



Aktionsprogramm Quellen in Bayern

Teil 1: Bayerischer Quelltypenkatalog





Aktionsprogramm Quellen in Bayern

Teil 1: Bayerischer Quelltypenkatalog

Impressum

Aktionsprogramm Quellen in Bayern - Teil 1: Bayerischer Quelltypenkatalog

Herausgeber:

Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 - 0
Fax: (0821) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

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

Redaktion:

Helga Zahn, Petzenhofen 21, 82269 Geltendorf

Bildnachweis:

Landesamt für Umwelt: S. 8 o. l. und o. r., S. 8 u. r., S. 11 l. und r., S. 29 r., S. 33 l., S. 35 l., S. 51 r., S. 93 o. l. und r.; Landesbund für Vogelschutz in Bayern: S. 8 o. m., S. 25 l. und r., S. 27 l. und r., S. 29 l., S. 31, S. 33 r., S. 35 r., S. 37 r., S. 39, S. 41, S. 43 l. und r., S. 45 l., S. 45 r., S. 47, S. 49 l. und r., S. 51 l., S. 54, S. 55, S. 56, S. 58 u., S. 61 u. l., S. 61 u. r., S. 62 o. r., S. 62 u., S. 63, S. 64 l. und r., S. 65, S. 66, S. 67 l. und r., S. 69, S. 72 u. r., S. 75, S. 78, S. 79 o., S. 79 u. l. und r., S. 80 o. und u., S. 82 l. und r., S. 83 l. und r., S. 84 o. und u., S. 85, S. 86, S. 87, S. 88 u. l. und r., S. 89, S. 92 l. und r., S. 93 u., S. 94, S. 95 o. l. und r., S. 95 u.; www.kalktuffquellen.de: S. 8 u. l., S. 22, S. 58 o., S. 72 o. l. und o. r., S. 72 u. l.; H. Zaenker: S. 62 o. l.
Skizzen: J. Römheld.

Druck:

Beck Druck GmbH & Co. KG., Königstr. 66-68, 95028 Hof
Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

Stand:

Oktober 2008 (inhaltlich unveränderter Nachdruck der 1. Auflage aus dem Jahr 2004)

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhalt

1	Einleitung	7
2	Grundlagen und Ziele	8
2.1	Das „Aktionsprogramm Quellen“	8
2.2	Quellentypologien	10
2.3	Die hydrogeologischen Teilräume Bayerns	10
2.4	Fließgewässertypen und Grundwasserkörper	11
3	Methoden der Typisierung	15
3.1	Datengrundlagen und Auswertung	15
3.2	Typisierungsparameter	17
3.3	Definition der Bayerischen Quelltypen	19
3.4	Überprüfung der Plausibilität	21
4	Die Quelltypen Bayerns	23
4.1	Organisch-geprägte Fließquelle (F-1)	24
4.2	Feinmaterial-geprägte Fließquelle (F-2)	26
4.3	Grobmaterial-geprägte Fließquelle (F-3)	28
4.4	Blockmaterial-geprägte Fließquelle (F-4)	30
4.5	Fallquelle (F-5)	32
4.6	Organisch-geprägte Sickerquelle (S-1)	34
4.7	Feinmaterial-geprägte Sickerquelle (S-2)	36
4.8	Grobmaterial-geprägte Sickerquelle (S-3)	38
4.9	Organisch-geprägte Linearquelle (L-1)	40
4.10	Feinmaterial-geprägte Linearquelle (L-2)	42
4.11	Grobmaterial-geprägte Linearquelle (L-3)	44
4.12	Organisch-geprägte Tümpelquelle (T-1)	46
4.13	Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle (T-2)	48
4.14	Grobmaterial-geprägte Tümpelquelle (T-3)	50
5	Quellsysteme und Quellkomplexe	53
5.1	Definition	53
5.2	Beispiele	55

6	Quellentypen der hydrogeologischen Teilräume	59
6.1	Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes sowie Kuppenrhön, Lange Rhön und Fulda-Werra-Bergland	59
6.2	Muschelkalk-Platten	63
6.3	Keuper-Bergland	66
6.4	Albvorland	68
6.5	Fränkische Alb, Schwäbische Alb und Nördlinger Ries	69
6.6	Bruchschollenland i. e. S., Hahnbacher Sattel, Bodenwöhrer Bucht	72
6.7	Teilräume des Südostdeutschen Grundgebirges	75
6.8	Tertiär-Hügelland	81
6.9	Fluvioglaziale Schotter	83
6.10	Iller-Lech-Schotterplatten	85
6.11	Süddeutsches Moränenland	87
6.12	Faltenmolasse, Helvetikum- und Flyschzone sowie Nördliche Kalk-alpen	90
7	Zusammenfassung	96
8	Literatur	97

Vorwort

Quellen. Leben. Vielfalt.

Quellen sind Ursprung unserer Fließgewässer und Inbegriff für Natürlichkeit und Reinheit. Seit Jahrtausenden werden sie als besondere Orte geschätzt. Dem hier auf wundersame Weise aus der Tiefe zutage tretenden Wasser wurden besondere Kräfte nachgesagt. Die einstige Wertschätzung ist jedoch in Zeiten der modernen Wasserversorgung nahezu verloren gegangen.

Den Quellen selbst wird heute kaum noch Bedeutung beigemessen. Ohne Rücksicht auf die ökologischen Auswirkungen hat sich der Mensch ihrer bedient. Entweder um das Wasser zu nutzen oder um es abzuleiten und die Flächen nutzbar zu machen, wurde in den Lebensraum eingegriffen. Gefasst, verrohrt, verfüllt oder bereits an der Quelle verunreinigt beginnt heute der Lauf vieler Fließgewässer. Dass diese oft kleinen und scheinbar leblosen Orte auch äußerst sensible Lebensräume für eine Vielzahl von Tier- und Pflanzenarten sind, ist leider nur wenigen bewusst. So beherbergen selbst die unscheinbarsten Quellen eine besondere Lebensgemeinschaft und spielen eine wichtige Rolle für die Biodiversität. Ihre Bewohner sind eng an den Grenzbereich zwischen Grund- und Oberflächenwasser und die hier herrschenden konstanten Umweltbedingungen angepasst. Insgesamt wurden für Europa 465 Arten nachgewiesen, die ausschließlich oder bevorzugt an Quellen leben. Einige Arten werden als Eiszeitrelikte bezeichnet. Ihr Verbreitungsgebiet hat sich seit der nacheiszeitlichen Erwärmung auf die Quellgebiete verkleinert. Die dadurch relativ isoliert liegenden Lebensgemeinschaften sind durch den Klimawandel zusätzlich gefährdet.

Der Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. (LBV) wies bereits frühzeitig auf die gravierenden Beeinträchtigungen der Quellgewässer hin. Angestoßen durch dessen Vorarbeiten startete das Bayerische Umweltministerium im Jahr 2001 das Aktionsprogramm Quellen in Bayern. Ein wesentliches Ziel war die Erarbeitung einer „Handlungsanleitung für den Quellschutz“. Um möglichst breite Akzeptanz in den maßgeblichen Nutzergruppen (Wasserwirtschaft, Forstwirtschaft und Landwirtschaft) zu erreichen, wurde eine interdisziplinäre Projektgruppe aus Experten dieser Fachrichtungen gegründet.

Die Handlungsanleitung liegt nun in der Reihe UmweltSpezial des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU) vor und soll sowohl den Fachleuten als auch ehrenamtlich aktiven Naturschützern als Hilfestellung für die praktische Quellschutzarbeit dienen. Der hier vorliegende erste Teil „Bayerischer Quelltypenkatalog“ enthält einen Überblick über die verschiedenen Quellformen in Bayern, deren räumliche Verbreitung und Gefährdungssituation. Der zweite Teil „Quellerfassung und -bewertung“ beinhaltet eine Methodik zur Zustandserfassung und Bewertung von Quellen. Der dritte Teil „Maßnahmenkatalog für den Quellschutz“ gibt praktische Hinweise zur Umsetzung von Renaturierungs- und Optimierungsmaßnahmen. Ergänzt werden diese Grundlagen durch „Steckbriefe der quelltypischen Pflanzen- und Tierarten“.

