Erläuterungen

Austritt und Abfluss

- Der Austrittsort der Quelle befindet sich am Grunde eines Gewässers (Bach, See etc.) oder es ist ein eigenständiger Quelltümpel ausgebildet. Die Wassertiefe kann ein bis zwei Meter erreichen.
- Das Quellwasser fließt direkt mit dem Quellbach mit nahezu unscheinbarer Strömung ab.
- Die Wasseroberfläche ist glatt, weshalb die meist geringe laminare Strömung des Wasserkörpers kaum zu erkennen ist.

Substrat

- An den Austrittsstellen des Grundwassers kann man Verwirbelungen des Sohlsubstrates beobachten, die von aufsteigenden Gasbläschen stammen. Auch kann es zu kleinen Strudeln mit leichter Erhebung der Wasseroberfläche kommen.
- Durch diese Wasserbewegung sortieren sich die dominierenden feinkörnigen mineralischen Substrate wie Sand und Schluff konzentrisch um die Wirbel. Die feineren Partikel wie Schluff und Detritus lagern sich in den äußeren Ringen ab, die schwereren Substrate wie Sand im Zentrum des Wirbels.
- Die anorganische Substratdiversität ist äußerst gering, denn es kommen selten größere Partikel als Sand vor.
- Die vorherrschenden organischen Partikel sind Detritus, Totholz, Falllaub/Nadeln und Algen.



▲ Modellhafte Darstellung einer Feinmaterial-geprägten Tümpelquelle.

Gelände

- Die Tümpelquellen befinden sich immer in Tallage, wo die Neigung des Geländes meist sehr schwach ist.



▲ *Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen.*

Verbreitungsschwerpunkte



▲ *Verbreitungsschwerpunkte Feinmaterial-geprägter Tümpelquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.*

- Der Quelltyp findet sich vor allem in den hydrogeologischen Teilräumen *Muschelkalk-Platten, Keuper-Bergland, Fränkische Alb, Nördlinger Ries, Schwäbische Alb, Fluvioglaziale Schotter, Süd-deutsches Moränenland, Faltenmolasse* sowie *Helvetikum- und Flyschzone*.
- Entsprechend den unterschiedlichen Teilräumen sind verschiedenste Fließgewässertypen mit dem Quelltyp vergesellschaftet: *Feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche, grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche, feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche, Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes und Fließgewässer der Alpen.*

T-3 Grobmaterial-geprägte Tümpelquelle

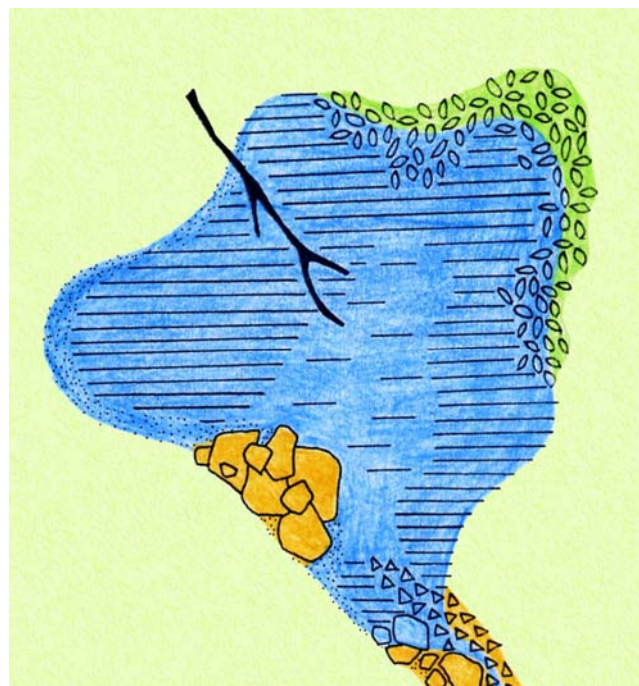
Kurzcharakteristik

PARAMETER		MERKMAL	
Austrittsverhalten:	Tümpelartig	Strömung:	Laminar bis strömend, Verwirbelungen in großer Tiefe
Substrattyp:	Grobmaterial-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Steine, Blöcke, Fels, organische Komponenten nur randlich	Substratdiversität:	Gering bis mittel
		Geländelage:	Tallage
		Geländeneigung:	Schwach

Erläuterungen

Austritt und Abfluss

- Die meist becken- bis trichterförmige Vertiefung füllt sich von unten mit Wasser. Das Quellbecken kann Tiefen von mehreren Metern aufweisen, aus denen das Quellwasser hervordrückt.
- Der Abfluss erfolgt über den Rand der Vertiefung.
- Oft besitzen derartige Quellen eine große Schüttung, die mit hoher Geschwindigkeit vom Grunde hervorquillt.
- Der oberirdische Abfluss kann daher entweder an der Wasseroberfläche laminar erscheinen oder mit zahlreichen Verwirbelungen strömend oder schießend erfolgen.



▲ Modellhafter Lageplan einer Grobmaterial-geprägten Tümpelquelle.

Substrat

- Das Substrat besteht meist aus Fels oder groben mineralischen Komponenten, wie Blöcken und Steinen.
- Organische Substrate, wie Detritus und Falllaub, können sich aufgrund der starken Strömung lediglich randlich ablagern.
- Auch der Bewuchs mit Quellvegetation erfolgt überwiegend randlich. Im Quellbecken selbst kommt es häufig zu einem starken Aufwuchs von Algen, je nach Trophiegrad bzw. Kalkgehalt des Wassers.

Gelände

- Der Quelltyp tritt fast nur in Tallagen auf.



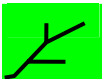
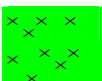
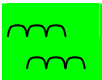
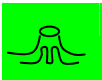
▲ ► Grobmaterial-geprägte Tümpelquellen.

Verbreitungsschwerpunkte



▲ Verbreitungsschwerpunkte Grobmaterial-geprägter Tümpelquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

- Grobmaterial-geprägte Tümpelquellen finden sich vor allem in den hydrogeologischen Teilräumen *Muschelkalk-Platten, Fränkische Alb, Helvetikum- und Flyschzone* sowie *Nördliche Kalkalpen*.
- Mit dem Quelltyp sind je nach Gebiet *feinmaterialreiche* und/oder *grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche* bzw. *Fließgewässer der Alpen* vergesellschaftet.

SUBSTRATE			
ORGANISCH (GRÜN HINTERLEGT)		ANORGANISCH (GELB HINTERLEGT)	
	Fallaub/Nadeln		Ton, Schluff
	Totholz		Sand
	Detritus		Kies/Grus
	Quellvegetation (Moose)		Steine
	Quellvegetation (Höhere Pflanzen)		Blöcke
	Baumstumpf		anstehender Fels
	Algenaufwuchs		
AUSTRITTSVERHALTEN			
	linear sickern		Fließend
	flächig sickern		Fallend
	Stillwasserzone		

▲ Legende zu den modellhaften Lageplänen der Quelltypen Bayerns (Kap. 4) und zu „Quellsysteme und Quellkomplexe“ (Kap. 5).

5 QUELLSYSTEME UND QUELLKOMPLEXE

Quellbiotope können in sehr vielgestaltiger Weise ausgebildet sein, dabei ist jede Quelle als solche ein individuell ausgeprägter Lebensraum. Die vorliegende Typologie macht den Versuch, diese Vielgestaltigkeit modellhaft auf einige wenige charakteristische Grundmuster zu beschränken.

Jede Modellierung führt zu einer Idealisierung der Verhältnisse, die so in der Landschaft kaum idealtypisch vorkommen. Vielmehr liegen verschiedenste Ausprägungen dieser Idealtypen vor. Je nach Naturraum und geologischen Verhältnissen sind fast alle Übergänge und Gefüge in der Natur denkbar. Im Gelände ist deshalb mancherorts die genaue Abgrenzung von Quellbereichen nicht ganz einfach. Bei jeder Erhebung oder Planung muss man sich zunächst einen Überblick über die Situation im gesamten Grundwasser-beeinflussten Quellbereich machen. Oft erkennt man, dass neben dem vorherrschenden Quelltyp, z. B. einer *Feinmaterial-geprägten Sickerquelle*, in enger Verzahnung andere Typen vorkommen, z.B. *Feinmaterial-geprägte Fließquellen*. Im Bayerischen Quellerfassungsbogen (siehe Bayerischer Quellerfassungsbogen mit Kartieranleitung unter <http://www.bayern.de/LFW/projekte/qp/welcome.htm>) wurde dem Rechnung getragen, indem der Quellbereich in Kompartimente aufgeteilt werden kann, wobei jeder Teilbereich dann einem Typus des Katalogs entspricht.

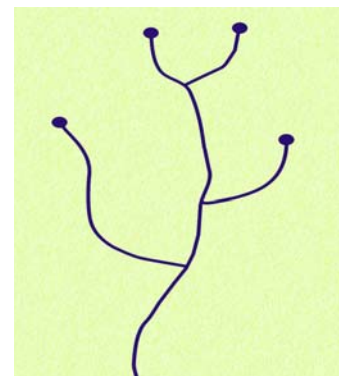
Mit dieser Methode können selbst komplexeste Quellsituationen ausreichend charakterisiert werden. Für die Beschreibung der Beziehungsgefüge innerhalb der Quellen werden zwei grundsätzlich verschiedene Situationen differenziert, die im Folgenden erläutert werden.

5.1 Definition

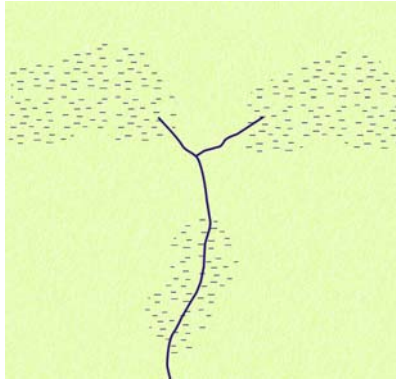
Innerhalb der Beziehungsgefüge von Quellen kann man zwei verschiedene Ausformungen unterscheiden: Quellsysteme und Quellkomplexe. Diese beiden Begriffe werden im weiteren erläutert und anhand von Beispielen dargestellt.

Quellsystem

Von einem Quellsystem spricht man, wenn mehrere Quellen des **gleichen** Quelltyps eng miteinander vernetzt vorzufinden sind. Voraussetzung ist, dass die Quellen in denselben Quellbach entwässern. Alleine die räumliche Nähe einzelner Quellen reicht nicht aus. Diese Unterscheidung ist deshalb notwendig, da mancherorts eng



Schema eines Quellsystems aus Fließquellen. ►

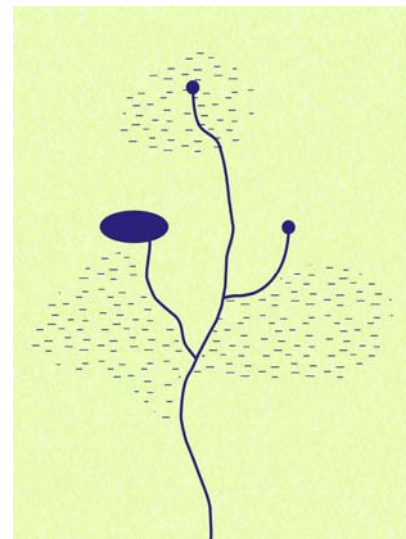


benachbart Quellen austreten, die aber nicht dem gleichen Bachsystem angehören. Sie können dadurch sogar verschiedene geologische Verhältnisse aufweisen und sich hinsichtlich ihrer strukturellen sowie biotischen Verhältnisse unterscheiden.

◀ Schema eines Quellsystems aus Sickerquellen.

Quellkomplex

Ein Quellkomplex liegt vor, wenn mehrere Quellen, die verschiedenen Quelltypen zuzuordnen sind, miteinander vernetzt vorkommen. Auch hier gilt, dass alle Teilquellbereiche in den gleichen Quellbach entwässern. Quellkomplexe sind die häufigsten Quellsituationen, die man in unserer Landschaft vorfindet. Oftmals ist gar eine genaue Abgrenzung der einzelnen Teilbereiche schwierig, da es sich um stark ineinander verzahnte Komplexe handelt. Quellkomplexe kommen nahezu in allen bayerischen Naturräumen vor.



▶ Schema eines Quellkomplexes aus Tümpel, Fließ- und Sickerquellen.

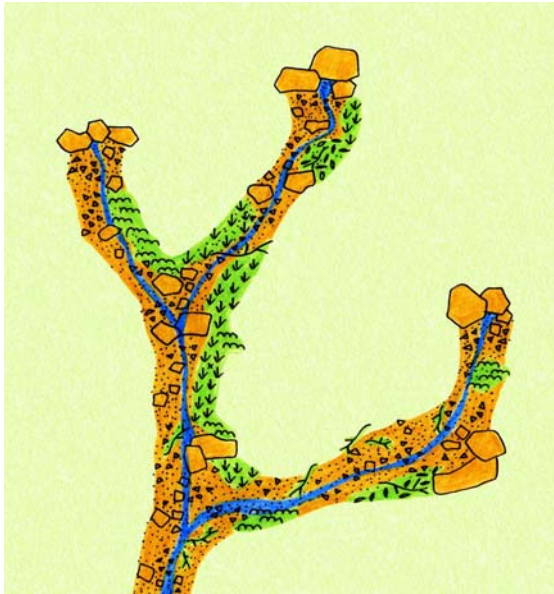


▲ System Feinmaterial-geprägter Fließquellen.

5.2 Beispiele

Quellsystem Grobmaterial-geprägter Fließquellen

Dieses Quellsystem findet sich in weiten Teilen Bayerns. Die Quellen liegen einzeln und sind über ein verästelttes Quellbachsystem miteinander verbunden. Sie gleichen sich in der Struktur des Sohlsubstrates und entwässern in denselben Bach.



▲ Modellhafter Lageplan eines Systems Grobmaterial-geprägter Fließquellen.

► System Grobmaterial-geprägter Fließquellen.

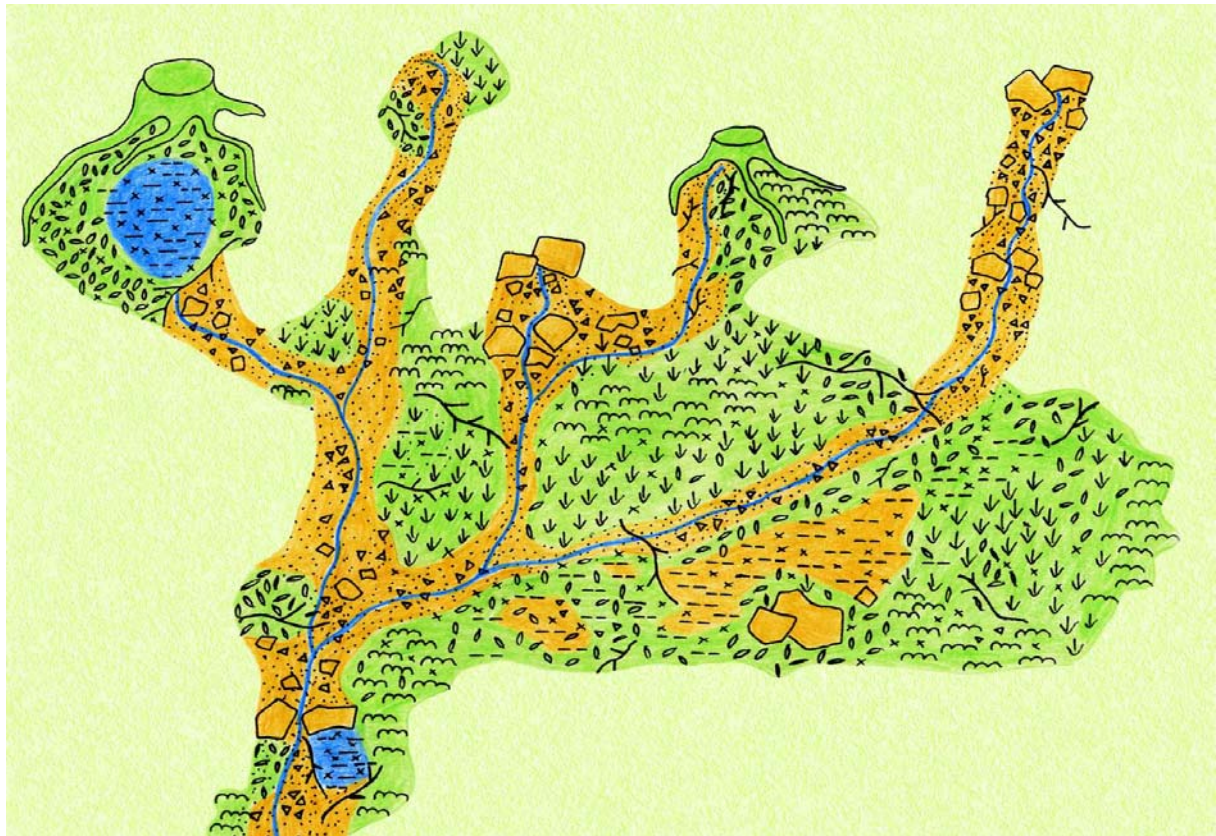


Großräumiger Quellkomplex aus Fließ- und Sickerquellen

Ein sehr charakteristischer Quellkomplex ist jener aus größeren Sickerquellen, die mit einzelnen Fließquellen verzahnt sind. Diese Fließquellbereiche können innerhalb oder randlich der Sickerquellen liegen. Solche Quellkomplexe sind vor allem im Jura, im Voralpenland und den Alpen sehr häufig und können sehr große Dimensionen annehmen.

