

# Wasserbauliche Mitteilungen

Wasserkraft und Umwelt



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

**Institut für Wasserbau  
und Technische Hydromechanik**



3950-A-2011-00000130



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

**Fakultät Bauingenieurwesen**

Institut für Wasserbau

und Technische Hydromechanik

# Wasserbauliche Mitteilungen

Heft 6

Wasserkraft und Umwelt

Vorträge zum Wasserbaukolloquium  
am 13.10.1994

Herausgegeben im Auftrag des Rektors der Technischen Universität Dresden  
von

**Univ. Prof. Dr.- Ing. habil. H.-B. Horlacher**

**Univ. Prof. Dr.- Ing. habil. H. Martin**

**Univ. Prof. Dr.- Ing. habil. H. Wagner**

Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik

Fakultät Bauingenieurwesen, Technische Universität Dresden D-01062 Dresden

Besucheradresse: Beyerbau der TUD, George-Bähr-Straße 1, D-01069 Dresden

Tel.: (0351) 463 4397, Fax.: (0351) 463 7120, Telex: 02278 teunidd

E-Mail: mueller@bbbrs5.bau.tu-dresden.de

*Redaktion:*

Stefan Dornack

Uwe Müller

*Redaktionsschluß:*

05.08.1995

*Verlag*

Selbstverlag der Technischen Universität Dresden

*Bezugsmöglichkeit*

Bestellungen sind an das Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik,  
D-01062 Dresden zu richten.

ISBN 3-86005-154-7

## Inhaltsverzeichnis

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Engelke zum 75. Geburtstag .....	5
Univ.-Prof. Dr.- Ing. habil. H.-B. Horlacher .....	7
Vorwort	
Dr.- Ing. K. Jeschke.....	9
Grußwort des Sächsischen Staatsministeriums für Umwelt und Landesentwicklung Wasserkraftnutzung aus der Sicht der Behörden	
Dipl.- Ing. W. Bogenrieder .....	23
Wasserkraftnutzung aus der Sicht eines Energieversorgungsunternehmens	
Dipl.- Ing. M. Engelsberger .....	35
Wasserkraftnutzung aus der Sicht der Betreiber	
Dr.- Ing. H. Arlt.....	43
Umweltverträglichkeitsprüfung für Wasserkraftanlagen	
Prof. Dr.- Ing. habil. J. Giesecke.....	57
Mindestwasserauflagen	
Dr.- Ing. F. Krüger.....	76
Fischaufstiegsanlagen, Beispiele aus dem Land Brandenburg	
Dr.- Ing. K. H. Nagel.....	88
Spezielle Umweltprobleme beim Bau des Wasserkraftwerkes Samanalawewa, Sri Lanka, und deren Lösung	
H. Kahlbaum .....	98
Instandsetzung, Erweiterung und Neubau von Wasserkraftanlagen in Brandenburg	
Dipl.- Ing. H. P. Günther .....	103
Durchströmturbinen an Talsperren für den Mindestwasserabfluß, Beispiele aus Sachsen	
Dipl.- Ing. Mehlhorn.....	108
Studie zur Nachrüstung von Wasserkraftanlagen an Thüringer Talsperren	
Dipl.- Ing. H.-J. Glasebach .....	118
Untersuchungen zur Wasserkraftnutzung an sächsischen Talsperren	
Dr.- Ing. V. Kummer .....	127
Energieerzeugung in Anlagen der Fernwasserversorgung	

## **Prof. Dr.-Ing. Gerhard Engelke zum 75. Geburtstag**

Am 23. 07. 1995 beging Herr Professor Dr.-Ing. Engelke, Leiter des Bereiches Wasserbau und Technische Hydromechanik der TU Dresden von 1972 bis 1985, seinen 75. Geburtstag. Dies ist Anlaß, um in einem kurzen Abriß sein berufliches Wirken zu würdigen.

Gerhard Engelke begann seine berufliche Tätigkeit nach dem Abitur 1938 im landwirtschaftlichen Wasserbau. Nach dem Kriege, aus dem er schwer verwundet zurückkehrte, studierte er zunächst an der Ingenieurschule in Schleusingen, anschließend im Fernstudium an der TH Dresden, obwohl er als Amtsvorstand des Wasserstraßenhauptamtes Berlin schon eine verantwortungsvolle Aufgabe übernommen hatte. Die Berliner Wasserstraßen mit den besonderen Problemen des Teltowkanals und der Schleusen Charlottenburg und Spandau waren sein Betätigungsfeld.



Ab 1961 war Gerhard Engelke am Lehrstuhl für Verkehrswasserbau an der Hochschule für Verkehrswesen tätig. 1966 promovierte er über Schiffshebeanlagen für den Sportbootverkehr und wurde im gleichen Jahr zum Professor für Verkehrswasserbau berufen.

Nach seiner Umberufung an die Technische Universität Dresden im Jahre 1972 übernahm Prof. Engelke die Leitung des Bereiches Wasserbau und THM. Mit viel Engagement und pädagogischem Geschick führte Prof. Engelke hier jährlich 25 bis 30 Studenten im Direkt- und Fernstudium zum erfolgreichen Abschluß. Aber auch als Gutachter und Mitglied von Expertenkommissionen war sein Rat gefragt, u. a. war er für das Schiffshebewerk Rothensee, den Mittellandkanal, die Häfen Rostock und Saßnitz, tätig. Im Ingenieurverband "Kammer der Technik" betätigte sich Herr Prof. Engelke im Fachverband Fahrzeugbau und Verkehr. Zahlreiche Nachwuchswissenschaftler konnten unter seiner fachkundigen Anleitung promovieren oder sich habilitieren.

Alle Mitarbeiter des Institutes für Wasserbau und Technische Hydromechanik gratulieren Herrn Prof. Engelke zu seinem 75. Geburtstag und wünschen ihm weiterhin viel Gesundheit und Schaffenskraft.

Im Namen aller Mitarbeiter

Prof. Dr.-Ing. habil. Horlacher Prof. Dr.-Ing. habil. Martin Prof. Dr.-Ing. habil. Wagner

## Vorwort

Liebe Kolleginnen, liebe Kollegen, meine Damen und Herren,  
zu dem diesjährigen Dresdner Wasserbau-Kolloquium "Wasserkraft und Umwelt" möchte ich Sie ganz herzlich begrüßen. Das erfreulich große Interesse an diesem Kolloquium liegt sicherlich an dem Thema; es zeigt aber auch bei vielen Teilnehmern die enge Verbundenheit mit der TU Dresden und besonders mit unserem Institut, worüber wir uns sehr freuen.

Das von uns gewählte Thema „Wasserkraft und Umwelt“ soll nicht vorgeben, daß Wasserbauer nicht begreifen wollen, welchen großen Eingriff der Bau einer Wasserkraftanlage in ein Flußregime darstellt. Es offenbart aber doch ein wenig von unserer Grundüberzeugung, daß bei einer integrierten Planung, in der die Forderungen aller betroffenen Parteien Beachtung finden, der Eingriff minimiert werden kann, wobei natürlich die wirtschaftlichen Aspekte nicht zu vernachlässigen sind. Wasserkraft stellt die z.Z. bedeutsamste regenerative Energiequelle dar, und wir sollten diese erhalten und, wo dies möglich ist, ausbauen. Besonders vor dem Hintergrund, wenn in ca. 50 Jahren Energiequellen wie Erdöl, Uran, aufgebraucht sind und die Weltbevölkerung bis dahin noch um ca. 30 bis 40 % gewachsen ist. Es ist uns allen jedoch klar, daß Wasserkraft nur einen kleinen Beitrag zur Gesamtenergieversorgung in unserem Land leisten kann.

An unserem Institut wird auf dem Gebiet der Wasserkraftanlagen aktiv in Forschung und Lehre gearbeitet; so werden u.a. 3 Diplomarbeiten gerade angefertigt. Wir haben hierüber Schautafeln zu Ihrer Information aufgestellt.

Das Thema „Wasserkraft und Umwelt“ bietet sicherlich genügend Stoff für hitzige Diskussionen, wenn z.B. Ökologen, Fischer auf Kraftwerksplaner oder -betreiber stoßen. So können wir bei diesem Kolloquium auf die Diskussionen sehr gespannt sein.

Wir haben für das Kolloquium 12 Referenten gewinnen können. Den Referenten sei an dieser Stelle herzlich gedankt, sie tragen einen wesentlichen Anteil zum Gelingen der Veranstaltung bei. Die Vorträge lassen sich in 3 Themengruppen unterteilen.

In der ersten Gruppe wird mit 3 Vorträgen die gegenwärtige Wasserkraftnutzung aus der Sicht von Behörden, von Energieversorgungsunternehmen und von Betreibern beschrieben. Die zweite Gruppe mit 3 Vorträgen behandelt ökologische Probleme, während in der letzten Gruppe mit 6 Vorträgen über aktuelle Projektstudien berichtet wird.

Damit wir dieses große Programm termingerecht durchführen können und noch genügend Zeit für Diskussionen verbleibt, sind die Referenten gebeten, die Zeitvorgaben streng einzuhalten. Die Diskussionsleitung am Vormittag liegt bei mir. Am Nachmittag werden der Kollege Martin, Lehrstuhlinhaber für das Fachgebiet Technische Hydromechanik, und der Kollege Wagner, Lehrstuhlinhaber für das Fachgebiet Fluß- und Seebau, die Diskussionsleitung übernehmen.

Den beigefügten Tagungsunterlagen können Sie den Organisationsaufbau des Institutes für Wasserbau und Technische Hydromechanik mit dem angeschlossenen Hubert-Engels-Laboratorium entnehmen.

Das Hubert-Engels-Laboratorium wird z.Z. umgebaut. Wir würden uns aber trotzdem freuen, wenn Sie dieses besuchen und über die eine oder andere noch nicht gestrichene Wand hinwegsehen. Die Laborräume sind jedoch so weit wieder hergestellt, daß wir Modellversuche durchführen können. Derjenige, der unsere Forschungsarbeit tatkräftig, d.h. finanziell, unterstützen möchte, kann dies durch seinen Beitritt zum Förderverein des Hubert-Engels-Institutes zum Ausdruck bringen.

Danken möchte ich dem Deutschen Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, vertreten durch den neuen Vorsitzenden der Landesgruppe Südost, Herrn Jüngel, Leiter der Talsperrenmeisterei Zwickauer Mulde, für die finanzielle Unterstützung der Veranstaltung.

Dank gilt auch den Mitarbeitern des Institutes für die Vorbereitung dieses Kolloquiums. Ebenso sind die Damen in den Dank einzuschließen, die uns in der Pause mit Kaffee bewirten werden.

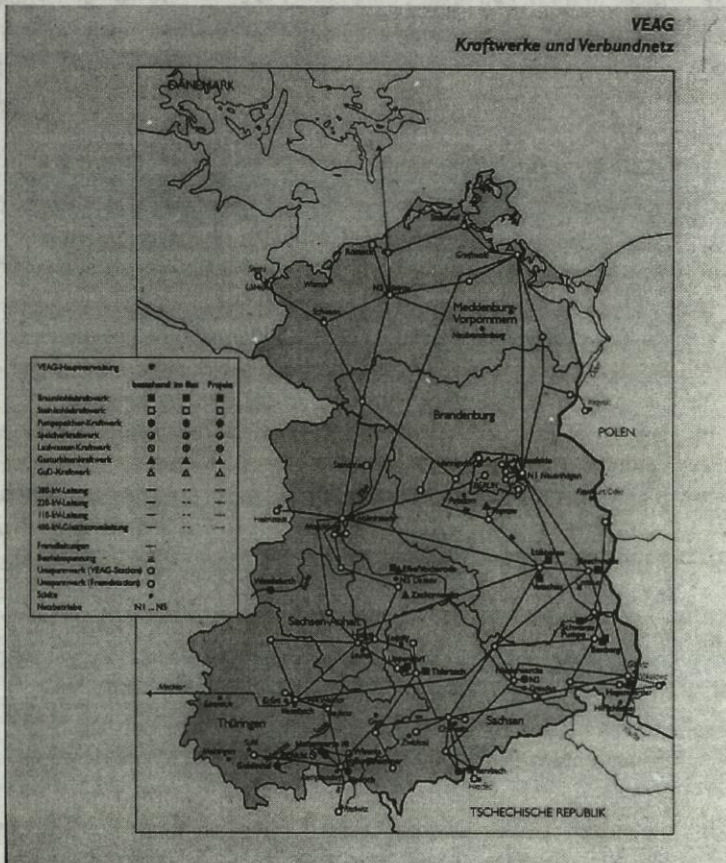
Wir haben auch einige Mitteilungshefte von den Wasserbau-Kolloquien der letzten Jahre ausgestellt. Es ist geplant, von diesem Wasserbau-Kolloquium auch ein Mitteilungsheft anzufertigen. Die Referenten sind herzlich gebeten, uns Ihre Vortragsunterlagen möglichst umgehend zu überlassen.

Als zweiten Tagungspunkt wird Herr Dr. Jeschke, Abteilungsleiter für Wasser, Ministerium für Umwelt und Landesentwicklung des Freistaates Sachsen, die Grußworte des Ministeriums an uns richten. Herr Dr. Jeschke hat an der Universität Dresden Bauwesen studiert und an unserem Institut vor 22 Jahren promoviert, er ist also bei uns bestens ausgewiesen.

**Wasserkraftnutzung aus der Sicht eines Energieversorgungsunternehmens**

Die VEAG mit Sitz in Berlin wurde im Dezember 1990 gegründet.

Als Verbundunternehmen für die neuen Bundesländer übernahm sie den größten Teil der Braunkohle- und Wasserkraftwerke der öffentlichen Versorgung sowie das gesamte Höchst- und Hochspannungsnetz. Sie versorgt 12 regionale Elektrizitätsversorgungsunternehmen mit Strom, den diese dann an die Verbraucher weiterleiten.



Gegenwärtig beträgt die installierte Kraftwerksleistung der VEAG insgesamt ca. 14.000 MW, die überwiegend auf Rohbraunkohlebasis erzeugt wird. Daneben hat die VEAG in der Betriebsverwaltung Pumpspeicherwerke Hohenwarte ihre Wasserkraftanlagen mit insgesamt 1.721 MW Nennleistung zusammengefaßt. Das betrifft insgesamt neun Wasserkraftwerke, davon sechs Pumpspeicher-Kraftwerke, ein Speicherkraftwerk und zwei Laufwasserkraftwerke. Um die Jahrtausendwende soll zusätzlich das PSW Goldisthal mit 1.060 MW in Betrieb gehen.

In Deutschland stellt die Wasserkraft mit über 80 % den größten Anteil an der regenerativ erzeugten Elektroenergie dar.

Die Möglichkeiten ihrer Nutzung hängen jedoch von besonderen Bedingungen, insbesondere geographischen und klimatischen ab. In Norwegen werden beispielsweise nahezu 100 % des Stromes mittels Wasserkraft erzeugt, in Österreich rd. drei Viertel und in der Schweiz rd. 60 %, Deutschland liegt mit knapp 4 % im Mittelfeld.

In den alten Bundesländern werden jährlich etwa 16 -18 TWh durch Wasserkraft erzeugt. In den neuen Bundesländern waren es 1990 nur rund 0,5 TWh.

Es gibt Einschätzungen, wonach in den alten Bundesländern ein technisch mit vernünftigem Aufwand erschließbares Potential von weiteren 6 TWh/a besteht. Davon wären 5 TWh/a durch Neubauvorhaben zu realisieren, die aber vermutlich überwiegend an Akzeptanzproblemen scheitern dürften.

Es kann erwartet werden, daß durch die Rahmenbedingungen für die Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Netz, wie sie durch das Stromeinspeisungsgesetz bzw. das nunmehr beschlossene Artikelgesetz gegeben sind, eine Wiederinbetriebnahme stillgelegter und rekonstruierter Kleinwasserkraftwerke unterstützt wird.

Diese Entwicklung ist zu begrüßen, da die Nutzung jeder erneuerbaren Energie sich positiv hinsichtlich der Schonung der Ressourcen fossiler Brennstoffe und der Vermeidung von Umweltbeeinträchtigungen durch Emissionen auswirkt. Trotzdem dürfen die Relationen nicht außer acht gelassen werden. Wasserkraft und sonstige erneuerbare Energieträger hatten 1993 einen Anteil am Primärenergieverbrauch von rd. 2 %. Die stabile Basis der Energieversorgung Deutschlands verlangt einen möglichst ausgeglichenen Energiemix.

Wie bereits erwähnt, betreibt auch die VEAG als das im Osten Deutschlands zuständige Verbundunternehmen Wasserkraftwerke, jedoch überwiegend Pumpspeicherkraftwerke.

Die Standorte liegen an der Oberen Saale in Thüringen, an der Elbe und der Großen Mittweida in Sachsen sowie an der Bode in Sachsen-Anhalt. Die ersten noch heute betriebenen Wasserkraftwerke wurden in den zwanziger und dreißiger Jahren dieses Jahrhunderts errichtet. Damals gaben nicht allein energiewirt-

schaftliche Gründe den Ausschlag für die Errichtung der Anlagen. Wiederkehrende Hochwasserkatastrophen, insbesondere an der Saale, waren der Anlaß für den Bau von Talsperren.

Zugleich erkannte man auch den energiewirtschaftlichen Nutzen der Wasserkraft. So entstanden erste Wasserkraftwerke, darunter auch die noch heute von der VEAG betriebenen Kraftwerke Wisenta (Inbetriebnahme im Jahr 1920), Bleiloch (im Jahr 1932) und Burgkhammer (im Jahr 1933).

In der Folge trat die Bedeutung der energetischen Nutzung der Wasserkraft aufgrund fortschreitender Elektrifizierung stärker in den Vordergrund. Bis 1966 entstanden an der Oberen Saale in Thüringen die Wasserkraftwerke Eichicht (1945), Hohenwarte I (1942/59) und Hohenwarte II (1965/66).

Die bestehenden Talsperren der sogenannten "Saale-Kaskade" besitzen ein Fassungsvermögen von über 400 Mio. m<sup>3</sup> Wasser, wovon 40 Mio. m<sup>3</sup> als Hochwasserschutzraum zuzüglich des Wassergehaltes einer im Einzugsgebiet vorhandenen Schneedecke vorgehalten werden. Insbesondere das Frühjahrshochwasser 1994 bewies erneut, wie wertvoll dieser Hochwasserschutzraum ist.

Die Stauseen Bleiloch und Hohenwarte zählen zu den vier größten künstlichen Talsperren Deutschlands. Nicht zuletzt hat sich die "Saale-Kaskade" mit den Talsperren und Wasserkraftwerken neben ihrer Bedeutung für die Wasser- und Energiewirtschaft einen guten Ruf als attraktives Erholungsgebiet und touristischer Anziehungspunkt des Landes Thüringen erworben.

Zwischen 1927 und 1930 wurde in der Nähe von Dresden das PSW Niederwartha errichtet, das mit 80 MW Leistung das größte Kraftwerk dieser Art zur damaligen Zeit in der Welt war. Zwischen 1957 und 1960 erfolgte die Erweiterung um zwei Pumpspeichersätze auf seine endgültige Ausbaustufe von 120 MW Leistung.

Das jüngste Wasserkraftwerk der VEAG und hinsichtlich der Bruttoengpaßleistung größte Pumpspeicherwerk Deutschlands ist das PSW Markersbach, das im Westerzgebirge seit 1981 in Betrieb ist.

Die Anlage ist mit 6 x 175 MW Pumpturbinen ausgerüstet und speichert ein elektrisches Arbeitsvermögen von 4018 MWh. 1992/93 wurde in das Grundablaßbauwerk zusätzlich eine Kleinturbine mit 250 kW Leistung eingebaut, welche die Pflichtwasserabgabe an die Große Mittweida energetisch nutzt.

Werk	Maschinen-satz	Datum der Inbetriebnahme		Nennleistung Turbinen-betrieb (brutto) MW	Mittlerer Turbinen-durchsatz m <sup>3</sup> /s	Mittlere Fallhöhe m
Projekt	A			265	100	301,65
Pumpspeicherkraftwerk Goldisthal	B	ab 2000		265	100	301,65
	C			265	100	301,65
1060 MW	D			265	100	301,65
Pumpspeicherkraftwerk Markersbach	A	29.11.1979		175	70	288,25
	B	14.03.1980		175	70	288,25
1050 MW	C	20.07.1980		175	70	288,25
	D	27.03.1981		175	70	288,25
	E	29.01.1981		175	70	288,25
	F	12.11.1980		175	70	288,25
Pumpspeicherkraftwerk Hohenwarte II	A	26.07.1965		40	16	303,75
	B	14.08.1965		40	16	303,75
320 MW	C	05.12.1965		40	16	303,75
	D	29.09.1966		40	16	303,75
	E	17.12.1965		40	16	303,75
	F	24.11.1966		40	16	303,75
	G	03.04.1966		40	16	303,75
	H	30.06.1966		40	16	303,75
Pumpspeicherkraftwerk Hohenwarte I	A	11.02.1959 <sup>1)</sup>		30	65	56,45
	B	19.08.1959 <sup>1)</sup>		30	65	56,45
62,8 MW	C	1942		2,75	6,2	56,45
Laufwasserkraftwerk Eichicht, 2,2 MW	D	November 1945		1,05	14	9,25
	E	November 1945		1,05	14	9,25
Pumpspeicherkraftwerk Bleiloch, 80 MW <sup>2)</sup>	A	02.12.1932		2*20	52	49,4
	B	02.12.1932		2*20	52	49,4
Laufwasserkraftwerk Burgkhammer, 2,2 MW	C	02.01.1933		1,2	9,8	14,25
	D	1936		1,0	9,8	14,25
Speicherkraftwerk Wisenta	A	August 1939		1,20	15,0	9,25
	B	Dezember 1965		1,30	15,0	9,25
3,8 MW	C	November 1920		0,63	0,75	59,00
	D	November 1920		0,63	0,75	59,00
	E	05/40; 09/91 vorl. stillg.		(2,1)	4,6	59,00
Pumpspeicherkraftwerk Niederwartha	A	Erstinbetr.	Wiederinbetr.			
	B	10.02.30	11.11.57 <sup>3)</sup>	20	18,3	142,45
120 MW	C	03.02.30	27.10.57 <sup>3)</sup>	20	18,3	142,45
	B	22.02.58		20	18,3	142,45
	D	16.03.58		20	18,3	142,45
	E	17.12.29	31.07.60 <sup>4)</sup>	20	18,3	142,45
	F	07.11.29	18.11.60 <sup>4)</sup>	20	18,3	142,45
Pumpspeicherkraftwerk Wendefurth, 80 MW	A	19.11.1967		40	38,2	125,55
	B	30.03.1968		40	38,2	125,55
<b>Gesamt-Nennleistung (brutto):</b>				<b>- in Betrieb : 1721 MW</b>		
				<b>- Projekt : 1060</b>		

<sup>1)</sup> vor Fertigstellung als Reparationsleistung demontiert, nach Rücklieferung Wiedermontage

<sup>2)</sup> Leistungsverdoppelung bei Rekonstruktion in 1977/78, erbaut mit 40 MW

<sup>3)</sup> Erstausrüstung als Reparationsleistung demontiert, nach Rücklieferung verschrottet - Neubau

<sup>4)</sup> als Reparationsleistung demontiert, nach Rücklieferung Wiedermontage (ursprünglich an Stelle C und D)

Die Nennleistung der vorgestellten Wasserkraftanlagen der VEAG beträgt genau 1721 MW. Davon gehört allerdings nur ein kleinerer Teil der Leistung zu den Anlagen, die die Wasserkraft als Primärenergie ausnutzen. Das betrifft die Wasserkraftwerke Burgkammer, Eichicht und Wisenta sowie die Laufwasserkraftwerke PSW Hohenwarte I und Bleiloch. Diese Wasserkraftwerke erzeugten 1993 100 GWh bzw. rd. 0,2 % des Bruttostromes der VEAG. Der überwiegende Teil der Kapazität der Wasserkraftwerke ist in den Pumpspeicherwerken installiert. Damit verfügt VEAG über ein beträchtliches Potential solcher Anlagen. Nach VDEW-Statistik 1992 betrug die Brutto-Engpaßleistung aller Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke in den alten Bundesländern 3836 MW, womit 3360 GWh erzeugt wurden. Die Vergleichszahlen der VEAG weisen für die Brutto-Engpaßleistung 1939 MW, also rd. 50 % des Wertes der alten Bundesländer aus, mit denen 1533 GWh erzeugt wurden.

Instandhaltung, Sanierung und Modernisierung ihrer Wasserkraftwerke kosten die VEAG rund 50 Mio. DM pro Jahr. Bei der Vergabe von Aufträgen wird die VEAG wettbewerbsfähige Angebote ortsansässiger Betriebe vorrangig berücksichtigen. So wurden allein im Jahr 1993 Aufträge in Höhe von rd. 38 Mio. DM an ostdeutsche Firmen vergeben.

Gegenwärtig sind rd. 600 kaufmännische und technische Mitarbeiter in den neun Wasserkraftwerken der VEAG tätig. Es muß damit gerechnet werden, daß der für den Betrieb der Wasserkraftwerke erforderliche Personalbestand, wie der Personalbestand der VEAG insgesamt, in den kommenden Jahren noch weiter reduziert wird.

Die Pumpspeicherwerke sind neben Gasturbinen für die Spitzenlastdeckung besonders gut geeignet und deshalb für die Energieversorgung auf der Verbundebene in Ostdeutschland von herausragender Bedeutung. Das wird verständlich, wenn man sich den Kraftwerkspark der VEAG und seine weitere Entwicklung verdeutlicht.

VEAG hatte bei der Gründung einen Kraftwerkspark von rd. 15.450 MW Leistung, davon rd. 12.750 MW Braunkohlekraftwerke, rd. 1.700 MW Pumpspeicherwerke sowie rd. 1.000 MW Gasturbinen.

Zur Schaffung einer sicheren, preisgünstigen und umweltverträglichen Elektrizitätsversorgung sieht das neue Konzept der VEAG vor:

1. Braunkohlekraftwerke mit einer Leistung von rd. 8.750 MW, das sind rd. 70% der ursprünglich vorhandenen Braunkohlekraftwerkskapazität, werden stillgelegt.
2. Acht 500-MW-Blöcke an den Standorten Jänschwalde und Boxberg mit einer Leistung von insgesamt 4.000 MW werden weiterbetrieben. An beiden Standorten wurde bereits mit umfangreichen Maßnahmen zur Entschwefelung sowie zur Reduzierung der NOx- und Staubemissionen begonnen.

3. Neue Kraftwerke auf Braunkohlebasis werden an den Standorten Schwarze Pumpe, Boxberg und Lippendorf errichtet. Sie befinden sich in unmittelbarer Nähe zu den Braunkohletagebauen.

Für diese Neubaublöcke der Leistungsklasse 800 - 900 MW sind modernste Anlagen konzipiert, die zum Zeitpunkt ihrer Inbetriebnahme den Stand der kommerziell genutzten Technik weltweit bestimmen werden. Es wird erstmals für Braunkohlekraftwerke ein Nettowirkungsgrad von über 40% im Bestpunkt erreicht.

4. Neubaukraftwerke auf Basis von Importsteinkohle werden nur im notwendigen Umfang zur Übernahme der Mittellastaufgaben errichtet. Der erste 500-MW-Block wurde in Rostock durch die KNG mbH errichtet, an der VEAG größter Anteilseigner ist. Weitere Steinkohle-Neubaublöcke sollen erst nach Fertigstellung des letzten geplanten Braunkohleblockes am Standort Stendal errichtet werden.

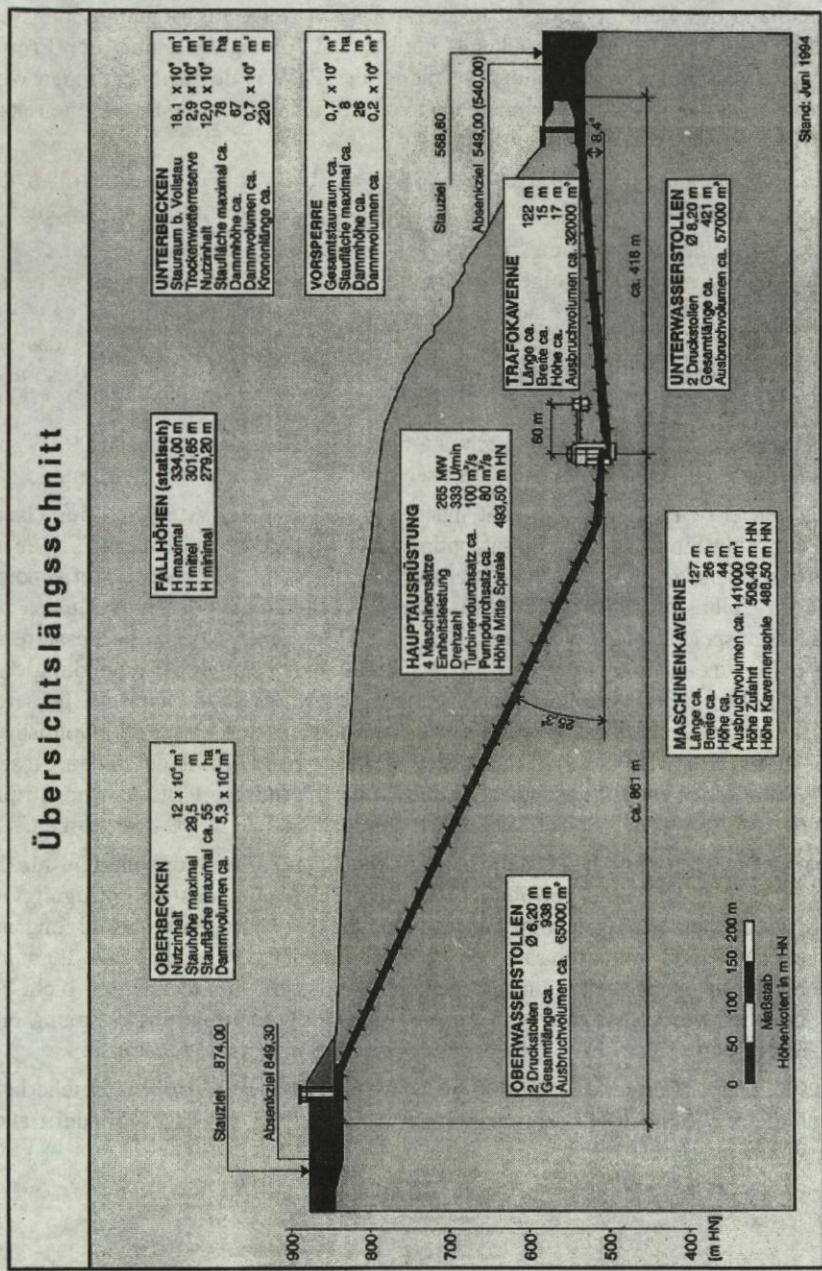
Wie den eben gemachten Ausführungen entnommen werden kann, sieht das VEAG-Unternehmenskonzept die Sicherstellung der Stromversorgung auf der Verbundebene im wesentlichen auf der Basis von Braunkohle vor.

VEAG wird das Verbundunternehmen mit dem höchsten Anteil an Braunkohle-Verstromung in Deutschland bleiben und für längere Zeit über 85 % des Stromes auf Braunkohlebasis erzeugen. Gegenwärtig sind es, wenn man die in den PSW erzeugte Arbeit einbezieht, rd. 97 %.

So kann es nicht verwundern, daß zur Deckung des Spitzenlast- und anteilig auch des Mittellastbedarfs sowie insbesondere zur gleichmäßigeren Auslastung der großen Braunkohleblöcke der Weiterbau des bereits zu DDR-Zeiten begonnenen Pumpspeicherwerkes Goldisthal im VEAG-Unternehmenskonzept vorgesehen ist. Dieses PSW soll eine Leistung von 1060 MW erreichen und mit einem Nutzvolumen von 12 Mio. m<sup>3</sup> einen Vollast-Turbinenbetrieb von rd. 8 Stunden gewährleisten (Übersichtslängsschnitt).

Damit wird VEAG über einen vergleichsweise hohen Pumpspeicheranteil mit sehr unterschiedlichen Beckengrößen, Energieinhalten und Maschinenwirkungsgraden verfügen. Praktisch sind damit alle Aufgaben, die die PSW zu leisten vermögen - bis auf die bisher allein dem PSW Markersbach in Grenzen vorbehaltenen automatische Sekundärregelung - gleichermaßen erfüllbar. Unter der Voraussetzung, daß das PSW Goldisthal um die Jahrtausendwende seinen Betrieb aufnehmen wird, besteht die Möglichkeit, den tatsächlichen Einsatz eines jeden PSW nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten des Gesamtsystems zu optimieren.