Mit diesen Materialien wird eine einzigartige und umfassende Grundlage für die Quellschutzarbeit vorgelegt. Es bleibt nun zu hoffen, dass diese vielen Leserinnen und Lesern als Hilfestellung und Anregung dient und möglichst viele Umsetzungsprojekte angestoßen werden.

Prof. Dr.-Ing. Albert Göttle
Präsident des Bayerischen Landesamtes für Umwelt

Ludwig Sothmann
Vorsitzender des LBV

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 Gleichgewichts 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 2000 initiierte das Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (jetzt Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit – StMUG) auf Anregung des Landesbunds für Vogelschutz (LBV) ein Projekt zum Quellschutz. Das damalige Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft (LfW) und das Bayerische Landesamt für Umweltschutz (jetzt zusammen als Bayerisches Landesamt für Umwelt, LfU) entwarfen im Auftrag des StMUG auf der Grundlage bereits laufender Aktivitäten der Behörden und der Naturschutzverbände ein Konzept für ein "Aktionsprogramm Quellen". Im Mai 2001 fand die Startsitung der Projektgruppe statt. Mit diesem Programm sollte 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 sollen so besser geschützt werden können, während bereits geschädigte Quellen anhand eines Maßnahmenkatalogs (LFU 2008b) nach Möglichkeit renaturiert werden sollen.

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

- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) – Projektleitung
- Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL),
- Bund Naturschutz in Bayern e.V.(BN),
- 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 unveröffentlichten Bericht für das Bayerische Landesamt für Wasserwirtschaft (nun Bayerisches Landesamt für Umwelt) 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 „Aktionsprogramms Quellen“ wurden dazu folgende weitere Voraussetzungen geschaffen:

- Literaturdatenbank „Quellen“,
- Erfassung bisheriger Quellaktivitäten in Bayern,
- Konzept eines Quellkatasters,
- Kartieranleitung mit Erhebungsbögen,
- Bewertungsverfahren,
- Maßnahmenkatalog zum Quellschutz,
- Öffentlichkeitsarbeit über verschiedene Medien,
- Faltblatt zur Information von am Quellschutz Interessierten und Beteiligten.

Die Kartieranleitung, das Bewertungsverfahren und der Maßnahmenkatalog wurden in mehreren Pilotgebieten Bayerns erprobt, die unterschiedliche Höhenlagen, geologische Gegebenheiten und Nutzungsarten repräsentieren. Das Projekt wurde 2008 abgeschlossen. Ergebnisse und weitere Informationen stehen im Internet unter http://www.lfu.bayern.de/natur/fachinformationen/aktionsprogramm_quellen/index.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-/Sumpfwasserquelle (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 Abflusssdynamik geprägt werden. Die Substratstrukturen wiederum prägen zusammen mit der Abflusssdynamik 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 dafür dar, wie Quellen in natürlicher Ausprägung aussehen und können somit auch als Leitlinien bei der Renaturierung dienen. Die Darstellung des Vorkommens der verschiedenen Quelltypen in den hydrogeologischen Teilräumen soll dabei ebenfalls behilflich sein, geeignete Leitbilder zu finden.

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. 12). 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 ergaben (z.B. Großraum Süddeutsches Grundgebirge).

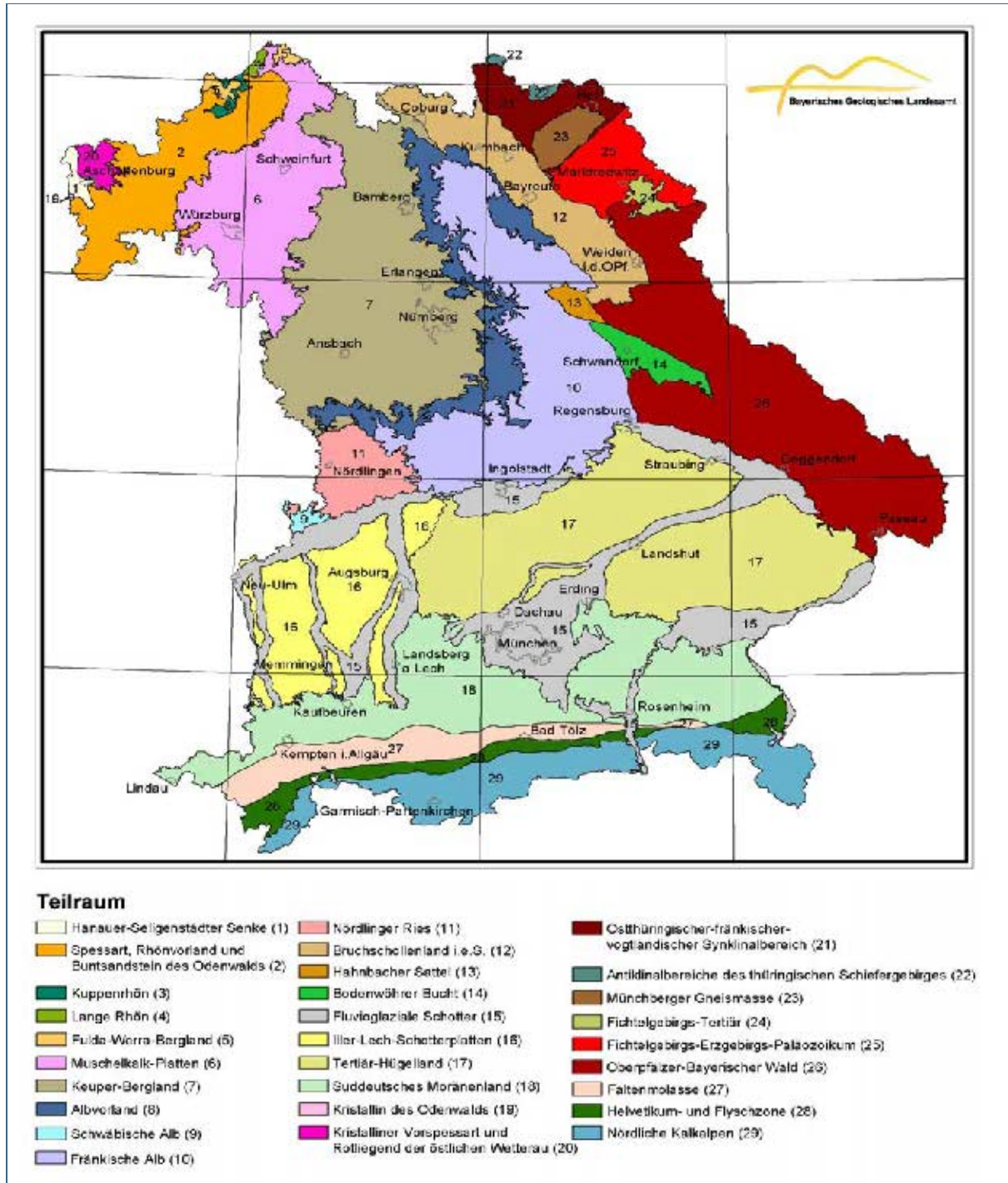
2.4 Fließgewässertypen und Grundwasserkörper

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, LFW 2004a, siehe S. 13). 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.

