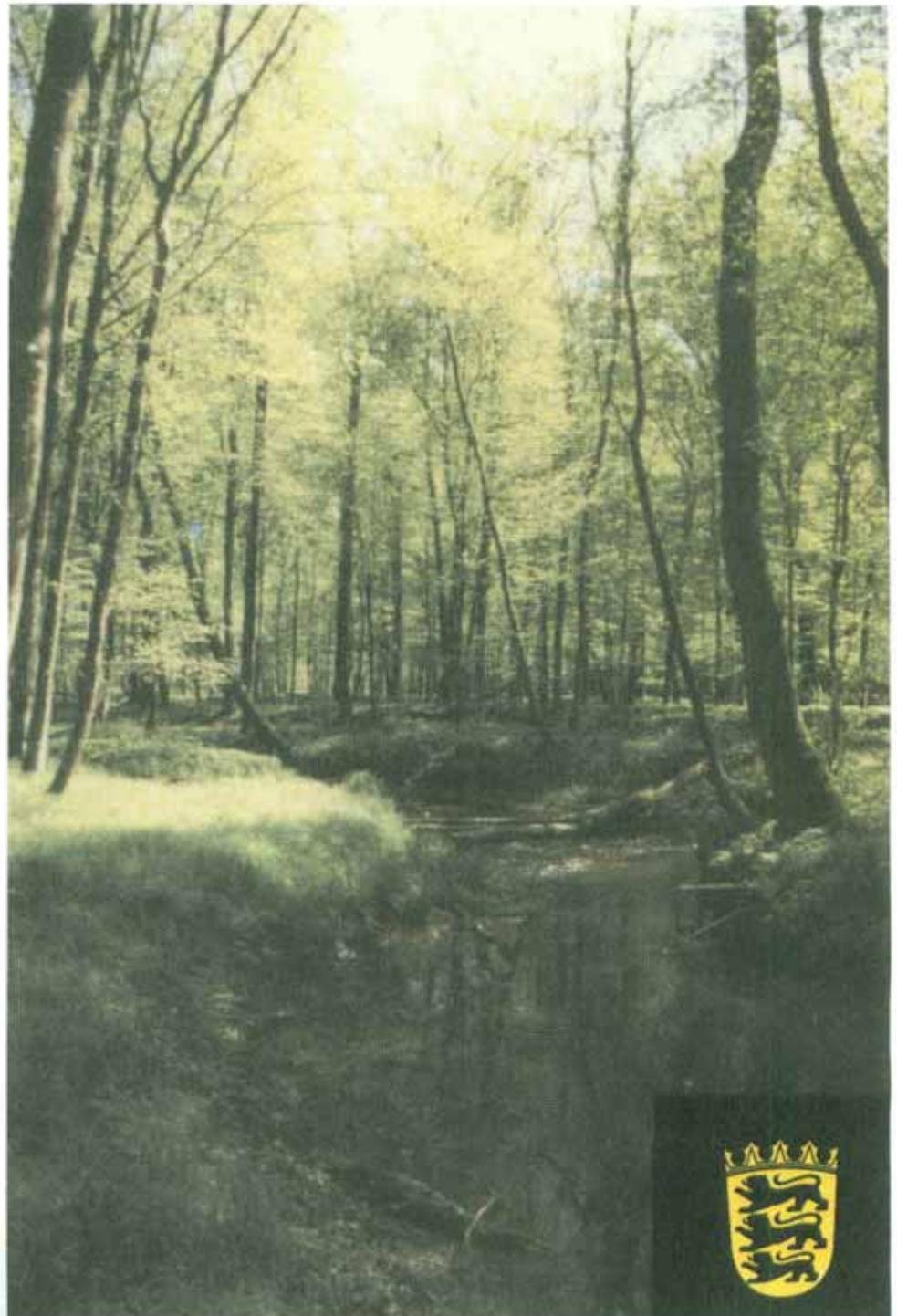


Die Gewässerlandschaften Baden-Württembergs



Die Gewässerlandschaften Baden-Württembergs



Herausgegeben von der
Landesanstalt für Umweltschutz
Baden-Württemberg

Karlsruhe 1999

IMPRESSUM

Herausgeber	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe, Postfach 210752 http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de/lfu
ISSN	1436-7882 (Band 53, 1999)
Verfasser	Dr. Elmar Briem, Dörrenbach
Projektbearbeitung	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Abteilung 4 Wasser und Altlasten
Redaktionelle Bearbeitung	Ingeborg Vonderstraß, Fachredakteurin für Geowissenschaften, Ehrenkirchen
Fotos	Abb. 1, 30, 43, 44, 49, 52, 101 - W. Maerzke, Leonberg Abb. 34, 37 - B. Walser (GwD Südlicher Oberrhein/Hochrhein, Bereich Offenburg) Abb. 72 - M. Strohmayer (Universität Hohenheim) alle übrigen - Landesanstalt für Umweltschutz
Kartographie	Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., Institut für Hydrologie (Dipl.-Hydrol. B. Heinrich, Dipl.-Ing. Kartographie V. Abraham)
Kartengrundlage	Kartenausschnitte S. 37/38: Topograpische Karte 1:50 000 Ausgabe O – Copyright Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, 27.01.99, Az: 2851.2-A/1.
Druck	BLUM offset DRUCK, Teningen
Umwelthinweis	gedruckt auf Recyclingpapier aus 100% Altpapier
Bezug über	Verlagsauslieferung der LFU bei der JVA Mannheim, - Druckerei - Herzogenriedstr. 111, 68169 Mannheim Telefax 0621/398-370
Preis	27.— DM

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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
1 Allgemeines	6
1.1 Einleitung	6
1.2 Das Handbuch – ein Leitfaden für die Praxis	7
1.3 Zur Methodik der Kartierung	8
1.4 Exkurs: Kleine Fließgewässer gestalten die Landschaft	9
2 Grundzüge und Begriffe der Fließgewässermorphologie	15
2.1 Täler – Hänge – Talformen	15
2.2 Abfluß und Gewässerbett, Quer- und Längsprofile der Gewässer	16
2.3 Material und Bachbett	19
2.4 Fließgeschwindigkeit und Korngrößen – Erosion, Transport, Sedimentation und Sortierung	20
2.5 Morphologie der Auen	23
2.6 Chemismus der Gewässer: Silikatische und Karbonatische Gewässer	26
3 Die Entwicklungsgeschichte des Gewässernetzes von Baden-Württemberg	29
4 Die Ergebnisse der Analyse der Geländeformen	33
5 Die Fließgewässerlandschaften Baden-Württembergs	39
5.1 Die Flach- und Hügellandgewässer der Lößregionen	39
5.2 Die Flachlandgewässer der holozänen Aufschüttungen / Auegewässer	41
5.3 Die Flachlandgewässer der jungquartären Schotterflächen	44
5.4 Die Hügel- und Flachlandgewässer des Jungmoränenlandes	45
5.5 Die Hügel- und Flachlandgewässer des Altmoränenlandes, des Terrassen- und tertiären Hügellandes	47
5.6 Die Hügel- und Berglandgewässer des Malm (Weißjura)	51
5.7 Die Hügel- und Berglandgewässer des Lias und Doggers (Schwarzer und Brauner Jura)	54
5.8 Die Hügel- und Berglandgewässer des Keupers	58
5.9 Die Flach- und Hügellandgewässer des Muschelkalks	65
5.10 Die Berglandgewässer des Buntsandsteins	68
5.11 Die Berglandgewässer des metamorphen Grundgebirges	71
5.12 Die Berglandgewässer des granitischen Grundgebirges	76
6 Schlußbemerkungen	79
7 Die Fließgewässerlandschaften – eine Kurzfassung in Übersichtstafeln	80
Glossar	94
Literaturhinweise	98
Veröffentlichungen der Reihe Handbuch Wasser 2 – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie	99

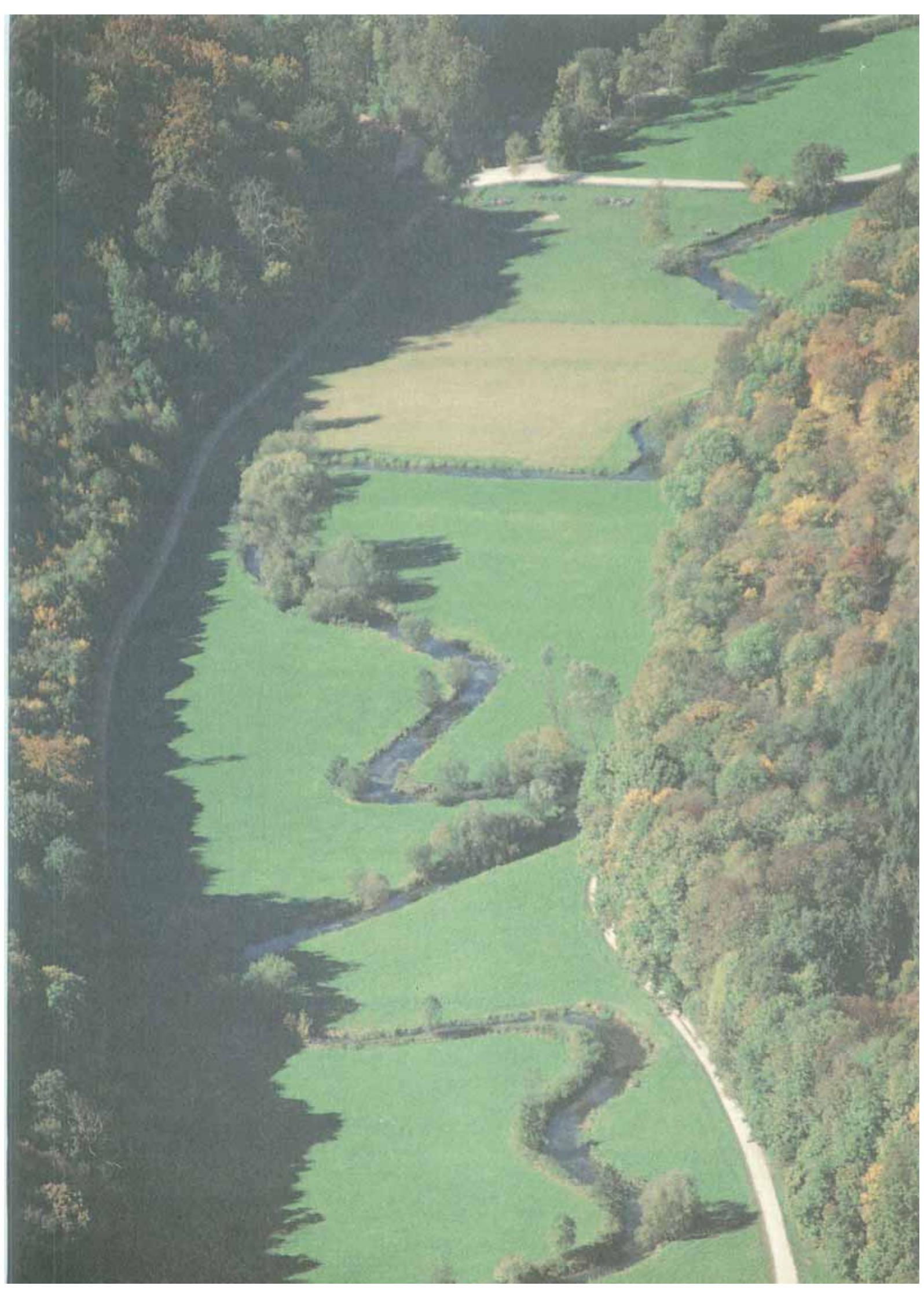
Zusammenfassung

In der Schriftenreihe "Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie" werden bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Arbeitshilfen zur naturnahen Entwicklung, Unterhaltung und Umgestaltung der Gewässer und Auen herausgegeben. Diese Arbeitshilfen richten sich an Behörden, Planer und interessierte Bürger gleichermaßen.

Der vorliegende Band "Die Gewässerlandschaften Baden-Württembergs" beinhaltet eine Gliederung der Fließgewässer in Baden-Württemberg auf der Grundlage typischer natürlicher Strukturmerkmale, das heißt Fließgewässer mit ähnlicher Struktur werden zusammengefaßt in sogenannten "Gewässerlandschaften". Als maßgebliches Gliederungsprinzip werden die Eigenschaften der anstehenden Gesteinsschichten herangezogen, die wesentlich die Talform und die Strukturen im Gewässer beeinflussen. Es werden insgesamt zwölf Gewässerlandschaften in Baden-Württemberg ausgewiesen: Die Gewässer der Lößregionen, der holozänen Aufschüttungen (Auegewässer), der jungquartären Schotterflächen, des Jungmoränenlandes, des Altmoränenlandes bzw. des Terrassen- und tertiären Hügellandes, des Malms, des Lias und Doggers, des Keupers, des Muschelkalks, des Buntsandsteins, des metamorphen und des granitischen Grundgebirges. Für jede Gewässerlandschaft werden z.B. die typischen Talformen (Muldental, Kerbsohlental, Kerbtal, Kastental) dargestellt, die Reliefsituation, das typische Längsprofil der Gewässer, das Substrat des Gewässerbettes und seine Körnigkeit, die Gestalt des Bachbettes, die Form der Uferlinien und der Krümmungsgrad des Gewässerlaufes werden beschrieben und in Form von Übersichtstafeln dargestellt.

Zweck dieser Schrift ist es, eine Grundlage für verschiedene Anforderungen im Rahmen der naturnahen Gewässerentwicklung bereitzustellen. Sie stellt unter anderem aussagekräftige Informationen für die Bestimmung des natürlichen Zustandes der Gewässerstruktur, der als Maßstab für die Bewertung des aktuellen Zustandes dient, zur Verfügung.

*Abb. 1 (rechts)
Große Lauter (Schwäbische Alb).
Kerbsohlental in der
Gewässerlandschaft Malm (Weißjura)*



1 Allgemeines

1.1 Einleitung

Die naturnahe Entwicklung der Fließgewässer ist die zentrale Aufgabe der Wasserwirtschaftsverwaltung des Landes. Der Gewässerausbau vergangener Zeiten führte vielerorts zu nachteiligen Folgen: Sie zeigen sich in der Verschärfung von Hochwasserereignissen, flächendeckenden Erosionsvorgängen und einer Absenkung des Grundwasserspiegels. Ziel der Gewässerentwicklungsplanung ist es heute, diese Auswirkungen zu mildern oder wo möglich wieder auszugleichen. Dazu bedarf es in der Praxis zum Beispiel eines Instrumentariums, um den gegenwärtigen Ist-Zustand in Vergleich zum naturnahen Zustand der Gewässer setzen zu können. Als Bewertungsgrundlage wird hierzu das *Leitbild* herangezogen.

Das Leitbild umschreibt den *potentiellen natürlichen Zustand* eines Gewässers. Es versucht damit, den quasi-unbeeinflussten Zustand der Gewässerstruktur wiederzuspiegeln, wie er zum Beispiel vor den umgestaltenden Eingriffen des Menschen bestanden haben mag. Für einige Fließgewässer wie den Rhein kann ein Zustand wie in vorindustriellen Zeiten nicht mehr der Leitvorstellung dienen. Hier beschreibt das Leitbild mögliche Entwicklungsformen, wie sie sich ohne weitere Einflußnahme des Menschen auf die Gewässerstruktur in Zukunft einstellen könnten. Das Leitbild wird damit zu einer wesentlichen Bewertungsgrundlage für eine Optimierung des ökologischen Systems.

Handbuch und Übersichtskarte wollen als Grundlage der Leitbildentwicklung und Strukturgütebewertung der Fließgewässer in Baden-Württemberg dienen. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen dabei die sogenannten „kleineren Fließgewässer“. Zur Leitbildentwicklung werden in erster Linie Informationen über die physischen Bedingungen im Bereich der Fließgewässer benötigt. Diese müssen wesentliche Aussagen zu morphologischen wie geologischen Gegebenheiten beinhalten.

Die Tal- und gewässermorphologische Übersichtskarte im Maßstab 1:350.000 zeigt die räumliche Verbreitung von Talformen und Gewässertypen in Baden-Württemberg. Als Talformen werden die großen Formentypen Kerbtal, Kerb-

sohlental, Muldental, Kastental und Auental angesprochen. Sie sind durch farbliche Liniensignaturen entlang der Fließgewässer gekennzeichnet. Die Flächenfarben geben die Verbreitungsgebiete von Gewässertypen wieder. Gewässertypen definieren sich hier über zwei wesentliche Parameter: Relief und Substrat. Beide steuern das Erscheinungsbild der Gewässer und bestimmen zusammen den Charakter der jeweiligen *Gewässerlandschaft*. Dem Relief bzw. Geländegefälle nach wird begrifflich unterschieden zwischen Flachlandgewässern, Hügel- und Flachlandgewässern, Hügel- und Berglandgewässern, Berglandgewässern und den Flach- und Hügellandgewässern. Sie bilden die Hauptkategorien der Gewässertypen. Diese werden genetisch in Zusammenhang gesetzt mit der petrographischen Ausstattung der Teilräume, also dem Substrat und seinen Verwitterungsprodukten - wie zum Beispiel Buntsandstein, Jungmoränenland oder Löß. Das Substrat differenziert damit vielfältige Subtypen der Gewässerstruktur aus. Beschreibend weist die Kartenlegende darüber hinaus wesentliche Merkmale der jeweiligen Gewässerlandschaften aus und ergänzt diese zum Teil durch schematische Profilschnitte zu Tal- und Geländeformen.

Die vorgestellten Gewässerlandschaften definieren sich damit als Teilräume, die vom Formen- und Strukturinventar her gleich ausgestattet sind. Alle Bachsysteme einer solchen naturräumlich homogenen Landschaftseinheit werden zusammenfaßt und als flächenhaftes Vorkommen typischer tal- und gewässermorphologischer Erscheinungsformen betrachtet. In Kapitel 1.2 wird aufgezeigt, mit welchen methodischen und kartographischen Mitteln die verschiedenen Gewässerlandschaften Baden-Württembergs bestimmt und abgegrenzt werden konnten.

Daß hier die „kleineren Fließgewässer“ im Mittelpunkt der Betrachtung stehen, liegt nicht nur in der Wahl des Darstellungsmaßstabes begründet: Die morphologische Entwicklung der großen Fließgewässer ist nicht so eng an die geologischen Gegebenheiten gebunden. Diese Gewässer gestalten ihre Strukturen eigendynamisch und überprägen so die landschaftlichen Feinheiten. Dem gegenüber stellen die „kleineren Fließgewässer“ in unseren Breiten die eigentlichen landschaftsgestaltenden Elemente dar: Berg und Tal, Auen, Hochgebirge und Tiefländer wurden und werden zum größten Teil durch das fließende Wasser gestaltet. Kleine

Fließgewässer haben mit über 90% der Gewässerlaufängen und ebenso großem Anteil am Gesamtvolumen des Oberflächenabflusses eine überragende Bedeutung, zum Beispiel für den Hochwasserschutz und die Grundwasserbildung. Bäche sind nicht nur ein Transportmedium für fließendes Wasser, sie verfügen auch über die Energien, mit der sie feste und gelöste Stoffe transportieren und den Untergrund abtragen können. Pflanzen und Tieren bieten sie wichtige und vielfältige Lebensräume. Deshalb ist den kleinen Fließgewässern ein gesonderter Exkurs zum Abschluß dieser Einleitung gewidmet.

1.2 Das Handbuch – ein Leitfaden für die Praxis

Im Mittelpunkt des Handbuches steht die Beschreibung der Fließgewässerlandschaften Baden-Württembergs, wie sie in der Übersichtskarte räumlich ausgewiesen sind. Dabei sollen bewußt nur die wesentlichen Grundzüge und strukturellen Merkmale der Gewässerlandschaften herausgestellt und die regionalen Besonderheiten von Bächen verdeutlicht werden. Das Handbuch will auf diese Weise einen Beitrag zum besseren Erkennen und Verständnis der regional unterschiedlich gestalteten Gewässererscheinungen leisten. Es hat den Anspruch, das Konzept einer *regionalen Leitbildbestimmung* vorzustellen. Die hier angebotenen Informationen bilden eine wesentliche Grundlage für die Bestimmung der Leitbilder im Rahmen der Gewässerstrukturgüte-Bewertung.

Naturnahe Entwicklungsmaßnahmen erfordern differenzierte Kenntnisse über das Zusammenwirken der komplexen Abläufe bei den Fließgewässern. Wichtigstes Ziel des naturnahen Wasserbaus ist es, mit möglichst geringem arbeitstechnischen und finanziellen Aufwand ein im Sinne des morphologischen Gleichgewichts stabiles Gewässer mit standorttypischen Merkmalen zu erreichen. Um dieser Aufgabe gerecht werden zu können, müssen für die Entwicklung von Leitbildern zunächst Grundkenntnisse über die Formen, Strukturen, Materialien und den Chemismus der Gewässer in ihrer regionaltypischen Ausprägung erworben werden. Hierzu bietet das Handbuch geeignete Informationen.

Die Kenntnisvermittlung geschieht hier auf der raumübergreifenden Übersichtsebene, also der planungs- und praxisrelevanten Einstiegsebene. Auf dieser Maßstabsebene

hat die geologisch-geomorphologische Ausstattung der Gewässer die größte Bedeutung: die Quer- und Längsprofile von Tal und Gewässerlauf, das Tal- und Gewässergefälle, der Aufbau der Auen und die Struktur des Gewässerbetts sowie die Gewässerchemie stehen in direktem Zusammenhang mit der Vertikaltektonik und vor allem mit der petrographischen Ausstattung des jeweiligen Naturraumes. Substrat und Gefälle steuern im wesentlichen die Erscheinungsformen der Gewässer (Geologischer oder Substrattyp) – selbst bis in die kleinräumigen Maßstabsebenen hinein.

Für die konkrete und bei Bedarf parzellenscharfe Erfassung und Bewertung der Strukturgüte eines speziellen Gewässers wird es weiterhin notwendig sein, den unbeeinflußten Zustand zum Beispiel mittels Kartenvergleich (historisch/aktuell) oder auf anderen methodischen Wegen zu rekonstruieren. Eine solch umfassende Aufgabe kann hier nicht vollständig und auch nicht bis ins Detail bewältigt werden. Für eine landesweite Darstellung der Gewässerlandschaften war die Maßstabsebene von 1:350.000 vorgegeben. Sie erfordert den Schritt zur Generalisierung. Damit ist immer wieder die schwierige Entscheidung verbunden, welche Inhalte noch zur Darstellung gelangen und auf welche verzichtet werden muß. Im Begleittext wurden – wo möglich – Bezüge zu kleineren Maßstabsebenen, insbesondere zur biologischen Ausstattung, mitberücksichtigt. Sie sind aber nicht Aufgabe dieser Arbeit und werden daher auch nicht explizit behandelt.

Die textlichen Ausführungen sind durch reichhaltiges Bildmaterial ergänzt. Für jede Gewässerlandschaft zeigen exemplarische Fotos typische Talformen, ausschnittsweise Sohlsubstrate und die naturnahe Linienführung des Gewässers. Nicht in allen Gewässerlandschaften sind noch naturnahe Fließgewässer vorhanden.

Wichtige Zusatzinformationen bieten die drei Kapitel, die der eigentlichen Darstellung der Fließgewässerlandschaften vorangestellt sind. Hier sind die Grundzüge und Fachbegriffe der Fließgewässermorphologie in verständlicher Übersicht dargestellt, wird die Entwicklungsgeschichte des Gewässernetzes in Baden-Württemberg kursorisch durchstreift und das Ergebnis der Formenanalyse exemplarisch anhand von Kartenbeispielen entwickelt.

Die tabellarische und graphische Kurzfassung am Ende des Bandes stellt noch einmal die wesentlichen Merkmale der Gewässerlandschaften stichwortartig zusammen. Das Glossar erfaßt Schlüsselbegriffe, die im Text nicht explizit erläutert werden können. Diese Begriffe sind im Text mit dem Symbol * gekennzeichnet.

1.3 Zur Methodik der Kartierung

Aufgabe der Kartierung war es, tal- und gewässermorphologisch gleich ausgestattete Teilräume auszuweisen, um so die Gewässerlandschaften bestimmen zu können. Dieses Ziel wurde in drei aufeinanderfolgenden Arbeitsschritten erreicht:

- (1) Karteninterpretation (TK 1: 50.000)
- (2) Geländeuntersuchungen an Referenzgewässern
- (3) Kartographische und textliche Bearbeitung

(1) Karteninterpretation

Die Karteninterpretation beschreibt und analysiert zunächst die Formen des Geländes anhand der Konfiguration der Höhenlinien (*Formenanalyse*). Auf die Analyse des Formeninventars folgt die Deutung und genetische Einordnung der Befunde.

Die Abgrenzung von Gewässerlandschaften erfordert nun nicht eine umfassende Karteninterpretation. Hier geht es vielmehr darum, die gewässerspezifischen Strukturen und bachbegleitenden Geländeformen, insbesondere die Talformen, zu erkennen. Die Höhenlinien geben hilfreiche Informationen über Gefälleverhältnisse und die Anlage von Längs- und Querprofilen. Profildarstellungen werden am besten gleichzeitig mit der Interpretation angefertigt; sie veranschaulichen holzschnittartig die Grundstrukturen. Die Ergebnisse der Karteninterpretation werden zuletzt in Form einer Vorkartierung in den nächst folgenden, kleineren Maßstab übertragen. Damit schließt die Karteninterpretation mit der flächendeckenden „Rohkartierung“ gewässermorphologisch gleich ausgestatteter Teilräume. Die Erfahrung hat bestätigt, daß die topographischen Karten des Maßstabes 1:50.000 von der Genauigkeit her den kleinstmöglichen Maßstab für die hier geforderte Grundlagenkartierung darstellen. Die flächendeckende Interpretation der TK 1:50.000 des Landes ist also die sehr arbeitsaufwendige, aber notwendige Grundlage der Kartierung von Gewässerlandschaften.

Die Faltafel (Seiten 37/38) zeigt typische Tal- und Gewässerformen Baden-Württembergs am Beispiel ausgewählter orohydrographischer Kartenausschnitte auf der Grundlage der TK 1:50.000 (10 x 10 cm = 25 km²). Die Kartenbeispiele verdeutlichen in ihrer Einfachheit die charakteristischen Geländeformen und regen zum eigenständigen Lesen, Suchen und Analysieren an. Die Äquidistanz, der vertikale Abstand der Höhenlinien zueinander, beträgt aus Vergleichsgründen für die meisten Kartenausschnitte 10 m. Ausnahmen bilden die beiden Kartenausschnitte Blatt Offenburg und Blatt Baden-Baden. Hier wurde die Äquidistanz auf 5 m verkürzt, um die feine Reliefierung der Flachlandbereiche noch erfassen zu können. Die Ergebnisse der Formenanalyse dieser 12 Kartenbeispiele werden in Kapitel 4 vorgestellt.

Die Formenanalyse mit Hilfe der Höhenlinien erfaßt vor allem folgende gewässermorphologische Erscheinungen:

- Talform, unterscheidbar in
 - Kerb- und Sohlental
 - Muldental
 - Kastental
- Tal- und Gewässerdichte*
- Gewässeranlage (Aufsicht)
- Vorhanden-/Nichtvorhandensein von Sohlen bzw. Auen

Die Verbreitung dieser Formenerscheinungen wird nun entlang der Längsprofile festgestellt. Dieser erste methodische Schritt führt meist schon zu einer Ausgliederung von Teilräumen, die im wesentlichen mit petrographisch und reliefmäßig gleich ausgestatteten Regionen übereinstimmen. Abschließend werden aus jedem Teilraum die Gewässer ausgewählt, die dem Kartenbild nach als „naturnah“ erscheinen. Sie dienen als „Referenzgewässer“ für die folgenden näheren Geländeuntersuchungen.

(2) Geländeuntersuchungen an Referenzgewässern

Durch Geländebegehungen an Referenzgewässern sollen teilraumspezifische, beschreibende Daten zu Substrat, Fließart, Bettform und Linienführung sowie zu Erosion, Transport und Akkumulation* bzw. Sedimentation* der Gewässer gesammelt werden. Die Geländebegehung umfaßt also zahlreiche Beobachtungen, Messungen und wo notwendig auch Probenentnahmen, die zum Beispiel zur Korngrößenanalyse im Labor herangezogen werden. Es gilt herauszufinden, welche substratbezogenen Faktoren die

Gewässerstrukturen bestimmen. Die Auswertung der geologischen Karten und der Literatur sind selbstverständliche Voraussetzung für diesen Arbeitsgang.

Vor Ort ist auch die Verifizierung gefragt: Haben die im Kartenbild in den Makrostrukturen (Talformen, Profile) ähnlich erscheinenden Gewässer in der Natur und den kleinräumigeren Differenzierungsebenen gleiche Merkmale, oder überlagern sich die Einflußfaktoren z. B. im längszonalen Aufbau derart stark, daß eindeutig bestimmende Charakterzüge nicht festgestellt werden können?

Bei den bisherigen Geländeuntersuchungen stellte sich heraus, daß die Bäche, die in einem vom Substrat gleich ausgestatteten Teilraum angelegt sind, nur in Abhängigkeit vom Gefälle und in der längszonalen Anordnung variierende Erscheinungen aufweisen; ansonsten haben sie gleiche Charakterzüge. Es handelt sich um Gewässer der 1' u. 2', teilweise auch noch der 3' Formation, wenn die vom Substrat gleich ausgestatteten Räume groß genug sind. Viele Gewässer der 2' Formation haben schon Sohlen bzw. Auen ausgebildet und sind als Talauebäche anzusprechen. Wenn die Auesedimente aus der umgebenden Fließgewässerlandschaft stammen, so wurden diese Bäche auch dieser Landschaft zugeordnet. Erst bei größeren Gewässern wurde dann ein eigener Typus „Auegewässer“ bzw. „Flachlandgewässer der holozänen Aufschüttungen“ auskartiert, wenn diese Gewässer mehrere Fließgewässerlandschaften durchqueren, die Sohlen/Auen Mischsedimente aufweisen und die Breite der Auen mehr als 500 m beträgt. Diese Gewässer stehen also nicht mehr in Kontakt mit dem seitwärts anschließenden Gelände.

(3) Kartographische und textliche Bearbeitung

Nach Sichtung, Messung und Ordnung der Untersuchungsinhalte erfolgte die schriftliche Darlegung der Ergebnisse und die graphische Ausgestaltung des Textes. Nachdem die Kartenlegende festgelegt war, konnte die eigentliche kartographische Entwurfsarbeit mit dem Ziel beginnen, eine "Rohkarte" im gewünschten Maßstab anzulegen. Mit der Verkleinerung des Maßstabes von 1:50.000 über 1:100.000 auf 1:350.000 verringern sich die Längen um das 7fache und die Flächen um das 49fache. Inhaltlich und formal mußte also erheblich generalisiert werden.

1.4 Exkurs: Kleine Fließgewässer gestalten die Landschaft

Zur begrifflichen Abgrenzung von Bach und Fluß

In der Fachliteratur werden die Bäche als "kleine Fließgewässer" nur unscharf von den großen Fließgewässern, den Flüssen, abgegrenzt. Unter Bächen versteht man diejenigen Fließgewässer, die durch folgende Kenngrößen gekennzeichnet sind:

- maximale Breite bei bordvollem Abfluß* (Qbv): 10-15 m
- mittlerer Abfluß (MQ): maximal 3 m³/s
- Einzugsgebiet (A): nicht größer als 150 km²

Alle größeren Fließgewässer werden als Flüsse bezeichnet. Die Klassengrenzen dieser Kenngrößen stimmen näherungsweise mit der hierarchischen Fließgewässerordnung nach STRAHLER (1957) überein. STRAHLER versucht, die Gewässer nach Größenklassen (Formationen) zu ordnen (Abb. 2).

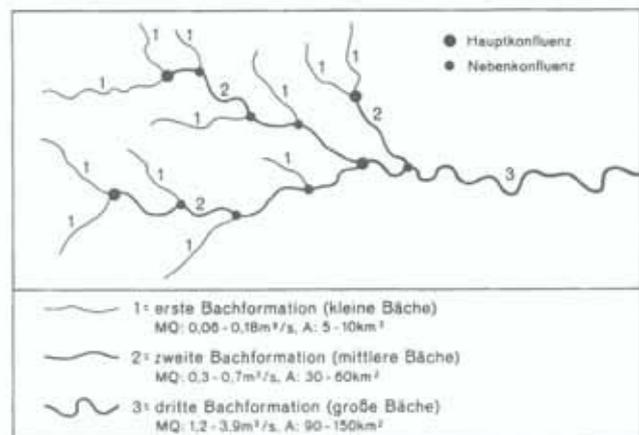


Abb. 2 Hierarchische Fließgewässerordnung: Formationen und Kennziffern (nach STRAHLER 1957, verändert durch OTTO & BRAUKMANN 1983)

Nach diesem Ordnungsschema wird die nächst größere Formation mit der Konfluenz zweier gleichwertiger Gewässer erreicht. Quellgewässer sind in diesem System nicht berücksichtigt und könnten mit der Kennziffer 0 gekennzeichnet werden. Gewässer der Formation 4' sind danach an der Grenze zwischen großem Bach und kleinem Fluß einzuordnen. OTTO (1991) versucht, Bach und Fluß nach dem Einfluß der Vegetation auf die Gewässer zu definieren. Demnach ist der Begriff Fluß dort anzusetzen, wo der Kronenschluß über dem Wasser nicht mehr gegeben ist und die Gehölzvegetation keinen entscheidenden Einfluß mehr

auf das Gewässer hat. Grundsätzlich ist festzuhalten, daß Flüsse in der Regel im Tiefland mit geringem Gefälle auf oder in ihren eigenen Aufschüttungen fließen. Dagegen sind Bäche vom Hochgebirge bis ins Tiefland meist von großer Formenvielfalt begleitet. Sie sind die eigentlichen und prägenden Gestalter unserer Landschaft.

Erosion - Transport - Sedimentation

Die Wirkungsweise eines Gewässers ist am besten zu verstehen, wenn man vom Prinzip des Gleichgewichts der Kräfte ausgeht: Zunächst einmal besitzt das fließende Wasser Energie, mit der es feste und gelöste Stoffe transportieren kann. In einem gegebenen Bachquerschnitt ist diese „Erosionsenergie“ im wesentlichen von den Faktoren Wasserführung, Fließgeschwindigkeit und Gefälle abhängig. Andererseits steht dieser Energie die „Rauheit“ des Fließbettes als Reibungswiderstand gegenüber. Sie wird von drei Faktoren beeinflusst: der Widerständigkeit des anstehenden Fließbettes an Sohle und Ufer, der Menge, Größe und Form des zu transportierenden Materials und der Ufervegetation. Je größer die zum Transport* bereitgestellte Menge des Materials und je gröber und kantiger die Fracht ist, umso größer ist auch der Reibungswiderstand, den das Wasser mit seiner Energie zu überwinden sucht. Zusätzlichen Widerstand bietet die Vegetation, zum Beispiel durch stabilisierendes Wurzelwerk. Übersteigen Reibungswiderstand und/oder die zu transportierende Materialmenge die Transportkraft des Wassers, so sedimentiert das Gewässer auf (Auebildung). Ist nur wenig Fracht und feines Material vorhanden, kann die überschüssige Energie zur Abtragung des Untergrundes eingesetzt werden. Erosion setzt ein. Das Gewässer ist dann stabil, wenn seine Energie aufgebraucht wird, d.h. wenn Erosions- und Sedimentationsrate gleich sind.

Die potentielle (Erosions-)Energie oder „Schleppkraft“ eines Gewässers ist das Produkt aus der Formel

$$m \cdot v^2 / 2$$

worin der Abfluß (Q) - hier als „Wassermenge m“ bezeichnet - und die Fließgeschwindigkeit (v) die Berechnungsfaktoren bilden. Dieser Energie steht nun das zu überfließende und eventuell zu transportierende Substrat mit seiner Rauheit entgegen. Im Wasserbau werden verschiedene Formeln für die Berechnung der Gewässerleistung eingesetzt, die zum größten Teil auf Erfahrung beruhen oder empirisch aus Modellen entwickelt wurden.

Eigendynamische Entwicklung und relativer Stabilitätszustand eines Gewässers

Jedes Gewässer erreicht nach einiger Zeit den Kräfteausgleich zwischen Erosionsenergie und Reibungswiderstand. Dieser relative Stabilitätszustand entspricht dem „natürlichen Gleichgewichtszustand“. Danach finden nur noch sehr langsame Veränderungen durch Verwitterung und Abtragung oder Sedimentation statt. So ist ein Gewässer auch nach jedem Eingriff bestrebt, diesen Gleichgewichtszustand wiederherzustellen. Dazu zwei Beispiele: Wird durch Rodung viel Material auf Hängen und Flächen mobilisiert und dem Gewässer zugeleitet, so findet Sedimentation im Gewässerlauf statt und eine Aue bildet sich aus. Wird ein Stauwehr errichtet, so entsteht rückwärtig eine Geschiebefalle und Sedimentation setzt ein (Auflandung). Unterhalb des Wehres herrscht „Geschiebemangel“ und damit erhöht sich die Erosionstätigkeit des fließenden Wassers. Solange der Gleichgewichtszustand gestört ist, geht die gestalterische Tätigkeit des Gewässers weiter. Die Arbeit, die das Gewässer zwischen der Störung (z.B. einer Ausbaumaßnahme) und dem Erreichen des erneuten Stabilitätszustandes leistet, wird auch als „eigendynamische Entwicklung“ bezeichnet. Jeder Eingriff führt also zu weitreichenden Folgen. Bei der Planung von Entwicklungs- bzw. Baumaßnahmen sind vor allem diese Folgen zu berücksichtigen. *Ziel der Entwicklung ist immer der relative Stabilitätszustand des Gewässers, der vor allem durch den Prozeß der eigendynamischen Entwicklung erreicht werden soll.* Stabilitätszustand bedeutet weit weniger Unterhaltungs- und Entwicklungsmaßnahmen; zwei wichtige Ziele, die bei der Planung im Vordergrund stehen. Eigendynamische Entwicklung heißt, daß dem Gewässer für die Schaffung des Stabilitätszustandes Zeit, Raum und im Bedarfsfall initiative Maßnahmen zur Verfügung gestellt werden müssen.

Substrat und Gewässerstruktur

Wie bereits ausgeführt, wird das Erscheinungsbild der Gewässer durch das Substrat und das Gefälle bestimmt. Bei der Gewässerentwicklung, auch der eigendynamischen, stellen sich in Abhängigkeit vom Substrat sehr unterschiedliche Stabilitätszustände ein. Bereits die Längsprofile von Gewässern zeigen deutliche substratbedingte Unterschiede: Bei sehr rauen Substraten wird der Stabilitätszustand bei viel höheren Fließgeschwindigkeiten

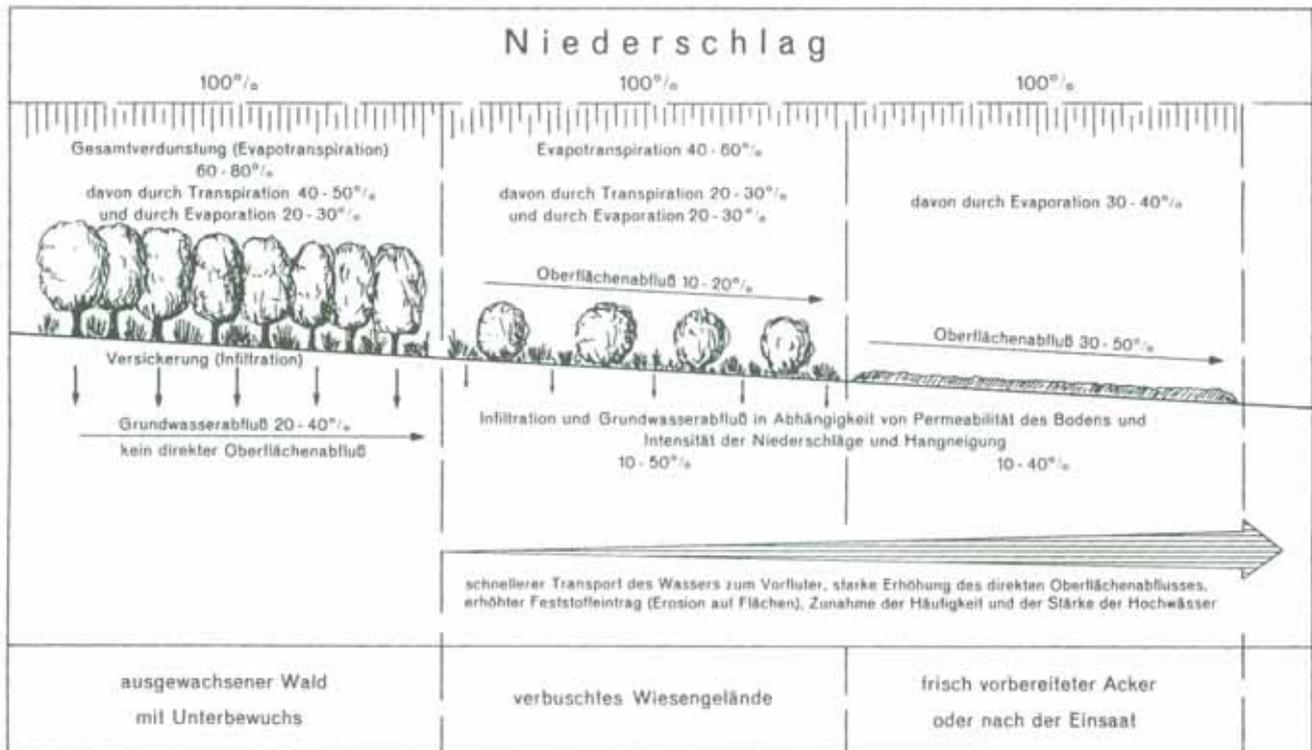


Abb. 3 Niederschlag und Abfluß in Mitteleuropa (in Abhängigkeit von Vegetation und Relief)

- das heißt bei weitaus steilerem Gefälle - als bei feineren Materialien erreicht. In Bereichen mit viel grobklastischem Verwitterungsmaterial entstehen steil gestreckte Längsprofile. In Feinmaterialregionen sind bei gleichen Reliefvoraussetzungen stark konkav „durchhängende“ Profile ausgeprägt, die sich durch steile, sehr kurze Oberläufe und besonders flache Mittel- und Unterläufe ausweisen. Noch deutlicher werden die Unterschiede bei den Bachbettstrukturen* und den Breiten-/Tiefenverhältnissen der Bäche: Grobmaterial bedingt Strukturreichtum und breite Bäche, Feinmaterial strukturarme, steilwandige und tiefe Gewässer (vgl. Kap. 2). Damit gewinnt die Vegetation in Regionen mit Feinmaterial besondere Bedeutung für die Strukturvielfalt der Gewässer. Je feiner die Materialausstattung, umso wichtiger wird die Vegetation für Strukturgröße und Fließverhalten. Deshalb sollte deutlich zwischen Materialrauheit und Vegetationsrauheit unterschieden werden.

Zum postglazialen Landschaftswandel

Solange dem Gewässer genügend Fracht nachgeliefert wird oder der Reibungswiderstand groß genug ist, verhalten sich die Gewässerstrukturen stabil. Unter natürlichen Bedingungen wird die Landschaft nur sehr langsam durch Klimaveränderungen umgestaltet. Das heutige Erscheinungsbild der Landschaftsformen ist im wesentlichen in der letzten Kaltzeit entstanden. Danach, mit Beginn des Holozän vor etwa 10.000 Jahren, wurde die Gestalt der Landschaften durch die erosionshemmende Wirkung der Vegetation weitgehend konserviert. Die Substrate bestehen in den Bergländern und Gebirgen überwiegend aus Frostschutt, in den Flachländern aus moränen* und fluvialen Aufschüttungen der Kaltzeiten. Frostschutt entsteht, wenn sich durch Frostsprengung eckiger Schutt und grobe Blöcke aus dem Gesteinsverband lösen. Je nach Ausgangsgestein und Zertrümmerungsgrad können auch feinere Korngrößen dem Schutt beigemischt sein. Mischung und Anteile variieren zwischen den Gesteinen sehr stark - es ist auch hier wieder die Petrovarianz*, die den gestaltenden Einfluß auf die Gewässer ausübt. Der Frostschutt stellt den wichtigsten Geschiebelieferanten der Mittelbreiten* dar. Bei moränen Ablagerungen sind im wesentlichen Feinmaterialsedimente (Grundmoränenlehme) und gröbere, überwiegend sandige Ablagerungen (Endmoränen*, Sander*) zu unterscheiden.

Besondere Erscheinungen zeigen sich im Alpenvorland: Hier ist im allgemeinen erheblich gröberes Material abgelagert worden; blockige Endmoränen und steinig-kiesige Schotterfluren gestalten das Bild dieser glazialen Aufschüttungslandschaft.

Mit den feuchteren und wärmeren klimatischen Verhältnissen setzte eine verstärkte Bodenbildung und Stabilisierung der Landschaften durch Waldvegetation ein. Andererseits nahm die Aktivität der Fließgewässer lebhaft zu und führte zur fluvialen Zerschneidung der kaltzeitlichen Ablagerungen. So entstanden die typischen Niederterrassenprofile, wie sie in Süddeutschland allgemein verbreitet sind. Diese Erosionstätigkeit wurde durch Sedimentations- und Erosionszyklen modifiziert und zum Teil kleinräumlich sogar überformt, die durch Klimaschwankungen ausgelöst worden waren (MÄCKEL & RÖHRIG 1991).

Erst das massive und konzentrierte Auftreten des wirtschaftenden Menschen konnte diesen relativ stabilen Zustand der Gewässer stören und aus dem Gleichgewicht bringen. Entscheidend waren Ausmaße und vor allem das Tempo, mit dem Veränderungen in die Landschaften getragen wurden. Dabei wurden die unmittelbaren Bereiche um die Fließgewässer (Auen) besonders stark in Mitleidenschaft gezogen. Die meisten Landschaftseinheiten, die als Auen bezeichnet werden, entstanden erst durch Tätigkeiten des Menschen: Jede Rodungsphase läßt sich als Aufschüttung im fluvialen Sedimentaufbau nachweisen. Die Auelehme stellen die abgeschwemmten und umgelagerten Bodenrelikte aus den Einzugsgebieten dar und sind somit Zeugnis für die starke erosive Überprägung der Landschaft. Dieser Prozeß hat sich besonders in den letzten Jahrzehnten verstärkt, unter anderem auch durch die Folgen der Flurbereinigung. Bäche und Auen unterliegen also nicht nur durch Verbaumaßnahmen stetigen und kleinräumig sogar starken Veränderungen, auch der Ackerbau trägt seinen Anteil bei: So wurden bei Grabungen im Kraichgau in 5 m unter der heutigen Aue Kulturrelikte aus dem Mittelalter gefunden, und bei Baggerarbeiten zur naturnahen Entwicklung der Speltach in 2,7 m Tiefe ein „alter“ Bachlauf mit Muschelschalen (*Unio crassus*) und Schilfrelikten aufgegraben, der ins 16. Jahrhundert datiert werden konnte. Mögen dies extreme Beispiele für Materialmobilität in Gewässerbereichen sein, so verdeutlichen sie doch den möglichen schnellen Wandel des Landschaftsbildes, sobald der Mensch eingreift (vgl. Abb. 3).

Die morphologische Entwicklung und Beschaffenheit der Fließgewässer wird von vielfältigen und sehr komplexen Vorgängen in Raum und Zeit beeinflusst. Eine Übersicht über bestimmende Einflußfaktoren und das netzartige Beziehungsgefüge, das sie untereinander und zum Gewässer aufbauen, zeigt die Abbildung 4.

Die Vielfalt der Fließgewässer läßt sich aufgrund gemeinsamer Merkmale in der physischen und chemischen Ausstattung in verschiedene Grundtypen zusammenfassen. In Abbildung 5 ist eine Gliederung in regionale Bachtypen Baden-Württembergs dargestellt.

