

HENRY

Hydraulic Engineering Repository

Ein Service der Bundesanstalt für Wasserbau

Conference Paper, Published Version

Giesecke, Jürgen

Mindestwasserauflagen

Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit/Provided in Cooperation with:

Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/104173>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Giesecke, Jürgen (1995): Mindestwasserauflagen. In: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik (Hg.): Wasserkraft und Umwelt. Dresdner Wasserbauliche Mitteilungen 6. Dresden: Technische Universität Dresden, Institut für Wasserbau und technische Hydromechanik. S. 57-75.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.



Mindestwasserauflagen

1 Interessenkonflikt zwischen Wasserkraftnutzung und Ökologie

Im Bewußtsein der breiten Öffentlichkeit nimmt heute der Schutz der natürlichen Lebensgrundlagen Boden, Wasser, Luft eine hervorragende Stellung ein. So ist es u. a. das Ziel der Wasserwirtschaft, die Gewässer als Lebensräume zu sichern. Hinsichtlich der Energieversorgung steht im gleichen Sinne eines Umweltschutzes die Ausschöpfung heimischer Energiequellen im Vordergrund. Dies gilt insbesondere für die viele Vorteile bietende Wasserkraftnutzung, die vorrangig zu den umweltfreundlichen, ständig erneuerbaren Energieressourcen zählt. Weder durch Schadstoffe noch durch Wärmeausstrahlung werden Klima, Luft, Wasser und Boden infolge Wasserkraftgewinnung belastet. In Anbetracht der raschen Verfügbarkeit und der allgemeinen Akzeptanz in aufgeschlossenen gesellschaftlichen Gruppen hat die Wasserkraft innerhalb der Energieversorgung nach wie vor einen hohen Stellenwert.

Das Bauprinzip der Flußwasserausleitung, z. B. bei seitlich angelegten Mühlenbauten und sonstigen Anlagen der Wasserkraftnutzung, ist schon Jahrhunderte alt. Dabei mehr oder weniger trockengelegte und nur bei Hochwasserereignissen wasserführende Ausleitungsstrecken sind zunehmend in den Gegensatz zum Landschaftsschutz geraten. Hier sind in den Fällen wasserrechtlicher Genehmigungsverfahren, beispielsweise bei Wiedergewährung abgelaufener Konzessionen, neue Festlegungen für einen erhöhten Mindestwasserabfluß längs der Wasserentzugsstrecken zu Lasten der bisherigen Wasserkraftnutzung zu erwarten.

Demgegenüber ist mit der zunehmenden Nutzung regenerativer Energiequellen dringend geboten, den Wasserentzugsstrecken nur jenen, im Jahresablauf unterschiedlichen Anteil am ursprünglichen Abfluß im natürlichen Gewässer zurückzugeben, der sich für die Wiederherstellung einer nach Flora und Fauna intakten Flußlandschaft als unabdingbar erweist. Die Reduzierung jahrzehntelang gewährter Konzessionswassermengen für die Wasserkraftgewinnung zugunsten erhöhter Restwasserabgaben führt zu Energieeinbußen und damit zu ökonomischen Nachteilen. Es drohen dann nicht nur langwierige rechtliche Auseinandersetzungen über Entschädigungen, sondern es erhebt sich ebenso die Frage nach ausgleichender Ersatzenergie auf thermischer Basis mit erhöhten Umweltbelastungen. Ebenso spielen die Energieerzeugungskosten eine erhebliche Rolle.

Welches Gewicht der Interessenkonflikt besitzt, ist aus der Tatsache zu ersehen, daß das Bundesland Bayern aufgrund seines Wasserreichtums 18 % seines Strombedarfes aus Wasserkraft deckt, in Baden Württemberg liegt der Anteil bei 8 %. In der Bundesrepublik Deutschland betrug im Jahre 1992 das Regelarbeits-

vermögen von Laufwasser- und Speicherkraftwerken mit natürlichem Zufluß ca. 18.600 kWh/Jahr, womit die Wasserkraft bei weitem den größten Anteil an der regenerativ erzeugten Energie liefert. Der Anteil der Ausleitungskraftwerke bei Wasserkraftanlagen mit über 1 MW Ausbauleistung machte in Deutschland rund 25 % aus. Bei Anlagen unter 1 MW sind es bundesweit 75 %. Für Bayern bedeutet dies bei ca. 4.200 Wasserkraftanlagen etwa 3.100 Ausleitungskraftwerke, wovon rund 100 eine Ausbauleistung von mehr als 0,5 MW aufweisen.

2 Fachgremien für Leitlinien der Mindestwasserabgaben

Für die Abwägung der vorgenannten Problemkreise, d. h. mögliche Gewässernutzungen mit mannigfaltigen Gewässerfunktionen in der Verantwortung für Naturhaushalt und Technik in Einklang zu bringen, müssen Lösungswege durch Ingenieure und Naturwissenschaftler entwickelt werden. In dieser Zielsetzung kam es in den zurückliegenden Jahren zur Bildung von kompetenten Fachgremien. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) in der Bundesrepublik Deutschland schuf einen Arbeitskreis, der sich bis vor wenigen Monaten mit Grundsatzfragen zur Definition von Schwellenwerten im Niedrigwasserbereich und damit für die Mindestwasserführung zu beschäftigen hatte. Bis heute sind keine einheitlichen Mindestwasserregelungen getroffen worden. In wenigen Bundesländern befaßten sich Arbeitsgruppen mit diesen Fragen, wobei Baden Württemberg Anfang 1993 einen vorläufigen Erlass als Ergebnis eines interministeriellen Fachgremiums zur gesamtökologischen Beurteilung der Wasserkraftnutzung herausgegeben hat.

Der Deutsche Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK), Landesgruppe Bayern, führte als Hauptveranstalter ein vielbeachtetes internationales Symposium "Wasserwirtschaft und Naturhaushalt - Ausleistungsstrecken bei Wasserkraftanlagen" im Januar 1989 in München durch und richtete hierauf mit der Befürwortung durch die LAWA rund zwei Jahre später den DVWK-Fachausschuß 2.4 "Restwasser" ein. Diesem stellte sich die Aufgabe, im Rahmen des DVWK Regelwerkes ein technisches Merkblatt zu erarbeiten, das hauptsächlich die Bestandsaufnahme und die Empfehlung für prinzipielle Untersuchungsmethoden zum Ziele haben soll.