# Übersichtslängsschnitt



**OBERBECKEN**  
 Nutzinhalt  $12 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Stauhöhe maximal 29,3 m  
 Stauhöhe minimal ca. 5,5 m  
 Dammvolumen ca.  $5,3 \times 10^6 \text{ m}^3$

**FALLHÖHEN (statistisch)**  
 H maximal 334,00 m  
 H mittel 270,50 m  
 H minimal 279,20 m

**UNTERBECKEN**  
 Stauraum d. Vollstau  $18,1 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Stauraum d. Mittelhohwasser  $9,9 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Nutzinhalt  $12,0 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Stauhöhe maximal ca. 27,8 m  
 Dammhöhe ca. 67 m  
 Dammvolumen ca.  $0,7 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Kronenlänge ca. 220 m

**VORSPERRE**  
 Gesamtstauraum ca.  $0,7 \times 10^6 \text{ m}^3$   
 Stauhöhe maximal ca. 8 m  
 Dammhöhe ca. 28 m  
 Dammvolumen ca.  $0,2 \times 10^6 \text{ m}^3$

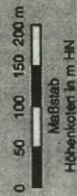
**HAUPTAUSRÜSTUNG**  
 265 MW  
 4 Maschinensätze  
 Einheitsleistung 333 U/min  
 Drehzahl 100 m/s  
 Turbinendurchsatz ca. 80 m<sup>3</sup>/s  
 Turbinendurchsatz ca. 493,20 m<sup>3</sup>/HN  
 Höhe Mittel-Spritz 60 m

**OBERWASSERSTOLLEN**  
 2 Druckstollen  
 Ø 6,20 m  
 Gesamtlänge ca. 938 m  
 Ausbruchvolumen ca. 65000 m<sup>3</sup>

**TRAFOKAVERNE**  
 Länge ca. 122 m  
 Breite ca. 15 m  
 Höhe ca. 17 m  
 Ausbruchvolumen ca. 32000 m<sup>3</sup>

**MASCHINENKAVERNE**  
 Länge ca. 127 m  
 Breite ca. 26 m  
 Höhe ca. 44 m  
 Ausbruchvolumen ca. 141000 m<sup>3</sup>  
 Höhe Zufahrt 508,40 m HN  
 Höhe Kavernensohle 488,50 m HN

**UNTERWASSERSTOLLEN**  
 2 Druckstollen  
 Ø 5,20 m  
 Gesamtlänge ca. 421 m  
 Ausbruchvolumen ca. 67000 m<sup>3</sup>



Stand: Juni 1994

Der Stand des Genehmigungsverfahrens - § 4 - Anzeige und Raumordnungsverfahren sind abgeschlossen - läßt uns hoffen, daß Anfang Dezember der Erörterungstermin zum Planfeststellungsverfahren des PSW Goldisthal stattfinden wird und nach dem - wie wir annehmen positiven - Beschluß mit den Bauarbeiten noch in 1995 begonnen werden kann.

Die Hauptaufgabe des Einsatzes der PSW der VEAG soll in der sinnvollen Reduzierung der Lastdifferenz zwischen Tagesspitze und Nachtminimum bestehen.

Die unterschiedlichen Pumpspeicher-Gesamtwirkungsgrade ergeben eine wirtschaftliche Einsatzreihenfolge für die einzelnen PSW. So erwarten wir beispielsweise für Goldisthal einen Wirkungsgrad, der vergleichsweise um ca. 5 %-Punkte über unseren bereits bestehenden Anlagen liegen wird. Auch das zur Verfügung stehende Speichervermögen stellt einen weiteren wichtigen Parameter für die Bestimmung des künftigen Einsatzes dar.

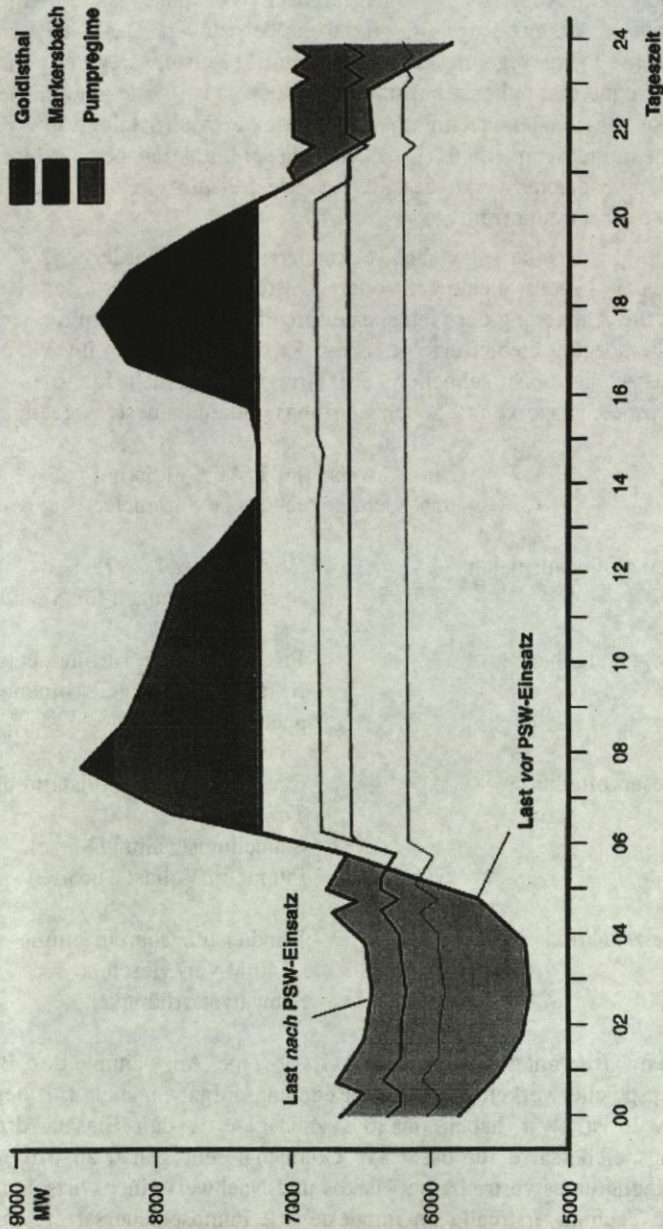
Die aus einer theoretischen Betrachtung nicht zum Einsatz kommenden PSW stehen jedoch mit ihren weiteren Funktionen und Möglichkeiten zur Verfügung.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht macht ein vollständiger Ausgleich der Ganglinien wenig Sinn. Bei der Einsatzoptimierung werden die in den technisch ebenfalls recht gut regelbaren neuen thermischen Blöcken entstehenden Aufwendungen im Teillastbetrieb bzw. bei Ab- und Wiederanfahren mit den Verlusten bei der Pumpspeicherung verglichen. Die Ergebnisse einer Kraftwerkseinsatzrechnung für einen Winterarbeitstag im Jahr 2002 sind in folgender Abbildung dargestellt. Der weitaus größere Anteil entfällt wegen des angenommenen besseren Wirkungsgrades und des größeren Speichervolumens auf das PSW Goldisthal. Für diesen Tag wird das Tag-Nacht-Spiel der Last zu ca. 75 % durch den Einsatz der Pumpspeicherwerke reduziert, während die thermischen Blöcke und Strombezüge im Mittel- und Spitzenlastbereich den Rest von ca. 25 % übernehmen.

Beachtet werden muß dabei, daß in der Rechnung zur Einsatzoptimierung für die thermischen Kraftwerke gewöhnlich nur Brennstoff- und sonstige erzeugungsabhängige Kosten berücksichtigt werden. Der durch die Regelungsbeteiligung gegenüber einem Grundlasteinsatz verursachte zusätzliche Verschleiß und die damit höheren Wartungskosten können - auch aus Datengründen - rechnerisch nicht berücksichtigt werden. Würde man diese Kosten in die Optimierungsrechnung einbeziehen, hätte diese einen noch etwas höheren PSW-Einsatz zur Folge.

Das Pumpspeicherwerk Goldisthal bietet wegen des relativ großen Speicherbalkens die Möglichkeit zur Einsatzoptimierung nicht nur im Tages- sondern auch im Wochenverlauf.

Ganglinienausgleich bei Einsatz der PSW  
Goldisthal und Markersbach



Neben dem Ausgleich von Tages- oder Wochenlastgängen können Pumpspeicherwerke weitere Regelungsaufgaben übernehmen. Das betrifft zunächst die sogenannte Primärregelung, eine sehr schnelle Leistungsregelung mit dem Ziel, die Netzfrequenz möglichst konstant zu halten. Dazu bestehen für thermische Kraftwerke verschiedene technische Lösungen wie Androsselung und Kondensatstopp. Die zumindest anteilige Übernahme dieser Funktion bei Turbinenbetrieb durch die Pumpspeicherwerke gestattet es, die Leistung in den Grundlastkraftwerken effektiver auszunutzen.

Weiterhin ist eine sogenannte Sekundärregelung erforderlich, die gewährleistet, daß bei Lastabweichungen oder Leistungsänderungen der Kraftwerke eine schnelle Anpassung der Netzeinspeisung der Kraftwerke an die jeweilige Netzlast im Versorgungsgebiet erfolgt. Diese Regelungsart wirkt im Minutenbereich und entlastet die noch schnellere Primärregelung. Auch für diese Funktion sind Pumpspeicherwerke mit hohen Leistungsgradienten bestens geeignet.

#### **Einsatzweise des PSW Goldisthal und wichtige technische Parameter**

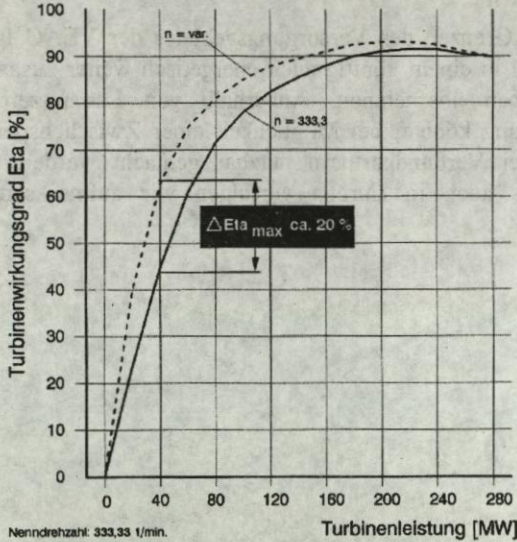
- Ganglinienausgleich
  - Wirkungsgrad > 78 %
  - Speichervermögen für 8 Vollaststunden
  
- Regelaufgaben
  - Primärregelung Turbinenbetrieb
  - Sekundärregelung Turbinenbetrieb, ggf. auch Pumpbetrieb
  
- Reservefunktion
  - Startzeit 75 sek. (Stillstand bis Vollast Turbine)
  - Schnellumschaltung 90 sek. (Vollast Pumpe in Vollast Turbine)
  
- Netzfunktion
  - Blindleistungsbereitstellung  
± 240 MVar/Maschine  
Schwarzstartfähigkeit

Gegenwärtig untersucht die VEAG, ob eine Ausweitung der Beteiligung von Pumpspeicherwerken an diesen Regelungsaufgaben auch für den Pumpbetrieb sinnvoll ist. Wir haben uns das Ziel gesetzt, den Einsatz drehzahlvariabler Pumpspeichersätze für das PSW Goldisthal sehr genau zu prüfen und bei Abschätzung eines vertretbaren Risikos und Nachweis einer wirtschaftlichen Lösung diese Technik erstmalig an mindestens 2 Pumpspeichersätzen auszufahren. Bereits heute können wir feststellen, daß insbesondere im Turbinen-Teilastbereich erhebliche Wirkungsgradverbesserungen erwartet werden können. Für Maschi-

nensätze der Leistungsgröße des PSW Goldisthal kommt aus Kostengründen nur die läufergespeiste Ausführung in Frage.

### Wirkungsgradverbesserung einer Pumpturbine

Turbinen-Teillastbetrieb bei Nennfallhöhe  
Drehzahlregelbereich  $\pm 10\%$  der Nennzahl



Nennzahl: 333,33 1/min.  
Nennleistung: 270 MW  
Nennfallhöhe: 302 m

Nicht unerwähnt soll bleiben, daß das PSW Goldisthal auch wichtige Aufgaben im Verbundnetz übernehmen kann. So ist beispielsweise ein  $\cos \phi$  von 0,8 bzw. 0,9 für drehzahlvariable Ausführung vorgesehen. Die damit bereitstellbare Blindleistung leistet einen deutlichen Beitrag zur Spannungshaltung und Ausregelung der Blindleistungsflüsse auf den Leitungen zu den umliegenden Verbundunternehmen.

Die Einspeisung von Turbinenleistung im Thüringer Raum hilft außerdem, Übertragungsverluste im VEAG-Netz zu senken. Für den theoretisch nicht auszuschließenden Fall eines Netzzusammenbruchs hat auch die Startfähigkeit des PSW Goldisthal aus dem spannungslosen Zustand eine überaus wichtige Bedeutung im Hinblick auf einen schnellen Wiederaufbau des Netzes.

Zusammenfassend dürfen wir feststellen, daß in Summe ein modernes Pumpspeicherwerk am Standort Goldisthal eine Reihe wertvoller Eigenschaften bietet. Gegenüber den bereits vorhandenen Pumpspeicherwerken der VEAG sind insbe-

sondere der deutlich höhere Wirkungsgrad, das große Speichervermögen sowie die technischen Möglichkeiten zur umfangreichen Beteiligung an der Netzregelung hervorzuheben. Im Vergleich zur Spitzenleistung aus Gasturbinen sind die geringen Anfahr- und Leistungsaufnahmezeiten bedeutsam sowie die Tatsache, daß als Energieträger letztlich Braunkohle eingesetzt wird. Das Vorhaben Goldisthal paßt damit gut in ein Unternehmenskonzept der VEAG, das bekanntermaßen einen überaus hohen Anteil von Kraftwerksleistung auf Braunkohlebasis vorsieht.

Auch über die Grenzen des Versorgungsgebietes der VEAG hinaus könnte das PSW Goldisthal in einem künftig auch energetisch weiter zusammenwachsenden Europa Aufgaben übernehmen. Außerhalb von Lastspitzen nicht benötigte Kraftwerksleistung könnte, bei Möglichkeit einer Zwischenspeicherung, für die Lastdeckung bei Verbundpartnern nutzbar gemacht werden. Sowohl in Ostdeutschland als auch in Europa verfolgen wir aufmerksam die konkreten Entwicklungen.

Dipl.- Ing. M. Engelsberger

Präsident des Bundesverbandes Deutscher Wasserkraftwerke, München

### **Wasserkraftnutzung aus der Sicht der Betreiber**

Bereits vor über 2000 Jahren wurden in den heutigen Alpenländern Wasserräder gebaut, die nicht mehr nur von der Strömungsenergie, sondern von der Fallenergie angetrieben wurden. Erst im 19. Jahrhundert wurden Turbinen entwickelt, welche die "gespannte Wasserkraft" mit einem entsprechend höheren Wirkungsgrad ausnutzen konnten. Durch die Entwicklung elektrischer Energie konnte die aus dem Wasserkraftpotential gewonnene Energie über weite Strecken übertragen werden, so daß die Standorte der Energiegewinnung und der Energieverwendung räumlich voneinander unabhängig wurden. Das hatte zur Folge, daß die Wasserkraft aufgrund der natürlichen Gegebenheiten in immer größeren Einheiten erschlossen und mit mehr Effizienz eingesetzt werden konnte. In der Bundesrepublik Deutschland ist die Wasserkraft aufgrund der topographischen Verhältnisse vor allem in den Mittelgebirgen und im Süden des Bundesgebietes von besonderer Bedeutung. Im Freistaat Bayern ist die Elektrifizierung des Landes weitgehend mit dem Ausbau der Wasserkräfte verbunden. So wurden bis Ende der 50er Jahre in Bayern bis über 80 % der benötigten elektrischen Energie in Wasserkraftanlagen erzeugt.

Mit dem exorbitanten Anstieg des Verbrauchs an elektrischer Energie konnte der Ausbau der Wasserkräfte allerdings nicht mithalten. Derzeit wird in den alten Bundesländern aus Wasserkraft ein Anteil von ca. 5 %, je nach Wasserführung, der elektrischen Energie erzeugt. Rund 22 Mrd. kWh werden im Jahr in den alten Bundesländern durch Wasserkraft zur Verfügung gestellt. Von den ca. 7.200 Wasserkraftanlagen werden in etwa 600 den größeren oder großen Anlagen zugerechnet, der Rest sind Kleinwasserkraftwerke. In der alten Bundesrepublik sind jedoch derzeit noch 12.000 Wasserrechte vorhanden, woraus geschlossen werden kann, daß ca. 5.000 Kleinwasserkraftanlagen stillgelegt worden sind.

Die erneuerbaren Energien sind der Schlüssel, der eine Überlebenschance für die Menschheit eröffnet. Daraus folgt, daß Wasserkraft, Wind- und Solarenergie, sowie Biomasse die Energieträger der Zukunft sind. Wir benötigen diese Energien, um fossile Brennstoffe, die das umweltfeindliche CO<sub>2</sub> produzieren, ersetzen zu können. Die Zeit drängt. 25 Mrd. Tonnen CO<sub>2</sub> gehen jährlich in die Erdatmosphäre, dieser Vorgang ist irreversibel. Niemand kann das Kohlendioxid aus der Erdatmosphäre zurückholen. Als Ausweg bleibt, weniger fossile Brennstoffe einzusetzen, sie sind letzten Endes sowieso endlich, Öl und Gas werden in ca. 50 Jahren verbraucht sein.

Von den regenerativen Energien stellt heute schon die Wasserkraft den größten Anteil. Bei einer globalen Betrachtungsweise kann man sogar feststellen, daß die Wasserkraft weltweit an der Produktion elektrischer Energie in etwa im gleichen Ausmaß beteiligt ist wie die nahezu 500 Kernkraftwerke. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Wasserkräfte in vielen Kontinenten nur zu wenigen Prozenten genutzt werden, so daß noch ein ungeheures ausbaufähiges Potential zur Verfügung steht. In Zahlen ausgedrückt bedeutet das, daß das gesamte Energiepotential an Wasserkraft weltweit derzeit beinahe das Doppelte beträgt, was an elektrischer Energie heute auf der Erde verbraucht wird.

Das Weltwasserkraftpotential beträgt ca. 19.500 Terawattstunden, davon sind derzeit erst nur ca. 2.500 TWh ausgebaut. Der Weltverbrauch an elektrischer Energie beläuft sich auf ca. 12.500 TWh. In Europa ist das Potential von allen Erdteilen prozentual am höchsten mit ca. 33 % ausgebaut. Allein in den 16 EU-Ländern (Österreich, Norwegen, Schweden und Finnland mit einbezogen) werden im Jahr über 400 TWh erzeugt.

In diesem Zusammenhang möchte ich auch erwähnen, daß die Wasserkraft und die mit ihr in der Bundesrepublik Deutschland verbundenen Technologien, sei es im Hinblick auf den Wasserbau oder im Hinblick auf den Bau von Wasserkraftmaschinen, eine führende Rolle in der Welt einnimmt.

Den Vertretern der Wasserkraft wird entgegengehalten, daß diese nicht in der Lage wären, die Energieprobleme in der Bundesrepublik Deutschland zu lösen. Es trifft zu, daß die Wasserkraft dazu allein nicht in der Lage ist. Aber andererseits ist die Bedeutung der Wasserkraft unterbewertet, wenn man ihr unterstellt, daß sie nur etwa 4 - 5 % der elektrischen Jahresarbeit, die in der Bundesrepublik verbraucht wird, erzeugen kann. Hier wird vernachlässigt, daß die Wasserkraft mit ihrer Nachhaltigkeit, d.h. mit der unbeschränkt zeitlich zur Verfügung stehenden Einsatzfähigkeit (ohne Ressourcenverbrauch) über Jahrhunderte, jede andere endliche Energieform aus dem Felde schlägt. Völlig daneben liegen Vergleiche, die den regenerativ erzeugten Strom in Wärmeeinheiten ausdrücken und ihn in Vergleich zu fossilen Energieträgern stellen. Tatsächlich ist bei der Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie die ca. dreifache Wärmeenergie notwendig, um elektrischen Strom zu erzeugen. Diese Vergleiche sind also völlig abwegig.

Wir müssen darauf dringen, daß bei der Verhinderung des Ausbaues von Wasserkraft oder bei ihrer Reduzierung durch Erhöhung der Restwassermengen von den betreffenden Behörden und Dienststellen eine Alternative aufgezeigt wird, durch welche anderen Energieträger die verlorengewonnene Energie erzeugt werden soll. Hier wird man keinen anderen Energieträger nennen können, der es im Hinblick auf die Umweltverträglichkeit mit der Wasserkraft aufnehmen kann. Die einzige Alternative, die jeweils aufgezeigt wird, heißt Energiesparen, aber im Hinblick auf den Anstieg der Weltbevölkerung, der sich in einem ungleichen Verhältnis etwa zu 80 % in den Entwicklungsländern und 20 % in den Industrie-

ländern vollzieht, ist der zusätzliche Bedarf an Energie ganz gewaltig. Denn jeder Bewohner eines Entwicklungslandes strebt eine Lebensqualität an wie in den Industrieländern, und diese ist unweigerlich mit einem höheren Energiebedarf verbunden. Die Konsequenz ist, daß trotz erheblicher Anstrengung, Energie einzusparen, weltweit immer größere Energiemengen in Zukunft verbraucht werden. Beispielhaft darf hier angeführt werden, daß der Verbrauch an elektrischer Energie pro Einwohner pro Jahr in Thailand 8 Kilowattstunden, in der Bundesrepublik ca. 5.000 kWh/Jahr und in Norwegen sogar 25.000 kWh/Jahr beträgt. Das Kernforschungszentrum Jülich hat in einer Studie festgestellt, daß in den alten Ländern der Bundesrepublik Deutschland ein ausbaufähiges Potential von ca. 10 - 15 Mrd. kWh vorhanden ist, das überwiegend kleinen und mittleren Anlagen zugeordnet werden kann.

In der derzeitigen Diskussion hat insbesondere das Problem der ökologisch zumutbaren Ausbaupotentiale eine besondere Bedeutung. Und hierin liegen auch die größten Unwägbarkeiten. Während sogenannte extreme Naturschützer Einschränkungen bei der Wasserkraftnutzung erreichen wollen, ist aber in den letzten Jahren verstärkt das Problem der Klimaveränderung und damit des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes in den Vordergrund gerückt. Es wird aber davon auszugehen sein, daß beim möglichen Ausbaupotential jeweils Mittelwerte zwischen extrem hohen und extrem niedrigen Werten als realistische Größenordnungen angenommen werden können.

Die Verhältnisse der Wasserkraftnutzung in den neuen Bundesländern sind von besonderem Interesse. So gab es allein in Sachsen vor dem 2. Weltkrieg noch rund 3.500 Wasserkraftanlagen. Bei der Wiedervereinigung im Jahre 1990 waren in allen neuen Bundesländern nur noch 172 Anlagen in Betrieb. Diese Zahlen sind ein Beweis dafür, daß Wasserkraftanlagen bedeutende Unterhaltungs- und Pflegemaßnahmen erfordern, die von der sozialistischen Wirtschaft den privaten Betrieben in Form auskömmlicher Strompreise nicht zugestanden wurden. Wie die Zahlen der stillgelegten Wasserkraftwerke in den neuen, aber auch in den alten Ländern zeigen, liegen schwerwiegende betriebswirtschaftliche Fehlbeurteilungen der Wasserkraft vor. Man verfällt dem Fehlglauben, eine einmal errichtete Wasserkraftanlage produziert den Strom für einige Pfennige. In Wirklichkeit ist es aber nötig, Abschreibungssätze nach dem Wiederbeschaffungszeitwert in den betriebswirtschaftlichen Rechnungen zugrunde zu legen. Nur damit ist es möglich, die Werke zu erhalten. Das heute ausbaufähige Potential an Wasserkraftanlagen in den neuen Bundesländern ist etwa dreimal so hoch wie die installierte Leistung von 1929, und wenn man den Ausbau der Elbe mit einbezieht, sogar bei der achtfachen Jahresstromerzeugung.

Vor dem Jahre 1945 war auf dem Territorium der neuen Bundesländer eine Leistung von 140 MW installiert. Im Jahre 1989 betrug diese nur noch 34 MW. Dem steht ein mögliches Potential von ca. 210 MW gegenüber. Die mögliche mittlere jährliche Arbeit würde 1.114 GWh betragen. Daraus können wir erse-

hen, daß allein in der ehemaligen DDR noch zusätzlich eine Jahresarbeit von ca. 1 Mrd. kWh gewonnen werden könnte, die nicht aus fossilen Brennstoffen, aus Kernenergie oder aus importierter Energie zu decken wäre. Unsere Anstrengungen müssen sich darauf richten, daß ebenso wie in den alten Ländern der Ausbau der Wasserkraft in den neuen Bundesländern gefördert und nicht durch bürokratische Hemmnisse gebremst wird.

Wir müssen aber auch unsere Anstrengungen darauf richten, daß wir in den alten Bundesländern nicht Zustände bekommen im Hinblick auf die im Betrieb befindlichen Wasserkraftwerke, wie sie am Ende der sozialistischen Herrschaft in den neuen Bundesländern bestanden haben, nämlich eine Reduzierung auf 1/4 der früher installierten Leistung. Wenn es nach den Vorstellungen der sogenannten „Umwelt- und Naturschützer“ ginge, würden auch bei uns zahlreiche Anlagen stillgelegt werden und die Zustände der ehemaligen DDR mit ihrer sozialistischen Mißwirtschaft wären bald erreicht.

Eine neue Perspektive für den Einsatz der Wasserkraft eröffnet sich aus den Umweltschäden durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe. Alles spricht von der Klimakatastrophe, von der drohenden Gefahr der Übererwärmung der Erde und der zerstörerischen Wirkung des Treibhauseffektes. Die Wissenschaft warnt immer dringender, daß der Kohlendioxidausstoß drastisch reduziert werden muß. Die Weltumweltkonferenzen setzen Maßstäbe und fordern den Einsatz erneuerbarer Energie anstelle der Verbrennung fossiler Brennstoffe. Es mag euphorisch klingen, aber die Sonne gibt in einer Stunde soviel Energie auf die Erde ab, wie die Erdbewohner in einem Jahr verbrauchen. Diese Sonnenenergie - Wasserkraft ist flüssige Sonnenenergie - nutzbar zu machen, ist die Problemstellung unserer Zeit. Sie zu lösen ist für den Fortbestand einer bewohnbaren Erde und der Umwelt von entscheidender Bedeutung.

Seit den Ölpreiskrisen ist in Industrieländern folgender Trend zu beobachten: Während die Energieintensität, d. h. der Energieaufwand pro Einheit des Sozialprodukts, sinkt, steigt der Anteil elektrischer Energie. Dieser Zusammenhang zwischen vermehrtem Stromeinsatz und vermindertem Energieeinsatz bedeutet aber nichts anderes: Strom spart Energie. An dem eben dargelegten Beispiel wird deutlich, welche Rolle auch kleine Wasserkraftwerke zu spielen in der Lage sind, wenn es um einen Vergleich mit menschlicher Muskelenergie und Ressourcenschonung geht, noch dazu wenn diese Energie schadstofffrei erzeugt werden kann.

Denn eine der wichtigsten Aufgaben des ausgehenden Jahrhunderts wird der Umweltschutz sein, oder besser gesagt, die Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen. Auch hier kommt der Wasserkraft, sowohl bei der Erzeugung als schadstofffreie Energie, als auch als unerschöpflichem Energieträger besondere Bedeutung zu. Strom kann zu 100 % CO<sub>2</sub>-, NO<sub>x</sub>-, SO<sub>2</sub>- und staubfrei aus Wasserkraft erzeugt werden. Außerdem wird der Nutzungsgrad, der bei der Wasser-

kraft bei über 90 % liegt, von keinem der übrigen Energieträger auch nur annäherungsweise erreicht.

Das große Problem der Zukunft - aber auch leider schon der Gegenwart - ist nicht die Anwendung, sondern die Erzeugung von elektrischem Strom. Hier haben wir ein großes Akzeptanzproblem oder anders ausgedrückt, das Dilemma des Stromes: Das Produkt ist hoch erwünscht, seine Herstellung hingegen wird massiv behindert. Dabei beschränkt sich der Protest nicht nur auf Kernkraftwerke, auch Kohlekraftwerke sind umstritten. Neuerdings ziehen professionelle Umweltschützer fast genauso vehement gegen Windenergieanlagen und sogar gegen die Produktion von Solarzellen zu Felde und insbesondere gegen die Wasserkraft, wie sie zuvor gegen die Kernkraftwerke anrannten.

Das Thema "Akzeptanz" füllt inzwischen schon Bibliotheken. Ich möchte deshalb nur einige wenige, mir wesentlich erscheinende Gesichtspunkte, herausgreifen. Dies ist einmal die Diskrepanz zwischen der Anspruchsmentalität des Menschen einerseits und andererseits einer mangelnden Bereitschaft, auch die negativen Seiten des Wohlstandes zu akzeptieren.

Er sagt "Ja" zum Produkt und "Nein" zur Produktion.

Er sagt "Ja" zum Medikament und "Nein" zur chemischen Fabrik.

Er sagt "Ja" zum elektrischen Strom und "Nein" zum Wasserkraftwerk.

Lediglich bei seinen eigenen Abfallprodukten ist es umgekehrt. Er sagt "Ja" zur Produktion und "Nein" zum Produkt.

Heute findet in der Gesellschaft zunehmend eine Problemveränderung statt. Der Einzelegoismus nimmt zu, der Gemeinsinn nimmt ab. Hinzu kommen unterschiedliche ideologische Meinungen, Interessen, ja sogar Überzeugungen, die eine Problemlösung erschweren oder sogar unmöglich machen.

Leider sind die Gedankengänge der obigen Ausführungen noch nicht durchgängig bei unseren Behörden und bei einer Reihe unserer Politiker Gegenstand der Betrachtungsweise geworden, wenn es um die Genehmigung von Wasserkraftanlagen geht.

Wir fordern deshalb, daß Wasserkraftwerke nicht mit Auflagen belastet werden, die ihre Wirtschaftlichkeit nicht mehr sichern. Z.Bsp. dürfen die Restwassermengen nicht in einer Höhe festgesetzt werden, daß die gesamte Anlage nicht mehr rentierlich betrieben werden kann. Wobei festzustellen ist, daß dem Betreiber selbstverständlich auch eine entsprechende Rendite für sein eingesetztes Kapital und seine Arbeit zusteht. Unsere Behörden müssen endlich ihre Verweigerungshaltung aufgeben und die dominierende positive Bewertung von Wasserkraftwerken anerkennen. Der bisherige Standpunkt, daß beim Umweltschutz Geld keine Rolle spielt, muß der Einsicht weichen, daß ohne Ökonomie auch die Ökologie keine Chancen hat.

Jenen, die das Energiesparen als Problemlösung in den Vordergrund stellen, ist zu empfehlen, bei sich selbst mit Sparmaßnahmen anzufangen, z. B. ihren elek-

trischen Strombedarf aus Photovoltaikanlagen zu beziehen und auf den Anschluß aus dem öffentlichen Netz zu verzichten.

Die Frage der Restwassermenge, die zur Zeit höchst akut ist und eine Gefährdung - vor allen Dingen der mittelständischen Wasserkraftanlagen - ihrer Existenz nach sich zieht, spielt in der öffentlichen Diskussion eine besonders große Rolle. Daß wir eine gewisse Restwassermenge zur Verfügung stellen wollen, ist nicht strittig. Wir wehren uns aber dagegen, daß in der Grundlast 365 Tage im Jahre Wassermengen ungenützt die Wehre hinablaufen sollen, die andererseits Milliarden von Kilogramm CO<sub>2</sub>-Ausstoß verhindern könnten. Hier fehlt es immer wieder an der Güterabwägung zwischen minimalen ökologischen Beeinträchtigungen (sofern sie in der Kulturlandschaft überhaupt vorliegen) bei einem Ausleitungskraftwerk und dem Nutzen, den der umweltfreundliche, schadstofffreie Strom letzten Endes für die Umwelt erbringt. Ich möchte darauf verweisen, daß 1 kWh durch Wasserkraft erzeugten Strom einen halben Quadratmeter Wald ersetzt in bezug auf die Verhinderung des Ausstoßes von Kohlendioxyd, d. h. auf die Bundesrepublik bezogen, daß die 20 Mrd. kWh Jahreserzeugung durch Wasserkraft 1 Mio. Hektar Wald ersetzt.

Vor allem müssen in Zukunft auch die Ausleitungsgewässer und Mühlbäche ökologisch höher bewertet werden; da ja auch und gerade darin Fischbestand und Kleingetier einen gesicherten Lebensraum vorfinden. Diese gesamtökologische Betrachtungsweise vermissen wir bei den Wasserrechts- und Bewilligungsverfahren für unsere Wasserkraftanlagen.

Warum haben wir nun in der Bundesrepublik Deutschland trotz der eben beschriebenen Vorzüge der Wasserkraft so ungeheure Schwierigkeiten, die Wasserkräfte auszubauen, stillgelegte Werke zu erneuern, ja sogar die Stilllegung von Wasserkraftwerken zu verhindern? Akzeptanzprobleme sind nichts Neues, im Gegenteil, es hat sie immer schon gegeben bei allen Neuerungen und Wandlungen in Technik und Gesellschaft.

Neu ist aber die jetzige Dimension der Akzeptanzverweigerung. Sogenannte "Radikalökologen", die ja überhaupt keine Energiequelle von Bedeutung gelten lassen, lehnen mit ihrer generellen Technologiefeindlichkeit jeden Bau von Wasserkraftwerken ab. Diese Ökologieterroristen sind mit ihren Vorstellungen einem Morgentauplan näher als einer Arbeitsplatz sichernden und den Bedürfnissen der Menschheit gerecht werdenden Industriegesellschaft.

