

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 57 (1965)  
**Heft:** 5-6

**Artikel:** 8. Internationaler Talsperrenkongress 1964 in Edinburgh  
**Autor:** Schnitter, G. / Schnitter, N. / Töndury, G.A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-921020>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 19.02.2026

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

## ANMERKUNG DER REDAKTION

Da wir die Hefte Januar bis März des Jahrganges 1965 dieser Zeitschrift der besonders reich dokumentierten Veröffentlichung der Schlussergebnisse der sehr eingehenden Studien des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes über **Bin-nenschiffahrt und Gewässerschutz** widmeten, mussten leider verschiedene Berichte über im Jahr 1964 durchgeführte, unsere Leser besonders interessierende internationale Kongresse zurückgestellt werden und können erst jetzt, dafür in einer Gesamtübersicht etlicher Konferenzen der Jahre 1964 und 1965 erscheinen.

## 8. INTERNATIONALER TALSPERRENKONGRESS 1964 IN EDINBURGH

Prof. G. Schnitter, Küsnacht (Abschnitt 2)

Dipl. Ing. N. Schnitter, Motor-Columbus AG, Baden (Abschnitte 1 und 4.1)

Dipl. Ing. G. A. Töndury, Baden (Abschnitte 3 und 4.2)

Dipl. Ing. E. Gruner, Basel (Abschnitt 5)

Verzeichnis der Kongress-Berichte (Abschnitt 6)



DK 061.3 (100): 627.81

### 1. Einleitung

Wie die meisten technischen Bereiche, ist der Talsperrenbau heute in einer kräftigen Ausweitung begriffen. Dies geht deutlich aus dem zum Anlass des hier behandelten Kongresses vom Internationalen Komitee für Große Talsperren (ICOLD/CIGB)<sup>1</sup> erstmals herausgegebenen weltweiten **Talsperrenverzeichnis**<sup>2</sup> hervor, besonders wenn man sich auf die wirklich grossen Talsperren von beispielsweise über 100 m Höhe beschränkt. Wie die Zusammenstellung in Tabelle 1 zeigt, sind von den rund 150 bis Ende 1964 fertiggestellten Bauwerken dieser Klasse zwei Drittel im vergangenen Dezennium in Betrieb genommen worden, ein gutes Drittel sogar erst in den letzten fünf Jahren. In Bau stehen nochmals halb soviele Talsperren als bisher gesamthaft erstellt wurden. Während die 100 m-Höhe zwischen den zwei Weltkriegen nur vereinzelt<sup>3</sup> und zwar nur in den USA, in der Schweiz und in Frankreich überschritten wurde, ist dieses «Ereignis» heute zu einer weltweiten Alltäglichkeit geworden. Mit Betonstaumauern, vorwiegend Bogengrenzmauern, ist die 200 m-Höhe schon achtmal gemeistert worden, und bei den geschütteten Dämmen steht dies unmittelbar bevor. Bereits schickt man sich an, die 300 m-Grenze zu überwinden, der die Grande Dixence-Gewichtsstaumauer im Wallis schon sehr nahe gekommen ist.

Diese sprunghafte Steigerung der Dimensionen erforderte oft entsprechend kühne, zuweilen vielleicht gar allzu kühne Extrapolationen. Und gemessen an den von Talsperren geforderten Lebensdauern sind die bisherigen Bewährungszeiten und Erfahrungen immer noch gering. Die Katastrophe vom 9. Oktober 1963 am Stausee Vajont hat gezeigt – auch wenn sie in bezug auf das Verhalten der Talsperre einen, allerdings bitteren, Triumph darstellte –, was für Kräfte im Spiele stehen können. Ueber diese schrieb z. B. der verstorbene Projektverfasser C. Semenza schon zweieinhalb Jahre vor der Katastrophe, dass «... ich nach sovielen glücklichen Arbeiten und sovielen auch mächtigen Bauten einer Sache gegenüberstehe, die mir durch ihre Ausmasse unsren Händen zu entgleiten scheint...»<sup>4</sup>. Etwas ähnliche Zweifel und Befürchtungen lasteten, im Gefolge die-

ser Katastrophe und der andern tragischen Unfälle mit Talsperren in den letzten Jahren, auch auf dem Kongress von Edinburgh. Es wurde unter anderem daran erinnert, dass man sich bei jedem Talsperrenbau im Wasser gleichzeitig mit einem wertvollen Diener auch einen rastlosen und heimtückischen Todfeind schafft. Doch wurde mit Recht auch einmal mehr darauf hingewiesen, dass alle Bereiche der Technik neue Gefahrenquellen geschaffen und ihre, zum Teil, z. B. im Verkehrswesen, weit grösseren Opfer



Bild 1 Parkanlage mit typischer Silhouette der Stadt Edinburgh

<sup>1</sup> ICOLD = International Commission on large dams

CIGB = Commission internationale des grands barrages

<sup>2</sup> Zu beziehen durch das Sekretariat des Schweizerischen National-Komitees für Große Talsperren, Bahnhofquai 5, 8023 Zürich, zum Preise von Fr. 172.—.

<sup>3</sup> Erstmals 1915 mit der Bogengewichtsmauer Arrowrock in Idaho/USA von 107 m Höhe.

<sup>4</sup> Aus dem Brief vom 20. April 1961 an Ing. V. Ferniani in Bologna.

gefordert haben, die jedoch stets in keinem Verhältnis standen zu den Leben, welche die Technik erst ermöglicht, dann erhalten und menschenwürdig gestaltet hat. Auch gestattet nun das eingangs erwähnte internationale Talsperrenregister, sich ein, zumindest für die USA zuverlässiges<sup>5</sup>, Bild zu machen über die Unfallhäufigkeit im Talsperrenbau und schwarzmalerischen Uebertreibungen entgegenzutreten. Wie Tabelle 2 zeigt, ist seit Beginn des Jahrhunderts die Unfallhäufigkeit mehr als zehnmal kleiner geworden und liegt zur Zeit bei rund 4‰, d. h. einem Talsperrenbruch pro 250 Neubauten.

<sup>5</sup> Wegen der kleineren «Dunkelziffer», das heisst dank der freimütigen Veröffentlichung aller wesentlichen Unfälle (z. B. in Engineering News Record). Aus diesem und anderen Gründen ist zum Beispiel die von E. Casal-Bernard in Revista de Obras Publicas, 1961, p. 269/275 versuchte Ermittlung der Unfallhäufigkeit mit ziemlichen Fehlern behaftet und irreführend.

### Talsperren über 100 m Höhe

Tabelle 1

Fertigstellungs-jahr	USA	Japan	Schweiz	Spanien	Italien	Frankreich	Uebrige Welt	Total
1915–19	1							1
1920–24		1						1
1925–29	3							3
1930–34	2	1			3			6
1935–39	5							5
1940–44	2			1		2		5
1945–49	5			2	2			9
1950–54	5	1	1	3	3	5		18
1955–59	7	5	6	5	5	12		40
1960–64	11	10	6	8	4	3	23	65
In Betrieb	41	15	15	14	15	11	42	153
In Bau	14	18	8	4	2	2	30	78
Total	55	33	23	18	17	13	72	231

Seit 1900 erstellte und gebrochene Talsperren von über 15 m Höhe in Westeuropa<sup>1</sup> und USA  
(nur Durchbrüche zur Luftseite und ohne Bau- oder Kriegsschäden)

Tabelle 2

Fertigstellungs-periode	Total erstellte Sperren	Gebrochene Sperren Anzahl	% des Totals	Namen der gebrochenen Sperren (Bruchjahr)	Todesopfer (Anzahl Fälle <sup>2</sup> )
1900–1909	190/100 <sup>3</sup>	9/9 <sup>3</sup>	47/90 <sup>3</sup>	Scottsdale (1904), Hauser (1908), Zuni (1909), Jumbo West (1910), Austin (1911), Hatchtown (1914), Sepulveda (1914), Long Tom (1916), Lake Toxaway (1916).	100 (6)
1910–1919	280/220	12/12	43/55	Stony River (1914), Horse Creek (1914), Hebron (1914 und 1942), Lyman (1915), Plattsburg (1916), Mammoth (1917), Schaeffer (1921), Bully Creek (1925), Wagner (1938), Sinker Creek (1943), Swift (1964).	10 (3)
1920–1929	430/280	8/6	19/21	Apishapa (1923), Gleno (1923), Moyie (1925), Lake Lanier (1926) Diandi (1926), St. Francis (1928), Balsam (1929), Sella Zerbino (1935).	1010 (5)
1930–1939	450/280	1/1	2/4	La Fruta (1930)	0 (1)
1940–1949	390/240	0	0	Keine	0
1950–1959	960/530	4/2	4/4	Stockton Creek (1950), Vega de Tera (1959), Malpasset (1959), Baldwin Hills (1963).	570 (3)
Total (60 Jahre)	2700/1650 <sup>4</sup>	34/30	1/2	(23 Dämme, 11 Staumauern)	1690 (18) <sup>5</sup>

<sup>1</sup> westl. eiserner Vorhang, ohne Skandinavien

<sup>2</sup> Anzahl Fälle, für welche Angaben vorliegen

<sup>3</sup> Zweite Zahlen gelten für USA allein

<sup>4</sup> Darunter 1260 / 1040 Dämme

<sup>5</sup> USA allein: 410 Todesopfer in 14 Fällen

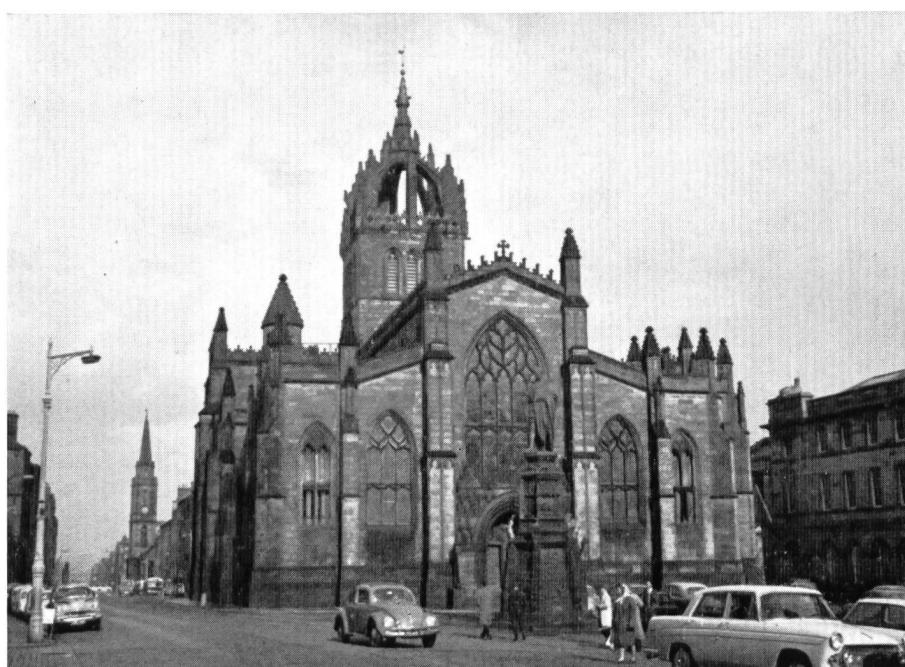
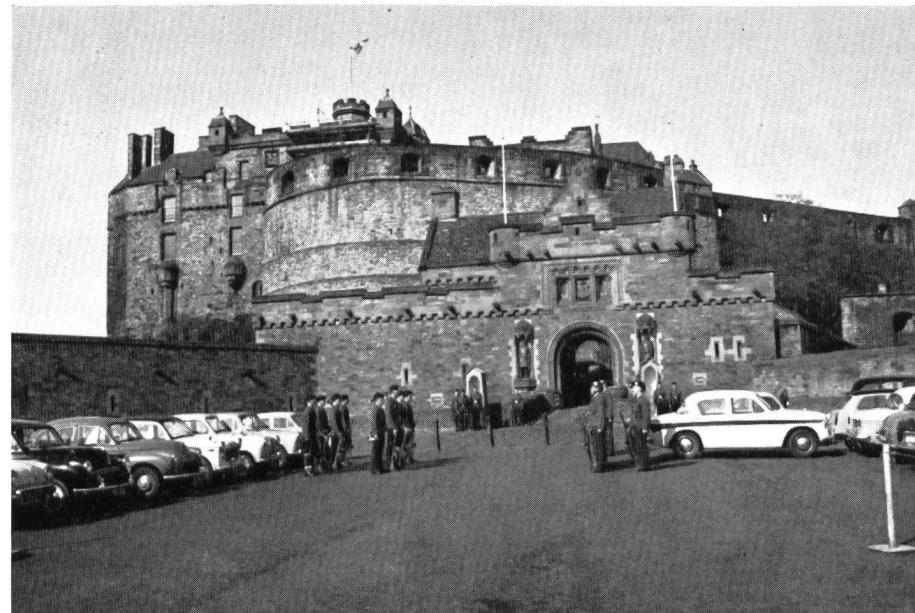


Bild 2  
Gotische Kathedrale St. Giles,  
die bedeutendste Kirche in  
Edinburgh

Bild 3  
Wachablösung der Schottischen  
Garde vor dem massigen  
Königsschloss, welches die  
schottische Hauptstadt beherrscht



## 2. Die Kongressarbeiten

Dem Kongress wurden in der üblichen Weise vier Fragestellungen (siehe unten) unterbreitet, auf welche durch die Mitglieder der einzelnen Landeskomitees Berichte eingereicht werden konnten. Das lebhafte Interesse am Kongress zeigt sich in der grossen Anzahl der eingetroffenen Berichte: 159 Einzelberichte (gegenüber 124 am letzten Kongress 1961 in Rom), 11 zusammenfassende Berichte einzelner Landeskomitees und 15 Mitteilungen. Diese Berichte wurden den angemeldeten Teilnehmern in vier Bänden gesamthaft (total 4000 Seiten!) vor Kongressbeginn zugestellt, damit sie anlässlich der Arbeitssitzungen diskutiert werden konnten. Solche Berichte geben jeweils Aufschluss über jene Teilprobleme des Talsperrenbaues, die im Brennpunkt des allgemeinen Interesses liegen.

Nachstehend soll in kurzen Zügen über die vier zur Diskussion gestellten Fragen berichtet werden. Es kann sich im vorliegenden Rahmen selbstverständlich nur um eine ganz summarische Berichterstattung handeln, was schon daraus hervorgeht, dass die Generalberichterstatter für die einzelnen Fragen allein zwischen 40 und 50 Seiten benötigten, um die Berichte zusammenzufassen. Alle am Talsperrenbau interessierten Kreise mögen zu den Originalberichten greifen, die über das Schweizerische Nationalkomitee (Sekretariat: Obering. W. Zingg, Industrielle Betriebe der Stadt Zürich) bestellt werden können<sup>6</sup>.

### FRAGE 28:

Physikalische und mechanische Eigenschaften des Felsens *in situ*; Methoden, welche die Bestimmung dieser Eigenschaften und ihre Verbesserung gestatten, unter dem speziellen Gesichtspunkt der Projektierung und des Baus grosser Talsperren.

Eingegangene Berichte 58, Generalberichterstatter Prof. G. Schnitter, Schweiz.

Diese Frage wurde seinerzeit durch den Ausschuss für Untergabauten des Internationalen Komitees für grosse Talsperren aufgeworfen und fand grosses Interesse, weil sich doch immer mehr die Erkenntnis von der Bedeutung des Verhaltens des Baugrundes für die Sicherheit einer Talsperre

durchsetzt. Es ist eine zu wenig beachtete Tatsache, dass der grössere Teil der bekanntgewordenen Talsperrenbrüche und Talsperrenkatastrophen ihre Ursache im Versagen des Untergrundes findet. Die eingereichten Berichte enthalten eine Unmenge von Erfahrungen, Untersuchungen, Messresultaten, theoretischen Betrachtungen und widerspiegeln sehr deutlich die konstante Sorge des Staumauerkonstrukteurs, welcher sich seiner Verantwortung bewusst ist. Es ist in der Tat in erster Linie der Ingenieur, welcher für den Bau einer Staumauer verantwortlich ist. Der Geologe, der Petrographe, der Mineraloge, der Geotechniker, der Chemiker wie der Hydrologe sind ihm wichtige Mitarbeiter, welche kein Ingenieur vermissen möchte, aber die schliessliche Entscheidung fällt doch auf ihn. Er, der Ingenieur, kann sich nur Rechenschaft geben über das Spiel der Kräfte, welche jede Sperre in den verschiedenen Belastungsfällen auf die Gründung übertragen muss. Staumauer und Gründung bilden ein einziges Bauwerk und die Auffassung, man könne die Fundation vom Bauwerk selbst trennen, ist künstlich und muss verlassen werden. Insbesondere der Einfluss des Wassers auf die Fundation einer Sperre wirkt sich mannigfaltig aus, nicht nur als hydrostatischer Druck, sondern auch durch seine Strömungseigenschaften und durch seinen chemischen Einfluss auf den Felsen, welcher dessen Eigenschaften gegebenenfalls ändern kann. Die Belastung des künstlich erzeugten Stautees bei ihren heutigen ausserordentlichen Abmessungen erzeugt eine Deformation des Talbodens und der Flanken, die nicht unterschätzt werden darf. Die Sicherheit der Flanken wird durch den Aufstau ungünstig beeinflusst und durch den Absenkungsvorgang zusätzlich vermindert. Die Sicherheit einer Talsperre und ihrer Umgebung ist deshalb die erste Sorge jedes Konstrukteurs. Was ist aber eigentlich diese Sicherheit und wie kann sie definiert werden? Gibt es zahlenmässige Angaben für diese Sicherheit? Diese zentrale Frage stand sowohl in der Berichterstattung wie in der Diskussion am Kongress im Zentrum der Debatten. Der bereits von Mr. Justin, dem bekannten amerikanischen Talsperrenkonstrukteur, seinerzeit geprägte Slogan erweist sich nach wie vor als richtig: The dam is made safe in the field not on the drafting board (Die Sicherheit eines Dammes entsteht im Felde, nicht am Zeichentisch).

<sup>6</sup> Wie wir soeben erfahren, ist die Auflage bereits vergriffen. Verzeichnis der Berichte siehe unter Abschnitt 6.

#### FRAGE 29:

Resultate und Interpretationen von Messungen an Talsperren jeglichen Typus, inbegriffen Beobachtungen über Erdbeben.

Eingegangene Berichte 50, Generalberichterstatter Prof. Dr. G. O b e r t i , Italien

Der Zweck der Messungen an Talsperren ist ein doppelter. Einerseits dienen sie zur Kontrolle des Verhaltens einer Sperre im Betrieb, das heisst unter Belastung, anderseits erlaubt der Vergleich der Messungen mit jenen an Staumauermodellen und mit der Rechnung ein Urteil über die Zuverlässigkeit der Berechnungsmethoden. Die Berichte enthalten ausführliche Angaben über die angewandten Geräte und die durchgeführten Messungen mit zahlreichen Angaben, z. B.: Messung der Durchbiegungen, der Bewegungen einzelner Punkte, Deformationen, Temperaturverlauf, Spannungen, Auftrieb, resp. Porenwasserspannungen, über die Bewegung der Dehnfugen usw. Der Generalberichterstatter hat auch bei der Besprechung dieser Frage die Einheit von Bauwerk und Untergrund mit besonderer Betonung hervorgehoben. In diesem Zusammenhang darf auf die kürzlich herausgekommene Publikation des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren hingewiesen werden: «Comportement des barrages suisses» (zu beziehen beim eingangs erwähnten Sekretariat).

Es hat sich gezeigt, dass über die Erdbebenwirkung noch grosse Unsicherheit besteht, insbesondere über die dynamische Wirkung des Stosses einer Mauer auf die Wassermasse und umgekehrt. Es scheint, dass die allgemein angewandte Berechnungsmethode nach Westergard einer näheren Prüfung der tatsächlichen Wirkung nicht standhält.

#### FRAGE 30:

Studium des Betons für grosse Talsperren jeglichen Typus und Einfluss des Alters auf die Eigenschaften des Betons. Eingegangene Berichte 32, Generalberichterstatter Prof. V. S t o l n i k o v , Russland.

Die Fragestellung wurde wie folgt umschrieben:

- a) Wahl des Betons für grosse Talsperren, unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen und Anpassungsfähigkeit dieses Betons, den verschiedenen an ihn gestellten Forderungen zu entsprechen.
- b) Entwicklung der wichtigsten Eigenschaften des Betons, wie Festigkeit, Wasserundurchlässigkeit, Frostbeständigkeit, elastisches Verhalten in Funktion der Zeit, die Risserscheinungen im Beton, Verhalten des Betons bei Druck- und bei Zugbeanspruchung.

### 3. Kongressgestaltung

Der alle drei Jahre zur Durchführung gelangende Kongress des Internationalen Komitees für Große Talsperren (ICOLD/CIGB) der Weltkraftkonferenz<sup>7</sup> fand vom 4. bis 9. Mai 1964 in der schottischen Hauptstadt Edinburgh statt und war, wie üblich, von etlichen, zur Wahl gestellten Studienreisen gefolgt, worüber teilweise in den Abschnitten 4 und 5 berichtet wird. Der Kongress wurde gemäss Teilnehmerliste von 1374 Personen aus 53 Ländern besucht, wovon 927 Kongressisten und 447 Begleitpersonen. Die stärksten Kontingente stellten das Gastland Grossbritannien mit 304 Teilnehmern oder 22% der Gesamtbeteiligung

<sup>7</sup> 1932 als eine Art Tochterorganisation der Weltkraftkonferenz gegründet; in der Schweiz besteht ein vom Nationalkomitee WPC unabhängiges Nationalkomitee für grosse Talsperren, das von Prof. G. Schnitter/ETH präsidiert wird.

Für schweizerische Verhältnisse ergeben sich dabei keine wesentlich neuen Erkenntnisse, mit Ausnahme von Resultaten aus einigen japanischen Berichten über das Verhalten bei Druck und Zug.

#### FRAGE 31:

Entwurf, Baumethode und Verhalten von Staudämmen grösserer Höhe (über 80 m).

Eingegangene Berichte 19, Generalberichterstatter J. B a r r y C o o k e , USA.

Die meisten Berichte enthalten interessante Angaben über den Aufbau hoher Dämme und ihr Verhalten, wobei unter Steindämmen heute im Gegensatz zu früher alle Dämme verstanden werden, deren Stützkörper aus Stein bis Kies aufgebaut ist, also nicht nur aus grösseren Geröllen.

Der Generalberichterstatter hat sich eine grosse Arbeit damit gemacht, dass er statistisch die höheren Dämme zusammenstellte und eine interessante kurzgefasste Geschichte des Staudammbaues mitteilte. Erwähnenswert ist für unser Land, dass der Göscheneralpamm zu den höchsten zur Zeit gebauten Dämmen gehört, dass aber bereits die 200 m Grenze durch im Bau stehende Dämme überschritten wird; so erreicht der Oroville-Damm in den USA 225 m, im Projektstadium befinden sich sogar Dämme bis zu 300 m Höhe.

Der Generalberichterstatter kommt zu folgenden wesentlichen Schlussfolgerungen: Das Verhalten von Staudämmen grosser Höhe mit zentralem Dichtungskern ist sehr zufriedenstellend. Die Staudämme mit verdichtetem Stützkörper setzen sich weniger, als jene mit Geröllbrocken, welche üblicherweise nur gekippt eingebracht und eventuell unter Zuschuss von Wasser etwas verdichtet werden. Die Messung der Bewegungen eines Staudamms und vor allem die Messung eventueller Porenwasserspannungen im Kern erweisen sich als höchst notwendig. Weitere Angaben über ausgeführte Dämme wären von grösstem Nutzen.