3 Kriterien für die Festlegung der Mindestwasserführung

Aus ökologischer Sicht ergeben sich vielseitige Anforderungen an das Gewässersystem in Bezug auf das Erscheinungsbild der umgebenden Landschaft, den Lebensraum Fließwasser und Flußauen, ferner auf die Gewässergüte und den Feststoffhaushalt. Die Wasserkraftnutzung in Verbindung mit einer Gewässer- ausleitung läßt sich in dem Maße vertreten, als daß die Naturgegebenheiten im Gewässer hinsichtlich Gewässerbiozönosen und Gewässerfunktionen hinreichend gewahrt bleiben. Dabei spielen die Wechselbeziehungen zwischen den in den betroffenen Lebensräumen vorhandenen Organismen und den vorherrschenden

Miliefaktoren eine Rolle. Den vielfältigen ökologischen Gesichtspunkten stehen ökonomische Aspekte wie Bauinvestitionen und Energiewirtschaft, Ertrag und Versorgungssicherheit gegenüber. Hinzu tritt die Bewertung der Erholungsfunktionen und der Freizeitgestaltung des Menschen an Fließgewässern, ferner die Bewertung der von diesen mitgeprägten Siedlungsstruktur.

Im Sinne einer sicherlich anzustrebenden intensiven Zusammenarbeit von Wasserwirtschaftlern, Bauingenieuren, Landschaftsarchitekten, Gewässerbiologen, Fischereifachleuten und Ökologen sollte vorteilhafterweise die Mitarbeit eines für die aufgezeigten Belange fähigen Ökologen schon bei der Bestandsaufnahme, bei der technischen Planung und der Baudurchführung einsetzen. Ebenso könnte ihm nach der Inbetriebnahme der Anlage die Erfolgskontrolle und allfällige Nachbesserungen in der Ausgestaltung des Gesamtprojektes obliegen.

Ausgewogene, den flußmorphologischen und ökologischen Erfordernissen angepaßte Mindestwasserfestlegungen lassen sich aus jeweils individueller, systematischer und nachvollziehbarer Wirkungsanalyse gewinnen. Aber es kann nicht erwartet werden, daß Lösungen für jedmögliche Fragestellung vorzulegen sind, die die wasser- und energiewirtschaftlichen Abhängigkeiten und die nach aquatischen und terrestrischen Unterscheidungsmerkmalen angesprochene Ökologie, zusätzlich zu Fischereifragen, Gewässerlandschaft und Siedlungsbereich, vollständig abdecken. Formelmäßige Ansätze, teilweise mit prozentualem Bezug auf vorhandene Abflußstatistiken, können allein diesen Erwartungen nicht gerecht werden.

4 Entwurf des DVWK-Merkblattes "Mindestwasser"

Der eingangs erwähnte DVWK-Fachausschuß 2.4 "Restwasser" setzte sich zum Ziel, den Stand der in der Fachwelt und in der breiten Öffentlichkeit erörterten Lösungswege zur möglichen Festlegung von Mindestwasserabgaben darzulegen, der Wasserbaupraxis am ehesten zugängliche Verfahrensschritte und sich anbahnende methodische Ansätze zu erfassen, schließlich den offensichtlichen Forschungsbedarf zu artikulieren. Als aktive Mitglieder des Fachgremiums konnten Fachleute aus Wasserwirtschaftsverwaltungen und Aufsichtsbehörden, aus Energieversorgungsunternehmen und Ingenieurberatungsfirmen, aus Kreisen selbständiger Experten und Gutachter sowie aus der Wissenschaft gewonnen werden. Hierunter befinden sich Ingenieure, Energiewirtschaftler, Biologen, Zoologen und Gewässerökologen, gleichfalls aus Österreich und der Schweiz.

In rund dreijähriger Arbeit entstand der Entwurf für das DVWK-Merkblatt "Mindestwasser" für den das Einspruchverfahren (Gelbdruck) demnächst eröffnet werden soll. Die Vorlagen werden hierbei den zuständigen Bundes- und Landesbehörden, den zuständigen Arbeitsgremien der LAWA sowie den betreffenden Fachkreisen zugeleitet. Er gliedert sich bei 155 Seiten Gesamtumfang in acht Hauptkapitel, wie sie aus Bild 1 mit der wesentlichen Untergliederung hervorgehen.

- 1 Einleitung
- 2 Bewertung der Wasserkraft
 - 2.1 Wirtschaftliche Bewertung der Wasserkraft aus Sicht der Betreiber
 - 2.2 Bewertung der Wasserkraft aus volkswirtschaftlicher Sicht
 - 2.3 Gesamtwirtschaftliche Betrachtung von Wasserkraftanlagen
 - 2.4 Schadstoffvermeidung durch Wasserkraft
- 3 Ökologische Auswirkungen von Ausleitungskraftwerken
 - 3.1 Aufstau
 - 3.2 Wehranlage
 - 3.3 Turbinen und Triebwasserkanäle
 - 3.4 Ausleitungsstrecken und Mindestwasserabgabe
- 4 Konstruktive Gestaltungsmöglichkeiten zur Verbesserung der ökologischen Gesamtsituation
 - 4.1 Entnahmebauwerke
 - 4.2 Staubereich vor dem Wehr
 - 4.3 Triebwasserkanal
 - 4.4 Kraftwerksbereich
 - 4.5 Mindestwasserstrecke
 - 4.6 Erhaltung der Durchgängigkeit
- 5 Zusammenfassung gängiger Methoden zur Mindestwasserbestimmung
 - 5.1 Einteilung der gängigen Methoden
 - 5.2 Verwendete Parameter in den gängigen Methoden
 - 5.3 Geltende Mindestwasserregelungen in der Schweiz, Österreich und Deutschland
 - 5.4 Auswirkungen verschiedener Mindestwasserregelungen auf die Stromproduktion
 - 5.5 Anwendbarkeit von Mindestwasserformeln und Verfahren
- 6 Ausführungsbeispiele
- 7 Zusammenfassung
 - 7.1 Beurteilung der derzeit gebräuchlichen Verfahren für Mindestwasserregelungen
 - 7.2 Verbesserte Verfahrensansätze
 - 7.3 Erforderliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten
 - 7.4 Vorschlag für eine Vorgehensweise aus heutiger Sicht
 - 7.5 Schlußfolgerungen
- 8 Bibliographie Mindestwasser

Bild 1: Inhaltsverzeichnis DVWK-Merkblatt „Mindestwasser“

5 Bewertung der Wasserkraft aus volkswirtschaftlicher Sicht

Mit der Einschränkung von Triebwasser zur Wasserkraftnutzung muß für den entgangenen Gewinn an elektrischer Energie entsprechender Ersatz geschaffen werden. Damit spielt ebenso eine Rolle, in welcher Weise und mit welcher Gewichtung aus volkswirtschaftlicher Sicht die Bewertung der Wasserkraft erfolgt. Für diese sind die externen bzw. sozialen Kosten anzusetzen, die zu den betriebswirtschaftlichen Gestehungskosten für eine kWh Strom hinzutreten.

