

# Verladung der Staubecken und Stauhaltungen von Kraftwerke [Fortsetzung]

Autor(en): **Meyer-Peter, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie**

Band (Jahr): **30 (1938)**

Heft 10

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-922171>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrücke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Verlandung der Staubecken und Stauhaltungen von Kraftwerken

Von Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Zürich (Fortsetzung)

Die so definierte Geschiebefunktion gestattet nun aber, sich ein Bild über den Einfluss des Einstaus eines geschiebeführenden Flusses zu machen. Denn hier handelt es sich um einen Alluvionsvorgang mit Geschieben, die in den heutigen hydrographischen Verhältnissen transportiert werden.

Abb. 95 gibt hierfür ein Beispiel. Aus ihr ist ersichtlich, dass im Staubeite von der Staugrenze an abwärts, bei gleichzeitiger Zunahme der Wassertiefe und Abnahme der Fließgeschwindigkeit, das Gefälle einer starken Verringerung unterworfen ist. Die transportierbare Geschiebemenge einer bestimmten Korngrösse ist nun abhängig von dem Glied  $q^{2/3} J_e$  der Gleichung (3). Zur Vereinfachung der Rechnung wurde in Abb. 95 der Einfluss der durch die Stauung bewirkten Verbreiterung der Querprofile vernachlässigt, so dass der Ausdruck  $q^{2/3}$  vom Stau unabhängig wird. Die pro Meter-Flussbreite durchlaufende Geschiebemenge (Geschiebetrieb)  $g$  nimmt dann bei abnehmendem  $J_e$  rasch ab, bis sie schliesslich zu Null herabsinkt, also zum Stillstande kommt. Die Rechnung ist für eine Korngrösse von 14,7 mm und für verschiedene Wassermengen

$$q = 6; 10; 20 \text{ m}^3/\text{m sec.}$$

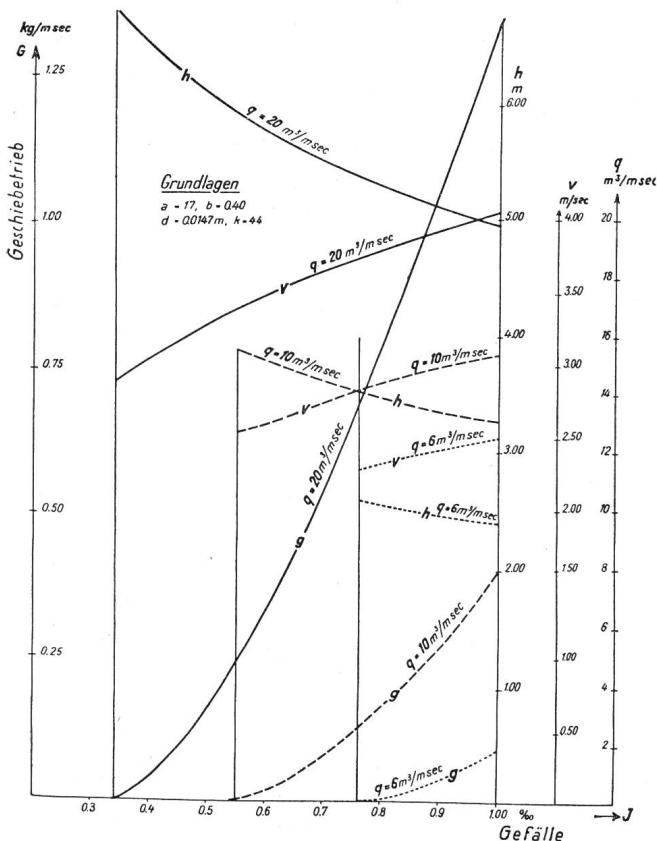


Abb. 95 Abnahme des Geschiebetriebes bei abnehmendem Gefälle und zunehmender Staubeite.

durchgeführt. Die den verschiedenen Energielinien-gefällen zugeordneten Wassertiefen können nach der Stricklerschen Formel ebenfalls berechnet werden; sie sind in Abb. 95 aufgetragen.

Wie übrigens zu erwarten war, wird ein bestimmtes Geschiebegemisch mit gegebenem massgebendem Korndurchmesser bei kleinen Wassermengen im Staubeite schon sehr rasch zur Ablagerung gelangen, während Hochwasser dasselbe Geschiebe weit in das Staubeite hinunter befördert. Ist die Stauhöhe bei Hochwasser kleiner als der aus Abb. 95 für das gewählte Beispiel ersichtliche obere Grenzwert der Wassertiefe  $h$ , so wird selbst im gestauten Zustand Geschiebe durch das Wehr befördert, aber nie die gesamte Transportmenge.