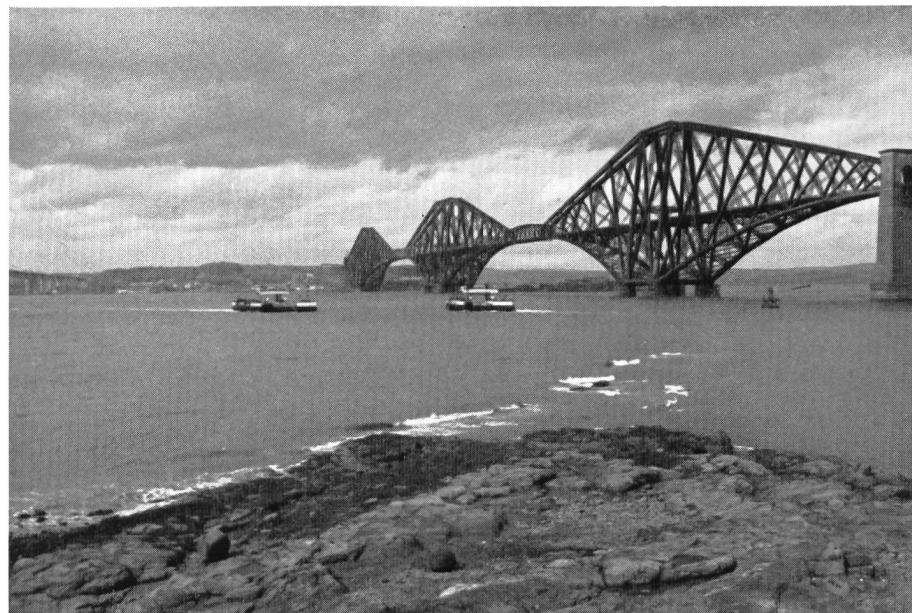
—

Ausser den sehr gut besuchten Arbeitssitzungen sorgten die gastfreundlichen Schotten für gesellschaftliche Anlässe, welche die arbeitsreichen Sitzungen glücklich umrahmten, worüber nachfolgend noch ausführlicher berichtet wird. Die etwas verträumte, romantische, Walter Scott heraufbeschwörende Umgebung bot ein natürliches Gegengewicht zu der nur technischen Atmosphäre in den Sitzungssälen. Dem englischen Nationalkomitee und der schottischen Bevölkerung von Edinburgh gilt der Dank sämtlicher Kongressteilnehmer.

(192 Kongressisten und 112 Begleitpersonen = 304), gefolgt von Frankreich (163 + 78 = 241), USA (72 + 46 = 118), Spanien (57 + 26 = 83), Italien (54 + 23 = 77), Schweden (45 + 26 = 71), der Schweiz (29 + 17 = 46) usw.

An der 32. Exekutivratsitzung der ICOLD, die vor dem Talsperrenkongress unter der Leitung von Dott. Ing. C. M a r c e l l o (Italien) als Präsident und I. D u f f a u t (Frankreich) als Sekretär abgehalten wurde, nahmen 115 Mitglieder des Exekutivrates von 44 Ländern teil. In dieser Sitzung wurden Albanien, Algerien, Ungarn, Südrhodesien und Ghana als Mitglieder aufgenommen, so dass nun 52 Länder Mitglieder dieser Vereinigung sind. J. G u t h r i e - B r o w n (Grossbritannien) wurde als neuer Präsident für die nächsten drei Jahre gewählt; G. T. M c C a r t h y (USA) und F. H. L y r a (Brasilien) traten an die Stelle der statutengemäss ausscheidenden Vizepräsidenten.

Bild 4  
Die 1883–1890 erbaute  
Eisenbahnbrücke über den hier  
1500 m breiten Firth of Forth



Die Empfehlungen des Unterausschusses für Beton, vorgetragen von Prof. V. S. Stolnikov (UdSSR) wurden dankbar angenommen. Das von T. W. Mermel (USA) fertiggestellte Verzeichnis der grossen Talsperren der Welt (World Register of Dams) wurde lebhaft begrüßt. Es wurde beschlossen, 1967 den neunten Internationalen Talsperrenkongress in Istanbul abzuhalten. Die 33. Exekutivratsitzung wird im September 1965 in Lausanne, die 34. Exekutivratsitzung 1966 in Rio de Janeiro stattfinden.

Die feierliche Eröffnungszeremonie des Kongresses fand am 4. Mai in der «Assembly Hall» statt und wurde durch zahlreiche musikalische Einlagen aufgelockert, wobei Komponisten verschiedener Länder zu Gehör kamen; es wirkten mit das Edinburgh String-Ensemble unter der Leitung von Eric Roberts und Miss Lindsay Sinclair, Organistin. Chairman Mr. James A. Banks des britischen Nationalkomitees überbrachte eine Botschaft von Prince Philip, Duke of Edinburgh, der das königliche Patronat des Kongresses innehatte, und die Grüsse des gastgebenden Nationalkomitees. Weitere Begrüßungsadres-

sen boten The Rt. Hon. D. M. Weatherstone, Lord Provost of Edinburgh, und The Rt. Hon. Michael Noble M. P., Staatssekretär für Schottland, wobei er in sehr pointiertem Humor darauf hinwies, dass Schottland nicht mit England verwechselt werden dürfe! Sehr deutlich unterstrich er im Hinblick auf die intensive Nutzung der schottischen Wasserkräfte, dass man in Schottland für die Erhaltung der landschaftlichen Schönheiten besonders empfindlich sei. Hierauf sprach Dott. ing. Claudio Marcello (Italien), Präsident der Talsperrenkommission.

Die technischen Sitzungen zur Diskussion der 120 Fachberichte, die sich auf vier genau umrissene Themen beziehen, begannen am Montagnachmittag, 4. Mai, und dauerten bis zum Donnerstagabend, 7. Mai; darüber berichtete Prof. G. Schnitter im vorgängigen Abschnitt 2. Der Kongress wurde eingeleitet durch einen Lichtbildervortrag des Präsidenten der ICOLD, Dott. ing. C. Marcello, zur Frage der Talsperrenkatastrophen und Fehler im Talsperrenbau. Er behandelte die zehn grössten Katastrophen, die sich seit 1959 im Talsperrenbau



Bild 5  
Die unweit der Eisenbahnbrücke im Bau stehende Hängebrücke für die Strassenüberquerung des Firth of Forth. Die Spannweite von 1006 m macht sie zur grössten Hängebrücke Europas; sie wurde im Herbst 1964 feierlich dem Verkehr übergeben.



Bilder 6, 7 und 8  
Dudelsackbläser und Gruppen schottischer Tänzer

ereigneten und äusserte sich besonders über das in seinem Heimatland erfolgte tragische V a i o n t - U n g l ü c k , bei dem 2300 Menschen ums Leben kamen; Marcello stützte sich dabei weitgehend auf die reich illustrierte Berichterstattung von Prof. G. Schnitter / E. Weber in dieser Zeitschrift<sup>8</sup>.

Die so viel gerühmte Stadt E d i n b u r g h präsentierte sich zu dieser frühen Jahreszeit bei fast durchwegs kalter und stürmischer Witterung eher abweisend und vermittelte durch die vielen alten rauchgeschwärzten Bauten einen ernsten, ja düsteren Eindruck. Umso lieber begab man sich hin und wieder in die nähere oder weitere Umgebung zum Besuch alter Schlösser und Burgruinen, zur Besichtigung der imposanten Brücken über den breiten Firth of Forth (Bilder 4, 5) oder sogar bis zu den südlichsten Seen der Highlands, den sog. Lochs, doch müsste man diese vorteilhafter im Sommer oder Herbst besuchen.

Auch dieser Kongress bot eine Fülle schöner gesellschaftlicher Anlässe, die vor allem dem wertvollen persönlichen Kontakt dienen, und zwar:

- Empfang durch den Lord Provost und die Stadtbehörden von Edinburgh im Eisstadion am 4. Mai;
- Folkloristische Tanz- und typische Volksliederdarbietungen aus Schottland und besonders aus den Highlands in der Stadthalle Leith, am 5. Mai, wobei Dudelsackdarbietungen eine grosse Rolle spielten (Bilder 6 bis 8). Die Tänze wirkten ziemlich ein-

<sup>8</sup> Siehe WEW 1964 S. 61/69

tönig und primitiv, ganz im Gegensatz zu den bekannten temperamentvollen spanischen Volkstänzen oder zu den eher schwermütigen, rhythmisch bestechenden Tänzen der folkloristisch so reichen Länder Jugoslawiens.

- Gala-Orchesterkonzert des Scottish National Orchestra unter der Leitung von Alexander Gibson und Mitwirkung des Sängers Ian Wallace, am 7. Mai in der Usher Hall; aufgeführt wurden Werke von Shostakowitsch, Mozart, Schubert, Malcolm Arnold und Elgar;
- abschliessendes Bankett am 8. Mai im eher kühlen Haymarket-Ice Rink.

Halbtagsausflüge und ein besonderes Damenprogramm vervollständigten die reiche und gastfreundliche Tagung.

Der Samstag, 9. Mai, galt als Kongressabschluss einer ganztägigen Kreuzfahrt auf dem Clyde mit Abstechern in verschiedene Fjorde. Wegen der starken Beteiligung mussten zwei grosse Schiffe eingesetzt werden. Eine etwas mehr als einstündige Eisenbahnfahrt brachte die Exkursionsteilnehmer von E d i n b u r g h nach G l a s g o w , der zweitgrössten Stadt Grossbritanniens, wo man sofort das Schiff bestieg, unsere Gruppe die TTS «Duchess of Hamilton». Die Schiffahrt dauerte etwas mehr als fünf Stunden und der Lunch wurde an Bord eingenommen. Leider war das Wetter trübe und regnerisch und gegen Abend ging die See an der westlichen Mündung des Clyde und in den weitverzweigten Fjorden und Meerengen bei stürmischem Wetter immer höher, was die Fahrt aber besonders abwechselnd gestaltete! Auf dieser Fahrt hatte man Gelegenheit, vor allem grosse Werften und dicht besiedelte

Bild 9  
Kranenwald im Hafengebiet  
von Glasgow



Bild 10  
Auf der Clyde-Kreuzfahrt  
passieren wir grosse Werftanlagen  
westlich der Industriestadt  
Glasgow, der drittgrössten Stadt  
Großbritanniens



Hafenanlagen (Bilder 9, 10), aber auch idyllische und einsame Berglandschaften an den Ufern der Fjorde zu sehen.

Wie bei solchen Kongressen üblich, wurden auch von Edinburgh aus sechs Nachkongress-Studienreisen organisiert. Vier sechs- bis siebtägige Exkursionen führten durch Schottland, zwei davon mit Kreuzfahrten um ganz Schottland herum mit Abstechern ins Landesinnere, wobei diese vier Studienreisen vor allem dem Besuch von

zahlreichen Talsperren und Wasserkraftanlagen galten. Über die Wasserkraftanlagen in Nordschottland wird von Ing. Gruner im Abschnitt 5 berichtet. Zudem war eine Studienreise von Edinburgh durch England und Wales nach London geplant, die wegen des grossen Zuspruchs in zwei wenig voneinander abweichenden Varianten A<sub>1</sub> und A<sub>2</sub> zur Durchführung gelangten; über die Studienreise A<sub>2</sub> wird im nachfolgenden Abschnitt 4 berichtet.

#### 4. Studienreise durch England und Wales (Tour A2 vom 10. bis 16. Mai 1964)

##### 4.1 TECHNISCHER TEIL

In der Tabelle 3 sind die hauptsächlichsten Angaben über die besuchten Talsperren zusammengestellt. Als interessanter erwiesen sich die in der Tabelle vorangestellten Erdäume, da vier der fünf besichtigten Objekte noch im Bau standen und einige von ihnen bemerkenswerte Lösungen von zum Teil heiklen Problemen zeigten. Dies gilt vor allem für die Dämme Derwent und Diddington,

die beide auf prekären Baugründen und mit nicht viel besseren Schüttmaterialien errichtet werden, was unter anderm schon in den hohen Verhältnissen von Fussbreite zu Höhe von rund 10 zum Ausdruck kommt. Beiderorts liegen im Untergrund hochplastische Tone (CH) von geringer Scherfestigkeit und hoher Zusammendrückbarkeit vor. Besonders kompliziert sind die Verhältnisse in Derwent (Bild 11), wo über und unter der 12 m starken Tonschicht noch Moränen-schichten in Wechsellagerung mit wasserführenden Kies-

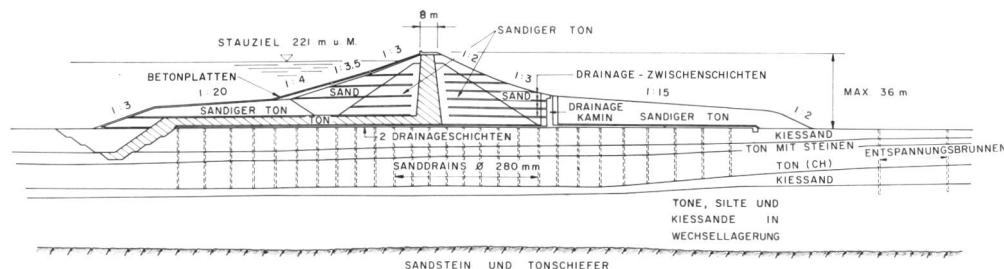
Angaben über die besichtigten Talsperren<sup>1</sup>

Tabelle 3

Talsperrentyp		Erddämme						Gewichtsstaumauern					
Name der Talsperre		Balderhead	Blithfield	Derwent	Diddington	Tryweryn	Haweswater <sup>3</sup>	Stwlan <sup>3</sup>	Tan-y-Grisiau	Vyrnwy	Wet Sleddle		
Gewässer		Tees	Blithe	Derwent	Diddington	Afon Tryweryn	Haweswater	Llyn Stwlan	Afon Ystradau	—	—	Wet Sleddle	
Grafschaft		York (North Riding)	Stafford	Northumber- land/Durham	Huntington	Merioneth	Westmorland	Merioneth	Merioneth	Montgomery	Montgomery	Westmorland	
<b>TALSPERRE</b>													
Max. Höhe über Fundament	m	48	16	36	25	55	37	34	25	42	21		
Kronenlänge	m	924	857	915	1708	670	472	383	564	357	610		
Kronenbreite	m	9,5	4,4	8,1	7,0	8,5	—	3,7	3,0	6,4	—		
Max. Fussbreite	m	274	93	335	287	353	34	30	—	36	20		
Fussbreite: Höhe	—	5,7	5,8	9,2	11,6	6,5	0,92	0,88	—	0,86	0,94		
Kubatur	m <sup>3</sup>	2 300 000	420 000	1 990 000	1 450 000	2 380 000	110 000	60 000	40 000	200 000	60 000		
<b>HOCHWASSER-ENTLASTUNG</b>													
Direktes Einzugsgebiet	km <sup>2</sup>	21,6	109,1	87,1	15,5	60,7	32,2	Pumpspeicher	9,6	66	12,4		
Mittlerer Jahresniederschlag	mm	1160	800	950	580	1960	2530	mit praktisch	2160	—	2010		
Hochwasserrückhalteraum <sup>2</sup>	Mio m <sup>3</sup>	1,8	—	6,2	3,9	4,1	3,7	keinem	0,7	—	0,5		
Entlastungsvermögen	m <sup>3</sup> /s	255	—	266	8	210	115	natürlichem	155	—	157		
Entlastung: Einzugsgebiet	m <sup>3</sup> /s km <sup>2</sup>	11,80	—	3,05	0,53	3,45	3,57	Zufluss	16,15	—	12,62		
<b>STAUSEE</b>													
Stauziel	m ü.M.	332	95	221	44	297	241	502	188	252	278		
Stauinhalt	Mio m <sup>3</sup>	18,2	18,1	50,0	62,2	74,5	85,0	1,7	1,7	54,5	2,3		
Inhalt: Kubatur	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	8	43	25	43	31	773	28	42	272	38		
<b>KOSTEN</b>													
Unternehmerauftrag	Mio sFr.	30	—	63	24	30	—	—	—	—	11		
Auftrag: Kubatur	sFr./m <sup>3</sup>	13	—	32	17	13	—	—	—	—	180		
<b>BAUZEIT</b>		1961–65	1947–53	1960–64	1962–65	1960–65	1929–41	1957–62	1957–62	1882–92	1963–64		
<b>BAUHERR</b>		Tees Valley and Cleveland Water Board	South Staff- ordshire Waterworks Comp.	Sunderland and South Shields Water Comp.	Great Ouse Water Authority	Liverpool Corp. Water Works	Manchester Corp. Waterworks Committee	Central Electricity Generating Board	Central Electricity Generating Board	Liverpool Corp. Waterworks	Manchester Corp. Waterworks Committee		

<sup>1</sup> Nach Angaben in den verteilten Faltblättern und der Fachliteratur sowie zusätzlichen brieflichen Mitteilungen der beteiligten Bauherrschaften bzw. Projektierungsbureaux.<sup>2</sup> Staumaueroberfläche x Hochwasserüberstau<sup>3</sup> mit Hohlräumen

Bild 11  
Querschnitt des  
Derwent-Damms



sandschichten auftreten. Letztere ermöglichen einerseits die Beschleunigung der Zusammendrückung der Tonschicht, indem diese systematisch durch Sanddrains, d. h. mit Feinkies und Sand gefüllte Rotationsbohrungen  $\varnothing$  280 mm in 4,3 bis 7,3 m gegenseitigem Abstand, entwässert wurde. Andererseits erforderten die oben wasserführenden Schichten eine Abdichtung, die durch einen Tonsporn unter dem wasserseitigen Dammfuß verwirklicht wurde, der durch einen Dichtungssteppich mit dem Dammkern verbunden ist. Damit steht unter der ganzen Dammaufstandsfläche die Kiessandschicht zur Entwässerung vorgenannter Sanddrains nach der Luftseite zur Verfügung. Umfangreiche Drainierungsvorkehren wurden trotz der relativ flachen Außenböschungen auch in den Stützkörpern sowohl des Derwent- als auch des Diddington-Damms getroffen, und zwar in der Form von sandwich-artig eingelegten horizontalen Filterschichten. Dadurch sollen die aus praktisch gleichartigen Materialien bestehenden Stütz- und Kernzonen erst die erforderlichen unterschiedlichen Eigenschaften erhalten. Die Dichtungskerne sind an allen besichtigten Dämmen mittig angeordnet und durchwegs sehr schlank und stellen, zusammen mit den noch oft angewandten, teuren Betondiaphragmen im Untergrund und Kernfuss zur Hauptsache ein Relikt längst vergangener Zeiten dar. Klar ersichtlich ist dies am Tryweryn-Damm (Bild 14), der materialmäßig und konstruktiv einen homogenen Aufbau aufweist und bei dem der Kern wegen der Konzentration der Sickerströmungen nur nachteilig wirkt und ausführungstechnisch hinderlich ist. Erforderlich ist der Kern hingegen im Balderehead-Damm, dessen Stützkörper aus Tonschiefer bestehen. Den letzten Trends folgend, wird dieser Schiefer durch «Rippen» (D9-Raupe mit Aufreisser) gewonnen und durch 8 t-Vibrationswalzen in 90 cm-Lagen verdichtet.

Beim Eddamm Blithfield, der als einziger im fertigen Zustand gezeigt wurde, hat man diesen Nachteil durch die beispielhaft freimütige Darlegung der am 16. 2. 62 aufgetretenen Sturmschäden wettgemacht. Besonders lehrreich war die Vorführung des durch einen glücklichen Zufall entstandenen Farbfilms über die Vorgänge, bei denen Winde von bis 150 km/h Geschwindigkeit soviel Gischt über die Dammkrone trieben, dass auf der Luftseite Rutschungen infolge Durchnässung entstanden. Wie andernorts dürften auch hier die Abtreppungen in den an Stelle eines Blockwurfs verwendeten Betonplatten an der Wasserseite für die übermässige Gischtbildung verantwortlich gewesen sein. Gleichzeitig boten diese Abtreppungen den Wellen gute Angriffspunkte, und einige Betonplatten wurden denn auch zerstört. Analog widerfuhr es einem Teil der entlang dem wasserseitigen Kronenrand aufgestellten Wellenabweisblöcken, die ungeachtet ihres Gewichtes von rund 350 kg luftseits umgekippt wurden. Zum Schluss sei noch bemerkt,

dass sich nach den neueren theoretischen Erkenntnissen auf diesem Gebiet<sup>9</sup> eine Wellenaufauhöhe errechnen lässt, die dem effektiv vorhanden gewesenen Freibord von 2,4 m entspricht. Nach dem Sturm wurde letzteres deshalb durch eine Brüstung um ca. 1 m erhöht.

Vergleichsweise als weniger interessant erwiesen sich die besichtigen Betonstaumauern. Im Bau stand nur die Gewichtsstaumauer Wet Sleddale (Bilder 12, 13), wobei die allzu provisorischen Bauinstallationen den Eindruck hinterliessen, als halte man die tatsächlich nicht sehr bedeutenden Ausmasse des Bauwerks keiner ordentlichen Anstrengung wert! Wie weitherum in Grossbritannien



Bilder 12 und 13 Bauarbeiten für die Staumauer Wet Sleddale nördlich Windermere im Lake District



<sup>9</sup> T. Saville, E. W. McClendon and A. L. Cochran: Freeboard Allowances for Waves in Inland Reservoirs. Proc. Amer. Soc. of Civ. Eng. No. 3188, Journal Waterways and Harbors Div., May 1962, p. 93-124, fig. 10.

Hauptcharakteristiken einiger britischer Talsperrenbetone  
(aus ICOLD 1964, vol. III, p. 161 und 205)

Tabelle 4

Talsperre	Errrochty	Orrin	Clatworthy	Hawkridge	Stwlan	Nant-y-Moch	Nant
Fertigstellung	1957	1959	1960	1962	1962	1963	1963
Kubatur (m <sup>3</sup> )	190 000	178 000	67 000	31 000	61 000	145 000	28 000
<b>KERN</b>							
Bindemittelgehalt (kg/m <sup>3</sup> )	334	161	205	212	228	252	220
PC-Anteil (%)	100	100	70	70	80	75	100
Wasser/Bindemittel	0,50	0,75	0,66	0,52	0,75	0,65	0,60
Maximalkorn (mm) <sup>1</sup>	95	95	95	95	79	79	95
Sandanteil (%) <sup>2</sup>	—	—	26	32	26	25	22
<b>VORSATZ</b>							
Bindemittelgehalt (kg/m <sup>3</sup> )	393	280/330	266	280	349	380	339
PC-Anteil (%)	100	100	70	70	80	75	100
Wasser/Bindemittel	0,45	0,52/0,50	0,50	0,68	0,50	0,55	0,52
Maximalkorn (mm) <sup>1</sup>	48	48	24	95	79	79	95
Sandanteil (%) <sup>2</sup>	—	—	28	32	23	20	24

<sup>1</sup> Rundlochsieb

<sup>2</sup> Gewichts-Anteil Körner unter 3 mm (Rundlochsieb) am Gesamtzuschlag

(Tabelle 4) noch in den ersten Anfängen steckend, ist die Betontechnik mit ihrer überreichen Zugabe sowohl an Zement (240 kg/m<sup>3</sup> im Kern- und 330 kg/m<sup>3</sup> im Vorsatzbeton) als auch Wasser zu nennen. Bemerkenswerter ist das zunehmende Bestreben, einen Teil des Portlandzementes durch puzzolanische Stoffe zu ersetzen und dadurch dem Bindemittel für den Talsperrenbau günstigere Eigenschaften zu geben. In den Staumauern Haweswater und Stwlan (Bild 15) lernte man sodann zwei Vertreter eines relativ massiven Pfeilermauertyps kennen, der für langgestreckte und nicht zu hohe Sperren sehr geeignet ist. Dessen häufige Anwendung zeigt, dass man bezüglich der Kriegssicherheit von Talsperren auch in Grossbritannien, wie meistens, keine Bedenken bzw. Illusionen hegt.

