

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses

Band: 89 (1998)

Heft: 2

Artikel: Ästhetische Betrachtungen über Talsperren

Autor: Müller, Ulrich

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-902041>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Talsperren – es gibt weltweit rund 40 000 grössere davon – sind wichtige, manchmal gar monumentale Bauten. Sie beeinflussen wesentlich Landschaften sowie Energie- und Wasserversorgung ganzer Regionen. Staatspräsidenten und andere Würdenträger kümmern sich persönlich darum, von der Grundsteinlegung bis zur Inbetriebnahme. Doch – niemand beschäftigt sich ernsthaft mit Formschönheit eines Bauwerks, das für viele Generationen unverrückbar bleibt. Es gibt keine sogenannte Dammarchitektur, es gibt aber einige grundsätzliche Regeln, um dennoch eine harmonische Einbettung solcher grossen Bauwerke in die Natur zu bewirken.

Ästhetische Betrachtungen über Talsperren

■ Ulrich Müller

Vielfältige Anwendungen

Staumauern und Staudämme werden zusammenfassend als Talsperren bezeichnet. Sie dienen meist zur Speicherung von Wasser in Zeiten reichlicher Zuflüsse. Damit lassen sich zum Beispiel im Winter, wenn der Niederschlag oft als Schnee liegenbleibt, wertvolle Wasserkraftreserven nutzen. So entspricht der gesamte Speicherinhalt der Schweizer Stauseen einer Stromerzeugung von 8435 Millionen Kilowattstunden. Damit

könnten bei einmaliger Entleerung theoretisch rund 16% des jährlichen Landesverbrauchs gedeckt werden. Im langjährigen Schnitt produzieren Speicherkraftwerke mit gegen 20 000 Millionen Kilowattstunden etwa ein Drittel des gesamten Strom-Landesverbrauchs. Talsperren dienen auch der Bewässerung, der Wasserversorgung oder dem Hochwasserschutz.

Schöne Formen durch Funktion

Der Ingenieur weiss es: schöne Formen entstehen durch Beschränken auf die Funktion. So gesehen ist Ästhetik nur ein

Eine der schönsten überhaupt: Doppelbogen-Staumauer Hongrin (VD). Hohe Spannung und Symmetrie (Bild Preisig).

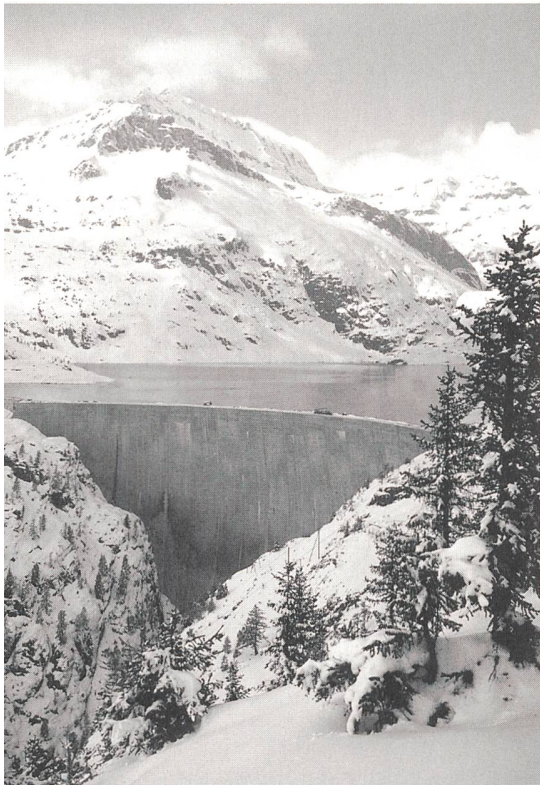


Bericht auf der Basis eines Vortrags von Dr. Harald Kreuzer «Zur Ästhetik von Talsperren» vom 28. Oktober beim Linth-Limmatverband in Zürich [1]

Zusammenstellung:

Ulrich Müller
Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Postfach 6140
8023 Zürich

