

Kapitel 3

Morphologie der Fließgewässer

Geologische und klimatische Einflussfaktoren im jeweils durchflossenen Naturraum bestimmen die Entwicklung der Fließgewässer. Langfristige Prozesse bilden den Rahmen, in den sich kurzfristige Abläufe einfügen. In einem natürlichen Fließgewässer sind Linienführung und Längsprofil vorwiegend durch das Relief geprägt, während Erosion, Transport und Sedimentation das Gewässerbett formen. Langfristige und kurzfristige Prozesse überlagern sich ständig und finden ihren Ausdruck in der Gewässer- und Auenmorphologie (Bild 3.1).

Der Begriff „Wasser“ nach DIN 4049 Teil 1 beinhaltet alle in der Natur vorkommenden Arten von Wasser einschließlich aller darin gelösten, emulgierten und suspendierten Stoffe. Unter „Gewässerbett“ sind gemäß DIN 4047 Teil 5 die seitlichen Begrenzungen (*Ufer*) und die untere Begrenzung (*Sohle*) eines Gewässers zu verstehen. Nach DIN 4049 ist „Gewässer“ die Bezeichnung für das in der Natur fließende oder stehende Wasser einschließlich Gewässerbett und Grundwasserleiter. Eine Definition der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) geht weiter, da diese den Talraum mit einschließt (LAWA, 1996).

Die Entwicklung der Fließgewässer ist von einer Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender Prozesse abhängig, deren Gesamtauswirkungen sich u. a. in den

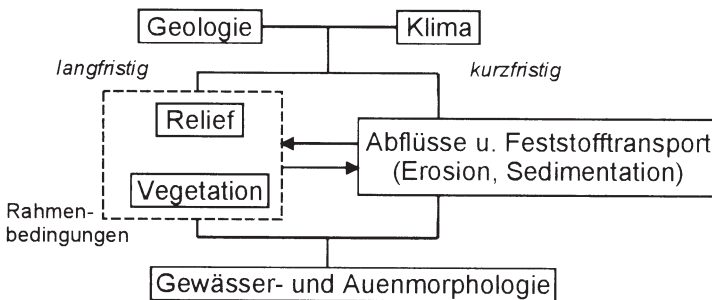


Bild 3.1 Einflussfaktoren auf die Fließgewässerentwicklung

abiotischen Parametern Linienführung, Längs- und Querprofil sowie Sohlenstruktur widerspiegeln. Die Veränderung eines Parameters bewirkt immer eine mehr oder weniger umfassende Anpassung aller anderen Faktoren. Obwohl die Kombinationsmöglichkeiten in diesem natürlichen Entwicklungsprozess sehr vielfältig sind, und einige Zusammenhänge noch der Klärung bedürfen, lassen sich vielfach Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Einflussfaktoren feststellen (Boon et al., 1991; Billi et al., 1992; ATV-DVWK, 2002b).

Bei einer intensiven oder gar nachhaltigen Einflussnahme durch den Menschen wird die Flexibilität dieses natürlichen Entwicklungsprozesses eingeschränkt bzw. die gesamte Ausrichtung verändert. Für die Planung und Umsetzung von Maßnahmen im naturnahen Wasserbau sind die Kenntnis und das Verständnis für diese Zusammenhänge von grundlegender Bedeutung.

Aus Gründen der Systematik wurde für die Darstellung der Fließgewässerentwicklung eine Unterteilung in abiotische (s. Kap. 3) und biotische Einflüsse (s. Kap. 4) gewählt, auch wenn diese Unterscheidung aufgrund der vielen Verknüpfungen nicht immer konsequent einzuhalten war. In den jeweiligen Kapiteln werden sowohl die natürliche Gewässerentwicklung als auch die Auswirkungen anthropogener Einflüsse beschrieben.

3.1 Klima

Das *Klima* ist der mittlere Zustand der Atmosphäre über einem festgelegten Gebiet. Elemente des Klimas sind Temperatur, Niederschlag, Luftfeuchte, Windrichtung, Windstärke, Bewölkung und Sonnenscheindauer. Aus der Breitengradabhängigen Strahlungsintensität und den jeweils typischen Zirkulationen ergeben sich gewisse Regelmäßigkeiten, die ihren Ausdruck in den unterschiedlichen Klimazonen finden (Trockenklimate, Regenwaldklimate usw.).

Von besonderer Bedeutung für die unterschiedlichen Klimasysteme ist die atmosphärisch-ozeanische Zirkulation, in die auch der Wasserkreislauf eingebunden ist. In Mitteleuropa entscheidet die Häufigkeit der *Advektion* (Luftzufuhr aus anderen Klimagebieten) von polarer und subtropischer Luft über Wärme und Feuchtigkeit des Klimas. Die Häufigkeit der Advektion wird durch die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre bestimmt.

Die lokalen Klimafaktoren werden durch die geographische Breite bestimmt, da davon z. B. die mittlere Neigung der Sonneneinstrahlung und deren Intensität abhängen. Die Ausbildung der Erdoberfläche als Meer oder Land, dessen Topographie (Berg, Tal) und Vegetationsbedeckung (Wald und Freiland) sind ebenfalls von Bedeutung. Durch das Zusammenwirken lokaler Klimafaktoren und Advektion entsteht das lokale Klima. Unterschiedliche Intensitäten der lokalen Klimafaktoren bewirken wiederum lokale Zirkulationen.

