Zeitschrift: Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 51 (1959)
Heft: 1-2

Artikel: Die II. Juragewässerkorrektion
Autor: Müller, R.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-921268

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: 28.12.2025

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

Die II. Juragewässerkorrektion

Prof. Dr. *R. Müller*, Projektierungs- und Bauleiter, Biel

Erster Teil Das generelle Projekt mit Wehrreglement und Bauprogramm

1. Einleitung

Am 17. Oktober 1956 beschlossen die fünf Juragewässerkantone

Freiburg, Waadt, Neuenburg, Bern und Solothurn

vertraglich die Vorbereitung und Durchführung der II. Juragewässerkorrektion. Es erfolgte die Gründung der Interkantonalen Baukommission (IKB), bestehend aus den Baudirektoren der Kantone sowie den Kantons- und Wasserbauingenieuren, welche den Technischen Ausschuß (TA) bilden. So bestand die Baukommission während der Durchführung der Projektierung aus folgenden Mitgliedern:

Regierungsrat	S. Brawand, Präsident der IKB	BE
Regierungsrat	O. Stampfli, 1. Vizepräsident der IKB	SO
Staatsrat	C. Genoud, 2. Vizepräsident der IKB	FR
Regierungsrat	A. Maret	VD
Regierungsrat	P. A. Leuba	NE
Kantonsobering.	Dr. E. Gerber, Präsident des TA	BE
Wasserbauing.	O. Lemp, 1. Vizepräsident des TA	SO
Kantonsing.	L. Desbiolles, 2. Vizepräsident des TA	FR
Wasserbauing.	J. Noverraz	VD
Kantonsing.	M. Roulet	NE
Fürsprecher	E. Ehrsam, Sekretär der II. JGK	BE

Als Beobachter und Berater nahmen an den Sitzungen Vertreter des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft und des Eidg. Oberbauinspektorates teil.

Nach der Wahl des Projektierungs- und Bauleiters konnten am 3. Januar 1957 die Projektierungsarbeiten begonnen werden. Die Kantone haben im Art. 1 des Vertrages die Vorbereitung und Durchführung der II. Juragewässerkorrektion nach der Projektstudie «Eingabe 1952» vorgesehen, ergänzt durch die seit 1952 durchgeführten Studien des Rhone-Rhein-Schiffahrtsverbandes, behielten sich aber die Durchführung der Korrektion nach neuen geeigneteren Vorschlägen vor. Die sogenannte Eingabe 52 wurde als Vorschlag der Juragewässerkantone am 22. August 1952 dem Bundesrat eingereicht, der am 2. Juni 1955 die Subventionierung zusicherte unter der Bedingung, daß die Kantone ein umfassendes bereinigtes Projekt mit Regulierreglement und Kostenvoranschlägen einreichen. Im Sinne dieser Antwort des Bundesrates beauftragte die Interkantonale Baukommission die Projektierungs- und Bauleitung mit

«der Ausarbeitung des generellen Projektes, der Detailprojekte, Kostenvoranschläge, Arbeitsprogramme und Wehrreglemente».

Die neue Projektierungsleitung konnte sich mit der Überprüfung der Eingabe 52 in das Problem einarbeiten, wobei die sehr eingehenden Grundlagen des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft eine rasche Beurteilung der Verhältnisse ermöglichten. Im Januar 1955, also nach der Eingabe 52, wurde das Seeland erneut von einem überschwemmenden Hochwasser heimgesucht. Die Überprüfung der Eingabe 52 mit diesem Hochwasser von bisher extremster Intensität ergab, daß die für die Korrektion nach der Eingabe 52 vorausgesagten zukünftigen Höchststände in den Seen wieder um etwa 15 cm überschritten worden wären. Die Natur warnte so vor Beginn der Detailprojektierung vor einer zu spitzen Dimensionierung. Nach eingehenden Beratungen im Schoße des Technischen Ausschusses faßte daher die Interkantonale Baukommission den Beschluß, das auszuarbeitende Projekt unter Berücksichtigung des Hochwassers 1955 so zu gestalten, daß die in der Eingabe 52 vorgesehenen Höchstspiegel in den Seen nicht überschritten werden. Es bedeutete dies eine Neuprojektierung, denn nur ein sehr eingehendes Abwägen der verschiedenen die Wirkung beeinflussenden Faktoren ermöglichte die erhöhte Feinheit einer Anpassung. Die Entwicklung des Projektes wurde der Interkantonalen Baukommission in vier Berichten laufend dargelegt. So konnten die notwendigen Beschlüsse in 14 Sitzungen des Technischen Ausschusses und der Baukommission dem Stand der Arbeit entsprechend gefaßt werden. Die Beschlußfassung über das hier zusammengefaßt dargestellte Projekt erfolgte in der Sitzung der Interkantonalen Baukommission vom 6. Februar 1959 in Bern. Der erste Teil umfaßt das generelle Projekt mit Wehrreglement und Bauprogramm. Im zweiten Teil wird das technische Projekt mit den Kosten dargestellt. Bei der Ausarbeitung des Projektes wirkten der stellvertretende Projektierungs- und Bauleiter Dipl. Ing. G. Durisch und die Ingenieure Th. Pitsch und G. Sterchele mit.

2. Das Seeland und seine Geschichte

In den Murtensee (M), den Neuenburgersee (NE) und den Bielersee (B) mit zusammen etwa 290 km² Spiegelfläche fließen die Wasser eines Einzugsgebietes von 8317 km². Bild 1 zeigt dieses Einzugsgebiet, das für das erweiterte Gebiet des «Seelandes» bis Solothurn und mit der Emme zusammen bis zum untern Ende des Korrektionsgebietes, dem Wehr Hohfuhren des Kraftwerkes Bannwil, auf 9629 km² anwächst und damit annähernd ¼ der Gesamtfläche der Schweiz erreicht. Die II. Juragewässerkorrektion umfaßt nach der Übersichtskarte (Bild 2) die beiden Verbindungskanäle Broye und Zihl zwischen den drei Seen, den Nidau-Bürenkanal, die Aarestrecke Büren—Solothurn und von Solothurn bis zur Emmemündung und schließlich von der Mündung der Emme bis zum genannten Wehr Hohfuhren. Es sind dies 57 km Kanal- und Flußstrecke, von denen die Wasserspiegel in den Seen abhängen.

Wenn die Namen Broyekanal, Zihlkanal, Nidau-Bürenkanal genannt werden, so erinnert dies an den künstlichen Ausbau dieser Flußstrecken anläßlich der I. Juragewässerkorrektion. Wir denken auch an den Hagneckkanal, durch den im Jahr 1878 die Aare von Aarberg durch das Große Moos und den Seerücken künstlich in den Bielersee abgeleitet wurde. Jene Korrektion, durchgekämpft vom Arzt Dr. Rudolf Schneider, projektiert von La Nicca und ausgeführt von Obering. Bridel, prägte das heutige fruchtbare Seeland mit einer Absenkung aller Wasser um 2 bis 3 Meter. Verschwunden waren die verheerenden Überschwemmungen durch die Aare, die im Altlauf von Aarberg nach Büren zu

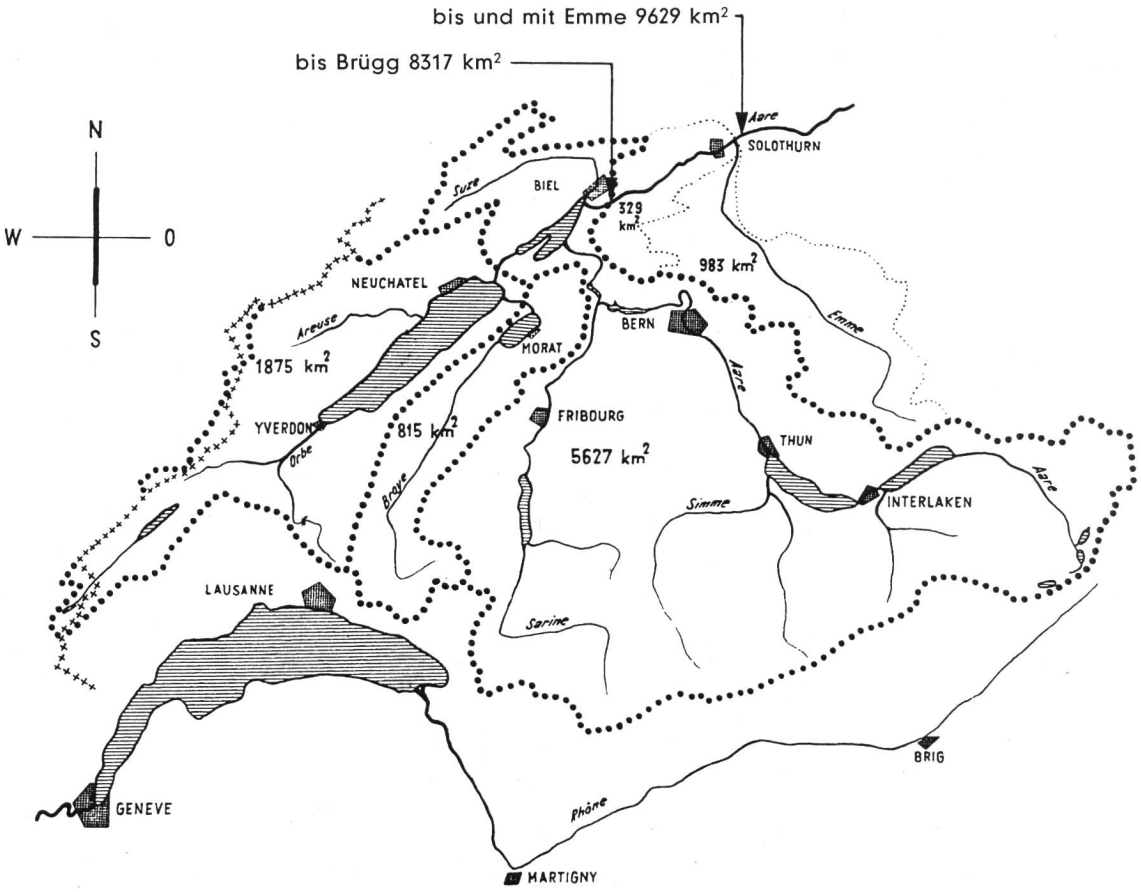


Bild 1 Übersichtskarte der Einzugsgebiete von Murten-, Neuenburger- und Bielersee

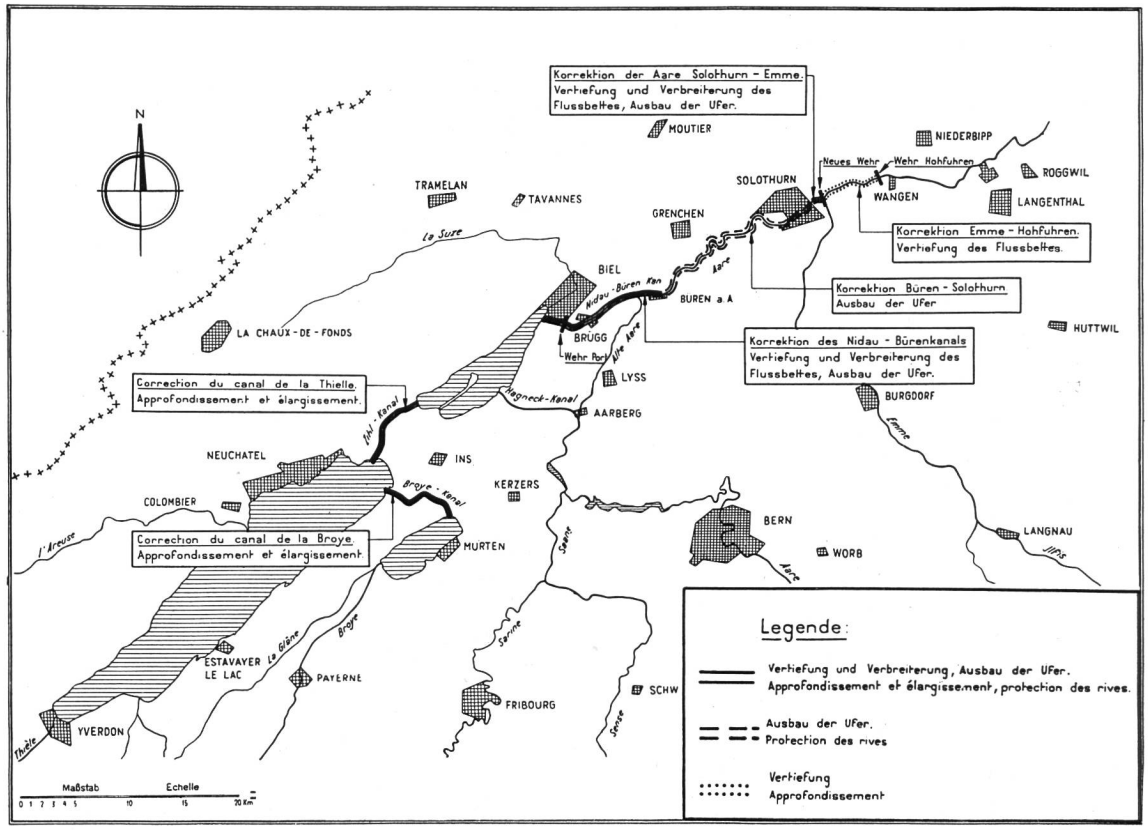


Bild 2 Übersichtskarte des Korrektionsgebietes

Bild 3 Hochwasser 1944. Die Domäne Witzwil zwischen Murtensee und Neuenburgersee; im Hintergrund der Mont Vully
(Photo Hans Steiner, Bern)

wenig Gefälle für den Geschiebetransport vorfand und deshalb bei Hochwasser regelmäßig das ganze Seegebiet von unten her rückstaute. Mit dieser ersten Korrektion wurde den späteren Generationen ein Erbe von größter Bedeutung vermacht. Es zeugt von der großen Opferbereitschaft der Generationen um die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts und vom Mut und der Tatkraft der damaligen Ingenieure. Dieses Werk soll nun mit der II. Juragewässerkorrektion verfeinert und beendigt werden.

Wenn sich schon bald nach der segensreichen Wirkung der I. Korrektion das Bedürfnis nach ergänzenden Maßnahmen zeigte, so war dies vor allem die Folge erhöhter Ansprüche. Die vorausgesagten Höchststände wurden nie überschritten, sie erwiesen sich jedoch als zu hoch für die nunmehr kultivierten Ebenen, die sich zum Teil, bedingt durch den allgemeinen Wasserentzug, bis 1 m und mehr senkten. Seit den Hochwassern 1910, die wieder große Gebiete überschwemmten, verhallte der Ruf nach einer ergänzenden zweiten Juragewässerkorrektion nicht mehr. Auch die Aarestrecke von Büren flußabwärts bis Solothurn und weiter bis zur Emmemündung blieb unkorrigiert, obschon La Nicca vorsah, auch diese Strecke noch zu korrigieren, falls es sich als nötig erweisen sollte. Die flachen Ebenen von Grenchen bis Solothurn blieben aber von Überschwemmungen nicht verschont.

Durch die Kantone und den Bund wurden in den vergangenen 40 Jahren wohl Projekte einer zweiten Korrektion entwickelt; zur Ausführung konnte man sich jedoch nicht entschließen, weil für eine Verfeinerung das Verhältnis von Wirkung und Kosten viel ungünstiger ist als bei der ersten groben Korrektion. Nur der Bau eines neuen Wehres Port am Ausfluß aus dem Bielersee zur besseren Niederwasserhaltung in den Seen wurde in den Jahren 1936/40 ausgeführt. Erst nach einer Anzahl Überschwemmungen (Bilder 3 bis 5), verursacht durch aufeinanderfolgende Winterhochwasser, bedingt durch Regen und Schneeschmelzen, in den Jahren 1944, 1950, 1952 und 1955, einigten sich die fünf Juragewässerkantone Freiburg, Waadt, Neuenburg, Bern und Solothurn am 17. Oktober 1956 vertraglich zur Vorbereitung und Durchführung der zweiten Juragewässerkorrektion.

3. Die Zusammenhänge im bestehenden Zustand und nach der II. Juragewässerkorrektion

Die II. Juragewässerkorrektion bezweckt die Verhinderung der noch auftretenden Überschwemmungen im Bereich der Seen und im Aaretal bis zur Emmemündung. Die Lösung dieser Aufgabe wird erschwert, weil sie verschiedene sich gegenseitig beeinflussende Maßnahmen erfordert und weil zusätzliche Bedingungen der Uferkantone und der Unterlieger zu berücksichtigen sind. Es ist klar, daß unter diesen Umständen ein weiter Weg des «Suchens der Lösung» beschritten werden mußte. Trotz dem Vorliegen früherer eingehender Studien erforderte der allgemeine Überblick die Durchrechnung sehr vieler Varianten, aus denen sich schließlich die Lösung finden ließ. Um das Problem und seine Lösung in kurzer Form darzulegen, werden Ursachen und Wirkungen für jedes Einzelproblem direkt *vor* und *nach* der Korrektion verglichen, wobei für den Zustand nach der Korrektion diejenige Lösung dargestellt wird, die sich im Rahmen der Gesamtaufgabe aus den umfangreichen Studien als die richtige erwies.

Betrachten wir zunächst die Überschwemmungen im Bereich der Seen. Die Seen bilden ein großes Wasserrückhalt- oder Retentionsbecken, in dem mit 1 m Spiegelanstieg 290 bis 300 Mio m³ Wasser gespeichert werden können. Dieses Becken ist nötig, um die sehr großen Spitzenzuflüsse zu den Seen aufzufangen, betragen doch die mittleren täglichen Höchstzuflüsse 1400 bis 1700 m³/sec, die entsprechenden Höchstausflüsse in Nidau dagegen nur 500 bis 700 m³/sec, wobei nach Diagramm 1, der Ausflußkapazität Nidau im bestehenden Zustand, der Höchstwert des Ausflusses erst bei Höchstständen im Bielersee erreicht wird. Wenn trotz des sehr großen Beckens bei Hochwasserzuflüssen das Wasser aus den Seen und den Verbindungskanälen über die Ufer sich in das Kulturland ausbreitet, so deutet das darauf hin,

daß die Differenz der zu- und ausfließenden Wassermengen größer ist als das Retentionsvermögen der Seen und Kanäle *unterhalb ihrer Überschwemmungsgrenzen.*

Die Überschwemmungsgrenzen der drei Seen wurden von einer interkantonalen technischen Kommission schon in den 20er Jahren mit folgenden Koten festgelegt:

Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee
430,70	430,35	430,25 m ü. M.

Das Diagramm 2 zeigt, wie diese Grenzen anläßlich der Hochwasser 1944, 1950 und 1955 überschritten wurden, was zu den großen Überschwemmungen führte. Aus Diagramm 3 ist für die selben Hochwasser oben der gemittelte Seestand und unten die Differenz zwischen der Summe aller Zuflüsse und derjenigen der Ausflußmengen in Nidau ersichtlich. Darnach mußten während der Hochwasser im Seesystem folgende maximale Wasserkubaturen aufgespeichert werden:

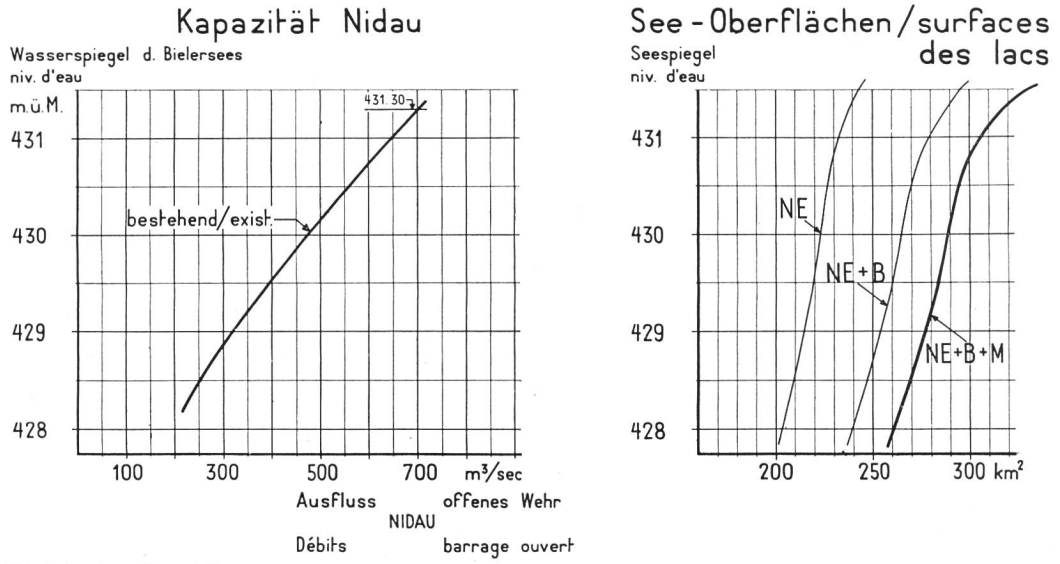
Hochwasser	Mio m³
1944	400
1950	500
1955	400

Dabei war das Wehr Port praktisch während der ganzen Dauer der Hochwasser offen. Diesen Kubaturen entspricht der gemessene Anstieg der Wasserspiegel in den Seen von im Mittel 1,5 bis 1,7 m, wie dies auch vereinfacht im Diagramm 4 links für den bestehenden Zustand dargestellt ist. Das Diagramm 4 zeigt auch, daß bei Beginn der maßgebenden Hochwasserzuflüsse in den Seen die Wasserspiegel jeweils auf Koten zwischen 429,40 und 429,60 m ü. M. standen. Angedeutet ist ferner mit dem tiefsten Seestand 428,20 und dem höchsten 431,20 der totale Schwankungsbereich von etwa 3 m. Zur Vereinfachung der Darstellung wurden die drei Seen als Einheitssee betrachtet, dessen Charakter weitgehend mit dem größten See, dem Neuenburgersee mit 224 km² Oberfläche, übereinstimmt. Über das Verhalten der einzelnen Seen orientiert das Diagramm 2.

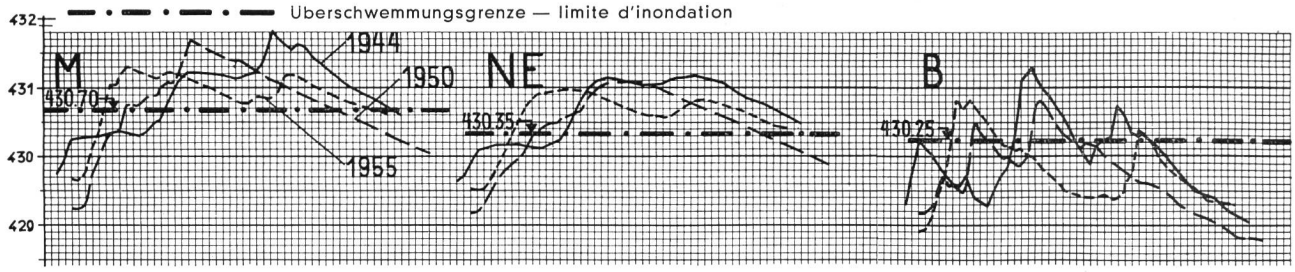
Die dargestellten Hochwasser 1944, 1950 und 1955 sind in den Wintermonaten November bis Januar aufgetreten, als Folge längerer starker Niederschläge nördlich der Alpen. Alle Flüsse, Aare, Reuß, Limmat und Rhein führten in diesen Tagen Hochwasser, die Abflußspitzen dieser Flüsse treten sogar am selben Tag auf. Es kann daraus geschlossen werden, daß sich solche Hochwasser wiederholen werden und daß die Überschwemmungen, als Folge der bestehenden Differenz zwischen den Zuflußmengen und dem Abflußvermögen

Bild 4 Hochwasser 1944. Die Grenchenwiti im Aaretal

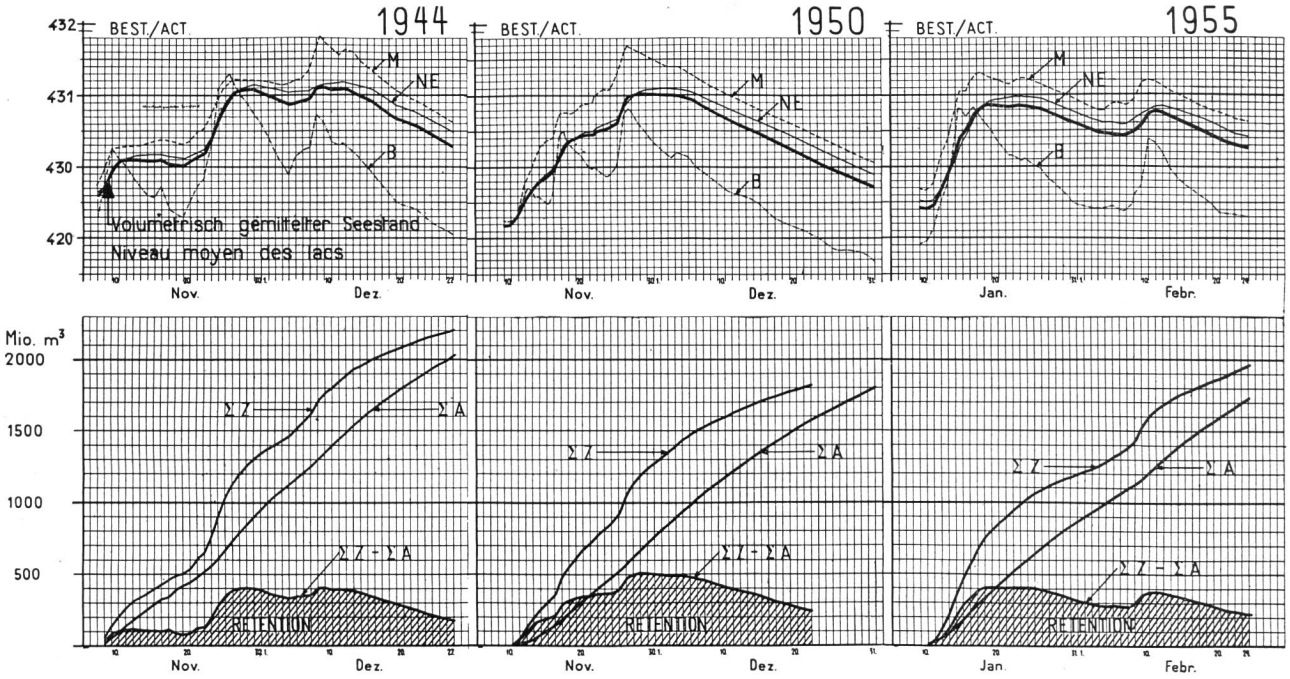
Bild 5 Hochwasser 1944. Brüel oberhalb Solothurn



Diagr. 1 Grundlagen / Bases



Diagr. 2 Winterhochwasser, Seestände / Crues d'hiver, cotes des lacs (M = Murtensee, NE = Neuenburgersee, B = Bielersee)



Diagr. 3 Seestände / Cotes des lacs

Summenlinien der Zu- und Abflüsse mit Hochwasser-Retention in den Juraseen
Courbes intégrales des apports et des débits; retention des crues dans les lacs subjurassiens

aus dem Seesystem in Nidau, im bestehenden Zustand unvermeidlich sind. Im zukünftigen Zustand nach der II. Juragewässerkorrektion sind für die Seeanstiege nur noch die 6 bis 9 Tage mit den größten Zuflußmengen zu den Seen entscheidend. Maßgebend wird nach Diagramm 5 das Hochwasser 1955 mit der bisher größten Intensität der Zuflüsse von

640 Mio m³ in 6 Tagen
bzw. 810 Mio m³ in 9 Tagen.

Für dieses Hochwasser haben die Juragewässerkantone folgende zukünftige Höchststände in den Seen festgelegt:

Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee
430,85	430,50	430,35 m ü. M.