Von den besuchten Talsperren dienen alle bis auf zwei der Wasserversorgung, wobei bis zu den Verbrauchszentren, z. B. nach Liverpool oder Manchester, oft grosse Entfernung durch Rohrleitungen zu überwinden waren. Sind schon die Speicher im allgemeinen nicht eben billig, so verteuren diese Ueberleitungen die Wasserbeschaffung weiter auf ein in der Schweiz meistens glücklicherweise noch unbekanntes Mass. Die Pfeilerstaumauer Stwlan und die Gewichtsstaumauer Tan-y-Grisiau hingegen bilden das Ober- bzw. Unterbecken

Pumpspeicherwerke in Grossbritannien  
(aus Zeitschrift «BWK» Essen 1965 S. 42)

Tabelle 5

Anlage	Installierte	Schwer- punkt- gefälle	Volle	Anlage- kosten
	Leistung			
	MW	m	In- betrieb- nahme	£/kW
Ffestiniog (Wales)	4 x 80 = 320 Getr. Einheiten	300	1963	42
Cruachan (Schottland)	4 x 100 = 400 Umkehrturbinen	~365	1966	34
Bideford (England)	600 Umkehrturbinen?	~180	Projekt	33 geschätzt
Loch Sloy (Schottland)	4 x 300 = 1200 Umkehrturbinen	~270	Projekt	32 geschätzt
Zum Vergleich: Vianden (Lux.)	9 x 100 = 900 Getr. Einheiten	280	1964	36

des bekannten Pumpspeicherwerkes Ffestiniog (Bilder 15 bis 18). Diese über eine Bruttofallhöhe von 295–320 m verfügende Anlage ist auf 4 h Turbinen- und 6 h Pumpbetrieb (je unter Vollast) ausgelegt. In vier Einheiten können total 360 MW Leistung abgegeben oder 300 MW aufgenommen werden. Die Einheiten sind vertikalachsig angeordnet, mit gesonderten zweistufigen doppelflutigen Pumpen unterhalb der Francis-Turbinen und dazwischen-



Bild 14  
Im Bau befindlicher  
Wasserfassungsturm und  
Erddamm Tryweryn in  
Nordwales

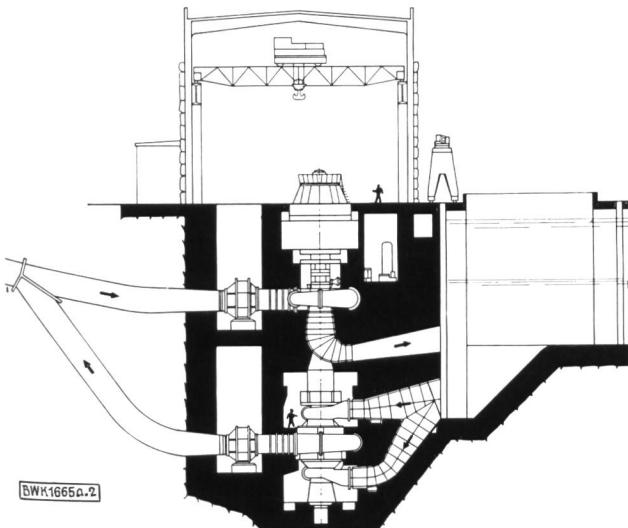


Bild 17 Querschnitt durch das Kraftwerk Ffestiniog mit einem der 31 m hohen Maschinensätze

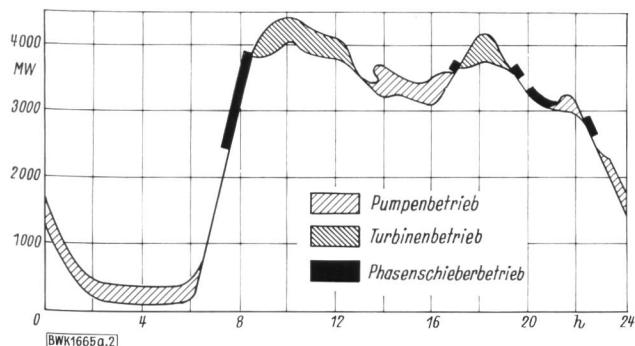


Bild 18 Belastungsdiagramm mit Einsatz des Pumpspeicherwerks Ffestiniog an einem typischen Wintertag. (Während den Abendstunden fängt das Kraftwerk die plötzliche Belastungszunahme bei Schluss der Fernsehprogramme auf; sie kann im Grid insgesamt 500 bis 1000 MW betragen)

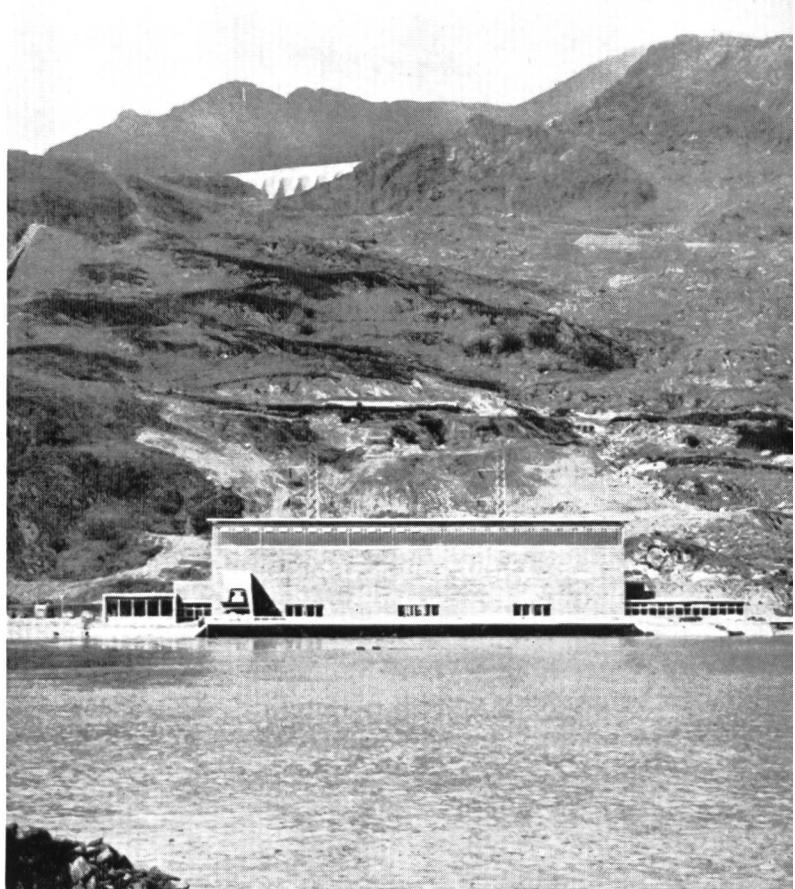


Bild 15 Pumpwerk Ffestiniog und hochgelegene Staumauer Stwlan in Nordwales

droelektrische Zwecke erstellte Speicher Trawsfynydd benutzt, neben dem das Kernkraftwerk steht (Bild 22). Von den in diesem erzeugten 580 MW werden 80 MW kraftwerkintern verbraucht, so dass die an das Verteilnetz abgegebene

liegenden, nur im Stillstand betätigbaren Zahnkupplungen, weshalb denn die Umstellungen von Turbinen- auf Pumpbetrieb oder umgekehrt je gut 10 Min. in Anspruch nehmen. Die relativ hohen Anlagekosten von rund 520 sFr. pro kW Turbinenleistung werden gerechtfertigt durch die wichtige Rolle, die Ffestiniog und andere ähnliche im Bau stehende Werke in dem durch thermische Anlagen beherrschten britischen Verbundnetz für die Deckung der extremsten Bedarfsspitzen spielen.

Weiter an Bedeutung gewinnt die Ausgleichsfunktion der Pumpspeicherwerke durch den in Grossbritannien bereits kräftig angelaufenen Bau von nuklearen Kraftwerken. Eines derselben, die Anlage Trawsfynydd, ist ganz in der Nähe von Ffestiniog entstanden und konnte ebenfalls kurz besichtigt werden (Bilder 19 bis 23, 27). Die beiden Reaktoren sind vom Calder Hall-«Standardtyp» mit natürlichem Uran als Brennstoff, Graphitmoderator und Kohlendioxyd-Kühlung. Im konventionellen Teil sind vier 145 MW-Turbogeneratorgruppen installiert, die durch ihre, durch die relativ niedrigen Dampfdrücke und -temperaturen bedingten grossen Dimensionen auffielen. Für die Rückkühlung des Kondensatoren-Kühlwassers wird der 1929 für hy-

Bild 16 Inneres der Zentrale Ffestiniog





Bild 19 Gebäudekomplex des Kernkraftwerks

Bild 20 Innenansicht der Zentrale

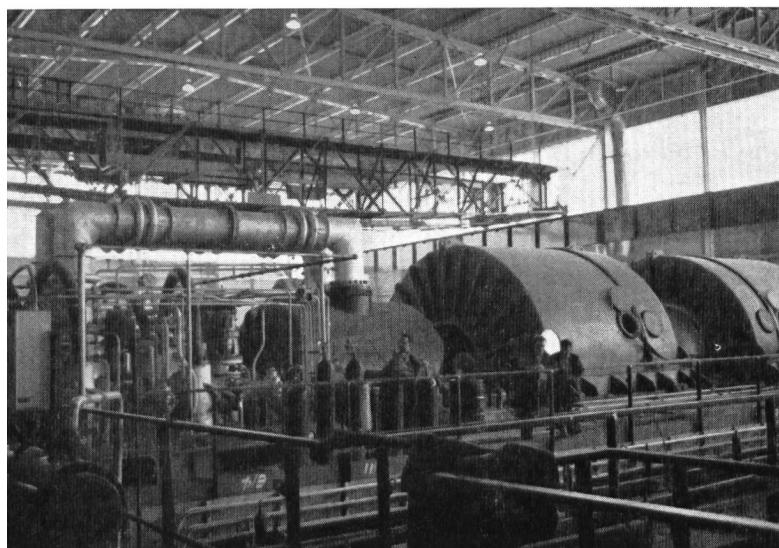


Bild 21 Aufmerksame Besucher

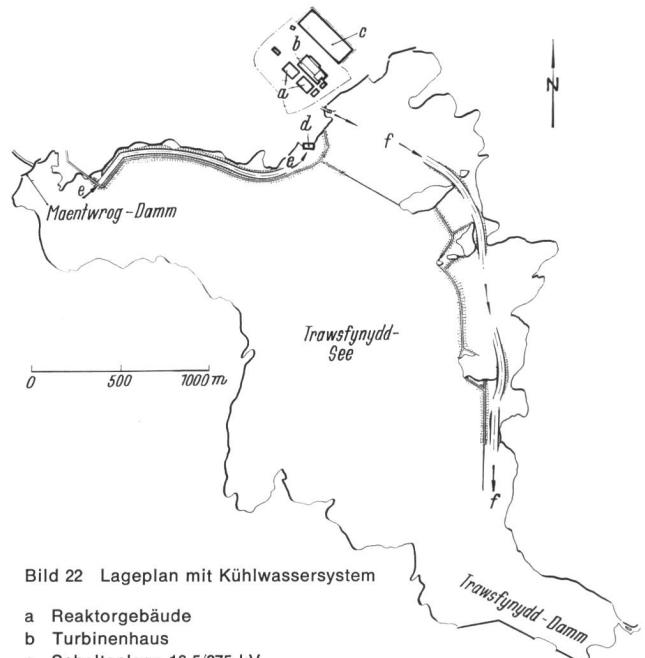
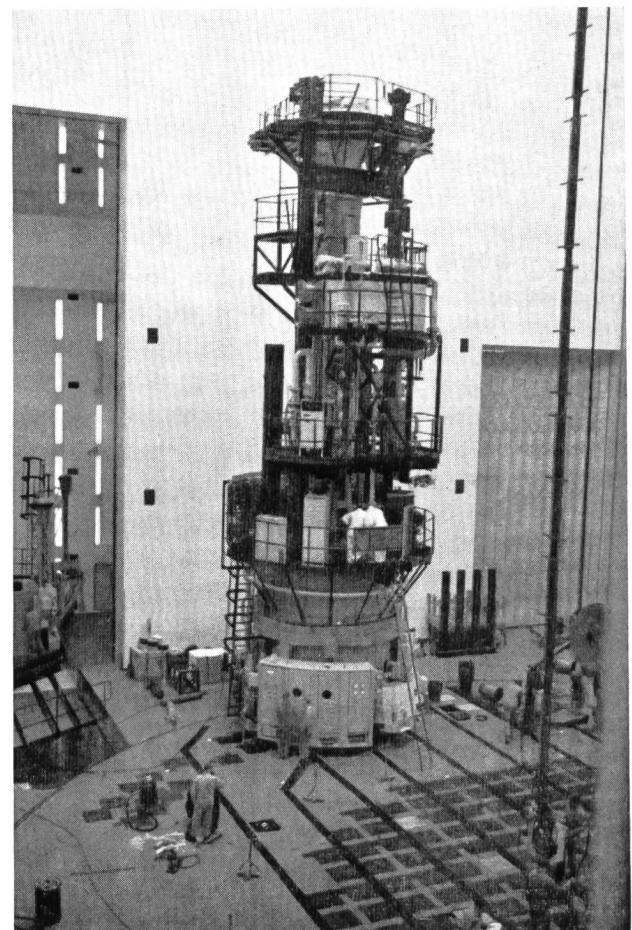


Bild 22 Lageplan mit Kühlwassersystem

- a Reaktorgebäude
- b Turbinenhaus
- c Schaltanlage 16.5/275 kV
- d Pumpenhaus
- e-e Kaltwasserzulaufrinne
- f-f Warmwasserabflussrinne

#### KERNKRAFTWERK TRAWSFNYDD (Bilder 19 bis 23)

Bild 23 Die 16 m hohe Lademaschine für den Reaktor



## SUPERGRID TRANSMISSION AND NUCLEAR DEVELOPMENT IN ENGLAND AND WALES

Schematic diagram of the Supergrid as planned at 1963

■ Nuclear power station sites  
— Lines in operation  
- - - Lines projected

SCALE-MILES  
10 0 10 20 30 40 50



Bild 24  
Die britischen  
Kernkraftwerke im  
Stromverbundsystem  
(Supergrid) von England  
und Wales

Nettoleistung 500 MW beträgt. Auf letztere bezogen belaufen sich die Anlagekosten auf rund 1400 sFr./kW.

Kernkraftwerke in Grossbritannien  
(aus Zeitschrift «BWK» Essen 1965 S. 41)

Tabelle 6

Anlage	Installierte elektr. Leistung MW	Inbetrieb- nahme
Berkeley	275	1962
Bradwell	300	1962
Hinkley Point	500	1965
Hunterston (Südschottland)	320	1964
Trawsfynydd	500	1965
Dungeness	550	1965
Sizewell	580	1966
Oldbury	560	1967
Wylfa	1000	1968

So imposant die Kostprobe vom letzten Stand der Technik aber auch war, so gerne wandte man sich als Talsperrenbauer wenige Stunden darauf der handfesteren, nicht vollends in Röhren aufgehenden Staumauer Vyrnwy zu, welche noch aus dem 19. Jahrhundert stammt. Die Gegenüberstellung von Altem und Neuestem in einem Tag war einer der Höhepunkte der Reise und ein Einfall, zu dem deren Organisatoren zu beglückwünschen sind (Bilder 26 und 27). Und sollten unsere heutigen Bauwerke die Zeit ebenso gut überdauern wie die Vyrnwy-Mauer, so dürfen auch wir uns beglückwünschen. Gleichzeitig half der ehrwürdige Bau, die den Kongress, wie eingangs erwähnt, etwas überschattenden Präokkupationen um die Sicherheit der Talsperren ins rechte Licht rücken, als lebendiger Beweis für die Gewissheit, welche Sorgfalt und Qualität geben, wenn sie nur angewandt werden.

## 4.2 TOURISTISCH-KULTURELLER TEIL

Im vorgängigen Kapitel 4.1 hat Ing. N. Schnitter kurz über die besichtigten technischen Objekte berichtet, und es soll nun versucht werden, auch über den touristisch-kulturellen Teil der Studienreise A<sub>2</sub> einen Eindruck zu vermitteln. Hier ist allerdings zu sagen, dass die Studienreise weitgehend getrennte Varianten für Damen und Herren vorsah – also streng nach Geschlechtern getrennt! –, wobei das Herrenprogramm fast ausschliesslich technische Besichtigungen betraf, während das Damenprogramm durch den Besuch besonders sehenswerter Landschaften und die Besichtigung hervorragender kultureller Sehenswürdigkeiten viel attraktiver war. Wenn man schon eine grössere Reise in ein fremdes Land unternimmt, legt man im allgemeinen nicht nur auf Fachbesichtigungen Wert, sondern erstrebt sicher zum Vorteil ebensosehr den Besuch kultureller Stätten, um ein Land und seine Bevölkerung besser kennen und schätzen zu lernen. Der Berichterstatter dieser Zeilen hat sich daher nicht gescheut, sich dem Damenprogramm anzuschliessen, und er konnte – vorerst als «red horse» bezeichnet – von Tag zu Tag einen grösseren Herrenharst feststellen!

Die einwöchige Studienreise mit grossen bequemen Cars führte von der schottischen Hauptstadt Edinburgh direkt in südlicher Richtung bis zur früher hart umkämpften Grenze zwischen Schottland und England, dann in südlicher Richtung mit etlichen Ausflügen nach Nordwales,

um schliesslich über Shrewsbury–Coventry–Cambridge nach London zu gelangen, wo die Studienreise ihr Ende fand. (Reiseskizze siehe Bild 25). Die ganze Carfahrt umfasste rund 1300 bzw. 1500 km, und es beteiligten sich etwa 150 Personen, verteilt auf 6 Cars zu je 25 Personen, streng nach Ländern verteilt! Unterkünfte wurden bezogen in Windermere im bekannten Lake-District, in Blackpool an der irischen See, in Harlech bzw. Criccieth in Nordwales, in Shrewsbury, in Stratford on Avon und in Cambridge.

Das Wetter ist im Norden trüb bis sehr schlecht und regnerisch, was besonders die grosse Rundfahrt vom 11. Mai (Ladies-Tour) im berühmten Lake District in Westmorland (Windermere–Ullswater–Keswick–Thirlmere) leider sehr stark beeinträchtigt. Die nachfolgende Etappe in Blackpool an der irischen See zeigt uns ein bekanntes englisches Seebad mit kilometerlangem Strand und einer langen Zeile architektonisch geschmackloser Hotelbauten und kitschiger Promenadengestaltung. Der nächste Tag bringt uns bei anhaltend schlechtem Wetter westlich der Industriestadt Manchester vorbei in die alte Stadt Chester (Bild 29), wo leider nicht einmal Zeit gewährt wird, um wenigstens die berühmte gotische Kathedrale auch nur flüchtig zu besichtigen. Die Fahrt durch das stark coupierte Gelände von Nordwales erinnert an Berg-

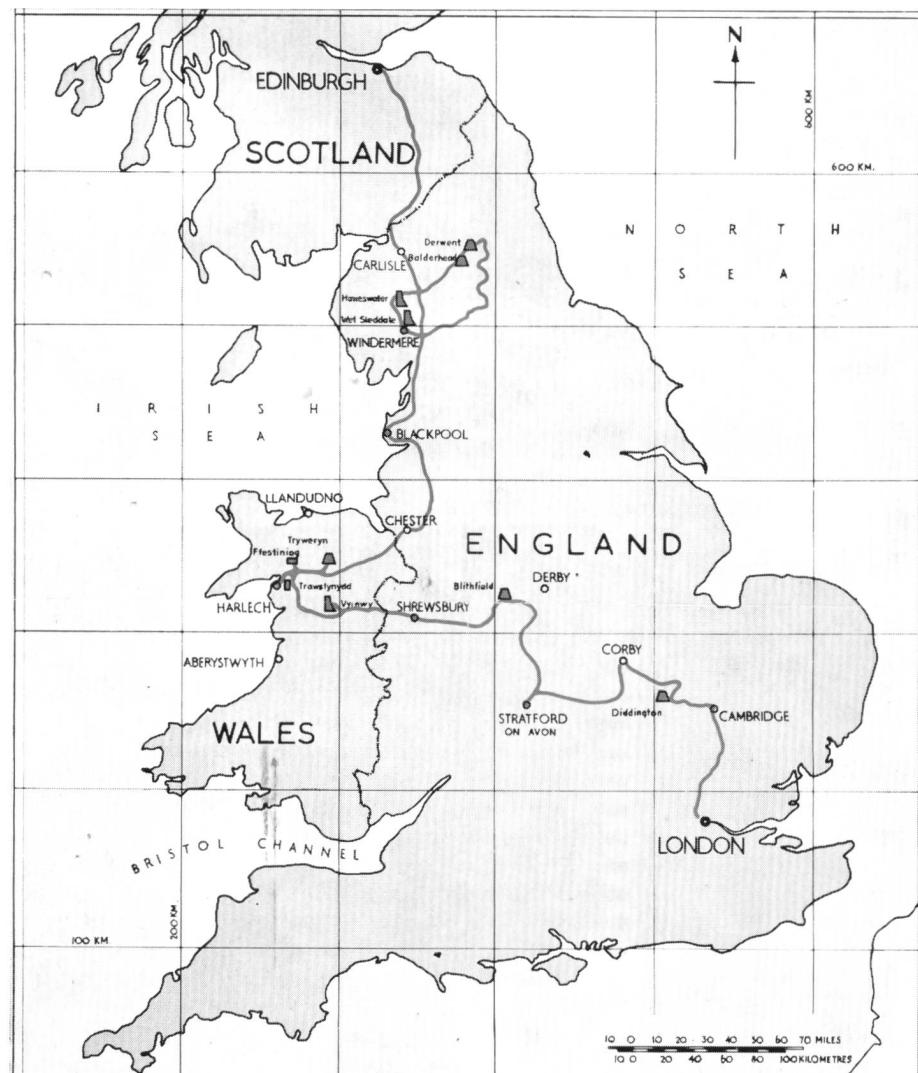


Bild 25  
Routenskizze der  
Studienreise A<sub>2</sub> von Edinburgh  
nach London,  
10.–16. Mai 1964

- Staumauer
- ▲ Erd- oder Steindamm
- Maschinenhaus
- Übernachtungsort

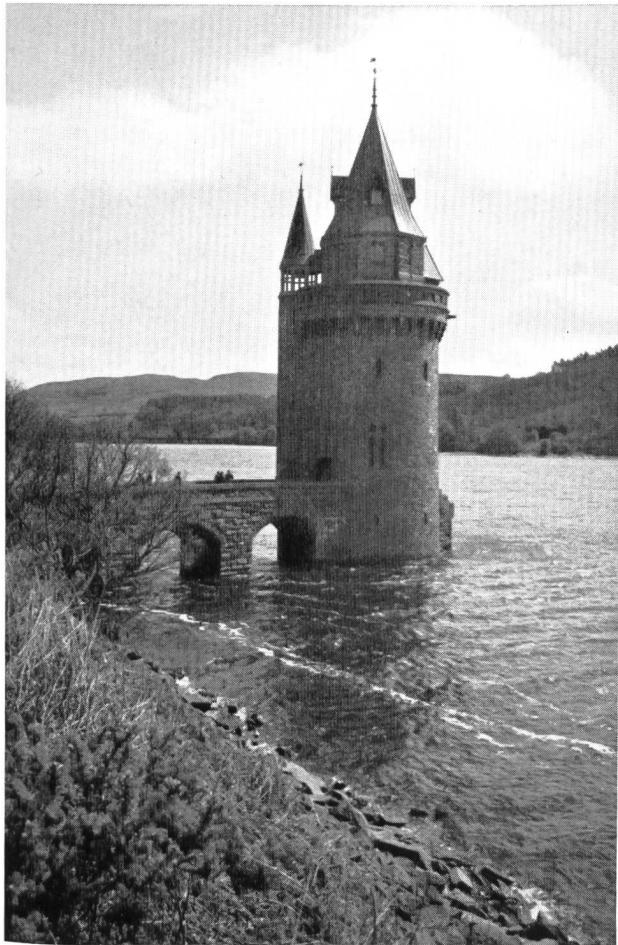


Bild 26 Burgähnliche Wasserfassung im Speichersee Vyrnwy in Wales

gegenden in unserem Lande, wobei aber hier dank der Meeresnähe trotz der nördlichen Lage ein mildereres Klima herrscht. In der Nähe der im Kapitel 4.1 erwähnten kürzlich in Betrieb genommenen grossen Pumpspeicheranlage Ffestiniog, die mit dem unweit gelegenen, noch

im Aufbau begriffenen grossen Atomkraftwerk Trawsfynydd von 500 MW Leistung energiewirtschaftlich gekuppelt sein wird, müssen die zahlreichen Reisteilnehmer auf zwei Uebernachtungsorte verteilt werden, auf Harlech und auf ein kleines, sympathisches Seebad Criccieth an der Tremadoc Bay, wo sehr gemütliche und nette Hotels bezogen werden.