Talsperren

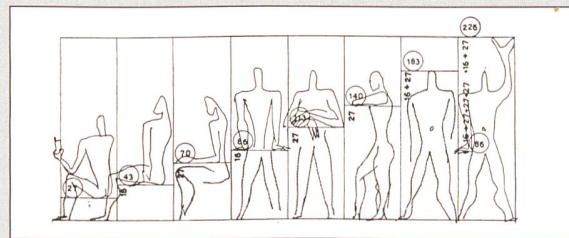
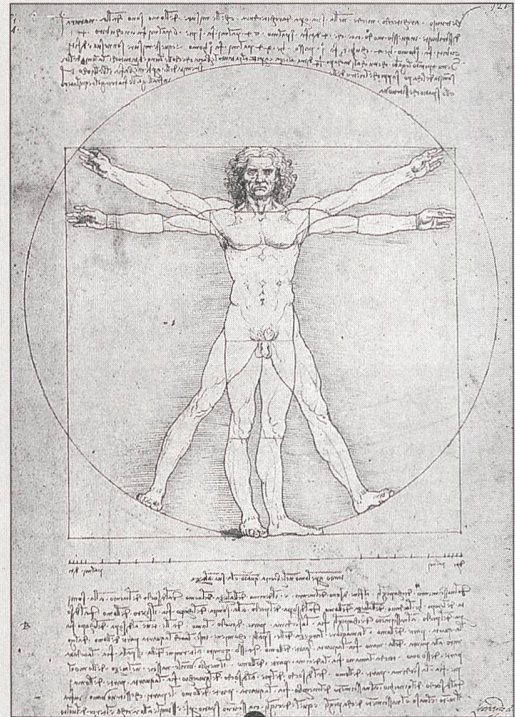


Die Bogenstaumauer von Eposson ist horizontal und vertikal gekrümmt und bietet ein sauberes, mit der Natur harmonisierendes Gesamtbild (Bild Darbellay).

«Nebenprodukt» sauberer Ingenieurkunst. Denn kein Damm wird nur seiner Ästhetik wegen gebaut. Dimensionen, Baumaterialien oder Grundform folgen der Funktion.

Was ist nun die Funktion? Gemäss dem 3. Newtonschen Gesetz muss, um den Lauf eines Flusses zu unterbrechen, die Festigkeit eines Damms allermindestens der Strömungskraft bzw. dem Druck des Stauwassers entsprechen.

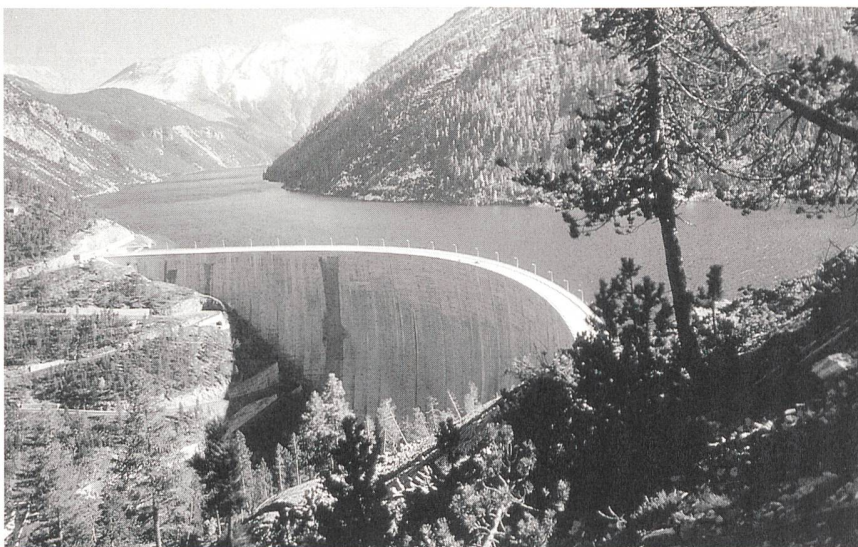
Skizze von Leonardo da Vinci: Der Mensch als Mass aller Dinge.