Es sind dies angenähert die Höchststände, wie sie bei der Eingabe 1952 für das damals größte bekannte Hochwasser 1944 toleriert wurden. Diese zukünftigen Höchststände sind immer noch 15 cm höher, als die Überschwemmungsgrenzen erfordern, aber verglichen mit den bisher höchsten Seeständen

Murtensee	Neuenburgersee	Bielersee
431,90	431,20	431,30 m ü. M.

eine Absenkung von 70 bis 95 cm. Dies bedeutet, daß vom bisher bei Hochwasser ausgenützten Retentionsraum die obersten rund 200 Mio m³ in Zukunft nicht mehr benützt werden dürfen. Welche Maßnahmen sind nun erforderlich, um diese Absenkung der Höchststände zu ermöglichen?

Es soll vorerst ein Faktor beleuchtet werden, der für die Hochwasseranstiege in erster Linie maßgebend ist, nämlich die Höhe der Wasserspiegel in den Seen bei Beginn der Hochwasserzuflüsse. Wenn die Seen zu hoch angestiegen sind, so könnte gefolgert werden, es seien eben schon zu hohe «Beginn»-Wasserspiegel vorhanden gewesen, man hätte für tiefere Ausgangsspiegel in den Seen sorgen sollen oder müßte in Zukunft für tiefere Spiegel sorgen. Wir haben diese Variable mit «Bereithaltungskote» bezeichnet. Sie wird beim gegebenen Charakter der Hochwasserzuflüsse zur «Beginn»-Kote und soll andeuten, daß für das Auffangen der Hochwasser ein Hochwasserschutzraum bereit gehalten werden muß, indem bei Überschreiten der Bereithaltungskote in den Seen das Wehr Port vollständig offen sein muß.

Im bestehenden Zustand hat also die Bereithaltungskote 429,40 bis 429,60 nicht genügt, die Seen sind zu hoch angestiegen. Die Seen hätten bei Beginn der Hochwasser um mehr als einen Meter tiefer stehen müssen, wenn sie nicht über die in Zukunft tolerierten Höchststände hätten aufsteigen sollen. Weil mit tieferen Seeständen das Ausflußvermögen bei offenem Wehr Port nach Diagramm 1 kleiner wird, würde nämlich ein um so größeres Auffangvolumen benötigt und zudem würde die Anstieghöhe größer, weil die Seeoberflächen bei tieferen Ständen kleiner sind (Diagramm 1). Eine solche Herabsetzung der Bereithaltung könnte den Seeanstößern nicht zugemutet werden. Es ist zu bedenken, daß sich die ganze bautechnische Entwicklung an den Seeufern nach den bisherigen mittleren Wasserständen richtete. Die Juragewässerkantone haben deshalb die zusätzliche Bedingung der Einhaltung der bisherigen mittleren Wasserstände gestellt und außerdem den tiefsten zukünftigen Wasserspiegel im Neuenburgersee auf Kote 428,70 m ü. M. festgelegt, während die bisherige tiefste Absenkung die Kote 428,17 m ü. M. erreichte. Damit wird der zukünftige Schwankungsbereich der Wasserstände im Neuenburgersee, der infolge seiner Größe für Retentionsfragen maßgebend ist, nach Diagramm 6 von:

	Max.	Min.	
bisher	431,18	428,17	= 3,01 m
auf neu	430,50	428,70	= 1,80 m

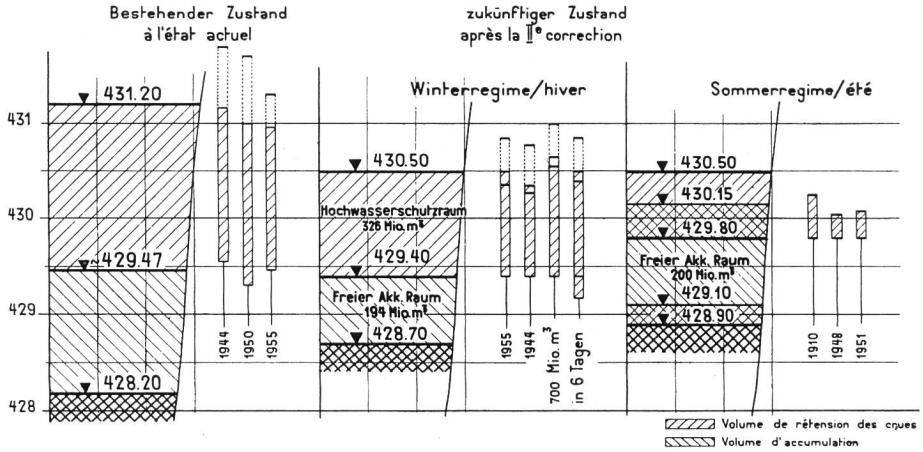
reduziert, wie dies auch aus Diagramm 4 (Mitte) ersichtlich ist. In den beiden andern Seen beträgt die Verminderung des Schwankungsbereiches

beim Murtensee von 3,56 m auf 2,15 m
beim Bielersee von 3,31 m auf 1,75 m.

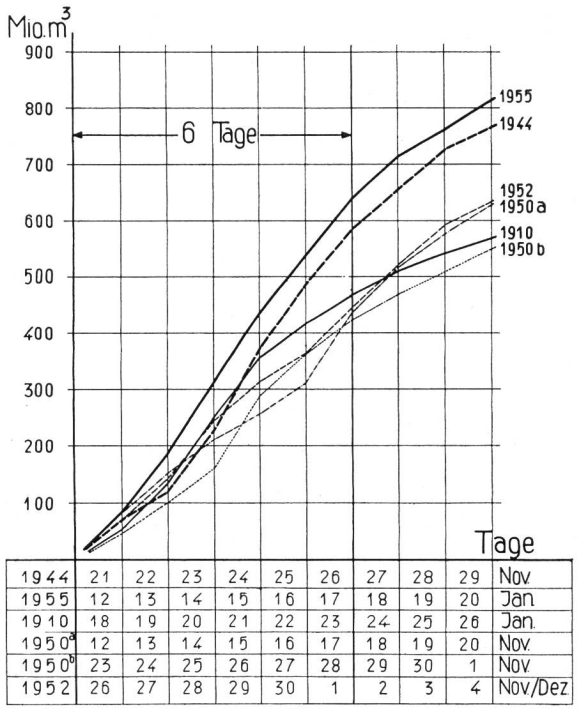
Schon diese zusätzlichen Bedingungen lassen vermuten, daß in Zukunft nicht mit wesentlich geänderten Beginnkoten bei Hochwasser gerechnet werden kann. Nun sind aber zudem die Kraftwerke als Unterlieger an der Aare zu berücksichtigen, für die bisher die Seen als ausgleichendes Akkumuliervolumen dienten. Dies muß auch nach der II. Juragewässerkorrektion innerhalb des verminderten Schwankungsbereiches möglich sein, denn eine Schädigung der Kraftwerke ließe sich volkswirtschaftlich nicht verantworten. Vom noch verfügbaren Schwankungsraum nach Diagramm 4 (Mitte) von 520 Mio m³ muß deshalb neben dem frei zu haltenden Hochwasserschutzraum noch ein Akkumulierraum zu Gunsten der Kraftwerke verbleiben. Die Trennung der beiden Räume ist gegeben durch die Bereithaltungskote. Je höher diese gewählt oder festgesetzt werden kann, um so größer ist der untere für die Kraftwerke frei verfügbare Akkumulierraum. Wenn nun sowohl im Interesse der Uferkantone wie der Kraftwerke eine hohe Bereithaltungskote angestrebt werden muß, so kann nicht mit wesentlich tieferen Beginnkoten bei Hochwasser gerechnet werden, die Lösung der II. Juragewässerkorrektion muß also anders gesucht werden. Die Hochwasseranstiege können nur um das angestrebte Maß vermindert werden, wenn dafür gesorgt wird, daß während der 6 bis 9 Tage der intensivsten Hochwasserzuflüsse 150 bis 200 Mio m³ mehr aus dem Seesystem ausfließen, also durch eine Steigerung der Ausflußkapazität Nidau um

200 bis 250 m³/sec.

Genau berechnet gelingt es, für die Bereithaltungskote 429,40 m ü. M. als Beginnkote, mit der Steigerung der Ausflußkapazität Nidau gemäß Diagramm 7 die Seestände in den tolerierten Grenzen zu halten. Das Diagramm 8 orientiert, entsprechend Diagramm 3, über den *zukünftigen* Verlauf des gemittelten Seestandes und über den noch erforderlichen Retentionsraum bei Hochwassern, wie sie 1944, 1950 und 1955 vorgekommen sind. Der Vergleich der Differenzen zwischen den Summenlinien der Zuflüsse zu den Seen und der Ausflußmengen aus dem Seesystem vor und nach der Korrektion (Diagramme 3 und 8) zeigt, wie infolge der Steigerung der Ausflußkapazität das in den Seen aufzufangende Volumen und damit der erforderliche Hochwasserschutzraum bedeutend kleiner ist. Das Diagramm 4 (Mitte) orientiert in einfacher Darstellung über die Trennung des Schwankungsraumes durch die Bereithaltungskote 429,40 m ü. M. in den unteren freien Akkumulierraum von 194 Mio m³ zu Gunsten der Kraftwerke und den beim

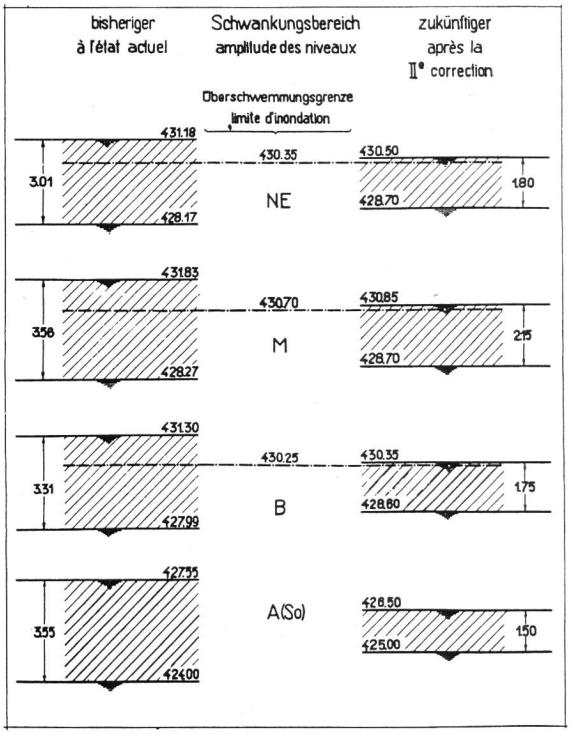


Diagr. 4
Hochwasser-Anstiege
Montée des niveaux

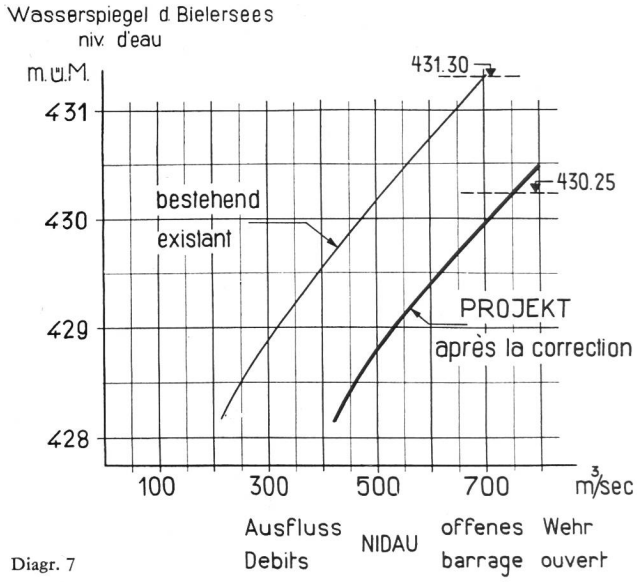


1944	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Nov.
1955	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Jan.
1910	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Jan.
1950a	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Nov.
1950b	23	24	25	26	27	28	29	30	1	Nov.
1952	26	27	28	29	30	1	2	3	4	Nov/Dez

Diagr. 5 Summenlinien der Hochwasser-Zuflußmengen
Courbes intégrales des apports



Diagr. 6



Diagr. 7

Hochwasser 1955 noch erforderlichen Hochwasserschutzraum von 326 Mio m^3.

Es muß allerdings beachtet werden, daß die zukünftigen Seespiegel des Diagrammes 8 nicht allein die Folge der erhöhten Ausflußkapazität Nidau sind. Wohl ist mit der Schaffung der erhöhten Ausflußkapazität Nidau das Problem im Großen gelöst, die Größe der Verbindungskanäle Zihl und Broye zwischen den Seen ist jedoch maßgebend für die Spiegelunterschiede zwischen den Seen und damit auch für die Wirksamkeit der Steigerung der Ausflußkapazität Nidau. Die beiden kleineren Seen, der Murtensee mit 24 km^2 und der Bielersee mit 42 km^2 (Diagramm 1), erhalten während der Wintermonate Spitzenzuflüsse von ungefähr 200 m^3/sec bzw. 1200 m^3/sec. Selbst wenn aus dem Bielersee 650 bis 700 m^3/sec ausfließen, bleibt ein relativer Zufluß von 525 m^3/sec. Die spezifischen Spitzenzuflüsse pro km^2 Seeoberfläche betragen also:

$$\text{beim Murtensee} \quad \frac{200}{24} = 8{,}3 \ m^3/sec\ km^2$$

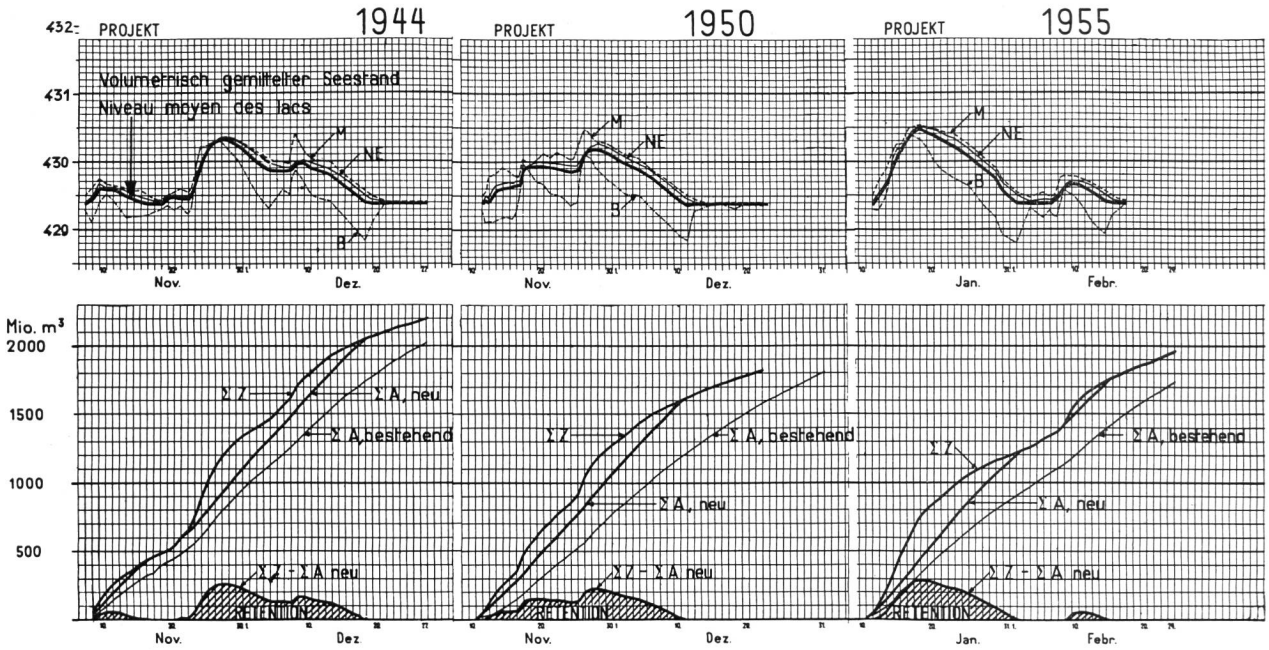
$$\text{beim Bielersee} \quad \frac{525}{42} = 12{,}5 \ m^3/sec\ km^2$$

Beim großen Neuenburgersee mit 224 km^2 Oberfläche und etwa 700 m^3/sec Spitzenzufluß beträgt der maximale spezifische Zufluß nur etwa 3 m^3/sec km^2. Bieler- und Murtensee zeigen deshalb raschere Spiegeländerungen, die nur mit bestimmten Abmessungen der Verbindungskanäle in gewünschten Grenzen gehalten werden können. Weil im bestehenden Zustand die Verbindungskanäle Broye und Zihl viel zu klein sind, sind die Höchststände des Murtensees um 60 bis 80 cm und diejenigen des Bielersees um 20 cm höher als im Neuenburgersee. Dabei könnten sich doch diese beiden Seen in den viel größeren Neuenburgersee entlasten, der dadurch nur wenige cm höher ansteigen würde. Es kann auch festgestellt werden, daß bei sinkendem Bielersee der Neuenburgersee nur sehr langsam nachkommt. Der Bielersee wird rasch «entleert», die Ausflußkapazität Nidau also vermindert, bevor der Neuenburgersee «entleert» wird. Dies hat, vor allem bei sich wiederholenden Spitzen, wie beispielsweise während der Hochwasser 1944 und 1950, eine sukzessive Steigerung der Höchststände zur Folge. Der Zihlkanal sollte daher größer sein, damit der Bielersee trotz der großen Aarezuflüsse im steigenden Ast nur wenig über den Neuenburgersee ansteigt und im fallenden Ast durch das erleichterte Nachströmen aus dem Neuenburgersee hoch bleibt, so daß auch die Ausflußkapazität und damit die Gesamtentleerung des Seesystems zwischen den Hochwasserspitzen groß bleibt. Es wäre aber auch viel besser, wenn infolge eines großen Broyekanals der Murtensee nicht wesentlich über den Neuenburgersee ansteigen würde, beträgt doch die Differenz der Überschwemmungsgrenzen nur 35 cm.

So hängt die Wirkung der Korrektion auch entscheidend ab von der Größe der Verbindungskanäle. Das Diagramm 9 zeigt die erforderliche Vergrößerung dieser Kanäle, damit die Differenzen zwischen den Höchstständen der drei Seen in den durch die Unterschiede der Überschwemmungsgrenzen gegebenen Maßen bleiben. Der zukünftige Verlauf des gemittelten Seestandes des Diagrammes 8 ist unter Berücksichtigung dieser Kanalerweiterungen gerechnet. Beim Broyekanal war die Bestimmung der erforderlichen Kanalgröße relativ einfach, weil Spitzenzuflüsse zum Murtensee vorkommen während Höchstständen des Neuenburgersees. Der Vergleich des bestehenden Profils mit dem zukünftigen Diagramm 9 läßt erkennen, daß das bestehende Gerinne ganz ungenügend ist. Beim Zihlkanal war die Dimensionierung schwieriger zu überblicken. Es mußten für verschiedene Varianten alle Hochwasser detailliert nachgerechnet werden, um die erforderliche Ausbaugröße, die auch zusammenhängt mit der Größe der Steigerung der Ausflußkapazität Nidau, zu ermitteln. Wie das Diagramm 9 zeigt, muß auch der Zihlkanal bedeutend vergrößert werden.

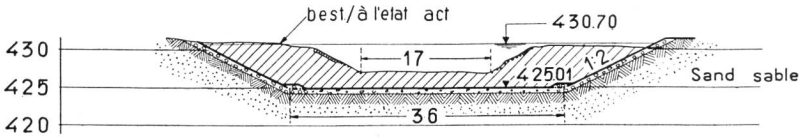
Die Bestimmung der erforderlichen Größe der Ausflußkapazität Nidau und der Verbindungskanäle war die Hauptaufgabe des Problems. Als Nachweis für die Richtigkeit der gewählten Größen mag hier die Feststellung genügen, daß Ing. Peter im Jahre 1921 mit dem damaligen Projekt der kantonalen Baudirektion Bern diese Hauptfragen praktisch gleich beurteilte. Die Diagramme 10 und 11 zeigen den Vergleich der angestrebten Ausflußkapazität Nidau und die Größe der Verbindungskanäle. Die noch bestehenden Unterschiede erklären sich mit dem Umstand, daß Ing. Peter die Überschwemmungsgrenzen einhalten wollte, während wir eine Überschreitung um 15 cm tolerieren. Es ist beruhigend zu wissen, daß Ing. Peter aus den Grundlagen, die bis 1920 vorlagen, also rückblickend zu denselben Schlußfolgerungen gelangte wie die neue Projektierung auf Grund der seither aufgetretenen viel genauer bekannten Hochwasserserie. Dies zeigt nämlich, daß das heutige Projekt nach allen Hochwassern seit der I. Juragewässerkorrektion beurteilt die richtige Lösung für die II. Juragewässerkorrektion darstellt. Dem weitblickenden Projekt 1921 ist auch zu verdanken, daß das heutige Wehr Port im zukünftigen Zustand nach der II. Juragewässerkorrektion genügt.