Zur Unterscheidung der Begriffe *Klima*, *Witterung* und *Wetter* kann die Dauer eines „klimatischen Geschehens“ herangezogen werden. Der Begriff „*Wetter*“ kennzeichnet lokale Klimavorgänge im Bereich von Stunden bis Ta-

gen, die *Witterung* erfasst den Bereich von Monaten bis zu den Jahreszeiten und das *Klima* darüber hinaus reichende Zeiträume. Zur Abgrenzung von Wetter und Klima (in der angelsächsischen Literatur wird der Begriff „Witterung“ nicht verwendet) wird auch die theoretische Obergrenze der Vorhersagewahrscheinlichkeit des Wetters benutzt. Diese beträgt ca. 2 bis 4 Wochen. Räumlich ist die Klimaskalierung offen; man spricht über das Lokal-, Regional- und Globalklima (Schönwiese, 1996).

In flächendeckender Form sind erst seit etwa 100 Jahren Klimadaten in geeigneter Form verfügbar (vornehmlich Temperatur, Niederschlag und Luftdruck). Die entsprechenden Messreihen repräsentieren die Schwankungen der einzelnen Klimatelemente in ihren jeweiligen zeitlichen und räumlichen Ausprägungen. Derartige Datenreihen bilden die Grundlage für statistische Analysen und Vorhersagen der Meteorologie. Ausgewertete Klimadaten von ausgewählten Messstationen werden z. B. vom Deutschen Wetterdienst in den jährlich erscheinenden „Deutschen Meteorologischen Jahrbüchern“ veröffentlicht.

Für die Wasserwirtschaft, und somit auch für den Wasserbau, sind die Art des Niederschlages (z. B. Regen, Schnee), seine Intensität, Verteilung und Dauer wesentliche Planungsgrößen.

Klimaänderungen werden in letzten Zeit immer häufiger als Grund für die Veränderungen der *hydrologischen Parameter* genannt (Stocker, 2003; Romero & Meuli, 2003). In den letzten Jahren ist es immer mehr zur Gewissheit geworden, dass die außergewöhnlich starke Erwärmung nicht nur durch natürliche Klimaschwankungen erklärt werden kann.

Ein von der UNO eingesetztes Expertengremium, das *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), hat festgestellt, dass ein Großteil der Erwärmung, die in den letzten fünfzig Jahren beobachtet wurde, auf menschliche Aktivitäten zurück zu führen sind (IPCC, 2007). Als Folge der Erwärmung wird laut dem Expertengutachten mit einem vermehrten Auftreten von extremen Wetterereignissen und Naturkatastrophen gerechnet.

Nach Seiler (2003) befinden wir uns derzeit inmitten eines umfangreichen globalen Klimawandels, der sich auf der regionalen Ebene unterschiedlich auswirkt und mit erheblichen ökologischen, ökonomischen sowie sozialen Folgen verbunden ist. Dieser Klimawandel und seine heute bereits erkennbaren Auswirkungen sind für jeden nachvollziehbar. Kennzeichen sind u. a. der Rückgang der Gletscher, das immer tiefere Auftauen der Permafrostböden im Hochgebirge, das veränderte Zugverhalten der einheimischen Zugvögel, der immer frühere Austrieb der Pflanzen, aber auch die Zunahme von meteorologischen Extremereignissen und die damit verbundenen Folgen, wie Überschwemmungen, Dürreperioden und Lawinenabgänge.

Die Reduktion der Treibhausgasemissionen, d.h. die Umstellung von fossilen Energieträgern (Kohle, Öl und Gas) auf erneuerbare Energien wie Wasser, Wind, Sonne, Biomasse und Geothermie ist deshalb heute ein wichtiges Ziel der Klimaschutzpolitik (BMU, 2003c). Die Wasserwirtschaft reagiert mit unterschiedlichen Konzepten und Anpassungsstrategien auf diese Veränderungen (u. a. Sprokkereef, 2006; Brahmer, 2006; Kleeberg, 2003).

3.2 Geomorphologie

Die klimatischen Einwirkungen auf die geologischen Formationen prägen die Form der Erdoberfläche (Relief). Die *Geomorphologie* beschreibt die sich ausbildenden Formen, beschäftigt sich mit ihrer Entstehung und versucht, die Gesetzmäßigkeiten ihrer Verbreitung zu erklären. Enge Beziehungen bestehen daher auch zu *Lithologie*, *Petrographie* und *Bodenkunde*. Durch die Verbindung von oberirdischem und unterirdischem Wasser sind u. U. auch hydrogeologische Aspekte zu berücksichtigen.

Die unterschiedlichen Talformen werden von den tektonischen Vorbedingungen, den Auswirkungen der Eiszeiten, von der Böschungsabtragung auf den Talflanken und dem Abtransport der Gesteinsmassen (fluviale Linearerosion) geprägt (Hrissanthou, 2001). An der weiteren Entwicklung der vorhandenen Morphologie sind Klimafaktoren (Niederschlag, Wind, Temperatur) und Standortfaktoren (z. B. Geologie, Geomorphologie, Boden, Vegetation) gleichermaßen beteiligt.