Das generelle Ablehnungsverhalten gegenüber technologischer Innovation als Folge von technologisch erzeugtem Überfluß, das nur in hochindustrialisierten Staaten auftritt, findet damit nicht nur eine Erklärung, sondern auch einen Ausgangspunkt für entsprechende Aktionen.

Manch ein Zeitgenosse oder professioneller Umweltschützer, der sich gegen den Bau von Wasserkraftwerken engagiert, ist sich nicht bewußt, daß er seine freie Zeit nicht unwesentlich dem elektrischen Strom zu verdanken hat. Der zuneh-

mende Einsatz von elektrischer Energie hat auch die Beschäftigten in Gewerbe und Industrie von körperlich anstrengender, sowie von eintöniger Arbeit befreit. Strom hat sich im Laufe der Zeit zu einer ausgesprochen sozialen Energie entwickelt.

Folgendes Beispiel soll die Rolle des elektrischen Stromes als produktive Energie verdeutlichen:

Für eine Kilowattstunde Strom aus der Steckdose sind derzeit ca. 30 Pfennig zu bezahlen. Um mit körperlicher Arbeit die Energie einer einzigen Kilowattstunde Strom zu erzeugen, muß ein Mensch mindestens 10 Stunden lang hart arbeiten. 10 menschliche Arbeitsstunden werden heute mit durchschnittlich 300,- DM angesetzt. Dieser tausendfache Wert zeigt die mit nur 1 kWh erreichbare Erhöhung der Arbeitsproduktivität, die für die erhebliche Steigerung des Wohlstandes nicht nur einer kleinen Minderheit, sondern einer breiten Mehrheit der Bevölkerung verantwortlich ist. Strom wurde also auch zunehmend produktivitätssteigernde Energie.

Ich kann aber auch von einer positiven Entwicklung in unserem Lande berichten. Seit dem 1.1.1990 ist das sogenannte Stromeinspeisegesetz in Kraft getreten, das mittlerweile in Europa eine Vorbildfunktion erreichte. Es sagt aus, daß Wasserkraftwerke bis zu einer Leistung von 500 kW 75 % der durchschnittlichen Verkaufserlöse der Elektrizitätsversorgungsunternehmen an alle Letztverbraucher erhalten und der Wert sinkt linear bis 5 MW auf 65 %. Ein weiterer Schritt in die richtige Richtung erfolgte durch das sogenannte Artikelgesetz, das das StrEG weiter verfestigt. Ab 1.8.1994 erhöht sich damit der Wert von 75 % auf 80 %. Anfangs des Jahres 1995 wird aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages das Stromeinspeisegesetz im Hinblick auf seine Auswirkungen überprüft.

Erlauben Sie mir, noch kurz Stellung zu nehmen zur Forderung der sogenannten Umweltschützer, anstatt Wasserkraftwerke auszubauen, diese Energiemenge einzusparen. Nichts gegen Sparmaßnahmen, sparen ist immer gut. Aber im Hinblick auf das Energiesparen bedeuten eingesparte Energiemengen, daß es sich hier um keine Energiequelle handelt, genausowenig wie man vom Hungern behaupten kann, daß es sich hier um eine Nahrungsquelle handelt. Wenn Energiemengen eingespart werden können, und das dürfte vor allen Dingen bei der Wärmeenergie der Fall sein, dann muß es sich in erster Linie um umweltschädigende, Klima verändernde fossile Energieträger handeln. Es ist Verantwortungsethik, wenn regenerative Energiequellen eingesetzt werden und endliche, unsere Umwelt zerstörende Energieträger eingespart werden und verantwortungsbewußt mit unseren endlichen Ressourcen umgegangen wird. Ein Musterbeispiel für Gesinnungsethik und nicht für Verantwortungsethik scheint mir auch ein Verfahren zu sein, wenn Wasserkraftstrom beispielsweise künftig mit Kabelverlegungskosten von 1 Mrd. DM aus Norwegen bezogen werden soll, aber

gleichzeitig der weitere Ausbau der Wasserkräfte in der Bundesrepublik Deutschland verhindert wird.

Ich hoffe, daß diese Veranstaltung dazu beiträgt, die Bedeutung der Wasserkraft und deren Ausbau so positiv darzustellen, daß auch in Zukunft die weitere Nutzung dieser schadstofffreien, umweltfreundlichen Energie in der Bundesrepublik Deutschland erfolgreich fortgeführt und erweitert werden kann.

Dr.- Ing. H. Arlt

Lahmeyer International GmbH, Frankfurt/M

Leiter des DVWK Seminars Umweltverträglichkeitsprüfung in der Wasserwirtschaft und im Wasserbau

## Umweltverträglichkeitsprüfung für Wasserkraftanlagen

### 1 Historischer Überblick

Am 12. Februar 1990 wurde das "Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten" im Bundesgesetzblatt abgedruckt. Sechs Monate nach der Veröffentlichung trat es im August 1990 in Kraft.

Die ersten politischen Forderungen zur Einführung einer Umweltverträglichkeitsprüfung in der Bundesrepublik gehen auf das Jahr 1971 zurück, nachdem in den USA der "National Environmental Policy Act" (NEPA) verabschiedet wurde. Der Weg zur Umsetzung der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) in Deutschland war sehr lang und hat eine fünfjährige Diskussion erfordert. Ein Abriß des historischen Ablaufs von der Entwicklung bis zur Einführung der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) ist Bild 1.1 zu entnehmen.

#### Historischer Überblick

- 1970 National Environmental Policy Act (NEPA) in den USA
- 1971 Erste Forderung nach einer UVP in der Bundesrepublik
- 1975 Kabinettsbeschluß über "Grundsätze für die Prüfung der Umweltverträglichkeit"
- 1980 Vorlage des Vorschlags einer Richtlinie für die UVP
- 1985 Verabschiedung der "EG-Richtlinie"
- 1988 Erster Referentenentwurf für die Umsetzung der "EG-Richtlinie"
- 1990 Inkrafttreten des "Gesetzes zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die UVP bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten"
- 1990 Erster Entwurf einer "Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausführung des Gesetzes über die UVP (UVPVwV)"
- 1993 Leitfaden zur Durchführung des UVPG des Niedersächsischen Umweltministeriums
- 1994 Resortabgestimmter Referentenentwurf der UVPVwV vom 24. März 1994
- 1994 Entwurf der Leitlinien - UVP (Arbeitsmaterialien für die UVP der Wasserwirtschaft) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser -LAWA- vom 30. März 1994
- 1994 Vorschlag für eine Richtlinie zur Änderung der "Richtlinie 85/337/EWG des Rates über die UVP bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten"
- 1997 Inkrafttreten der "Allgemeinen Verwaltungsvorschriften zur Ausführung des Gesetzes über die UVP (UVPVwV)"



Bild 1.1: Historischer Überblick zur UVP

Nachdem sich das UVPG nun schon im fünften Jahr der Anwendung befindet, liefert das "wie" der Anwendung immer noch umfangreichen Stoff für Diskussionen. Klärungsbedarf gibt es unter anderem noch beim erforderlichen Untersuchungsumfang, den beizubringenden Unterlagen und der anzuwendenden Bewertungsmethodik.

Allen bei der Umweltverträglichkeitsprüfung Beteiligten liefern die zwischenzeitlich erstellten Leitlinien (z.B. Niedersachsen und LAWA) und das sich nun abzeichnende Inkrafttreten der UVPVwV eine hilfreiche Unterstützung bei der Durchführung des Verfahrens. Es ist zu erwarten, daß zukünftig eine sachlichere und von der Vorgehensweise auch einheitliche Behandlung der Umweltverträglichkeitsprüfung möglich wird.

## 2 Zielsetzung der EG-Richtlinie

Mit der EG-Richtlinie zur UVP sollen einheitliche Grundsätze zur Durchführung der UVP im gesamten Bereich der Europäischen Gemeinschaft geschaffen werden, um damit auch einheitliche Ziele zum Schutz der Umwelt und der Lebensqualität des Menschen zu erreichen.

Der Rahmen für die Durchführung der UVP wird in der EG-Richtlinie wie folgt vorgegeben:

- Durchführung der UVP in einem behördlichen Verfahren
- Identifizierung, Beschreibung und Bewertung der unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen eines Projekts auf bestimmte Umweltgüter in geeigneter Weise nach Maßgabe eines jeden Einzelfalles
- Mindestanforderungen an die vom Vorhabensträger vorzulegenden Unterlagen unter Berücksichtigung von Erforderlichkeit und Zumutbarkeit
- Einbeziehung der Öffentlichkeit mit Gelegenheit zur Stellungnahme, Information über das Verfahrensergebnis

Die Projekte, für die eine UVP **vorgeschrieben** wird, sind im **Anhang 1** der EG-Richtlinie aufgeführt. Projekte, für die die Mitgliedsländer, in Abhängigkeit der Überschreitung von Schwellenwerten, eine UVP durchführen **können**, sind im **Anhang 2** aufgeführt.

Die einzigen wasserbaulichen Maßnahmen, die im Anhang 1 vertreten sind, betreffen

- Seehäfen
- Schifffahrtswege und Häfen für die Binnenschifffahrt, die Schiffen mit mehr als 1350 t zugänglich sind.

Weitere wasserbauliche und wasserwirtschaftliche Vorhaben sind nur im Anhang 2 aufgeführt, unter

## **Landwirtschaft**

Wasserwirtschaftliche Projekte in der Landwirtschaft  
Landgewinnung am Meer

## **Energiewirtschaft**

Anlagen zur hydroelektrischen Energieerzeugung

## **Infrastrukturprojekte**

Bau von Häfen, soweit sie nicht unter Anhang 1 fallen  
Flußkanalisierungs- und Stromkorrekturarbeiten  
Talsperren und sonstige Anlagen zum Aufstau eines Gewässers oder  
zum dauernden Speichern von Wasser

## **Sonstige Projekte**

Kläranlagen

### **3 Umsetzung der EG-Richtlinie in deutsches Recht**

Die EG-Richtlinie wird durch das „Gesetz zur Umsetzung der Richtlinie des Rates vom 27. Juni 1985 über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten (85/337/EWG)“ in deutsches Recht übertragen. Dabei ist der Artikel 1 dieses Gesetzes das eigentliche „Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)“, siehe dazu auch Bild 3.1.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist ein unselbständiger Teil des verwaltungsbehördlichen Verfahrens. Bei dem Gesetz über die UVP handelt es sich um ein sogenanntes Artikel-Gesetz. In Artikel 1, dem eigentlichen Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG) werden Zweck, Begriffe, Anwendungsbereich und der Rahmen des Verfahrens beschrieben. In den folgenden Artikeln 2 bis 12 werden die Änderungen der betroffenen Gesetze formuliert. Der Artikel 5 betrifft z.B. die Änderung des Wasserhaushaltsgesetzes, Artikel 8 die Änderung des Bundeswasserstraßengesetzes (s. Bild 3.1). Durch die Verknüpfung mit anderen Gesetzen als Artikelgesetz wird dokumentiert, daß es sich bei der UVP um einen **unselbständigen Teil des verwaltungsbehördlichen Verfahrens** handelt. Mit der Änderung der Fachgesetze wird die UVP in den Zulassungsverfahren des Fachrechts verankert.

Für die Durchführung der UVP wird eine federführende Behörde bestimmt. Diese ist im allgemeinen die für die Zulassung maßgebende Behörde.

### **Anwendungsbereich**

Die Vorhaben, die einer UVP unterliegen, sind in der Anlage zu § 3 UVPG aufgeführt. Für wasserwirtschaftliche und wasserbauliche Maßnahmen sind folgende Vorhaben in der Anlage aufgeführt:

## Abwasserbehandlungsanlagen (Nr. 5):

Bau und Betrieb sowie wesentliche Änderungen einer Abwasserbehandlungsanlage, die eine Zulassung nach § 18c des Wasserhaushaltsgesetzes bedürfen.

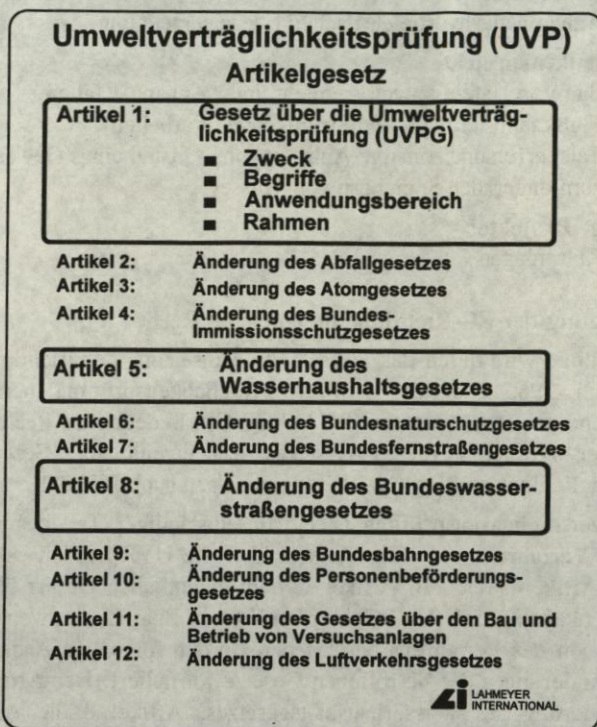


Bild 3.1: Das UVPG als Artikelgesetz

## Gewässerumgestaltung, Deich- und Dammbauten (Nr. 6):

Herstellung, Beseitigung und wesentliche Umgestaltung eines Gewässers oder seiner Ufer sowie von Deich- und Dammbauten, die einer Planfeststellung nach § 31 des Wasserhaushaltsgesetzes bedürfen.

## Bundeswasserstraßen (Nr. 12):

Ausbau, Neubau und Beseitigung einer Bundeswasserstraße, die der Planfeststellung nach § 14 des Bundeswasserstraßengesetzes bedürfen.

#### 4 Zweck des Gesetzes

Die UVP soll eine wirksame Umweltvorsorge nach einheitlichen Grundsätzen sicherstellen. Dabei sollen die Auswirkungen eines Vorhabens auf die Umwelt

**frühzeitig  
umfassend  
medienübergreifend**

ermittelt, beschrieben und bewertet werden. Besonders wichtig ist dabei ein systematisches und nachvollziehbares Vorgehen.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung umfaßt die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der Auswirkungen eines Vorhabens auf

- |                         |              |
|-------------------------|--------------|
| - Menschen              | - Tiere      |
| - Pflanzen              | - Boden      |
| - Wasser                | - Luft       |
| - Klima                 | - Landschaft |
| - Kultur- und Sachgüter |              |

Die Ergebnisse der UVP sind bei den behördlichen Entscheidungen so früh wie möglich zu berücksichtigen. Die bisher im Zulassungsverfahren durchgeführten Teilprüfungen sind zu einer Gesamtbewertung aller Umweltauswirkungen, einschließlich der Wechselwirkungen, zusammenzufassen. Diese medienübergreifende Betrachtungsweise stellt die Besonderheit dieses neuen Verfahrensschritts dar. Das UVP-Verfahren endet mit der Abwägung der umweltrelevanten Kriterien und ihrer Erheblichkeit.

Der eigentliche Zulassungsbeschluß, unter Abwägung aller zu berücksichtigenden Belange, erfolgt außerhalb des UVP-Verfahrens.

#### 5 UVP-Verwaltungsvorschrift

In § 20 des UVPG wird geregelt, daß die Bundesregierung mit Zustimmung des Bundesrates allgemeine Verwaltungsvorschriften erläßt. Diese Verwaltungsvorschriften enthalten für die Verwaltung des Bundes und der Länder verbindliche Vorgaben über

- Kriterien und Verfahren, die zu den in den §§ 1 und 12 genannten Zwecken bei der Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Umweltauswirkungen (§ 2 Abs. 1 Satz 2) zugrunde zu legen sind
- Grundsätze für die Unterrichtung über den voraussichtlichen Untersuchungsrahmen nach § 5
- Grundsätze für die zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen nach § 11 und für die Bewertung nach § 12

Die UVP-Verwaltungsvorschrift enthält einen allgemeinen Teil mit den „Allgemeinen Regelungen“ und den vorhabensspezifischen Teil mit den Vorschriften für

die UVP-pflichtigen Vorhaben. Für wasserbauliche und wasserwirtschaftliche Vorhaben sind die Kapitel 5 (Abwasserbehandlungsanlagen), 6 (planfeststellungsbedürftige Gewässerausbauten nach § 31 des Wasserhaushaltsgesetzes) und 16 (Rohrleitungsanlagen für den Ferntransport von Öl und Gasen nach § 19a des Wasserhaushaltsgesetzes) von Interesse.

Im Anhang 1 zu den Verwaltungsvorschriften werden für die Bereiche Natur- und Landschaftsschutz, Wasser, Boden und Luft Orientierungswerte zu Bewertungskriterien angegeben. In den Anhängen 2 und 3 werden Hinweise für die voraussichtlich beizubringenden Unterlagen für die UVP gegeben.

Diese Verwaltungsvorschriften liegen bisher nur im Entwurf vor, zur Zeit in der Fassung vom März 1994.

## **6 Einbindung in das Zulassungsverfahren**

Für die UVP ist die nach Fachrecht zuständige Zulassungsbehörde verantwortlich, bei einem Planfeststellungsverfahren z.B. die Planfeststellungsbehörde. Die UVP ist als unselbständiger Bestandteil in die fachgesetzlichen Zulassungsverfahren integriert.

Bei Vorhaben, die mehrerer paralleler behördlicher Zulassungen bedürfen, wird eine **federführende Behörde** für die Aufgaben im Rahmen der UVP eingesetzt. Die Bewertung der Umweltauswirkungen hat die nach Fachrecht zuständige Behörde vorzunehmen. Die federführende Behörde hat nur die Aufgabe, das Zusammenwirken aller beteiligten Fachbehörden bei der Gesamtbewertung sicherzustellen.

## **7 Entscheidungsgrundlagen zur UVP**

Zur Prüfung der Umweltverträglichkeit sind als Entscheidungsgrundlage für die Behörden außer Unterlagen, die nach

**Fachrecht Bestandteil des Genehmigungsverfahrens**

sind, noch folgende Angaben vom Vorhabensträger zu liefern:

- **Beschreibung des Vorhabens**
- **Emissionen und Reststoffe**
- **Maßnahmen, mit denen erhebliche Beeinträchtigungen der Umwelt**
  - \* **vermieden**
  - \* **vermindert oder**
  - \* **ausgeglichen werden**
- **Beschreibung der erheblichen Auswirkungen des Vorhabens**

Soweit **zumutbar und erforderlich**, sind auch die folgenden Angaben vom Vorhabensträger beizubringen:

- Beschreibung der wichtigsten Merkmale der verwendeten technischen Verfahren
- Beschreibung der Umwelt und ihrer Bestandteile, unter Berücksichtigung des **allgemeinen Kenntnisstands**
- Übersicht über die wichtigsten, vom **Träger des Vorhabens** geprüften, Vorhabensalternativen
- Schwierigkeiten bei der Zusammenstellung der Angaben und Kenntnislücken

Die Aufarbeitung der den zuständigen Behörden vorzulegenden Angaben erfolgt üblicherweise in Form einer **Umweltverträglichkeitsuntersuchung (UVU)** oder **-studie (UVS)**. Zur Erstellung dieser Studie kann der Vorhabensträger einen externen Gutachter heranziehen, der ihn aufgrund seiner Erfahrung unterstützt und somit zu einem zielgerichteten Ablauf des Verfahrens beiträgt.

Die Behörde nimmt die eigentliche Umweltverträglichkeitsprüfung üblicherweise auf der Grundlage der vom Vorhabensträger beizubringenden UVU/UVS vor.

## 8 Verfahrensschritte der UVP

Die Besonderheiten, die sich aus den Anforderungen des UVPG 's im Rahmen der Zulassungsverfahren ergeben, sind in der folgenden Abbildung (Bild 8.1) zusammengestellt. Auf der Grundlage der inhaltlichen Anforderungen des UVPG ergibt sich bei der Erstellung der UVU/UVS folgende sinnvolle methodische Trennung in drei Phasen, die aufeinander aufbauen (s. Bild 8.2).

<b>Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)</b>	
<b>Besonderheiten der UVP</b>	
■ Berücksichtigung von Wechselwirkungen	[§ 2 UVPG]
■ Unterrichtung über den voraussichtlichen Untersuchungsrahmen	[§ 5 UVPG]
■ Anforderungen an die Unterlagen des Trägers des Vorhabens	[§ 6 UVPG]
■ Einbeziehung der Öffentlichkeit	[§ 9 UVPG]
■ Zusammenfassende Darstellung der Umweltauswirkungen	[§ 11 UVPG]
■ Bewertung der Umweltauswirkungen und Berücksichtigung der Ergebnisse bei der Entscheidung	[§ 12 UVPG]

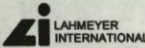


Bild 8.1: Besonderheiten der UVP

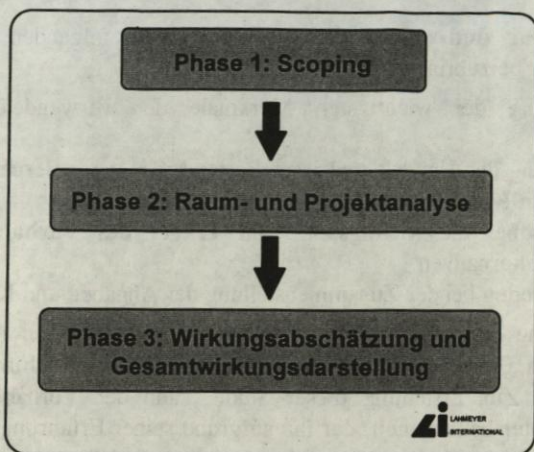


Bild 8.2: Arbeitsschritte der UVU

Die Vorgehensweise, die Beteiligten und die einzelnen Arbeitsschritte zur Erstellung der UVP, werden in Bild 8.3 dargestellt. Dieses Schema spiegelt den üblichen Ablauf für die UVP dar.

Wichtig ist, daß nach erfolgter Abwägung der umweltrelevanten Fragestellungen, die Gesamtabwägung im eigentlichen Genehmigungs- bzw. Planfeststellungsverfahren, außerhalb des UVP-Verfahrens erfolgt.

Exemplarisch soll im folgenden der Ablauf der Festlegung des Untersuchungsrahmens detaillierter dargestellt werden. Mit diesem Verfahrensschritt können schon frühzeitig wichtige Entscheidungen vorbereitet werden, die für einen erfolgreichen Verlauf des Verfahrens erforderlich sind.

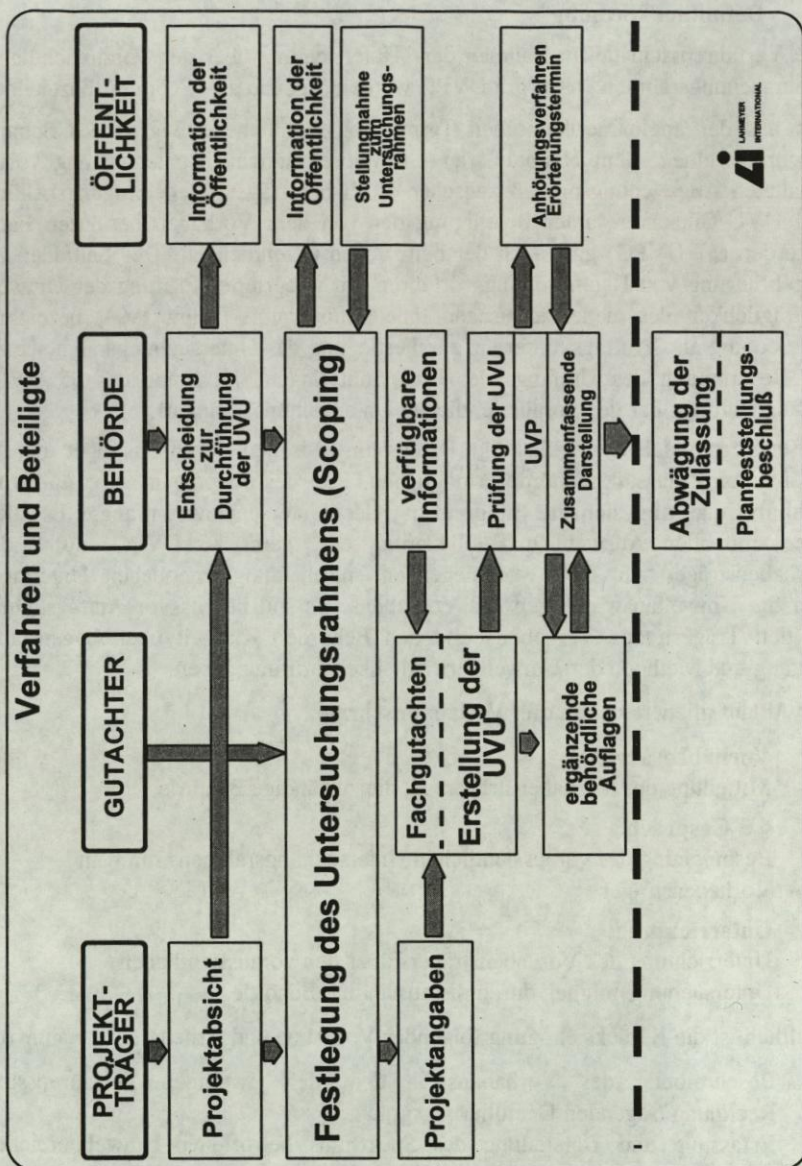


Bild 8.3: Verfahren und Beteiligte

## 9 Definition "Scoping"

Die Verfahrensschritte im Rahmen der "Unterrichtung über den voraussichtlichen Untersuchungsrahmen" nach § 5 UVPG werden oft auch als "Scoping" bezeichnet.

Der aus der angloamerikanischen Terminologie entlehene Begriff des Scoping beschreibt einen, dem Hauptteil der Umweltverträglichkeitsuntersuchung vorgeschalteten Abgleichungsprozeß zwischen Vorhabensträger, Genehmigungsbehörde und UVU-Gutachter, unter Beteiligung der von dem Vorhaben berührten Fachbehörden (§7 UVPG) ggf. auch der betroffenen Öffentlichkeit. Der Leitfaden zur Durchführung von Raumordnungsverfahren mit integrierter Prüfung der Umweltverträglichkeit des niedersächsischen Innenministeriums (März 1991) bezeichnet das Scoping als "Antragskonferenz zur Festlegung des Untersuchungsrahmens und zur Bestimmung des Umfangs der Projektunterlagen" im Sinne des §5 UVPG (Unterrichtung über den voraussichtlichen Untersuchungsrahmen).

Dieser Termin soll eine frühzeitige Diskussion zwischen Vorhabensträger und der zuständigen Zulassungsbehörde ermöglichen. Ziel des Scoping ist eine **nachvollziehbare** und **abgesicherte** Eingrenzung des Untersuchungsumfangs. Es dient einer sinnvollen Auswahl und Gliederung der, gem. §6 UVPG, durch den Vorhabensträger zur UVP vorzulegenden entscheidungserheblichen Unterlagen über die Umweltauswirkungen des Vorhabens. Es soll bereits vor Antragstellung bei den Trägern des Vorhabens und den Behörden Klarheit über Gegenstand, Umfang und Methode der Umweltverträglichkeitsprüfung geben.

Der Ablauf gliedert sich in drei Verfahrensschritte:

### **Vorhabensanzeige:**

Mitteilung des Vorhabensträgers an die zuständige Behörde

### **§ 5-Gespräch:**

Besprechung des voraussichtlichen Untersuchungsrahmens mit dem Vorhabensträger

### **Unterrichtung:**

Unterrichtung des Vorhabensträgers über den voraussichtlichen Untersuchungsrahmen durch die zuständige Behörde

Inhaltlich ist die Berücksichtigung folgender Vorgaben und Arbeitsschritte sinnvoll:

- Beschreibung des Vorhabens in dem der jeweiligen Verfahrensstufe Rechnung tragenden Detaillierungsgrad
- Erfassung und Darstellung des Spektrums betroffener Umweltbereiche/-Schutzgüter (vgl. §2 UVPG) und deren Teilkomponenten
- Festlegung des Untersuchungsraums und seiner Teilgebiete aus der zu erwartenden flächenbezogenen Wirkung des Vorhabens
- Zielorientierte Festlegung der einzelnen Untersuchungsparameter

Das Scoping ermöglicht nur durch die Einhaltung dieser Einzelschritte eine zielgerichtete und dem Vorhaben angepaßte Eingrenzung des inhaltlichen und räumlichen Untersuchungsrahmens auf tatsächlich erforderliche Betrachtungs- und Bewertungskriterien des Vorhabens aus umweltplanerischer Sicht.

Im Scoping findet somit bereits eine, der Wirkungsanalyse vorgeifende globale qualitative Abschätzung von erheblichen Einflüssen des Vorhabens auf die Umwelt statt, die Mittel zum Zweck der Abstimmung des erforderlichen Untersuchungsrahmens ist.

### **Zweck des Scoping**

Der hier beschriebene Verfahrensschritt dient der Akzeptanz des Zulassungsverfahrens sowie seiner Vereinfachung und Beschleunigung.

### **Einleitung des Scoping**

Das Verfahren wird eingeleitet, indem der Vorhabensträger das geplante Vorhaben der zuständigen Behörde vor der Antragstellung mitteilt.

Die Durchführung des Scoping ist für den Vorhabensträger nicht zwingend vorgesehen. Er kann auf diesen Verfahrensschritt verzichten. Wenn dieser Termin in einer Weise gestaltet wird, daß er der Beschleunigung und Erleichterung des Zulassungsverfahrens dient, ist dem Vorhabensträger aber zu empfehlen, diesen Termin zu nutzen.

### **Ablauf der Unterrichtung**

Das Spoping ist an keine Form gebunden. Das Zusammenwirken mehrerer Behörden soll möglichst mündlich erfolgen. Die Unterrichtung darf nach Inhalt und Umfang nicht als eine **Vorwegnahme** des anschließenden Zulassungsverfahrens durchgeführt werden.

Belange, die für die Durchführung der UVP nicht erheblich sind (z.B. wirtschaftliche und gesellschaftliche Belange), dürfen nicht in den Verfahrensschritt eingeführt werden.

Das Verfahren unterteilt sich in drei Abschnitte:

- **Mitteilung durch den Träger**
- **Besprechung des Untersuchungsrahmens**
- **Unterrichtung durch die zuständige Behörde**

### **Mitteilung durch den Träger des Vorhabens**

Der Vorhabensträger hat der zuständigen Behörde und den zu beteiligenden Behörden Unterlagen in der Art zu überreichen, die ihnen eine Beurteilung des Vorhabens hinsichtlich der Festlegung des Untersuchungsrahmens ermöglicht.

Die Unterlagen brauchen noch keine Angaben im Detail enthalten. Das Vorhaben ist in groben Zügen und unter Beschränkung auf die wesentlichen Probleme darzustellen. Die Unterlagen müssen nicht in einem geschlossenen Dokument überreicht werden. Es ist nicht erforderlich, zu diesem Zeitpunkt schon eine vorgezogene **Umweltverträglichkeitsuntersuchung** vorzulegen.

### **Gegenstand der Besprechung des Untersuchungsrahmens**

Die Besprechung dient der frühzeitigen Klärung des Untersuchungsrahmens der UVP und nicht der **Behandlung von Einwendungen Dritter** gegen das Vorhaben. Es darf keine Vorwegnahme des Erörterungstermins im Rahmen der späteren Einbeziehung der Öffentlichkeit darstellen. Die Besprechung kann somit formlos erfolgen.

Bei der Besprechung ist auch zu klären, welche Teilprüfungen aus vorgelagerten Verfahren, z.B. Raumordnungsverfahren, übernommen werden können und nicht mehr einer Prüfung zu unterziehen sind.

### **Hinzuziehung anderer Behörden, Sachverständiger und Dritter**

Die Hinzuziehung anderer Behörden, Sachverständiger und Dritter durch die zuständige Behörde ist möglich, wenn es zur Klärung des Untersuchungsrahmens zweckdienlich ist. Die Hinzuziehung von Standortgemeinden ist in der Regel zweckmäßig. Dritte können Umweltverbände sowie natürliche und juristische Personen sein. Grundsätzlich ist bei diesen Terminen ein mögliches Interesse des Vorhabensträgers an einer vertraulichen Behandlung gegenüber den Interessen der Öffentlichkeit abzuwägen.

### **Unterrichtung durch die zuständige Behörde**

Die Ergebnisse des Scoping sind dem Träger des Vorhabens schriftlich mitzuteilen. Ein Zeitrahmen soll genannt werden. Wichtig ist, daß der Untersuchungsrahmen keine rechtliche Bindungswirkung entfaltet.

Ein mögliches Verfahrensschema zur Festlegung des Untersuchungsrahmens zeigt die folgende Abbildung 9.1. Diese Vorgehensweise hat sich bei umfangreicheren, komplexen Vorhaben bewährt.

In der darauffolgenden Abbildung 9.2 sind exemplarisch mögliche, für die Umweltbetrachtung relevante Wirkbereiche aufgeführt.