Der Ausgleich von die Wasserkraft beeinträchtigenden Mindestwasserauflagen kann je nach den örtlichen Gegebenheiten durch nicht regenerative Energiequellen und durch regenerative dioxidfremde Energiequellen geschehen. Der erstgenannte Weg führt zur Bereitstellung der Ersatzenergie durch konventionelle oder nukleare Wärmekraftwerke, der zweite zur Nutzung weiterer Wasserkraft oder der Wind- und Sonnenenergie (Photovoltaik). Die Energieträger Wind und Sonne unterliegen wechselnder Verfügbarkeit, so daß sie primär keine kontinuierlich einsatzbereite Wasserkraftwerke ersetzen können. Daher muß die Überbrückung der Ausfallzeiten mittels Speicher geschehen, wofür ein Pumpspeicherkraftwerk mit Unter- und Oberbecken für Pumpen- und Turbinenbetrieb oder die Erzeugung von Wasserstoff als Speichermedium in Frage kommen. In beiden Fällen ist für eine gesicherte Stromversorgung eine erheblich größere installierte Kraftwerksleistung im Vergleich zu einem Laufwasserkraftwerk vorzuhalten.

Aufschlußreich zeigt das Berechnungsbeispiel in Bild 2 die maßgebenden Kenn- bzw. Energie- und Kostengrößen für den Fall einer Ersatzstrombereitstellung auf, die für die Kombination einer Photovoltaikanlage (Stromerzeugung) und einer Pumpspeichieranlage (Stromspeicherung bzw. Stromveredelung) gültig sind. Aus Bild 2 wird ferner ersichtlich, welche spezifischen Jahresverluste bei einem Verzicht von $1 \text{ m}^3/\text{s}$ Durchfluß, bezogen auf 1 m Fallhöhe, im Falle eines Ersatzstrombezuges anstelle von Wasserkraft anzusetzen sind.

Erzeugungsanlage	Leistung (kW)	Ausnutzungs-dauer (h/a)	Jahreserzeugung (kWh)	Erzeugungskosten (DM/ kWh)	Jahresbetrag (DM/a)
1 Wasserkraft	7,5·1,0·1,0 = 7,50	315 d.24 h = 7560	56700	0,14	7938
2 Photovoltaik					
2.1 Direkteinspeisung	7,50	900	6750		
2.2.1 Reststrombedarf (netto)			(49950)		
2.2.2 Reststrombedarf (brutto)	77,70	← 900	← 69930		
Faktor 1,4 = 1 : 0,7					
2.3 insgesamt 2.1 + 2.2.2	85,20	900	76680	1,20	92016
3 Pumpspeicherwerk	7,50	6660	49950	0,15	7493
4 Summe Photovoltaik + Pumpspeicherwerk					99509
5 Vergleich (Photovoltaik + Pumpspeicher)/ Wasserkraft	f. Erzeug. 85,2/7,5 = 11,4fach f. Pumpen 77,7/7,5 = 10,4fach				12,5fach

(Stomerzeugungskosten und Ausnutzungsdauer der Sonnenenergie entsprechend den Daten der Versuchsanlage Mont-Soleil im Berner Jura)

Der jährliche Erzeugungsverlust A_R läßt sich überschlägig nach folgender Formel ermitteln:

$$A_R = 9,81 \cdot \eta_{ges} \cdot Q_{Mindest} \cdot H \cdot 24 \cdot n = [kWh / a]$$

Hierin bedeuten:

9,81 = Wichte von Wasser ($g \cdot \rho$) [kN/m^3]

η_{ges} = Gesamtwirkungsgrad der Anlage [-]

$Q_{Mindest}$ = geforderter Mindestwasserabfluß [m^3/s]

H = Fallhöhe [m]

n = Anzahl Tage/a, an denen der Abfluß die Summe aus Mindestwasserabfluß und Ausbaudurchfluß des Wasserkraftwerks unterschreitet. An den übrigen Tagen des Jahres fließt ohnehin eine größerer Abfluß im Fluß. Dieser Wert liegt bei Laufwasserkraftwerken ca. zwischen 315 (neue Anlage mit sehr hohem Ausbaugrad) und 165 Tagen im Jahr (ältere Anlage mit sehr niedrigem Ausbaugrad). Diese beiden Werte sollen als überschlägige Grenzwerte für die im folgenden gemachten Abschätzungen herangezogen werden.

Beispiel für eine Kleinwasserkraftanlage:

Wichte Wasser \cdot Wirkungsgrade	7 bis 8	[kN/m ³]
(als Mittelwert)	7,5	[kN/m ³]
geforderter Mindestwasserabfluß	$Q_{\text{Mindest}} = 0,5$	m ³ /s
Fallhöhe	$H_f = 5$	m
Anzahl der Tage/a	$n = 225$	
Erzeugungsverlust:	$A_R = 7,5 \cdot 0,5 \cdot 24 \cdot 225 = 101250$	[kWh / a]

Standardisierte Erzeugungsverluste

Wenn man von einer standardisierten Mindestwasserabgabe von 1m³/s und einer Fallhöhe von 1 m, mit der sich eine Leistung von $7,5 \cdot 1 \cdot 1 = 7,5$ KW erzeugen läßt, ausgeht, dann ergeben sich die Erzeugungsverluste zu:

$$A_{R,u} = 7,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \cdot 165 = 29\,700 \text{ kWh/a}$$

(standardisierter unterer Grenzwert, niedriger Ausbaugrad, $n = 165$ Tage/a)

$$A_{R,o} = 7,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 24 \cdot 315 = 56\,700 \text{ kWh/a}$$

(standardisierter oberer Grenzwert, hoher Ausbaugrad, $n = 315$ Tage/a)

Bild 2: Rechenbeispiel für den Ersatz von Strom aus Wasserkraft (hoher Ausbaugrad) durch eine Photovoltaik- und Pumpspeichieranlage

In Bild 3 unterstreichen die auf verschiedene Energiequellen bezogenen Kostenfaktoren den hohen, hier ökonomischen Wert der Wasserkraftnutzung.