Beim Verwitterungsprozess wird zwischen physikalischer und chemischer *Verwitterung* unterschieden. Verantwortlich für die physikalische Verwitterung sind hauptsächlich mechanische Vorgänge, wie z. B. das Heraussprengen ganzer Felsstücke durch die Volumenzunahme des Wassers beim Gefrieren. Die chemische Verwitterung (z. B. im Karst) ist von der chemischen Zusammensetzung des Lösungsmediums „Wasser“ und der Resistenz der Gesteine abhängig. Die beiden Verwitterungsarten treten häufig gemeinsam auf; die jeweiligen Anteile sind unterschiedlich. Verwitterungsart und -produkte bestimmen maßgeblich den Chemismus eines Fließgewässers.

Nach der Lockerung des Gesteinsgefüges erfolgt der Abtrag der Schuttmassen mittels *Massenselbstbewegungen* (Stürze, Rutschungen, Fließbewegungen) und *Massenschurf* (durch Schnee in Form von Lawinen, durch Wasser in Form von Rinnenerosion oder Tiefen- und Seitenerosion im Gewässer – weitere Begriffe s. DIN 19 663). *Erosionen* sind Massenverlagerungen von Böden, Lockergesteinen und Festgesteinen mittels Wind oder Wasser (s. DIN 4047 Teil 7). Das Wasser ist in diesen Prozessen sowohl Lösungs- als auch Transportmedium (ATV-DVWK, 2002b; DVWK, 1996c; BayLfW, 1996b). Die verschiedenen Formen des *Massenabtrags* bei Wildbächen sind in Bild 3.2 dargestellt.

In Abhängigkeit von der Stabilität der Talflanken, der verfügbaren Feststoffmenge und der Transportkapazität des Fließgewässers sind charakteristische Talformen entstanden (Bild 3.3).

Klammtäler sind dort zu finden, wo die rückschreitende Erosion auf stabile Talflanken trifft und gleichzeitig das Transportvermögen des Wassers ausreichend groß ist, um die Gesteinsmassen abzutransportieren. Die Gewässersohle besteht aus dem anstehenden Felsen; eine Sedimentbedeckung ist nicht vorhanden. Die Begrenzung durch die Talflanken erlaubt nur geringe Querbewegungen des Gewässers.

Kerbtäler deuten auf eine ausreichende Versorgung mit Hangschutt und hinreichendes Transportvermögen des Gewässers hin. Blöcke und Geröll aus

dem Hangschutt bilden die Gewässersohle, die i. d. R. mit Sedimenten bedeckt ist. Fließgewässer in einer derartigen Talform haben wenig Spielraum zur eigenständigen Bettbildung.

Mulden- und Mäandertäler entstehen dort, wo die ausreichend vorhandenen Feststoffmaterialien aufgrund des zu geringen Transportvermögens nicht abtransportiert werden. In *Muldentälern* findet die Laufentwicklung im vorhandenen Hangschutt und in den eigenen Aufschüttungen statt, wobei durch Seitenschurf eine begrenzte Querentwicklung möglich ist. Die Sohle eines Fließgewässers in einem *Mäandertal* ist durch die Sedimente des jeweiligen Naturraumes gekennzeichnet.

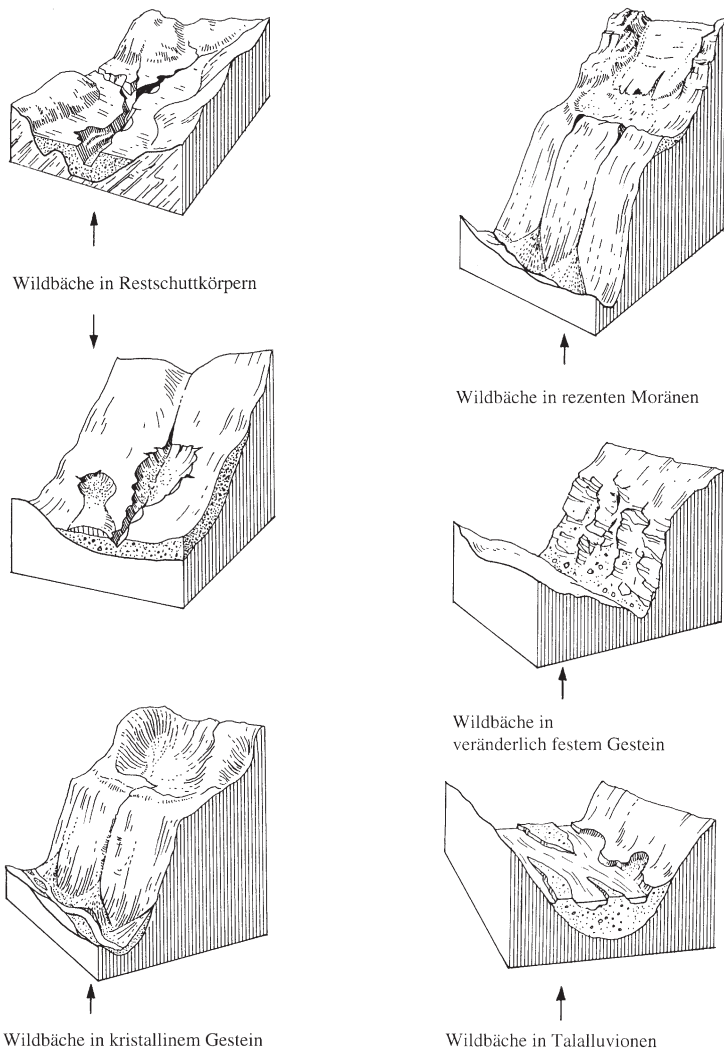
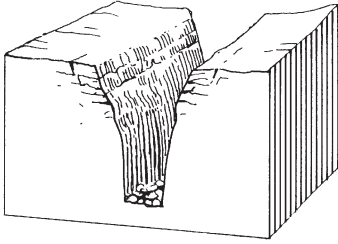
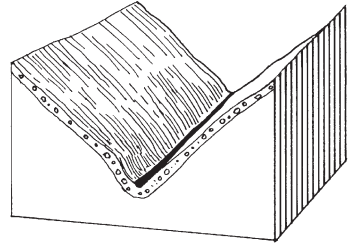