Der «Modulor» von Le Corbusier: architektonische Elemente in Beziehung zum menschlichen Körper.

Staudämme und Gewichtstaumauern erfüllen diese Funktion vor allem durch Grösse und Gewicht, sie sind massive Talsperren. Ihr Bau verursacht aufgrund der enormen Materialmassen hohe Kosten. Entsprechend weniger Material be-

nötigen strukturelle Talsperren. Nicht mehr die reine Masse, sondern die Form wirkt dem Druck des gestauten Wassers entgegen. Der Anblick einer hohen, relativ schmalen Staumauer könnte dabei an der Funktion einige Zweifel aufkommen lassen. Doch das Prinzip ist hier anders. Druckspannungen werden waagrecht in die Talflanken statt senkrecht in den Grund eingeleitet. Kuppelstaumauern neuerer Art sind wie ein Löffel sogar waagrecht und senkrecht gekrümmt. So



Die Bogenstaumauer Punt dal Gall (GR) bietet schwungvolle Eleganz: symmetrisch und ohne störende Aufbauten (Bild EKW).

Zur Statik

Ungeachtet ihrer Form oder Funktion findet bei allen Bauwerken ständig ein Tauziehen zwischen den von aussen wirkenden Naturkräften einerseits und der inneren Festigkeit des Bauwerks und seiner Baustoffe andererseits statt. Im Idealfall reicht die innere Festigkeit eines Bauwerks aus, um den äusseren Kräften Widerstand zu leisten. Alle Bauwerke müssen jedoch darüber hinaus ausreichend Reserve haben, um extremen externen Belastungen zu trotzen. Bauingenieure nennen dies den Sicherheitsfaktor, und der ist bei Talsperren besonders hoch zu dimensionieren.

Vielfältige Formgebungen

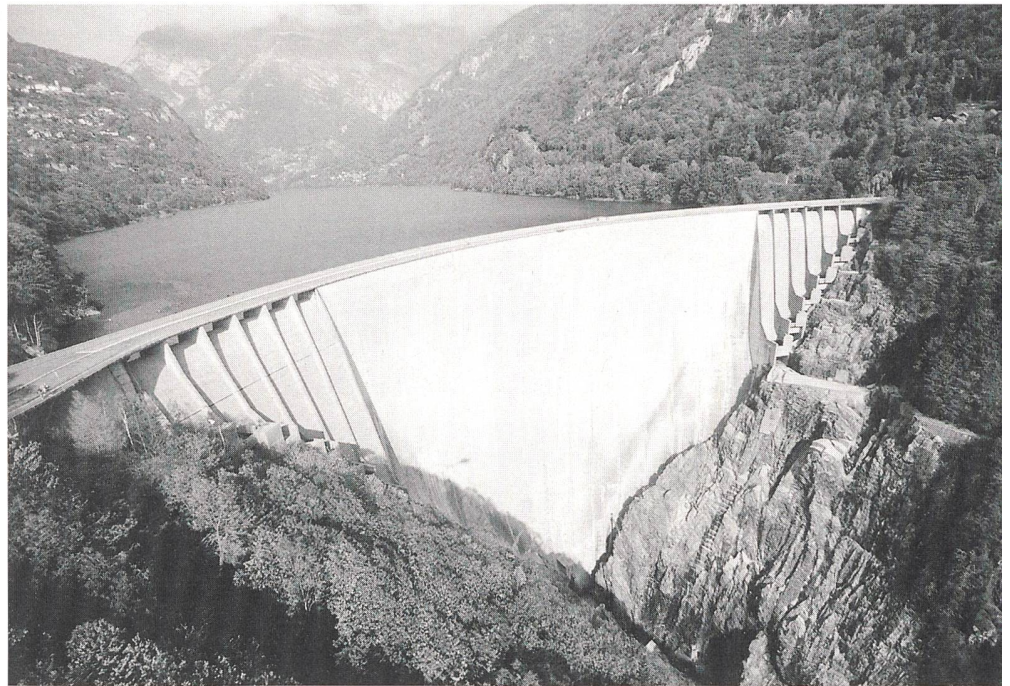
Topographie, Talform und Baustoffe bestimmen primär die Form einer Talsperre. Staumauern können aus Beton oder Natursteinwerk bestehen, Dämme in der Regel aus Erd- und Gesteinsmasse der Umgebung. Man unterscheidet vier Grundtypen von Talsperren. Davon gibt es verschiedene Mischformen.