Der Hochwasserschutz, die Hauptaufgabe der II. Juragewässerkorrektion, kann also nur geschaffen werden mit einer Erhöhung der Ausflußkapazität Nidau, wie dies im Diagramm 7 dargestellt ist. Es waren nun die erforderlichen flußbaulichen Maßnahmen unterhalb Nidau, im Aaretal, so zu bestimmen, daß diese Kapazitätssteigerung erreicht werden kann. Wenn man bedenkt, daß bei den heutigen Verhältnissen die Aare zwischen Büren und Solothurn schon bei einer Wasserführung um 550 m^3/sec über die Ufer tritt und deshalb der bisherige Höchstausfluß von etwa 700 m^3/sec regelmäßig im Aaretal große Überschwemmungen verursacht, so wird vorweg verständlich, daß eine Kapazitätssteigerung Nidau nur mit Maßnahmen möglich ist, die sich weit flußabwärts bis unterhalb der Emmemündung erstrekken. Die Emme hat nämlich mit ihrer früher großen Geschiebeführung das Längenprofil des Aaretales nach Diagramm 12 geformt. Unterhalb ihrer Mündung mußte sich in der Aare mit der Zeit ein normales Gefälle von etwa 1,2 ‰ ausbilden, wie es für den Weitertransport des Emmegeschiebes erforderlich war. So erreichte das Aarebett bei der Mündung der Emme seine heutige Sohlenhöhe, die zudem übereinstimmt mit einem Molasseriegel, der im Bereich der Emmemündung die Sohlenhöhe fixiert. Eine im Aarebett heute infolge der Emmeverbauungen und von Kiesentnahmen vielleicht schon vorhandene Erosionstendenz kann deshalb nach oben keine natürlich wirksame Absenkung der Wasserspiegel

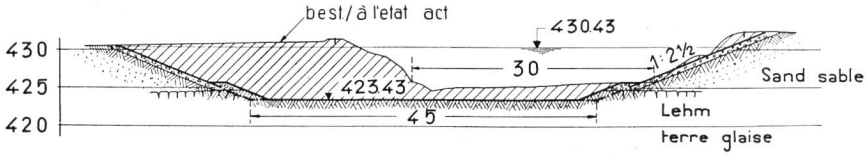


Diagr. 8 Seestände / Cotes des lacs

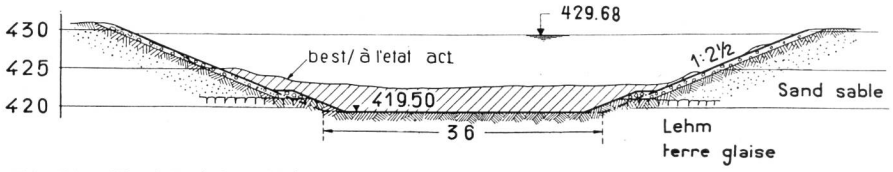
Summenlinien der Zu- und Abflüsse mit Hochwasser-Retention in den Juraseen
Courbes intégrales des apports et des débits; rétention des crues dans les lacs subjurassiens



Canal de la Broye, Prof. km 4.268

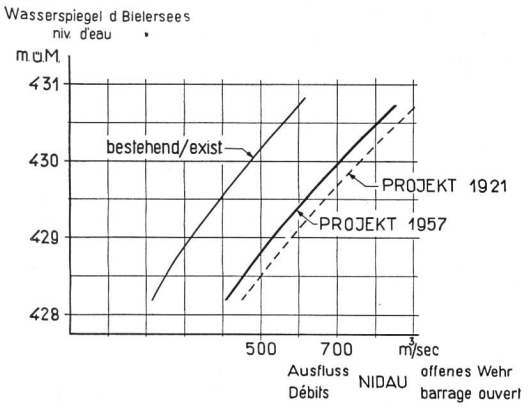


Canal de la Thielle, Prof. km 5.077

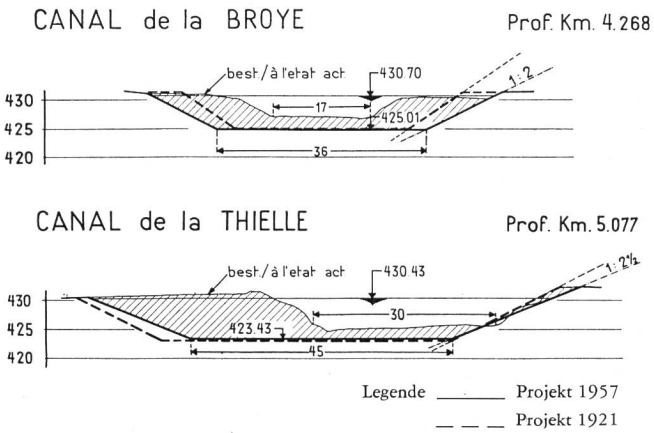


Nidau-Büren-Kanal, Prof. km 185.4

Diagr. 9 Querprofile / Profils en travers



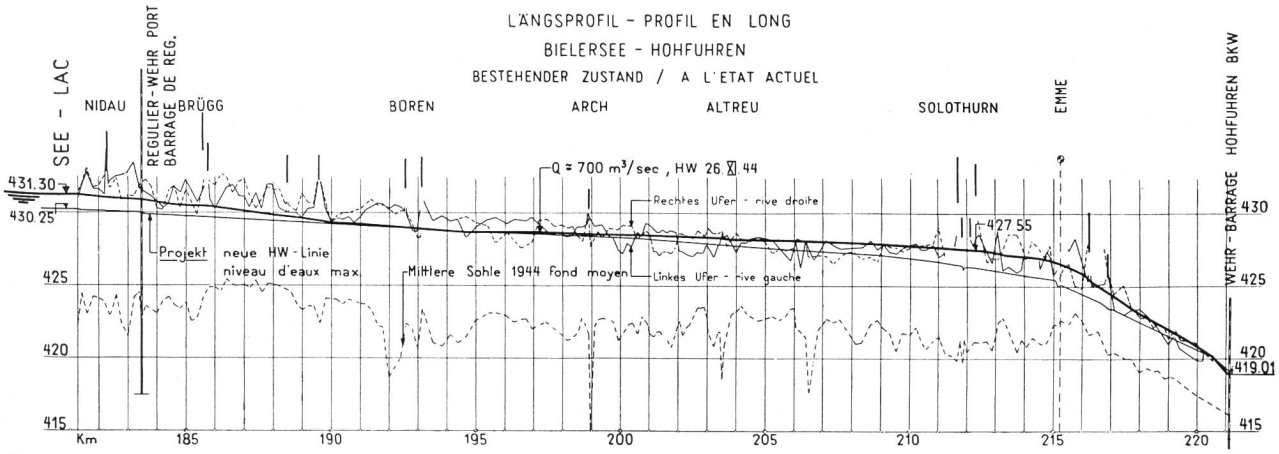
Diagr. 10 Angestrebte Ausflußmengen aus dem Bielersee, Ausflußkapazität Nidau / Débit de l'émissaire à atteindre et capacité d'écoulement à Nidau



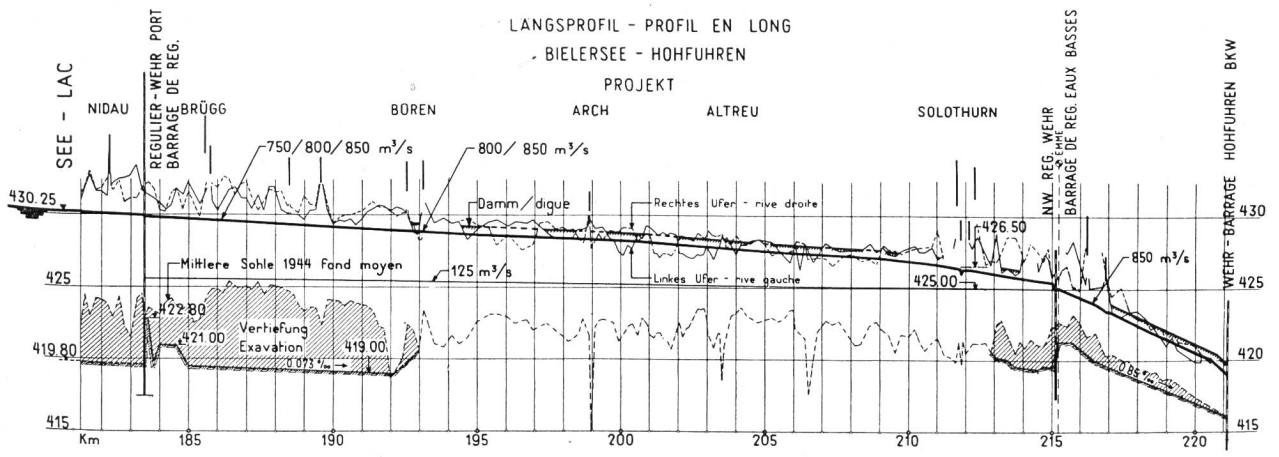
Diagr. 11 Größe der Verbindungskanäle Broye und Thielle / Dimensions des canaux de jonction de la Broye et de la Thielle

Diagr. 10/11 Vergleich des Projektes der Baudirektion des Kantons Bern 1921 (Ing. Peter) mit neuem Projekt 1957

Comparaison du projet de la Direction des Travaux publics du canton de Berne (Ing. Peter) avec le nouveau projet 1957



Diagr. 12



Diagr. 13

erzeugen, der Molasseriegel muß künstlich entfernt werden.

Im Gegensatz zur Strecke unterhalb der Emmemündung weist die Aare vom Bielersee bis zur Emmemündung nur ein Gefälle von im Mittel 0,1‰ auf. Flußbaulich genügt dieses Gefälle, da aus dem Bielersee nur geschiebeloses Wasser ausfließt. Da jedoch der Abfluß strömend ist, beeinflußt die ganze flache Strecke vom Bielersee bis zur Emmemündung die Ausflußkapazität Nidau bei offenem Wehr, also vor allem bei den größeren Abflußmengen. Führt die Emme Hochwasser, so wirkt sich der Rückstau bis zum Bielersee aus. In solchen Zeiten ist das Fassungsvermögen vor allem im natürlichen Aarelauf von Büren bis Solothurn trotz der großen Querschnitte ungenügend. Daher sind zur Steigerung der Ausflußkapazität Maßnahmen bis unterhalb der Emmemündung erforderlich, soll doch in Zukunft schon bei tieferen Seeständen des Bielersees nach Diagramm 7 mehr Wasser ausfließen können als im bestehenden Zustand. In erster Annäherung kann man sich zur Steigerung der Ausflußkapazität Nidau eine Parallelsenkung des flachen Gerinnes vom Bielersee bis über die Mündung der Emme hinaus denken. Es könnte so tatsächlich entsprechend der Senkung bei tieferen Bielerseeständen mehr ausfließen und zudem kämen auch die Höchstspiegel im Gerinne gegenüber dem umliegenden Terrain um das Absenkmaß tiefer zu liegen. Die genauere Betrachtung des Längsprofils Diagramm 12 mit dem Spiegelverlauf anläßlich des Hochwassers 1944 beim Abfluß von etwa 700 m³/sec zeigt jedoch vor allem zwei störende Einflüsse im bestehenden Zustand. Die Emme staut flußaufwärts und erzeugt in Solothurn den Höchststand 427,55 m ü. M., dann folgt weiter flußaufwärts bis Büren eine sichtbar rückgestaute Strecke mit sehr kleinem Gefälle des Wasserspiegels. Von Büren bis zum See, im Nidau-Bürenkanal, ist das Gefälle dagegen wieder wesentlich größer, so daß der Ausfluß von etwa 700 m³/sec im Bielersee die hohe Spiegellage 431,30 m ü. M. erfordert (vgl. Diagramm 1). Schon das Längsprofil deckt so die beiden Hauptfehler des bestehenden Zustandes auf, nämlich zu hohe Sohlenlagen bei der Mündung der Emme und im Nidau-Bürenkanal. Nach eingehenden Untersuchungen ergab sich, daß die vergrößerte Ausflußkapazität Nidau erreicht werden kann durch Baggerungen in den beiden Endstrecken im Nidau-Bürenkanal und von Solothurn flußabwärts bis Hohfuhren. Das neue Längsprofil ist im Diagramm 13 dargestellt. Der eingezeichnete Wasserspiegelverlauf für die zukünftigen Höchstabflußmengen von 750 m³/sec Ausfluß Nidau, 800 m³/sec infolge Zwischeneinzugsgebiet von Büren bis zur Emmemündung und 850 m³/sec unterhalb der Emmemündung ist in Übereinstimmung mit der vergrößerten Ausflußkapazität Nidau nach Diagramm 7 möglich beim Bielerseestand 430,25, und mit den Baggerungen unterhalb Solothurn wird gleichzeitig eine spezielle Bedingung von Kanton und Stadt Solothurn erfüllt, die in Solothurn als zukünftige Höchstkote 426,50 m ü. M. fordert. Nach dem gerechneten Längsprofil wird in Solothurn die Höchstkote 426,30 m ü. M. erreicht, so daß die Lösung gegenüber der Bedingung die erforderliche Sicherheit aufweist. Vor Jahren, zur Zeit der großen Geschiebeführung der Emme, hätte man diese Lösung mit einem flacheren Gefälle von nur 0,85‰ unterhalb der Emmemündung nur durch intensive Baggerungen stationär halten können. Nur die mit den Verbauungen der Emme und ihrer Zuflüsse verbundene starke Reduktion ihrer Geschiebeführung ermöglicht heute die Verminderung des Gefälles unterhalb der Emmemündung.

Der Vergleich des neuen Höchstspiegelverlaufes auf der Strecke Büren–Hohfuhren mit den im Diagramm 13 eingezeichneten Uferhöhen zeigt, daß Teilstrecken mit niedrigen Dämmen und Anpassungen der Entwässerungen erforderlich werden, um in Zukunft Überschwemmungen auf dieser Strecke zu verunmöglichen. Es ist klar, daß mit den Baggerungen unterhalb Solothurn auch die Niederwasser flußaufwärts abgesenkt würden. Der Kanton Solothurn hat jedoch nicht nur als Bedingung die Absenkung der Höchstspiegel gefordert, sondern nach Diagramm 6 gleichzeitig eine Hebung der bisherigen niedersten Stände auf den tiefsten zukünftigen Wasserstand 425,00 m ü. M. in Solothurn. Es ist also auch für die Aare in Solothurn eine Verminderung des bisherigen Schwankungsbereiches

von 3,55 m auf 1,5 m

vorgesehen.

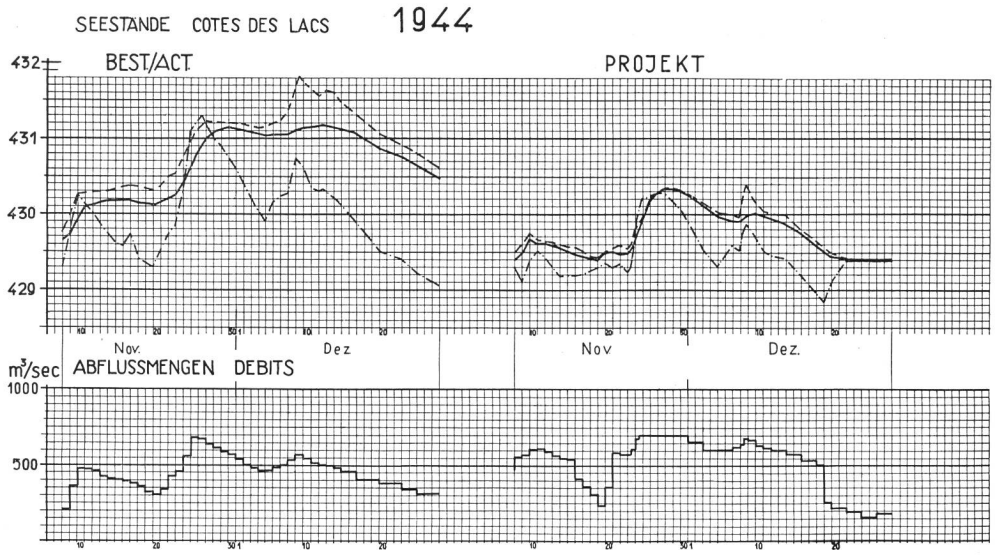
Die Untersuchungen über die spezielle Frage der Niederwasserhebung Solothurn, eine Maßnahme, die sich auch auf die Flußstrecke von Solothurn bis zum Wehr Port günstig auswirkt, ergaben die Notwendigkeit des Baues eines neuen reinen Niederwasserregulierwehres oberhalb der Emmemündung. Als Wehrstelle ist das Emmenholz direkt oberhalb der Mündung der Emme vorgesehen, weil hier die Molasse ansteht (Diagramm 13). Das Wehr reguliert auf konstanten Stau 425,00 in Solothurn, so daß diese Kote nur bei den größeren Abflußmengen und bei vollständig offenem Wehr Emmenholz überschritten wird. Je nach dem Fortschritt des noch möglichen Ausbaues der Kraftwerke unterhalb der Emmemündung kann auch ein Kraftwerkwehr diese Regulierfunktion übernehmen, möglicherweise mit konstanter Stauhaltung zwischen 425,50 und 426,00 in Solothurn. Diesbezügliche Projektstudien der Kantone Solothurn und Bern sind begonnen.

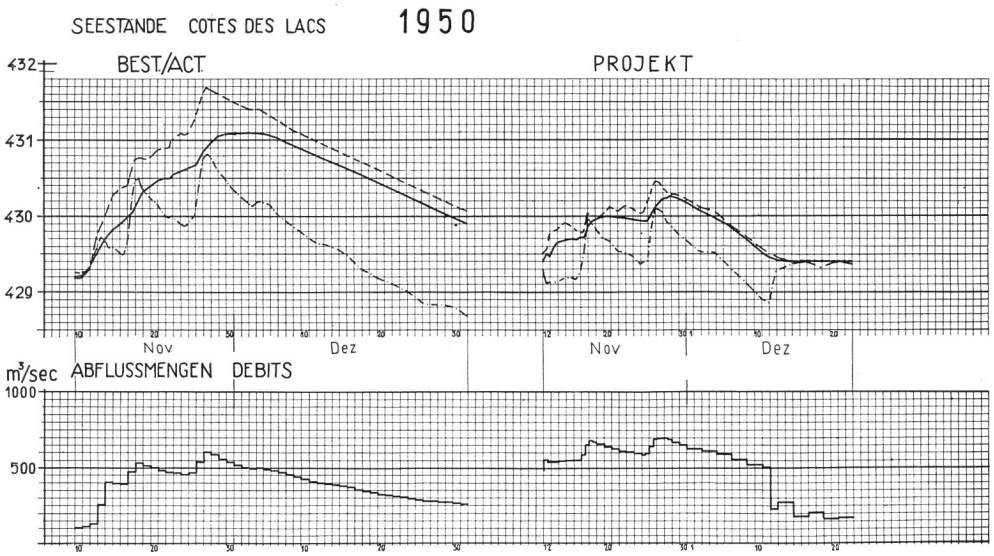
Die Juragewässerkantone haben mit ihren Bedingungen im Falle des Höchsthochwassers 1955 eine Überschreitung der Überschwemmungsgrenzen um 15 cm toleriert. Bei der Größe des Werkes der II. Juragewässerkorrektion muß man sich wohl fragen, warum nicht eine Lösung mit Einhaltung der seinerzeit festgestellten und später bestätigten Überschwemmungsgrenzen angestrebt wurde. Grundsätzlich würden noch zwei Möglichkeiten für eine stärkere Absenkung der Höchststände bestehen, nämlich

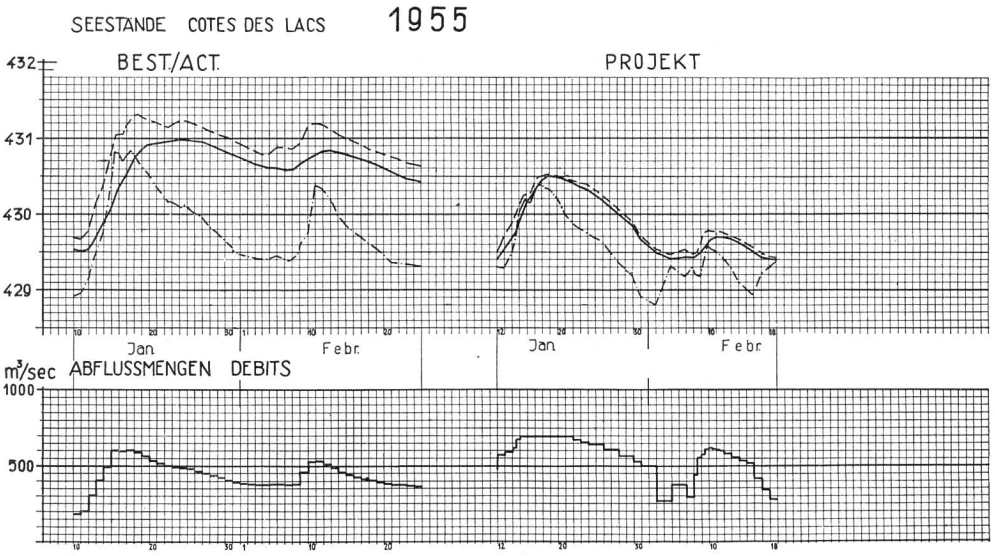
eine tiefere Bereithaltungskote oder

eine noch größere Steigerung der Ausflußkapazität Nidau.

Die tiefere Bereithaltungskote bedeutet eine reine Reguliervorschrift im Sinne tieferer Regulierung der Seen. Sie kann später jederzeit noch eingeführt werden und es wird darauf im Abschnitt über die Anpassungsfähigkeit der Lösung zurückgekommen. Eine noch stärkere Steigerung der Ausflußkapazität Nidau müßte dagegen durch bauliche Maßnahmen geschaffen werden. Zur Beurteilung dieser Frage ist zu beachten, daß auch die Steigerung der Ausflußkapazität ihre Grenzen hat, denn es dürfen die Aareanstößer nicht durch übermäßige Ausflußmengen aus den Seen gefährdet werden. Es wurde deshalb von Anfang angestrebt, die II. Juragewässerkorrektion so zu gestalten, daß die bisher vor-







Diagr. 14 Legende — — — Murtensee ——— Neuenburgersee . — . — . — Bielersee

gekommenen Höchstabflüsse in der Aare wenn möglich vermindert werden können. Anfänglich wurde diesem Bestreben mit einer Begrenzung der maximalen Ausflußmenge Nidau auf 700 m³/sec Rechnung getragen. Die spätere Verfeinerung führte auf die Begrenzung der zukünftigen maximalen Abflußmenge der Aare in Murgenthal auf 850 m³/sec, während bisher die Abflußspitzen in Murgenthal 920 bis 1000 m³/sec betrugen. Diese Begrenzung des maximalen Aareabflusses hat zur Folge, daß bei Hochwasser der *Emme* der Ausfluß aus dem Bielersee künstlich gedrosselt werden kann. Es ist nun tatsächlich so, daß anläßlich der Hochwasser 1944, 1950 und 1955 die Emme ausgerechnet in den kritischen Tagen der Höchstzuflüsse zu den Seen auch Hochwasser führte, so daß infolge der notwendigen Drosselung die Ausflußkapazität Nidau nicht voll ausgenützt werden kann. Als Ausflußmenge Nidau kommt tatsächlich im Maximum nur 700 bis 750 m³/sec in Frage. Diese Maxima werden nach dem neuen Kapazitätsdiagramm 7 erreicht bei den in Zukunft höchstmöglichen Bielerseeständen zwischen 429,95 und 430,25 m ü. M. Damit ist der Ausfluß Nidau auch bei offenem Wehr auf natürliche Weise auf Ausflußmengen beschränkt, die bei normaler Wasserführung der Emme noch ausgenützt werden können, ohne die Unterlieger zu gefährden. Nur während der Emme-Höchstspitzen wird die künstliche Drosselung des Seeausflusses im Interesse der Unterlieger erforderlich. So betrachtet stellt die Lösung das Größtmögliche dar, was zur Hochwassersicherung des Seelandes noch bautechnisch getan werden kann.

Sehr genau betrachtet hätte noch etwas mehr erreicht werden können, indem schließlich schon bei der Überschreitung der Bereithaltungskote 429,40 m ü. M. die Ausflußkapazität 700 m³/sec betragen könnte. Diese letzte Möglichkeit hätte jedoch große Baggerungen auch auf der Strecke Büren–Solothurn erfordert und würde anderseits nur um wenige Zentimeter tiefere Höchststände in den Seen ergeben, weil eben der Ausfluß aus dem Bielersee zur Einhaltung der Bedingung Murgenthal Max. 850 m³/sec bei Hochwasser meist gedrosselt werden müßte. Die so aufs Höchste ausgebaute Kapazität könnte deshalb nur beschränkt wirklich ausgenützt werden. Es soll jedoch nicht übersehen werden, daß die Absenkung der Höchstspiegel in Solothurn mit der Zeit voraussichtlich eine natürliche Eintiefung der Aare von Solothurn bis Büren erzeugen wird. Dadurch dürfte die Ausflußkapazität Nidau mit der Zeit auf natürliche Weise noch etwas gesteigert werden, was im Hinblick auf eine später mögliche tiefere Regulierung der Seen nur erwünscht sein kann.

Zusammenfassend dürfte mit den dargestellten Zusammenhängen nachgewiesen sein, daß innerhalb der Bedingungen der Juragewässerkantone und der durch die Interessen der Unterlieger gegebenen Beschränkungen für die Lösung der II. Juragewässerkorrektion kein großer Spielraum bleibt. Die dargestellte Lösung nützt praktisch die größtmögliche Ausflußkapazität Nidau aus, toleriert im Fall des bisher intensivsten Hochwassers 1955 eine Überschreitung der Überschwemmungsgrenzen in den Seen um 15 cm und ermöglicht damit in den hochwassergefährlichen Wintermonaten die relativ hohe Bereithaltungskote 429,40 m ü. M. Diese sichert den Kraftwerken ein freies Akkumuliervolumen von 194 Mio m³, und die Drosselung des Ausflusses Nidau auf Murgenthal Max. 850 m³/sec schützt die Unterlieger vor zu hohen Aareabflußspitzen. Die erhöhte Ausflußkapazität Nidau kann jedoch nur ausgenützt werden, wenn die Verbindungskanäle Broye und Zihl auf die vorgesehene Größe ausgebaut werden. Dieser Ausbau ist zudem erforderlich für den Ausgleich der Spiegeldifferenzen zwischen den Seen auf das durch die Überschwemmungsgrenzen gegebene und durch die Juragewässerkantone festgesetzte Maß.

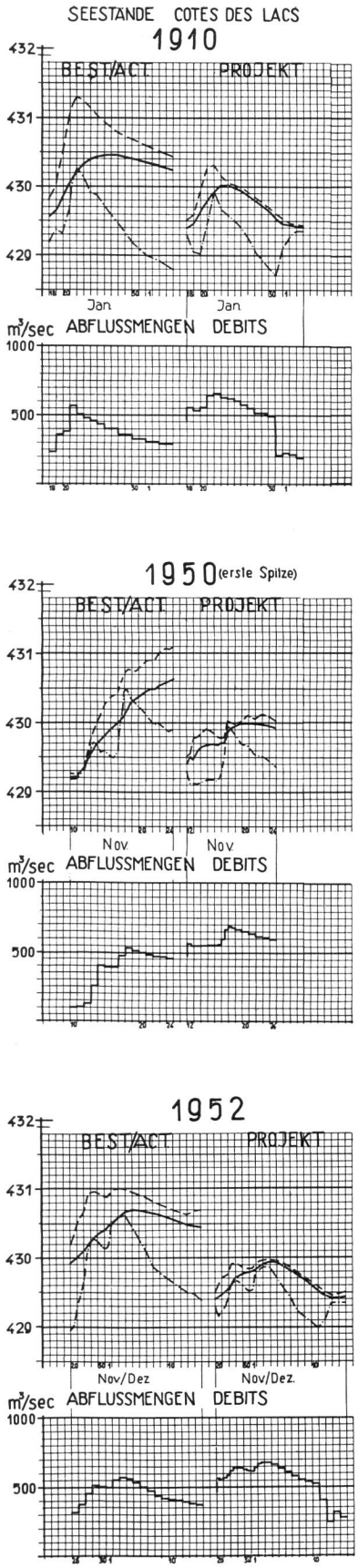
4. Die Wirkung der Korrektion und das zukünftige Wehrreglement Port

Für das zukünftige Verhalten der Seen bei Hochwasser sind die vergrößerten Verbindungskanäle und die erhöhte Ausflußkapazität Nidau infolge der Korrektionen unterhalb Nidau maßgebend. Dazu muß aber auch die Bereithaltungskote 429,40 m ü. M. gezählt werden, die während der hochwassergefährlichen Wintermonate garantiert, daß bei Beginn eines Hochwassers in den Seen im Mittel die Wasserspiegel höchstens auf dieser Kote stehen, und daß bei Übersteigen dieser Kote das Wehr Port offen sein muß. Solange der gemittelte Seestand über der Bereithaltungskote steht, kann nur die Einhaltung Murgenthal Max. 850 m³/sec zu einer vorübergehenden Drosselung des Wehres führen.

Wenn man bedenkt, daß der Raum unterhalb der Bereithaltung den Kraftwerken als freier Akkumulierraum zur Verfügung gestellt wird, so darf nicht angenommen werden, daß ein Hochwasser tiefere Stände als 429,40 in den Seen antreffen werde. Meist sind schon vor den eigentlichen Hochwassern größere Zuflüsse vorhanden. Treffen diese mit tieferen Seeständen zusammen, so dürfen und werden die Überschußmengen gespeichert, bis die Bereithaltung erreicht ist. Es ist zu bedenken, daß nicht vorausgesehen werden kann, ob wirklich ein eigentliches Hochwasser folgt, so daß eben die Akkumulierung erlaubt ist, solange die Bereithaltung nicht erreicht ist. Dies hat in wenigen Tagen die vorgängige Füllung der Seen bis zur Bereithaltung zur Folge.

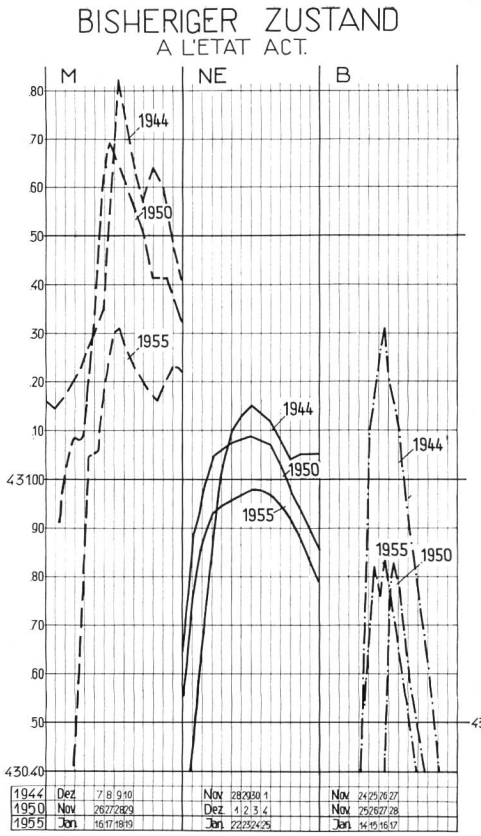
Mit den gegebenen täglichen natürlichen Zuflüssen zu den drei Seen während der Hochwasser, den Oberflächen und dem Inhalt der Seen konnte für den Zustand nach der II. Juragewässerkorrektion das zukünftige Verhalten der bisher betrachteten Winterhochwasser gerechnet werden. Die Diagramme 14 und 15 zeigen den Verlauf der größten Hochwasser 1944, 1950 und 1955 und der kleineren 1910, 1950 (erste Spitze) und 1952 vor und nach der Korrektion. Es bestätigt sich, daß beim Hochwasser 1955 im Neuenburgersee die tolerierte Höchstkote 430,50 m ü. M. gerade erreicht wird. Neben der entscheidenden Absenkung aller Hochwasser verglichen mit dem bestehenden Zustand sind auch die viel geringeren Unterschiede zwischen den drei Seen nach der Korrektion zu beachten. Die kleineren Winterhochwasser 1910, 1950 (erste Spitze) und 1952 erreichen nach der Korrektion nur noch die Kote 430,00 m ü. M., verlaufen somit harmlos. Instruktiv ist auch die Darstellung in den Diagrammen 16 und 17 mit den Höchstspitzen jedes einzelnen Sees vor und nach der Korrektion.

Damit ist als Grundlage für die zukünftige Wehrregulierung während der vier Wintermonate November bis Februar die Bereithaltung 429,40 m ü. M. bestätigt. Nur sie oder eine tiefere Bereithaltung garantiert nach den bisherigen Hochwassern, daß im Neuenburgersee die Kote 430,50 m ü. M. nicht mehr überschritten wird. Nur



Diagr. 15

Legende — — — M
——— NE
·—·—· B

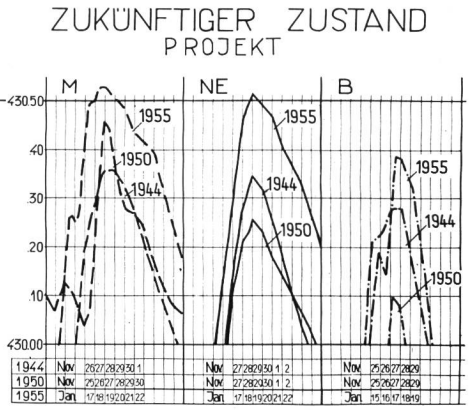


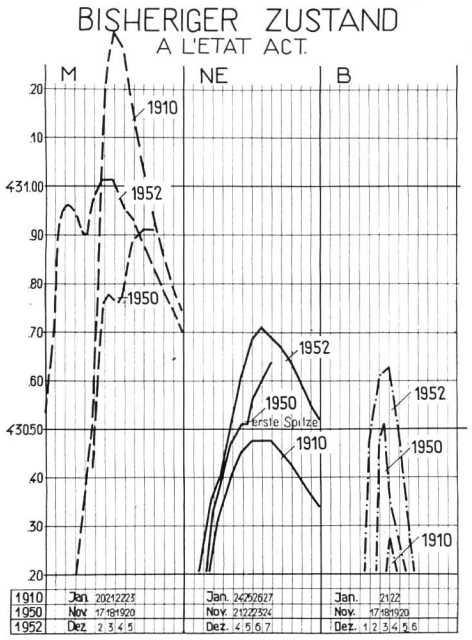
Diagr. 16

M Murtensee — — —

NE Neuenburgersee ———

B Bielersee ·—·—·



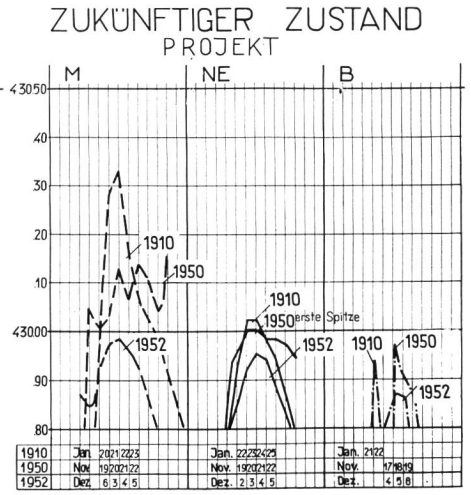


Diagr. 17

M Murtensee — — —

NE Neuenburgersee ———

B Bielersee ·—·—·



im Falle eines noch intensiveren Hochwassers als 1955, beispielsweise nach Diagramm 5 (Schema) bei einem Zufluß von 700 Mio m³ in 6 Tagen, würden die Seen noch um 10 bis 15 cm über die Höchststände des Hochwassers 1955 aufsteigen. Nach den bisherigen Hochwassern muß damit aber nicht gerechnet werden, es soll dies nur ein Hinweis für mögliche ganz außerordentliche und seltene Fälle sein. Zur Erleichterung des zu besprechenden Reglementes sei auf die linke Seite des Diagrammes 18 hingewiesen. Sie zeigt die Regulierung in den Wintermonaten mit dem für die Kraftwerke freien Akkumulierraum zwischen den Seekoten

428,70 und 429,40 m ü. M.

und der Bedingung des offenen Wehres oberhalb der Bereithaltungskote mit der Ausflußmenge gemäß der Ausflußkapazität Nidau nach der Korrektion (R neu).

In den übrigen Monaten, dem «Sommerregime», ist nach Diagramm 18 rechts eine andere Regulierung vorgesehen. Weil die bisherigen Sommerhochwasser bedeutend geringere Intensität aufweisen, kann die Bereithaltung höher festgesetzt werden. Sie ist auf Kote 429,80 m ü. M. vorgesehen und zwischen 429,80 und 430,15 ist zudem ein Puffer mit Zwangsregulierung eingebaut, so daß erst bei Seeständen über 430,15 das Wehr vollständig offen ist. Vorbehalten bleibt auch hier die Drosselung auf Murgenthal Max. 850 m³/sec. Neben dieser Änderung sind gegenüber dem Winterregime auch die zukünftigen tiefsten Koten erhöht worden. Normalerweise soll während des «Sommerregimes» in den Seen die Mittelkote 429,10 m ü. M. nicht unterschritten werden. Nur in trockenen Monaten mit Zuflüssen unter 200 m³/sec zum Seesystem ist noch eine Reserve von 55 Mio m³ zu Gunsten der Kraftwerke mit Zwangsregulierung bis zur Minimalkote 428,90 eingeführt. So bleibt im Sommerregime für die Kraftwerke ein Akkumulierraum von etwa 250 Mio m³ mit freier Akkumulierung im Raum zwischen den Koten

429,10 und 429,80 m ü. M.

von 200 Mio m³.

Die Hebung der Tiefstwasserstände während des Sommerregimes mußte eingeführt werden, weil die beste Nutzung der freien Akkumulierräume darin besteht, die Seen an deren unteren Grenzen zu halten, um möglichst viel des anfallenden Überschußwassers akkumulieren zu können. Mit den erhöhten Tiefstständen wird nun dafür gesorgt, daß in Trockenjahren während der Sommermonate die Seen nicht dauernd auf der Kote 428,70 m ü. M. stehen, sondern auf Koten zwischen 428,90 und 429,10 m ü. M.

Zur Beurteilung der Sommerbereithaltung 429,80 zeigt das Diagramm 19 das zukünftige mittlere Verhalten der Seen im Falle von Sommerhochwassern, wie sie 1910, 1948, 1951 und 1953 vorgekommen sind. Danach wird die Kote 430,00 m ü. M. normalerweise nur kurzfristig und um wenige Zentimeter überschritten. Nur im Falle eines Sommerhochwassers, wie es 1910 vorgekommen ist, können höhere Stände bis etwa 430,25 erreicht werden.

Für die Beurteilung des gesamten Verhaltens der Seen über eine längere Zeitperiode wurden zunächst grob mit Monatsmitteln die Jahre 1942 bis 1956 durchgerechnet und mit dem bisherigen Verlauf des mittleren Seespiegels verglichen. Das Diagramm 20 zeigt, daß grundsätzlich der Gesamtverlauf vor und nach der Korrektion derselbe ist. Abgeschnitten werden im Sinne der verminderten Schwankungsbereiche der Seen die bisherigen höchsten und tiefsten Wasserspiegel in den Seen. In diesem Zusammenhang wurde auch erstmals überprüft, ob die neue Regulierung mit Nachteilen für die Kraftwerke an der Aare verbunden sei. Wir setzten dabei voraus, daß im Bereich der freien Akkumulierräume der Ausfluß so reguliert werde, daß im Zentrum der Kraftnutzung, in Brugg, möglichst die Nutzwassermenge von 350 m³/sec vorhanden ist. Dies ist auch ange-

Nutzwasserfrachten in Mio m³ in Brugg vor und nach der Korrektion

Die Regulierung nach der Korrektion wurde gemäß dem generellen zukünftigen Reglement nach Diagramm 18 vorausgesetzt, Winterbereithaltung 429,40 und Sommerbereithaltung 429,80

(Berechnung aus Tagesmitteln unter der Annahme eines Einheitssees) Tabelle 1

Monat	1948/49		1949/50		1950/51		1951/52		1953/54		Monatssumme der 5 Jahre		Änderung der Nutzwassermengen nach der Korrektion, Mittel der 5 Jahre.
	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach	
April	521	518	632	688	585	611	907	907	826	867	3 471	3 591	
Mai	576	566	715	707	792	828	934	937	751	762	3 768	3 800	
Juni	711	683	802	794	872	907	907	907	892	907	4 184	4 198	
Juli	937	937	545	527	733	686	937	937	937	937	4 089	4 024	
Aug.	937	937	415	437	669	721	926	937	839	937	3 786	3 969	
Sept.	833	907	358	476	768	788	663	787	544	578	3 166	3 536	
Okt.	492	493	393	282	503	496	525	541	506	487	2 419	2 299	
Nov.	409	486	368	394	703	817	747	872	422	441	2 649	3 010	
Dez.	412	357	398	422	934	937	693	724	332	281	2 769	2 721	
Jan.	445	450	396	364	839	789	670	700	415	446	2 765	2 749	
Febr.	387	318	503	611	771	795	705	625	386	390	2 752	2 739	
März	519	516	605	448	891	794	923	844	615	602	3 553	3 204	
Sommer-Regime	5526	5557	4465	4359	5813	5831	6722	6797	5910	6077	28 436	28 621	+ 37
Winter-Regime	1653	1611	1665	1791	3247	3338	2815	2921	1555	1558	10 935	11 219	+ 57
JAHR	7179	7168	6130	6150	9060	9169	9537	9718	7465	7635	39 371*	39 840*	+ 94

* Mittlere nutzbare jährliche Wasserfracht etwa 8000 Mio m³

deutet in der Abflußregulierung nach Reglement Diagramm 18. Die Berechnung ergab eine leichte Zunahme der nutzbaren Wasserfracht durch die Korrektion.

Genauer durchgerechnet wurden mit den täglichen Zuflußmengen die Jahre 1948 bis 1951 und 1953. Die Wasserspiegel des Diagrammes 21 bestätigten den im Diagramm 20 grob gerechneten Verlauf. Auch die Nutzwasserfracht ist nach Tabelle 1 nach der Korrektion etwas größer, nämlich im Mittel der fünf Jahre

im Winter um	57 Mio m³/Jahr
im Sommer um	37 Mio m³/Jahr
oder total etwa	94 Mio m³/Jahr.

Bezogen auf die totale mittlere jährliche Wasserfracht von etwa 8 Mrd m³/Jahr ist die Zunahme durch die Korrektion gering. Sie zeigt aber, daß die Kraftwerke durch die II. Juragewässerkorrektion nicht benachteiligt werden, sofern zweckmäßig reguliert wird.

Das Reglement nach Diagramm 18 bildet einen wesentlichen Bestandteil des Projektes, denn es sichert die Einhaltung der zukünftigen Höchst- und Tiefststände in den Seen. Auch der Schutz der Unterlieger ist durch die Drosselung auf Murgenthal Max. 850 m³/sec in das Reglement in den hiefür maßgebenden oberen Bereichen der Regulierdiagramme aufgenommen. Die Auswirkung der II. Juragewässerkorrektion auf die Hochwasserabflüsse in der Aare und im Rhein ist im Diagramm 22 für die Pegelstellen Brügg, Murgenthal, Brugg, Stilli und Rheinfelden dargestellt. Wohl fließt während der Hochwasser infolge der Ausflußsteigerung Nidau mehr Wasser aus dem Seesystem aus, denn ohne diese Maßnahme ist ein Schutz des Seelandes nicht möglich. Die zulässige zukünftige Drosselung des Seeausflusses auf Max. 850 m³/sec in Murgenthal hat dagegen eine leichte Verminderung aller bisherigen Höchstspitzen in der Aare und im Rhein zur Folge. In diesem Sinne bietet die II. Juragewässerkorrektion für die Unterlieger ebenfalls einen Vorteil. Nur die starke Ausflußsteigerung Nidau im übrigen Bereich der normalen Hochwasserabflüsse ermöglicht diese Spitzenbrechung.

Zum Abschluß soll noch erwähnt werden, daß für die Fischerei in den Seen eine Bedingung in das Reglement aufgenommen wird, während der Laichzeit der Hechte innerhalb der Monate April oder Mai die Seen nicht fallend, sondern konstant oder leicht steigend zu halten. Sie läßt sich nach der Hydrologie der beurteilten 15 Jahre ohne weiteres einhalten.

Zusammenfassend haben sich so die bautechnischen Maßnahmen der II. Juragewässerkorrektion zusammen mit der zukünftigen Regulierung zu einer guten Lösung verbinden lassen, die dem Seeland den nötigen Schutz ohne Benachteiligung der Unterlieger gewährt.

5. *Die II. Juragewässerkorrektion und ihre Anpassungsfähigkeit auf lange Sicht betrachtet*

Die Projektierungsleitung ist also grundsätzlich zu denselben Schlußfolgerungen gelangt wie seinerzeit Ing. Arthur Peter als Abteilungschef einer 1919 speziell für die II. Juragewässerkorrektion gegründeten Abteilung der bernischen Baudirektion. Bei den durch die Juragewässerkantone festgestellten notwendigen Bedingungen, die eine II. Juragewässerkorrektion zu erfüllen hat, und den durch die Interessen der Unterlieger gegebenen Einschränkungen oder erweiterten Bedingungen muß die Ausflußkapazität Nidau auf das maximal Mögliche gesteigert werden, wobei die oberste Grenze durch die im Interesse der Unterlieger beschränkten maximalen Abflußmengen in der Aare gegeben ist. Dieses Maximum ist mit der Lösung praktisch erreicht. Bautechnisch wurde also das noch Mögliche getan und damit für die Regulierung die relativ hohe Bereithaltung 429,40 m ü. M. in den Wintermonaten ermöglicht mit der leicht erhöhten Wasserfracht zu Gunsten der Kraftwerke, so daß diese jedenfalls nicht benachteiligt werden.

Die Lösung erscheint trotzdem aus zwei Gründen nicht ideal. Einmal werden bei den extremsten Hochwassern noch Überschreitungen der Überschwemmungsgrenzen in Kauf genommen. Im weiteren wurde festgestellt, daß die Bodensenkungen infolge der I. Juragewässerkorrektion noch weiter gehen, wodurch sich gewissermaßen die Überschwemmungsgrenzen senken. Nachdem mit der Ausnützung der maximalen Ausflußkapazität Nidau die bautechnischen Möglichkeiten ausgeschöpft sind, stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob auf lange Sicht betrachtet die Regulierung eine weitere Absenkung der Höchststände erlaubt und damit die bei einem so großen Werk erwünschte Anpassungsfähigkeit ermöglicht. Weil sich die ganze Dimensionierung der II. Juragewässerkorrektion nur nach den Höchstwassern während der Wintermonate richten muß, erscheint eine Änderung des Reglementes mit tieferer Bereithaltung während der gefährlichen Wintermonate durchaus möglich.

Der Einfluß einer tieferen Bereithaltung wurde bezüglich der Wirkung auf die Höchststände in den Seen hydraulisch überprüft. Das Diagramm 23 zeigt das Resultat, indem in Abhängigkeit von der Bereithaltungskote die Höchststände in den Seen für die Hochwasser 1944, 1955 und als Orientierung für das Schemahochwasser mit 700 Mio m³ Zufluß in 6 Tagen dargestellt sind. Darnach würde mit der

Bereithaltungskote 429,20 m ü. M.
das Hochwasser 1955 nur noch bis zu den Überschwemmungsgrenzen aufsteigen (Neuenburgersee 430,35 m ü. M.) und mit der

Bereithaltungskote 429,00 m ü. M.
nur noch auf etwa Kote
Neuenburgersee Max. 430,20 m ü. M.

Man erkennt aus dieser Überprüfung, daß es nach dem dargestellten Ausbau der II. Juragewässerkorrektion möglich ist, durch eine reine Änderung der Reguliervorschrift während der Wintermonate im Sinne einer Herabsetzung der Bereithaltung von

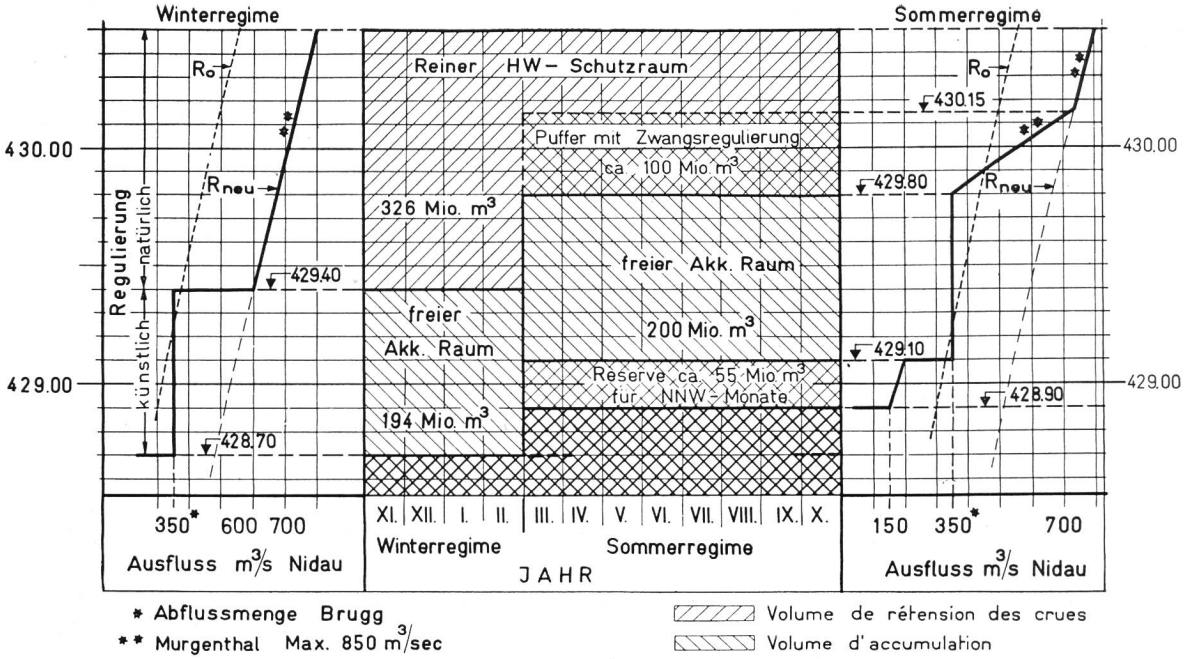
429,40 auf 429,20 oder 429,00 m ü. M.

die Höchststände in den Seen noch um 15 cm bis 30 cm tiefer zu halten, beim bisher intensivsten Hochwasser 1955 also von

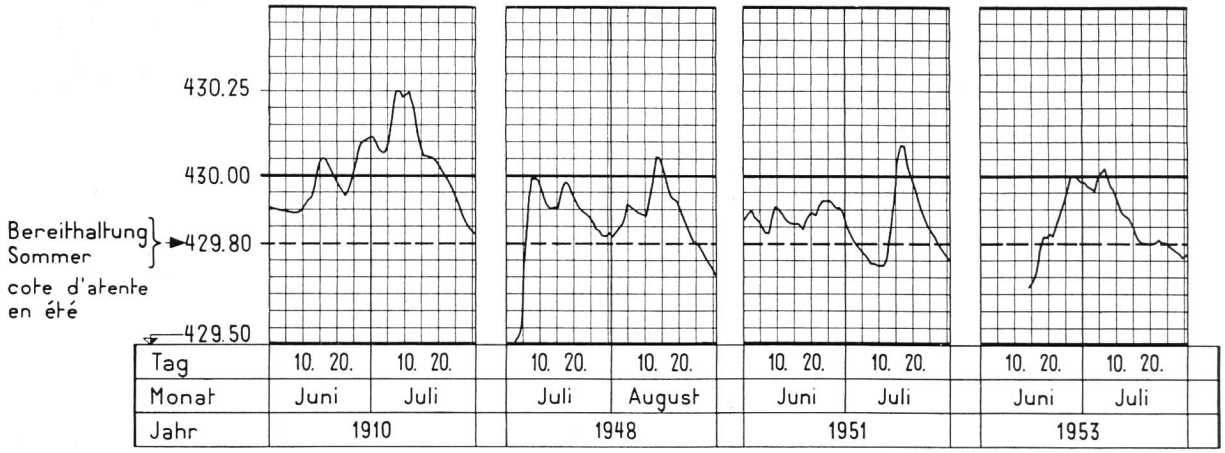
430,50 auf 430,35 oder 430,20 m ü. M.

zu senken. Die Regulierung während des «Sommerregimes» könnte mit der Bereithaltung 429,80 m ü. M. beibehalten oder ebenfalls gesenkt werden, denn die Bereithaltung im Sommer ist ja unabhängig vom Winterregime und viel weitgehender frei wählbar.

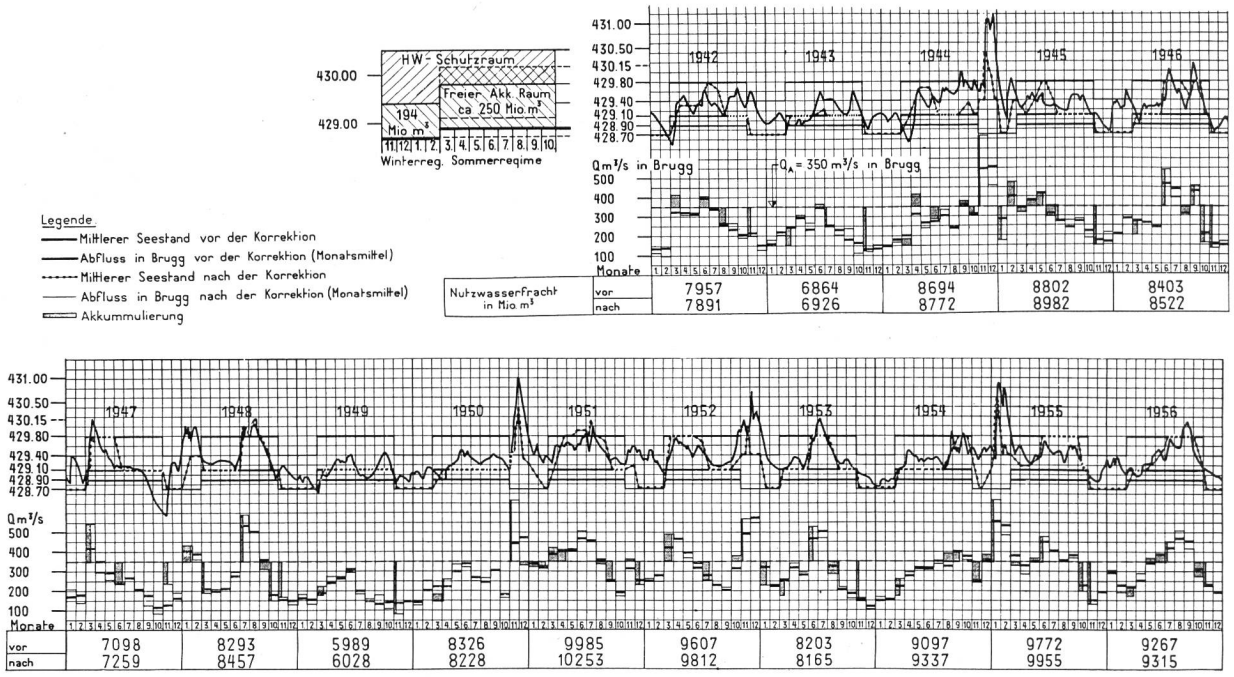
Wenn also im Reglement nach Diagramm 18 im Winter die Bereithaltungskote 429,40 m ü. M. eingeführt wurde, *so ist damit nur die höchstmögliche Grenze fixiert*, mit der die Juragewässerkantone beim Hochwas-



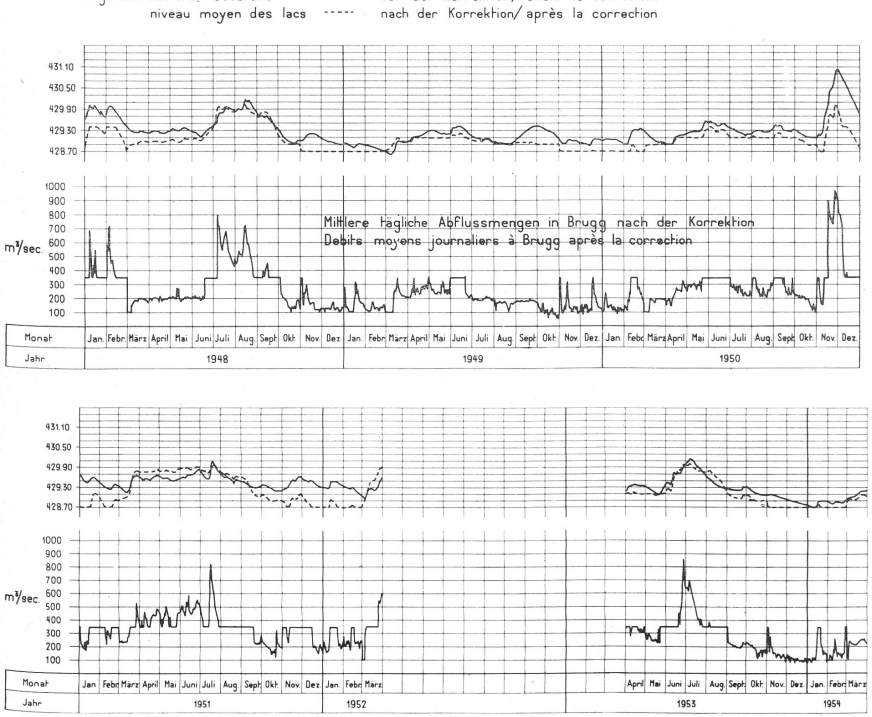
Diagr. 18 Generelles zukünftiges Reglement / Réglement de barrage après la IIe correction



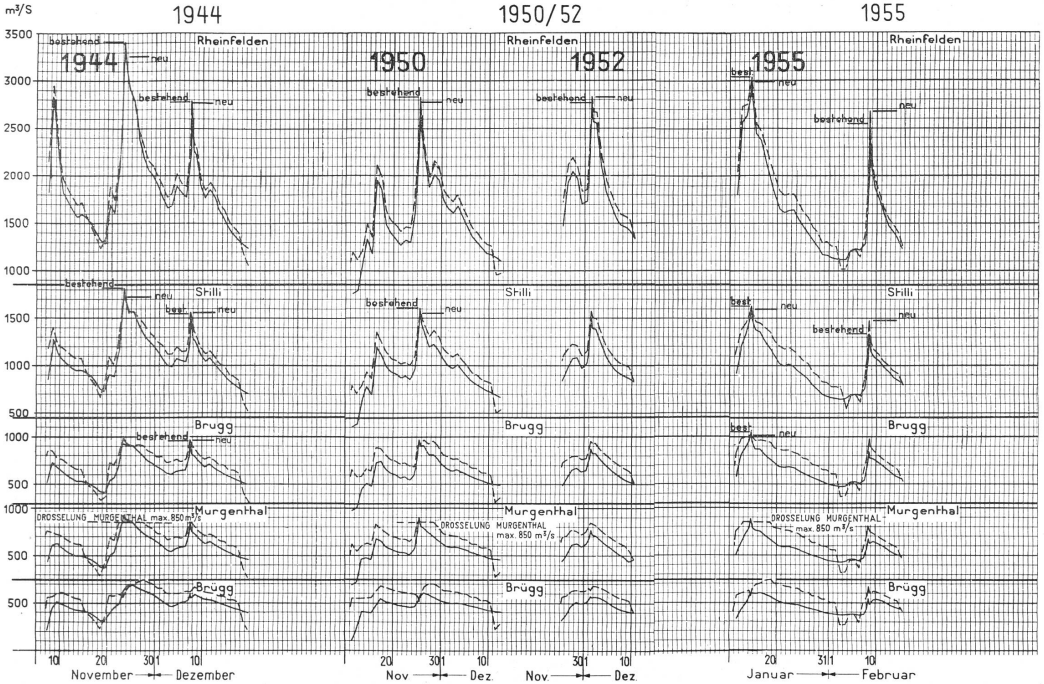
Diagr. 19 Sommer-Hochwasser / Crue d'été



Diagr. 20 Mittlerer Seestand vor und nach der Korrektion und entsprechende Abflußmengen in Brugg
Cote moyenne avant et après la correction et moyenne relative du débit mensuel à Brugg



Diagr. 21



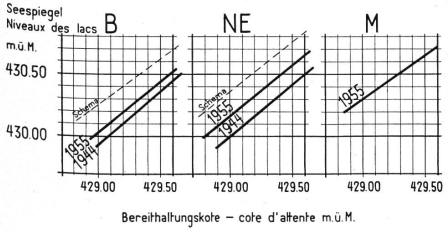
Legende:

—— Bestehender Zustand / état actuel.

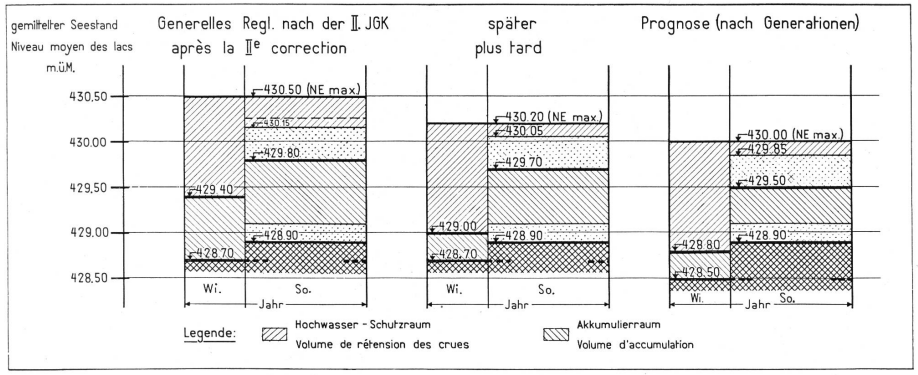
– – – Projekt mit Drosselung bei Murgenthal max. 850 m³/S / projet avec rétrécissement à Murgenthal max. 850 m³/S

} Mit Berücksichtigung des Maximums (Spitze) am Tag der Höchstwassermenge. / Compte tenu du maximum (pointe) au jour du débit le plus grand.

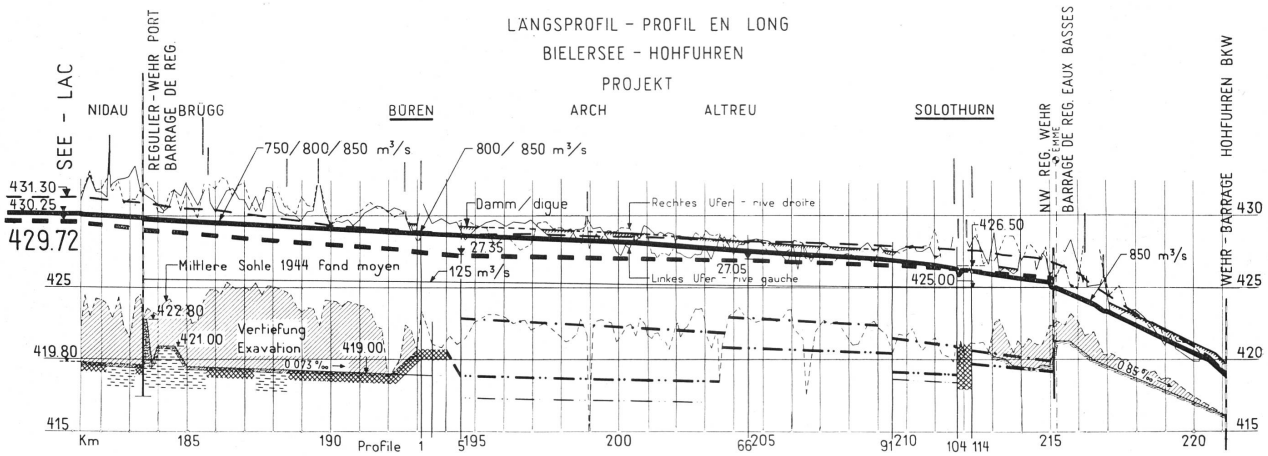
Diagr. 22 Mittlere tägliche Hochwasser-Abflüsse in der Aare und im Rhein
Débits moyens journaliers dans l'Aar et dans le Rhin



Diagr. 23 Max. Seeanstiege in Abhängigkeit von der Bereithaltung / Niveau max. en fonction de la cote d'attente



Diagr. 24 Die zukünftige Regulierung / La régularisation après la IIe correction



Legende: Wasserspiegel / Niveaux d'eau

- 1944, Q = 700 m³/s
- Nach Projekt für bestehende Sohle zwischen Büren und Solothurn. / D'après le projet pour le fond existant entre Büren et Soleur
- Nach Projekt für erodierte Sohle. / D'après le projet pour le fond érodé

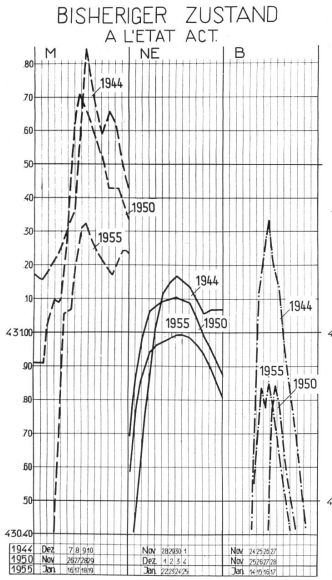
Mittlere Sohle / Fond moyen

- bestehend / existant
- erodierte / après l'érosion
- Erosionsmaximum / max. d'érosion

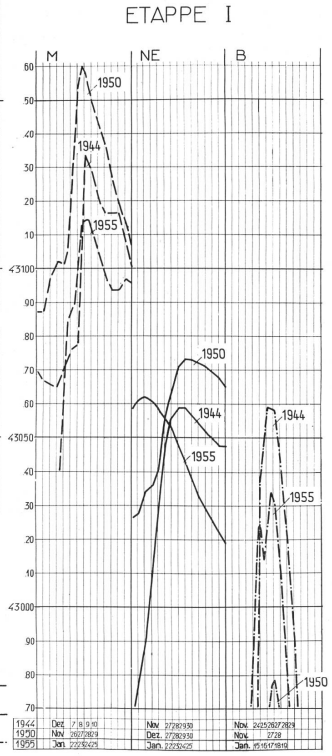
Feste Sohle / Fond fixé

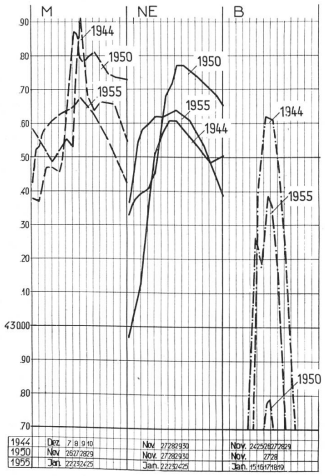
- natürlich, Lehm / naturel, terre glaise
- künstlich, Blöcke oder Schroppen / artificiel, blocs ou chaille

Diagr. 25 Zukünftige Wasserspiegel- und Sohlenlängenprofile bei vollständiger Auswirkung der Erosionstendenz
Profils en long des niveaux d'eau et du fond après l'effet total de l'érosion

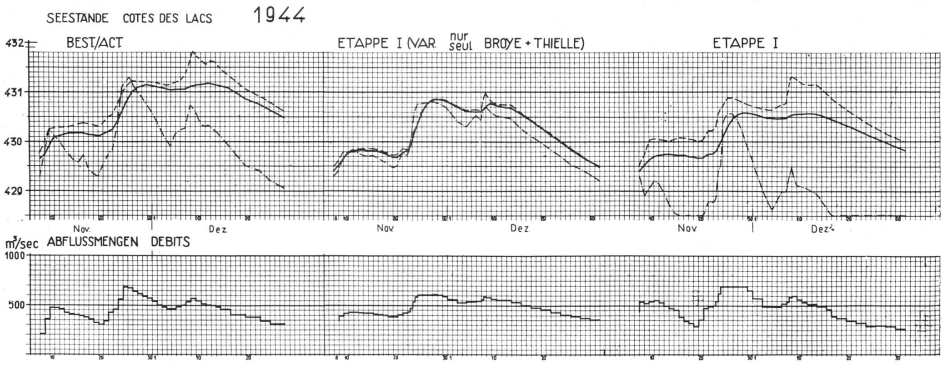


Diagr. 27





M Murtensee
NE Neuenburgersee
B Bielersee



Diagr. 26 Legende — — — M ——— NB . — . — . B

ser 1955 eine Überschreitung der Überschwemmungsgrenzen um 15 cm tolerieren. Sie wurde beibehalten, damit die Regulierung nach der II. Juragewässerkorrektion sicher ohne Benachteiligung der Kraftwerke erfolgen kann. Die Rechnung ergab mit dieser hohen Bereithaltung nach Tabelle 1 sogar einen Gewinn von total 94 Mio m³ jährlich, und zwar während des Winterregimes 57 Mio m³ und während des Sommerregimes 37 Mio m³. Der freie Akkumulierraum von 194 Mio m³ zwischen den Koten 428,70 und 429,40 m ü. M. enthält also eine Reserve.

Unter Beibehaltung der tiefsten zukünftigen Seekote im Neuenburgersee 428,70 m ü. M. hätten die tieferen Winterbereithaltungskoten 429,20 bzw. 429,00 eine Reduktion des freien Winter-Akkumulierraumes auf 137 Mio m³ bzw. 82 Mio m³ zur Folge. Damit würde während der Wintermonate die nutzbare Wasserfracht etwas reduziert. Die Nachrechnung ergibt jedoch, daß diese Reduktion nicht so wesentlich ist. In der Tabelle 2 sind für die genauer berechneten fünf Jahre die für verschiedene Kombinationen von Sommer- und Winterbereithaltungskoten berechneten mittleren jährlichen Gewinne an Nutzwasserfracht zusammengestellt. Es ist demnach, verglichen mit dem bestehenden Zustand, ohne Benachteiligung der Kraftwerke möglich, die Winterbereithaltung bis 429,00 und die Sommerbereithaltung bis 429,50 zu senken. Verglichen mit der mittleren nutzbaren Jahreswasserfracht von etwa 8000 Mio m³ (Tabelle 1) sind die rechnerisch erhaltenen «Gewinne» aber nur ‰-Werte dieser Fracht. Sie liegen deshalb innerhalb der durch die Grundlagen beschränkten Rechnungsgenauigkeit. Weil zudem die Bewertung der Energie nicht berücksichtigt ist, haben die durchgeführten Berechnungen nur insofern Bedeutung, als immerhin grundsätzlich gezeigt ist, daß die bisherige Energieproduktion der Kraftwerke innerhalb der wünschbaren Elastizität der Regulierung nicht geschmälert wird.

Die bautechnischen Maßnahmen der II. Juragewässerkorrektion ermöglichen also allein durch Änderung des Reglementes eine tiefere Absenkung der Höchststände in den Seen. Mit der Winterbereithaltung 429,00 m ü. M. können die Höchststände in den Seen etwa um weitere 30 cm gesenkt werden, und zwar unter Beibehaltung der festgelegten tiefsten Seestände nach Reglement Diagramm 18. Für die Juragewässerkantone bietet deshalb eine solche Änderung des Reglementes nur Vorteile, und verglichen mit dem Zustand vor der II. Juragewässerkorrektion würde sie auch keine Benachteiligung der Kraftwerke bedeuten.

Rechnerischer Gewinn an Nutzwasserfracht in Abhängigkeit von der Bereithaltung

(Min. Seestände: Winter 428,70, Sommer 428,90)

Tabelle 2

Bereithaltung		Rechnerischer Gewinn an Nutzwasserfracht, Mio m³ (Mittel 1948—1951 und 1953)		
Winter	Sommer	Winter	Sommer	Total / Jahr
429,40	429,80	57	37	94
429,00	429,80	20	37	57
429,00	429,50	20	—12*	8

* Verlust

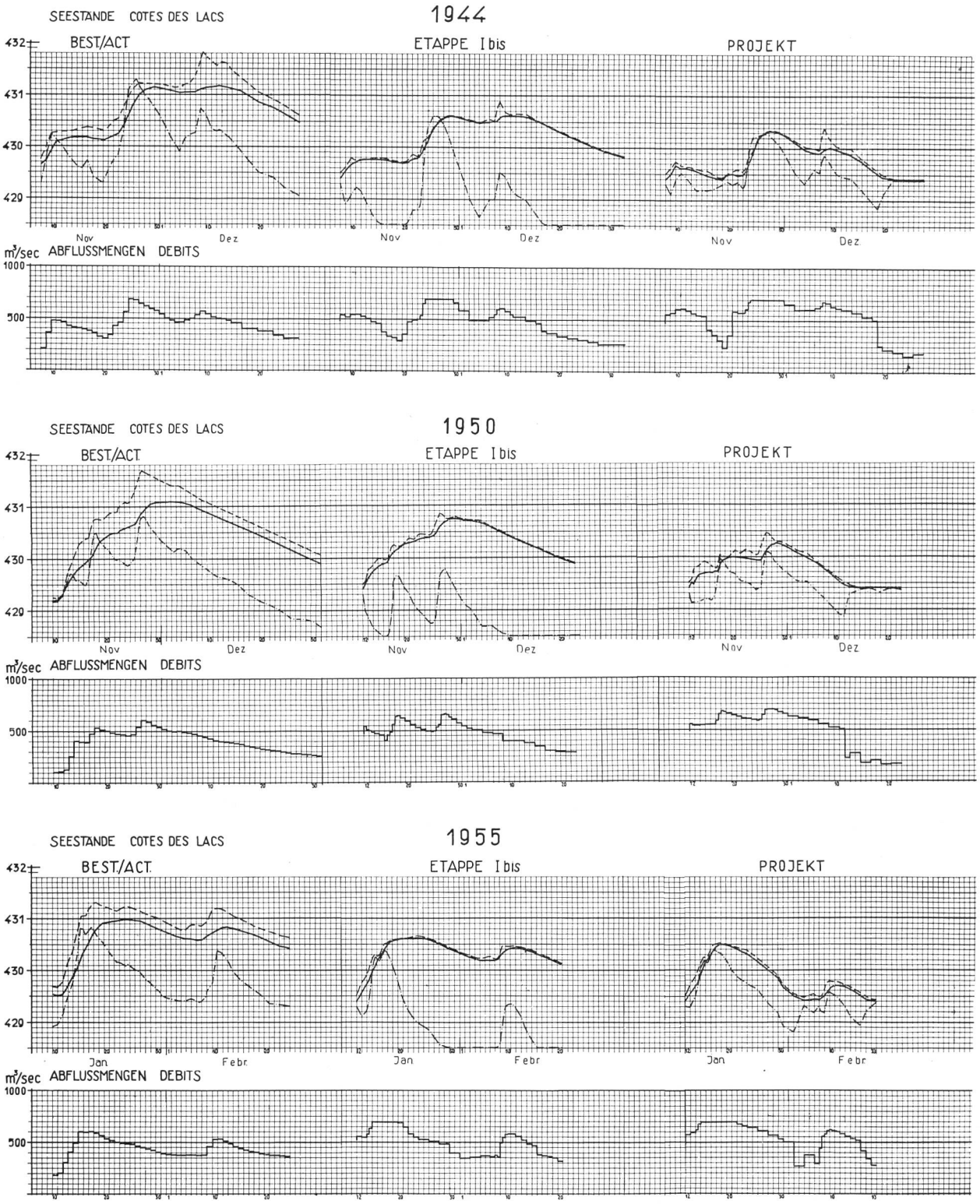
Für die ersten Dezennien nach der II. Juragewässerkorrektion wird eine Herabsetzung der Winterbereithaltung unter 429,40 m ü. M. nicht erforderlich sein, indem die Wirkung der Korrektion die nötige Sicherheit garantiert. Sollten jedoch die als Folge der I. Juragewässerkorrektion festgestellten Terrainsetzungen trotz Beibehaltung der mittleren Seestände nach der II. Korrektion noch weiter gehen, so kann eine weitere Herabsetzung der Höchststände erforderlich werden. Es ist deshalb wichtig zu wissen, daß dies bis 30 cm möglich ist, allein durch eine Herabsetzung der Winterbereithaltung und ohne eigentliche Benachteiligung Dritter. Später kann sogar weiter gegangen werden, indem auch die niedersten Seestände tiefer angesetzt und damit eine allgemein tiefere Regulierung der Seen ermöglicht wird. Mit Rücksicht auf die zukünftigen Bauten an den Seen ist es vielleicht von Nutzen, wenn die Projektierungsleitung ihre Prognose über die zukünftige Regulierung der Seen bekanntgibt. Wir sehen nach der II. Juragewässerkorrektion während 2 bis 3 Generationen eine sukzessive Herabsetzung der Bereithaltungskoten voraus, in den ersten Jahrzehnten ohne Veränderung der festgesetzten Tiefststände in den Seen, später mit einer Herabsetzung der tiefsten Seekote des Neuenburgersees während der Wintermonate auf etwa 428,50 m ü. M. So wird nach 60 bis 100 Jahren das Reglement etwa nach Diagramm 24 aussehen. Die Kraftnutzung wird annähernd unverändert erhalten. Die Höchststände des Neuenburgersees werden nur noch etwa die Kote 430,00 m ü. M. erreichen, und verglichen mit dem heutigen Zustand werden die mittleren Wasserspiegel um etwa 30 cm tiefer sein. Auch in diesem zukünftigen Zustand genügen die durch die II. Juragewässerkorrektion geschaffenen Bauwerke.

In die Beurteilung der Auswirkung der II. Juragewässerkorrektion auf lange Sicht muß auch das zukünftige Verhalten der Aarestrecke von Nidau bis zur Emmemündung einbezogen werden. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Absenkung der Höchstspiegel in Solothurn mit der Zeit voraussichtlich eine natürliche Eintiefung der Aare von Solothurn bis Büren erzeugen werde. Die Hochwasserabsenkung von über 1 m in Solothurn bedeutet nämlich eine Absenkung des bisherigen Sohlenfixpunktes bei der Emmemündung und löst damit die Tendenz einer Parallelsenkung der Flußsohle flußaufwärts aus. Zudem wurde die Höchstabflußmenge von bisher etwa 700 m³/sec zwischen Büren und der Emmemündung auf 800 m³/sec erhöht und im Gerinne konzentriert. Beide Maßnahmen werden in den feinsandigen Flußstrecken Erosionen auslösen.

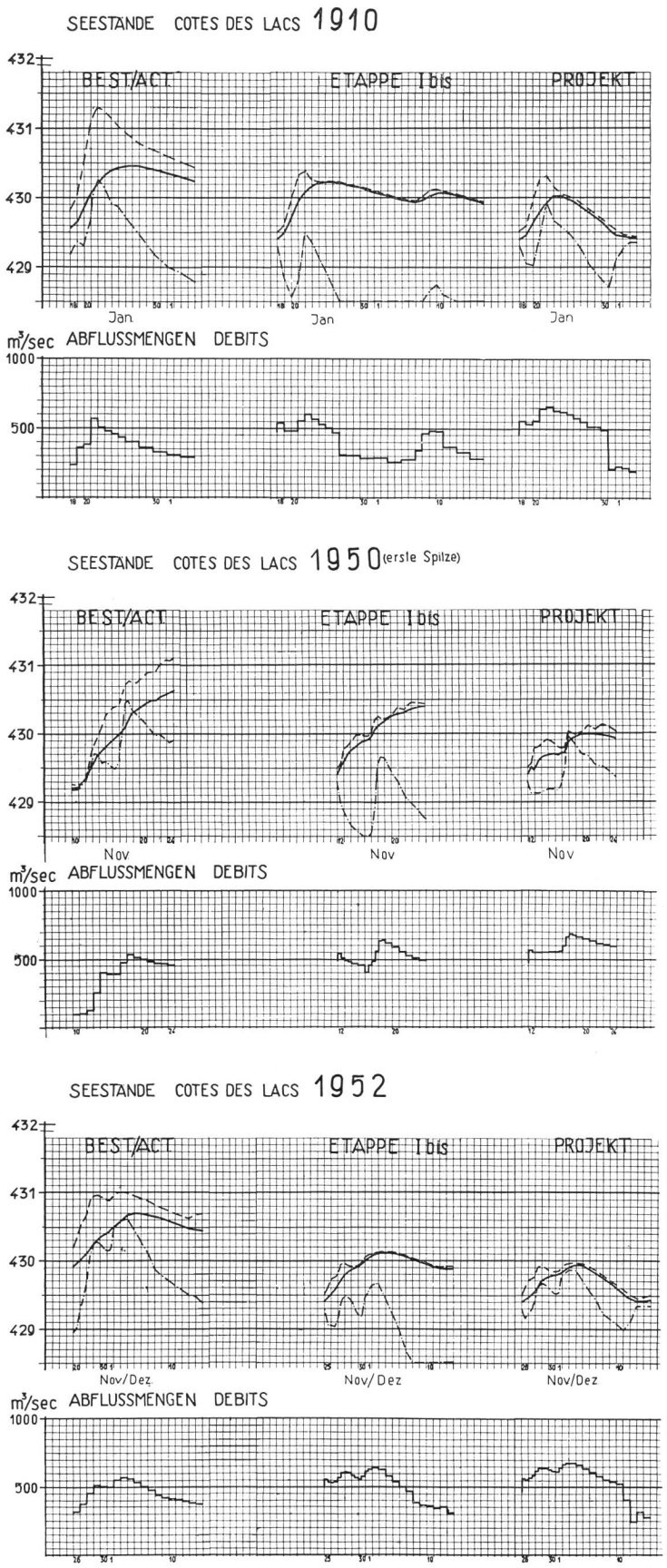
Unter der Voraussetzung, die bestehende Sohle entspreche dem Grenzfall oder Beharrungszustand des geschiebelosen Abflusses von 700 m³/sec, wurden die zukünftigen Beharrungs-Längsprofile des Wasserspiegels und der Sohle bei voller Auswirkung der Erosionstendenz angenähert berechnet. Sie sind im Diagramm 25 dargestellt. Darnach können sich mit der Zeit folgende Sohlenabsenkungen einstellen:

unterhalb Solothurn	etwa 1 m
von Solothurn bis Altreu	etwa 2 bis 2,5 m
von Altreu bis Büren	etwa 3 bis 4 m

Das entsprechende zukünftige Wasserspiegel-Längsprofil nach voller Auswirkung dieser Sohlenabsenkung verläuft vom Fixpunkt Solothurn 426,30 m ü. M. nach



Diagr. 28 Legende — — — Murtensee ——— Neuenburgersee . — . — . Bielersee



Diagr. 29

Legende

— — — M

——— NE

. — . — . B

oben relativ flach, so daß, verglichen mit dem Wasserspiegelverlauf nach Projekt, der auf Grund der heutigen Sohle berechnet wurde, in Büren etwa 1,4 m Absenkung des Höchstspiegels erreicht wird. Durch den vertieften Nidau-Bürenkanal bis zum See geht infolge erhöhter Gefälle das Absenkmaß auf 0,58 m zurück.

Es wird lange dauern, bis sich dieser Grenzzustand eingestellt haben wird, vielleicht wird er auch nicht ganz erreicht. Da jedoch die geologischen Unterlagen auf große Tiefen feinsandiges Material erwarten lassen, wird die Erosion einsetzen. Deshalb müssen die Ufer- und Sohlensicherungen dieser Tendenz angepaßt werden. Der Uferschutz muß bis auf die bestehende Sohle geführt und mit einem starken Vorgrund gegen die Erosion gesichert werden. In Solothurn, in Büren und im Nidau-Bürenkanal muß auch die bestehende *Sohle* gegen Erosion geschützt werden.

Die Erosion hat den Vorteil, daß mit der Zeit infolge der Wasserspiegel-Absenkung auch die Ebenen zwischen Solothurn und Büren selbst bei Höchsthochwasser die natürliche Vorflut erhalten. Zudem steigt mit der Zeit die Ausflußkapazität Nidau im Sinne des Diagrammes 10 etwas über diejenige nach Projekt Peter. Mit Rücksicht auf die erwünschte spätere tiefere Absenkung der Höchstspiegel in den Seen kann diese Tendenz der langsamen natürlichen Erhöhung der Ausflußkapazität Nidau nur erwünscht sein. Es ist erfreulich, feststellen zu können, daß sich nach Ausführung der II. Juragewässerkorrektion auch im Aarebett mit der Zeit die genügende natürliche Vorflut einstellen wird, und die damit verbundene Erhöhung der Ausflußkapazität Nidau erleichtert die Anpassung der Regulierung auf tiefere zukünftige Höchststände in den Seen. Die II. Juragewässerkorrektion sichert so dem Seeland für Generationen den ersehnten Schutz, die zu schaffenden Bauwerke müssen von dauerndem Bestand sein.

6. Das Bauprogramm

Ein Werk vom Umfang der II. Juragewässerkorrektion kann nur in Bauetappen verwirklicht werden. Eine besondere Untersuchung erforderte deshalb die Frage nach der zweckmäßigsten Reihenfolge der Ausführung der Arbeiten, denn es sollten doch die wirksamsten Arbeiten vorweg ausgeführt werden, um möglichst bald wenigstens eine teilweise Hochwassersicherung zu erzielen. Eine natürliche Trennung der auszuführenden Bauten ist gegeben durch die Arbeiten unterhalb Nidau und anderseits die Erweiterung der Verbindungskanäle Broye und Zihl zwischen den Seen. Um beurteilen zu können, welche dieser Arbeiten zuerst ausgeführt werden sollten, wurde das Hochwasser 1944 für die beiden Möglichkeiten

zuerst Kanalerweiterungen (Etappe I, Variante Broye und Zihl)

bzw. zuerst Kapazitätssteigerung des Ausflusses in Nidau (Etappe I)

durchgerechnet. Das Diagramm 26 bestätigt, daß es wirksamer ist, zuerst die Arbeiten unten auszuführen, also die Kapazität des Ausflusses aus dem Bielersee zu erhöhen, indem der Bieler- und der Neuenburgersee nach der Etappe I wesentlich weniger hoch aufsteigen. Diese Reihenfolge ist zudem zweckmäßiger, weil mit den Arbeiten unterhalb Nidau auch das Aaretal vor Überschwemmungen geschützt wird.

Das Diagramm 27 zeigt im Vergleich mit dem bestehenden Zustand die noch auftretenden Höchststände nach einer solchen *Etappe I*, bei der alle Arbeiten unterhalb Nidau ausgeführt sind. Es wird, neben der Sicherung des Aaretales, eine wesentliche Absenkung der Höchststände im Neuenburger- und im Bielersee erreicht. Der Murtensee steigt dagegen noch immer auf Koten zwischen 431,00 und 431,50 auf. Diese Feststellung spricht dafür, auch den Broyekanal *während* der Etappe I zu erweitern. Die Wirkung einer solchen

Etappe I-bis,

bei der mit den Arbeiten unterhalb Nidau auch der Broyekanal erweitert wird, zeigt die dritte Darstellung des Diagrammes 27. Verglichen mit der Etappe I ist die Wirkung auf den Murtensee so günstig, daß die gleichzeitige Ausführung des Broyekanals als richtige Lösung erscheint. Die Etappe I-bis kann als eine wirksame erste Hochwassersicherung bezeichnet werden.

Es verbleibt so als Etappe II nur noch die Erweiterung des Zihlkanals, um die II. Juragewässerkorrektion zur vollen Wirksamkeit auszubauen. Die Zusammenstellung aller Hochwasser in den Diagrammen 28 und 29 zeigt, ausgehend vom bestehenden Zustand, die Wirkung des etappenweisen Ausbaues der II. Juragewässerkorrektion in der Reihenfolge:

Etappe I-bis: Ausführung aller Arbeiten unterhalb Nidau, die Vertiefung des Nidau-Bürenkanals, das Entfernen des Emmekegels und die Baggerungen von Solothurn bis Hohfuhren, der Bau des neuen Hilfswehres oberhalb der Emmemündung und die Sicherung der Aare von Büren bis Hohfuhren. Ferner die gleichzeitige Erweiterung des Broyekanals.

Etappe II: Erweiterung des Zihlkanals zum Endausbau der II. Juragewässerkorrektion.

Mit der Etappe II werden nicht nur alle Wasserspiegel nochmals wesentlich auf die zukünftigen Höchststände abgesenkt, sondern es wird gleichzeitig eine viel ruhigere Regulierung im Sinne kleinerer Spiegeldifferenzen zwischen dem Neuenburger- und dem Bielersee erreicht. Bei der Etappe I-bis können nämlich die Seespiegel nur durch eine grobe Absenkung des Bielersees und die damit erzwungene erhöhte Kapazität des noch nicht erweiterten Zihlkanals in den Grenzen nach den Diagrammen 28 und 29 gehalten werden. Als vorübergehende Maßnahme mag dies zulässig sein, nicht aber als zukünftige bleibende Regulierung.

Zusammenfassend bestätigt diese Untersuchung, beim Vergleich der Wirkungen der einzelnen Teilkorrektionen für sich und mit den andern zusammen, daß alle vorgesehenen Korrektionen erforderlich sind und daß jede Teilkorrektion wesentlich zur guten Gesamtwirkung der II. Juragewässerkorrektion beiträgt. Im Sinne einer möglichst raschen und wirksamen Teilkorrektion sollten in einer ersten

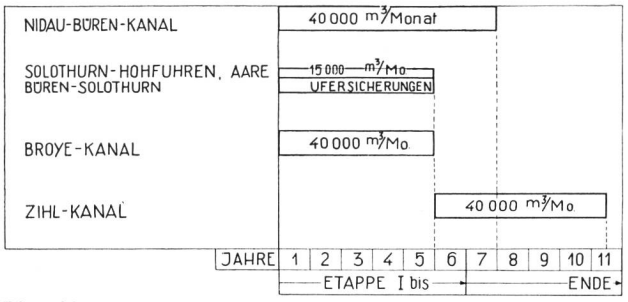
Etappe I-bis die Arbeiten unterhalb Nidau und die Erweiterung des Broyekanals gleichzeitig ausgeführt werden. Als

Etappe II folgt die Erweiterung des Zihlkanals zum Endausbau der Gesamtkorrektion. Diese Etappe II sollte jedoch möglichst ohne Unterbrechung nach der Etappe I-bis ausgeführt werden, weil nur die Ausführung aller Arbeiten die volle Wirkung mit einer ruhigen zukünftigen Regulierung der Seen ermöglicht.

Dieses Vorgehen führt zu einem Bauprogramm, wie es im Diagramm 30 dargestellt ist.

Die Bauzeiten sind vom Aushub abhängig. Bei Verwendung von vier Schwimmbaggern mit einer monatlichen Aushubleistung von 40 000 m³ beträgt die Bauzeit

im Nidau-Bürenkanal	etwa 7 Jahre
im Broyekanal	etwa 5 Jahre
im Zihlkanal	etwa 5½ Jahre



Diagr. 30

Mit diesen Zeiten ist es also möglich, nach Diagramm 30 die Etappe I-bis in 6 bis 7 Jahren und die Gesamtkorrektion in etwa 11 Jahren auszuführen. Die Bauinstallationen für den Broyekanal werden nach dessen Fertigstellung für den Ausbau des Zihlkanals verwendet. Je nach den vorhandenen schwimmenden Installationen könnte natürlich auch der Zihlkanal gleichzeitig mit den übrigen Arbeiten ausgeführt werden, so daß vom technischen Standpunkt aus die II. Juragewässerkorrektion innert wenigen Jahren verwirklicht werden könnte.

Zweiter Teil **Das technische Projekt und die Kosten**

1. Einleitung

Die II. Juragewässerkorrektion erfaßt die beiden Verbindungskanäle zwischen den Seen, den Broye- und den Zihlkanal, den Nidau-Bürenkanal, die Aarestrecke von Büren bis Solothurn und von Solothurn über die Emmemündung flußabwärts bis zum bestehenden Wehr Hohfuhren des Kraftwerkes Wangen. Die Übersichtskarte (Faltblatt) zeigt die Zusammenhänge der Korrektion mit 57 km zu korrigierenden Kanal- und Flußstrecken. Es sei daran erinnert, daß mit den Arbeiten unterhalb Nidau

die Ausflußkapazität aus dem Bielersee gesteigert, die Hochwasserabsenkung in Solothurn erreicht und das Aaretal vor Überschwemmungen geschützt wird. Schließlich dient das neue Regulierwehr Emmenholz zur Niederwasserhaltung auf der Aarestrecke von der Emmemündung flußaufwärts zum bestehenden Wehr Port.

Die Erweiterung der Verbindungskanäle gleicht die Wasserspiegeldifferenzen zwischen den drei Seen aus und ermöglicht mit der vergrößerten Ausflußkapazität Nidau zusammen die angestrebte Absenkung der Höchststände in den Seen. Die erforderliche Ausbaugröße der Kanäle und der Baggerungen im Nidau-Bürenkanal und unterhalb Solothurn wurde generell schon besprochen, sie ist gegeben durch die notwendigen zukünftigen Kapazitäten. Die folgenden Ausführungen sollen etwas detaillierter über die Korrektionsarbeiten und die technischen Ausführungen orientieren.

2. Das technische Projekt

In den Plänen I bis V (Faltblätter) sind für jede Teilstrecke eine Situation, ein verzerrtes Längsprofil, Querprofile und Details über die Sicherungsarbeiten zusammengestellt. Bei der Beurteilung der Längsprofile muß die starke Verzerrung durch die verschiedenen Maßstäbe für die Höhen und Längen beachtet werden. Ohne Verzerrung wären die zackigen Ufer und Sohlen nur unmerklich gewellte Linien.

Die Korrektion erfordert als Hauptarbeitsgattungen den Aushub und die Ufer- und Sohlensicherung, ferner als Kunstbaute das neue Regulierwehr Emmenholz. Als Anpassungsarbeiten sind zu erwähnen das Neufundieren und Verlängern der Brücken, die Anpassung der Straßen, Wege und Drainagen und die Bepflanzung und Landschaftsgestaltung.

Die Aushubkubatur beträgt total 8 540 000 m³ und besteht zur Hauptsache aus lehmig-feinsandigem Material. Davon entfallen 7 400 000 m³ auf die drei Kanäle oberhalb Büren und 1 140 000 m³ auf die Aare unterhalb Solothurn. Im Nidau-Bürenkanal sind etwa 650 000 m³ Kiessand und 860 000 m³ zäher Grundmoräne-Blocklehm auszuheben und im Aarebett zwischen Solothurn und Hohfuhren 620 000 m³ Kiessand und gegen 41 000 m³ Molasse. Die Ausführung erfolgt mit schwimmenden Baggerbatterien, mit Eimerketten-Tieflöffel, eventuell Saugbagger. Die harten Partien in Blocklehm und Molasse werden vorgängig durch Sprengen oder Meißeln gelockert. Der Kiesaushub wird für die Ufer- und Sohlensicherungen verwendet, der feinsandig-lehmige Aushub der Kanäle dagegen in den Seen versenkt. Der nicht verwendbare Aushub der Strecken unterhalb Solothurn wird auf Deponien angelegt, planiert und humusiert. Bei diesen großen, bezüglich Kubatur gegebenen Aushüben und Transporten wird sich erst in Zusammenarbeit mit den Unternehmungen die wirtschaftlichste Organisation und Ausführungsart ergeben.

Eine sehr wichtige, umfangreiche und kostspielige Arbeit der II. Juragewässerkorrektion ist die Ufer- und Sohlensicherung der neuen Kanäle Broye und Zihl, des vertieften und teilweise verbreiterten Nidau-Bürenkanals, der Aarestrecke von Büren bis Solothurn und der vertieften und teilweise verbreiterten Strecke von Solothurn bis zur Emmemündung. Auf all diesen Strekken liegen die Gerinne zur Hauptsache in feinsandigen Seealluvionsböden mit lehmigen Zwischenschichten. In diesen Böden erodiert das Wasser auch bei kleinen Geschwindigkeiten, unterspült die Ufer, bildet tief ausgefressene Talwegrinnen, die vor allem an den Außenseiten der Krümmungen die Ufer abtragen. Das eindrücklichste Bild liefert die Flußstrecke Büren–Solothurn, auf der jährlich große Flächen Kulturland erodiert werden. Auch der Nidau-Bürenkanal weist eine Teilstrecke auf, in der grundbruchartig die Ufer ins Gerinne vorgestoßen sind. Die Stabilität der feinsandigen, mit lehmigen Schmierschichten durchsetzten Ufer ist eben schon bei nur geringen Niveaudifferenzen zwischen dem Grundwasser und dem Tagwasser durch die

Sickerströmung gefährdet. Dazu kommt die Wirkung des strömenden Wassers und der Wellen durch die rege Schiffahrt, die schon heute auf allen Kanal- und Flußstrecken von Solothurn aufwärts besteht.

Aus eingehender Prüfung der bestehenden Uferverhältnisse und des künftigen Zustandes nach der II. Juragewässerkorrektion ergab sich die Notwendigkeit einer durchgehenden Sicherung aller Ufer und teilweise auch der Feinsandsohlen in den Kanälen und in der Aare bis zur Emmemündung. Nur die Flußstrecke unterhalb der Emmemündung bis Hohfuhren, soweit sie im Kies des Emmeschuttkegels liegt, kann ausgenommen werden. Bei diesem Beschluß war die Überlegung maßgebend, daß es sich bei der II. Juragewässerkorrektion um die Schaffung von Bauwerken handelt, die von dauerndem Bestand sein müssen.

Als System der Ufersicherung ist einheitlich ein Aufbau mit einer Filterschicht aus Kies oder Schroppen und einem groben Blockwurf als Abdeckung vorgesehen. Die Filterschicht verhindert das Ausschwemmen des feinsandigen Ufer- und Sohlenmateriales, die Abdeckung bildet den Schutz gegen den Wellenschlag und gegen die Kolkbildung durch das strömende Wasser. Als Vorgrund zur Sicherung des Böschungsfußes wird eine Schüttung aus Steinen oder groben Schroppen eingebracht. Bei den tieferen Kanälen bildet der Vorgrund eine den Blockwurf der oberen Böschung sichernde Berme. In den feinsandigen Strecken der drei Kanäle wird auf den kolkgefährdeten Strecken auch die Sohle mit einer Kiessand- oder Schroppenschicht versehen, um den Bestand der Sohle zu sichern und damit das Einbringen eines später eventuell erforderlichen Blockwurfes zu erleichtern. Diese Schutzschicht wird auch in Büren und Solothurn in der Aare eingebracht und hier mit dem Blockwurf gedeckt. Von Büren bis Solothurn und unterhalb bis zur Emmemündung muß der Vorgrund als Schutz der Böschung gegen die Tiefenerosion etwas verstärkt werden, eventuell sind lokal auch breitere Sohlen-Abdeckstreifen erforderlich. Das entworfene System kann bei der Ausführung je nach den lokalen geologischen und strömungstechnischen Verhältnissen verstärkt oder vermindert werden. Die Neigung der Uferböschungen beträgt normal 1 : 2 bis 1 : 3, muß jedoch in den rutschgefährdeten Strecken noch flacher gewählt werden.

Infolge der großen Länge der zu sichernden Kanal- und Flußstrecken sind die zu sichernden Ufer- und Sohlenflächen groß, nämlich:

für die Ufersicherung	1 414 000 m²
für die Sohlensicherung	700 000 m²
Total	2 114 000 m²

Entsprechend ist auch der Bedarf an Sicherungsmaterialien, nämlich:

Kies	170 000 m³
Schroppen	346 000 m³
Steine (Abdeckung)	699 000 m³
Total	1 215 000 m³

Die Kubaturen der Einzelmaterialien können noch Änderungen erfahren je nach dem Anfall von Kies aus dem eigenen Aushub und je nach dem anfallenden natürlichen Verhältnis für Schroppen und Steine bei der Gewinnung in den Steinbrüchen. Das Total von etwa 1,2 Mio m³ Sicherungsmaterial ist jedoch durch die großen Abmessungen der zu sichernden Kanäle und Aarestrecken gegeben.

Die Arbeiten der II. Juragewässerkorrektion bedingen natürlich einen spürbaren Eingriff in die bestehenden zum Teil sehr schönen Landschaften. Die Landschaftsgestaltung wird deshalb gemeinsam mit den Naturschutzkreisen gelöst. Es wird für die Bepflanzung und Landschaftgestaltung eine saubere Trennung zwischen den technischen Schutzbauten und der Bepflanzung angestrebt. In den Geraden und in den Außenseiten der Krümmungen ist die Bepflanzung landseits des Uferweges vorzusehen. In den Innenseiten der Krümmungen und in den geraden Flußstrecken mit Überbreiten ist dagegen die Belassung des wasserseitigen Schilfwuchses möglich. Im Aarelauf von Büren bis Solothurn ergibt sich diese Anordnung durch den natürlichen gewundenen Lauf von selbst. In den geraden Strecken des Broye- und des Zihlkanals kann durch Teilstrecken mit Profilerweiterungen künstlich gestaltet werden. Tröstlich ist, daß in diesen Gegenden die neue Bepflanzung die Wunden rasch heilen wird.

Die Pläne I und II zeigen die Verbreiterung und Vertiefung der beiden Verbindungskanäle Broye und Zihl.

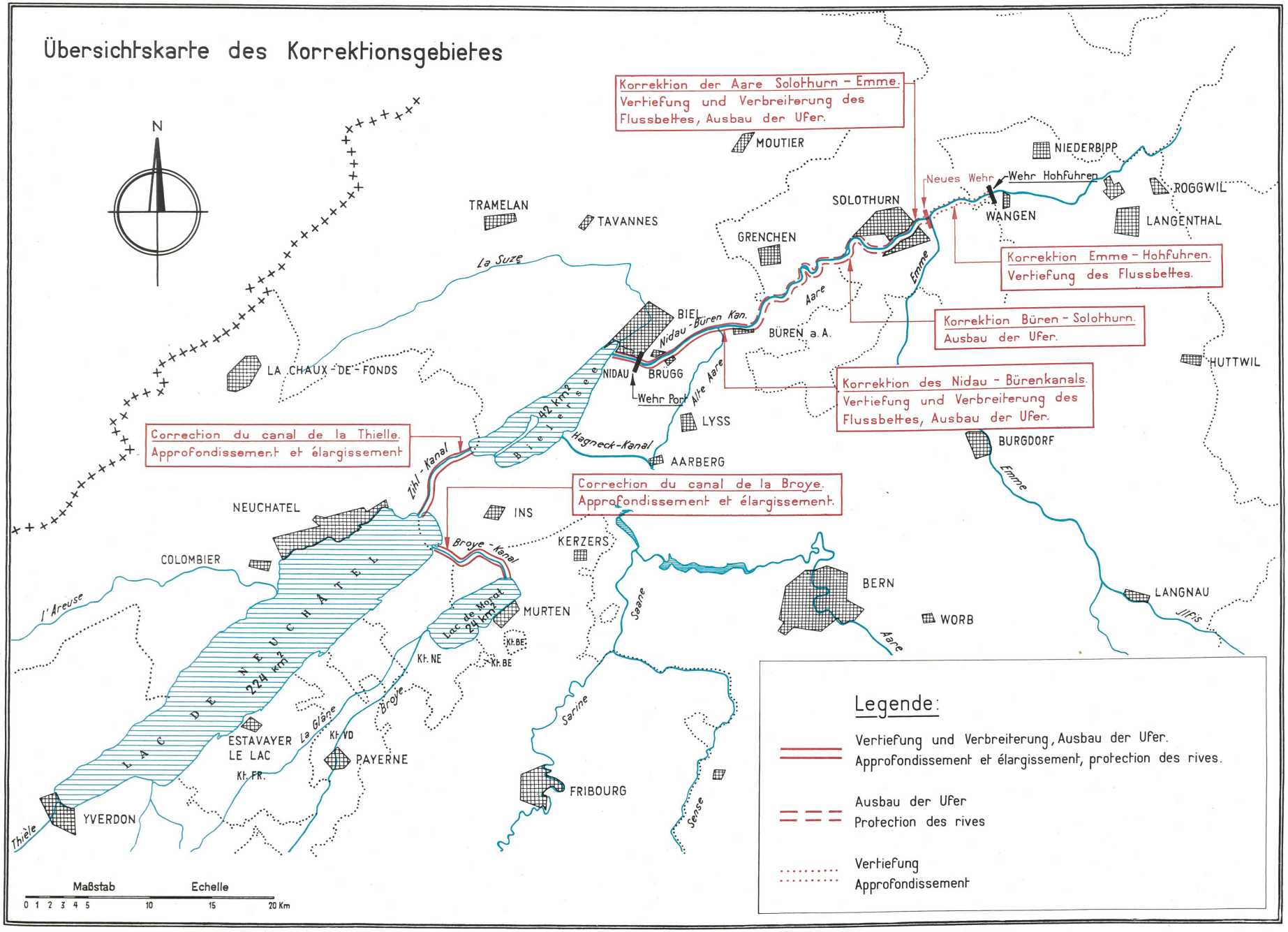
Beim *Broyekanal* bedingt das neue Profil einen Aushub von 2,3 Mio m³, der nach den geologischen Unterlagen hauptsächlich aus Sand besteht. Die Sohlensicherung mit einer Kiesschicht ist nur auf den Außenseiten der Krümmungen vorgesehen. Beim Zihlkanal erfolgt der Aushub von total 2,4 Mio m³ in Sand und teilweise in tonigem Lehm. Die Ufer- und Sohlensicherungen sind nur in den Sandstrecken vorgesehen.

Plan III mit den Details des *Nidau-Bürenkanals* zeigt die Anpassung des Uferschutzes an den sehr tiefen Kanal. Der Aushub von total 2,7 Mio m³ besteht zur Hauptsache aus lehmigem Sand und Kies und etwa 0,86 Mio m³ aus blockigem Grundmoränelehm. Ufer- und Sohlensicherung sind diesen Verhältnissen angepaßt. In der speziell rutschgefährdeten Strecke vom Wehr Port etwa 2 km flußabwärts ist eine Verbreiterung so vorgesehen, daß hier sehr flache Uferböschungen möglich werden. Je nach der Stabilität der Ufer sind auch zwischen Brügg und Schwadernau und in der Feinsandstrecke flußaufwärts Büren eventuell Verbreiterungen für die Ausbildung flacherer Uferneigungen in Betracht zu ziehen. Mit Rücksicht darauf, daß der Uferschutz neu eingebracht werden muß, ist eine lokale Anpassung der Profilform an die geologische Gegebenheit im Rahmen des hydraulisch erforderlichen Abflußquerschnittes möglich.

Plan IV zeigt die Aarestrecke von Büren bis Solothurn. Diese Strecke wird in ihrer Grundform belassen. Ausgeführt wird der Ausgleich und die Sicherung aller Ufer, und mit niedrigen Dammbauten werden die zu tiefen Uferpartien gegen Überschwemmungen geschützt. Es handelt sich hier um etwa 310 000 m² zu erstellende Uferschutzfläche mit teilweise sehr großen Anschüttungen von Filterschichtmaterial vor der Sicherung mit dem Blockwurf. Auf dieser Strecke sind eventuell auch Teilflächen mit Sohlensicherung zur Verhinderung stärkerer zukünftiger Sohlenerosionen erforderlich.

Plan V zeigt die Verhältnisse in der Aarestrecke von Solothurn bis zum neuen Regulierwehr Emmenholz. Auch diese Strecke wird vertieft und auf den engsten Stellen verbreitert. Der Hauptaushub von 480 000 m³

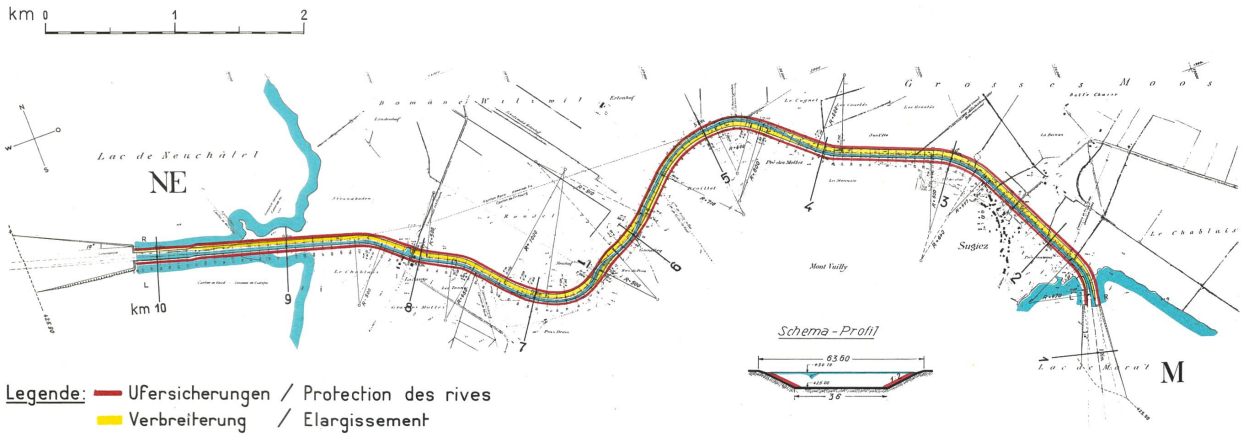
Übersichtskarte des Korrektionsgebietes



CANAL de la BROYE

Plan Nr. I

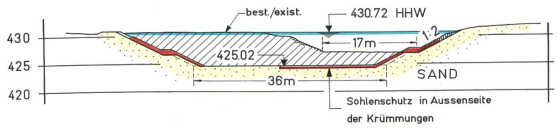
Situation



Querprofile – Profils en travers

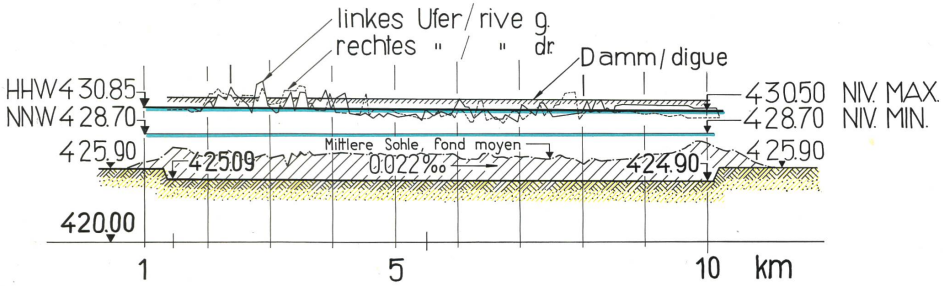
SANDSTRECKE TRONÇON SABLEUX

Prof. Km. 4.477



Längenprofil Profil en long

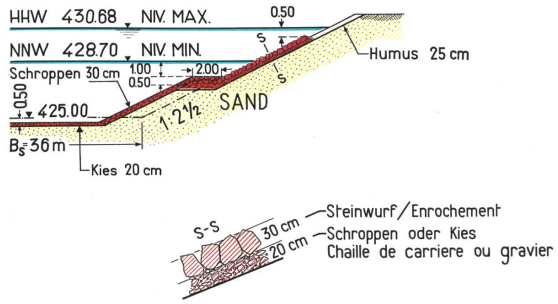
SEE-M-LAC SEE-NE-LAC



Ufersicherung - Protection des rives

SANDSTRECKE TRONÇON SABLEUX

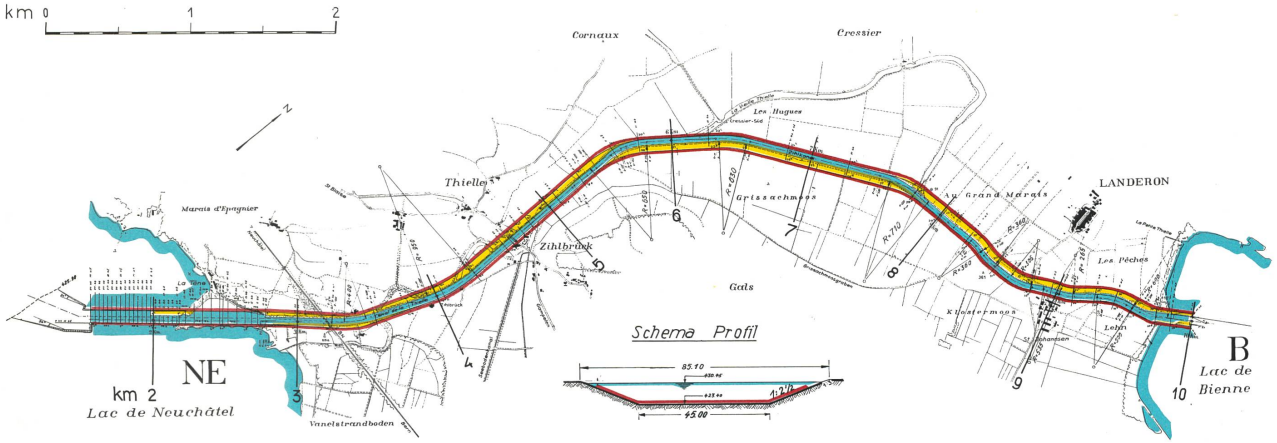
Km 5.500



CANAL de la THIELLE

Plan Nr. II

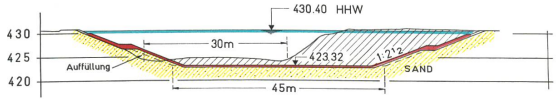
Situation



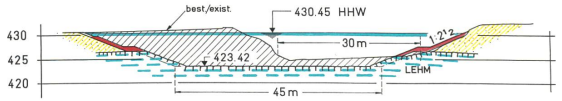
Legende: Ufersicherungen / Protection des rives
Verbreiterung / Elargissement