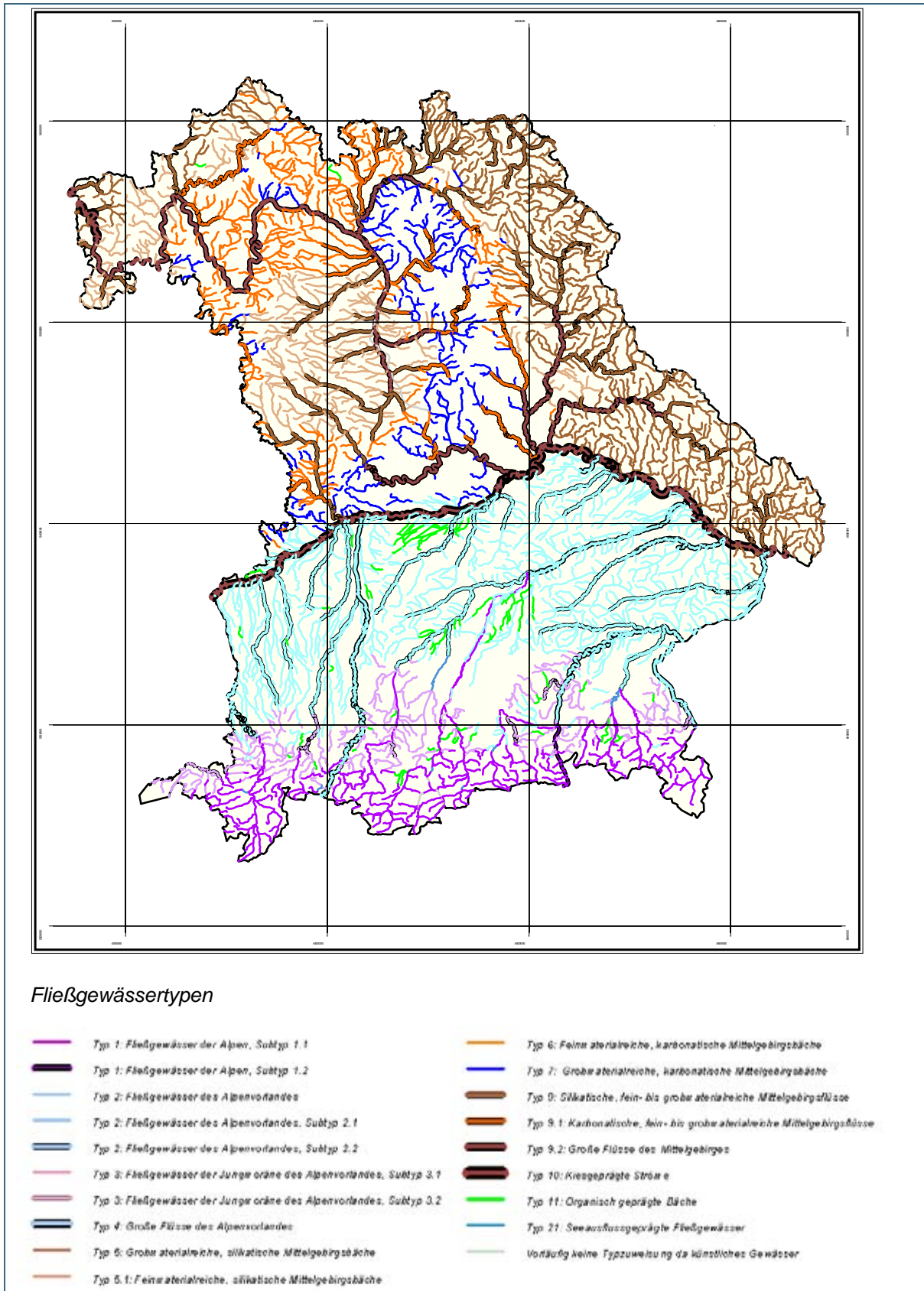
Ebenfalls im Hinblick auf die Wasserrahmenrichtlinie wurden die Grundwasserkörper Bayerns abgegrenzt und in einer Karte dargestellt (siehe Seite 14). In Kapitel 6 wird jeweils dargelegt, welche Grundwasserkörper oder Teile davon in die hydrogeologischen Teilräume oder zusammengefassten Teilräume hineinragen.



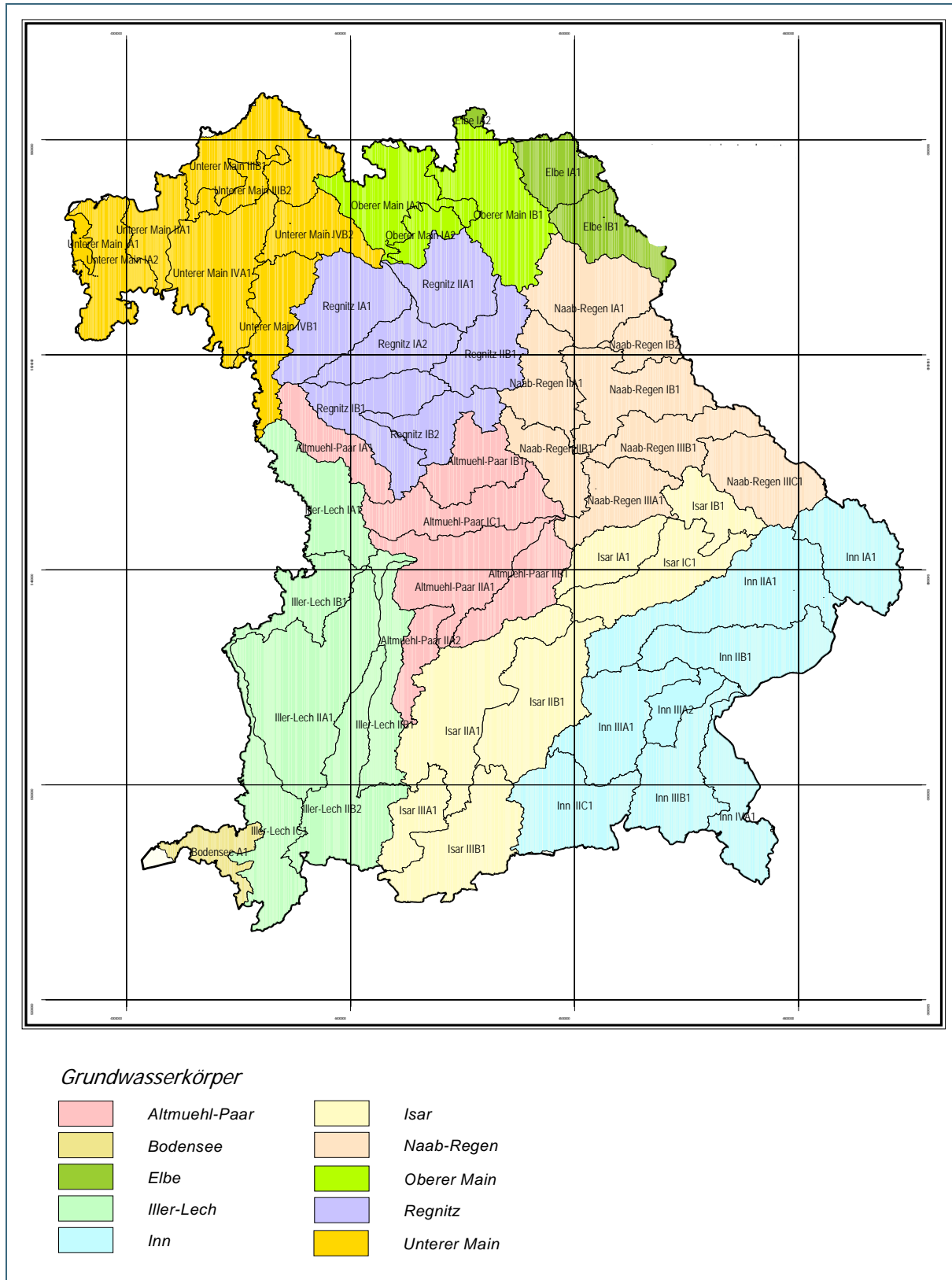
Zerstörte und naturnahe Quelle.