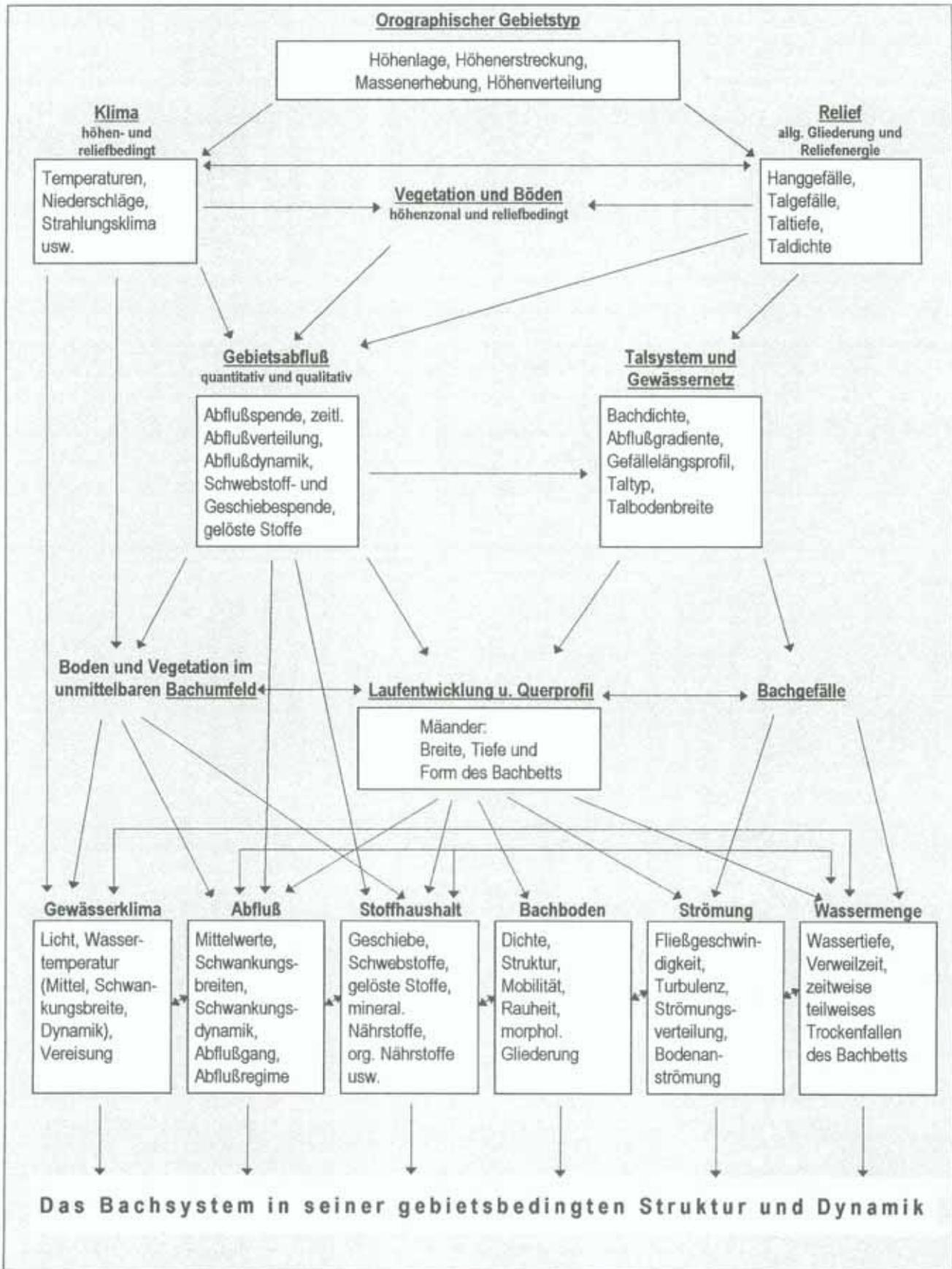


Abb. 4 Determinationsgefüge zwischen der Orographie des Bachgebietes und den Eigenschaften des Bachsystems (aus: OTTO & BRAUKMANN 1983, verändert)

A Generelle längszonale Gliederung der Fließgewässer

	Fließgewässer					
Zonale Abschnitte	Quellgewässer		Bäche		Flüsse Ströme	
Formationen	0'		1' 2' 3'		4' 5' 6' 7'	
Ökologische Zonen	Krenal		Rithral Epi- Meta- Hypo-		Potamal Epi- Meta- Hypo-	

B Regionale Bachtypen

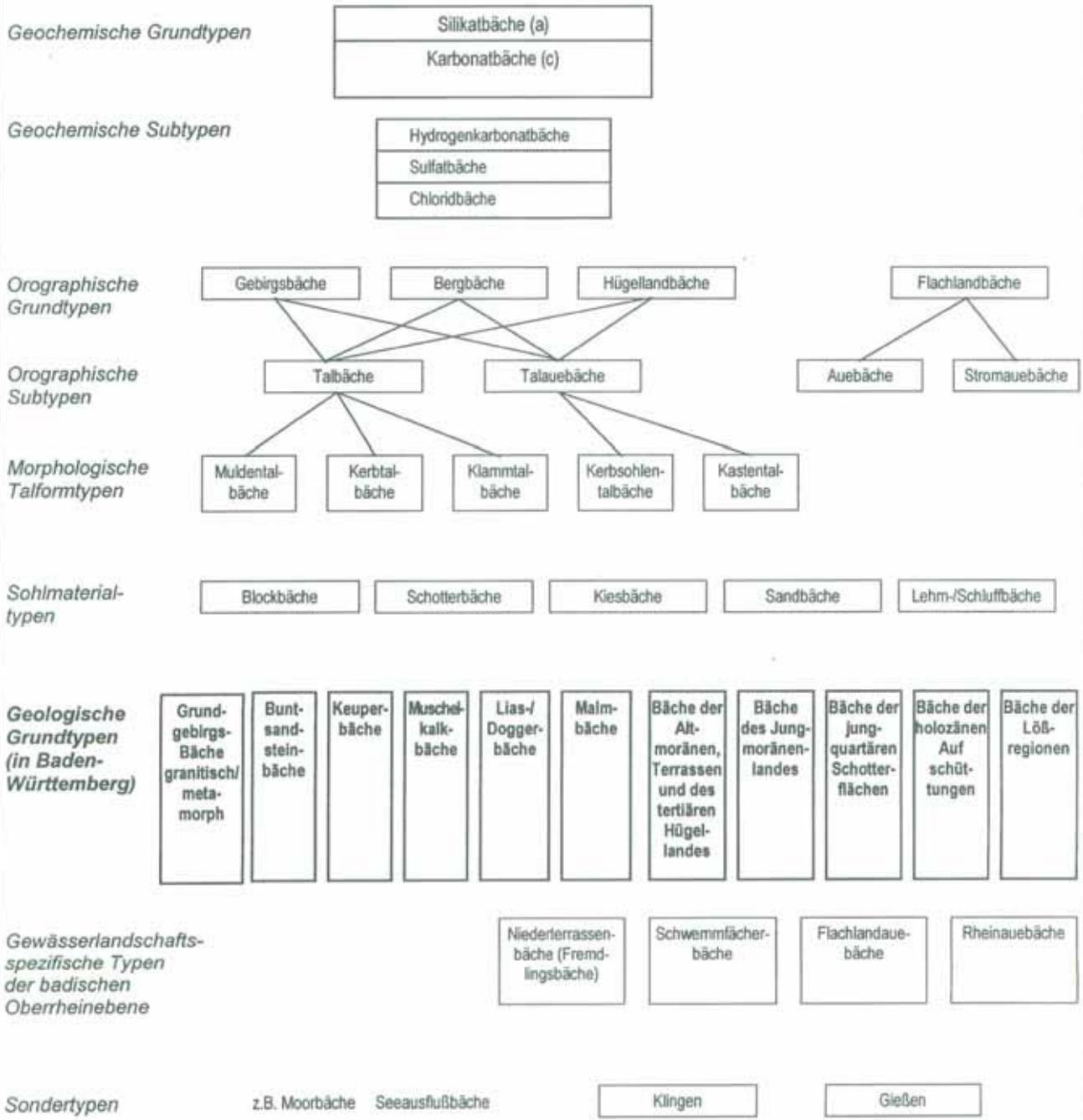


Abb. 5 Übersicht über das Bach-Typensystem in Baden-Württemberg (unter Verwendung von ILLIES 1961, OTTO & BRAUKMANN 1983, OTTO 1991, BRIEM 1992)

2 Grundzüge und Begriffe der Fließgewässermorphologie

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Begriffe und Grundzusammenhänge aus dem Bereich der Fließgewässermorphologie erläutert. Schematische Skizzen und vereinfachte Diagramme begleiten die Textaussagen. Die Binnengliederung faßt Einzelbegriffe zu Begriffs- und Formen- gruppen zusammen. Nicht eine lexikalische Begriffsdefinition, sondern die Entwicklung von Zusammenhängen ist angestrebt, um zum besseren Verständnis der Struktur- bildungsprozesse an Fließgewässern beitragen zu können.

2.1 Täler - Hänge - Talformen

Die Zusammenhänge zwischen Tal- und Hangformen sind in den Abbildungen 6 und 7 sehr vereinfacht dargestellt. Abbildung 6 zeigt einen Kerbtalausschnitt, an dem das Prinzip des natürlichen Gleichgewichtszustandes und der Talentwicklung verdeutlicht werden soll: Die Form des *Kerbtals* bleibt solange bestehen und entwickelt sich weiter, wie die Materialzulieferung von den Hängen dem Transport bzw. dem Export durch das Gewässer entspricht. Nehmen wir nun an, daß bei unveränderten Klimaverhältnissen die Hänge gerodet würden: das Verwitterungsmaterial an den Hängen würde schlagartig mobilisiert und in größerer Menge dem Bachbett zutransportiert werden. Falls es sich, wie in unseren Mittelbreiten üblich, um grobkörniges Frostschuttmaterial handelt, ist der Bach nicht mehr in der Lage, vollständig zu exportieren. Er schottert auf und bildet eine *Sohle* bzw. eine *Aue* aus.

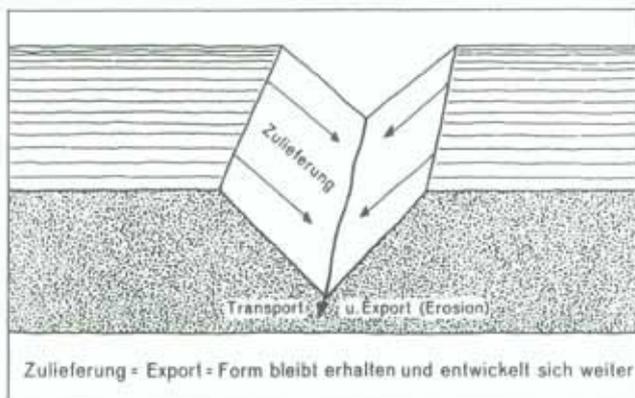


Abb. 6 Kerbtal im natürlichen Gleichgewichtszustand von Hang- und Talentwicklung

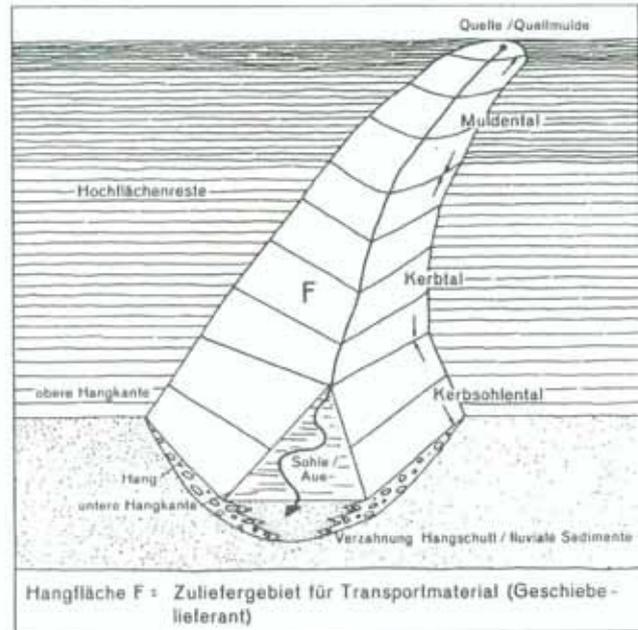


Abb. 7 Typische Abfolge von Talformen im Mittelgebirge

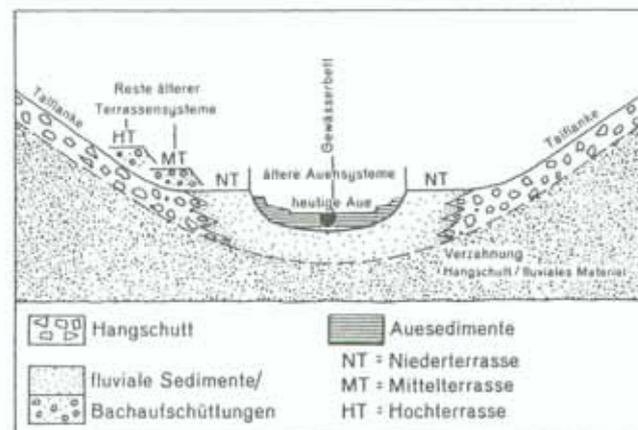


Abb. 8 Typischer Aufbau eines Talbodens in Mitteleuropa

Abbildung 7 zeigt eine Übersicht über die typische Abfolge von Talformen in Mittelgebirgen unserer Breiten. In den Mittelgebirgen entspringen die Bäche häufig in Quellmulden auf den Hochflächen, fließen eine Strecke in Muldentälern und gehen dann mit einem scharf begrenzten Gefälleknick in die sich rasch eintiefenden Kerbtäler über. Diese haben meist schon nach wenigen Flußkilometern eine flache Sohle aus eigenen, fluvialen Aufschüttungen entwickelt (*Talauebäche*).

Abbildung 8 zeigt die typischen Erscheinungsformen des inneren Talbereichs eines größeren Baches in den Mittelbreiten. Das Gewässer fließt in seinen eigenen Aufschüttungen in einem Terrassenprofil; die Reste älterer Terrassen liegen an erosionsgeschützten Stellen am Talboden-

rand. Die größte Ausdehnung hat die sogenannte *Niederterrasse*, die als mächtige Aufschüttungsfläche den Haupttalboden aufbaut. Sie stellt das oberste Fließniveau (Aue) während der letzten Kaltzeit - etwa 20.000 Jahre vor heute - dar. Der heutige Talboden liegt eingetieft zwischen den Kan- ten der Niederterrasse. Er ist häufig in mehrere kleinere Terrassen gestuft, die überwiegend aus Aufschüttungen fei- neren Materials (Auelehmen) bestehen. Diese Sedimente können dem holozänen Klimawechsel und/oder den ge- schichtlichen Rodungsperioden zugeordnet werden.

Das Profil macht deutlich, daß die postglaziale Zeit über- wiegend durch erosive Verhältnisse geprägt ist, zwischen- zeitlich unterbrochen durch Sedimentationsphasen. Die Ablagerung fluvialen Materials führte zur Ausdehnung der Aueflächen. Die meisten Talböden der kleineren Gewässer bestehen aus solchen jungen, meist lehmigen Sedimenten, die durch Bodenabschwemmung im Einzugsgebiet und flu- vialen Transport umgelagert wurden. Auch die Nieder- terrassenflächen sind sehr häufig durch Lehme zusedi- mentiert worden, wie in der Oberrheinebene weitverbreitet festgestellt werden kann (vgl. Kap. 5.2 und 5.3). Die mei- sten Auen und Bachbetten wurden vor allem in den letzten 100 Jahren durch Ausbaumaßnahmen sehr stark verändert. An ihnen kann das Schema vom inneren Aufbau der Täler oft nicht mehr wiedererkannt werden.

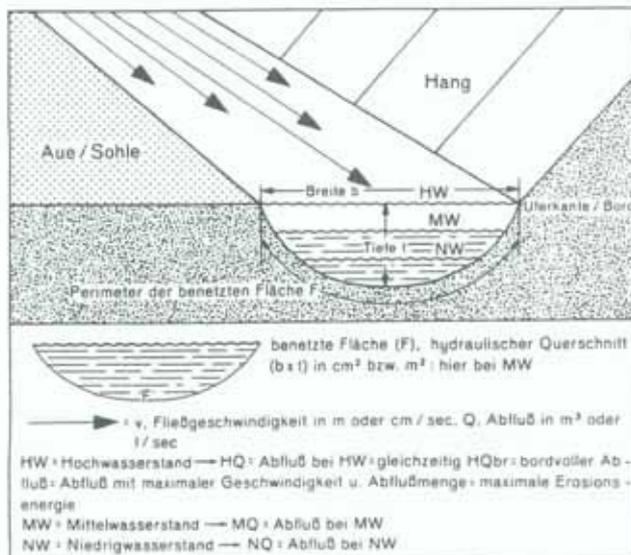


Abb. 9 Wichtigste Kenngrößen eines Gewässerbettes

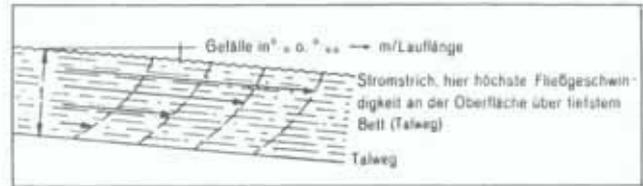


Abb. 10 Kenngrößen eines Bachbettes im Längsprofil

2.2 Abfluß und Gewässerbett, Quer- und Längsprofil der Gewässer

Die Abbildungen 9 bis 15 beschreiben die wichtigsten Kenngrößen des Gewässerbettes in Quer- und Längsprofilen. In den Abbildungen 9 und 10 stellen die Pfeile die relativen Fließgeschwindigkeiten* dar. Durch die Reibung (Rauheit) werden die höchsten Geschwindigkeiten im *Stromstrich* erreicht. Der *Talweg* zeichnet die tiefste Linie des Gewässerbettes nach; in der Zeichnung liegt er senkrecht unter dem Stromstrich. Dies ist nur im idealen Fließkanal so. In der Natur kommt dieser Fall fast nicht vor.

Der *Abfluß* (Q) ist vom benetzten Querschnitt und der Fließgeschwindigkeit abhängig. Bei geringerem Gefälle (Fließgeschwindigkeit) muß der gesamte Abfluß* durch einen größeren Querschnitt geleitet werden. Dabei kann die Querschnittserweiterung durch zunehmende Breiten- oder Tiefenausdehnung des Gewässers erfolgen. Die Ausbildung des Gewässerbettes ist also auch auf die Abflußkapazität eingestellt. Vor allem die Größe und Häufigkeit der Abflüsse sind zusammen mit der Körnigkeit und Menge des zu transportierenden Materials für die Gewässerbettgestaltung verantwortlich. Ein besonderes Beispiel sind die Gewässerbetten der „Torrente“-Bäche im mediterranen Klimabereich. Hier unterliegt die Wasserführung saisonal sehr starken Schwankungen, und zum Transport steht viel grobes Schuttmaterial bereit – insbesondere in den randalpinen Gebieten. Die Torrentebetten sind sehr breit, flach und grobkörnig verschottert; sie lösen sich in viele verwildernde Fließarme auf, die die gesamte Talsohle einnehmen können. Ein anderes Beispiel zeigen Fließgewässer im Keuperbergland Baden-Württembergs: Die feinkörnigen Substrate wirken wasserstauend und so kommt es häufig zu Wasserstandsschwankungen und überbordvollen Hochwässern. Diese verursachen verstärkte Auenbildung, also ebenfalls sehr breite und flache Talböden; wegen Geschiebemangel sind die Bachbetten allerdings recht schmal und tief. Bei Geschiebemangel und feinen Korngrößen ist die Tiefe der Bachbetten von der Amplitude und

Häufigkeit der Wasser-standschwankungen abhängig.

Die maximalen Fließgeschwindigkeiten und Abflüßmengen, die einem gegebenen Querschnitt zuzuordnen sind, entstehen bei *bordvollem Abfluß*. Dies ist eine besonders wichtige Abflußgröße zur Berechnung der maximalen Schubspannung, also der potentiellen Erosionsenergie, die das Gewässer erreichen kann. Bei überbordvollem Abfluß nimmt die Energie nur noch unbedeutend zu, weil sich das Wasser auf dem Talboden weitflächig ausbreiten und seine Sedimente ablageren kann.

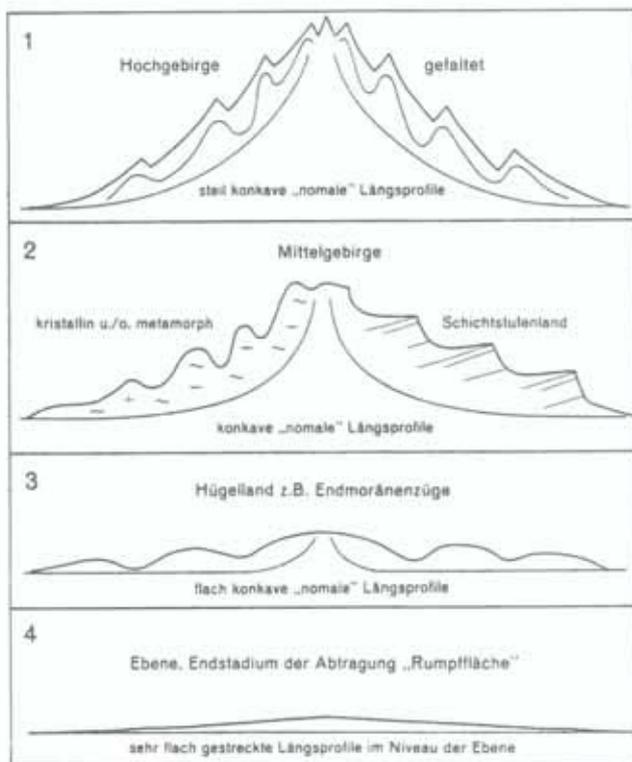


Abb. 11 Entwicklungsstadien von Erosion und Gewässerlängsprofilen

Die Entwicklung eines *Gewässerlängsprofiles* ist von zwei Hauptfaktoren abhängig: dem Gefälle und dem anstehenden Gestein. In Abbildung 11 wird die Entwicklung zu unterschiedlichen Längsprofilen dargestellt. Im oberen Querschnitt sind die zeitlichen Entwicklungsphasen nach einer Gebirgsbildung aufgezeichnet. Das Endstadium einer jeden Gebirgsbildung ist die völlige Abtragung zu einer Ebene; die Gewässer bilden hier ein sehr flaches und gestrecktes Längsprofil aus. Alle Zwischenstadien zeigen - in Abhängigkeit von Alter sowie Verwitterungs- und Abtragsart - das sogenannte „normale“ konkave Längsprofil.

Je jünger das Entwicklungsstadium, umso steiler ist es ausgeprägt. Deshalb sind beispielsweise die älteren Terrassensedimente immer grobkörniger als die jüngeren. Im allgemeinen spricht man auch von Ober-, Mittel- und Unterlauf eines Gewässers, wobei der Oberlauf die erosive, der Mittellauf die Transport- und der Unterlauf die Sedimentationsstrecke darstellen.

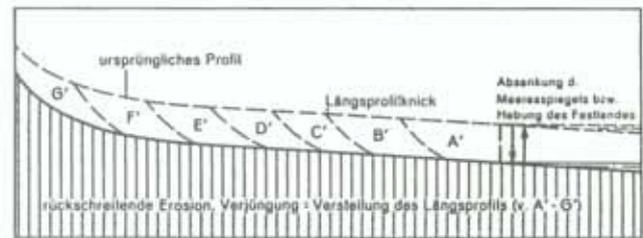


Abb. 12 Längsprofilentwicklung nach tektonischer Hebung oder eustatischer Meeresspiegelschwankung

In tektonisch aktiven Regionen sind die Längsprofile meistens gestört. Abbildung 12 zeichnet die Längsprofilentwicklung nach Veränderung der Erosionsbasis durch Hebung des Festlandes bzw. Absenkung des Meeresspiegels nach. Mit der Verschiebung der Erosionsbasis setzt Verjüngung des Reliefs und damit rückschreitende Erosion (A-G) ein. Ähnliches geschieht beim Einbruch eines geologischen Grabensystems: durch die Absenkung eines Krustenteils entsteht eine neue Erosionsbasis und neue Wasserscheiden bilden sich aus. Diese Vorgänge können sogar zur Anzapfung und Umlenkung von Gewässern führen, wie am Beispiel des Oberrheingrabens gezeigt werden kann (vgl. Kap. 3, Abb. 25).

In welcher Weise Tektonik und Gestein die Entwicklung von Längsprofilen steuern, belegt auch Abbildung 15. Sie zeigt typische Längsprofile wie sie heute zum Beispiel auch in den deutschen Mittelgebirgen vorkommen. Steile, gestreckte Längsprofile sind charakteristisch für jung herausgehobene Hochgebirge und für die Gneisregionen des Schwarzwaldes. Großer Geschiebereichtum aus verwitterungsresistentem und recht grobem Material führt zu frühzeitiger Talbodenaufschüttung, also zur Ausbildung einer Sohle bzw. Talaue, die mit gleicher und hoher Neigung die Täler verfüllt.

Im deutschen Mittelgebirgsraum sind häufig *gestufte Längsprofile* anzutreffen. Die Ursache liegt in der unterschiedlichen Verwitterungsresistenz der Gesteine und der Tektonik bzw. Anzapfung. Besonders auffällig sind die „Durchbruchstäler“ von Rhein, Neckar im Odenwald und unterer Enz: Die Schluchterrosion der Haupttäler hat hier die junge Hebung kompensiert, und die Seitentäler bewegen sich in gestuften Profilen dem Vorfluter zu. Extremste Beispiele sind die „Klingen“, deren Längsprofile noch fast in den Steilhängen der Schluchten angelegt sind. Wir finden aber auch stark gestufte Profile in Regionen mit *gekippten*, schichtlagernden und wechselharten Gesteinen, wie dem süddeutschen Schichtstufenland. Dabei „hängen“ die Profile sozusagen an den „härteren“, erosionsresistenteren Schichten fest, die die lokalen Erosionsbasen darstellen.



Abb. 13
Quellgebiet eines Fließgewässers im Hochgebirge mit sehr steilem Längsprofil (Zufluß zur Ostrach, bayerisches Allgäu)

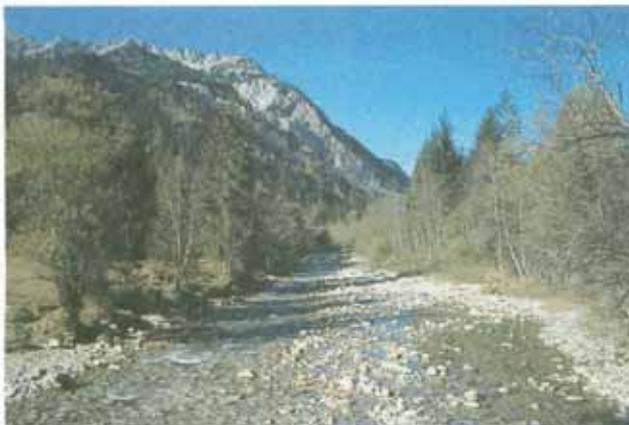


Abb. 14 Kerbsohlentäl in beginnender Sohlensausbildung: typische Grobmaterialaue und Bachbettstrukturen (Ostrach in den Allgäuer Alpen)

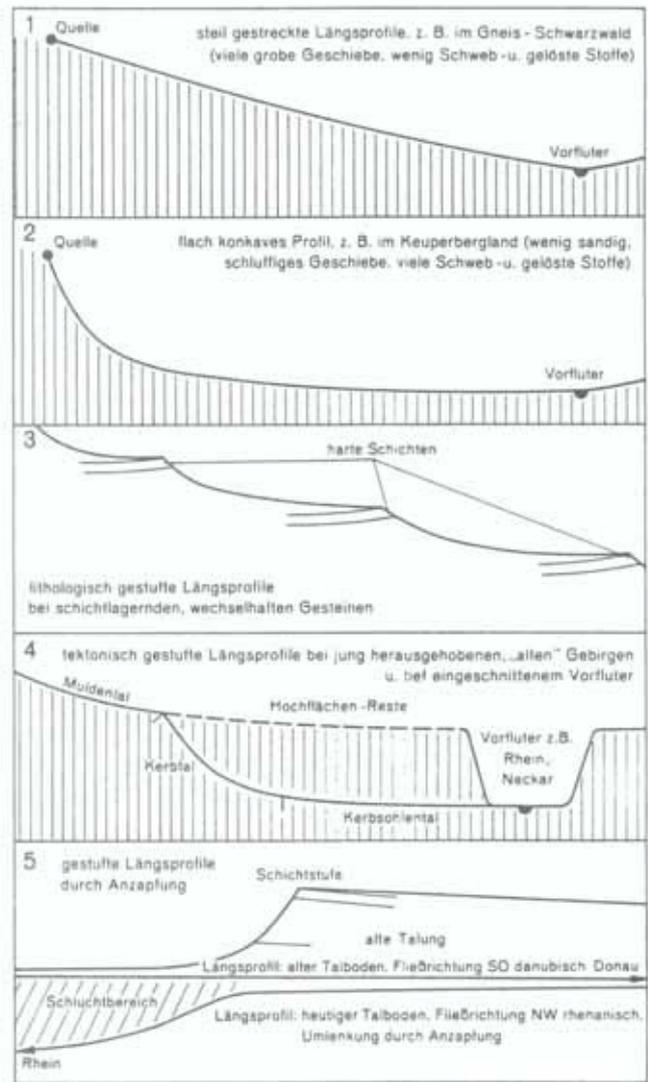


Abb. 15 Typische Längsprofile in Mittelgebirgen und Bergländern Mitteleuropas

Im süddeutschen Raum ist die Gewässerentwicklung durch Flußanzapfung von besonderer Bedeutung. Auch hier entstehen gestufte Längsprofile. Über den Mechanismus und die Folgen der Anzapfung informiert Kapitel 3.

In ehemals vergletscherten Gebieten sind gestufte Profile ebenfalls häufig anzutreffen. Sie sind hier auf die über-tiefende Gletschererosion zurückzuführen. Vor allem dort, wo beim Zusammenfluß von zwei Talgletschern* die Erosionsenergie sprunghaft erhöht wurde, haben sich im Längsprofil der Täler prächtige Stufen entwickelt. Diese Konfluenzstufen präsentieren sich heute, vom Eis befreit, als tiefe, klammartige Schluchten (z.B. Schlucht der Via Mala).

2.3 Material und Bachbett

Abbildung 16 stellt die wichtigsten materialabhängigen Formen und Strukturen der Bachbetten dar. Die *blockigsteinigen (lithalen)* Bachbetten weisen die strukturreichsten Lebensräume auf: Sehr breite und flache Querschnitte, eine große Vielfalt an Formen und Strömungsverhältnissen sowie der hohe Verzahnungs- und Auflösungsgrad zwischen Ufer und Land sind die charakteristischen Merkmale. Solche Bachbetten kommen in erosiven Fließstrecken mit hohem Gefälle vor. Sie sind die typischen Bachbetten der Schluchten und Kerbtäler in den Mittelgebirgen. Ebenso sind sie in den Kerbsohlentälern der Alpen anzutreffen, da dort auch die Aufschüttungen der Gewässer steinig-blockig ausgeprägt sind. Diese Gewässer verlaufen in der Regel geradlinig und nur leicht gekrümmt.

Besonders viel grobes und hartes Verwitterungsmaterial liefert in den Mittelbreiten der Gneis. Deshalb sind in diesen Regionen lithale Bachbetten am weitesten verbreitet, selbst bei den Fließstrecken, in denen die Gewässer in ihren eigenen Aufschüttungen angelegt sind. So haben die Bachbetten der breiten Talauebäche in der Fußregion des Schwarzwaldes fast „alpinen“ Charakter.

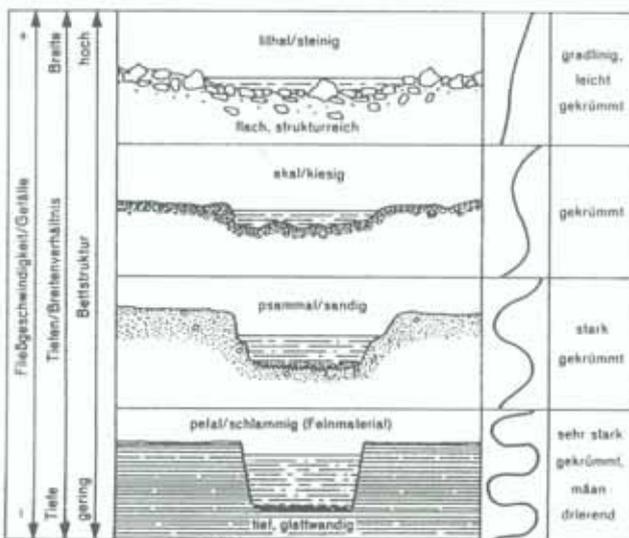


Abb. 16 Typische Querprofile von Bachbetten in Abhängigkeit von der Korngröße und Rauheit des Materials

Mit abnehmender Korngröße werden die Bachbetten strukturärmer, die Profile tiefer, steiler und glattwandiger, nur der Krümmungsgrad nimmt zu. Die Bäche fließen in ihren eigenen Aufschüttungen. Entlang des Längsprofils sorgt die Fähigkeit des fließenden Wassers zur Sortierung* für die Ausprägung zonaler Korngrößenbereiche. Demnach

ist die mit abnehmendem Gefälle zu erwartende Reihenfolge: grob- bis fein-steinig (lithal) - kiesig (akal) - sandig (psammal) - schlammig (pelal). Diese „normale“ Abfolge hat allgemeine Gültigkeit für die überregionale Betrachtungsebene, nicht aber so sehr für die regionale. Hier hat die Ausprägung des Gesteins für die *Erscheinungsform der Gewässer vorrangige Bedeutung*.

Eine einfachere Untergliederung ist in der Literatur häufig zu finden: Die Erosionszone der Gewässer wird als der durch Grobmaterial gekennzeichnete *lotische* Bereich, und die „Depositionalzone“ als der durch Feinmaterial charakterisierte *lenitische* Bereich bezeichnet. Dazwischen liegt die „intermediale“ Zone.

Kiesige (akale) Bachbetten sind - von Gewässern in der Oberrheinebene abgesehen - vor allem im Alpenvorland weit verbreitet, wo grobe moränale und glazifluviale Ablagerungen viel kiesgrobes Material zur Verfügung stellen. Ausgesprochene Kiesbetten sind in den anderen Regionen nur in kurzen Fließstrecken entwickelt.

Sandige (psammale) Bachbetten und Auen sind besonders in den unteren, flacheren Sandsteinregionen Süddeutschlands (Buntsandstein bis +/- 500 m üNN) und in den Sander- und (Alt-)Moränengebieten der norddeutschen Tiefebene verbreitet. Die Ufer sind steilwandig und scharfkantig, die Auen flachwellig. Meistens sind die Bettböden mit ständig bewegten, ebenen Sandbänken bedeckt, deren schleifende Wirkung wenig Pflanzenwachstum zuläßt.

Gewässer im Feinmaterial haben die tiefsten (schmalsten) und steilwandigsten Profile und den stärksten Krümmungsgrad entwickelt. Die Auen sind topfeben und im Vergleich zur Größe der Gewässer sehr breit und flach. Das bei überbordvollem Abfluß durch die Vegetation ausgekämte Feinstmaterial wirkt wasserstauend und verstärkt deshalb in hohem Maße den Oberflächenabfluß.

Das Niederschlagswasser kann hier nicht versickern und wird sehr schnell den Gewässern zugeführt. Dadurch entstehen häufige und schnelle Wasserstandsschwankungen, zum Teil auch Hochwasser, und die Auenbildung wird gefördert. Die *pelalen* Zonen sind deshalb die Gebiete mit der größten Hochwassergefährdung und den häufigsten Wasserspiegelschwankungen. Auf den Gewässersohlen

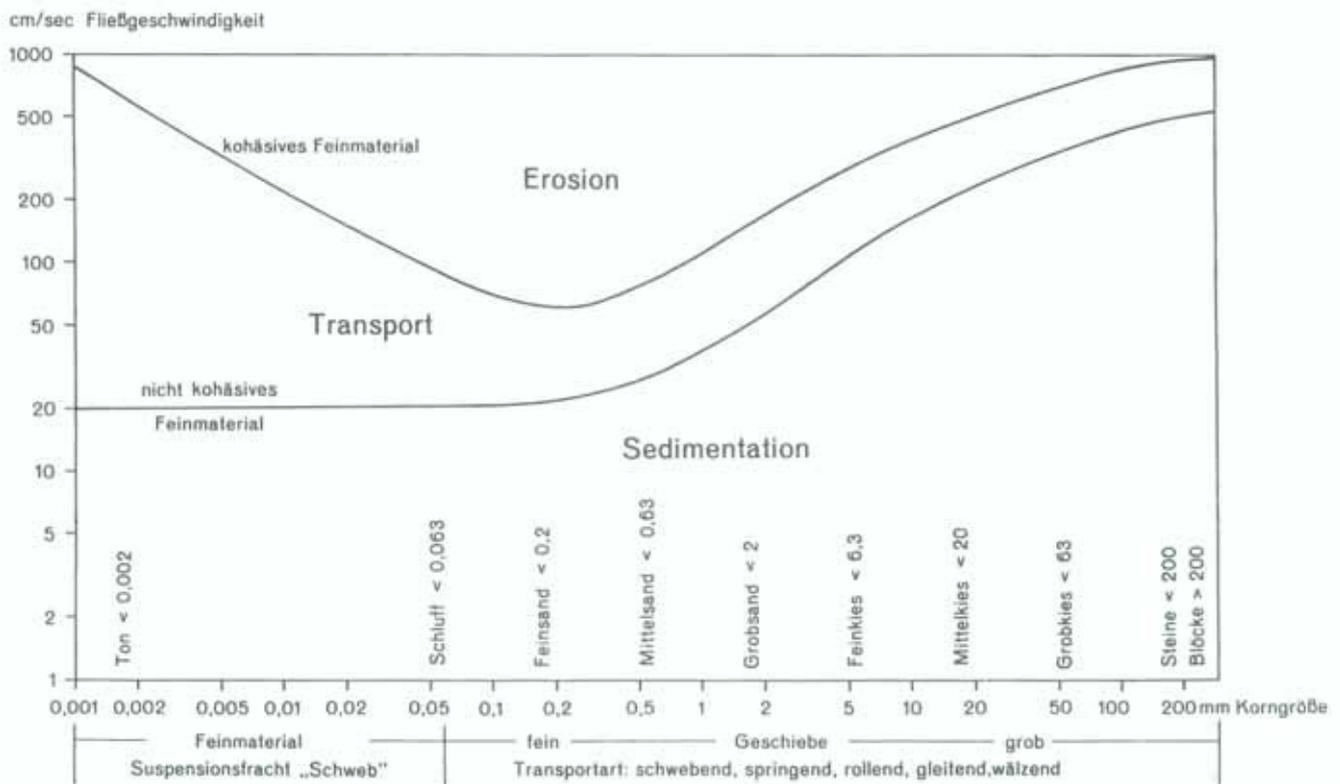


Abb. 17 Erosion, Transport und Sedimentation in Abhängigkeit von Korngröße und Fließgeschwindigkeit (SUNDBORG nach HJULSTRÖM 1956, verändert)

kommt es bei Niedrigwasserstand zu schwebender Schlickansammlung, die bei höheren Wasserständen sofort abtransportiert wird. Die Gewässer sind geschiebefrei oder zumindest sehr geschiebearm und deshalb besonders erosionsgefährdet. Sobald etwas gröberes Material (z.B. Sand) beigemischt ist, wird die Erosionsleistung durch die schleifende Wirkung am ungeschützten Bettboden und den häufigen Wasserstands- und Fließgeschwindigkeitswechsel besonders groß. Im natürlichen Zustand hätten diese Gewässer und Auen wegen Staunässe, häufiger Überflutung und Nährstoffreichtums einen dichten, über die ganze Auenfläche verbreiteten Eschen-Weiden-Auewald mit Schilfbewuchs aufzuweisen. Gewässer und Auen dieser Art existieren nicht mehr - pelale Auen sind die am meisten genutzten Flächen.

Solche Gewässer sind besonders in Bereichen leicht verwitterbarer toniger Gesteine, insbesondere den Mergelregionen, anzutreffen - in Süddeutschland in den Keuperbergländern, im Verbreitungsgebiet des mergeligen Lias (Schwarzjura) und in lößbedeckten Gebieten.

Das sogenannte Breiten-/Tiefen-Verhältnis* eines Gewässers ist also eng mit dem Material und seiner Körnigkeit, Bindigkeit und Rauheit verbunden. Mit der einfachen Messung des Breiten-/Tiefen-Verhältnisses wird unabhängig von der Größe des Gewässers die Gewässerform beschrieben. Je größer der Quotient, umso breiter ist das Gewässer.

2.4 Fließgeschwindigkeit und Korngrößen - Erosion, Transport, Sedimentation und Sortierung

Erosion, Transport und Sedimentation stehen in enger Abhängigkeit von *Fließgeschwindigkeit* und *Korngrößen*. In Abbildung 17 sind diese drei Tätigkeitsbereiche des fließenden Wassers durch Kurven voneinander getrennt: Im oberen Bereich ist das schnellfließende Wasser in der Lage, bestimmte Korngrößen zu transportieren, und Erosion findet statt. Bemerkenswert ist, daß selbst sehr schnell fließendes Wasser nicht in der Lage ist, kohäsives* Feinmaterial erosiv anzugreifen. Zwischen oberer und unterer Kurve befindet sich die Übergangszone des Transports. In diesem Grenzbereich werden Partikel weiterbewegt, die sich schon im strömenden Wasser befinden. Der Transportbereich nimmt einen relativ breiten Raum ein. Dies entspricht dem Ergebnis experimenteller Versuche von HJULSTRÖM, der die Bewegungen bei unterschiedlichen

Wassertiefen gemessen hat. Zwischen oberer und unterer Kurve sind die Werte den Wassertiefen von 10 m, 1 m und 10 cm zuzuordnen. Unterhalb dieser Zone wird sedimentiert.

Das HJULSTRÖM-Diagramm ist sehr kritisch zu betrachten, weil die Werte im Labor unter völlig unnatürlichen Bedingungen gewonnen wurden. Es wurde jeweils eine locker geschüttete Korngröße* unterschiedlichen Fließgeschwindigkeiten ausgesetzt und die Ruhe- bzw. Bewegungswerte gemessen. In der Natur gibt es jedoch keine Einkornmische. Ebenso wurde bei diesen Messungen die sehr wichtige Verklammerung der Sedimente nicht berücksichtigt, die einen Großteil der Stabilität ausmacht. Andererseits ist das Diagramm sehr hilfreich, um Grundvorgänge beim Fließen des Wassers verstehen zu können. Es verdeutlicht auch die Sortierungsvorgänge des Materials in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit.

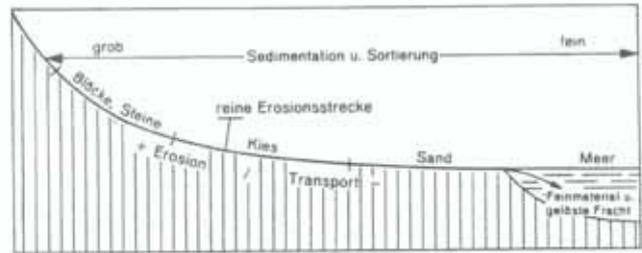


Abb. 18 Sortierung der Korngrößen entlang des Längsprofils

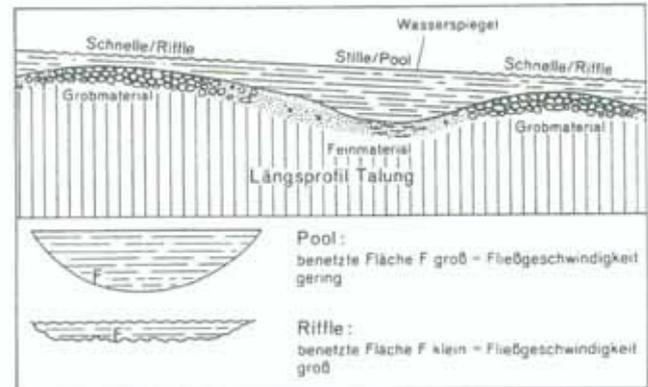


Abb. 19 Pool-/Riffle-Sequenz im Längsprofil

Materialsortierung im Längs- und Querprofil

Bei perennierenden, also dauernd fließenden Gewässern, steuert das Fließverhalten die Sortierung des Geschiebematerials* entlang des Längsprofils (Abb. 18). Beim Sortierungsvorgang spielt die Gleichmäßigkeit des Abflusses eine große Rolle - je größer die Gleichmäßigkeit, umso größer ist auch der Sortierungsgrad.

In vereinfachten Idealvorstellung wird das Geschiebematerial im steilen Oberlauf erodiert und im weiteren Verlauf des Längsprofils von grob nach fein sortiert wieder abgelagert. Ein bekanntes Beispiel sind die Material-Abbauzonen in der Oberrheinischen Tiefebene. Dem noch steinigen Material im Süden des Grabens folgen nach Norden kie-sige und schließlich sandige Sedimente. Sortierung tritt aber auch kleinräumig und bei Bächen auf. Hier spielt die Sor-

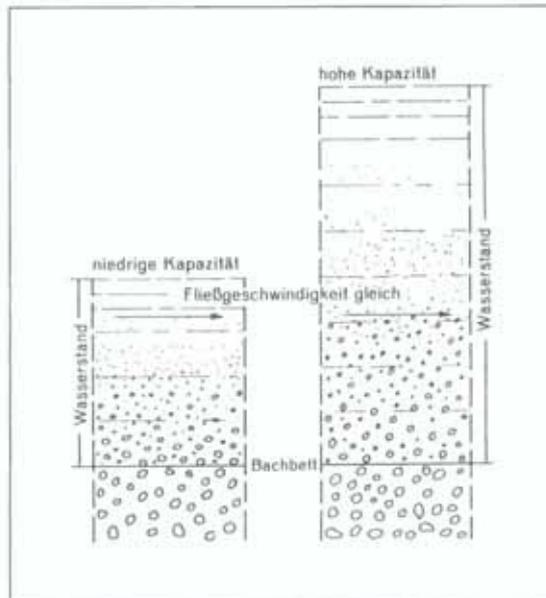
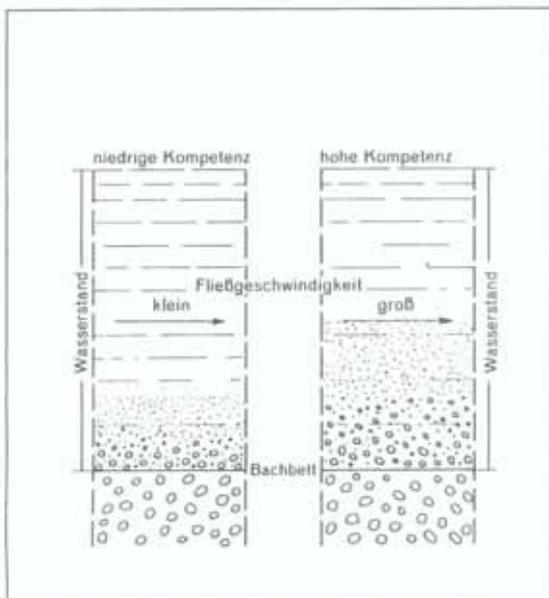


Abb. 20 a, b Kompetenz und Kapazität eines Gewässers

tierung des Materials im Querprofil zwischen Gleit- und Prallhang und in den Schnellen-/Stillen-Abfolgen (Pool-/Riffle-Sequenzen) des Längsprofils eine besondere Rolle. *Pool-/Riffle-Sequenzen* sind mit folgenden Erscheinungen verbunden (Abb. 19): Der Stromlinie folgend häuft sich gröberes Material an, zum Beispiel in Form von Kiesbänken. Dadurch wird der Querschnitt vertikal verengt und der Abfluß beschleunigt, der wiederum den Transport des gröberen Materials erst ermöglicht. Im Bereich der Pools vergrößert sich der Querschnitt, die Fließgeschwindigkeit nimmt ab und es kommt zur Ablagerung von feinerem Material. Solche Pool-/Riffle-Sequenzen wandern stromab und bleiben solange erhalten, wie sich der Wasserstand und damit die Fließgeschwindigkeiten nicht verändern.

Bei bordvollem Abfluß ist die Schleppkraft* in den Pools am größten, die groben Sedimente werden durchtransportiert, das feine Material lagert bei hohen Wasserständen in relativ stabilen Strukturen. Es handelt sich um einen bisher nicht ganz geklärten Transport- und Sortierungsvorgang, der sich im Grenzbereich der Kräfte zwischen Fließgeschwindigkeit, Abfluß, Materialmenge und Korngrößenmisch abspielt.

Auch vertikal kommt es bei den Sedimentationsvorgängen zur Sortierung. Fluviale Sedimente sind an der Basis immer weitaus gröber als im Durchschnitt ausgebildet (Basiskonglomerat) und enden am Top meist mit feineren Korngrößen.

Kompetenz und Kapazität eines Gewässers

Fließgeschwindigkeit und der Wassermenge, die einen Querschnitt in einer gegebenen Zeit durchströmt, bestimmen Menge und Korngröße des bewegten Materials. Abbildung 20 verdeutlicht die Transportkenngrößen Kompetenz* und Kapazität*: Die *Kompetenz* beschreibt das Maß der größten transportierten Korngröße, die *Kapazität* die Menge der transportierten Partikel einer Korngröße. Beide Kenngrößen sind im wesentlichen von der Fließgeschwindigkeit abhängig, wobei sich die Kompetenz eher direkt auf die Geschwindigkeit und die Kapazität überwiegend auf die Abflußmenge bezieht.

In Abbildung 20a ist die Kompetenz eines Gewässers wird bei gleich hohem Wasserstand (Wassermenge), aber stark zunehmender Fließgeschwindigkeit dargestellt. Der

Bach transportiert mit zunehmender Geschwindigkeit auch größere Korngrößen. Ein sehr kleiner Bach kann also bei entsprechender Fließgeschwindigkeit sehr grobes Material weiterbewegen.

Abbildung 20b beschreibt die Kapazität eines Gewässers: Bei gleicher Fließgeschwindigkeit nimmt der Wasserstand (Wassermenge) zu. Die Folge ist, daß eine weitaus größere Gesamtmenge des Materials und auch gröberes Geschiebe transportiert werden kann.

Erosionsenergie sowie Menge und Korngröße des bereitgestellten Materials bestimmen die Transportkraft eines Gewässers. Man spricht in diesem Zusammenhang von der „Belastung“ bzw. vom „Belastungsverhältnis“ eines Gewässers: Sind Korngrößen und Mengen des Materials der Fließenergie des Gewässers äquivalent, so findet lediglich ausgleichender Transport statt. Werden dem Gewässer mehr oder größere Partikel als es transportieren kann zugeführt, so sedimentiert das Gewässer auf. Bei Geschiebemangel* nimmt in der Regel die Erosion ihren Lauf. Aus dem angelsächsischen Sprachgebrauch wurden die Begriffe „underfitted“ und „over-fitted“ für Geschiebeüberfluß bzw. Geschiebemangel übernommen.

Der Begriff „Erosion“ wurde im Text bislang nur für die Fähigkeit des fließenden Wassers, Lockermaterial aufzunehmen, eingesetzt. Die Bewegung des Frachtmaterials führt zu einer weiteren Form der Erosion: Die Geschiebeteile schleifen sich untereinander ab und sind auch in der Lage, den festen Gesteinsuntergrund durch Schliff abzutragen. In diesem Sinne werden die Geschiebe auch als die „Erosionswaffen“ des Wassers bezeichnet. Besonders hohe Erosionsleistungen erbringen Gewässer mit großem Geschiebemangel, wenn nur wenig Sande und Kiese ständig und direkt über das Anstehende bewegt werden. Auf morphologisch „weichen“ Gesteinen oder Sedimenten ist die schleifende Wirkung am Untergrund besonders wirksam. Unter dem Begriff *fluviale Erosion* sind also zusammenfassend alle Abtragungsvorgänge durch das fließende Wasser zu verstehen. Allgemein wird zwischen Tiefenerosion und Seiten- bzw. Breitereosion unterschieden. Letztere führt durch Uferunterschneidung zu einer Verlagerung und Verbreiterung der Gewässer.

