

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 95 (1944)
Heft: 1

Artikel: Ueber einige Grundlagen der Fluss- und Wildbachverbauung
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767526>

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: 22.07.2025

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

chen, die von *Dreyfusia nüsslini* kaum oder gar nicht angegangen werden und sich infolgedessen normal weiterentwickeln, ein Hinweis darauf, daß die individuelle Anfälligkeit für die Trieblaus recht ungleich sein kann. Vielleicht daß sich mit der Zeit aus der Nachzucht derartiger immuner oder zumindest resistenter Weißtannen ein Hilfsmittel im Kampfe gegen *Dreyfusia* gewinnen ließe. Noch sind wir aber nicht so weit und sollten deshalb auch die *direkte chemische Bekämpfung* mit Stäube- oder Spritzmitteln in jenen Fällen nicht außer acht lassen, wo es sich um Neuansteckungen inmitten sonst gesunder Weißtannenbestände handelt, um soweit möglich der Entstehung exponierter Bestandeslücken wegen Aushiebes vorzubeugen. Das Ergebnis der eingeleiteten chemischen Bekämpfungsversuche bleibt abzuwarten.

Die überraschend starke Vermehrung von *Dreyfusia piceae* im Laufe des Sommers 1943 und ihre stellenweise Vermischung mit *nüsslini*-Stammbefall läßt es als wünschenswert erscheinen, auch jene *Dreyfusia*-Art eingehender zu untersuchen. Ich nannte sie (1937) zum Unterschied von der « gefährlichen » *Dreyfusia nüsslini*, die « ungefährliche » Tannenrindenlaus. Nach den letztjährigen Erfahrungen möchte ich das « ungefährlich » in « weniger gefährlich » abschwächen, denn besonders in heißen, trockenen Sommern kann auch *piceae*-Stammbefall die Weißtanne empfindlich schädigen¹¹.

Damit glaube ich das *Dreyfusia*-Problem, so wie es sich zurzeit für unsere schweizerischen Verhältnisse darbietet, in den wesentlichsten Zügen umrissen zu haben.

Ueber einige Grundlagen der Fluß- und Wildbachverbauung

Vortrag, gehalten am Vortrags- und Diskussionsabend vom 12. November 1943 an der Abteilung für Forstwirtschaft der ETH.

Von Dr. Ing. R. Müller, Dozent für Wildbachverbauung an der Forstabteilung der ETH.

I. Die grundlegenden Gesetze und Folgerungen

1. Gesetze

Die Lösung von Aufgaben auf dem Gebiet der Fluß- und Wildbachverbauung erfordert die Kenntnis der grundlegenden Gesetze über den Wasserabfluß und den « Geschiebeabfluß » oder das Geschiebetransportvermögen des Wassers. Es sollen deshalb diese grundlegenden Zusammenhänge vorerst generell besprochen werden.

Es sei gegeben (Abb. 1) ein gerades prismatisches Gerinne. Die Böschungen seien fest, die Sohle bestehe aus einer losen, beweglichen Mischung von Geschiebe verschiedener Korngrößen.

¹¹ Vrgl. auch Francke-Grosmann (Tharandter Forstl. Jahrbuch. Bd. 88. S. 1051).

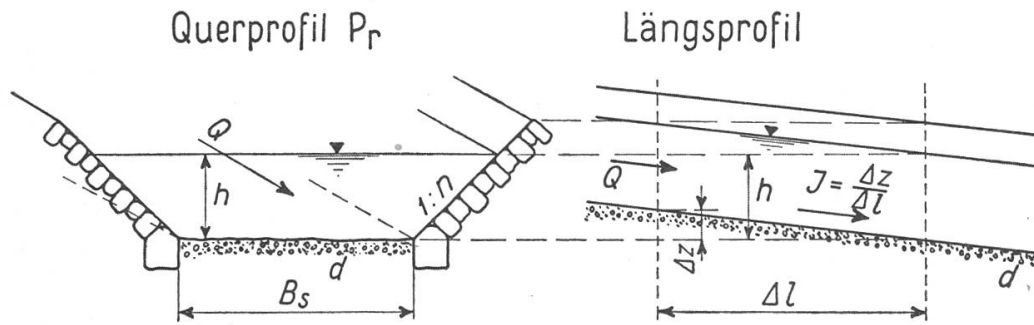


Abb. 1. Querprofil und Längsprofil eines Gerinnes.

Bezeichnet man mit :

P_r Form und Größe des Profils,

J die Neigung der Sohle oder das Gefälle,

d den die Geschiebemischung charakterisierenden, maßgebenden Geschiebedurchmesser,

h eine beliebige Wassertiefe, gemessen von der mittleren Sohle,

so ist mit den Größen P_r , J , d der Wasserabfluß bestimmt. Jede sec. Gesamtwassermenge Q (z. B. $m^3/sec.$) fließt mit einer ganz bestimmten Wassertiefe ab. Wir nennen die Funktionen

$$Q = f_1(h, P_r, J, d) \quad (1)$$

die *Abflußmengenkurve* des Profils (Abb. 2). Zu ihrer Berechnung kann die Stricklersche Geschwindigkeitsformel verwendet werden.

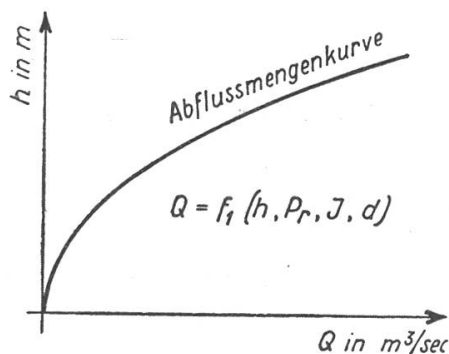


Abb. 2. Die Abflußmengenkurve.

Steigert man bei gegebenen P_r , J , d , beginnend mit kleinen Werten, die Wassermenge, so wird vorerst nur das feine Material der beweglichen Sohlenmischung vom Wasser mitgeschleppt. Erst von einer bestimmten Wassermenge

$$Q_0 = f_0(P_r, J, d) \quad (2)$$

wird die Sohle richtig beweglich. Es beginnen auch die größeren Bestandteile der Mischung vom Wasser bewegt zu werden.

Mit weiter steigender Wassermenge im betrachteten Gerinne

$$Q > Q_0$$

kann von jeder Wassermenge eine ganz bestimmte sec. Geschiebemenge G (z. B. $kg/sec.$) transportiert werden, nämlich :

$$G = f(Q, P_r, J, d) \quad (3)$$

Wir nennen diesen Zusammenhang die *Geschiebefunktion* (Abb. 3).