Die Abgrenzung solcher Quellkomplexe ist im Gelände oft schwierig, wobei auch hier gilt, dass eindeutig Grundwasser austreten und auch abfließen muss. Bei dem Versuch der Abgrenzung ist es hilfreich, innerhalb des Komplexes zunächst die homogenen Teilbereiche zu unterscheiden. Hier finden sich dann auch die Quellgrundtypen wieder, bevor man ein Bild des gesamten Komplexes erhält.

Der in Anhang 1 der FFH-Richtlinien aufgeführte prioritäre Lebensraum „Kalktuffquellen“ ist häufig als Quellkomplex ausgebildet. Auch in dem prioritären Lebensraumtyp „Schlucht- und Hangmischwälder“ sind häufig Quellkomplexe vorhanden.



▲ Modellhafter Lageplan eines großräumigen Komplexes aus Fließ- und Sickerquellen.

▼ Großräumiger Komplex aus Fließ- und Sickerquellen.

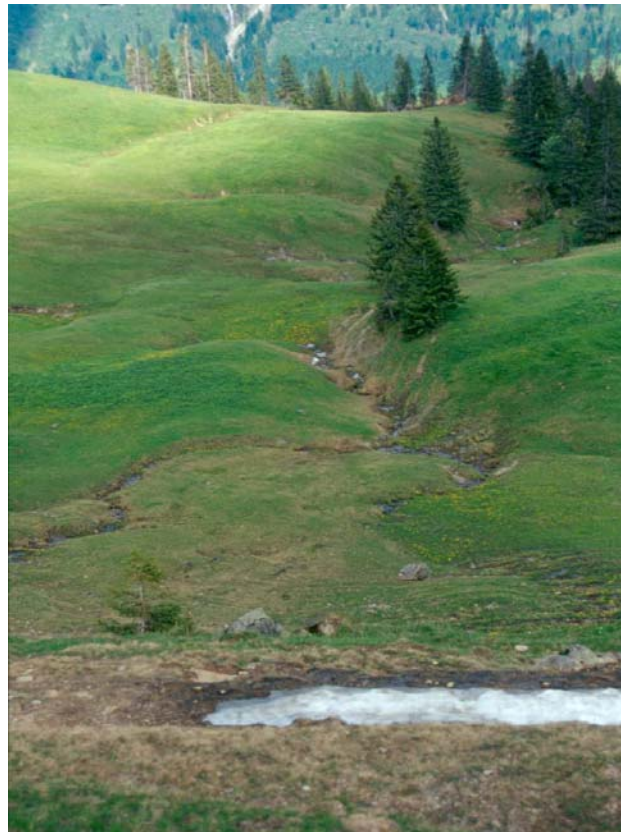


Kleinräumiger Komplex aus Fließ- und Sickerquellen

Neben den eher großräumigen Quellkomplexen ist es durchaus auch typisch, dass an kleineren Quellen Komplexe ausgebildet sind. Meist handelt es sich dabei um eine Fließquelle, die von kleineren Sickerquellbereichen umgeben ist oder an die sich Sickerquellbereiche anschließen. Solche kleineren Komplexe, mancherorts nur wenige Quadratmeter groß, können durch die hohe Strukturvielfalt eine hohe Artenzahl beherbergen.



◀ Modellhafter Lageplan eines kleinräumigen Komplexes aus Fließ- und Sickerquellen



▶ Komplex aus Fließ- und Sickerquellen.

Komplex aus verschiedenartigen Fließquellen

Neben den beschriebenen Komplexen, die sich im Quellgrundtyp, d.h. in der Austrittsart unterscheiden, können auch Komplexe ausgebildet sein, bei denen die einzelnen Quellaustritte lediglich in ihrem Substrattyp differieren. Zum Beispiel können in einem Quellgebiet nebeneinander sowohl organisch-geprägte als auch Feinmaterial-geprägte Fließquellen vorkommen.

Solche Situationen sind nicht den Quellsystemen zuzuordnen, sondern stellen nach der obigen Definition einen Komplex dar.



▲ *Komplex aus Fließ- und Sickerquellen.*

6 QUELLTYPEN DER HYDROGEOLOGISCHEN TEILRÄUME

Innerhalb Bayerns unterscheidet sich das Vorkommen der Quelltypen in erheblichem Maße, abhängig insbesondere von der geologischen Ausgangssituation und dem Geländere Relief. Es konnten deshalb nicht nur die Quelltypen auf der Grundlage der hydrogeologischen Teilräume ermittelt werden, sondern es können auch umgekehrt die Teilräume anhand ihres Quellenbestandes charakterisiert werden. Dabei zeigte sich, dass manche Teilräume ähnliche Verhältnisse bezüglich der Quellsituation aufweisen. Diese werden im Folgenden zusammen betrachtet. Ebenso wurden mehrere kleinere hydrogeologische Teilräume, für die keine gesonderten Quelluntersuchungen vorlagen, bei benachbarten, geologisch ähnlichen Teilräumen mit einbezogen.

Die Beschreibungen der hydrogeologischen Teilräume Bayerns wurden in gekürzter Fassung aus BÜTTNER, PAMER & WAGNER (2003) entnommen.

Bei den einzelnen Gebieten werden die überwiegend vorkommenden Quelltypen aufgeführt, und anhand von weiteren Differenzierungsmerkmalen (siehe Kap. 3.3) beschrieben. Wenn möglich, wurden die Quelltypen beispielhaft mit Fotos dargestellt. Zusätzlich wird der ökologische Zustand der Quellen erläutert.

Darüber hinaus wird jeweils auf die in den Gebieten liegenden Grundwasserkörper und auf die Fließgewässertypen Bezug genommen. Sowohl die Abgrenzung der Grundwasserkörper als auch die Fließgewässertypen wurden aus noch unveröffentlichten Karten entnommen, die vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft im Hinblick auf die Wasserrahmenrichtlinie erstellt wurden (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft 2004).

6.1 Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes sowie Kuppenrhön, Lange Rhön und Fulda-Werra-Bergland

Das Gebiet entspricht im Wesentlichen dem vereinfachten hydrogeologischen Teilraum *Buntsandstein-Spessart*. Dieser beinhaltet zusätzlich noch den hydrogeologischen Teilraum *Hanauer-Seligenstädter Senke*, der aber in diesem Bericht nicht behandelt wird, da keine Quelluntersuchungen aus dem Gebiet vorlagen. Das Gebiet umfasst die Grundwasserkörper *Unterer Main IA1*, *IA2* und *IIIB2* vollständig sowie teilweise den Grundwasserkörper *Unterer Main IIIB1*.

In den Teilräumen *Spessart*, *Rhönvorland* und *Buntsandstein des Odenwaldes* sowie im *Fulda-Werra-Bergland* bestimmen *feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche* das Bild der Fließgewässer. In *Kuppenrhön* und *Langer Rhön* finden sich dagegen vor allem *grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche*. Der das Gebiet durchfließende Main ist als *Größerer Fluss des Mittelgebirges* eingestuft, die im Grenzbereich zu den *Muschelkalk-Platten* fließende Fränkische Saale als *karbonatischer, fein- bis grobmaterialreicher Mittelgebirgsfluss*.

Geologie und Hydrogeologie

Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes

Der hydrogeologische Teilraum *Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes*, in dem überwiegend Einheiten des Buntsandsteins austreichen, liegt im Nordwesten Bayerns und grenzt im Norden an Gebiete mit Basaltstöcken (*Kuppenrhön*) und flächiger Basaltverbreitung (*Lange Rhön*). Im Westen liegen die Schichten des Buntsandsteins diskordant auf dem Kristallin des Spessarts, im Südosten und Osten werden sie durch Muschelkalk-Einheiten überlagert.

Die Gesteine des Buntsandsteins lassen sich als Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft-Grundwasserleiter) mit mäßiger bis geringer Durchlässigkeit und überwiegend silikatischem, nach Nordosten hin teilweise sulfatischem Gesteinschemismus charakterisieren. Hauptgrundwasserleiter ist der Untere und Mittlere Buntsandstein. Bereichsweise sind mehrere Stockwerke mit teilweise gespanntem Grundwasser ausgebildet, die durch geringmächtige Ton- bzw. Schluffsteinlagen getrennt werden. Im Oberen Buntsandstein können schwebende Grundwasserstockwerke vorhanden sein.

Im Westen des Teilraums liegen auf dem Grundgebirge des Spessarts noch vereinzelt kleinere Einheiten des Rotliegend und Zechsteins (v. a. Sandsteine, Konglomerate, Mergelsteine und Karbonatsteine) auf; letzterer ist dort verkarstet (karbonatischer Gesteinschemismus). Besonders der Obere Buntsandstein weist in den Hochlagen häufig eine Überdeckung durch Löss und Fließerden auf. In Flusstälern werden die Gesteine des Buntsandsteins von quartären fluviatilen

Lockergesteinen (Poren-Grundwasserleiter) mit hoher Durchlässigkeit und silikatischem Gesteinschemismus überlagert.

Die Grundwasservorkommen im Buntsandstein sind von regionaler bis überregionaler wirtschaftlicher Bedeutung.

Kuppenrhön

Die *Kuppenrhön* liegt zwischen den Teilräumen *Spessart*, *Rhönvorland* und *Buntsandstein des Odenwalds* und *Fulda-Werra-Bergland*. Charakteristisch für diesen Teilraum ist der Aufbau aus Schichten des Mittleren und Oberen Buntsandsteins, die gleich denen des Teilraums *Spessart*, *Rhönvorland* und *Buntsandstein des Odenwalds* ausgebildet sind. Er weist Inseln von Unterem Muschelkalk auf, die denen des Teilraums *Muschelkalk-Platten* entsprechen. Diese Einheiten sind durchsetzt von kleinen tertiären Basaltstöcken bzw. Basaltdeckenresten geringer Durchlässigkeit.

Die Gesteine des Buntsandsteins lassen sich als Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft-Grundwasserleiter) mit mäßiger Durchlässigkeit, aber hoher Ergiebigkeit und silikatischem Chemismus beschreiben. Teilweise sind hier mehrere Grundwasserstockwerke ausgebildet.

Die eingelagerten Basalte sind wasserwirtschaftlich ohne Bedeutung, können jedoch lokal hydraulische Verbindungen zwischen unterschiedlichen Grundwasserstockwerken schaffen.

Überlagernde Muschelkalk-Einheiten treten v.a. in morphologischen Hochlagen auf und weisen daher nur eine geringe Wasserführung auf. Als Deckschichten finden sich hauptsächlich in Nachbarschaft zu den Basaltvorkommen Fließerden.

Die Grundwasservorkommen im Buntsandstein sind von regionaler Bedeutung (z. B. Quellen und Brunnen der Rhön-Maintal-Gruppe).

Lange Rhön

Die *Lange Rhön* grenzt im Osten an die *Muschelkalk-Platten* und im Süden an das Rhönvorland, sie setzt sich im Norden nach Hessen und Thüringen fort. Mesozoische Sedimente vor allem des Buntsandsteins werden hier großflächig von tertiären, vulkanogenen Basaltvorkommen überlagert.

Kluft-Grundwasserleiter sind im Teilraum Lange Rhön die gering durchlässigen, geklüfteten Basalte bzw. die äußerst gering durchlässigen Tuffite und Basalt-Deckenreste des Tertiärs. Diese vulkanogenen Gesteine sind geringer durchlässig und weniger ergiebig als der umgebende Buntsandstein. Ein Grundwasserstockwerksbau ist nicht ausgebildet. Die Basalte werden teilweise von Fließerden überdeckt.

In Bayern ist die Lange Rhön wasserwirtschaftlich nur von lokaler Bedeutung (in Talbereichen gefasste Quellen).

Fulda-Werra-Bergland

Der Teilraum *Fulda-Werra-Bergland* tritt nur randlich im Norden Bayerns auf und ist hier als eigenständiger Teilraum unbedeutend. Er stellt die Fortsetzung eines vor allem in Hessen und Thüringen verbreiteten Teilraums dar. Seine Abgrenzung gegenüber dem Teilraum *Muschelkalk-Platten* erfolgte im Raum Fladungen-Ostheim entlang des Muschelkalk-Ausstrichs, gegenüber dem Teilraum *Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwalds* an Störungszonen im Umfeld von Bad Brückenau.

Das *Fulda-Werra-Bergland* ist hauptsächlich aus Schichten des silikatischen Mittleren und gipshaltigen Oberen Buntsandsteins aufgebaut. Der Teilraum wird durch mehrere Störungen und Grabenbrüche charakterisiert, die lokal zu einer erhöhten Wasserwegsamkeit führen.

Typisch für diesen Teilraum sind Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft-Grundwasserleiter) mit mäßiger bis geringer Durchlässigkeit, jedoch hoher Ergiebigkeit und silikatischem, teilweise sulfatischem Gesteinschemismus. Örtlich findet sich eine Überdeckung durch Fließerden.

Wasserwirtschaftlich sind die Grundwasservorkommen im Teilraum nur von lokaler Bedeutung.

Quelltypen

Grobmaterial-geprägte und Blockmaterial-geprägte Fließquellen

Die Sohlsubstrate dieses Quelltyps werden überwiegend aus den Verwitterungsprodukten des Buntsandsteins oder des Basalts gebildet und setzen sich zusammen aus Sand, Grus, Steinen, großen Steinen und Blöcken.



◀▲ *Grobmaterial-geprägte Fließquellen aus dem Spessart, links Quelle, rechts Sohlsubstrat.*



Die überwiegende Anzahl der Quellaustritte ist vom Typ der *Grobmaterial-geprägten Fließquellen*.

- Der Quellaustritt liegt meist an einer Kluft oder an Wasserwegsamkeiten im Buntsandstein und besitzt sofort einen fließenden Abfluss. Die Abgrenzung des Quellbereichs zum terrestrischen Umfeld ist deutlich ausgeprägt..
- Die Substratdiversität dieses Quelltyps ist groß. Neben den dominierenden Steinen und Blöcken kommt auch ein geringerer Anteil der feineren Verwitterungsprodukte des Sandsteins wie Grus, Sand und Schluff vor.