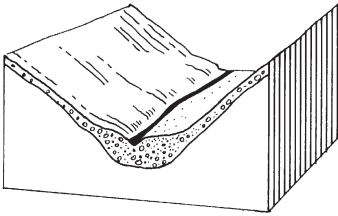
Bild 3.2 Massenabtrag im alpinen Raum (nach Bunza, 1982; s. DIN 19 663)



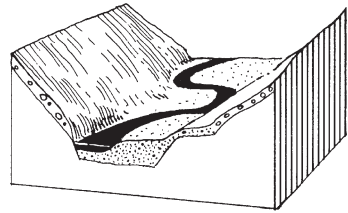
Klammtal



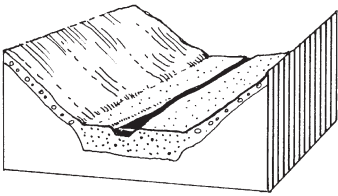
Kerbtal



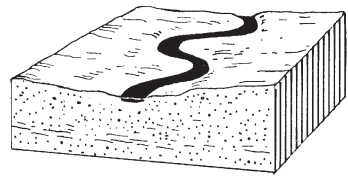
Muldental



Mäandertal



Sohltal



Flachlandtal

Bild 3.3 Peri- und postglaziale Talformen (nach Kern, 1994)

Voraussetzung für das Entstehen von *Sohlentälern* ist ein Übermaß an Geschiebe, das sich im Talraum abgelagert hat. Bei stärkerem Gefälle und großem Sohlenmaterial ist die Laufverlagerung von Fließgewässern in dieser Talform nur gering. Nimmt das Gefälle jedoch ab und besteht die Gewässersohle vorwiegend aus Sand und Kies, ist eine starke Tendenz zur Laufverlagerung mit der Bildung der typischen Auenstrukturen vorhanden. In diesen Fließabschnitten kann die Querentwicklung eines Fließgewässers von Bewuchsstrukturen an den Ufern erheblich beeinflusst werden.

In den *Flachlandtälern* sind Alluvialböden (z. B. Auenböden, Gleye, Marsche u. a.) vorzufinden, die aus angeschwemmten Böden und Sedimenten entstanden sind. Kennzeichen für die genannten Bodentypen sind u. a. schwankende Grundwasserstände.

Die in Mitteleuropa vorzufindenden Talformen mit einer ausgeprägten Terrassenbildung (periglaziale Terrassenbildung) sind meist auf die Auswirkungen

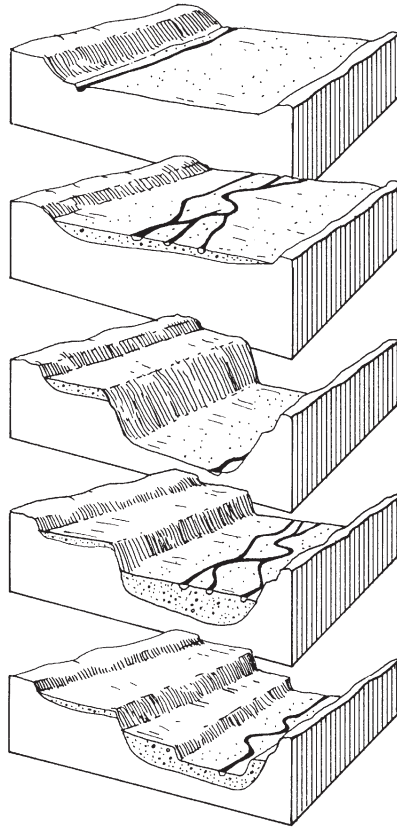


Bild 3.4 Periglaziale Terrassenbildung (nach Kern, 1994)

der kaltzeitlichen Frostverwitterung zurückzuführen. Die Wechsel zwischen den unterschiedlichen Klimastadien (Warm- und Kaltzeiten) begünstigten sowohl die Böschungsabtragung als auch die fluviale Linearerosion. Die Täler verfügten über eine sehr große Geschiebezufuhr, so dass bei Hochwasser immer ausreichend große Geschiebemengen vorhanden waren. Bei abnehmendem Gefälle wurde das Geschiebe in den Tälern abgelagert. In den Tälern pendelten die Flüsse von Talrand zu Talrand und sorgten für eine gleichmäßige Verteilung der Geschiebemassen auf dem Talgrund.

In den Warmzeiten zwischen den *Kaltzeiten* (Interglazialen) wurden die Hangbereiche durch die Vegetation vor Abtrag geschützt, so dass weniger Hangschutt in den Talgrund gelangte. Aufgrund der stabilen Uferböschungen wurde das Feststoffmaterial aus der Sohle entnommen und die Gewässer tiefen sich ein. An den Talrändern blieben dabei Bereiche stehen. Jeder Wechsel zwischen Kalt- und Warmzeiten führte so zu Terrassen unterschiedlichen Niveaus (s. Bild 3.4).

