

Abflussverhältnisse, Berechnungsmethoden, Dimensionierungs-Grundsätze

Autor(en): **Stetefeld, Wolfgang**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **66 (1974)**

Heft 4-5

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-921243>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Für wasserbauliche Massnahmen, aber auch für viele Hoch- und Tiefbauten im Bereich von Gewässern, sind die hydrologischen Bedingungen von ausschlaggebender Bedeutung. Für alle diese Bauvorhaben benötigt man hydrologische Daten. Und selbstverständlich ist die Kenntnis der hydrologischen Gegebenheiten die Grundlage aller wasserwirtschaftlichen Massnahmen und Planungen.

Innerhalb der komplexen Naturvorgänge des Wasserkreislaufes sei nur der Teil betrachtet, der für die uns gestellten Aufgaben von besonderer Wichtigkeit ist (Bild 1).

1. ABFLUSSVERHÄLTNISSE

Die Grundgleichung des Wasserhaushaltes heisst: Oberirdischer und unterirdischer Abfluss = Niederschlag — Verdunstung — ober- und unterirdischer Rückhalt.

Für grössere Flächen und längere Zeiträume gilt die Wasserhaushaltsgleichung in der allgemeinen Form: Abfluss = Niederschlag — Verdunstung.

Erforderlich ist nun ein möglichst dichtes Netz von Beobachtungsstellen zur quantitativen Erfassung des Wasserkreislaufes und die Auswertung der Messergebnisse, um die verschiedenen hydrologischen Daten zu erhalten.

Untersuchungen und Berechnungen beziehen sich im allgemeinen auf eine bestimmte Fläche, das sogenannte Einzugsgebiet, das von einem Bach oder Fluss — je nach Grösse auch von mehreren oder vielen — entwässert wird. Für unsere Belange gilt das orographische Einzugsgebiet: das ist die Fläche, die sich zu einer bestimmten Stelle (Beobachtungspunkt, Berechnungspunkt) eines Gewässers hin oberflächlich abdacht und entwässert. Eine Fläche, aus der die an der Beobachtungsstelle registrierten Abflussmengen tatsächlich entstammen, nennt man ein hydrographisches Einzugsgebiet. Bei grösseren Gebieten ergibt sich praktisch eine Uebereinstimmung der beiden, so dass in der Regel der Unterschied vernachlässigt werden darf.

Der Wasserhaushalt wird von den Geofaktoren Klima, Gestein und Boden, Vegetation und Oberflächengestaltung beeinflusst. Das Klima (Niederschlag, Temperatur und Strahlung) ist der wichtigste Geofaktor. Die Niederschläge haben verschiedene Erscheinungsformen: Regen, Schnee, Hagel. Bei Regen sind gebräuchliche Unterscheidungen: Starkregen, Gewitterregen, Schauer, Landregen/Dauerregen. Die Schneedecke kann die zeitliche Verteilung des Abflusses wesentlich beeinflussen. In der Schneedecke wird Niederschlagswasser oft über Wochen und Monate gespeichert. Tauwetter und auch Föhnwindbrüche führen zur Schneeschmelze, die sogar Hochwasser verursachen kann, insbesondere dann, wenn sich Schneeschmelze und Regen überlagern. Der Wasserwert der Schneedecke hängt von der Lagerdichte ab; er wird üblicherweise mit einem Dezimalbruch ausgedrückt. Frost wirkt sich auf den Abfluss aus, weil bei gefrorenem Boden ein erheblich grösserer Anteil der Niederschläge abfließt.

Gestein und Boden sind hydrologisch hinsichtlich der Eindringkapazität, der Durchlässigkeit und der Wasserhaltekapazität bedeutsam. Der Boden hat eine Pufferwirkung. Die hydrologische Ausgleichsfähigkeit zeigt sich darin, die niedrigen Abflussspenden zu erhöhen und den Hochwasserabfluss zu verringern. Eine hohe Eindringkapazität, für die ein entsprechendes Porenvolumen vorhanden sein muss, vermindert die Schnelligkeit des Abflusses. Für die Durchlässigkeit sind die Bodenarten (z. B. Sand, Kies, Lehm,

Ton) massgebend und bei dem Gestein: Dichte, Verwitterung, Spalten und Klüfte.