Je südlicher wir vordringen, desto besser und wärmer wird das Wetter. Der nächste Etappenort – die Stadt Shrewsbury – hat einen sehr hübschen Marktplatz und enge Strassen mit schönen alten Häusern (Bild 30); eine besondere Sehenswürdigkeit bietet aber der Stadtpark mit grossartigen Blumenanlagen. Am folgenden Tag gelangen wir bei schönem, sonnigem Wetter in östlicher Richtung bis Lichfield, um dann in südlicher Fahrt die Industriestadt Birmingham zu durchqueren und nach Stratford on Avon, der berühmten Geburtsstadt von William Shakespeare zu gelangen. Hier sind wir in sehr guten, geschmackvoll eingerichteten Hotels untergebracht und haben genügend Zeit und Musse, um uns individuell das sehenswerte alte Städtchen (Bilder 31, 32), das Geburtshaus des grossen englischen Dramatikers und die schönen, gepflegten Parkanlagen zu besuchen, die nun im üppigsten Blumenkleid prangen. In ganz England kann man immer wieder die Blumenpflege bestaunen und weltberühmt ist der englische Rasen, dessen grüne Augenweide uns fast durch ganz England begleitet. Und überall – in Schottland, in Wales und in England – bis zur Südküste, ist die prächtige Parklandschaft von weidenden Schafherden belebt.

Am Abend des 14. Mai wird uns in Stratford Gelegenheit geboten, im neuen Shakespeare-Theater eine grossartige Aufführung des I. Teils von King Henry IV in der alten Sprache Shakespeare's zu hören und zu sehen. Die altenglische Sprache bietet für das Verständnis natürlich allerhand Schwierigkeiten, die nur allmählich gemildert werden; umso grossartiger und eindrucksvoller ist die Inszenierung und die ganze Atmosphäre, die hier herrscht.

Der Freitag, 15. Mai, bietet im Damenprogramm ganz besondere Sehenswürdigkeiten, die man unter keinen Umständen missen möchte. Der Vormittag gilt dem Besuch

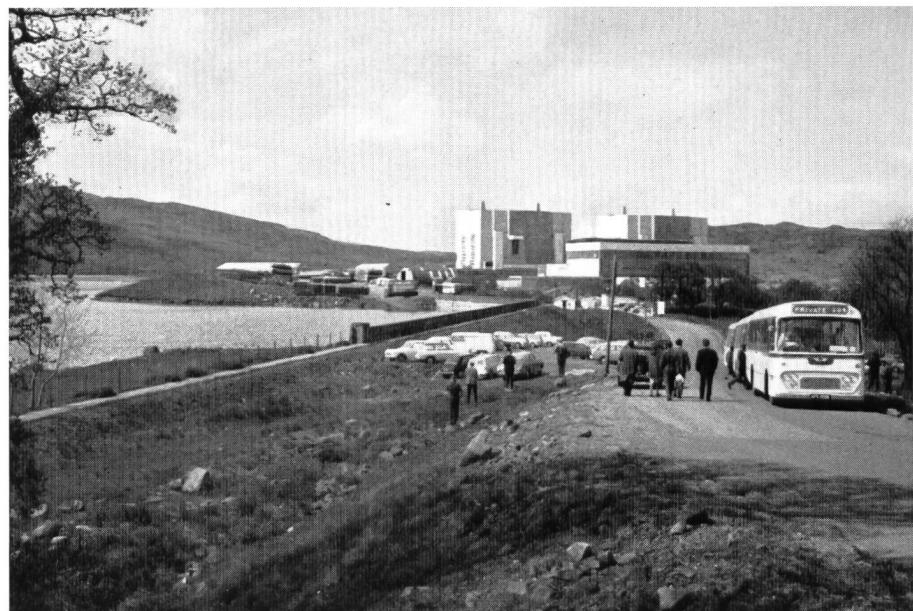


Bild 27  
Gesamtübersicht des  
Kernkraftwerkes Trawsfynydd

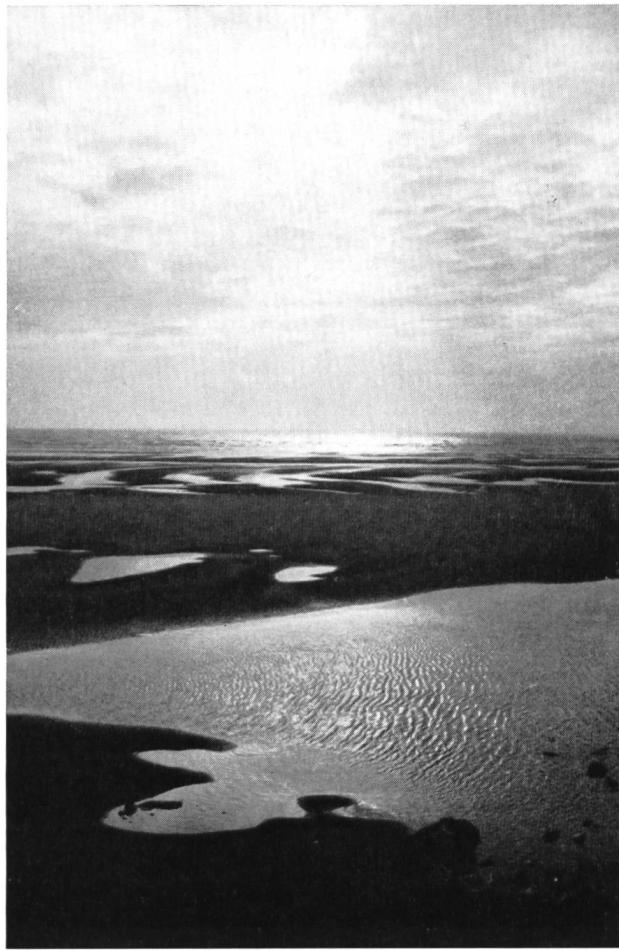


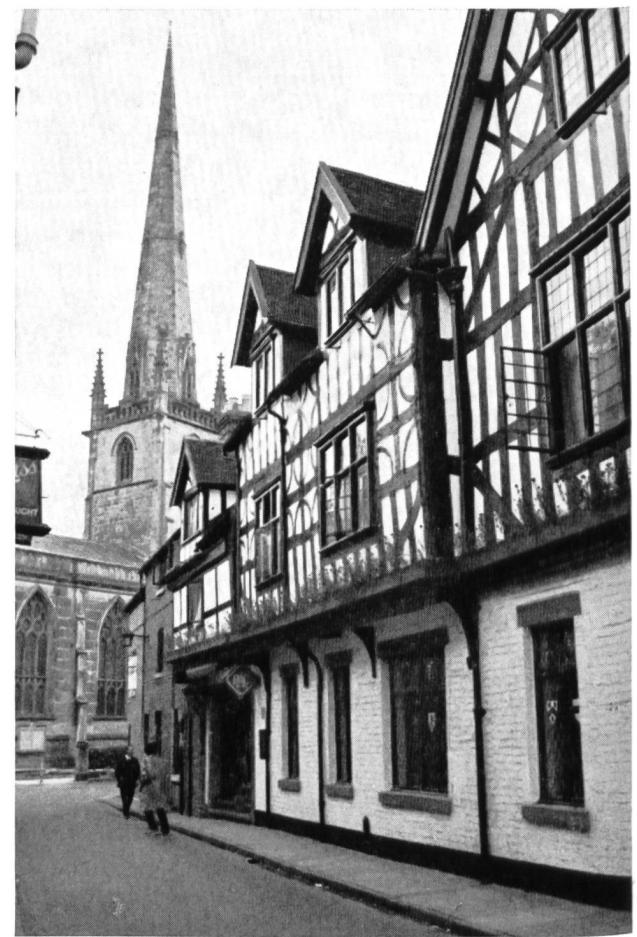
Bild 28 Abendstimmung an der irischen See bei Blackpool

Bild 29 (unten links) Typisches mittelalterliches Haus in Chester

Bild 30 (unten rechts) Motiv aus der alten Stadt Shrewsbury



des nordöstlich von Stratford on Avon gelegenen alten Schlosses und der grossartigen Parkanlage von Warwick. Warwick Castle ist eines der sehr zahlreichen alten Schlösser und Stammsitze adeliger Geschlechter in England und Schottland, im Weichbild eines alten, früher wohl dem Schloss tributpflichtigen Städtchens gelegen, inmitten einer ausgedehnten wohlgepflegten Parklandschaft (Bilder 33 und 34). Wir können einige gediegene Räume und kostbare Gemälde des Schlosses besichtigen und uns dann frei im Park bewegen, wo zahlreiche Pfaue stolz umherschreiten, von Zeit zu Zeit Rad schlagend ihr farbenprächtiges Gefieder zeigen und mit ihrem schaurigen Gekräuze die Leute erschrecken.





Bilder 31 und 32 Alte Häuserzeilen in Stratford-on-Avon, der Geburtsstadt Shakespeares

Bild 33 (links unten) Im grossartigen Park von Warwick Castle

Bild 34 (rechts unten) Warwick Castle, einer der typischen englischen Adelssitze.



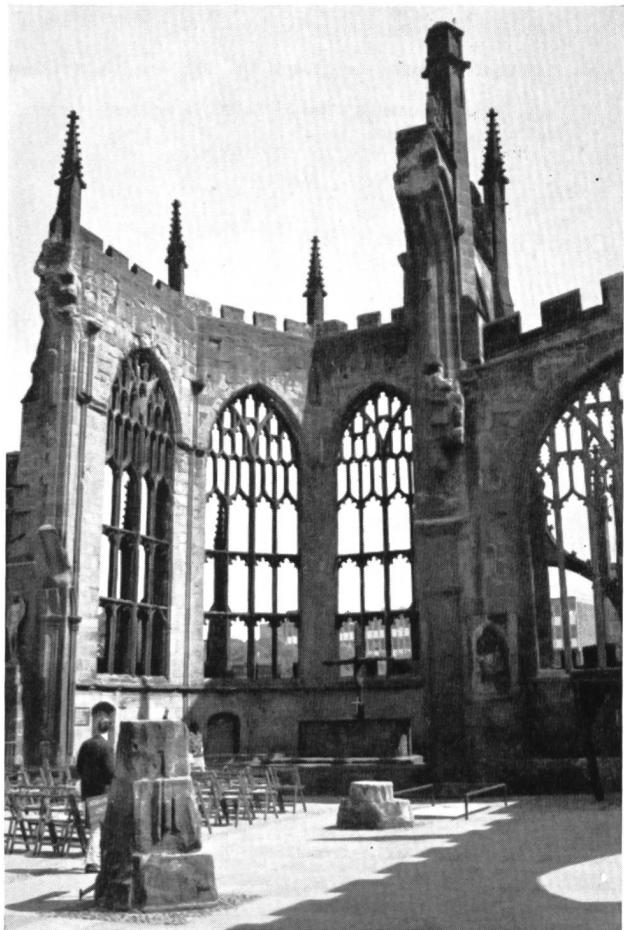
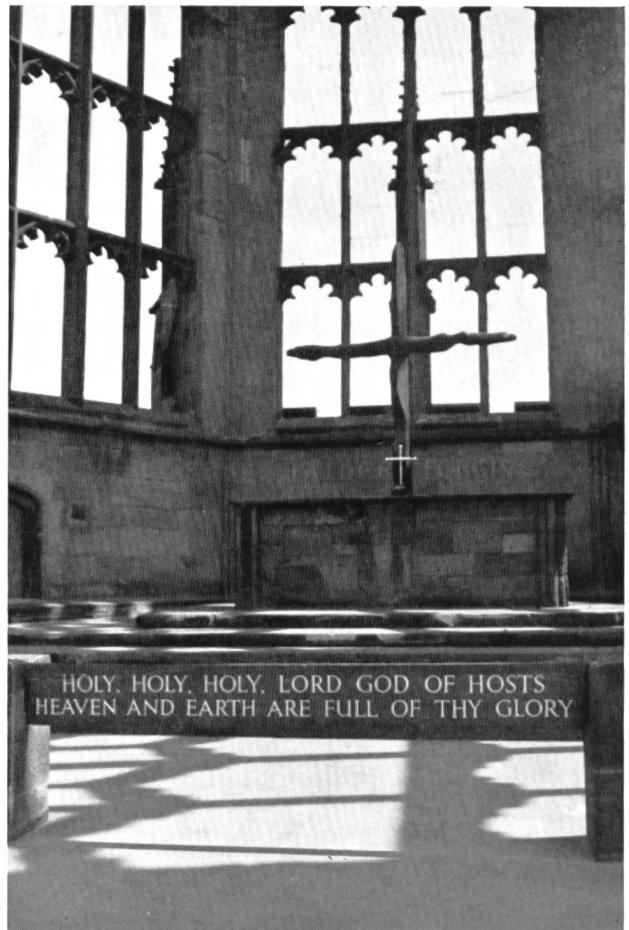


Bild 35 (oben links) Ruinen der im Zweiten Weltkrieg zerstörten Kathedrale von Coventry

Bild 36 (oben rechts) Eindrucksvolle Gedenkstätte für die tragische Zerstörung der ehrwürdigen Kathedrale und englischen Stadt Coventry

Bild 37 (unten) Ruine der gotischen und damit verbundene Konstruktion der modernen Kathedrale von Coventry



Das eindrucksvollste Erlebnis der ganzen Studienreise bildeten für mich zweifellos die markanten Ruinen der gotischen Kathedrale von Coventry – als ernstes Mahnmal für den von Hitler begonnenen erbarmungslosen Luftterror zu Beginn des Zweiten Weltkrieges – und die unmittelbar daneben errichtete und angegliederte neue Kathedrale in moderner Architektur schönsten und geschmackvollsten Stils (Bilder 35 bis 38). Ein stiller Gang durch die hohe Kirchenhalle mit den in gewaltiger Schrift an den Wänden schlicht prangenden Bibelspruchtafeln oder in die intimen Kapellen mit den herrlichen, hohen und schmalen Farbenfenstern, die das einfallende Licht brechen, wirkt ebenso feierlich und andächtig wie der Besuch der schönsten gotischen Dome des Mittelalters. Hier ist wirklich moderne Baukunst bester Art geschaffen worden, und kein Kunstverständiger Besucher Englands sollte den Gang nach Coventry unterlassen.

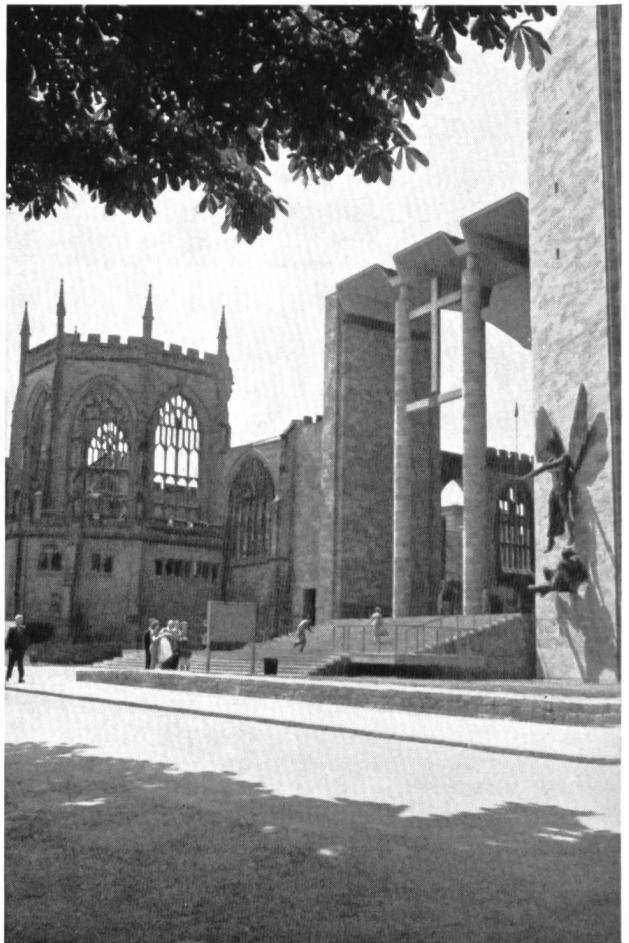




Bild 38  
Teilansicht der eindrucksvollen  
neuen Kathedrale von Coventry

Die letzte Etappe vor dem Ende der Studienreise ist die altehrwürdige Universitätsstadt Cambridge, die wir am Nachmittag bei herrlich warmem Frühlingswetter erreichen. Pfingsten steht bevor und Zeichen friedlicher Ruhe zeigen sich bereits im Strassenbild, vor allem aber auf dem idyllischen, baumumsäumten Kanal, der die Stadt umgibt, und auf dem sich Studenten und Studentinnen in Ruderbooten der ungezwungenen und wohltuenden Musse hingeben – da, in dieser alten Stadt, die ganz im Zeichen des Studiums steht, möchte man wieder einmal Student sein!

Das hübsch am Kanal gelegene Garden House Hotel, in dem eine Gruppe der Studienreise untergebracht ist, bietet angenehmsten Komfort und ausgezeichnete Küche, was bekanntlich in England nicht selbstverständlich ist! Am Abend findet in der Old Library des Emanuel College ein Empfang der Stadtbehörde mit anschliessender Tanzunterhaltung statt.

Der letzte Tag der Studienreise bietet bei schönstem warmem Pfingstwetter noch viel Sehenswertes. Während das Herrenprogramm den Besuch verschiedener Laboratorien der Universität vorsieht, bildet das Damenprogramm mit stark angewachsener Herrengruppe einen mehrstündigen, sehr interessanten Besuch der für die englischen Schulstädte so typischen Colleges, der zugehörigen schönen Kirchen und der durch diese Bauten so charakteristischen Stadtteile. Der flüchtige Besuch führt vom ältesten, aus dem 13. Jahrhundert stammenden Queens' College zum Kings College und bis zu Trinity College und St. Johns College (Bilder 39 bis 42). Cambridge ist seit dem Anfang des 13. Jahrhunderts Sitz einer Universität, die mit der von Oxford zu den beiden berühmtesten des Landes zählt.

Die abschliessende Carfahrt führt in südlicher Richtung über 100 km bis in das Zentrum der Weltmetropole London, wobei ausgedehnte Stadtzonen mit den typischen



Bild 39  
Trinity College und Kirche  
von Kings College in Cambridge

einstöckigen Backsteinhäusern und kleinen schmucken Gärten und Parkanlagen viel anmutiger und ganz anders wirken als die Vororte und Randzonen anderer Grossstädte. Bei Victoria-Station findet die wohlgelungene, interessante Studienreise ihren Abschluss, und alles stiebt auseinander. An dieser Stelle gebührt den umsichtigen Organisatoren und Gastgebern des Edinburger Kongresses und der wegen der grossen Beteiligung nicht leicht durchzuführenden Studienreisen der herzliche Dank der Teilnehmer.

Bild 40 Idyllisches Motiv in Cambridge



Bild 41 Mittelalterliche Brücke über den, die Universitätsstadt umschliessenden Kanal

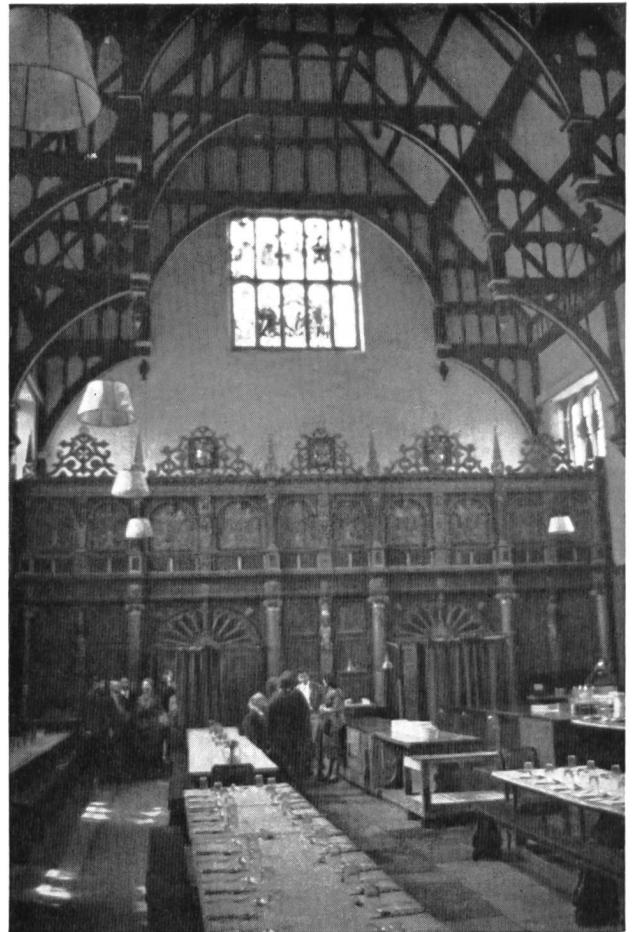


Bild 42 Typischer Studenten-Essraum in einem College

Der Talsperrenkongress bot dem Berichterstatter erstmals Gelegenheit, auch die Stadt London während mehrerer Tage zu besuchen, und ich möchte diesen Bericht nicht abschliessen, ohne auch einige der starken, dort empfangenen Eindrücke festzuhalten. Dies weniger, um über eine weltbekannte Stadt nach einem allzu flüchtigen Aufenthalt etwas aussagen zu wollen, als aus einem Gefühl der tiefen Dankbarkeit heraus, die wohl jeder die Freiheit hochhaltende Europäer und Weltbürger gerade für diese Stadt empfinden muss, die im letzten Weltkrieg wohl länger und mehr gelitten hat als jede andere und in der dank dem unerschütterlichen Willen und unverwüstlichen Mut des grossen Staatsmannes Winston Churchill und seiner Mitbürger der Abwehrgeist gegen das Böse und gegen den Terror hochgehalten und schliesslich zur Quelle des viel späteren, verdienten Sieges über die zerstörenden Kräfte und zum Hort der Freiheit wurde.