◀ *Blockmaterial-geprägte Fließquelle aus der Rhön.*

Feinmaterial-geprägte Fließquellen

- Einzelne geringer schüttende Quellen zählen zu den *Feinmaterial-geprägten Fließquellen*.
- Das Sohlsubstrat ist hier von mittlerer Diversität und variiert von Feinsand bis Grobgrus.

▶ *Fließquelle mit Eisenocker-ausfällung.*



◀ *Grobmaterial-geprägte Fließquelle aus dem Spessart mit natürlicher Aufstauung durch Blöcke.*

Feinmaterial-geprägte Sickerquellen

- Neben den Fließquellen entspringen großflächig Sickerquellen im Buntsandstein.
- Das Sohlsubstrat besteht meist aus Feinmaterial. Je nach Schüttung können aber vereinzelt auch Grobmaterial-geprägte Quelltypen auftreten. Die *Feinmaterial-geprägten Sickerquellen* weisen meist schluffiges bis grusiges Sohlsubstrat auf und besitzen daher eine mittlere Substratdiversität.



◀ *Feinmaterial-geprägte Sickerquelle aus dem Spessart.*

Feinmaterial-geprägte Linearquellen

- Besonders häufig sind im Gebiet des Buntsandsteins *Feinmaterial-geprägte Linearquellen* anzutreffen.
- Der Austrittsort ist hier kein klar abgrenzbarer Punkt, sondern es kommt zu einem kontinuierlichen Austritt in der Tiefenlinie des Quellbaches aus oberflächennah engräumig vernetzten Klüften bzw. aus den Poren des verwitterten Sandsteins.
- Besonders im Buntsandstein liegen diese linearen Quellen in stark eingetieften Kerbtälern.

Ökologischer Zustand der Quellen

- In diesen hydrogeologischen Teilräumen sind Gebiete mit einer hohen Quelldichte vorhanden.
- In den großen Wäldern des Spessarts und der Rhön sind viele Quellen in einem relativ natürlichen Zustand.
- Bei den Offenlandquellen ist der Grad der Beeinträchtigungen – wie im übrigen Bayern – meist sehr viel größer als bei den Waldquellen. Einzelne intakte Quellen, meist Sickerquellen, sind im Bereich extensiv genutzter Flächen vorhanden..

6.2 Muschelkalk-Platten

Der hydrogeologische Teilraum *Muschelkalkplatten* umfasst große Teile der Grundwasserkörper *Unterer Main IVA1 IVB1* und *IVB2* sowie einen Teil von *Unterer Main IIIB1*.

Bei den Fließgewässertypen überwiegen im Gebiet die *feinmaterialreichen, karbonatischen Mittelgebirgsbäche*. Vereinzelt finden sich auch *grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche*.

Geologie und Hydrogeologie

Im ebenfalls im Nordwesten Bayerns gelegenen hydrogeologischen Teilraum *Muschelkalk-Platten* streichen, teilweise unter Überdeckung des Unteren Keupers, weitflächig Einheiten des Muschelkalks aus. Die *Muschelkalk-Platten* werden im Westen im Wesentlichen vom Teilraum *Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwalds* und im Osten vom *Keuper-Bergland* begrenzt.

Die Gesteine des Muschelkalks (und Unteren Keupers) stellen Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft- und Kluft-Karst-Grundwasserleiter) mit vorwiegend silikatisch-karbonatischem, karbonatischem und sulfatischem Gesteinschemismus sowie mäßiger bis geringer Durchlässigkeit dar.

Den Hauptgrundwasserleiter mit regionaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung stellen die oberen Partien des Mittleren Muschelkalks zusammen mit den mächtigen, gut geklüfteten Kalksteinen des Oberen Muschelkalks dar. Es sind bis zu drei Grundwasserstockwerke ausgebildet, die – jeweils durch Tonsteine voneinander getrennt – häufig gespannt sind. Unterer und Oberer Muschelkalk weisen einen karbonatischen, der Mittlere Muschelkalk aufgrund seiner Gipsführung einen vorwiegend sulfatischen Gesteinschemismus auf. Der Untere und Mittlere Muschelkalk ist teilweise verkarstet. Daneben neigt der dickbankige Quaderkalk, eine Sonderfazies des Oberen Muschelkalks, zur Verkarstung.

Die Einheiten werden vor allem im Süden großflächig durch Tone und Mergel des Unteren Keupers überdeckt, der meist Mächtigkeiten von unter 50 m aufweist. Im Unteren Keuper sind stellenweise Sandsteine eingeschaltet, in denen bereichsweise schwebende Grundwasserstockwerke ausgebildet sind. Daneben kann im flächig austreichenden, bis zu 5 m mächtigen Grenzdomit, der mäßige bis geringe Durchlässigkeiten und einen karbonatischen Gesteinschemismus aufweist, bei Grundwasserführung ein schwebendes Grundwasserstockwerk beobachtet werden.

Die quartären Kiese und Sande des Maintals bilden einen weiteren regional bedeutenden Grundwasserleiter (Porengrundwasserleiter) mit hoher Durchlässigkeit und silikatischem Gesteinschemismus

Quellentypen

Feinmaterial-geprägte Fließquellen

- Die im Unteren Keuper entspringenden Quellen sind meist *Feinmaterial-geprägte Fließquellen*.
- Sie liegen in der Regel am Hangfuß oder in Tallage.
- Oft besitzen sie einen direkten Anschluss an den Vorfluter, in dessen Uferzone der Quellbereich eingebettet ist, oder sie kommen einige Meter entfernt als Einzelquellen vor.



▲ ▲ *Feinmaterial-geprägte Fließquellen in den Muschelkalk-Platten.*

◀ *Feinmaterial-geprägte Linearquelle.*



Feinmaterial-geprägte Linearquellen

- Häufig sind auch *Feinmaterial-geprägte Linearquellen*, die im System mit den *Feinmaterial-geprägten Fließquellen* auftreten können.

Tümpelquellen

- Auch Tümpelquellen sind hier relativ häufig anzutreffen. Dabei handelt es sich meist um *organisch-geprägte* oder tiefgründige, *Grobmaterial-geprägte Tümpelquellen*. Ein Beispiel für letzteres sind die Eisenquellen, die aus den quartären Talfüllungen des Mains hervordrücken.



▲ *Organisch-geprägte Tümpelquelle*

Ökologischer Zustand der Quellen

- Das Gebiet der Muschelkalk-Platten zählt zu den bachärmsten Gebieten Bayerns, was ebenso für die Quellen gilt. Die wenigen hier entspringenden Quellen sind meist durch den Menschen verändert oder zerstört worden, so dass heute nur noch ein äußerst geringer Restbestand an Quellbiotopen besteht.
- Besonders die Quellen der Lößgebiete sind durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung stark beeinträchtigt. Die letzten wenigen naturnahen Quellbiotope finden sich in kleinen Feldgehölzen oder Bruchwäldern.

6.3 Keuper-Bergland

In den hydrogeologischen Teilraum *Keuper-Bergland* ragen kleine Teile der Grundwasserkörper *Unterer Main IVB2* und *IVB1* sowie große bis fast vollständige Teile der Grundwasserkörper *Oberer Main IA1*, *Regnitz IA1*, *IA2*, *IB1*, *IB2*, *Altmühl-Paar IA1* und *Iller-Lech IA1*.

Im Norden des Teilraums findet sich bei den Fließgewässern vor allem der Typ des feinmaterialreichen, karbonatischen Mittelgebirgsbaches, die Flüsse dort sind dem Typ der karbonatischen, fein- bis grobmaterialreichen Mittelgebirgsflüsse zuzuordnen (z.B. Rauhe Ebrach). Im Süden kommen fast ausschließlich feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche vor, entsprechend gehören die Flüsse (z.B. Aisch, Altmühl, Fränkische Rezat) dem Typ der silikatischen, fein- bis grobmaterialreichen Mittelgebirgsflüsse an.

Geologie und Hydrogeologie

Im Teilraum *Keuper-Bergland* treten weitflächig vor allem Gesteine des Mittleren und Oberen Keupers zu Tage. Das *Keuper-Bergland* grenzt im Westen an die *Muschelkalk-Platten*, im Osten und Süden an das *Albvorland* und im äußersten Nordosten an das *Bruchschollenland*. Durch das generelle Schichteinfallen nach Osten bzw. Südosten tauchen die Keuperschichten unter die Gesteine des Juras ab.

Der Keuper zeichnet sich durch einen ausgeprägten Wechsel von Grundwasser leitenden und gering leitenden Schichten aus. Den Hauptgrundwasserleiter stellt der Sandsteinkeuper des Mittleren Keupers dar. Es handelt sich um einen mäßig bis gut durchlässigen, mächtigen Kluft-Poren-Grundwasserleiterkomplex von regionaler Bedeutung, in dem sich Sandsteine mit Tonsteinen horizontal und vertikal verzahnen. Die Grundwasserverhältnisse sind wechselnd gespannt. Insgesamt werden die Einheiten des Keupers nach Norden hin toniger und damit geringer durchlässig.

Der vor allem im Westen des Teilraums aufgeschlossene Gipskeuper ist wenig wasserführend und aufgrund seiner hohen Sulfatkonzentrationen für die Trinkwasserversorgung nicht geeignet. Eine Ausnahme bildet der Benker-Sandstein im Raum Bayreuth-Nürnberg-Dinkelsbühl.

Die quartären Kiese und Sande des Main- und des Regnitztals stellen weitere regional bedeutende Grundwasserleiter mit hoher Durchlässigkeit dar (silikatischer Gesteinschemismus).

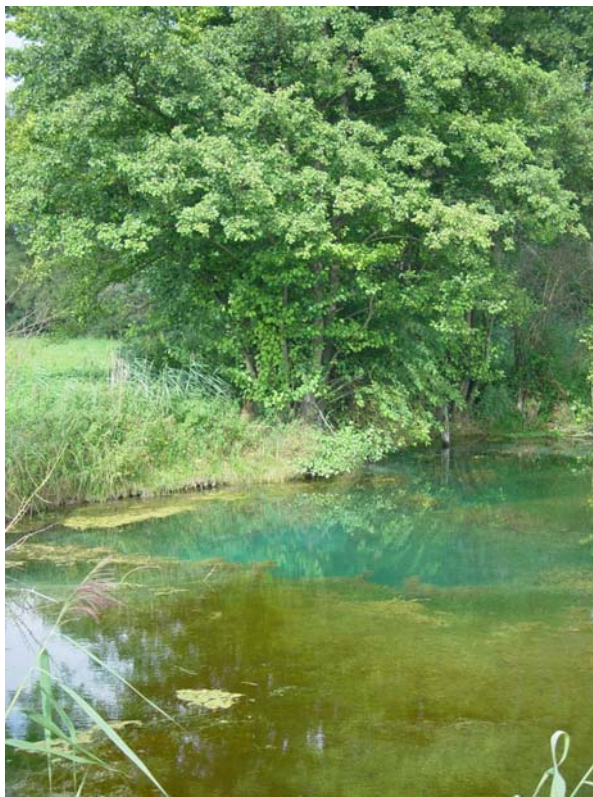
Grundwasserschützende Überdeckungen finden sich im Osten des Teilraums in den Feuerletten, im Westen treten vermehrt Löss auf. Der im Raum Nürnberg großflächig vorkommende Flugsand trägt durch seine hohe Durchlässigkeit und geringe Mächtigkeit kaum zum Grundwasserschutz bei.

Im Süden des *Keuper-Berglandes* dominieren feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche die Fließgewässerlandschaft. Aus den tonigeren Einheiten des Keupers im nördlichen Teil des Gebiets entspringen dagegen vor allem feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche.

Quelltypen

Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen

- Im Ausstrich des Gipskeupers entspringen vorwiegend in den Talauen *Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen*. Sie liegen meist in großen Quellsümpfen oder Feuchtwiesen.
- Aufgrund der geringen Geländeneigung ist die Abflussgeschwindigkeit langsam und die Abflussart laminar.



▲ *Feinmaterial-geprägte Fließquelle aus dem Keuper-Bergland.*

◀ *Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle.*

Feinmaterial-geprägte Fließquellen

- Besonders in Hanglagen vorkommende *Feinmaterial-geprägte Fließquellen* sind für diesen Raum von großer Bedeutung.
- Sie können einen punktförmigen Austrittsort aufweisen oder horizontal an einer Schichtgrenze verlaufen.
- Die anorganische Substratdiversität im Quellbereich ist in der Regel relativ gering, d.h. es finden sich hier überwiegend Sand und feiner Grus.

Feinmaterial-geprägte Sickerquellen

- Genau wie bei den *Feinmaterial-geprägten Fließquellen* ist auch bei den *Feinmaterial-geprägten Sickerquellen* die Substratdiversität gering und wird dominiert von Sand und feinem Grus.

Ökologischer Zustand der Quellen

- In der landwirtschaftlich geprägten Windsheimer Bucht sind fast 90 % aller Quellen anthropogen beeinflusst; auf der stärker bewaldeten Frankenhöhe dominieren hingegen intakte Waldquellen.
- Viele der Keuperquellen sind vegetationslos, jedoch kann das faunistische Artenspektrum in diesen vegetationslosen Quellen sehr breit sein, vorausgesetzt, die Substratdiversität ist entsprechend hoch und das Umfeld nicht beeinträchtigt.

6.4 Albvorland

Der hydrogeologische Teilraum *Albvorland* umschließt als schmaler Saum das *Keuper-Bergland* in südlicher und westlicher Richtung. Viele dort vorkommende Grundwasserkörper ragen deshalb auch in das *Albvorland* hinein, wie *Oberer Main IA1* und *IA2*, *Regnitz IA2*, *IB1*, *IB2*, *IIB1*, *Altmühl-Paar IA1* und *Iller-Lech IA1*. Zudem beinhaltet das Gebiet Teile der Grundwasserkörper *Regnitz IIA1* und *Altmühl-Paar IB1*.

Die Fließgewässerlandschaft wird meist von *grobmaterialreichen, karbonatischen Mittelgebirgsbächen* geprägt, im südwestlichsten und nördlichsten Teil dagegen vor allem von *feinmaterialreichen, karbonatischen Mittelgebirgsbächen*. Die Flüsse im Albvorland gehören teilweise zum Typ *Große Flüsse des Mittelgebirges* (Main, Pegnitz), teilweise zu *silikatischen, fein- bis grobmaterialreichen Mittelgebirgsflüssen* (Altmühl) oder zu den *karbonatischen, fein- bis grobmaterialreichen Mittelgebirgsflüssen* (Wiesent).

Geologie und Hydrogeologie

Der hydrogeologische Teilraum *Albvorland* ist durch das Ausstreichen von Lias- und Dogger-Einheiten in Nord-Bayern gekennzeichnet. Er zieht in einem relativ schmalen Streifen im Norden, Westen und Osten um die *Fränkische Alb* und grenzt im Westen an das *Keuper-Bergland* sowie im Osten an das *Bruchschollenland*. Die Lias- und Dogger-Einheiten tauchen in der Nördlichen Frankenalb unter die Malmtafel ab.

Im Dogger liegt das Hauptgrundwasserstockwerk im Eisensandstein des Dogger Beta, der als Kluft-Poren-Grundwasserleiter anzusprechen ist. Weiterhin zählen zu dem Grundwasserstockwerk die geringmächtigen Kalksandsteinbänke, Kalksteine und Mergelsteine des mittleren Doggers.

Der Hauptgrundwasserleiter weist eine mäßige bis geringe Durchlässigkeit und silikatisch-karbonatischen Gesteinschemismus auf. Er ist wasserwirtschaftlich von lokaler bis regionaler Bedeutung (häufig Quelfassungen).

Die Ton-, Mergel- und Sandsteine des Lias sind nur mäßig bis gering durchlässig und besitzen nur einige gering mächtige und daher wenig ergiebige Grundwasserleiter. Sie sind deshalb wasserwirtschaftlich nur von lokaler Bedeutung.