Querprofile – Profils en travers

SANDSTRECKE TRONÇON SABLEUX Prof. Km. 7.300

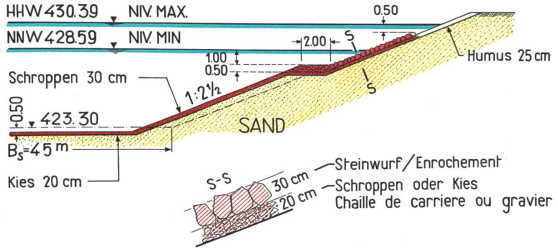


LEHMSTRECKE TRONÇON DE TERRE GLAISE Prof. Km. 5.000

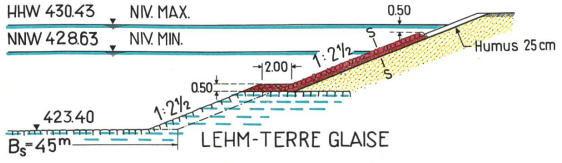


Ufersicherung – Protection des rives

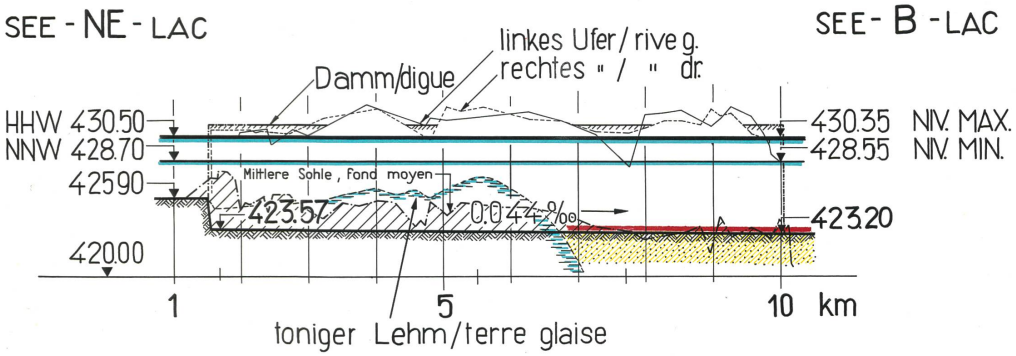
SANDSTRECKE TRONÇON SABLEUX Km 7.750



LEHMSTRECKE TRONÇON DE TERRE GLAISE Km 5.500

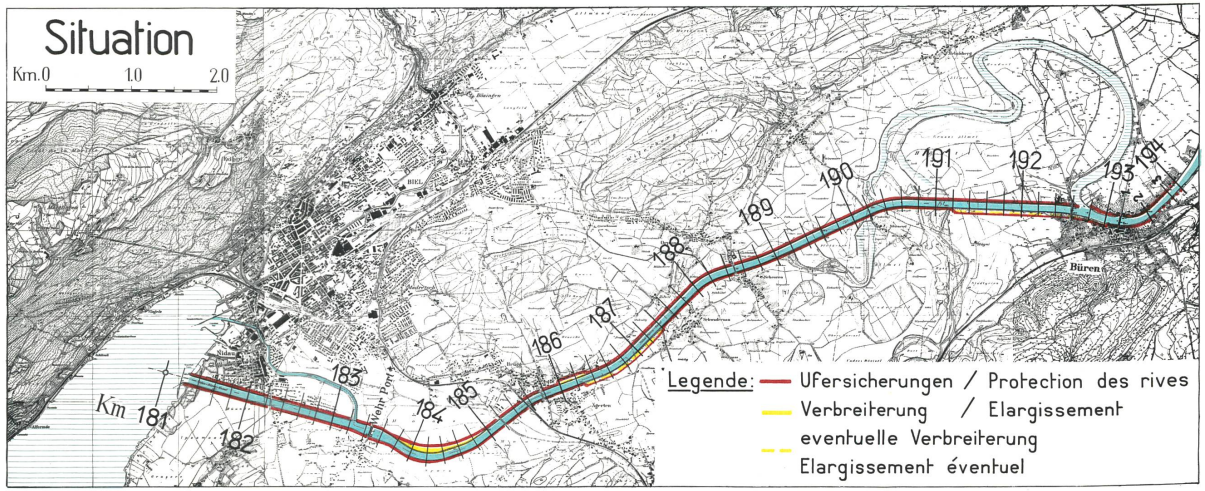


Längenprofil Profil en long

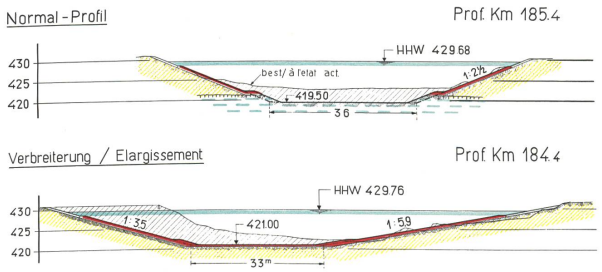


Nidau - Büren KANAL

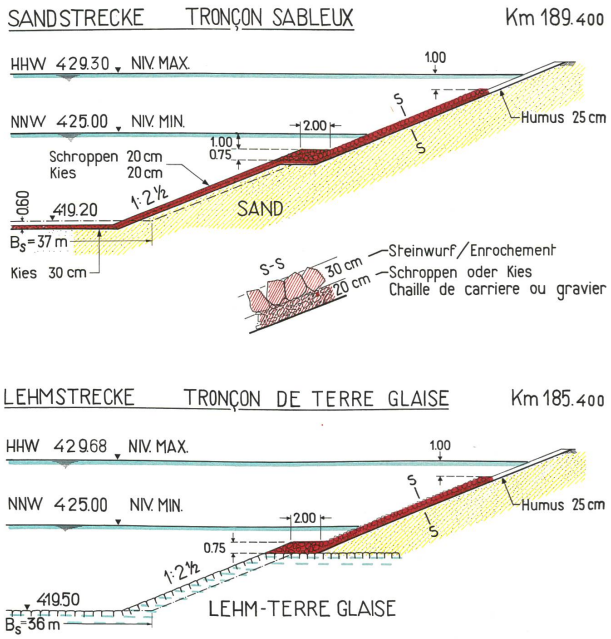
Plan Nr. III



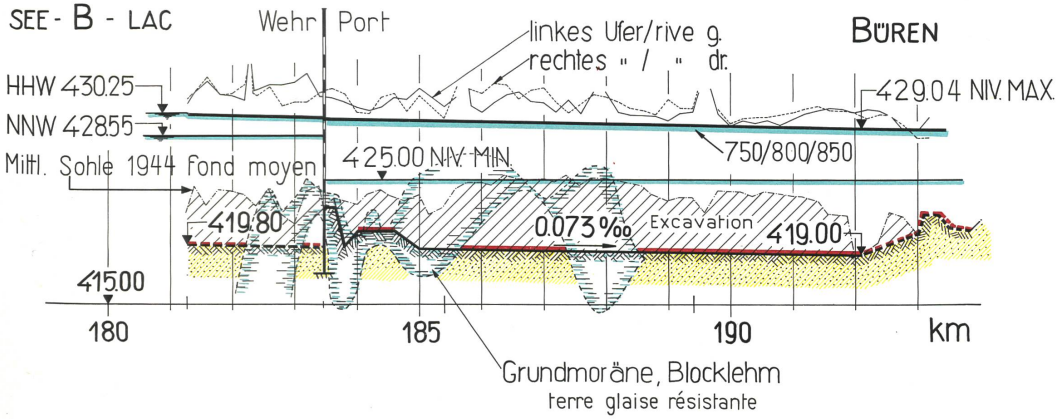
Querprofile – Profils en travers



Ufersicherung - Protection des rives



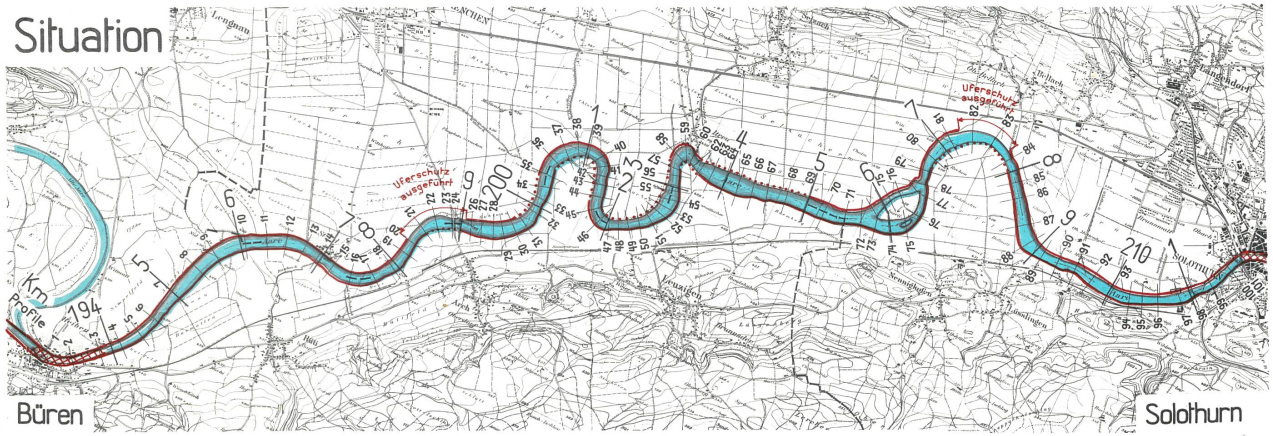
Längenprofil Profil en long



AARE Büren - Solothurn

Plan Nr. IV

Situation

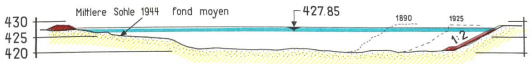


Km 0 1.0 2.0

Legende: Ufersicherungen
Protection des rives

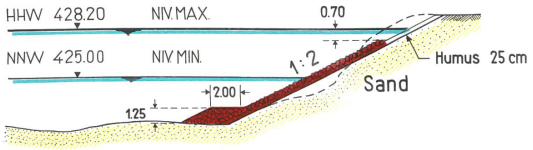
Querprofile – Profils en travers

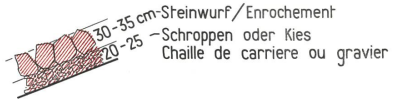
Profil 56



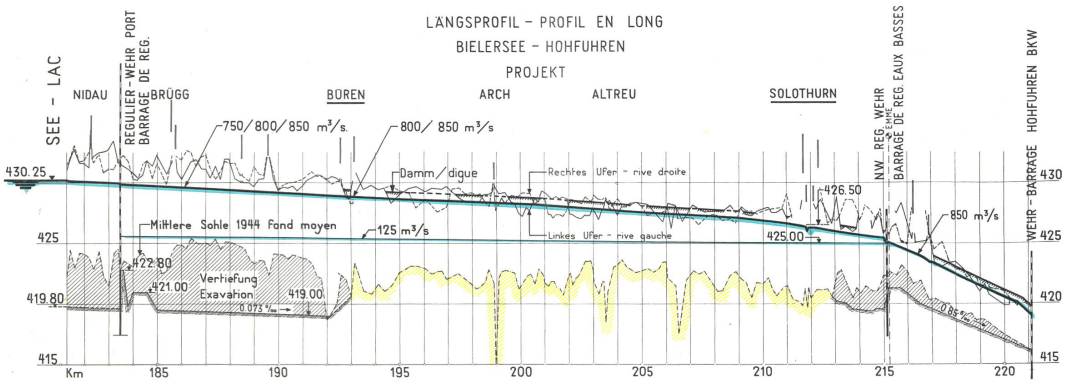
Ufersicherung - Protection des rives

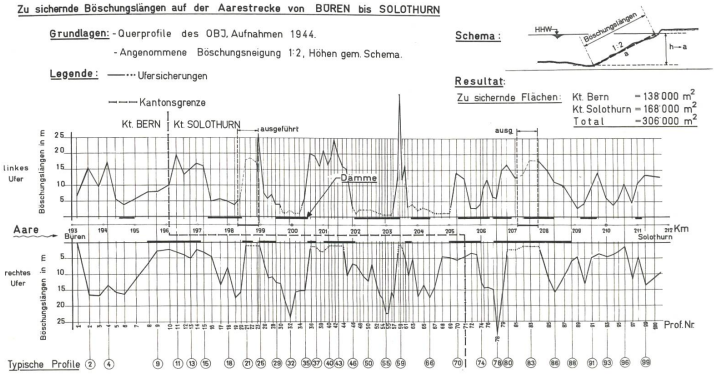
SANDSTRECKE TRONÇON SABLEUX Km 202.700





Längenprofil Profil en long

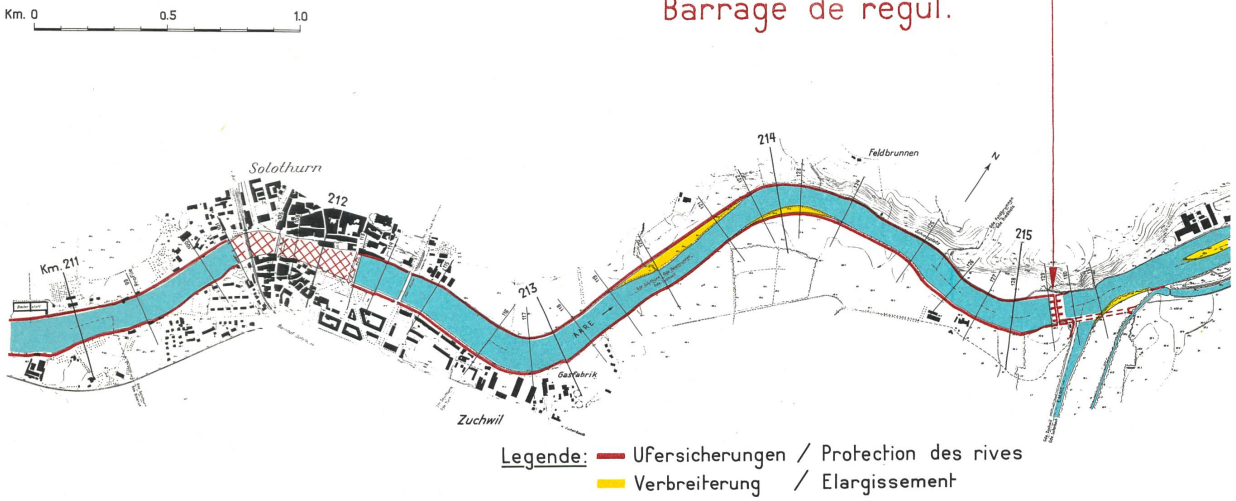




AARE Solothurn – Emme

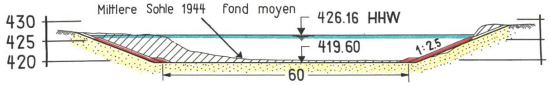
Plan Nr. V

Situation



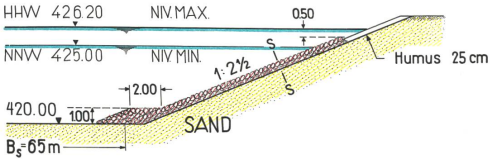
Querprofile – Profils en travers

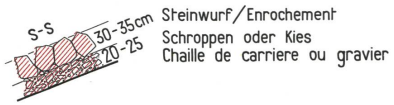
Profil 121



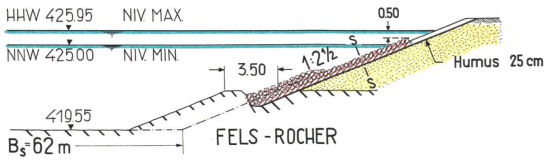
Ufersicherung – Protection des rives

SANDSTRECKE TRONÇON SABLEUX Km 213.468

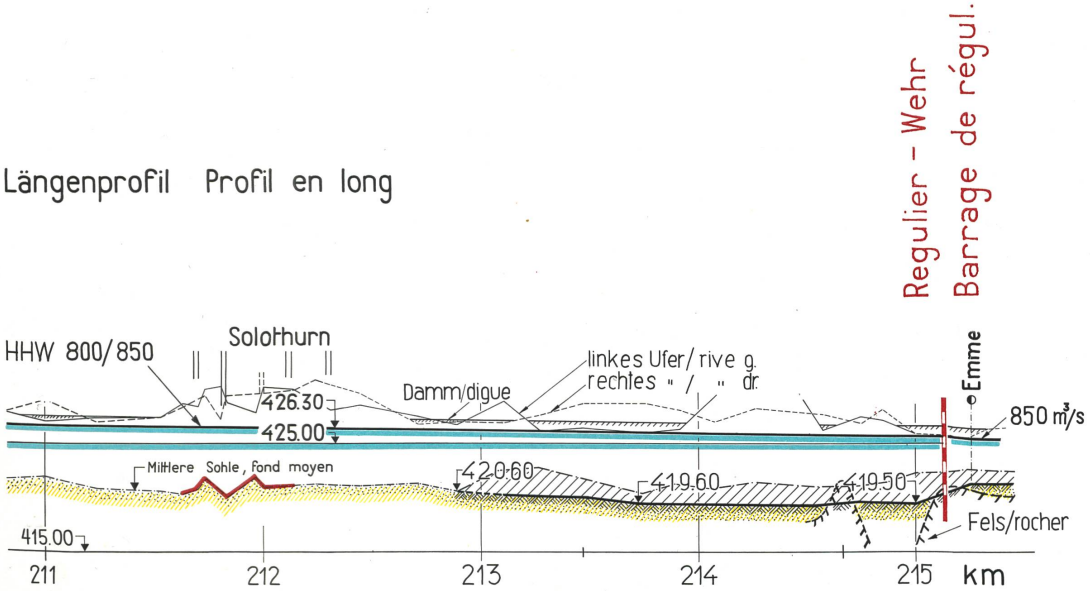




FELSSTRECKE TRONÇON DE ROCHER Km 214.665



Längenprofil Profil en long



besteht aus Sand, im Bereich der Emmemündung teilweise aus Molasse. In der Stadt Solothurn ist auf den Strecken mit Feinsand der Einbau eines Sohlenschutzes vorgesehen.

Das neue Wehr Emmenholz ist vorläufig als reines Regulierwehr zur Niederwasserhaltung auf der ganzen Aarestrecke flußaufwärts bis zum Wehr Port gedacht. Es wird bei Niederwasser geschlossen sein, so daß in Solothurn die Kote 425,00 nicht unterschritten wird. Mit steigender Abflußmenge wird die Kote 425,00 solange konstant gehalten bis schließlich das Wehr offen ist. Im Vorprojekt ist ein Dachwehr vorgesehen mit einer Dükerverbindung in den Oberwasserkanal des Aare-Emmen-Kanals (AEK).

Schließlich bleibt die Aarestrecke von der Emmemündung bis zum Wehr Hohfuhren. Die Vertiefung dieser Strecke mit einer Aushubkubatur von 600 000 m³ ist erforderlich um in Solothurn die Hochwasserbedingung einhalten zu können, natürlich bei offenem Wehr Emmenholz. Die Flußstrecke liegt zur Hauptsache im groben Geschiebe der Emme, so daß keine speziellen Sicherungen der Sohle oder der Böschungen vorgesehen sind. Dagegen ist der Bau von Dämmen erforderlich, so daß keine Überschwemmungen mehr auftreten können.

3. Die II. Juragewässerkorrektion und die Schiffahrt

Im Zusammenhang mit der Schiffahrt sind vor allem die Breiten und die minimalen Wassertiefen der neuen Gerinne zu beachten. In den drei Kanälen sind die hydraulisch notwendigen Abmessungen wesentlich größer als die Minimalabmessungen nach den Normalien für die Rhone-Rhein-Schiffahrt.

Auch die Aare unterhalb Büren ist sehr breit. Die minimale Fahrwassertiefe ist dagegen auch mit der Stauhaltung Solothurn Min. 425,00 m ü. M. mit der bestehenden Sohle nicht auf der ganzen Strecke genügend, und auch die Grundrißkonfiguration weist speziell bei Altreu eine zu starke Krümmung auf. Auf der Aarestrecke von Büren bis Hohfuhren ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Großschiffahrt Rhone–Rhein den Ausbau der Kraftwerke an der Aare mit den nötigen Schiffsschleusen voraussetzt. Dannzumal wird diese Aarestrecke unter dem Einstau eines Kraftwerkes unterhalb der Emmemündung stehen, wobei in Solothurn ein konstanter Stau auf etwa 425,50 bis 426,00 m ü. M. gehalten werden wird. In diesem zukünftigen Zustand ist auch auf dieser von der II. Juragewässerkorrektion erfaßten natürlichen Flußstrecke die Fahrwassertiefe genügend. Nach der natürlichen Erosion der Aare von Büren bis Solothurn werden sogar auch auf dieser Flußstrecke die großen Minimaltiefen wie in den Kanälen vorhanden sein. Da zudem die Sohle nicht fixiert wird und auch die Innenseiten der Krümmungen keinen Uferschutz erhalten, können Teilstrecken, in denen sich die Erosion nicht voll auswirkt, später durch Baggerungen vertieft und zur Streckung zu starker Krümmungen auf deren Innenseiten verbreitert werden.

Die Ufer müssen schon mit Rücksicht auf die bestehende rege Schiffahrt in allen Strecken oberhalb Solothurn gegen den Wellenschlag gesichert werden. Ebenso ist in den feinsandigen Sohlen der drei Kanäle vorläufig ein Sohlenschutz gegen die natürliche Erosion vorgesehen. Diese Kies- oder Schroppenschicht wird jedoch um 30 cm unter die theoretische Sohle eingebracht, um sie später mit einem eventuell erforderlichen Blockwurf gegen den Schraubenstrahl der Schiffe verstärken zu können ohne den lichten Durchflußquerschnitt zu vermindern.

Es kann deshalb festgestellt werden, daß die eigentlichen Korrektionsarbeiten der II. Juragewässerkorrektion von Yverdon bis zur Emmemündung auf etwa 90 km Strecke eine die Schiffahrt fördernde Maßnahme darstellen. Die Anpassung der Brücken, soweit es sich heute schon um Neubauten handelt, wird ebenfalls unter Berücksichtigung der zukünftigen Schiffahrt zu behandeln sein.

4. Die Kosten der II. Juragewässerkorrektion

Die Projektierungs- und Bauleitung ist bei der Beurteilung des Problems den üblichen Weg gegangen. Es wurden zunächst die Bedürfnisse der Juragewässerkantone festgestellt, anschließend die erforderlichen technischen Maßnahmen bestimmt und das so entwickelte Projekt mit den Interessen der Unterlieger in Einklang gebracht und verfeinert. Als letztes blieb die Ermittlung der Kosten als reine Folge der technischen Notwendigkeiten.

Mit dem Projekt sind die wichtigsten Kubaturen für den Aushub und die Sicherungsarbeiten gegeben. Auch die Gewinnungsstellen für die Sicherungsmaterialien und die Transportdistanzen auf dem Wasser und auf der Straße sind bekannt. Die Bestimmung der Kosten der Installationen, des Aushubes mit Transport und der Gewinnung der Sicherungsmaterialien mit Transport und Einbringen wurde erleichtert durch detaillierte Preisanalysen früherer Jahre. Sie wurden durch die Projektierungs- und Bauleitung und durch Dritte neu überprüft und den heutigen technischen Möglichkeiten und Preisen angepaßt.

Es ist klar, daß vor der Einholung verbindlicher Unternehmer-Offerten jede Kostenberechnung nur eine Richtlinie über die Größenordnung der Kosten geben kann. In der Annahme, daß bei Konkurrenz die Preise noch etwas niedriger werden, wurde darauf verzichtet, außer den üblichen 10% für Unvorhergesehenes noch weitere Sicherheitszuschläge auf den Kubaturen einzurechnen, obschon dies infolge der großen unter Wasser auszuführenden Arbeiten und bestimmt zu erwartender Erschwernisse gerechtfertigt erschiene.

Nach unseren Berechnungen betragen die Gesamtkosten der II. Juragewässerkorrektion 88,7 Mio Franken. Darin sind die Anpassungsarbeiten mit 9,2 Mio Franken enthalten, so daß für die eigentlichen Korrektionsarbeiten ein Betrag von 79,5 Mio Franken verbleibt. Die Trennung in eigentliche Korrektionsarbeiten und Anpassungsarbeiten wurde eingeführt, weil die Kosten der Korrektionsarbeiten genauer berechnet wurden als diejenigen der Anpassungsarbeiten, die mehr eine Schätzung nach früheren Ermittlungen sind.

Die Kosten der eigentlichen Korrektionsarbeiten wurden für die einzelnen Strecken wie folgt ermittelt:

Broyekanal	Fr. 12 200 000.—
Zihlkanal	Fr. 13 600 000.—
Nidau-Bürenkanal	Fr. 25 000 000.—
Büren bis Solothurn	Fr. 12 226 000.—
Solothurn bis Emmemündung	Fr. 6 428 000.—
Emmemündung bis Hohfuhren	Fr. 3 546 000 —
Regulierwehr Emmenholz	Fr. 6 500 000.—
Total	Fr. 79 500 000.—

Darin sind folgende Zuschläge zu den Kosten der Bauarbeiten enthalten:

Unvorhergesehenes	10%
Wust	2%
Vorarbeiten, Vermessungen, Sondierungen	2%
Projekt und Bauleitung	3%
Total	17%

Für die Beurteilung der Gesamtkosten im Betrag von 88,7 Mio Franken muß nochmals daran erinnert werden, daß das Einzugsgebiet der zu sanierenden See- und Flußgebiete mit 9629 km² annähernd ¼ der Gesamtfläche der Schweiz ausmacht. Es werden gleichzeitig drei Seen mit zusammen etwa 290 km² Oberfläche reguliert und diese Regulierung kann nur erfolgen durch die Korrektion von 57 km Kanal- und Flußstrecke. Weil die Korrektion dem Seeland die noch erreichbare Sicherheit schafft, müssen die technischen Bauten so ausgeführt werden, daß sie von dauerndem Bestand sind, also für Generationen das Problem lösen.

In den Kosten der eigentlichen Korrektionsarbeiten von 79,5 Mio Franken sind der Aushub von 8,5 Mio m³ mit 37,5 Mio Franken und die Ufer- und Sohlensicherungen mit 30,5 Mio Franken die Hauptpositionen. Auf die einzelnen Strecken verteilt betragen die Kosten der Sicherungsarbeiten in Mio Franken:

Broyekanal			3,25
Zihlkanal			3,95
Aare:	Nidau-Bürenkanal	10,3	
	Büren bis Solothurn	10,0	
	Solothurn bis Emme	3,0	23,30
	Total Mio Franken		30,50

Beim Broye- und Zihlkanal, mit zusammen 17 km Länge, betragen somit die Kosten für den Ufer- und Sohlenschutz 7,2 Mio Franken, in der Aare von Nidau bis zur Emmemündung auf 34 km Länge dagegen 23,3 Mio Franken. Ufer- und Sohlenschutz müssen in der Aare besonders sorgfältig gestaltet werden, weil die schon heute prekären Verhältnisse infolge der zukünftigen Erosionstendenz noch verschärft werden.

Mit dem Regulierwehr Emmenholz im Betrag von 6,5 Mio Franken und den Kosten von 5 Mio Franken der Molen und Dammbauten ergibt sich folgende Zusammenstellung der Kosten der eigentlichen Korrektionsarbeiten nach Arbeitsgattungen in Mio Franken:

Aushub mit Abtransport	37,5
Sicherungsarbeiten	30,5
Dämme, Auffüllungen, Molen	5,0
Regulierwehr	6,5
Total Mio Franken	79,5

Die Kosten für den Landerwerb und die Anpassungsarbeiten, die mit 9,2 Mio Franken veranschlagt sind, setzen sich wie folgt zusammen (in Mio Franken):

Landerwerb	1,8
Brücken	3,0
Wege	1,1
Roden und Wiederanpflanzen	1,2
Landschaftsgestaltung und archäologische Forschung	1,0
Zuschläge (14%)	1,1
Total Mio Franken	9,2

Zusammenfassung

Zur Verhinderung der Überschwemmungen im Bereich der Juraseen und im Aaretal zwischen Biel und Solothurn bezweckt die II. Juragewässerkorrektion eine Absenkung der Höchststände in den Seen um etwa 80 cm und der höchsten Wasserspiegel der Aare in Solothurn um etwa 1 m. Gleichzeitig sollen die bisherigen Tiefststände in den Seen um etwa 50 cm, in der Aare in Solothurn um etwa 1 m gehoben werden. Es handelt sich also um eine Verminderung der Schwankungsbereiche der Wasserstände in den Seen und in der Aare unter Beibehaltung der bisherigen mittleren Spiegelhöhen.

Bei der Bestimmung der erforderlichen technischen Maßnahmen waren durch die Interessen der Unterlieger erweiterte Bedingungen zu berücksichtigen. Es dürfen die Höchstabflußmengen der Aare unterhalb des Bielersees nicht gesteigert werden, wenn möglich sollen die durch die Emmehochwasser erzeugten Abflußspitzen vermindert werden. Ferner soll durch die neue Regulierung der Seen die Produktion der Kraftwerke an der Aare wenn möglich nicht vermindert werden.

Schon die zahlreichen Bedingungen ließen vermuten, daß es nicht verschiedene Lösungen des Problems gibt. Die Berücksichtigung aller Interessen führte auf eine Lösung, die in ihren Hauptpunkten, der erforderlichen Vergrößerung des Ausflußvermögens aus dem Bielersee und der Erweiterung der Verbindungskanäle zwischen den Seen praktisch übereinstimmt mit dem Projekt, das Ingenieur Arthur Peter im Auftrag der bernischen Baudirektion im Jahre 1922 veröffentlichte. Die Verbindungskanäle Broye und Zihl müssen stark vertieft und verbreitert werden, und es muß durch Baggerungen im Nidau-Bürenkanal und unterhalb Solothurn bis Hohfuhren das Ausflußvermögen aus dem Bielersee stark vergrößert werden. Es müssen so auf total 57 km Kanal- und Flußstrecke über 8,5 Mio m³ ausgehoben werden und auf 51 km müssen die Ufer und zum Teil auch die Sohlen der Gerinne gesichert werden, weil sie zum größten Teil in feinsandigen, mit Lehmschichten durchsetzten Seealluvionen liegen. Als Kunstbauten bedingt die Niederwasserhaltung in Solothurn und flußaufwärts bis zum bestehenden Wehr Port ein Regulierwehr im Emmenholz, oberhalb der Emmemündung.

Als Bauvorgang empfiehlt sich in einer ersten Etappe I-bis von etwa 7 Jahren Bauzeit die Ausführung aller Arbeiten unterhalb Nidau und die gleichzeitige Erweiterung des Broyekanals. Mit der Erweiterung des Zihlkanals anschließend an diejenige des Broyekanals kann die Gesamtkorrektion in etwa 11 Jahren ausgeführt werden.

Das Werk erfüllt alle gestellten Bedingungen der Juragewässerkantone und ermöglicht zudem die Wahrung der Interessen der Unterlieger. Die zukünftige Regulierung sichert in erster Linie die Freihaltung der im Winter und im Sommer erforderlichen Hochwasserschutzräume, daneben schafft sie freie Akkumulierräume zugunsten der Kraftwerke. Der Schutz der Unterlieger wird durch eine Drosselung des Seeausflusses zur Begrenzung der maximalen Abflußmenge der Aare in

Murgenthal auf 850 m³/sec sichergestellt. Die technischen Korrektionen sind so bemessen, daß die später voraussichtlich erwünschte weitere Absenkung der Höchststände in den Seen allein durch eine Änderung des Reglementes möglich ist. Eine zusätzliche Absenkung um etwa 30 cm kann unter Beibehaltung der festgelegten tiefsten Seestände ohne Benachteiligung Dritter durch tiefere Bereithaltungskoten im Reglement erreicht werden und weitere etwa 20 cm sind noch mit entsprechender Herabsetzung der tiefsten Seestände erreichbar. Mit den technischen Korrektionen ist so das Problem für Generationen gelöst, die Bauwerke müssen deshalb von dauerndem Bestand sein, also gut gesichert werden. Die Korrektionsarbeiten der II. Juragewässerkorrektion sind auch im Hinblick auf die zukünftige Schiffahrt Rhone—Rhein eine zweckmäßige Vorbereitung der 90-km-Strecke von Yverdon bis zur Emmemündung.

Die Kosten der reinen Korrektionsarbeiten wurden zu 79,5 Mio Franken devisiert, diejenigen der erforderlichen Anpassungsarbeiten zu 9,2 Mio Franken, so daß für die gesamten Arbeiten der II. Juragewässerkorrektion mit total 88,7 Mio Franken gerechnet werden muß. Es ist zu bedenken, daß es sich um die Regulierung von drei Seen mit zusammen etwa 290 km² Oberfläche handelt und dazu um die Sanierung des Aaretales auf 40 km Länge. Die Kosten verteilen sich auf 10 bis 12 Jahre Bauzeit.

Die Projektierungs- und Bauleitung dankt der interkantonalen Baukommission für den Beschluß zu einer umfassenden Lösung. Mit dem dargelegten Projekt wird dem Seeland der mit technischen Maßnahmen noch mögliche Schutz ohne Benachteiligung der Unterlieger gewährt und mit dauerhaften Arbeiten für Generationen gesichert. Die Opfer, die zur Verwirklichung der II. Juragewässerkorrektion gebracht werden müssen, können deshalb verantwortet werden.

Felsschütt-Dämme

Felsschüttdämme aus Steinbruchmaterial mit Kern- oder Oberflächendichtungen werden in den letzten Jahren in den Vereinigten Staaten von Amerika in größerem Maße gebaut. In Europa ist kürzlich ein Felsschüttdamm von 110 m Höhe mit Betonverkleidung in Portugal fertiggestellt worden; ein Felsschüttdamm von 150 m Höhe mit Dichtungskern soll kommenden Sommer in Österreich begonnen werden. Voraussetzungen für diesen Dammtyp sind auch in der Schweiz vorhanden. Die neuen Möglichkeiten in der Felsgewinnung und der Einsatz von Großgeräten machen Felsschüttdämme heute zu sichern und wirtschaftlichen Talsperrenbauten.

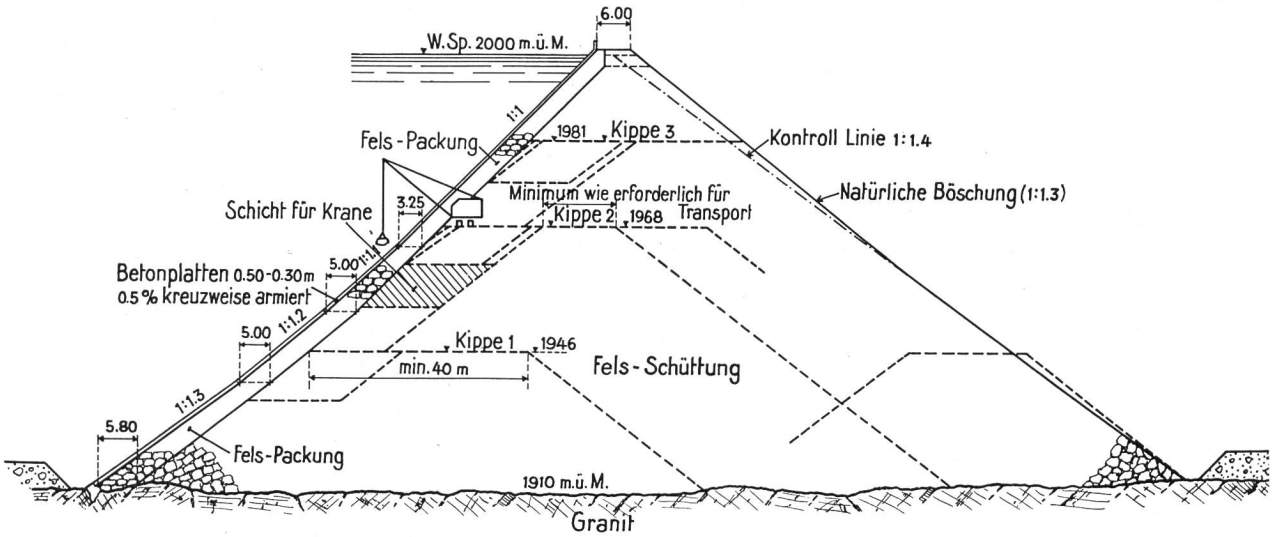
Anläßlich der Versammlung der Amerikanischen Ingenieurgesellschaft im Juni 1958 in Portland, Oregon, wurden die neuesten Erfahrungen über Felsschüttdämme mitgeteilt und in den «Proceedings of the ASCE» publiziert[1]. Die mit amerikanischer Offenheit diskutierten Ergebnisse sind auch für europäische Verhältnisse von großem Interesse und sollen im folgenden kurz zusammengefaßt werden.

[1] Symposium on Rockfill Dams, American Society of Civil Engineers.

Die Wahl des Dammquerschnittes bezüglich Lage und Art der Dichtung ist sehr stark von den Möglichkeiten einer rationellen Baumethode bestimmt. Aus dieser Erwägung heraus haben sich zwei Haupttypen von Felsschüttdämmen durchgesetzt: Dämme mit Beton- oder Asphaltbetondichtung an der wasserseitigen Fläche und Dämme mit zentralem oder wasserseitig geneigtem Dichtungskern.

Der Felsschüttdamm mit wasserseitiger Dichtung bei einwandfreier Ausführung hat einen sehr großen Sicherheitsfaktor. Die ganze Felsschüttung trägt zur Sicherheit gegen Gleiten und Kippen bei. Er ist in dieser Beziehung günstiger als der Felsschüttdamm mit zentralem Dichtungskern. Weitere Vorteile der Dichtung an der Oberfläche sind rascher Bauvorgang und die Unabhängigkeit der Ausführung des Injektionsschirmes von der Schüttung.

Diese Vorteile haben die «Pacific Gas and Electric Co» veranlaßt, Felsschüttdämme mit wasserseitiger Betondichtung zu bauen. Die ersten größeren Ausführungen waren der 100 m hohe Salt Springs Dam, 1931 fertiggestellt, und der 75 m hohe Bear River Dam, 1952



Querschnitt durch einen Felsschütt-Damm mit wasserseitiger Dichtung