2.5 Morphologie der Auen

Fast alle Fließgewässer haben Auen entwickelt. Etwa 90 % aller Fließstrecken sind in oder auf den eigenen Aufschüttungen der Gewässer angelegt. Nur die kurzen, erosiven Oberläufe der Gerinne oder andere, meist tektonisch bedingte Erosionsstrecken sind nicht von fluvialen Sedimenten begleitet. Auen sind nicht nur an ihren Verflachungen, den Talböden, sondern vor allem am geschichteten, oft gut sortierten und zugerundeten Material zu erkennen. Auesedimente sind Zeugnis der Gewässertätigkeit und dienen als Befunde zur Rekonstruktion der Entwicklungsgeschichte eines Gewässers. Sie geben Hinweise auf Fließvorgänge, Struktur- und selbst auf den potentiellen natürlichen Zustand des Gewässers. Sie haben von daher überragende Bedeutung für die Beschreibung, Gliederung und Typologie der Gewässer. Eine klare Beschreibung und Gliederung der Auen auf der Grundlage ihrer Materialausstattung ist Voraussetzung für die regionale Darstellung der Gewässerlandschaften. Da eine solche Gliederung bislang noch nicht existiert, wird im folgenden der Versuch unternommen, die unterschiedlichen Auetyphen drei Hauptarten zuzuordnen.

In Abhängigkeit vom klimatisch gesteuerten Abflußgang (z.B. Niederschlagsintensität, Schneeschmelze) werden die Talböden in wechselnder Häufigkeit überschwemmt. Im Überflutungsbereich lagern Sedimente ab und eine Aue bildet sich aus. Die Auenbildung ist in erster Linie von der Häufigkeit der Überflutungen abhängig. Dabei gilt: je häufiger die Überflutung, um so schneller entwickelt sich eine Aue. Diese überregionalen klimatischen Bedingungen sind auch Ursache für die zonale Verteilung typischer Auestrukturen über die Erde. Die Häufigkeit der Überflutungen wird im weiteren vom Gefälle, vom Bachbettquerschnitt und vom Substrat gesteuert. Je geringer das Gefälle, je kleiner der Bachbettquerschnitt und je feiner das Substrat ist, um so schneller kommt es unter gleichen Klimabedingungen zu überbordvollem Abfluß. Vor allem die Körnigkeit der fluvialen Sedimente ist unmittelbarer Ausdruck des Gefälles und Gestaltungselement der Gewässerstrukturen. Auf der regionalen Ebene bietet sich daher eine Gliederung und Beschreibung der Auen nach ihren Sedimenten an. Fluviale Sedimente sind in Körnigkeit, Strukturen und anderen Merkmalen vom Gestein und seiner Verwitterung im Einzugsgebiet bestimmt, also übergeordnet auch vom Klima. Eine Frostschuttregion produziert beispielsweise grobes und kantiges Schuttmaterial, tropische Gebiete mit chemischer

Tiefenverwitterung liefern Feinmaterial und Sande. Eine Gliederung der Gewässer und Auen nach den begleitenden Substraten ist also auch in den unterschiedlichen Klimaregionen anwendbar und deshalb jeder anderen Gliederung vorzuziehen.

Feinmaterialauen

Die Sedimente der Feinmaterialauen bestehen aus lehmigem, schluffig bis tonigem, nährstoffreichem Material, dem nur wenige Sande, meist Feinsande, sowie die Schwebfracht beigemischt sind. Es handelt sich hierbei um die ab- und ausgeschwemmten Feinpartikel der Böden im Gewässereinzugsgebiet, die während der Überflutungen durch die Auenvegetation aus dem Wasser ausgekämmt wurden. Feinmaterialauen sind wasserstauend und neigen zur Vernässung und Moorbildung. Die Bodenbildung bringt vor allem Gleye (Anmoorgley, Schwarzgley) und an trockeneren Standorten Vega hervor. Die geringe Infiltrationsmöglichkeit bewirkt einen Selbstverstärkungseffekt der Auebildung, da Überschwemmungen häufiger vorkommen. Erlen- und Erlen-Eschenwälder der Niedermoore und Grundwasserböden sind als typische Vegetationsbedeckung anzusehen. Das Gefälle ist außerordentlich gering, es liegt unter 0,5 %, meistens zwischen 0,1 und 0,3 % und kann sogar auf 0,01 % absinken. Der Krümmungsgrad* der Gewässer ist sehr hoch, meist mäandrierend ($SI > 1,5$). Es kann, vor allem in den Senkungsbereichen, zu verzweigtem (anastomosierendem) Fließen kommen. Das kohäsive Substrat bedingt sehr steilwandige, glatte Ufer und kastenförmige, tiefe Bachbetten. Die Vegetation gestaltet durch Wurzelwerk und Totholz die vom Material her strukturarmen Gewässer, die geschiebearm bis geschiebefrei sind. Vom Chemismus her handelt es sich überwiegend um ionen- und nährstoffreiche, karbonatische Gewässer. Im Bereich der anastomosierenden Gerinne ist eher mit sauren Gewässern zu rechnen. Hier macht sich der Einfluß von Vegetation und Vermoorung bemerkbar.

Feinmaterialauen sind in der Regel dort anzutreffen, wo das Substrat des Einzugsgebietes viel Feinmaterial liefert und das Gelände flach genug ist. Es sind dies insbesondere die Lößhügel- und Flachländer, die Bereiche der tonigen Keuperböden und untergeordnet auch die sehr flachen Bereiche des Muschelkalks an den Unterläufen der Gewässer.

Heute sind in diesen Gebieten nur noch wenige Reste an Altwässern und Feuchtgrünland erhalten, zusammenhängende Waldreste gibt es keine mehr. Die fruchtbaren Auenböden sind frühzeitig gerodet und bewirtschaftet worden. Drainagemassnahmen haben eine sehr hohe „Gewässerdichte“ (bis $> 2,3$) an Kanälen hervorgebracht und die amphibische Landschaft vollständig zerstört. Das Wasser wird um ein Vielfaches schneller den Flüssen zugeleitet. Die Auen, die heute nur noch an ihrer schwarzen Bodenfarbe zu erkennen sind, werden fast vollständig landwirtschaftlich-ackerbaulich genutzt. Die zumeist begradigten und verbauten Gewässer sind sogar auf weiten Strecken eingedeicht.

Die Entwicklung der Feinmaterialauen ist also eng mit der Kulturgeschichte des Menschen verbunden: Mit den ersten großflächigen Rodungen der Bronzezeit, die die fruchtbaren, lößbedeckten Börden und Gäue des „Altsiedellandes“ in Kultur nahmen, setzte durch starke Abschwemmungen eine verstärkte Auebildung ein. Ackerbaugebiete verdrängten die Wälder. Der Abspülung stand viel freigesetztes Bodenmaterial offen, das die Entwicklung vor allem feinmaterialbestimmter Auen förderte. Es ist davon auszugehen, daß sich die Feinmaterialauen seit dieser frühen Zeit über mehrere Jahrhunderte stetig erweiterten. Erst die Verbaumaßnahmen des technischen Zeitalters verhinderten endgültig die Überflutungen der Auen. Gewässer Ausbau wie Stauhaltungen und Begradigungen und ein erhöhter Oberflächenabfluß führten dazu, daß sich die Gewässer in die Talböden einschneiden. Oft finden sich daher in Bereichen von Sand- und Grobmaterialauen, vor allem, wenn sich das Gewässer durch Störung tiefer eingeschnitten hat, an der Oberfläche feinere Schichten. Die Bodenprofile sind dann zweigeteilt: Oben liegt Feinmaterial, unten sammeln sich die gröberen Substrate, der sogenannte *Auelehm*.

Sandauen

Die Sandauen sind ein weit verbreiteter Auentyp, der nicht nur für die Verbreitungsgebiete von Sandsteinen typisch ist. Diese Auen sind auch in glazialen Aufschüttungslandschaften anzutreffen, wie in den weiten Moränen- und Sanderflächen der norddeutschen Tiefebene. In den flacheren Bereichen der Mittelgebirge, wo die Verwitterung - z.B. von Granit - viel Sand zur Verfügung stellt, können sich ebenfalls Sandauen ausbilden. Sandige Auen entste-

hen auch dort, wo gröberes Geschiebe vorhanden ist, aber die Fließgeschwindigkeit nicht groß genug oder die Bachbetten zu tief eingeschnitten sind, als daß größere Korngrößen bewegt werden und auf die Auenflächen geraten können. Auch durch die Ausschwemmung von Feinmaterial reichern sich Sande in Bereichen von lehmigen Substraten, wie z.B. in den Grundmoränengebieten, an. Sand ist als Feingeschiebe in allen Gewässern enthalten, bis auf die mit Lössen und Tonen bedeckten Regionen. Die Sandkörner bestehen fast vollständig aus Quarzen, einem Material, das außerordentlich verwitterungs- und abtrageresistent ist. Sande bleiben daher auch auf den längsten Transportwegen erhalten und sind allein schon deswegen unter den fluvialen Sedimenten am weitesten verbreitet. Die Sandfraktion läßt sich durch das fließende Wasser sehr leicht transportieren (vgl. Abb. 17) und wird bei überbordvollem Abfluß auf die Auenflächen ausgespült und in Form flacher Schwemmfächer aufgeschüttet. Sandauen sind im Gegensatz zu den ebenen Feinmaterialauen leicht gewellt und weisen mit Werten zwischen 0,5 und 1,5 % ein weitaus höheres, meist zwei- bis dreifaches Gefälle auf. Die Bachbetten sind etwas flacher als die der Feinmaterialauen, aber auch sehr steilwandig oder in mehrere flache Bettböden gestuft. Die Ufer sind sehr glatt und nur durch gelegentliche Buchten unterbrochen. Insgesamt bedingt das Material eher strukturarme Bachbetten, die in Bereichen gröberer Geschiebe Sohlpanzerung und höhere Strukturvielfalt aufweisen können. Auch bei den Sandauebächen ist der Einfluß der Vegetation auf die Strukturbildung sehr groß. Totholz und befestigtes Uferwurzelwerk gestalten die feineren Bachbettstrukturen. Die Sande werden als Geschiebe in den flachen Schwemmfächern fast ständig bewegt und setzen sich nur temporär bei Niedrigwasser ab. Der Krümmungsgrad ist im Vergleich zu den Feinmaterialauen geringer, dennoch sind stark gekrümmte bis mäandrierende Gewässer durchaus typisch (SI 1,25 - $> 1,5$). Ihre Gewässerbögen beschreiben eher einfache und weitgespannte Fließwege über die Auen.

Sande bilden ein saures Milieu aus und sind sehr unfruchtbar. Die Sandauen stellen geochemisch ionen- und nährstoffarme Bereiche dar. Es handelt sich also um die silikatischsten und daher säureanfälligsten Fließgewässerbereiche des Landes. Lockere Sandrohböden (Ranker) herrschen vor. Bei anlehmigen Substraten können sich auch Ramblas, selten Vegas entwickeln. Nur die Vegetation und

ihre Verwitterungsprodukte sorgen für die Erhaltung des sehr störungsanfälligen Systems. Die Sandauen sind sehr waserdurchlässig und daher ein guter Grundwasserleiter (Aquifer). Staunässe tritt nur bei den Auen auf, wo der Grundwasserspiegel oberflächennah ansteht. Dann tritt Vermoorung ein, wie sie auch bei Sandauen sehr häufig zu beobachten ist. Bei den heute oft unnatürlich tief eingeschnittenen Bachbetten liegen die Auenflächen zu weit über dem Grundwasserspiegel und weisen keinen Staunässeinfluß mehr auf. Auch die Sandauen werden zum größten Teil (> 80 %) landwirtschaftlich als Grünland genutzt. Trotzdem sind die Sandauen und ihre Bäche weit weniger und vor allem mit geringeren technischen Mitteln ausgebaut. Viele Fließstrecken sind noch relativ naturnah.

Grobmaterialauen

Grobmaterialauen sind aus kiesigen, steinigen oder sogar blockigen Sedimenten aufgebaut. Sie sind vor allem in steilem Gelände wie in Gebirgen anzutreffen. In flacheren Regionen beschreiben sie häufig eine ehemalige Vorlandvergletscherung, die grobes Aufschüttungsmaterial in Form von Endmoränen zurückgelassen hat. Überhaupt sind grobe Schüttungen bevorzugt in periglazialen Gebieten zu finden, wo durch die Frostverwitterung überwiegend Gesteinschutt zum Abtransport zur Verfügung gestellt wird. Auch in den Bergländern und Gebirgen der halbtrockenen bis trockenen Regionen der Erde wird viel grober Schutt produziert und meist schubweise fluvial verfrachtet und in breiten Grobmaterialauen zwischengelagert oder am Rande der Gebirge in großen Vorlandschwemmfächern abgesetzt. Grobmaterialschüttungen kommen also dort vor, wo das Angebot an Material die Transportkraft übersteigt - sei es jahreszeitlich temporär wie in den semi-ariden und periglazialen Gebieten oder auch dort, wo für perennierende Gewässer genügend Grobanteile im Verwitterungsmaterial vorhanden sind. In unseren Klimabereichen sind es insbesondere die Mittelgebirgsregionen aus kristallinen oder metamorphen Gesteinen. Auch in den höher aufragenden Buntsandsteinbereichen des Schwarzwaldes sind Grobmaterialauen typisch. In den mitteleuropäischen Gebirgen sind es vor allem die Verwitterungsrelikte aus der letzten Kaltzeit, die *Hangschuttdecken*, die als Grobgeschiebelieferanten für die heutigen Gewässer dienen. Grundsätzlich gilt, daß die Menge des Grobgeschiebes von der Höhenlage, vor allem aber vom Ausgangsmaterial abhängig ist. Dabei liefert der Gneis das meiste an hartem, quarzit-

reichem Grobgeschiebe. Grobmaterialauen sind außerhalb der alpinen Täler vor allem in den Gneisgebieten der Mittelgebirge am weitesten verbreitet.

Die Gewässer der Grobmaterialauen fließen mit hohem Gefälle (2-4 %) in sehr breiten und flachen Betten, die sich verlagern. Es handelt sich also um Schwemmfächerschüttungen, die durch diese stetige Verlagerung den Talboden gleichmäßig verfüllen. Die Linienführung ist geradlinig bis leicht gekrümmt (SI 1,05 - 1,25) mit sehr weiten Radien. Die Ufer sind je nach Korngrößendominanz gebuchtet (Kiese) bis stark mit den Auen verzahnt (Steine, Blöcke). Insgesamt zeichnen sich die Gewässer durch einen materialbedingten Strukturreichtum aus. Die heutigen Grobmaterialauen unterliegen etwa zur Hälfte der Grünlandnutzung. Die Gewässer sind durch vielfältige Verbaumaßnahmen, vor allem durch Ableitungen für Industriebetriebe u.a. so reguliert, daß die natürliche Verlagerung und Auebildung fast vollständig unterbunden ist und die Gewässer über weite Strecken ihren Talboden zerschnitten haben. Die übertieften Bachbetten verhindern die weitere Entwicklung der Auen, genauso wie die wasserbaulichen Veränderungen selbst.

In den periglazialen und semi-ariden Gebieten werden die Grobmaterialauen durch das System des verwilderten Fließens (braided river) aufgebaut. In der Regenzeit bzw. der Tauperiode mit viel Schmelzwasserangebot werden die Sedimente zumeist auf der gesamten Talbreite überschwemmt und in flachen Schwemmfächern talabwärts bewegt. Mit Abklingen der Flut „verwildert“ das Gewässer und fließt - wie ein Zopf verflochten (braided) - in vielen Gerinnen ab, bis es mangels Wassers sogar zum Versiegen kommt. Dieser Vorgang wird hier deshalb erwähnt, weil sehr viele Auen dieser Art als Relikte der Kaltzeiten die Talböden verfüllen und heute als Niederterrasse bezeichnet werden.

Der Chemismus der Gewässer der Grobmaterialauen hängt von der Zusammensetzung des durchflossenen Materials ab: Es gibt sowohl überwiegend silikatische Auen und Gewässer, wie in den Gneis- und Buntsandsteinregionen, als auch karbonatische wie z.B. in den Bereichen der kalkigen Endmoränen.

Durch die Vernichtung der Wälder wird heute soviel Grobmaterial in den Gebirgen und Bergländern freigesetzt und der Oberflächenabfluß dermaßen erhöht, daß es zu regelmäßigen, periodischen Hochwässern kommt, mit deren Hilfe das grobe Material auf den Talböden verteilt wird. Ein Beispiel bieten auch hier sommertrockenen Torrente-Gewässer der mediterranen Breiten, die gewaltige Grobmaterialauen ausbilden.

Andere Auengliederungen

Eine weitere Möglichkeit, die Auen zu gliedern, besteht in der Beschreibung ihrer Formen. Dabei kann zunächst in die Auen mit und ohne Talbegrenzung unterschieden werden: Talauen und Flachlandauen. Die Abgrenzung in den Übergangsbereichen ist nicht einfach. In der Regel muß bei der Karteninterpretation die Linie gesucht werden, ab der das Gewässer keine Beeinflussung von den Hängen mehr erfährt. Dies ist meistens dann der Fall, wenn die aktiven Auen breiter als 300 - 500 m sind.

Talauen können weiter nach ihrer Talform weiter untergliedert werden: Es werden die weit verbreiteten Kerbsohlentäler von den sehr steilflankigen Kastentälern und den Auentälern mit Muldenform unterschieden. Flachlandauen unterscheiden sich nach Lage, Größe und Formeninventar in die eigentlichen Flachlandauen, die Stromauen und die Schwemmfächerauen. Dabei liegen die Schwemmfächerauen am Rande des Flach- oder Tieflandes und stellen den Übergangsbereich zwischen einem höher aufragendem Gelände und dem Vorland dar. Hier können auch gröbere fluviale Sedimente charakteristisch sein. Die Stromauen werden durch das Verhalten des Flusses gestaltet - auch die kleineren Gewässer sind vom Fluß abhängig und benutzen z.B. Alt- oder Seitenarme als Fließrinnen. Die Flachlandauen sind in den überwiegend lehmig aufgebauten und vermoorten Niederungsbereichen wie norddeutscher Tiefebene und Thüringer Becken bevorzugt anzutreffen.

2.6 Chemismus der Gewässer: Silikatische und karbonatische Gewässer

Gewässerchemie ist eine besonders komplizierte Angelegenheit, die von der Probennahme bis zur apparativen Ausstattung einen sehr hohen Einsatz und Aufwand erfordert. Im Rahmen dieser Kurzdarstellung sollen nur die wichtigsten Eckdaten der sogenannten „Geochemischen

Grundtypen“ der naturnahen Gewässer dargestellt werden.

Der Chemismus der Gewässer im Naturzustand wird vom Substrat, das durchflossen wird, bestimmt. In Baden-Württemberg sind danach zwei *geochemische Grundtypen* an Gewässern anzutreffen: die silikatischen Gewässer und die karbonatischen Gewässer.

Silikatische Gewässer sind typisch für Regionen mit eher silikatischen und sauren Gesteinen. Dies sind:

- Gneisregionen des Schwarzwaldes (60-70 % SiO_2)
- Granitregionen des Schwarzwaldes (71 % SiO_2)
- Buntsandsteinregionen (> 90 % SiO_2)

Karbonatische Gewässer bestimmen die Regionen mit überwiegend karbonatischen und basischen Gesteinen. Sie weisen sehr unterschiedliche Calcium- und Magnesiumkarbonat- sowie auch Calciumsulfatgehalte auf. Dies sind:

- Glazifluvialen Aufschüttungslandschaften des Alpenvorlandes

Sie weisen einen großen Anteil an sogenannten „kalkalpinen“ Geschieben auf, die nach Alter der Ablagerungen bzw. dem Verwitterungsgrad unterschiedliche Karbonatgehalte haben. Dazu ist auch die Oberrheinebene zu rechnen, die im fluvialen Sedimentkörper einen unterschiedlich hohen Anteil an kalkigen Geschieben trägt.

- Malmkalke (Weißjura) der Schwäbischen Alb

Diese Kalke erreichen mit 70-90 % den höchsten Calciumkarbonatanteil. Die sehr kompakten Gesteine sind stark verkarstet und weisen nur vereinzelte, spezielle Formen von Fließgewässern auf.

- Regionen des Lias und Doggers

Sie sind eher mergelig-tonig, z.T. sogar sandig ausgeprägt. Die Calcium- und Magnesiumkarbonatgehalte (30-60 %) sind stark wechselnd.

- Regionen des Keupers

Der Keuper ist stratigraphisch* regional sehr unterschiedlich ausgestattet ist. Mergel mit etwa 30 % CaCO_3 herrschen in den unteren Schichten, und karbonatische Sandsteine (0-10 % CaCO_3) in den oberen Lagen vor. In den unteren Schichten sind häufig Calciumsulfat-Lagen (Gips) eingeschaltet, die nach oben zu abnehmen. Auch dolomitische Bänke, also Magnesiumkarbonatschichten,

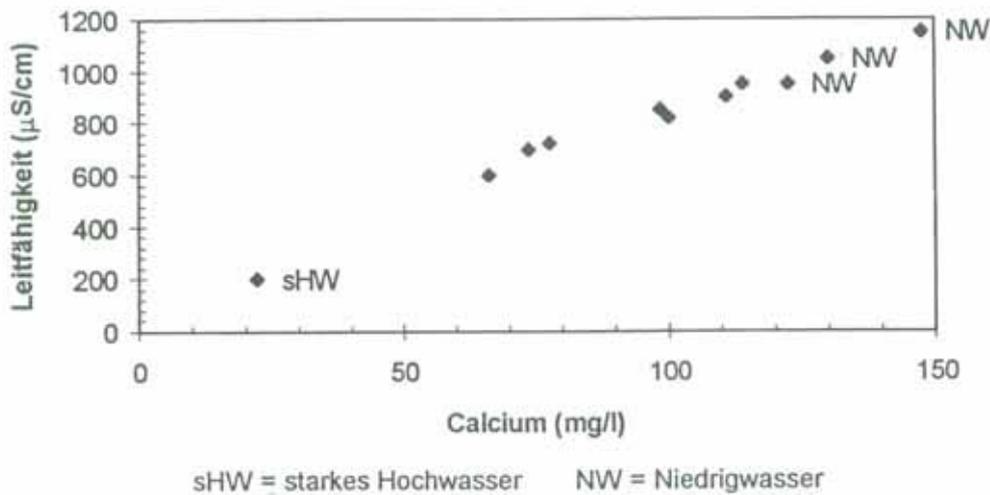


Abb. 21 Einfluß von Abflußereignissen auf den Chemismus am Beispiel des Degenbachs (BRAUKMANN & KÜBLER 1998)

kommen vor.

- Regionen des Muschelkalks

Sie sind eher kalkig (30-70 % CaCO_3), aber auch mergelig und zum Teil gipsig ausgebildet.

- Lößregionen

Je nach Verwitterungsgrad und Zusammensetzung des Materials beträgt der CaCO_3 - Gehalt 0-30 %.

Durch Lösungsverwitterung und über den Transport im Grund- und Oberflächenwasser gelangen die gelösten Stoffe ins Fließwasser. Dabei ist die Dauer des Kontaktes des Wassers mit dem Gestein für die Konzentration verantwortlich. Deshalb sind die Gehalte an gelösten Stoffen bei Hochwässern weitaus geringer als beim grundwasser- gespeistem Niedrigwasserabfluß (Abb. 21).

Grundsätzlich werden also bei den geochemischen Grundtypen die silikatischen von den karbonatischen Gewässern unterschieden. Silikatische Gewässer sind insge-

samt ionen- und nährstoffarm und durch schlechtes Pufferungsvermögen säuregefährdet. Karbonatische Gewässer sind dagegen ionen- und nährstoffreich und mit gutem Säurepufferungsvermögen ausgestattet. BRAUKMANN & KÜBLER (1998) haben durch die Auswertung von umfangreichem statistischen Material die Grenzwerte der Silikat- und Karbonatbäche festlegen können. Sie sind in Abbildung 22 dargestellt.

Detaillierte Untersuchungen haben ergeben, daß sich die Silikatbäche auf Grund ihrer Säurekapazität weiter untergliedern lassen (Abb. 23). Die Säurekapazität ist das Maß für das Pufferungsvermögen eines Gewässers gegenüber der Einwirkung saurer Niederschläge und hängt von der Ionenart- und Konzentration ab (BRAUKMANN & KÜBLER, 1998).

Die Karbonatbäche lassen sich nach ihrer Leitfähigkeit weiter untergliedern in Calcium-Karbonat-, Magnesium-Karbonat- und Magnesiumsulfatbäche. Eine Übersicht zeigt Abbildung 24.

	Silikat-Bäche	Karbonat-Bäche
Leitfähigkeit	< ca. 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$	> ca. 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Hydrogencarbonat	< ca. 1,5 mmol/l	> ca. 1,5 mmol/l
Summe Calcium (eq)*, Magnesium (eq)*	< ca. 1,5 mmol/l	> ca. 1,5 mmol/l

Abb. 22 Wertebereiche der Silikat- und der Karbonatbäche (nach BRAUKMANN & KÜBLER 1998)

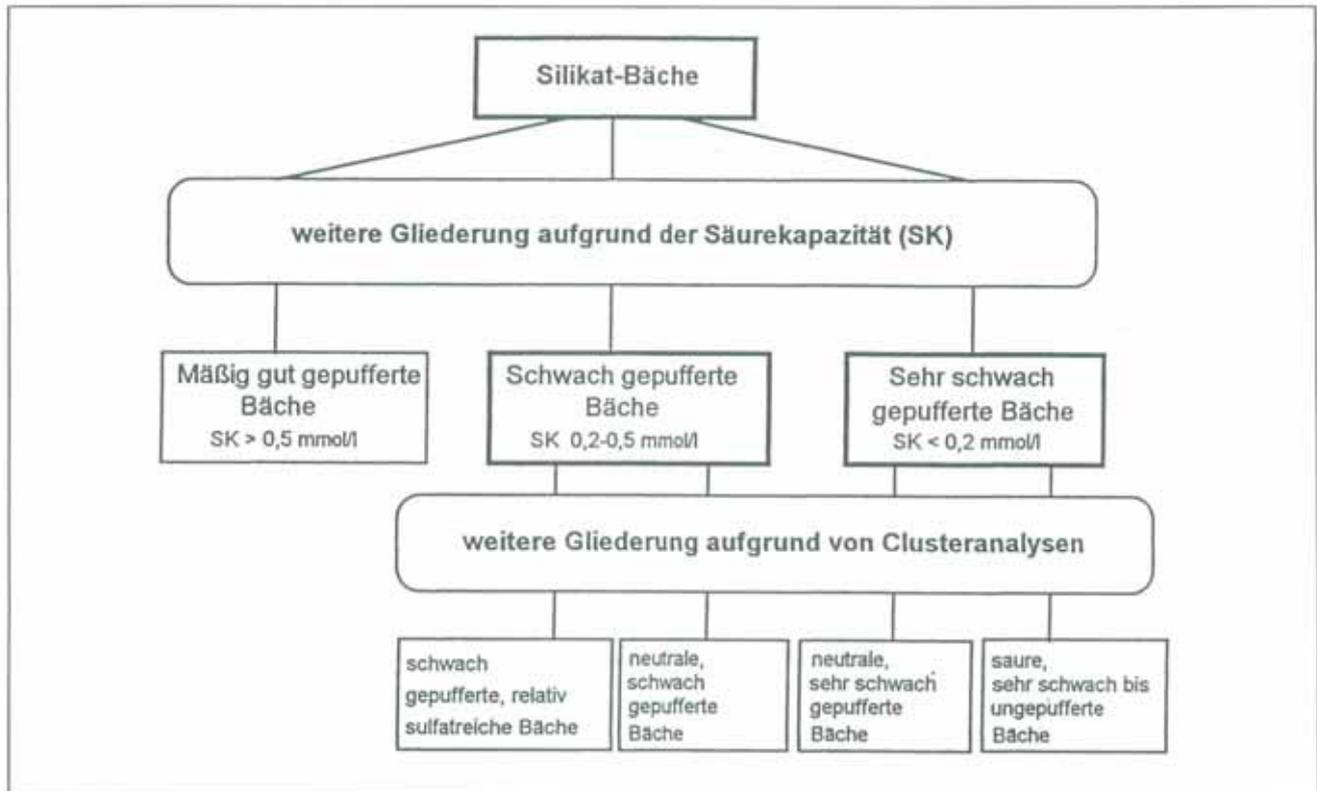


Abb. 23 Gliederung der ionenarmen Silikatbäche (BRAUKMANN & KÜBLER 1998)

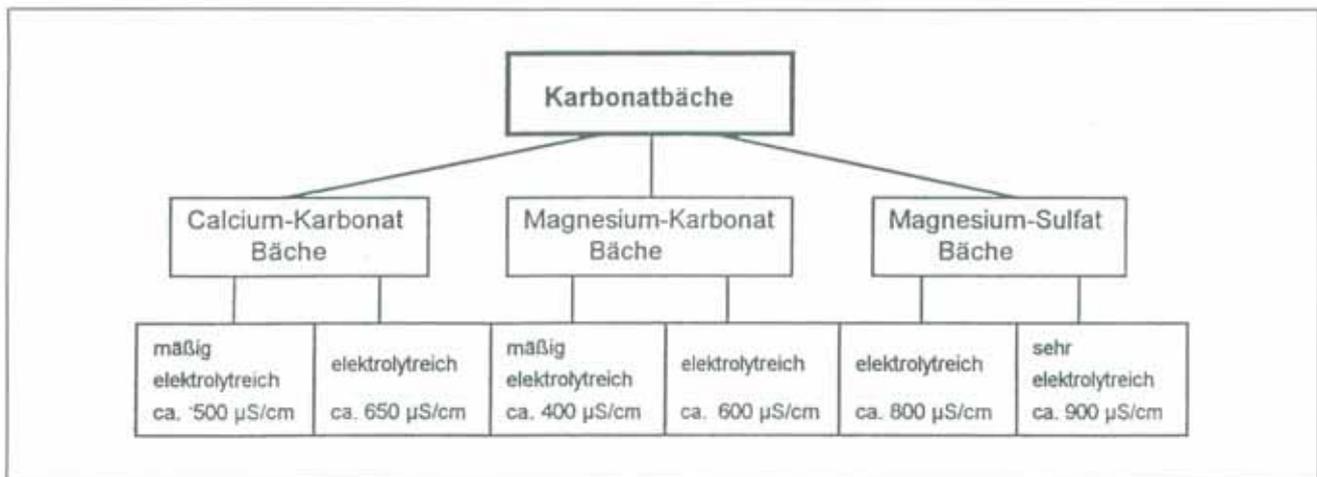


Abb. 24 Unterteilung der ionenreichen Karbonatbäche nach ihrer Leitfähigkeit (BRAUKMANN & KÜBLER 1998)

3 Die Entwicklungsgeschichte des Gewässernetzes von Baden-Württemberg

Die Anlage eines Gewässernetzes ist abhängig von den tektonischen Vertikalbewegungen der Erdkruste und vom Gesteinsaufbau, insbesondere bei schichtlagernden, wechselharten Sedimentgesteinen. Tektonik und Schichtenbau haben auch die lange Geschichte Gewässerentwicklung in Baden-Württemberg bestimmt. Die wichtigsten Stadien der Gewässerentwicklung seit der Kreidezeit sind in Tabelle 1 dargestellt. Welche Formen und Formenrelikte diese raumzeitliche Entwicklung hervorgebracht hat, wird im folgenden beschrieben.

Die Süddeutsche Großscholle wurde mit Beginn der Kreidezeit (vor etwa 130 Mio. Jahren), langsam und partiell auftauchend, landfest. Damit beginnt die Verwitterung der Festlandsgesteine und die überwiegend fluviale Abtragung, die Arbeit der fließenden Gewässer.

Die Heraushebung des Festlandes ging zunächst von einem weit gespannten Hebungszentrum, dem Rheinischen Schild, aus. Durch dieses Hebungszentrum entwickelte sich, konsequent der Abdachung des Festlandes zum Mittelmeer und der Neigung der Schichten folgend, die erste Generation südostfließender Hauptgewässer. Senkrecht dazu, in Richtung des Streichens der Schichten, folgten die subsequenten Seitengerinne. Die Eintiefung der Gewässer in ein nur schwach geneigtes Schichtpaket präparierte selektiv die Härteunterschiede der Schichten heraus - eine *Schichtstufenlandschaft* entstand (Abb. 25 a, b).

Zeit	Ereignisse	Gewässerentwicklung
Holozän - 10.000 a	Eingriffe des Menschen Bodenbildung Vegetation	Zwischenaufschüttung: Aue
Quartär - 2,4 mio. a	Würm Kaltzeit → Wechsel Kalt-Warmzeiten Kaltzeiten: Frottschutt/Solifluktion Warmzeiten Verwitterung Bodenbildung	Niederterrassen Terrassenbildung Wechsel Sedimentation Erosion
Pliozän - 6 mio. a	starke Heraushebung d. Grabenschultern Oberrhein. Tiefebene u. Molassebecken landfest	Verlagerung der Erosionsbasis → neue Wasserscheide →
Miozän - 23 mio. a	Grabenbruch	Entstehung der Urtäler breite, flache Tröge
Alttertiär Oligozän Eozän Paläozän - 6,5 mio. a		
Kreide - 130 mio. a	Süddeutschland landfest Rhein. Schild Aufwölbung	Oberrhein. Tiefebene überflutet Beginn der Gewässerentstehung

Tab. 1 Die Gewässerentwicklung in Baden-Württemberg (außer alpin)

Dieser Gestaltungsprozeß setzte sich partiell und in abgeschwächter Form vor allem im Osten Süddeutschlands fort und dauert bis heute an. Er wurde aber durch die Entstehung des *Oberheingrabens* stark überprägt. Mit dieser Dehnungsstruktur und der streifenförmigen starken Absenkung eines Teils der süddeutschen Scholle entstand eine neue Erosionsbasis im Westen. An den Rändern des Grabens bildeten sich neue Wasserscheiden aus und ein neues Gewässernetz nahm Gestalt an. In Süddeutschland, östlich des Rheingrabens, überlagern sich also zwei Gewässernetze: ein „altes“, bis in die Kreide zurückreichendes Gewässernetz mit Ausrichtung nach Südsüdost und ein viel „jüngeres“, das sich seit dem Alttertiär (Oligozän) entwickelt und in Richtung Nordwest weist. Das jüngere Gewässernetz setzt sich durch Anzapfung zunehmend gegen das ältere durch (Abb. 25 a-c).

Ein besonderer Schub in dieser Entwicklung fand in den letzten 5 Mio. Jahren statt: Mit dem Pliozän setzte die Heraushebung der Gesamtscholle, vor allem aber der Grabenschultern ein (Schwarzwald, Vogesen). Gleichzeitig wurde das Grabeninnere sowie im Alpenvorland das Molassebecken landfest, Urrhein und Donau entstanden. Die danubisch entwässernden Gerinne wurden in verstärktem Maße durch die rhenanischen Gewässer angezapft und umgeleitet (Erosionsbasis der Donau für Baden-Württemberg bei 400 m, die des Rheins bei 100 m). Berühmtestes Beispiel für die *Flußanzapfung* ist die Wutach-Schlucht. Tektonisch gestufte Längsprofile sind deshalb in Baden-Württemberg recht typisch, ebenso die Umlenkung der Fließrichtung um 180° bei den sogenannten Anzapfungsknies und die viel steileren Gefällegrade bei den rhenanisch entwässernden Gerinnen.

Das heutige Erscheinungsbild der Landschaften entstand im wesentlichen durch die Überprägung während der Kaltzeiten. Die Gletscher mit ihren markanten glazialerosiven Formen und ihre Moränen haben eine ganz eigenständige *Glaziallandschaft* und neue Formen an Gewässeranlagen zurückgelassen (Abb. 26). In den Mittelgebirgen ist das Gelände über 900 m üNN glazial überformt (Kare, Hangschuttdecken). Das Alpenvorland ist die weitflächigste Glaziallandschaft Baden-Württembergs. Hier zeigt sich fast der gesamte Formenschatz der glazialen Serie (Abb. 26).

Das Gebiet zwischen Donau und Alpen wird im Süden von den Jungendmoränen, Grundmoränen* und Zungenbeckenlandschaften* der Würm-Vergletscherung gestaltet. Nach der Befreiung vom Eis entstand hier eine eigenständige, noch nicht voll entwickelte Gewässerlandschaft mit besonderen Strukturen und Formen. Zwischen Endmoränenkränzen und Donau erstrecken sich die fluvioglazialen* Schmelzwasser-/Schwemmfächer-Aufschüttungen der Kaltzeiten, die im Wechsel zwischen Aufschotterung und warmzeitlicher Zerschneidung eine fast perfekte Terrassenlandschaft hinterlassen haben.

Aber auch in den tieferen Lagen gestaltet der kaltzeitlich-periglaziale Formenschatz - bis auf die jungen fluvialen Anschnitte und Auen - das Landschaftsbild: Die Hänge sind mit kaltzeitlichem Frostschutt bedeckt (*Hangschuttdecken*) und die Täler terrassenförmig mit Aufschüttungen aus den Kaltzeiten überlagert. Vor allem die großen Flächen der *Niederterrasse* sind auffälligstes Zeugnis der letzten Kaltzeit, des Würm (Abb. 8).

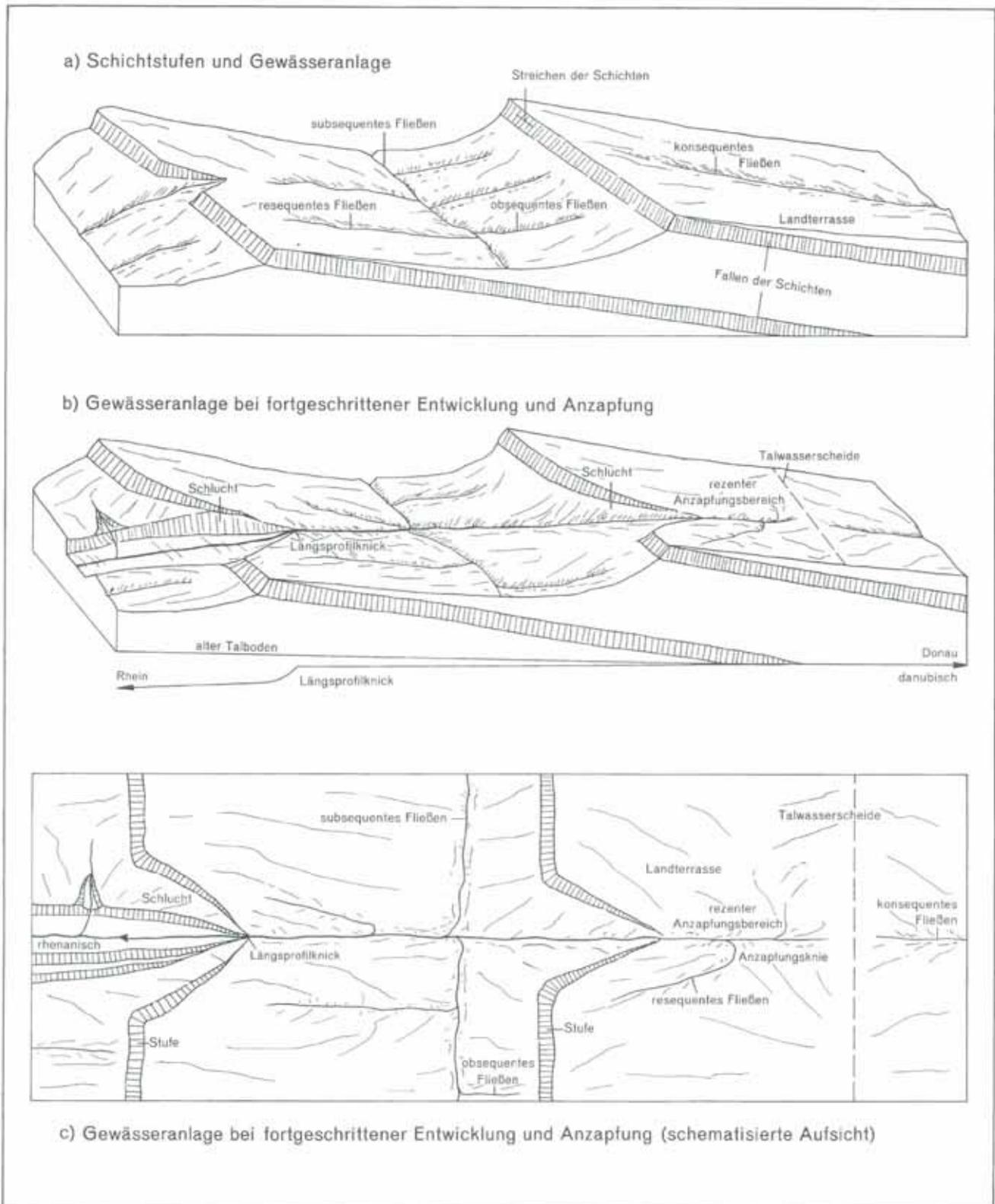


Abb. 25 a, b, c Entwicklung des Gewässernetzes im Schichtstufenland

Zeit	Ereignisse	Gewässerentwicklung
Holozän - 10.000 a	Eingriffe des Menschen Bodenbildung Vegetation	Nord ————— Süd Erosion
Quartär	alpidische Gebirgsbildung: Heraushebung, Restfaltung, Vorlandvergletscherungen I-IV, Terrassenbildung	Wurm I Niederterrassenschotter Sedimentation Moränen Erosion
		Riß II Hochterrassenschotter Sedimentation Moränen Erosion
		Mindel III jüngere Deckenschotter Sedimentation Moränen Erosion
		Günz IV ältere Deckenschotter älteste Vergletscherungen Sedimentation Moränen
Pliozän - 6 mio. a	alpidische Gebirgsbildung: Heraushebung Alpenvorland landfest	Talbildung älteste Terrassenreste Urdonau
Miozän - 23 mio. a	Abtragung/Flachlandschaft Alpen	fluviale Sedimente gelangen aus den Alpen über Deltaschüttungen in den Molassetrog zeitweise Verbindung zum Mittelmeer (Meeresmolasse), ansonsten Süßwassermolasse
Alttertiär - 65 mio. a	alpidische Gebirgsbildung: Faltungen	

Tab. 2 Entwicklung der Gewässer im Alpenvorland

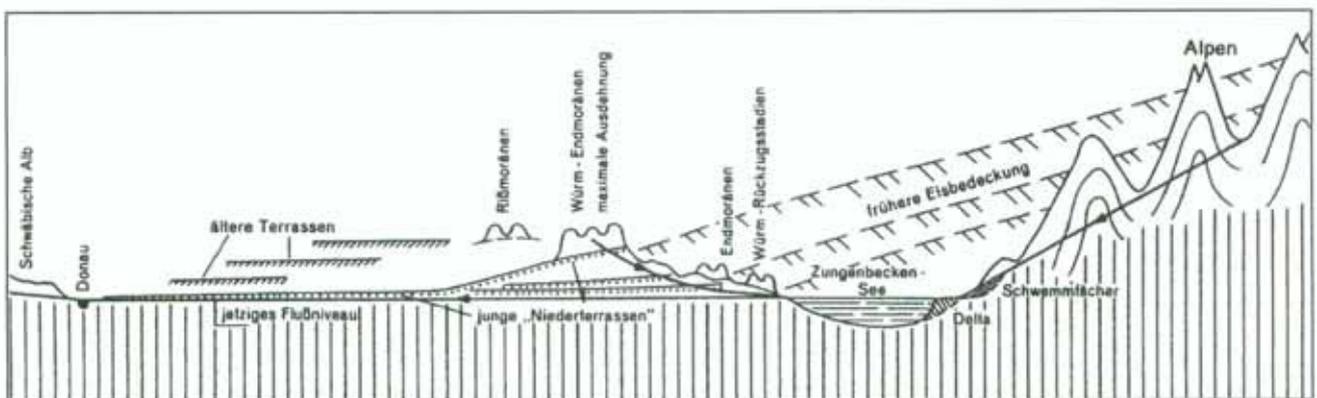


Abb. 26 Das Alpenvorland und seine Landschaften

4 Die Ergebnisse der Analyse der Geländeformen

Die flächendeckende Analyse der Topographischen Karten 1:50.000 Baden-Württembergs ergab eine Vorkartierung von Landschaftsräumen gleicher Formung (vgl. Kap. 1.2). Das Ergebnis der Formenanalyse soll hier an ausgewählten Beispielen dargestellt werden. Die Kartenausschnitte umfassen im Maßstab 1:50.000 mit 10 cm Kantenlänge eine Fläche von 25 km². Die Höhenlinien wurden aus Vergleichsgründen bei fast allen Karten im Abstand von 10 Metern gezeichnet. Ausnahmen bilden die beiden Kartenausschnitte Blatt Offenburg und Blatt Baden-Baden. Hier beträgt die Äquidistanz nur 5 m, um die feine Reliefierung der Flachlandbereiche noch erfassen zu können. Die Höhenpunkte unterstützen die Übersicht über die Reliefverhältnisse. Diese *orohydrographische* Darstellung verzichtet bewußt auf eine Schummerung, um das Lesen der Karte zu erleichtern.

Mit dieser Methode wurden insgesamt 10 Teilräume ausgegliedert, teilweise mit Untergruppen. Ihr besonderes Formen- und Strukturinventar soll im Folgenden kurz beschrieben und nicht interpretiert werden. Diese Inventarbeschreibung stellt die vorbereitende „Stoffsammlung“ für die Basiskartierung dar. Sie soll den ersten Arbeitsschritt und die zu erreichenden Ergebnisse beispielhaft verdeutlichen. Das Herauslesen der Formen ist zwar eine zeitaufwendige Angelegenheit, es bietet aber eine Fülle an Erkenntnissen, die über andere Hilfsmittel nicht so schnell zu erreichen sind.

Flachlandgewässer

Typ: jungquartäre Schotterflächen

Blatt Karlsruhe-Nord (L 6916)

Typ: holozäne Aufschüttungen

Blatt Offenburg (L 7512)

Blatt Baden-Baden (L 7314)

Auf Blatt Karlsruhe Nord fließen vereinzelte und überwiegend stark begradigte, wahrscheinlich sogar kanalisierete Gewässer über eine Ebene im 112 m-Niveau, die fast unmerklich nach Norden unter 110 m abdacht. Die beiden folgenden Blattausschnitte weisen bei vergleichbar geformtem, fast ebenem Flachland etwa die dreifache Dichte bzw.

Anzahl an Gewässern auf, wobei es sich überwiegend um künstliche Gerinne, vor allem Entwässerungskanäle handelt. Erst bei genauerer Betrachtung von Höhenlinien und Gewässernetz fällt bei Blatt Baden-Baden auf, daß hier das Gelände durch einen sehr flachen Schwemmfächer aufgebaut wird. Dieser fällt von Südosten nach Nordwesten sanft ab und breitet sich aus, so daß die Gewässer „gerichtet“ abfließen. Zahlreiche Gewässer entspringen an der Oberfläche, die zusätzlich durch Kanäle, die sogar quer zur Entwässerungsrichtung verlaufen, entwässert wird. Im Flachland wurden drei unterschiedliche Gewässerbereiche nach Standort (feucht, trocken) und Form (Schwemmfächer oder nicht) ausgegliedert:

Flachlandgewässer der jungquartären Schotterflächen
Flachlandauebäche
Schwemmfächerauebäche

Nicht erfaßt sind in dieser Systematik die vom Rhein gestalteten Flachlandgewässer, die Stromauebäche.

Berglandgewässer

Typ: metamorphes Grundgebirge

Blatt Freiburg-Süd (L 8112)

Typ: Buntsandstein

Blatt Wildbad (L 7316)

Der Kartenausschnitt aus Blatt Freiburg-Süd zeigt die Gewässernetzanlage im metamorphen Grundgebirge. Besonderes Merkmal ist die Dichte und der stark gewundene Verlauf der Höhenlinien. Mit Hilfe der Höhenpunkte können die Gefälleverhältnisse rasch erfaßt werden: Am Rande des Haupttales werden auf etwa 500 m Luftlinie fast 300 Höhenmeter überwunden, das entspricht einer Hangneigung von 60 %. Es handelt sich um ein außergewöhnlich steiles und dichtes Kerbtalrelief, bei dem die Wasserscheiden kammartig zugeschärft sind. Nur wenige und sehr kleine Verflachungen in unterschiedlichen Höhen weisen auf ehemals größere, zusammenhängende Flächen hin. Die Täler und Tälchen sind bis auf die Wasserscheiden hinauf von Bächen begleitet. Die Gewässerdichte erreicht Werte weit über 2 km/km², was auf ein hohes Niederschlagsaufkommen und wasserundurchlässigen Untergrund hinweist. Das breite und fast geradlinige Haupttal stellt ein tektonisch angelegtes Kerbsohlental* dar. Es wird vom Neumagen entwässert, der von Nordosten kommend zunächst

flach muldenförmig in seinen eigenen Schwemmfächer-aufschüttungen eingetieft ist. Im Haupttal verlagert der Bach dann seinen Lauf an den südlichen Hangfuß und fließt begradigt auf seinem Schwemmfächer in Richtung Nordwesten. Die Gleichabständigkeit und der geschwungene Verlauf der Höhenlinien auf dem Talboden spricht für einen relativ steil geschütteten Schwemmfächer, der in sich leicht reliefiert ist. Im Westen drängen die steilen Schwemmfächer der Seitenbäche den Neumagen nach Norden ab.