Als grundwasserschützende Deckschichten fungieren bereichsweise die jüngste Doggerschicht (Ornatenton) sowie ausstreichender Opalinuston des Dogger Alpha, im Raum Norden Bamberg und Süden Neumarkt auch eine Lössüberdeckung.

Die quartären Kiese und Sande der Flussablagerungen (z. B. Main, Altmühl) stellen weitere lokal bedeutende Grundwasserleiter mit hoher Durchlässigkeit dar (silikatisch-karbonatischer Gesteinschemismus).

Quelltypen

Feinmaterial-geprägte Fließquellen

- An den Klüften des Doggersandsteins entspringen in der Regel deutlich abgrenzbare *Feinmaterial-geprägte Fließquellen*.
- Das charakteristische mineralische Sohlsubstrat reicht von Grobsand bis Feinsand. Die Substratdiversität ist somit als gering anzusehen.



◀ Eisenockerausfällung in Feinmaterial-geprägter Fließquelle im Albvorland.

Feinmaterial- oder Grobmaterial-geprägte Sickerquellen

- Bei Austritten aus Hangrutschmassen kann es zur Ausbildung von großflächigen *Feinmaterial- oder Grobmaterial-geprägten Sickerquellen* kommen.

Ökologischer Zustand der Quellen

- Der ökologische Zustand der Quellen ist in diesem Teilraum äußerst schlecht, da die Tonböden als fruchtbares Land intensiv genutzt werden.
- Ähnlich der Situation im Gebiet der *Muschelkalk-Platten* ist auch hier die Mehrzahl der Quellen im Offenland durch Drainagen oder Verbauungen beeinträchtigt.

6.5 Fränkische Alb, Schwäbische Alb und Nördlinger Ries

Das Gebiet umfasst die Grundwasserkörper *Regnitz IIA1* und *IIB1*, *Naab-Regen IIA1* und *IIB1*, *Altmühl-Paar IB*, *IC1* und *IIA1* sowie *Iller-Lech IA1* und *IB1* ganz oder teilweise.

Die Fließgewässer in dem Gebiet sind vorwiegend dem Typus der *grobmaterialreichen, karbonatischen Mittelgebirgsbäche* zuzuordnen, daneben kommen gebietsweise auch *feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche* verstärkt vor. Bei den Flüssen finden sich vor allem *karbonatische, fein- bis grobmaterialreiche Mittelgebirgsflüsse* (Wiesent, Vils, Schwarze Laber) oder *Große Flüsse der Mittelgebirge* (Altmühl, Naab).

Geologie und Hydrogeologie

Fränkische Alb

Der hydrogeologische Teilraum *Fränkische Alb* weist eine sichelförmige Gestalt auf und zieht sich von Lichtenfels im Norden über Regensburg im Süden bis nach Treuchtlingen im Westen. Hier treten Malm-Einheiten in der bayerischen ton- und mergelärmeren Fazies zu Tage. Südlich der Donau tauchen die Gesteine des Malms unter die miozänen Molasseeinheiten ab; im Westen sind sie durch Ries-Trümmermassen überdeckt.

In der *Fränkischen Alb* stellen die geschichtet bis massig ausgebildeten Kalk- und Dolomitsteine des Malms einen großräumigen Kluft-Karst-Grundwasserleiter mit karbonatischem Gesteinschismus und unterschiedlicher Verkarstung dar. Daraus resultieren örtlich stark wechselnde, meist mittlere bis mäßige Durchlässigkeiten. Der Grundwasserleiter gliedert sich in den Tiefen Karst, eine Übergangszone und den Seichten Karst, wobei nur das Grundwasser im Tiefen Karst aufgrund der sehr hohen Ergiebigkeiten von regionaler bis überregionaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung ist.

Der Malmkarst wird bereichsweise von Kreideablagerungen sowie von quartären fluviatilen Lockergesteinen überlagert. Bei größerer Mächtigkeit stellt die Kreide einen silikatisch-karbonatischen Kluft-Poren-Grundwasserleiter mit mäßiger bis geringer Durchlässigkeit von lokaler bis regionaler (z. B. Vilsecker Mulde) Bedeutung dar. Sie ist jedoch bei geringeren Mächtigkeiten als

Deckschichten anzusehen. Die quartären Kiese und Sande der Flussablagerungen (z. B. Altmühl) stellen weitere lokal bedeutende Grundwasserleiter mit hoher Durchlässigkeit dar (karbonatischer Gesteinschemismus). Das Grundwasser ist hier in der Regel hydraulisch an das Malmkarst-Grundwasser angebunden.

Das örtlich mächtigere (mehrere Zehner Meter) Braunkohlentertiär (silikatisch-organischer Gesteinschemismus) im Osten am Rand zum Grundgebirge ist nicht weiter in Grundwasser leitende und stauende Einheiten differenzierbar. Das Braunkohlentertiär ist nur von geringer lokaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung.

Schwäbische Alb

Der Teilraum *Schwäbische Alb* liegt westlich des Nördlinger Rieses und setzt sich im Westen nach Baden-Württemberg fort. Hier stehen Malm-Einheiten in der schwäbischen stärker mergelig-tonigen Fazies an. Die Gesteine des Malms fallen nach Süden unter die Molasse ein.

Im diesem Teilraum weist der karbonatische Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft-Karst-Grundwasserleiter) des Malms aufgrund höherer Mergel- und Tongehalte geringere Durchlässigkeiten als in der *Fränkischen Alb* auf. Die Verkarstung ist generell geringer, daher erscheint die Durchlässigkeit weniger wechselhaft. Der Grundwasserleiter ist von überregionaler Bedeutung, jedoch ähnlich wie in der *Fränkischen Alb* sehr verschmutzungsempfindlich.

Nördlinger Ries

Der Teilraum *Nördlinger Ries* grenzt im Norden an den Süddeutschen Keuper und das *Albvorland*, im Osten und Westen an die *Fränkische* und *Schwäbische Alb*, im Süden an das Donautal und setzt sich im Westen ins benachbarte Baden-Württemberg fort.

Vor allem am Rand und im näheren Umfeld der Kraterstruktur des Rieskraters stehen impaktmetamorphe Festgesteine an, die sich als Festgesteins-Grundwasserleiter mit geringer bis äußerst geringer Durchlässigkeit und meist silikatischem Gesteinschemismus charakterisieren lassen. Vereinzelt enthalten Schollen aus Malmkalk schwebende Grundwasservorkommen, die teilweise durch Quellen genutzt werden. In der Kraterstruktur werden die impaktmetamorphen Festgesteine von tertiären bis quartären Riessee-Sedimenten (Seekalke, Konglomerate, Mergel und Tone) mit mittlerer bis sehr geringer Durchlässigkeit und silikatisch-karbonatischem Gesteinschemismus überlagert. Diese fungieren als Poren-Grundwasserleiter und weisen meist einen freien Grundwasserspiegel auf.

Die Seesedimente werden großflächig durch Lössablagerungen überdeckt, die zum Schutz der Grundwasservorkommen beitragen; jedoch sind die Flurabstände relativ gering.

Der gesamte Teilraum wird vom Talbereich der Wörnitz durchzogen, in dem quartäre, silikatisch-karbonatische Kiese und Sande einen Grundwasserleiter mit mittlerer Durchlässigkeit bilden.

Die Riesseesedimente und die Ries-Trümmermassen sind nur von geringer lokaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung. Die ergiebigsten Brunnen des Teilraums liegen in dessen Randbereich und erschließen dort das Grundwasser aus dem unterlagernden Malmkarst-Grundwasserstockwerk (siehe Teilraum *Fränkische Alb*).

Quellentypen

Quellkomplexe

- Durch den kalkreichen Chemismus des Grundwassers kommt es im Quellaustritt und im anschließenden Quellbach durch verschiedene abiotische Faktoren und auch durch den Entzug von Kohlendioxid durch assimilierende Algen und Moose zur Ausfällung von Calciumcarbonat. Dieses kalkige Ausfällungssubstrat kann als Kalktuff (biogene Kalkausfällung) oder als Sinter (abiogene Kalkausfällung) auftreten und ist fast immer substratbeherrschend.



▲ Sinterstruktur und Moosbesiedelung.

► Kalktuffbildung in Grobmaterial-geprägter Fließquelle.



- Das Spektrum dieser von Kalktuffbildung betroffenen Quellen kann von *Feinmaterial- und Grobmaterial-geprägten Fließquellen* bis zu *Feinmaterial- und Grobmaterial-geprägten Sickerquellen* reichen. Meist liegen Fließ- und Sickerquellbereiche in einem Quellkomplex vor.
- Am Austrittsort der *Fließquellen* findet aufgrund verschiedener Faktoren (Geländeneigung, Wassertemperatur) meist noch keine Kalkausfällung statt, diese erfolgt in der Regel erst einige Meter unterhalb des Austrittsortes. Häufig schließt sich unterhalb des Fließquellaustritts und um das Kalktuffsubstrat herum ein ausgedehnter Sickerquellbereich an.
- Die Kalktuffquelle muss jedoch nicht zwingend als *Fließquelle* entspringen. Häufig finden sich großflächige Sickerquellbereiche, die von Kalktuffsubstrat verschieden grober Ausprägung und von Moosen beherrscht werden.



- Aufgrund der Verkarstungssituation im Kalkgestein der Fränkischen Alb besteht eine enge Verbindung der Quellen untereinander. Neben stark schüttenden Quellen, die das Karstwassersystem entwässern, entspringen zahlreiche periodisch oder episodisch schüttende Quellen, im Volksmund auch Hungerbrunnen genannt.

◀ *Grobmaterial-geprägte Fließquelle (Lilachquelle).*



▲ *Riesenschachtelhalm-Eschenwald.*

◀ *Kalktuffbänke bei Berching.*

Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen

- Bevorzugt in Tallage können auch *Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen* vorkommen, die insbesondere entlang dem Altmühltal zu touristischen Sehenswürdigkeiten ausgebaut wurden. Diese Tümpelquellen können jahreszeitlich stark schwankend sehr hohe Schüttungsmengen erreichen und werden auch als Quelltöpfe bezeichnet.

Ökologischer Zustand der Quellen

- Kalktuffquellen mit Starknervmoos-Gesellschaften (Cratoneurion) sind prioritäre Lebensräume nach Anhang 1 der FFH (Fauna-Flora-Habitat) – Richtlinie. Für deren Erhaltung müssen be-

sondere Schutzgebiete ausgewiesen werden. Oftmals sind sie mit anderen FFH-Lebensraumtypen wie „Kalkreiche Niedermoore“ und „Auenwälder“ verzahnt.

- Daneben treten Kalktuff-Quellen auch zusammen mit – oft großflächigen – Riesenschachtelhalm-Eschenwäldern auf.
- Im Offenland können sich Flachmoorgesellschaften ausbilden, die bis in die Quellbereiche hineinreichen. Die floristische Ausstattung kann dabei sehr reich sein mit vielen gefährdeten und seltenen Arten.
- Die faunistische Besiedlung kann sehr unterschiedlich sein. Insbesondere in Quellen mit starker Sinterbildung findet sich nur eine spärliche Besiedlung, wohingegen in Feinmaterial-geprägten Sickerquellen oftmals eine reiche Makrozoobenthosausstattung (tierische Kleinlebewesen) zu finden ist.
- Aufgrund der starken Verkarstung des Kalksteins und der damit verbundenen geringen unterirdischen Verweildauer des Kluftgrundwassers unterliegt das Quellwasser stark den Einflüssen des Einzugsgebietes. Viele Quellen sind daher stark mit Düngemitteln und Pestiziden belastet.

6.6 Bruchschollenland i. e. S., Hahnbacher Sattel, Bodenwöhrer Bucht

Die drei genannten Teilräume enthalten Teile der Grundwasserkörper *Oberer Main IA1 und IB1* sowie *Naab-Regen IA1, IB1, IIA1 und IIIB1*.

In den jeweiligen Gebieten treten unterschiedliche Fließgewässertypen auf. Im nordwestlichen Teil des Bruchschollenlands i.e.S. finden sich v.a. feinmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche, westlich des Roten Mains auch grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche. Im nordöstlichen Teil dominieren dagegen feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche, wohingegen im südlichen Bereich im Einzugsgebiet der Heidenaab vorwiegend grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche vorkommen. Im Teilraum Hahnbacher Sattel prägen im westlichen Einzugsgebiet der Vils fein- bzw. grobmaterialreiche, karbonatische Mittelgebirgsbäche die Fließgewässerlandschaft, im östlichen Teil feinmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche. Die Vils selbst ist in diesem Bereich als karbonatischer, fein- bis grobmaterialreicher Mittelgebirgsfluss anzusprechen. Der Teilraum Bodenwöhrer Bucht ist von feinmaterialreichen, silikatischen Mittelgebirgsbächen geprägt, daneben auch von grobmaterialreichen, silikatischen Mittelgebirgsbächen. Die das Gebiet durchfließende Naab gehört zu den großen Flüssen der Mittelgebirge

Geologie und Hydrogeologie

Bruchschollenland i. e. S.

Der Teilraum *Bruchschollenland im eigentlichen Sinn* wird im Osten vom nordostbayerischen Grundgebirge und im Westen vom flächigen Ausstrich der Trias- bzw. Juravorkommen des Schichtstufenlands begrenzt. Er erstreckt sich in einem ca. 15 bis 25 km breiten von Südosten nach Nordwesten gerichteten Streifen zwischen Weiden und Coburg. Aufgrund der Bruchtektonik sind hier alle Einheiten des Teilraums vom Zechstein bis zum Keuper an der Oberfläche aufgeschlossen.

Entsprechend dem kleinräumigen bruchtektonischen Wechsel von Einheiten des Zechsteins bis Keupers werden in diesem Teilraum überwiegend Grundwasserleiter und -geringleiter mit Kluft-Durchlässigkeiten (teilweise Kluft-Poren und Kluft-Karst) und wechselndem Gesteinschemismus (silikatisch, silikatisch-karbonatisch, karbonatisch und sulfatisch) angetroffen.

Abhängig von der jeweiligen faziellen Ausbildung sowie der tektonischen Beanspruchung der Festgesteins-Einheiten treten auch kleinräumige Wechsel der Durchlässigkeiten von mäßig bis gering auf. Die verkarsteten karbonatischen Einheiten des Muschelkalks weisen dabei die höchsten Durchlässigkeiten auf (mäßig durchlässig). Die starke bruchtektonische Beanspruchung besonders zwischen Kulmbach und Bayreuth führt ebenfalls bereichsweise zu erhöhten Wasserwegsamkeiten in den Störungszonen. Nach Südosten ist allgemein ein Übergang zu sandigeren, besser durchlässigen Einheiten (Randfazies) festzustellen.

In den Flusstälern (v.a. Waldnaab und oberes Maintal) werden die mesozoischen Festgesteins-Einheiten von quartären, fluviatilen Lockergesteins-Grundwasserleitern (Poren-Grundwasserleiter) mit mittlerer bis geringer Durchlässigkeit und silikatischem Gesteinschemismus überlagert.

Im Nordwesten sind grundwasserschützende Deckschichten nur gering verbreitet (Hangschutt, Löss, Wanderschutt). Nach Südosten nimmt die Verbreitung von Deckschichten zu. Es treten zusätzlich Moore, Flugsande und grundwasserfreie Mittel- und Niederterrassen auf.

Insbesondere das Kreide-Grundwasserstockwerk der Parksteiner Mulde stellt einen zusammenhängenden, regional bis überregional bedeutsamen Grundwasserleiter dar.

Hahnbacher Sattel

Der Teilraum *Hahnbacher Sattel* stellt eine Sattelstruktur innerhalb der Malmtafel dar, in der Schichten des Keupers anstehen. Er wird ringsum durch einen schmalen Streifen Albvorland und nach Osten zum Teilraum *Bruchschollenland im eigentlichen Sinn* am Ausstrich des Gipskeupers begrenzt.