Karte der hydrogeologischen Teilräume Bayerns (aus Büttner, Pamer & Wagner 2003).



Karte der Fließgewässertypen in Bayern (Stand Dezember 2003).



Karte der Grundwasserkörpergrenzen in Bayern (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 „Aktionsprogramms 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:

Tabelle der ursprünglich 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, StMUGV = Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz), WWA = Wasserwirtschaftsamt.

<i>Region</i>	<i>Bearbeitung</i>	<i>Methode</i>
<i>Kuppenrhön/Lange Rhön/Fulda-Werra-Bergland</i>		
Quelltypologie Rhön	Diplomarbeit	andere Methode
<i>Keuper-Bergland</i>		
Quellen im EZG Roth	LBV/StMUGV	NRW-Bogen
Quellenkataster, Methlach	WWA/BN	andere Methode
Offenlandquellen Bad Windsheim	LBV/Bez. MFR	NRW-Bogen
<i>Albvorland</i>		
Quellen im EZG Roth	LBV/StMUGV	NRW-Bogen

<i>Region</i>	<i>Bearbeitung</i>	<i>Methode</i>
<i>Albvorland</i>		
Quellen im westl. NP Altmühltal	LBV/NP Altmühltal	NRW-Bogen
Quellen EZG Happurger Stausee	WWA Nürnberg	NRW-Bogen
<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 NP Berchtesgaden	NPV/Diplomarbeit	andere Methode
Nordabfall Reiteralpe	LBV	andere Methode

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:

- *Bruchschollenland i. e. S.,*
- *Faltenmolasse,*
- *Fichtelgebirgstertiär,*

- *Fluvioglaziale Schotter*,
- *Helvetikum- und Flyschzone*,
- *Iller-Lech-Schotterplatten* – Naturpark Augsburg westl. Wälder und Projekt Östliche Günz,
- *Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwalds*,
- *Muschelkalk-Platten*,
- *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 Datenenerhebung 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 (LFU 2008a) 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 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, sickernd) 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 wurden 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)	organisch-geprägt
fließend (rheokren)	Feinmaterial-geprägt
tümpelartig (limnokren)	Grobmaterial-geprägt
linear	Blockmaterial-geprägt
fallend	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 Gesteinsklufft erkennbar. Im Gegensatz zum sickernden 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 Abflussdynamik 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 Moosschicht 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 größeren 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.

Die 14 Bayerischen Quelltypen

Kurztyp	Grundtyp	Substrattyp
F-1	Fließquelle	Organisch-geprägt
F-2	Fließquelle	Feinmaterial-geprägt
F-3	Fließquelle	Grobmaterial-geprägt
F-4	Fließquelle	Blockmaterial-geprägt
F-5	Fallquelle	Fels
S-1	Sickerquelle	Organisch-geprägt
S-2	Sickerquelle	Feinmaterial-geprägt
S-3	Sickerquelle	Grobmaterial-geprägt
L-1	Linearquelle	Organisch-geprägt
L-2	Linearquelle	Feinmaterial-geprägt
L-3	Linearquelle	Grobmaterial-geprägt
T-1	Tümpelquelle	Organisch-geprägt
T-2	Tümpelquelle	Feinmaterial-geprägt
T-3	Tümpelquelle	Grobmaterial-geprägt

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.

Zusammenstellung weiterer Differenzierungsmerkmale innerhalb der bayerischen Quelltypen - Substratdiversität.

Substratdiversität (der anorganischen Partikel)	
gering	1–2 Korngrößenklassen
mittel	3–4 Korngrößenklassen
groß	≥ 5 Korngrößenklassen

Zusammenstellung weiterer Differenzierungsmerkmale innerhalb der bayerischen Quelltypen – Strömungsarten.

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

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



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).

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.



Kalktuffquelle mit Terrassenbildung.

4 Die Quelltypen Bayerns

In diesem Kapitel werden die Quelltypen Bayerns anhand von Text und Bild näher erläutert. Zur Übersicht werden im Folgenden die Quelltypen mit Kurzbezeichnung 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.

4.1 Organisch-geprägte Fließquelle (F-1)

Kurzcharakteristik

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

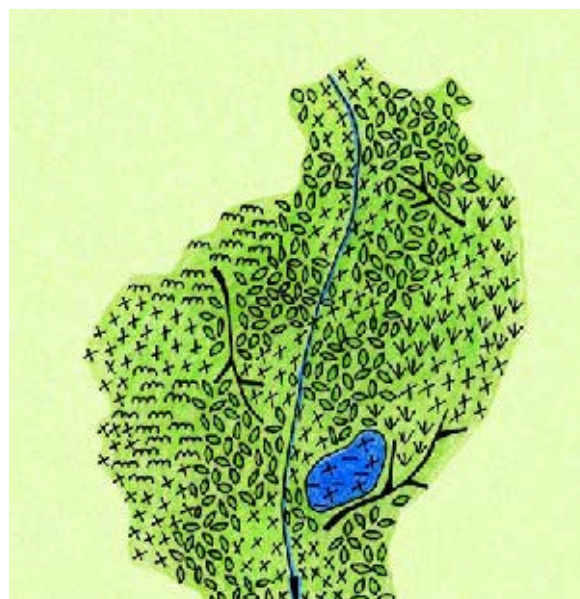
Insbesondere im Offenland kann dieser Quelltyp stark bewachsen sein.

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.

Gelände

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



Skizze einer organisch-geprägten Fließquelle.



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.

4.2 Feinmaterial-geprägte Fließquelle (F-2)

Kurzcharakteristik

Parameter		Merkmal	
Austrittsverhalten:	Fließend	Strömung:	Laminar bis strömend mit Stillwasserbereichen
Substrattyp:	Feinmaterial-geprägt	Substratdiversität:	Gering bis groß
Substratklassen:	v. a. Ton, Schluff, Sand, Grus	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.

Gelände

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



Skizze einer Feinmaterial-geprägten Fließquelle.



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*.

4.3 Grobmaterial-geprägte Fließquelle (F-3)

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.



Skizze 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.*

4.4 Blockmaterial-geprägte Fließquelle (F-4)

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.

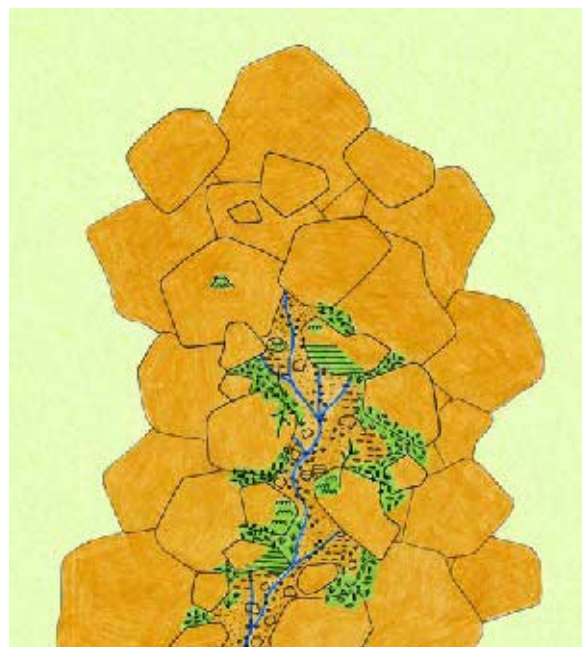
Meist tritt an verschiedenen Stellen zwischen dem Blockmaterial Quellwasser aus, das im Quellbereich überwiegend laminar bis strömend abfließt.

Im weiteren Verlauf sind zwischen den Blöcken häufig Stillen von größerer Wassertiefe ausgebildet, die mit Schnellen und stürzendem Abfluss wechseln.

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 genistartigen Anballungen von verdrifteter organischer Substanz.



Skizze einer Blockmaterial-geprägten Fließquelle.

Gelände

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



Blockmaterial-geprägte Fließquelle, 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*.