Die *Bogenstaumauer* gilt als die eleganteste. Die Kraft des gespeicherten Wassers wird durch die gekrümmte Mauer auf die Talflanken übertragen.

Die *Pfeilerstaumauer* besteht aus Betonpfeilern mit materialsparenden Zwischenräumen. Dabei stützen die Pfeiler die relativ dünneren Zwischenwände und leiten die Kräfte in den Untergrund ab.

Die *Gewichtsstaumauer* hat im Prinzip einen dreieckigen Querschnitt. Ihr enormes Eigengewicht vermag dabei das aufgestaute Wasser zurückzuhalten.

Im Gegensatz zur Staumauer ist der *Staudamm* breiter als hoch. Sein dichter Kern wird beidseits durch umfangreiches Erd- und Felsmaterial gestützt.



Schöne Symmetrien und Parallelitäten hat die Diga di Contra (Verzasca, TI; Bild Nessi).



Zwei Bogenstaumauern für einen See: Naret I und II (TI). Dieses Unikum ist von allen Blickwinkeln her gesehen spannend und interessant (Bild Ofima).

sind sie geringeren Belastungen ausgesetzt, da sich die Kräfte gleichmässiger auf Flanken und Talboden verteilen. Die Gruppe der Pfeilerstaumauern lehnen an die physikalischen Gesetzen gotischer Kathedralen an. Auf der Luftseite stützen massive Pfeiler das Bauwerk gegen den waagrecht angreifenden Druck des Stauwassers. Über die Pfeiler wird dieser Druck in den Grund abgeleitet.

Die Bauart einer geplanten Talsperre wird von Topographie und Geologie bestimmt. Bogenkonstruktionen eignen sich besonders für enge Täler, in denen die Felswände als Widerlager dienen können. Für eine Gewichtsstaumauer ist ein Tal mit solidem Felsuntergrund erforderlich, erdige Untergründe eignen sich eher für einen Staudamm. Oft sind auch Mischformen möglich. Auf jeden Fall ist jede Talsperre einzigartig und genau auf die örtlichen Verhältnisse «zugeschnitten».

Was sind schöne Formen?

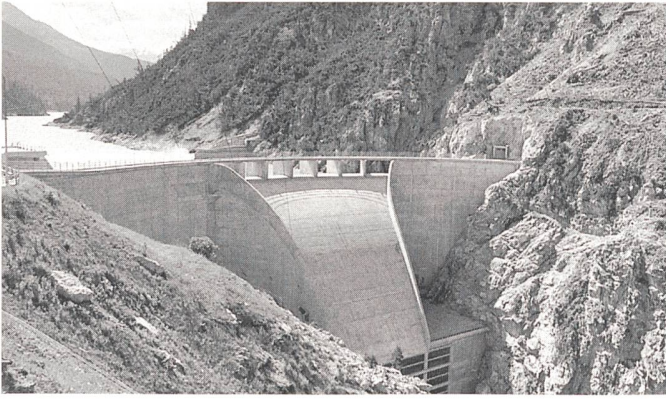
Über Geschmack lässt sich bekanntlicherweise streiten. Objektive, mathematische Kriterien für «schöne» Talsperren gibt es nicht. Es gibt jedoch verschiedene

allgemeine sowie einige spezielle Ansätze zur visuellen Ästhetik von Talsperren. Da ist beispielsweise der berühmte Goldene Schnitt (lateinisch *sectio aurea*, auch stetige Teilung). Dabei ist eine Strecke so geteilt, dass die grössere Strecke sich zur ganzen Strecke verhält