Die Keuper-Sedimente im *Hahnbacher Sattel* fungieren als mesozoische Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft-Grundwasserleiter) mit mäßigen bis geringen bzw. äußerst geringen Durchlässigkeiten und silikatischem bzw. silikatisch-karbonatischem Gesteinschemismus. In den Flusstälern werden diese von quartären fluviatilen Lockergesteinen mit mittlerer Durchlässigkeit überdeckt. Nennenswerte Deckschichten liegen im Gebiet nicht vor.

Der Teilraum wird durchzogen vom Vilstal mit quartären Nieder-Terrassenschottern, die einen überlagernden Lockergesteins-Poren-Grundwasserleiter mit mittlerer Durchlässigkeit bilden.

Die Grundwasservorkommen des Teilraums sind nur von geringer lokaler Bedeutung; am Rand des Teilraums finden sich einige wenige Quellfassungen.

Bodenwöhrer Bucht

In der *Bodenwöhrer Bucht* ist eine großräumige Muldenstruktur ausgebildet, in der hauptsächlich kretazische und triassische sowie in geringerem Umfang jurassische und permische Einheiten auftreten. Sie wird im Norden durch die Pfahlstörung sowie im Süden und Osten durch das Grundgebirge, dem sie randlich diskordant aufliegt, abgegrenzt. Im Westen erfolgte die Abgrenzung zum Teilraum *Fränkische Alb* durch die Fortsetzung der Keilbergstörung in nordwestlicher Richtung.

Hauptgrundwasserleiter (Kluft-Poren-Grundwasserleiter) im Gebiet sind mäßig bis gering leitende mürbe Sandsteine, Kalksandsteine und Sande der Kreide (silikatisch, nach Westen silikatisch-karbonatisch), die muldenförmig den jurassischen Einheiten auflagern. Das darunter liegende triassische Tiefengrundwasserstockwerk weist meist gespannte Grundwasserverhältnisse auf. Im Westen liegen rinnenförmige Reste von Braunkohlen-Tertiär (kleinräumiger Wechsel von braunkohleführenden Tonen mit Sanden und Kiesen) meist den triassischen Einheiten direkt auf (silikatisch-organischer Gesteinschemismus, mäßig bis gering leitend).

Im gesamten Teilraum sind Deckschichten nur teilweise in Form toniger Sande oder als Lehme vorhanden.

Das Kreidebecken hat als Hauptgrundwasserleiter eine große regionale bis überregionale wasserwirtschaftliche Bedeutung. Die quartären Kiese und Sande des Regen- und besonders des Naabtals sind weitere regional bedeutende Grundwasserleiter mit mittlerer Durchlässigkeit (silikatischer Gesteinschemismus).

Quelltypen

Quellkomplexe

- Entsprechend der geologischen Vielfalt dieses Gebietes ist auch das Spektrum der hier auftretenden Quelltypen recht groß. Größere Quellgebiete finden sich vorwiegend im Buntsandstein,

Sandsteinkeuper, Gipskeuper, Muschelkalk und in der Schwarzjura-Verebnung über Feuerlettenlinsen.

- Die strukturelle Ausstattung und die hier möglichen Quelltypen entsprechen aufgrund der geologischen Vielfalt den Quelltypen des *Spessarts*, des *Keuper-Berglandes*, der *Muschelkalk-Platten*, des *Albvorlandes* und des Großraums *Südostdeutsches Grundgebirge*. Schwerpunktmäßig sind dies *organisch-geprägte Fließ- und Sickerquellen*, wie sie auch im Kristallin des Südostdeutschen Grundgebirges häufig vorkommen sowie *Feinmaterial-geprägte Fließ- und Sickerquellen*, wie sie auch für die *Muschelkalk-Platten*, das *Keuper-Bergland* und das *Albvorland* typisch sind. *Grobmaterial-geprägte Fließ- und Linearquellen*, die als typische Vertreter der Buntsandsteingebiete anzusehen sind, finden sich auch in den Quellgesellschaften des Bruchschollenlandes.



▲ *Feinmaterial-geprägte Sickerquelle im Bruchschollenland.*

Ökologischer Zustand der Quellen

- Wie in den hydrogeologischen Teilräumen *Keuper-Bergland* (Kap. 6.2) und *Muschelkalk-Platten* (Kap. 6.3) sind hier zahlreiche Quellen durch landwirtschaftliche Meliorationsmaßnahmen aus der Landschaft verschwunden.
- Auch Teichbaumaßnahmen zählen zu den häufigen Ursachen für den Verlust von Quelllebensräumen.

6.7 Teilräume des Südostdeutschen Grundgebirges

Das Gebiet beinhaltet bedeutende oder fast vollständige Teile der Grundwasserkörper *Oberer Main IB1, Elbe IA1 und IB1, Naab-Regen IA1, IB1, IB2, IIIA1, IIIB1 und IIIC1, Isar IB1* sowie *Inn IA1* und *IIA1*.

Der Großraum *Südostdeutsches Grundgebirge* weist fast ausschließlich *grobmaterialreiche, silikatische Mittelgebirgsbäche* auf. Die Flüsse im Gebiet gehören dem Typus der *silikatischen, fein- bis grobmaterialreichen Mittelgebirgsflüsse* an.

Geologie und Hydrogeologie

Antiklinalbereiche des thüringischen Schiefergebirges

Der hydrogeologische Teilraum *Antiklinalbereiche des thüringischen Schiefergebirges* stellt die randliche Fortsetzung eines vor allem in Thüringen vorkommenden Teilraums auf bayerisches Gebiet dar. Er ist gekennzeichnet durch eine Sattelstruktur, in der ältere paläozoische Gesteins-einheiten (Ordoviz bis Devon) zutage treten.

Die paläozoischen Gesteine sind als Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft-Grundwasserleiter) mit überwiegend geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit und silikatischem (teilweise silikatisch-karbonatischem) Gesteinschemismus anzusprechen.

In Bayern unterscheidet sich dieser Teilraum hydrogeologisch nicht vom Teilraum *Ostthüringischer-fränkischer-vogtländischer Synklinalbereich* (siehe nächster Abschnitt).

Ostthüringischer-fränkischer-vogtländischer Synklinalbereich

Der hydrogeologische Teilraum *Ostthüringischer-fränkischer-vogtländischer Synklinalbereich* umfasst eine Muldenstruktur des Fränkischen Schiefergebirges mit jüngeren paläozoischen Einheiten (Devon bis Karbon). Er grenzt im Südwesten an das Bruchschollenland und umschließt vollständig die Münchberger Gneismasse.

Das Gebiet ist aus gering bis sehr gering durchlässigen sedimentären Einheiten (Grauwacken, Konglomerate, Tonschiefer) sowie gering durchlässigen Diabasen aufgebaut. Letztere besitzen aufgrund eines erhöhten sekundären Karbonatanteils einen silikatisch-karbonatischen gegenüber ansonsten silikatischem Gesteinschemismus. Vereinzelt treten zwischen den Metasedimenten karbonatische Einheiten (Kalksteine) mit geringer Durchlässigkeit auf.

Die genannten Einheiten fungieren als Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft-Grundwasserleiter). Die Grundwasseroberfläche ist in der Regel ungespannt. Die Grundwasserführung ist vor allem von den lokalen Kluftverhältnissen abhängig, wobei die Diabase insgesamt eine etwas stärkere Grundwasserführung als die sonstigen Einheiten des Teilraums aufweisen.

Im Teilraum liegen keine mächtigeren bindigen Deckschichten vor, er ist wasserwirtschaftlich nur von lokaler Bedeutung.

Münchberger Gneismasse

Im Teilraum *Münchberger Gneismasse* stehen höher bis hoch metamorphe paläozoische Einheiten an, die schwach metamorphem Paläozoikum als tektonische Deckeneinheit auflagern. Dieser Teilraum wird vollständig vom *Ostthüringisch-fränkisch-vogtländischen Synklinalbereich* umgrenzt.

Die *Münchberger Gneismasse* weist dem übrigen höher metamorphen Grundgebirge vergleichbare hydrogeologische Eigenschaften auf, nämlich generell geringe bis äußerst geringe Durchlässigkeiten und geringe Grundwasserführung. Bei den Gesteinen handelt es sich vorwiegend um frühpaläozoische Amphibolite, Gneise und Phyllite mit silikatischem Gesteinschemismus. Das Grundwasser bewegt sich hauptsächlich in Klüften (Kluft-Grundwasserleiter), die mit der Tiefe hin abnehmen. In unterschiedlicher Mächtigkeit sind örtlich oberflächennahe Verwitterungsdecken ausgebildet, die als Lockergesteins-Poren-Grundwasserleiter anzusprechen sind und gegenüber dem unverwitterten Festgestein eine erhöhte Durchlässigkeit aufweisen können. Die Grundwasserführung ist somit vor allem von den lokalen Kluftverhältnissen abhängig. Die Grundwasseroberfläche ist meist ungespannt.

Deckschichten treten nur lokal und geringmächtig auf. Aufgrund der geringen Wasserwegsamkeit und der wechselnden Kluftsituation sind die vorhandenen Grundwasservorkommen wasserwirtschaftlich nur von lokaler Bedeutung.

Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum

Der hydrogeologische Teilraum *Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum* liegt zwischen dem schwach metamorphen Frankenwald und den höher metamorphen bzw. magmatischen Gesteinen des Oberpfälzer Walds; im Südwesten grenzt er an das Bruchschollenland. In diesem Teilraum treten metamorphe paläozoische Sedimente zu Tage, die mit präkambrischen Gneisen und paläozoischen Graniten durchsetzt sind.

Die Granite des Karbons und Perms sowie die paläozoischen Metasedimente (vorwiegend Phyllite und Schiefer) weisen silikatischen Gesteinschemismus sowie eine geringe bis äußerst geringe Durchlässigkeit auf. Das Grundwasser bewegt sich in diesen Festgesteinen hauptsächlich in Klüften (Kluft-Grundwasserleiter), deren Anteil am Gesteinshohlraum mit der Tiefe hin abnimmt. Das Grundwasser ist meist ungespannt.

In unterschiedlicher Mächtigkeit bilden vor allem die Granite örtlich Verwitterungsdecken, die dann Wasser als Lockergesteins-Poren-Grundwasserleiter führen können. Der Wunsiedler Mar-

morzug stellt eine aufgrund von Verkarstung primär höher durchlässige Einheit mit karbonatischem Gesteinschemismus dar.

Da die Rückhaltefähigkeit insbesondere der kristallinen Gesteine gegenüber Schadstoffen sehr gering ist und mächtigere Deckschichten fehlen, sind die Grundwasservorkommen sehr empfindlich gegenüber Schadstoffeinträgen.

Die Grundwasserführung ist nur von lokaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung, abgesehen vom Wunsiedler Marmorzug, der wegen der höheren Ergiebigkeit und Durchlässigkeit von regionaler Bedeutung ist.

Fichtelgebirgs-Tertiär

Der Teilraum *Fichtelgebirgs-Tertiär* liegt an der Grenze zum Fichtelgebirgs-Erzgebirgs-Paläozoikum und zum *Oberpfälzer-Bayerischen Wald*. Es handelt sich dabei um inselartige Vorkommen von sedimentärem und vulkanogenem Tertiär, die mit den paläozoischen Gesteinen verzahnen bzw. diese überlagern oder durchschlagen. Strukturell gehört dieses Gebiet zur westlichen Fortsetzung des Egergrabens.

Die tertiären fluviatilen und limnischen Lockergesteine (Tone, Sande, z.T. Braunkohle-führend) lassen sich als Poren-Grundwasserleiter mit mäßiger bis geringer Durchlässigkeit und silikatischem sowie silikatisch-organischem Gesteinschemismus ansprechen. Daneben treten vulkanogene Festgesteine (Basalte) als Kluft-Grundwasserleiter mit geringer Durchlässigkeit und silikatischem Gesteinschemismus auf, die von äußerst gering durchlässigen Verwitterungsdecken und Tuffiten überdeckt werden.

Ein großräumiger Grundwasserstockwerksbau ist nicht ausgebildet, lokal können aber schwelbende Grundwasservorkommen auftreten. Der Teilraum *Fichtelgebirgs-Tertiär* ist wasserwirtschaftlich nur von geringer lokaler Bedeutung (vorwiegend Quelfassungen).

Oberpfälzer-Bayerischer Wald

Der vorwiegend aus Graniten und Gneisen aufgebaute hydrogeologische Teilraum *Oberpfälzer-Bayerischer Wald* entspricht in seiner Abgrenzung dem gleichnamigen hydrogeologischen Raum. Er ist tektonisch nach Westen gegen das Bruchschollen- und das Schichtstufenland sowie im Süden gegen das Molassebecken abgegrenzt. Im Osten findet er seine Fortsetzung nach Tschechien, im äußersten Südosten nach Österreich.

Die präkambrischen bis paläozoischen Kristallingesteine (vorwiegend Gneise und Granite) des *Oberpfälzer-Bayerischen Walds* weisen eine geringe bis äußerst geringe Durchlässigkeit und einen silikatischen Gesteinschemismus auf. Grundwasser findet sich vorwiegend in Dehnungsklüften (Kluft-Grundwasserleiter), deren Anteil am Gesteinshohlraum zur Tiefe hin abnimmt. Mäßige

bis mittlere Durchlässigkeiten finden sich nur im Pfahlquarz aufgrund der dort herrschenden spröden Zerklüftung. In unterschiedlicher Mächtigkeit sind auf den Graniten und Gneisen örtlich Verwitterungsdecken ausgebildet, die dann Grundwasser als Lockergesteins-Poren-Grundwasserleiter führen können. Lokal wird das Grundgebirge von quartären fluviatilen Kiesen und Sanden (Poren-Grundwasserleiter) mit mittlerer bis geringer Durchlässigkeit (hauptsächlich in den Tälern von Naab und Regen) sowie an seinem S-Rand von Resten an Kohle führendem Braunkohlentertiär überlagert.

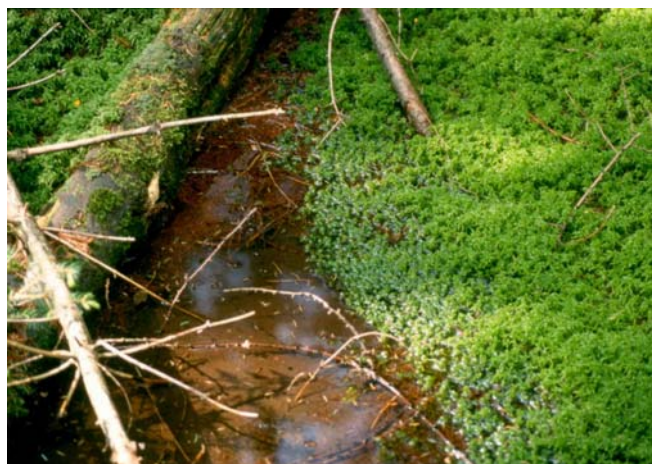
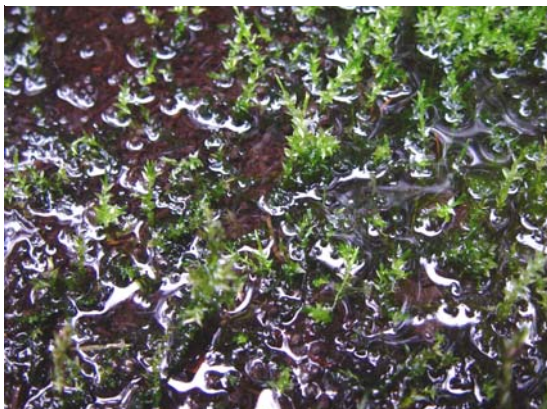
Deckschichten (z.B. Fließerden) sind meist nur geringmächtig ausgebildet. Die Grundwasservorkommen sind in der Regel nur von lokaler, bei einigen wenigen Grundwasservorkommen auch von regionaler Bedeutung.