Kostenvergleichsfaktoren

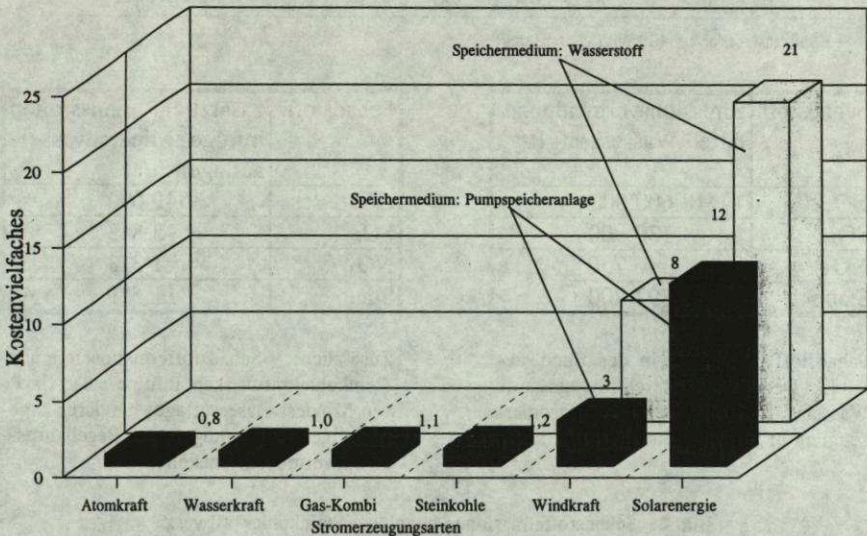
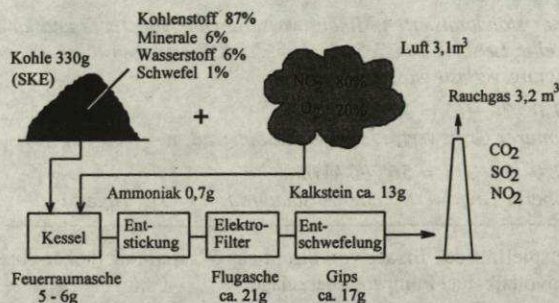


Bild 3: Kostenvergleichsfaktoren für verschiedene Stromerzeugungsarten

Schließlich können die bei einem Wärmekraftwerk mit Kohlebefeuerung auftretenden Mengenströme für Brennstoff, Rauchgas und Schadstoffemissionen aus Bild 4 entnommen werden. Im Vergleich hierzu sind die Mengen der Schadstoffvermeidung bei Nutzung gleichwertiger Wasserkraft genannt.

Ein weiteres Kriterium für die Bewertung des durch Mindestwasserfestlegungen verursachten Stromerzeugungsverlustes stellen im Falle von Steinkohlekraftwerken die Schadstoffemissionen (Kohlen-, Schwefel- und Stickoxyde, ferner Staub) dar.



Bestandteile des Rauchgases	nach Kessel g / kWh	nach Entstickung g / kWh	nach E.-Filter g / kWh	nach Entschweflg. g / kWh
CO ₂	1000	1000	1000	1000
SO ₂	7	7	7	0,7
NO _x	2,5	0,7	0,7	0,7
Asche, Staub	21	21	0,1	0,05

Kühlwasserbedarf: 1,4 l/kWh (Verdunstung)

Schadstoff	Emissionsvermeidung durch Wasserkraft [t/a]
CO ₂	18 600 000
SO ₂	130 900
NO _x	46 750
Staub	392 700

Schadstoff	zusätzliche Emissionen infolge Mindestwasserauflagen [t/a]
CO ₂	549 000
SO ₂	3 843
NO _x	1 373
Staub	11 529

Schadstoffvermeidung in der Bundesrepublik Deutschland durch die gesamte Wasserkraft im Vergleich zur Stromerzeugung in Steinkohlekraftwerken

Zusätzliche Schadstoffemissionen aus Steinkohlekraftwerken infolge einer fiktiven Mindestwasserauflage, die durch eine 10%-tige Minderung des Regeljahresarbeitsvermögens entstehen.

Bild 4: Schadstoffemissionen bei einem Steinkohlekraftwerk

6 Ökologische Auswirkungen von Ausleitungskraftwerken

Es ist keine Frage, daß die Wasserkraft eine der umweltfreundlichsten Energiequellen ist und unter den regenerativen Energiere Ressourcen hinsichtlich Anteil und Kostenlage bei weitem eine Vorrangstellung einnimmt. Wasserkraftanlagen bedeuten jedoch auch einen Eingriff in ein bestehendes Ökosystem. Ausleitungskraftwerke, wobei sich das zur Diskussion stehende DVWK Merkblatt vorrangig auf Anlagen mit einer installierten Leistung bis zu 1 MW bezieht, führen durch den Entzug von Wasser aus dem natürlichen Gewässerlauf zu Beeinträchtigungen des Gewässerlebensraumes in den Ausleitungsstrecken.

Dank der erheblich vertieften Kenntnisse über die ökologischen Auswirkungen können heute viel eher Wirkungsanalysen, Abwägungen und sachgerechte Bewertungen vorgenommen werden. Hieraus lassen sich Vorgaben für ökologische Ausgleichsmaßnahmen und für Verbesserungen in Bauplanung und Kraftwerksbetrieb entwickeln. Diesbezügliche Untersuchungen erstrecken sich auf die Folgen von Aufstau, Wehranlagen, Triebwasserkanal, Turbinen, ferner auf die Veränderungen des Abflußregimes, auf hydrologische und hydraulische Parameter, auf Abfluß bzw. Strömungsverhältnisse und auf Sedimentationsvorgänge, schließlich auf den aquatischen Lebensraum und die Vegetation längs des Gewässers. Darüber hinaus wird der jeweils individuelle Charakter des Gewässers durch die standorttypische Fauna und Flora, durch die saisonabhängige Abflußdynamik und durch den mit dem Abflußregime zusammenhängenden Steuermechanismus biologischer Vorgänge bestimmt, schließlich durch die Geschiebe- und Schwebstoffführung wie auch durch die Flußbettstrukturen und Gefälleverhältnisse.

Eine diesbezügliche Übersicht ist in Bild 5 gegeben.

allgemeine Veränderungen:

*Fließgewässercharakteristik,
Lebensraumverhältnisse für Flora und Fauna,
Sedimentationsvorgänge,
chem. und phys. Parameter des Wassers
etc.*

Spezielle Bereiche:

Aufstau

- Abnahme der Fließgeschwindigkeit,
- Zunahme der Sedimentation,
- Habitatsveränderung,
- Eutrophierung durch geringe Sauerstoffversorgung,
- Wasserwechselzonen gehen verloren,
- Zunahme umwelttoleranter Arten,
- Abnahme der Artenvielfalt.