4.5 Fallquelle (F-5)

Kurzcharakteristik

Parameter		Merkmal	
Austrittsverhalten:	Fallend	Strömung:	Fallend, stürzend, Wasserfilm
Substrattyp:	Fels		
Substratklassen:	v. a. Felsen, Blöcke, z. T. Algenüberzüge und Moospolster	Substratdiversität:	Gering bis mittel
		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.

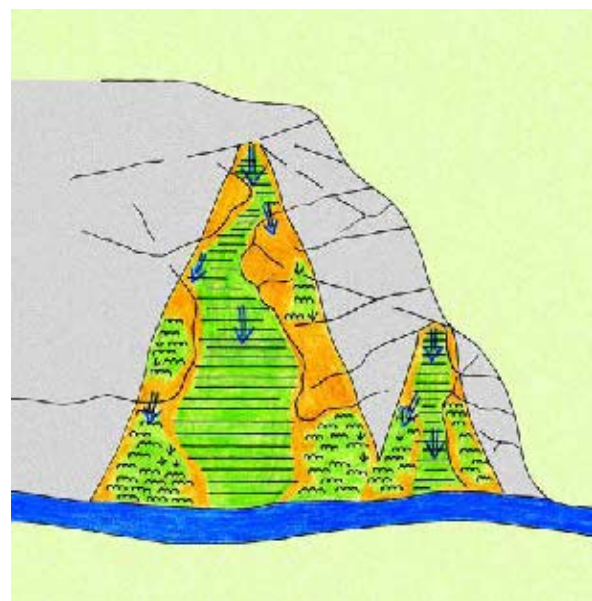
Substrat

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.



Skizze einer Fallquelle.



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*.

4.6 Organisch-geprägte Sickerquelle (S-1)

Kurzcharakteristik

Parameter		Merkmal	
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung:	Sickernd bis laminar mit Stillwasserbereichen
Substrattyp:	Organisch-geprägt		
Substratklassen:	v.a. Detritus, Algen, Falllaub, Totholz, Quellvegetation, daneben Ton, Schluff	Substratdiversität:	Gering bis mittel
		Geländelage:	Tallage bis Hanglage
		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 Niedermoortypen (z.B. im Alpenvorland).

Die organisch-geprägte Sickerquelle wird in einigen Bereichen auch als Quellmoor bzw. Hangquellmoor bezeichnet.

Gelände

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



Skizze einer organisch-geprägten Sickerquelle.



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*.

4.7 Feinmaterial-geprägte Sickerquelle (S-2)

Kurzcharakteristik

Parameter		Merkmal	
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung:	Sickernd bis laminar mit Stillwasserzonen
Substrattyp:	Feinmaterial-geprägt		
Substratklassen:	v. a. Ton, Schluff, Sand, Grus, daneben organische Komponenten	Substratdiversität:	Gering bis groß
		Geländelage:	Tallage bis Hanglage
		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 Quellrinnsale, die den Sumpf durchziehen und in denen ein langsam fließender Bereich auftreten kann.

Substrat

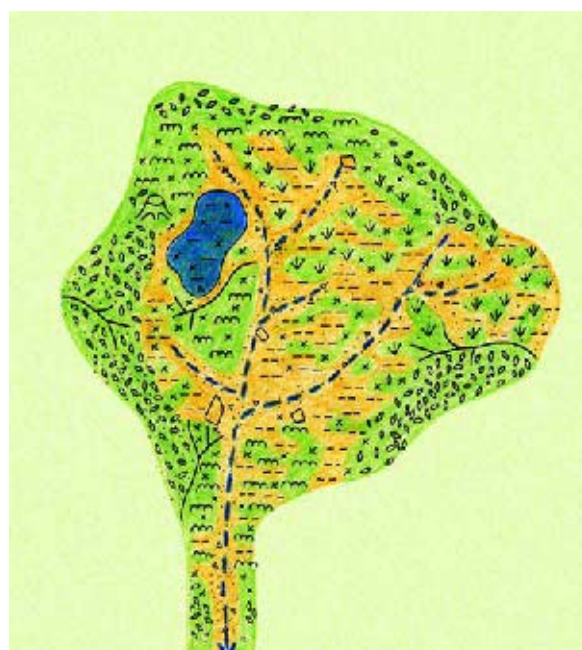
Die anorganischen Bestandteile (meist die feineren Korngrößen, wie Ton, Schluff, Sand und Grus) überwiegen im Substrat.

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.

Gelände

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



Skizze einer Feinmaterial-geprägten Sickerquelle.



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*.

4.8 Grobmaterial-geprägte Sickerquelle (S-3)

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.

Gelände

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



Skizze einer Grobmaterial-geprägten Sickerquelle.



Grobmaterial-geprägte Sickerquelle.

Verbreitungsschwerpunkte



Verbreitungsschwerpunkte Grobmaterial-geprägter Sickerquellen in den hydrogeologischen Teilräumen Bayerns.

Der Quelltyp findet sich überwiegend in den hydrogeologischen Teilräumen *Spessart, Rhön-vorland 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*.

4.9 Organisch-geprägte Linearquelle (L-1)

Kurzcharakteristik

Parameter		Merkmal	
Austrittsverhalten:	Sickernd	Strömung:	Sickernd bis laminar mit Stillwasserbereichen
Substrattyp:	Organisch-geprägt		
Substratklassen:	v. a. Detritus, Falllaub/Nadeln, Totholz, Quellvegetation, daneben Ton, Schluff, Sand	Substratdiversität:	Gering bis mittel
		Geländelage:	Tallage bis Hanglage
		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.

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.



Skizze einer organisch-geprägten Linearquelle.



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.

4.10 Feinmaterial-geprägte Linearquelle (L-2)

Kurzcharakteristik

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

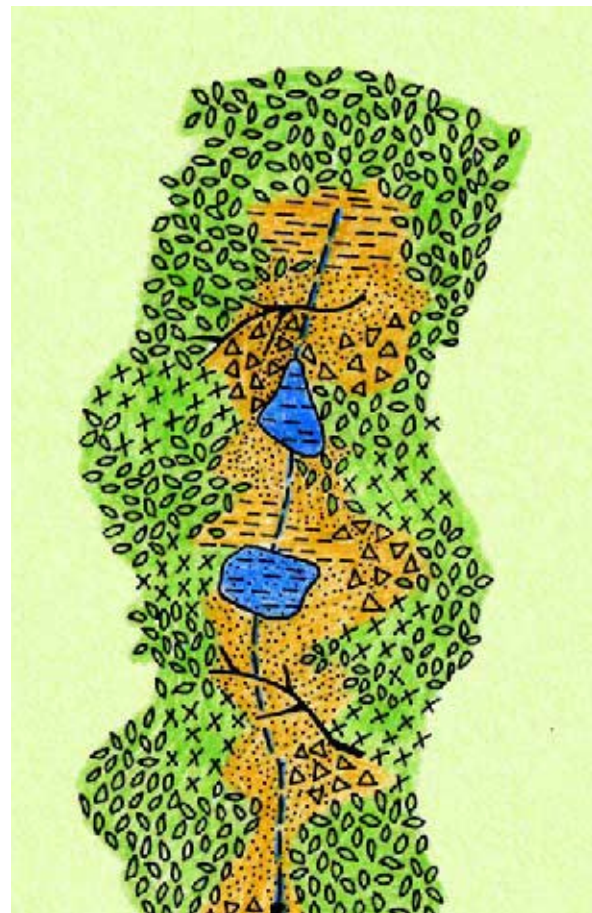
In der Zusammensetzung dominieren die anorganischen Bestandteile mit den Fraktionen Ton, Schluff, Sand und Grus.

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. Trocken größere Bereiche der Quellen im Jahresverlauf aus, kann sich jedoch keine Quellvegetation entwickeln.

Gelände

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



Skizze einer Feinmaterial-geprägten Linearquelle.