Quellentypen



◀ Organisch-geprägte Sickerquelle.

▼ Organisch-geprägte Sickerquelle, Struktur.



▲ Organisch-geprägte Fließquelle.

Feinmaterial-geprägte Fließquellen

- Die Substratdiversität der hier vorhandenen *Feinmaterial-geprägten Fließquellen* ist mittel bis



▲ Struktur einer *Feinmaterial-geprägten Fließquelle* aus dem Oberpfälzer-Bayerischen Wald.

groß, da das Ausgangsgestein schwer verwitterbar ist und somit im Quellbereich sämtliche Zersatzprodukte anzutreffen sind. Sie können von Feinsand bis Grobgrus reichen.

- *Grobmaterial-geprägte* Quellen sind im Gebiet eher selten, speziell im Bayerischen Wald kommen jedoch Quellen mit gröberen Substraten vor, die denen der alpinen Quellen ähnlich sind. Die Bäche hingegen gehören überwiegend dem grobmaterialreichen Typus an.

Organisch-geprägte Fließquellen und organisch-geprägte Sickerquellen

- Häufig sind auch *organisch-geprägte Fließquellen* und *organisch-geprägte Sickerquellen*, da es hier klimatisch bedingt besonders in den Hochlagen zu einer beträchtlichen Anreicherung der Humussubstanz kommt. Das fördert die Vermoorung der Quellbereiche und den dystrophen (huminstoffreichen) Chemismus des Quellwassers, der meist mit Nährstoffarmut gekoppelt ist.

Übergangsformen der Fließquelle zur Feinmaterial-geprägten Tümpelquelle

- Tümpelquellen sind in diesem Raum von untergeordneter Bedeutung. Sie sind hier mehr als Übergangsform von der Fließquelle zur *Feinmaterial-geprägten Tümpelquelle* ausgebildet.
- Die Substratdiversität im Quellbereich ist relativ gering, da aufgrund der geringen Fließgeschwindigkeit v.a. die Korngrößenfraktionen Schluff bis Sand angereichert werden.

Ökologischer Zustand der Quellen

- In den großen Waldflächen des Südostdeutschen Grundgebirges kommt noch eine Vielzahl intakter Quellbiotope vor.
- Charakteristisch ist das Auftreten von Quellkomplexen, in denen neben zahlreichen Fließquellen größere Sickerquellbereiche mit einer reichen Quellmoorvegetation ausgebildet sein können, oder es liegen Quellsysteme von vielen gleichartigen Quellen vor, die ein verästeltes System bilden.
- Insgesamt ist das Gebiet sehr quellreich, die Zahl an ungestörten (Wald-) Quellen ist noch sehr hoch. In machen Bereichen ist die Trinkwasserentnahme für einen Rückgang von Quellbiotopen mitverantwortlich.



▲ Übergangsform einer Feinmaterial-geprägten Fließquelle zur Tümpelquelle.

▼ Quellmoor bei Freyung.



6.8 Tertiär-Hügelland

Der hydrogeologische Teilraum *Tertiär-Hügelland* umfasst bedeutende Teile der Grundwasserkörper *Naab-Regen IIIA1*, *Altmühl-Paar IIA1*, *IIA2* und *IIB1*, *Isar IA1*, *IC1* und *IIA1* sowie *Inn IIA1*, *IIB1* und *IIIA1*.

Die Fließgewässer im Teilraum *Tertiär-Hügelland* sind überwiegend dem Typus *Fließgewässer des Alpenvorlandes* mit den Subtypen *Bäche des Alpenvorlandes* und *Flüsse des Alpenvorlandes* zuzuordnen. Die Unterläufe von Inn und Isar gehören zu den *Großen Flüssen des Alpenvorlandes*. Vereinzelt sind auch *organisch geprägte Bäche* vertreten.

Geologie und Hydrogeologie

Der Teilraum *Tertiär-Hügelland* umfasst den mittleren und östlichen Bereich des süddeutschen Molassebeckens, dem im Gegensatz zu den Iller-Lech-Schotterplatten die quartären Schotter in den Hochlagen fehlen. Er grenzt im Norden an die Malmtafel, im Nordosten an das Grundgebirge des Bayerischen Walds, im Westen an die *Iller-Lech-Schotterplatten* und im Süden an das Süddeutsche Moränenland. Das *Tertiär-Hügelland* setzt sich jenseits des Inns bzw. der Salzach nach Österreich fort.

Im *Tertiär-Hügelland* überlagert die Molasse zumeist die nach Süden abtauchende Malmtafel und weist somit von Norden nach Süden zunehmende Mächtigkeiten von mehreren Zehner bis zu mehreren Tausend Metern auf. Bei den Ablagerungen der Molasse sind Grundwasser leitende (Sande und Kiese) und gering leitende (Schluffe, Tone und Mergel) Schichten aus tertiären fluvialen, limnischen, brackischen und marinen Lockergesteinen (Poren-Grundwasserleiter) mit mäßiger bis sehr geringer Durchlässigkeit horizontal und lateral relativ kleinräumig verzahnt.

Den obersten Grundwasserleiter im Gebiet bilden meist die bis zu 200 m mächtigen silikatisch-karbonatischen Einheiten der Oberen Süßwassermolasse (OSM). Das Grundwasser in der OSM ist meist gespannt, in der bereichsweise auflagernden Hangendserie sind häufig auch kleinere schwebende Grundwasservorkommen geringer Ergiebigkeit ausgebildet. Nach Osten zu sind tiefere Einheiten der Molasse aufgeschlossen, die hier den obersten Grundwasserleiter bilden und eine geringe Durchlässigkeit aufweisen.

In den Hochlagen ist bereichsweise eine Bedeckung durch Löss und Lösslehm anzutreffen.

Während die Grundwasservorkommen in der OSM von regionaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung sind, werden die Grundwasservorkommen der Hangendserie häufig von privaten Einzelversorgern genutzt.

Quellentypen

Quellkomplexe aus *Sicker-* und *Linearquellen*

- Die überwiegende Anzahl der Quellen im *Tertiär-Hügelland* besitzt Sickerquellcharakter.
- Die Quellen befinden sich meist in Tallage oder am Hangfuß. Im Umkreis der Quellen haben sich oft Quellbruchwälder entwickelt. In diesen können Quellkomplexe aus Sickerquellen und Linearquellen ausgebildet sein. Deren Abfluss erfolgt über ein verästeltetes Netz von Linearquellen, die den Sumpf durchziehen.
- Das den Quellbereich beherrschende anorganische Substrat besteht größtenteils aus Ton, Schluff und feinem Kies. Erst im weiteren Quellbachverlauf nimmt der Anteil der gröberen Kiesfraktion und der abgerundeten Steine aus der Oberen Süßwassermolasse zu.

Feinmaterial- oder *Grobmaterial-geprägte Sicker-* und *Fließquellen*

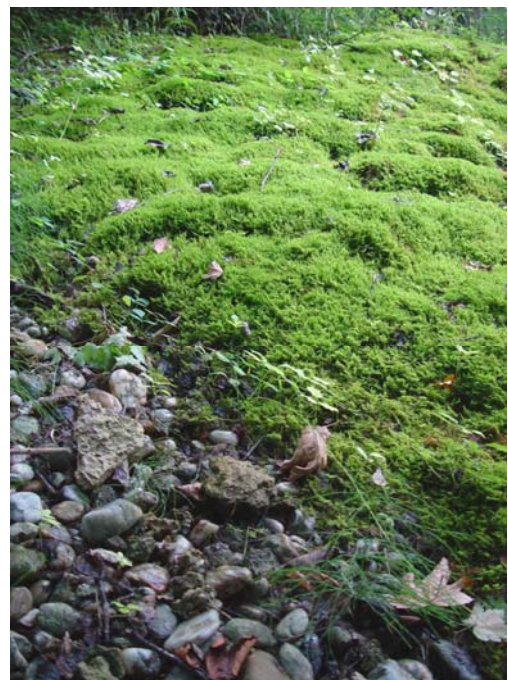
- Auch in den Hanglagen der großen Flusstäler von Donau, Inn, Isar und Lech treten aus den Schichten der tertiären Molasse zahlreiche *Feinmaterial-* oder *Grobmaterial-geprägte Sicker-* und vereinzelt auch *Fließquellen* aus. Diese fließen aufgrund des größeren Gefälles schneller ab, wobei es zur Bildung von Sinter- oder Kalktuff kommen kann.
- In flacheren Lagen können auch *organisch-geprägte Sickerquellen* auftreten, in denen ebenfalls Sinter oder Kalktuff eingebettet sein kann (Beschreibung siehe *Fränkische Alb*).

Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen

- *Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen* entspringen meist am Hangfuß, d.h. im Fluvioglazialen Schottergebiet unterhalb des Anstieges zum *Tertiär-Hügelland*.

► *Grobmaterial-geprägte Sickerquelle im Tertiär-Hügelland mit Kalktuff-Bildung.*

▼ *Feinmaterial-geprägte Fließquelle im Tertiär-Hügelland.*



Ökologischer Zustand der Quellen

- Das *Tertiär-Hügelland* ist stark landwirtschaftlich geprägt.
- Die meisten Quellen entspringen in steileren Hanglagen oder am Hangfuß. Diese Bereiche sind meist von der Nutzung ausgenommen bzw. mit Wald bestanden. Entlang dem Hangfuß können mehrere Kilometer lange Quellkomplexe ausgebildet sein, so dass hier – lokal eng begrenzt – trotz der intensiven Nutzung hohe Quelldichten auftreten.
- Quellen im landwirtschaftlich intensiv genutzten Offenland sind hingegen meist durch Drainagen zerstört worden. Hier finden sich deshalb weitgehend keine intakten Quellbiotope mehr.



▲ Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle im Tertiär-Hügelland.

◀ Quellbruchwald im Tertiär-Hügelland.

6.9 Fluvioglaziale Schotter

Der obengenannte Teilraum umfasst jeweils kleinere Teilbereiche der Grundwasserkörper *Naab-Regen IIIA1*, *Iller-Lech IB1*, *IIA1*, *IIB1* und *IIB2*, *Altmühl-Paar IIA1*, *Isar IB1*, *IC1*, *IIA1* und *IIB1* sowie *Inn IIA1*, *IIB1* und *IIIA2*.

In den *Fluvioglazialen Schottern* liegen die *Großen Flüsse des Alpenvorlandes* Lech, Isar und Inn. Sie werden begleitet von dem Typ *Fließgewässer des Alpenvorlandes* mit den Subtypen *Bäche des Alpenvorlandes* und *Kleine Flüsse des Alpenvorlandes*. In den Mündungsgebieten sind gehäuft *organisch geprägte Bäche* zu finden.

Geologie und Hydrogeologie

Der Teilraum *Fluvioglaziale Schotter* enthält die quartären Schotterkörper in den Flusstälern von Iller, Mindel, Wertach, Lech, Donau, Isar, Inn und Salzach. Es werden nur großflächige Vorkommen betrachtet. Die Münchner Schotterebene wird den Isartalschottern zugeordnet.

Die quartären fluvioglazialen Talschotter (Kiese und Sande) zählen zu den am besten durchlässigen (überwiegend sehr hohe bis hohe Durchlässigkeiten) hydrogeologischen Einheiten in Bayern und stellen sehr ergiebige Grundwasserleiter (Poren-Grundwasserleiter) dar. Hauptliefergebiet der vorwiegend karbonatischen Sedimente sind die Nördlichen Kalkalpen im Süden. Die Mächtigkeiten können stark schwanken; in der Regel liegen sie im Zehner Meterbereich. Häufig werden sie von Mooren, Schwemmfächern und Kalktuffen überdeckt. Die unterlagernde Molasse enthält weitere, meist gespannte Grundwasserstockwerke.

Mächtiger Deckschichten fehlen im Gebiet, die Flurabstände der Grundwasservorkommen sind meist gering.

Die fluvioglazialen Schotter sind aufgrund ihrer Ergiebigkeit wasserwirtschaftlich intensiv genutzt, bedeutende Grundwasserleiter von regionaler bis überregionaler Bedeutung.

Quelltypen

Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen



- Die überwiegende Anzahl der Quellen im Gebiet der *Fluvioglazialen Schotter* ist vom Typ der Tümpelquellen. Diese entspringen meist in der Talaue oder entlang einem Hanganschnitt am Hangfuß und werden zu einem großen Teil aus Uferfiltrat gespeist.

◀ *Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle in den Fluvioglazialen Schottern.*

- Das Wasser fließt aufgrund der geringen Geländeneigung nur sehr langsam und nur mit unscheinbarem laminarem Strömungsverhalten ab. Vielfach können größere Stillwasserbereiche

ausgebildet sein. Da das Material im Untergrund relativ weich ist, kommt es durch Erosion im Quellbereich zur Ausbildung einer meist langgestreckten beckenartigen Vertiefung, in der sich das Wasser sammelt.

- Das Sohlsubstrat wird von Schluff und Sand dominiert, weshalb diese Quellen als *Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen* angesprochen werden müssen. Sie werden häufig auch als „Gießen“ bezeichnet.
- Oft befinden sich diese Tümpelquellen in Auwäldern, umgeben von größeren Sickerquellbereichen.

Ökologischer Zustand der Quellen

- Die Quelledichte ist im Gebiet relativ gering.
- Die meisten Quellen sind darüber hinaus durch menschlichen Einfluss verändert worden. Bei den wenigen Restbeständen handelt es sich um Quellen, die randlich zur genutzten Feldflur liegen, analog zur Situation im Tertiärhügelland. Dazu kommen Quellen entlang von Flussleiten, die eine größere flächige Ausdehnung entlang dem Hangfuß aufweisen können, oder in Tallage im Komplex mit Auwaldgesellschaften bzw. Sickerquellbereichen.



▲ *Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle mit randlichem Sickerquellbereich.*

6.10 Iller-Lech-Schotterplatten

Die *Iller-Lech-Schotterplatten* werden vor allem von den Grundwasserkörpern *Iller-Lech IC1*, *IIA1*, *IIB1* und *IIB2I* abgedeckt, daneben ragt der Grundwasserkörper *Altmühl-Paar IIA2* hinein.

Die Fließgewässerlandschaft der *Iller-Lech-Schotterplatten* ist wie die der beiden letztgenannten Teilräume vom Fließgewässertyp *Fließgewässer des Alpenvorlandes* mit den Subtypen *Bäche des Alpenvorlandes* und *Kleine Flüsse des Alpenvorlandes* geprägt. Örtlich kommen auch *organisch geprägte Bäche* vor.

Geologie und Hydrogeologie

Der Teilraum *Iller-Lech-Schotterplatten* umfasst den westlichen Bereich des süddeutschen Molassebeckens, der durch das Auftreten häufig grundwasserfreier Schotter bis in die Hochlagen gekennzeichnet ist. Er grenzt im Norden an die Malmtafel, im Osten an das Tertiär-Hügelland und im Süden sowie im Westen an das Süddeutsche Moränenland.

Im Bereich der *Iller-Lech-Schotterplatten* bestehen ähnliche hydrogeologische Verhältnisse wie im *Tertiär-Hügelland* (siehe Kap. 6.8).

Im Unterschied zum *Tertiär-Hügelland* finden sich in diesem Teilraum auf den Einheiten der Molasse in den Hochlagen quartäre karbonatische Restschotter (Poren-Grundwasserleiter), die nach Süden zunehmend wasserführend sind. Die Schotter sind großflächig von Löss und Lösslehm bedeckt.

Das oberste zusammenhängende Hauptgrundwasserstockwerk der Oberen Süßwassermolasse (OSM) ist aufgrund der relativ hohen Mächtigkeiten der Einheiten wasserwirtschaftlich von regionaler Bedeutung. Die Grundwasservorkommen der Hangendserie werden häufig von privaten Einzelversorgern genutzt. Die nach Süden teilweise bedeutenderen Grundwasservorkommen der Quartärschotter sind zwar durch geringe Flurabstände und fehlende bzw. geringmächtige Deckschichten geringer geschützt; hier bestehen aber wegen der im Süden hohen Grundwasserneubildungsrate selten Probleme mit der Grundwasserqualität (Verdünnungseffekt).