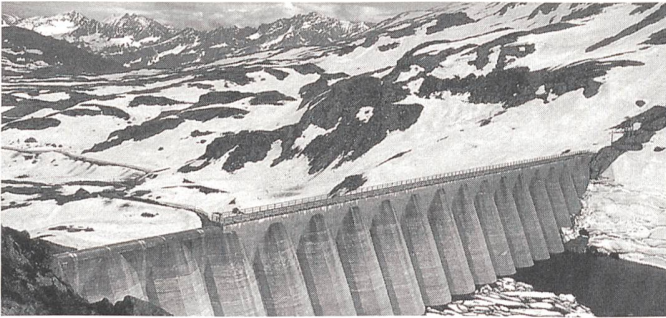
wie die kleinere zur grösseren, also etwa 5:8. Auch Leonardo da Vinci und Le Corbusier stellten Menschen in Kreisen und anderen geometrischen Modellen dar, um das optimale humane Verhältnis von Formen zu studieren.

Als schön gilt offenbar grundsätzlich

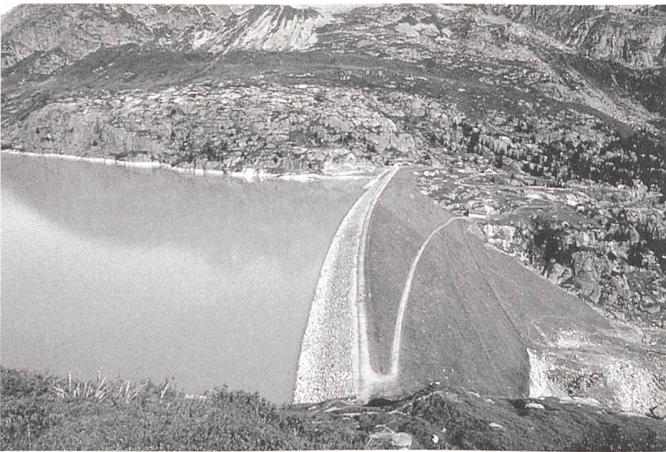
Talsperren



Diese Bogenstaumauer enthält Elemente verschiedener Mauertypen und stützt sich mit ihren Überlaufkanten auf das Kraftwerkgebäude (Ova Spin, GR; Bild Bolliger).



Pfeilerstaumauern, wie hier Lucendro (Tessin), sind in der Schweiz selten. Die Konstruktion erfüllt weitgehend die beschriebenen Kriterien für gute Form (Bild Atel).



Der Staudamm Göschenalp passt optimal in seine natürliche Umgebung. Der aufgestaute See ist eine grosse Bereicherung für die Landschaft (Bild CKW).



Höchste Gewichtstaumauer der Welt: Grande Dixence (VS, 6 Mio. m³ Beton): «saubere Lösung» mit leichten Asymmetrien (Photo Germond).

alles was abgerundet, am besten ganz rund ist. Eckiges ist unbeliebter je spitzer die Winkel sind. Das optische menschliche Empfinden wird auch positiv beeinflusst durch den Faktor «Ordnung». Damit ist Symmetrie gemeint und – natürlich – das Entfernen unschöner und überflüssiger Elemente. Weitere Ordnungselemente sind Parallelität, Orthogonalität (Rechtwinkligkeit) sowie Formwiederholungen. Während beim Design für Güter des täglichen Gebrauchs der Mensch das Mass aller Dinge ist, gilt für Talsperren jedoch die Harmonie mit der natürlichen Umgebung.

Schwierige Ordnung

Kommt nun die Ordnung automatisch durch die Erfüllung der physikalischen Funktion? Nicht unbedingt, denn zahlreiche topographische, geologische oder hydraulische Probleme erzwingen geometrische Abweichungen von den «idealen» Formen. So können Dämme in eine «unordentliche» Zickzack-Form oder völlig ausser symmetrischen Proportionen geraten. Strukturen, die nicht streng symmetrischen, parallelen, rechtwinkligen oder sonstigen geometrischen Grundformen entsprechen, wirken irgendwie störend, und das schon bei kleinsten Abweichungen. Und natürlich sind auch völlig geleerte, verschlammte Stauseen sowie Bauschutt kein schöner Anblick.

