

## 6. Anthropogene Beeinflussungen des Wasserhaushalts

Die in den vorangegangenen Abschnitten beschriebenen Teilprozesse des ober- und unterirdischen Wasserkreislaufes werden mehr oder weniger vom Menschen beeinflusst. Anthropogene Eingriffe können direkt im oder am Gewässer bzw. indirekt in dessen unmittelbarer Nähe (Einzugsgebiet) erfolgen. Dabei unterscheidet man solche, die durch menschliches Handeln direkte Auswirkungen auf den Wasserkreislauf zeigen und jene, die durch indirektes Handeln Veränderungen verursachen. Die folgenden Darstellungen sollen einen Überblick zum Thema darstellen und sind den Arbeiten von DYCK & PESCHKE 1995 sowie BAUMGARTNER & LIEBSCHER 1990 entnommen.

### 6.1 Bauliche Veränderungen

Bei den Eingriffen im Gewässerbett handelt es sich vor allem um den Bau von Schutzeinrichtungen gegen Überflutungen, um Flussausbauten für die Schifffahrt sowie um die Errichtung von Bauwerken zur Energiegewinnung. Dabei werden Flussbegradigungen und Flusseindeichungen durchgeführt, sowie Uferbefestigungen, Stauwerke und Rückhaltebecken angelegt. In allen Fällen wird hierdurch der Abfluss zeitlich und örtlich umverteilt, was sich auf Verdunstung und Versickerung im ufernahen Bereich auswirkt.

Von besonderer Bedeutung ist der Bau von Deichen. Diese verhindern dauernd (Winter- oder Hauptdeiche) oder für die meiste Zeit des Jahres (Sommer- oder Leitdeiche) die Überflutung der ausgedeichten Flächen. Dadurch werden dort Versickerungen und die Sedimentation der im Wasser mitgeführten Mineralien verhindert.

Als Hochwasserschutzmaßnahmen werden an Fließgewässern zur Hochwasserrückhaltung häufig Polder oder Staubecken angelegt (Rückhaltebecken). Dies sind ringbedeichte Flächen, die absichtlich beschickt und oft über längere Zeit gefüllt gehalten werden. Oft liegen diese Becken im früheren Überschwemmungsgebiet. Sie werden meist häufiger und in jedem Fall höher als früher überstaut. Die größere Stauhöhe kann zu Vernässungen von Gebieten außerhalb der Becken führen.

Eine weitere Gruppe von Wasserbauwerken stellen Talsperren für Trinkwasser- und Energiegewinnung sowie die Schifffahrtskanäle dar. Sie bilden ausgedehnte künstliche Wasserflächen mit hoher Verdunstung. Außerdem treten dort Grundwasseranreicherungen auf, die dort vorher nicht stattfanden.

Durch Wasserüberleitungen in andere Einzugsgebiete sowie durch oberflächengedichtete Speicher (zum Beispiel Pumpspeicherbecken) kann das Wasser seinem angestammten Gebiet entzogen werden. Flutsperrwerke im Tidegebiet ändern im Oberwasser die Überflutungsverhältnisse für das Hinterland und den Salzgehalt des Grund- und Oberflächenwassers in ihrem Einflussbereich.

Durch wasserbauliche Maßnahmen an Fließgewässern ergeben sich besondere Probleme für den Hochwasserwellenablauf. Durch Verkürzung der Lauflängen, Verminderung der Rauigkeit und Erhöhung der Fahrwassertiefen bei Mittel- und Niedrigwasser wird die Fließgeschwindigkeit erhöht.