Quelltypen

Feinmaterial-geprägte Sickerquellen

- Die im Teilraum der *Iller-Lech-Schotterplatten* austretenden Quellen gehören überwiegend dem Typ der *Feinmaterial-geprägten Sickerquellen* an. Diese entspringen oft in großen Quellmulden mit verästelten Abflussrinnen in Kopflage des Quellbaches.
- Die in Hanglage befindlichen Quellbereiche verlaufen meist hangparallel als großflächige Versumpfungen mit einzelnen kleinen Entwässerungsrinnen. Der Sickerquellbereich kann aber auch bis hinab zur Talsohle reichen und besitzt dann eine direkte Anbindung an den Quellbach (Vorfluter). Ihre Substratdiversität ist groß und ihr Korngrößenspektrum reicht von Ton und Schluff bis zu Sand mit beigemischtem Kies verschiedener Größenordnung.



◀ *Feinmaterial-geprägte Sickerquelle in einer Quellmulde.*



▲ *Feinmaterial-geprägte Linearquelle in den Iller-Lech-Schotterplatten.*

Feinmaterial-geprägte Linearquellen

- In Hanglagen können häufig *Linearquellen* angetroffen werden. Deren mineralisches Sohlsubstrat ist ebenfalls *Feinmaterial*-geprägt.

Feinmaterial-geprägte Fließquellen

- Feinmaterial-geprägte Fließquellen treten in stärker geneigten Hanglagen zu Tage. Diese besitzen einheitlichere, meist sandige Sohlsubstrate. Die Abflussart ist strömend bis schießend.

Organisch-geprägte Sickerquellen

- In Tallage und am Unterhang entspringen vorwiegend organisch geprägte Sickerquellen. Die geringe Geländeneigung und der stauende Untergrund führen zur Anreicherung von organischem Material, wie Falllaub, Totholz und Detritus. Häufig

sind im Abfluss Stillwasserzonen ausgebildet, in denen der dystrophe (huminstoffreiche) Chemismus des Quellwassers augenscheinlich wird.



◀ Organisch-geprägte Fließquelle im Naturpark „Augsburg Westliche Wälder“.

Grobmaterial-geprägte Linearquellen

- Grobmaterialquellen (Steine, Blöcke dominieren) kommen nur vereinzelt als *Grobmaterial-geprägte Linearquellen* vor, in denen die Kiese der Oberen Süßwassermolasse oder Nagelfluh-Schotterkörper dominieren.

Ökologischer Zustand der Quellen

- Die meisten naturnahen Quellen entspringen im Wald am Unterhang bzw. an der geologischen Schichtgrenze von Oberer Süßwassermolasse zu den quartären Schottern. Häufig sind hier Quellkomplexe aus *organisch-geprägten Sickerquellen* und *Feinmaterial-geprägten Fließquellen* ausgebildet.
- Auftretende Tümpelquellen und Stillwasserzonen in Sickerquellen sind in vielen Fällen anthropogenen Ursprungs, d.h. durch Abgrabung oder Aufstau entstanden.
- Sickerquellen sind oft durch die Anlage von Entwässerungsgräben beeinträchtigt.
- Im Offenland sind nur selten naturnahe Quellen zu finden.

6.11 Süddeutsches Moränenland

Das Süddeutsche Moränenland umfasst Teile der Grundwasserkörper *Bodensee A1, Iller-Lech IC1, IIB1 und IIB2, Isar IIA1, IIB1, IIIA1 und IIIB1* sowie *Inn IIIA1, IIIB1, IIIC1 IIIA2 und IVA1*.

Die Fließgewässer im Süddeutschen Moränenland sind vorwiegend als *Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes* anzusprechen. Vereinzelt kommen auch *Fließgewässer des Alpen-*

vorlandes, Fließgewässer der Alpen sowie organisch geprägte Bäche vor. Die Flüsse Lech, Inn und Salzach gehören im Teilraum bereits dem Typus *Große Flüsse des Alpenvorlandes* an.

Geologie und Hydrogeologie

Der Teilraum *Süddeutsches Moränenland* umfasst im Wesentlichen das Verbreitungsgebiet der quartären glazialen Ablagerungen (vielfach Moränensedimente) am Nordrand der Alpen. Im Norden ist der Teilraum durch (End-)Moränenwälle abgegrenzt, nach Süden durch die meist von glazialen und fluvioglazialen Ablagerungen überdeckte tektonische Grenze zur *Faltenmolasse*.

Das *Süddeutsche Moränenland* ist gekennzeichnet durch einen kleinräumigen Wechsel von quartären, hoch bis mittel durchlässigen, fluviatilen Kiesen und Sanden, mäßig bis gering durchlässigen Moränenablagerungen und sehr gering durchlässigen Seeablagerungen, die sich horizontal wie vertikal verzahnen. Dadurch kommen z. T. mehrere übereinander liegende Grundwasserstockwerke (Poren-Grundwasserleiter) mit bereichsweise gespannten Verhältnissen vor. Den obersten Grundwasserleiter in den quartären glazialen Lockergesteinen stellen häufig die fluvioglazialen Deckenschotter der verschiedenen Eiszeiten dar, die jedoch immer wieder von Moränen- und Seeablagerungen überdeckt werden. In den Moränenablagerungen befinden sich lokal schwebende Grundwasserstockwerke.

Sowohl die gering durchlässigen Moränen- und Seeablagerungen als auch die häufig auftretenden Moore überdecken großflächig die Grundwasser führenden Kiese und Sande.

Quelltypen



Feinmaterial- und organisch-geprägte Sickerquellen

- Im *Süddeutschen Moränenland* überwiegen die *Feinmaterial-geprägten Sickerquellen*, welche meist hangparallel verlaufen. Die Quellbäche dieser Sickerquellbereiche versickern meist nach wenigen Metern. In der Regel tritt das versickerte Quellwasser hangabwärts in Hangverflachungen als *organisch-geprägte Sickerquellen* mit großen Stillwasserzonen erneut an die Oberfläche. Eine große Anzahl dieser Quellen fällt im Jahresverlauf trocken und ist damit den periodischen Quellen zuzuordnen.

◀ *Feinmaterial-geprägte Sickerquelle mit Löffelkraut-Bestand.*

Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen

- *Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen* entspringen bevorzugt in Tallage oder unterhalb des Hangfußes. Meist sind auch diese von großflächigen Sickerquellen umgeben. Oft ist dann unklar, ob es sich um künstliche Vertiefungen bzw. Anstauung von Sickerquellen oder um natürliche Ausstritte handelt.



◀ *Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle.*

Feinmaterial- und Grobmaterial-geprägte Fließquellen.

- Punktuell austretende Fließquellen sind im Moränenland als Einzelquelle selten. Meist befinden sich größere Sickerquellbereiche im Umfeld von *Feinmaterial-geprägten* oder *Grobmaterial-geprägten Fließquellen*.
- Das austretende Quellwasser ist kalkreich, so dass es häufig im Anschluss an Fließquellaustritte im weiteren Quellbachverlauf zur Ausbildung von Kalktuff und Sinter kommt. Auch *Feinmaterial-geprägte Sickerquellen* oder anmoorige bzw. *organisch-geprägte Sickerquellen* weisen oft massige Kalktuffbänke oder dünne, flächige Kalkinkrustierungen auf.

Ökologischer Zustand der Quellen

- Im Moränenland sind viele Moore der verschiedensten Typen ausgebildet, in denen häufig auch Quellen austreten. Es entstehen dadurch Komplexe zwischen grundwasserbetonten Sickerquellen und den sie umgebenden Flachmoorgesellschaften.
- Eine besondere Bedeutung kommt den schon bei der Frankenalb beschriebenen Kalktuffquellen zu, die hier einen weiteren Verbreitungsschwerpunkt haben.

- Als Besonderheit im Allgäu ist das Vorkommen des endemischen Bayerischen Löffelkrauts (*Cochlearia bavarica*) zu nennen, das kalkreiche Tuffquellen bzw. deren Oberläufe besiedelt.
- Im Süddeutschen Moränenland existiert – meist im Umfeld von extensiv genutzten Feuchtfächen – noch eine Vielzahl von unbeeinflussten Offenlandquellen, deren Anteil in anderen Räumen Bayerns sehr gering ist.



▲ Bayerisches Löffelkraut (*Cochlearia bavarica*).

6.12 Faltenmolasse, Helvetikum- und Flyschzone sowie Nördliche Kalkalpen

Die drei obengenannten hydrogeologischen Teilräume umfassen zusammen Teile der Grundwasserkörper *Bodensee A1*, *Iller-Lech IC1* und *IIB2*, *Isar IIA1* und *IIB1* sowie *Inn IIIB1*, *IIIC1* und *IVA1*.

Während in den *Nördlichen Kalkalpen* und der *Helvetikum- und Flyschzone* die überwiegende Anzahl der Fließgewässer den *Fließgewässern der Alpen*, Subtyp *Bäche und kleine Flüsse der Alpen*, zuzuordnen ist, finden sich in der *Faltenmolasse* daneben auch viele *Fließgewässer der Jungmoränen des Alpenvorlandes*. *Organisch geprägte Bäche* treten nur vereinzelt auf. Der *Inn* gehört in diesem Bereich zu den *Großen Flüssen der Alpen*.

Geologie und Hydrogeologie

Faltenmolasse

Beim Teilraum *Faltenmolasse* handelt es sich um den Bereich des Molassebeckens, der in die alpidische Tektonik durch Faltung und Überschiebungen mit einbezogen ist. Er ist nach Süden tektonisch gegen die Einheiten des Flyschs abgegrenzt. Nach Westen setzt er sich mit höheren Mächtigkeiten nach Vorarlberg und in die Schweiz fort; im Osten keilt die *Faltenmolasse* südlich des Chiemsees aus.

Die *Faltenmolasse* zieht sich in einem bis zu 15 km breiten Streifen von Westen nach Osten als die nördlichste von der alpidischen Tektonik erfasste Einheit entlang der Alpen. Sie ist als tertiärer Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft-Grundwasserleiter) mit überwiegend geringer bis sehr geringer Durchlässigkeit und silikatisch-karbonatischem bzw. silikatisch-organischem Gesteins-

chemismus anzusehen. Nennenswerte Grundwasservorkommen sind aufgrund des Aufbaus allenfalls im Westen des Teilraums zu erwarten. Wegen der nach Osten flacheren Morphologie werden die Gesteine der Faltenmolasse dort zunehmend von quartären Bildungen überlagert, so dass im äußersten Osten nur noch vereinzelt Aufschlüsse von Gesteinen der Faltenmolasse zu finden sind. Bei den quartären Auflagen handelt es sich um glaziale Ablagerungen und kiesig-sandige Talfüllungen. Sie stellen Poren-Grundwasserleiter mit teils sehr hoher bis hoher Durchlässigkeit und karbonatischem Gesteinschemismus dar. Die Grundwasservorkommen sind hier ergiebig, aber relativ eng begrenzt.

Wässer aus der Faltenmolasse werden nur vereinzelt in Form von Quellfassungen durch private Einzelversorger genutzt. Wasserwirtschaftlich von lokaler bis regionaler Bedeutung sind die Grundwasservorkommen in den Quartärschottern.

Helvetikum- und Flyschzone

Der Teilraum *Helvetikum- und Flyschzone* umfasst die tektonisch stark überarbeiteten Gesteine des Helvetikums und des Flyschs, die bereichsweise von quartären Ablagerungen überdeckt werden. Nach Norden ist er gegen die *Faltenmolasse* und nach Süden gegen die *Nördlichen Kalkalpen* abgegrenzt.

Die *Helvetikum- und Flyschzone* zieht sich in einem bis zu 15 km breiten Streifen von Westen nach Osten entlang der Alpen. Die Gesteine des Helvetikums und des Flyschs können als Festgesteins-Grundwasserleiter (Kluft- und Karst-Grundwasserleiter) mit überwiegend geringer bis sehr geringer, zum Teil auch mittlerer bis mäßiger Durchlässigkeit und sowohl karbonatischem als auch silikatisch-karbonatischem Gesteinschemismus angesprochen werden. Nennenswerte Grundwasservorkommen sind aufgrund des Aufbaus allenfalls im Westen des Teilraums zu erwarten. Bei den quartären Auflagen handelt es sich um glaziale Ablagerungen und kiesig-sandige Talfüllungen, die als Poren-Grundwasserleiter mit z. T. hoher bis sehr hoher Durchlässigkeit und karbonatischem Gesteinschemismus anzusprechen sind. Diese Grundwasservorkommen sind ergiebig, aber relativ eng begrenzt. Sie sind aufgrund der in der Regel geringen Flurabstände des Grundwassers gering geschützt; Probleme mit der Grundwasserqualität treten jedoch wegen der hohen Grundwasserneubildung (Verdünnungseffekte) nur selten auf.

Wässer aus dem Helvetikum und Flysch werden nur vereinzelt in Form von Quellfassungen durch private Einzelversorger genutzt. Wasserwirtschaftlich von lokaler bis regionaler Bedeutung sind die Grundwasservorkommen in den Quartärschottern.

Nördliche Kalkalpen

Der hydrogeologische Teilraum *Nördliche Kalkalpen* ist ein tektonisch nach Norden gegen die Flyschzone abgegrenztes West-Südwest – Ost-Nordost verlaufendes, überwiegend aus Karbonatgesteinen aufgebautes Faltengebirge, das sich nach Österreich hin fortsetzt. Es liegt eine ausgeprägte Tektonik und kleinräumige Verfaltung der Gesteine vor.

Die *Nördlichen Kalkalpen* sind innerhalb Deutschlands der Teilraum mit den höchsten Lagen und dem ausgeprägtesten Relief. Es handelt sich um ein junges Faltengebirge, das noch in Hebung begriffen ist.

Die Gesteine der *Nördlichen Kalkalpen* sind als Festgesteins-Grundwasserleiter (wechselnd Kluft- und Kluft-Karst-Grundwasserleiter) mit überwiegend mittlerer bis mäßiger, zum Teil auch geringer Durchlässigkeit und silikatisch-karbonatischem, karbonatischem sowie vereinzelt karbonatisch-sulfatischem Gesteinschemismus anzusprechen. Der älteste Teil der Schichtfolge besteht aus Grundwasser hemmenden Ton-, Sand-, Mergel- und Kalksteinen, die teilweise Gips und Salz führend sind. Nach oben folgen mächtige Karbonatgesteine der Trias (z. B. Wettersteinkalk, Hauptdolomit), die Grundwasser leitend und in den kalkig ausgebildeten Bereichen zum Teil verkarstet sind. Diese bauen den Großteil der Gipfelmassive auf. Dazwischen sind gering leitende Tonstein-, Sandstein- und Mergellagen geschaltet. Die Schichtfolge wird von geringer mächtigen Kalk- und Mergelsteinen des Juras fortgesetzt und schließt mit Grundwasser stauenden Mergeln, Sandsteinen und Konglomeraten der Kreide ab. Aufgrund der starken Verfaltung der alpidischen Gesteine tritt nur selten die gesamte Gesteinsabfolge zusammenhängend auf.

Durch das starke Relief können oft ganze Einheiten großräumig grundwasserfrei sein bzw. nur zeitweise Grundwasser führen. Die Grundwasserführung ist insgesamt stark niederschlagsabhängig; Quellen sind oft intermittierend. Ebenso führen kleinere Seitentäler häufig je nach Niederschlagsgeschehen nur zeitweise Wasser.