Diese Gefühle der Dankbarkeit und Achtung werden in London wach, wenn man an zahlreichen berühmten Stätten vorbeiwandert, in denen während Jahrhunderten Weltgeschichte gemacht wurde. Namen wie Westminster Hall – House of Parliament – Big Ben – Downing Street mit dem schllichten, die Nummer 10 tragenden Wohnsitz des britischen Premierministers sagen mehr aus als viele Worte.

Bild 43  
Themse und Tower Bridge  
in London



In prächtigen Frühlingsfarben prangen die vielen riesigen Parkanlagen, vor allem jene von Kew Gardens und eine mehrere Stunden dauernde Schiffahrt auf der Themse von dort bis nach Greenwich vermittelt einen ausgezeichneten Querschnitt durch London mit seinen repräsentativen öffentlichen Bauten und zahlreichen Kirchen, mit den modernen Vierteln mit Hochhäusern, durch das pulsierende Leben des langgestreckten Hafens und den weitläufigen Dockanlagen eines der grössten Seehäfen der Welt.

Aber auch künstlerische Darbietungen mannigfacher Art gehören zu den bleibenden Eindrücken eines Aufenthaltes in London, und es war mir vergönnt, vor der Fahrt nach Schottland am 30. April 1964 ein besonders schönes Konzert in der Royal Festival Hall zu hören. Zum diamantenen Jubiläum des hervorragenden London Symphony Orchestra — heute zweifellos eines der allerbesten Orchester der Welt — spielte dieses in Anwesenheit Ihrer Majestät, der Mutter von Königin Elisabeth, unter der Leitung von Lorin Maazel die Oberon-Ouverture von

C. M. von Weber, das Klavierkonzert Nr. 5 in E-dur von L. van Beethoven mit dem Pianisten Clifford Curzon und zum Abschluss eine alles überragende Wiedergabe der Sinfonie Nr. 6 — der Pathétique — von P. J. Tschaikowsky. Den künstlerischen Abschluss der denkwürdigen Reise nach Schottland und England bildete ein Besuch in Covent Garden, wo das Ballett Schwanensee von Tschaikowsky gegeben wurde.

#### Bildernachweis:

- 1/10, 12/14, 16, 19/21, 23, 26/45 Photos G. A. Töndury
- 11 Zeichnung des Verfassers
- 15 aus «Ffestiniog Power Station», Publikation des North-West Region, Central Electricity Generating Board
- 17, 18, 22 aus Zeitschrift «BWK» Essen 1965, Nr. 1
- 24 aus «Trawsfynydd Nuclear Power Station», Publikation des Central Electricity Generating Board, London
- 25 aus Programm des Talsperrenkongress

Bild 44  
Big Ben,  
Unterhaus und Westminster Hall



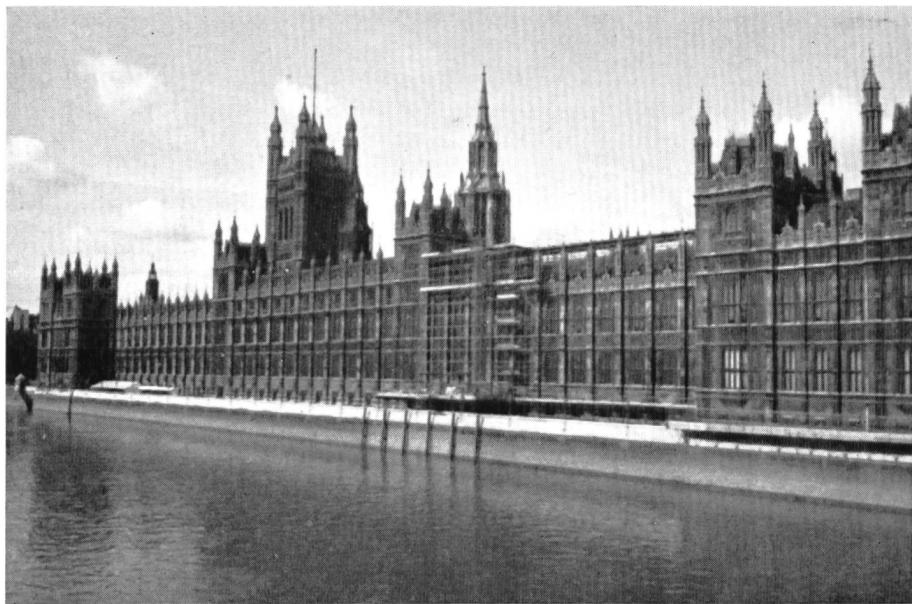


Bild 45  
Houses of Parliament,  
an der Themse gelegen; linke  
Hälfte Oberhaus, rechte  
Hälfte Unterhaus

## 5. Wasserkraftanlagen der Nordschottischen Wasserkraft-Behörde

E. Gruner, dipl. Ing. ETH, Basel

DK 621.22 (411)

Nach dem achten internationalen Kongress für grosse Talsperren, der anfangs Mai 1964 in Edinburgh abgehalten und worüber in diesem Heft eingehend berichtet wurde, begaben sich 110 Teilnehmer nach Strathpeffer, von wo aus zwischen dem 11. und 16. Mai 1964 Studienreisen zu den Wasserkraftwerken in Nord-Schottland unternommen wurden.

### 5.1. SCHOTTLAND UND SEINE GEWÄSSER

Schottland mit den Hebriden, den Orkney- und Shetland-Inseln bedeckt im Norden von Grossbritannien ein Gebiet von 78 800 km<sup>2</sup>, in dem 5,2 Millionen Einwohner leben. Es gliedert sich in die Uplands im Süden und in die Highlands im Norden, zwischen denen die Lowlands mit dem Industriegebiet von Glasgow und der Hauptstadt Edinburgh liegen. Bergland und Hochland sind denudierte Horste kambrischer Gebirge von stark gefaltetem Urgestein, die von Grubenbrüchen durchquert werden; die Gestalt der Oberfläche wird zudem durch mannigfache Spuren einstiger Vereisung bestimmt. Längs der Westküste werden Niederschläge von 2000 bis 3000 mm je Jahr verzeichnet mit Hauptregen im Winter. Die Winter sind mild, die Sommer kühl. Weite Flächen sind felsig oder sumpfig. In dem feuchten Bergklima gedeiht vorwiegend Heidekraut, sowie Birke und Kiefer; Rotbuche und Eiche fehlen. Die Gewässer sind kurz, ihr Erbguss ist mässig; die Hochwasser kommen meist im Winter. In den letzten 200 Jahren entvölkerte sich Schottland, so dass noch 66 Einwohner auf einen Quadratkilometer entfallen.

### 5.2 ICHTHYOLOGIE DER SALMONIDE

In Schottland bestimmt das Gesetz, dass bei der Nutzung von Wasserkräften Schäden an Fischbeständen und Fischereien zu vermeiden sind. Der Salmonbestand in den Gewässern des Berglandes und des Hochlandes ist ein Volksvermögen, dessen Zinsen durch Sportfischer bezahlt werden. Die Salmonide sind Raubfische der nördlichen Hemisphäre. Geschlechtsreife Fische schwimmen zwischen April und Juni zu ihren Laichgründen auf gut bewässerten Kiesbän-

ken im Oberlauf der Flüsse. Der weibliche Fisch, «Liederin» genannt, legt seine Rogen in eine mit dem Schwanz geschaffene Grube, über welcher der männliche Fisch, «Hacken» genannt, seine Milch abgibt. Nach fünf Monaten schlüpfen die Jungfische. Als Sämlinge wandern sie etwa nach zwei Jahren zum Meer, und etwa drei Jahre später kehren sie an ihren Geburtsort zum Laichen zurück. Ichthyologie des Salmon salar war Vorbedingung für die Nutzung der schottischen Wasserkräfte. Zum Ueberwinden der Talsperren wurden den Fischen anfangs Fischtreppen geboten. Später wurden an Gefällstufen Borland-Fischschleusen eingerichtet, wo die Fische aus einer unteren in eine obere Kammer geschleust werden, die Austritte in das Speicherbecken gewährt. An unüberwindlichen Sperren werden die Fische gefangen, ihrer Rogen und Milch entledigt, worauf die Zucht in Brutanstalten erfolgt. Brutfische oder Sämlinge werden dann in geeigneten Gewässern wieder ausgesetzt. In einigen Fischpässen werden die auf- und absteigenden Fische gezählt, wozu die Störung, welche der Fisch in einem elektrischen Feld verursacht, registriert wird. Wandern Fische folgen der Strömung und gelangen dabei in Fassungen und Ausläufe von Wasserkraftanlagen; durch Gitter, die für Sämlinge allerdings fein sein müssen, können sie davon abgehalten werden. Eine billigere Abwehr liess die Wasserkraft-Behörde mittels eines elektrischen Schirmes entwickeln. Dieser liegt zwischen einem Rechen aus Aluminiumröhren und vereinzelten äusseren Elektroden und beruht auf Wechselstrom von 10 Perioden und einer Spannung von 2 Volt je Zoll Abstand zwischen Rechen und Elektrode. Salme werden damit in 1,80 m, Forellen in 0,90 m Entfernung abgewiesen. Für Jungfische, die abwärts wandern, muss der Schirm enger sein. Auch muss die Ablenkung einen stumpfen Winkel haben, der vom Fisch leicht befolgt werden kann. Derartige Eingriffe des Menschen in einen Lebenszyklus sind Willkür; die Nutzung eines Gewässers stört Paarung und Brut der Salme. Weil sich ihre Generationen innert sieben Jahren folgen, kann erst nach Ablauf einer Reihe solcher Perioden erkannt werden, ob das Gesetz zum Schutze der Fischerei seinen Zweck erfüllt.

### 5.3 SCHOTTLANDS WASSERKRÄFTE

Die Wasserkräfte von Schottland wurden aus wirtschaftlichen Gründen und wegen den Fischereirechten nur zögernd ausgebaut. Die ersten grösseren Anlagen liessen die britische Aluminium-Industrie in Foyers, Kinlochleven und Locharbor bei Fort William mit 111 MW installierter Leistung und die Grampian Elektrizitäts Gesellschaft in Rannoch, Tummel und Loch Luichart mit 85 MW erstellen.

Durch Gesetz wurde 1943 dem North of Scotland Hydro Electric Board das Recht gegeben, in Nord-Schottland die Wasserkräfte zu nutzen, und die Pflicht übertragen, dieses Gebiet mit Elektrizität zu versorgen. Nach dem Elektrizitätsgesetz von 1947 konnte diese Behörde sich auch die in ihrem Gebiet liegenden 16 Gesellschaften und lokalen Behörden mit ihren Anlagen, die eine installierte Leistung von 230 MW und 190 000 Bezugspunkten hatten, angliedern. Bei dieser Nationalisierung blieben die alten Anlagen von Foyers, Kinlochleven und Locharbor im Besitz der elektro-chemischen Industrie. Als erste wurden die Anlage Loch Sloy und die Werke Monar und Loch Ash in Bau genommen. Zwölf weitere Werke mit einer installierten Leistung von 432 MW kamen 1948 in Bau. Anfangs geschah die Finanzierung durch Ausgabe von Staatspapieren, später durch Anleihen des Schatzamtes. Dieses Kapital ist termingemäß zu amortisieren. Nach ihrem Statut untersteht die Behörde auch lokaler sowie staatlicher Besteuerung; sie soll inskünftig ohne Staatshilfe auskommen. Die Behörde glaubte anfangs, in Schottland 102 Anlagen mit einer Produktions-Kapazität von 6,3 Mrd. kWh ausbauen zu können. Anfangs 1964 waren 55 Anlagen im Betrieb mit einer instal-

lierten Leistung von 1046 MW und einer Jahreserzeugung von 2911 Mio kWh, wofür 2130 Mio Fr. (£ 173 Mio) aufgewendet worden sind. Im Bau stehen noch vier Anlagen für 98 MW bzw. 303 Mio kWh. Am Loch Awe soll 1966 das Pumpspeicherwerk Cruachan mit 400 MW installierter Leistung in Betrieb kommen. Zwei ähnliche Werke mit 1200 MW sind am Loch Lomond geplant. Versorgt werden bereits 414 000 Kunden oder 93 Prozent der Bevölkerung. In den zwanzig Jahren ihres Wirkens sind von der nordschottischen Wasserkraft-Behörde Anlagen im Grampian Bergland, Tummel, Breadalbane, Sloy Shira, sowie Loch Awe und im Hochland Shin, Conon, Affric-Stratfarrar, sowie Garry-Moriston gebaut worden. Die Werke im Grampian Bergland besitzen etwa zwei Drittel und diejenigen im schottischen Hochland etwa ein Drittel der installierten Leistung; die Jahresarbeit ist aber fast die gleiche mit 1800 Mio kWh bzw. 1500 Mio kWh. Ihr Bauplan entspricht bewährten Vorlagen. Die soeben beendigte Monarsperre der Stratfarrar-Anlage besteht aus einem doppelt gekrümmten Betongewölbe. Kavernenzentralen bezeichnen hauptsächlich die Erhaltung des Landschaftsbildes.

#### 5.3.1 Die Tummel-Anlage

Der Tummel entwässert im Grampian Bergland die geographische Mitte von Schottland. Durch den Tay erreicht sein Wasser die Nordsee östlich von Perth. Anfangs der Dreißiger Jahre hatte die Grampian Elektrizitäts-Gesellschaft schon die Werke Rannoch mit 48 MW installierter Leistung und Tummel Bridge mit 34 MW in Betrieb genommen. Heute betreibt die nordschottische Wasserkraft-Behörde neun

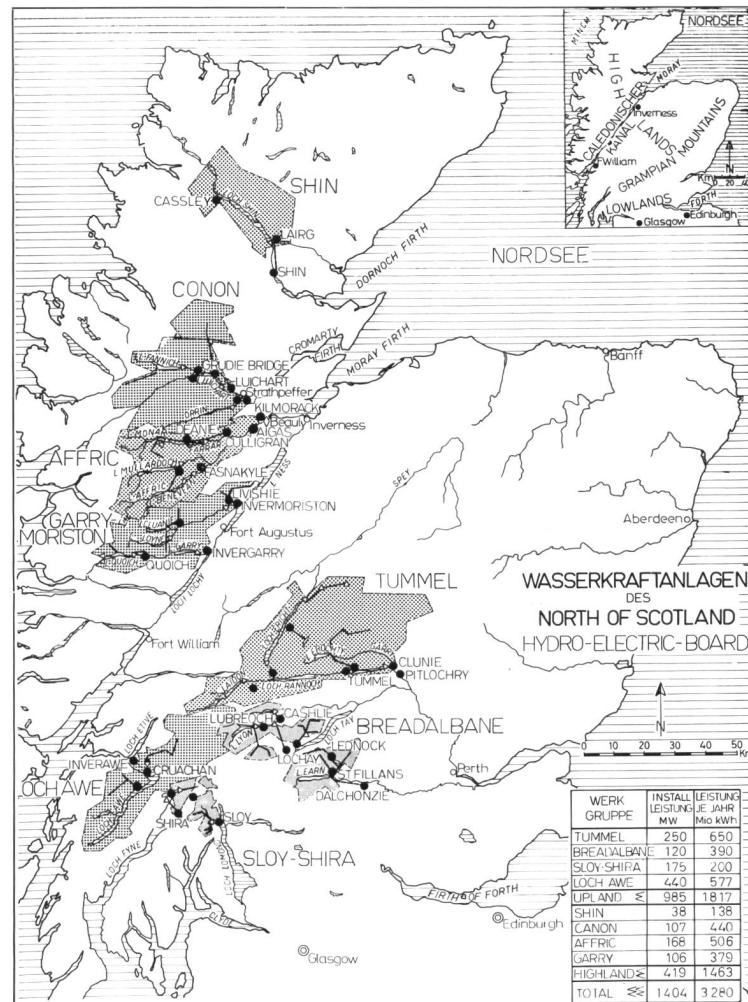


Bild 1

Karte von Schottland und den  
Wasseranlagen des North of Scotland  
Hydro-Electric Board, Maßstab 1 : 2500 000

Anlage	Einzugsgebiet km <sup>2</sup>	Mittl. Niederschlag mm	Brutto- Gefälle m	Installierte Leistung MW	Jahres- Produktion Mio kWh	Betriebs- aufnahme
Cuach	21	1520	26	2,5	9	1959
Loch Ericht	14	1780	55	2,2	11	1962
Rannoch	70	1680	156	48	174	1930*
Laidon	19	2330	32	5	16	Projekt
Gaur	36	1750	30	6,4	17	1953
Errochty	35	1420	184	75	84	1950
Trinafour	Dotierwasser		91	0,6	2	
Tummel	147	1600	52	34	120	1933*
Clunie	200	1520	52	61,2	165	1950
Pitlochry	273	1420	15	15	55	1950

\* erbaut durch die Grampian Elektrizitäts-Gesellschaft

Werke mit einer installierten Leistung von 250 MW und einer Jahresarbeit von 640 Mio kWh. Die Anlage umfasst im Tummel-Tal sechs Becken zwischen 290 m ü.M. und 90 m ü.M., welche die Nutzung eines Gefälles von 215 m ermöglichen. Aus dem Norden erfolgen zwei Zuleitungen aus benachbarten Einzugsgebieten. Kernstück des oberen Aquäduktes ist Loch Ericht, dessen Stauziel auf 360 m ü.M. liegt. Sein Abfluss gelangt durch das Werk Rannoch in das Loch Rannoch, 206 m ü.M. Der untere Aquädukt entwässert auf 330 m ü.M. das Einzugsgebiet des Garry-Flusses. Sein Abfluss erreicht durch das Werk Errochty (75 MW) Loch Tummel auf 143 m ü.M. Die Tabelle 1 dieser Werke zeigt einerseits deren Verschiedenartigkeit und andererseits, wie – schottischer Sparsamkeit entsprechend – selbst die Energie von Dotierwasser genutzt wird.

Die kleinen Werke funktionieren automatisch, während die grösseren von Pitlochry ferngesteuert werden. Ihre Energie gelangt über die Schaltanlage Errochty durch ein Netz von 132 kV-Leitungen, im Norden nach Fort Augustus und Inverness, über eine Doppelleitung zur südschottischen Elektrizitäts-Behörde, sowie zu den Werkgruppen Breadalbane und Sloy der nordschottischen Behörde.

Fischtreppen in Pitlochry, Clunie und Gaur ermöglichen den Salmen, ihre Laichplätze im Oberlauf des Tummel zu erreichen. Die Treppe von Pitlochry ist 270 m lang und hat 35 Becken, die durch Gefälle von 45 cm getrennt sind; drei der Becken sind vergrössert, um als Rastplätze zu dienen. Aus einer Dunkelkammer, die jährlich von 100 000 Touristen aufgesucht wird, können die Fische auf ihrer Wanderung beobachtet werden. Die Fischtreppen in Clunie hat 43 Becken und diejenige von Gaur 70 Becken für eine Höhendifferenz von 29 m. Mit der Fischfauna befasst sich eine Versuchsanstalt in Faskally und im Untergeschoß des Pitlochry Wehres ist eine Brutanstalt für 1 Mio Rogen eingebaut.

### 5.32 Die Breadalbane-Anlagen

Von den Breadalbane-Anlagen liegen zwei im Nordwesten und eine im Süden von Loch Tay. Sie umfassen acht Sperranlagen, 96 km Stollen und Aquädukte sowie acht Zentralen. Ihr Einzugsgebiet misst 579 km<sup>2</sup>, woraus im Jahresmittel 390 Mio kWh gewonnen werden. Die Planung begann 1948, das erste Werk kam 1956 in Betrieb. Das Wasser der Lawergruppe wird aus 560 m ü.M. bis 520 m ü.M. zugeleitet, in Lochan-na-Lairige gespeichert, worauf das Gefälle von 415 m in der Zentrale Finlarig mit einer installierten Leistung von 30 MW am Loch Tay genutzt wird. Westlich davon liegt zwischen dem Fluss Lochay und dem Lyon-Fluss die Killin-Gruppe. Ihr Kernstück ist der Speicher von Loch Lyon auf

342 m ü.M., dessen Nutzraum durch eine massive Pfeilersperre von 21 m Höhe gebildet wird. An ihrem Fusse steht eine Einheit von 4 MW aus der das Wasser in den Fluss zurückgelangt, um dem Salm den Aufstieg bis zur Sperre zu ermöglichen. Das Wasser wird hierauf im Loch Stronach gesammelt und zur Zentrale Lochay am Flusse gleichen Namens übergeleitet, in der zwei Pelton-Turbinen von zusammen 47 MW installierter Leistung stehen. Damit die Salme im Lochay-Fluss leben können, wurde der Lochay-Wasserfall mit einer Borland-Fischschleuse versehen, und zwei höher gelegene Fälle erhielten Fischpässe. Die Breacalich-Gruppe liegt in den Bergen südlich von Loch Tay. Durch einen Felsschüttungsdamm von 20 m Höhe wurde Lochan Breacalich zum Speicher mit Stauziel auf 440 m ü.M. Sein Abfluss gelangt nach Loch Lednock auf 350 m ü.M. und nach Loch Earn auf 96 m ü.M. Diese Kaskade wird durch die Zentralen Lednock (3 MW), St. Fillans (21 MW) und Dalchzonie (4 MW) genutzt, worauf das Wasser wieder in den Lednock-Fluss zurückgelangt. Die Breadalbane-Anlage wird in Lochay gesteuert; über die Killin-Schaltanlage wird ihre Energie unter 132 kV-Spannung in das Netz des Hochlandes abgeleitet.

### 5.33 Die Sloy Shir-a-Anlagen

Die Anlagen Sloy und Shira liegen zwischen Loch Lomond und der Westküste. Die erstere wurde 1945 von der nordschottischen Wasserkraft-Behörde in Bau genommen und kam 1950 in Betrieb. Das Einzugsgebiet von Loch Sloy wurde durch Zuleitungen von 17 km<sup>2</sup> auf 80 km<sup>2</sup> vergrössert. Die Niederschläge betragen hier im Jahresdurchschnitt 3000 mm. Eine Pfeilersperre bildet einen Speicherraum mit Stauziel auf 283 m ü.M. Die Zentrale Sloy steht am Ufer von Loch Lomond; sie besitzt vier vertikalachsige Francis-Tur-

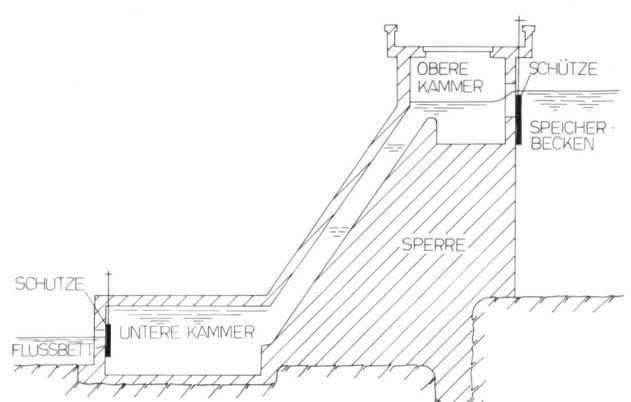


Bild 2 Borland Fischschleuse

binen, die ein Gefälle von 275 m nützen und zusammen eine installierte Leistung von 130 MW haben. Die mittlere Jahresproduktion von Sloy erreicht 120 Mio kWh.

Die Shira-Anlage nützt das Gefälle zwischen dem Oberlauf des Shira-Flusses und Loch Fyne, einem Arm der Clyde-Mündung. Ihr Einzugsgebiet misst 57 km<sup>2</sup>, die 2600 mm Niederschläge je Jahr empfangen. Eine massive Pfeilersperre bildet ein Becken von 20 Mio m<sup>3</sup>. In der Zentrale Stonmor wird unter einem Gefälle von 42 m ein 5 MW-Generator getrieben. Die beiden Becken ergänzen sich als Pumpspeicher. Das Gefälle von Loch Stonmor bis zum Seespiegel von 290 m wird in der Zentrale Clachan genutzt. Darin steht eine vertikalachsige Francis-Turbine, deren Generator eine installierte Leistung von 40 MW hat und im Jahresmittel 74 Mio kWh liefert. Im Oberlauf des Fyne-Flusses steht ausserdem noch die Zentrale Allt-na-Lairige mit einer installierten Leistung von 6 MW. Ihre Sperre ist eine vorgespannte Gewichtsmauer. Die Zentralen Stonmor und Allt-na-Lairige werden von Clachan ferngesteuert. Die Hauptschaltanlage ist am Loch Lomond, von wo die Energie über eine 132 kV-Leitung in das Netz der südschottischen Elektrizitäts-Behörde gelangt.

### 5.34 Die Loch Awe-Anlage

In der Loch Awe-Anlage steht das erste grosse Pumpspeicherwerk in Schottland; Energie der südschottischen Elektrizitäts-Behörde, welche nachts und an Wochenenden anfällt, wird dort verwendet. Die unterirdische Zentrale Cruachan liegt zwischen Loch Awe und den Speicherbecken am Allt Cruachan. Das mittlere Gefälle beträgt 350 m. Im oberen Becken können 10 Mio m<sup>3</sup> in einem Staubereich von 29 m gespeichert werden, die 8,3 Mio kWh entsprechen. Zur Loch Awe-Anlage gehören noch das Nantwerk an einem Zufluss von Loch Awe mit einer installierten Leistung von 15 MW und das Inverawe Werk mit 25 MW, welches den normalen Abfluss zum Meeresspiegel über ein Gefälle von 37 m nutzt. Beide Kraftwerke und die zwei Schaltanlagen werden von Cruachan ferngesteuert. Mit einer installierten Leistung von 440 MW werden 557 Mio kWh je Jahr produziert.

### 5.35 Die Shin-Anlage

Am Shin liegt die nördlichste Anlage der nordschottischen Wasserkraft-Behörde. Genutzt wird ein Gebiet von 632 km<sup>2</sup>, das als Jahresmittel 1420 mm Niederschläge erhält. Vorläufig sind drei Bauwerke erstellt. Ein Aquädukt leitet den Oberlauf des Cassley-Flusses in den Shin-Speicher. Am Wehr bei der Fassung in Duchelly wird das Dotierwasser mit einer Einheit von 0,4 MW genutzt. An seinem Ende steht die Cassley-Zentrale mit einer installierten Leistung von 10 MW. Kern der Anlage ist Loch Shin; durch die Lairg Gewichtssperre mit 11 m Höhe und 425 m Kronenlänge wird ein Stauraum von 321 Mio m<sup>3</sup> geschaffen, von dem 225 Mio m<sup>3</sup> bewirtschaftet werden. Unterhalb der Sperre ist die Lairg-Zentrale, mit einer Einheit von 3,5 MW und in 1600 m Entfernung steht in ihrem Unterwasser die Shin-Sperre, womit das Wasser durch einen Stollen von 8 km Länge zur Zentrale Inveran geleitet wird. Die darin stehenden zwei horizontalachsigen Francis-Turbinen haben je eine installierte Leistung von 12 MW. Die mittlere Jahresarbeit der Shin-Anlage beträgt 137 Mio kWh. Es ist vorgesehen, benachbarte Einzugsgebiete zu weiterer Speisung des Shin-Beckens anzuzapfen. Ueber eine 132 kV-Leitung wird die Energie von Inveran nach der Schaltstation Beauly befördert.

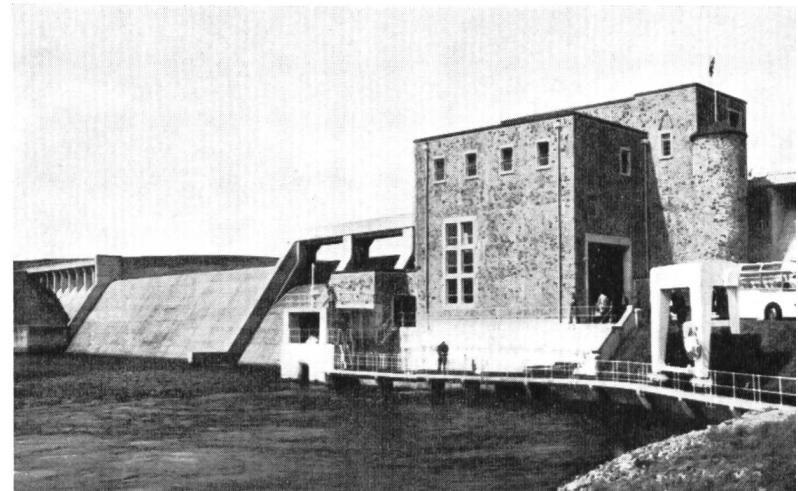


Bild 3 (oben) Lairg Sperre und Krafthaus (3,5 MW) der Shin Anlage; vollendet 1957. Zwischen Anschlussbauwerken in Felsschüttung steht die Hochwasserentlastung auf einer Gewichtsmauer. Durch eine Sperre von 20 m Höhe und 448 m Kronenlänge mit 30 600 m<sup>3</sup> Beton und 58 000 m<sup>3</sup> Schüttung wird das Hauptspeicherbecken von 31,6 Mio m<sup>3</sup> des Shin-Werkes gebildet.

Bild 4 Shin-Wehr der Shin-Anlage. Vollendet 1957. Das Wehr liegt 1600 m unterhalb der Lairg Sperre. Es dient der Ableitung in den Zuleitungsstollen des Werkes bei Inveran. Eine Borland-Fischschleuse ermöglicht die Wanderung der Salm. Die Restwassermenge wird am Fusse des Wehres durch eine Rohrturbine von 0,1 MW genutzt.

### 5.36 Die Conon-Anlage

Nordwestlich von Inverness wird das Hochland von einem Fächer von Gewässern durchquert, die sich zum Conon vereinigen, der durch die Cromarty-Mündung die Westküste erreicht. Die Nutzung ihrer Wasserkraft geschah in drei Phasen, nämlich von 1945 bis 1950 durch den Ausbau von Loch Fannich, 1949 durch den Bau der Kaskade von Loch Vaich über Loch Glascarnoch, Loch Luichart und Loch Achilty bei gleichzeitigem Ueberstau von Loch Fannich. Die Stufen durchqueren den Fächer der Zuflüsse Vaich, Glascarnoch, Bran und Meig zwischen 255 m ü.M. und 33 m ü.M. Als dritte Phase wurde 1954 der Orrin, der südlichste Zufluss, ausgebaut. In einem Einzugsgebiet von 1004 km<sup>2</sup> wurde in sieben Anlagen bis 1960 eine Leistung von 107,4 MW installiert, die 453 Mio kWh je Jahr liefern. Nach einer Bauzeit von 20 Jahren ist die Conon-Anlage die grösste der Behörde. Die Daten der Sperren sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

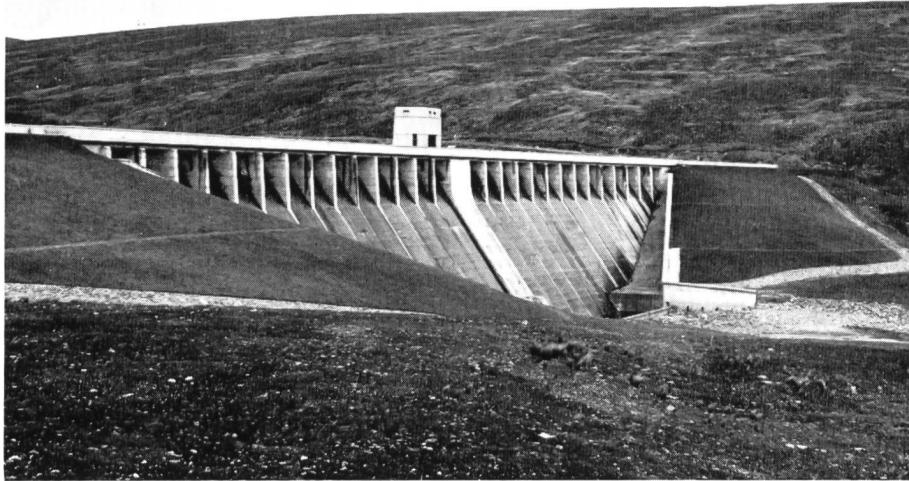


Bild 5  
Glascarnoch-Sperre der Conon-Anlage; vollendet 1957. Eine Gewichtsmauer, welche die Hochwassерentlastung trägt, wird von Anschlussbauwerken in Felsschüttung flankiert, die ihrerseits durch Betonkerne gedichtet werden. Die Sperre ist 43 m hoch, misst in der Krone 533 m und besteht aus 142 000 m<sup>3</sup> Beton sowie 219 000 m<sup>3</sup> Felsschüttung. Das Becken fasst 78 Mio m<sup>3</sup>, die aus einem Einzugsgebiet von 251 km<sup>2</sup> zufließen. Durch einen Stollen von 8 km wird das Wasser zur Zentrale Mossford 24 MW geleitet, worauf es in das Loch Luichart gelangt.

Die Conon-Anlage

Tabelle 2

Sperre	Höhe m	Kronen- länge m	Bauart	Nutzinhalt des Beckens Mio m <sup>3</sup>
Vaich	37	257	Erddamm	8
Glascarnoch	43	534	Gewichtsmauer	65
Fannich	16	744	Felsschüttungsdamm	199
Luichart	24	220	Gewichtsmauer	70
Meig	26	178	Gewichtsmauer	2,5
Orrin I	51	312	Gewichtsmauer	38
Orrin II	25	312	Erddamm mit Betonkern	
Torr Achilty	23	246	Gewichtsmauer	2,6

Dieses Gebiet ist die Heimat der Mackenzies, eines bedeutenden Geschlechtes des schottischen Hochlandes, das darum auch Einfluss auf die Nutzung der Gewässer hat. Für den Kurort Strathpeffer liess ein Mackenzie 1903 ein kleines Elektrizitätswerk errichten. Erst 1926 konnte die Ross-Shira-Elektrizitäts-Versorgungs-Gesellschaft am Loch Luichart ein Werk von 1 MW erstellen. Es kam durch Fusion an die schottische Energie-Gesellschaft, welche es vergrösserte, und ging 1951 in einer Nutzung der schottischen Wasserkraft-Behörde unter.

Bemerkenswert war der 1949 vorgenommene Anstich von Loch Fannich durch Aussprengen des Fassungstrichters

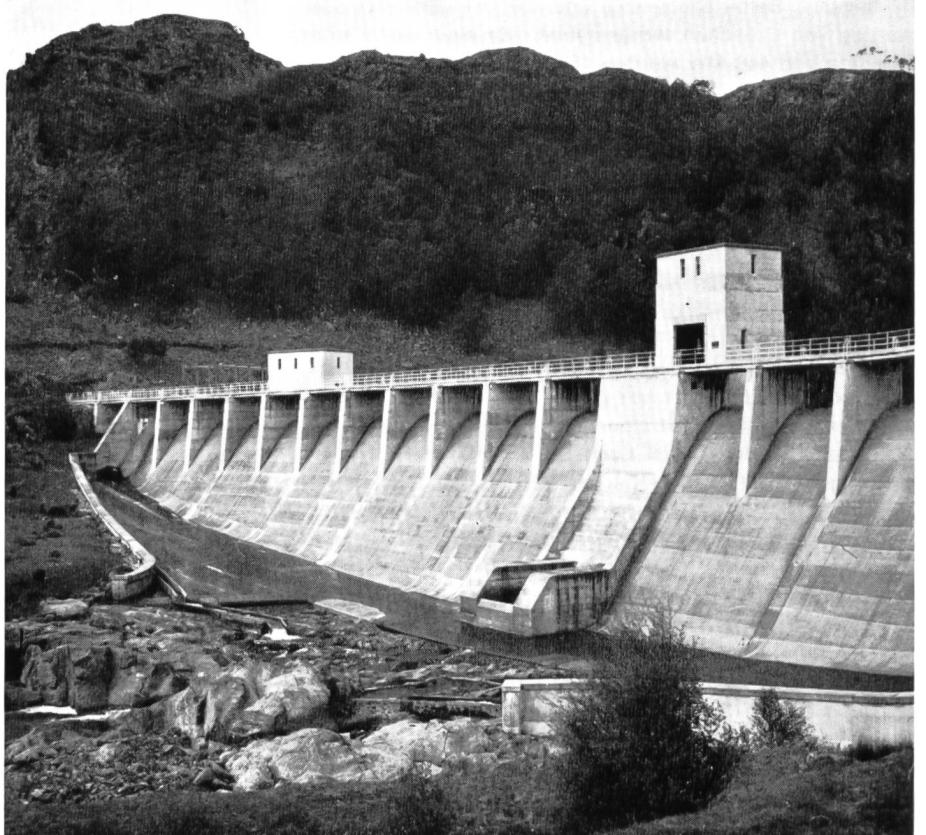


Bild 6

Luichart-Sperre der Conon-Anlage; vollendet 1954. Die Gewichtsmauer ist 24 m hoch, hat eine Kronenlänge von 220 m und bildet ein Becken von 169 Mio m<sup>3</sup>, das aus einem Gebiet von 831 km<sup>2</sup> gespiesen wird.

In Sperrenmitte ist eine Borland-Fischschleuse eingebaut. An den Mauerenden befinden sich provisorische Fischpässe für die Wanderung von Sämlingen zum Meer. Durch Aquädukte und Stollen gelangt das Wasser zur Luichart-Zentrale (24 MW).

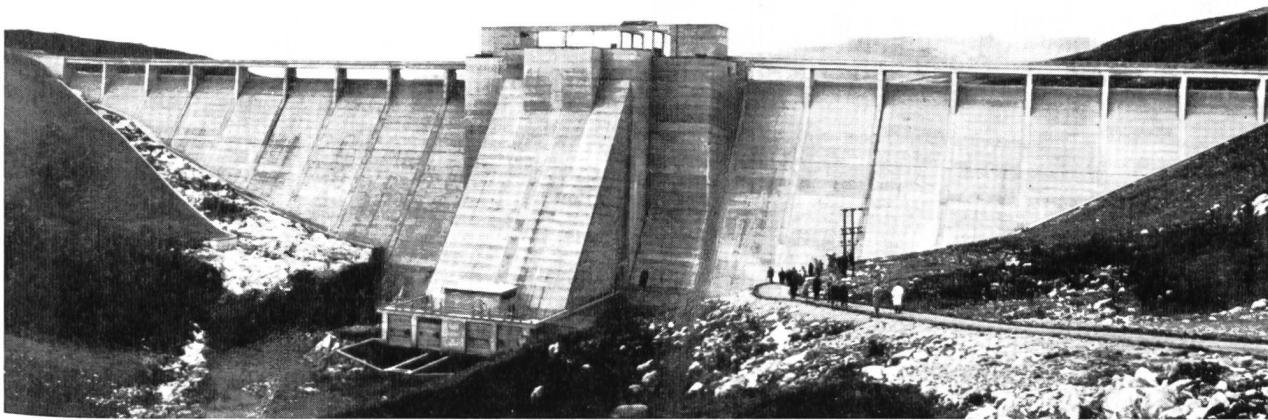


Bild 7 Orrin-Sperre der Conon-Anlage; vollendet 1959. Die Gewichtsmauer ist 51 m hoch, in der Krone 312 m lang und enthält 178 000 m<sup>3</sup> Beton. Weil der Seespiegel Schwankungen von 21 m hat, mussten in Mauermitte vier Borland-Fischschleusen erbaut werden, die speziellen Stauzonen entsprechen. Bei deren Anblick sagte ein französischer Ingenieur «en Ecosse le prix du kWh se compose du prix du génie civil et du prix de l'amour du saumon». Durch Stollen und Röhrenleitungen gelangt das Wasser über das Torr Achilty-Becken in die Zentrale Orrin (18 MW).

25 m unter dem Seespiegel. Bei den Zentralen Grudie-Bridge, Mossford und Luichart wird die Energie von 11 kV auf 132 kV transformiert, worauf sie an die Schaltanlage Beauly der im Süden angrenzenden Affric Strathfarrar-Anlage abgegeben wird. Die Steuerung der Conon-Anlage erfolgt in

der untersten Zentrale in Torr Achilty. Von den Sperren sind fünf mit Borland-Fischschleusen versehen. Etwa drei Millionen Rogen werden je Jahr in einer eigenen Brutanstalt gepflegt, worauf die Sämlinge oberhalb der Speicherbecken in den Flüssen Bran und Orrin ausgesetzt werden.

Die Affric Strathfarrar-Anlage

Tabelle 3

Zentrale	Fluss	Einzugs-gebiet km <sup>2</sup>	Gefälle m	Einheiten	Installierte Leistung MW	Jahres-Produktion Mio kWh	Turbine
Mullardoch	Cannich		24	2	2,4		Francis vertical
Fasnakyle	Affric	375	158	3	66	67	Francis vertical
Deanie	Farrar	210	112	2	38	97,2	Francis vertical
Culligran	Farrar	290	58	2	24	58,5	Deriaz + Francis vertical
Aigas	Beauly		16	2	20	55,0	Kaplan
Kilmorack	Beauly	910	17	2	20	55,0	Kaplan

### 5.37 Die Affric Strathfarrar-Anlage

Im schottischen Hochland vereinigt sich der Affric mit dem Cannich zum Glassfluss, worauf dieser den Farrar aufnimmt und als Beauly durch eine weite Mündung nordwestlich von Inverness den kaledonischen Graben erreicht. Als Energiequellen wurden der Affric und Cannich schon 1918 erkannt. Ein Projekt der Grampian Elektrizitäts-Gesellschaft zu deren Nutzung wurde 1929 abgelehnt und ein anderes 1941 fallengelassen. Erst 1947 erhielt die nordschottische Wasserkraft-Behörde eine Baubewilligung. In mehreren Bauphasen wurden zwei Stufen ausgebaut. Die erste liegt im Einzugsgebiet des Glassflusses mit dem Hauptspeicherbecken von Loch Mullardoch mit 142 Mio m<sup>3</sup> Nutzinhalt, dem Becken von Loch Benevean und der Zentrale Fasnakyle mit einer installierten Leistung von 66 MW. Die zweite liegt im Einzugsgebiet des Farrar mit dem Becken von Loch Monar, der Zentrale Deanie mit einer installierten Leistung von 38

MW, dem Becken von Loch Beannacharan, der Zentrale von Culligran mit 24 MW und den Anlagen Aigas mit 20 MW sowie Kilmorack mit 20 MW. Tabellen 3 und 4 vermitteln einige Daten dieser Anlagen.

Die hydraulische und elektrische Steuerung der Werke im Glen Affric und Strathfarrar geschieht in Fasnakyle.

Tabelle 4

Sperre	Höhe m	Kronenlänge m	Bauart	Kubatur m <sup>3</sup>	Betriebs-Aufnahme
Loichel	19	177	Gewichtmauer	14 900	1964
Monar	39	161	Bogenmauer	22 200	1964
Beannacharan	23	95	Gewichtmauer	24 600	1963
Aigas	26	91	Gewichtmauer	62 700	1963
Kilmorack	27	122	Gewichtmauer	51 200	1963

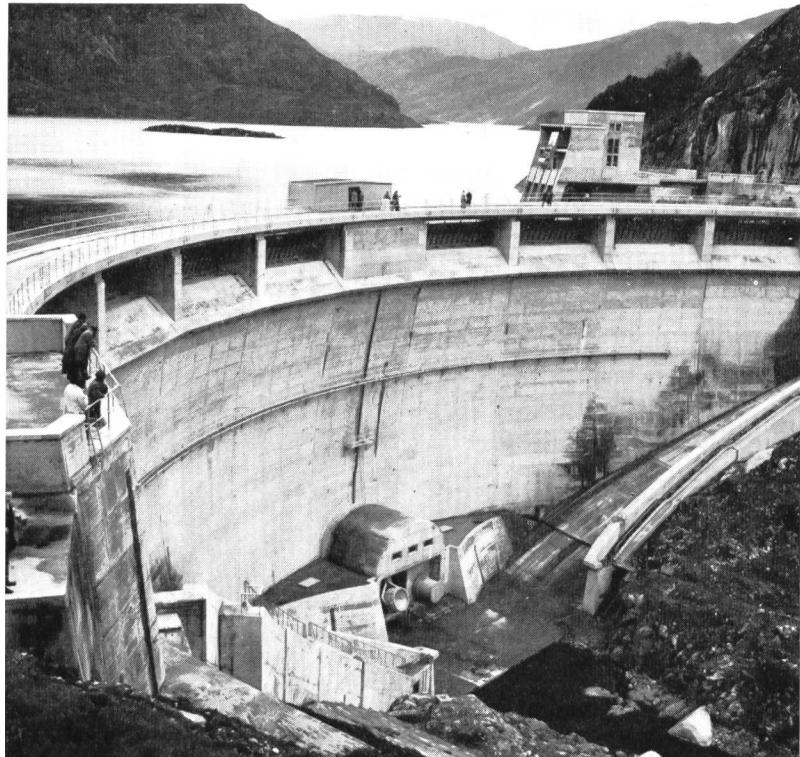
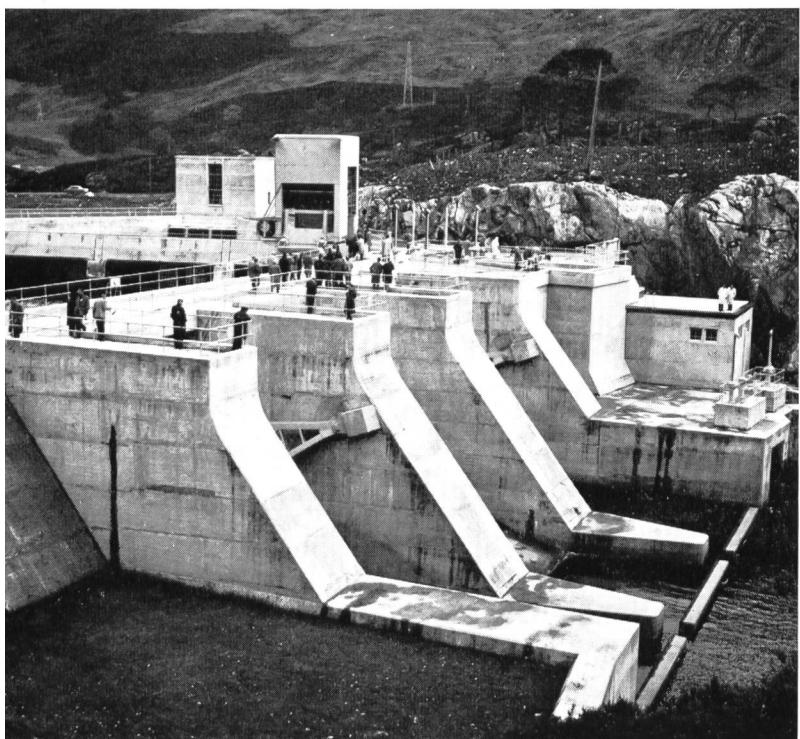


Bild 8 Monar-Sperre der Affric-Strathfarrar-Anlage; vollendet 1964. Mit 39 m Höhe und 161 m Kronenlänge, bei 4,9 m respektive 3,8 m Stärke und mit 24 000 m<sup>3</sup> Inhalt ist sie die grösste Bogenmauer in Grossbritannien. Das Becken fasst 127 Mio m<sup>3</sup> aus einem Einzugsgebiet von 208 km<sup>2</sup>. Das Wasser gelangt durch einen Stollen von 9,6 km in die Zentrale Deanie (38 MW).

Bild 9 Beannacharan-Wehr der Affric-Strathfarrar-Anlage; vollendet 1963. Das Bauwerk ist 24 m hoch, 93 m lang und bildet ein Becken von 1,4 Mio m<sup>3</sup> für ein Einzugsgebiet von 288 km<sup>2</sup>. Der Hochwasserentlastung von 820 m<sup>3</sup>/s dienen zwei Sektorschützen und eine Tafelschütze, erstere mit elektrischem, letztere mit Wasserantrieb. Eine Borland-Fischschleuse, deren Schütze dem Stauziel angepasst werden kann, findet sich am linken Ufer. Das Wasser gelangt zur Culligran-Zentrale (24 MW). Zum Schutz des Landschaftsbildes musste das Bauwerk in einer Schlucht verborgen werden.



Weil dieses Gebiet von besonderer landschaftlicher Schönheit ist und geschichtliche Bedeutung hat, wurden Loch Affric und Loch Benevean fast nicht zur Speicherung benutzt, obwohl sie leicht durch Ueberstau zu einem Becken hätten vereinigt werden können. Dem Fischzug wurden in Aigas, Kilmorack und Beannacharan Borland-Fischschleusen geboten und an den Stromschnellen von Culligran der Aufstieg erleichtert. Die Energie wird in 132 kV-Leitungen gesammelt und bei Beauly in das Netz des Hochlandes abgegeben.

### 5.38 Die Garry Moriston-Anlage

Der Garry-Fluss und der Moriston-Fluss entspringen im schottischen Hochland und münden bei Fort Augustus in den kaledonischen Graben, der erste in Loch Oich, der zweite in Loch Ness. Der Kingie-Fluss und der Quich-Fluss, die sich zum Garry-Fluss vereinigen, entwässern 380 km<sup>2</sup>, die einen mittleren Niederschlag von 3175 mm je Jahr aufweisen. Das Quich-Speicherbecken hat ein Stauziel von 202 m ü.M. und einen Nutzinhalt von 334 Mio m<sup>3</sup>; es wird durch einen Felsschüttungsdam von 37,2 m Höhe, 335 m Kronenlänge und 318 000 m<sup>3</sup> Inhalt gebildet. Seine Hochwasserentlastung ist für 283 m<sup>3</sup>/s dimensioniert. Die Dichtung erfolgt wasserseitig mit Eisenbetonplatten von 0,3 m Dicke, die auf Bruchsteinmauerwerk liegen. Durch einen Stollen von 4400 m gelangt das Wasser zur Zentrale Quich. Flussabwärts wird Loch Garry überstaut, wodurch sich ein Nutzinhalt von 27 Mio m<sup>3</sup> ergibt. Dazu dient eine Sperre von 15 m Höhe und 46 m Kronenlänge mit einer Hochwasserentlastung für 400 m<sup>3</sup>/s. Das Wasser gelangt durch einen Tunnel von 4280 m zur Invergarry-Zentrale, die 20 MW installierte Leistung hat. Dotierwasser, das aus beiden Becken abgegeben wird, findet noch Nutzung in Kleinkraftwerken am Fusse der Sperren. Die Cluanie-Sperre besitzt ebenfalls eine Borland-Fischschleuse. Vor der Quich-Sperre werden die Salme gefangen; bis zu 7 Mio Rogen werden nach künstlicher Befruchtung in Invergarry gebrütet; die Jungfische werden jeweils im Frühjahr ausgesetzt.

Im Tale des Moriston befindet sich eine Stufe im Oberlauf und eine andere bei der Mündung. Die obere Stufe besteht aus dem Speicherbecken im Loch Loyne und dem Speicherbecken im Loch Cluanie. Die obere Sperre hat eine Höhe von 22 m und eine Kronenlänge von 545 m, sie speichert 41 Mio m<sup>3</sup>; die untere Sperre ist 41 m hoch und 675 m lang. Es sind Gewichtssperren, deren Beton aus Sparmassnahmen der Nachkriegszeit gemahlene Hochofenschlacke beigemischt wurde. Von Loch Loyne gelangt das Wasser über Loch Cluanie zur Kavernenzentrale Ceannacroc, die 1956 in Betrieb kam. Die untere Stufe besteht aus einem Becken im Loch Dundreggan, unter dem in 90 m Tiefe die Glenmoriston-Zentrale liegt. In den Loch Dundreggan mündet noch ein Aquädukt, welcher Nebenflüsse des Moriston zuleitet. Ihre Energie wird in der Livishie-Zentrale genutzt. Die Zentralen der Garry-Moriston-Anlage wird von Fort Augustus aus gesteuert; sie sind über 132 kV-Leitungen verbunden mit der Affric-Anlage und der Tummel-Anlage sowie mit Aberdeen und Fort William. Die Kette der Lochs zwischen Inverness und Fort William wird vom kaledonischen Schiffahrtskanal durchquert. Angesichts dieses grossen Bauwerks wurde des genialen Ingenieurs Thomas Telford (1757–1834) gedacht, der den Kanal und seine 29 Schleusen vor anderthalb Jahrhunderten mit einer noch rudimentären Bautechnik zwischen den oben erwähnten Ortschaften erbaut hatte.

Die Garry Moriston-Anlage

Tabelle 5

Zentralen am Quoich und Garry	Einzugs-gebiet km <sup>2</sup>	Gefälle m	Einheiten	Installierte Leistung MW	Jahres-Produktion Mio kWh	Turbine
Quoich-Sperre	135	36,6	1	0,35	2,6	Francis horizontal
Quoich		97,5	1	22	77	Francis horizontal
Invergarry-Sperre	381	10	2	0,27 0,05	1,4	Francis vertical
Invergarry		53,4	1	20	82	Kaplan

### 5.39 Kleinkraftwerke

Dem Statut entsprechend versorgt die nordschottische Wasserkraft-Behörde auch längs der Westküste abgelegene Siedlungen mit Energie, wozu Kleinkraftwerke mit einer installierten Leistung von 0,8 bis 6,0 MW gebaut wurden. Die 33 kV-Netze dieser Werke werden jedoch immer ausgehender, so dass zusehends ihr Anschluss an das Hauptnetz zustande kommt.

### 5.4 BAUWEISE

In den zwanzig Jahren ihres Bestehens baute die nordschottische Wasserkraft-Behörde 53 Zentralen, 290 km Stollen und 56 Sperren. Der Ausbau der Werke folgt meistens dem Talweg, unter Verwendung bewährter Bauformen. Zuleitungen aus benachbarten Einzugsgebieten sind für den Vollausbau häufig. Brauchbare Becken finden sich oft, aber die Gelegenheit für Talabschlüsse ist wegen der Verwitterung der alten Gebirgsstöcke und der glazialen Ablagerung selten. Als Sperren eignen sich Gewichtssperren, Pfeilersperren und Dämme aus Felsschüttung. Erddämme können we-

gen des feuchten Klimas nur mit Schwierigkeit geschüttet werden. Zementmangel zwang anfangs zu Sparmassnahmen, wie Verwendung von Hochofenschlacke für die Cluanie- und Loyne-Sperren der Garry-Moriston-Anlage, oder von Flugasche eines Gaskraftwerkes für die Pfeilersperren in Lednock und Lubreoch der Breadalbane-Anlage. Um Moränen mit angemessenen Kosten dichten zu können, werden jetzt spezielle Herdmauern entwickelt. Im Stollenbau wurden die Vortriebsleistungen ständig verbessert und in der Breadalbane-Anlage wurde mit einem Ausbruch-Profil von 3 m Durchmesser ein Rekord-Vortrieb von 170 m je Woche erreicht. Das Bohren geschieht meist nach der schwedischen Leiterbohrmethode mit maschinellem Verlad des Haufwerkes und in grösseren Stollen durch Transport mittels Diesellastwagen. Im Schachtbau wird mit der Alimak-Arbeitsbühne von der Sohle aus gearbeitet, die beim Sprengen in der Sohle in Deckung gestellt wird. Acht Zentralen stehen in Kavernen. Die grösste von 77 000 m<sup>3</sup> Ausbruch besitzt das Cruachan-Pumpspeicherwerk. Die Zentralen von Pitlochry, Torr Achlity, Kilmorack und Aigas sind Bestandteile der Sperren. In den Anlagen Lairg und Lubreoch steht

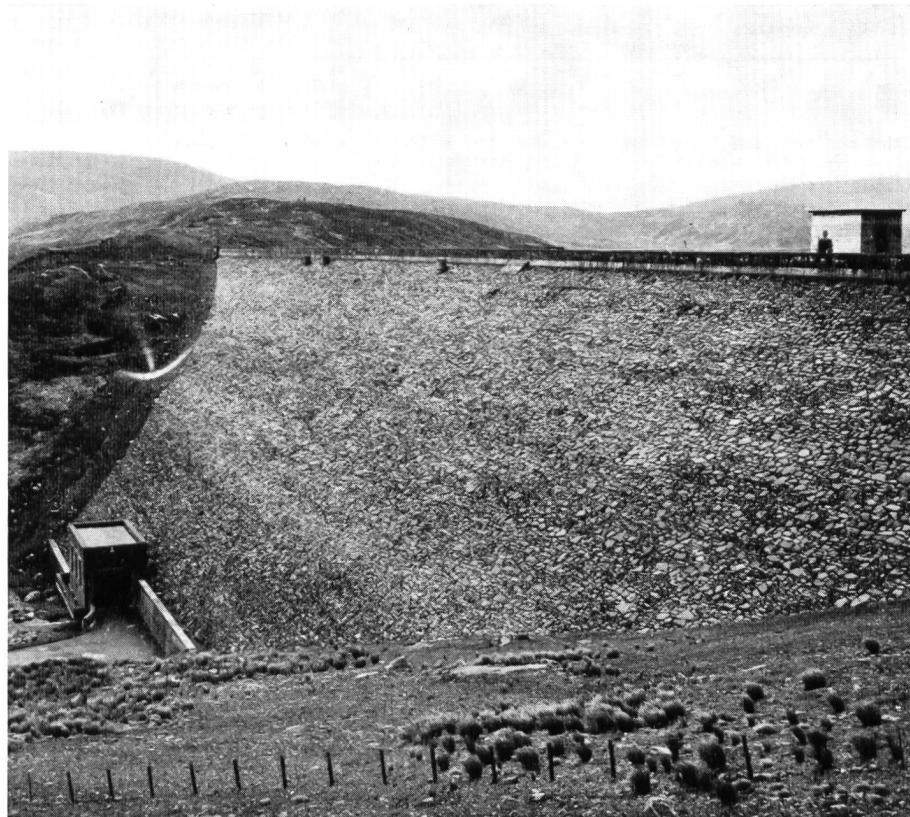


Bild 10  
Quoich-Damm der Garry-Moriston-Anlage; vollendet 1956. Der Felswurf ist 38 m hoch, seine Krone misst 320 m und sein Inhalt 299 000 m<sup>3</sup>. Er bildet ein Becken von 383 Mio m<sup>3</sup>. Die Dichtung besorgt eine Eisenbetonplatte von 6 x 6 m Seitenlänge und 0,3 m Dicke, die auf der Oberwassersseite aufliegt. Die Hochwasserentlastung besorgt ein Graben am linken Ufer. Das Wasser gelangt durch einen Stollen zur Quoich-Zentrale (22 MW).

am Fuss der Sperre nur eine Zentrale zur Nutzung des Dotierwassers, während Kraftstationen tiefer im Tal liegen. Leider sahen die Besucher keine Baustellen. Die im Betrieb stehenden Bauten zeigen eine saubere Fertigung.

### 5.5 SPERRENTYPEN

Am Loch Sloy erstellte die Behörde 1945 ihre erste Talsperre. Als Bauplan wählte sie eine massive Pfeilersperre. Weil dieser Typ befriedigte, wurde er mit leichten Aenderungen bis heute wiederholt. Die Lawers- und die Lubreoch-sperren der Breadalbane-Anlage sind ihr ähnlich. Die Giorra-Sperre der gleichen Anlage ist wasserseits stärker geneigt. Selbst die Cruachan-Sperre der Loch Awe-Anlage, die jetzt gebaut wird, ist eine Pfeilerkopfsperre. Aehnlich ist auch die Loch Shira-Sperre. Noch ausgeprägter wurde der Pfeilerkopf der Lednock-Sperre der Breadalbane-Anlage und der Errochty-Sperre der Tummel-Anlage. Beide gelten als Diamantkopf-Pfeiler-Sperren.

Wegen Erdbebengefahr wurde für die Lednock-Sperre eine Beschleunigung von 0,075 g in die statischen Berechnungen aufgenommen. Als Sparmassnahme der Nachkriegszeit wurden im Beton der Lednock-, Lubreoch- und Giorra-Sperren 20 Prozent des Zementes durch Flugasche eines thermischen Werkes ersetzt. Das Abbinden wurde damit verlangsamt, die nach einem Jahr erreichte Festigkeit entsprach aber einer zementreicherem Mischung. Weil die Hydrationswärme klein war, wurde das Schwinden vermindert. Die Verarbeitbarkeit des Betons war besser und seine Dichtigkeit grösser als bei einer Normalmischung mit Zement. An der Lednock-Sperre wurden damit 615 000 Franken (£ 50 000) beim Einbringen von 60 000 m<sup>3</sup> Beton gespart. Die Glen Shira-Pfeilersperre hat einen Inhalt von 200 000 m<sup>3</sup>, wobei dieser Bautyp eine Betonersparnis von

20 Prozent bot. Im Glen Shira-Werk wird das Wasser eines grösseren Einzugsgebietes aus einem kleinen unteren Becken in ein grosses oberes Becken gepumpt. Dadurch kann der Spiegel des unteren Beckens für die Turbinen der Clachan-Zentrale beinahe konstant gehalten werden. In Shira muss die Pumpe jeweils mit der Turbinenachse gekuppelt werden. Das Werk ermöglichte der Behörde, Erfahrungen für das Cruachan-Pumpspeicherwerk der Loch Awe-Anlage zu sammeln. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wurde 1956 auch die Allt-na-Lairige-Gewichtssperre vorgespannt. Ihr Baukörper ist 22 m hoch und misst in der Krone 425 m, wovon 292 m vorgespannt sind. Die Anker sind 8 m tief im Felsfundament versetzt; jeder derselben besteht aus 28 Stangen von 1½ Zoll Durchmesser. Die Sperre ist in Blöcke von 12,8 m Breite unterteilt, von denen jeder durch zwei Anker auf je 6,4 m gehalten wird. Die Vorspannung je Anker beträgt 1176 t, entsprechend 184 t/m Kronenlänge. Im Cruachan-Pumpspeicherwerk kann ein Brutto-Gefälle von 365 m genutzt werden. Zwei Schächte von je 5 m Durchmesser führen vom oberen Becken zur Kavernenzentrale, vor der sie sich in vier Maschinen-Stollen teilen. Die reversiblen Turbinen-Pumpen haben eine Leistung von je 100 MW. Durch einen Unterwasser-Stollen von 7 m Durchmesser und 970 m Länge gelangt das Wasser zum Loch Awe. Die Oertlichkeit ist für diese Bauart ideal, weil das Becken nur 1400 m vom andern entfernt ist und das Werk im Landschaftsbild nicht in Erscheinung tritt. Um den Betriebswechsel zu beschleunigen, wird jeweils das Turbinengehäuse mit Druck gefüllt, und um Kavitation beim Anlaufen der Pumpen zu vermeiden, liegt die Zentrale 45 m tiefer als der Unterwasserspiegel. Innert einer Minute kann der Betrieb umgestellt werden. Zum Antrieb der Pumpen soll Abfallenergie des 320 MW Hunterstone-Atomkraftwerkes in Ayrshire verwendet werden.

Sperrentypen

Tabelle 6

Sperre	Anlage	Höhe m	Kronen- länge m	Pfeiler- breite m	Neigung der Wasser- seite	Typ	Baujahr
Sloy	Sloy	50	355	19,7	1 : 40	massiv Pfeiler	1950
Shira	Shira	38	725	15,2	1 : 40	Rundkopf- pfeiler	
Lawers	Breadalbane	39	334			massiv Pfeiler	
Lubreoch	Breadalbane	30	528	16,6	1 : 20	massiv Pfeiler	
Giorra	Breadalbane	36	468	15,2	1 : 6	massiv Pfeiler	
Lednock	Breadalbane	39	288			Diamant- kopf	
Errochty	Tummel	40	365	12,1	1 : 0,425	Diamant- kopf	
Awe	Awe	47	315			massiv Pfeiler	1965

### 5.6 ELEKTRO-MECHANISCHE AUSRÜSTUNG

Die elektro-mechanische Ausrüstung in den Werken ist sehr verschieden und umfasst Einheiten von 0,4 MW bis zu solchen von 100 MW, die unter Gefällen von 4 m bis zu 410 m arbeiten. Bei den grössten in Schottland üblichen Gefällen dürfte das Peltonrad durch das Francisrad ersetzt worden sein. In Culligan wurde eine Deriaz-Turbine von 22 MW in

Betrieb genommen, während an der Awesperre zwei Rohrturbinen das Dotierwasser verarbeiten. Nur die grösseren Zentralen sind dauernd mit Personal besetzt, die anderen werden ferngesteuert. Am Netz sind zwei Dampfkraftwerke angeschlossen, nämlich in Aberdeen (57 MW) und in Dundee (76 MW). Letztere soll um zwei Einheiten von je 120 MW erweitert werden. Das Netz besteht aus 3200 km Leitungen für 132 kV und 430 km für 275 kV, die vorläufig auf 132 kV

betrieben werden; erst 85 km, zwischen Cruachan und Glasgow, sind mit 275 kV belegt. Die Steuerung und Programmierung sämtlicher Anlagen erfolgt in Pitlochry. Die Industrie von Grossbritannien betrachtet diese Werke als ein Schaufenster ihrer für den Export bestimmten Produkte.

## 5.7 AUSBLICK

Trotz des wirtschaftlichen Erfolges wurde die nordschottische Wasserkraft-Behörde vor einigen Jahren kritisiert. Eine staatliche Kommission hatte sich mit der Sache zu befassen; ihr Befund ist Gegenstand des Mackenzie-Berichtes. Danach sind von den Ausbauprojekten für 1000 MW noch solche für 400 MW bauwürdig. Wasserkräfte sollen aber trotz eines späteren Einsatzes von thermischen und nuklearen Energiequellen weiterhin genutzt werden. Eine Fusion zwischen der nordschottischen und der südschottischen Behörde wird als Rationalisierung erkannt; von anderer Seite wird sie aber abgelehnt, weil in einer Rivalität der beiden auch Vorzüge liegen. Ein über die optimale

Nutzung der Wasserkräfte hinausreichendes Programm wird noch nicht bekanntgegeben. Jedenfalls hat die nordschottische Wasserkraft-Behörde eine vorbildliche Entwicklungsarbeit für Schottland geleistet. Während Planung und Betrieb Sache der Behörde sind, bot sie Ingenieuren und Unternehmern aus allen Teilen der britischen Inseln für die Projektierung und Bauausführung vielseitige Einsatzmöglichkeiten.

## LITERATUR

North of Scotland Hydro Electric Board: Powers from the Glens, 1964  
Bowman, Waldo G.: Hydro in the Highlands lifts Scotlands Economy. Engineering News Record, New York, July 2nd 1964, Volume 173, No. 1, Mc. Graw Mill Publications.  
Encyclopaedia Britannica, 1960, London: Salmon and Salmonidae.

Fulton, Angus Anderson, Dickerson Leslie Hugh: Design and constructional features of hydro-electric dams built in Scotland since 1945. The Institution of Civil Engineers, London, Proceedings Volume 29, December 1964, Paper 6806.

**Bildernachweis:**  
1 bis 10 Zeichnungen und Photos vom Verfasser

## 6. VERZEICHNIS DER BERICHTE

(Die Titel sind in der Sprache des Originaltextes aufgeführt)

### FRAGE NR. 28

Physikalische und mechanische Eigenschaften des Felsens in situ; Methoden, welche die Bestimmung dieser Eigenschaften und ihre Verbesserung gestatten, unter dem speziellen Gesichtspunkt der Projektierung und des Baues grosser Talsperren.

GENERALBERICHTERSTATTER: G. Schnitter, ETH, Zürich

- R. 1 P. P. Fox, A. A. Meyer, J. A. Talobrre: Foundations of the Pahlavi dam on the Dez River. (USA)
- R. 2 L. B. Underwood: Chalk foundations at four major dams in the Missouri River basin. (USA)
- R. 3 D. P. Thayer, E. W. Stroppini, G. Kruse: Properties of rock at underground powerhouse Oroville dam. (USA)
- R. 4 C. J. Okeson: Geologic requirements of the foundations of large dams. (USA)
- R. 5 O. L. Rice: In-situ testing of foundation and abutment rock for dams. (USA)
- R. 6 D. J. Kluh: Rock stress measurements in the Jor underground power station of the Cameron Highlands Hydro-Electric Scheme, Malaya. (Grossbritannien)
- R. 7 F. F. Fergusson, P. F. F. Lancaster-Jones: Testing the efficiency of grouting operations at dam sites. (Grossbritannien)
- R. 8 R. G. T. Lane: Rock foundations. Diagnosis of mechanical properties and treatment. (Grossbritannien)
- R. 9 A. Roberts, I. Hawkes, F. T. Williams, S. A. F. Murell: The determination of the strength of rock in situ. (Grossbritannien)
- R. 10 Construction Ministry of the Japanese Government: Foundation treatment of Kawamata Dam. (Japan)
- R. 11 K. Kawabuchi: A Study of strain characteristics of a rock foundation. (Japan)
- R. 12 M. Nose: Rock test in situ, conventional tests on rock properties and design of Kurobegawa No. 4 dam based thereon. (Japan)
- R. 13 H. Masuda: Utilization of elastic longitudinal wave velocity for determining the elastic property of dam foundation rocks. (Japan)
- R. 14 L. Oлагибель, J. Fora, S. Madrigal: Les travaux de consolidation du terrain de fondation du barrage de la chute de Aldeadávila. (Spanien)
- R. 15 Bourgin et Habib; Bellier; Bernède; Bollo; J. Duffaut et Pera; Laksmanan; Comes, P. Duffaut, Mazenot, Rogissart et Willm: La déformabilité des massifs rocheux. Analyse et comparaison des résultats. (Frankreich)
- R. 16 A. Mayer; Bernède; Bollo; Willm et P. Duffaut; R. Langlois, Buvat, Comes, Rivoirard: Mesure des modules de déformation des massifs rocheux dans les sondages. (Frankreich)
- R. 17 Boret; Bellier et Londe; Bernède; Berthier; Farran et Thenoz, Habib; Jacquin et P. Duffaut: Les effets physico-chimiques de l'eau dans les appuis de barrage. (Frankreich)
- R. 18 J. Duffaut; Baldy, Comes, P. Duffaut et Terrassa; Barbedette; Bernède; Bollo; Cambefort: Mesures des qualités mécaniques des massifs rocheux avant et après la consolidation par injections. (Frankreich)
- R. 19 G. Faivre d'Arcier, J. Conte: La consolidation des appuis du barrage de Monteynard. (Frankreich)
- R. 20 J. A. Talobrre: La mesure in-situ des propriétés mécaniques des roches et la sécurité des barrages de grande hauteur. (Frankreich)
- R. 21 F. Bollo: Résultats de recherches géotechniques sur une série de sites de barrages. (Frankreich)
- R. 22 D. J. Henkel, J. L. Knill, D. G. Lloyd, A. W. Skempton: Stability of the foundations of Monar dam. (Grossbritannien)
- R. 23 G. Sarmiento, L. Vaz: Cambambe dam: Problems posed by the foundation ground and their solution. (Portugal)
- R. 24 K. F. Benko: Large scale experimental rock grouting for Portage Mountain dam. (Kanada)
- R. 25 C. H. Pigott, I. D. Mackenzie: A Method used for an in situ bedrock shear test. (Kanada)
- R. 26 C. L. Emery: The strain in rocks in relation to dam foundations. (Kanada)
- R. 27 A. S. Ringheim: Experiences with the Bearpaw shale at the South Saskatchewan River dam. (Kanada)
- R. 28 F. Arredi: Technics for rock characteristics improvement at two dams in central Apennines. (Italien)
- R. 30 G. Canniani, P. Cavazzi: Influence des déformations de la roche de fondation d'un barrage sur l'écran d'imperméabilisation. (Italien)
- R. 31 M. Scalabrin, G. Carugo, L. Carati: Determination in situ of the state of the Frera dam foundation on rock by the sonic method, its improvement by consolidation grouting and verification of the result by again using the sonic method. (Italien)
- R. 32 N. Hast, T. Nilsson: Recent rock pressure measurements and their implications for dam building. (Schweden)
- R. 33 B. Hasselström, L. Rahm, K. A. Scherman: Methods for the determination of the physical and mechanical properties of rock. (Schweden)
- R. 34 A. Aastrup, S. Sällström: Further treatment of problematic rock foundation at Bergeforsen. (Schweden)
- R. 35 G. Oberti, E. Fumagalli: Propriétés physico-mécaniques des roches d'appui aux grands barrages et leur influence statique documentée par les modèles. (Italien)

- R. 36 G. C andiani, P. Gavazzi: Barrage de Ponte Murandin. Imperméabilisation d'un ancien lit colmaté du fleuve Chiese. (Italien)
- R. 37 C. Lotti, M. Beomonte: Execution and controls of consolidation works carried out in the foundation rock of an arch gravity dam. (Italien)
- R. 38 W. Balcerzki: Influence de l'hétérogénéité des roches sur la fondation d'un barrage-poids, en conditions du flysch carpathien. (Polen)
- R. 39 N. Schnitter: Properties and behaviour of the foundation rock at Sufers arch dam. (Schweiz)
- R. 40 M. G. Gonzales, M. F. Bollo, H. Arguelles-Fernandez, J. Piquer Chanzá: Traitement des roches de fondation par injections et son contrôle par la méthode géotechnique. (Spanien)
- R. 41 L. Hobst: Increasing dam stability by prestressing the soil foundation. (Tschechoslowakei)
- R. 42 M. Bilić: The influence of grouting on flysch rock permeability. (Tschechoslowakei)
- R. 43 F. W. Patterson, J. L. Haydock: The influence of bedrock structure and lithology in design of the Grand Rapids intake. (Kanada)
- R. 44 M. Rocha: Mechanical behaviour of rock foundations in concrete dams. (Portugal)
- R. 45 H. Link: Evaluation of elasticity moduli of dam foundation rock determined seismically in comparison to those arrived at statically. (Deutschland)
- R. 46 H. J. Martini, H. Dürbaum, W. Giesel, E. Habertha, H. Kleinsorge, M. Langer: Methods to determine the physical properties of rock. (Deutschland)
- R. 47 L. Queiroz: Geotechnical properties of weathered rock and behaviour of Furnas rockfill dam. (Brasilien)
- R. 48 F. Mooser: A Case of exceptional permeability at El Bosque dam. (Mexico)
- R. 49 W. Weyermann, J. R. Guerra, H. P. Cardoso: Le traitement des failles géologiques dans les fondations de barrages. (Portugal)
- R. 50 E. Clar, L. Mueller, F. Pacher, H. Petzny, W. Steinböck: On the practice of foundation rock investigation in Austria. (Oesterreich)
- R. 51 M. A. Hacar, F. Muza: Calculation of the action of anchoring bolts in galleries of circular cross-section. (Spanien)
- R. 52 S. Thoroddsen, H. Tomasson: Dam construction in a geology of bedded basalt lava flows, as elucidated by conditions in Iceland. (Island)
- R. 53 J. A. Jimenez Salas, S. Uriel: Some recent rock mechanics testing in Spain. (Spanien)
- R. 54 S. A. Rosa, A. N. Fedorenko, V. S. Eristov, V. Tokachiroy: Studies of deformation properties of rock foundations of high arch and gravity dams in the USSR. (UdSSR)
- R. 55 Z. Zanev: The grouting of a stone-masonry dam by cement-sand mortar. (Bulgarien)
- R. 56 B. Kujundzic, M. Stojakovic: A contribution to the experimental investigation of changes of mechanical characteristics of rock masses as a function of depth. (Jugoslawien)
- R. 57 C. L. Handa, Y. K. Murthy, K. Madhavan: Treatment of rock foundation for some large dams in India. (Indien)
- R. 58 P. S. Bhatnagar, S. R. Shah: Experiments on Bhakra dam foundations. (Indien)
- R. 59 D. G. Aiken: Foundation problems at Warragamba dam. (Australien)
- R. 6 J. A. Veltrop, R. P. Wengler, S. Azri: Structural behaviour of Karadj arch dam. (USA)
- R. 7 J. A. Rhodes: Structural behavior measurements on concrete gravity dams. (USA)
- R. 8 C. D. Crosthwaite, J. Lonergan, D. F. Campbell: On concrete gravity dams. Measurements of strains and temperatures in the Nant-y-Moch and Stwlan buttress dams, North Wales. (Grossbritannien)
- R. 9 D. W. Green: Temperature, deflection and uplift pressure measurements at the Dokan dam. (Grossbritannien)
- R. 10 G. Willm, A. Martin: Application de l'auscultation des barrages au contrôle de l'évolution du béton. (Frankreich)
- R. 11 T. E. S. White, R. H. Evans, J. Dennis: Baitings dam, horizontal and vertical deflections. (Grossbritannien)
- R. 12 J. Thévenin, Y. Le May: Quelques constatations particulières faites sur les déformations de barrages sous l'effet de la charge d'eau, de la température, des séismes. (Frankreich)
- R. 13 Bellier, Fabreguettes, Laroche, Puyo; Langlois, Terrassa, Nevière, Bertrand, Le May: Résultats des mesures d'auscultation effectuées sur les barrages du Lanoix (voûte mince) et de Grandval (voûtes multiples). (Frankreich)
- R. 14 T. Takahashi: Results of vibration tests and earthquake observations on concrete dams and their considerations. (Japan)
- R. 15 S. Okamoto, M. Yoshida, K. Nakayama: Observations of dams during earthquakes. (Japan)
- R. 16 F. Andersch: Results and interpretation of deformation measurements made on dams in the Western Harz. (Deutschland)
- R. 17 H. Breth: Measurements on a rockfill dam with bituminous concrete diaphragm. (Deutschland)
- R. 18 L. Bernal: Measurements in the Messaure dam, a rockfill structure with wet-compacted moraine core. (Schweden)
- R. 19 T. Persson: The Trängslet dam. Results and interpretation of measurements made on the dam. (Schweden)
- R. 20 L. Pinkerton, A. D. M. Connell: Behaviour of Tooma dam. (Australien)
- R. 21 E. Chaya, A. Soubra: Déformation du barrage de Karaoun. (Libanon)
- R. 22 B. Gilg, F. Dubois: Mesures de déformation des barrages de Mauvoisin (1958–1963), du Châtelot (1952–1962) et d'Isola (1960–1963); comparaison avec un calcul rapide de contrôle. (Schweiz)
- R. 23 N. Schnitter: Recomputation of the measured deflections for a large and a medium-sized arch dam. (Schweiz)
- R. 24 H. Gicot: The deformations of the Rossens arch dam during fourteen years service. (Schweiz)
- R. 25 C. F. Ripley, D. B. Campbell: Performance of earth-dam on compressible and pervious foundation. (Kanada)
- R. 26 A. C. Xerez, J. F. Lamas, C. Cardoso Ferreira: La mesure des déplacements dans le contrôle du comportement des barrages en béton. (Portugal)
- R. 27 A. Alvares Ribeiro, H. Ferreira, Martins: Portuguese dams on the International Douro. Some results from their observation. (Portugal)
- R. 28 M. Simsek: Observations and measurements of an earth dam founded on a difficult site. (Tschechoslowakei)
- R. 29 P. Peter, V. Svabik: Seepage and antiseepage measures on dams built up on Carpathian flysch. (Tschechoslowakei)
- R. 30 E. Arhipainen: Pore pressure measurements in two finnish earth-fill dams. (Finnland)
- R. 31 Z. Boretti, C. Kempa, B. Godlewski: Résistance à la traction des surfaces de reprise dans les constructions hydrotechniques en béton. (Polen)
- R. 32 B. M. Rajcevic: Résultats et interprétations des mesures faites sur les barrages de Grahovo et de Mavrovo. (Jugoslavien)
- R. 33 D. Milovanovic: Quelques résultats de l'auscultation du barrage de Nova Grobnica. (Jugoslavien)
- R. 34 E. Hadzimehmedovic: Observation du barrage de Jajce. (Jugoslavien)
- R. 35 L. Rossi Leidi, E. Piancastelli: Analyse des déformations d'un barrage d'après les mesures des extensomètres. (Italien)
- R. 36 L. Carati, E. Del Felicio: Contraintes mesurées dans le barrage de Fera dues au remplissage du réservoir pendant la période avril-septembre 1960 et à la vidange pendant la période décembre 1960–avril 1961, et leur comparaison avec les contraintes évaluées avec le calcul et avec les modèles. (Italien)
- R. 37 E. Lauletta: Dynamic features of a recent Italian arch dam. (Italien)

## FRAGE NR. 29

Resultate und Interpretationen von Messungen an Talsperren jeglichen Typus, inbegriffen Beobachtungen über Erdbeben.

GENERALBERICHTERSTATTER: G. Oberti (Italien)

- R. 1 R. C. S. Walters: Damage by earthquake to Blackbrook dam, Loughborough, England. (Grossbritannien)
- R. 2 Marc Henry: Resultat et interprétation des mesures faites sur les digues de l'aménagement du Bas-Rhône. (Frankreich)
- R. 3 J. Barge, G. Post, P. Huynh: Auscultation de la digue de Serre-Ponçon. (Frankreich)
- R. 4 A. W. Bishop, M. F. Kenward, P. R. Vaughan: Developments in the measurement and interpretation of pore pressure in earth dams. (Grossbritannien)
- R. 5 M. D. Copen, J. T. Richardson: Comparison of the measured and the computed behaviour of Monticello (arch) dam. (USA)
- R. 6 J. A. Veltrop, R. P. Wengler, S. Azri: Structural behaviour of Karadj arch dam. (USA)
- R. 7 J. A. Rhodes: Structural behavior measurements on concrete gravity dams. (USA)
- R. 8 C. D. Crosthwaite, J. Lonergan, D. F. Campbell: On concrete gravity dams. Measurements of strains and temperatures in the Nant-y-Moch and Stwlan buttress dams, North Wales. (Grossbritannien)
- R. 9 D. W. Green: Temperature, deflection and uplift pressure measurements at the Dokan dam. (Grossbritannien)
- R. 10 G. Willm, A. Martin: Application de l'auscultation des barrages au contrôle de l'évolution du béton. (Frankreich)
- R. 11 T. E. S. White, R. H. Evans, J. Dennis: Baitings dam, horizontal and vertical deflections. (Grossbritannien)
- R. 12 J. Thévenin, Y. Le May: Quelques constatations particulières faites sur les déformations de barrages sous l'effet de la charge d'eau, de la température, des séismes. (Frankreich)
- R. 13 Bellier, Fabreguettes, Laroche, Puyo; Langlois, Terrassa, Nevière, Bertrand, Le May: Résultats des mesures d'auscultation effectuées sur les barrages du Lanoix (voûte mince) et de Grandval (voûtes multiples). (Frankreich)
- R. 14 T. Takahashi: Results of vibration tests and earthquake observations on concrete dams and their considerations. (Japan)
- R. 15 S. Okamoto, M. Yoshida, K. Nakayama: Observations of dams during earthquakes. (Japan)
- R. 16 F. Andersch: Results and interpretation of deformation measurements made on dams in the Western Harz. (Deutschland)
- R. 17 H. Breth: Measurements on a rockfill dam with bituminous concrete diaphragm. (Deutschland)
- R. 18 L. Bernal: Measurements in the Messaure dam, a rockfill structure with wet-compacted moraine core. (Schweden)
- R. 19 T. Persson: The Trängslet dam. Results and interpretation of measurements made on the dam. (Schweden)
- R. 20 L. Pinkerton, A. D. M. Connell: Behaviour of Tooma dam. (Australien)
- R. 21 E. Chaya, A. Soubra: Déformation du barrage de Karaoun. (Libanon)
- R. 22 B. Gilg, F. Dubois: Mesures de déformation des barrages de Mauvoisin (1958–1963), du Châtelot (1952–1962) et d'Isola (1960–1963); comparaison avec un calcul rapide de contrôle. (Schweiz)
- R. 23 N. Schnitter: Recomputation of the measured deflections for a large and a medium-sized arch dam. (Schweiz)
- R. 24 H. Gicot: The deformations of the Rossens arch dam during fourteen years service. (Schweiz)
- R. 25 C. F. Ripley, D. B. Campbell: Performance of earth-dam on compressible and pervious foundation. (Kanada)
- R. 26 A. C. Xerez, J. F. Lamas, C. Cardoso Ferreira: La mesure des déplacements dans le contrôle du comportement des barrages en béton. (Portugal)
- R. 27 A. Alvares Ribeiro, H. Ferreira, Martins: Portuguese dams on the International Douro. Some results from their observation. (Portugal)
- R. 28 M. Simsek: Observations and measurements of an earth dam founded on a difficult site. (Tschechoslowakei)
- R. 29 P. Peter, V. Svabik: Seepage and antiseepage measures on dams built up on Carpathian flysch. (Tschechoslowakei)
- R. 30 E. Arhipainen: Pore pressure measurements in two finnish earth-fill dams. (Finnland)
- R. 31 Z. Boretti, C. Kempa, B. Godlewski: Résistance à la traction des surfaces de reprise dans les constructions hydrotechniques en béton. (Polen)
- R. 32 B. M. Rajcevic: Résultats et interprétations des mesures faites sur les barrages de Grahovo et de Mavrovo. (Jugoslavien)
- R. 33 D. Milovanovic: Quelques résultats de l'auscultation du barrage de Nova Grobnica. (Jugoslavien)
- R. 34 E. Hadzimehmedovic: Observation du barrage de Jajce. (Jugoslavien)
- R. 35 L. Rossi Leidi, E. Piancastelli: Analyse des déformations d'un barrage d'après les mesures des extensomètres. (Italien)
- R. 36 L. Carati, E. Del Felicio: Contraintes mesurées dans le barrage de Fera dues au remplissage du réservoir pendant la période avril-septembre 1960 et à la vidange pendant la période décembre 1960–avril 1961, et leur comparaison avec les contraintes évaluées avec le calcul et avec les modèles. (Italien)
- R. 37 E. Lauletta: Dynamic features of a recent Italian arch dam. (Italien)

- R. 38 G. Struzzola: Les résultats des mesures géodésiques effectuées sur la roche du réservoir de Valle di Lei. (Italien)
- R. 39 A. Pronzato, J. S. Carmona, M. E. Espinosa: Stabilité transversale du barrage de Valle Grande. (Argentinien)
- R. 40 Italian Subcommittee for observations on dams and models: Dam measurements in Italy. (Italien)
- R. 41 S. Thoroddsen: Notes on earthquakes in Iceland. (Island)
- R. 42 M. Rocha, A. F. Da Silveira: Assessment of observation techniques used in portuguese concrete dams. (Portugal)
- R. 43 A. F. Da Silveira, J. de O. Pedro: Quantitative interpretation of results obtained in the observation of concrete dams. (Portugal)
- R. 44 H. Gremg: Observations faites sur les barrages de l'Autriche. (Oesterreich)
- R. 45 A. Ulloa O.: Field observations at the Soledad dam. (Mexico)
- R. 46 C. Laroche, U. Zappi, Coyne et Bellier: The impounding survey at Kariba dam. (Rhodesien und Njassaland)
- R. 47 E. Nonveiller: Post-construction deformation of rockfill dam Peruca. (Jugoslavien)
- R. 48 S. N. Gupta, H. D. Sharma: Pore pressure and settlement observations at Nanak Sagar dam. (Indien)
- R. 49 D. Damyanov, M. Mihailov: Investigations on deformations of some dams built in the peoples Republic of Bulgaria. (Bulgarien)
- R. 50 S. V. Medvedev, A. P. Sinitzyn: Tests and theoretical studies on the earthquake resistant properties of the arch dams. (UdSSR)
- R. 18 R. Ramacciotti: Importance des actions déterminées par les gradients de température dans les phénomènes de gélivité du béton des barrages. (Italien)
- R. 19 U. Picozzi, C. Grossi: Variations in time in the elastic characteristics of concrete and statistical control of concrete strength. (Italien)
- R. 20 O. Valenta: The significance of aggregate-cement bond for mechanical and physical properties of concrete. (Tschechoslowakei)
- R. 21 V. Stadnik: Measurements of the thermal effects and properties of the in-situ concrete of the Orlik gravity dam. (Tschechoslowakei)
- R. 22 R. Sanchez Trejo, M. Mena Ferrer: Design and control of concrete for three arch dams. (Mexico)
- R. 23 J. C. M. Beja Neves, L. Moreira Lobo, J. M. Oliveira Nunes: Considérations sur les études du béton de quelques grands barrages portugais. (Portugal)
- R. 24 F. Pilny: A new method of testing the consistency of mass concrete. (Deutschland)
- R. 25 V. V. Stolnikov: Concrete design for large dams in the USSR and the influence of age on the basic properties of hydrotechnical concrete. (UdSSR)
- R. 26 M. Mihailov: Temperature regime and fissuration of the concrete in large dams. (Bulgarien)
- R. 27 S. Vasilev, M. Mihailov: Deformations owing to the irregular change of the moisture in the dams. (Bulgarien)
- R. 28 B. N. Chatterjee, R. L. Dewan: Design of concrete with special reference to fine aggregates. (Indien)
- R. 29 S. M. M. Gadein, J. Delauzun: Concrete in an arid zone. Organisation of concreting and concrete hardening temperatures. Results obtained. (Sudan)
- R. 30 C. L. Handa, dos M. Pais-Cuddou: Experience with concrete mix design and construction for major works in River Valley projects in India. (Indien)
- R. 31 J. L. Pares: Kariba hydroelectric scheme on the river Zambezi. (Rhodesien und Njassaland)
- R. 32 N. G. K. Murti, P. M. Mane, M. R. Vinayaka: Evaluation of rubble concrete for the Koyna dam and its performance in the structure. (Indien)

#### FRAGE NR. 30

Studium des Betons für grosse Talsperren jeglichen Typus und Einfluss des Alters auf die Eigenschaften des Betons.

GENERALBERICHTERSTATTER: V. Stolnikov (UdSSR)

- R. 1 M. Venut: Appréciation de la résistance au gel des bétons par mesure de l'absorption capillaire. (Frankreich)
- R. 2 C. I. Gemahling: L'amélioration de la résistance à la compression des bétons dans les chantiers du Bas-Rhône. (Frankreich)
- R. 3 J. P. Lajeat et G. Marin, A. Rachail et G. Jelin: Mesures prises pour éviter la fissuration des bétons lors de la construction des barrages de Roselend et de Monteynard. (Frankreich)
- R. 4 W. R. Waugh: Composition and properties of concrete for gravity dams. (USA)
- R. 5 E. C. Higginson, Ch. L. Townsend: Properties of mass concrete to 22 years' age and their influence on the design of large concrete dams. (USA)
- R. 6 T. Hatanaka, S. Seki, N. Nishizawa: Strength of concrete under combined tensile and compressive stresses, and its application to design of dam concrete. (Japan)
- R. 7 Y. Tokunaga: On strength after long age, heat of hydration and cement properties about several concrete dams. (Japan)
- R. 8 M. Kokubu, M. Yoshikoshi, N. Tashiro, K. Ohashishi: Design of concrete mixtures using fly ash in various types of large dams. (Japan)
- R. 9 K. F. Scott, W. T. N. Reeve: Some aspects of british experience at home and abroad in the design and production of concrete for large dams. (Grossbritannien)
- R. 10 C. R. Lee: Temperature and other factors influencing the cracking of concrete in a dam. (Grossbritannien)
- R. 11 H. C. Ernstrom: The effect of age and cement fineness on the strength and elasticity of concrete. (Grossbritannien)
- R. 12 G. C. Wilson: Some examples of mix designs adopted for use in the United Kingdom. (Grossbritannien)
- R. 13 F. Andersch: Concrete of a gravity dam in the Western Harz twenty years later. (Deutschland)
- R. 14 J. Vuorinen: On the tests and requirements for the properties of concrete as used by the Finnish State Power Companies. (Finnland)
- R. 15 J. Vuorinen: On the design and control of concrete for the hydro-power projects of the Finnish State Power Companies. (Finnland)
- R. 16 G. Gentile: Study, preparation and placement of low cement concrete, with special regard to its use in solid gravity dams. (Italien)
- R. 17 P. Bertacchi: Behaviour of concrete under combined loads; a comparison of the concrete shearing strength values obtained from direct tests with the values determined from triaxial tests. (Italien)

#### FRAGE NR. 31

Entwurf, Baumethode und Verhalten von Staudämmen grösserer Höhe (über 80 Meter).

GENERALBERICHTERSTATTER: J. Barry Cooke (USA)

- R. 1 L. Poussse, J. Molbert: Essais de mise en œuvre d'enrochements au Mont-Cenis. (Frankreich)
- R. 2 F. L. Lawton, M. D. Lester: Settlement of rockfill dams (Kanada)
- R. 3 T. Abu Wafa, A. H. Labib: Designs and methods of construction of the High Aswan Dam. (VAR)
- R. 4 H. Lauffer, W. Schobert: The Gepatsch rockfill dam in the Kauner valley. (Oesterreich)
- R. 5 E. Reinus: Design and construction of Holjes dam. (Schweden)
- R. 6 L. C. E. Bernell: Placement of rockfill under winter conditions. (Schweden)
- R. 7 F. H. Lyra, L. Queiroz: The Furnas rockfill dam. (Brasilien)
- R. 8 B. Gilg: Essais sur place et mesures de contrôle des digues de Göschenenalp et de Mattmark. (Schweiz)
- R. 9 D. H. Bassen: Construction experience — Cougar Dam. (USA)
- R. 10 W. E. Collins: Design of Blue Mesa dam. (USA)
- R. 11 J. Lowe III: Shear strength of coarse embankment dam materials. (USA)
- R. 12 J. N. Barnes: Design and construction of Summersville dam. (USA)
- R. 13 P. F. Baumann: Limit height criteria for loose-dumped rockfill dams. (USA)
- R. 14 I. Asaoka: The Miboro dam. (Japan)
- R. 15 H. Press: Studies and methods in designing and building high fill dams. (Deutschland)
- R. 16 M. Vercion, M. Zamurovic: Réalisation d'un barrage en enrochements avec emploi de matériaux rocheux variables. (Jugoslavien)
- R. 17 A. Lohr: Design, construction methods and performance of rockfill dams over 80 meters high. (Deutschland)
- R. 18 R. J. Marsal, L. R. de Arellano: El Infiernillo rockfill dam. (Mexico)
- R. 19 A. A. Nitchiporovitch: Deformations and stability of rockfill dams. (UdSSR)