Wehranlage

- Migrationshindernis,
- Trennung in isolierte Teillebensräume.

Turbinen und Triebwasserkanäle

- Fischausfälle durch Turbinenräder,
- Strukturlosigkeit der Triebwasserkanäle.

Ausleitungsstrecke

- Veränderung des Abflußverhaltens in Bezug auf Quantität, Periodizität und Saisonalität,
- Abflußregime als Steuermechanismus für biologische Vorgänge (Ruhestadien, Diapausen u. Schlüpfzyklen) geht verloren,
- Reduzierung der Fließgeschwindigkeit führt zu einer Veränderung der Strömungsmuster (Schlüßelfaktor für die Fauna - Beeinträchtigung der standorttypischen Artenvielfalt),
- Verringerung der Variationsbreite von Wassertiefe und Wasserfläche,
- Reduzierung der benetzten Flächen und der Gewässerbettbreite,
- Abnahme spezifischer Flußbettstrukturen - Habitatsverluste,
- Verschlechterung der Wasserqualität,
- Entwicklung von standortuntypischen Klimagesellschaften,
- Verlust von landschaftstypischen Erscheinungsformen.

Bild 5: Ökologische Auswirkungen von Ausleitungskraftwerken

7 Konstruktive Gestaltungsmöglichkeiten

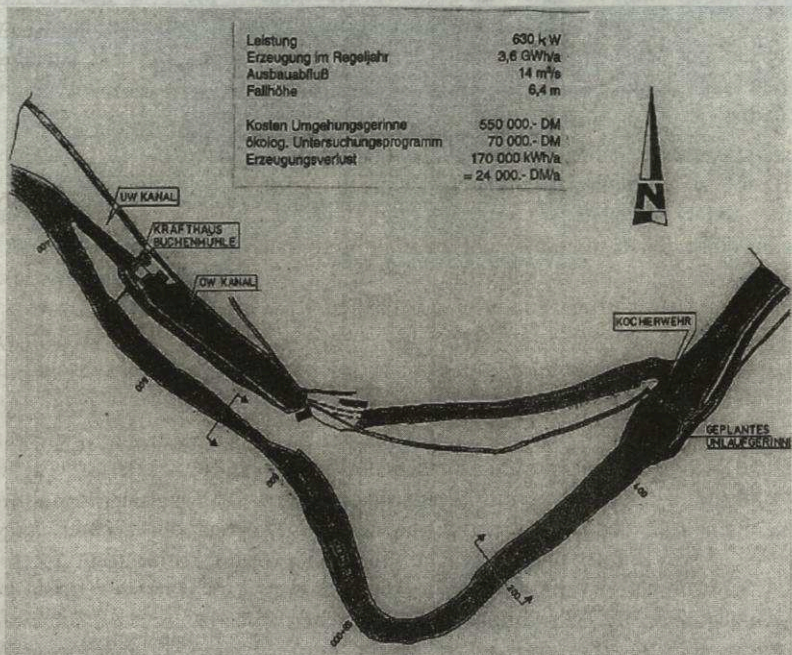
Zur Verbesserung der ökologischen Gesamtsituation gilt es, mit den durch die Wasserbaukunst gebotenen Möglichkeiten, mit der Vielfalt an baulichen Varianten im Flußbau und beim Bau von Stauhaltungen und Wasserkraftanlagen, ein Optimum im Ausgleich von Ökologie und Ökonomie zu erreichen. Derlei konstruktive Überlegungen richten sich auf die Standortwahl bei Neubauten, auf Entnahmebauwerke bei Wasserentnahme mit und ohne Aufstau sowie auf den Staubereich vor dem Wehr, insbesondere auf Stauraum und Ufergestaltung. Sehr wesentliche Maßnahmen zur Verbesserung der ökologischen Situation sind hier

die Abflußsteuerung mit Einhaltung der vorgezeichneten Mindestwasserabgaben und deren Anpassung an das natürliche Abflußregime. Dazu kommt die Aufrechterhaltung der Durchgängigkeit für Wasserorganismen. Der für eine Mindestregelung definierte Sockel- oder Basisabfluß kann durchaus über eine Fischaufstiegsanlage abgeleitet werden.

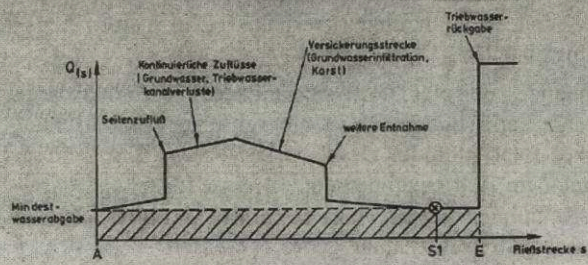
Triebwasserkanäle haben sich bei Altanlagen in den meisten Fällen zu wertvollen Biotopen innerhalb der natürlichen Umgebung entwickelt. Bei Überholungsarbeiten oder Neubauten lassen sich gleichfalls ökologische Gestaltungsmaßnahmen einbeziehen, die auf nicht zu steile und glatte Ufer sowie auf standorttypische Ufervegetation abzielen. Im Bereich des Wasserkraftwerkes müssen die Fische von den Turbineneinläufen abgehalten und zu geeigneten Umwegen, Fischpässen und teilgeöffneten Wehrfeldern verwiesen werden. Dieses läßt sich neuerdings durch Scheuch-Leitanlagen, beispielsweise mittels elektrischer Impulse oder Lichtvorhänge, erreichen.

Für die ökologisch befriedigende Gestaltung der Ausleitungsstrecke ergeben sich vielfache Möglichkeiten, durch naturnahen Umbau und Renaturierung nachteilige Eingriffe zu kompensieren. Wiederum müssen sich Material und Einzelmaßnahmen nach dem Gewässertyp und dem Gewässerstandort richten. Steinschüttungen wie Buhnen und Leitwerke führen eine Abflußkonzentration herbei. Durch Schwemmaterial und naturnahe Linienführung des Gewässerlaufes werden Anlandungen und Strömungsvielfalt gesichert. Besondere Beachtung verdient vorrangig die Durchgängigkeit, wofür zur Sohlstützung angeordnete Abstürze, Sohl- und Grundschwellen umgestaltet werden können, ohne daß die flußbauliche (hydraulische) Wirksamkeit verloren gehen müßte. Für betonierte Abstürze bieten sich überdies Blocksteinrampen an, die in jüngster Zeit vielfach zur Anwendung gekommen sind. Linienführung der Ufer, Böschungsneigung, Erosionsschutz und Anpflanzungen verleihen dem naturnahen Fließgewässer breite Gestaltungsimpulse.