Die zum Teil übertieften Alpentäler enthalten quartäre kiesig-sandige Talfüllungen. Diese stellen Poren-Grundwasserleiter mit sehr hoher bis hoher Durchlässigkeit und karbonatischem Gesteinschemismus dar. In den größeren Tälern werden bereichsweise sehr hohe Quartärmächtigkeiten von mehreren Hundert Metern erreicht (z. B. Inntal sowie Isar- und Loisachtal), wo dann mehrere Grundwasserstockwerke ausgebildet sein können. Als Deckschichten kommen in den Talbereichen hauptsächlich quartärer Hangschutt, Seeton und (vorwiegend Würm-) Moränen vor, die örtlich Mächtigkeiten von mehreren Zehner Metern erreichen.

Von regionaler bis überregionaler wasserwirtschaftlicher Bedeutung (z. B. Wasserversorgung Stadt München) sind nur die Grundwasservorkommen in den Quartärschottern.

Quellentypen

Quellkomplexe

- Die gefalteten Molassesedimente sind nur gering wasserdurchlässig. Somit stellen sich Quellaustritte meist als großflächige Sickerquellbereiche mit überwiegend feinmaterialreichem oder organisch bis moorigem Sohlsubstrat dar. Daneben treten an den Abhängen der vermoorten Hochflächen überwiegend *Grobmaterial-geprägte*, *Feinmaterial-geprägte* oder *organisch-geprägte Linearquellen* aus. Fließquellaustritte sind nicht häufig, können aber vereinzelt auftreten. Im Flysch befinden sich meist *organisch-geprägte Sickerquellen* und Quellmoore, *organisch-geprägte* und *Feinmaterial-geprägte Linearquellen*.



▲ ▲ *Organisch-geprägte Sickerquelle in der Faltenmolasse (links) und Feinmaterial-geprägte Linearquelle in den Nördlichen Kalkalpen (rechts).*

Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen

- In den Tallagen des Kalkalpins entspringen zahlreiche stark schüttende, unter artesischem Druck stehende *Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen*, welche häufig als tiefe, kreisrunde Quelltrichter im Bachverlauf eingebettet sein können (z.B. Quelltrichter der „Kleinen Ammerquellen“, siehe Abbildung nächste Seite). Im Hanganschnitt unterhalb der Kante des Kalkgebirges können auch großflächige und relativ flache *Feinmaterial-geprägte Tümpelquellen* auftreten (z.B. „Sieben Quellen“ von Eschenlohe).



▲ ▲ *Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle der Ammer (links) und im Murnauer Moos (rechts).*

- Umgeben sind diese Tümpelquellen meist von einem großflächigen Quellmoor, so dass man hier von einem Quellkomplex aus Tümpelquelle und Quellmooren sprechen kann. Aufgrund des kalkreichen Wasserchemismus kann es, wie in den hydrogeologischen Teilräumen der *Fränkischen Alb*, der *Muschelkalk-Platten* und der *Süddeutschen Moränenlandschaft*, zu Kalktuff- und Sinterbildungen kommen.

Fallquellen

- Die Gebirgsbäche des Kalkalpins besitzen oft ein sehr großes Längsgefälle. Die Tiefenerosion ist dann besonders intensiv und erzeugt steile, fast senkrechte Einschnitte in den Fels. Die häufigste Talform ist somit die Klamm. Viele Quellen entspringen an diesen steilen, fast senkrechten Felswänden. Diese werden als *Fallquellen* bezeichnet. Sie besitzen einen fallenden, wasserfallartigen Abfluss, der je nach Schüttungsmenge und Geländeform entweder gebündelt als fallend-schießende Wassermassen oder flächig, fächerartig als dünner Wasserfilm abfließt.



Fallquelle in der Wimbach-Klamm. ►

Blockmaterial-geprägte Fließquellen

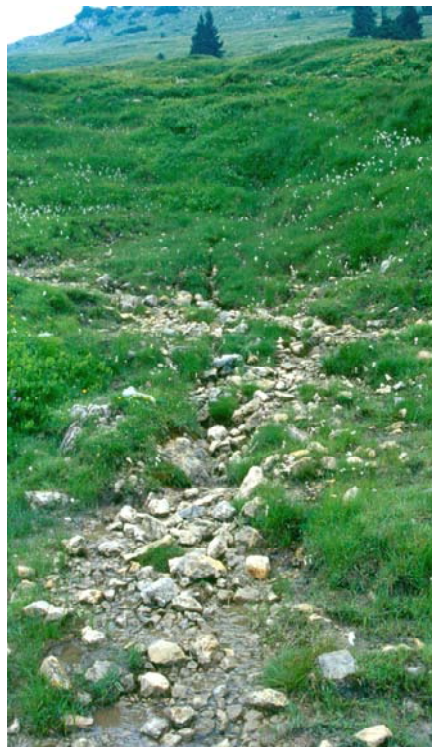


▲ *Blockmaterial-geprägte Fließquelle in den Nördlichen Kalkalpen.*

- Häufig sind die unteren Hanglagen im Gebirge mit abgerutschtem Blockmaterial verhüllt. Hier finden sich Blockmaterial-geprägte Fließquellen, deren ursprünglicher Austrittsort unter der Deckschicht aus Blockschutt liegt. Die Schuttmassen können aber auch selbst als Grundwasserleiter fungieren, wenn sie sich über einem undurchlässigen Untergrund befinden und sich hierin das infiltrierte Niederschlagswasser zu einem Grundwasserspiegel ansammelt.

Grobmaterial-geprägte Fließquellen und Grobmaterial- bis Feinmaterial-geprägte Sickerquellen

- Die *Grobmaterial-geprägte Fließquelle* ist der am häufigsten zu findende Quelltyp. Daneben kommt es vor allem am Hangfuß oder in Hangverebnungen zu Sickerquellen. Diese können eine recht große Flächenausdehnung haben und liegen meist als Komplex mit Fließquellen vor. Das Substrat dieser Sickerquellen ist meist Grobmaterial-geprägt bis Feinmaterial-geprägt.

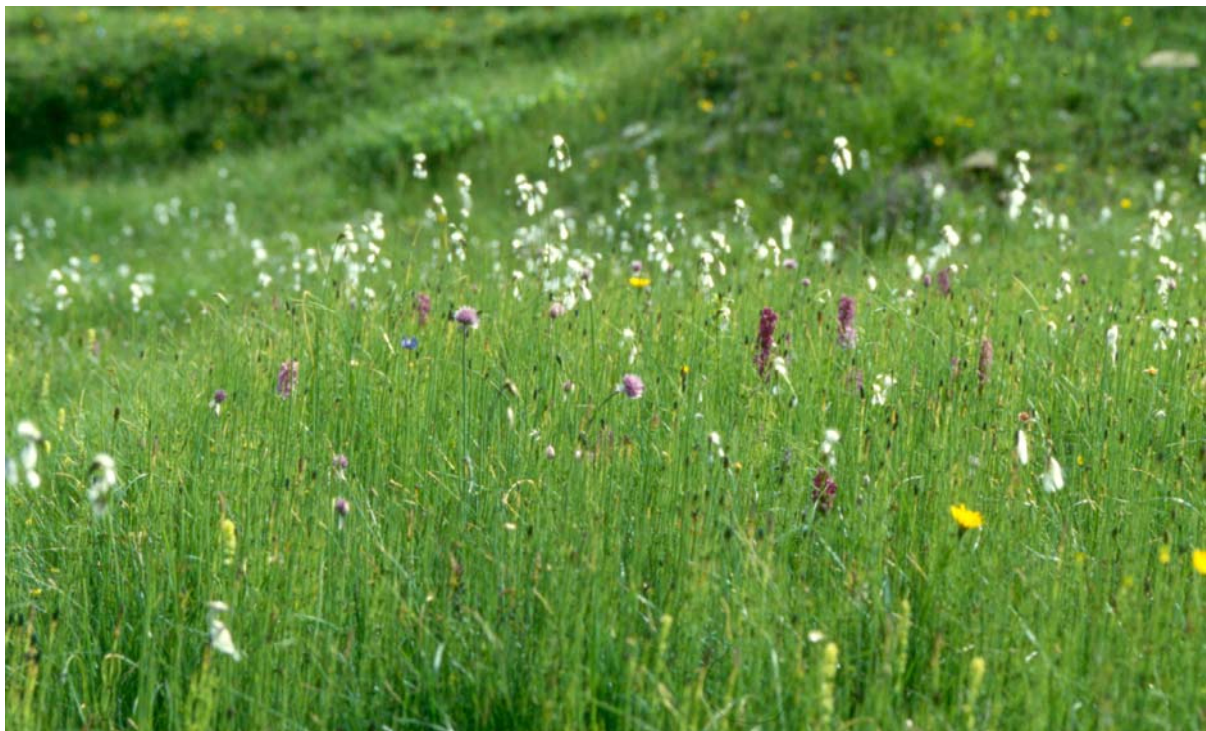


▲ *Grobmaterial-geprägte Linearquelle.*

◀ *Grobmaterial-geprägte Sickerquelle.*

Ökologischer Zustand der Quellen

- Die Alpen sind der quellreichste Raum in Mitteleuropa. Vor allem in den höheren Lagen finden sich natürliche Quellaustritte und auch intakte Quellbäche. In den Bergwäldern entspringen reliefbedingt hauptsächlich Fließquellen. In Hangverebnungen können jedoch auch Sickerquellen (Quellmoor, Hangquellmoor) in beträchtlichen Flächenausdehnungen ausgebildet sein.
- Auch in den offenen Almbereichen findet sich eine Vielzahl von naturnahen Quellaustritten, wobei hier speziell die sehr artenreichen Sickerquellen zu nennen sind, die sich durch ihre reiche botanische Ausstattung und auch eine vielfältige Fauna (v.a. Insekten) hervorheben.
- Die Sickerquellen bilden in der Regel größere Komplexe mit Fließquellen und deren Abflüssen, die die Sickerquellflächen oft in einem reich verästelten System durchziehen. Untersuchungen zeigten, dass sich eine extensive Beweidung positiv auf diese Bestände auswirkt, jedoch kann erhöhter Besatz zu irreversiblen Trittschäden führen. Ebenso geht mancherorts eine Gefahr vom Wintersport aus oder auch vom Sommertourismus. Die sehr sensiblen Quellmoorpflanzengesellschaften degenerieren dann meist zu artenarmen Hochstaudenbeständen.
- Trotz dieser Beeinträchtigungen – Trinkwassernutzung oder Verbauungen kommen mancherorts hinzu – ist der Anteil natürlicher und naturnaher Quellen in den Alpen bayernweit am höchsten.



▲ *Vegetation eines Quellmoores im Gunzesrieder Tal.*

7 ZUSAMMENFASSUNG

Der Bayerische Quelltypenkatalog bietet erstmalig eine umfassende Zusammenschau der in Bayern vorkommenden Quelltypen und bildet die Grundlage für eine bayernweit einheitliche Erfassung und Bewertung von Quellen. Er ist damit Voraussetzung für deren Schutz und Sanierung und wurde von der Projektgruppe des „Aktionsprogrammes Quellen in Bayern“ erarbeitet.

Das „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“ wird vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz finanziert, an ihm sind verschiedene bayerische Behörden und Naturschutzverbände beteiligt.

Als Datengrundlage für den Quelltypenkatalog dienten sowohl bereits vorhandene Ergebnisse aus Quelluntersuchungen als auch neue Kartierungen in Gebieten, aus denen keine Angaben vorlagen. Die Auswertung erfolgte aufgeschlüsselt nach den hydrogeologischen Teilräumen.

Es zeigte sich, dass mit den Parametern Austrittsverhalten und Substrattyp die in Bayern vorkommenden Quelltypen beschrieben werden können. Anhand des Austrittsverhaltens wurden fünf Grundtypen (**Fließquelle**, **Sickerquelle**, **Linearquelle**, **Fallquelle**, **Tümpelquelle**) definiert, die durch fünf Substrattypen (**organisch-geprägt**, **Feinmaterial-geprägt**, **Grobmaterial-geprägt**, **Blockmaterial-geprägt**, **Fels**) in insgesamt vierzehn Quelltypen unterteilt wurden. Es ergaben sich damit weniger Quelltypen als theoretisch von der Kombination der Typisierungsparameter her möglich gewesen wären, da sich im Untersuchungsraum nicht immer alle Substrattypen bei den Grundtypen finden ließen.

Die vierzehn Quelltypen werden anhand von idealisierten Skizzen näher beschrieben und durch Fotos dokumentiert. Dabei werden auch die Verbreitungsschwerpunkte in den hydrogeologischen Teilräumen dargestellt sowie auf die begleitenden Fließgewässertypen – wie sie für die Wasserrahmenrichtlinie verwendet werden – Bezug genommen.

Ergänzend werden Quellsysteme und –komplexe definiert und anhand von Skizzen und Fotos erläutert.

In einem weiteren Kapitel werden die charakteristischen Quelltypen der verschiedenen hydrogeologischen Teilräume beschrieben – großteils mit Fotos – und auf die ökologische Situation der Quellen verwiesen. Zusätzlich werden die in den jeweiligen Teilräumen mit den Quellen vergesellschafteten Fließgewässertypen und die im Gebiet liegenden Grundwasserkörper (entsprechend der Abgrenzung für die Wasserrahmenrichtlinie) aufgeführt.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- AHNERT, F. (1996): Einführung in die Geomorphologie – Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2004): Karte der Grundwasserkörpergrenzen Bayerns – Vorläufige Arbeitsgrundlage zur Wasserrahmenrichtlinie, München.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2004): Karte der Fließgewässertypen in Bayern – Vorläufige Arbeitsgrundlage zur Wasserrahmenrichtlinie, München.
- BREHM, J. & MEIJERING, M.P.D. (1990): Fließgewässerkunde – 2. Aufl., Quelle und Meyer Verlag, Heidelberg.
- BRIEM, E. & MANGELSDORF, J. (2002): Fließgewässerlandschaften in Bayern – Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft (Hrsg.), München.
- BÜTTNER, G., PAMER, R. & WAGNER, B. (2003): Hydrogeologische Raumgliederung von Bayern – Bayerisches Geologisches Landesamt (Hrsg.), GLA-Fachberichte Nr. 20, München.
- FORSTER, S. (2003): Erfassung und strukturelle Typisierung ausgewählter Quellen im Naturraum der Iller-Lech-Schotter und der Moränenlandschaft des Lechgletschers als Grundlage für ein Schutz- und Optimierungskonzept – Diplomarbeit, Institut für Physische Geographie der Universität Augsburg.
- HOTZY, R. & RÖMHELD, J. (2002): Der Bayerische Quelltypenkatalog – Unveröffentlichter Bericht für das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft, München.
- HOWEIN, H. (1998): Erfassung und strukturelle Typisierung der Quellen im Nationalpark Berchtesgaden – Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg.
- HÜBNER, B. (2003): Typologie und strukturelle Charakterisierung von Quellbiotopen unter besonderer Berücksichtigung naturschutzfachlicher Aspekte im Einzugsbereich der Mangfall nördlich des Tegernsees – Diplomarbeit, Abteilung Triesdorf der Fachhochschule Weißenstephan.
- KEILHACK, K. (1917): Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde – 2. Aufl., Gebr. Bornträger Verlag, Berlin.
- MEINZER, O.E. (1927): Large springs in the United States – US Geol. Survey Water Supply Paper 557, Washington D.C..
- MUTZ, (1989): Muster von Substrat, sohnaher Strömung und Makrozoobenthos auf der Gewässersohle eines Mittelgebirgsbaches – Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- NATURSCHUTZZENTRUM NORDRHEIN- WESTFALEN (1993): Quellkartierung und Anleitung zur Quellkartierung in Nordrhein-Westfalen. – Naturschutzzentrum NRW bei der Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung NRW (LÖLF), Recklinghausen.
- RÖMHELD, J. (2001): Erfassung und strukturelle Typisierung von Quellen in der Rhön – Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen.
- STINY, J. (1933): Die Quellen – Springer, Wien.
- THIENEMANN, A. (1925): Die Binnengewässer Mitteleuropas – Die Binnengewässer, Band I. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.