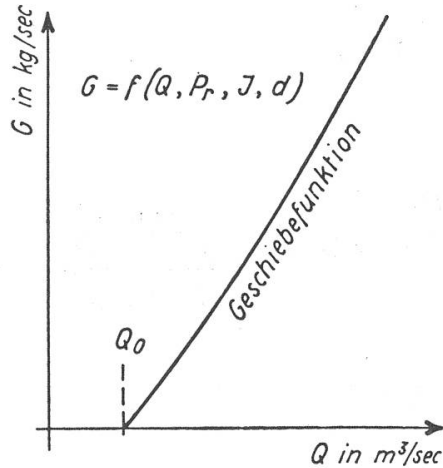


Abb. 3. Die Geschiebefunktion.

Die Gesetzmäßigkeit der Geschiebeführung ist gut nachgewiesen für einheitliche Korngröße des Geschiebes, weniger klar für natürliche Mischungen. Es liegen sogenannte Geschiebetriebsetze vor, von Du Bois, Schoklitsch, auch von unserer Versuchsanstalt für Wasserbau an der ETH, die die Geschiebefunktion näherungsweise zu berechnen gestatten. Wir nennen die durch die Geschiebefunktion gegebene sec. Menge G auch das *Transportvermögen* des Wassers. Es bezieht sich nur auf das größere Geschiebe, das sich auf der Sohle bewegt, nicht auf den schwebend transportierten Schlamm.

Selbstverständlich gehorchen die Geschiebetriebsetze den aus der Erfahrung bekannten Tatsachen. So nimmt bei gegebenen P_r mit zunehmendem Q , J das Transportvermögen G zu und umgekehrt, oder abnehmendem d .

Der Einfluß der Sohlenbreite B_s (Abb. 1), als Teilstück des Profils P_r , läßt sich weniger leicht überblicken. Es kann aber gesagt werden, daß bei *normaler Profilform*, bei gegebenen Q , J , d , mit *zunehmender Sohlenbreite* das Transportvermögen abnimmt, und umgekehrt.

2. Folgerungen

Gegeben sei ein prismatisches Gerinne mit dem Profil P_r . Das Profil bleibe bei Gefällsänderungen konstant. Das laufende Geschiebe und das Sohlengeschiebe seien praktisch gleich und gegeben durch d .

Ist, bei gegebener Abflußmenge Q und bei gegebenem Gefälle J , die Geschiebezufuhr G_z in das betrachtete Gerinne nach der Geschiebefunktion gleich dem Transportvermögen G , also :

$$G_z = G \text{ (Beharrungszustand)}$$

so bleibt das Gefälle J unverändert. Wir sprechen von einem *Beharrungszustand* (Abb. 4 a).

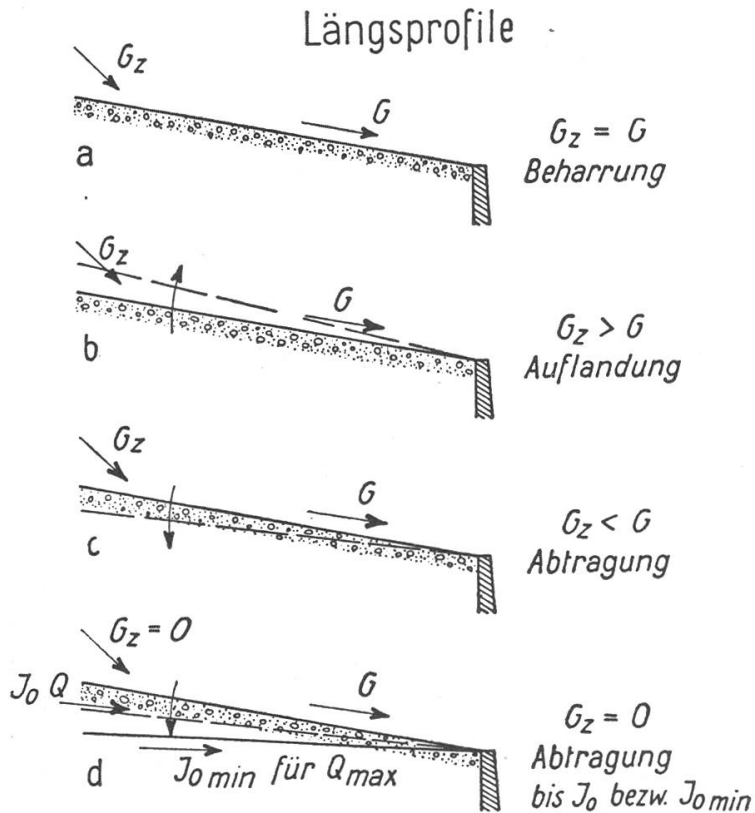


Abb. 4 a—d.
Ausbildung des
Längenprofiles.

Ist die Zufuhr an Geschiebe größer als das Transportvermögen
 $G_z > G$ (Auflandung)

so bildet sich dasjenige größere Gefälle aus, das der zu großen Geschiebezufuhr entspricht. Das Gerinne befindet sich in *Auflandung oder Alluvion*. Diese Auflandung pflanzt sich von oben nach unten fort. Im Endzustand ist deshalb die Höhenlage der Sohle bedingt durch das neue Beharrungsgefälle und durch den nächstfolgenden unteren Sohlenfixpunkt (in Abb. 4 b die Sperrenkrone).

Ist die Zufuhr kleiner als das Transportvermögen

$G_z < G$ (Abtragung)

so sättigt sich (oben beginnend) das Wasser so lange aus der Sohle, bis sich, ausgehend vom nächstunteren Fixpunkt, dasjenige Gefälle ausgebildet hat, das der zu geringen Zufuhr entspricht. Das Gerinne befindet sich in *Erosion oder Abtragung* (Abb. 4 c).

Gelangt das Wasser *geschiebelos* in die betrachtete Teilstrecke, ist also

$G_z = 0$ (geschiebeloser Abfluß)

so erodiert die Wassermenge Q die Sohle, bis sich das Gefälle so ausgebildet hat, daß der Grenzfall der Beweglichkeit erreicht wird, also bis $Q = Q_0$ ist. Da in der Gleichung

$$Q = Q_0 = f_0(P_r, d, J) \quad (2)$$

P_r und d konstant vorausgesetzt sind, liefert die Gleichung

$$Q = f_0(\text{konst.}, J_0)$$

für jede Wassermenge ein zugehöriges Grenzgefälle J_0 . Je größer die Wassermenge ist, um so kleiner ist dieses Grenzgefälle J_0 (Abb. 4 d). Bei gegebenem P_r und d liefert also das maximale Hochwasser $Q_{\max}$, das geschiebelos abfließt, das kleinstmögliche Gefälle der Sohle $J_{0 \min}$, das vom Wasser *selbsttätig* ausgebildet werden kann. Dieses kleinstmögliche Gefälle ist gegeben durch die Bedingung :

$$Q_{\max} = Q_0 = f_0 (P_r, d, J) \quad (4)$$

Wir nennen sie die *Bedingung der Geschiebelosigkeit bei Hochwasser* (Abb. 4 d).