Ein kennzeichnendes Beispiel bietet sich mit dem in Bild 6 dargestellten Flußabschnitt des Kochers (Baden Württemberg) unter Einbeziehung des Ausleitungskraftwerkes Buchenmühle. Desweiteren wird in Bild 7 die am Kocher zur Anwendung gelangte Halbkugelmethode vorgestellt, anhand derer die in Bild 8 ausgewählten Kennlinien für den lokalen Besatz an aquatischen Organismen zu den Strömungsmustern in Beziehung gebracht werden.



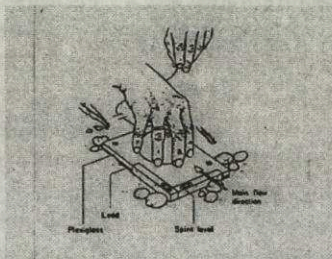
Mögliche Abflussschwankungen in der Ausleitungsstrecke infolge unterschiedlicher Einflüsse



- ▨ Mindestwasserabgabe in der Ausleitungsstrecke
- ⊙ Mindestwasserabgabe an der Stelle S1
- A Anfang der Ausleitungsstrecke
- E Ende der Ausleitungsstrecke

Bild 6: Kraftwerk Buchenmühle am Kocher

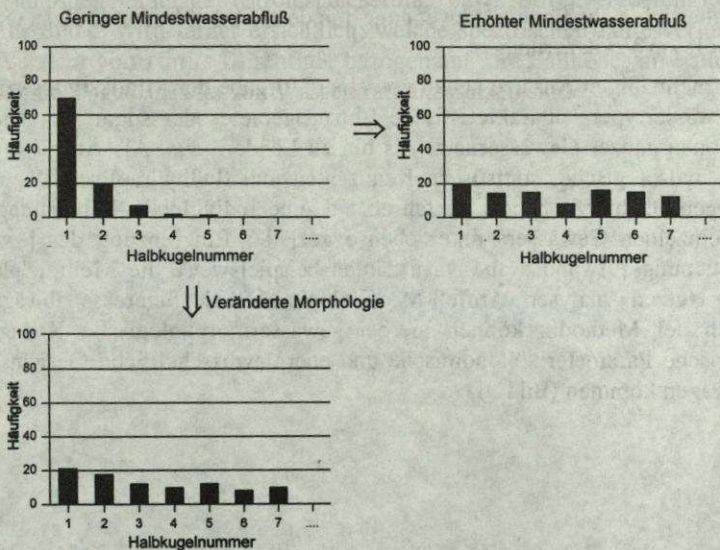
- Halbkugeln 24 Halbkugeln gleicher Größe, aber unterschiedlicher Dichte (1,015 bis 10,009 g/cm³)
- Zielgröße Sohlschubspannungen oder Schleppspannungen
- Meßpunkt



Welche Halbkugel driftet gerade nicht mehr ab (Trial and Error-Verfahren)?

- Meßreihe 100 Meßpunkte (zufallsverteilt in einer Versuchsstrecke)
- Meßprogramm Beispiel: 6 Abflüsse zwischen 50 und 5000 l/s gestaffelt ⇒ hydraulisches Muster aus 600 Messungen
- Ergebnisse
 1. Wie verändert sich das hydraulische Muster in Abhängigkeit vom Abfluß und der Morphologie?
 2. Zusammenhang mit ökologischen Faktoren (z.B. Präferenzkurven).

Bild 7: FST-Halbkugelmethode



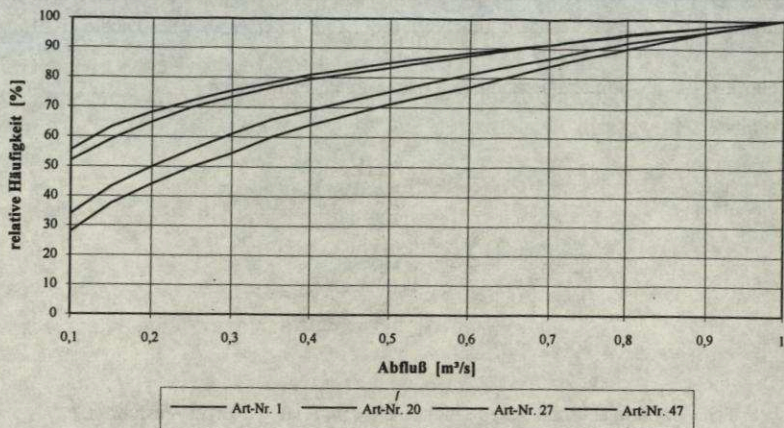


Bild 8: Veränderung der Halbkugelverteilung und Präferenzkurven

8 Gebräuchlichste Methoden zur Mindestwasserfestlegung

Die in der Bundesrepublik Deutschland, in Österreich und in der Schweiz derzeit gebräuchlichsten Methoden sind von großer Zahl, was angesichts der ausgedehnten Problematik der Mindestwasserführung nicht verwundert. Dabei ist zwischen formelmäßigen Ansätzen und Verfahren prinzipiell zu unterscheiden. Eine anderweitige Untergliederung bietet sich nach den Grundlagen und nach der Charakteristik der aus den Methoden resultierenden Mindestwasserabflüsse an. Sicherlich steht für die Anwendung mindestens der Versuch einer Orientierungshilfe im Vordergrund.

Die formelmäßigen Ansätze gehen von einer Vorgabe der Mindestwasserführung für Gewässertypen, charakteristische Einzugsgebiete oder sogar für überregionale Zonen ganzer Gewässernetze bis hin zu Ländern aus. Als Ausgangsgrößen dienen hydrologische, statistische Kennzahlen und flußhydraulische Parameter. Im Gegensatz hierzu heben Verfahren auf eine individuelle Behandlung eines jeden einzelnen Gewässers unter ebenso gezielter Eingrenzung des jeweiligen Untersuchungsaufwandes ab. Dazu zählen beispielsweise die Mehrzielplanung, Kosten Nutzen Analysen, Abfluß-Morphologie-Modelle, Interessenabwägungen. Je nach der Methodik können hierbei gewässermorphologische Kenngrößen, ökologische Parameter, ökonomische und energiewirtschaftliche Gesichtspunkte zum Tragen kommen (Bild 9).