## Abstimmung des Untersuchungsrahmens

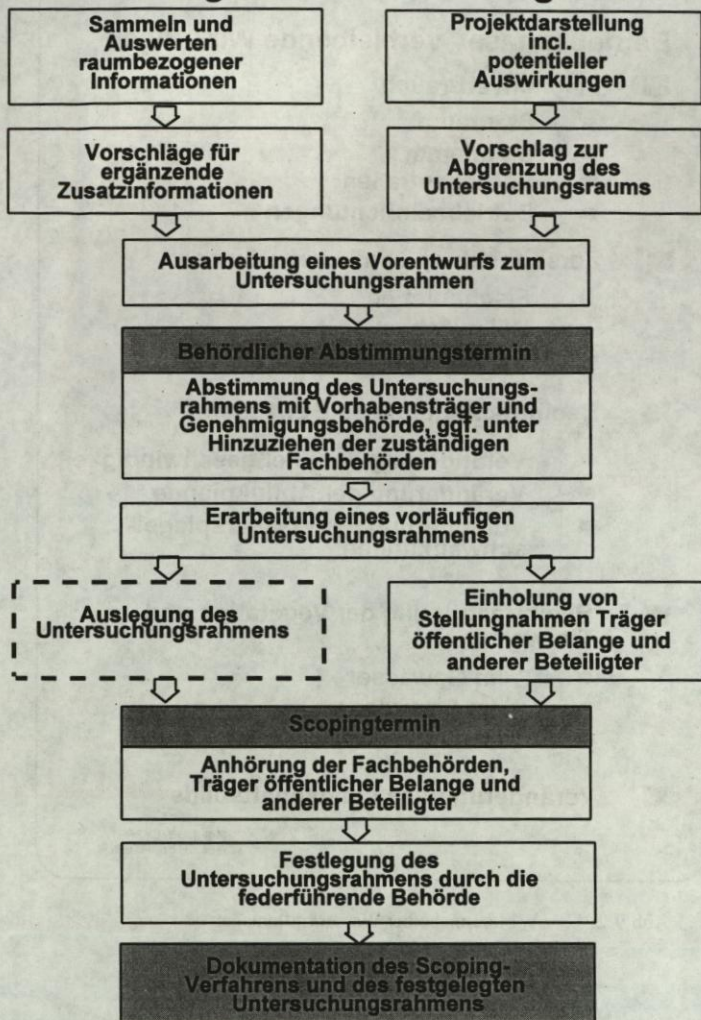


Bild 9.1: Abstimmung des Untersuchungsrahmens

## Wirkbereiche bei Wasserkraftanlagen

### Betriebsphase - verbleibende Wirkungen

- Flächenverbrauch
  - Stauraum
  - Staudamm
  - Betriebsstraßen
  - Betriebseinrichtungen
- Zerschneidung von Lebensräumen
  - Fischaufstieg
  - Wildwechsel
  - Verbindungswege
- Beeinträchtigung des Gewässers
  - Veränderung der Fließgeschwindigkeit
  - Veränderung der Abflußmenge
  - Veränderung der Wasserspiegelschwankungen
- Beeinträchtigung der Vegetation und Tierwelt
  - im Gewässer
  - am Gewässer
  - im Hochwassereinflußbereich
- Veränderung des Landschaftsbilds

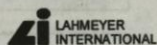


Abb 9.2: Wirkbereiche bei Wasserkraftanlagen

## 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 Energiere Ressourcen 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 Gewässerbiozönoson 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 dioxydfreie 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)	Ausnutzungsdauer (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

( Stromerzeugungskosten 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 ( $g \cdot \rho$ ) [ $kN/m^3$ ]

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

**Standardisierte Erzeugungsverluste**

Wenn man von einer standardisierten Mindestwasserabgabe von 1m<sup>3</sup>/s und einer Fallhöhe von 1 m, mit der sich eine Leistung von 7,5 · 1 · 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

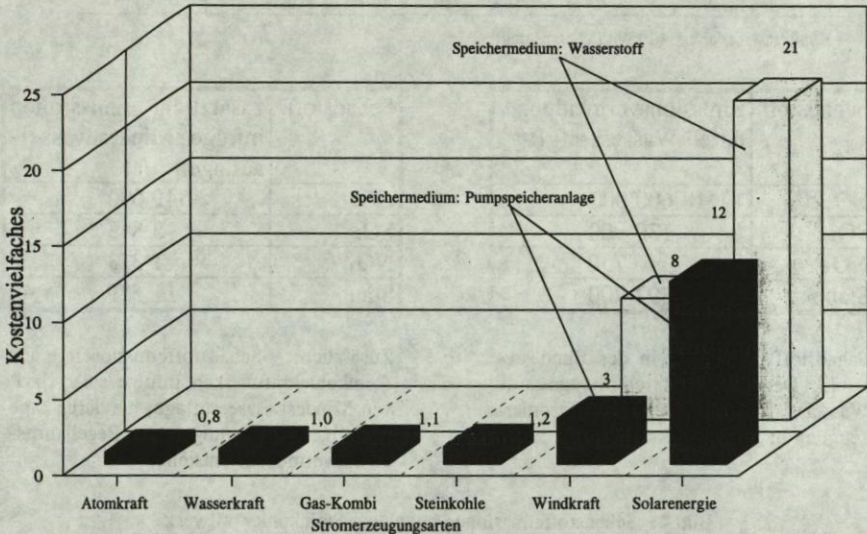
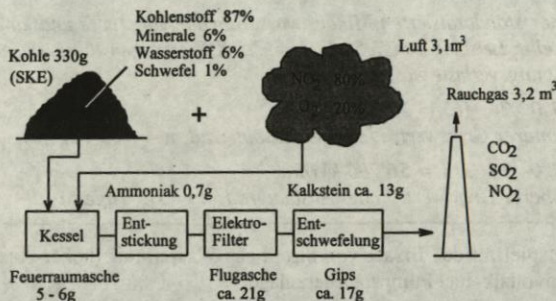


Bild 3: Kostenvergleichsfaktoren für verschiedene Stromerzeugungsarten

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 <sub>2</sub>	1000	1000	1000	1000
SO <sub>2</sub>	7	7	7	0,7
NO <sub>x</sub>	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 <sub>2</sub>	18 600 000
SO <sub>2</sub>	130 900
NO <sub>x</sub>	46 750
Staub	392 700

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

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

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

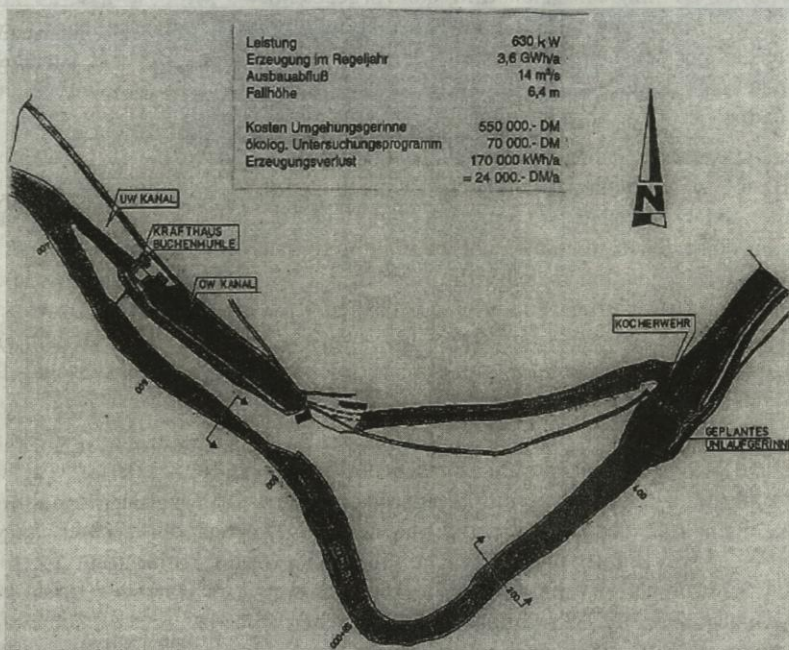
Zur Verbesserung der ökologischen Gesamtsituation gilt es, mit den durch die Wasserbaukunst gebotenen Möglichkeiten, mit der Vielfalt an baulichen Varianten im Flußbau und beim Bau von Stauhaltungen und Wasserkraftanlagen, ein Optimum im Ausgleich von Ökologie und Ökonomie zu erreichen. Derlei konstruktive 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.

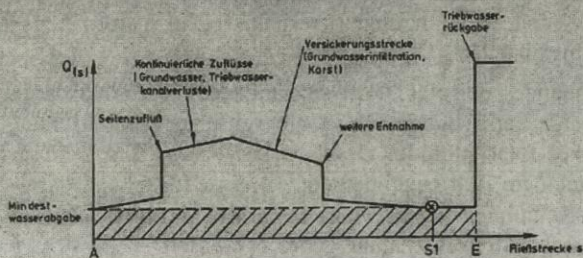
Triebwasserkanäle haben sich bei Altanlagen in den meisten Fällen zu wertvollen Biotopen innerhalb der natürlichen Umgebung entwickelt. Bei Überholungsarbeiten oder Neubauten lassen sich gleichfalls ökologische Gestaltungsmaßnahmen einbeziehen, die auf nicht zu steile und glatte Ufer sowie auf standorttypische 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

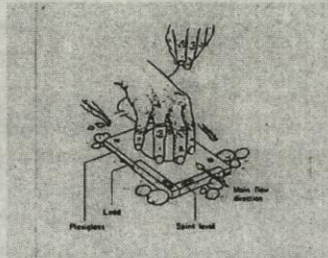
⊙ Mindestwasserabgabe an der Stelle S1

A Anfang der Ausleitungsstrecke

E Ende der Ausleitungsstrecke

Bild 6: Kraftwerk Buchenmühle am Kocher

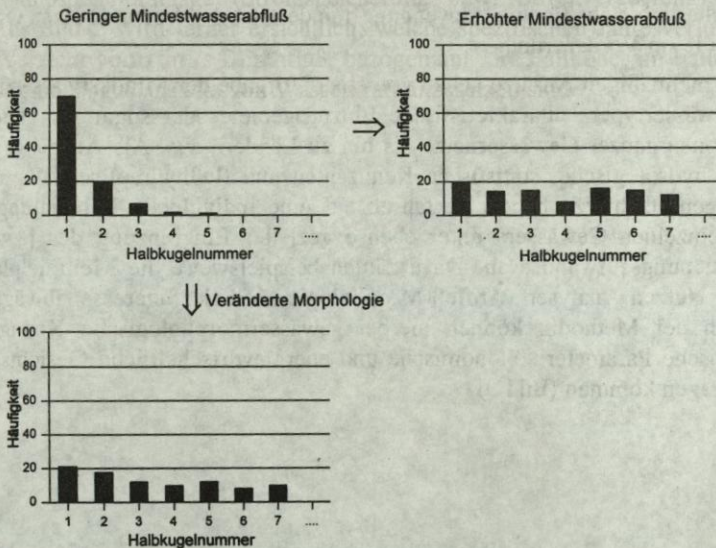
- Halbkugeln 24 Halbkugeln gleicher Größe, aber unterschiedlicher Dichte (1,015 bis 10,009 g/cm<sup>3</sup>)
- Zielgröße Sohlschubspannungen oder Schleppspannungen
- Meßpunkt



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



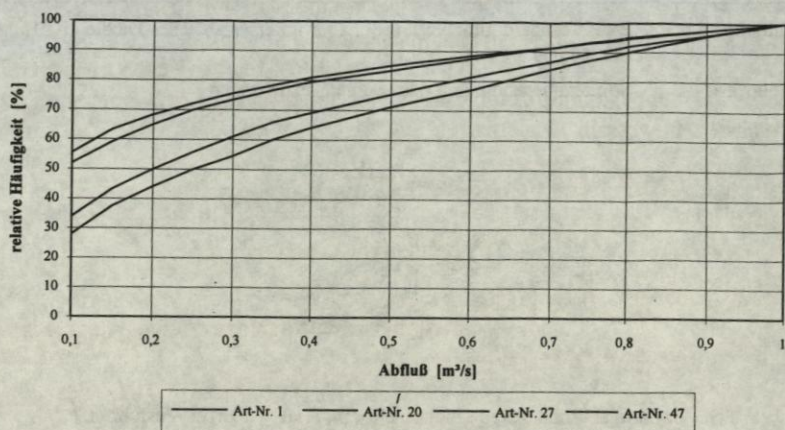


Bild 8: Veränderung der Halbkugelverteilung und Präferenzkurven

## 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	dynamischer Min- destwasserabfluß
	ökonomische Gesichtspunkte	
	energiepolitische Aspekte	

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).

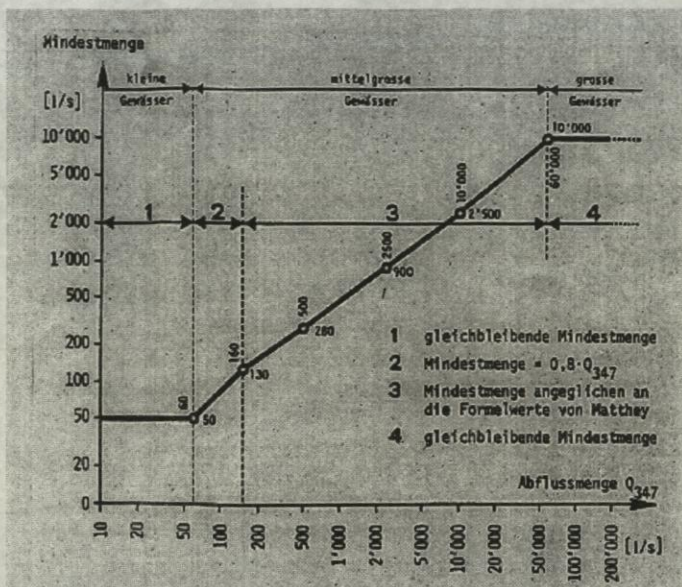


Bild 10: Mindestwasserregelung in der Schweiz

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

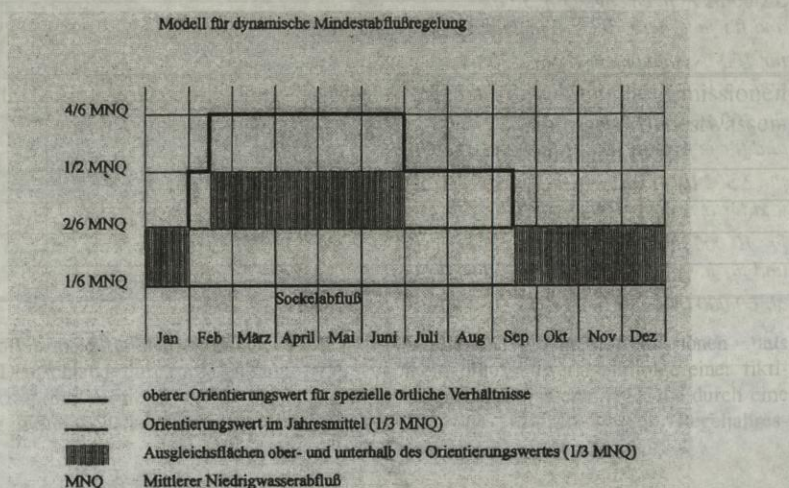


Bild 11: Mindestwasserregelung in Baden-Württemberg

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 gesamtheitlichen 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 <sup>3</sup> /s)	Verringerung der nutzbaren Wassermenge (%)	Stillstandstage (d/a)
<b>Schweiz</b>			
Gewässerschutzgesetz 1. Stufe	0,84	10	4
Schätzung 2. Stufe	1,2 - 2,2	14 - 29	7 - 44
<b>Österreich</b>			
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
<b>Deutschland</b>			
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
<b>Weitere Beispiele</b>			
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.

Dr.- Ing. F. Krüger

Institut für Hydrologie im ZALF, Müncheberg

Mitglied des DVWK-Fachausschusses 2.7 „Fischaufstiegsanlagen“

## **Fischaufstiegsanlagen, Beispiele aus dem Land Brandenburg**

### **Inhalt**

- 1 Einführung
- 2 Allgemeine Anforderung an Fischaufstiegsanlagen
- 3 Rechtliche Bestimmungen
- 4 Konstruktive Gestaltung
- 4.1 Technische Fischaufstiegsanlagen
- 4.1.1 Beckenpaß
- 4.1.2 Denil-Paß
- 4.1.3 Schlitzpaß
- 4.2 Naturnahe Fischaufstiegsanlagen
- 4.2.1 Umgehungsgerinne
- 4.2.2 Fischrampe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Literatur

### **1 Einführung**

Die Zergliederung der Fließgewässer zählt neben der Beeinträchtigung der Lebensraumvielfalt durch naturfernen Gewässerausbau sowie der Gewässerbelastung mit organischen und Schadstoffen zu den schwerwiegendsten anthropogenen Eingriffen an Fließgewässern. Als zergliedernd wirken dabei alle Bauwerke wie Wehre, Wasserkraftanlagen und Sohlenabstürze, aber auch Rohrdurchlässe oder Schußrinnen, die für die Gewässerfauna unüberwindbar sind und somit Biotopschranken darstellen. Am deutlichsten lassen sich diese Auswirkungen bei den anadromen Wanderfischarten wie Lachs oder Meerforelle aufzeigen, da die Behinderung des Aufstiegs in die Laichgebiete zum Erlöschen der Populationen führt. Aber auch für alle anderen Fischarten sind mehr oder weniger weite Wanderungen ein wesentlicher Bestandteil des Lebenszyklus und Fortpflanzungsverhaltens. Die Verbauungen verhindern

- das Aufsuchen der Laichgebiete,
- Kompensationswanderungen zum Ausgleich der Populationsdichte,
- Wechsel zwischen Teillebensräumen, z.B. Nahrungs- und Ruhehabitate, Winterquartiere,
- die Ausbreitung von bedrohten stenöken Arten,
- Flucht - und Ausweichbewegungen bei negativen Veränderungen des Lebensraumes und

- die Neubesiedlung von Gewässerabschnitten, die nach Katastrophen wie chemischen Unfällen, Hoch- oder Niedrigwassern sowie nach Ausbau- und Unterhaltungsmaßnahmen verarmt sind.

So müssen für die Bundesrepublik ca. 70% der Fischarten als gefährdet und einige als schon ausgestorben gelten. Auch die Ausbreitung von Fluß- und Teichmuscheln ist an ein durchgängiges Gewässersystem gebunden, da die Muschellarven, die Glochidien, auf die Fische als Wirtstiere angewiesen sind und von diesen auch verbreitet werden. Von Gammariden, Stein- und Eintagsfliegenlarven, Krebsen usw. sind gleichfalls stromauf gerichtete Wanderungen belegt.

**Die Aufrechterhaltung bzw. Wiederherstellung der Durchgängigkeit der Fließgewässer ist damit eine vorrangige Aufgabe des Biotop- und Artenschutzes.**

Die biologische Durchgängigkeit ist generell für alle Gewässer zu fordern, die ursprünglich durchwandert werden konnten. Dazu gehört auch die Anbindung von Nebengewässern, Altarmen usw.

Auf Stauanlagen kann oft aus energiepolitischen, wasserwirtschaftlichen, fischereiwirtschaftlichen oder landeskulturellen Gründen nicht verzichtet werden. In diesen Fällen sind Fischaufstiegsanlagen erforderlich, die zwar auch nicht alle ökologischen Folgen der Stauhaltung kompensieren, aber zumindest die Aufstiegsmöglichkeit für die Gewässerfauna sichern können.

Der Fachausschuß 2.7 "Fischaufstiegsanlagen" des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK) hat im Mai 1994 den Entwurf eines Merkblattes veröffentlicht, in dem der derzeitige Erkenntnisstand zur Problematik der Fischaufstiegsanlagen zusammengefaßt ist. Das Merkblatt gibt Hinweise für die konstruktive Gestaltung, hydraulische Berechnung, Unterhaltung und Funktionskontrolle. Darüber hinaus will das Merkblatt auch als Anregung verstanden werden, die anhand von Beispielen illustrierten Aktivitäten zum Bau von Fischaufstiegsanlagen fortzuführen und die bestehenden Wissenslücken zu füllen.

## **2 Allgemeine Anforderung an Fischaufstiegsanlagen**

An Fischaufstiegsanlagen sind aus biologischer Sicht folgende Anforderungen zu stellen:

- Passierbarkeit für alle potentiell vorkommenden Fischarten,  $v_{max} = 1,6-2,0\text{m/s}$ , bei Sicherstellung der Ausbildung strömungsberuhigter Bereiche, Unterstände und Ruhemöglichkeiten
- Passierbarkeit auch für benthische Invertebraten, Klein- und Jungfische
- durchgehendes rauhes Sohlensubstrat,
- Funktionstüchtigkeit muß für das gesamte Jahr gegeben sein (mit Ausnahme extremer Hoch- und Niedrigwasser),

- UW-Einstieg stets in unmittelbarer Nähe des Hindernisses,
- ausreichende Leitströmung, keine Einbindung in hochturbulente Zonen in Tosbecken oder Turbinenauslässen,
- Orientierung der Fische hauptsächlich an der Strömung, der UW-Einstieg muß dort liegen, wo der größte Abfluß auftritt (z.B. direkt am Turbinenauslauf),
- Orientierung der Fische auch am Geruchssinn, d.h. keine Beschickung der Fischaufstiegsanlage mit Fremdwasser,
- naturnahe Bauweisen sind nach Möglichkeit zu bevorzugen.

Die Möglichkeiten für die günstigste Anordnung einer (technischen) Fischaufstiegsanlage an der Stauanlage sind im Bild 1 angegeben.

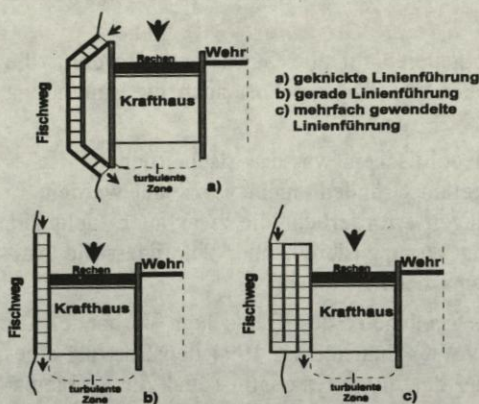


Bild 1:  
Anordnung von Fischwehren an einer Stauanlage (mit Wasserkraftnutzung) im Grundriß

### 3 Rechtliche Bestimmungen in der Bundesrepublik Deutschland

Bei Baumaßnahmen richtet sich die rechtliche Situation nach dem Wasserhaushaltsgesetz (WHG), den jeweiligen Landeswassergesetzen sowie den landesspezifischen Fischereigesetzen mit den dazugehörigen Verordnungen.

Das übergeordnete WHG führt in § 8 Abs. 3 (Bewilligung) aus, daß nachteilige Wirkungen auf das Gewässer durch Auflagen verhütet oder ausgeglichen werden sollen. Eine solche nachteilige Wirkung ist in jedem Fall in der Verhinderung der Aufstiegsmöglichkeit für die Gewässerfauna zu sehen. Die Auflagen an den Bauträger ergeben sich aus den fachlichen Forderungen der im Wasserrechtsverfahren einzuschaltenden Vertreter öffentlicher Belange, wie zum Beispiel die Fischereibehörde und Naturschutzbehörde, die hier auch eine Aufsichtspflicht für die Wahrung öffentlicher Interessen wahrnehmen müssen.

Die Anlage von Fischwegen bei neu zu errichtenden Staubauewerken wird einheitlich in allen Landesfischereigesetzen gefordert.

**Beispiel: Fischereigesetz für das Land Mecklenburg-Vorpommern vom 6. Dez. 1993 § 22  
Fischwege in Fließgewässern**

- (1) *Wer Absperrbauwerke oder andere bauliche Anlagen, die den Wechsel der Fische verhindern oder erheblich beeinträchtigen, in einem Gewässer errichtet, muß auf seine Kosten geeignete und ausreichende Fischauf- und abstiegshilfen (Fischwege) anlegen, unterhalten sowie ganzjährig offen und betriebsfähig halten.*
- (2) *Die untere Fischereibehörde ist an den Genehmigungsverfahren zu den im Absatz 1 angeführten Bauwerken und Anlagen zu beteiligen.*
- (3) *Die untere Fischereibehörde kann im Einzelfall von der Verpflichtung zur Anlage von Fischwegen befreien, wenn die Sperre höchstens für die Dauer eines Jahres errichtet oder nicht überwiegend betrieben wird und fischereiliche wie ökologische Schäden nicht zu erwarten sind. Derjenige, der eine Sperre errichtet, ist verpflichtet, einen angemessenen Beitrag an den Fischereiberechtigten zur Beschaffung von Fischbesatz zu leisten.*
- (4) *Bei den in Absatz 1 genannten und bereits bestehenden Anlagen haben deren Betreiber, die Gewässereigentümer oder die Eigentümer von Ufergrundstücken auf Anordnung der obersten Fischereibehörde im Einvernehmen mit der obersten Wasserbehörde die Errichtung von Fischwegen zu dulden. Die Eigentümer von Ufergrundstücken sind für die Beeinträchtigungen angemessen zu entschädigen.*

In allen Bundesländern hat der Anlageneigentümer auch die nachträgliche Errichtung von Fischaufstiegsanlagen zu dulden, wobei er i.a. einen Entschädigungsanspruch für den Wasser- und Energieverlust hat. Der nachträgliche Einbau von Fischaufstiegsanlagen muß meist mit öffentlichen Fördermitteln finanziert werden.

## **4 Konstruktive Gestaltung**

### **4.1 Technische Fischaufstiegsanlagen**

#### **4.1.1 Beckenpaß**

Beckenpässe zählen zu den ältesten ausgeführten Anlagen. Das Prinzip besteht bei einem Beckenpaß darin, eine vom Ober- zum Unterwasser geführte Rinne durch den Einbau von Zwischenwänden in eine Reihe von treppenartig aneinandergereihten Becken aufzuteilen, wobei der Abfluß meist über Öffnungen in den Zwischenwänden abgeführt und die potentielle Energie des Wassers jeweils schrittweise in den Becken umgewandelt wird (Bild 2). Der Fischaufstieg erfolgt von einem Becken zum nächsten durch Öffnungen in den Zwischenwänden an der Sohle (Schlupflöcher) oder über Kronenausschnitte bzw. die Beckentrennwände. Hohe Fließgeschwindigkeiten, die vom aufsteigenden Fisch zu überwinden sind, treten nur bei der Passage der Zwischenwände auf, während die Becken mit geringen Fließgeschwindigkeiten Unterstände und Ruhemöglichkeiten bieten.

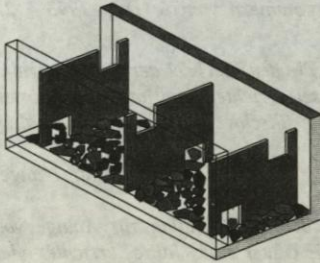


Bild 2: Beckenpaß

Die erforderlichen Abmessungen der Becken und Einbauten sind in DVWK (1994) angegeben.

#### 4.1.2 Denil-Paß

Um 1906 entwickelte der Belgier Denil einen Fischpaß, der aufgrund seiner Wirkungsweise als Gegenstrompaß oder nach seinem Erfinder auch als Denil-Paß bezeichnet wird (DENIL 1909).

Der Fischpaß besteht aus einer geradlinig geführten Rinne, in welcher in regelmäßigen, relativ kurzen Abständen gegen die Fließrichtung geneigte Lamellen angeordnet sind, Bild 3. Die sich zwischen diesen Lamellen ausbildenden Rückströmungen bewirken eine erhebliche Energiedissipation und aufgrund ihrer Interaktionen eine relativ geringe Fließgeschwindigkeit im unteren Bereich der Lamellenausschnitte, Bild 4. Dadurch wird es möglich, den Denil-Paß mit einem im Vergleich zu anderen Bauweisen großen Gefälle von  $I = 1:10$  bis  $1:5$  zu bauen und kleine bis mittlere Höhenstufen auf relativ kurzer Strecke zu überwinden.

Die kompakte Bauweise eines Denil-Passes und die Möglichkeit, das Gerinne im Trockenem vorzufertigen und komplett einzubauen, prädestiniert diese Bauweise besonders für die Nachrüstung bestehender Stauanlagen mit Fischaufstiegsanlagen und für den Einsatz unter beengten räumlichen Verhältnissen.

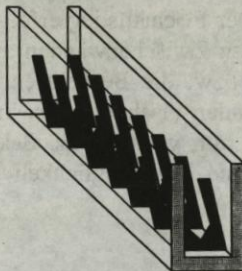


Bild 3: Denil-Paß

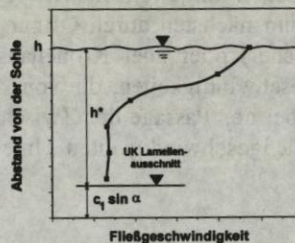


Bild 4: Geschwindigkeitsverteilung im Denil-Paß

Dieser Fischpaß-Typ ist gut geeignet für größere und leistungsfähige Fischarten, wenn die Baulänge nicht mehr als 8 bis 12 m beträgt. Für Klein- und Jungfische ist nach dem derzeitigen Erkenntnisstand die Aufstiegsmöglichkeit nur selektiv gegeben.

#### 4.1.3 Schlitzpaß

Der Schlitzpaß oder Vertical-Slot-Pass ist eine in Nordamerika entwickelte Bauweise, die dort seit Mitte dieses Jahrhunderts vielfach angewandt wurde (CLAY 1961, BELL 1973, RAJARATNAM et al. 1986) und seit einigen Jahren auch in Frankreich anzutreffen ist, Bild 5. In Brandenburg sind seit 1992 mehrere Schlitzpässe im Spreewald gebaut worden, vgl. Bild 6 und 7, die sich ausgezeichnet bewährt haben. Die positiven Erfahrungen weisen Schlitzpässe als die günstigste Bauweise für technische Fischaufstiegsanlagen aus.

Der Schlitzpaß ist eine Variation des Beckenpasses, bei der die Trennwände durch über die gesamte Höhe reichende, vertikale Schlitze gekennzeichnet sind. Je nach der Größe des Gewässers und zur Verfügung stehendem Durchfluß sind Bauweisen mit jeweils zwei Schlitzen in den Trennwänden und auch mit nur einem Schlitz möglich. Bei letzterer Bauweise liegen die Schlitze durchgehend auf einer Seite (im Unterschied zum konventionellen Beckenpaß mit wechselseitig angeordneten Schlupflöchern).

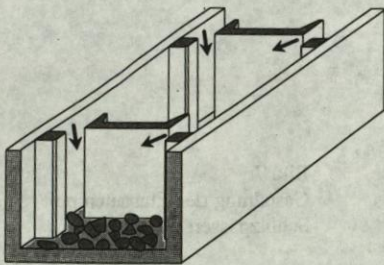


Bild 5:  
Beispiel für einen Schlitzpaß mit zwei Schlitzen, schematisch

Die erforderlichen Beckenabmessungen werden insbesondere durch die Schlitzbreite und die Anzahl der Schlitze (ein oder zwei Schlitze) und die damit in Zusammenhang stehenden Abflüsse bestimmt. Schlitzpässe wurden bereits mit Schlitzweiten von 0,6 m und mehr ausgeführt, wobei Beckenabmessungen von ca. 4 x 5 m erforderlich sind. In kleineren Gewässern und bei geringen zur Verfügung stehenden Abflüssen genügen auch Schlitzweiten von 0,15 bis 0,17 m. Die Mindestabmessungen der Becken betragen hierfür nach GEBLER (1991)  $l_b=1,9$  m und  $b=1,2$  m. Diese Maße gewährleisten eine gute Energieumwandlung und eine relativ turbulenzarme Beckenströmung.

Hervorzuheben ist auch die im Vergleich zu anderen Bauweisen deutlich geringere Verstopfungsneigung und damit die größere Funktionssicherheit.

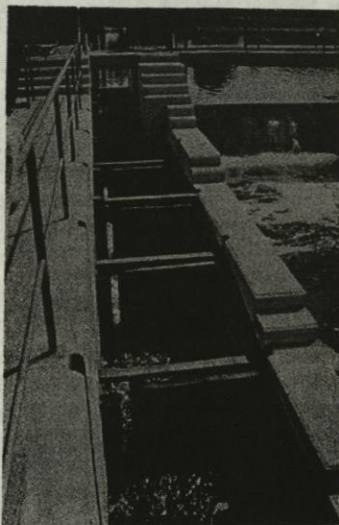


Bild 6:  
Schlitzpaß am Spreewehr  
Neu Lübbenau,  
Unterer Spreewald, Baujahr 1992

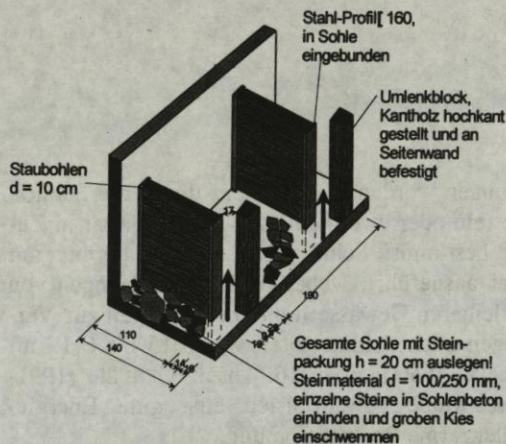


Bild 7:  
Gestaltung der Einbauten bei  
Schlitzpässen im Spreewald

## 4.2 Naturnahe Fischaufstiegsanlagen

### 4.2.1 Umgehungsgerinne

Unter einem Umgehungsgerinne wird eine Fischaufstiegsanlage verstanden, mit der ein Staubauwerk in Form eines naturnah gestalteten Gerinnes im Nebenschluß (weitläufig) umgangen wird, Bild 8. Umgehungsgerinne sind deshalb besonders für die Nachrüstung bestehender Stauanlagen mit Fischaufstiegsanlagen geeignet, da sie i. a. keiner Veränderungen an der Staustufe bedürfen.

