

Tafel 5.3 Beeinflussung der Fliessgewässer durch Kraftwerke und Seen

Einleitung

In der Schweiz sind zahlreiche Oberflächengewässer durch verschiedenste wasserwirtschaftliche und bauliche Eingriffe beeinflusst. Die Wasserkraftnutzung, die Trink- und Brauchwassernutzung sowie die Seeregulierung zählen zu den bedeutenden mengenmässigen Eingriffen in den Wasserhaushalt der Gewässer. Daneben beeinträchtigt der Mensch auch die Qualität des Wassers in besonderem Masse (s. Tafel 7.2).

Die vorliegende Tafel behandelt mit der Beeinflussung der Fliessgewässer durch Kraftwerke einen wesentlichen mengenmässigen Aspekt. Im weiteren wird auch die Bedeutung der Seeregulierung für die Seen und ihre untenliegenden Gewässer dargestellt.

Beeinflussung durch Speicherkraftwerke

Die Wasserkraftnutzung erlebte in den Alpen und Voralpen besonders zwischen 1950 und 1970 einen starken Aufschwung. Dadurch wurden die Fliessgewässer zunehmend durch Wasserentnahmen und -rückgaben beeinflusst.

In den Stauseen und Ausgleichsbecken, welche auf der Kartenseite in Tabellenform aufgeführt sind, wird Wasser für Stunden, Tage oder Monate gespeichert. Es gelangt einerseits aus dem natürlichen Einzugsgebiet, andererseits über umfangreiche Leitungssysteme aus entfernter liegenden Gebieten in die Stauseen. Bei der Produktion von Strom wird das zwischengespeicherte Wasser zu einem späteren Zeitpunkt unterhalb der Kraftwerkszentrale dem ursprünglichen oder einem anderen Gewässer wieder zurückgegeben.

Auf der Karte sind alle grösseren Stauseen und Ausgleichsbecken sowie schematisch die Wasserfassungen und die Leitungssysteme mit der Fliessrichtung des Wassers aufgeführt. Dadurch lassen sich die Fliesswege des Wassers verfolgen. Es sind auch Leitungssysteme eingezeichnet, die primär der Trinkwasserversorgung dienen und nur nebenbei ein Kraftwerk speisen. Als Beispiel seien die Zuleitung aus dem oberen Einzugsgebiet der Saane nach Lausanne und die Wasserentnahme aus dem Bodensee in den Raum Stuttgart erwähnt.

Einzugsgebiete, welche die Jahresspeicher des Alpengebietes speisen, sind besonders hervorgehoben. Dabei wird zwischen dem natürlichen Einzugsgebiet eines Stausees (grün) und jenen Gebieten unterschieden, aus denen Wasser mit einem Leitungssystem in einen See übergeleitet wird (gelb). In diesen Einzugsgebieten sind die Fliessgewässer weitgehend unbeeinflusst.

Bei einigen Stauseen wird Wasser von tiefer liegenden Einzugsgebieten durch Pumpen zugeleitet. Der Umwälzbetrieb ist nicht dargestellt.

Aus dem System der Kraftwerksanlagen wird die Beeinflussung der Fliessgewässer verständlich: Zumeist im Sommer wird den Gewässern in grosser Höhe Wasser entzogen, welches im Winter im Unterlauf wieder zugeleitet wird. In den dazwischen liegenden Gewässerabschnitten verbleibt dadurch in der Regel nur noch ein Teil der natürlichen Wassermenge. Unterhalb der Rückgabestellen führen die Gewässer je nach Jahreszeit und Betriebszustand der Kraftwerksanlagen weniger oder mehr Wasser als natürlich abfliessen würde. Im Winter sind die Abflüsse im Unterlauf generell grösser als die natürlichen Mengen; sie können aber beispielsweise während Nachtstunden oder an Wochenenden durchaus auch darunter liegen.