Methode	Grundlagen	Resultat
<u>Formeln</u>	hydrographisch statistische Kenn- zahlen	konstanter Mindest- wasserabfluß
	flußhydraulische Kenngrößen	
<u>Verfahren</u> - Mehrzielplanung - Kosten-Nutzen-Analysen - Abfluß-Morphologie-Modelle - Interessenabwägung	gewässermor- phologische Kenngrößen	gestaffelter Mindest- wasserabfluß
	ökologische Parameter	
	ökonomische Gesichtspunkte	
	energiepolitische Aspekte	
		dynamischer Min- destwasserabfluß

Bild 9: Einteilung der gängigen Methoden zur Mindestwasserbestimmung

Formelmäßige Ansätze haben meistens konstante Mindestwasserabgaben zum Ergebnis (Bild 10).

bis 60 l/s Abflußmenge Q_{347} : 50 l/s
und für je weitere 10 l/s Abflußmenge Q_{347} : 8 l/s mehr
für 160 l/s Abflußmenge Q_{347} : 130 l/s
und für je weitere 10 l/s Abflußmenge Q_{347} : 4,4 l/s mehr
für 500 l/s Abflußmenge Q_{347} : 280 l/s
und für je weitere 100 l/s Abflußmenge Q_{347} : 31,3 l/s mehr
für 2 500 l/s Abflußmenge Q_{347} : 900 l/s
und für je weitere 100 l/s Abflußmenge Q_{347} : 31,3 l/s mehr
für 10 000 l/s Abflußmenge Q_{347} : 2 500 l/s
und für je weitere 1 000 l/s Abflußmenge Q_{347} : 150 l/s mehr
ab 60 000 l/s Abflußmenge Q_{347} : 10 000 l/s
(Q_{347} entspricht dem Abfluß, der im Mittel mindestens an 347 Tagen im Jahr überschritten wird).

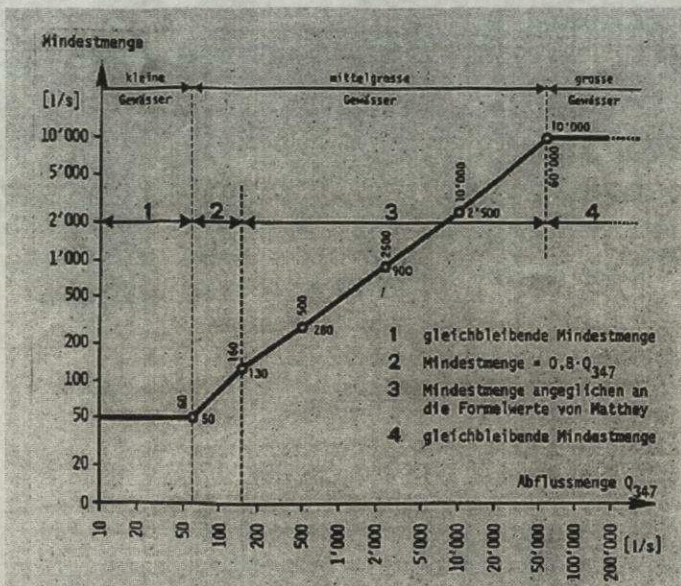


Bild 10: Mindestwasserregelung in der Schweiz

Dagegen führen Verfahren zur Festlegung von jahreszeitlich gestaffelten oder dynamischen Mindestwasserführungen in den Ausleitungsstrecken (Bild 11).

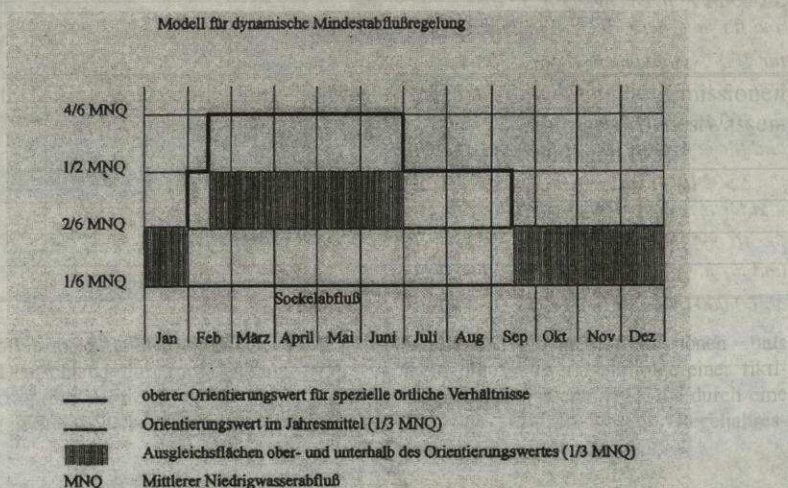


Bild 11: Mindestwasserregelung in Baden-Württemberg

Im Vergleich der drei Länder Deutschland, Österreich und Schweiz ergeben sich hinsichtlich der bekannten Mindestwasserregelungen kaum Gemeinsamkeiten. Ursachen sind von vornherein die unterschiedlichen Gewässertypen und ihre individuelle Beurteilung, aber auch die nach wie vor bestehenden Schwierigkeiten, in allgemeiner Akzeptanz mittels einer gesamtgesellschaftlichen Betrachtungsweise energiewirtschaftliche Zielsetzungen und ökologische Erfordernisse aufeinander abzustimmen.

Als Musterfall für die quantitativen Auswirkungen unterschiedlicher Mindestwasserregelungen wurden das Beispiel der an der Weißen Traun (Oberbayern) gelegenen Kleinwasserkraftanlage Siegsdorf mit 340 kW installierter Leistung ausgewählt und mit der in Bild 12 wiedergegebenen tabellarischen Zusammenstellung die erheblichen Schwankungen der Vorgaben verdeutlicht.