3.3 Natürliche Fließgewässerentwicklung

Den klimatischen Bedingungen entsprechend wird das Einzugsgebiet eines Fließgewässers mit Niederschlägen versorgt (Regen, Schnee, Tau, Reif usw.). Die dort vorherrschenden Bedingungen (lokale Klimafaktoren, Bodenparameter u. a.) bestimmen, welche Anteile verdunsten, versickern, über Grundwasser- und Sickerraum mehr oder weniger verzögert den Fließgewässern zufließen oder als Oberflächenabfluss innerhalb kurzer Zeit abflusswirksam werden (s. Kap. 6.2.3).

Das Wasser aus Quellen und oberirdischem Abfluss sammelt sich in den Tälern und fließt von dort unter Einfluss der Schwerkraft talabwärts. Auf seinem Weg bis zur Mündung werden verschiedene Zonen (Naturräume mit bestimmten geologischen Formationen u. a.) durchflossen, die sich in der unterschiedlichen Ausprägung bestimmter charakteristischer Merkmale des Fließgewässers niederschlagen. Die betroffenen abiotischen und biotischen Merkmale sind daher ständigen Veränderungen unterworfen.

In den folgenden Unterkapiteln sollen nur die Einflüsse der abiotischen Faktoren auf die *Fließgewässerentwicklung* beschrieben werden. Auf die enge Verknüpfung mit den biotischen Parametern (s. Kap. 4) wird jedoch nochmals hingewiesen. Die zahlreichen Verweise im Text markieren nur die wichtigsten „Brücken“ zwischen beiden Komplexen.

3.3.1 Gewässerbettbildende Prozesse

Der Energielieferant für alle abiotischen Vorgänge ist das im Verlauf eines natürlichen Fließgewässers mehr oder weniger kontinuierlich abnehmende Gefälle. Die sich ständig wiederholenden Prozesse *Erosion*, *Transport* und *Sedimentation* prägen die Fließgewässerentwicklung und spiegeln sich in der Linienföhrung, im Längsschnitt, in der unterschiedlichen Ausformung der Querschnitte sowie in der Ausstattung der Gewässersohle wider (u. a. Mangelsdorf & Scheurmann, 1980; ATV-DVWK, 2000b und 2002b).

Die Versorgung der Fließgewässer mit Feststoffmaterialien hängt von den Verhältnissen im Einzugsgebiet und vom Transportvermögen der Strömung ab (s. Kap. 3.2). Das Bettmaterial selbst stammt aus Feststoffherden im Oberlauf, von der Gewässersohle (Tiefenerosion) und von den seitlichen Berandungen (Seitenerosion). Das Material wird vom Wasser gelöst, aufgenommen und transportiert. Fließgewässer mit einem Überschuss an Strömungsenergie tiefen sich bevorzugt ein, da die angreifenden Kräfte an der Sohle am größten sind. Bei kleineren Fließgewässern trägt das Wurzelwerk des Uferbewuchses zusätzlich zur Stabilität der Böschungen bei (s. Bild 3.5 und **Farbtafel 20** S. 434 oben).

In einem natürlichen Fließgewässer führt die *Tiefenerosion* zur Ausbildung von Kolken, Stromschnellen, Kaskaden und Wasserfällen. Die *Seitenerosion* fördert die Bildung von Steilhängen an den Prallufern (s. Bild 3.5). Diese wer-



Bild 3.5 Prall- und Gleitufer – die Ufervegetation am Prallufer stabilisiert die Böschungen und sorgt für eine Beschattung des Gewässers

den nach einiger Zeit unterspült, brechen ab (Böschungsabbrüche) und werden anschließend von der Strömung abtransportiert. Auf diese Weise kommt es in diesen Bereichen zu einer allmählichen Verbreiterung des Gewässerbettes.

Beim Wegbrechen der Böschungen gelangen aber auch unterspülte Bäume, losgerissene Sträucher u. a. in die Gewässer. Diese werden dann z. T. als

Schwimmstoffe im Wasser mitgeführt. Andere Bewuchsstrukturen bleiben aufgrund ihrer Masse liegen oder setzen sich in stabilen Bewuchsstrukturen fest und beeinflussen so die Strömung lokal.

Den Fließquerschnitt verlegende Materialien (z. B. Totholz) können zu einer erheblichen Reduzierung der Abflussleistung führen. Sind keine negativen Auswirkungen (z. B. Schäden an den Uferstrukturen, Ausuferungen) zu erwarten, sollten derartige Elemente im Gewässerbett verbleiben, da sie zur Erhöhung der Strukturvielfalt beitragen (s. **Farbtafel 7** S. 421 oben). Andererseits müssen sie aus Gründen der Gefahrenabwehr durch die Gewässerunterhaltung (s. Kap. 12.3.2) entfernt werden, wenn die Abflussverhältnisse negativ beeinflusst werden. Ob eine Verklausung oder ein Genist entfernt werden muss, hängt oft nur von den Platzverhältnissen ab. Für das Gewässer als Lebensraum hat der Eintrag von organischen Materialien (Pflanzen, Sträucher, Bäume usw.) erhebliche Bedeutung (s. Kap. 4.1.4).