Als zentrale Aussage zeigt die Karte in sechs Abstufungen den Beeinflussungsgrad der Fliessgewässer durch Kraftwerke mit einer maximal möglichen Leistung ab Generator von mindestens 300 kW. Der Beeinflussungsgrad wird als Prozentanteil des mittleren natürlichen Jahresabflusses beschrieben. Je kleiner dieser Prozentanteil ist, umso grösser ist die Beeinflussung. So verbleiben in der Klasse mit der grössten Beeinflussung im Mittel nur noch

weniger als 20 % des natürlichen Abflusses im Gerinne. Gewässer, die im Winterhalbjahr erheblich mehr Wasser als im natürlichen Zustand führen, sind besonders gekennzeichnet.

Die vier Diagramme in Figur 1 zeigen die saisonalen Schwankungen des Abflusses (Abflussregimes) im natürlichen und im beeinflussten Zustand. Dazu wird für jeden Monat das Verhältnis des natürlichen bzw. des beeinflussten Monatswertes und des natürlichen Jahreswertes gebildet (Pardé-Koeffizienten, vgl. Tafel 5.2). Die Diagramme stehen stellvertretend für die auf der Karte 1:2.2 Mio. eingetragenen Messstellen, für welche Abflussdaten sowohl für den Zeitraum vor als auch nach dem Kraftwerksbau zur Verfügung stehen.

Besonders in kleinen Gewässern sind die verbleibenden Abflussmengen grossen jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Zudem kann die Wasserführung kurzfristig stark von den kartierten mittleren Werten abweichen, da beispielsweise die Wasserfassungen bei Hochwasser nur einen Teil des Abflusses aufnehmen und den Stauseen zuleiten können. Immerhin wird durch diesen künstlichen Rückhalt von Wasser die Hochwassergefahr in den untenliegenden Tälern oftmals vermindert.

Unterhalb der Wasserrückgaben können durch den am Strombedarf orientierten Betrieb der Kraftwerke grössere Schwankungen in der Wasserführung entstehen (Schwellbetrieb), welche relativ häufige und schnelle Wasserstandsänderungen von bis zu einem Meter zur Folge haben (s. Fig. 2). Die davon besonders betroffenen Gewässerstrecken sind auf der Karte gekennzeichnet. Ihre Auswahl erfolgte anhand von Aufzeichnungen an Messstellen.

Grossräumige Überleitungen von Wasser von einem Flussgebiet (vgl. Tafel 6.1) in ein anderes sind ebenfalls in der Karte eingetragen. Bei den Überleitungsmengen handelt es sich im Vergleich zu den natürlichen Abflussmengen der betroffenen Flussgebiete um Anteile von maximal 5 %.

Methodik

Zur Berechnung des im Gewässer verbleibenden Anteils des mittleren natürlichen Jahresabflusses müssen einerseits der natürliche Abfluss, andererseits die abgeleitete Wassermenge bekannt sein. Da nur an relativ wenigen Orten im Gewässernetz Messungen dieser Grössen vorliegen, mussten sie mit Hilfe von geeigneten Verfahren bestimmt werden.

Der natürliche Abfluss wurde in Anlehnung an die in [1] verwendeten Daten und Methoden für jeden Entnahmepunkt abgeschätzt. Die Schätzmethode wurde auf der Basis von Messungen der natürlichen Abflüsse und verschiedener physiographischer Kenngrössen der jeweiligen Einzugsgebiete (Fläche, mittlere Höhe, Vergletscherung, Niederschlagshöhe) entwickelt.

Die an den einzelnen Wasserfassungen entnommenen Wassermengen ermittelte man rechnerisch. Die Summe dieser Wasserentnahmen entspricht jeweils der im Kraftwerk turbinieren Wassermenge. Diese Wassermenge kann mit Hilfe der in der Statistik der Wasserkraftanlagen [2] zusammengestellten Angaben über die Stromproduktionswerte (mittlere Produktionserwartung in kWh) und das mittlere Nettogefälle (Höhendifferenz zwischen Stausee bzw. Wasserfassung und Zentrale unter Abzug der Reibungsverluste) berechnet werden. Beim Zusammenhang zwischen Wassermenge, Nettogefälle und Stromerzeugung ist der Gesamtwirkungsgrad der maschinellen Einrichtungen einer Wasserkraftanlage zu berücksichtigen. In diesem Wirkungsgrad sind die Verluste bei der Umsetzung von hydraulischer in elektrische Energie in der Turbine und im Generator enthalten. Für die vorliegenden Berechnungen wurde ein einheitlicher Gesamtwirkungsgrad von 80 % angenommen.