Die Bodenbedeckung (Wald, Ackerland, Wiese/Weide) hat eine grosse Bedeutung für den Abfluss. (Die Siedlungsgebiete werden in einem anderen Zusammenhang später behandelt.) Das Kronendach des Waldes und der Bodenbewuchs halten Niederschläge zurück (= Interception). Die so festgehaltenen Wassermengen werden dann durch eine unmittelbare Verdunstung dem Luftraum direkt wieder zurückgegeben und somit dem Abfluss entzogen. Waldflächen haben eine auf den Wasserhaushalt ausgleichende Wirkung: sie dämpfen das Hochwasser und liefern ein ziemlich konstantes Niederwasser. Ferner sind Waldgebiete weniger frostgefährdet.

Die morphologischen Verhältnisse bedürfen wegen ihrer Auswirkungen auf den Abfluss besonderer Beachtung bei den Untersuchungen und Berechnungen. Erhöhend auf den Abfluss wirken sich die engen, steilwandigen Täler aus, abmindernd z. B. Ebenen, Becken, muldenreiche Flächen. Die Zeitkomponente des Abflusses wird mit beeinflusst von den Gefällsverhältnissen der Gewässer, die in der Regel einen steilen Oberlauf, einen flacheren Mittellauf und einen Unterlauf mit geringem Gefälle haben.

Zusammengefasst: Der Abfluss — als ein Teil des Wasserhaushaltes — ist eine Funktion von Klima, Gestein und Boden, Vegetation und Oberflächengestaltung. Es ist offensichtlich, dass in den Untersuchungen und Berechnungen die Geofaktoren entsprechend ihrer Bedeutung sorgfältig erfasst und differenziert bewertet werden müssen.

2. DATENBESCHAFFUNG UND BERECHNUNGSMETHODEN

Da der Hydrographie im Mittelland zu wenige Beobachtungsstellen zur Verfügung stehen, sind für die vielen kleinen Gewässer, die heute jedoch eine zusätzliche Bedeutung als Vorfluter der kanalisierten Siedlungsgebiete besitzen, keine Messwerte vorhanden. Das ist insbesondere hinsichtlich der Hochwasserabflüsse von grossem Nachteil. Denn charakteristisch für das Mittelland sind die schnelle Zunahme der Besiedlung und die Entstehung von Agglomerationen durch ein Zusammenwachsen der Gemeinden (häufig Ausdehnung der Baugebiete bis an die Gemeindegrenzen). Von dieser Erscheinung betroffen werden vor allem die unteren Teile der Talschaften, in denen ohnehin das Abfluss-Maximum erwartet werden muss. Als erschwerend kommt noch hinzu, dass häufig viel zu dicht an das Gewässer gebaut, also lediglich ein schmaler Streifen freigelassen wurde. So wird bald ein Zeitpunkt erreicht, an dem die Hochwassersicherheit nicht mehr gewährleistet und ein Ausbau unvermeidbar ist. Sind keine auf Messungen beruhende, gesicherte Werte vorhanden, müssen mit den jeweiligen Verhältnissen am besten angepassten Methoden die fehlenden hydrologischen Daten ermittelt werden.

Es sind etliche Hochwasserformeln, die verschiedene funktionale Zusammenhänge ausdrücken, vorhanden. Ihrer Anwendbarkeit und Uebertragbarkeit auf die speziellen Verhältnisse des jeweiligen Falles sind meistens aber sehr enge Grenzen gesetzt. Die Grösse des Einzugsgebietes ist zwar ein Hauptfaktor, doch können in solchen knappen Formeln komplizierte und differenzierte Einflüsse der meist