Der wesentliche Nachteil eines Umgehungsgerinnes ist der relativ große Flächenbedarf. Die Anwendbarkeit dieser Bauweise hängt damit stark von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten ab. Andererseits bietet gerade die Weitläufigkeit eines solchen Gerinnes die Möglichkeit für eine naturnahe Gestaltung und die gute Einbindung in die Landschaft.

Damit sind wiederum die Voraussetzungen geschaffen, daß diese Gerinne nicht nur als Migrationswege, sondern von strömungsliebenden Arten auch als permanenter Lebensraum genutzt werden können; ein Gesichtspunkt, der in staugehaltenen Fließgewässern, in denen die Lebens- und Fortpflanzungsbedingungen für die stenöken rheophilen Fließgewässerarten besonders stark beeinträchtigt sind, stärkere Beachtung verdient.

Desweiteren bieten Umgehungsgerinne die Möglichkeit, den gesamten Staubeereich von der Stauanlage bis zur Stauwurzel zu umgehen und derart das Fließgewässerkontinuum im Sinne einer durchgehenden fließenden Welle aufrechtzuerhalten bzw. wiederherzustellen.

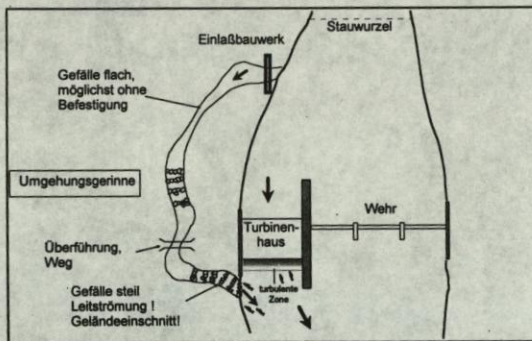


Bild 8: Prinziplösung der Anordnung eines Fischauß-Umgehungsgerinnes an einer Stauanlage

In Anlehnung an das Leitbild eines natürlichen Fließgewässers können folgende Gestaltungskriterien als Mindestabmessungen für Umgehungsgerinne abgeleitet werden:

Gefälle:	I = 1:100 bis max 1:20, in Anlehnung an den Gewässertyp	
Breite:	b > 0,80 m	
vorherrschende Wassertiefe:	> 0,2 m	in Abhängigkeit von der Größe des Gewässers und der Fischfauna
mittlere Fließgeschwindigkeit:	$v_m = 0,4$ bis $0,6$ m/s,	Gewässers und der Fischfauna
maximale Fließgeschwindigkeit:	$v_{max} = 1,6$ bis $2,0$ m/s, lokal begrenzt	
Sohle:	rauh, durchgehend, Anschluß an das Interstitial, wenn möglich das natürliche, örtlich anzutreffende Substrat ohne zusätzliche Sohlensicherung oder Abdichtung verwenden,	
Linienführung:	gewunden oder gestreckt, ggf. geknickt, Kolke und Schnellen	
Querschnitt:	variabel, ingenieurbioologische Ufersicherung, Störsteine, Steinschwellen zur Brechung des Gefälles	
Wasserbedarf:	Q = ca. $0,1$ m <sup>3</sup> /s·m	



Bild 9: Umgehungsgerinne in der Märkischen Schweiz/ Brandenburg

#### 4.2.2 Fischrampe

Die Umgestaltung eines Wehres über die gesamte Breite in eine Sohlenrampe oder -gleite ist oft aus Gründen der Wasserkraftnutzung, des Hochwasserschutzes, der Landwirtschaft oder der Bewirtschaftung von Teichanlagen nicht möglich. In diesen Fällen kann zumindest in einen Teil einer Wehranlage eine raue Rampe oder Gleite geringerer Breite - eine sogenannte Fischrampe - integriert werden, um die Migrationsmöglichkeiten für die Gewässerfauna sicherzustellen. Fischrampen sind damit auch für die Nachrüstung bestehender Wehre mit Fischaufstiegsanlagen geeignet.

Eine Fischrampe ist i.a. direkt in die Stauanlage integriert und faßt nach Möglichkeit den gesamten, bei Niedrig- und Mittelwasser zur Verfügung stehenden Abfluß zusammen. An Ausleitungskraftwerken kann über die Fischrampe z.B. der erforderliche Restwasserabfluß sichergestellt werden. Das Wehr wird nur noch bei Hochwasser beaufschlagt. Um die für den Fischaufstieg erforderlichen Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten zu gewährleisten, sind Fischrampen i.a. mit Störsteinen oder kaskadenförmigen Steinschwellen ausgestattet. Die Breite der Fischrampe resultiert in erster Linie aus dem für den Fischaufstieg maßgeblichen Abfluß. Bei größeren Abflüssen (Hochwasser) kann die Funktionstüchtigkeit von Fischrampen im Hinblick auf den Fischaufstieg nur noch bedingt sichergestellt werden. Bei Hochwasserabflüssen sind in erster Linie Aspekte der Standsicherheit für die Bemessung der Fischrampe maßgeblich.

Die Fischrampen sollten eine Breite von mindestens  $b = 1,50 \text{ m}$  bei einem Gefälle  $< 1:20$  besitzen.

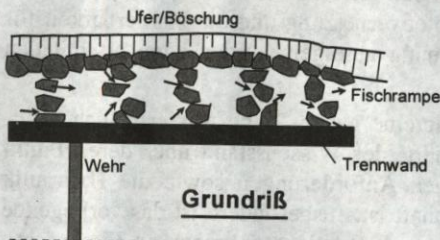


Bild 10:  
Fischrampe



Bild 11: Fischrampe Unkelmühle, Sieg/ Nordrhein-Westfalen

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Anwendbarkeit der einzelnen, im Kapitel 4 beschriebenen Bauweisen hängt sehr stark von den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten ab. Es sollte aber stets die Möglichkeit geprüft werden, naturnahe Bauweisen anzuwenden, da hiermit den ökologischen Anforderungen an die Biotopvernetzung und die Passierbarkeit für die gesamte Gewässerfauna eher Rechnung getragen werden kann als mit den technischen Bauweisen.

Es mußte festgestellt werden, daß zwar eine ganze Reihe wasserbaulicher Lösungen für Fischeaufstiegsanlagen existiert, der Wissensstand über deren Funktionsweise, die allgemeinen biologischen Anforderungen sowie die Hydraulik naturnaher Bauweisen noch sehr lückenhaft ist. Insbesondere ist das vorliegende Datenmaterial über Funktionskontrollen und Aufstiegszählungen an Fischpässen noch unzureichend. Es besteht damit noch erheblicher Forschungsbedarf.

## 6 Literatur

- BELL, M.C.(1973): Fisheries Handbook of Engineering Requirements and Biological Criteria.- Fisheries-Engineering Research Program, Corps of Engineers North Pacific Division, Portland, Oregon Feb.
- CLAY, C.H. (1961): Fishways and Other Fish Facilities.- The Department of Fisheries of Canada, Ottawa, Queens Printer, Canada
- DENIL, G. (1909): les echelles à poissons et leur application aux barrages de Meuse et d'Ourthe.- Annales des travaux publics de Belgique, 66.- S. 253-394
- DVWK (1994): Fischaufstiegsanlagen.- Merkblätter zur Wasserwirtschaft (Entwurf), Bonn
- GEBLER, R.-J.(1991): Naturgemäße Bauweisen von Sohlenbauwerken und Fischaufstiegen zur Vernetzung der Fließgewässer.- Diss. Univ.Karlsruhe, Mitt. des Inst. für Wasserbau und Kulturtechnik, Nr.181
- JENS, G. (1982): Der Bau von Fischwegen.-Hamburg, Berlin: Verlag Paul Parey
- KATOPODIS, CH.(1990): Advancing the Art of Engineering Fishways for Upstream Migrants.- Proc. Intern. Symposium on Fishways '90, Gifu, Japan, Okt. 1990
- KRÜGER, F.; LABATZKI, P.; STEIDL, J. (1993): Naturnahe Gestaltung von Fischaufstiegsanlagen -Beispiele in Brandenburg.- Wasserwirtschaft/Wassertechnik, Heft 1.- S.27-33
- LARINIER, M.(1992): Guide pour la conception des dispositifs de franchissement des barrages pour les poissons migrateurs.- Bull. fr. Piscic. numero special 326-327
- RAJARATNAM, N.; VAN DER VINNE, G.; KATOPODIS, Ch. (1986).- Hydraulics of Vertical Slot Fishways.- Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.112, No.10.- S. 909-927

Dr.- Ing. K.H. Nagel

Ingenieurgesellschaft Wasser- und Tiefbau mbH Weimar

## Spezielle Umweltprobleme beim Bau des Wasserkraftwerkes Samanalawewa, Sri Lanka, und deren Lösung

### 1 Einführung

Das Samanalawewa-Wasserkraftwerk ist Ende der 70er Jahre untersucht worden. Die Durchführbarkeitsstudie wurde von Technoprom Export Moskau, ehemalige Sowjetunion, erstellt.

Die Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG in Zürich erhielt Mitte der 80er Jahre zunächst den Auftrag für die Aktualisierungsstudie und anschließend den Auftrag für die Erstellung der Ausschreibungsdokumente sowie die Wahrnehmung der Oberbauleitung.

Das Projekt liegt ca. 160 km südöstlich von Colombo, Sri Lanka (siehe Bild 1) und wurde 1993 in Betrieb genommen.

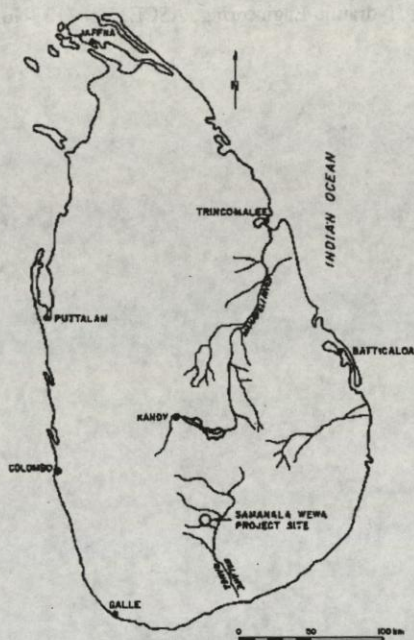


Bild 1: Lage des Wasserkraftwerkes Samanalawewa, Sri Lanka

## 2 Beschreibung des Projektes

Gestaut wird der Walawe Ganga. Die Staustelle liegt in direkter Fluglinie nur 6 km von dem Katupal Oya, einem Nebenfluß des Walawe Ganga, der aber an der Stelle des Krafthauses rund 300 m tiefer liegt als die Staustelle.

Das Samanalawewa-Projekt nutzt diese Fallhöhe zur Erzeugung von elektrischer Energie.

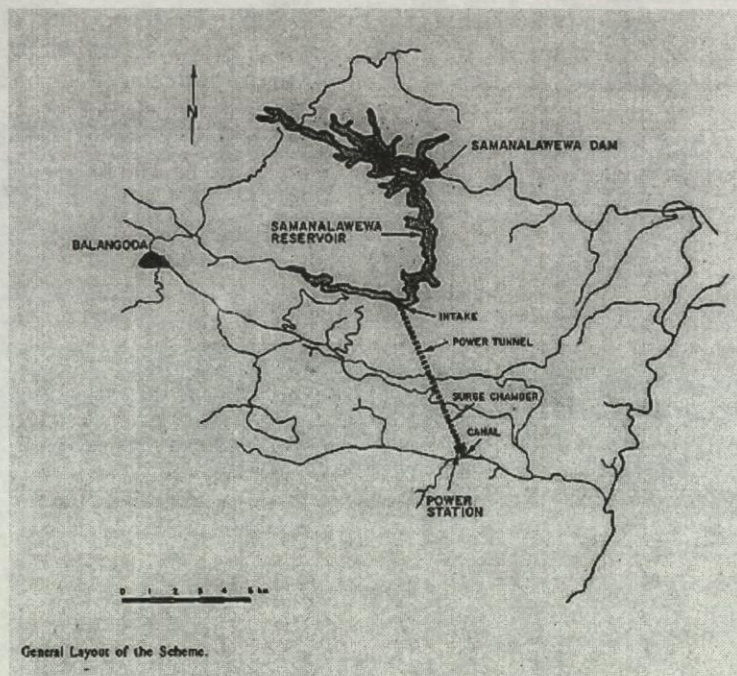


Bild 2: Allgemeine Anordnung des Wasserkraftwerkes

## 3 Die wichtigsten Teile des Projektes

Das Wasserkraftwerk besteht aus:

- einem 110 m hohen Steinschüttdamm mit vertikaler Lehmkerndichtung
- einem 5,5 km langen Triebwasserstollen, der das Südufer des Reservoirs mit Wasserschloß oberhalb des Katupal Oya verbindet. (s. Bild 2.)
- einer Hangrohrleitung, die 300 m Fallhöhe zum Krafthaus überwindet.
- einem oberirdischen Krafthaus, das mit zwei je 62 MW Francisturbinen ausgerüstet ist.

#### 4 Geologie der Projektzone

Das Samanalawewa-Projekt liegt auf der mittleren Hochebene von Sri Lanka. Diese Hochebene wird durch metamorphe Gesteine präkambrischen Alters gebildet. Diese metamorphen Gesteine sind Para- und Orthogneise, d.h. kristalliner bzw. sedimentärer Herkunft. Die Gesteine bilden die Kaltota - Formation.

Es kann eine untere und eine obere Unterformation ausgegliedert werden, obwohl im Prinzip beide Komplexe sehr ähnlich sind. Der Unterschied zwischen diesen Komplexen geht generell darauf zurück, daß in der unteren Sektion metamorphisierte Kalksteine (Marmor) bänderförmig vorkommen, wohingegen in der oberen Sektion - ebenfalls bänderartig - Quarzit vorkommt. Die sehr starke Verwitterung ist bis in Tiefen von mehr als 100 m wirksam. Dies kann man vor allem an Vertikalstörungen beobachten. Das wichtigste tektonische Element der Balangoda - Synklinale ist eine asymmetrische Mulde. (siehe Bild 3)

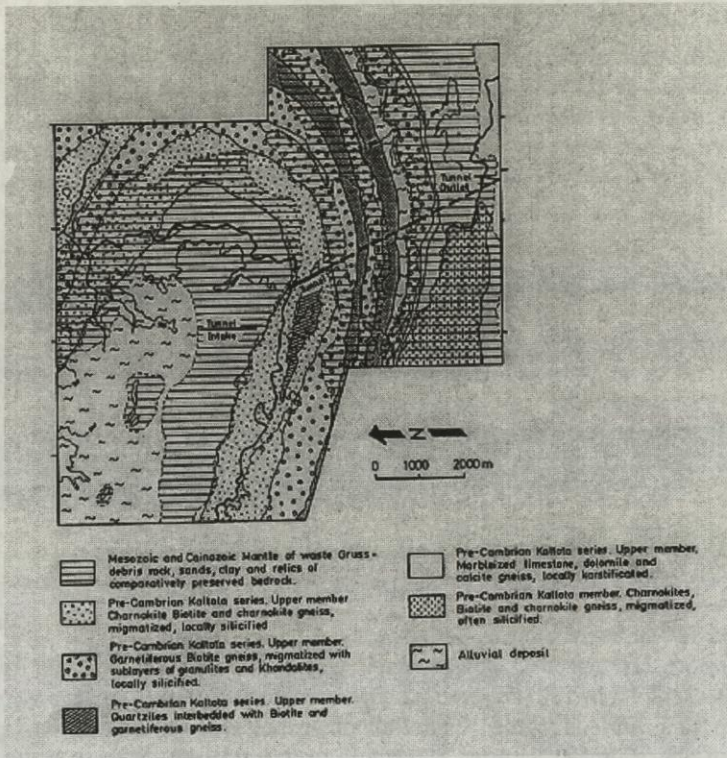


Bild 3: Geologie der Balangoda-Synklinale

## **5 Felduntersuchungen**

Folgende Felduntersuchungen wurden vor Aufnahme der Bauarbeiten 1981 durchgeführt:

- geologische Kartierung aller Elemente und hier insbesondere eines Streifens entlang der Stollenachse im Maßstab 1 :2000;
- Bohrprogramm von mehr als 10.000 m mit Kernbohrungen und Lugeon-Tests, wovon 97 Bohrungen mit einer Gesamtlänge von 6.700 m in Achse des Stollens niedergebracht wurden, 22.000 m seismische Profile, davon 8.000 m für den Druckstollen;
- 60 Ultraschalltests in Stollenachse;
- petrographische Untersuchung von 200 Gesteinsproben, davon 60 für den Stollen;
- Bestimmung der einachsialen Druckfestigkeit, des statischen und dynamischen Elastizitätsmoduls;
- Querdehnzahl für eine große Anzahl von Proben;
- über 270 Permeabilitätstests durch Pumpversuche.

## **6 Ökologische und technische Randbedingungen**

Im Rahmen dieses Beitrags möchte ich das besondere Augenmerk auf den Triebwasserstollen lenken.

Die umfangreichen Untersuchungen sind notwendig geworden, um den Drainageeffekt des Tunnels möglichst gut zu erfassen. Ursprünglich wurde daran gedacht, den Tunnel unverkleidet zu lassen. Dies hätte als Konsequenz u. U. während der Betriebsphase zu großen Wasserverlusten geführt. Aus ökologischer Sicht wurde jedoch die Bauphase als mindestens ebenso wichtig angesehen wie die Betriebsphase.

Oberhalb des Stollens liegen ausgedehnte Reisfelder und Inseln tropischen Regenwaldes. Es mußte untersucht werden, ob und in welchem Maße der Stollen zu Grundwasserabsenkungen und damit auch zu Schädigungen des ökologischen Gleichgewichts entlang der Stollentrasse führen würde.

## **7 Der Samanalawewa-Druckstollen**

Der Stollen führt von NNW nach SSO, durchfährt zwei Trennflächen nahezu senkrecht und vier Trennflächen diagonal. (s. Bild 4). Die mittlere Tiefe des Stollens liegt bei ca. 100 m, d.h. teilweise im Bereich der Verwitterung.

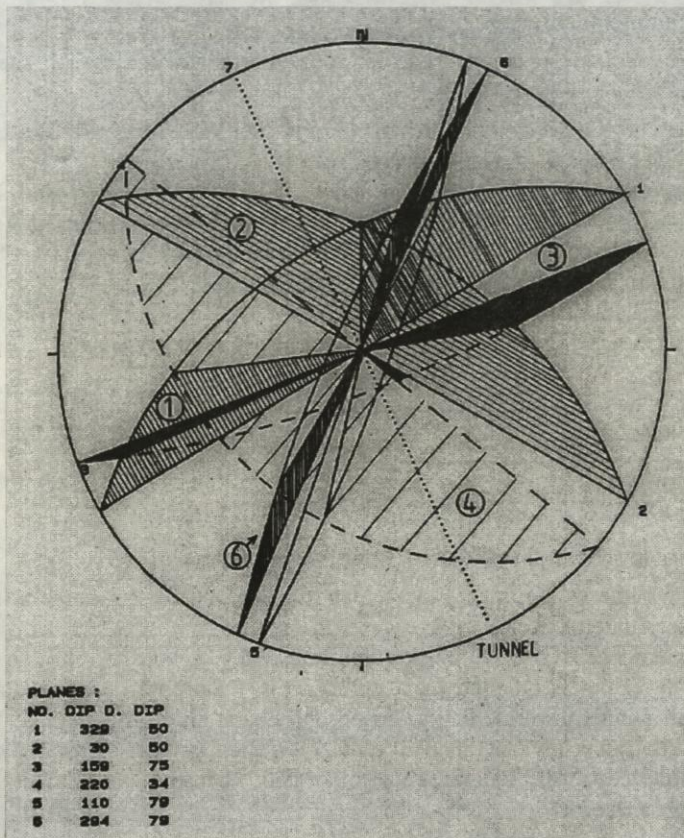


Bild 4: Großkreisdiagramm der Trennflächen

Der Stollen durchschneidet die Südflanke der Balangoda-Syklinale in voller Länge und durchläuft sowohl die untere als auch die obere Sektion der Katupal-Formation. Tiefe Verwitterungen an Störungen lassen den Schluß zu, daß eine erhebliche Wasserspiegeländerung zu befürchten ist. Das angewendete hydrologische Modell ging von folgenden Prämissen aus:

- Die an der Oberfläche durch den Drainageeffekt des Tunnels betroffene Fläche ist in ihrer Ausdehnung senkrecht zur Tunnelachse und direkt proportional der Durchlässigkeit der verschiedenen Formationen. Hierbei wurde unterschieden zwischen Kluftwasser (in Felsformationen) und Sickerströmung in hochverwitterten Formationen, die bis auf das Stollenniveau reichen.
- Der eigentliche Grundwasserspeicher ist die tiefe Verwitterungsdecke. Diese Annahme führte zu einer Vorhersage des Wasserandranges im Stollen, der in

erster Näherung einen ausgedehnten Effekt auf die Biosphäre an der Oberfläche kaum befürchten ließ. Eine solche Voraussage ist jedoch immer sehr schwer zu treffen, da durch den Stollenbau eine völlig neue Grundwassersituation erzeugt wird. Konsequenterweise muß deswegen zwischen plötzlichen Wassereinbrüchen und üblichen Sickerwasserströmungen unterschieden werden.

- Die Voraussage eines plötzlichen Wassereinbruches begegnet dabei solchen Schwierigkeiten, daß sie fast nicht möglich ist. Solche plötzlichen Wassereinbrüche sind hauptsächlich von folgenden Parametern abhängig:
  - Öffnungsweite, Geometrie und hydraulische Rauigkeit von Störungszonen
  - Klufthäufigkeit und ihre Orientierung zur Tunnelachse
  - Permeabilität des Gebirges und Lage des freien Grundwasserspiegels

Nach unserer Meinung ist die quantitative Voraussage von Grundwassereinbrüchen nicht möglich, wenn die Kosten der Felduntersuchungen in einem vernünftigen Rahmen bleiben sollen. Selbst wenn ein Bohrloch aus Zufall eine offene Kluft trifft, die mit Wasser gefüllt ist, kann ohne großen Aufwand und zusätzliche Tests keine quantitative, sondern allenfalls eine qualitative Schlußfolgerung gezogen werden.

Der Effekt einer solchen Struktur in Hinblick auf die Drainage zu neu ausgebrochenen Stollen wird immer eine Funktion der Größe des Grundwasserreservoirs, des hydraulischen Gradienten und der Durchlässigkeit der umgehenden Gebirgsmasse und nicht zuletzt der Ausdehnung der offenen Kluft bleiben.

Um diese Rahmenbedingungen in den Griff zu bekommen, müßte man ausgedehnte Untersuchungen wie Kontrollbohrungen, Pumptests und Tracer-Untersuchungen durchführen. Deswegen ist es die normale Praxis, Zonen der Gefahr von plötzlichen Wassereinbrüchen zu bezeichnen, aber keine quantitative Voraussage zu machen.

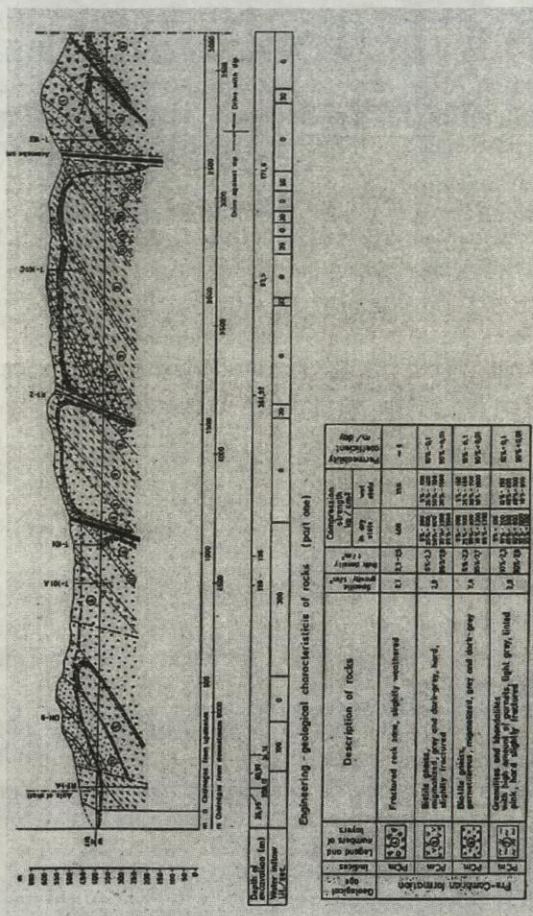


Bild 5: Geologischer Schnitt durch den Druckstollen (Nordteil)

## 8 Plötzliche Wassereintritte im Samanalawewa-Druckstollen

Im Laufe des Ausbruches des Samanalawewa-Druckstollens kam es beim Durchqueren der unteren Sektion der Katupal-Formation, die durch metamorphe Kalkbänder gekennzeichnet ist, zu plötzlichen Wassereintritten bis zu 500 l/s.

Es zeigte sich immer wieder, daß in der Nähe der erwähnten Kalkbänder dieses Phänomen besonders ausgeprägt war.

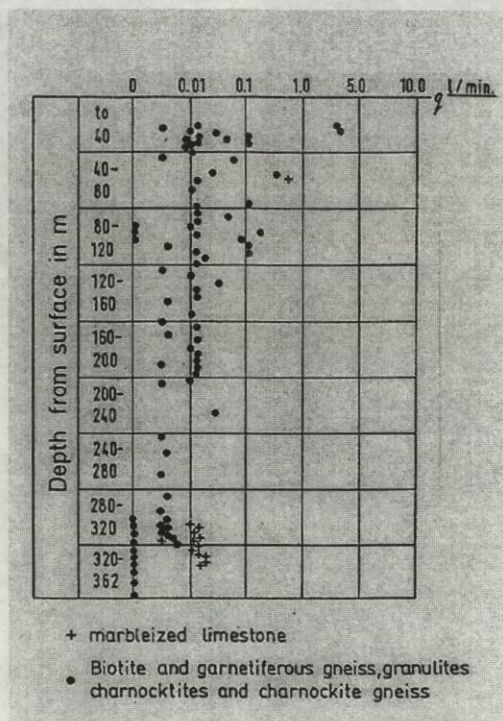


Bild 6: Versuchsergebnisse der Gebirgsdurchlässigkeit

Die plötzlichen Wassereinträge hielten über längere Zeit an, so daß Befürchtungen, daß die Biosphäre oberhalb des Stollens betroffen werden könnte, realistisch waren. In der Tat fielen Quellen bis zu einer Entfernung von 5 km seitwärts der Stollenachse trocken. Versorgungsbrunnen der ländlichen Bevölkerung trockneten aus. Selbst Reisfelder wurden berührt.

Der Stollen hatte eine Bauzeit von ca. 3 Jahren. Die Bevölkerung mußte ab dem zweiten Jahr teilweise per Tankwagen mit Trinkwasser versorgt werden. Die Erklärung für dieses Phänomen liegt auf der Hand, wenn man sich die geologische Situation vergegenwärtigt. Hochkarstifizierte, fast senkrecht zum Tunnelstreichen laufende Bänder von metamorphem Kalk, wurden in dem Augenblick der Drainage zum Stollen hin tätig, in dem dieser die Bänder durchschnitt. Die erfaßte Fläche und damit auch das erfaßte Grundwasserreservoir in den verwitterten Bereichen wurde somit um ein vielfaches größer, als sie aus der Permeabilitätsuntersuchung zu vermuten war. Die Lage stabilisierte sich ca. drei Monate nach Auskleidung des Stollens.



## 9 **Schlußfolgerung**

Trotz enormer Anstrengung zur Klärung der ökologischen wie geologischen Rahmenbedingungen für das Projekt kam es zu nicht vorhersehbaren schwerwiegenden Effekten. Durch Änderung des Bauablaufes hätte man dem plötzlichen Wassereinbruch begegnen können, so z. B. durch vorzeitige Auskleidung der Strecken, die den metamorphen Kalk anschnitten. Dies wurde leider im Falle von Samanalawewa erst recht spät erkannt. Aus Umweltsicht sollte man also bei oberflächennahen Stollen den Bauablauf so gestalten, daß in Zonen erhöhter Gefahr von plötzlichem Wassereinbruch die Betonauskleidung unmittelbar nach Ausbruch erfolgen kann.

### **Literatur:**

Nagel, Karl-Heinz: Limits of the Geological Predictions Constructing the Samanalawewa Pressure Tunnel, Sri Lanka. Bulletin: IAEG, No. 45, 97-109 S, Paris 1992

H. Kahlbaum

Mühlenvereinigung Berlin-Brandenburg e.V.

im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft, Mittelstand u. Technologie in  
Brandenburg ( MWMT )

### **Instandsetzung, Erweiterung und Neubau von Wasserkraftanlagen in Brandenburg**

Sehr geehrte Damen, sehr geehrte Herren,

in Brandenburg wurde ich gebeten, diesen Vortrag zu übernehmen und Grüße  
von den Herren Krahl und Möller des Referats Energie und Bergwesen des  
MWMT zu übermitteln.

Lassen Sie mich mit meiner Vorstellung beginnen. Ich bin Heinrich Kahlbaum  
und 2. Geschäftsführer der Mühlenvereinigung Berlin - Brandenburg.

Die Mühlenvereinigung wurde 1990 gegründet und hatte sich anfangs vorwie-  
gend die Erhaltung und Bewahrung alter Wind- und Wassermühlen auf die Fah-  
nen geschrieben. Bald schon stellte sich jedoch heraus, daß an Erhaltung alter  
Mühlenstandorte nur zu denken ist, wenn diese einer sinnvollen Nutzung zuge-  
führt werden können. Welche Nutzung für eine Wassermühle bietet sich aber  
besser an, als die Wasserkraftnutzung.

Deshalb wurde nach schon kurzer Zeit die Arbeitsgruppe Wasserkraft ins Leben  
gerufen, welche sich als Lobby und Interessenvertretung der Wasserkraft in  
Brandenburg versteht und inzwischen auch Hauptansprechpartner der Mini-  
sterialbürokratien, Behörden und Körperschaften einerseits, aber auch Berater in  
Sachen Wasserkraft für Betreiber wurde. Stellungnahmen bei der Erarbeitung  
des Wassergesetzes, Fischereigesetzes, bei Förderrichtlinien oder auch für die  
Denkmalfachbehörden wurden bisher erarbeitet.

In Brandenburg gibt es eine Vielzahl von sehr kleinen Wasserkraftstandorten  
und nur einige größere, bedingt durch die vorhandene Geomorphologie. Diese  
setzt sich zusammen aus eiszeitlichen Bildungen von Jung- und Altmoränen, de-  
ren höchste Erhebungen im hohen Fläming nicht ganz 200 m hoch sind, den  
Quellregionen, mit etwas mehr Gefälle und wenig Wasser einerseits und den  
großen Urstromtälern mit sehr geringem Gefälle aber relativ viel Wasser ande-  
rerseits.

Mit der einseitigen Braunkohletonnenideologie in den letzten Jahrzehnten ver-  
kamen die Kleinstwasserkraftanlagen weitestgehend und befanden sich fast aus-  
nahmslos beim Ende der DDR in einem jämmerlichen Zustand.

Dabei hat Brandenburg nicht nur, wie die anderen Ostländer die starken Me-  
liorationsschäden der industrialisierten Großlandwirtschaft, sondern als beson-  
ders delikate Erbschaft das große Braunkohlerevier der Lausitz mit seinen Was-

serabsenkungen und riesigen Wasserdefiziten, die in den nächsten Jahren zur Auffüllung anstehen.

Um die in Brandenburg nutzbare Wasserkraft einschätzen und erfassen zu können, wurden durch das Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung zwei Studien dazu gefördert. Anlagen über 30 kW wurden vom KAB-Berlin-Marzahn erfaßt und in einer Studie vorgestellt. Diese kommt auf ein nutzbares Potential von 11.600 kW.

Die Mühlenvereinigung vervollständigte die Studie durch Erfassung der Kleinanlagen, von denen es 500 gibt, die aber bei weitem nicht alle reaktivierbar sind.

Lassen Sie mich auf Fördermöglichkeiten in Brandenburg kommen.

Die wohl wirksamste Förderung ermöglicht das MWMT. Bis einschließlich 1993 war der Höchstfördersatz 30 % der förderfähigen Kosten, wobei die Obergrenze auf 2000,- DM/kW bei Reaktivierungen und bei Neubauten auf 2500,- DM/kW installierte Leistung begrenzt war.

Seit 1994 gibt es eine gestaffelte Förderung. Kleine Anlagen bis 40 kW können zu 50 %, bei 80 kW bis 40 % gefördert werden.