Der Kartenausschnitt aus Blatt Wildbad stellt ein weit- aus ruhigeres, viel gröberes Relief in gleicher Höhenlage dar: Zwei sehr tiefe (170 m) und große Haupttäler mit gleichmäßig steilen Talflanken zerschneiden eine noch sehr gut erhaltene Hochfläche, die sich über ein Höhenniveau von 710 bis 760 m erstreckt. Eine schmale Sohle bzw. Aue von etwa 50 m Breite ist an den beiden Teichen auf dem Talboden und an den kleinen, dreiecksförmigen Ausbuchtungen bei der Einmündung der Seitentäler zu erkennen (Kerbsohlental mit Talauebach; Kerbtäler). Die Seitentäler greifen mit kurzen, sehr steilen Längs- und Querprofilen in die Hochfläche ein, auf der sie zum Teil in flachen Mulden entspringen. Trockentäler in Form von kleinen Kerbanrissen gliedern die insgesamt recht geradlinigen Hänge. Ein Teil eines Moores ist im Nordosten des Blattauschnittes zu erkennen. Insgesamt bleibt jedoch der Eindruck einer geringen Gewässerdichte ($0,7 \text{ km/km}^2$).

Flach- und Hügellandgewässer

Typ: Muschelkalk/Löß

Blatt Bad Mergentheim (L 6524)

Blatt Künzelsau (L 6724)

Das Blatt Bad Mergentheim zeigt einen typischen Ausschnitt aus dem Gäuland: Die Gewässerdichte fällt auf unter 0,4. Zwei stark begradigte Bäche entwässern in flachen Muldentälern die leicht wellige Gäufläche, die hier auf einem Höhenniveau von 320 bis 350 m liegt. Der Stalldorfer Bach leitet im äußersten Südwesten des Blattes in ein Kerbtal über, das sich bis zu 50 m eingeschnitten hat. Blatt Künzelsau zeigt ein vergleichbares Relief: Die Fläche liegt im Höhenniveau von 450 bis 480 m, ist aber von dem sehr tiefen (160 m) Tal der Jagst fast schluchtartig zerschnitten. Das sehr steilflankige, große Tal besitzt eine bis zu 250 m breite Sohle bzw. Aue (Kerbsohlental/fast Kastental mit Talauebach). Seitentäler in Form von sehr kurzen Kerb-

anrissen schlitzten den Talhang auf und greifen vereinzelt mit kleinen, flachen Mulden auf die sonst unzerschnittene Fläche über.

Berglandgewässer

Typ: Keuper

Blatt Schwäbisch Hall (L 6924)

Das Relief der Keuperlandschaft zeigt sich unruhig und kleinräumig vielgestaltig: Vom südwestlichen Bereich zieht sich eine durch zahlreiche Gewässer zerschnittene Stufe nach Norden, wo sie zunächst nach Nordosten und dann in südlicher Richtung abbiegt. Die Gewässer greifen mit Quellerosion in die konkaven, nach oben zu immer steiler werdenden Hänge ein und haben diese engständig zerschnitten. Im Westen sind hinter der Stufenstirn noch Hochflächenreste auf rund 500 m erhalten, die nach Osten zu durch ein parallel angeordnetes Gewässersystem zertalt und aufgelöst wird. Die Bäche setzen mit kurzen Kerbanschnitten ein, gehen rasch in Muldentäler über, die sich zum Vorfluter hin breit öffnen und den Auen Raum bieten. Die Seitentäler haben die Landterrasse etwa 80 m tief zerschnitten und damit auch im unteren Bereich die Wasserscheiden tiefergelegt, so daß nur noch ein langgestrecktes, flaches Hügelland im 420-430 m - Niveau zurückgeblieben ist. Das Hauptgerinne sammelt die Bäche in einem asymmetrischen Auental auf, das mit einer Laufstrecke von etwa 2 km unterhalb der Konfluenz der drei Oberläufe noch einen stark gekrümmten Verlauf aufweist. Talwärts schließt sich ein begradigter Lauf an. Das dichte Gewässernetz von über $1,7 \text{ km/km}^2$ und Teiche weisen auf einen stark wasserundurchlässigen Untergrund hin.

Hügel- und Berglandgewässer

Typ: Lias/Dogger

Blatt Reutlingen (L 7520)

Die Echaz zieht hier in einem etwa 70 m tiefen Kerbsohlental gen Nordwesten. Die kleineren Seitengerinne gliedern nur wenig die Talhänge, während die größeren mit Kerbtälern in die Hochflächen eingreifen und mit einem sehr kurzen und steilen Anschnitt auf dieselben überleiten. Sie haben einen ausgeprägten Knick im Längsprofil ausgebildet. Die Hochfläche ist im Bereich der fluvialen Überformung zu einer gleichmäßig geneigten, flachwelligen Rampe abgetragen. Die Bäche fließen in kleinen Mulden-

tälern ab. Trockentäler der gleichen Form gliedern zusätzlich das Gelände. Die Gewässerdichte liegt mit $0,8 \text{ km}^2/\text{km}^2$ im mittleren Bereich.

Typ: Malm

Blatt Munderkingen (L 7722)

Gezeigt ist hier einen typischer Ausschnitt aus dem Bereich der Schwäbischen Alb. Das Relief der Hochflächen im Niveau von 750 bis 800 m erscheint etwas unruhig; Kleinere Hohl- und Vollformen, aber vor allem Trockentäler gliedern das Gelände. Besonders auffällig ist die extreme Gewässerarmut, die Gewässerdichten geht auf 0 zurück. Nur die Lauter fließt in einem sehr steilwandigen, schluchtartigen Tal mit einem flachen Talboden ab. Es handelt sich um ein Kastental, das mit gestuftem Querprofil (Terrassen) die Hochfläche zerschneidet. Besonders schön ist die Terrassenfläche im 690 m - Niveau im nördlichen Bereich erhalten, aber auch kleinere Reste anderer Niveaus sind westlich der Lauter zu erkennen. Von der Aue aus greifen Trockentalsysteme in die Hochfläche ein. Während die kleineren Gerinne mit sehr steilen Kerbtälern gleich zu den Flächen überleiten, sind bei dem größeren Trockentalsystem noch kastenförmige Querprofile im Unterlauf entwickelt, die auf das Niveau der heutigen Lauteraue eingestellt sind. Auf der Hochfläche sind asymmetrische Talformen zu erkennen.

Hügel- und Flachlandgewässer

Typ: Terrassenland, tertiäres Hügelland

Blatt Babenhausen (L 7926)

Auf einer sehr großen, etwa 1 km breiten Aue fließt die Günz, meistens begradigt, als ein verhältnismäßig kleines Gewässer mit geringem Gefälle ab. Zahlreiche kleinere Gerinne und Kanäle begleiten das Hauptgewässer und machen einen sehr feuchten Auebereich deutlich. Östlich wird die Aue von einem 15 - 20 m höheren Flächenniveau begleitet, das mit ähnlichem Gefällegrad ebenfalls nach Norden abdacht. Nur sehr wenige Gewässer sind auf der Fläche angelegt und zerschneiden im Übergang zum Vorfluter mit flacher Kerbe die fast ebene Terrassenfläche. Westlich grenzt die Aue an einen steilen, sehr stark aufgelösten Hang, der zu einem etwa 70 m höheren Niveau überleitet. Dieses wird von allen Seiten erosiv aufgezehrt und ist nur noch in einem streifenförmigen Rest erhalten. Im

südwestlichen Bereich ist noch ein Zwischenniveau in 30 bis 40 m über dem heutigen Fließniveau zu erkennen, das eine flache Wasserscheide zwischen zwei Bachsystemen bildet. Diese ineinander geschachtelten Niveaus stellen eine beispielhafte Terrassenlandschaft dar und dokumentieren den zeitlichen Wechsel der Gewässertätigkeit zwischen Erosion und Akkumulation.

Typ: Jungmoränenland

Blatt Bad Waldsee (L 8124)

Der Kartenausschnitt zeigt eine Gewässernetzanlage im Jungmoränenland Oberschwabens: Im nördlichen Bereich sind begradigte Gewässer in einem sehr flachen, vermoorten und nur durch wenige Erhebungen gegliederten Gelände zu erkennen. Diese Gewässer entspringen in einer kleinen talähnlichen Hohlform in einem Moor in gleicher Höhenlage, fließen aber voneinander weg (Talwasserscheide). Im südlichen Kartenausschnitt durchbricht die Wolfegger Ach mit einem 70 m tiefen schluchtförmigen Kerbsohlental das Gelände, das Gewässer wird zum Teil von einer perfekt ausgebildeten Terrasse im 607 m - Niveau begleitet. Zahlreiche Seitengerinne sind im Gefälle der Steilhänge angelegt oder haben kaum einen Kerbanriß ausgebildet. Vom Gefälle, von den Strukturen und Talformen her sind extreme Gegensätze auf kleinstem Raum charakteristisch.

Auf der Basis dieser Formenanalyse wurden in Baden-Württemberg 12 naturräumlich gleich ausgestattete Gewässerlandschaften auskartiert, Referenzgewässer ausgewählt und die Geländebeobachtungen mit Hilfe der geologischen Karte und Literatur vorbereitet.

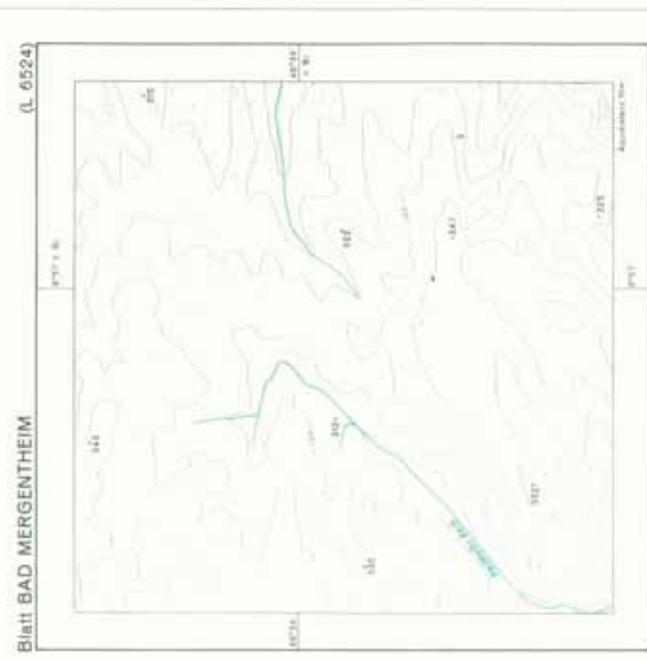
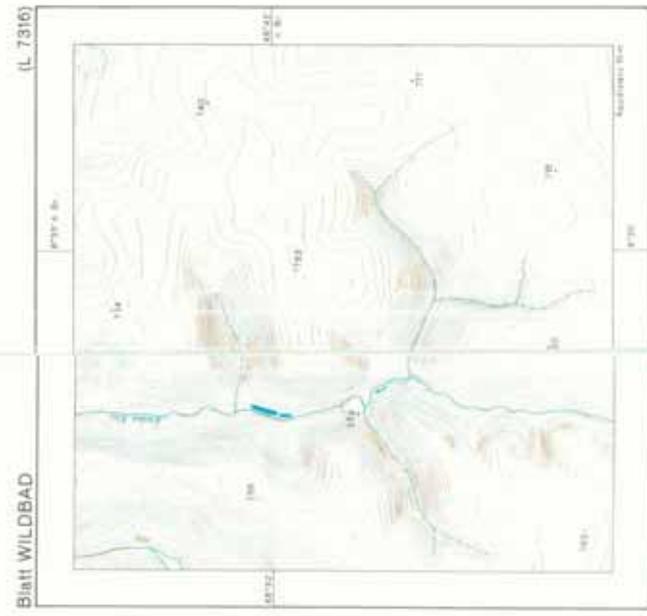
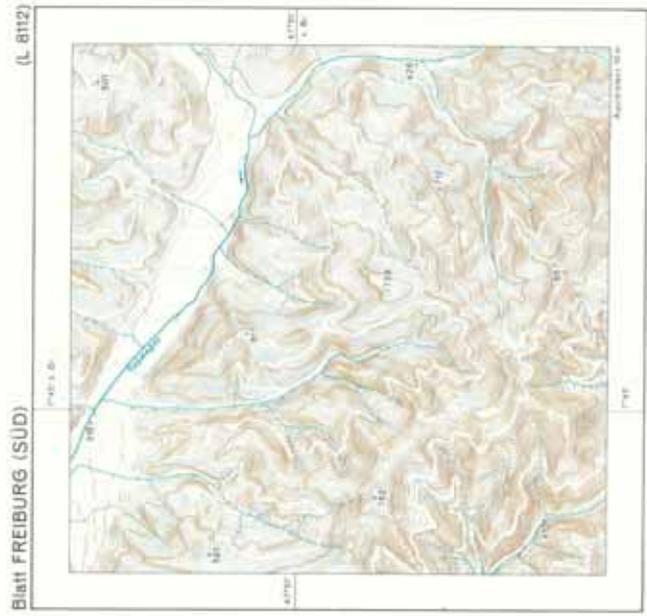
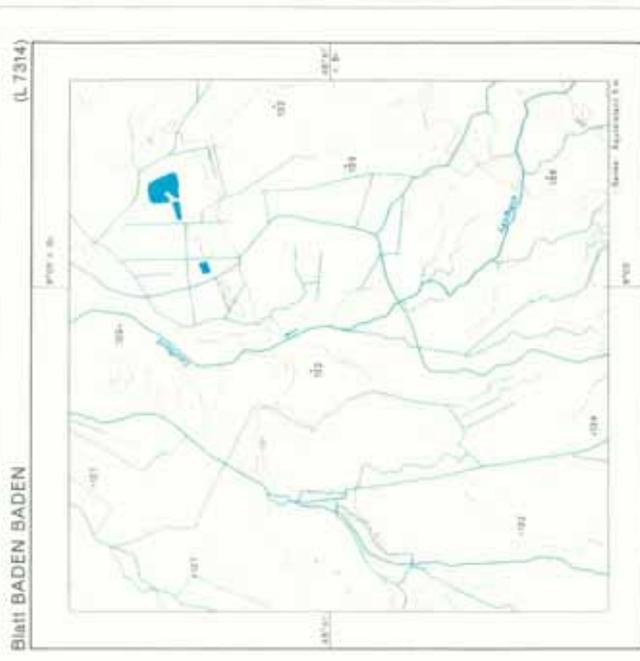
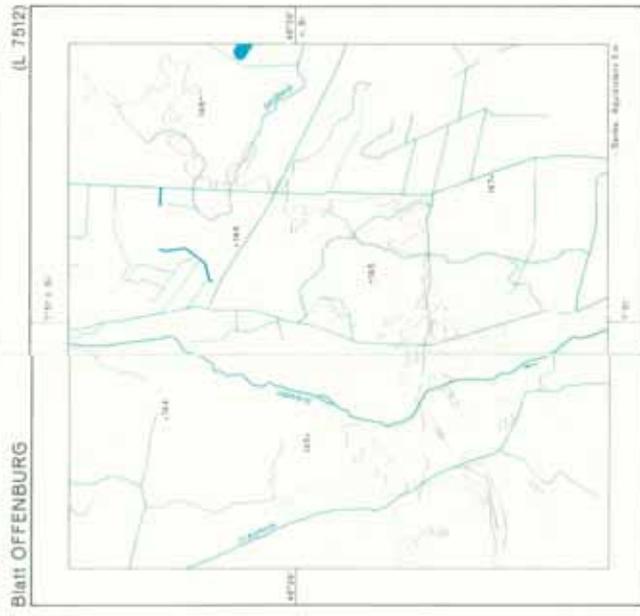
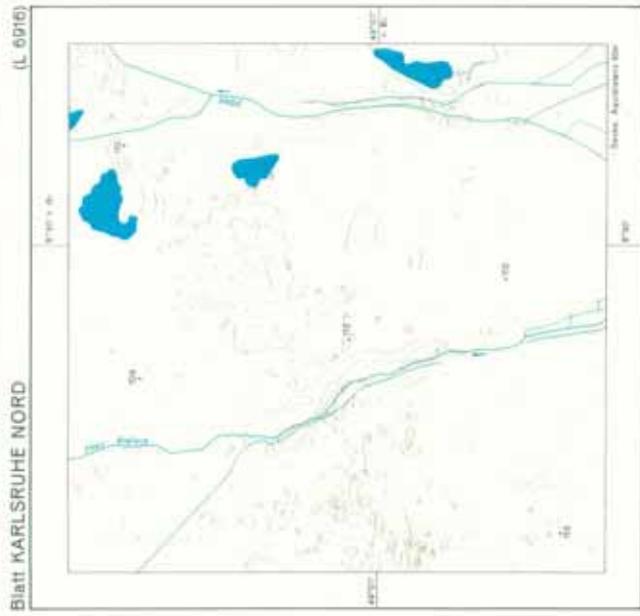
Falttafel Seiten 37/38

**Gewässer- und Talformen Baden-Württembergs
im Kartenbild (1:50.000)**

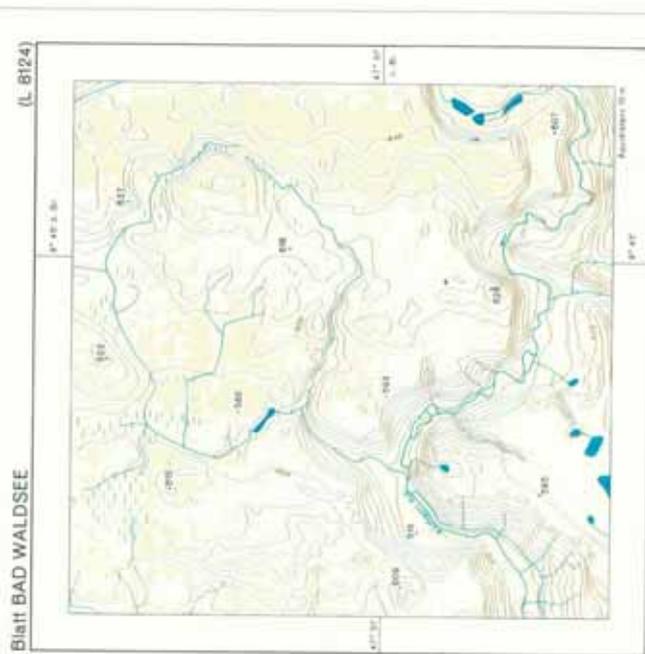
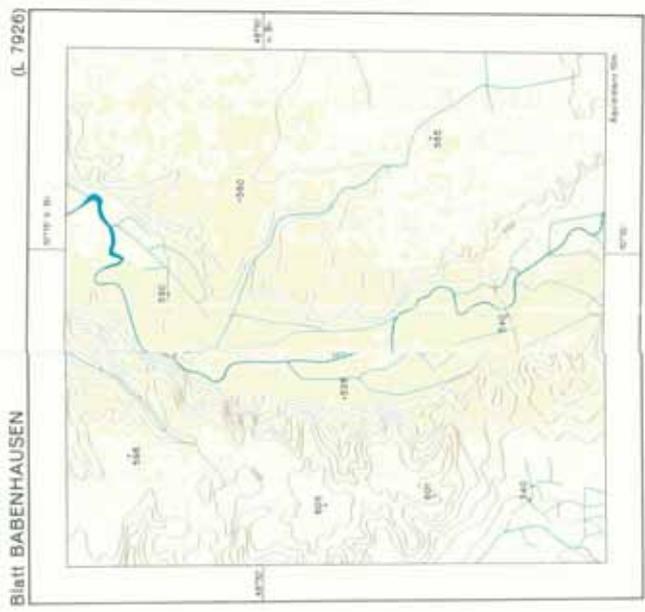
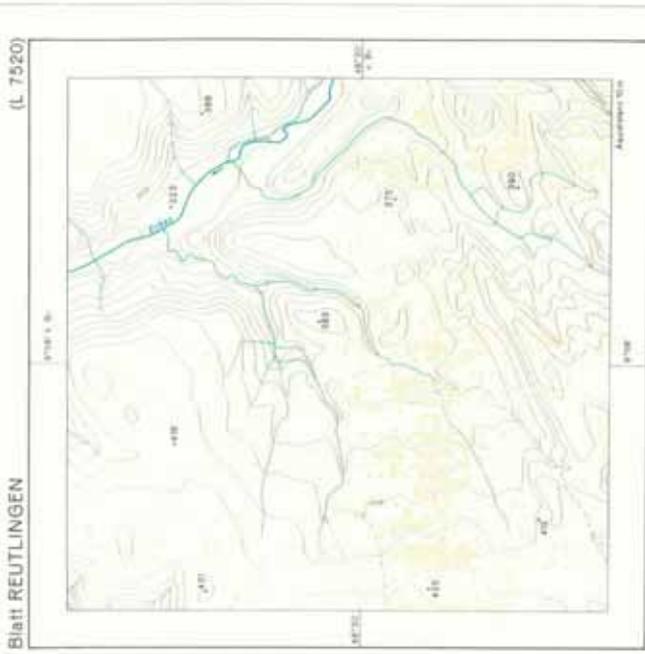
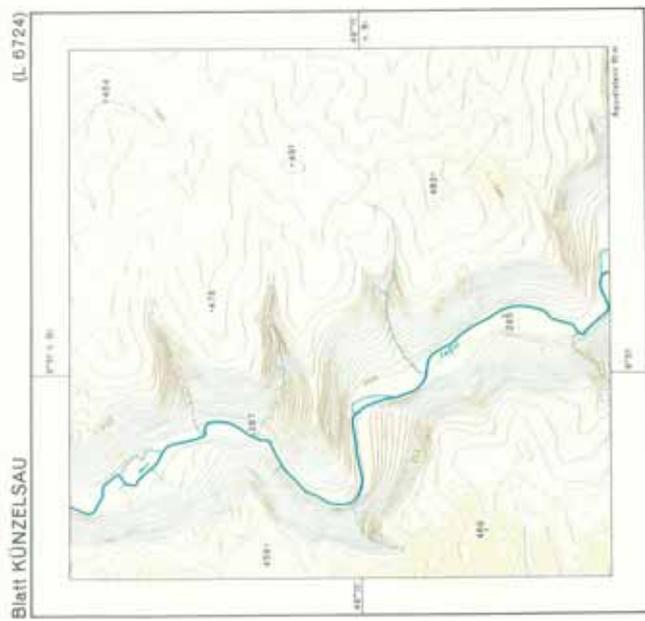
Blatt Karlsruhe-Nord
Blatt Offenburg
Blatt Baden-Baden
Blatt Freiburg-Süd
Blatt Wildbad
Blatt Bad Mergentheim

Blatt Künzelsau
Blatt Schwäbisch Hall
Blatt Reutlingen
Blatt Munderkingen
Blatt Babenhausen
Blatt Bad Waldsee

Gewässer- und Talformen Baden-Württembergs im Kartenbild



Gewässer- und Talformen Baden-Württembergs im Kartenbild



5 Die Fließgewässerlandschaften Baden-Württembergs

Fließgewässerlandschaften sind abgrenzbare Teilräume, die vom Formen- und Strukturinventar gleich ausgestattet sind. Regionen, die einer bestimmten Gewässerlandschaft zugeordnet werden, zeigen gleiche und individuelle gewässermorphologische Merkmale.

Abgesehen von den Klimabedingungen, die überregional durch die Niederschlagskenngößen den Abfluß steuern, werden die typischen regionalen Gewässererscheinungen im wesentlichen von der Geologie und dem Relief gesteuert (Geologie/Geomorphologie). In erster Linie ist es das Gefälle (Tektonik), das die Grundausrüstung der Fließgewässer wie Fließgeschwindigkeit und damit potentielle Erosionsenergie bestimmt. Alle folgenden, für die Planungsebene wichtigen Gestaltungsarten, Formen und Strukturen sind abhängig vom Material bzw. Substrat. Deshalb spricht man auch vom geologischen oder Substrattyp. Es ist klar: In einem Verwitterungsmaterial, das aus viel grobem Gesteinsschutt und wenig Feinmaterial besteht - wie z.B. dem Verwitterungsmaterial des Gneis - entwickelt sich bei gleichem Ausgangsgefälle und Klima ein ganz anderes Gewässer als in einem tonig-lehmigen Substrat wie den Mergeln. Wichtige Gewässererscheinungen sind also direkt vom Material, insbesondere seiner Körnigkeit, sowie dem Gefälle abhängig: Gewässerchemie, Entwicklung und Zustand des Längsprofils, Auenart, Bettform, Breiten-/Tiefen-Verhältnis, Geschiebeart und Geschiebemenge, Fließart und Krümmungsgrad.

Diese Kenngrößen stellen die wichtigsten Eckdaten für die kleineren Differenzierungsebenen dar. Sie sind Grundlage für die Leitbildentwicklung, für die Strukturgütebewertung und für die Erfolgskontrolle der eigendynamischen Entwicklung der Gewässer.

Im folgenden werden die Gewässerlandschaften Baden-Württembergs, wie sie in der Übersichtskarte räumlich ausgewiesen sind, einzeln vorgestellt. Die wichtigsten Gewässererscheinungen und Kenngrößen werden eingehend beschrieben, wobei zunächst die Substratart der Region, danach der längszonale Aufbau der Gewässer und abschließend die Formen und Strukturen der jeweiligen

Bachbetten betrachtet werden. Die Reihenfolge der Darstellung ist nach dem Alter des Untergrundes gegliedert, also der stratigraphisch-geologischen Ordnung angepaßt.

Die Übersichtskarte im Maßstab 1:350.000 zeigt die räumliche Verbreitung der Fließgewässerlandschaften. Das Legendenkonzept sowie die tabellarische und graphische Kurzfassung des Handbuches (Kap. 7) stellen den Entwurf und die Grundlage für die Bestimmung von Leitbildern dar. Der Anwender kann sich hier die wesentlichen Merkmale der Gewässer einer Region auf einen Blick verfügbar machen.

Für die meisten Fließgewässerlandschaften Baden-Württembergs konnten Gewässerstrecken mit naturnaher Linienführung - als Grundlage für die Bewertung vor Ort - fotografisch dokumentiert werden. Möglichst typische Darstellungen des Talraumes bzw. der Linienführung, vereinzelt auch des Sohlmaterials, wurden in den folgenden Textteil aufgenommen. Auf die Darstellung veränderter Gewässerstrecken wurde bewußt verzichtet.

5.1 Die Flach- und Hügellandgewässer der Lößregionen

Bei der geologischen, substratbezogenen Gliederung tritt eine Schwierigkeit auf: der Löß. Löß ist ein äolisches Staubsediment der Kaltzeiten. Er ist mit Ausnahme von Niederterrassen und Jungmoränen in Höhen bis 350 m verbreitet, stellenweise sogar bis über 500 m. Der Löß verbessert die Mineral- und Nährstoffausstattung der Gesteinssubstrate und damit die Fruchtbarkeit der Böden. Das ungeschichtete, feinkörnige Lockersediment ist dem Verwitterungsmantel, insbesondere dem periglazialen Hangschutt, im unteren Höhenstockwerk des Reliefs beigemischt und kommt dort in unterschiedlichen Mengenanteilen vor. Löß beeinflusst die Gewässerchemie in Richtung nährstoffreicherer und besser säuregepufferter Bäche. Als Feinmaterial hat Löß keinen gestalterischen Einfluß auf die Anlage der Gewässer.

Die Flach- und Hügellandgewässer der Lößregionen



Abb. 28 Kerbsohlentäl im Kaiserstuhl. Gewässer nur periodisch wasserführend, intensive Landnutzung

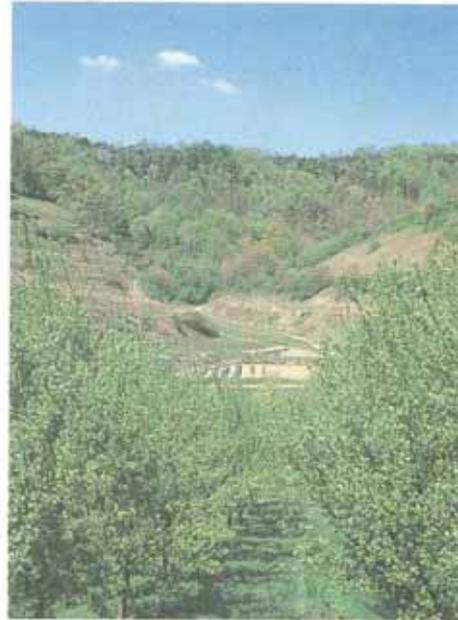


Abb. 31 Kerbtal anriß im Kaiserstuhl. Gewässer nur zeitweise wasserführend



Abb. 29 Sehr flaches Muldentäl im Oberlauf der Kupfer (Kreis Schwäbisch Hall). Löß auf Muschelkalk. Sehr intensive Landnutzung. Naturnahe Fließgewässer nicht mehr existent



Abb. 32 Sohlensubstrat Schlick aus Löß im Oberlauf der Kupfer (Kreis Schwäbisch Hall)



Abb. 30 Auentäl des Andelbachs (Kreis Sigmaringen). Löß auf Altmoränen, tertiärem Hügelland. Naturnahe Fließgewässer nicht mehr existent



Abb. 33 Feinmaterialaue der Würm (Kreis Böblingen). Tiefes Bachbett und stark gekrümmter Gewässerlauf. Löß auf Muschelkalk. Naturnahe Linienführung ist erhalten

Auf den Gäuflächen über Muschelkalk und Lettenkeuper, in den sogenannten Lößhügelländern und über älteren, zerschnittenen Quartärrassen erreicht der Löß als eigenständiges Sediment Mächtigkeiten von über 2 Metern. Dort, wo die Lößschichten nicht durchteuft sind, setzt sich das Lockersediment auch formbildend durch, nährstoffreiche Feinmaterialbäche sind hier anzutreffen. Gewässer, die im Lößgebiet entspringen und angelegt sind, gibt es nur vereinzelt in unterschiedlichen Fließgewässerlandschaften. Diese Gewässer liegen gleichzeitig in den ackerbaulich intensivsten Gebieten. Sie sind von daher am stärksten durch Verbaumaßnahmen verändert und meist ihrem ganzen Charakter nach eine „künstliche“ Erscheinung. Das kleinräumige und bruchstückhafte Vorkommen von „Lößgewässern“ in verschiedenen Landschaftseinheiten und der relativ kleine Darstellungsmaßstab der Übersichtskarte lassen die gesonderte Darstellung der Lößgewässer als eigenständigen Typ nicht zu. Karte und Legende weisen das Vorkommen „eigenständiger“ Lößgewässer durch Schraffursignatur gesondert aus.

Die vom Löß geprägten Gewässer ähneln den anderen Feinmaterialbächen in allen Formen und Strukturen: In den Lößflachländern und Lößhügelländern sind sie mit meist kurzen erosiven Oberläufen in Muldentälern angelegt und fließen sehr bald in vernässten, ebenen Talauen mit geringem Gefälle und hohem Krümmungsgrad ab. Sie haben tiefe, kastenförmige Querprofile, leiden an Geschiebemangel (wenig Feinsande, bei Niedrigwasser schwebender Schlick) und zeichnen sich durch häufig wechselnde Wasserstände aus. Geschiebemangel und häufige Hochwässer führen zu extrem hoher Erosionsgefährdung: sobald gröbere Materialien, insbesondere Sande, dem Geschiebe beigemischt sind, wirken diese durch stetigen Schliff stark erosiv auf die Feinmaterialbetten. Chemisch gehören die Lößgewässer zu den nährstoffreichen karbonatischen Trübwasserbächen mit hoher Leitfähigkeit und Säurekapazität (Pufferfähigkeit).

5.2 Die Flachlandgewässer der holozänen Aufschüttungen / Auegewässer

Flachlandgewässer der holozänen Aufschüttungen sind in der Oberrheinischen Tiefebene und den großen Zungenbecken und Talebenen des Alpenvorlandes flächenhaft verbreitet. In den Mittelgebirgsregionen sind sie vereinzelt in den breiten Tälern der größeren Flüsse anzutreffen. Es handelt sich überwiegend um karbonatische Gewässer mit sehr flachen Längsprofilen. Sie sind nicht oder nur wenig eingetieft und fließen mit hohem Krümmungsgrad in ihren eigenen Aufschüttungen oder denen des benachbarten großen Gewässers. Diese Aufschüttungen bestehen überwiegend aus Feinmaterial, dem sogenannten Auelehm, einem Bodenderivat aus Feinmaterial und Sanden, das durch Bodenabschwemmung im Einzugsgebiet zusammengetragen wurde. Starke Feinmaterialbelastung der Gewässer und Auelehmbildung hat besonders in Rodungsphasen stattgefunden, die seit rund 7.000 Jahren die Kulturgeschichte des Menschen in Mitteleuropa begleiten. Besonders die mittelalterlichen Rodungsphasen sind in der Landschaft gut nachweisbar. Sie erfaßten die Mittelgebirge und setzten besonders viel Feinmaterial frei, das im Flachland zur Anlage breiter Feinsedimentstreifen entlang der Gewässer führte und in den Auen der großen Flüsse zur Ablagerung kam. Die Ausbreitung des Auelehms hatte streckenweise die oberflächennahe „Verklebung“ des Untergrundes zur Folge - Vernässung und Vermoorung sind mancherorts zu beobachten, vor allem dort, wo grundwasser-nahe Standorte vorhanden sind. Ein gutes Beispiel sind die Auegewässer der Oberrheinebene, wo die größeren Gewässer aus dem hoch aufragenden Hinterland viel Wasser in die Ebene abgeben.

Abbildung 39 zeigt in einem schematischen Profil durch die badische Oberrheinebene die typische Abfolge von Gewässertypen zwischen Grabenrand und Rheinaue. Die Gewässer der holozänen Aufschüttungen lassen sich nach Gefälle und Material in drei Subtypen untergliedern:

- Schwemmfächerauebäche
- Flachlandauebäche
- Stromauebäche / hier „Rheinauebäche“

Die Flachlandgewässer der holozänen Aufschüttungen / Auegewässer



Abb. 34 Schwemmfächerbach: Durbach
(Ortenaukreis). Gekrümmter Lauf



Abb. 36 Schwemmfächerbach: Feuerbach (Kreis Emmendingen)



Abb. 37 Flachlandauebach: Holchenbach (Ortenaukreis).
Steile Ufer im Feinmaterial



Abb. 35 Rheinauebach: Federbach (Kreis
Karlsruhe). Schilfreicher Lauf



Abb. 38 Grundwasserquellbach: Taubergießen (Ortenaukreis)

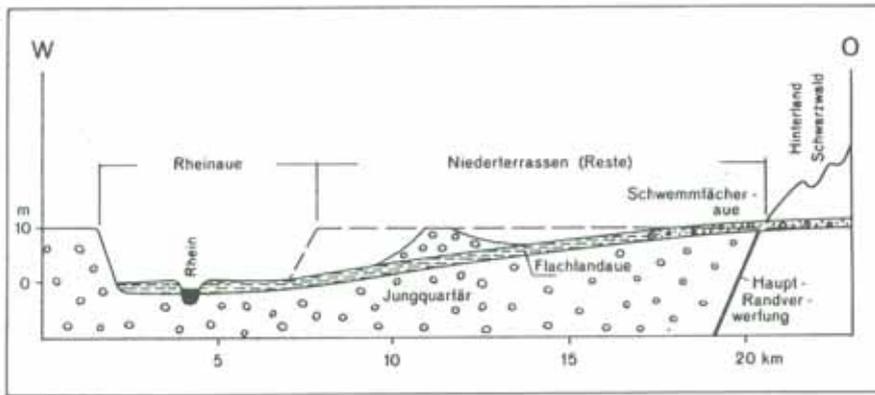


Abb. 39 Schematisches Profil durch die badische Oberrheinebene

Schwemmfächerauebäche fließen in starken Windungen über dem eigenen Schwemmfächer oder dem eines benachbarten Gewässers ab. Sie stehen unter direktem Einfluß des hoch aufragenden Hinterlandes und haben mit $>2\text{‰}$ ein weitaus höheres Gefälle als die anderen Auegewässer ($0,5\text{--}1,5\text{‰}$). Die Bachbetten sind gleichmäßig breit, etwas rauher, meist lehmig-kiesig oder sogar lehmig-steinig ausgebildet und von glatten Ufern begleitet. In kastenförmigen, eher flachen Querprofilen sind die Bettböden in sich wenig gegliedert und mit Kies, teilweise auch größeren Geschieben, bedeckt. Auch bei Niedrigwasser erreicht der Wasserstand noch beide Ufer. Streckenweise zeigt das Längsprofil weitabständige Pool-/Riffle-Strukturen. Im Prallhangbereich sind Tiefen, in den geraden Bettabschnitten Schnellen mit flach überströmten Kiesbänken zu beobachten.

Geochemisch setzen sich in den Gewässern die Merkmale des Hinterlandes durch: Als „Unterläufe“ von Schwarzwaldbächen transportieren sie ionenarmes Wasser mit wenig Kalk und Nährstoffen und zeichnen sich durch eine niedrige Gesamtleitfähigkeit aus. Wegen rauherer Strukturen und höheren Fließgeschwindigkeiten sind diese Gewässer die sauerstoffreichsten der Oberrheinebene.

Flachlandauebäche sind im Übergangsbereich zwischen Schwemmfächern und Rheinaue anzutreffen. Die Bäche fließen mit geringem Gefälle und hohem Krümmungsgrad und sind nur wenig in die lehmigen fluvialen Ablagerungen eingetieft. Diese neigen wegen des hohen Grundwasserstandes zur Vernässung und stellenweise sogar zur Vermoorung. Das Ufer- und Sohlmaterial ist weit aus feinkörniger als bei den Schwemmfächerauebächen, die Bachbetten sind im Querschnitt tiefer und noch strukturärmer, vor allem, was die Breiten- und Tiefenvarianz

betrifft. Schwebender Schlick, schlammig-sandige Ablagerungen und streckenweise flache, sandige Bänke bedecken die Sohlen. Langgezogene Tiefen befinden sich in den Prallhangbereichen, die flacheren und gleichmäßig tiefen Fließstrecken in den geraden Bachabschnitten. Die Flachlandauebäche sind geochemisch durch einen hohen Gesamtionengehalt und eine hohe Leitfähigkeit gekennzeichnet, die wiederum auf relativ hohe Kalk- und Nährstoffgehalte zurückzuführen sind.

Rheinauebäche werden durch den Rhein und seine Ablagerungen morphologisch, hydraulisch und chemisch so stark beeinflusst, daß sie sich grundsätzlich von den anderen Auebächen unterscheiden. Sie fließen mit geringem Gefälle langgestreckt und mit hoher Breiten- und Tiefenvarianz ab, meist in Form von Altarmen. Diese Gewässer sind in den Auesedimenten des Rheins angelegt, also in überwiegend „fremden“ Sedimenten und Formen. Auch gewässerchemisch sind sie dem Rheinwasser ähnlich, das durch seinen hohen Kalk- und Nährstoffgehalt die höchste Leitfähigkeit aufweist. Auch die Chloridbelastung, die ab Fessenheim durch Salzabwassereinleitungen verursacht wird, ist in den Stromauebächen in unterschiedlicher Konzentration nachzuweisen. Die meisten Rheinauebäche sind lediglich die „Unterläufe“ von Bächen aus den anderen Landschaftsräumen. Nur vereinzelt treten eigenständige Rheinauegewässer auf, die durch direkten Zufluß vom Rhein und/oder vom Grundwasser gespeist werden. Zu den letzteren gehören die „Gießen“, eine Sonderform von Grundwasserquellbächen. Nördlich des Kaiserstuhls treten sie als „Fontanili-Zone“ dort in Erscheinung, wo das Relief den hohen Grundwasserspiegel anschneidet.

Das Wasser der Bäche, die unter Druck aus den groben Rheinsedimenten austreten, ist kalkreich, ausgesprochen sauerstoff- und nährstoffarm und fördert mit gleichmäßiger Schüttung auch im Sommer kühles Wasser zutage (vgl. NADOLNY 1994). Auegewässer mit ähnlicher oder gleicher Ausprägung finden sich auch in den breiten Tälern im Alpenvorland. Die meisten Auegewässer entsprechen dort aufgrund ihrer gröberen Korngrößen eher den Schwemmflächerauebächen des Oberrheingebiets.

Eine besondere Erscheinungsform bilden die Moorauegewässer, die in den ehemaligen glazialen Zungenbeken des Alpenvorlandes anzutreffen sind. Sie entwässern die weiten Verlandungsmoore. Es handelt sich hierbei um Gewässer mit sehr geringen Fließgeschwindigkeiten, hohem Krümmungsgrad und kastenförmigen, tiefen Querschnitten mit senkrechten Wänden, die gleichmäßig bordvoll gefüllt sind. Gewässer, Ufer und Rückland gehen in dieser amphibischen Landschaft ineinander über. Organischer Schlick bedeckt die Sohlen der träge fließenden und von Huminstoffen braun gefärbten Gewässer. Bäche, die aus dem höher liegenden Hinterland kommen und die Moorflächen durchqueren, bringen Nährstoffe, Feinmaterial und wenig Sande in die Moore ein. Sie tragen zur schnelleren Verlandung im „Delta-bereich“ bei und verlieren ihren Hinterlandeinfluß meist schon nach 50-100 m Lauflänge.

5.3 Die Flachlandgewässer der jungquartären Schotterflächen

Die jungquartären Schotterflächen bestehen aus steinigen bis kiesig-sandigen Aufschüttungen der Gewässer der letzten Kaltzeit, die morphologisch als Niederterrasse bezeichnet werden. Vor allem in der Oberrheinebene bilden diese fluvialen Ablagerungen, die stellenweise noch von Dünenfeldern überdeckt sind, so weite Flächen aus, daß sie als eigenständige Landschaften auskartiert werden müssen.

Die hohe Wasserdurchlässigkeit der jungquartären Schotterflächen ist Ursache dafür, daß rechtsrheinisch edaphische Trockenstandorte weitflächig verbreitet sind. Sie weisen selbst keine eigenständigen Gewässer auf (trockene „Bienwälder“). Die Gewässerdichte ist wie in den Karstregionen sehr gering. „Fremdlingsbäche“, die im Hinter-

land entspringen, durchqueren die Schotterflächen mit sehr flachen Längsprofilen. In der Nähe zum Rhein zerschneiden sie mit einem Profilknick die Niederterrassenkante, um schließlich in die Aue einzumünden. Die Gewässer sind bis auf wenige Stellen, wo durch Seitenerosion der kiesig-sandige Untergrund angeschnitten wird, in lehmigen Auesubstraten angelegt. Dieses Substrat verklebt die durchlässigen Grobsedimente der Terrassenflächen. Die Bäche führen nur in geringen Mengen gröberes Niederterrassenmaterial mit sich, ein Merkmal, das sie aber nur unwesentlich von den anderen Auegewässern unterscheidet.



Abb. 40 Relativ naturnahe Fließgewässerabschnitte auf jungquartären Schotterflächen (Eschbach, Kreis Breisgau-Hochschw.). Linienführung geringfügig verändert, angrenzende Landnutzung intensiv, Grobmaterial (Schwarzwaldbäche)

Typologisch gehören diese Gewässer zu den Flachlandgewässern der holozänen Aufschüttungen bzw. den Auegewässern. Sie weisen im Quer- und Längsprofil alle Eigenschaften der Flachlandauegewässer auf, unterscheiden sich aber wesentlich durch ihren Fremdlingscharakter. Aus diesem Grund und wegen der flächenhaften Verbreitung der rechtsrheinischen Schotterflächen wurden diese Regionen als eigenständige Gewässerlandschaft auskartiert. Naturnahe Fließgewässerstrecken mit den typischen Merkmalen der Flachlandgewässer der jungquartären Schotterflächen sind nicht bekannt geworden. In der badischen Oberrheinebene sind die Niederterrassenbäche diesem Typus zuzuordnen. Auf dem stark durchlässigen Untergrund ohne oberflächennah anstehendes Grundwasser können keine Bäche entspringen. Hier sind die Niederterrassenbäche immer auch „Fremdlingsbäche“. Die aus dem Berg- oder Hügelland oder aus holozänen Aufschüttungen stammenden Bäche sind vor allem im Spätsommer vom Austrocknen bedroht. Abflußregime und Sohlmaterial werden hauptsächlich durch das Hinterland

5.4 Die Hügel- und Flachlandgewässer des Jungmoränenlandes

Das voralpine Jungmoränenland umfaßt vielfältige Landschaftseinheiten: die girlandenförmig weit ins Alpenvorland ausgreifenden Endmoränenkränze, die südlich angrenzenden Grundmoränenlandschaften und die alpennahen glazialen Zungenbeckenregionen (Abb. 41). Die meisten Gewässer fließen zentripetal von den Endmoränenwällen zum Zungenbeckenbereich. Sie durchqueren dabei die jungen, morphologisch vielgestaltigen glazialen Landschaften und Substrate: zunächst die feinkörnigen bis

grobblockigen Endmoränenwälle, dann die meist gerundeten und grobsteinigen Schmelzwasserablagerungen, verlandete und vermoorte Schmelzwasserumfließungsrinnen, Seen sowie flache, feinkörnige Grundmoränenlandschaften. Dieser Landschaftswechsel ist für die Gewässer eng verbunden mit einem raschen räumlichen Wechsel von Tal- und Fließformen, Gefällegraden, Geschiebefracht und Abflußrichtungen. Die Gewässer haben seit dem Rückzug des Eises vor rund 10.000 Jahren noch kein eigenständiges, „normalfluviales“ Netz entwickeln können, sie ordnen sich bis auf wenige große Gewässer noch der glazialen Formgebung unter.

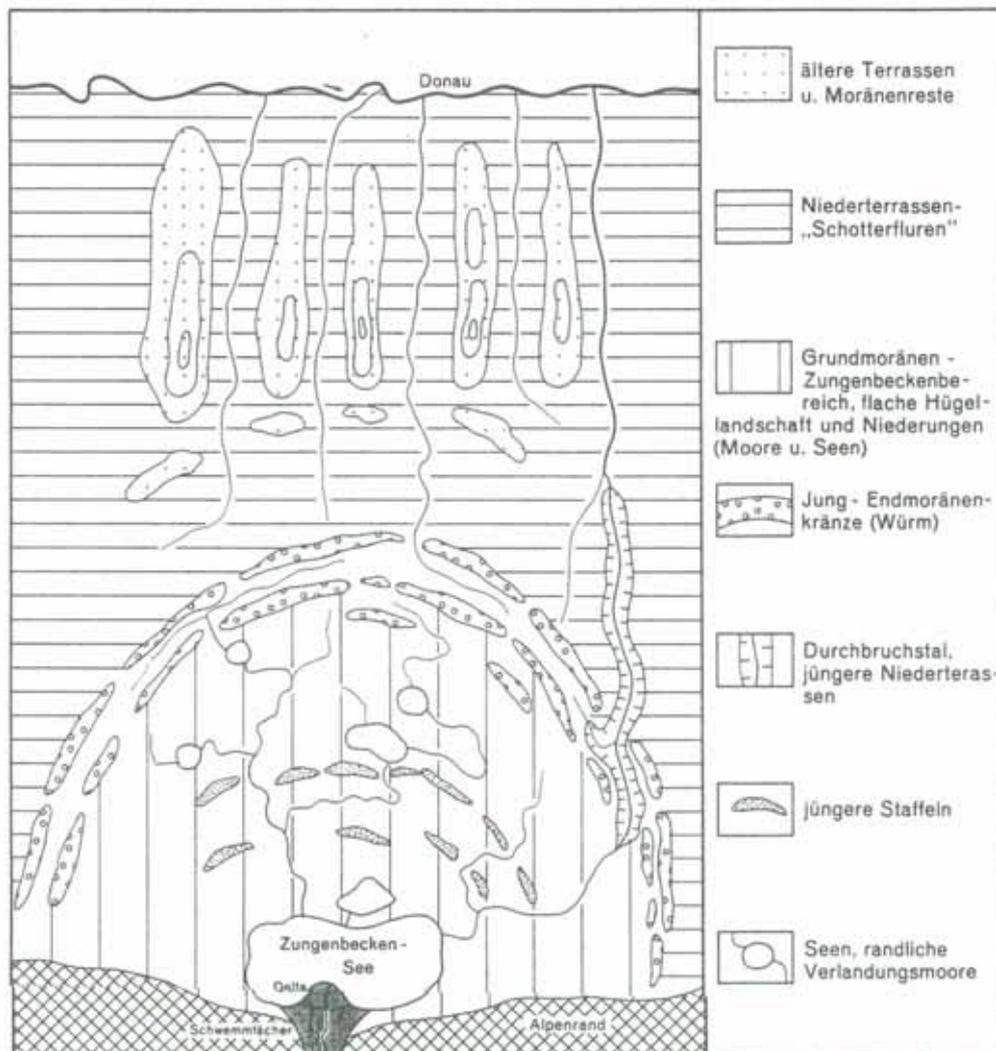


Abb. 41 Die Gewässeranlage im Jungmoränengebiet (Aufsicht)

Die Hügel- und Flachlandgewässer des Jungmoränenlandes



Abb. 42 Muldental des Grenzbaches (Kreis Ravensburg).
Begradigter, tief eingeschnittener Bach



Abb. 45 Kerbtal der Wolfegger Ach (Kreis Ravensburg)



Abb. 43 Stark gekrümmter, fast mäandrierender Lauf der
Unteren Argen (Kreis Ravensburg), in Terrasse eingetieft

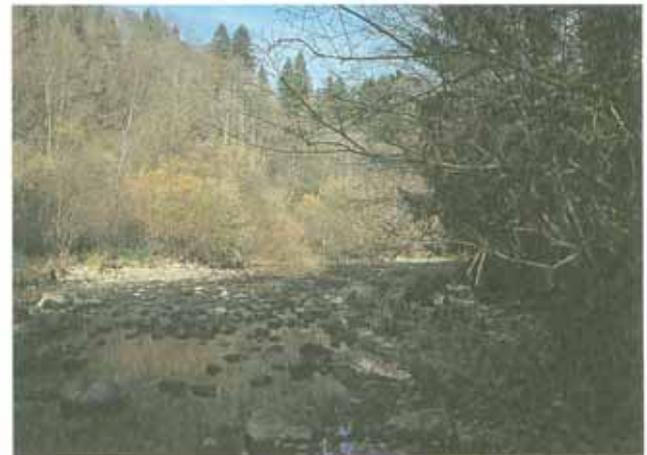


Abb. 46 Grobe Schüttung der Unteren Argen nördlich Meggen
(Kreis Ravensburg)

Abb. 44
Auental im
Mündungsbe-
reich der Ra-
dolfzeller Ach
in den Boden-
see (Kreis Kon-
stanz). Lauf
trotz Kurven
stark verändert.
Erosionsschä-
den bei den
Ufern, wahr-
scheinlich Re-
ste eines Moor-
auebaches

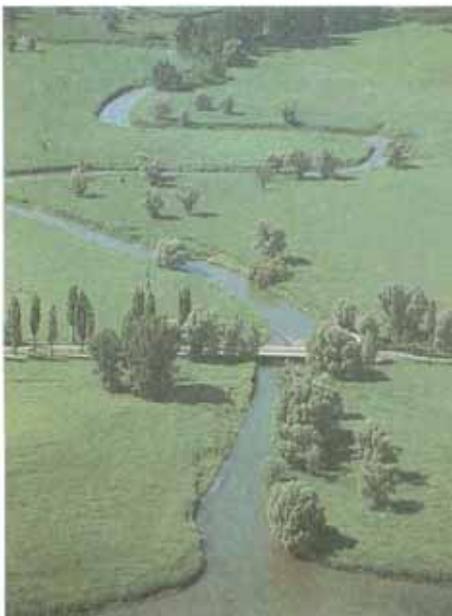


Abb. 47 Kerbsohlental der Wolfegger Ach (Kreis Ravensburg)

Tiefere glaziale Hohlformen sind häufig von stehenden Gewässern erfüllt, die in geologisch kurzer Zeit mit fluvialer Sedimentfracht verfüllt werden und mit Moorgesellschaften verlanden.

Im Grundmoränenbereich, in den glazialen Umfließungsrinnen, den vermoorten Verlandungsbereichen und Schmelzwasseraufschüttungen fließen die Gewässer mit geringem Gefällegrad und in starken Windungen ab. Es sind Fließstrecken, die typologisch den unterschiedlichen Auegewässern zuzuordnen sind: Flachlandauengewässer ziehen durch lehmige Substrate in tiefen, steilwandigen Querprofilen und mit wenig, überwiegend sandig-schlickiger Sedimentfracht. Moorauegewässer zeigen kastenförmige, tiefe und steilwandige Querprofile, die bis zum Bord gefüllt sind. Sie transportieren wenig Sandfracht, meist nur organischen Schlick schwebend über dem Bettboden. Alle Grade von Übergangsformen sind entwickelt.

Durchbrechen die Gewässer die höher aufragenden glazialen Aufschüttungen, vor allem die Endmoränenkränze, so fließen sie in steilen und zum Teil schluchtartigen Kerbtälern ab. Dabei durchteufen sie häufig die lockeren Moränenablagerungen und schneiden sich in die überwiegend feinkörnigen, standfesten Molassesedimente mit klammartigen Durchbrüchen ein. Die Gewässer kommen mit nur wenig Geschieben als Erosionswaffen belastet an und sind so in der Lage, ihre volle Transport- und Erosionskraft zu entfalten. Die plötzliche Gefällezunahme verursacht turbulentes Fließen und die Umgestaltung der Gewässer. Zwei unterschiedliche Arten von Bachbetten sind in den Durchbruchsstrecken entwickelt: Wenn genügend grobes Endmoränenmaterial vorhanden ist, sind die Bachbetten breit und flach in dem mit Grobblöcken durchsetzten Moränenmaterial angelegt. Gut gerundete Grobschotter bedecken die Bachböden, aus denen „Findlingsblöcke“ als Residuen herausragen, die die Rauheit noch verstärken. Sohlpanzerung durch zu grobe Restgerölle und eine geschlossene Rauschenstrecke haben sich ausgebildet, während Pool-/Riffle-Bildungen fehlen.

Oft jedoch ist das meiste Grobmaterial schon weggeräumt und es herrscht Geschiebemangel, vor allem in denjenigen Durchbruchsstrecken, die in das Molassematerial hinabreichen. Dann ist starke erosive Tätigkeit zu beobachten, die teilweise in das unbedeckte Anstehende vorgreift

und das überwiegend „weiche“, feinsandige bis tonige Sedimentgestein der Molasse durch ständigen Schliff rinnenförmig überarbeitet und teilweise regelrecht auskolkelt. Das wenige Geschiebmaterial wird mit starker Strömung über das Anstehende hinweggezogen und verursacht auffällige Tiefenerosion, wobei streckenweise die Schichten des freiliegenden Anstehenden der Härte nach treppenförmig auserodiert werden.

Das erodierte Material wird in den folgenden glazialen Hohlformen wieder in Form langgezogener, flacher Schwemmfächer abgelagert, wobei auf relativ kurzer Laufstrecke von groben nach feineren Sedimenten sortiert wird. Demnach verändern sich auch die Bachbetten und ihre Strukturen: Zunächst sind sehr breite und flache Grobschotterbetten mit vielfältigen Strukturen entwickelt, die in tieferen Lagen in schmalere, feinkörnigere und strukturärmere Querprofile übergehen.

Die Gewässer des Jungmoränenlandes zeichnen sich also durch ihr ungeordnetes, fast chaotisches Erscheinungsbild aus, wobei nicht nur die Tal- und Gewässerformen, sondern auch Material, Strukturen, Erosion und Akkumulation auf kleinstem Raum wechseln. Selbst die Gewässerchemie unterliegt häufigen Veränderungen. Insgesamt handelt es sich in Abhängigkeit vom Anteil an kalkalpinem Moränenmaterial um mehr oder minder karbonatische Gewässer. Es gibt aber auch stark saure Moorgewässer und viele andere Formen gewässerchemischer Übergangszustände.

5.5 Die Hügel- und Flachlandgewässer des Altmoränenlandes, des Terrassen- und tertiären Hügellandes

Zwischen Jungmoränenland und Donau erstrecken sich im Süden die hügeligen Altmoränen der Riß-Kaltzeit, nördlich folgen die terrassierten, lang gestreckten, schmalen Höhenzügen des Terrassen- und tertiären Hügellandes, das durch breite Nord-Süd angelegte Talungen aufgelöst wird. Konglomeratische Ablagerungen der Kaltzeiten bedecken das überwiegend feinkörnige (feinsandig/ schluffig/ tonige) Tertiär, das hier durch die Molasse repräsentiert wird. Die glazifluvialen, sehr grobkörnigen Terrassensedimente (Schotterfluren) stellen die Schmelzwasseraufschüttungen

der Kaltzeiten dar. Sie sind in den tieferen Horizonten meist betonartig kalkverbacken und dem Alter nach an der Oberfläche unterschiedlich stark lehmig verwittert. Die kalkverbackenen Horizonte bilden dabei verwitterungs- und abtragungsresistente „Schichten“, die die Terrassenkanten herauspräparieren und dadurch die Terrassenflächen relativ gut konservieren. Die älteren oberen Niveaus der Günz-Kaltzeit (höhere Deckenschotter) weisen an der Oberfläche oft nur noch verwitterungsresistente Restgerölle (Quarzite etc.) auf, während die niederen mindelzeitlichen „Deckenschotterniveaus“ noch besser erhalten sind. Beide Terrassensysteme sind vor allem in den nördlichen Bereichen oft von Lössen unterschiedlicher Mächtigkeit bedeckt. An den Hängen der Terrassenkanten treten häufig die Molassesedimente an die Oberfläche.

Die sehr breiten, unteren Talungen stellen die jüngsten Schmelzwasseraufschüttungen der Würm-Kaltzeit dar. Sie sind in den südlichen Bereichen häufig terrassiert und in den nördlichen Regionen mit jüngeren Schwemmfächern teilweise oder gänzlich überschüttet (holozäne Auebildung). Es handelt sich überwiegend um Schüttungen, die größer sind als die der üblichen, lehmigen rezenten* und subrezent* Auen. Darüber erheben sich an den Talflanken die lößbedeckten, intensiv genutzten Riß-Terrassen, die noch in großflächigen Resten erhalten und nur wenig zerschnitten sind (Abb. 48).

Die Gewässerdichte schwankt im 25 km²-Raster zwischen sehr gering (0,3) bis sehr hoch (2,3). Einen hohen Oberflächenabfluß weisen die zu schweren Lehmen verwitterten, älteren Terrassen- und Moränenreste auf. Die Niederterrassenfelder bzw. Schwemmfächerauen mit ihren stark durchlässigen groben Sedimenten haben eine nur niedrige Gewässerdichte. Hier fließen fast ausschließlich Bäche aus dem Hinterland, eigenständige Gewässer sind bis auf die schmale Fontanili-Zone nicht zu finden. Auch auf den lößbedeckten Riß-Terrassen ist die Gewässerdichte sehr gering, nur selten und vereinzelt treten hier eigene Gerinne auf.

Alle Gewässer niederer Ordnung (1. und 2. Formation) fließen generell in Richtung Norden den Niederterrassen- und Auenflächen entgegen, auf denen sie oft noch weite Strecken parallel zu den „Hauptgewässern“ (3. Formation) fließen, um endlich in diese einzumünden. Dabei queren sie das Altmoränenland bzw. die älteren Terrassenflächen und Terrassenkanten. Die Bäche sind im Altmoränenland und auf den Terrassenflächen in breiten Muldentälern angelegt, die streckenweise Auen ausgebildet haben. Im Bereich der Terrassenkanten haben sie sich in tiefe, teilweise schluchtartige Kerben bis in das anstehende Molassematerial hinab eingesenkt. Sie schütten auf dem nächst tieferen Niveau kurze Schwemmfächer auf und fließen dann mit flachem Längsprofil in Muldentälern weiter.

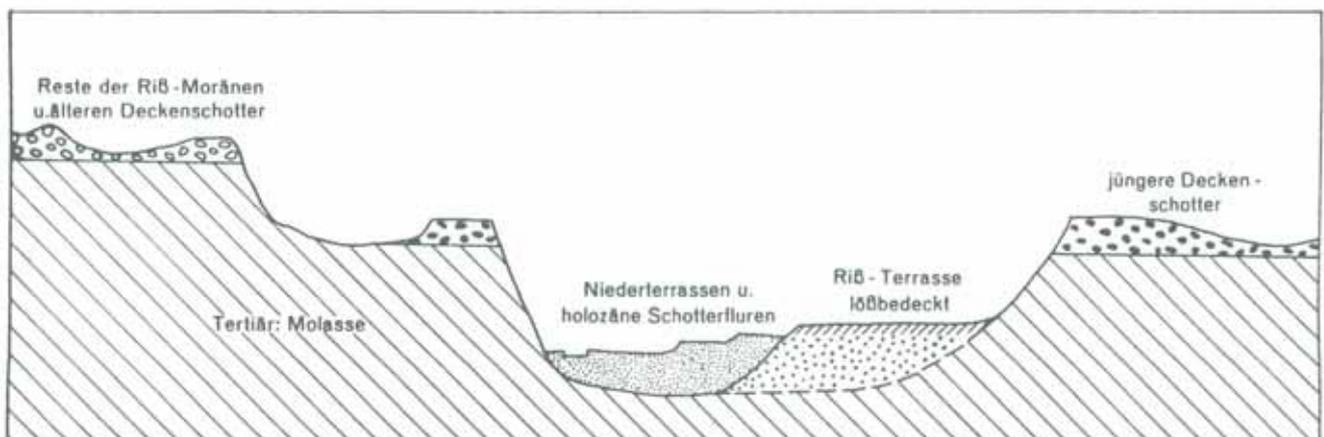


Abb. 48 Querschnitt durch das Altmoränen-, Terrassen- und tertiäre Hügelland

Die insgesamt flachen und gestreckten Längsprofile weisen also im Bereich der Terrassenkanten kurze, steile Strecken mit intensiver natürlicher Tiefenerosion auf. Im Verlauf der Gewässer sind lange Strecken mit leicht erosiver bis akkumulativer Tätigkeit (Muldentäler bzw. Auebildung) und kurze, stark erosive Strecken ausgebildet. Auch Linieneinführung, Fließart und Bachbettmorphologie haben sich diesen gestuften Längsprofilen angepaßt.

Die Bachbetten in den Muldentälern sind kastenförmig mit eher tiefen Querprofilen und starker Krümmung. Sie liegen in schweren Verwitterungslehmen, die mit Restschottern durchsetzt sind. Die Böden der Bachbetten sind in schnelleren Fließstrecken mit diesen Schottern und Kiesen bedeckt, ansonsten herrschen schlickige und nur wenig gröbere Ablagerungen vor. Sande spielen in der Sedimentzusammensetzung der Geschiebe eine untergeordnete Rolle. Insgesamt ist Geschiebemangel ebenso charakteristisch wie hohe Schwebstoffführung.

In den Kerbanschnitten und Schluchten wirkt dieser Mangel besonders verstärkend auf die Tiefenerosion: Oft ist die anstehende Molasse freigelegt und die wenigen Geschiebe üben am ungeschützten „weichen“ Anstehenden kräftig schleifende Erosion aus. Streckenweise fehlt fast jedes Geschiebe und es sind treppenartig härtere Bänke des Anstehenden herauspräpariert worden, über die das Wasser mit kleinen kaskadenartigen Wasserfällen abfließt. In weniger steilen Fließstrecken haben sich steinige und grobblockige Restgerölle angereichert, die die Bachbetten nur dünn über dem Anstehenden bedecken. Im Übergangsbereich zu den nächst tieferen Terrassenniveaus haben die Bäche oft kleine, zum Teil recht steile Schwemmfächer aus Grobgeschieben aufgeschüttet. Diese werden mit flachen Bettprofilen in einer Rauschenstrecke überwunden, die zu den folgenden Muldentälern überleitet.

Geochemisch handelt es sich bei diesen Gewässern um nährstoff- und ionenreiche, karbonatische Gewässer. Der relativ hohe Gehalt an gelösten Stoffen im Wasser stammt einerseits aus dem großen Anteil an kalkalpinen Schottern im Moränen- und Terrassenmaterial und aus dem Löß, der auf weiten Flächen der Region seinen besonderen Einfluß auf den Chemismus der Gewässer ausübt.

**Die Hügel- und Flachlandgewässer
des Altmoränenlandes, des Terrassen-
und tertiären Hügellandes**



*Abb. 49 Baierzer Rot mit naturnaher, stark gekrümmter
Linienführung und Ufergehölzsaum (Kreis Biberach)*



*Abb. 52 Auental des Andelbaches (Kreis Sigmaringen).
Uferbefestigung, Begrüdüng, kurze, aber sehr steile Talflanken
und breite Aue (fast flaches Kasten- bzw. Kerbsohlental)*



Abb. 50 Kerbsohlental der Rottum (Kreis Biberach)



Abb. 53 Sehr flaches Muldental der Rottum (Kreis Biberach)

*Abb. 51
Moorauen-
gewässer im
Bereich des
Wurzacher
Rieds (Kreis
Ravensburg)*



*Abb. 54 Auental des Wurzacher Ried (Kreis Ravensburg).
Mooraubach*

5.6 Die Hügel- und Berglandgewässer des Malms (Weißjura)

Die Hochflächen der Schwäbischen Alb sind aus relativ reinen Malm-Kalken aufgebaut, die oft mehr als 85 % CaCO_3 enthalten. Solche Kalke verwittern in warmen und temperierten Klimaten durch Lösungsvorgänge (Verkarstung), wobei der Ton- und Oxidanteil als Boden zurückbleibt. Nur in kalten Klimaten, in Mitteleuropa zur Zeit der Kaltzeiten, bewirkt die Frostverwitterung ein Aufspalten in überwiegend scharfkantigen Splittschutt von Kies- bis Steingröße. Teilweise werden auch gröbere, plattige Schuttstücke abgespalten. Im Substrat herrschen von daher nur zwei Korngrößen vor: Feinmaterial und eckiger, plattiger Gesteinsschutt in Kies- bis Steingröße. Auf den Hochflächen sind heute einerseits ältere, etwas tiefgründigere, braune bis braunrote, tonige Bodenrelikte erhalten und andererseits ganz junge, postglaziale Böden, die Rendzinen, entwickelt. Sie stellen einen meist nur 10-15 cm dicken, humusangereicherten A-Horizont über dem anstehenden Gestein (C-Horizont) dar. Bei Rendzinen wie auch bei den braunroten Böden ist der Skelettanteil, das heißt der Anteil an noch unverwittertem Gesteinsschutt, recht hoch.

Die Hochflächen der Schwäbischen Alb sind hochgradig verkarstet und von außergewöhnlicher Gewässerarmut gekennzeichnet: Gemessen in einem Raster von 25 km^2 -Flächen werden Gewässerdichten von $0-0,2 \text{ km/km}^2$ ermittelt, d.h. es sind bis auf wenige vereinzelte Gerinne heute keine Fließgewässer aufzufinden. Ein hierarchisch aufgebautes Gewässernetz mit einem verzweigten System von Seiten- und Hauptbächen fehlt gänzlich. Der hohe Verkarstungsgrad der Malmkalke in Verbindung mit der sehr alten Entwicklungsgeschichte der Täler ist Ursache für die Entstehung dieser außergewöhnlichen Gewässer.

In den Kaltzeiten war der Untergrund durch Eis versiegelt. Im Dauerfrostboden konnte sich zusätzlich zu den alt angelegten Talungen ein Gewässernetz ausbilden. Es entwickelte vor allem in den abflußstärkeren Bereichen der südöstlichen Schwäbischen Alb eine talbildende Kraft, so daß dort „normale“ Gewässerdichten (> 1) erreicht werden, wie die vielen Trockentäler dieser Region belegen. Insgesamt jedoch ist der Nachweis höherer Taldichten* in den größeren Gebieten, vor allem der sogenannten Flächen-

alb und der Kuppenalb, durch Karteninterpretation nicht nachzuweisen. Das abfließende Wasser hatte offenbar nicht die morphologische Kraft, das Landschaftsbild entscheidend umzugestalten.

Die heutigen Gerinne entspringen meist in Quelltöpfen (Karstquellen) in oder am Rande großer Talungen und durchfließen dieselben, obwohl sie nicht an der Talbildung beteiligt waren. Täler und Gewässer bilden hier keine untrennbare Einheit, die heutigen Gewässer durchfließen Talungen, die von sehr alten Vorfahren für sie geschaffen wurden. Die schon früh im Tertiär angelegten Täler sind Relikte eines ausgedehnten danubischen Entwässerungssystems, das sich weit in den Nordwesten außerhalb des Malms erstreckte. Heute durchschneidet die Schichtstufe der Schwäbischen Alb mit markanter Linie das alte Talssystem und hat die Täler „geköpft“. Die Talhohlformen gliedern im Querschnitt als Hängetäler die Stufenstirn. Flache und große Muldentäler sind im Bereich hinter der Stufe ausgebildet, die in Richtung Südosten an Tiefe und Breite zunehmen und bald in Kerbsohlentäler mit steilen Talflanken übergehen. Wie beim Durchbruchstal der Donau sind bei den größeren Gerinnen im Unterlauf, also in den südlichen Bereichen der Schwäbischen Alb, Kastentäler entstanden. Ihre breiten und sehr flachen Auen werden durch übersteilte Talflanken, teilweise sogar senkrechte Kalkfelsen, scharf begrenzt.

Dort, wo in den Muldentälern heute Gewässer fließen, sind diese meist künstlich als Kanäle angelegt. Im natürlichen Zustand würde es sich um Feinmaterialbäche handeln, die mit tiefen, steilwandigen Querprofilen und leicht gekrümmt in den dort vorherrschenden braunen Böden eingeschnitten wären. Die großen Muldentäler haben im unteren Bereich flach konkave Profile ausgebildet, die zu den steileren Hangpartien überleiten und dann mit konvexen Hängen zu den Hochflächen führen. Die Hänge und Bäche bilden im Gegensatz zu den Kerbsohlen- und Kastentälern eine Abtragungseinheit. Die Größe der Täler paßt aber nicht zur Größe der Gewässer, die infolge der Verkarstung im Verhältnis viel zu klein sind.

Die Hügel- und Berglandgewässer des Malms (Weißjura)



Abb. 55 Sohle/Aue des Lipbaches (Kreis Sigmaringen). Unterlauf im Kerbsohlental, gekrümmter Verlauf



Abb. 58 Kerbsohlental: Mittellauf der Lauchert (Kreis Sigmaringen). Gekrümmte Linienführung, aber stark verändert/künstlich



Abb. 56 Sehr flaches Muldental: Oberlauf der Lauchert (Kreis Reutlingen). Linienführung durch Begradigung extrem verändert

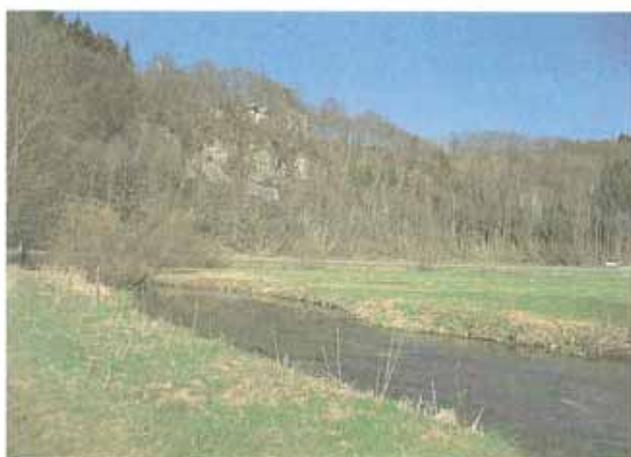


Abb. 59 Kasten- bzw. Kerbsohlental: Unterlauf der Lauchert (Kreis Sigmaringen). Gekrümmter Verlauf



Abb. 57 Kerbsohlen-Auental: Mittellauf der Blau (Alb-Donau-Kreis). Linienführung natürlicherweise stärker gekrümmt



Abb. 60 Kerbsohlental: Mittellauf der Großen Lauter (Kreis Reutlingen). Stark veränderter Lauf und künstliches Bachbett

Abb. 61 Kerbtal im Oberlaufbereich des Lipbaches (Kreis Tuttlingen).
Natürlicherweise geradliniger bis leicht gekrümmter Verlauf

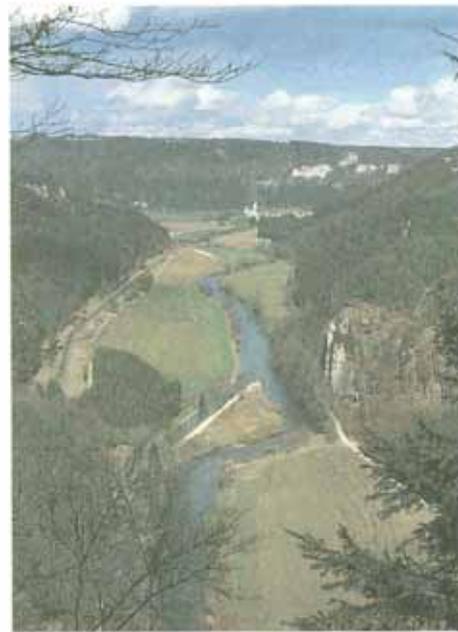
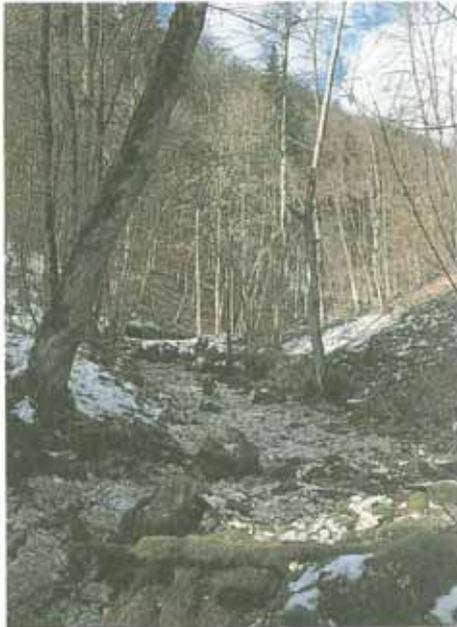


Abb. 64 Kerbsohlen- und Kastental der Donau bei Beuron (Kreis Sigmaringen).
Kerbsohlen- und Kastental im Hintergrund, Kastental im Vordergrund



Abb. 62 Sandiges Sohlensubstrat der Blau oberhalb Blaustein (Alb-Donau-Kreis)



Abb. 65 Steiniges Sohlensubstrat im Oberlauf der Lauchert (Kreis Sigmaringen)



Abb. 63 Sandiges Sohlensubstrat in der Schmiech bei Allmendingen (Alb-Donau-Kreis)



Abb. 66 Hungerbrunnen bei Altheim (Alb-Donau-Kreis) im Auenbereich. Grundwasseraustritt im Karst

Die Talböden der Kerbsohlen- und Kastentäler sind mit einem Gemisch aus meist kiesgroßem, nur kantengerundetem Kalkschutt und tonigem, durch Humus dunkel bis schwarz gefärbtem Feinmaterial bedeckt. Grabungen belegen den fluvialen Aufbau der Sedimente: Die zwischen den steilen Talflanken pendelnden, stark gekrümmten und zum Teil sogar mäandrierenden Gewässer haben die Bodenschuttsedimente durch ständige Verlagerung des Gewässerlaufs und Überschwemmungen aufsedimentiert. Viele Vernässungs- und Verlandungsbereiche mit Moorbildung belegen diesen Vorgang der Auebildung.

Durch die im Jahresgang relativ gleichmäßige und relativ hohe Schüttung von kaltem Quelltopfwasser setzen die meisten Bäche schon mit großen Betten ein, die sie wegen fehlender Seitengerinne kontinuierlich beibehalten. Sie sind oft breiter als tief mit fast senkrechten, oft sogar überhängenden Ufern im Boden-Schuttgemisch der Auesedimente angelegt. Die kontinuierlich stark strömenden Gewässer haben den Bodenanteil ausgewaschen und den Schuttanteil relativ angereichert: Die Bachbetten sind daher gänzlich mit viel weißem, kies- bis steingroßem, kantengerundetem Kalkschutt und wenigen größeren Platten bedeckt. Diese Sedimente sind dachziegelartig angeordnet und gleichmäßig auf dem Bachbettboden verteilt. Das Wasser gleitet leicht gekräuselt und mit weiten Wellen hinweg, das Bett von Ufer zu Ufer gleichmäßig füllend. Die Auebildung hängt mit gelegentlichen Starkniederschlägen zusammen, die zu Abschwemmungen auf den Hochflächen führen. Die im Verhältnis zum Einzugsgebiet viel zu kleinen Gewässern erreichen schnell überbordvolle Abflüsse mit viel Feinmaterial und Schwebstoffen.

Im „Normalzustand“ sind aber sehr klare karbonatische Gewässer ohne Schwebstoffführung, mit mittlerer Rauheit und steilen, gestreckten Längsprofilen anzutreffen, die ein besonders ausgeglichenes, gleichmäßiges Abflußverhalten aufweisen. Deshalb ist ein besonders üppiger Reichtum an Wasserpflanzen und Ufervegetation entwickelt. Auch die Auen zeichnen sich durch eine kräftige, arten- und individuenreiche Vegetation aus, heute zum Beispiel durch Weidengalerien, die von stark mit krautigen Arten durchsetzt sind.

5.7 Die Hügel- und Berglandgewässer des Lias und Doggers (Schwarzer und Brauner Jura)

Das schmale Band des ausstreichenden Lias und Doggers mit seinen ineinander geschachtelten Stufen-, Platten-, Hügel- und Bergländern wurde trotz seiner Vielfalt als Einheit kartiert. Die Gewässer erreichen in den geologisch ähnlichen Gesteinsbereichen fast gleiche Bachbettstrukturen und gleiche geringe bis mittlere Gewässerdichten (0,7-1,1); die Bäche durchteufen den Dogger meistens schnell bis in den Lias hinab. Die Kalke des Lias sind mehr mergelig-tonig und die des Doggers eher feinsandig. Der CaCO_3 -Gehalt der oft nur dünnen Schichten schwankt zwischen 30 und 75 %. Die Gesteine sind daher weit weniger verkarstungsfähig als die des Malms. Trotzdem herrscht Lösungsverwitterung vor, sie hinterläßt beim Lias eher toniges Bodenmaterial und beim Dogger ein tonig-feinsandiges Residuum. Die Ausgangsgesteine sind beim Lias zu schweren, nicht sehr tiefgründigen Tonböden verwittert, wobei mit der Tiefe der Skelettanteil aus plattigen Gesteinsbruchstücken schnell zunimmt. Beim Dogger sind die gleichen Strukturen mit einer unterschiedlichen Beimengung von überwiegend Feinsanden entwickelt. Schwere Lehme als Böden typisch. An den Hängen der Täler ist der Anteil bindigen Materials zum Teil ausgewaschen und der Skelettanteil relativ angereichert.

Die Nähe zum tief eingeschnittenen Vorfluter Neckar bedingt kurze Lauflängen mit steil-konkaven, oft gestuften Längsprofilen (vgl. Abb. 9 bis 15). Die Dogger-Bäche setzen fast alle mit einem Quellhorizont am Hang unterhalb der Malm-Stufenstirn ein und zerschneiden den Hang in stark akzentuierten Kerben mit sehr steil-konkaven Profilen (Quellerosion). Die Stufenfront wird so durch zum Teil tief eingreifende Buchten zerlappt, stellenweise sogar aufgelöst und Teile der Malm-Hochflächen abgetrennt (Zeugenberge). Über die flach konkaven, unteren Hangbereiche gehen die Bäche zunächst in Muldentäler und dann in Kerbsohlentäler über, oder sie haben gleich Kerbsohlentäler mit flach konkaven Hanganschlüssen entwickelt. Die Sohlen bzw. Auen bestehen aus einem Gemisch von meist noch kantigen oder kantengerundeten, plattigen Geschieben und einem relativ hohen Anteil an verklebendem Feinmaterial. Die großen Täler haben die Landterrasse des Doggers bis auf wenige Reste zu Hügelland aufgelöst.

Die Gewässer zerschneiden im Lias weitabständig mit wenigen Seitengerinnen die Landterrasse, wobei breite Flächenreste („Liasplatten“) erhalten geblieben sind. Die Bäche entspringen auf den Flächen in flachen Quellmulden und durchfließen zunächst breite Muldentäler. In diese Täler greifen anzapfungsbedingt Kerbanrisse mit einem plötzlichen Gefälleknick ein, über die mit steilem Gefälle in kurze Kerbtäler entwässert wird. Diese Kerbtäler weiten sich sehr rasch zu Kerbsohlentälern, deren Sohlsediment wie bei den Doggerbächen aus Feinmaterial besteht, das mit kantig-plattigem Schutt durchmischt ist.

In diesen Sohl-Substraten sind die Bachbetten kastenförmig mit tiefen Querschnitten angelegt. Glatte, steilwandige, oft auch überhängende Ufer im standfesten, stark bindigen Auenmaterial und eine durchgehende Sedimentbedeckung der Böden mit schllickvermishtem Grobmaterial sind charakteristisch. Bei den Geschieben handelt es sich überwiegend um kantengerundetes, kiesig-steiniges Schuttmaterial aus den Erosionsstrecken, das durchtransportiert wird. Nur wenig Gesteinsstücke stammen aus dem Auenmaterial, das vor allem durch seitliche Unterschneidung in die Bettböden gelangt. Das grobe Sediment verleiht den Gewässern trotz seiner tiefen und glattwandigen Profile eine mittlere Rauheit, die durch das Wurzelwerk des Weiden-saumes oft verstärkt wird. Streckenweise sind auch Pool-/Riffle-Sequenzen zu beobachten, wobei das Transportmaterial in weiten wellenförmigen Abfolgen die Bettböden bedeckt. Das größte Material ist auf den flachen Wellenkuppen angereichert (vgl. Abb. 19), die bei Niedrigwasser trocken fallen. Wasserspiegelschwankungen sind häufig und die Amplituden sind hoch. Die Linienführung in den Sohlen- bzw. Auebereichen ist gekrümmt bis stark gekrümmt, in den Kerbanrissen und Kerbtälern geradlinig und in den Muldentälern leicht gekrümmt. Die Doggerbäche weisen bei gleichem Charakter insgesamt einen geringeren Anteil an steinigen Geschieben und etwas mehr Sand auf, der bei den Liasbächen fast fehlt.

In den östlichen Bereichen des schwäbischen Lias- und Doggerlandes haben sich weite Bereiche mit flacherem Relief, geringeren Gefällegraden und Muldentälern erhalten. Hier, weit abseits des Vorfluters Neckar, ist die rhenanische Anzapfung durch die Jagst im Hinterland noch nicht wirksam geworden. Trotz intensivster ackerbaulicher Nutzung sind streckenweise noch naturnähere Fließstrecken zu be-

obachten. Sie sind meist stark gekrümmt und ziehen in tiefen, kastenförmigen Profilen mit senkrechten, zum Teil überhängenden Ufern durch das Feinmaterial. Die braunen Böden sind hier tiefgründig entwickelt und mit vereinzelt plattigen Kalksteinrelikten durchsetzt. Auch bei Niedrigwasserstand füllt das Wasser den gesamten Gewässerquerschnitt, wasserstandsabhängige Stufen sind im Querschnitt nicht entwickelt. Nur sehr wenig, hochgradig verschlicktes, maximal kiesiges Geschiebmaterial bedeckt streckenweise die Bachbetten. Es wirkt trotzdem erosiv, wie Unterschneidungen im Prallhangbereichen und kanalartige Ausschürfungen im Bachbett belegen. Die nur träge fließenden, tiefen und sehr trüben Gewässer werden von Weiden gesäumt und sind streckenweise dicht von der Teichmummel besiedelt. Wie die Weiden bewirkt diese Pflanze mit ihren Wurzeln, den tief ins Wasser herabhängenden Zweigen und dem Totholz eine gewisse Rauheit des Gewässerbettes. Folgen sind einerseits die Trägheit der Gewässer, andererseits eine lokal erhöhte Fließmobilität durch Treibselanlandungen und Verengungen. Diese Variante der „extremen“ Feinmaterial- und Hügellandgewässer des Lias und Doggers ist in Bayern weit verbreitet und muß als Subtyp für Baden-Württemberg erwähnt werden.

Geochemisch stellen die Lias- und Doggerbäche karbonatische, ionen- und nährstoffreiche Trübwassergerinne dar.

Die Hügel- und Berglandgewässer des Lias und Doggers



Abb. 67 Kerbsohlental: Unterlauf des Butzbaches (Kreis Göppingen). Bach unterschneidet Hang, frische Seitenerosion



Abb. 70 Kerbsohlental des Tiefenbaches (Kreis Esslingen). Gekrümmter Verlauf, tief eingeschnittener Bach in seinen Sedimenten fließend



Abb. 68 Flaches Muldental: Mittellauf des Butzbaches (Kreis Göppingen)



Abb. 71 Gekrümmter Verlauf des Butzbaches (Kreis Göppingen) im Muldental-Bereich. Tief eingeschnitten, frischer Anschnitt links (steinig-lehmiges Substrat)



Abb. 69 Auental im Mittellauf-Bereich der Kötach (Kreis Tuttlingen). Linienführung stark verändert, natürlicherweise stark gekrümmter Verlauf



Abb. 72 Auental der Donau bei Gutmadingen (Schwarzwald-Baar-Kreis). Stark gekrümmter Lauf

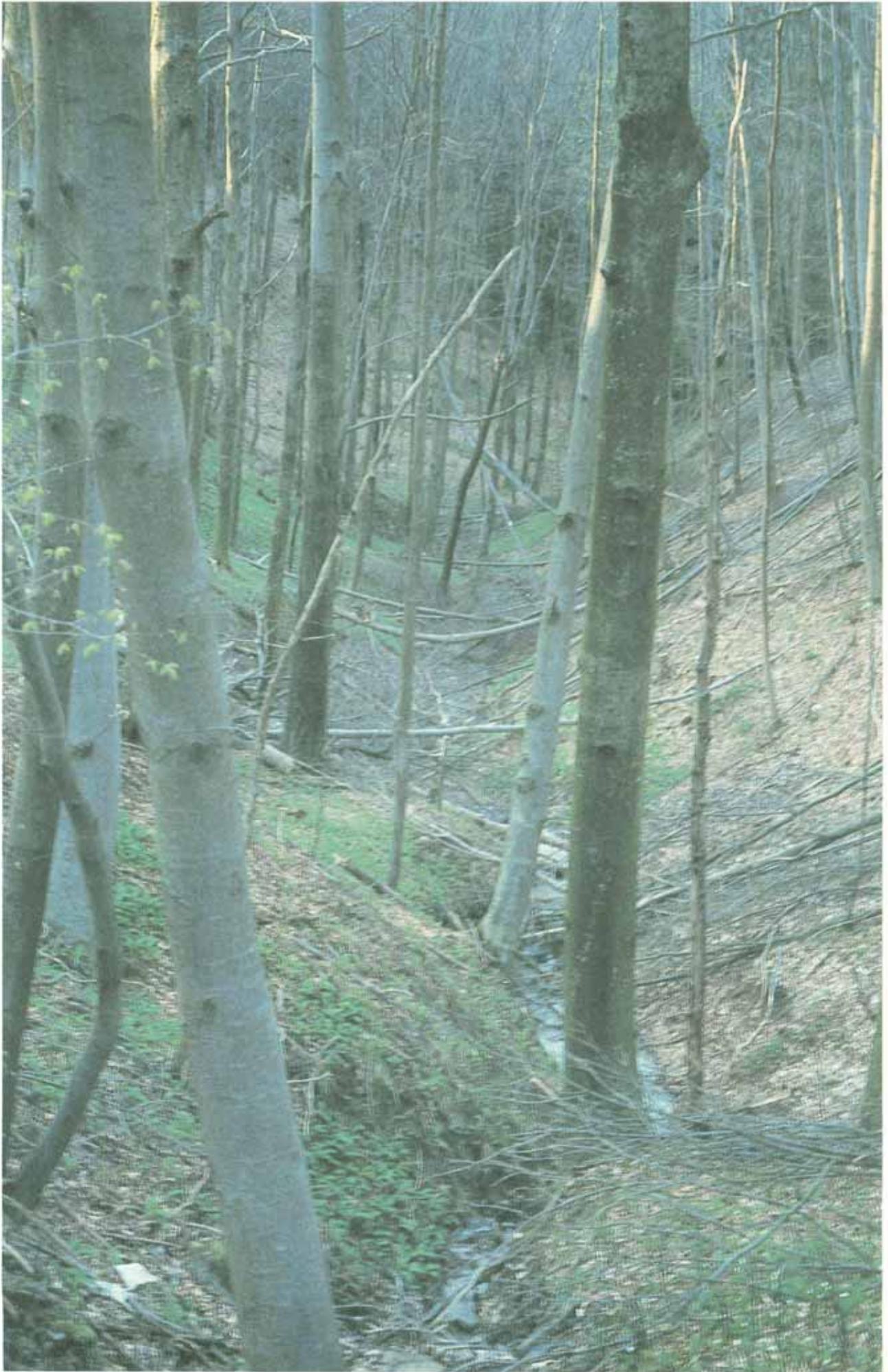


Abb. 73 Oberlauf des Butzbaches (Kreis Göppingen) mit Kerbtal-Charakter

5.8 Die Hügel- und Berglandgewässer des Keupers

Der Keuper ist vom Gesteinsinhalt, von der Mächtigkeit der Schichten und von der Tektonik her kleinräumig sehr differenziert aufgebaut. Entsprechend wechselhaft erscheinen die Formen und Strukturen der Landschaft und der Gewässer. Dennoch bestehen so viele Gemeinsamkeiten, daß die Keuperregion im Sinne der Gewässertypologie als eine Einheit angesprochen werden muß. Die Täler- und Gewässerausstattung des südwestdeutschen Schichtstufenlandes wird im wesentlichen von drei Faktoren bestimmt (vgl. Kap. 3):

- Schichtlagerung der Gesteine, vor allem Fallen* und Streichen* der Schichten
- Gesteinsinhalt und Mächtigkeit der Schichten und ihrer Verwitterungsprodukte (Lithofazies)
- tektonisch-erdgeschichtliche Entwicklung der Region (Hebung und Senkung / Bruchtektonik und Grabenbildung)

Die Einflüsse dieser Faktoren auf die Gestaltung der Gewässer kann trotz und gerade wegen des komplizierten geologischen Baus besonders gut am Beispiel der Keuperbergländer gezeigt werden. Betrachtet man einen Kartenausschnitt aus der Region, so fällt auf den ersten Blick die regelmäßige, rechtwinklige Anordnung des Gewässernetzes auf: Bis auf die direkt zum Neckar hin gerichteten Gewässer, sind alle Hauptbäche in NW-SO-Richtung, also konsequent im Fallen der Schichten angelegt. Die Nebenbäche folgen senkrecht dazu im Streichen, also subsequent. Selbst die von der Stufenstirn nach Nordwesten fließenden, obsequenten Bäche und die Gewässer, die tief in die Stufe eingreifen, behalten die Richtungen bei.

Der Gesteinsinhalt der Keuperbergländer läßt sich trotz häufiger und kleinräumig auftretender Fazieswechsel* zusammenfassend gliedern in:

- eine untere tonig-mergelige Schichtserie (ku - km 3u = Unterer - Mittlerer Keuper / Bunte Mergel und Ton)
- eine obere, überwiegend sandige Schichtenfolge (km 3s - ko = Mittlerer Keuper mit Sandstein - Oberer Keuper/Rhät)

Auch in der oberen Serie sind viele Mergel eingeschaltet, so z.B. die Knollenmergel (km 5 Schicht = Bunte Mergel), die morphologisch von Bedeutung sind, weil sie unter anderem Talweitungen verursachen. Für die Gestaltung der Gewässer haben sie jedoch kaum eine Bedeutung. In der unteren Gruppe verändert der Schilfsandstein nur unwesentlich das Erscheinungsbild der Gewässer, weil er aus Quarzkörnern überwiegend der Feinsandfraktion (0,063 bis 0,2 mm) besteht, die mit grünlichen und beige Tönen verkittet sind. Das Gestein verwittert tiefgründig zu Lehm, ohne daß viel gröberes Schuttmaterial übrigbleibt. Deshalb unterscheidet sich dieser Lehm nicht wesentlich von den Verwitterungsprodukten der anderen Gesteine der unteren Serie, die insgesamt sehr feinkörnig, sogar überwiegend tonig ausgebildet sind. Selbst an den Stellen, wo Seitenerosion das frische Anstehende unterschneidet, zerfällt das Material zu Plättchenschutt, der auf kurzem Transportweg zerrieben wird und lediglich als Schwebstofflieferant dient. Grobe Geschiebe und Sand liefern nur die Kiesel- und Stubensandsteinschichten der oberen Serien (km 3 s und km 4). Die Geschiebeführung ist deshalb in der vertikalen Anordnung sehr unterschiedlich ausgeprägt: Es kann ein unteres Stockwerk mit schwebstoffreicher Fracht von einem oberen Stockwerk mit feinsedimentreichen, sandigen Geschieben unterschieden werden. Die überwiegend mergelig ausgestatteten, unteren Regionen haben Gewässer mit hoher Schweb- und Lösungsfracht, aber geringer Sedimentfracht. Dagegen zeigen die Gerinne der Stubensandstein-Hochflächen alle Merkmale der sogenannten „Sandbäche“. Beide Stockwerke, also das gesamte Keuperbergland, zeichnen sich durch Geschiebearmut aus. Geschiebemangel und die morphologisch relativ weichen Gesteine verursachen eine hohe Erosionsanfälligkeit. Größere Geschiebe in Form von plattigen Sandsteinbruchstücken kommen in den tief eingeschnittenen, direkt zum Neckar entwässernden Tälern oder in den die Stufenstirn obsequent entwässernden Gerinnen vor. In diesen Kerbtalstrecken dringt grobes Hangschuttmaterial unmittelbar bis an die Gewässer vor.

Eine Ausnahme stellt in den unteren Serien die „Engelhofer Platte“ dar, die im östlichen Keuperbergland weit verbreitet ist. Diese Schicht ist nur 1-2 m mächtig und dolomitisch hart verbacken. Sie liefert nur wenige, aber äußerst harte, plattige Geschiebe, die sich im gesamten Längsprofil der sie schneidenden Bäche erhalten. In der flachwelligen Subrosionslandschaft* des ostwürttembergischen Gipskeupers, der mit mächtigen Mergelserien ausgestattet ist, tritt die „Engelhofer Platte“ als kleine Landschaftsstufe unverkennbar in Erscheinung.

Die lieferbare Menge an Geschieben richtet sich nach der Mächtigkeit der Schichten, und hierin unterscheiden sich die Keuperregionen sehr, wie die Abbildung 74 zeigt. Während die unteren Serien in etwa die gleichen Mächtigkeiten aufweisen, nehmen nach Osten zu die oberen Serien stark ab. Deshalb überwiegen in den östlichen Bergländern die Gewässer, die vom tonigen Substrat geprägt sind.

Die junge tektonische Entwicklung, vor allem die Heraushebung des südwestdeutschen Schichtstufenlandes und die Entstehung der rhenanischen Entwässerung, hat im Bereich des Keupers besonderen Einfluß ausgeübt. Je nach Lage der Bäche zum rhenanisch angezapften Vorfluter haben sich die Gewässer unterschiedlich tief eingeschnitten. Die direkt zum Neckar abfließenden Bäche haben sich dabei am tiefsten eingeschnitten, nach Osten nimmt der Einfluß des rhenanischen Systems immer mehr ab, so daß die älteren, danubischen Erscheinungsformen überwiegen (Abb. 74). Vor allem in den Längsprofilen der Bäche macht sich der rhenanische Einfluß bemerkbar: Mit der Anzapfung greift eine rückwärts schreitende Tiefenerosion mit Kerbanschnitten in die alten Täler ein. Aus langgestreckten Profilen mit geringem Neigungsgrad werden konkave Linien mit deutlich ausgeprägter Verteilung zum Oberlauf hin. Bei vielen Bächen, vor allem im Übergangsbereich von mittlerem zu östlichem Keuperbergland, ist die erosive Anzapfung noch nicht sehr weit in die alten Täler vorgedrungen: Es sind stark gestufte Längsprofile entstanden. Weitere anzapfungsbedingte Phänomene sind die Anzapfungsknicks, mit denen die danubischen, konsequent süd-südöstlich fließenden Gerinne in obsequente*, nordnordwestlich fließende Gewässer umgelenkt werden.

Je nach Lage im Relief sind demnach drei verschiedene Gewässererscheinungen zu unterscheiden, die zusammen

den Gewässertyp „Hügel- und Berglandgewässer des Keupers“ darstellen:

- (1) Erster Subtyp - *Bäche, die direkt zum Vorfluter Neckar oder zur Murr abfließen und Gerinne, die obsequent* die Stufenstirn zerschneiden*

Die Trauflinie der Stufen liegt bei 500 m, die Erosionsbasis bei etwa 250 m. Diese Bäche weisen daher ein steiles, konkaves Längsprofil und tief eingeschnittene Täler auf, deren Hänge die oberen Sandsteinschichten und die unteren Mergellagen schneiden. Der Hangschutt besteht aus plattigen Sandsteinbruchstücken, die dachziegelartig angeordnet in einem lehmigen Substrat „schwimmen“. Die Verwitterung und Abtragung hat an den flach- (10-15°) bis steilkonkaven (25-35°) Hängen die mergelig-tonigen Serien ausgewaschen und gleichzeitig die gröberen Bestandteile relativ angereichert. Die Gewässer sind in diesem überwiegend vom Sandstein geprägten Substrat angelegt. Im Oberlauf handelt es sich um geradlinige Kerbtäler, die im Hangschutt erosiv angelegt sind und diesen streckenweise bis in das Anstehende durchteufen. Wenige grobe Geschiebelinsen, meist sandig-kiesige, flache Schwemmfächer und einzelne größere Steine, bedecken mit nur geringer Auflage und unvollständig die Bachbettsohlen. Bei den geschiebefreien Strecken ist das Anstehende treppenartig, der Härte nach herauspräpariert worden. Kleinere Gerölle und die Kiesfraktion werden schon bei mittleren Wasserständen und Sande stetig verfrachtet. Die Strömung ist zu stark, als daß sich ein sandiges Bett ausbilden könnte. Im Lee der Strömung, bei Ausbuchtungen, Gleithangbereichen, Totholzverkläusungen u.a. belegen Sandfahnen, daß dieses Material ständig exportiert wird. Härtere Gesteinsbänke bilden dort, wo sie die Bachläufe queren, Sohlplatten, Kaskaden und sogar kleinere Wasserfälle aus. Tiefen- und Seitenerosion sind allenthalben zu beobachten.

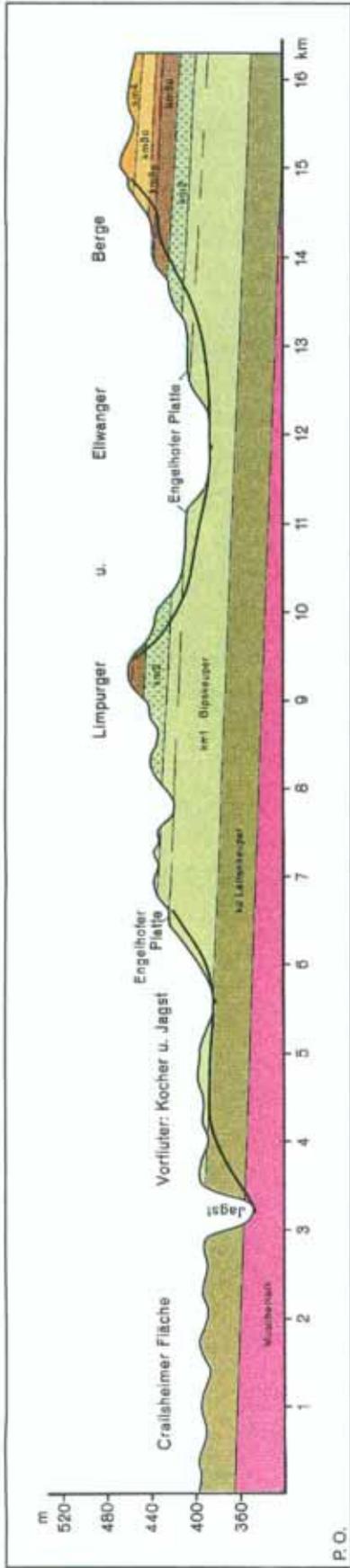


Abb. 74 a Lage der Bäche im östlichen württembergischen Keuperbergland in Bezug zur Morphologie und zum Schichtenaufbau

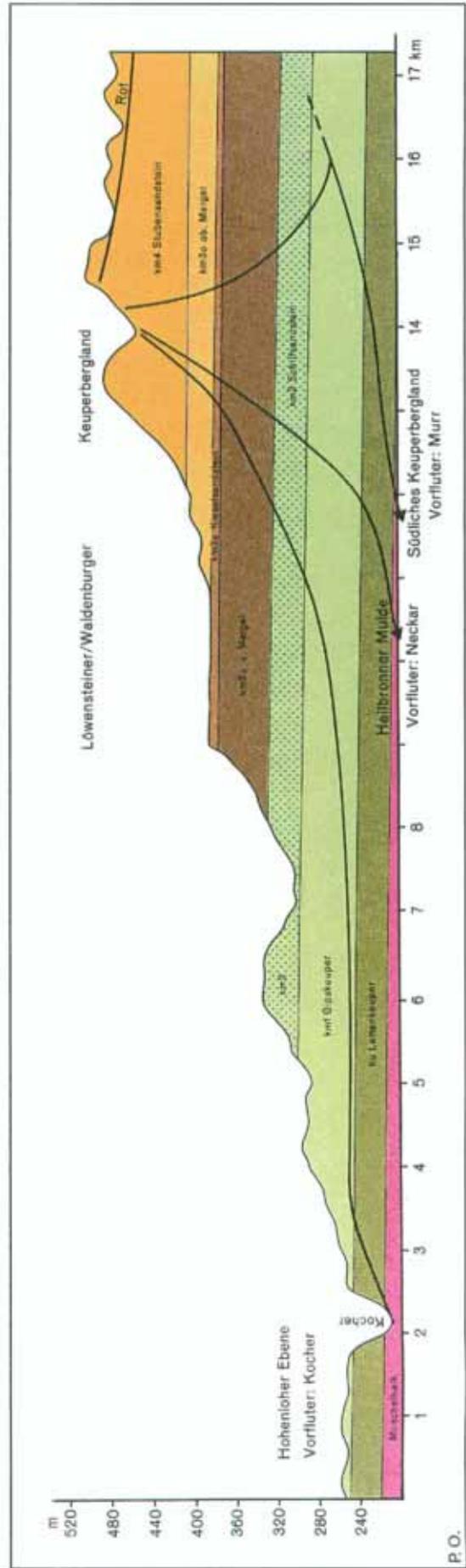


Abb. 74 b Lage der Vorfluter und Bäche im mittleren württembergischen Keuperbergland in Bezug zur Morphologie und zum Schichtenaufbau

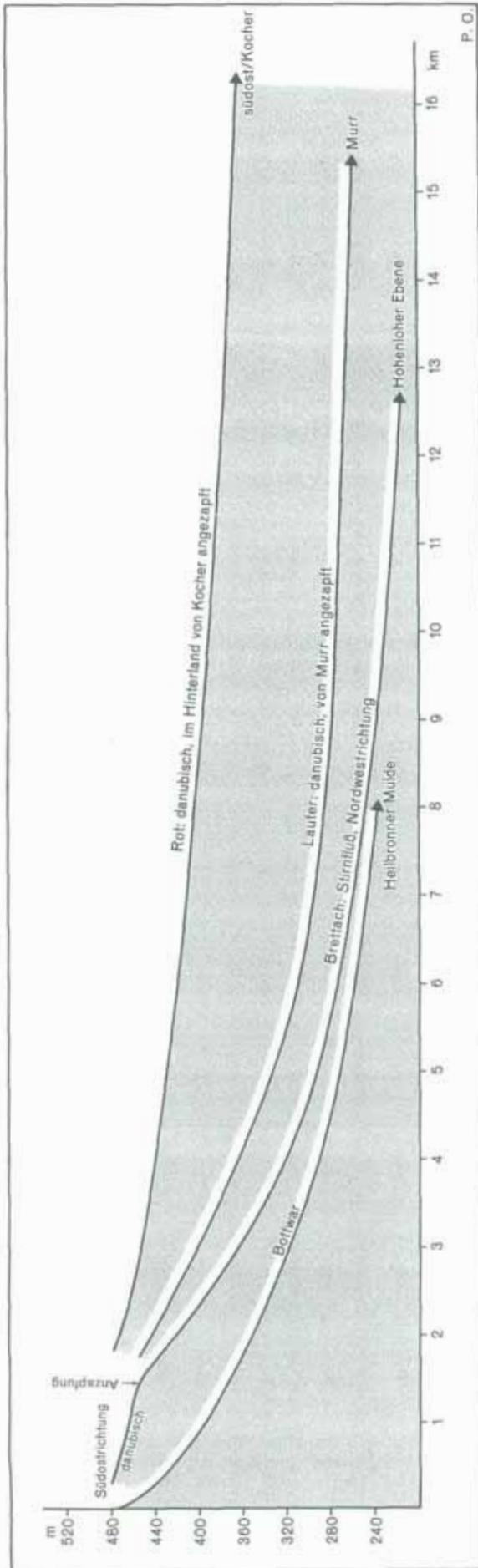


Abb. 74 c Längsprofile der Bäche im mittleren württembergischen Keuperbergland

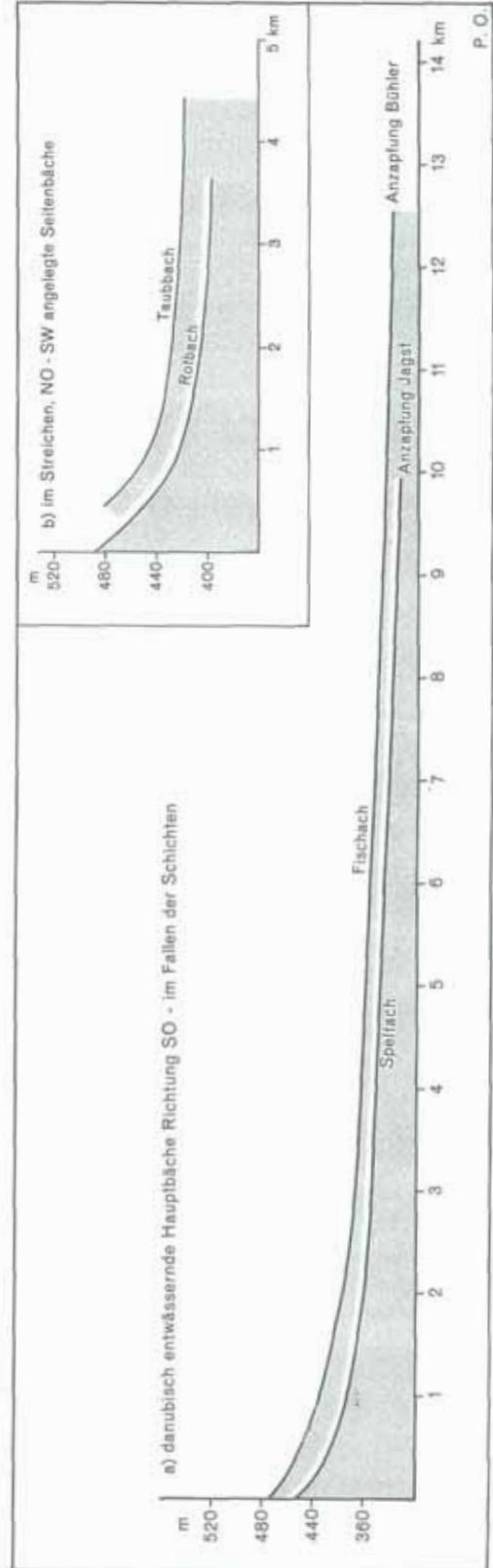


Abb. 74 d Längsprofile der Bäche im östlichen württembergischen Keuperbergland

Die Hügel- und Berglandgewässer des Keupers



Abb. 75 Kasten-/Kerbsohental der Rems bei Lorch (Ostalb-
kreis)



Abb. 78 Mittellauf der Ammer (Kreis Tübingen), Kerbsohlen-
Auental, Linienführung verändert, natürlicherweise starke
Krümmungen (Vernässungen)



Abb. 76 Flaches Muldental im Oberlauf der Brettach (Kreis
Schwäbisch Hall), Linienführung stark verändert, natürlicher-
weise gekrümmter Verlauf



Abb. 79 Kerbsohental im Mittellauf des Großen Goldersba-
ches (Schönbuch, Kreis Tübingen)

Abb. 77
Kerbtal im
Oberlauf der
Weissach
(Stromberg,
Enzkreis)



Abb. 80
Kerbtal im
Oberlauf der
Brettach
(Hohenlohe-
kreis)

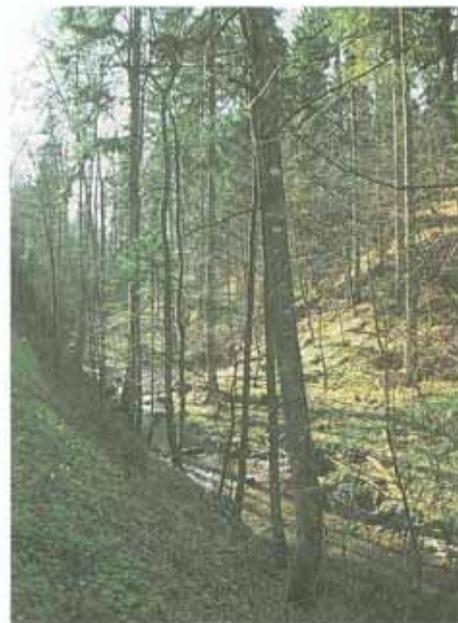




Abb. 81 Quellnahe Mulde der Weissach (Stromberg, Enzkreis). Geradlinig bis leicht gekrümmt



Abb. 84 Sohlensubstrat im Oberlauf der Weissach. Hoher Plättchenanteil aus Schichten der Bunten Mergel



Abb. 82 Stark gekrümmte, fast mäandrierende Linienführung der Weissach im Oberlauf (muldenartige Verebnung) mit Gleithang/Prallhangbildung



Abb. 85 Stark gekrümmter bis mäandrierender Verlauf des Großen Goldersbaches in Kerbsohlental (Schönbuch, Kreis Tübingen)

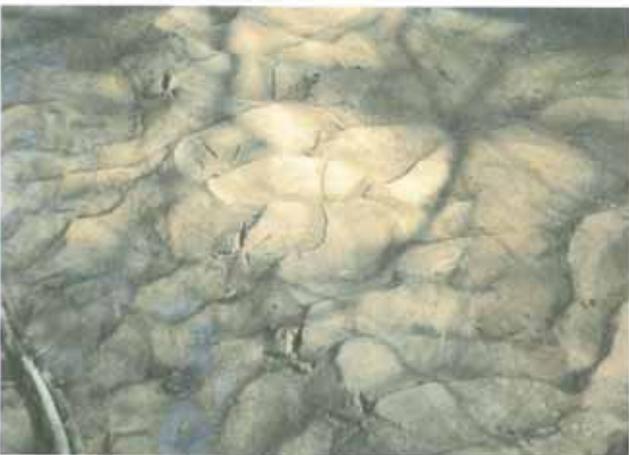


Abb. 83 Sohlensubstrat der Fichtenberger Rot. Hoher Sandanteil aus den Schichten des Stubensandsteins



Abb. 86 Sohlensubstrat des Großen Goldersbaches: steinig, blockig, sandig. Blöcke durch seitliche Hanganschnidung

Mit schwächer werdendem Gefälle setzen Sohlen bzw. Auen ein (Kerbsohlentäler/Mittellauf), in denen die Gewässer mit zunehmenden Krümmungsgrad* angelegt sind. Die Sedimente bestehen aus größeren Geröllen und Kiesen, die mit einer lehmigen Matrix verklebt sind. Oft werden diese Sedimente noch von 20-30 cm mächtigen reinen Auelehmen überdeckt. Das Erscheinungsbild der Bachbetten ändert sich, indem zunächst eine gleichmäßige Bedeckung mit stein- und kiesgroßen Geschieben einsetzt, über die das Wasser flach und stark gekräuselt hinwegrauscht. Weiter bachabwärts setzen Stein-, Kies- und Sandbänke sowie Schnellen- und Stillenstrukturen ein, wobei gleichmäßige Pool-/Riffle-Sequenzen eher selten sind. Die Strukturen belegen, daß Transport- und Sortierungsvorgänge stattfinden, indem Kiese und vor allem Sande schneller exportiert und größere Materialien nur schubweise bei Hochwässern transportiert werden. Die Bachbetten haben steile, oft sogar durch Seitenerosion unterspülte, überhängende Ufer im standfesten Auesediment. Insgesamt überwiegen auch in diesen Laufstrecken die erosiven Tendenzen, obwohl auch das Übersanden der Uferbereiche und Auebildung zu beobachten ist.

(2) Zweiter Subtyp – *Quasi-danubisch, konsequent fließende Gerinne im mittleren Keuperbergland*

Ein Beispiel für den zweiten Subtyp ist die „Fichtenberger Rot“ und ihre Nebengerinne. Diese alt angelegten Gewässer entspringen direkt hinter der Stufenstirn in Quellmulden. Sie haben sehr kurze, steil konkave Kerbtalstrecken als Oberläufe ausgebildet und fließen dann mit geringem und ausgeglichenem Gefälle eine sehr weite Strecke in breiten Sohlentälern mit hohem Krümmungsgrad ab. Sie zertalen dabei die oberen Serien und sind deshalb vom Sandstein geprägt. Der Einfluß der zwischengeschalteten Mergel auf die Talmorphologie beschränkt sich auf Talweitungen - auch die relativ mächtigen Serien der oberen Mergel (km 3 o) oder gar der Knollenmergel (km 5) machen sich im Aufbau und den Strukturen der Bachbetten und Auen nicht bemerkbar. Die sandigen, leicht gewellten und stellenweise terrasierten Sohlen (Auen) greifen mit scharfer Grenze gegen die Hangfüße vor. Nur selten ist ein fließender Übergang zwischen Hangfuß und Sohle festzustellen. Die Talböden stellen also echte fluviale Aufschüttungen dar, die die Talflanken mit Sedimenten überdeckt haben. Es handelt sich um sandige Aueablagerungen, die mit Mächtigkeiten von

mehreren Metern die Täler verfüllen. Die Gewässer fließen scharfkantig und steilwandig in die Sande eingeschnitten, oft durch einen Erlensaum festgelegt, mit zunehmender Tiefe und Krümmungsgrad* talwärts. Trotz des kastenförmigen, eher tiefen Profils zeigen frische Übersandungen der ufernahen Bereiche, daß heute noch Auebildung stattfindet. Das Bachbett ist meist auf der ganzen Breite mit Treibsand bedeckt, der kontinuierlich flach schleifend von der Strömung bewegt wird. Entsprechend glatt ist in den Sandbetten auch der Wasserspiegel ausgebildet. Nur an den Stellen, wo die Gewässer die Hänge seitenerosiv unterschneiden oder Nebengerinne größeres Material einlagern, gelangen größere Geschiebe in das Gewässer - es bilden sich Schotterbänke, Rauschen und ein breiteres, flacheres Querprofil aus. Größerer Schutt führt zu kurzen Strecken mit Sohlpanzerung und große Blöcke können an wenigen Stellen sogar turbulentes Fließen verursachen. Insgesamt aber sind die Bäche als Gewässer der sandigen Auen oder einfacher als Sandbäche mit relativ tiefen und steilwandigen Querprofilen und hohem Krümmungsgrad anzusprechen. Die Verbreitung dieses Subtyps ist also eng verknüpft mit der Lage des Einzugsgebiets in einem sandsteingeprägten Gelände und mit dem geringeren Einschneidungs- bzw. Anzapfungsgrad der Vorfluter. Deshalb findet dieser Gewässertyp im fränkisch-bayerischen Keuperbergland die größte Verbreitung.

Nach Osten verändert sich die Höhenlage der Vorfluter sprunghaft. Während der Kocher am Stufenrand noch tief eingeschnitten bei etwa 300 m Höhenlage in das Keuperbergland eingreift, erreicht die Bühler nur noch 350 m, während die Jagst, noch nicht eingeschnitten, im Niveau der Gäuflächen (420 m) fließt. Dies hat zur Folge, daß Gefälle und Einschneidungsgrad nach Osten zu geringer werden.

Hinzu kommt, daß im Bereich des ostwürttembergischen Keupers die Mächtigkeiten der oberen Serien abnehmen. Dies hat eine weite Zurückverlagerung der Stufe nach Süden und einen höheren Auflösungsgrad des Berglandes bis hin zum Hügelland zur Folge. Der Einfluß des Sandsteins auf die Gewässer nimmt ab, und es setzt sich die Gestaltung durch die mergelig-tonigen Substrate durch. Die Hauptstufe ist im Kieselsandstein (km 3 s) ausgebildet, der oft nur wenige Meter Mächtigkeit aufweist und lediglich in einem schmalen Band ausbleibt. Der Stubensandstein weicht in einem zweiten Stufenanstieg weit nach Süden zurück.

Demgegenüber sind die unteren Mergel (km 3 u), der Schilfsandstein (km 2) und der Gipskeuper (km 1) flächenmäßig weit verbreitet. In diesen Bereichen ist der dritte Subtyp der Bäche, die Feinmaterialbäche, entwickelt.

(3) Dritter Subtyp - Feinmaterialbäche

Die Feinmaterialbäche haben sehr kurze, konkave Kerbtalanschnitte als Oberläufe ausgebildet, die talabwärts in sich weitende, breite Sohlentälern übergehen. In den steilen Kerbtalanschnitten fließen die Bäche mit steilwandigen Ufern kastenförmig im lehmigen, mit Gesteinsbruchstücken durchsetzten Hangschutt. Sie nehmen dabei erosiv wenig kiesig-sandiges und nur vereinzelt plattig-steiniges Sandsteinmaterial auf, das auf kurzer Transportstrecke zu Sand verkleinert wird. So gelangen, abgesehen von viel Schwebstoff, nur Sand und wenige Kiese als Geschiebe in geringen Mengen in die unteren Fließstrecken. Tonige und im Übergangsbereich zu den Kerbtalanschnitten lehmige Auesedimente bauen die ebenen Talböden auf. Das Breiten-/Tiefen-Verhältnis ist noch mehr als bei den sandgeprägten Bächen zugunsten der Tiefe entwickelt. Steilwandige, oft überhängende, kastenförmige und tiefe Querprofile sind ebenso charakteristisch wie der große Geschiebemangel. Auf weiten Strecken fehlt sogar eine Bedeckung mit Geschiebesedimenten und lediglich Schlick schwebt über den Bachbettböden. Wenige dünne, stromlinienförmige Geschiebelinsen aus Sand und einigen kiesgroßen Sandsteinbruchstücken wandern bei höheren Wasserständen abwärts. Dabei erodieren sie die glattwandigen Profile in den sehr standfesten, tonigen Substraten aus. Streckenweise sind 10-20 cm breite und 10 cm tiefe kanalförmige Rinnen am Bettboden ausgeschliffen. Die Gewässer führen selbst bei Niedrigwasserstand einen solch hohen Schwebstoffgehalt mit sich, daß starke Trübung üblich ist. Das geringe Gefälle und das tonige Material der Auen lassen im naturnahen Zustand Mäanderbildung und die Verschilfung der Bachbetten und Uferbereiche erwarten, wie durch Grabungen nachgewiesen werden konnte. Da der Untergrund sehr wasserstauend wirkt, sind Häufigkeit und Amplitude der Wasserstandsschwankungen hoch, die überbordvollen Hochwässer zahlreich und direkt vom Niederschlagsverhalten abhängig. Die Häufigkeit der Überflutungen der Auenflächen mit schwebstoffbelasteten Gewässern wird durch die intensive landwirtschaftliche Nutzung der Region noch erheblich verstärkt. Flächenhafte Abtragung auf den Äckern und verstärk-

te Auebildung in den Tälern sind die nachweisbaren Folgen. Besonders eindrucksvoll sind diese Zusammenhänge in den Hügelländern vor den Stufen zu verfolgen, wo die Haupttäler den Schilfsandstein durchteufen und tief in den Gipskeuper eingreifen. Insgesamt werden in der Region des Keupers durch die vielen wasserstauenden, mergelig-tonigen Ablagerungen hohe bis sehr hohe Gewässerdichten (1,5-2,6) erreicht. Löß und Lößlehme üben je nach Beimengung, vor allem im unteren Stockwerk, unterschiedlichen Einfluß aus.

Geochemisch handelt es sich bei den Gerinnen der oberen Serien um leicht karbonatische Gewässer mit mittleren Ionen- und Nährstoffgehalten. Zum unteren Bereich nehmen die Gehalte an Ionen und Nährstoffen zu, so daß karbonatische, in Regionen mit Gipslagen auch sulfatische Trübwasser-Gewässer kennzeichnend sind.

5.9 Die Flach- und Hügellandgewässer des Muschelkalks

Die Flächen des Muschelkalks, die Gäuflächen, sind weitgehend mit einer Decke von durchschnittlich 1-3 m mächtigen Lössen und deren Verwitterungsprodukten bedeckt. Vor der Keuperstufe ist das Gestein zusätzlich durch ein breites Band an tonigem, unterem Keuper (Letten) überlagert. Bei den nicht oder nur wenig eingetieften Gewässern handelt es sich also um Gewässer der Lößregionen oder zumindest um Gewässer, die weitgehend lößbeeinflusst sind. Trotzdem müssen die Bereiche des Muschelkalks als eigenständige Region auskartiert werden, weil die wesentlichen Geländeerscheinungen und Geländeformen auf den Muschelkalk und nicht auf den Löß zurückzuführen sind.

Die sehr fein geschichteten Muschelkalke beinhalten stellenweise auch Evaporite, d.h. Salze und Gipse. Sie weisen somit alle Merkmale tiefgründiger Verkarstung auf: Typisch sind zum Beispiel Dolinenfelder, Erdfälle und auch Bachschwinden. In ihnen versickern die Bäche in den verkarsteten Untergrund, wo sie im karsthydrologischen Stockwerk ihren weiteren Fließweg suchen. Der Muschelkalk verwittert zu steinigem, plattig-eckigem Schutt und tonigem Feinmaterial. An den Talhängen und steileren Lagen wurde der Feinmaterialgehalt in den Verwitterungsprofilen ausgewaschen und der Schutt relativ angereichert. Typisch sind in den Kastentälern der großen Vorfluter die feinmaterialfreien, reinen „Scherbenschutthänge“.

Während der Kaltzeiten war der Untergrund durch Eis versiegelt. Auf dem Dauerfrostboden konnte sich ein Talnetz aus wenig eingetieften Muldentälern und asymmetrischen, kleinen Kerbtälern entwickeln. Heute wird dieses Gewässernetz in den lößbedeckten Gebieten zum größten Teil, im Bereich des auflagernden Letten fast vollständig durchflossen. Die Gewässerdichten sind karstbedingt insgesamt gering, sie schwanken jedoch stark zwischen den gering lößbedeckten Regionen mit Werten um 0,3 und dem lettenbedeckten Gebiet mit Werten um 1,1. Der Bereich des Muschelkalks verfügt über nur wenige Quellen. Viele Bäche entspringen im Lettenkeuper in flachen Quellmulden oder sogar im Bereich der Stufe zum Keuperbergland. Der Muschelkalk stellt vor allem in den südlichen Regionen, im Übergang zum Keuper, ein Gebiet mit „artfremden“ Gewässern dar.

Die großen Vorfluter durchqueren den Muschelkalk in tief eingeschnittenen Kastentälern. Im Gegensatz dazu haben sich die Seitengerinne, bis auf die größeren Bäche, karstbedingt nicht weit eintiefen können. Sie fließen nur wenig eingetieft in den Gäuflächen bis in die Nähe der Vorfluter, in die sie über steile Kerbanschlüsse einmünden. Die Gewässer sind generell mit sehr flachen, gestreckten Längsprofilen ausgestattet, die in der Nähe zum Vorfluter in einen scharfen Knick übergehen. Sofern die Gewässer im Bereich der Keuperstufe entspringen, sind sie an ihrem kurzen, steil-konkaven Quellauf zu erkennen. In den Kerbarissen zu den Vorflutern fließen die Bäche im steinigen Muschelkalk - diese kurzen Gewässerabschnitte sowie die großen Kerbsohlentalbäche sind als „echte“ Muschelkalkgewässer anzusprechen.

Die größeren Gewässer der 2. und 3. Formation, die die weiten Flächen des Baulands, des Taubergrundes und der nördlich anschließenden Regionen entwässern, sind in breiten Kerbsohlentälern mit flachen Feinmaterialauen angelegt. Diese Auen sind aus Schwemmlössen aufgebaut. Die Bäche zeichnen sich durch sehr steile Ufer und tiefe, kastenförmige Betten aus. Dort, wo sie nicht begradigt sind, folgen sie ihrem gekrümmten bis mäandrierendem Lauf.

Naturnahe Gewässer sind in der ganzen Region kaum mehr zu finden. Das konvex-hügelige und in weiten Bereichen fast ebene Gelände hat sich durch frühe Besiedlung, Rodung und intensiven Ackerbau stark verändert: Der Löß

und die tonigen Verwitterungsprodukte des unteren Keupers (ku) sind durch Abschwemmung von den flachen Hängen in die Hohlformen umgelagert worden. Deshalb weisen heute alle Gewässer der 2. Ordnung Sohlen bzw. Auen aus Schwemmaterialien auf. In diesen tonig-schluffigen und wasserstauenden Auesedimenten sind die heutigen Gewässer als Kanäle angelegt. Aktive Auebildung durch Überschwemmung der Talböden bei Hochwässern ist heute noch trotz aller Verbaumaßnahmen zu beobachten.

Auf den Flächen des Muschelkalks bestimmen die lößbeeinflussten Feinmaterialbäche das Bild der Gewässerlandschaft. Die auffallend flachen Längsprofile und das Feinmaterial lassen vermuten, daß die naturnahen Bäche einen stark gekrümmten bis mäandrierenden Lauf aufgewiesen haben - alte Karten und Grabungen belegen diese Annahme. Weiden-Galeriewälder und Schilfbestand säumten die tiefen, kastenförmigen Bachbetten mit ihren senkrechten, oft überhängenden Ufern. Durch das träge Fließen waren die Bettböden durch ein Gemisch von viel Schluff und Schlamm und sehr wenig Feinsand verschlickt.

Die Flachland- und Hügellandgewässer des Muschelkalks



Abb. 87 Sehr flaches Muldental im Oberlauf des Merenbaches (Kreis Waldshut). Gewässer stark verändert (Graben) und kaum mehr erkennbar



Abb. 90 Kasten-/Kerbsohlental des Kochers (Kreis Heilbronn)

Abb. 88
Grobmaterial-
aue mit blok-
kig-steinigem
Sohlsubstrat
im Unterlauf
der Kupfer
(Hohenlohe-
kreis)

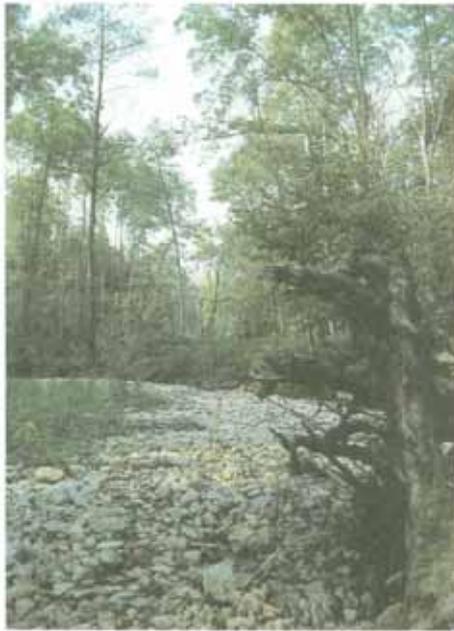


Abb. 91
Kerbtal im
Oberlauf des
Merenbaches
(Kreis
Waldshut).
Bach in
blockigem,
grobem
Hangschutt
angelegt



Abb. 89 Kerbsohlen-Auental der Breg (Schwarzwald-Baar-Kreis)



Abb. 92 Kerbsohlental im Mittellauf des Merenbaches (Kreis Waldshut)

Die wenigen „echten“ Muschelkalkgewässer sind dagegen durch Grobgeschiebe charakterisiert. Sie liegen im Übergangsbereich zwischen Gäuflächen und Vorflutern, wo der Verwitterungsmantel des Gesteins angeschnitten wird. Der kantige Schutt hat bei den steilen Längsprofilen der Kerb- und oberen Kerbsohlentalbereiche relativ breite und flache Bachbettprofile geschaffen, in denen die Gewässer stark turbulent abfließen. Da Sand- und Kiesmaterial kaum vorkommt, sogar nahezu fehlt, haben sich vor allem rein steinige Betten ausgebildet. Der steinige Schutt wird in flachen Schwemmfächern durchtransportiert, während die noch größeren Platten als Sohlpanzerung zurückgeblieben sind. Die mit Schwebstoffen aus dem Einzugsgebiet stark angereicherten Gewässer haben im beginnenden Auebereich steinige Sedimente aufgeschüttet, die durch viel Feinmaterial verklebt sind. Die schnell flacher werdenden Auen weisen dagegen wieder Feinmaterialcharakter auf: Lehmig-tonige Sedimente, die wenige eingelagerte, kantige Steine und Kiese enthalten, bauen die Sedimente auf. Wenige größere, steinig-kiesige Geschiebe wandern in flachen Schwemmfächern bei größeren Abflußereignissen durch die tiefen, steilwandigen Bachbetten.

Hydrochemisch sind die Bäche der Muschelkalkregion als ionen- und nährstoffreiche, karbonatische Trübwassergerinne anzusprechen.

5.10 Die Berglandgewässer des Buntsandsteins

Buntsandsteingewässer sind in Baden-Württemberg weitflächig im Nordschwarzwald und Odenwald verbreitet. Die Tal- und Gewässerdichte ist mit dem Wert 0,7 auffallend gering, dafür sind sehr große Täler mit gestuften, konkaven Längsprofilen anzutreffen. Die Bäche entspringen meist in Quellmulden, im Schwarzwald auch in Hochmooren, und fließen eine kurze Strecke in nur wenig in die Hochflächen eingetieften Muldentälern (Quellbäche, Bachformation 0). Mit einem Gefälleknick entwässern sie in Talbereiche mit glatten und gleichmäßig steilen Hängen (15-25°). Die Gewässer der 1. Formation sind als Kerbtäler mit steilen, flach konkaven bis gestreckten Längsprofilen ausgebildet, während die Bäche der 2. und 3. Formation ausgeprägte Sohlen bzw. Auen aufweisen (Kerbsohlentäler, Talauebäche). Bei den Auen handelt es sich um Grobmaterialauen, die als relativ steile Schwemmfächerschüttungen

aus steinigem Grobmaterial, Sanden und Kiesen in Erscheinung treten.

Der Buntsandstein besteht aus gut geschichteten, meist tonverklümmerten mittel- und feinkörnigen Sandsteinen, die nur wenig gröberes Kies- und Geröllmaterial, meist in Form von quarzitischen Kieselsteinen, beinhalten. In manchen Horizonten tritt starke Verhärtung durch Quarzitisierung auf. Ein besonderes Beispiel ist der morphologisch sehr wichtige, obere Geröllhorizont (sm c2) im mittleren Buntsandstein. Mit seiner großen Abtragungsresistenz akzentuiert er die oberen Hangkanten, wodurch er einerseits die Hänge steil hält und andererseits die rasche Zertalung der Hochflächen verhindert. Außerdem liefern diese Schichten das nur sehr schwer verwitterbare und beim Transport abriebresistente Grobgeschiebmaterial. Das Gestein besteht insgesamt aus über 80 % Quarzkörnern (SiO_2). Der Rest verteilt sich auf einen wechselnden Anteil heller Glimmer (Aluminiumsilikate), Tone (Al - Mg - K - Na - Hydro-silikate) und etwa 1 % Oxide, wobei fast ausschließlich Eisen vorkommt. Der Buntsandstein stellt somit das silikatischste Ausgangsmaterial der südwestdeutschen Scholle dar. Die Sandsteine verfügen zusätzlich über ein hohes Porenvolumen, besitzen also die Fähigkeit, viel Wasser aufzunehmen, zu speichern und kontinuierlich wieder abzugeben. Vor allem auch die hohe Versickerungs- und Wasseraufnahmefähigkeit des sandig-steinigen Verwitterungsmantels trägt zur geringen Gewässerdichte und dem auffällig ausgeglichenen Abflußverhalten bei. Die Verwitterungsprodukte stammen im wesentlichen aus der letzten Kaltzeit: Plattiger Frostsutt in locker-sandiger Matrix überdeckt das Anstehende, wobei die tonverklümmerten Sandsteine zu eckigen Platten und Plättchen und die quarzitischen Horizonte zu grobem Blockwerk mit oft mehr als 1 m Kantenlänge verwittert sind. Die holozäne Bodenbildung hat im wesentlichen geringmächtige, leichte und stark durchlässige Sandböden (Ranker) oder in Hanglagen lediglich Rohböden hervorgebracht. Nur auf den Hochflächen sind mehr bindige, lehmige Substrate zu finden. Dort steht der tonigere obere Buntsandstein (so) an. Die Talhänge sind dagegen mit Grobmaterial und plattigem Schutt in sandiger Matrix bedeckt.

In den Quellmulden und Muldentälern der Hochflächen bilden die Gewässer im standfesten, lehmig-steinigen Sandsteinschutt tiefe, U-förmige Profile aus. Wenig sandig-

kiesiges Geschiebmaterial und vereinzelte plattige Steine bedecken nur dünn die Bettböden. Die Gerinne sind geradlinig bis leicht gekrümmt angelegt. Die größeren Muldentäler des südlichen Hochflächenschwarzwaldes zeigen meist etwas flachere Querprofile mit steilen Ufern. Die Bachbetten sind hier durchgehend mit steinigem Schutt bedeckt. Sand- und Kiesbänke bewegen sich über die sohlgepanzerten Betten und verleihen denselben eine etwas höhere Rauheit.

In den Kerbtälern der 1. Bachformation sind die Gewässer im Schuttmattel angelegt. Bei gerader bis leicht gekrümmter Linienführung werden die Ufer und das Bachbett durch das Blockwerk stark gegliedert: Kaskadenartiges Um- und Überfließen der Blöcke und Pool-Step-Bildung* sind charakteristisch. Ein treppenartiges Längsprofil hat sich entwickelt, wobei die Blöcke die Treppenkanten bilden. Dahinter schließen sich oft Pools bzw. Gumpen an. Die plattigen, groben Geschiebe werden bei Hochwasser seitlich an den Blöcken vorbeigeführt und bilden hinter den Pools flache, dachziegelartig angeordnete Schuttbänke aus, die meist das gesamte Bachbett verfüllen. Über diese Rauschen fließt das Wasser stark bewegt ab oder sie fallen bei Niedrigwasser teilweise trocken, und das Wasser durchströmt nur noch den Sedimentkörper. In den großen Hohlräumen zwischen den plattigen Geschieben werden Sande ständig ein- und ausgespült.

Die Schuttbänke werden dagegen nur bei Hochwässern gleitend versetzt. Vereinzelt kommt es durch Unterspülung dann auch zu drehenden und rutschenden Bewegungen der Blöcke. Die sehr rauhen Bachbetten und Ufer weisen allein schon durch das grobe Material eine Vielzahl von Strukturen auf, die durch diese unterschiedlichen, raumzeitlichen Veränderungen im Sediment noch verstärkt werden. Wasser und Land sind durch die vielgestaltigen Ufer auffallend engräumig verzahnt. In sehr blockreichen Substraten fließen die Gewässer streckenweise nahezu unsichtbar ab. Durch die relative Anreicherung der Blöcke an der Oberfläche ist ein so großer Hohlraum entstanden, daß in diesem das Wasser in tiefere Bereiche versickern und dort mit hörbarem Rauschen abfließen kann.

Bei den Bächen der 2. und 3. Formation ist eine sedimentäre Sohle als Talboden angelegt (Talauebäche). Sie besteht aus überwiegend steinigem Sedimenten, die mit

Sanden versetzt sind. Es handelt sich um ineinandergreifende Schuttschwemmfächer, die durch die ständige Verlagerung der Bachbetten entstanden sind. Gewässer und Talböden haben ein relativ steiles Gefälle. Die Bachbetten sind in den überwiegend steinig-plattigen Sedimenten mit sehr breiten und flachen Querprofilen angelegt. Die Bäche fließen geradlinig bis schwach gekrümmt meist am Rande der Auen und schneiden streckenweise die Talhänge an. Dadurch gelangt auch vereinzelt Blockmaterial in die Bachbetten, was die Rauheit noch verstärkt. Durch die gleichmäßige Verteilung der Geschiebe im Bachbett fehlen Pool-Riffle-Strukturen* und ein dünner, bewegter Wasserfilm fließt rauschend über die Steine ab. Dagegen sind aber Inselbildung, Bachbettverlagerungen durch Erosionsvorgänge sowie Geschiebeüberschüttung und Übersandung zu beobachten. Die groben Talbodensedimente ähneln im Aufbau den Torrentebetten* des Mittelmeerraumes, sind aber durch eine ganz andere Dynamik entstanden: Während es in den Mittelmeerländern durch stark akzentuierte Niederschläge zu plötzlichem Versetzen der Talbodensedimente kommt, sind es im Buntsandstein die über das Jahr verteilten, überbordvollen Abflüsse, die stetig und kleinräumig solche Strukturen hervorrufen. Die heutigen Buntsandsteinbäche haben durch Verbaumaßnahmen meistens ihren Charakter verloren, obwohl sie mit zu den naturnäheren Bachregionen gezählt werden müssen. Stauhaltungen und die Ausbildung von Geschiebefallen haben den Geschiebehaushalt nachhaltig gestört. Die Bäche reagieren mit Tiefenerosion und sind durch zu schmale und tiefe Querprofile wie durch Geschiebemangel gekennzeichnet. Außerdem verändern sich die Auenstrukturen, indem heute bei überbordvollen Abkommen meistens nur noch übersandet wird (vgl. HUMBORG 1994).

Die Berglandgewässer des Buntsandsteins



Abb. 93 Moorauebach im Oberlaufbereich der Eyach (Kreis Rastatt). Moorbildung (NSG Hohloh-See)



Abb. 95 Quellnaher Zufluß zur Eyach (Kreis Calw). Huminstoffreiches Wasser aus dem Moor und blockiger Verwitterungsabschnitt des Buntsandsteins

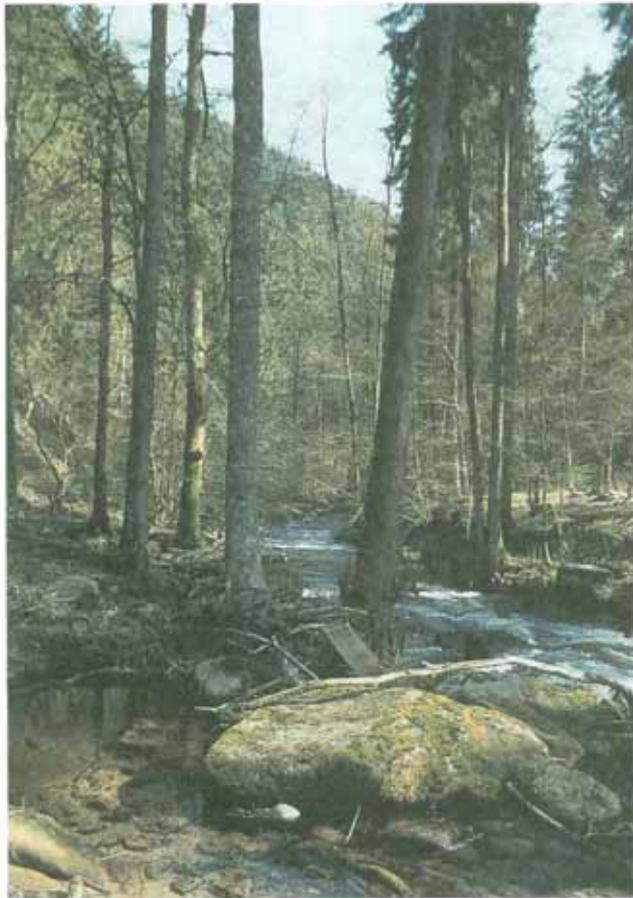


Abb. 94 Kerbtal im Oberlaufbereich der Eyach (Kreis Calw). Blockiges Bett



Abb. 96 Quellnaher Oberlauf der Rotmurg (Kreis Freudenstadt). Blockiges Sohlensubstrat



Abb. 97 Kerbsohlental im Unterlaufbereich der Eyach (Kreis Calw). Steiniges, breites Bett, teilweise Blöcke

Eine besondere gewässermorphologische Erscheinung im Buntsandsteingebiet sind die „Klingen“. Sie sind vor allem im Odenwald anzutreffen. Klingen entstehen bei kleinen Gerinnen als Kerbanrisse am Übergang von der Hochfläche zu den tief eingeschnittenen, großen Vorflutern. Wie bei den „normalen“ Buntsandstein-Kerbtalstrecken sind Verblockung der Bachbetten und Kaskadenstrecken ausgebildet. Streckenweise kommt es aber zu regelrechten Wasserfällen und Fließstrecken im nackten Anstehenden. Die Bachläufe werden dann von Felswänden begleitet, die den Gewässern einen klammartigen Charakter verleihen. Da die Einzugsgebiete relativ klein sind, können die Klingen große Teile des Jahres trockenfallen.

Hydrochemisch stellen die Buntsandsteinbäche sehr ionen- und nährstoffarme Gewässer dar, die durch ihre geringe Pufferfähigkeit besonders versauerungsanfällig sind. Es handelt sich um Klarwasserbäche mit hoher Sanddrift, die keine günstigen Lebensräume für bodenbesiedelnde Kleinlebewesen bieten.

5.11 Die Berglandgewässer des metamorphen Grundgebirges

Das metamorphe Grundgebirge des mittleren und südlichen Schwarzwaldes besteht im wesentlichen aus Gneisen, die schon prävariskisch und während der variskischen Gebirgsbildung im jüngeren Erdaltertum metamorphisiert und dabei zum Teil hochgradig aufgeschmolzen wurden. Gneise haben einen SiO_2 -Gehalt von durchschnittlich 60-65 %, die übrigen Gesteinsanteile sind aus vielen unterschiedlichen Mineralien zusammengesetzt. Es handelt sich also um sehr variantenreiche Gesteine, denen als gemeinsame Kennzeichen hohe Gesteins Härte und morphologische Härte sowie eine Verwitterung zu schweren, nährstoffreicheren Böden mit hohem, meist quarzitischem Skelettanteil eigen sind. Die Gneise stellen eine große Menge an grobem und sehr hartem Material zur Verfügung, sie sind die herausragenden Grobgeschiebelieferanten für die Gewässer. Das anstehende Gestein hat eine hohe Dichte und wirkt auch wegen seiner feingebänderten Struktur wasserstauend. Nur bei hoher bruchtektonischer Beanspruchung entstehen genügend Kluftsysteme, die eine geringfügige Versickerung ermöglichen. Der Oberflächenabfluß ist in den Gneisgebieten deshalb stark erhöht. Das Verwitterungs substrat des Gneis besteht im wesentlichen aus kantigem

Grobschutt und Feinmaterial, Sande sind dagegen kaum vorhanden. Darin liegt ein wesentlicher Unterschied zum granitischen Grundgebirge, das von der Verwitterung her durch die Körnigkeit des Ausgangsmaterials viel Sand zur Verfügung stellt. Im Gegensatz dazu haben die Gesteinsrelikte des Gneis meist einen hohen Quarzanteil in Form von quarzitischen Adern, die das Gestein durchziehen. Diese tragen zusätzlich zur Verhärtung bei und schützen beim Transportvorgang vor der Zerstörung. Auch bei langen Transportwegen erhalten sich die meist stengelig-platten Grobschotter, beispielsweise bis in die Oberrheinebene hinein, wo sie Schwemmfächer aufbauen. Die Gneisregion des Tälerschwarzwaldes ist deshalb die Fließgewässerlandschaft mit der höchsten Geschiebetransportrate. Der wasserstauende Untergrund in Verbindung mit den ergiebigen Niederschlägen (im Mittel >1300 mm) am westexponierten Schwarzwaldrand verursacht den höchsten Oberflächenabfluß (>900 mm) und die höchsten Tal- und Gewässerdichten (>2 km/km²) in Südwestdeutschland.

Der Schwarzwald stellt die jung herausgehobene, östliche Grabenschulter des Oberrheingrabens dar. Eine ältere, schon im Miozän einsetzende Hebungsphase leitete die Entwicklung der Täler im mittleren Schwarzwald ein. Die junge, pliozäne Heraushebung der gesamten Scholle ist für die Talentwicklung im südlichen Gneisschwarzwald verantwortlich. Mit der Heraushebung der Grabenschulter an den Randverwerfungen und der Kippung der östlich angrenzenden Gebiete entstand eine neue Wasserscheide, die zugunsten des Grabeninneren ständig nach Osten zurückverlegt wird. Die schon ältere Heraushebung des mittleren Schwarzwaldes hat deshalb zu einer tieferen und weiter ins Hinterland ausgreifenden, direkt rhenanischen Entwässerung geführt. Größere und breitere Täler mit flacheren Längsprofilen sind im mittleren Schwarzwald verbreiteter als in den anderen Regionen. Die Anzapfung und Zurückverlegung der Wasserscheide ist ein heute noch wirkendes System, das für die Gewässergestaltung von großer Bedeutung ist. Wir unterscheiden also die direkt rhenanische, die neckartributär-rhenanische und die danubische Entwässerungsrichtung, wobei der Vorfluter Rhein als Erosionsbasis etwa 250 m tiefer liegt. Das gesamte Gewässernetz wird vom Rhein kontinuierlich weiter angezapft und umgelenkt. Die wichtigsten Reliefscheinungen sind auf diesen Vorgang zurückzuführen: So liegt der Tälerschwarzwald im Bereich der direkt rhenanischen Entwässerung,

während die Höhen des Hochflächenschwarzwald weitaus weniger und nicht so tief zertalt sind.

Der Schwarzwald war während der Kaltzeiten in Höhen über 900-1000 m vergletschert. Auf den Hochflächen breiteten sich Eiskappen aus, von denen kleinere Gletscher in die Täler abflossen. Im wesentlichen handelte es sich aber um eine Karvergletscherung im Lee größerer Erhebungen, die unterschiedlich große Gletscherzungen ausbildeten und ein glazial gestaltetes Höhenstockwerk zurückließen. Durch vorherrschende Westwinde wurden die Schneeniederschläge auf den Ostseiten der Gebirgszüge abgelagert und sorgten vor allem dort für glaziale Überprägung. Die glaziale Reliefgestaltung hinterließ ein gestuftes Gelände: die Hochflächen präsentieren sich als glazialerosiv geformten Hügelland, das mit einem durch Karwände und Konfluenzstufen übersteilten Übergangsbereich zu dem tieferliegenden, relativ flachen Gelände der wannenförmigen Zungenbeckentäler überführt. Bei der Westabdachung schließen sich die sehr steilen Kerbtäler direkt dem Übergangsbereich an. Mit dem Abschmelzen der Gletscher begann die fluviale Überformung, die bis heute die glaziale Gestaltung wesentlich verändern konnte, weil das Wasser in weiten Bereichen direkt auf dem massiven Anstehenden oder den moränenen Blöcken abfließt.

In Höhen über 950 m ist heute ein dichtes Gewässernetz mit stark gestuften Längsprofilen anzutreffen. Auf den hügeligen Hochflächen fließen die Gewässer in zum Teil vermoorten Muldentälern ab, überwinden die übersteilten Karwände in Wildwasserstrecken, Stromschnellen oder Wasserfällen, schütten im Übergangsbereich zu den Karböden Schwemmfächer auf und zerschneiden mit Kerbanrissen die Karschwellen und folgenden Steilhänge. Die westexponierten Bäche entwässern über steile Kerbtäler direkt in das rein fluviale, untere Reliefstockwerk. Dort, wo auf der östlichen Abdachung Zungenbecken vorhanden sind, setzt unmittelbar die Sedimentation von Schwemmfächern ein, die die Zungenbecken verfüllen. In den erosiven Fließstrecken nehmen die Bäche viel grobes Geschiebe aus Moränen und Hangschuttmaterial auf, das sie teilweise in den Kar- und Zungenbeckenbereichen wieder ablagern. Damit tragen die Bäche wesentlich zur schnellen Verlandung der Kar- und Zungenbeckenseen bei und gleichen die gestuften Längsprofile allmählich wieder aus.

Häufig wechseln daher stark und weniger materialbelastete Strecken ab. Da die Glazialerosion stellenweise wenig Lockermaterial an der Oberfläche zurückgelassen hat, fließen die Bäche dort direkt über das Anstehende oder rauschen durch grobblockiges Moränenmaterial. Diese relativ unbelasteten Gewässer sind dank ihrer hohen Kompetenz in der Lage, vor allem im Bereich von Hangschuttdecken reichlich Grobmaterial aufzunehmen und weiterzutransportieren. Die Gewässererscheinungen im Höhenstockwerk sind kleinräumig sehr differenziert ausgebildet.

Unterhalb 900 m verändert sich das Landschaftsbild grundlegend: Während sich auf der östlichen Abdachung noch auf weiten Strecken Muldentäler und Mulden-Sohlen-täler erhalten konnten, ist auf der Westabdachung ein dichtes Kerbtalnetz mit steilen Talfanken entstanden, wobei die Täler meist geradlinig entlang von Verwerfungen angelegt sind. Dies wird besonders in der winkeligen Anordnung von Tälern und Gewässern deutlich. Die Bäche fließen im Hangschutt erodierend ab, wobei die groben Schuttstücke herausgelöst und als Geschiebe talabwärts bewegt werden. Nur die Grobblöcke, die teilweise mit über 1 m Kantenlänge enorme Größen erreichen können, bleiben zurück und strukturieren die Bachbetten. Gestreckte Längsprofile mit hohem Gefälle, die mit steilen, konkaven Quellbächen in die Oberhänge eingreifen, sind üblich. Die Gerinne sammeln rasch aus vielen Seitenkerben Wasser und Material, das in erheblichen Mengen zum Hauptbach abtransportiert wird. Deshalb sind die Bachbetten überwiegend mit einzelnen oder wellenartig angeordneten Schotterbänken bedeckt. Diese bauen Pool-/Riffle-Strukturen oder seitliche Anlandungen auf, die streckenweise schon bei Mittelwasser trocken fallen. Das Hangschuttmaterial besteht aus plattigem, meist steinigem Schutt, wenigen groben Blöcken und Feinmaterial, das die Hohlräume auskleidet. Das Material ist sehr standfest und bildet steile, oft überhängende Ufer aus. Grobblöcke liegen im Bachbett und bilden Verengungen und treppenartige Stufen, die meist seitlich umflossen oder in kleinen Wasserfällen überwunden werden, an die sich oft wannenförmige Gumpen (Pools) anschließen. An den Engstellen werden die steilen Ufer durch Seitenerosion unterschritten. Trotzdem haben die Kerbtalbäche einen fast geradlinigen bis nur leicht gewundenen Lauf. An besonderen Hindernissen, wie den großen Blöcken oder hinter den Wurzelstubben von Bäumen, treten kurze, scharfe Knicks auf; insgesamt verlagern sich die

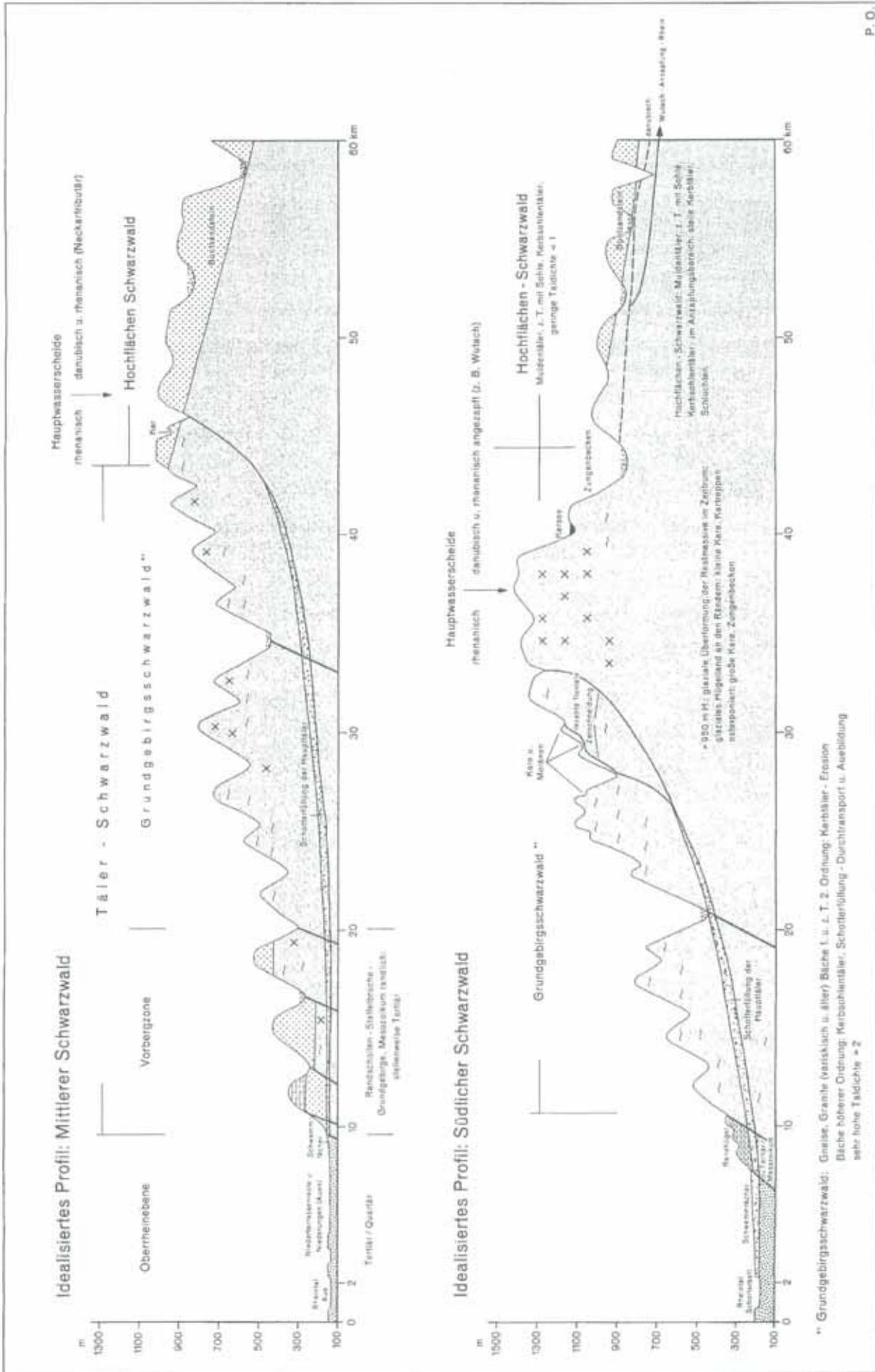
Bachbetten nur wenig im Kerbenzentrum. Die seitenerosive Tätigkeit der Gewässer wird in den Tälern durch die wulstig überhängenden und oft sogar nach außen konvexen Wiesenufer sichtbar.

Die Laufstrecken dieser Bäche sind relativ lang. So nimmt die Wassermenge durch die vielen kleinen Seitengerinne rasch zu, ohne daß sich der erosive Charakter der Bäche ändert. Wenn zwei Systeme dieser Ordnung aufeinander treffen, so ist damit eine erhebliche Talweitung und die Verringerung des Gefälles verbunden. Es setzt die Aufschotterung der Talböden ein. Alle Täler höheren Ordnungsgrades haben eine Schotterfüllung, die trotz des großen Gefälles als Aue anzusprechen ist. Es handelt sich um Schwemmfächer, die durch stetige Verlagerung der Gewässer die Talböden auf der ganzen Breite flach halten würden. Das grobe Sedimentmaterial verleiht diesen Auen eine leicht reliefierte, bewegte Oberfläche. Im natürlichen Zustand sind wegen der hohen Geschiebebelastung sogar Verwilderungen mit Tendenz zur Aufschotterung anzunehmen. Die steilen, torrenteähnlichen, gestreckten Längsprofile sind auf diese Prozesse zurückzuführen. Durch Ausbaumaßnahmen, vor allem die Lauffixierung, sind diese Vorgänge nicht mehr zu beobachten. Zwar findet auch heute noch ein erheblicher Transport von Grobmaterial in den fixierten Betten statt. Dieses gelangt aber nur noch selten bei überbordvollen Abflüssen durch Ausbrüche auf die Auenflächen. Stattdessen hat eine „normale“ Auenbildung eingesetzt: Bei Überflutung wird feineres Material über den Grobschotterauen abgelagert. Die Gewässer fließen heute in fast geradlinigen, sehr breiten und flachen Profilen mit wenigen, weiten Krümmungen ab, die gleichmäßig mit gerundeten und abgeplatteten Grobgeschieben bedeckt sind. Heftiger Wellengang im flachen Wasser deutet auf die Lage von dachziegelartig aufgestapelten Gesteinen.

Die wenigen neckar- und donautributären Gneisbäche, die die gletscherfreien Hochflächen entwässern, ziehen durch große Muldentäler im Hangschutt. Ihr Gewässerlauf ist nur leicht gewunden, häufig sogar geradlinig. Sie transportieren eine ähnlich hohe Sedimentfracht an Grobmaterial wie die anderen Gneisbäche. Vielfältige Strukturen und eine große Breiten- und Tiefenvarianz sind ausgeprägt. Pool-/Riffle-Sequenzen sind zu beobachten und sind entweder an grobe Blöcke oder starke Sedimentanhäu-

fungen gebunden. Streckenweise kommt es zu Überschotterung der Mulden durch Ausbrüche, die häufig mit Abschnürungen und Laufverlagerungen verknüpft sind. In den tieferen Bereichen sind durchgehende Sohlen entwickelt, die oft vernässt und vermoort sind. Der Krümmungsgrad nimmt schnell zu, die Querprofile bleiben aber eher flach und breit (Durchtransport). In Richtung Osten sind die Höhen des Grundgebirge mit Buntsandstein bedeckt. Der Einfluß des Schichtgesteins setzt sich durch und Kerbsohlentäler werden typisch. Im Anzapfungsbereich des Rheins greift starke Tiefenerosion in Form von Schluchtbildung und scharfen Kerbanrissen ein.

Die Gewässer der Gneisregionen stellen innerhalb der ionen- und nährstoffarmen Silikatbäche die am wenigsten säuregefährdeten, mäßig bis schwach gepufferten Fließgewässer dar. Biologisch zählen die Gneisbäche wegen ihres hohen Reichtums an Strukturen (hohe Substrat-Diversität) und ihrer relativ großen morphologischen Stabilität zu den artenreichsten Bächen Baden-Württembergs in Bezug auf das Makrozoobenthon.



P. O.

** Grundgebirgsschwarzwald: Gneise, Granite (vorkalch u. älter) Blöcke T. u. z. T. 2. Ordnung; Karstfläcker - Erosion Blöcke höherer Ordnung; Karstbänntäler, Schotterfüllung - Durchtransport u. Ausbleibung sehr hohe Täldichte * 2

Abb. 98 Morphologie und Gewässeranlage im Mittleren und Südlichen Schwarzwald

Die Berglandgewässer des metamorphen Grundgebirges



Abb. 99 Kerbtal im Oberlaufbereich der Wilden Gutach (Kreis Emmendingen). Blockig-steiniges, breites Bachbett

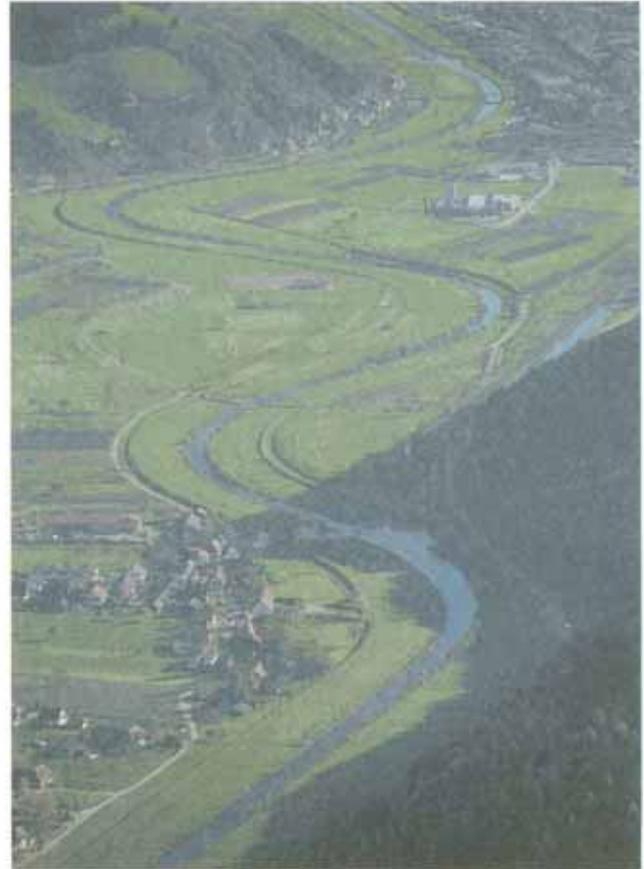


Abb. 101 Kerbsohlental im Mittellauf der Kinzig (Ortenaukreis). Linienführung sehr stark verändert, natürlicherweise leicht gekrümmt und zum Teil verzweigt. Auenbereich (Deiche, Gräben)



Abb. 100 Kerbsohlental im Mittellauf der Wilden Gutach (Kreis Emmendingen). Breites, steinig-blockiges Bachbett



Abb. 102 Flaches Muldental im Oberlaufbereich der Wilden Gutach (Kreis Breisgau-Hochschwarzwald)

5.12 Die Berglandgewässer des granitischen Grundgebirges

Das Wort „Granit“ kommt vom lateinischen „Granum“ und bedeutet Korn. Granit ist ein Tiefengestein und hat im Gegensatz zu den metamorphen und schichtlagernden Gesteinen eine körnige Struktur. Das Material setzt sich aus Kristallkörnern, den bekannten Feldspat, Quarz und Glimmern zusammen, die unterschiedliche Größen, meist jedoch nicht mehr als 1 cm erreichen. Diese Körnigkeit und die unterschiedliche chemische Zusammensetzung der Körner sind bei der Verwitterung ebenso wichtig wie die tektonische Beanspruchung des Gesteins. Ganz allgemein gilt, daß der Granit ein sehr hartes und kompaktes Gestein ist. Dies trifft bei den „jüngeren“, tektonisch nicht sehr zerrütteten Graniten zu. Sie bilden an der Oberfläche z.B. Härtlingskuppen wie den Brocken im Harz aus. Sehr stark beanspruchte, meist alte Granite der Urkontinente fallen dagegen rasch der Verwitterung anheim und werden abgetragen. Die schon ausgeräumten Plutone* der großen Granitblasen erscheinen dann als runde Hohlformen innerhalb des Gebirgskörpers. Die Granite des Schwarzwaldes nehmen eine Zwischenstellung ein: Sie sind noch relativ jung, aber vor allem in der Nähe des Grabenrandes relativ stark bruchtektonisch zerrüttet. Sie zerfallen entlang der vielen Klüfte zu Grus und in den klüftentferneren Bereichen in unverwitterte, runde Restblöcke. Der Grus besteht aus mehr oder minder zu Tonen verwitterten Feldspäten und dunklen Glimmern sowie unverwitterten Quarzkörnern und hellen Glimmern. Das Ausgangsmaterial setzt sich aus 71 % SiO₂, 1 % Fe und einem Rest vielfältiger Mineralien zusammen. Das sehr kompakte, dichte Gestein und auch der Grusmantel sind nicht besonders wasserdurchlässig. In Verbindung mit den ausgesprochen hohen Niederschlägen (> 900 mm) erreichen der Oberflächenabfluß und die Tal- und Gewässerdichten (>2 km/km²) sehr hohe Werte.

Der Verwitterungsmantel wird also aus einer körnigen Matrix aufgebaut, in der rundliche Blöcke schwimmen. Bei der Anlage der Gewässer wird der an sich sehr standfeste Grus, wenn er z.B. durch seitliche Unterschneidung abbricht, leicht abtransportiert, wobei die Tone rasch aufgerieben werden und die Quarzkörner und wenig helle Glimmer als Geschiebe übrigbleiben. Wird der Grus im Bereich der Restblöcke ausgespült, so werden diese freigelegt und geraten als gerundete, größte Geschiebe in die Gewässer.

Die Verwitterungsprodukte des Granits bestehen also im wesentlichen aus Sand und gerundeten Grobblöcken. Diese „Zweikörnigkeit“ bestimmt die Erscheinungsformen der Granitgewässer. Bei der Granitverwitterung entsteht im Gegensatz zum Gneis nur wenig Geschiebematerial, das aber durch seine überwiegend großen Korngrößen in der Landschaft zurückgehalten wird.

Wie beim Gneisschwarzwald sind auch in den granitischen Regionen die Gewässererscheinungen vertikal in ein glazial geformtes Höhenstockwerk und horizontal durch unterschiedliche Anzapfungsgrade gegliedert. Die Entwicklungsgeschichte kann allgemein in Kapitel 3, und die regionalen Unterschiede können in Kapitel 5.11 nachgelesen werden. Deshalb wird hier auf eine ausführliche Darstellung verzichtet.

In den Kerbtälern sind die Bäche im standfesten Grus mit sehr steilen, teilweise sogar überhängenden Ufern und eher schmalen, tiefen Profilen ausgebildet. Die Bachbettböden sind im Grus angelegt und oft bis auf das Anstehende ausgewaschen worden. Kleinere Sand- und Kiesbänke bedecken lückenhaft die Fließrinnen. Der sehr leicht zu transportierende Sand wandert in sich rasch versetzenden, flachen Bänken durch die strömenden Strecken, verwirbelt im Bereich von Fließhindernissen und übt eine stark erosive Wirkung aus. Der sehr mobile Sand schleift das Bachbett stellenweise glatt. Die im Grusmantel angelegten Bachbetten weisen wegen ihrer Glattwandigkeit und Geradlinigkeit kaum Strukturen auf. Wenige grobe Blöcke, die oft mit über 1 m Kantenlänge erhebliche Größen erreichen können, liegen im oder randlich am Bachbett, gliedern sein Erscheinungsbild und verleihen ihm trotz der strukturarmen Grusstrecken eine relativ hohe Rauheit. Die großen Blöcke gestalten ein treppenartiges Längsprofil mit ruhig strömenden Fließstrecken im Bereich der strukturarmen Grusstrecken und kaskadenartigen, kurzen Rauschen im Umfeld der Blöcke. Diese werden um- oder überspült und verursachen durch Querschnittsverengung Seitenerosion. Die insgesamt geradlinigen Fließstrecken weisen im Bereich der Blöcke kurze, scharfe Kurven auf. Die kleineren, gerundeten Blöcke werden beim Transport vor den größeren Hindernissen aufgestaut und verstärken den treppenartigen Aufbau. Hinter den Engstellen befinden sich meist tiefere Gumpen. Insgesamt herrscht in den oberen Kerbtalstrecken großer Geschiebemangel.

Talwärts reichern sich zunehmend Grobblöcke im Bachbett an, so daß die Bettböden bald vollständig mit blockigem und steinigem Material bedeckt sind. Es entstehen sehr breite und flache Querprofile, in denen das Wasser mit einem dünnen Film zwischen den gröberen, aus dem Wasser herausragenden Blöcken stark bewegt abfließt. Die chaotische Anordnung und die Größenunterschiede der Blöcke sorgen dafür, daß die granitischen Fließstrecken der unteren Kerbtalbereiche die höchste Struktur- und Formenvielfalt aufweisen. Die wenigen Sande werden durchgespült oder in vereinzelt, kleinen Schwemmfächern versetzt. Für die Formung der Gewässer haben sie keine Bedeutung mehr.

In den nach unten folgenden Kerbsohlentälern bestehen die Talfüllungen aus gut gerundeten Grobschottern, die talwärts an Korngröße abnehmen, aber insgesamt doch ihren Charakter bis ins Gebirgsvorland beibehalten. Da es sich meist um Mischsedimente handelt, wird deutlich, daß der Granit weniger, aber weit gröbere Sedimente bei gleicher Fließstrecke liefert als der Gneis. Die Bäche sind in sehr breiten und flachen Betten angelegt und weisen einen großen Strukturreichtum auf, obwohl durch die Sortierung der Geschiebe ein weitaus ruhigeres Bild erscheint. Das Wasser rauscht, stark bewegt, in einem dünnen Film über die gesamte Breite der Grobschotter-Bachbetten ab.

Die Gewässer der Granitregionen nehmen innerhalb der ionen- und nährstoffarmen silikatischen Bäche als schwach gepufferte Gewässer eine mittlere Position zwischen den sauren, fast ungepufferten Buntsandsteinbächen und den noch relativ gut gepufferten Gneisbächen ein.

Die Berglandgewässer des granitischen Grundgebirges



Abb. 103
Muldental mit gekrümmtem Lauf der
Gutach (Schwarzwald-Baar-Kreis)

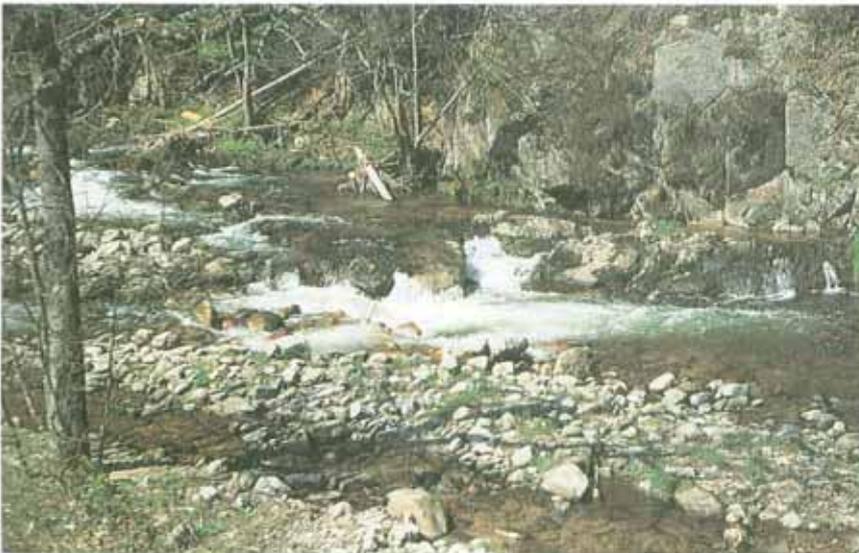


Abb. 104
Steinig-blockiges Sohlensubstrat im
Kerbtal-Oberlauf der Gutach mit gut
gerundeten Blöcken (Schwarzwald-Baar-
Kreis)



Abb. 105
Kerbsohlental im Unterlauf der Gutach
(Ortenaukreis) mit befestigten Ufern,
aber noch typisch flachem und breitem
Gewässerbett

6 Schlußbemerkungen

In den letzten Jahren haben sich fließgewässertypologische Untersuchungen als unverzichtbare Voraussetzung für die Entwicklung von Leitbildern erwiesen. Dennoch sind viele Fragen zu diesem Themenkomplex noch nicht zu beantworten. In der Praxis anwendbare, konkrete Leitbilder für bestimmte Fließgewässer müssen letztlich auf der Grundlage von großmaßstäblichen Karten, durch Auswertung weiterer Quellen und die Betrachtung naturnaher Referenzgewässer konstruiert werden.

Die Typisierung von Gewässern auf regionaler Ebene mit Hilfe substratbezogener Parameter scheint sich weltweit durchzusetzen. Zahlreiche Arbeiten mit gleichen Fragestellungen und Inhalten sind in den letzten Jahren sowohl im angelsächsischen als auch im französischen Raum erschienen. Stellvertretend sei auf die Quellen CEMAGREF

(1993) und ROSGEN (1996) hingewiesen. Die Ergebnisse der gewässertypologischen Forschungen zeigen übereinstimmend, daß sich - ausgehend von den hierarchisch gegliederten Maßstabebenen - die regionale geologisch-geomorphologische Typisierung als wichtigste Ausgangsbasis für die kleinräumigen Betrachtungsebenen bewährt hat.

Das Konzept der Fließgewässerlandschaften, also der räumlichen Charakterisierung der Gewässer, ist Grundlage der Leitbildentwicklung und findet als solche breite Zustimmung. Es werden sich eventuell Änderungen im Gliederungschema ergeben, da in den weiten Flachlandbereichen - den tallosen Ebenen - die Talformen als beschreibendes Gliederungselement entfallen und der Untergrund im wesentlichen aus lockeren Mischsedimenten besteht. Aber auch dort wird die substratbezogene Typisierung mit ihren Strukturen eine Gliederung ermöglichen.



Abb. 106 Felsufer am Hasenbach oberhalb Ehrenfels (Kreis Reutlingen). Gewässerlandschaft Malm

7 Die Fließgewässerlandschaften - eine Kurzfassung in Übersichtstafeln

Eine Kurzfassung über die wichtigsten Kenngrößen der Gewässerlandschaften zusammenzustellen, ist keine einfache Aufgabe. Um eine erste Annäherung an ein Leitbild zu erreichen, wurde hier der Versuch unternommen, die Gewässer einer Landschaft anhand ausgewählter Parameter tabellarisch auf je einer Übersichtsseite zu beschreiben. Fachbegriffe, Stichworte und piktogrammatische Zeichenelemente dienen beim Lesen der Übersichtskarte auch als vertiefende Legende. Die zwölf Übersichtstafeln zu den großen Fließgewässerlandschaften Baden-Württembergs sind nach gleichem Gliederungskonzept aufgebaut. Sie beinhalten folgende Grundelemente:

Kopfzeilen zur Tabelle:

- Fließgewässerlandschaft/Gewässertyp mit Verbreitungsgebiet
- Chemische und hydrologische Eckdaten der Gewässerlandschaft als regionale Durchschnittswerte bzw. Spannweiten von Durchschnittswerten

Tabellarische Übersicht:

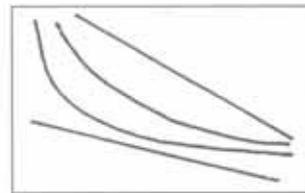
- Gewässerkenngrößen/Parameter: Längsprofile, Relief, Substrat und Körnigkeit, Bachbetten, Uferlinien, Krümmungsgrad *jeweils mit Kurzbeschreibung für die Gewässerlandschaft insgesamt*
- Längszonale Beschreibung der Gewässer: Typische Ausprägungen und Merkmale der Gewässerkenngrößen in den Teilfließstrecken (Oberlauf, Mittellauf, Unterlauf) *mit Bemerkungen zu charakteristischen Besonderheiten*

Zur Darstellung der Gewässerkenngrößen:

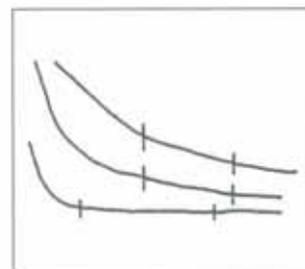
Längsprofile

In der Kurzbeschreibung wird die durchschnittliche Form des Längsprofils mit Teilfließstrecken, in denen überwiegend Erosion, Durchtransport oder Akkumulation stattfindet, dargestellt. Angaben zu Gefällegraden ergänzen die Skizzen. Zur Deutung der Zeichenelemente dient Abbildung 107. Bei den Profilen wird von der Form

her in „konkav“ und „gestreckt“, vom Neigungsgrad in „steil“ und „flach“ unterschieden. In der „Längszonalen Beschreibung“ werden, falls vorhanden, die jeweiligen Teilstrecken des Längsprofils dargestellt. Bei den Gewässerlandschaften, die keine längszonale Gliederung der Gewässer aufweisen können, sind an dieser Stelle andere wichtige Erscheinungsformen zur Gewässergliederung beschrieben.



steil gesteckt
flach konkav
steil konkav
flach gesteckt



Ober-, Mittel-, Unterlauf gesteckt
steil konkaver Oberlauf, gesteckter Mittel- und Unterlauf
kurzer, steil konkaver Oberlauf, flach gestreckter Mittel- und Unterlauf

Abb. 107 Form von Längsprofilen (oben) und Beispiele für Profillinien (unten)

Relief

Die Kurzbeschreibung erfasst hier meist textlich die wichtigsten Geländeformen, die in der längszonalen Gliederung durch Zeichnungen konkretisiert und dort, wo möglich und notwendig, durch Angaben zu durchschnittlichen Hangneigungswerten (in %) ergänzt werden.

Substrat und Körnigkeit

Das Substrat, das Verwitterungsprodukt der Ausgangsgesteine, wird bildlich und stichwortartig charakterisiert. Nach Abbildung 108 (oben) wird die Körnigkeit zunächst in vier Gruppen zusammengefasst:

Großblöcke:	Korngrößen über 200 mm
Steine:	Korngrößen zwischen 63 und 200 mm
Kiese/Sande:	Korngrößen zwischen 0,2 und 63 mm
Feinmaterial:	Korngrößen unter 0,2 mm

Typische Beispiele für Korngrößenmischungen zeigt die Abbildung 108 (Mitte). Oben links wird zum Beispiel

die typische Zusammensetzung des Hangschutts im Buntstein skizziert: kantige, grobe Blöcke und plattige, eckige Steine schwimmen in einer sandigen Matrix. Oben rechts erscheint der Verwitterungsmantel (Grus) des Granits: gerundete Blöcke in lehmiger Matrix. Die folgenden Mischungen beschreiben häufig vorkommende, fluvial aufgeschüttete (Aue-)Sedimente: links sind plattige, kantengerundete Grobgeschiebe, durchsetzt mit Sanden dargestellt, die dachziegelartig angeordnet und geschichtet sind. Rechts erscheinen gerundete Steine in lehmigem Material und weiter unten sind von links nach rechts kiesig-sandige, sandige, lehmige und tonige Sedimente vereinfacht skizziert.

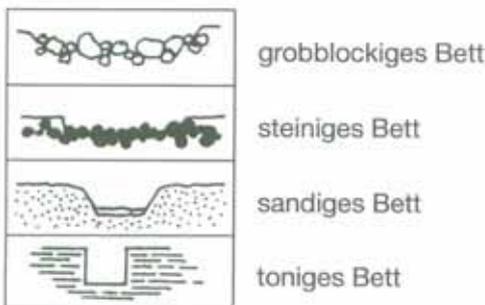
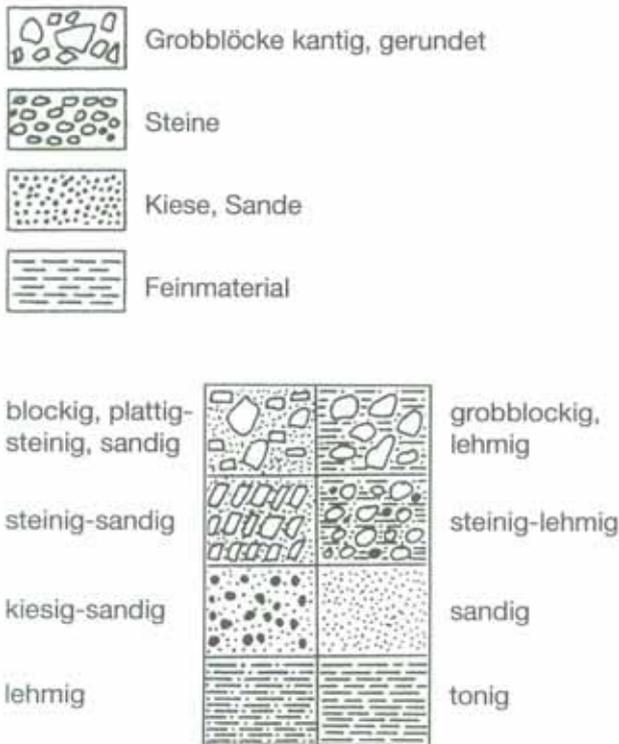


Abb. 108
 Oben: Korngrößengruppen
 Mitte: Korngrößenmischungen
 Unten: Bachbettformen in Abhängigkeit von der Korngröße des Substrats

Bachbetten

Abbildung 108 (unten) zeigt die wichtigsten Formen und Strukturen von Bachbetten in Abhängigkeit von der Korngröße des Substrats.

Uferlinien

Die Formen der Uferlinien sind in Abbildung 109 skizziert. Es wird unter vier Abstufungen zwischen glatten und stark verzahnten Uferlinien unterschieden.

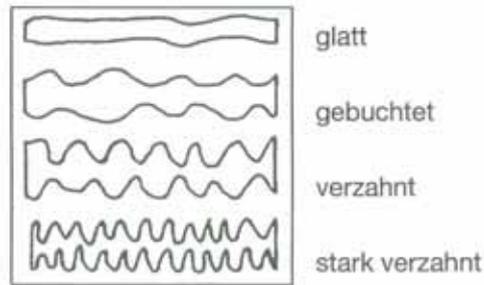


Abb. 109 Formen der Uferlinien

Krümmungsgrad

Der Krümmungs- oder Windungsgrad* bzw. die Sinuosität* gibt das Verhältnis zwischen wahrer Länge des Gewässers und Talluftlinie wieder. Es werden vier Größenklassen zwischen geradlinig und mäandrierend unterschieden. Dabei bezeichnet SI (Sinuosität) den gemessenen Krümmungsgrad. Abbildung 110 skizziert die vier Größenklassen.



Abb. 110 Klassen der Sinuosität

1. Die Flach- und Hügellandgewässer der Lössregionen

(s.a. Gewässer des Muschelkalks und der älteren Terrassen im Alpenvorland) (Gäulandschaften, Alpenvorland (AV): Terrassen- und tertiäres Hügelland)

Chemismus des Gesteins: bis 30% CaCO₃

Gebietsniederschlag: 650 - 750 mm (AV: 800 mm)

Tallichte: 0,5 - 1,5

Chemismus der Gewässer: karbonatisch, ionen- und nährstoffreich Gebietsabfluß: 200 - 250 mm (AV: 280 mm) Gewässerdichte: 0,3 - 1,1

Gewässerkenntnisgrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief 200 - 450 m AV - 550 m	konkav-flach gestreckt 	kurze, konkave Oberläufe 	flach gestreckte Mittelläufe 	sehr flach gestreckte Unterläufe 	Gewässer entspringen in flachen Quellmulden, oft außerhalb (Fremdlingsbäche) und durchqueren Lößgebiete mit sehr flach gestreckten Längsprofilen
Gefällegrade	3 - 0,3 % konvex-konkave Hügel, Mulden-, Muldensohlen- und asymmetrische Kerbtäler 	3 - 1 % Muldentäler asymmetrische Kerbtäler 	0,7 - 0,5 % Muldentäler mit ebenen Sohlen (Schwemmlöß), Auebildung 	< 0,5 % breite Talböden von Muldentälern, ebene Schwemmlöß-Auebildung 	Gewässer immer assoziiert mit Gewässern des Muschelkalks (Gäue) oder älteren Terrassen im Alpenvorland Auen vermaisst, Wasserstau, z. T. anmoorig
Gelände: G Substrat und Körnigkeit Auen: A	G: schluffig, feinsandig feinsandig, schluffig tonig, standfest A: schluffig, tonig	Löß Lößlehm pulvrig, verklebt	Schwemmlöß schwerer Lehm	Schwemmlöß toniger Lehm	Löß und Lößlehme (Böden), auch Schwemmlöß, nährstoffreich Geschiebe: wenig Feinsand, Schluff, Geschiebearchut
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe, Breiten-/Tiefenverhältnis	kastenförmig, steilwandig, geringe Rauheit, strukturarm, Feinsand, Schluff, Schlick ≈ 2	 > 2	 ≈ 2	 > 1,5	stark erosionsanfällig, Tiefen- und Seitenerosion, Strukturen von Vegetation, Totholz und Krümmungsgrad abhängig
Uferlinien	glatt				Ufer sehr steil, bei Wiesen oft überhängend
Krümmungsgrad	gekrümmt, mäandrierend				
SI	SI 1,2 - > 1,5	SI 1,2+	SI 1,3+	SI > 1,5	

2. Die Flachlandgewässer der holozänen Aufschüttungen: Auegewässer

(Schwemmflächerauebäche, Flachlandauebäche, Stromauebäche und Moorauebäche)
(Oberhein, Tiefebene, Talebenen und Zungenbecken des Alpenvorlandes, AV)

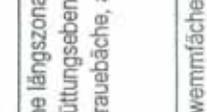
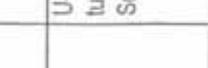
Chemismus des Gesteins: unterschiedliche CaCO₃-Gehalte

Chemismus der Gewässer: leicht karbonatisch, Moorauegewässer: sauer

Gebietsniederschlag: 700 - 750 mm

Tallichte: keine Täler
Gewässerdichte: > 2

Gebietsabfluß: 150 - 250 mm

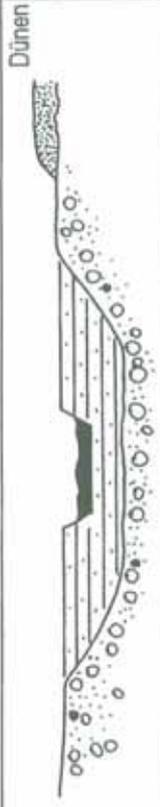
Gewässerkenngrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer: keine ausgeprägte hierarchische Ordnung	Bemerkungen
Längsprofile Lage im Relief 100 - 250 m AV 400 - 500 m Gefällegrade	sehr flach gestreckt  < 0,05 - 0,2 %	keine längszonale Gliederung, da überwiegend „Fremdlingsbäche“ aus dem Hinterland, die die Aufschüttungsebenen queren, hydrologisch vom Hinterland gesteuert - am Gebirgsrand. Schwemmflächerauebäche, auf den Ebenen: Flachlandauebäche, in Flußnähe: Stromauebäche	in der Oberthelebene meist „Unterläufe“ der Schwarzwaldbäche - längszonale Gliederung: Schwemmflächerauebach, Flachlandauebach, Stromauebach
Relief Tal- und Geländeformen	Aufschüttungsebenen Bäche nur wenig in der Ebene eingetieft, in Auelehmen fließend	Schwemmflächerauebäche: Gefälle ≤ 0,2 %, etwas gröberes Material (lehmig - kiesig) Flachlandauebäche: Gefälle 0,05 - 0,15 %, lehmig-anmoorig Moorauebäche: < 0,05 %	Moorauebäche in der Verdunstungszone der Zungenbecken, Umfließungsrinnen etc. im Bereich des Alpenvorlandes
Substrat und Körnigkeit	überwiegend lößbeeinflusstes Feinmaterial, Sande, max. Kiesse, Feinmaterialen	Stromauebäche: Bachbettform, Laufform, Material vom Fluß bestimmt (Rhein) Schwemmflächerauebäche: Kiese, Sande, Feinmaterial Kiese aus dem Hinterland und aus Schwemmflächern, vereinzelt Steine	Moorauebäche: organisches Material, Niedermoore
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe, Breiten-/Tiefenverhältnis	U- und kastenförmig, strukturmäßig, Rauheit gering, Sand, Schllick, z. T. Kiese ≈ 2	Schwemmflächerauebäche - Geschiebe: Schllick, Sande, z. T. Kiese 	Moorauebäche - kein Geschiebe, organ. Schllick 
Uferlinien	glatt, z. T. gebuchtet	Schwemmflächerauebäche 	Moorauebäche: Wasser- und Moorfläche gehen ineinander über 
Krümmungsgrad	gekrümmt bis stark gekrümmt, z. T. geradlinig (Stromauebäche)	Flachlandauebäche  Stromauebäche gekrümmt SI 1,2+ 	mäandrierend  SI > 1,5

3. Die Flachlandgewässer der jungquartären Schotterflächen (Niederterrassen der Oberhainebene, Flachlandauengebäche)

Chemismus des Gesteins: -----
Chemismus der Gewässer: leicht karbonatisch

Gebietsniederschlag: 700 - 750 mm
Gebietsabfluß: 150 - 250 mm

Tallichte: keine Täler
Gewässerdichte: < 0,5

Gewässerkenngrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer: keine ausgeprägte hierarchische Ordnung	Bemerkungen
Längsprofile Lage im Relief 100 - 150 m	sehr flach gestreckt zum Vorfluter, kurze steile Anrisse	es handelt sich um wenige Fremdlingsgewässer, die die Niederterrassenfelder queren, als Flachlandauengewässer ausgebildet	mußten als eigenständige Gewässer auskartiert werden, da u.a. in der nördlichen Oberhainebene weit verbreitet und sehr geringe Gewässerdichte im Vergleich zu den anderen Auebächen
Gefällegrade	 < 0,05 % (> 1 %)		
Relief Tal- und Geländeformen	Niederterrasse-Schotterfläche (Steine, Kiese, Sande) des Rheins im Spät- und Postglazial, sehr wasserdurchlässig, keine eigenen Gewässer	Gewässer sind ganz flach in Auelehmen angelegt, die bandartig die Niederterrassenfelder durchqueren; z.T. vermoorte Bäche haben Feinmaterial aus dem Hinterland über den durchlässigen Kiesen und Sanden der Niederterrassen abgelagert und dadurch abgedichtet	
Gelände: G Substrat und Körnigkeit	Niederterrasse kiesig, sandig, steinig	Auelehmgewässer	
Auen: A	A: lehmig		
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschlebe, Breiten-/Tiefen- verhältnis	strukturarm, geringe Rauheit, Sand, Schllick, z.T. Kiese ≈ 2		
Uferlinien	glatt		
Krümmungsgrad	stark gekrümmt		SI 1,3

4. Die Hügel- und Flachlandgewässer des Jungmoränenlandes

(südliches Alpenvorland)

Chemismus des Gesteins: Moränen: Lockermaterial aus kalkalpinen u. Molasse-,

z.T. auch kristallinen und metamorphen Gesteinen

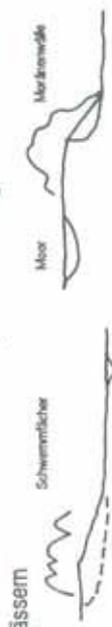
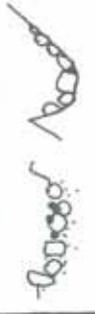
Chemismus der Gewässer: leicht karbonatisch

Gebietsniederschlag: 850 - 1100 mm

Gebietsabfluß: 350 - 650 mm

Taldichte: 1,5

Gewässerdichte: 1,5

Gewässererkenngrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer: keine ausgeprägte hierarchische Ordnung	Bemerkungen
Längsprofile Lage im Relief 500 - 800 m	konkav-gestuft 	steil konkave Quellgewässer, gestreckte Längsprofile bei den überleitenden Schwemmfächern, steil-konkave Kerbtal-, z.T. Schluchstrecken bei den Durchbrüchen, bis sehr flach gestreckte Profile bei den Verlandungs- und Moorgewässern 	„glaziale“ Stufung noch nicht gänzlich von fluvialer Formung überprägt
Gefällegrade	> 10 - 0 %, stark wechselnd		
Relief Tal- und Geländeformen	glazial, Moränenwälle, fluvio-glaziale Schwemmfächer, Umfließungsrinnen, Grundmoränen-, Zungenbeckenflachland, kleinräumig wechselnde Erscheinungen, Wälle und Bekkenschluchten, Schwemmfächer, Moore	im Bereich der Endmoränen durchbrüche: Kerbtal- und Schluchten Moränen Molasse 	
Gelände: G	Moränen gemischt Grobblecke bis Feinmaterial, fluvio-glaziale Grobschotter, Kiese, Sande, Anstehendes: Molasse; feinsandig-tonig-sandig A: grob-fein-moorig	Kerbtäler/Schluchten Schwemmfächer Verlandungszone, Moore 	
Substrat und Körnigkeit		Endmoräne Molasse Kerbtäler/Schluchten 	
Auen: A	stark zwischen den Extremen wechselnd	Steine, wenig Kiese, Sande Sandes/Feinmaterial Moore 	
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe, Breiten-/Tiefenverhältnis	glatt, stark verzahnt, gebuchtet		
Krümmungsgrad SI	geradlinig-mäandrierend SI 1 - > 1,5	SI 1,1 - 1,3 SI 1,3+ SI > 1,5 	

5. Die Hügel- und Flachlandgewässer des Altmoränen-Terrassen- und tertiären Hügellandes
(nördliches Alpenvorland)

Chemismus des Gesteins: unterschiedliche CaCO₃-Gehalte, z.T. Löß
Chemismus der Gewässer: leicht karbonatisch

Gebietsniederschlag: 750 - 850 mm
Gebietsabfluß: 250 - 300 mm

Taldichte: 0,3 - 2,3
Gewässerdichte: 0,3 - 2,3

Gewässerkenngrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2'-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief 500 - 650 m	konkav, häufig gestuft (an Terrassenkanten)	Muldentäler konkav	Mulden-/Auetäler, Kerbtäler, konkav-gestreckt Stufen	Schwemmfächer/ Talauebäche	durch betonartig verbackene Terrassensedimente und ausbleibende Molassegesteine gestuft, Abfolge von langen Mulden- und Muldensohlentälern, kurzen Kerbanrissen und Schwemmfächern
Gefällegrade	> 10 - 0,6 %	5 - 1 %	1 - 0,6 %	2 - < 1 %	> 5 %
Relief Tal- und Geländeformen	durch weite Muldentäler aufgelöstes Hügel- und Terrassenland, z.T. lößbedeckt, Vorfluter in breiten Schwemmfächeraufschüttungen	Muldentäler Moränen-Terrassenreste z.T. lößbedeckt	(Mulden-) Auetäler Kerbtäler	Schwemmfächer Riß-Terrasse mit Löß	Gewässer fließen in tiefgründig verwitterten glazialen oder fluvioglazialen Ablagerungen oder in ihren eigenen lehmigen oder Schotterablagerungen, bei Kerbanrissen meist bis in Molasse eingeschnitten, im Vorflutniveau auf jungen Schotterflächen (gerundete Steine)
Hangneigungsgrad	sehr unterschiedlich: in Terrassenkanten bis > 40 %	Molasse	Molasse		
Gelände Substrat und Körnigkeit Auen	Feinmaterial/Löß, Grobschotter, Moränenblöcke, sandig/tonige Molasse lehmig-steinig	Muldentäler 	Mulden-, Auetäler Auen lehmig Molasse: tonig-sandige, nicht sehr harte Gesteine	Schwemmfächer fluviale Grobschotter (Steine) Rißterrasse: lößbedeckt	
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschlebe, Breiten-/Tiefen- verhältnis	Strukturen variieren mit den Fließstrecken sehr variabel	Feinmaterial mit eingelagerten Steinen und Grobblöcken	Mulden-, Auetäler Kerbtäler	Riß-Terrasse Junge Schwemmfächer	
Uferlinien	glatt bis stark verzahnt		Auetäler Kerbtäler	Riß-Terrasse junge Schwemmfächer	
Krümmungsgrad	geradlinig bis stark gekrümmt	SI 1,2 - 1,3	Auetäler SI 1,3+ Kerbtäler SI 1,05	Riß-Terrasse SI 1,3 jun. Schwemmfächer SI 1,1-1,2	

6. Die Hügel- und Berglandgewässer des Mals (Schwäbische Alb)

Chemismus des Gesteins: > 85 % CaCO₃
 Chemismus der Gewässer: karbonatisch

Gebietsniederschlag: 800 - 1000 mm
 Gebietsabfluß: 350 - 500 mm

Talichte: 0,5 - 1,5
 Gewässerdichte: 0 - 0,2

Gewässerkenntnisgrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief 550 - 850 m	gestreckt	Karst-Gewässer, meist mit Quellfließen beginnend und in sehr alten großen Tälern fließend; z. T. im Norden Muldentäler, ansonsten breite Kerbsohlentäler und nach unten zu Kastentälern mit sehr steilen Talflanken; Auen aus Feinmaterial mit wenig Splittschutt, gleichmäßige Schüttung der Quelltopfgewässer, vereinzelte Starkniederschläge führen zu überbordvollem Abfluß und Auebildung			geringste Gewässerdichte Südwestdeutschlands, als Oberflächengewässer Fremdformen in einer unterirdisch entwässerten Karstregion
Gefällegrade	0,3 - 0,7 %				
Relief Tal- und Geländeformen	Karstrelief mit wenigen alten, großen Talungen und Trocken-tälern, Muldentälern, Kerbsohlentälern und Kastentälern, in dieser Abfolge von oben nach unten	Muldentäler feinmaterialreiche Böden mit Splittschutt braune Böden	Kerbsohlentäler Kalksplittschutt-Hänge Feinmaterial-Auen Renzina	Kastentäler Kalksplittschutt-Steilhänge z. T. Fels, Feinmaterial-Aue Auen	sehr ebene, vegetations- und art-reiche Talböden, die meist scharf zum Hang begrenzt sind; Hänge steigen über scharfem Flußknick auf, z. T. echte Felsklippen entwickelt
Gelände: G Substrat und Körnigkeit Auen: A	G: Kalksplittschutt und Feinmaterial z. T. tiefe braune Böden oder Renzinen mit hohem Skeletanteil; A: dunkles, humusreiches Feinmaterial und wenig Kalkschutt	Feinmaterial, Splittschutt	dünnere, humus- und schuttreicher Boden	humusreiches Feinmaterial, wenig Schuttstücke	
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe,	kastenförmig, steilwandig in Feinmaterial-Aue, Sohle durchgehend mit Kalkschutt bedeckt, mittlere Rauheit; Geschiebe: Kies/Steine, > 2,5	Muldentäler	wie Kastentäler, nur etwas flacher	Kastentäler	Die Bachbetten der Quelltopfgewässer setzen mit relativ großen Querschnitten ein und fließen in Kerbsohlentälern
Breiten-/Tiefenverhältnis	> 2,5		Geschiebe: kantengerundete Kiese und Steine	Geschiebe: kantengerundete Kiese und Steine	
Uferlinien	glatt				
Krümmungsgrad	geradlinig bis stark gekrümmt	geradlinig	gekrümmt bis →	stark gekrümmt	