Es scheint jedenfalls, dass klare, saubere Übergänge der Mauer zum Gelände die Ästhetik positiv beeinflussen. Anhäufungen kleinstrukturierter Anlagenteile oder Befestigungen an den Nahtstellen zwischen Mauer und Talflanke oder auf der Mauer selbst sind architektonisch unsauber. Es ist eben nicht Funktion einer Talsperre, zusätzliche Elemente zu tragen. Dies ist leicht gesagt, aber in der Praxis selten zu erfüllen, denn diese «kleinstrukturierten» Anlagenteile sind kein «Beigemüse», sondern wichtige Kraftwerkkomponenten.

Eine Betrachtung über die Ästhetik von grossen Mauern enthält – wie im Beitrag erwähnt – zahlreiche subjektive Elemente. Was ist Ihre Meinung dazu? Schreiben Sie uns bitte, oder senden Sie uns Photos von besonders «schönen» Talsperren.



Forrevassdammen, Norwegens grösster Betondamm, 95 m hoch, 1300 m breit: elegante Einbettung in die Landschaft mit Gewichtsstauwand und zusätzlicher Bogenstütze (Bild Statkraft).

Wichtig für die Ordnung ist natürlich der Unterhalt einer Talsperre. Auch für die Funktion unwesentliche Betonabbröckelungen mindern das Vertrauen in die gesamte Anlage. Verfärbungen durch Verwitterung und Pflanzenbewuchs verändern das «Gesamtimage» einer Mauer negativ.

Spannung und Kontrast

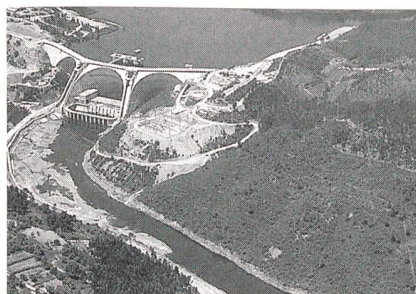
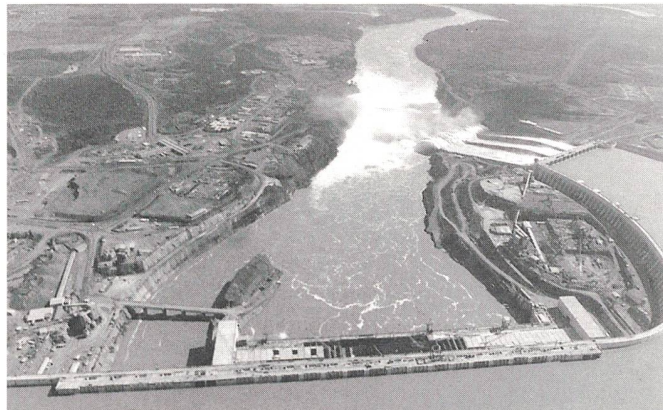
Ein wichtiges Formprinzip der Architektur ist die Spannung. Geschwungene Formen geben eine Spannung, die als ästhetisch angenehm empfunden wird. Hochgeschwungene Bogenmauern gelten als besonders elegant, je schlanker sie sind. Das trainierte Auge des Ingenieurs ist empfindlich auf überproportionierte Formen.

Soll die Talsperre beim Einbezug der Landschaft Kontraste zeigen oder darin «verschwinden»? Auch dies sind subjektive Betrachtungen. Kontraste zur natürlichen Umgebung ergeben sich vor allem durch die Dimensionen, aber auch durch die Form und das Material. Für viele ist der Kontrast eine ehrliche Form, technische Kreativität auszudrücken. Es gibt jedoch auch viele Beispiele kleinerer Laufwasser-Kraftwerke, wo die Mauer mitsamt Kraftwerk im Wasser gar «untertauchen». Natürlich ist dies mit modernen Rohrtubinen, rein funktional gesehen, vernünftig.