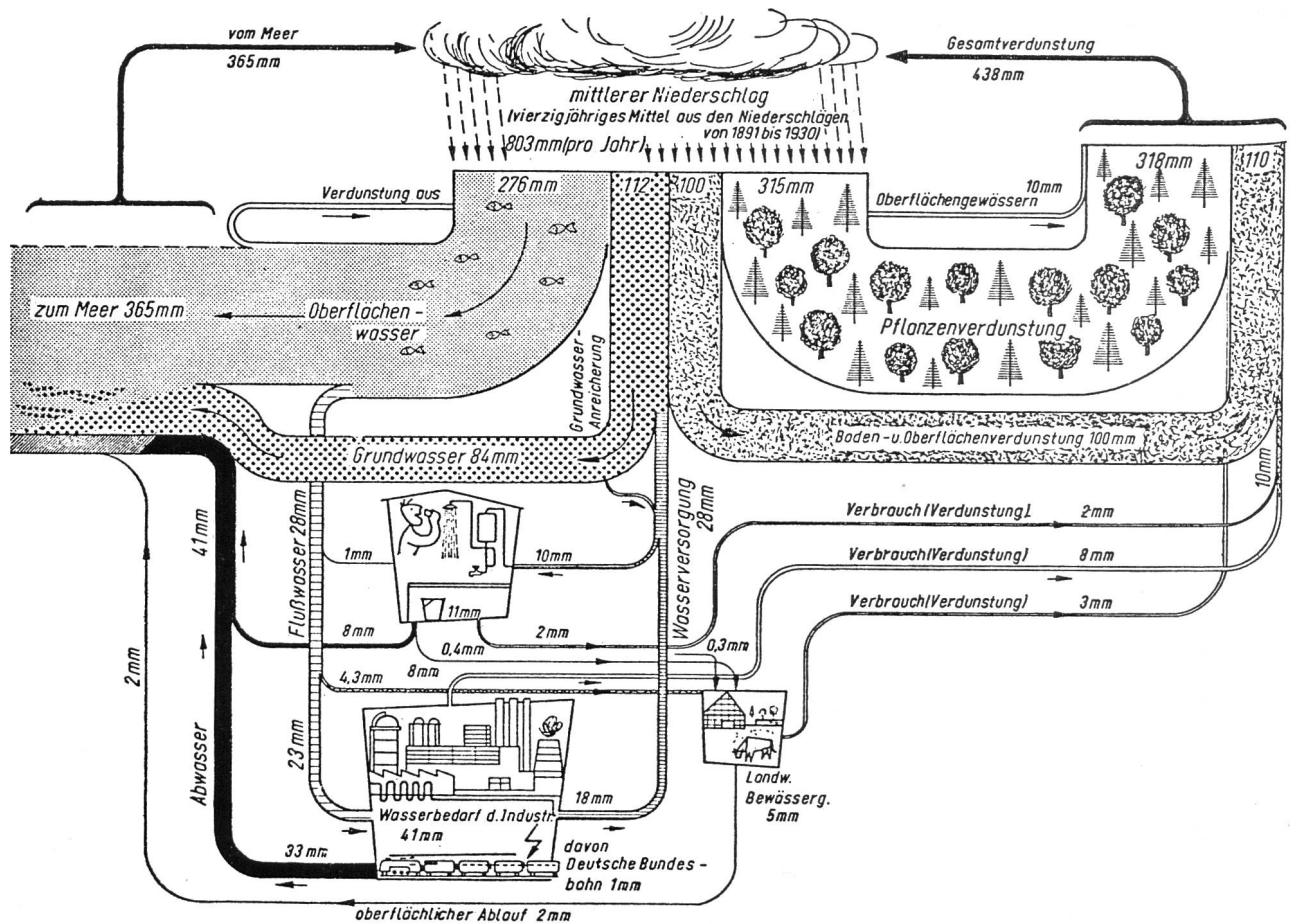


Bild 1 Wasserbilanz für Deutschland; über die schweizerischen Verhältnisse gibt es noch keine ähnliche Zusammenstellung.

verschieden zu bewertenden Geofaktoren nicht ausreichend zur Geltung kommen.

Ein weiterer, wichtiger Aspekt ist noch das Problem der Retention, die für einen Hochwasserabfluss entscheidend sein kann. Eine Berücksichtigung in einer Formel ist jedoch wegen der von Fall zu Fall verschiedenen Verhältnisse völlig ausgeschlossen.

Aus der Anzahl der bekannten Hochwasserformeln sei hier nur die Potenzformel angeführt. Nach dieser ist die Abflussmenge ein Produkt aus dem spezifischen Abfluss ($\text{m}^3/\text{sec} \cdot \text{km}^2$) und dem Einzugsgebiet (km^2). Der spezifische Abfluss ist der Quotient aus einem C-Wert und der dritten Wurzel aus dem Einzugsgebiet (km^2).