Bei einer Querverlagerung des Gewässers nimmt das Gefälle durch die Laufverlängerung ab. Dadurch wird gleichzeitig die für die Strömungs- und Erosionsvorgänge zur Verfügung stehende Energie reduziert. Die mitgeführten Feststoffe setzen sich in Bereichen mit geringen Fließgeschwindigkeiten ab, wodurch der ursprünglich vorhandene Fließquerschnitt eingeengt wird (z. B. durch Kies- und Sandbänke).

In einem natürlichen Fließgewässer werden diese Prozesse zusätzlich von den Schwankungen des Abflusses überlagert (s. Kap. 6.2). In Niedrigwasserzeiten lagern sich Feststoffe im Gewässerbett ab, wo sie eine Ablenkung der Strömung bewirken und sich bei höheren Abflüssen wieder in Bewegung setzen. Alle Gewässerbettstrukturen weisen daher mehr oder weniger ausgeprägte räumliche und zeitliche Komponenten auf. Den entsprechenden Rahmen bilden die klimatischen und geomorphologischen Gegebenheiten des jeweiligen Naturraumes (Kap. 3.1 und 3.2).

3.3.2 *Linienführung (Laufform)*

In Abhängigkeit von Längsentwicklung und Gefälle wird die gesamte Fließstrecke eines Gewässers in *Quellbereich*, *Oberlauf*, *Mittellauf*, *Unterlauf* und *Mündungsbereich* eingeteilt. Sieht man von Quelle und Mündung einmal ab, präsentiert sich die *Linienführung* im Grundriss als ein mehr oder weniger ausgeprägter Wechsel von Prall- und Gleituferstrukturen (s. Bild 3.6 und **Farbtafel 5** S. 419).

Die Beziehung zwischen Gefälle, bordvollem Abfluss und Linienführung ist in Bild 3.7 dargestellt. Im *Oberlauf* (starkes Gefälle) ist die Linienführung mehr oder weniger „gestreckt“ (s. **Farbtafel 8** S. 422 oben), der *Mittellauf* ist „gewunden“ oder „verästelt“ und der *Unterlauf* (geringes Gefälle) zeigt „mäandrierende“ (s. Bild 3.8) oder „verzweigte“ Laufformen.

Im Oberlauf ist das Bettmaterial überwiegend grob (Blöcke, Steine usw.) und wird fast ausschließlich sohlennah als Geschiebe transportiert. Im Unterlauf

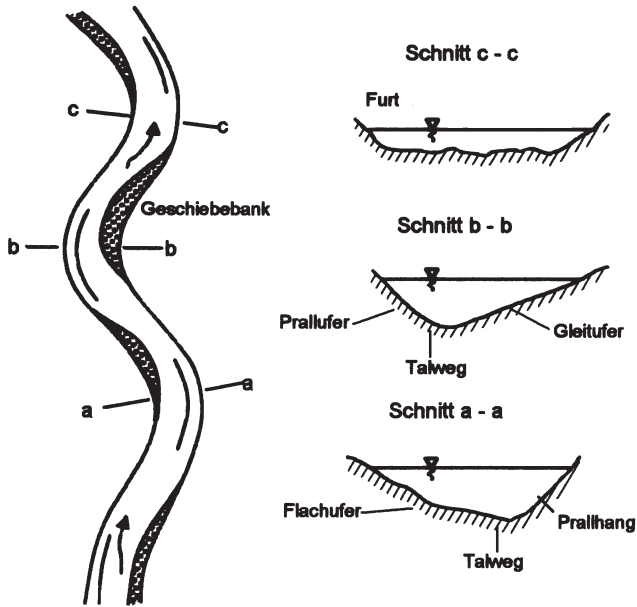


Bild 3.6 Linienführung – Wechsel von Prall- und Gleitufer in einem Fließgewässer (nach Vischer & Huber, 2002)

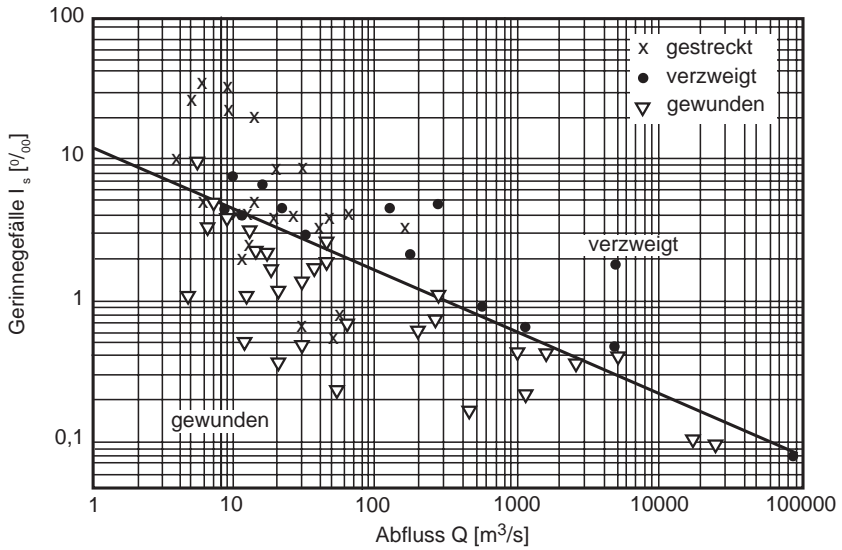


Bild 3.7 Laufentwicklung in Abhängigkeit vom Gefälle und bordvollem Abfluss (nach Leopold & Wolmann, 1957)



Bild 3.8 Mäandrierendes Fließgewässer – diese Lauform ist typisch für Gewässerabschnitte mit geringem Gefälle (Mittel- und Unterläufe) und ausreichenden seitlichen Entwicklungsmöglichkeiten

dominieren die feineren Materialien (Feinböden, wie z. B. Schluffe, Tone). Diese werden vorwiegend in Form von Schwebstoff bewegt.