Der elegante Brückenschlag

Brücken haben in verschiedener Hinsicht Ähnlichkeiten mit Talsperren. Sie schliessen jedoch keine Täler ab, sondern überbrücken sie. Schöne Beispiele dazu zeigen die Brücken von ETH-Professor für Baustatik und Konstruktion, Christian Menn. Seine Kollegen attestieren für seine Bauwerke «vollendete Synthese technischer Effizienz, ökonomischer Konstruktion und formaler Eleganz». Sein Konzept ist Funktionalität, Topographie, Umwelt und Wirtschaftlichkeit. Diese Kriterien bringen aber noch nicht die schönsten und besten Konstruktionen. Darum braucht es noch die Gestaltung: «Der ästhetische Ausdruck muss aus der Konstruktion kommen». Prof. Menn bemerkt dazu, dass Bauingenieure etwas zu stark auf die Funktionalität und Wirtschaftlichkeit fixiert sind und die Affinität zur Landschaft eher etwas vernachlässigen. Architekten würden dagegen über den Baukörper, das Licht, die Fassade, den Baustoff oder die Raumanordnung nachdenken und weniger über die Konstruktion. «Eine Brücke besteht zu 90% aus Konstruktion», so Prof. Menn.

Grösste Gewichtsstauwand der Welt: Itaipú Binacional (Brasilien/Paraguay) (196 m hoch, 7200 m lang, 12 Mio. m³ Beton). Dieses Bauwerk der Superlative mit grosser Vielfalt an Formelementen hat nach Aufräumen der Baustellen je nach Geschmack durchaus «Charakter».

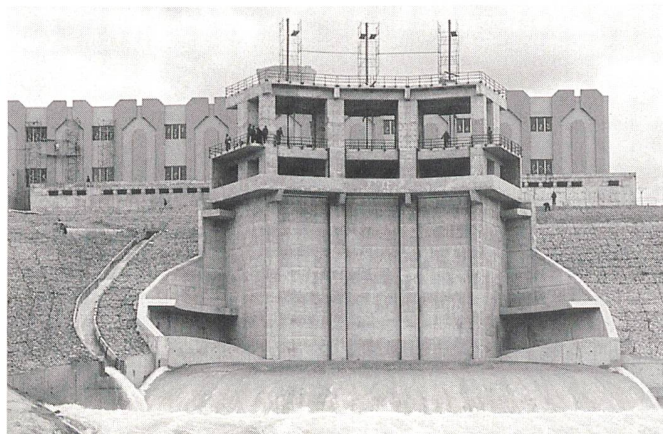


Die Stauwand Aguieira (Portugal) hat eine schöne Symmetrie und gute Harmonie mit der Umgebung, aber auch einige (leider notwendige) «Beigaben» (Bild EDP).



Ein sehr schönes Beispiel bietet der Daniel-Johnson-Damm in Kanada. Die formelle Ordnung wird erreicht durch sich wiederholende Rundbogenelemente (Bild Kreuzer).

Staudamm mit Kraftwerk als «Kathedrale»: Allal el Fassi (Marokko, Bild Sulzer Hydro).