Der C-Wert sollte nun in bestmöglicher Annäherung alle den Abfluss beeinflussenden Faktoren — sie wurden schon erwähnt — in einer Zahl zusammenfassend ausdrücken. Die Auswertung von beobachteten Hochwasser-Ereignissen und Kontrollberechnungen nach anderen Verfahren ergaben für die C-Wert-Approximation gewisse Grenzen, auf bestimmte Haupteigenschaften der betrachteten Gebiete bezogen. In der Praxis wird es als ein Vorteil betrachtet, dass man mit der Potenzformel rasch und einfach — insbesondere für erste, überschlägige Dispositionen — die Grössenordnung bestimmen kann.

Die Beziehungen Niederschläge—Hochwasser sind eindeutig. Auf die kürzere Vergangenheit bezogen wurde uns allen diese Relation am 21. September 1968 und am 22./23. November 1972 in aussergewöhnlich eindrucksvoller Art von der Natur gezeigt.

Die Messung der Niederschläge ist ein wichtiger Teil der schon seit Jahrzehnten betriebenen meteorologischen Beobachtungen. Ergebnisse der Auswertungen von Regensmessdaten sind u. a. die Regenintensitätskurven. Kurvenscharen stellen den Zusammenhang zwischen Regenintensität und Regendauer bei bestimmten Ueberschreitungshäufigkeiten dar.

Für den Kanton Aargau gibt es eine Regenintensitätskurve — Ausgabe 1965 — für die Regendauer $T = 5$ bis 60, und 60 bis 150 min (formelmässig bis 1440 min) bei Jährlichkeiten von 1, 5, 10, 20, 30, 50 und 100. Die Entscheidung über die Jährlichkeit des Ereignisses ist mit abhängig von dem Anwendungsgebiet (z. B. Kanalisationstechnik, Melioration), siehe auch Bild 2.

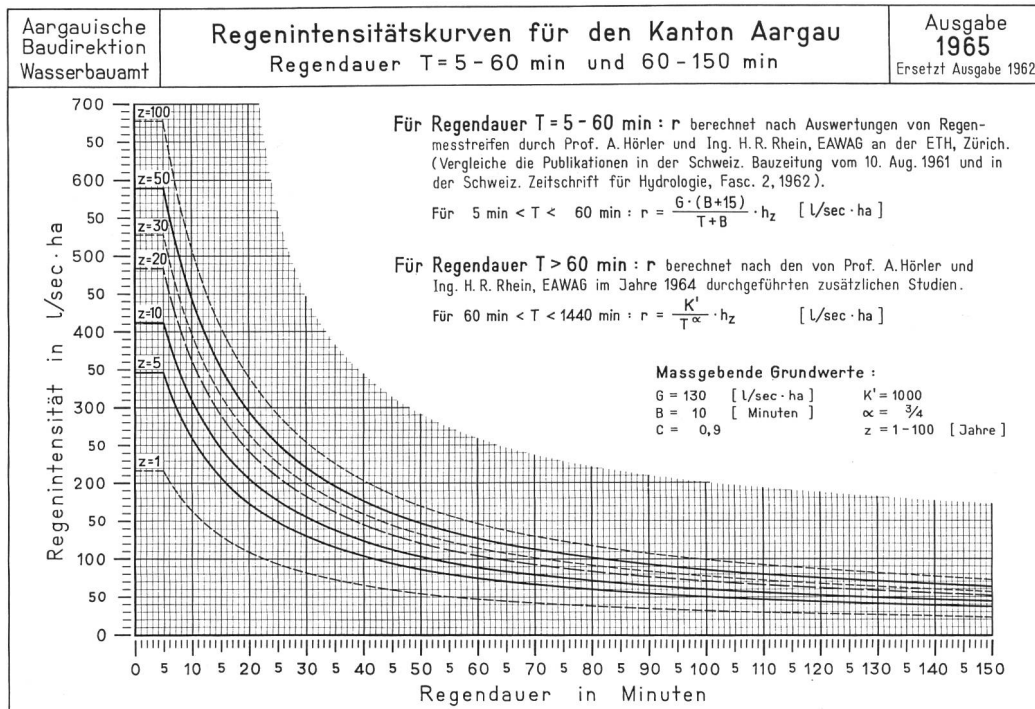
Nun kann mit einer Abflussformel der benötigte Hochwasserwert ermittelt werden.