Das MWMT förderte die Wasserkraft bis 1992 in einer Höhe von 1,5 Mio DM

93	0,7 Mio. DM
94 bisher	0,8 Mio. DM

Die Gesamtförderhöhe liegt also bei 3.0 Mio. DM. Dabei wird im MWMT davon ausgegangen, daß diese Investitionen positive Impulse auch für die Entlastung des Arbeitsmarktes geben.

Weiterhin sei darauf verwiesen, daß es die Möglichkeit gibt, Förderungen bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, insbesondere für ökologische Ausgleichmaßnahmen bei der Errichtung von WKA zu beantragen.

Eine kostenlose Beratung von Interessenten hierzu erfolgt durch die Mühlenvereinigung. Vorstudien können durch das MUNR oder das Rationalisierungskuratorium der Deutschen Wirtschaft gefördert werden.

Sehr negativ auf das Investitionsgeschehen im Wasserkraftbereich wirkt die Streichung der Investitionsbeihilfen durch den Bund.

Probleme, die vor Reaktivierungen stehen, sind vielfältigster Art. Erster Hinderungsgrund sind häufig die ungeklärten Eigentumsverhältnisse. Entweder gehören mögliche Standorte der Treuhand oder es gibt Alteigentümer, die ihren Besitz noch nicht rückübertragen bekamen. Selbst wenn dies klar ist, so fehlt in häufigen Fällen die erforderliche Eigenkapitaldecke und die einschlägige Erfahrung.

Gerade bei der Klärung der Wasserrechtsproblematik war über lange Zeit keine geeignete rechtliche Grundlage vorhanden und den Wasserbehörden fehlte auch

jede Erfahrung auf diesem Gebiet. Inzwischen ist das brandenburgische Wassergesetz verabschiedet. Was noch fehlt, sind entsprechende Durchführungsverordnungen. Nochmals problematisch dürfte es werden, wenn zum Jahreswechsel der wasserrechtliche Vollzug vom Landesumweltamt auf die Landkreise als untere Wasserbehörde übergeht.

Auf die naturgegebenen Grenzen für die Reaktivierung, wie kleine Leistung, geringe Fallhöhen und auf die jahrzehntelange Vernachlässigung, wurde bereits verwiesen.

Dennoch sind durch die relativ guten Förderungen beispielhafte Reaktivierungen in allen Größenordnungen erfolgt. Folgender Überblick dazu erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

<u>Nr.</u>	<u>Name der WKA</u>	<u>Leistung(kW)</u>
1.	Grießen ( Neiße )	500
2.	Groß Gastrose ( Neiße )	495
3.	Zehdenik ( Havel )	470
4.	Cottbusser großes Spreewehr ( Spree )	280
5.	Madlower Mühle ( Spree )	220
6.	Märkisch Buchholz ( Spree-Dahme-Kanal )	210
7.	Kathfelder Mühle ( Dömnitz )	36
8.	Doberburger Mühle ( Lieberoser Mühlenfließ )	10
9.	Bardenitzer Mühle ( Nieplitz )	8,5
10.	Zühlsdorfer Mühle ( Briese )	8,2
11.	Großkmehlener Mühle ( Elstereinzugsgebiet )	8,1
12.	Vordermühle ( Dahme )	7,0

Fast wöchentlich landen bei uns Anfragen mit der Bitte um Hilfe. Wer ist Ansprechpartner, welche Förderungen gibt es, wie kann man finanzieren? Dies läßt für die nächsten Jahre noch eine rege Tätigkeit im Wasserkraftbereich erwarten.

Auf Grund seiner Topographie sehen wir in Brandenburg ein nicht unerhebliches Einsatzgebiet für Wasserräder, sei es aus Holz oder Stahl. Ihr Einsatz sollte dort, wo die Gegebenheiten es zulassen, unbedingt gleichberechtigt geprüft werden. Gerade sie haben für die Öffentlichkeit eine erhebliche Signalwirkung.

Lassen Sie mich schließlich noch einige Worte zum ersten Neubau einer WKA in Brandenburg verlieren, da ihr in Teilen eine Pionierfunktion zukommt. Alle nur vorstellbaren Behörden waren mit ihr befaßt und waren so gezwungen, sich damit auseinanderzusetzen.

Es handelt sich um die WKA in Märkisch Buchholz.

Sie liegt am Spree-Dahme-Umflutkanal. Dieser wurde zwischen 1908 und 1912 als Kanal für die Hochwasserentlastung des mittleren Spreegebietes gebaut. Be-

reits seit den 20er Jahren gab es Bemühungen, an dieser Stelle die Wasserkraft zu nutzen, wie Recherchen im Landeshauptarchiv ergaben. Dies ist nicht erstaunlich, wenn man weiß, daß dort die für Brandenburg sehr beachtliche Fallhöhe von 6 m erreicht wird.

1943 wird in einer Studie des Oberpräsidenten des brandenburgischen Wasserstraßenamtes Märkisch Buchholz mit einem Ausbaupotential von 800 kW erwähnt.

1989/90 gab es Bestrebungen des zuständigen Energieversorgers MEVAG zum Ausbau der Staustufe auf 800 kW.

Letztlich nur bedingt einschätzbare Wasserprognosen im Zusammenhang mit der Reduzierung des Lausitzer Braunkohletagebaus und der dortigen Grundwasserauffüllung führten zum Desinteresse an dem Projekt.

Auch die Wildauer Wasserkraft GmbH konnte an den künftig sicher geringeren Wassermengen nicht vorbei.

Wir haben deshalb eine Ausbauwassermenge von 4,8 m<sup>3</sup>/s gewählt, welche sich an den langjährigen Abflüssen der Jahre 1977 bis 91, einer eingeschätzten Prognose, Abflußwerten aus den 20er Jahren und dem Trockenjahr 1990 orientiert.

Da mit sehr schwankenden Abflußspenden gerechnet werden muß, haben wir uns für eine Mutter-Kind-Anlage entschieden.

Die Ausbauleistung liegt jetzt bei 210 kW, die sich in 155 und 55 kW teilt. Die Wasserfassung erfolgt über ein schräg zum Kanal liegendes Einlaufbauwerk aus Beton. Die Wasserführung von dort zum Turbinenhaus über ein 15 mm Stahlrohr von 1,80 m Durchmesser teilt sich vor den Turbinen mittels Hosenrohr. Eine geregelte und eine ungeregelte Tauchgeneratorturbine von Flygt sind erstmals schräg im Rohr liegend eingebaut worden.

Die Investition hat einen Gesamtumfang von 1,57 Mio. DM. Sehr schnell und unproblematisch gestaltete sich die Förderung durch das Wirtschaftsministerium in Höhe von 414.000,- DM. Eine Förderung von Planungsleistungen erfolgte über das Umweltministerium.

Lassen Sie mich am Schluß noch einige der vielen Probleme auf dem langen und dornigen Verfahrensweg ansprechen, die zu klären waren, ehe die WKA in ihrer jetzigen Form errichtet werden konnte, da sie für viele Anlagen symptomatisch sein dürften.

Es begann damit, daß keine Ansprechpartner für unser Vorhaben zu finden waren. Die Behörden waren noch nicht strukturiert; bzw. die Kompetenzen änderten sich ständig, die Gesetzgebung war unklar oder undurchschaubar.

Der sicher einmalige Fall, daß die Olympia-GmbH ausgerechnet an dieser Stelle eine Wildwasserkanustrecke bauen wollte, schaffte zusätzliche Unwägbarkeiten, die sich erst mit der Olympiaentscheidung lösten.

Die Sonderinteressen am Gesamtkomplex von Straßenbauamt, Landesumweltamt, Stadt und Denkmalpflege waren miteinander in Einklang zu bringen. Die baurechtliche Genehmigung erforderte im Vorfeld die Zustimmung einer Vielzahl von Trägern öffentlicher Belange.

Einen besonders langwierigen und komplizierten Verfahrensweg erforderte das Erbbaurecht an der Landesliegenschaft. Hierbei waren das Landesumweltamt, Ministerium für Umwelt, Amt für offene Vermögensfragen, Bundesvermögensamt, Kataster- und Grundbuchamt, Finanzministerium und das Grundstücks- und Vermögensamt involviert.

Ich hoffe, daß diese Ausführungen Ihnen einen kleinen Einblick in die Wasserkraftnutzung in Brandenburg gegeben haben und bedanke mich für Ihre Aufmerksamkeit.

Dipl.- Ing. H. P. Günther

Hydroprojekt Ingenieurgesellschaft mbH, Dresden

### **Durchströmturbinen an Talsperren für den Mindestwasserabfluß, Beispiele aus Sachsen**

Der Freistaat Sachsen zählt zu den Bundesländern, die eine Vielzahl von Talsperren und Rückhaltebecken besitzen.

An einigen älteren Talsperren, wie z.B. den Talsperren Malter, Lehmühle, Klingenberg, Pirk wurden bereits in den 30er Jahren von vornherein Wasserkraftanlagen vorgesehen und ausgeführt. Das größte Wasserkraftwerk in Sachsen befindet sich an der Talsperre Kriebstein mit einer installierten Leistung von ca. 5 MW.

An den nach 1945 errichteten Talsperren konnten, außer bei der TS Pöhl, keine Wasserkraftanlagen errichtet werden.

Vielerlei Versuche von Ingenieuren in den verschiedensten einschlägigen Fachausschüssen mit sogenannten "Gesellschaftlichen Standpunkten" zur Erhaltung und weiteren Nutzung der Kleinwasserkräfte beizutragen, blieben in Ansätzen stecken und wurden auf dem Instanzenwege abgeblockt.

Trotz der drastischen Erhöhung der Ölpreise auf dem Weltmarkt erfolgte der Sprung zur Nutzung der Kleinwasserkräfte nicht, da sich Ausrüstung und Bauleistung ebenfalls verteuert hatten und die industrielle Basis für Wasserkraftanlagen nicht mehr vorhanden war.

Wegen der fehlenden industriellen Basis für Wasserturbinen wurde der Mindestwasserabfluß aus den Talsperren in aller Regel über Bypass-Leitungen zu den Grundablässen geregelt abgegeben. Also im GA als Regelorgan ein Ringkolbenventil in der Nennweite des GA oder eine Stufe tiefer und dazu eine Bypass-Leitung, ebenfalls mit Ringkolbenventil.

Am Beispiel der Talsperre Gottleuba (siehe folgende Abbildung) soll die Umrüstung von einer Bypass-Leitung mit Ringkolbenventil zur Bypass-Leitung mit Durchströmturbine aufgezeigt werden.

Die vorhandene Anlage besteht aus 2 Grundablässen mit folgenden Regelorganen:

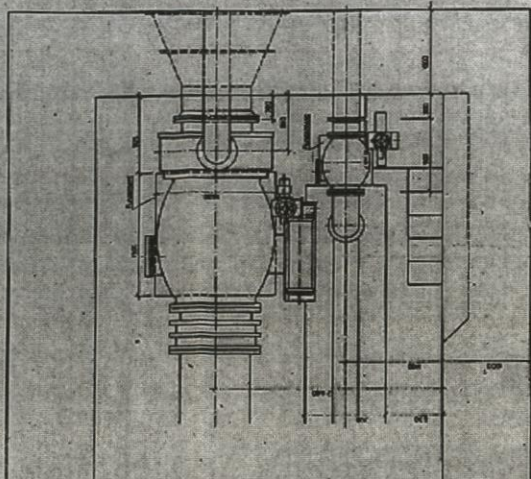
2 RKV 800

1 RKV 300

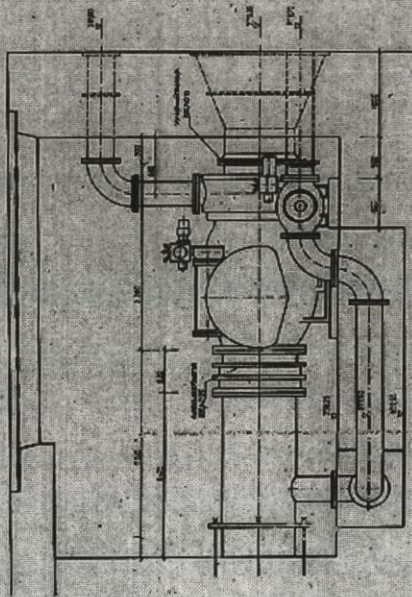
1 RKV 150

Damit ist der Abfluß über die gesamte Bandbreite regelbar, bei Vermeidung von kleinen Öffnungsgraden für Dauerbetrieb.

Draufsicht



Seitenansicht



Die TS Gottleuba ist für den Einbau einer Wasserkraftanlage vorgesehen.

Die Parameter sind:

Fallhöhen bei Normalstau	43,10 m
Fallhöhe bei geringeren Stauhöhen, bei denen etwa 200 d pro Jahr erreicht werden	35,50 m
Mindestwasserabgabe	40 l/s = 0,040 m <sup>3</sup> /s

Aus dem Einsatzbereich klassischer Turbinen ist zu erkennen, daß für die vorgenannten Parameter, weder Francis- noch Kaplan - Turbinen, auch nicht als kleine Rohrturbinen einsetzbar sind. Die Abmessungen einer Rohrturbine mit Kaplan-schaufeln sind natürlich theoretisch denkbar, aber die Herstellung wird einer Uhrmacherarbeit gleichen.

Für derartige Einsatzfälle ist die Durchströmturbine der geeignete Maschinentyp.

Untersucht wurde in der Anfangsphase der Planung auch der Einsatz einer rückwärtslaufenden Pumpe. Die Abklärung erfolgte sowohl in technischer, als auch wirtschaftlicher Sicht.

Die folgenden Tabellen zeigen den Vergleich der Energiegewinnung mit Durchströmturbine und rückwärtslaufender Pumpe.

Durchströmturbine

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot h$$

$$h = 82 \%, \text{ etwa konstant}$$

H [ m ]	25,00	30,00	35,50	40,00	43,10
Q [ l/s ]	34,40	37,70	40,00	40,00	40,00
P [ kW ]	6,92	9,10	11,42	12,87	13,86

Rückwärtslaufende Pumpe

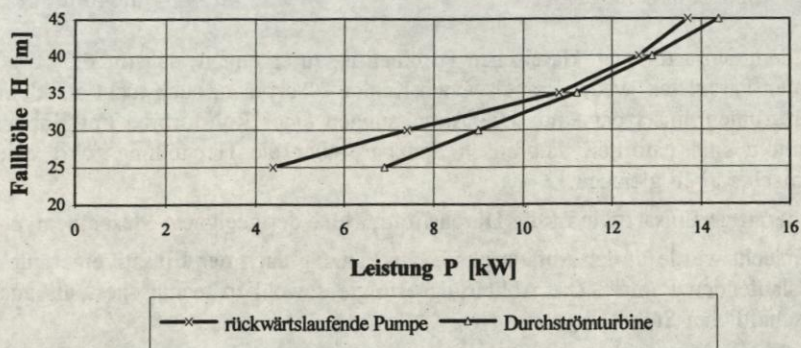
$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot h$$

$$h = \text{variabel}$$

H [ m ]	25,00	30,00	35,30	40,00	43,10
Q [ l/s ]	27,00	33,00	38,8	40,00	40,00
h	0,67	0,77	0,81	0,80	0,78
P [ kW ]	4,53	7,48	10,94	12,55	13,19

Aus der Gegenüberstellung ergibt sich, daß die rückwärtslaufenden Pumpen wegen ihres abnehmenden Wirkungsgrades und geringer werdenden Durchsatz bei kleineren Fallhöhen, gegenüber den Auslegungspunkt, auch geringere Leistungen erzielen, als die Turbinen.

## Wasserkraftanlage TS GOTTLEUBA Vergleich Turbine - Pumpe



Grundsätzlich sind beim Einsatz von rückwärtslaufenden Pumpen zur Wasserkraftnutzung folgende Kriterien einzuhalten:

- möglichst konstanter Arbeitspunkt
- Laufradaustritt unter Unterwasser, um Kavitation am Laufradaustritt zu vermeiden.

Beide Kriterien können nicht eingehalten werden. Bei allen Talsperren trifft sicher zu, daß ein konstanter Arbeitspunkt wegen der wechselnden Stauhöhen nicht zu gewährleisten ist. U.a. wurde auch deshalb der Durchströmturbine, auch wegen ihrer Regelung, der Vorzug gegeben.

Nach Einbau der Wasserkraftanlage können an der TS Gottleuba, bei einer durchschnittlichen Fallhöhe von 34,5 m (415,00 m ü. NN) etwa 11 kW Turbinenleistung genutzt werden, pro Jahr etwa 80 000 kWh.

In Sachsen sind weitere Wasserkraftanlagen an Talsperren geplant und auch schon ausgeführt. Zu nennen sind folgende Anlagen mit den Turbinenwellenleistungen:

- geplante Anlagen

TS Bautzen			mit ca. 250 kW
TS Eibenstock			mit ca. 800 kW

- ausgeführte Anlagen

TS Dröda	50 l/s	38,0 m	14,9 kW
TS Falkenstein	100 l/s	20,0 m	15,6 kW
PSW Markersbach	1000 l/s	26,0 m	217 kW

Es ist wünschenswert, daß weitere derartige Anlagen in Angriff genommen werden und die zur Verfügung stehende Energie des Energieträgers Wasser umwelt-schonend genutzt werden kann.

Es ist nicht länger vertretbar, vorhandene Energie buchstäblich weglaufen zu lassen und durch andere, meist nicht so umweltfreundliche Energieträger zu ersetzen.

## Studie zur Nachrüstung von Wasserkraftanlagen an Thüringer Talsperren

### Gliederung:

- 1 Allgemeine Gesichtspunkte bei der Nachrüstung von Wasserkraftanlagen
- 2 Grundlagen und Ergebnisse der Studie an den Talsperren der Thüringer Talsperrenverwaltung
- 3 Bisher schon mit WKA 'n ausgerüstete Stauanlagen der Thüringer Talsperrenverwaltung
- 4 Zur Nachrüstung vorgesehene Stauanlagen der Thüringer Talsperrenverwaltung
- 4.1 Vorstellung einzelner, zur Nachrüstung vorgesehener Stauanlagen
- 4.2 Betriebswirtschaftliche Entscheidungsgrundlagen

### 1 Allgemeine Gesichtspunkte bei der Nachrüstung von Wasserkraftanlagen

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

zuerst möchte ich den eigentlich im Programm ausgewiesenen Referenten, Herrn Dipl.-Ing. Peters, den Hauptgeschäftsführer der ThürTV, entschuldigen.

Er weilt heute im Zusammenhang mit den Vorbereitungen zur Talsperre Leibis in Salzburg zu dem zeitgleich stattfindenden Geomechanischen Kolloquium, so daß ich diesen Vortrag hier in seiner Vertretung halten werde.

Meine Name ist Mehlhorn, ich bin in der Thüringer Talsperrenverwaltung als Leiter der Talsperrenmeisterei Zeulenroda beschäftigt.

Der Schwerpunkt meines Vortrages wird sich auf die Nachrüstung von Wasserkraftanlagen, hier speziell auf Grund der zur Verfügung stehenden Stauhöhen mit Nieder- und Mitteldruckanlagen an den Talsperren, Speichern und Rückhaltebecken der Thüringer Talsperrenverwaltung konzentrieren. Damit sollen die Ausführungen vom heutigen Vormittag zu den Saaletalsperren bezüglich der Wasserkraftnutzung in Thüringen abgerundet werden.

An Talsperren, die nicht speziell zur Wasserkraftgewinnung gebaut wurden, bestehen Nachrüstungsmöglichkeiten für WKA 'n im allgemeinen z.B. an Wildbettafableitungen, an Roh- und Brauchwasserentnahmeleitungen, an Überleitungen von und zur Talsperre und u.U. in Einzelfällen auch an Grundablässen.

Es ist vorgesehen, diese Nachrüstungen nicht vordergründig, d.h. als gesonderte Investmaßnahme, sondern im Rahmen einer Gesamt- oder Teilertüchtigung der Stauanlagen oder der Talsperrenausrüstungen zu realisieren.

### **Die Nachrüstung von Wasserkraftanlagen kann erfolgen:**

- bei der Neuerrichtung von Stauanlagen,
- als gesonderte Investmaßnahme,
- im Rahmen einer Gesamt- oder Teilertüchtigung der Stauanlage oder der Talsperrenausrüstung

### **Zur Nachrüstung von Wasserkraftanlagen eignen sich an Talsperren:**

- Überleitungen (Rohrleitungen und Stollen) von und zu der Talsperre,
- Wildbettabgabelungen zum Unterwasser,
- Roh- und Brauchwasserentnahmeleitungen (Grundablässe),

### **Mögliche Nutzungen der Wasserkraftanlage und der erzeugten Energie:**

- Eigenbedarf der Talsperre für Heizung, Beleuchtung u.s.w. (Inselbetrieb),
- Frostschutz und Eisfreihaltung am und im Absperrbauwerk (Inselbetrieb),
- Einspeisung in das öffentliche Netz der EVU,
- (Nutzung der Turbine als Regelorgan)

### **Wichtige Ranbedingungen bei der Nachrüstung von Wasserkraftanlagen:**

- wasserwirtschaftliche Voraussetzungen (Fallhöhe und Durchsatz),
- Rückwirkung des Turbinenbetriebes auf das Bewirtschaftungsregime der TS,
- räumliche Voraussetzungen im Absperrbauwerk oder Betriebsgebäude,
- nutzbare konstante Unterwasserstände,
- Besetzung der Anlage und verfügbares Staupersonal

Grundsätzlich ist jedoch festzuhalten, daß die Energieerzeugung mit Hilfe von Wasserkraftanlagen an sich bereits in Betrieb befindlichen Thüringer Talsperren in der Regel nur eine Nebennutzung darstellen kann, die sich dem festgelegten Hauptbewirtschaftungsregime weitestgehend unterzuordnen hat.

Somit sind von vornherein bei der Untersuchung möglicher effektiv nutzbarer Wasserkraftpotentiale an Stauanlagen neben den wasserwirtschaftlichen Voraussetzungen Durchsatz und nutzbare Fallhöhe eine Reihe von einschränkenden, anlagenspezifischen Randbedingungen zu beachten, die letztlich über die Wirtschaftlichkeit und die generelle Realisierbarkeit der Wasserkraftnutzung entscheiden.

Ich möchte hier nur einige nennen:

- Rückkopplung des Turbinenbetriebes auf das Bewirtschaftungs- und Steuerregime der Talsperre hinsichtlich z.B. Schnellschluß oder Abgabekorrekturen,
- räumliche Voraussetzungen für die Turbineninstallation im Absperrbauwerk oder anderen Betriebsgebäuden,
- Vorhandensein konstanter nutzbarer Unterwasserstände oder
- Besetzung der Talsperre und Verfügbarkeit von entsprechend geschultem Betriebspersonal zur Anlageninstandhaltung.

## **2 Grundlagen und Ergebnisse der Studie an den Talsperren der Thüringer Talsperrenverwaltung**

Die Thüringer Talsperrenstatistik weist derzeit 172 klassifizierte Stauanlagen für den Freistaat Thüringen aus.

Davon lassen sich 49 Talsperren in die Klasse I und II nach TGL 21 239 einordnen.

Aus diesem Anlagenbestand befinden sich 73 Talsperren, Speicher und Rückhaltebecken im Eigentum und in der Unterhaltungslast der Thüringer Talsperrenverwaltung.

Für diese Anlagen wurde 1993 unter Federführung des Referates 5.7 des TMUL begonnen, eine Studie zu den möglichen nutzbaren Wasserkraftpotentialen und Nachrüstungsmöglichkeiten für Wasserkraftanlagen an den damals landeseigenen Stauanlagen zu erarbeiten.

Diese Recherchen wurden durch Amtshilfe aus dem Freistaat Bayern im TMUL durch Herrn Dipl.-Ing. Lehner unterstützt. Ich freue mich, ihn heute hier unter uns zu sehen.

Basis der Untersuchungen war ein Erhebungsbogen (siehe folgende Seite), mit dessen Hilfe vom Talsperrenbetreiber hydrologische, wasserwirtschaftliche und technische Daten erfaßt wurden.

Weiterhin wurden spezifische energiewirtschaftliche Angaben wie Jahreseigenenergiebedarf und örtlicher Stromtarif zusammengetragen.

Nach einer Erstauswertung dieser Unterlagen und unter Berücksichtigung der speziellen Bewirtschaftungsbedingungen konnte festgestellt werden, daß an insgesamt 12 Anlagen der ThürTV sowohl konstruktiv als auch betriebswirtschaftlich die Voraussetzungen für eine perspektivische Neuausrüstung bzw. Nachrüstung mit einer WKA gegeben sind.

Darunter befinden sich auch 9 Trinkwassertalsperren.

Diese Anlagen sind auf der folgenden Tabelle mit einigen Kennzahlen einmal zusammengestellt.

FORMBLATT WASSERKRAFTNUTZUNG AN DEN THÜRINGER TALSPERREN

Bezeichnung der Anlage: \_\_\_\_\_

1. Wasserspiegelhöhen im Wasserspeicher

Normalstau (ohne HW-Schutzraum)	_____	müNN
maximale Absenkung lt. Bewirtschaftungsplan	_____	müNN
maximale Absenkung bisher	_____	müNN
mittlere Absenkung lt. Bewirtschaftungsplan	_____	müNN
mittlere Absenkung bisher	_____	müNN
notwendige maximale Stauhöhe zur Ableitung der Rohwasserabgabe	_____	müNN
notwendige mittlere Stauhöhe zur Ableitung der Rohwasserabgabe	_____	müNN

2. Wasserabgaben

2.1. Rohwasserabgaben

lt. Bewirtschaftungsplan

von \_\_\_\_\_ l/s bis \_\_\_\_\_ l/s im Mittel \_\_\_\_\_ l/s

bisher

von \_\_\_\_\_ l/s bis \_\_\_\_\_ l/s im Mittel \_\_\_\_\_ l/s

2.2. Garantierte Mindestabgabe \_\_\_\_\_ l/s

3. Wasserspiegelhöhe im Unterwasser der Stauanlage

von \_\_\_\_\_ müNN bis \_\_\_\_\_ müNN im Mittel \_\_\_\_\_ müNN

4. Mittlerer Energiebedarf für Stauanlagen und zugehörige Gebäude

bisheriger Strombezug	_____	kWh
im Sommerhalbjahr	_____	kWh
im Winterhalbjahr	_____	kWh
insgesamt	_____	kWh
künftig zu erwartender Strombezug	_____	kWh
im Sommerhalbjahr	_____	kWh
im Winterhalbjahr	_____	kWh
insgesamt	_____	kWh

Änderungen gegenüber bisherigem Strombezug sind stichwortartig zu begründen:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Durchschnittliche Strombezugskosten 1992 \_\_\_\_\_ Pf/kWh

Zur Nachrüstung mit Wasserkraftanlagen vorgesehene  
bzw. mögliche Anlagen der Thüringer Talsperrenverwaltung

lfd. Nr.	Bezeichnung der Stauanlage	nutzbare Fallhöhe [m]		mögliche nutzbare Durchflüsse [m³/s]		Energieverwertung	
		von - bis	im Mittel	von - bis	im Mittel	Eigen- nutzung	Netzein- speisung
1	TS Schmalwasser	36 - 79	63	0,3 - 0,8	0,520	X	X
		36 - 79	63	0,025	0,025	X	X
2	TS Tambach-Dietharz	2 - 8	5	0,4 - 1,0	0,600	X	X
		20	20	0,020	0,020	X	X
3	TS Ohra	15 - 45	34	0,030	0,030	X	X
4	TS Lütsche	18 - 22	18	0,03 - 0,08	0,030	X	
5	TS Schönbrunn	31 - 47	41	0,3 - 0,8	0,680	X	X
		48 - 63	57	0,030	0,030	X	X
6	TS Erletor	12 - 22	19	0,02 - 0,04	0,030	X	
7	RHB Ratscher	6 - 8	7	0,2 - 1,3	0,800	X	X
8	RHB Grimmelshausen	3 - 4	3	0,4 - 2,5	1,600		X
9	TS Scheibe-Alsbach	20 - 23	22	0,02 - 0,05	0,030	X	
10	TS Zeulenroda	4 - 22	13	0,3 - 0,8	0,750	X	X
11	TS Hohenleuben	5 - 22	21	0,05 - 0,08	0,050	X	(X)
12	TS Neustadt	16 - 26	20	0,035 - 0,14	0,105	X	

lfd. Nr.	Bezeichnung der Stauanlage	theoretisch verfügbare Leistung [kW]		mögliche erzeugbare Jahresenergiemenge [kWh/a]	
		von - bis	im Mittel		
1	TS Schmalwasser	RW	103 - 612	316	2140 000
		WB	9 - 19	15	103 000
2	TS Tambach-Dietharz	RW	(23)		
		WB	3 - 4	4	25 000
3	TS Ohra	RW	(390)		
		WB	4 - 13	10	66 000
4	TS Lütsche		4 - 17	8	59 000
5	TS Schönbrunn	RW	88 - 360	260	1800 000
		WB	13 - 18	16	111 000
6	TS Erletor		2 - 8	5	36 000
7	RHB Ratscher		10 - 90	47	371 000
8	RHB Grimmelshausen		8 - 73	31	212 000
9	TS Scheibe-Alsbach		4 - 11	6	42 000
10	TS Zeulenroda		9 - 164	88	596 000
11	TS Hohenleuben		2 - 16	10	66 000
12	TS Neustadt		5 - 34	19	132 000
			Summe	835	5759 000

Zur Nutzung der Möglichkeiten in Überleitungen im weitesten Sinne erfolgten noch keine weiteren Untersuchungen.

Bis auf die Talsperre Schmalwasser, die sich derzeit im Probestau befindet, handelt es sich bei den anderen 11 Anlagen um bereits seit langem in Betrieb befindliche Talsperren und Rückhaltebecken.

Aus den in der oberen Tabelle aufgeführten vorhandenen Fallhöhen und Durchflüssen sind unter Berücksichtigung der Jahresabflußganglinien die in der unteren Tabelle ermittelten theoretischen Leistungen und Energiemengen ohne Berücksichtigung hydraulischer Verluste und der Wirkungsgrade der Wasserkraftanlagen erreichbar.

Die insgesamt an den Stauanlagen der ThürTV verfügbare und theoretisch nutzbare Leistung beläuft sich somit auf etwa 835 kW.

Damit steht eine Energiereserve von etwa 5800 MWh im Jahr zur Verfügung.

Diese Zahlen können jedoch nur als Orientierung betrachtet werden, da sich zur Zeit an fast allen Anlagen die Bewirtschaftungspläne, verursacht durch den Wegfall bisher vorgehaltener Teilstauräume für Beregnungs- und Brauchwasser, in Überarbeitung befinden.

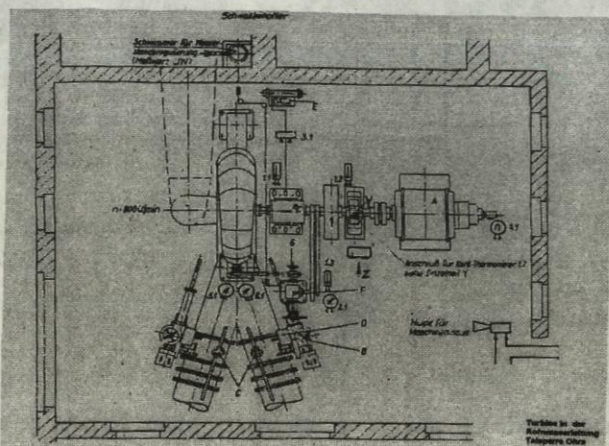
In den meisten Fällen wird dieser neu verfügbare Stauraum zugunsten vergrößerter Hochwasserschutzräume oder erhöhter Mindestwasserabgaben ausgenutzt werden, was sich wiederum positiv auf die Energiebilanz auswirkt.

Nun zum dritten Teil meines Vortrages, zu

### **3 Bisher schon mit WKA'n ausgerüstete Stauanlagen der Thür. TV**

#### **3.1 TS Ohra (1960 - 66)**

An der Talsperre Ohra wurde in der Rohwasserzuleitung zum Wasserwerk Luisenthal eine Wasserkraftanlage errichtet. Betreiber und Nutzer dieser Anlage ist der Fernwasserzweckverband Nord- und Ostthüringen.



Bei der Turbine handelt es sich um eine Francis-Spiralturbine mit horizontaler Welle und angeschlossenem Drehstrom-Synchron-Generator.

Die genutzte Fallhöhe liegt betriebsabhängig zwischen 17 und 48 m, der Durchsatz der Turbine schwankt je nach Rohwasserbezug zwischen 0,85 und 1,05 m<sup>3</sup>/s.

Bei der Vollastdrehzahl von 600 U/min ist eine maximale Leistung von 390 kW verfügbar, die im Wasserwerk selbst genutzt wird.

Die Wasserzuleitung erfolgt über zwei, an die Grundablässe der Talsperre angeschlossene Rohwasserabgabeleitungen, die sich vor dem Eintritt in die Turbinenspirale in einem Hosenrohr vereinigen.

Als Notverschluß sind in beiden Zuleitungen Drosselklappen DN 800 eingebaut.

Als weitere Stauanlage, an der bereits in der Vergangenheit eine Wasserkraftnutzung erfolgte, wäre hier die

### 3.2 Talsperre Lütsche (1936 - 38)

zwischen Arnstadt und Ilmenau zu nennen, bei der mit Errichtung eine Francis-Spezialturbine mit einer projektierten Leistung von 15 PS, also rund 11 kW in die Brauchwasserabgabeleitung eingebaut wurde.