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.

4.11 Grobmaterial-geprägte Linearquelle (L-3)

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.

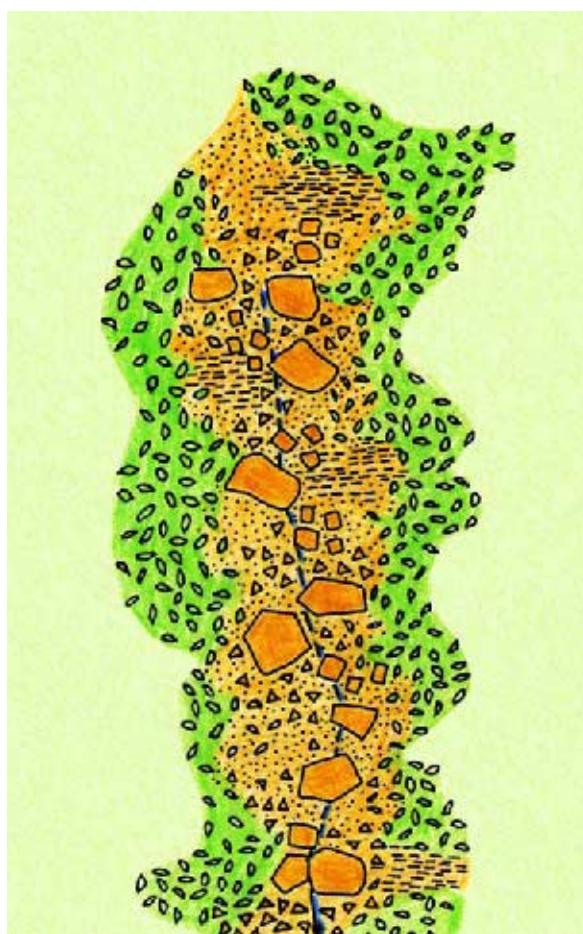
Mit zunehmender Wassermenge bildet sich eine langsame Strömung aus und es entwickeln sich allmählich die charakteristischen Sohlstrukturen eines Quellbaches.

Substrat

In der Zusammensetzung des Quellbereiches dominieren die anorganischen Bestandteile mit den Grobfractionen 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.



Skizze 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.*

4.12 Organisch-geprägte Tümpelquelle (T-1)

Kurzcharakteristik

Parameter		Merkmal	
Austrittsverhalten:	Tümpelartig	Strömung:	Laminar bis strömend, stagnierend bzw. Stillwasser
Substrattyp:	Organisch-geprägt		
Substratklassen:	Viel Detritus, Totholz, Falllaub/Nadeln, Quellvegetation	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.

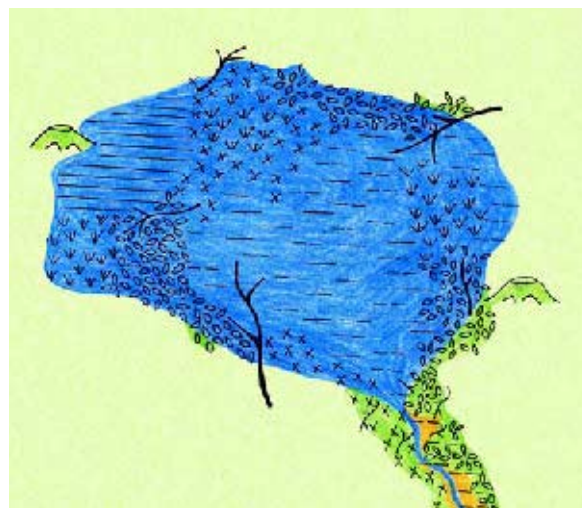
Substrat

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.



Skizze einer organisch-geprägten Tümpelquelle.



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

4.13 Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle (T-2)

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

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.

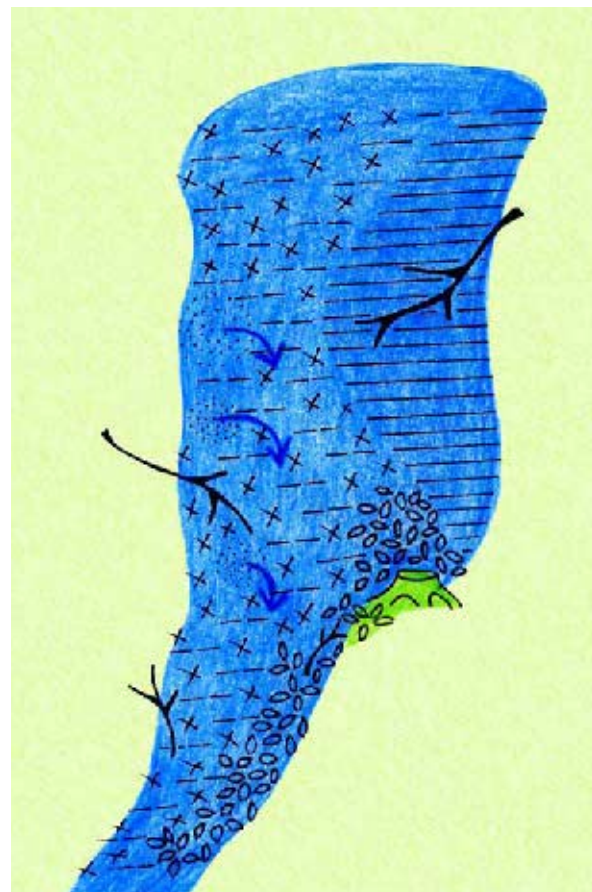
Substrat

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.



Skizze 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*, *Süddeutsches 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*.

4.14 Grobmaterial-geprägte Tümpelquelle (T-3)

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

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.

Substrat

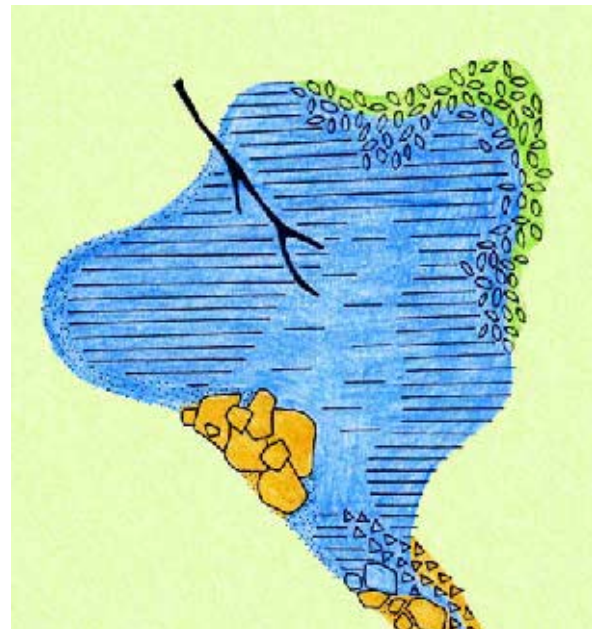
Das Substrat besteht meist aus Fels oder groben mineralischen Komponenten, wie Blöcken und Steinen.

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.



Skizze einer Grobmaterial-geprägten Tümpelquelle.



Grobmaterial-geprägte Tümpelquellen.








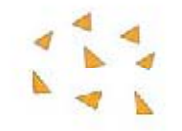










Verbreitungsschwerpunkte



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.

Legende		
Organische Substrate	Anorganische Substrate	Austrittsverhalten
 Falllaub	 Ton/Schluff	 linear sickend
 Totholz	 Sand	 flächig sickend
 Detritus	 Kies/Grus	 Stillwasserzone
 Quellvegetation (Höhere Pflanzen)	 Steine	 fließend
 Quellvegetation (Moose)	 Blöcke	 fallend
 Baumstumpf	 anstehender Fels	
 Algenaufwuchs		

Legende zu den Skizzen 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 LFU 2008a oder unter http://www.lfu.bayern.de/natur/fachinformationen/aktionsprogramm_quellen/index.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

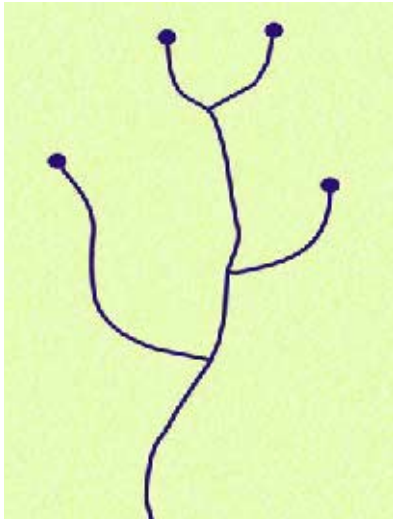
Innerhalb der Beziehungsgefüge von Quellen kann man zwei verschiedene Ausformungen unterscheiden: Quellsysteme und Quellkomplexe. Diese beiden Begriffe werden im weiteren erläutert und anhand von Beispielen dargestellt.

Quellsystem

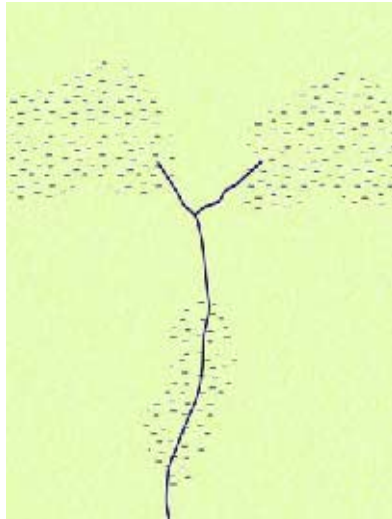
Von einem Quellsystem spricht man, wenn mehrere Quellen des gleichen Quelltyps eng miteinander vernetzt vorzufinden sind. Voraussetzung ist, dass die Quellen in denselben Quellbach entwässern. Alleine die räumliche Nähe einzelner Quellen reicht nicht aus. Diese Unterscheidung ist deshalb notwendig, da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

Quellkomplex

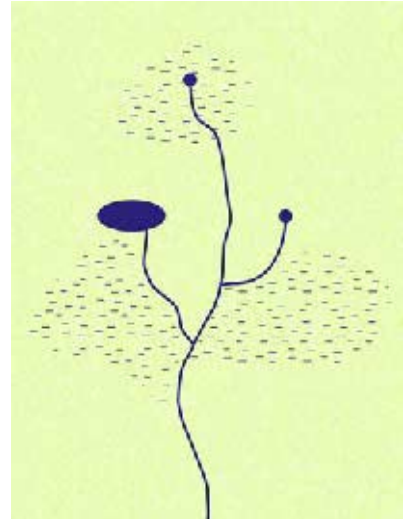
Ein Quellkomplex liegt vor, wenn mehrere Quellen, die verschiedenen Quelltypen zuzuordnen sind, miteinander vernetzt vorkommen. Auch hier gilt, dass alle Teilquellbereiche in den gleichen Quellbach entwässern. Quellkomplexe sind die häufigsten Quellsituationen, die man in unserer Landschaft findet. Oftmals 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 Quellsystems aus Fließquellen.



Schema eines Quellsystems aus Sickerquellen.



Schema eines Quellkomplexes aus Tümpel, Fließ- und Sickerquellen.

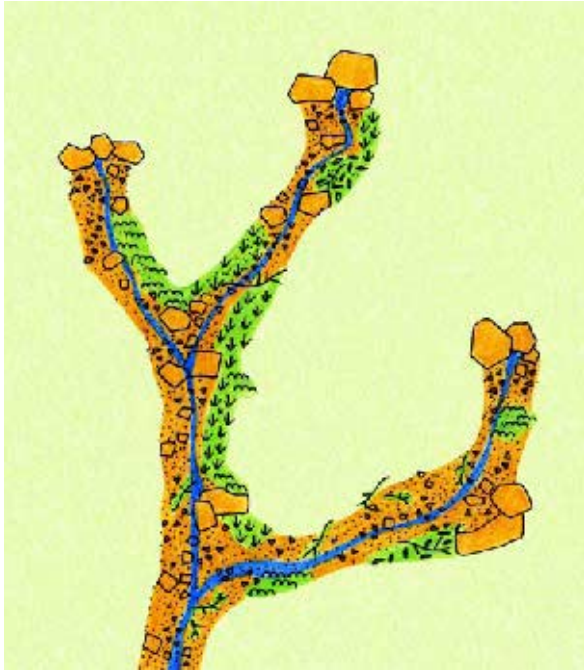


System Feinmaterial-geprägter Fließquellen.

5.2 Beispiele

Quellsystem Grobmaterial-geprägter Fließquellen

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



Skizze eines Systems Grobmaterial-geprägter Fließquellen.



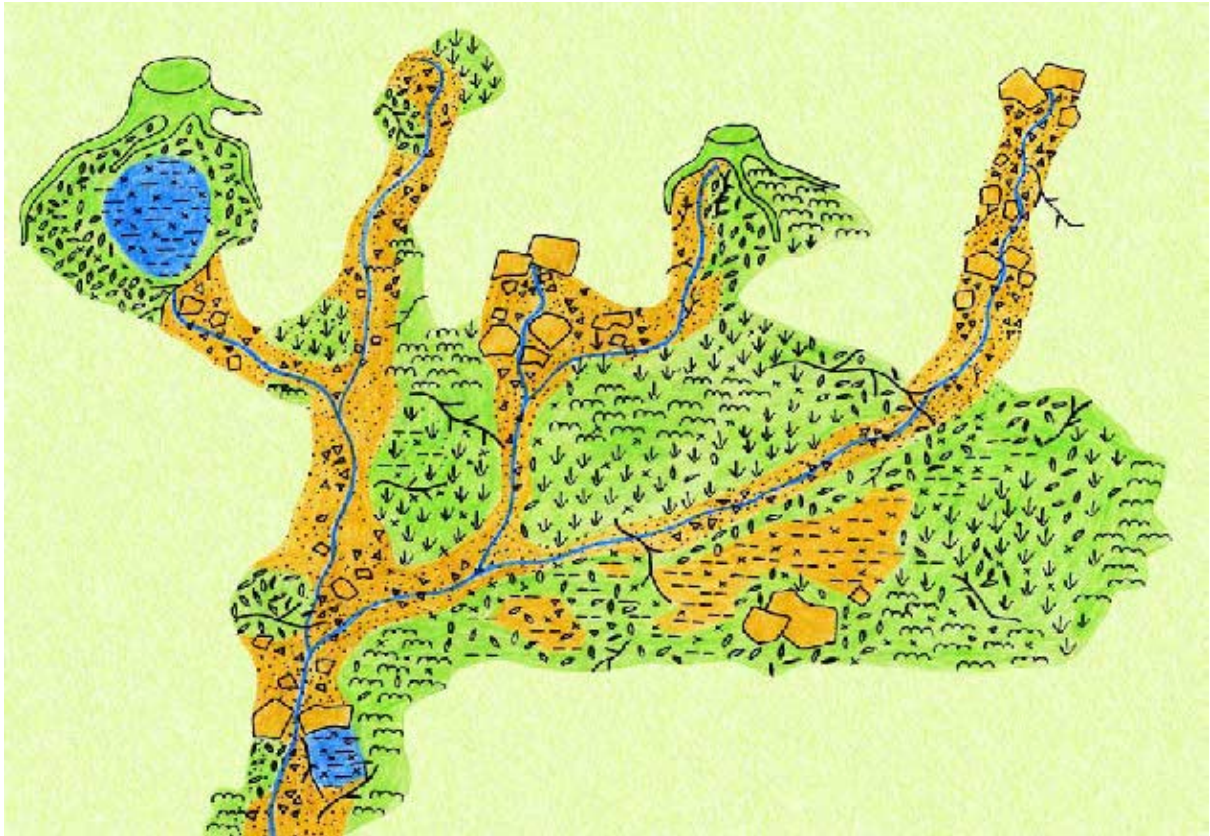
System Grobmaterial-geprägter Fließquellen.