Bestehende Mindestwasserregelungen	Mindestwasserabfluß (m ³ /s)	Verringerung der nutzbaren Wassermenge (%)	Stillstandstage (d/a)
Schweiz			
Gewässerschutzgesetz 1. Stufe	0,84	10	4
Schätzung 2. Stufe	1,2 - 2,2	14 - 29	7 - 44
Österreich			
Kärnten	0,91	10	4
Niederösterreich	0,91 - 2,16	10 - 28	4 - 41
Oberösterreich	2,16	28	41
Salzburg	Winter 0,98 Sommer 1,3	11 16	5 11
Steiermark	0,75	9	3
Tirol	1,5	19	15
Vorarlberg	0,77 - 3,67	9 - 48	3 - 120
Deutschland			
Baden-Württemberg	0,71 - 1,1	9 - 13	3 - 5
Bayern	0,71 - 4,26	9 - 54	3 - 147
Nordrhein-Westfalen	1,1 - 3,2	13 - 46	5 - 95
Rheinland-Pfalz	0,4 - 1,1	4 - 13	0 - 5
Weitere Beispiele			
Jäger (A)	1,16	13	7
Lanser (A)	0,39 - 0,77	4 - 9	0 - 3
Matthey (CH)	0,77	9	3
Bundi/Eichenberger (CH)	3,39	46	107
Hainard (CH)	0,84 - 11,8 *)	40	min. 40

*) monatlich gestaffelt
(rein rechnerisches Beispiel zur Verdeutlichung des großen Schwankungsbereichs der verschiedenen, vorgeschlagenen Regelungen)

Bild 12: Auswirkungen verschiedener Mindestwasserregelungen auf die Stromproduktion am Beispiel eines Kleinkraftwerks (340 kW) an der Weißen Traun in Oberbayern

9 **Schlußfolgerungen**

In der mehrjährigen, eingehenden Tätigkeit des DVWK Fachausschusses "Restwasser" wurde deutlich, daß die neueren Erkenntnisse über die maßgebenden Parameter und Randbedingungen für eine Mindestwasserführung in Ausleitungsstrecken von Flußkraftwerken keine allgemein gültigen Vorgaben ermöglichen (Bild 13).

Die Formeln zur Festlegung von Mindestabflüssen beruhen vorwiegend auf hydrographisch-statistischen und flußhydraulischen Kenngrößen wie:

- *durchschnittliche Mittel- und Niedrigwasserabflüsse,*
- *Einzugsgebietsgröße,*
- *Unterschreitungsabflüsse (z.B. Q347),*
- *Abflußtiefe,*
- *Abflußgeschwindigkeit.*

Die Berücksichtigung von gewässermorphologischen Kenngrößen und ökologischen Parametern ist ausschließlich den Verfahren vorbehalten.

Folgende gewässermorphologische Kenngrößen werden etwa berücksichtigt:

- *benetzte Breite der Oberfläche,*
- *Lufteintrag (sog. weißes Wasser),*
- *Spritzen des Abflusses,*
- *Sichtbarkeit des Abflusses,*
- *Anspringen von Seitengerinnen,*
- *Geräusch des Abflusses,*
- *Aufenthaltszeit des Wassers in Becken und Hinterwassern,*
- *sohlennahe Fließgeschwindigkeiten bzw. Turbulenzen,*
- *Tiefen- und Breitenvarianz,*
- *Geschiebetrieb und Sohlenrauigkeit.*

Die wichtigsten in den gängigen Verfahren berücksichtigten ökologischen Parameter sind:

- *Wasserqualität: Temperatur, BSB5, Verdünnungsverhältnisse, Faulschlamm Bildung,*
- *Sauerstoffgehalt, Sichttiefe, Leitfähigkeit. usw.,*
- *Selbstreinigung (Sauerstoffaufnahme),*
- *Gewässer- und Gewässerrandbiozönose,*
- *Wertigkeit des Kraftwerkkanals,*
- *Populationsveränderungen (hydraulische Präferenzkurven),*
- *Fischarten und -erträge (Fischbiologie),*
- *Ablagerung von Feinmaterial (Sedimentation von Schwebstoffen), Kolmationsvorgänge,*
- *ausgeglichener Grundwasserhaushalt,*
- *Landschaftsästhetik,*
- *gewässerbegleitende Vegetation.*

Bei der endgültigen Findung eines Mindestwasserabflusses werden bei den gängigen Verfahren folgende Gesichtspunkte in Erwägung gezogen:

- *öffentliche Interessen der Wasserentnahme,*
- *ökonomische, wirtschaftliche Aspekte,*
- *energiepolitische Gesichtspunkte, Sicherheit der Energieversorgung,*
- *Beschaffung von Ersatzenergie und Schadstoffbilanzen.*

Bild 13: Verwendete Parameter in den gängigen Methoden

Die örtlichen Gegebenheiten und die jeweils individuell geprägten ökologischen Zusammenhänge der betreffenden Wasserentzugsstrecken legen statt dessen eine auf die lokale Gewässersituation ausgerichtete Einzellösung nahe. Den vor Ort zu klärenden ökologischen Auswirkungen von Ausleitungskraftwerken sind durchaus ökologisch funktionsfähige Lösungen mittels verbesserter Verfahrensansätze gegenüberzustellen. Eine Universalformel zur Befriedigung aller ökologischer Ansprüche scheidet ebenso aus wie der Verzicht auf die wirtschaftliche Erzeugung der Wasserkraftenergie durch bestehende Anlagen oder durch Neubauten, die in ihrer Gesamtkonzeption den realistischen Ausgleich zwischen Ökonomie und Ökologie sicherstellen.

Hierfür liegen Empfehlungen für eine vernünftige Vorgehensweise vor. Großer Forschungsbedarf besteht für die weitere Klärung der Zusammenhänge zwischen Abfluß und Gerinnemorphologie einerseits und den zahlreichen Kriterien für die ökologische Güte eines Fließgewässers andererseits. Bisher bekannt gewordene Modelle, die die biotischen und abiotischen Zusammenhänge in Fließgewässern mitefassen, müssen weiterentwickelt werden, ebenso die Möglichkeiten der technischen Umsetzung mittels wasserbaulicher Maßnahmen und maschinen-technischer Optimierung im Einzelfall.

Es ist ein Trugschluß, mit einer Mindestwasserabgabe wieder das ursprüngliche Fließverhalten und den davon abhängigen Gewässerlebensraum in einem natürlichen, ökologisch intakten Gewässer herbeiführen zu können. Eine durch viele menschliche Eingriffe geschaffene Kulturlandschaft läßt sich nicht mehr in eine Naturlandschaft zurückverwandeln. Auch wenn eine Wasserkraftanlage einen Eingriff in das bestehende Ökosystem eines Gewässers bedeutet, können die ökologischen Auswirkungen bis auf restlich verbleibende Nachteile eng eingegrenzt werden. Die Grenze einer derartigen Beeinträchtigung und einer zugehörigen Mindestwasserregelung richtet sich nicht zuletzt nach den sich immer wieder wandelnden politischen und gesellschaftlichen Zielvorgaben.