Durch eine generelle Veränderung der Nutzung der Talsperre, ursprünglicher Zweck der Stauanlage war die Bereitstellung von Kesselspeisewasser für die Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn, jetzt erfolgt vorrangig eine Naherholungsnutzung, wurde die Energieerzeugung 1968 eingestellt.

Auch an der Trinkwasser-

### 3.3 Talsperre Zeulenroda (1968 - 75)

im Osten Thüringens erfolgte in der Vergangenheit eine Nutzung des vorhandenen Wasserkraftpotentials, jedoch nur in recht geringen Umfang.

Hier wurde von der Rohwasserabgabeleitung DN 800 ein Teilstrom von etwa 85 l/s vor dem Regelorgan durch die Turbinenzuleitung DN 300 abgezweigt und einer rückwärts laufenden Pumpe zugeführt.

Beengte räumliche Voraussetzungen und daraus resultierende ungünstige hydraulische Verhältnisse sowie die nicht optimale Abstimmung von Turbine, Regler und Generator ermöglichten nur eine tatsächliche nutzbare Leistung von etwa 8 kW, die ausschließlich für den Eigenbedarf verwendet wurde.

Wegen irreparabler Schäden an der Turbine und am Regler wurde die Wasserkraftanlage 1990 ersatzlos demontiert.

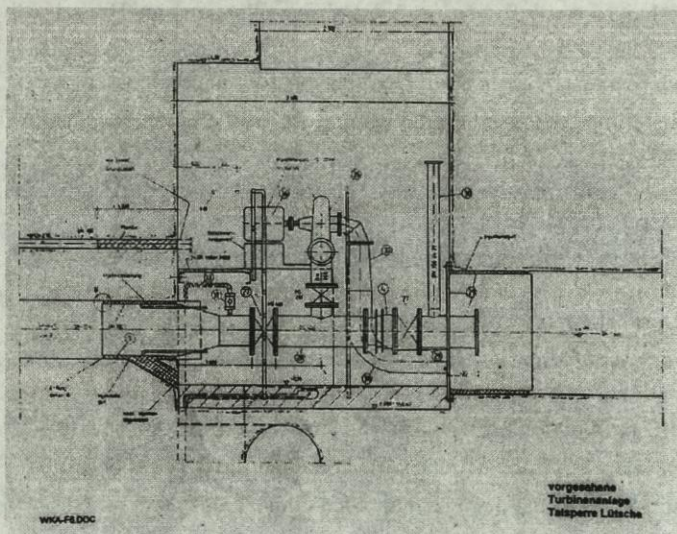
Im folgenden Abschnitt meines Vortrages möchte ich Ihnen einige Ausführungen zu einem konkreten Vorhaben, das sich z.Zt. in der Planung bzw. kurz vor der Realisierung befindet, machen.

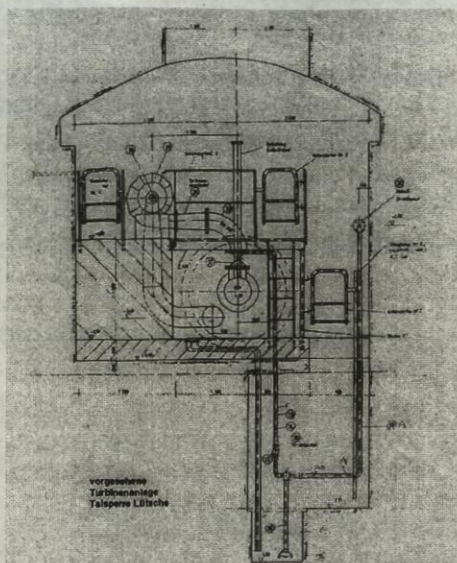
## 4 Zur Nachrüstung vorgesehene Stauanlagen der ThürTV

### 4.1 Vorstellung einzelner, zur Nachrüstung vorgesehener Stauanlagen

Die bereits erwähnte Talsperre Lütische ist auf Grund ihrer Nutzungsdauer von über 50 Jahren einer grundhaften Ertüchtigung und Instandsetzung zu unterziehen, bei der auch die gesamte Talsperrenausrüstung sowie die Elektro- und steuerungstechnische Installation zu erneuern ist.

Dabei ist auch der Einbau einer Turbine in die Wildbettabgabeleitung geplant.





Die Planungsunterlagen sehen vor, vom rechten Grundablaß die Turbinenzuleitung DN 200 abzweigen zu lassen.

Als Turbine ist eine Francis-Spiralturbine mit freiem Auslauf in das Tosbecken vorgesehen.

Durch den Einsatz eines Asynchrongenerators ist ein Netzparallelbetrieb mit Einspeisung in das Netz der EVU möglich.

Als Sicherheitsverschluß werden 2 Notabsperklappen, im Havariefall batteriebetrieben, eingebaut.

Die Planung ist bis einschließlich Leistungsphase 7 abgeschlossen.

Die Realisierung der Gesamtmaßnahme ist im Wirtschaftsplanentwurf 1995 eingeordnet.

Auch für den geplanten Neubau der Talsperre Leibis ist der Einbau einer Wasserkraftanlage vorgesehen.

Für die Rohwasserabgabe- und die Wildbettleitung weisen die Unterlagen zur Genehmigungsplanung die Anordnung von je einer Francis-Turbine mit einer theoretisch möglichen Leistung von 890 bzw. 84 kW aus.

Einige weitere Informationen zur Gesamtproblematik sind auch in den einführenden Kapiteln zum Atlas „Talsperren in Thüringen“ enthalten.

Zur Nachrüstung in den nächsten Jahren sind weiterhin vorgesehen:

TS Zeulenroda, TS Hohenleuben, TS Ohra und die TS Schönbrunn.

Zum Abschluß meines Vortrages nun noch einige Gedanken zu

## 4.2 Betriebswirtschaftliche Entscheidungsgrundlagen bei der Nachrüstung von Wasserkraftanlagen.

Grundsätzlich ist vor Planungsbeginn über das vorgesehene Betreibermodell zu entscheiden.

Einerseits ist der Eigenbetrieb der Wasserkraftanlage möglich, oder andererseits die Vergabe oder Verpachtung der Nutzungskonzession zur Wasserkraftnutzung an Dritte.

In der ThürTV wird die Eigennutzung derzeit favorisiert, da an den in Frage kommenden Talsperren ohnehin eine personelle Besetzung gewährleistet ist und sich durch den Eigenbetrieb auch keine Rechte für Dritte im unmittelbaren Betriebsgelände erforderlich machen.

Bei der Finanzierung von Vorhaben zur Nutzung regenerativer Energien werden wir auch Fördermöglichkeiten von Bund und Ländern weitestgehend ausnutzen, obwohl wir uns als eine Anstalt des öffentlichen Rechts durchaus bewußt sind, daß vor Allem steuerliche Vorteile nicht voll ausgeschöpft werden können.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß bis auf die Talsperre Ohra und die Talsperre Lütische bisher keine effektive Nutzung des an den Anlagen der ThürTV vorhandenen Wasserkraftpotentials erfolgt.

Hier liegen noch Reserven, die es sowohl aus wirtschaftlichen als auch aus ökologischen Gründen schrittweise zu nutzen gilt.

Wir sind in der ThürTV der Auffassung, daß die nutzbaren Wasserkraftpotentiale, wo vertretbar, auf jeden Fall ausgenutzt werden sollten, obwohl große wirtschaftliche Effekte dadurch selbstverständlich nicht erzielbar sein werden.

Wir wissen, es ist ein Gebot der Stunde und erhoffen uns dadurch im weiteren auch einen Beitrag zur Verbesserung des Images der Thüringer Talsperren und der Talsperrenverwaltung.

Erste Schritte zur Vorbereitung dieser Nachrüstungen mit Kleinwasserkraftanlagen wurden mit der beschriebenen Studie gegangen.

Weitere vertiefende anlagenspezifische Untersuchungen sind jedoch unerläßlich. Dabei ist auch abschließend über das zu wählende Betreibermodell zu entscheiden.

Die verfügbaren Ressourcen sind bekannt und müssen nun schrittweise einer effektiven Nutzung zugeführt werden.

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit.

Dipl.- Ing. H.-J. Glasebach

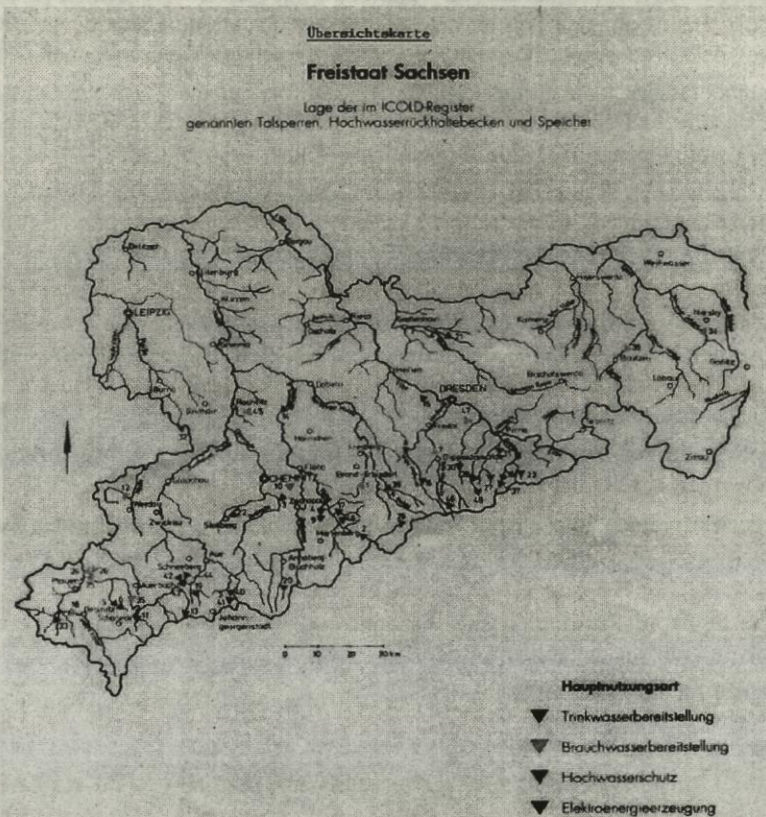
Leiter der Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen, Pirna

### Untersuchungen zur Wasserkraftnutzung an sächsischen Talsperren

Die Mehrzahl der Stauhaltungen an den Talsperren und Speichern mit z.T. erheblichen Niveauunterschieden zwischen Ober- und Unterwasser (Fallhöhen) sind zur Gewinnung von umweltfreundlicher Elektroenergie (Wasserkraft) dem Grunde nach geeignet.

Wie sieht die Verteilung der Talsperren und Speicher nach Hauptnutzungsarten in Sachsen aus?

49 Anlagen nach ICOLD-Kriterien (>15 m Höhe bzw. 10 - 15 m und 500 m Länge) gibt es in Sachsen (siehe Übersichtskarte).



## Untersuchungen zu landeseigenen Anlagen der LTV

Die Landestalsperrenverwaltung betreibt über 100 Anlagen, davon sind:

- 70 Hauptsperren (darunter 8 Tagebaurestlöcher)
- 19 Vorsperren
- 21 Vorbecken
- 4 Rohwasserüberleitungsstrecken für Trinkwasserzwecke (Stollensysteme und Rohrleitungen)
- 1 Pumpwerk mit Rohwasserkanal für Brauchwasser
- 1 Kunstgraben- und Röschensystem (Revierwasserlaufanstalt Freiberg mit 10 Stauanlagen)

Dem Zwecke nach dienen:

- 31 Anlagen der Trinkwasserversorgung
- 31 Anlagen der Abflußregulierung
- 35 Anlagen dem Hochwasserschutz
- 22 Anlagen landeskulturellen Aufgaben (Landschaftsschutz- und Naturschutzgebiete)
- 28 Anlagen der Brauchwasserversorgung
- 14 Anlagen der Energiegewinnung
- 49 Anlagen der fischereilichen Nutzung
- 20 Anlagen der Naherholung
- 1 Anlage der örtlichen Trinkwasserversorgung

Davon haben 21 Anlagen überörtliche Bedeutung und 2 Anlagen örtliche Bedeutung für den Hochwasserschutz.

Aus dieser Aufzählung ist ersichtlich, daß fast alle Anlagen eine **Mehrfachnutzung** besitzen.

Die Landestalsperrenverwaltung Sachsen bewirtschaftet z.Z. einen Gesamtstauraum von 629,6 Mill. m<sup>3</sup>.

In den nächsten Tabellen sind die Wasserkraftpotentiale der LTV ausgewiesen.

Dabei wird unterschieden zwischen

- bereits vorhandenen Energiegewinnungsanlagen,
- derzeit geplanten Energiegewinnungsanlagen und
- weiterhin denkbaren, möglichen Energiegewinnungsanlagen.

Die Leistungsangaben in den Tabellen basieren auf den an den Talsperren/Speichern jeweils vorhandenen Fallhöhen und den mittleren geplanten bzw. realisierten Abfluß- bzw. Durchsatzmengen in den genutzten bzw. nutzbaren Abgabeleitungen.

Legende:      EVU: Energieversorgungsunternehmen      LTV: Landestalsperrenverwaltung  
                 GA: Grundablaß bzw. Abzweig              TL: Turbinenleitung  
                 WB: Wildbettabgabe                              TW: Trinkwasserabgabe  
                 BW: Brauchwasserabgabe

##: zur Ausführung empfohlen, oo: zur Ausführung nicht empfohlen, &&: weitere Untersuchungen erfordl.

## Wasserkraftnutzung durch Talsperren und Speicher der LTV

Talsperrenmeisterei  Anlage	installierte Leistung (kW) bei vorhandener Nutzung		installierbare Leistung (kW) geplante Nutzung		genutzte nutzbare Abgabe-leitung	geschätzte Jahresleistung (GWh)			Bemerkungen	Empfehlung
	Betreiber		LTV	EVU/ Dritte		aus vorhandenen Anlagen		aus gepl./denkbaren Anlagen		
	LTV	EVU/ Dritte				LTV	EVU/ Dritte			
TSM Untere Pleiße										
TS Schönbach			10		WB / GA			0,080	Energienutzung ausgelegt auf MQ	##
TS Windlecheuba				150	WB / GA			0,700		
Summe - TSM	0	0	10	150		0,000	0,000	0,780		
TSM Spree										
TS Bautzen			170		WB / GA			1,300	## 00	
TS Sohland			0,1		WB / GA			0,001		
TS Quitzdorf				40	WB / GA			0,300		
Speicher Lohsa !				4	WB / GA			0,030		
Summe - TSM	0	0	170,1	44		0,000	0,000	1,631		
TSM Obere Weiße Elster									beide genutzt durch örtliche Energieversorgungsunternehmen	&& 00 ##
TS Pöhl			760		WB / TL			3,000		
TS Pirk			385		WB / TL			2,000		
TS Falkenstein	12			84	BW TW	0,100		0,700		
TS Dröda			15		WB / GA			0,100		
TS Muldenberg				2	WB / GA			0,200		
TS Werda				50	TW			0,400		
Summe - TSM	12	1135	15	168		0,100	5,000	1,420		
TSM Zwickauer Mulde									Energienutzung ausgelegt auf MQ	## ## && 00 00 00
TS Eibenstock		Pächter	730		TW, WB-Abg			5,800		
TS Sosa				110	TW			0,900		
TS Carlsfeld				21	TW			0,200		
TS Koberbach				10	BW			0,080		
TS Stollberg				5	TW			0,040		
TS Wolfertsgrün				4	TW			0,030		
				14	WB / GA			0,060		
Stausee Glauchau				6	BW			0,040		
Summe TSM	0	0	730	170		0,000	0,000	7,150		

Talsperrenmeisterei  Anlage	installierte Leistung (kW) bei vorhandener Nutzung		installierbare Leistung (kW) geplante Nutzung		genutzte nutzbare Abgabeleistung	geschätzte Jahresleistung (GWh)			Bemerkungen	Empfehlung
	Betreiber		denkbare Nutzung	aus vorhandenen Anlagen		aus gepl./denkbaren Anlagen				
	LTV	EVU/Dritte					Betreiber			
								LTV		
TSM Freiberger Mulde / Zschopau										
TS Saidenbach Rohwasserpumpwerk	216				TW	0,500				
Rauenstein, Notwasserpumpwerk Flöha										
TS Rauschenbach (Pumpe)	22				WB / GA	0,130				
TS Lichtenberg (Pumpe)	17				WB / GA	0,110				
VS Forchheim			80	124	TW			1,000		##
TS Rauschenbach (RWA Schacht)			60		WB / GA			0,650		
Dömthal (Betriebsauslaß)			40		WB / GA			0,350		
TS Cranzahl				22	TW			0,200		& &
TS Einsiedel				97	TW			0,800		##
TS Kriebstein		5100			WB / TL		25,00			
TS Neunzehnhain I				20	TW			0,200		& &
TS Neunzehnhain II				25	WB / GA			0,200		& &
Summe - TSM	254	5100	180	288		0,740	25,00	3,900		
TSM Gottleuba / Weißeritz										
TS Malter WKW		900			WB / TL		1,500			
Rabenauer Grund WKW		800			WB		2,360		Eigentum und Nutzung durch ESAG Dresden	
Seifersdorf WKW		100			WB		0,270			
TS Klingenberg WKW		800			WB / TL		2,070			
Tharandt WKW		1500			WB		4,660			
Dorfhain WKW		1000			WB		3,390			
TS Lehmühle WKW		930			TW		1,220			
TS Gottleuba				110	TW			0,900		##
			14		WB / GA			0,100		
TS Nauleis				2	WB / GA			0,020		0 0
TS Wallroda				2	WB / GA			0,010		0 0
Speicher Altenberg				5	TW			0,040		0 0
Speicher Radeburg II				5	WB / GA			0,040		
Speicher Radeburg I				80	WB / GA			0,350	Energienutzung ausgelegt auf MQ	& &
Summe - TSM	0	6030	14	204		0,000	15,47	1,460		
Summe - LTV	266	12265	1119	1024		0,840	45,47	16,341		

Die tatsächlichen technischen Einbauvoraussetzungen vor Ort bleiben bei den angeführten "denkbaren" Anlagen vorerst außer Betracht.

Aus den Tabellen ergibt sich ein nutzbares Wasserkraftpotential von insgesamt 62,65 GWh bei 14,674 MW installierter Turbinenleistung.

Wie die folgende Tabelle zeigt, sind von der insgesamt installierbaren Turbinenleistung bereits 85,4 % ausgebaut.

Potential- nutzung	Installierte Leistung		Jahresleistung (Jahresstromerzeugung)	
	MW	%	GWh	%
möglich	14,674	100,0	62,651	100,0
bereits ausgebaut	12,674	85,4	46,310	73,9
zur Zeit in Planung	1,119	7,6	8,881	14,2
weiter denkbar	1,024	7,0	7,460	11,9

Sie bringt allerdings nur 73,9 % der erzeugbaren Jahresleistung an Elektroenergie.

Diese Differenz deutet darauf hin, daß noch Möglichkeiten zur Wasserkraftnutzung an LTV-Anlagen bestehen, die durchaus effektiver sind bzw. ein höheres spezifisches Leistungsvermögen besitzen als einige der bereits installierten, betriebenen Anlagen.

Zu den einzelnen Kategorien - vorhandene, geplante und denkbare - Energiegewinnungsanlagen gibt es einige Feststellungen zu treffen. Sie lauten:

#### a) Vorhandene Wasserkraftanlagen an LTV-Stauanlagen

- Allein die TS Kriebstein bringt bzgl. der installierten Leistung 40 % und bzgl. der Jahresleistung sogar 54 % bezogen auf die bereits vorhandenen Kapazitäten oder 35 % bzw. 40 % bezogen auf die mögliche nutzbare Gesamtkapazität aller LTV-Stauanlagen.
- Wie am Beispiel der TS Kriebstein belegt, ist das Verhältnis installierte Leistung/Jahresstromerzeugung bei allein zur Energiegewinnung betriebenen Talsperren wesentlich günstiger als bei sich dem Primat wasserwirtschaftlicher Aufgaben unterordnender Wasserkraftgewinnung. Rechnet man die TS Kriebstein aus der Kapazität aller vorhandenen Anlagen heraus, ergibt sich im Vergleich zu oben ein Verhältnis von 60 % / 46 % zwischen den Anteilen an installierter Leistung und an der Jahresstromerzeugung.
- Von den an LTV-Stauanlagen vorhandenen Wasserkraftanlagen entfallen bezogen auf die installierte Leistung 97,9 % und bezogen auf die Jahresleistung 98,1 % auf Energieversorgungsunternehmen ("Pächter") und nur 2,1 % bzw. 1,9 % auf die LTV selbst!

### **b) In Planung befindliche Wasserkraftanlagen an LTV-Stauanlagen**

- Unter den geplanten Wasserkraftanlagen befindet sich die neben der TS Kriebstein leistungsstärkste Anlage - die TS Eibenstock. Mit einer mittleren Leistung von 0,730 MW und einer Jahresstromerzeugung von 5,8 GWh erbringt die TS Eibenstock allein 33 % des insgesamt noch möglichen Kapazitätzuwachses zur Energiegewinnung an LTV-Stauanlagen. Bezogen auf die Jahresleistung sind das sogar 35,5 %!
- Der Nachteil des Primates der wasserwirtschaftlichen Nutzung gegenüber der Wasserkraftgewinnung kann, wie das Beispiel Eibenstock zeigt, z.T. kompensiert werden bei Talsperren mit großer Fallhöhe und hoher regelmäßiger Wasserabgabe. Umgekehrt energiewirtschaftlich unrentabel sind Turbinen in Leitungen mit kleiner (und unregelmäßiger) Abgabe, wie z.B. die landschaftlich notwendigen Mindestabgaben.
- Da auch die Wasserkraftanlage an der TS Eibenstock nicht durch die LTV selbst, sondern durch einen privaten Pächter betrieben werden soll, verändert sich der Eigenanteil der LTV an der Elektroenergieerzeugung an ihren eigenen Stauanlagen kaum. Er bleibt unbedeutend.

### **c) Weiter denkbare Wasserkraftanlagen an LTV-Stauanlagen**

- Aus den Ausführungen zu a) und b) ergibt sich, daß die noch denkbaren Wasserkraftanlagen nur 7,0 % bezogen auf die mögliche installierbare Leistung oder 11,9 % bezogen auf die mögliche Jahresstromerzeugung aller LTV-Stauanlagen ausmachen.
- In Anlage 1 wurden zur Realisierung der Wasserkraftgewinnung an den dafür noch in Frage kommenden LTV-Stauanlagen Empfehlungen gegeben, allerdings vorbehaltlich der Prüfung der technischen Realisierungsmöglichkeiten.
- Aus energiewirtschaftlichem und betriebswirtschaftlichem Gesamtinteresse bestehen keine zwingenden Gründe für einen kompletten Ausbau des Wasserkraftpotentials der Stauanlagen der LTV. Das schließt nicht die Zweckmäßigkeit im Einzelfall aus.

Bei Entscheidungen zum Wasserkraftausbau sind über die vorgenannten Gesichtspunkte hinaus weitere Kriterien zu beachten.

Dazu gehören:

- die energetisch nutzbare Fallhöhe sollte 3 m bei Laufwasserkraftwerken (Flußkraftwerken) nicht unterschreiten. Da dort die Durchsatzmengen vergleichsweise (zu unseren Talsperren) groß sind, empfiehlt sich bei unseren Mehrzwecktalsperren der Ansatz einer größeren Mindestfallhöhe. Sie sollte > ca. 10 m betragen.

- der Investitionsaufwand pro installiertes Kilowatt Leistung soll etwa 6 TDM nicht übersteigen. Dies gilt bei einem Fördersatz von bis zu 30 %. Da für die LTV als Staatsbetrieb eine Bezuschussung nicht in Frage kommt, vermindert sich die Rentabilitätsgrenze auf etwa 4,5 TDM pro ausgebautes Kilowatt Leistung.

In folgendem Beispiel wird der Versuch einer stark vereinfachten Ertragsrechnung gemacht.

Vereinfachte Ermittlung der Rentabilität des Baus von Wasserkraftanlagen an TS/Sp. der LTV

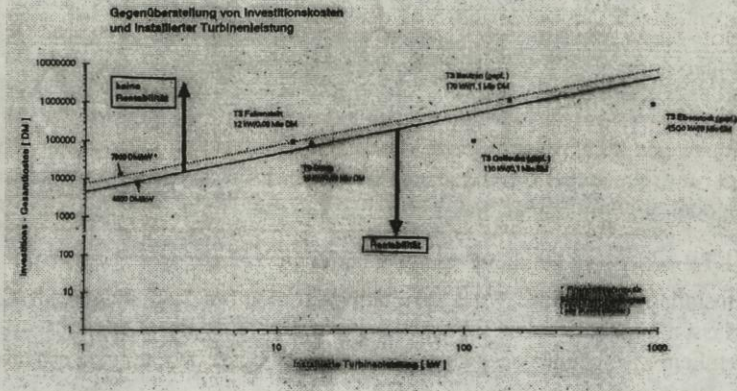
- Ansätze:
- ⇒ Rentabilitätsgrenze  $\approx 4500 \text{ DM/kW}$  (Investmittel ohne Förderung)
  - ⇒ Jahresleistung  $\approx 8000 \text{ kWh}$  (ca. 90% Auslastung)
  - ⇒ Verkaufserlös bei  $0,075 \text{ DM/kWh} = 600 \text{ DM/a}^1$
  - ⇒ Abschreibung  $3\% \text{ v. } 4500 \text{ DM} = 135 \text{ DM/a}$   
(33 Jahre Laufzeit)
  - ⇒ Personalaufwand geschätzt pro kW nur  $0,004 \text{ VbE}$  wegen „Nebenbetrieb“ der WKA  $\approx 200 \text{ DM/a}^2$
  - ⇒ weitere Selbstkosten geschätzt pro kW  $\approx 5 \text{ DM/a}$

Daraus folgt:

$$\begin{aligned} \Rightarrow \text{Betriebsergebnis (Ertrag)} &= 600 \\ &\quad - 135 \\ &\quad - 200 \\ &\quad - \underline{5} \\ &= \underline{260} \\ \Rightarrow \text{Armortisationsdauer} &= 4500 / 260 \\ &= \underline{\underline{\approx 17 \text{ Jahre}}} \end{aligned}$$

- <sup>1)</sup> Da für LTV als Staatsbetrieb Stromeinspeisungsgesetz nicht gilt, kann der von EVU oder Dritten erzielbare Verkaufserlös von  $0,14 \text{ DM/kWh}$  nicht angesetzt werden. Angenommen wird ein mit dem EVU frei ausgehandelter Preis, wie er z.B. in der TSM FM/Z erzielt wurde.
- <sup>2)</sup> Gilt für Kleinanlagen  $< \text{ca. } 50 \text{ kW}$  Leistung, bei größeren Leistungen ist der Personalaufwand/kW zu ermäßigen.

In nachfolgender Abbildung ist die o. g. Rentabilitätsgrenze grafisch dargestellt. Eingetragen wurden auch einige Gegenüberstellungen von Investkosten und Turbinenleistungen an ausgewählten Stauanlagen der LTV.



## Schlußfolgerungen

Aus den vorstehenden Ausführungen lassen sich für den weiteren "strategischen Umgang" der Landestalsperrenverwaltung im Hinblick auf den Betrieb vorhandener und die Installation neuer Wasserkraftanlagen an ihren Stauanlagen im wesentlichen folgende Schlußfolgerungen zusammenfassen:

1. Mit der möglichen Jahresstromerzeugung von 62,651 GWh an den Stauanlagen ließen sich bei einem derzeitigen "politischen Preis von 0,14 DM/kWh gemäß Stromeinspeisungsgesetz (BGBl. Teil 1, Nr. 67 1990) Einnahmen von insgesamt 8,770 Mio DM erzielen.

Die LTV als nicht förderfähiger Staatsbetrieb kann im Falle eigener Stromerzeugung ins Netz diesen kWh-Preis von 14 Pfg. jedoch lt. o. g. Gesetz nicht ansetzen. Vielmehr ist er mit der Energieversorgung frei auszuhandeln.

Zu beachten ist jedoch der derzeitige EVU-Anteil an der getätigten Stromerzeugung von über 98%! Die Erhöhung des LTV-Anteiles würde mit einem beachtlichen Investitionsaufwand verbunden sein, dessen Einsatz in jedem Falle nach den obigen Rentabilitätsgesichtspunkten zu überprüfen wäre.

2. Eine Ausrichtung der LTV auch auf den Erwerbszweig "Wasserkrafterzeugung" mit allen damit verbundenen Erfordernissen (Investitionen, spezielle steuerliche Behandlung, gesonderte Buchführung) erscheint auf Grund
  - des bisher eingeschlagenen Weges der Vergabe (oder auch Belassung) der Energiegewinnungsrechte an Dritte bzw. bei Dritten - die "lukrativsten" Anlagen sind bereits vergeben -

- des "Dahinfristens" der meisten Turbinenanlagen im Bereich der Rentabilitätsgrenze (oder schlechter) und
  - der nicht gegebenen Förderfähigkeit der LTV als Staatsbetrieb
- als weniger sinnvoll.

3. Aus umweltpolitischen Gründen kann von Fall zu Fall geprüft werden, ob vorzugsweise zum Zweck der Eigenbedarfsdeckung bei bedeutender Kosteneinsparung gegenüber Fremdbezug die LTV ein Wasserkraftpotential an der einen oder anderen Stauanlage noch selbst ausbaut.

4. Die LTV sollte ihre Hauptanstrengungen darauf legen,

- die Installation weiterer Wasserkraftanlagen an ihren Stauanlagen Dritten zu überlassen und zu diesem Zweck die entsprechenden Rechte auszuschreiben, sofern kein zwingender oder vorteilhafter Eigenbedarf dem entgegensteht und
- sich aus den bereits vergebenen bzw. noch zu vergebenden Energiegewinnungsrechten angemessene Erlöse zu sichern, die den anteiligen (indirekten) Aufwand der LTV zum Betrieb der Wasserkraftanlage - ohne Stauanlage und ohne Staupersonal (Kosten!) gäbe es keinen Kraftwerksbetrieb - mindestens abdecken.

## Energieerzeugung in Anlagen der Fernwasserversorgung

1. Allgemeine Vorbemerkungen
2. Möglichkeiten der Nutzung des Energiepotentials in Fernwasserleitungen
  - 2.1 Turbinen
  - 2.2 Pumpen im Turbinenbetrieb (P. i. T.)
  - 2.3 Vor- und Nachteile
3. Beispiele für die Anwendung von P. i. T.
  - 3.1 Überblick über ausgewählte Anlagen
  - 3.2 Zubringerleitung der TWA Bergen - Plauen
  - 3.3 Energieerzeugung am HB Endorf

### 1 Allgemeine Vorbemerkungen

Die Nutzung der Wasserkraft als erneuerbare Energiequelle in Anlagen der Fernwasserversorgung stellt eine effektive Form der Energieerzeugung in Kleinwasserkraftanlagen dar.

In der Vergangenheit war die Energieerzeugung in Wasserversorgungsanlagen aus den verschiedensten Gründen, meist aber wegen fehlender Stimuli und verlorengegangener Erfahrungen beim Bau und Betrieb von Kleinwasserkraftanlagen, seltener in Betracht gezogen worden.

Bei der Suche nach nutzbaren und ökologisch unbedenklichen Energiequellen wurde erkannt, daß in größeren Wasserversorgungssystemen Energie vernichtet wird, die man zur Erzeugung von Elektroenergie nutzen könnte.

Oft sind in den Hauptleitungen von Wasserversorgungssystemen höhere Drücke vorhanden, als für die Förderung eines bestimmten Volumens bzw. für die Bereitstellung des Versorgungsdrucks bei den Endverbrauchern notwendig wären.

Deshalb sind Drosselorgane erforderlich, die oft konzentriert an Druckminderern, Lochblenden, Regelorganen u. a. die vorhandene Druckenergie umwandeln.

Die Nutzung der dabei verlorengegangenen Verlustleistung stellt ein beachtliches Potential zur Energieerzeugung dar.

Insbesondere in den Gebirgsregionen sind u.a. nach der Überwindung von Hochpunkten und bei Zuläufen zu Speicherbehältern vorhandene Drücke durch den Einbau von Turbinen oder auch rückwärtslaufenden Pumpen anstelle der genannten Drosselorgane energetisch zu nutzen.

In einigen Veröffentlichungen werden Zahlen für das Gesamtenergiepotential in den Trinkwassernetzen genannt, die Größenordnungen verdeutlichen und (z.B.

bei Apfelbacher und Etzold, KSB Heft 24) mit 64 MW als Gesamtdrosselleistung über ein Jahr angegeben werden.

Da ein Gesamtpotential nur verdeutlicht, daß man dieser Energieform Beachtung schenken sollte, ist die regionale Untersuchung des vorhandenen und zur Verfügung stehenden Energiepotentials eine wichtige Voraussetzung für die Konzipierung einer Energieerzeugungsanlage.

Ich möchte zunächst auf ein paar allgemeine Grundlagen dazu verweisen und dann anhand von Beispielen die Nutzung der Wasserkraft zur Energieerzeugung mit Pumpen in Turbinenbetrieb erläutern.