Neben dem Gefälle und der davon abhängigen Transportkapazität haben die verfügbaren Feststoffmaterialien erheblichen Einfluss auf die Laufentwicklung der Fließgewässer. Bei geringer Feststofffracht ist die Linienführung auch bei wenig Gefälle weitgehend gestreckt. Mit zunehmender Feststofffracht wird die *Laufentwicklung* zunehmend durch die Umlagerungen im Gewässerbett beeinflusst (s. **Farbtafel 2** S. 416 unten). Die Lauform geht daher mit abnehmendem Gefälle von einem verästelten zu einem verzweigten Verlauf über (s. Bild 3.9).

Mit geringerem Sohlengefälle steigt die Tendenz zur Ausbildung von *Mäandern* (Gewässerschleifen). Diese ändern bei fortschreitender Erosionstätigkeit des Fließgewässers ständig ihre Form, bis es zuletzt im Bereich der Prallufer zum Durchbruch der Gewässerschleifen kommt (s. Bild 3.10, 3.11 und 3.13).

Die Zeit bis zum Durchbruch eines Mäanders hängt von der Erosionsbeständigkeit der vorhandenen Böden und dem Uferbewuchs ab. Dichter Bewuchs mit Weiden oder Erlen kann ein Ufer über Jahre vor Erosion schützen (s. auch Bild 3.5).

Altgewässer

Gewundene und mäandrierende Fließgewässer mit geringem Gefälle begünstigen die Bildung von *Altgewässern* (Altarme, Altwasser und Qualmgewässer).

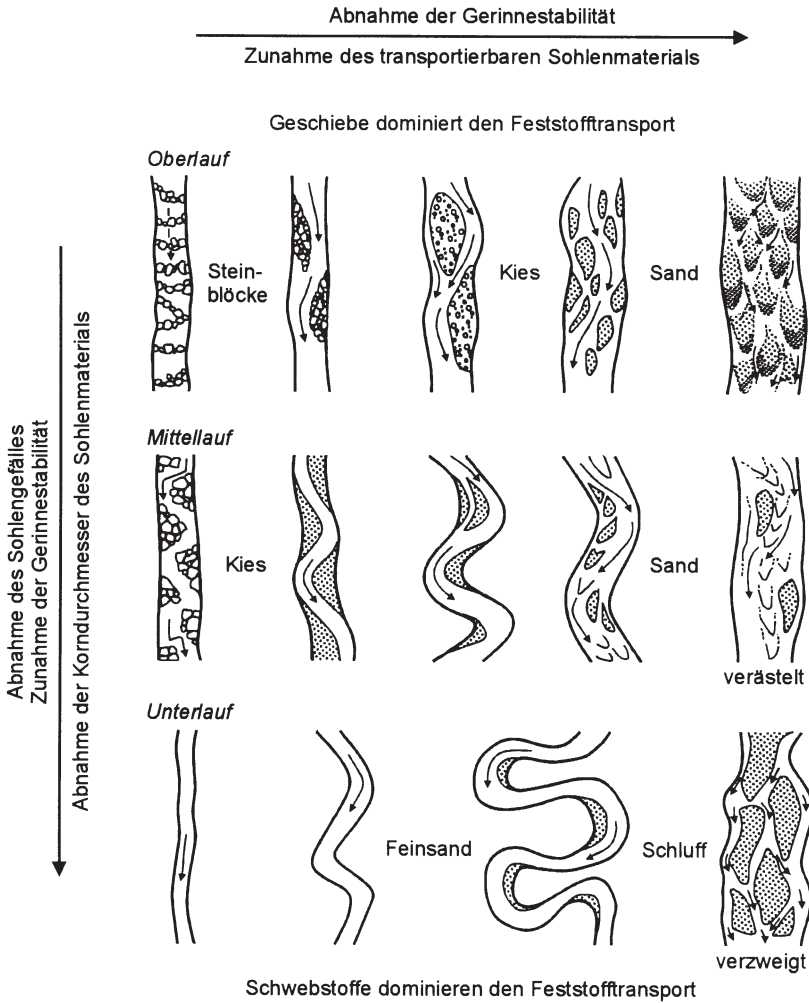


Bild 3.9 Laufformen von Fließgewässern (nach Hütte et al., 1994)

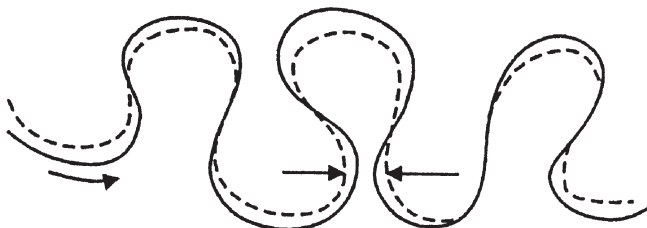


Bild 3.10 Entwicklung eines Mänders bis zum Durchbruch der Gewässerschleifen

An der langgestreckten, gekrümmten Form lässt sich immer noch erkennen, dass sie ehemalige Gewässerstrecken sind (s. Bild 3.11).