Aus Gleichung (3) lässt sich auch der Grenzwert der «Transportgrösse»  $q^{2/3} J_e$  berechnen, für welchen der Geschiebetrieb gerade gleich Null wird.

$$q^{2/3} J_e = ad \tag{3a}$$

Diese Verhältnisse sind in Abb. 96 zusammengestellt, und zwar für die verschiedenen massgebenden Korndurchmesser von:

$$d = 5, 7,5, 10, 12,5 \text{ und } 14,7 \text{ mm.}$$

Die hyperbelartigen Kurven  $q^{2/3} J_e = \text{const.}$  geben für jede der 5 gewählten Korngrössen die einander zugeordneten Werte von  $q$  und  $J_e$  die gerade dem Stillstand des Geschiebetriebes entsprechen. Wiederum mit Hilfe der Stricklerschen Abflussformel lassen sich nun für je zwei zugeordnete Werte von

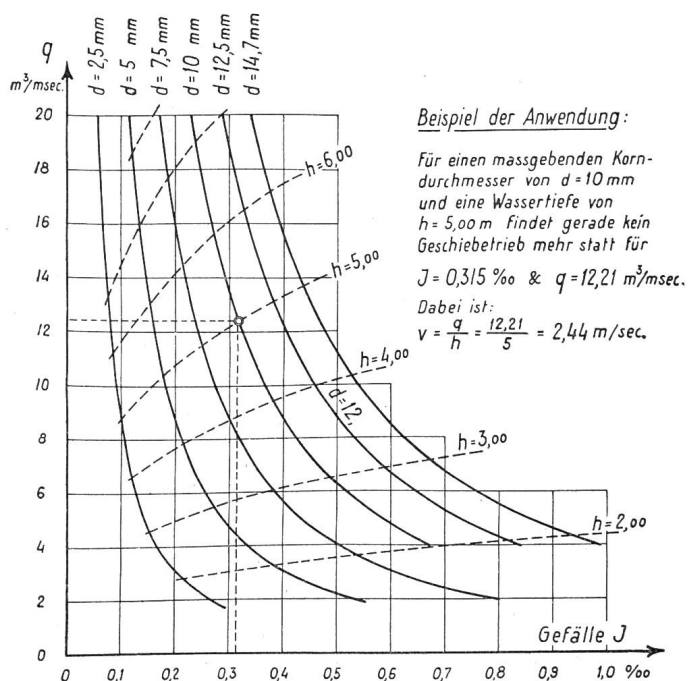


Abb. 96 Grenzwerte von  $q$  und  $J$  in Funktion von  $d$  und  $h$  für Geschiebetrieb 0.

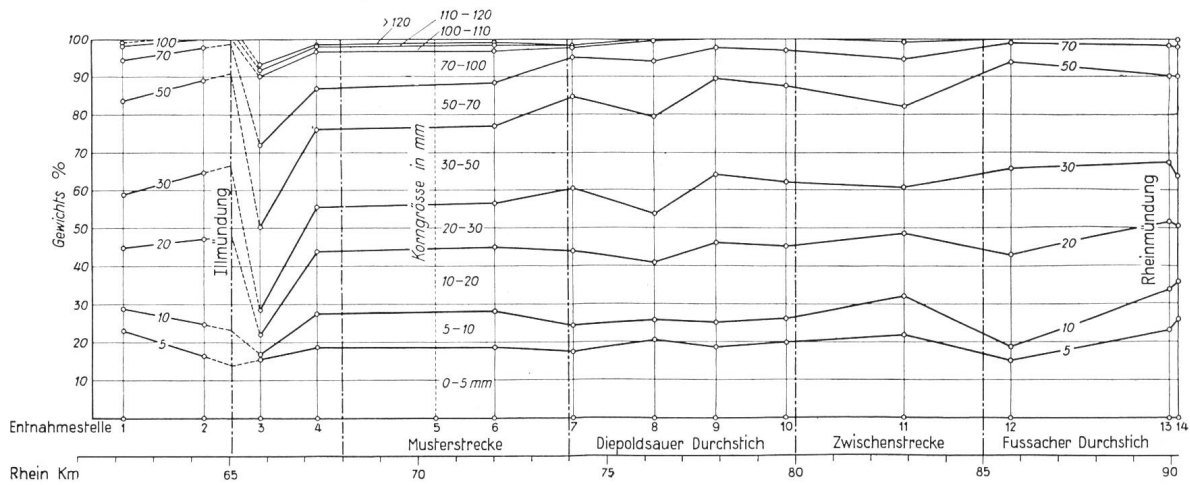


Abb. 97 Geschiebemisungsband für den Rhein von der Illmündung bis zum Bodensee.

$q$  und  $J_e$  die zugehörigen Wassertiefen  $h$  berechnen, woraus Kurven konstanter Wassertiefe  $h$  im Diagramm eingezeichnet werden können. Mit Hilfe dieser Darstellung lassen sich für eine gegebene Korngrösse des Kiesgemisches und eine gegebene spezifische Wassermenge  $q$  in  $m^3/m$  sec diejenigen Werte von  $h$  und  $J_e$  herauslesen, die für den Grenzfall des liegenbleibenden Geschiebes massgebend sind.