Die allgemeine Form der Abflussformel lautet:

Abfluss = Abflusskoeffizient \times Fläche \times Regenintensität

Dabei gilt folgende Annahme: Es ergibt sich eine maximale Wassermenge, wenn der Abfluss aus dem ganzen Einzugsgebiet den Berechnungspunkt erreicht hat, das heisst, es wird mit einer Regendauer (bzw. dessen i, r) gerechnet, die der totalen Fließzeit (auch Laufzeit genannt) vom Rande des Einzugsgebietes bis zum betrachteten Punkt des Gewässers entspricht. Ferner wird eine gleichmässige Ueberregnung des ganzen Gebietes vorausgesetzt.

Zuerst wird auf einer Karte/Plan mit einem für diese Zwecke geeigneten Massstab das Einzugsgebiet festgelegt.



Dabei zeigt sich auch sofort, ob aufgrund von Oberflächen-gestaltung, Bodenbedeckung, Anteil von Siedlungsgebieten usw. eine Ausscheidung von Teileinzugsgebieten zweckmässig oder gar notwendig ist.

Die totale Fließzeit (Laufzeit) setzt sich in der Regel zusammen aus einem gerinzelosen Abfluss von der Wasserscheide bis zum Bach (oft im oberen Teil nur ein Graben) — dieser Zeitabschnitt wird mitunter auch Anlaufzeit genannt — und dem Abfluss in einem Gewässer bis zum Berechnungspunkt.

Bei der Bestimmung der Abflusskoeffizienten ist mit grösster Sorgfalt vorzugehen. Selbst innerhalb kleiner Einzugsgebiete sind häufig erhebliche Unterschiede in der Oberflächengestaltung, der Bodenbedeckung, der Bodenart usw. vorhanden und dann auch zu berücksichtigen. Sehr wichtig ist die differenzierte Erfassung der Siedlungsgebietsanteile, so wie sie durch Bauzonenpläne oder generelle Kanalisationsprojekte ausgewiesen sind.

In unseren Regionen haben wir schon viele Fälle, in denen der Siedlungsgebietsanteil der bestimmende Faktor für den Hochwasserabfluss ist.

Aus bekannten und verständlichen Gründen begnügen wir uns in dem hier beschriebenen Verfahren zur Hochwasserermittlung, das schon längere Zeit in der Praxis angewandt wird, mit konstantem Abflusskoeffizienten, wohl wissend, dass die Beiwerte eine gewisse (funktionale) Variabilität besitzen. Der Zukunft wird vorbehalten sein, mit verfeinerten Methoden im Computer-Einsatz in dieser Hinsicht genauere Ergebnisse zu erzielen.

Ausgegangen von der Tatsache, dass uns zur Lösung vielfältiger praktischer Aufgaben zu wenig hydrologische Daten zur Verfügung stehen, ist die Möglichkeit der Anwendung dieses hier knapp skizzierten Verfahrens — gebräuchlich ist die Bezeichnung Fließzeitverfahren oder Flutplanverfahren — als Positivum zu bewerten. Und die Voraussetzung ist mit der Erfassung des wichtigen Teilfaktors Regen durch die aargauische Regenintensitätskurve (Ausgabe 1965) gegeben.

Schon seit einigen Jahren bewährt sich die Anwendung bei den vielen kleinen und mittleren Einzugsgebieten, die entsprechend den Verhältnissen in unseren Regionen einen sehr hohen Anteil von Siedlungsflächen (Bauzonen) haben. Bei solchen Voraussetzungen erreichen wir mit diesem Verfahren eine bestimmt richtigere und genauere Abflussmengenermittlung, als es mit den üblichen Hochwasserformeln möglich wäre.

3. DIMENSIONIERUNG

Der Hochwasserschutz ist eine erstrangige Aufgabe des Wasserbaues. Die Notwendigkeit einer ausreichenden Sicherheit der Siedlungsgebiete vor den Gefahren des Hochwassers ist unbestritten. Gemäss einer grundsätzlichen Entscheidung des Eidg. Amtes für Strassen- und Flussbau (Bern) ist das Kriterium zur Bestimmung der Ausbaugrösse im Regelfalle — das sind vorwiegend die Korrekturen und baulichen Massnahmen innerhalb von Siedlungsgebieten — ein Hochwasserereignis von 100jähriger Häufigkeit. Aus der Bezeichnung einer x-jährigen Häufigkeit kann selbstverständlich nicht der Zeitpunkt des Eintretens des Hochwasserereignisses geschlossen werden, — auch lässt sich die Natur die Periode der Wiederkehr nicht vorschreiben.