Die derart berechnete turbinieren Wassermenge muss mit geeigneten Verfahren auf die einzelnen Fassungsstellen aufgeteilt werden. Erst dann kann der Anteil des verbleibenden Wassers berechnet werden.

Aus dieser Beschreibung geht deutlich hervor, dass die Berechnungen im Einzelfall insbesondere in kleinen Einzugsgebieten mit verschiedenen Fehlern behaftet sein können. Eine Überprüfung an Stellen, an denen Messungen der natürlichen und beeinflussten Abflüsse vorliegen, hat gezeigt, dass in der Regel die Beeinflussungskategorie zutreffend ermittelt wurde. Die Einteilung in verschiedene Kategorien bringt es aber mit sich, dass im Grenzbereich der Kategorien durchaus auch die benachbarte Kategorie die richtige sein könnte.

Beeinflussung durch Laufkraftwerke

Im schweizerischen Mittelland und im Jura nutzen zahlreiche Kraftwerke an mittleren und grösseren Flüssen die Wasserkraft. Es lassen sich hauptsächlich zwei Anlagentypen unterscheiden. Bei beiden Typen wird der Fluss durch ein Wehr aufgestaut. In der Karte sind diese Wehre und die vermutliche Ausdehnung des Staubeereichs im Fluss eingezeichnet. Beim einen Typ bildet das Maschinenhaus mit den Turbinen einen integrierenden Bestandteil des Wehrs. Auf dem gesamten Flussabschnitt fliesst stets die gesamte Wassermenge. Beim anderen Typ wird Wasser beim Wehr abgezweigt, über einen Oberwasserkanal zum Maschinenhaus und weiter über einen Unterwasserkanal zurück zum Fluss geführt. Zwischen der Abzweigung und der Rückgabe führt der Fluss nur noch eine Restwassermenge. Bei den Kraftwerken mit Ober- und Unterwasserkanälen können bisweilen recht komplizierte Abfolgen von Wasserentnahmen und -rückgaben, wie z.B. an der unteren Emme, entstehen. Die Karte kann solche Systeme wiederum nur schematisch beschreiben.

Beeinflussung durch Seeregulierungen

Mit Ausnahme des Bodensees und des Walensees werden alle grösseren Seen in der Schweiz reguliert. Sie sind mit einem beweglichen Wehr versehen, mit dem unter Einhaltung gewisser Vorschriften (Regulierreglemente) Seestand und Abfluss des untenliegenden Gewässers beeinflusst werden kann. Kleinere Seen verfügen oft über feste Wehre oder Schwellen, welche ebenfalls eine regulierende Wirkung auf den Seestand ausüben.

An den vier Beispielen in Figur 3 wird deutlich sichtbar, dass die Schwankungsbreite zwischen den monatlichen Höchst- und Tiefstständen dank der Regulierung abgenommen hat; damit ist auch die Anzahl von extremen Nieder- oder Hochwasserständen zurückgegangen. Durch die Regulierung wird nicht nur der Seestand, sondern auch die Wasserführung der untenliegenden Flüsse - allerdings nur in kleinerem Rahmen - beeinflusst. Reguliermanöver an einem Wehr sind vielfach an raschen Wasserstands- und Abflussänderungen erkennbar.

Literatur

- [1] **BWW (1968)**: Natürliche und durch Ableitungen beeinflusste Wasserführung der schweizerischen Gewässer (Stand 1.1.1967). Mitteilung des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft, Nr. 45, Bern.
- [2] **BWW (1973, 1990)**: Statistik der Wasserkraftanlagen der Schweiz. Bern.