Die Verlandung des Staugebietes eines Flusses, dessen Schwemmstoffführung sowohl aus Sinkstoffen als aus Geschiebe besteht, geht nun so vor sich, dass sich im obersten Teil der Staustrecke zuerst die Geschiebe ablagern. Es findet dabei eine Art Materialaufbereitung statt, indem sich die grössten Kiessorten zuerst ablagern. Diese Aufbereitung ist aber nicht so zu verstehen, dass oben etwa nur grobes Geschiebe abgelagert wird. Man muss sich die Sache vielmehr so vorstellen, dass in einem bestimmten Querprofil stets ein Gemisch abgelagert wird, welches die ganze Reihe von Korngrössen vom allerfeinsten bis zum grössten enthält, nur mit dem Unterschiede, dass die allergrössten Korngrössen jeder Einzelmischung flussabwärts stets kleiner und kleiner werden. Den besten Einblick hierüber erhält man auch bei Anwesenheit eines natürlichen Geschiebetriebs durch die Aufnahme des Geschiebebandes.

Das Geschiebeband eines natürlichen Flusses zeigt an sich schon eine gesetzmässige Abnahme der grössten Korndurchmesser. Diese Erscheinung ist aber die Folge des Geschiebeabriebs, d. h. der durch die Abnutzung der Geschiebe beim Transport bedingten Kornverkleinerung. Als Beispiel soll ein von Nesper für die 25 km lange Rheinmündung-Bodensee aufgenommenes Geschiebeband erwähnt werden (Abb. 97), wobei zu sagen ist, dass die aus der Darstellung hervorgehende fluss-

abwärts schreitende Kornverfeinerung durch den heute noch herrschenden Verlandungszustand in einzelnen Teilstrecken noch etwas grösser ist, als dies der Abrieb allein bedingen würde. Wir haben hier eine Kombination der Einflüsse des Abriebs und einer schwachen Ablagerungstendenz vor uns.

In Abb. 98 wird im Gegensatz dazu ein Geschiebeband der Saalach im Staugebiet des Saalach-Kraftwerkes<sup>1</sup> gezeigt, aus dem die sehr starke Korngrössenabnahme bei einem eigentlichen Verlandungsprozess, der sich nur über rd. 3 km erstreckt, hervorgeht.

Ein Beispiel einer solchen teilweise aus Kies und teilweise aus Schlamm entstandenen Ablagerung bildet auch Abb. 99, in welcher die Verlandung des Stauraumes des Kraftwerkes Eglisau dargestellt ist. In üblicher Weise sind auch hier über der Flusslänge als Abszissen die Flächeninhalte der aufeinanderfolgenden Querprofile als Ordinaten aufgetragen, und zwar vor dem Stau, gemäss Aufnahme

<sup>1</sup> «Änderungen der Aufladungen im Stausee des Saalachkraftwerkes bei Reichenhall in den Jahren 1928 bis 1933», von L. Oexle. Wasserkraft und Wasserwirtschaft, München, Nr. 18 und 19, 1935.

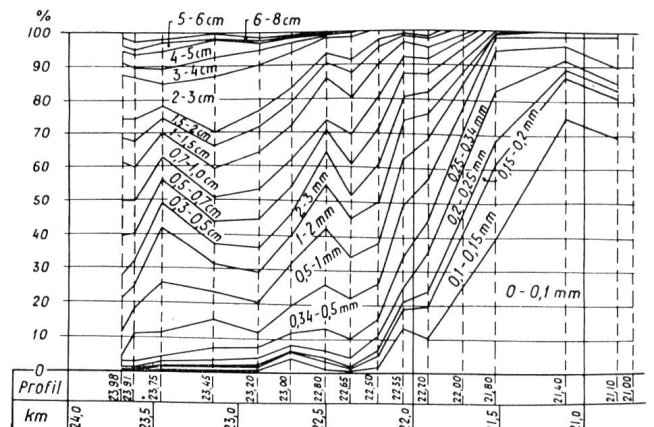


Abb. 98 Geschiebeband der Saalach im Staugebiet des Saalach-Kraftwerkes.