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.



Skizze 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.



Skizze 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 Fließquellen.



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 Karten entnommen, die vom damaligen Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft im Hinblick auf die Wasserrahmenrichtlinie erstellt wurden (LFW 2004a+b).

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 IA 1, IA 2* und *IIIB 2* vollständig sowie teilweise den Grundwasserkörper *Unterer Main IIIB 1*.

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 ausstreichen, 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.

Quellentypen

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.

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



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

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.



Blockmaterial-geprägte Fließquelle aus der Rhön.



Fließquelle mit Eisenocker-Ausfällung.

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.

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.



Blockmaterial-geprägte Fließquelle aus dem Spessart.



Feinmaterial-geprägte Sickerquelle aus dem Spessart.

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 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 kontinuierlichem 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 ausstreichenden, bis zu 5 m mächtigen Grenzdolomit, 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.



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

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
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.

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.



Organisch-geprägte
Tümpelquelle.

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 Schicht-einfallen 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.

Quellentypen

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 Tümpelquelle.



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

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 Quellfassungen).

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 austreichender 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).

Quellentypen

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 Gesteinschemismus 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-Trümmersmassen 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.

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.

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 besondere 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.



Quellaustritt einer Grobmaterial-geprägten Fließquelle.



Sinterstruktur und Moosbesiedelung.



Kalktuffbänke bei Berching.



Riesenschachtelhalm-Eschenwald.

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 Schichtstufenslands 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 Quelfassungen.

Bodenwöhler Bucht

In der *Bodenwöhler Bucht* ist eine großräumige Muldenstruktur ausgebildet, in der hauptsächlich kre-tazische 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).

Quellentypen

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.

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.



Feinmaterial-geprägte Sickerquelle im *Bruchschollenland*.

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 Gesteinseinheiten (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 Marmorzug 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 schwebende Grundwasservorkommen auftreten. Der Teilraum *Fichtelgebirgs-Tertiär* ist wasserwirtschaftlich nur von geringer lokaler Bedeutung (vorwiegend Quellfassungen).

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

Feinmaterial-geprägte Fließquellen

Die Substratdiversität der hier vorhandenen Feinmaterial-geprägten Fließquellen ist mittel bis groß, da das Ausgangsgestein schwer verwitterbar ist und somit im Quellbereich sämtliche Zersetzprodukte 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 gröberem Substraten vor, die denen der alpinen Quellen ähnlich sind. Die Bäche hingegen gehören überwiegend dem grobmaterialreichen Typus an.



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

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.



Organisch-geprägte Sickerquelle.

Ökologischer Zustand der Quellen

In den großen Waldflächen des Südostdeutschen Grundgebirges kommt noch eine Vielzahl intakter Quellbiotop 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.



Organisch-geprägte Fließquelle.



Struktur einer organisch-geprägten Sickerquelle.



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 fluviatilen, 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.

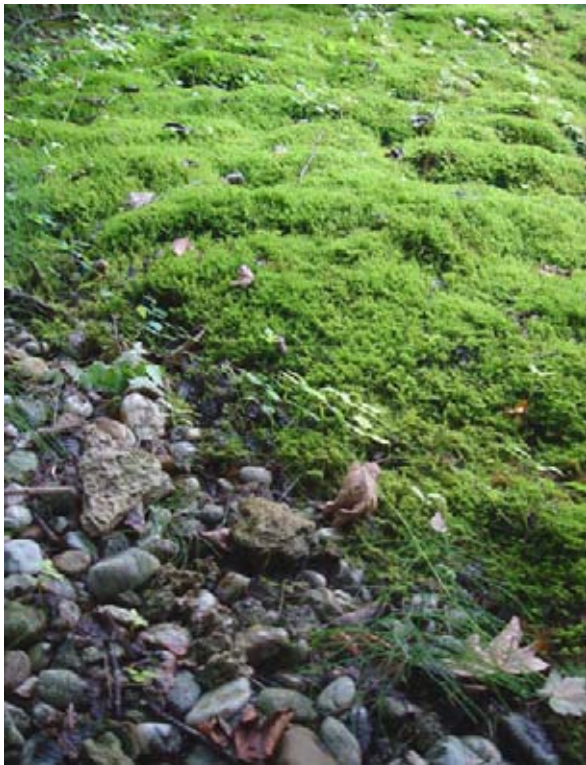
Quellentypen

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 verästeltes 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.



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



Quellbruchwald im *Tertiär-Hügelland*.

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*.

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*.



Feinmaterial-geprägte Fließquelle im *Tertiär-Hügelland*.

6.9 Fluvioglaziale Schotter

Der oben genannte 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.

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

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

Quellentypen

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 mit randlichem Sickerquellbereich 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 Quelldichte 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 in den fluvioglazialen Schottern.

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).



Feinmaterial-geprägte Sickerquelle in einer Quellmulde.

Quellentypen

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 beigemischt Kies verschiedener Größenordnung.

Feinmaterial-geprägte Linearquellen

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



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

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 Alpenvorlandes*, *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.

Quellentypen

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.



Bayerisches Löffelkraut (*Cochlearia bavarica*).



Feinmaterial-geprägte Tümpelquelle.

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 Austritte handelt.

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 Feuchtfeldern – noch eine Vielzahl von unbeeinflussten Offenlandquellen, deren Anteil in anderen Räumen Bayerns sehr gering ist.

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 Gesteinschemismus 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 Quelfassungen 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 überwie-

gend 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.



Feinmaterial-geprägte Linearquelle in den Nördlichen Kalkalpen.

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).

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.



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

Blockmaterial-geprägte Fließquellen

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.



Blockmaterial-geprägte Fließquelle in den Nördlichen Kalkalpen.

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 Wassermasse oder flächig, fächerartig als dünner Wasserfilm abfließt.



Fallquelle in der
Wimmbach-Klamm.

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.

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.



Grobmaterial-geprägte Sickerquelle.



Grobmaterial-geprägte Linearquelle.



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 „Aktionsprogramms Quellen in Bayern“ erarbeitet.

Das „Aktionsprogramm Quellen in Bayern“ wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz finanziert, an ihm waren 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 Literatur

- AHNERT, F. (1996): Einführung in die Geomorphologie – Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- 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 Weihenstephan.
- KEILHACK, K. (1917): Lehrbuch der Grundwasser- und Quellenkunde – 2. Aufl., Gebr. Bornträger Verlag, Berlin.
- LFW (2004a): Karte der Grundwasserkörpergrenzen Bayerns – Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Vorläufige Arbeitsgrundlage zur Wasserrahmenrichtlinie, München.
- LFW (2004b): Karte der Fließgewässertypen in Bayern – Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Vorläufige Arbeitsgrundlage zur Wasserrahmenrichtlinie, München.
- LFU (2008a): Aktionsprogramm Quellen in Bayern. Quellerfassung und -bewertung. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LFU (2008b): Aktionsprogramm Quellen in Bayern. Maßnahmenkatalog für den Quellschutz. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LFU (2008c): Aktionsprogramm Quellen in Bayern. Steckbriefe quelltypischer Tierarten. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- LFU (2008d): Aktionsprogramm Quellen in Bayern. Steckbriefe quelltypischer Pflanzenarten. – Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg.
- MEINZER, O.E. (1927): Large springs in the United States – US Geol. Survey Water Supply Paper 557, Washington D.C..
- MUTZ, M. (1989): Muster von Substrat, sohnaher Strömung und Makrozoobenthos auf der Gewässer-
sohle 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.