7. Die Hügel- und Berglandgewässer des Lias und Doggers
(Vorland der Schwäbischen Alb)

Chemismus des Gesteins: 30 - 70 % CaCO₃
Chemismus der Gewässer: karbonatisch

Gebietsniederschlag: 750 - 900 mm
Gebietsabfluß: 250 - 350 mm

Tallichte: 0,8 - 1,4
Gewässerdichte: 0,7 - 1,1

Gewässerkenntnisgrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief 350 - 700 m	gestuft konkave Profile 1. Liasplatten 2. Dogger	Muldentäler der Liasplatten Kerbrisse > 6 % 4 - 1 % steile Kerbtäler-Stufenstim (Dogger) > 10 - 4 %	Muldentäler Kerbsohlentäler flach konkav-gestreckt	Kerbsohlentäler flach konkav-gestreckt	im Einzugsgebiet der Jagst noch alte, nicht-gestufte Muldentäler und Mulden-Sohlentäler erhalten
Gefällegrade	Stufenimbäche > 10 - 0,6 %		4 - 1 %	2 - 0,6 %	
Relief Tal- und Geländeformen	zerstaltete Hochflächenreste (Liasplatten) und Stufenbergland. Steile Kerbtäler und Anrisse im Bereich der Stufen; Kerbsohlentäler, z.T. noch Muldentäler zwischengeschaltet - bei den Liasplatten Quell-Muldentäler	Muldentäler Kerbtäler			sehr unterschiedliche Gefällegrade, Vorfluter Neckar bedingt steile, gestufte Längsprofile; bei Jagst flachere Geländeverhältnisse
Gelände Substrat und Körnigkeit Auen	bei den Stufen plattiger Grobschutt - sonst feinematerialreiche Substrate mit Schutt durchsetzt; Feinmaterial und wenig Schutt	Feinematerialreiche Böden und plattiger Schutt	Auen: Feinmaterial und wenig Schuttstücke	Auen: Feinmaterial und wenig Schuttstücke	
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe,	kastenförmige, steile Profile vorherrschend, in Kerbaltrecken grobschuttbedingte flache Profile	Muldentäler Kerbtäler	Geschiebe: Kies, Steine, Schllick plattig	Geschiebe: Kies, Steine, Schllick	in Bachbetten Grobmaterial (Kiese, Steine) angereichert, bei Muldentälern im Einzugsgebiet der Jagst nur Feinmaterial, extrem steile Profile
Breiten-/Tiefen- verhältnis	≈ 3 Z.T. > 4		Geschiebe: Kies, Steine, Schllick		
Uferlinien	überwiegend glatt				
Krümmungsgrad	in Kerbaltrecken verzahnt geradlinig-stark gekrümmt		SI 1,2	SI > 1,3	bei Gewässern im Jagsteinzugsgebiet auch mäandrierend SI > 1,5

8. Die Hügel- und Berglandgewässer des Keupers

(Vorland der Schwäbischen Alb, Heuchelberg/Stromberg, Schwäbisch-fränkisches Stufenland)

Chemismus des Gesteins: < 30 % CaCO₃, z.T. CaSO₄ (Gips)

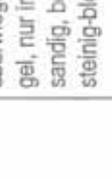
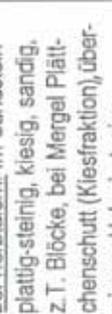
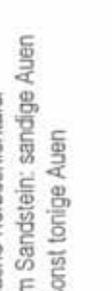
Gebietsniederschlag: 750 - 1000 mm

Taldichte: 1,5 - 2,6

Chemismus der Gewässer: (leicht) karbonatisch, ionen- u. nährstoffreich, z.T. sulfatisch

Gebietsabfluß: 250 - 450 mm

Gewässerdichte: 1,5 - 2,6

Gewässerkenngrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief 300 - 550 m	konkav, in Abhängigkeit vom Vorfluter, auch gestuft  <i>sehr variabel</i> > 6 - < 0,3 %	kurze, steil konkave Oberläufe, v.a. bei obsequenten Gewässern  > 6 - 3 %	flach konkav-gestreckt  > 2 - 0,5 %	gestreckt  < 1 - 0,3 % im Osten noch flacher	Das Gefälle nimmt nach Osten zu generell ab, direkt neckartributär entwässernde haben steile, die jagstributären die flachsten Profile
Gefällegrade	> 6 - < 0,3 %	> 6 - 3 %	> 2 - 0,5 %	< 1 - 0,3 % im Osten noch flacher	
Relief Tal- und Geländeformen	stark durch Täler aufgelöstes Stufenland, kurze Kerbtäler, Kerbschlentäler, im Osten Muldentäler häufig, zum Neckar tiefe, eingeschnittene Vorfluter nach Osten flacher werdend; rhenanischer Anpassungseinfluß sehr groß	Kerbtäler  im Osten auch Muldentäler 	Kerbschlentäler  im Osten auch Mulden-Schlentäler 	Kerbschlentäler  im Osten auch Mulden-Schlentäler 	Form und Gefälle der Täler und Hügel von der Mächtigkeit der Schichten und von der Lage zum Vorfluter bzw. vom Anpassungsgrad abhängig
Gelände Substrat und Körnigkeit	überwiegend feinkörnige Mergel, nur im oberen Stockwerk sandig, bei Hanganschnitten steinig-blockig	bei Kerbtälern: im Sandstein plattig-steinig, kiesig, sandig, z.T. Blöcke, bei Mergel Plattenschutt (Kiesfraktion), überwiegend lehmig-tonige Substrate mit wenig Schuttstücken	steile Kerbschlentäler, neckartributär: lehmige Auen mit Steinen durchsetzt, flache Kerbschlentäler im Sandstein: sandige Auen ansonsten: lehmig-tonige Aue-sedimente	flache Kerbschlentäler im Sandstein: sandige Auen sonst tonige Auen	Die überwiegend mergeligen Seen zerfallen sehr schnell zu Feinmaterial, daher insgesamt Geschiebemangel, sehr erosionsgefährdete Region
Auen	oben sandig, unten tonig				
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe,	Kerbtäler: breite, steinige Betten, stellenweise auf Anstehendem, überwiegend aber tiefe steilwandige Betten mit geringer Rauheit ≈ 2 (z.T. > 3)	 Kerbtäler  Muldentäler	 Auen der Sandsteinregion  Auen der Mergelregion	 Auen der Sandsteinregion  Auen der Mergelregion	während bei den sehr kurzen Oberläufen noch Grobmaterial formbildend wirkt, setzt sich nach unten sehr schnell der Feinmaterialcharakter der Bäche durch; Ausnahme: direkt Neckar-Murr zufließende Bäche
Breiten-/Tiefenverhältnis	überwiegend glatt	Kerbtäler: gebuchtet, z.T. verzahnt Muldentäler: glatt-gebuchtet			
Uferlinien	geradlinig - mäandrierend				
Krümmungsgrad					

9. Die Flach- und Hügellandgewässer des Muschelkalks (s. Gewässer der Lößregion) (Gäulandschaften)

Chemismus des Gesteins: > 60 % CaCO₃, z.T. Gipse, Salze

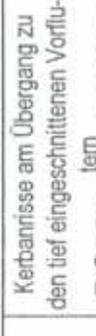
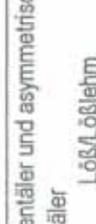
Gebietsniederschlag: 650 - 750 mm

Talichte: 0,5 - 1,5

Chemismus der Gewässer: karbonatisch, ionen- u. nährstoffreich

Gebietsabfluß: 200 - 250 mm

Gewässerdichte: 0,3 - 1,1

Gewässerkenngrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief 200 - 450 m	konkav-gestreckt zum Vorfluter gestuft, lößbedeckt  Kerbsohlentäler Vorfluter	Die Gewässer der 1' Formation liegen überwiegend im Löß, nur die steilen Kerbarisse der kleinen Gewässer und die Korb-Kerbsohlentäler der Mittel- und Unterläufe der großen Gewässer (2' und 3' Formation) sind als „Muschelkalkgewässer“ anzusprechen			Die ganze Muschelkalkzone ist stark lößbeeinflusst, daher überwiegend Löß-Feinmaterialigewässer (siehe Gewässer der Lößregion).
Gefällegrade	< 0,5 %, in Kerbarissen zum Vorfluter > 10 %				
Relief Tal- und Geländeformen	flache konvex-konkave Hügellandschaft, Muldentäler, Trokentäler, asymmetrische Kerbtäler, zum Vorfluter sehr steil und scharf eingeschnitten, wenige große Kerbsohlentäler 	Muldentäler, asymmetrische Kerbtäler, im Löß auf den Gäuflächen (s. Gewässer der Lößregionen)	Kerbarisse am Übergang zu den tief eingeschnittenen Vorflutern 	große Kerbsohlentäler und Kastentäler 	
Gelände: G Substrat und Körnigkeit Auen: A	meist lößbedeckt, plattiger Grobschutt, Feinmaterial, lehmig-tonig	Muldentäler und asymmetrische Kerbtäler  Löß/Lößlehm pulvrig verklebt	plattiger Grobschutt Feinmaterial 	Hänge: Grobschutt, Feinmaterial Auen: Schwemmlöß mit wenig Schuttstücken	
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe, Breiten-/Tiefenverhältnis	in Kerbtälern breite steinblockige Betten mit hoher Rauheit, Sohlpazerung, > 4, sonst tiefe, kastenförmige Betten, 2-3	Muldentäler  Mulden-/Sohlentäler Muldentäler	Kerbarisse Auen (Beginn) 	Auen weiterer Verlauf  Sohlen/Auen	
Uferlinien	Kerbtäler gebuchtet-verzahnt Sohltäler: glatt	Muldentäler	Kerbtäler 	Sohlen/Auen 	
Krümmungsgrad	Kerb-/Muldentäler: geradlinig-gekrümmt, stark gekrümmt-mäandrierend (Sohlentäler)	SI 1,25 	SI 1,05 	SI 1,3+ SI > 1,5 	

10. Die Berglandgewässer des Buntsandsteins

(Nord-Schwarzwald, Hochflächen-Schwarzwald (hier: SW), Odenwald (hier: OW))

Chemismus des Gesteins: > 95 % SiO₂

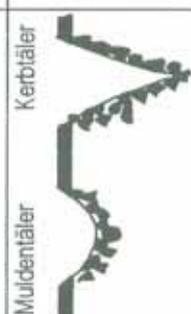
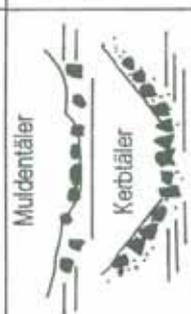
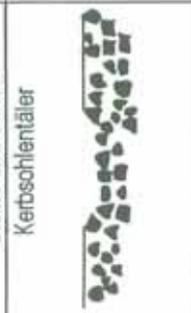
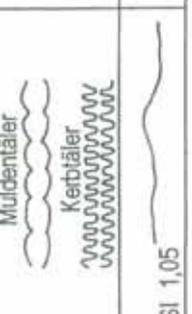
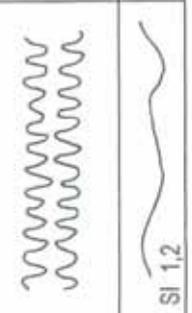
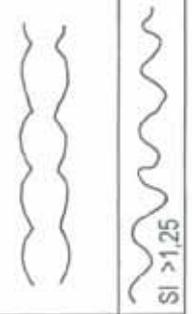
Chemismus der Gewässer: stark silikatisch, ionen- u. nährstoffarm, schlecht säuregepuffert

Gebietsniederschlag: im OW: 900 - 1100 mm
im SW: 900 - > 2000 mm

Gebietsabfluß: im OW: 400 - 500 mm
im SW: 700 - 1400 mm

Taldichte: 0,7 - 1,1

Gewässerdichte: 0,7 - 0,9

Gewässererkenngrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief OW: 300 - 550 m SW: 400 - 1000 m	konkav 	häufig gestuft, konkav 	flach konkav-gestreckt 	flach konkav-gestreckt 	gestuft durch Anzapfung (Tektonik) und durch Härteunterschiede (quarzitische Bänke) der Schichten
Gefällegrade	3-1%	10-5%	6-2%	3-1%	
Relief Tal- und Geländeformen	zerschnittene Hochflächen, z.T. Muldentäler, überwiegend wenige große Kerb- und Kerbsohlentäler, Quellen, z.T. in Hochmooren	Muldentäler Kerbtäler 	Kerbsohlentäler 	Kerbsohlentäler 	Hangoberkanten oft an quarzitischer Schichten gebunden, die auch die groben Blöcke und die schwer zu zerkleinernden Geschiebe liefern, hohe Versickerungsrate, gleichmäßige Schüttung
Gelände: G Substrat und Körnigkeit Auen: A	Hangschutt: quarzitische Blöcke, plattige Steine, Sande, wenig feines Material steinig-sandig		Sohlen/Auen 	Sohlen/Auen 	in den flachen Unterläufen z.T. sandige Auen mit nur wenig Grobmaterial, ständiger Sandtrieb
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe, Breiten/Tiefenverhältnis	bis auf Streckenabschnitte der Unterläufe breite, flache, strukturreiche Betten > 10 - 4	Muldentäler Kerbtäler 	dachziegelartig geschichtete Steine und Sande Kerbsohlentäler 	Kerbsohlentäler 	bei Kerbsohlentälern im unteren Bereich relative Anreicherung der groben (steinigen) Geschiebe bis zur Schlippanzerung, Sand und Kiesbänke darüber
Uferlinien	gebuchtet-stark verzahnt	Muldentäler Kerbtäler 		Sandbänke, Schlippanzerung 	
Krümmungsgrad	geradlinig - (stark) gekrümmt	SI 1,05	SI 1,2	SI >1,25	bei überwiegend sandiger Aue, teilweise stark gekrümmt

11. Die Berglandgewässer des metamorphen Grundgebirges (Mittlerer und Südlicher Schwarzwald)

Chemismus des Gesteins: silikatisch ≈ 67 % SiO₂
Chemismus der Gewässer: silikatisch

Gebietsniederschlag: 950 - 2000 mm
Gebietsabfluß: 650 - 1200 mm

Taldichte: > 2
Gewässerdichte: > 2

Gewässerkenntnisgrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2'-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief 350 - 1200 m	steilgestreckt, im Oberlauf z.T. glazial gestuft	glazial gestuft, z.T. Wasserfälle, Kaskaden	steil gestreckt	gestreckt	im glazialen Höhenstockwerk, z.T. Schwemmfächer, Verlandungsaue, Hochflächen-Schwarzwald: z.T. große Muldentäler
Gefällegrade	> 10 - 1 %	sehr steil gestreckt			
Relief Tal- und Geländeformen	sehr dichtes Kerbtalrelief, im Höhenstockwerk > 900 m glaziale Formen (Kare, Kartreppen), ab 2', oft erst ab 3' Formation Kerbsohlentäler, stellenweise Blockschutthalde, Gesteinsausbisse	bis auf glaziales Höhenstockwerk steile Kerbtäler	große Kerbtäler/Kerbsohlentäler	Kerbsohlentäler	höchste Tal- und Gewässerdichte Südwestdeutschlands, „dichtes“ Gestein, sehr hoher Oberflächenabfluß
Gelände: G Substrat und Körnigkeit	blockig, steinig, Feinmaterial, oft sehr große Blöcke	blockig/steinig/Feinmaterial	Sohlen/Auen	Sohlen/Auen	Geschleibereichste Gewässer Südwestdeutschlands, „hartes“, abriebfestes Material, bis in Rheinebene steinige Schwemmfächer
Auen: A	blockig-steinig		blockig/steinig, sehr wenig Feinmaterial	steinig, blockig, Feinmaterial	
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe, Breiten-/Tiefenverhältnis	sehr breite, flache Bachbetten mit großer Strukturvielfalt und hoher Rauheit	Kerbtäler	stille Kerbsohlentäler	Kerbsohlentäler	auch bei den wenigen großen Muldentälern des Hochflächen-Schwarzwaldes strukturreiche, geschleibereichste Bachbetten
Uferlinien	gebuchtet stark verzahnt verzahnt				
Krümmungsgrad	geradlinig - leicht gekrümmt	SI 1,05	SI 1,1 - 1,2	SI 1,2	

12. Die Berglandgewässer des granitischen Grundgebirges
(Mittlerer und Südlicher Schwarzwald, fleckenhafte)

Chemismus des Gesteins: 71 % SiO₂
Chemismus der Gewässer: silikatisch

Gebietsniederschlag: 950 - 2000 mm
Gebietsabfluß: 650 - 1200 mm

Talichte: > 2
Gewässerdichte: > 2

Gewässerkenngrößen	Kurzbeschreibung	Längszonale Beschreibung der Gewässer			Bemerkungen
		1' Formation (Oberlauf)	2' Formation (Mittellauf)	2-3' Formation (Unterlauf)	
Längsprofile Lage im Relief 350 - 1200 m	steil gestreckt, im Oberlauf z.T. glazial gestuft 	glazial gestuft, z.T. Wasserfälle, Kaskaden 	steil gestreckt 	gestreckt 	im glazialen Höhenstockwerk stellenweise Schwemmfächer, Verlandungsaunen
Gefällegrade Relief Tal- und Geländeformen	> 10 - 1 % dichtes Kerbtalrelief, im Höhenstockwerk > 900 m glazial gelornt (Kare, Kartreppen), meistens erst ab 3' Formation Kerbsohlentäler, stellenweise Blockschutthalde, Blockmeere, Gesteinsausbisse häufig	sehr steil gestreckt bis auf glaziales Höhenstockwerk sehr steile Kerbtäler 	große Kerbtäler 	Kerbsohlentäler 	etwas steilere und größere Kerbsohlentäler als beim Gneis, insgesamt viel weniger, aber größere Geschiebe, fast zweikörnig: Grobblecke und Sand
Gelände: G Substrat und Körnigkeit Auen: A	G: blockig, grusig, Blöcke, Feinmaterial A: Sand, Feinmaterial blockig (steinig)	Kerbtäler blockig/grusig standfest 	blockig/grusig 	Sohle/Auen 	insgesamt wenig, aber sehr grobes, schon von der Verwitterung her „gerundetes“ Blockmaterial, reichert sich nach unten zu an
Bachbetten Strukturen, Rauheit, Geschiebe, Breiten-/Tiefenverhältnis	durch runde Blöcke strukturreich, sehr breit angelegt, oft auf anstehendem Fels bis auf eher tiefe Oberläufe > 10				z.T. extrem breit, vereinzelte sehr grobe Blöcke und Block-Schwemmfächer, große Auflösung des Wassers
Uferlinien	gebuchtet sehr stark verzahnt				
Krümmungsgrad	geradlinig - leicht gekrümmt	SI 1,05 	SI 1,1 	SI 1,2 	

Glossar

Abfluß: Menge pro Zeiteinheit aus einem Einzugsgebiet.

Abpflasterung (s.a. Deckschichtbildung, Sortierung): Vorgang bei der Sortierung, bei dem die feinen Geschiebe wegerodiert werden, die groben Geschiebe zurückbleiben und das Bachbett vor weiterer Erosion schützen.

Akkumulation: s. Sedimentation

Aue, Auenbildung: Vorgang der Aufschüttung durch ein Gewässer bei ausbordendem Abfluß. Die Auen können nach der Korngröße der Sedimente in Feinmaterialauen (tonig-lehmig) und Grobmaterialauen (sandig bis blockig) unterschieden werden. So sind z.B. in den Mittelmeerlandern die Torrente-Betten typisch, die die rezenten Grobmaterialauen darstellen - breite, steinig-blockig gefüllte Talböden, die infolge der Abholzung in den Gebirgen durch Umlagerung des Hangschuttes entstanden sind. In unseren Breiten sind junge Feinmaterialauen charakteristisch, die durch die stark erhöhte Abschwemmung von Böden durch Rodung und/oder durch Ackerbau entstanden sind. Die Flußterrassen, z.B. die „Niederterrassen“, die die Talböden der Mittelbreiten teilweise verfüllen, stellen die Grobmaterialauen der Kaltzeiten dar.

Belastung, Belastungsverhältnis: Maß der transportierten Geschiebe im Verhältnis zur Fließenergie. Herrscht Überlast, so sedimentiert das Gewässer auf; herrscht Unterlast, so schneidet es ein (s.a. over-fitted und under-fitted, Kompetenz und Kapazität).

bordvoller Abfluß (Q_{bv}): Randvolle Füllung des Gewässerbettquerschnittes. Wichtige Größe bei der Berechnung der möglichen Schubspannung bzw. Erosionsenergie.

Breiten-/Tiefen-Verhältnis: Breite (in m) geteilt durch Tiefe (in m). Dimensionsloser Quotient für die Querschnittsform eines Gewässers, unabhängig von seiner Größe. Je größer der Quotient, umso flacher, je kleiner der Quotient, umso tiefer ist das Gewässer.

Deckschichtbildung (s.a. Abpflasterung, Sortierung): Vorgang bei der Sortierung, bei dem gröbere, nicht mehr bewegbare Geschiebe eine erosionshemmende Schutzschicht am Bachbett aufbauen.

Denudation: Sammelbegriff für die Gesamtwirkung der Hangabtragungsprozesse (unabhängig von der Art und Wei-

se des Prozesses, der diese Massenbewegung bewirkt).

Detritus: 1.) In der Geologie Bezeichnung für Gesteinschutt und Verwitterungsmaterial verschiedenster Art. 2.) In der Gewässerkunde Sammelbegriff für die abgestorbenen organischen Schwebeteilchen im Wasser.

Durchfluß (Q): Menge pro Zeiteinheit bei einem Querschnitt in m³/s oder l/s. Der Abfluß ist abhängig von der Größe des benetzten Querschnitts und der Fließgeschwindigkeit ($Q = v \cdot A$).

Endmoräne: Form der Moräne, die den Eisrand dort markiert, wo er längere Zeit stationär war.

Erosion, Erosionsenergie: Allgemeiner Ausdruck für Abtragung, hier bei Gewässern speziell: linienhafte oder Tiefenerosion sowie Breiten- und Seitenerosion. Die linienhafte oder Tiefenerosion bezieht sich auf die Fähigkeit des fließenden Wassers, mittels Geschieben die Bachbettsohle tiefer zu legen. Die Breiten- und Seitenerosion bezeichnet analog dazu die erosive Verbreiterung der Gewässer durch Seitenschurf. Die Erosionsenergie bezeichnet die Kraft, die das fließende Wasser besitzt, eine Größe, die man sich leicht mit Hilfe der allgemeinen Energieformel vorstellen kann ($E = m \cdot v^2/2$).

eustatische Meeresspiegelschwankung: Schwankung des Meeresspiegels, die durch klimabedingte Veränderungen im Wasserhaushalt verursacht werden (z.B. Absinken des Meeresspiegels in den Kaltzeiten).

Fallen: (Geolog.) die Richtung und der Grad der stärksten Neigung einer Gesteinsoberfläche und/oder Schichtfläche gegenüber der Horizontalen.

Fazies: Begriff der Geologie für die Gesamtheit aller Merkmale eines Sedimentgesteins, die von den geökologischen Randbedingungen und den geomorphologischen Prozessen bestimmt sind (z.B. terrestrische/ äolische/ glaziale/ fluviale/ marine Fazies).

Fließgeschwindigkeit: In einem natürlichen Gewässer sehr schwer zu messende Größe, die in erster Linie vom Gefälle, aber auch von der Bettform, dem benetzten Querschnitt und der Rauheit abhängig ist. Fließgeschwindigkeit und Abflußmenge nehmen mit steigendem Wasserspiegel exponentiell zu. Eine einfache Formel für die Berechnung der Fließgeschwindigkeit ist die CHEZY-Formel $v = C \cdot \sqrt{R \cdot I}$, wobei C den Rauheitskoeffizienten nach CHEZY, R den benetzten Querschnitt oder hydraulischen

Radius und I das Gefälle darstellt. Im Wasserbau wird die durch Erfahrung gewonnene MANNING-Formel eingesetzt: $v = K_{ST} \cdot I^{1/2} \cdot R^{2/3} \cdot A$ (Q = Abfluß, K_{ST} = Rauheitsbeiwert, I = Sohlgefälle, R = hydraul. Radius, A = Querschnittsfläche).

fluvial: durch das fließende Wasser entstanden

fluvioglazial: durch fließende Schmelzwässer entstanden

Fremdlingsbach: Gewässer in einem Trockengebiet, der Wasser führt, weil er aus einem niederschlagsreichen Gebiet kommt.

Geschiebe, Geschiebefracht (s.a. Korngröße): Durch die Schleppkraft transportierte Feststoffe, die nach der Korngröße klassifiziert werden. Man unterscheidet grundsätzlich Feingeschiebe (Ton u. Schluff) und Grobgeschiebe (Sand, Kies, Steine, Blöcke), z.B. Feststofffracht des Neckars an der Mündung in t/Jahr: Schwebfracht (Feingeschiebe) 0,3 Mio. t/a, Grobgeschiebe 0,1 Mio. t/a. Bei größeren Gerinnen ist die sog. Lösungsfracht, die Belastung der Gewässer mit chemisch gelösten Stoffen, um ein Vielfaches größer. Beispiel: Neckar an der Mündung 1,5 Mio. t/a.

Geschiebemangel: Entsteht, wenn im Einzugsgebiet keine bzw. zu wenig Geschiebelieferanten vorhanden sind (Feinmaterialbereiche) oder wenn keine Geschiebe mehr nachgeliefert werden, so z.B. hinter Geschiebefallen wie Stauwehren u.a.. Gewässer mit Geschiebemangel sind besonders erosionsanfällig.

Gewässerdichte: Maß für die Lauflängen der Gewässer in km pro km² Fläche. Formel: $D=1 \text{ (km)}/F \text{ (km}^2\text{)}$. Die Gewässer- oder Flußdichte ist abhängig vom Niederschlag-Abfluß-Verhalten und vom geologischen Untergrund. In verkarsteten Regionen nimmt z.B. die Gewässerdichte stark ab.

glazial: durch Eis entstanden

Grundmoräne: Vom Gletscher transportiertes, feines Material, das an der Gletschersohle abgelagert wird. Zermahlene Gesteinsmehl, durchsetzt mit größeren Gesteinstücken.

Kapazität: Gibt das Maß der durch das Wasser bewegbaren Korngrößen wieder, ist also mehr von der Abflußmenge abhängig.

Kerbtal: Tal mit V-förmigem Querschnitt, bei dem die Bachbetten im Verwitterungsmaterial des anstehenden Gesteins angelegt sind. Häufigste erosive Talform der Oberläufe bei den Gewässern der Mittelgebirge.

Kohäsion, kohäsiv: Innerer Zusammenhalt der Moleküle eines Körpers, zusammenhaltend.

Kompetenz: Gibt die Fähigkeit des fließenden Wassers wieder, Partikel einer bestimmten Korngröße zu bewegen, ist also mehr von der Fließgeschwindigkeit abhängig.

konsequenter Fluß: Abdachungsflüsse. Gewässer, das mit dem Schichtfallen gerichtet ist.

Korngröße: Die übliche Einteilung ist logarithmisch aufgebaut - Ton <0,002 mm, Schluff <0,063 mm, Feinsand <0,2 mm, Mittelsand <0,63 mm, Grobsand <2 mm, Feinkies <6,3 mm, Mittelkies <20 mm, Grobkies <63 mm, Steine <200 mm, Blöcke >200 mm.

Krümmungsgrad: Auch Windungsgrad oder Sinuosität (SI) genannt, gibt das Verhältnis zwischen tatsächlicher Lauflänge eines Gewässers und der Luftlinie wieder. Es wird zwischen geradlinig (SI 1,0), gestreckt (SI 1,01-1,05), gewunden (SI 1,06-1,5) und mäandrierend (SI >1,5) unterschieden. Der Krümmungsgrad ist von der Fließgeschwindigkeit, der Menge und der Korngröße des Materials, aber auch vom Abflußgang und der Talform abhängig. Grundsätzlich gilt: Je geringer das Gefälle bzw. die Fließgeschwindigkeit, die Materialmenge, und je kleiner die Korngrößen sind, umso größer wird der Krümmungsgrad. Deshalb nimmt im Längsprofil der Krümmungsgrad nach unten im allgemeinen zu.

Längsprofil, Längsprofilentwicklung: Meist konkave Linie des Talwegs entlang der Gewässer, die sich durch rückschreitende Erosion derselben entwickelt. Durch Vertikaltektonik, Petrovarianz und Glazialerosion entstehen häufig gestufte Längsprofile, während das Substrat den Neigungsgrad und die Form der Längsprofile modifiziert.

Mittelbreiten: In der zonalen Großeinteilung der Erde die Zone zwischen den Wend- und den Polarkreisen (Gemäßigte Breiten).

moränal: aus Ablagerungen eines Gletschers hervorgehendes Material

Muldental: Flach konkave Talform, bei der die Bachbetten im Verwitterungsmaterial des anstehenden Gesteins angelegt sind, häufig vorkommende, erosive Talform in den Flach- und Hügelländern und auf den noch erhaltenen Hochflächen der Mittelgebirge.

obsequentes Gewässer: Gewässer fließt entgegenesetzt zum Fallen der Schichten von der Stufenstirn weg.

over-fitted (s.a. Belastung): Mit Geschieben im Verhältnis zur Schleppkraft überlastetes Gewässer (Geschiebeüberfluß); Gewässer sedimentiert auf.

periglazial: Lebensfeindlicher Raum vor dem kaltzeitlich vergletscherten Gebiet, vor allem durch Frostverwitterung (Frostschutt), Dauerfrost des tieferen Bodens, Solifluktion (Bodenfließen), Vegetationsarmut usw. gekennzeichnet. Die heutigen Geländeformen Mitteleuropas sind im wesentlichen in der letzten Kaltzeit im periglazialen Raum entstanden.

Petrovarianz: Bezeichnung für die Auswirkung des anstehenden Gesteins auf die exogene Formbildung des Georeliefes.

Pluton: Tiefengestein großen Ausmaßes, das in der Erdkruste in mehreren Kilometern Tiefe erstarrte ist.

Pool: Stillen, Gumpen

Pool-step: Gumpen-Stufe

Querprofil: Gibt die Strukturen eines Gewässers im Querschnitt wieder.

Rauheit (s.a. Fließgeschwindigkeit): Maß für den Reibungswiderstand des Gewässerbettes. Ist abhängig von der Korngröße, der Form der Geschiebe, der Gewässerstruktur, dem Krümmungsgrad sowie von Fließhindernissen, wie sie von der Vegetation zur Verfügung gestellt werden.

rezent: gegenwärtig, in der Gegenwart oder unter gegenwärtigen Bedingungen stattfindend bzw. gebildet

Riffle: Schnellen

Sander: Aus Schottern (Alpenvorland) oder Sanden (Norddeutschland) aufgebaute Schwemmfächer im Vorfeld von Gletschern.

Schleppkraft, Schubspannung (s.a. Erosion, Kapazität, Kompetenz): Kraft (N/m^2), die das fließende Wasser in Abhängigkeit von Wassertiefe und Gefälle auf das Gewässerbett ausübt, und es ermöglicht, Feststoffe aufzunehmen

und „mitzuschleppen“. Berechnet nach:

$$\tau_1 = \gamma \cdot y_{\max} \cdot I,$$

$$\tau_2 = \gamma \cdot R \cdot I, \tau_3 = \gamma \cdot y_m \cdot I, \tau_4 = c \cdot \gamma \cdot y_{\max} \cdot I$$

$$\tau_{1, \dots, 4} = \text{Sohlschubspannung (N/m}^2\text{)}$$

$$\gamma = \rho \cdot 9,81 \cdot 10^3 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$y_{\max} = \text{maximale Wassertiefe (m)}$$

$$y_m = \text{mittlere Wassertiefe (m)}$$

$$R = \text{hydraulischer Radius (m)}$$

$$I = \text{Gefälle (Sohle, Wasserspiegel, Energielinie)}$$

$$C = \text{Beiwert nach Ven Te Chow}$$

Sedimentation: Wenn Korngröße und Menge des zum Transport bereitgestellten Materials die Schleppkraft übersteigen, so lagert das Gewässer seine Fracht ab, ist also in der Lage, sein Fließbett höher zu legen (Aufschotterung, Aufschüttung, Zusedimentierung, Akkumulation, Auebildung).

Sinuosität: s. Krümmungsgrad

Sohle: s. Aue

Sohlentäl: Flache, durch die Aufschüttung des Gewässers entstandene Talfüllung, die seitwärts von Hängen begrenzt wird, z.B. Kerbsohlentäl (s.a. Talauebach).

Sortierung, Sortierungsgrad: Maß für Differenzierung der Korngrößen im Verlauf eines Längsprofils, abhängig von der Fließgeschwindigkeit und der jährlichen Abflußganglinie, also der Häufigkeit der wechselnden Fließgeschwindigkeiten eines Gewässers. Gleichmäßiger Abfluß bewirkt den höchsten Sortierungsgrad. Häufige und hohe Wasserwechselstände verursachen geringen Sortierungsgrad. Die Sortierung wird durch die Deckschichtbildung oder die Abpflasterung beendet.

Stratigraphie, stratigraphisch: Schichtenkunde; beschreibt und gliedert nach der Aufeinanderfolge der Schichten, der Gesteinsart und dem Inhalt an Fossilien. Sie basiert auf dem Sedimentcharakter der Gesteine, die geeignet sind, die Altersbedingungen darzustellen und überregional vergleichend zu ordnen.

Streichen: (Geolog.) Richtung der Horizontalen auf einer geneigten Fläche; steht dem Fallen gegenüber. Das Streichen wird mit dem Geologenkompaß gemessen und nach Himmelsrichtungen angegeben.

Struktur des Bachbettes: Abhängig im wesentlichen von der Körnigkeit des Materials und von der Vegetation. Es gilt: je gröber die Korngrößenmischung, umso strukturreicher die Bachbetten. Bei feinkörnigerem Substrat nehmen die Strukturen stark ab, während die Bedeutung des Totholzeintrages für die Strukturvielfalt zunimmt.

subrezent: unmittelbar vor der erdgeschichtlichen Gegenwart liegend bzw. stattgefunden habend

Subrosionslandschaft: Landschaft, deren Morphologie geprägt ist durch Abtragung infolge Auslaugung und Ausspülung unter der Oberfläche (Sackungen, Erdfälle, Karstphänomene).

Talauebach (s.a. Sohlental): Tal mit fluvialer Sedimentfüllung.

Taldichte: Ist in der Regel größer als die Gewässerdichte, z.B. in Karstregionen, wo die in den Kaltzeiten entstandenen „Trockentäler“ (Verplombung des Untergrunds bei Dauerfrost) zahlenmäßig die heute durchflossenen Täler übertreffen. Wird wie die Gewässerdichte in km Lauflänge pro km² Fläche gemessen.

Talgletscher: Eisstrom (Gletscher), der in einem Tal fließt, ohne dieses ganz auszufüllen.

Torrente: Gewässerbett, das nur periodisch in den Regenzeiten Wasser führt (Mittelmeerländer: Winter).

Transport (s.a. Geschiebe): Man unterscheidet grundsätzlich Feststofftransport, Schwebstofftransport und den Transport gelöster Stoffe. Das fließende Wasser nimmt in Abhängigkeit von der Fließgeschwindigkeit Partikel in Suspension (Schweb, Trüb) auf, oder transportiert vor allem Sand durch Springen und Anstoßen (Saltation, Reptation) sowie größere Geschiebe durch Rollen in der Längsachse (Zurundung). Bei plattigem Ausgangsmaterial (bei schichtlagernden Gesteinen, z.B. Buntsandstein) wird das Geschiebe mehr durch gleitenden Versatz bewegt. Noch größere Geschiebe wie Blöcke werden eher indirekt durch Unterströmung wälzend bewegt.

under-fitted (s.a. Belastung): Gewässer mit Geschiebemangel und dadurch hervorgerufener verstärkter Erosionsenergie. Heute durch Verbaumaßnahmen, insbesondere Stauwehrbau, häufig zu beobachtende Störung des Gleichgewichtszustandes. Wenn genügend Grobgeschiebe vorhanden ist, entwickelt sich schnell eine erosionshemmende Deckschicht oder Abpflasterung aus.

Vorfluter: Gewässer der nächst höheren Ordnung, in das ein Gerinne mündet.

Windungsgrad: s.a. Krümmungsgrad

Zungenbecken: Große Hohlform im Bereich einer Gletscherzunge, die im anstehenden Gestein oder im Grundmoränensediment angelegt wurde.

Literaturhinweise

BRAUKMANN, U. & KÜBLER, P., ET AL. (1998): „Regionale Bachtypen in Baden-Württemberg“. Handbuch Wasser 2, Bd. 41, LfU Karlsruhe.

BRIEM, E.; FLEISCHHACKER, TH.; HUMBORG, G.; NADOLNY, I. (1996): „Typologische Untersuchung naturnaher Fließgewässer und ihrer Auen in Baden-Württemberg“. Endbericht des Projekts: Wasser - Abfall - Boden (PWAB), Forschungszentrum Karlsruhe.

BRIEM, E.; KURSAWE, K U. ZYLKA, H.- J. (1993): „Tal- und Gewässermorphologische Übersichtskarte von Baden-Württemberg 1:500.000“, in FORSCHUNGSGRUPPE FLIESSGEWÄSSER (1993).

CEMAGREF (1993): „Elements pour une Typologie Morphologique des cours d'eau du Bassin de la Loire“. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Montpellier.

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (1979): Hydrologischer Atlas der Bundesrepublik Deutschland, Boppard.

FORSCHUNGSGRUPPE FLIESSGEWÄSSER (1993): „Fließgewässertypologie - Ergebnisse interdisziplinärer Studien an naturnahen Fließgewässern und Auen in Baden-Württemberg mit Schwerpunkt Buntsandstein-Odenwald und Oberrheinebene“, Ecomed-Verlag.

HUMBORG, G. (1994): „Typologische und morphologische Untersuchungen an Bergbächen im Buntsandstein-Odenwald“. Mitteilungen des Instituts für Wasserbau der Universität, Heft 192, Karlsruhe.

MÄCKEL, R. & RÖHRIG, A. (1991): „Flußaktivität und Talentwicklung des Mittleren und südlichen Schwarzwaldes und des Oberrheintieflandes“. Berichte zur Deutschen Landeskunde, Bd. 65, Heft 2, Trier.

NADOLNY, I. (1994): „Morphologie und Hydrologie naturnaher Flachlandbäche unter gewässertypologischen Gesichtspunkten“. Mitteilungen des Instituts für Wasserbau und Kulturtechnik der Universität, Heft 189, Karlsruhe.

OTTO, A. & BRAUKMANN, U. (1983): „Gewässertypologie im ländlichen Raum“, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Reihe A: Angewandte Wissenschaft Heft 288, Münster-Hiltrup.

OTTO, A. (1991): „Grundlagen einer morphologischen Typologie der Bäche“, Mitt. Inst. f. Wasserbau u. Kulturtechnik, der Universität, Heft 180, Karlsruhe.

ROSGEN, D. (1996): „Applied River Morphology“. Wildland Hydrology, Pagosa Springs, Colorado/USA.

STRAHLER, A. N. (1957): „Quantitative analysis of watershed geomorphology“, Trans. Am. Geophys. Union, Transactions, No. 38.

SUNDBORG, A. NACH HJULSTRÖM, F. (1956): „The River Klarälven“, Geografisk Annaler.

Veröffentlichungen
der Reihe Handbuch Wasser 2 – Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie
 ISSN 0946 – 0675

Titel	Band	Jahr der Herausgabe	Preis (falls lieferbar)
Gewässerkundliche Beschreibung Abflußjahr 1990	1	1991	vergriffen
Bauweisen des naturnahen Wasserbaus Umgestaltung der Enz in Pforzheim	2	1991	30,00 DM
Gewässerentwicklungsplanung -Leitlinien -	3	1992	30,00 DM
Übersichtskartierung der morphologischen Naturnähe von Fließgewässern (Methode) - Vorinformation -	4	1992	vergriffen
Regionalisierung hydrologischer Parameter für Niederschlag-Abfluß-Berechnungen - Grundlagenbericht - - Programmdiskette -	5	1992	vergriffen (50,00 DM) (40,00 DM)
Ökologie der Fließgewässer Niedrigwasser 1991	6	1992	40,00 DM
Biologisch-ökologische Gewässeruntersuchung - Arbeitsanleitung - - Programmdiskette -	7	1992	 50,00 DM 40,00 DM
Verkrautung von Fließgewässern Einflußfaktoren, Wechselwirkungen, Kontrollmaßnahmen - Literaturstudie -	8	1993	vergriffen
Gewässerkundliche Beschreibung Abflußjahr 1992	9	1993	30,00 DM
Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern I. Erprobung ausgewählter Methoden	10	1994	30,00 DM
Gewässerrandstreifen	11	1994	30,00 DM
Gewässerkundliche Beschreibung Hochwasser Dezember 1993	12	1994	25,00 DM
Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg Regierungsbezirke Freiburg, Karlsruhe und Stuttgart	13	1994	vergriffen
Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg Regierungsbezirk Tübingen	14	1994	vergriffen

Übersichtskartierung des morphologischen Zustands der Fließgewässer in Baden-Württemberg 1992/93	15	1994	25,00 DM
Umweltverträglichkeitsprüfung bei Wasserbauvorhaben nach § 31 WHG Leitfaden Teil 1: Verfahren	16	1994	vergriffen
Morphologischer Zustand der Fließgewässer in Baden-Württemberg Auswertung und Interpretation der Ergebnisse der Übersichtskartierung 1992/93	17	1995	25,00 DM
Kontrolle des Japan-Knöterichs an Fließgewässern II. Untersuchungen zu Biologie, und Ökologie der neophytischen Knöterich-Arten	18	1995	30,00 DM
Gesamtkonzept naturnahe Unterhaltung von Fließgewässern Möglichkeiten, Techniken, Perspektiven	19	1995	15,00 DM
Naturnahe Umgestaltung von Fließgewässern Teil III: Dokumentation der Entwicklung ausgewählter Pilotvorhaben, erste Zwischenberichte der Erfolgskontrolle	20	1995	30,00 DM
Umweltverträglichkeitsprüfung bei Wasserbauvorhaben nach § 31 WHG Leitfaden Teil III: Bestimmung des Untersuchungsrahmens, Untersuchungsmethoden	21	1995	24,00 DM
Schadstoffdatei Rhein Dokumentation	22	1996	vergriffen
Schadstofftransport bei Hochwasser Neckar, Rhein und Donau im Januar 1995	23	1996	30,00 DM
Schwermetalle in den Sedimenten der Fließgewässer Baden-Württembergs	24	1996	15,00 DM
Bauweisen des naturnahen Wasserbaus Dokumentation und Bewertung am Pilotprojekt Enz/Pforzheim 1990-1995	25	1996	21,00 DM
Entwicklung der Fließgewässerbeschaffenheit – chemisch, physikalisch, biologisch – Stand 1995	26	1996	21,00 DM
Das Abflußjahr 1994 – ein Hochwasserjahr	27	1996	30,00 DM
Pilotprojekt "Konfliktarme Baggerseen (KaBa)" - Statusbericht -	28	1997	12,00 DM
Meßnetz-Zentrale Meßnetzprogramm	29	1996	30,00 DM

Pappeln an Fließgewässern	30	1996	30,00 DM
Rechtsgrundlagen der Gewässerunterhaltung Teil I: Überblick	31	1996	15,00 DM
Baggerseeuntersuchungen in der Oberrheinebene Auswertung der Sommerbeprobung 1994 und Frühjahrsbeprobung 1995	32	1997	15,00 DM
Nährstoff- und Schadstoffeinträge in Baggerseen (Literaturstudie)	33	1996	30,00 DM
Biologische Freiwasseruntersuchungen Rhein-Neckar-Donau - Planktonentwicklung - Bioaktivitäten - Stoffumsätze - 1994	34	1997	12,00 DM
Untersuchung der gentoxischen Wirkung von Gewässern und Abwässern	35	1997	18,00 DM
Dammscharten in Lockerbauweise bei Hochwasserrückhaltebecken	36	1997	24,00 DM
Ökologische Bewertung von Fließge- wässern in der Europäischen Union und anderen Ländern (Literaturstudie)	37	1997	15,00 DM
Saisonale, horizontale und vertikale Zooplanktonverteilungsmuster Eine Fallstudie für den Grötzingen Baggersee	38	1997	12,00 DM
Methodologische Untersuchungen zur Ermittlung des Biochemischen Sauerstoffbedarfs des Sediments und des Wasserkörpers in den Baggerseen der Oberrheinebene	39	1997	12,00 DM
Biologische Freiwasseruntersuchungen in Rhein, Neckar, Donau Berichtsjahr 1995-1996	40	1997	12,00 DM
Regionale Bachtypen in Baden-Württemberg Arbeitsweisen und exemplarische Ergebnisse an Keuper- und Gneisbächen	41	1997	36,00 DM
Statistische Untersuchung langfristiger Veränderungen des Niederschlags in Baden-Württemberg	41	1997	36,00 DM
Studie über ökohydraulische Durchlaßbauwerke für regulierbare Hochwasserrückhalteräume	43	1998	18,00 DM
Gewässerentwicklung in Baden-Württemberg Teil II: Gewässerentwicklungskonzept - Loseblattsammlung -	44	1998	-

Die Reihe "Handbuch Wasser 2" wird unter der Bezeichnung
 "Oberirdische Gewässer, Gewässerökologie" fortgesetzt
 ISSN 1436-7882

Rauhe Rampen in Fließgewässern	45	1998	27,00 DM
Gewässergeometrie	46	1998	27,00 DM
Bauweisen zur Hochwasserschadensbeseitigung	47	1998	24,00 DM
Gewässerentwicklung in Baden-Württemberg Teil I: Grundlagen und Faltblatt	48	1998	21,00 DM
Gewässergütekarte Baden-Württemberg	49	1998	42,00 DM
Beschaffenheit der Fließgewässer Jahreskatalog 1997 CD-Rom	50	1998	60,00 DM
Fließgewässerversauerung im Schwarzwald Ökologische Bewertung auf der Basis des Diatomeenbenthos	51	1999	27,00 DM
Ab- und Umbauprozesse in Baggerseen und deren Einfluß auf das Grundwasser - Literaturlauswertung -	52	1999	18,00 DM
Die Gewässerlandschaften Baden-Württembergs	53	1999	27,00 DM

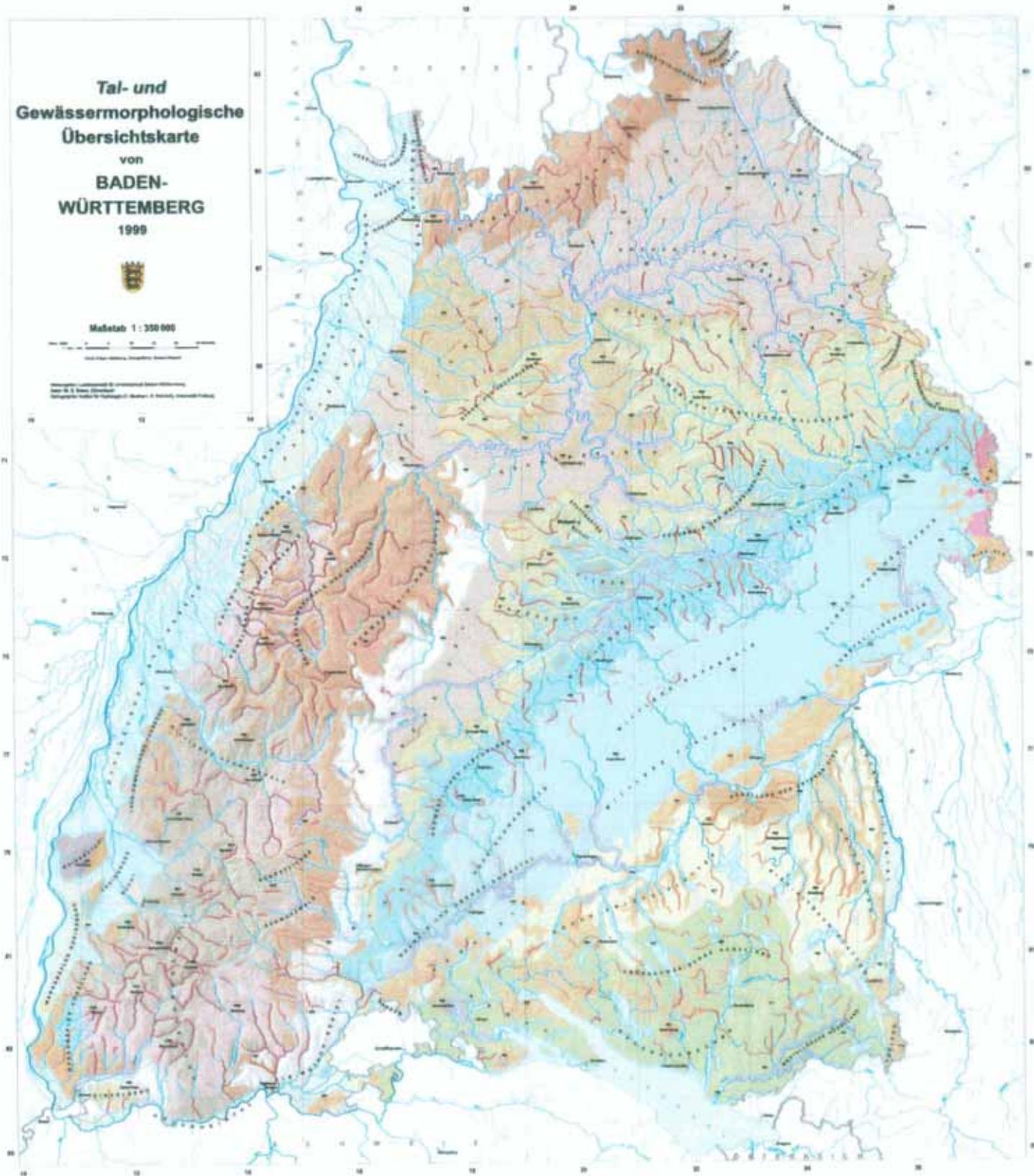
**Tal- und
Gewässermorphologische
Übersichtskarte
von
BADEN-
WÜRTTEMBERG
1999**



Maßstab 1 : 300 000



© Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Internationalen Zusammenarbeit
© 1999 Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Internationalen Zusammenarbeit



<p>Wasser</p> <ul style="list-style-type: none"> Fließgewässer Stauseen Stauseen Stauseen Stauseen 	<p>Wasserwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> Wasserwerk Wasserwerk Wasserwerk Wasserwerk Wasserwerk 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> Wald Wald Wald Wald Wald 	<p>Landwirtschaft</p> <ul style="list-style-type: none"> Landwirtschaft Landwirtschaft Landwirtschaft Landwirtschaft Landwirtschaft 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> Wald Wald Wald Wald Wald 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> Wald Wald Wald Wald Wald 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> Wald Wald Wald Wald Wald 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> Wald Wald Wald Wald Wald 	<p>Wald</p> <ul style="list-style-type: none"> Wald Wald Wald Wald Wald
--	---	---	---	---	---	---	---	---





LANDESANSTALT FÜR
UMWELTSCHUTZ
BADEN-WÜRTTEMBERG