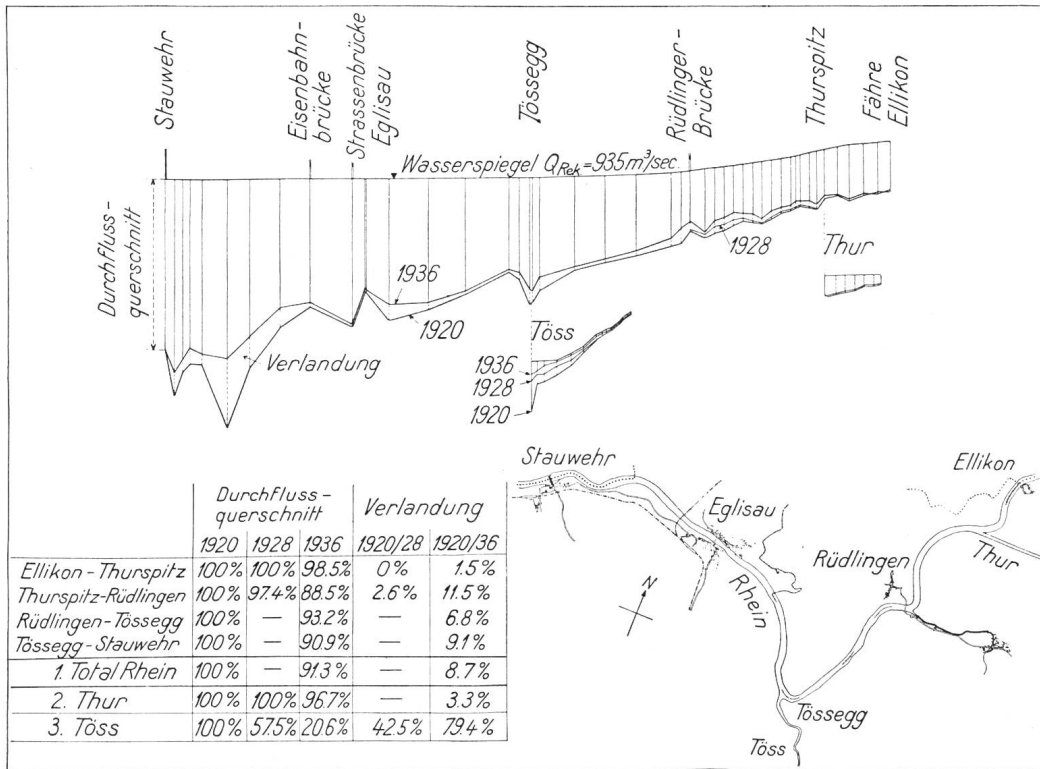


Abb. 99 Kraftwerk Eglisau. Verlandung des Stauraumes.

im Jahre 1919 und dann gemäss Aufnahme im Jahre 1936. Die Bestimmung der Grenze zwischen Kies und Schlamm ist ohne Aufnahme des Geschiebebandes nur annähernd erfolgt. Die Verlandungsmessungen sind in nachstehender Tabelle eingetragen.

Zusammenstellung der abgelagerten Geschiebe- und Schlammkubaturen für die Zeit 1920—1936

Gesamtablagierung	Geschiebe m³	Schlamm m³	Total m³
<b>1. Rhein</b>			
Thurspitz-Rüdlingerbrücke	174 000 (10 900)	—	174 000 (10 900)
Rüdlingerbrücke-Tössegg	71 000 (4 400)	95 000 (5 900)	166 000 (10 300)
Tössegg-Stauwehr	—	935 000 (58 500)	935 000 (58 500)
Total Rhein	245 000 (15 300)	1 030 000 (64 400)	1 275 000 (79 700)
<b>2. Thur*</b>	5 000 (300)	—	5 000 (300)
<b>3. Töss*</b>	115 000 (7 200)	25 000 (1 600)	140 000 (8 800)
Total 1920—1936 = 16 Jahre	365 000 (22 800)	1 055 000 (66 000)	1 420 000 (88 800)
Total pro Jahr m/km² **	(107)	(309)	(416)
* Einzugsgebiete:	Thur 1725 km²	Töss 408 „	Total 2133 km²

\*\* Die Klammerwerte geben die mittleren jährlichen Ablagerungen.

#### 4. Die Folgen des Verlandungsvorganges

##### a) Bei Niederdruckwerken.

Die Folgen können an Hand der Abb. 100 besprochen werden. Das grobe Geschiebe lagert sich zunächst wenig unterhalb der Staugrenze ab, durch die Hochwasser wird es zum Teil auch flussab-

wärts geschleppt. Dadurch bildet sich von der Staugrenze an ein mehr oder weniger regelmässiger Verlandungskeil. Sehr bald bleiben aber grobe Geschiebe oberhalb der Staugrenze liegen und bilden eine flussabwärts wachsende Sohlenerhöhung. Die neue erhöhte Sohle hat nun flussaufwärts der Staustrecke eine allgemeine Erhöhung des Wasserspiegels zur Folge. Im unteren Teil des Staugebietes, wo der Geschiebekeil allmählich sehr dünn wird, oder sogar ausläuft, lagert sich Schlamm ab und vermindert ebenfalls die Durchflussquerschnitte. Durch die schon erwähnte gleichzeitig eintretende Verminderung der Rauigkeit macht sich die Ablagerung auf den Stauspiegel nur wenig bemerkbar. Interessant ist nun, dass durch diese Sachlage die Staugrenze, das heisst der Punkt, bis zu welchem hinauf sich eine Absenkung des Staus bemerkbar macht, flussabwärts rückt, wie dies Abb. 100 zeigt. Doch darf man nicht vergessen, dass

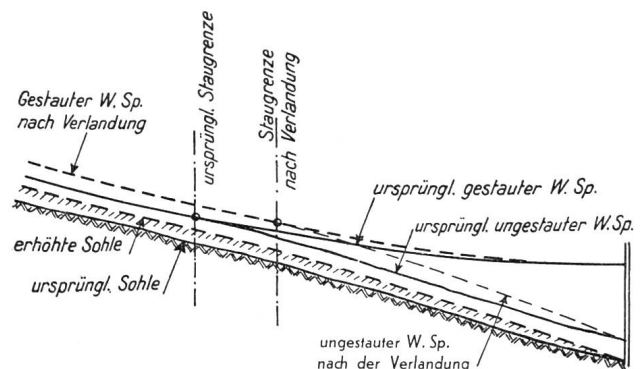


Abb. 100 Veränderung des Längenprofils infolge Verlandung durch den Stau.

die geringere Staulänge eigentlich nur scheinbar ist, und dass dafür auf einer langen flussaufwärts der alten Staugrenze liegenden Strecke sich dauernd ein höherer Wasserspiegel als früher einstellt.