In Altgewässern sind daher die gleichen geomorphologischen Strukturen wie in Fließgewässern vorzufinden (Prallufer und Gleitufer, Struktur der ehemaligen Gewässersohle u. a.).

Altarme sind ehemalige Gewässerstrecken die einseitig (bei beidseitiger Anbindung sind Altarme nicht dauernd durchströmt; dauernd durchströmte werden als *Nebenarme* bezeichnet) mit einem Fließgewässer in Verbindung stehen und dadurch den schwankenden Wasserständen ausgesetzt sind (s. Bild 3.12).

Altwasser stehen dagegen nur bei Hochwasser mit dem eigentlichen Fließgewässer in Verbindung und nehmen nur dann am Abflussgeschehen teil (s. **Farbtafel 11** S. 425 oben).



Bild 3.11 Beim Durchbrechen der Mäanderschleifen bilden sich Altgewässer

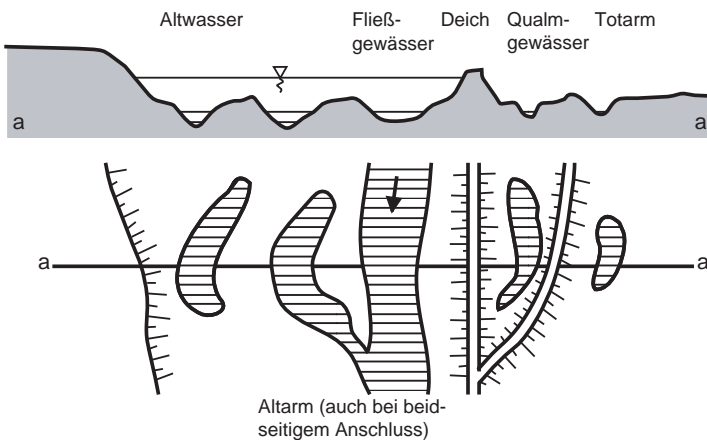


Bild 3.12 Typen von Altgewässern (nach DVWK, 1991a)

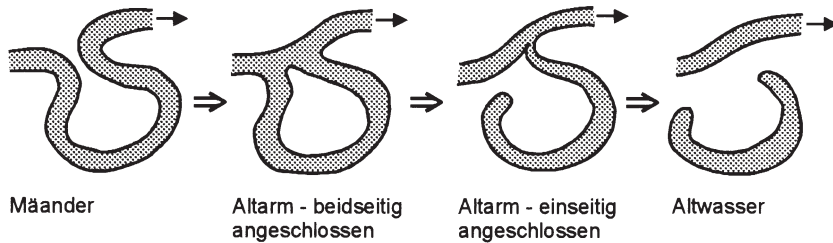


Bild 3.13 Entwicklung von Altgewässern (nach DVWK, 1991a)

Qualmgewässer sind durch Deiche vom eigentlichen Fließgewässerverlauf getrennt. Die Verbindung besteht nur über das Grundwasser.

Totarme sind ehemalige Altgewässer die ganzjährig weder ober- noch unterirdisch eine Verbindung zum Flusswasser haben (wenn z. B. abgedichtete Deiche vorhanden sind).

Die Strukturen von Altgewässern werden durch die Art der *Überschwemmung* beeinflusst. Unterschieden wird zwischen *Überflutung* (= fließendes Wasser) und *Überstauung* (= stehendes Wasser). Beide haben unterschiedliche Auswirkungen auf die abiotischen und biotischen Ausstattungsmerkmale (s. Kap. 4.1.5).

Ein wesentlicher Aspekt bei Altgewässern ist deren Alterung. Beim Durchbruch von Mäandern entstehen Altarme, die sich im Zuge der Alterung bis hin zu einem Altwasser entwickeln (s. Bild 3.13). Dabei spielen Auflandungen und Verlandungen eine entscheidende Rolle (DVWK-GfG, 1998).

Auflandungen werden überwiegend durch eingetragene Feststoffablagerungen (mineralisch) bei Überflutungen verursacht, während *Verlandungen* vorwiegend auf Ablagerungen von abgestorbenen organischen Substanzen zurückzuführen sind (s. **Farbtafel 11** S. 425 unten).

Im Unterlauf eines natürlichen Fließgewässers sind alle Übergangsstadien, vom mäandrierenden Fließgewässer bis hin zum Altwasser, vorzufinden. Altgewässer sind daher wesentliche Elemente einer natürlichen Flusslandschaft.

An Fließgewässern mit gestreckter Linienführung (Oberlaufcharakter) können aufgrund der geringeren Querentwicklung keine Altgewässer entstehen. Die an den Gewässern mit mittlerem Gefälle (Mittellaufcharakter) vorzufindenden Nebenarme sind wiederum viel zu kurzlebig, als dass diese die typische Entwicklung der Altgewässer durchlaufen könnten.

Durchbruchstrecken

Die Einteilung in Ober-, Mittel- und Unterlauf bedeutet jedoch keineswegs, dass die genannten Bereiche in dieser Reihenfolge oder nur einmal an jedem Fließgewässer vorzufinden sind. So können sich z. B. in einer *Durchbruchstrecke* (von einer Durchbruchstrecke spricht man, wenn ein natürlicher Stauriegel, z. B. ein Gebirge, von einem Gewässer in einem engen Tal durchbrochen wird),