Fixpunkte

Beim Gerinne mit beweglicher Sohle sind also neben dem Beharrungsgefälle auch die *Sohlenfixpunkte* wesentlich für die Höhenlage der Sohle. Als Fixpunkte der Sohle gelten Stellen, bei denen die Höhenlage der Sohle nicht durch Geschiebefragen bedingt ist, zum Beispiel : Steilstrecken und Abstürze in Fels oder grobem, gerinnefremdem Geschiebe, auch künstliche Einbauten (Sperrren, Stauwehre);

Mündungen in Seen mit annähernd konstanter Wasserspiegellhöhe. Je nach der Seetiefe bei der Mündungsstelle werden aber die Mündungen durch die Deltas langsamer oder rascher *vorgeschoben*. Dies hat, auch bei einem Fluß, der sich im Beharrungszustand befindet, eine fortgesetzte langsame Parallelhebung der Flußsohle zur Folge (Abb. 5).

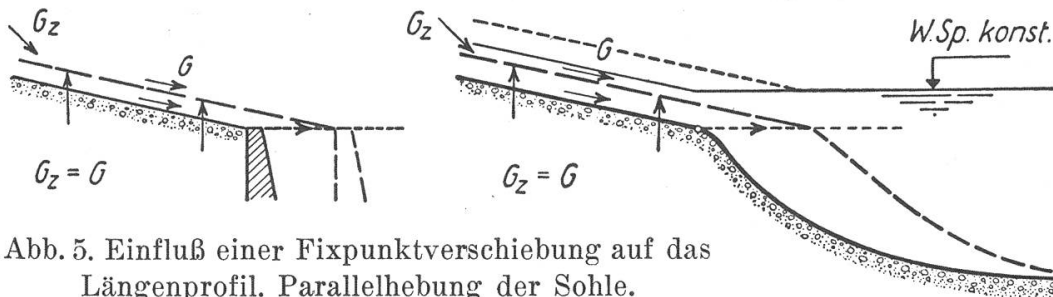


Abb. 5. Einfluß einer Fixpunktverschiebung auf das Längenprofil. Parallelhebung der Sohle.

Variable Wasserführung

In den natürlichen Flüssen und Bächen wechselt die Wasserführung Q zeitlich. In den Gebirgsflüssen (Vorfluter) kann als natürliche Periode ein Jahr angenommen werden. Wir betrachten in solchen Fällen die *mittlere jährliche Geschiebefracht* G_j als maßgebend für die Ausbildung des Längenprofils. Sie läßt sich bei gegebener Zeitdauer ΔT , die im Mittel pro Jahr jeder Wassermengenbereich Q_m mit dem Geschiebetrieb G_m abfließt, berechnen aus der Summe :

$$G_{\text{Jahr}} = \sum_{\text{Jahr}} G_m \cdot \Delta T$$

Ihre Bestimmung erfordert somit die Kenntnis der Abflußmengen-Ganglinien über eine größere Anzahl von Jahren.

Abrieb

Wesentlich für die Ausbildung des Längenprofils einer längeren Flußstrecke ist ferner die natürliche Verkleinerung des Geschiebes auf dem Transport oder der *Abrieb*. Die Annahme, daß die Gewichtsabnahme dP eines Steines proportional sei seinem Gewicht P und der zurückgelegten Weglänge dl (Sternberg), also :

$$dP = -c \cdot P \cdot dl$$

wobei c der Proportionalitätsfaktor oder Abriebkoeffizient ist, führt für die Abnahme des Geschiebedurchmessers d und der Jahresfracht G_J in Funktion der Weglänge l (km) zu einer Exponentialfunktion (Abb. 6).

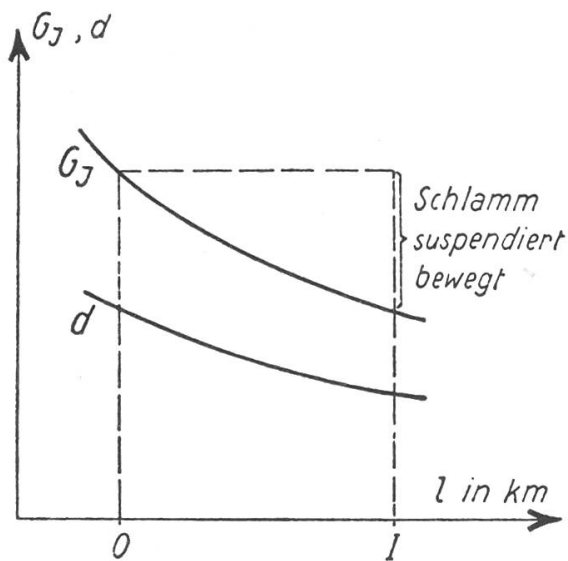


Abb. 6.
Abnahme der Geschiebegröße d und der Jahresfracht G_J mit der Lauflänge, infolge Abrieb.

Bei einheitlicher *Profilbreite*, im *Beharrungszustand* der Geschiebeführung, ist deshalb auch das Längenprofil eine Linie mit nach unten abnehmendem Gefälle (Abb. 7).

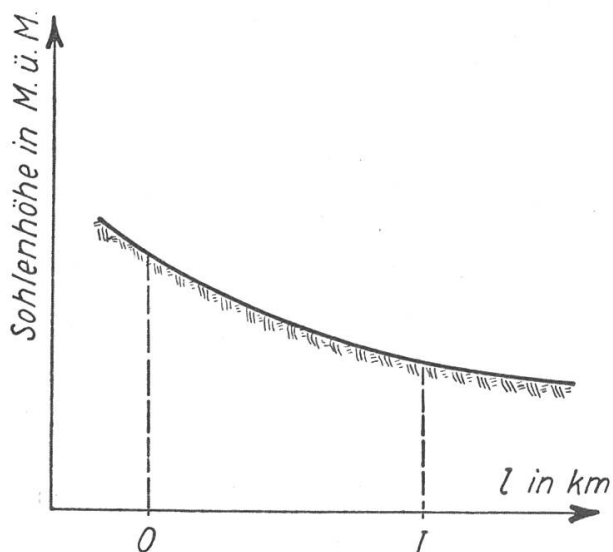


Abb. 7.
Längenprofil im Beharrungszustand bei konstantem Querprofil.

Der Einfluß von Krümmungen

In Krümmungen stellt sich infolge zusätzlicher Verluste im Beharrungszustand ein *größeres Gefälle* ein als in der geraden Flußstrecke. Die Untersuchungen zeigen, daß für dieses zusätzliche Gefälle die *Hochwasserabflüsse* maßgebend sind.