Die sukzessive Aenderung der Sohle in Abhängigkeit von der Verlandung des Staubegebietes geht aus Abb. 101 hervor, die das Längenprofil der Saalach darstellt.<sup>1</sup>

Nunmehr können die technisch-wirtschaftlichen Folgen der Stauraumverlandung besprochen werden.

Durch die Sohlenerhöhung in der Strecke oberhalb der Staugrenze kann eine Verwilderung des Flusses eintreten. Weil die früheren Leitwerke nun zu tief liegen und deshalb schon bei kleinen Wassermengen überflutet sind, tritt eine Ueberbreite des Querprofils auf, die zur Serpentinbildung Anlass gibt. Die Hochwasserdämme, sofern solche vorhanden sind, sind nun je nach der momentanen Lage der Serpentin und des Stromstriches dem Angriffe des Wassers ausgesetzt. Bei weit entfernten Hochufern beansprucht der Fluss abwechselnd durch seinen geschlängelten Lauf die ganze Talbreite. Die Wirkung früherer Korrektionsarbeiten wird zunichte gemacht. Befindet sich in dieser der Sohlenhebung ausgesetzten Strecke die Mündung eines Seitenflusses, so muss sich die Sohlenhebung auch in letzteren hinauf erstrecken, wodurch dort dieselben Mißstände entstehen wie im Hauptflusse. Die in vorstehender Tabelle angegebenen Zahlen für die Verlandungen in der Thur und in der Töss beweisen die Richtigkeit des Gesagten.

Neben diesen rein flussbaulichen Folgen der Stauraumverlandung bei Niederdruckanlagen sind

<sup>1</sup> Siehe bereits zitierte Abhandlung.

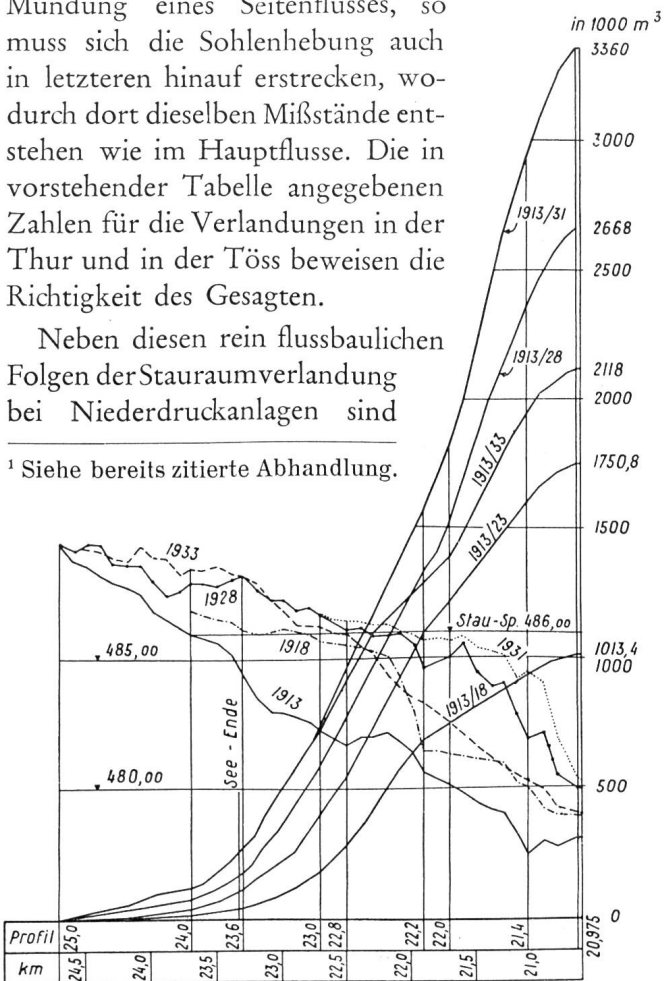


Abb. 101 Längenprofil der Saalach. Summenlinien der Ablagerungen.

noch energiewirtschaftliche zu erwähnen. Ueberall dort, wo zwei oder mehrere Kraftwerke in Stufen direkt aufeinander folgen, bildet der Wasserspiegel an der Staugrenze des untern Kraftwerkes den für die Gefällsverhältnisse des obern Werks massgebenden Unterwasserspiegel. Eine Erhöhung des Wasserspiegels am obern Ende der Stauhaltung des untern Werks vermindert deshalb das Nettogefälle des obern Werkes. Beispiele solcher direkt aufeinanderfolgender Stufen gibt es heute schon zahlreiche. Hier werden Fragen aufgeworfen, die im folgenden Kapitel besprochen werden sollen.

Schliesslich sind noch *indirekte Folgen* der Stauraumverlandung zu erwähnen, nämlich die sich unterhalb des Stauwehrs infolge des Geschieberückhaltes im Stausee ergebende *Vertiefungstendenz*. Das ganz oder teilweise von seinem Geschiebe entlastete Wasser hat die Tendenz, sich mit neuem Geschiebe zu sättigen und entnimmt also der Sohle das ihm fehlende Material.

Nun muss aber in dieser Beziehung daran erinnert werden, dass dieser Vorgang nicht grosse Dimensionen annehmen kann. Der Grund hierfür liegt in der gleich zu Beginn der Erosionstätigkeit einsetzenden Anreicherung der Sohle an groben Geschieben, eine Erscheinung, die als Sohlenpflasterung bezeichnet wird. Sie verhindert das Wasser, sein Sättigungsdefizit voll zu decken. Die Erosion wird also, je tiefer sie fortschreitet, eine um so widerstandsfähigere Sohle schaffen, weshalb sie bald überhaupt zur Ruhe kommt. In Flüssen, wie dem Rhein, der auf grosse Strecken in Niederterrassenschotter verläuft, braucht sich eine solche Erosionstendenz praktisch überhaupt kaum zu zeigen, da der Fluss im Sinne der früheren Darlegungen bereits eine gepflasterte Sohle aufweist.

Als Beispiel einer durch die Schaffung eines Staubeckens tatsächlich eingetretenen Sohlenerosion soll die Aarestrecke unterhalb des Stauwehrs des Werks Kallnach erwähnt werden. Die Sohlenvertiefung, die zum Teil auch unter dem Einflusse des Hagneckkanals entstanden ist, zeigt sich unter anderem dadurch, dass der Einlauf zur alten Aare zur Zeit bei Niederwasser nicht mehr in der Lage ist, die erforderliche Wassermenge zu fassen. Studien für Abhilfemassnahmen sind bei der bernischen Baudirektion im Gange.

Bei direkt aufeinanderfolgenden Kraftstufen fällt diese Erosionstendenz selbstverständlich dahin, da ja im Unterwasser der einen Stufe bereits der Stau der nächstunteren Stufe beginnt.

Wenn bei den schweizerischen Niederdruckwerken das Problem der Stauraumverlandung verhältnismässig spät nach Betriebseröffnung akut

wurde, so ist das dem günstigen Umstand zu verdanken, dass die grossen Mittellandflüsse wegen der in den Seen erfolgten Geschiebeablagerung und der bereits erfolgten natürlichen Tieferlegung in die fluvioglazialen Schotterdecken mit der sich ergebenden Sohlenpflasterung verhältnismässig wenig Geschiebe führen. Am meisten sind deshalb diejenigen Kraftwerke betroffen, die unter dem Einflusse der nicht durch Seen geläuterten subalpinen Flüsse stehen, wie z. B. Eglisau (Thur, Töss), Beznau (Kleine Emme), Chèvres (Arve), Kallnach (Saane).

b) Bei grossen Hochdruckakkumulieranlagen ist bereits gesagt worden, dass mengenmässig die durch die Schwemmstoffführung entstehenden Mißstände, die in einer allmählichen Verkleinerung des Speicherraumes bestehen, bei unsern Verhältnissen nicht ins Gewicht fallen. Die Geschiebeführung der in das Staubecken einmündenden Bäche kann aber örtlich zu Kalamitäten führen. Dies namentlich bei flachen Stauseen mit besiedelten und bewirtschafteten Ufergeländen. Typisches Beispiel hierfür bildet das Etzelwerk, bei welchem schon die Konzessionsbedingungen die Korrektur der Hauptzuflüsse Sihl und Minster und die Verbauung der übrigen Bäche vorschrieben. Die Schwierigkeit liegt darin, dass das Geschiebe, nicht wie der Schlamm, in die tiefen Partien des Stausees hinausgespült wird, sondern sich auf dem flachen Seeboden direkt bei der Mündung der Bäche ablagert und dort ein eigentliches Delta bildet. Schon nach einer kleinen Reihe von Jahren äussert sich ein solches Delta wie jedes andere dadurch, dass es trotz der sich auf ihm bildenden Abflussrinnen den Flusslauf gewissermassen verlängert. Mit dieser Verlängerung ist aber ohne weiteres der Uebelstand verbunden, dass sich die Bachsohle entsprechend dem zur Geschiebeabfuhr erforderlichen relativen Gefälle hebt. Beispielweise würde eine Verlängerung von 100 m bei einem Bachgefälle von 1 % schon eine durchgehende Sohlenerhöhung von 1 m mit sich bringen.

In Abb. 89a und b<sup>1</sup> ist die Einmündung eines solchen geschiefeführenden Baches in den Sihlsee, deren zukünftige Ausgestaltung durch Modellversuche untersucht wurde, wiedergegeben.

## II. Massnahmen gegen die Stauraumverlandung

### a) Niederdruckwerke

#### 1. Die andauernde Stauspiegelabsenkung bei höheren Wasserführungen

Schon beim ersten schweizerischen Grosskraftwerk Chèvres (1896) an der Rhone unterhalb Genf war man sich der Gefahr der Stauraumverlandung

bewusst. Man glaubte damals, der Verlandung dadurch wirksam entgegen arbeiten zu können, dass man durch ein besonderes Wehrreglement für den normalen Werksbetrieb mit zunehmender Wasserführung die Absenkung des Wasserspiegels gegenüber dem Niederwasserstau vorschrieb. Diese Absenkungen sind aus folgenden Zahlen ersichtlich:

Wasserführung m <sup>3</sup> /sec.	Stau am Wehr m ü. M.	Stauhöhe über ursprünglichem Abfluss m
100	370,00	8,00
300	369,79	6,91
600	368,84	4,84
900	367,75	2,90

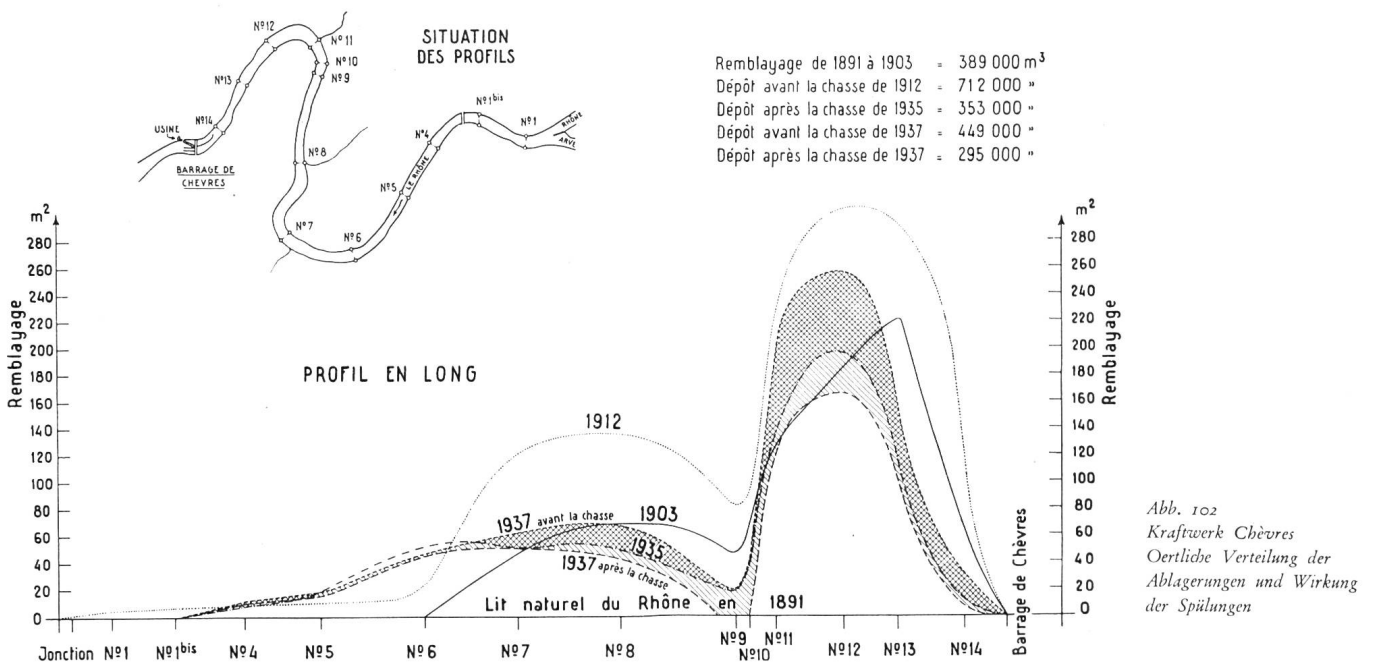
Diese Massnahme hatte zunächst die unangenehme Folge, dass das bei Hochwasser durch den Rückstau des Unterwassers an sich schon geringe Nettogefälle noch stärker reduziert wurde, so dass bei Wassermengen über 800 m<sup>3</sup>/sec der Betrieb überhaupt eingestellt werden musste. Der erhoffte Erfolg blieb übrigens aus, was sich dadurch zeigte, dass sich seit der Betriebseröffnung bis zum Jahrer 1899 eine Ablagerung von 360 000 m<sup>3</sup> ergab, zum Teil Kies, der bis zum Wehr vordrang und auf der ganzen Staustrecke die tiefern Rinnen des Flussbettes ausfüllte. Nach anfänglich tastendem Vorgehen wurde 1900 beschlossen, Spülungen des Staubeckens zu versuchen, die in zwei Malen bei einer Wassermenge von 600 m<sup>3</sup>/sec und einer Dauer von je 10 Stunden ungefähr 180 000 m<sup>3</sup> aus dem Staubecken entfernten.

#### 2. Spülung der Stauhaltung von Niederdruckanlagen

Diese Spülungen bestehen darin, dass der Wasserspiegel oberhalb des Wehrs durch vollständiges Öffnen sämtlicher beweglicher Wehrabschlüsse so viel wie möglich gesenkt wird. Es soll also der Stau möglichst vollständig aufgehoben werden, um dem Wasser wieder dasjenige Schleppvermögen zu geben, das es vor dem Einstau von Natur aus besessen hat. Es kann nun kein Zweifel darüber bestehen, dass bei all den Wehren, die mit teilweise hochliegenden Schwellen ausgestattet sind und nur wenige schmale Grundablassöffnungen besitzen, die also eine vollständige Wiederherstellung des ungestauten Wasserspiegels bei starken Wasserführungen nicht ermöglichen, von vornherein ein Misserfolg erwartet werden musste, denn wie aus Abb. 91 hervorgeht, hört die Transportfähigkeit schon bei geringem Stau über dem natürlichen Wasserspiegel auf.

Es lohnt sich also nur, diejenigen Werke auf die Spülmöglichkeit zu untersuchen, die auf die ganze Flussbreite bewegliche Schützen besitzen, und die eine Schwellenhöhe aufweisen, die ungefähr auf der Höhe der natürlichen Sohle liegt, weil nur sie

<sup>1</sup> Siehe Nr. 9 vom September 1938.



die primäre Bedingung der vollständigen Stauabsenkung erfüllen lassen. Zu diesen Werken gehört das schon erwähnte Kraftwerke Chèvres, das auch deshalb als Beispiel gewählt werden soll, weil es das älteste aller grossen Schweizerwerke ist, weil ferner der Einfluss der geschiebeführenden Arve sehr stark ist, und weil seit dem Jahre 1900 zuerst in grösseren Zeitabständen, dann regelmässig, Spülungen vorgenommen worden sind, über die sehr gute Aufnahmen vorliegen.

Für die Beurteilung der Vorgänge ist zunächst folgendes hervorzuheben: In der Erkenntnis, dass mit einer dauernden teilweisen Spiegelabsenkung bei Hochwasser die Verlandung nicht verhindert werde, wohl aber schwere Nachteile für die Energieerzeugung in Kauf zu nehmen waren, während die Spülungen Erfolg versprachen, ging man mit der Zeit dazu über, die Hochwasser im Normalbetrieb weniger abzusenken. Das Reglement der Wehrbedienung lautete schliesslich wie folgt:

Wasserführung m <sup>3</sup> /sec.	Stau am Wehr m ü. M.	Stauhöhe über ursprünglichem Abfluss m
120	370,50	8,50
300	370,30	7,42
600	370,00	6,00
900	369,75	4,90

Daraus geht im Vergleich mit dem ursprünglichen Wehrreglement hervor, dass der Charakter der Ablagerungen sich nunmehr ändern musste: während früher selbst bei Normalbetrieb der Kies ziemlich weit in die Staustrecke hinunter, ja bis zum Wehr transportiert wurde, musste er nun nahe bei der Staugrenze zur Ablagerung kommen. Die Ablagerung im untern Teil des Staubeckens besteht zum grossen Teil aus Schlamm.

Ueber den Fortschritt der Ablagerungen und die Spülwirkung geben nachfolgende Zahlen Auskunft, die mir durch das Entgegenkommen der Services Industriels Genève zur Verfügung gestellt wurden. Von 1900 bis 1927 fanden 16 Spülungen statt. Ihre Dauer variiert zwischen 7 und 176 Stunden, die vorhandenen Spülwassermengen zwischen 220 und 600 m<sup>3</sup>/sec. Die geschätzte totale Ausspülung betrug rd. 2 Millionen m<sup>3</sup>. Genauere Resultate sind seit 1929 vorhanden, da von diesem Jahr an jeweils vor und nach der Spülung Querprofilnahmen erfolgten, die die Berechnung der ausgespülten Ablagerungen gestatten.

Jahr	Spülwassermenge m <sup>3</sup> /sec.	Spüldauer Tage	Spülwirkung m <sup>3</sup>
1929	550	3	235 500
1931	460	3	192 500
1932	600	1	90 000
1933	570	2	17 000
1935	586	3	111 500
1937	850	3	154 000

Ueber die örtliche Verteilung der Verlandungen, sowie über die Wirkung der Spülungen gibt Abb. 102 Aufschluss. Es sind dort über der Flusslänge als Abszissen die in verschiedenen Jahren vorhandenen Verkleinerungen der Querprofile gegenüber der Sohltaufnahme von 1891 dargestellt. Besonders hervorgehoben seien:

Ablagerungsmenge	Spülung	Wirkung
die Ablagerungen bei der Aufnahme 1903		389 000 m <sup>3</sup>
die voraussichtlich maximalen Ablagerungen 1912		712 000 m <sup>3</sup>
die Ablagerung nach der Spülung von 1935		353 000 m <sup>3</sup>
die Ablagerung vor der Spülung von 1937		449 000 m <sup>3</sup>
die Ablagerungen nach der Spülung von 1937		295 000 m <sup>3</sup>

(Schluss folgt)