Die höchsten Talsperren der Welt						Die grössten Wasserkraftwerke der Welt				
Rang	Name	Jahr der Fertigstellung	Land	Typ	Höhe (m)	Rang	Name	Jahr der Betriebsaufnahme	Land	Leistung (MW)
1	Nurek	1980	Russland	E	300	1	Itaipú	1983	Brasilien	12 600
2	Grande Dixence	1961	Schweiz	G	285	2	Guri (Raul Leoni)	1986	Venezuela	10 300
3	Inguri	1980	Russland	B	272	3	Sayano-Shushensk	1989	Russland	6 400
4	Vajont	1961	Italien	B	262	4	Grand Coulee	1942	USA	6 180
—	Tehri	(1997)	Indien	E	261	5	Krasnoyarsk	1968	Russland	6 000
5	Chicoasén	1980	Mexico	E	261	6	Churchill Falls	1971	Kanada	5 428
6	Mauvoisin	1957	Schweiz	B	250	7	La Grande 2	1979	Kanada	5 328
7	Guavio	1989	Kolumbien	E	246	8	Bratsk	1961	Russland	4 500
8	Sayano-Shushensk	1989	Russland	B/G	245	9	Ust-Ilim	1977	Russland	4 320
9	Mica	1973	Kanada	E	242	10	Tucuruí	1984	Brasilien	3 960
—	Ertan	in Bau	China	B	240	11	Rogun	1990	Russland	3 600
10	Chivor	1957	Kolumbien	E	237	12	Ilha Solteira	1973	Brasilien	3 200
—	Kishau	(1997)	Indien	G	236	13	Tarbela	1977	Pakistan	3 046
11	El Cajon	1985	Honduras	B	234	14	Gezhouba	1981	China	2 715
12	Chirkey	1978	Russland	B	233	15	Nurek	1976	Russland	2 700
13	Oroville	1968	USA	E	230	16	Mica	1976	Kanada	2 660
14	Bhakra	1963	Indien	G	226	17	La Grande 4	1984	Kanada	2 650
15	Hoover	1936	USA	B/G	221	18	Volgograd	1958	Russland	2 563
16=	Diga di Contra	1965	Schweiz	B	220	19	Paulo Afonso IV	1979	Brasilien	2 460
16=	Mrantinja	1976	Ex-Yugo	B	220	20	Cabora Bassa	1975	Moçambique	2 425
18	Dworshak	1973	USA	G	219	21	Shrum (Portage Mt)	1968	Kanada	2 416
19	Glen Canyon	1966	USA	B	216	22	Chicoasén	1980	Mexico	2 400
20	Toktogul	1978	Russland	G	215	23	La Grande 3	1982	Kanada	2 304
21	Daniel Johnson	1968	Kanada	B	214	24	Volga-VI. Lenin	1955	Russland	2 300
22	Upper Mill Branch	1963	USA	E	213	25	John Day	1969	USA	2 160
—	Berke	in Bau	Türkei	B	210	26	Eisernes Tor 1	1970	Rumänien	2 136
23	Luzzone	1963	Schweiz	B	208					
24	Keban	1974	Türkei	E/G	207					
—	Bekhme	in Bau	Irak	E	204					
—	Lakhwar	in Bau	Indien	G	204					
25	Dez	1962	Iran	B	203					
26	Almendra	1970	Spanien	B	202					
27	Khudoni	1991	Russland	B	201					

Quelle: Water Power & Dam Construction 1997

Dammtypen:

B = Bogenstaumauer
 P = Pfeilerstaumauer
 E = Erddamm/Felsdamm
 G = Gewichtstaumauer

Lohnende Aufgabe

Zeitdruck, kurze Planungszeiten oder mittelmässige Ingenieurarbeit sind Hindernisse für die Ästhetik. Zahlreiche Beispiele weltweit zeigen jedoch, dass architektonische Prinzipien einbezogen werden können, ohne die Funktion in Frage zu stellen. Gewissenhaftes Planen von Funktionsbauten soll Ästhetik nicht ausschliessen. Auch wenn Formfaktoren von Sachzwängen beherrscht werden, lohnt es sich, dafür etwas zu investieren.

Literatur

[1] Harald Kreuzer: Thoughts on the aesthetics of dams. Sonderdruck Hydropower & Dams/Colenco Power Consulting Ltd., Baden.

Considérations esthétiques sur les barrages

Les barrages – on en compte quelque 40 000 importants dans le monde – sont des constructions imposantes, voire parfois monumentales. Ils ont un impact sensible sur les paysages et influencent l’approvisionnement en énergie et en eau de régions entières. Les grands chefs d’Etat s’en occupent personnellement, de la pose de la première pierre à la mise en exploitation. Personne ne s’intéresse toutefois sérieusement à la beauté de la construction, qui reste immuable pour plusieurs générations. Il n’existe ici pas d’architecture typique, mais plutôt quelques règles fondamentales permettant d’intégrer de façon harmonieuse ce genre de construction dans la nature.