Im Längsprofil eines Flusses im Beharrungszustand machen sich die Krümmungen in Form lokal erhöhter Sohlengefälle geltend. Es bildet sich eine natürliche Abtreppung. Die zusätzliche Sohlenhebung Δz_k (Abb. 8) läßt sich näherungsweise berechnen.

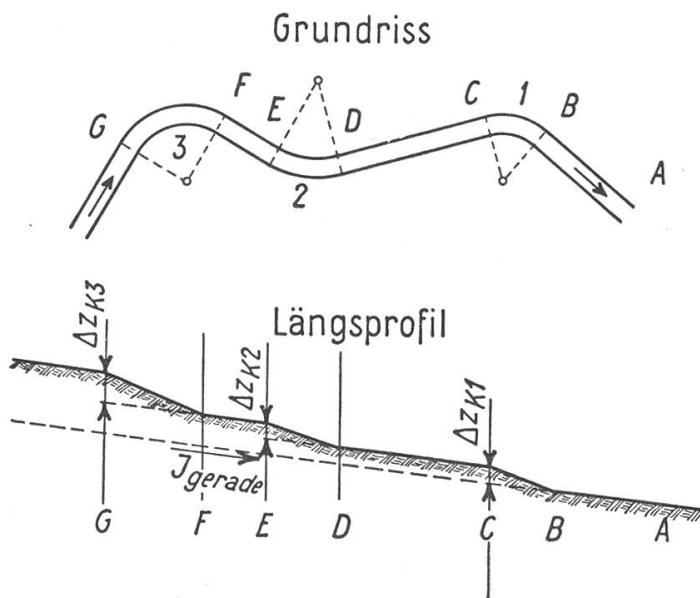


Abb. 8. Längsprofil eines Flußlaufes mit Krümmungen im Beharrungszustand bei konstanter Profilbreite.

II. Die Aufgaben der Fluß- und Wildbachverbauung

Um im großen die eigentliche Aufgabe der Fluß- und Wildbachverbauung zu erkennen, soll vorerst ein kurzer Rückblick über den Vorgang der Talbildung seit der letzten Vergletscherung getan werden.

Nach dem Rückzug der Gletscher reichten die Talseen weit in die Gebirgstäler hinein. Durch die Abtragung oder Erosion der Gebirge und den Transport des losen Materials durch die Bäche und Flüsse, wurden in der Folge die Täler von oben und von der Seite her wieder aufgefüllt, die Seen verlandet. Es bildeten sich so die langgestreckten Vorfluttäler.

Diese natürliche Auflandung erfolgte unter langsamer Hebung des ganzen Talbodens. Der Vorfluter pendelte zwischen den durch die Seitenhänge gebildeten Begrenzungen des Tales hin und her. Jede größere Wasser- und Geschiebezufuhr führte zu Überschwemmungen, verbunden mit der Ablagerung des Schlammes und des Geschiebes in der Talebene. Die Überschwemmungsgebiete wechselten ihre Lage, so daß, zusammen mit dem langsamen Vorschieben der Flußmündung, der ganze Talboden sich langsam hob (Abb. 9).

In diese natürliche Entwicklung griff der Mensch ein. Mit der Nutzbarmachung des fruchtbaren Talbodens wurden die periodischen

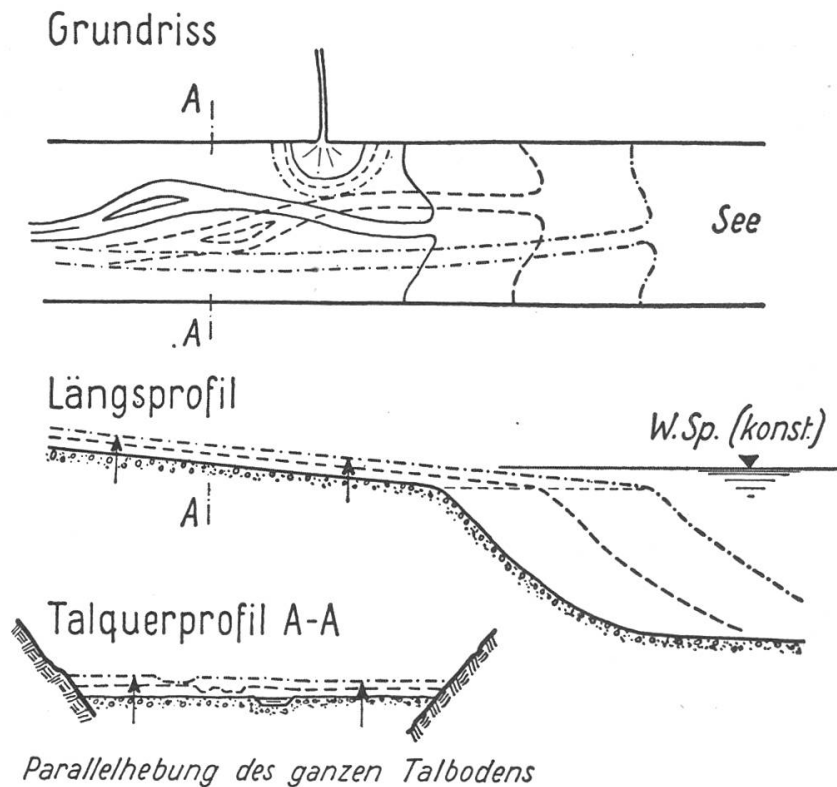


Abb. 9. Schematische Darstellung der natürlichen Verlandung der Vorfluttäler.

Überschwemmungen und der im Grundriß wechselnde Flußlauf störend empfunden. Man begann, den Vorfluter einzudämmen. Die Folge mußte ein rascherer Vortransport von Schlamm und Geschiebe in den See, also ein rascheres Vorschieben des Deltas sein, während der Talboden *nicht mehr* überschwemmt, *aber auch nicht mehr gehoben wurde*.

Mit der Verlängerung des Vorflutlaufes infolge Vorschiebens des Deltas hob sich aber die Flußsohle zwischen den Dämmen, denn die Laufverlängerung muß für den Transport des Geschiebes auch ein Sohlengefälle besitzen. So erforderte der Schutz der inzwischen angebauten, oft auch besiedelten Talböden, vor drohenden Überschwemmungen, mit der Laufverlängerung eine fortgesetzte Weitererhöhung der einmal erstellten Längsdämme (Abb. 10).

So sind die unnatürlichen Verhältnisse unserer Vorfluttäler entstanden. Der Vorfluter fließt zwischen Dämmen eingeschlossen. Dammkronen und Hochwasserspiegel im Flußbett liegen weit über dem Talboden (Abb. 10). Auf den Schuttkegeln der seitlich mündenden Wildbäche gedeiht die Rebe. Der Wildbach muß daher ebenfalls eingedämmt werden, er übergibt sein Geschiebe womöglich direkt dem Vorfluter und schafft dadurch im Vorfluter um so ungünstigere Verhältnisse, oder aber die Wildbäche können nicht mehr in den hochliegenden Vorfluter münden; es müssen Geschiebefänge und Binnenkanäle parallel zum Vorfluter erstellt werden.

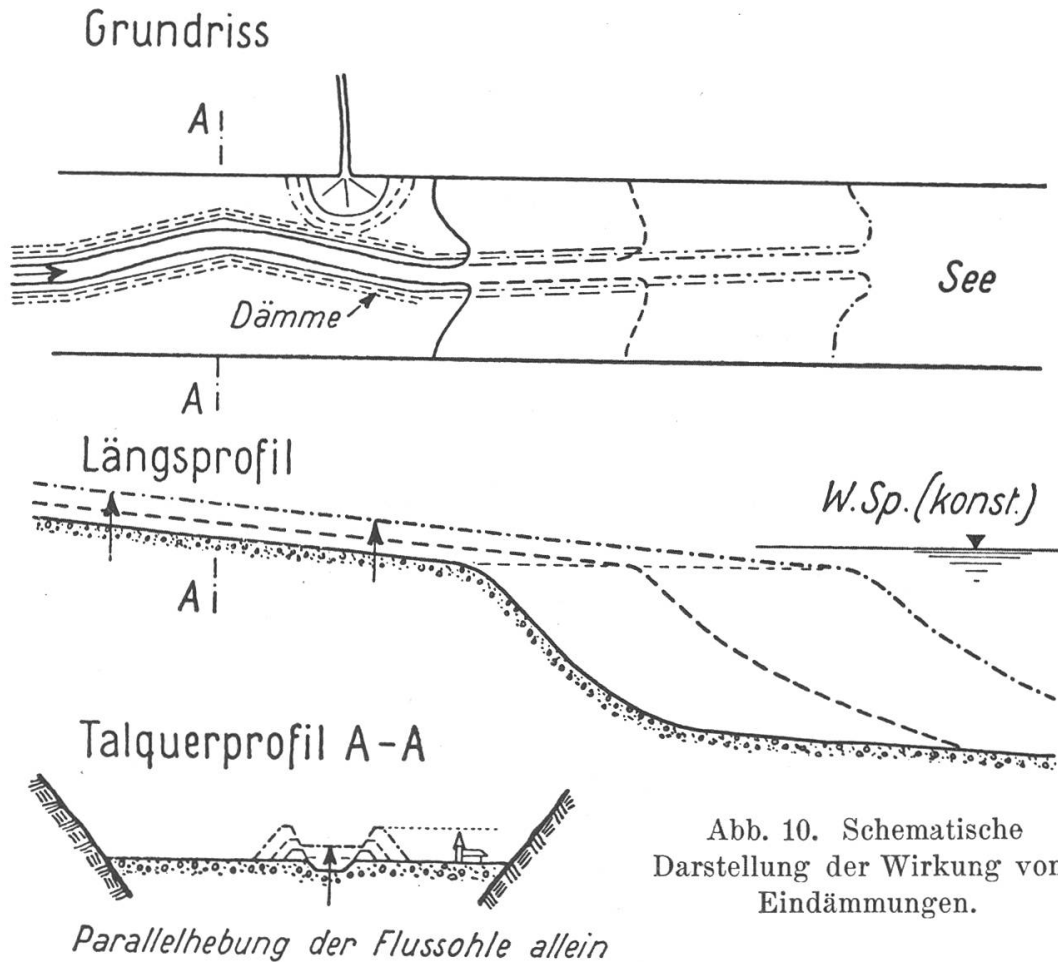


Abb. 10. Schematische Darstellung der Wirkung von Eindämmungen.

Diese Entwicklung wurde im Einzugsgebiet durch Vernachlässigung der Gebirgswälder und durch Kahlschläge noch beschleunigt. Neue Geschiebeherde erzeugten eine vergrößerte Geschiebe- und Wasserzufuhr ins Tal, verbunden mit der Zerstörung der Kulturen im Einzugsgebiet. *Aufgabe der Fluß- und Wildbachverbauung ist es, die gegen die natürliche Entwicklung geschaffenen Kulturen im Tal zu schützen.*

III. Die möglichen Lösungen

1. Die Korrektur der Gebirgsflüsse (Vorfluter)

Das schematische System (Abb. 11) :
 Teileinzugsgebiete — Wildbäche — Schuttkegel — Vorfluter — See
 ist in einem zeitlich beschränkten Gleichgewichts- oder Beharrungszustand denkbar, wenn das Transportvermögen des Wassers in jeder Teilstrecke der Zufuhr aus der oberen anschließenden entspricht. Ist diese sogenannte *Geschiebekontinuität* nicht erfüllt, so treten im System Störungen auf. In denjenigen Strecken, die ein zu *großes* oder ein zu *kleines* Transportvermögen des Wassers aufweisen, wird die bewegliche Sohle *erodiert* bzw. *aufgelandet*. Das Wasser sättigt sich mit dem Geschiebe aus der Sohle, bzw. der Überschuß an zugeführtem Geschiebe wird im Fluß- oder Bachbett abgelagert. Sind diese Störungen an-

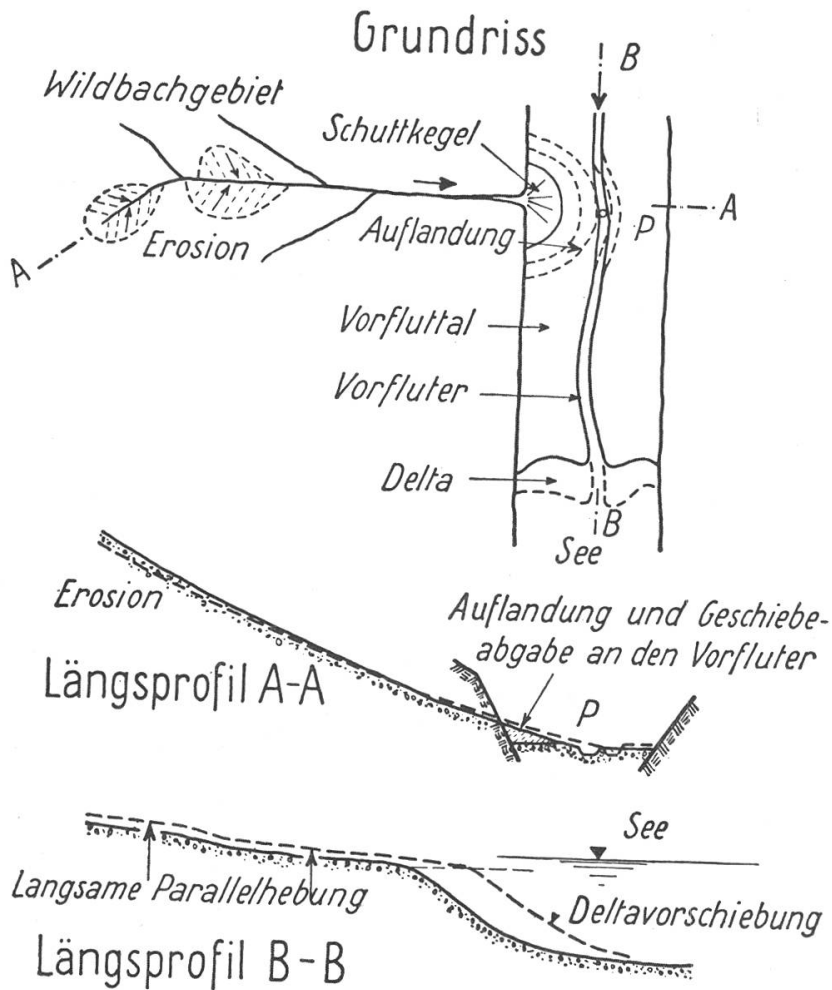


Abb. 11. Schematische Darstellung des Geschiebeweges.

dauernd, so werden Abhilfsmaßnahmen erforderlich. Lassen wir vorerst die Möglichkeit der Beeinflussung der *Geschiebezufuhr* aus dem Einzugsgebiet und die Bachverbauung außer Betracht, so können Störungen im Vorfluter durch lokale Verbauungen behoben werden. Es kann bei gegebenen Abflußmengen, Geschiebemengen und Korngrößen ein passendes Wertepaar für Profil und Gefälle (P_r , J) gesucht werden, das die der Geschiebekontinuität entsprechende mittlere Jahresfracht G_J zu transportieren vermag. Diese Methode kommt hauptsächlich bei Korrekturen des Vorfluters zur Anwendung, weil im Vorfluter die Wasser- und die Geschiebeführung eine periodische Regelmäßigkeit aufweisen.

Als Grundlagen für die Lösung einer solchen Aufgabe sind erforderlich :

- Grundrißplan, Längen- und Querprofile mit Angaben über das Verhalten verschiedener Teilstrecken;
- die Kornzusammensetzung des Geschiebes, wenn möglich an verschiedenen Stellen des Flußlaufes;
- die mittleren täglichen Abflußmengen über mehrere Beobachtungsjahre.

Wesentlich ist, daran zu denken, daß jede Veränderung des Transportvermögens durch lokale Verbauungen einer Teilstrecke mindestens alle unten folgenden Strecken, oft auch die oberhalb liegenden, beeinflußt. Es muß deshalb jede Maßnahme in ihrer Auswirkung auf das ganze System überprüft werden.

Generell läßt sich eine Strecke in Verlandung durch Profilverengung und Ausschaltung von Krümmungen mit Hilfe von Durchstichen (Begradigung) korrigieren. Alle unten folgenden Strecken erhalten dadurch aber eine vergrößerte, bei Begradigung auch *vergrößerte* Geschiebezufuhr. Die endgültige Auswirkung der Verbauung im zukünftigen Beharrungszustand muß unter Berücksichtigung der ganzen Auswirkung auf das System betrachtet werden (Abb. 12).

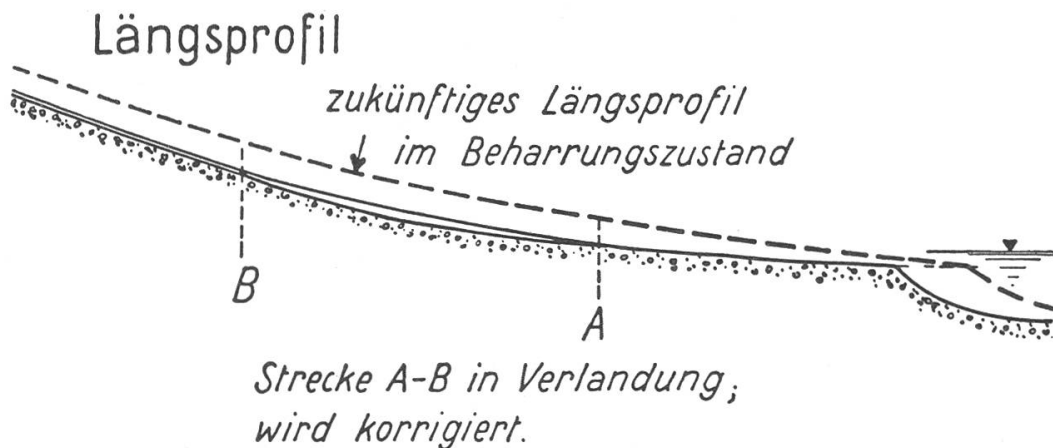


Abb. 12. Wirkung der Verbauung einer Teilstrecke in Verlandung, Auf-
landung der unteren Strecken, Parallelhebung der oberen.

Eine Strecke in Erosion kann durch Profilverbreiterung, Einschalten von Krümmungen, Pflasterung der Sohle oder durch Schaffung künstlicher Sohlenfixpunkte korrigiert werden. Wieder ist zu bedenken, daß die Behebung einer Erosion in einer Teilstrecke einem Geschieberückhalt gleichkommt. Alle unteren Strecken werden, sofern sie vor der Verbauung im Beharrungszustand waren, nach der Verbauung Erosionstendenz aufweisen, auch wenn Fixpunkte dazwischen liegen (Abb. 13).

So wird, streng genommen, jede Teilverbauung zu einer Gesamtkorrektur. Solche Korrekturen haben den großen Vorteil relativ rasch eintretender Wirkung. Sie sind deshalb oft nicht zu umgehen.

Die Entwicklung der Vorfluttläler im großen und auf längere Zeiten betrachtet, wird damit aber nur zeitlich beschränkt beeinflußt. Die Deltas schieben sich weiter vor, die Flußsohlen heben sich parallel, die Dämme müssen weiter erhöht werden. Deshalb muß zu den Korrekturen im Tallauf immer wieder die *Wildbachverbauung*, die *Verbauung im Einzugsgebiet zur Reduktion der Schlamm- und Geschiebeführung* gefordert werden.

Längsprofil

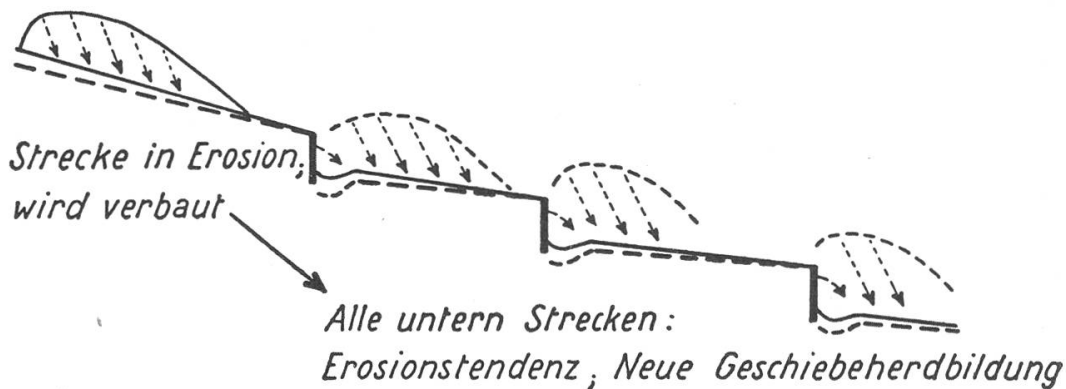


Abb. 13. Wirkung der Verbauung einer Teilstrecke in Erosion. Untere Strecken erhalten Erosionstendenz. Ähnliche Wirkung haben: Geschieberückhaltesperren, Geschiebefänge, auch natürliche Ausbrüche mit Ablagerung des Geschiebes.

2. Die Wildbachverbauung

Die Hauptaufgabe der Wildbachverbauung besteht also darin, die Erosion im Einzugsgebiet möglichst zu verlangsamen oder zu verunmöglichen, um die *Geschiebe- und Schlammzufuhr* ins Vorfluttal, in den Vorfluter selber und in den See möglichst klein zu halten. Die Verbauungen im Einzugsgebiet sind deshalb nur zum kleinsten Teil Selbstzweck zur Verbesserung der lokalen Verhältnisse. Ihr Einfluß reicht ins Tal hinunter und ist mitbestimmend für das Wohlergehen der Bewohner der fruchtbaren Vorfluttäler.

Entsprechend der Hauptaufgabe der Wildbachverbauung kann für die eigentliche *Bachverbauung* ein grundsätzliches Verbauungsprinzip abgeleitet werden, das in seiner Anwendung viel einfacher ist als die beim Vorfluter erforderliche Behandlung der Aufgaben.

Maßgebend für die Anlage einer Bachkorrektur ist *das kleinstmögliche Gefälle, das vom Wasser selbsttätig ausgebildet werden kann*, denn mit diesem kleinsten Gefälle und den natürlichen oder künstlichen Sohlenfixpunkten ist eine « Projektsohle » (Längsprofil) gegeben, bei der die ihr angepaßten Foundationen der Bauwerke vom Wasser nicht mehr unterkolkt werden können. Es wurde gezeigt, daß sich das kleinstmögliche Gefälle einstellt, wenn das Höchsthochwasser geschiebelos abfließt. Der geschiebelose Abfluß der Wassermengen entspricht dem Endzweck jeder Wildbachverbauung und ist zudem infolge der Zufälligkeit der Wasser- und Geschiebeführung im Wildbachgerinne auch möglich, bevor das Endziel der Wildbachverbauung erreicht ist. Es kann deshalb für die Bachverbauung folgendes Prinzip aufgestellt werden :

Der Wildbach muß so verbaut werden, daß er geschiebelose Hochwasser ($Q_{\max}$) führen kann, ohne die Bachsohle zu erodieren. Andernfalls würden, beim Zurückhalten des Geschiebes im Einzugsgebiet oder

beim zufälligen Abfluß eines geschiebelosen Hochwassers, infolge der einsetzenden Erosion der Bachsohle die Bauwerke gefährdet, und es könnten neue Erosionsherde und Rutschungen entstehen. Die Dimensionierung einer Bachverbauung muß somit nach der *Bedingung für Geschiebelosigkeit bei Höchsthochwasser* $Q_{\max}$:

$$Q_{\max} = Q_0 = f_0 (P_r, d, J) \quad (4)$$

erfolgen, die, bei vorgeschriebenem oder gewählten Werten für P_r und d , das kleinstmögliche Gefälle $J_{0 \min}$ liefert, das vom Wasser selbsttätig ausgebildet werden kann. Nach dieser Bedingung (Gleichung 4) besteht die Möglichkeit, bei gegebenem $Q_{\max}$ durch Abtreppen mit Sperren oder Querswellen ($J_{0 \min}$) und/oder künstliches Pflästern (d), zusammen mit einem ins Talquerprofil passenden Bachprofil (P_r) eine wirtschaftliche bauliche Lösung zu finden. Unter einer künstlichen Pflasterung ist die künstliche Abdeckung der Sohle mit einer Schicht grober Steine (Steinbett) oder einer groben Mischung zu verstehen, nicht etwa der Einbau einer festen Sohle oder Schale mit Hilfe behauener Steine, die trocken oder in Mörtel versetzt sind.

Wird als Sohlenmaterial das vorhandene laufende Geschiebe beibehalten (d gegeben), so kann bei gegebenem $Q_{\max}$ innerhalb der Bedingung für Geschiebelosigkeit noch ein Wertepaar P_r, J gewählt werden. Mit den im Bachlauf vorhandenen, für die Foundation günstigen Sperrenstellen sind Höhe und Anzahl der Sperren noch vom gewählten Wertepaar P_r, J abhängig. Wird zeitweise noch Geschiebe geführt, so bildet sich, durch Auflandungen zwischen den Sperren, ein etwas steileres Sohlengefälle aus. Folgt aber ein geschiebeloses Hochwasser, sei es, weil der Boden im Einzugsgebiet gefroren ist, oder aber, *weil sich die Verbauungen im Einzugsgebiet im Sinne des gewünschten Geschieberückhaltes auswirken*, so werden die vorübergehenden Auflandungen wieder auf die « Projektsohle » abgetragen.

Wird mit Hilfe einer *künstlichen Pflasterung* (d gewählt), bei gegebenem $Q_{\max}$, nach der Bedingung für Geschiebelosigkeit ein möglichst großes Gefälle gehalten, so kann noch laufendes Geschiebe aus dem Einzugsgebiet über die gegen Erosion durch die Pflasterung gesicherte Sohle ohne weiteres abtransportiert werden. Die eingehaltene Bedingung für Geschiebelosigkeit garantiert andererseits dafür, daß die eingebaute Sohle (Projektsohle) auch dann nicht erodiert wird, wenn das Höchsthochwasser geschiebelos abfließt.

Die Krümmungen gestatten ein zusätzliches Gefälle. Es kann also beim Bachlauf mit Krümmungen ein erwünschtes Längenprofil mit weniger oder kleineren Sperren gehalten werden als im geraden Bachlauf. Ein erhöhter Uferschutz an den Außenseiten der Krümmungen ist aber erforderlich.

Grundlagen

Für die Dimensionierung einer Bachverbauung müssen nach der Bedingung für Geschiebelosigkeit bekannt sein :

Die maximale Abflußmenge, Grundriß, Längenprofil, Querprofile, natürliche Sohlenfixpunkte und die Korngröße des Sohlengeschiebes.

Unter diesen zu beschaffenden Grundlagen ist die Bestimmung der maximalen Abflußmenge am schwierigsten. Hier können nur Messungen in der Natur helfen, und zwar direkte Abflußmengenmessungen, wenn möglich zusammen mit Regenmessungen, um später einmal allgemeine Regeln aufstellen zu können.

Nachdem der Bachlauf für $Q_{\max} = Q_0$ verbaut ist, wird er nicht mehr zum Erosionsherd. Die Seitenhänge besitzen einen stabilen Fuß. Es kann an die Sicherung der Rutschhalden durch Wasserentzug und Oberflächenbehandlung geschritten werden. Die Vegetation kann natürlich und künstlich beschleunigt Fuß fassen. Da sich jede Maßnahme nach unten auswirkt, sollte grundsätzlich mit der Verbauung unten begonnen werden. So ergibt sich als natürliche *Reihenfolge* der Arbeiten :

Die Verbauung der Bachläufe für $Q_{\max} = Q_0$, von unten nach oben,

die Hangsicherung und die natürliche oder künstlich beschleunigte Bildung einer Vegetationsdecke auf den Rutschhalden als Schutz vor direktem Aufprall und Erosion durch das Niederschlagswasser.

Unter die letzteren Maßnahmen ist auch die Aufforstung zu zählen. Sie hat zudem, wenn es sich um größere Teilflächen eines Einzugsgebietes handelt, eine Reduktion der Häufigkeit und der Größe der Hochwasserspitzen durch die Wasseraufnahme des Bodens und die Verzögerung des Abflusses zur Folge. Deshalb ist die *Erhaltung* bestehender Wälder von großer Wichtigkeit. Auch die Weide bietet, wenn die Grasnarbe nicht durch unregelmäßiges Beweiden zerstört wird, einen guten Oberflächenschutz. Die Wasseraufnahme des Weidebodens und die Verzögerung des Abflusses sind aber zweifellos geringer als beim Wald, weshalb der einmal vorhandene Bestand eines Einzugsgebietes an Weide und Wald nicht auf Kosten des Waldes verändert werden sollte. Es sei denn, die Folgen in bezug auf den Wasserabfluß und die Verletzbarkeit der Oberfläche werden vorbeugend berücksichtigt.

IV. Zusammenfassung

Die angedeuteten grundsätzlichen Überlegungen sind *qualitativ* bekannt, und der Praktiker wendet sie aus der Erfahrung heraus auf jeden Einzelfall sinngemäß an.

Die Aufgabe der *Schule* besteht darin, den *zukünftigen* Praktikern durch Übermitteln der grundlegenden Gesetzmäßigkeiten und *quantitativer* Angaben den oft mit kostspieligen Mißerfolgen verbundenen Erfahrungsweg abzukürzen. Die *Beschaffung der Grundlagen* ist Aufgabe der Institute, die der Schule angeschlossen sind. So sind durch Versuche und Naturmessungen die hier nur angedeuteten Gesetzmäßigkeiten gesucht worden und können als näherungsweise bekannt bezeichnet werden. Damit ist auch die quantitative wirtschaftliche Voraus-

projektierung wenigstens näherungsweise möglich¹. Selbstverständlich bietet jeder Einzelfall seine Besonderheiten, deren Ursachen in erster Linie abzuklären sind. Erst dann können die Grundlagen richtig angewendet werden. Die Verbauung der Gewässer erfordert die Kenntnis der grundlegenden Gesetze in folgenden Gebieten :

Hydrologie, Hydraulik (bei fester und beweglicher Sohle),
Sickerströmungen und Drainagen sowie
Teilgebiete des Erdbaues und der Statik.

Die geologischen Verhältnisse sind dabei zu den Besonderheiten jedes Einzelfalles gezählt.

Die Aufgabe ist so groß und von solchem Interesse, daß die Zusammenarbeit Pflicht ist, auch wenn der Aufgabenbereich nicht überall eindeutig abgegrenzt erscheint. Ich sehe die Hauptaufgabe in einer *vorbeugenden Kontrolle und Pflege der Fluß- und Bachläufe und deren Einzugsgebiete*. Die Erhaltung der Gebirgswälder, als eine der wichtigsten und schönsten vorbeugenden Maßnahmen, bleibt dem Förster allein vorbehalten.

12. November 1943.

Das Waldsamensjahr 1942. Von Heinz Oberli, St. Gallen

Durch die kriegswirtschaftliche Lesestoffüberschwemmung scheint das Auge zu erblinden für die Vorgänge in der Natur. Daraus erkläre ich mir, daß ein so seltenes Naturereignis wie das ungewöhnliche Waldblühet und die außerordentliche Waldsamenerzeugung des Jahres 1942 in unserer Fachliteratur beinahe unbeachtet blieb.

Im Zusammenhang mit der Feststellung des Kriegs-Ernährungsamtes in der « NZZ » vom 15. Oktober 1943 und der Dezemberrummer 1943 dieser Zeitschrift über die Buchnüsschenernte scheint es mir aber doch wertvoll, einige Angaben zur tatsächlichen Waldsamensproduktion des Jahres 1942 festzuhalten. Bei allfälligen Untersuchungen über die Periodizität solcher Samensjahre könnten diese gelegentlich von Nutzen sein.

Ich habe versucht, für Fichte und Buche, wo die überdurchschnittliche Fruchtbildung am meisten in die Augen fiel, diese zahlenmäßig zu ermitteln. Die Untersuchungen basieren, aus Mangel an Gelegenheit, allerdings nur auf wenigen Auszählungen und beschränken sich auf die Kantone St. Gallen und Appenzell. Die angegebenen Durchschnittszahlen sollen daher lediglich Anhaltspunkte für die Intensität des Samensjahres 1942 geben. Da sich das Waldblühet über unser ganzes Land, vermutlich über das ganze Gebiet der Alpen und Europas erstreckte, dürfen die Verhältnisse des Kantons St. Gallen meines Erachtens, immerhin mit Vorbehalt, auf die ganze Schweiz übertragen werden.

¹ R. Müller : « Theoretische Grundlagen der Fluß- und Wildbachverbauungen », Dissertation ETH 1943, Mitteilung Nr. 4 der Versuchsanstalt für Wasserbau. AG. Gebr. Leemann & Co., Zürich.