## 2 Möglichkeiten der Nutzung des Energiepotentials in Fernwasserleitungen

Meist wird bei der Nutzung eines vorhandenen Energiepotentials davon ausgegangen, daß der nutzbare Durchfluß in Verbindung mit der zur Verfügung stehenden Druckhöhe über eine **Turbinenanlage** optimal in Elektroenergie umgewandelt werden kann.

In den letzten 10 Jahren sind jedoch in den alten Bundesländern und mittlerweile auch wieder in Sachsen rückwärts laufende **Pumpen als Turbinen** mit Erfolg eingesetzt worden. Diese beiden Möglichkeiten möchte ich kurz vorstellen.

### 2.1 Turbinen

Im "Leitfaden für den Bau von Kleinwasserkraftanlagen", herausgegeben vom Wasserwirtschaftsverband Baden-Württemberg, und in Firmenschriften bekannter Pumpen- und Turbinenhersteller werden u.a. grundlegende Ausführungen zur Auslegung, zum Betrieb, zu wirtschaftlichen Überlegungen und zu Rechtsfragen bei Wasserkraftanlagen gegeben.

Als Beispiel sei auf die Aufteilung der Kosten beim Neubau einer Energieerzeugungsanlage verwiesen, wie im Bild 1 aus o.g. Leitfaden dargestellt.

Zu beachten ist bei den betrachteten Anlagen der relativ hohe Anteil an Bau- und Maschinenbaukosten, die etwa 40% bzw. 25% der Gesamtkosten betragen.

Für die Planung sind zunächst die technischen Möglichkeiten als Voraussetzung zu untersuchen, um über die dann kalkulierbaren Kosten die Wirtschaftlichkeit zu ermitteln.

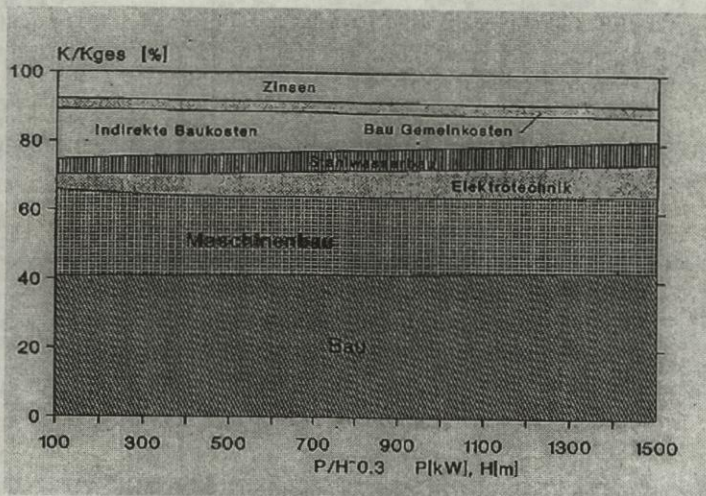


Bild 1: Kostenaufteilung der einzelnen Kostenarten an den Neubau-Gesamtkosten (Preisbasis 1990)

Einsatzbereiche für Standardturbinen sind für die Nutzung kleiner Wasserkräfte in dem folgenden Bild 2 aus dem genannten Leitfaden dargestellt:

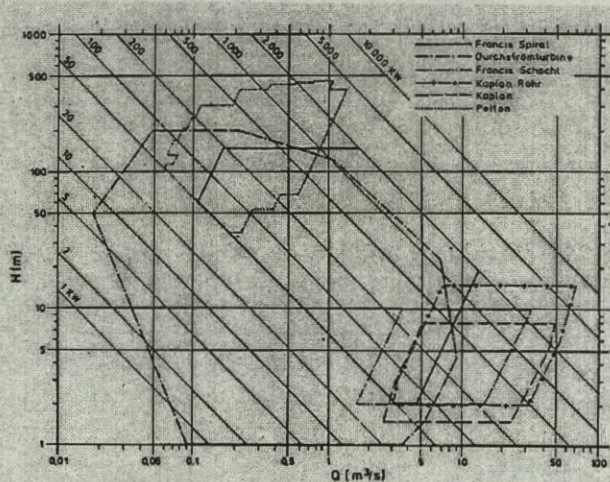


Bild 2: Einsatzbereiche von Standardturbinen für die Nutzung kleiner Wasserkräfte

Wichtig in Fernwasserversorgungsanlagen ist die Möglichkeit, über einen großen Durchflußbereich die Turbine betreiben zu können.

Hierzu sind aus meiner Sicht die Francis-Spiralturbinen und besonders die Durchströmturbinen am besten geeignet, obwohl der optimale Wirkungsgrad etwas niedriger als bei anderen Turbinen ist.

Der Leistungsbereich kann im Überblick anhand folgender Darstellung abgeschätzt werden:

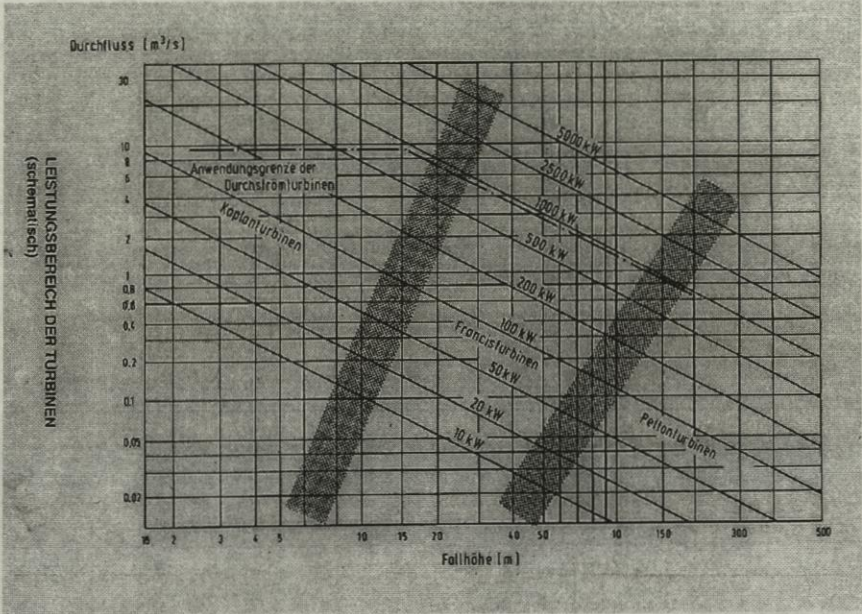


Bild 3: Leistungsbereich von Turbinen (schematisch)

Als Beispiel für die Anwendung bei kleinen Fallhöhen sei die **Tauchgenerator-turbine** genannt, die im vertikalen Einbau im Bild 4 und mit den Einsatzbereichen im Bild 5 dargestellt ist.

## Tauchgenerator-Turbinen

**Druckrohrleitung**  
 Der Einbau in eine Druckrohrleitung ist für Fließhöhen von 6 bis 20 m geeignet. Er besteht aus einer feststehenden oder geneigten Leitung, einer Verankerung, einem vertikalen Turbinenrohr und dem Stützgest. Der Durchlauf kann mittels einer Armatur in der Druckrohrleitung oder durch ein Kappenstück am Einbaufuß abgeschaltet werden.

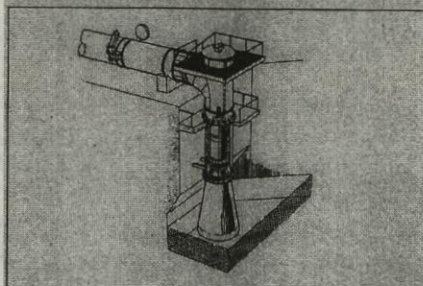


Bild 4: Einbau einer Tauchgeneratorturbine in eine Druckrohrleitung

## Tauchgenerator-Turbinen

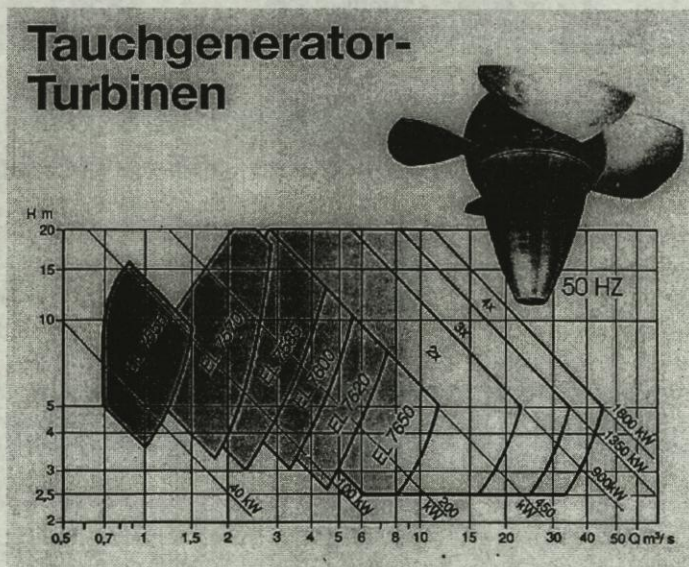


Bild 5: Einsatzbereich von Tauchgeneratorturbinen (Beispiel)

Die folgende Prinzipskizze (Bild 6) für die Durchströmturbine zeigt die Anordnung für eine vertikale und eine horizontale Durchströmung mit den entsprechenden Einsatzbereichen:

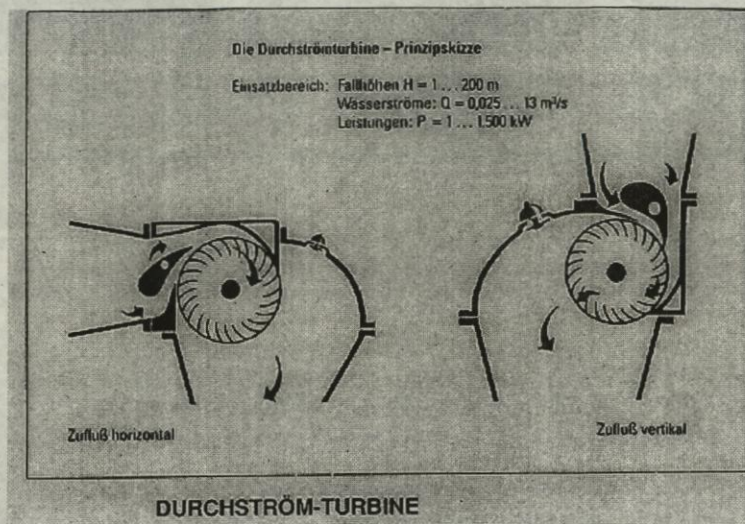
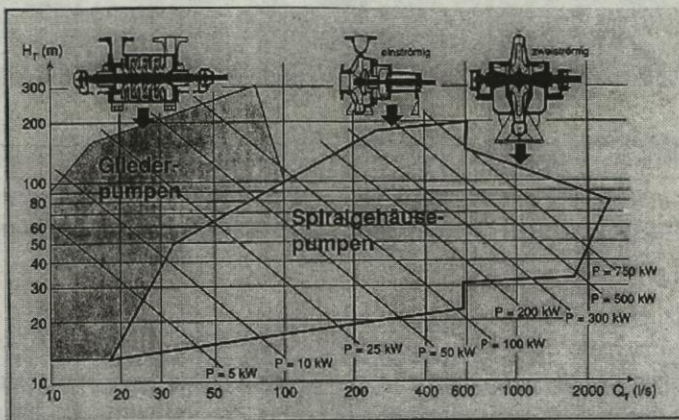


Bild 6: Prinzip der Durchströmturbine

## 2.2 Pumpen im Turbinenbetrieb (P. i. T.)

Werden Pumpen entgegen ihrer eigentlichen Förderrichtung durchströmt und mit einem Motor als Generator gekoppelt, so arbeitet diese Pumpe als Turbine und erzeugt Elektroenergie. Man spricht von Pumpen im Turbinenbetrieb (P.i.T.).

Die große Auswahl serienmäßig hergestellter Pumpen ermöglicht deren breite Anwendung bei einer Vielzahl von Einsatzfällen, was im folgenden Bild 7 verdeutlicht wird:



## Auswahl von Pumpen als Turbinen

Bild 7: Auswahlmöglichkeiten von Pumpen für den Turbinenbetrieb

Prinzipiell werden die Pumpen ähnlich wie die Turbinen eingesetzt. Die Anordnung in einer Turbinenleitung wird je nach Einsatzfall und den Bedingungen beim Betrieb der Energieerzeugungsanlage z.B. nach einer der folgenden Möglichkeiten gewählt werden:

1. Pumpe als Turbine mit Schwungrad
2. Pumpe als Turbine mit schnell öffnendem Regelventil
3. Pumpe als Turbine mit Scheibenbremse
4. Pumpe als Turbine mit schnell öffnendem Regelventil und Schwungrad

Als Beispiel sei die Pumpe als Turbine mit schnell öffnendem Regelventil in folgendem Schema dargestellt:

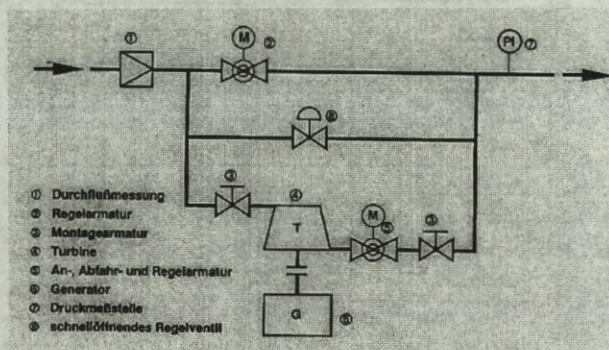


Bild 8: Pumpe als Turbine mit schnell öffnendem Regelventil (Einbauschema)

### 2.3 Vor- und Nachteile

Die Vor- und Nachteile der Pumpen im Turbinenbetrieb im Vergleich zu den Turbinen sind in folgender Tabelle kurz g egenübertgestellt:

Vorteile	Nachteile
- breite Leistungspalette von im Raster eng gestaffelter Serieripumpen	- geringe Anpassungsmöglichkeiten wegen fehlender Regeleinrichtung
- große Auswahlmöglichkeiten bzgl. Werkstoffen, Dichtungen und sonstigem Zubehör	
- preisgünstige Serienprodukte	- etwas schlechtere Wirkungsgrade als bei Turbinen, die für den jeweiligen Einsatzfall speziell ausgelegt und gefertigt werden
- kurze Lieferzeiten	
- Einsatz von Gliederpumpen bei großen Fallhöhen und kleinen Durchflüssen	- technische Anwendungsgrenze bei ca. 500 kW
- geringer Steuerungs- und Überwachungsaufwand	- kein verstellbarer Leitapparat

Tab. 1: Pumpen im Turbinenbetrieb - Vor- und Nachteile

Eine Analyse der Kosten von errichteten Turbinenstationen, die Pumpen im Turbinenbetrieb installiert haben, ergab die in Bild 9 dargestellte Abhängigkeit der Preise von der erzeugten Energie:

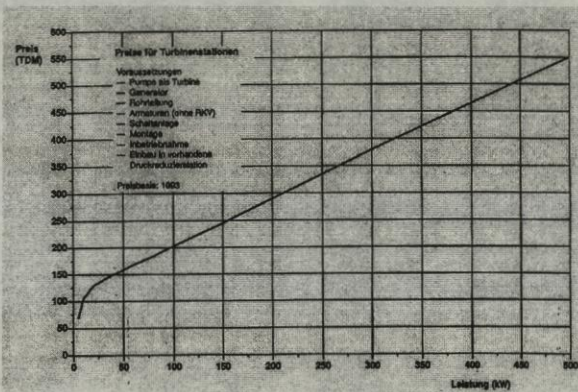


Bild 9: Preise von Turbinenstationen mit P.i.T.

Diese Preise sind im Vergleich zu recherchierten Turbinenanlagen in der Größenordnung zwischen 40% bis 50% niedriger.

### 3 Beispiele für die Anwendung von P. i. T.

#### 3.1 Überblick über ausgewählte Anlagen

Eine Auswahl ausgeführter Beispiele von Pumpen im Turbinenbetrieb soll in der folgenden Tabelle 2 gegeben werden. Bemerkenswert ist die Einsatzbreite der Anlagen, die sich in diesen Beispielen bei

- Leistungen von ca. 18 kW bis 122 kW,
- Fallhöhen von 25,5 m bis 168 m,
- Durchflüssen von 100 m<sup>3</sup>/h bis 936 m<sup>3</sup>/h

ergibt.

Anwendung	Projekt	Kunde	Stück	Typ	Pumpenbauart	Q m <sup>3</sup> /s	H m	P kW	n min <sup>-1</sup>	Druckstoß- sicherung
Inbetriebnahme 1989										
Wasserwerk	Etteln	Stadtwerke Paderborn	1	WKF 100/6	Gliederpumpe	100	150	30	1500	-
Wasserwerk	Grundablaß	Aabach Verband	1	Eta-N 100	Spiralgehäusepumpe	260	27	14	1500	-
Wasserwerk	Alteburg	Stadtwerke Reutlingen	1	Omega 125	Horiz. get. Spiralgehäuse-Ppe	432	78	72	1500	Bypass
Wasserwerk	Hitfeld	Stadtwerke Aachen	1	RDL 150	Horiz. get. Spiralgehäuse-Ppe	300	92,5	18	1500	-
Inbetriebnahme 1990										
Wasserwerk	Am Wasserturm	Stadtwerke Leverkusen	1	WKLv 125/2	Gliederpumpe	306	110	69	1500	Elektr. Bremse
Wasserwerk	Halberstädt .Str.	Stadtwerke Paderborn	2	WKLv 125	Gliederpumpe	300	168	96	1500	Komb. Bypass + Schwungrad + Bremse
Inbetriebnahme 1992										
Wasserwerk	Annaberg	Stadtwerke Baden-Baden	1	Eta-N 80-315	Spiralgehäusepumpe	200	68	26	1500	Bypass
Wasserwerk	Am Wasserturm	Stadtwerke Waiblingen	1	WKL 125/2	Gliederpumpe	250	85	42	1500	Elektr. Bremse
Wasserwerk	HB Petze	Harzwasserwerke	1	Omega 200	Horiz. get. Spiralgehäuse-Ppe	594	25,5	34	1020	Bypass
Inbetriebnahme 1993										
Wasserwerk	HB 1912 Plauen	ZWAV Plauen	1	Omega 200	Horiz. get. Spiralgehäuse-Ppe	936	40	122	1500	Bypass

Tab. 2: Turbinen-Anlagen (Pumpen im Turbinenbetrieb)

Im folgenden sollen zwei Energieerzeugungsanlagen in Fernwasserleitungen etwas ausführlicher vorgestellt werden, von denen die eine ihren Probetrieb bereits erfolgreich bestanden hat, während sich die zweite in der Planungsphase befindet und 1995 errichtet werden wird.

### 3.2 Zubringerleitung der TWA Bergen - Plauen

Im Rahmen der Wasserversorgung aus den Talsperren im Vogtland wurde durch die EWA AG Chemnitz/Plauen die Planung der Trinkwasserleitung Bergen/Plauen unserem Plauener SRP-Büro in Auftrag gegeben. Nach umfangreichen Studien hinsichtlich Trassenführung, Hydraulik und Materialauswahl unter Berücksichtigung der topografischen und geographischen Verhältnisse wurde u. a. im Bereich des vorhandenen Behälters Plauen "1912 / 1936" ein Regelbauwerk geplant.

In diesem Bauwerk sind an der Hauptleitung DN 600 vom HB Jahnsgrüner Höhe, die auf DN 500 reduziert wurde und zum Behälter weiterführt, im Bypass DN 350 eine Pumpe im Turbinenbetrieb angeordnet.

Als Pumpe wurde eine OMEGA 200 - 320 A verwendet. Zwei Absperrklappen dienen als Ausbauarmaturen, ein RKV 500 als Regelarmatur und ein RKV 350 als Anfahrarmatur für die P. i. T. Im Bild 10 sind im Grundriß diese Anlagenteile der Energieerzeugungsanlage, die in das Regelbauwerk mit eingeordnet werden konnten, dargestellt.

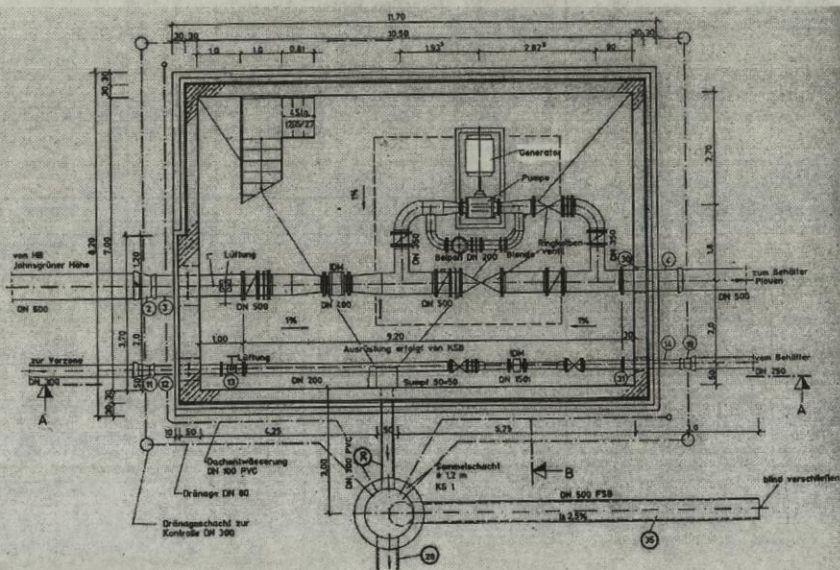


Bild 10: Grundriß der Energieerzeugungsanlage Bergen-Plauen

Die P. i. T. ist für folgende maximale Parameter im Endausbau der Behälter ausgelegt worden:

$$Q_{Tmax} = 260 \text{ l/s} \quad H_{Tmax} = 40 \text{ m}$$

$$P_{Tmax} = 83 \text{ kW} \quad P_{EL} = 78 \text{ kW}$$

Vor Einbau in das Regelbauwerk wurden in Frankenthal Versuche auf dem Pumpenversuchsstand durchgeführt und bei optimalem Wirkungsgrad folgende Parameter ermittelt:

	<u>1. Ausbaustufe</u>	<u>Endausbau</u>
$Q_T =$	202	242 l/s
$H_T =$	32	40 m
$\eta_T =$	79,5	85 %
$P_T =$	50	80 kW

Die Ergebnisse der Ermittlung der Anlagenkennlinie auf dem Pumpenversuchsstand und beim Probebetrieb sind in der folgenden Abbildungen 11 dargestellt. Sie zeigen, neben den gemessenen An- und Abfahrkurven, daß die geplanten Parameter für die erste Ausbaustufe (RKL-1) durch Messungen vor Ort bestätigt werden konnten.

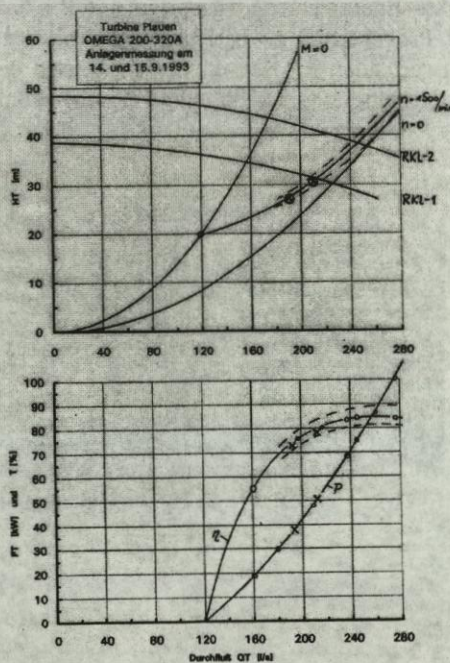


Bild 11: Anlagenkennlinien  $H(Q)$ ,  $P_T(Q)$  und  $\eta_T(Q)$  der P.i.T. Plauen-Bergen

### 3.3 Energieerzeugung am HB Endorf

Im System der Fernwasserversorgung Elbaue - Ostharz (Bild 12) ist am Hochbehälter Endorf bisher in zwei Leitungen DN 600 über Ringkolbenventile und Drosselblenden überschüssige Energie umgewandelt (vernichtet) worden. Verantwortliche Mitarbeiter dieses Unternehmens erkannten das in den Anlagen bisher schlummernde Energiepotential und übertrugen SRP die Aufgabe, eine Möglichkeit der Energieerzeugung an diesem Standort zu untersuchen und zu planen.

Nach Voruntersuchungen zum Einsatz von Turbinen bzw. Pumpen im Turbinenbetrieb erfolgte die Entscheidung für die Planung der Anlage als P.i.T.

Die P. i. T. ist für folgende maximale Parameter ausgelegt worden:

$Q_{\text{tmax}}$	=	3000 m <sup>3</sup> /h (ca. 830 l/s)	$H_{\text{tmax}}$	=	73 m
$n$	=	1325 U/min			
$\eta_M$	=	0.85 %	$\eta_{FU}$	=	0.88 %
$P_{\text{tmax}}$	=	516 kW	$P_{EL}$	=	480 kW

Die geplante Anlage ist im Grundriß in Bild 13 dargestellt. Über die in dieser Größenordnung erste Energieerzeugungsanlage mit P.i.T. wird nach erfolgter Fertigstellung und Probetrieb zu berichten sein, nicht zuletzt deshalb, weil sich aus den zu erwartenden Erlösen durch den Betrieb der Anlage Rückfluß-dauern der Investitionsmittel von 5 bis 6 Jahren erg eben können.



Bild 12: System der Fernwasserversorgung Elbaue - Ostharz

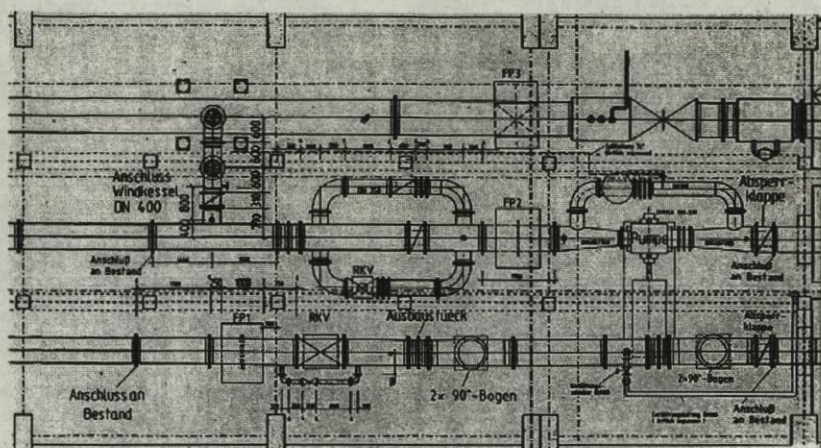


Bild 13: Grundriß der Energieerzeugungsanlage am Hochbehälter Endorf (geplant)

## **Bisher erschienene Mitteilungen:**

### **Heft 1 (1989)**

- Römisch, Klaus            Empfehlung zur Bemessung von Hafeneinfahrten  
Lattermann, Eberhard    Bemessungsgrundlagen für Dichtungen und Deckwerke  
im Wasserbau

### **Heft 2 (1990)**

- Krüger, Frank            Schubspannungsverteilungen in offenen, geradlinigen  
Trapez- und Rechteckgerinnen  
Martin, Helmut  
Pohl, Reinhard            Überflutungssicherheit von Talsperren

### **Heft 3 (1990)**

- Pohl, Reinhard            Die Entwicklung der wasserbaulichen Lehre und  
Forschung an der Technischen Universität Dresden  
Die Berechnung der auf- und überlaufvermindernden  
Wirkungen von Wellenumlenkern im Staudammbau

### **Heft 4 (1991)**

- Haufe, Ellen            Hydromechanische Untersuchungen von Mischungs-,  
Flockungs- und Sedimentationsprozessen in der  
Trinkwasseraufbereitung

### **Heft 5 (1994)**

- Lattermann, Eberhard    Wasserbaukolloquium 1993  
Die Elbe - Wasserstraße und Auen



TU Dresden  
Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Hubert Engels (1854 - 1945)



### Institutsvorstand

Prof.-Dr.-Ing. habil. H.-B. Horlacher, geschäftsführender Direktor  
Prof.-Dr.-Ing. habil. H. Martin, stellvertretender Direktor  
Prof.-Dr.-Ing. habil. H. Wagner, stellvertretender Direktor

### Lehrstühle

**Konstruktiver Wasserbau**  
Prof.-Dr.-Ing. habil. H.-B. Horlacher ☎ (0351) 463 4397

**Technische Hydromechanik**  
Prof.-Dr.-Ing. habil. H. Martin ☎ (0351) 463 4526

**Fluß- und Seebau**  
Prof.-Dr.-Ing. habil. H. Wagner ☎ (0351) 463 4397

### Wissenschaftliche Mitarbeiter :

Doz. Dr.-Ing. D. Aigner, Leiter des Hubert-Engels-Laboratoriums ☎ (0351) 463 4725  
Dipl.-Ing. D. Carstensen ☎ (0351) 463 3524  
Dipl.-Ing. C. Cherubim ☎ (0351) 463 4685  
Dr.-Ing. H.-G. Coers ☎ (0351) 463 5331  
Dipl.-Ing. S. Dornack ☎ (0351) 463 2399  
Dipl.-Ing. R. Elze ☎ (0351) 463 3676  
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. E. Lattermann ☎ (0351) 463 2964  
Dipl.-Ing. H. Martin ☎ (0351) 463 4019  
Dipl.-Ing. U. Müller ☎ (0351) 463 6119  
Dr.-Ing. R. Pohl ☎ (0351) 463 5693  
Dipl.-Ing. J. Wilhelm ☎ (0351) 463 3524

TU Dresden Institut für Wasserbau und Technische Hydromechanik

☎ 01 069 Dresden, George-Bähr-Strabe 1  
Beyer-Bau der TU Dresden, Zimmer 82-84 und 47-54  
☎ 01 062 Dresden ☎ (0351) 463 4397 ☐ (0351) 463 7120  
e-mail: root@bbors5.bau.tu-dresden.de  
telex 022778 teunidd

### Forschungsaktivitäten

- Betriebseinrichtungen an Stauanlagen
- Berechnung und Messung von transienten Ein- und Mehrphasenströmungen in Druckrohrleitungen
- Stabilitätsuntersuchungen für überströmte Dämme
- Überflutungssicherheit von Talsperren
- Schutzspannungsverteilung in offenen, gekrümmten Gerinnen
- Naturnahe Gestaltung von Fließgewässern
- Materialverhalten von bituminösen Dichtungen
- Deckschichten im Wasserbau
- hydromechanische Aspekte der Mischung- und Flockungsprozesse in der Wasseraufbereitung
- Hochwasserschutz im Binnen- und Küstenbereich
- Uferausbildung unter Wellenbelastung
- bauwerksnahe Wellenbewegung im Seebau und an Stauanlagen, Wellendämpfung
- Schraubenstrahleinwirkung
- Dichtungen im Wasserbau
- Physikalische und numerische Modellversuche zu den genannten Problembereichen
- Anfertigung von Gutachten zu allen wasserbaulichen und hydromechanischen Aufgabenstellungen

Im Hubert-Engels-Laboratorium, das bereits 1898 als erstes ständiges Wasserbau-Labor der Welt gegründet worden ist, besteht die Möglichkeit, hydraulische Modellversuche für zahlreiche Aufgaben aus dem Bereich des Wasserbaus durchzuführen. Dazu zählen u.a. Druck-, Geschwindigkeits-, Turbulenz- und Durchflußmessungen und Versuche zu speziellen Anlagen des Wasserbaus, der Wasseraufbereitung oder zu mit Flüssigkeiten durchströmten Industrieanlagen.

### Ausstattung:

**Hubert-Engels-Laboratorium**  
im Gebäude der Fakultät Bauingenieurwesen

- Laborräume, Wasserkreislauf (A = 650 m<sup>2</sup>, Q = 300 l/s)
- Flußbarrine l = 30 m b = 2 m
- Glasrinne l = 32 m b<sup>1</sup>h = 0.80\*0.80 m<sup>2</sup>
- Kipprinne l = 10 m b<sup>1</sup>h = 0.30\*0.40 m<sup>2</sup> (mögliche Neigung 13°)
- Rohrleitungsversuchsstand
- überdachte Freifläche ca. 165 m<sup>2</sup> mit Anschluß an Wasserkreislauf
- Durchflußmeßgeräte (volumetrisch, Eichwehre, IDM voll- und teilgefüllt, Venturi)
- Geschwindigkeitsmeßgeräte (Laser-Doppler-Anemometer ein- und mehrdimensional, Ultraschallsonden, induktive Geschwindigkeitssonden, Ultraschallsonden, Staurohr, Bildauswertung)
- Wasserstands- und Druckmeßgeräte (Pegel, Drucksonden, Ultraschall, Wellenpegel u.a.)
- Schwingungsmessgeräte
- Geräte zur automatischen Meßwertverfassung
- Videotechnik mit Schnittplatz
- Werkstätten

**Freigelegte im Weßferitztal bei Dresden**  
(Q = 10 m<sup>3</sup>/s, I = 2 %)

### Computernetz

PC-Ausstattung, IBM/RS (Workstations), Anschluß an das Campusnetz der TU, X.-25-Netz- einbindung, Zugriff zum Universitätsrechenzentrum sowie zum Wissenschaftsnetz und Internet