Durch die Eindeichungen und Begradigungen verlieren die Flussläufe zum großen Teil ihr natürliches Rückhaltevermögen (Retention). Dies führt u.a. zu einer Beschleunigung und Erhöhung des Hochwasserabflusses. Durch die Beschleunigung des Hochwasserwellenablaufes kann es zu einem Zusammendrücken von Hochwasserscheiteln des Hauptflusses mit denen der Nebenflüsse kommen. Dadurch wird eine weitere Vergrößerung des Hochwasserscheitels unterhalb des Zusammenflusses bewirkt. Die Erhöhung der Fließgeschwindigkeit beeinflusst auch den Schwebstoff- und Geschiebehalt. Es treten Erosionen mit Senkungen der freien Wasserspiegel und der Grundwasseroberfläche im ufernahen Bereich auf. Dies wirkt sich auf die Vegetation aus. Ebenso zeigt der Bau von Staustufen zur Energiegewinnung und Schiffbarmachung eines Gewässers deutliche Auswirkungen. Dabei wird ein bis zu mehreren Metern über den früheren Wasserspiegeln liegender Dauerstau herbeigeführt. Zugleich werden die Grundwasserverhältnisse verändert. Die starke Senkung der Fließgeschwindigkeit bewirkt erhebliche Ablagerungen von Feststoffen in den Staubereichen. Dadurch treten unterhalb der jeweils letzten Staustufe wiederum Erosionen auf. Ablagerungen können zu Verklebungen der Oberfläche und Erosionen zum Anschneiden stark poröser Schichten führen und die Austauschvorgänge zwischen Oberflächen- und Grundwasserabstrom verändern.

Gelegentlich werden zum Zwecke des Landschaftsschutzes Eingriffe vorgenommen, wie zum Beispiel die Anlegung von Sohlenschwellen zur Verminderung der Erosion.

Zu den direkt auf das Gewässer einwirkenden anthropogenen Maßnahmen gehören auch die direkte Entnahme, Nutzung, Ableitung und Rückleitung von Wasser. Hierunter fallen vor allem die Nutzung des Wassers für Bewässerungszwecke oder zur Kühlung von Wärmekraftwerken. Bei diesen Maßnahmen wird dem Flusslauf Wasser entzogen und der Atmosphäre durch den Verdunstungsprozess zugeführt.

## **6.2 Konsequenzen der Landnutzung im Einzugsgebiet**

Bei den anthropogenen Maßnahmen auf den Landflächen handelt es sich um Eingriffe in die Landschaft durch Besiedelung und Industrialisierung (Urbanisierung), Umkultivierung der Landschaft und unmittelbar durch Landwirtschaft (Düngung, Bewässerung und Entwässerung) sowie die Forstwirtschaft (Abholzungen). Eine Beeinflussung der verschiedenen Komponenten des Wasserkreislaufs geschieht sowohl über die Vegetation als auch über die Bearbeitung des Bodens. Wälder stellen durch ihre hohe Transpiration einen großen Wasserverbraucher dar.

Der Wald hat durch die hohe Interzeption der Vegetationsdecke und die guten Infiltrationseigenschaften der Waldböden eine hochwassermindernde Wirkung, folglich sind Scheitelabflüsse nach starken Niederschlägen von bewaldeten Gebieten gegenüber denen unbewaldeter wesentlich geringer. Auch der in den Waldbeständen anders verlaufende Auf- und Abbau der Schneedecke bewirkt, dass sich die Schneeschmelzabflüsse in bewaldeten Gebieten über eine längere Zeitspanne erstrecken und dadurch die

Scheitelabflüsse geringer sind. Aus diesen Gründen können Durchforstung oder gar Kahlschläge einen beachtlichen Einfluss auf den Wasserhaushalt haben.

Nach Kahlschlägen von Waldbeständen kann durch den Fortfall der Interzeptionswirkung und durch Erosionserscheinungen auf größeren Teilen des Einzugsgebietes die Rohhumusaufgabe beseitigt werden. Dadurch entfällt deren Speicherwirkung und es wird das Infiltrationsvermögen und als Folge davon die Grundwasserneubildung vermindert, wobei erheblich vergrößerte Oberflächenabflüsse auftreten. Daneben werden durch die Erhöhung der Erosionswirkung größere Massen von Feststoffen wegtransportiert. Diese Stoffe werden in Talsperren oder Rückhaltebecken abgelagert und können zu einer Verkürzung der Lebenszeit solcher Speicher beitragen.

Der Wasserhaushalt wird ebenso durch die Landwirtschaft, wie Be- und Entwässerung, den Anbau verschiedener Kulturen mit wechselnder Fruchtfolge, durch Düngung und durch Umkultivierung der Landwirtschaft beeinflusst. Die Nutzungsart und die Fruchtfolge verändern den Abfluss und seine saisonale Verteilung über die Verdunstung, da jede Pflanzenart einen für sie spezifischen Wasserverbrauch hat. Die Verdunstung kann zusätzlich dann erhöht werden, wenn mehrere Fruchtfolgen in einer Wachstumsperiode nacheinander angebaut werden. Eine weitere Erhöhung der Verdunstung und somit Einflussnahme auf den Wasserhaushalt erfolgt durch den Einsatz von Düngemitteln, weil eine erhöhte Produktion der Biomasse auch erhöhte Transpiration erfordert.

Bewässerungen vermindern den Abfluss und vermehren die Verdunstung. Umgekehrt verhält es sich mit der Entwässerung landwirtschaftlicher Flächen. Sie ist erforderlich, wenn der Grundwasserstand bis nahe an die Bodenoberfläche reicht und dadurch eine landwirtschaftliche Nutzung erschwert. Durch die Entwässerung wird der Grundwasserstand gesenkt und somit die Verdunstung vermindert. Bei Hochwasser können dränierte Flächen abflussmindernd wirken, indem das entleerte Porenvolumen ein kurzzeitig höheres Speichervolumen darstellt. Nach Entwässerungsmaßnahmen sind auch Erhöhungen des Abflussscheitels beobachtet worden. Durch Austrocknung der Böden sind dabei Makroporen entstanden, durch die die Böden ein verbessertes Durchlassvermögen erhalten.

### **6.3 Wasserwirtschaftliche Folgen der Urbanisierung**

Mit Urbanisierungsmaßnahmen, das heißt der Anlage von Siedlungen, Verkehrsflächen und Produktionsstätten, geht eine Versiegelung von Bodenflächen einher. Das bedeutet eine beträchtliche Verminderung der Grundwasserneubildung und der Verdunstung, die dementsprechende Erhöhung des Oberflächenabflusses und die potentielle Zunahme von Oberflächen- und Grundwasserkontaminationen. Hinzu kommt, dass der auf die versiegelten Flächen fallende Niederschlag über erweiterte und ausgebauten Entwässerungssysteme (Rinnsteine, Rohrleitungen, offene Gerinne) ohne wesentliche zeitliche Verzögerung in den Vorfluter gelangt. Das bedeutet, dass die Abflusskonzentration verkürzt und der Scheitel der Hochwasserwelle aus dem versiegelten Gebiet früher auftritt und höher aufläuft. Da

Versiegelungen großräumig gesehen nie flächendeckend, sondern immer nur punktuell durchgeführt werden, kann der genannte Effekt in einem größeren Flusslauf jedoch auch hochwassermindernd wirken. Dies kann dadurch geschehen, dass vor der Urbanisierung sich überlagerte Einzelwellen später nacheinander ablaufen. Bei Hochwasserereignissen bei gefrorenen Böden kann der Urbanisierungseffekt vernachlässigt werden, da gefrorener Boden vorübergehend wie versiegelter Boden wirkt.

Einen Einfluss auf den Wasserkreislauf nimmt die Wasserentnahme aus dem Grundwasser für die Wasserversorgung. Durch sie kann der Grundwasserabfluss erheblich vermindert werden und zwar insbesondere dann, wenn das entnommene Wasser in benachbarte oder entfernte Gebiete überführt wird. Entnommenes Grundwasser wird überwiegend als Abwasser zurückgeleitet.

Große Baumaßnahmen nehmen Einfluss auf das schon im Boden befindliche Wasser. Bei Tiefbauarbeiten werden Grundwasserstände vorübergehend oder dauernd abgesenkt oder Wasserbewegungen durch unterirdische Einbauten wie Tiefgründungen, Tunnel, Dichtungswände verzögert oder sogar unterbunden. Durch tiefe Gründungen können auch Verbindungen zwischen verschiedenen Grundwasserstockwerken geschaffen werden. Der Bau von Stollen, zum Beispiel für die Überleitung von Wasser, kann den Wasserhaushalt der tangierenden Gebiete erheblich verändern. Das Befahren der Böden mit schweren Fahrzeugen bringt ganz allgemein durch Verdichtung der Böden verminderte Durchlässigkeiten. Ummantelungen mit Sand oder Kies der in den Verkehrsflächen verlegten Rohrleitungen haben unerwünschte Dränfunktionen vor allem in hängigen Lagen.

Auch jeglicher Bergbau hat neben den Veränderungen des festen Untergrundes bis hinauf zur Oberfläche immer auch Auswirkungen auf den Wasserhaushalt des betreffenden Gebietes. Bei Abgrabungen (zum Beispiel Auskiesungen) entstehen häufig größere Wasserflächen mit hoher Verdunstung. Im Tagebau können sich große Abbautiefen ergeben, so dass oft große Wasserhaltungen notwendig werden (Braunkohletagebau). Dadurch ergeben sich in der Gewinnungsperiode große Grundwasserabsenkungen und nach Verfüllung erhebliche Veränderungen der natürlichen Untergrundschichten.

Die meisten der genannten Einwirkungen können Veränderungen in der Höhenlage der Grundwasseroberfläche verursachen, verbunden mit Umstellungen in der Artenzusammensetzung der natürlichen Flora und Fauna sowie Folgen für die land- und forstwirtschaftlichen Bodennutzung. Neben diesen ökologischen Auswirkungen können auch Senkungerscheinungen an Bauwerken und Beeinträchtigungen von Wassergewinnungsanlagen eintreten.

Je nach der Durchlässigkeit des Untergrundes und je nach der Art der Vegetation können die Pflanzenwurzeln Grundwasser bis zu einer Tiefe von etwa einem bis drei Meter in Anspruch nehmen, ausgesprochene Tiefwurzler wie die Rebe noch darüber hinaus. Während Grundwasserabsenkungen zu Trockenschäden führen, verursachen Grundwasseranhebungen Vernässungsschäden.

Auf Bauwerke können sich je nach Bodenverhältnissen und Gründungsart Grundwasserabsenkungen negativ auswirken. Bei im Bereich bindiger Bodenarten liegenden Gründungssohlen, können Grundwasserabsenkungen zur Austrocknung der Böden und damit zu deren Schrumpfung führen. Es

können sich Risse im Bauwerk bilden. Ähnlich wirken Grundwasserabsenkungen durch Wegfall des Auftriebs auf das Bauwerk. Die Anhebung der Grundwasseroberfläche bis in den Bereich der Kellerräume führt zu Vernässungserscheinungen.

Grundwasserstandsänderungen können sich auf Wassergewinnungsanlagen auswirken. Die Absenkung der Grundwasseroberfläche führt, wenn es sich um Grundwasser mit freier Oberfläche handelt, zu einer Verringerung des Durchflussquerschnittes und zwingt damit zu einer verstärkten Absenkung des Wasserspiegels im Brunnen. Dadurch wird seine Ergiebigkeit vermindert.

#### **6.4 Indirekte Wirkungen menschlichen Handelns**

Neben den direkten Eingriffen des Menschen in den Wasserkreislauf können auch andere indirekt wirkende Maßnahmen Einflüsse auf den Wasserhaushalt zeigen. Hierzu gehören jene Einwirkungen, die das Klima beeinflussen. Beispielsweise treten infolge einer lebhafteren Thermik über urbanisierten Gebieten häufiger Starkregen auf.

Durch die Verbrennung fossiler Energieträger und Emissionen aus der industriellen Produktion steigt der Gehalt von CO<sub>2</sub> und anderen Spurengasen in der Atmosphäre. Dadurch wird die Durchlässigkeit der langwelligen Rückstrahlung der Erde durch die Atmosphäre vermindert und die Gegenstrahlung der Atmosphäre erhöht. Insgesamt wird die Wärmeabstrahlung der Erde (Glashauseffekt) herabgesetzt. Als Folge davon ändert sich der Temperatur- und Feuchtehaushalt der Atmosphäre (Klimaänderung).

Ferner werden durch Emissionen verschiedener Herkunft (Industrie, Haushalte, Kraftfahrzeug) Spurengase, Aerosole und andere Stoffe in die Atmosphäre gebracht, die nach Deposition die Böden hinsichtlich des Chemismus beeinflussen und dann zu Veränderungen der Bodennutzung (zum Beispiel Waldschäden) führen.

Durch eine Vielzahl der angeführten Maßnahmen, Direkteinleitungen von Abwasser, Lagerung von Abfallstoffen, Überdüngung landwirtschaftlich genutzter Flächen, übermäßiger Einsatz von Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmitteln und anderes wird die Wasserqualität von Oberflächen- und Grundwasser nachhaltig beeinflusst. Auf die damit zusammenhängenden Probleme kann hier nicht eingegangen werden.

#### **6.5 Aufgaben der Wasserwirtschaft**

Der Begriff Wasserwirtschaft wurde erstmals im 18. Jahrhundert im Zusammenhang mit der Bereitstellung von Wasser zum Betreiben von Bergwerken gebraucht. Wasserwirtschaft im heutigen Sinn ist die zielbewusste Ordnung aller menschlichen Einwirkungen auf das ober- und unterirdische Wasser. Sie gleicht die Spannungen zwischen dem natürlichen Wasserhaushalt und dem ständig wachsenden Ansprüchen des Menschen an das Wasser aus. Die Wasserwirtschaft schließt Aspekte der Wassergüte

ein. Dies sollte stets beachtet werden, auch wenn im Folgenden nur Fragen der Wassermengenwirtschaft behandelt werden.

Wichtige wasserwirtschaftliche Aufgaben erstrecken sich auf die gesicherte Nutzung von Teilen des natürlichen Wasserdargebots zur Versorgung mit Trink- und Brauchwasser, zur Bewässerung, zur Wasserkrafterzeugung und zur Niedrigwasseraufhöhung. Aufgaben zur Schadensverhütung bestehen beim Hochwasser oder bei der Überbrückung von Wasserklemmen in Dürreperioden. Eine weitere wichtige Aufgabe ist die Nutzung des Wassers für die Wasserkraft und als Transportmittel für die Schifffahrt. Der bestmögliche Ausgleich zwischen dem Wasserbedarf jeder Art und seiner Deckung aus dem natürlichen Wasserdargebot z.B. durch Speichern von Wasservorräten bei höchstmöglicher Ausnutzung des Dargebots ist Ziel jeglicher Wasserwirtschaft, da wir heute vor der Aufgabe stehen, den nicht beliebig vermehrbaren Rohstoff Wasser intensiv zu bewirtschaften.

Der ganzheitlichen Betrachtung, die in der Wasserwirtschaft geboten ist, trägt der Europarat durch die Verkündung der europäischen Wassercharta Rechnung, mit der er den europäischen hochentwickelten Staaten und ihrer Bevölkerung in eindringlicher Weise den Wert und die Bedeutung des Wasserschatzes stärker als bisher in das Bewusstsein bringen will. In der Charta wird die Notwendigkeit einer geordneten staatlich übergreifenden Wasserwirtschaft für ganze Stromgebiete betont, und der sorgfältige Umgang mit dem unentbehrlichen Gut Wasser in den Vordergrund gestellt. Die Wassercharta trägt damit der Entwicklung der modernen Industriegesellschaft Rechnung.

Die Realisierung verschiedener wasserwirtschaftlicher Ziele kommt in folge der Vielschichtigkeit der Eingriffe in den Wasserhaushalt und der natürlichen Eigenarten der Landschaft in einer Vielfalt von wasserbaulichen Lösungen zum Ausdruck, so dass die nachfolgenden Beispiele für wasserwirtschaftliche Maßnahmen nur einen auf die Wassermenge begrenzten Aspekt wiedergeben können. Nach Prüfung auf Umweltverträglichkeit sind die Auswirkungen der wasserwirtschaftlichen Maßnahmen auf die Wassergüte, sowie in ökonomischer und wasserrechtlicher Hinsicht zu prüfen.