Nachdem die Hochwasser- bzw. Ausbauwassermenge festgelegt worden ist, muss noch ein weiterer sehr wichtiger Wert für das Durchflussprofil — sei es offene oder geschlossene Führung, Trapez- oder Rechteckprofil, Durchlass oder Brücke usw. — bestimmt werden: das Freibord. Es ist dies eine «Sicherheitshöhe», für die es u. a. folgende wichtige Gründe gibt:

grosse Wasserführungen haben entsprechende Wellenbildung,

insbesondere das Hochwasser führt Geschwemmsel (Treibzeug) mit — das können Bäume, Aeste, Wurzelstöcke, Balken, Bretter, Büchsen, Flaschen, Reifen, Plastikartikel usw. sein,

mit Eisgang (Schollen) muss gerechnet werden, Geschiebeablagerungen können den Querschnitt reduzieren,

die zugrunde gelegte Wassermenge ist je nach angewandtem Verfahren bzw. gebrauchter Formel mit unvermeidbaren Ungenauigkeiten behaftet — die Naturereignisse sind eben nur in gewissen Grenzen erfassbar.

Das Freibord — also die freie Höhe zwischen dem Hochwasserspiegel (bzw. Q-Ausbau-Spiegel) und der oberen Begrenzung der Profile (bei Durchlässen, Brücken, usw. = UK-Konstruktion) — beträgt bei grösseren Flüssen zirka 1 m und bei kleineren Gewässern 50 cm.

Hochwasser-Durchflussprofil und Freibord müssen von jeglicher Bepflanzung (Bäume, Sträucher usw.) freigehalten werden. In den neueren und zukünftigen Korrekturen werden dafür separate Bepflanzungstreifen ausgewiesen.

Zum Abschluss darf noch erwähnt werden, dass die Belange des Naturschutzes und der Fischerei bei unseren wasserbaulichen Massnahmen in bestmöglicher Art und Weise berücksichtigt werden.

Adresse des Verfassers:

Ing. W. Stetefeld
Adjunkt Abt. Wasserbau und Wasserwirtschaft
Lenzhardstrasse 6
5600 Lenzburg

Wasser und Boden in der Reussebene

Markus Boller und Herbert Grubinger

DK 631.9

Vom Moränenriegel unterhalb Hermetschwil-Zufikon flussaufwärts erstreckt sich bis zur Mühlau eine etwa 3 km breite Ebene von einheitlichem Charakter, die aargauische Reussebene. Die Ebene links der Reuss zwischen den Gemeinden Mühlau und Rottenschwil mit einer Fläche von ca. 1900 ha und die rechtsseitige zwischen Jonen und Unterlunkhofen mit ca. 150 ha zeigen sich heute dem Betrachter als eine vom Zugriff der Technik weitgehend verschont gebliebene Flusslandschaft. Schon oft wurde die Schönheit des naturnahen, parkartig gegliederten Reusstales und die Vielfalt an pflanzlichem und tierischem Leben gepriesen. Immer wieder sind die landwirtschaftlich genutzten Flächen unterbrochen durch Feldgehölze, Ried- und Auengebiete, die der Ebene ihr äusseres Gepräge geben. Der Grund für die dem Erholungssuchenden sich offenbarende Vielfalt ist das einzigartige Zusammenspiel von Wasser und Boden, das für die seltenen Standorts- und Lebensbedingungen von Tieren und Pflanzen verantwortlich ist. Selbst dem Menschen wurde der Wohnraum vom herrschenden Wasserregime zugewiesen, hat er doch bis heute nur zaghaft gewagt, sich in der von ständig wiederkehrenden Hochwassern bedrohten Ebene anzusiedeln.

1. AUS DER REUSSTALCHRONIK

Von alters her hat vor allem die Reuss mit ihren verheerenden Hochwassern Marksteine in der Geschichte des Reusstales gesetzt. Bis zum Beschluss des aargauischen Grossen Rates im Jahre 1857 zur linksseitigen Reusstalentsumpfung traten Ueberflutungen der ganzen Ebene derart häufig auf, dass die landwirtschaftlich tätige Bevölkerung beinahe jährlich um ihre Erträge bangen musste. Die in den Jahren 1858 bis 1860 durchgeführten Arbeiten bestanden aus der Wegschaffung eines dem Kloster Hermetschwil gehörenden Wuhrs zur Schaffung besserer Vorflut, dem Bau der heute noch bestehenden Entwässerungskanäle Reuss- und Binnenkanal sowie der Erstellung eines durchgehenden Hochwasserschutz-Dammes von Mühlau bis zur Brücke Rottenschwil—Unterlunkhofen. Die einheimische Bevölkerung war und ist auf die Nutzung der Ebene angewiesen. Wuhrlasten und Meliorationsarbeiten haben zeitweise zu schier unerträglichen Belastungen und im vergangenen Jahrhundert zu hoher Verschuldung, ja zum Verlust des Hofeigentums geführt. Viele Anstrengungen wurden durch wiederkehrende Hochwasserkatastrophen immer wieder zu nichts gemacht. Vielen Bewohnern dürften die infolge Dammbruch eingetretenen Ueberflutungen von 1910, 1912 und besonders die letzte von 1953 noch in Erinnerung sein. Die Schäden von 1953 gaben schliesslich Anlass zu

neuen Impulsen in der Bekämpfung von Hochwasserkatastrophen in der Reussebene, nachdem die Hoffnungen auf eine Ausführung der Entwässerungsprojekte von 1941 bis 1945 im Rahmen des Ausbauplanes längst entschwunden waren. Die bis heute für die Sache der Reusstalgemeinden sich einsetzende Reusstal-Kommission wurde gegründet. Auf deren Drängen hin nahm die aargauische Baudirektion im Jahre 1954 die Arbeiten für ein neues Projekt an die Hand.

2. DIE REUSSTALMELIORATION — EIN MEHRZWECKPROJEKT

Inzwischen war man sich längst im klaren darüber, dass das anfänglich gesteckte Ziel eines neuen Projektes mit der Verhütung der Ueberflutungen und der Neuanlage von Entwässerungen nicht mehr genügen konnte, denn mehr und mehr wurden neben den Interessen der Talschaft auch diejenigen der Region, ja sogar der ganzen Schweiz angemeldet. Ueber das Reusstal hatte sich ein dichtes Netz vielfältiger Nutzungs- und Schutzwünsche gelegt, deren Erfüllung nur im Rahmen eines umfassenden Mehrzweckprojektes zu lösen war. Das Ergebnis der bis 1966 abgeschlossenen Arbeiten war ein Projekt, das zum einen den Hochwasserschutz wirkungsvoll mit dem notwendigen Neubau des Kraftwerkes Bremgarten-Zufikon verband, zum andern aber durch den damit verbundenen Eingriff in Wasserhaushalt und Vorflut der Talniederungen eine umfassende Neuordnung aller Interessen auslöste.

Seit Jahrzehnten war in der Schweiz und im Aargau die Idee der Integralmelioration im landwirtschaftlichen Bereich weiterentwickelt und durch das rechtliche und finanzielle Instrumentarium, etwa der Bodenverbesserungsverordnungen abgesichert worden. Mit den Zielsetzungen der Orts- und Regionalplanung wurden sodann die Wege vorgezeichnet, wie über die landwirtschaftlichen Interessen hinaus der gesamte ländliche Raum mit all seinen Problemen in eine Neuordnung einbezogen werden kann.

Auch im Reusstal sah man sich einer politisch, technisch, wasserwirtschaftlich und von der Strukturumwandlung her vielschichtigen und schwierigen Aufgabe gegenüber. Gegenseitige Zugeständnisse verschiedener, einander entgegen stehender Interessengruppen ermöglichten schliesslich das Reusstalgesetz auszuarbeiten, welches 1969 vom aargauischen Volk angenommen, nun die rechtliche Grundlage aller weiteren Planungen und Massnahmen bildet. Der Bereich «Wasser und Boden» ist darin mit den folgenden Aufgaben verknüpft: