

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 123/124 (1944)
Heft: 18

Artikel: Grundlagen des forstlichen Strassenbaues
Autor: Bagdasarjanz, B.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-54040>

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: 15.01.2026

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

INHALT: Grundlagen des forstlichen Strassenbaues. — Sind Grossakkumulierwerke notwendig? — Neue Wohnbauten der Familienheim-Genossenschaft am Friesenberg in Zürich. — Transformatoren und Wasserwiderstände im Kraftwerk Verbois. — Mitteilungen: Rationalisierung in der Haustechnik. Die Verbindung von Verbrennungsmotor und Gastur-

bine. Das Wasserkraftwerk Artigues (Pyrenäen). Armirtes Gusseisen. Eidgen. Verordnung betr. Verhütung von Unfällen bei Bauarbeiten. Zink und Zinklegierungen. Persönliches. — Wettbewerbe: Erweiterung des städtischen Rathauses Aarau. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortragskalender.

Band 124

Der S.I.A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Verlagsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 18

Grundlagen des forstlichen Strassenbaues

Von Dipl. Ing. B. BAGDASARJANZ, Dozent mit Lehrauftrag a. d. E.T.H.¹⁾

[Obschon dieser Vortrag dem Strassenbauer meist Bekanntes enthält, bringen wir ihn hier in Ergänzung zu den Ausführungen von Prof. Dr. H. Knuchel (S. 174 und 179* lfd. Bds.), sowie als kleines Repetitorium im Trassieren quasi aus dem Handgelenk, was übrigens eine sehr schöne Kunst sein kann. Red.]

Wenn wir uns fragen, welchen Anforderungen die Waldstrasse zu genügen hat, sind folgende zwei Punkte zu erwähnen:

1. Die Strasse muss so im Gelände liegen, dass der Transport des Holzes an die Strasse an möglichst vielen Stellen und mühelos vorgenommen werden kann. Aus der Beachtung dieses Grundsatzes folgern wir: Bei der Waldstrasse sind Einschnitte und Dämme tunlichst klein zu halten. Hieraus ergibt sich aber, dass die Waldstrasse eine kurvenreiche Strasse ist, die sich dem Gelände in möglichstster Vollkommenheit anschmiegt. Für die Kurvenradien ist nicht die Fahrgeschwindigkeit massgebend, sondern nur die grösste Länge der zu befördernden Stämme.

Wenn wir hinsichtlich der Vollkommenheit des Anschmiegens eine Einteilung für die Waldstrassen geben wollen, sieht sie etwa so aus: 1. Fussweg, 2. Schleifweg, 3. Neben-Fahrweg, 4. Hauptweg.

2. Das Gefälle der Waldstrasse ist von Fixpunkt zu Fixpunkt möglichst so zu halten, dass gleichmässiger Fahrwiderstand entsteht. Aus dieser Forderung heraus sollte man in Kurven das Gefälle für die Bergfahrt vermindern, für die Talfahrt dagegen die Strasse steiler machen.

Die Praxis löst das Problem so, dass für die Fahrstrasse das Gefälle nur bei Wendeplatten mit 20 m und weniger Radius, auf etwa $\frac{2}{3}$ des durchschnittlichen Gefälles vermindert wird, sofern dieses Gefälle grösser ist als etwa 8‰. Bei Schlitt- und Schleifwegen dagegen wird das Gefälle in den Kurven um $2 \div 4\%$ vergrössert. Hier ist ganz besonders darauf zu achten, dass das Gefälle über lange Strecken gleichmässig bleibt.

Gegengefälle sind nur dann zuzulassen, wenn vernünftigerweise nichts anderes möglich ist. Man könnte hier einwenden, dass motorisierte Kräfte auf Gegengefälle nicht sehr empfindlich sind. Da wir aber bei unseren Waldstrassen fast ausnahmslos gemischten Verkehr haben, sollen Gegengefälle zu den grossen Ausnahmen gehören.

Horizontale Strassenstücke sind wegen der Schwierigkeit der Entwässerung der Fahrbahn zu vermeiden, dagegen soll bei vorwiegendem Pferdeverkehr in Abständen von etwa 600 m ein flacheres Stück eingeschaltet werden, als Ruhestelle.

Das generelle Wegnetz

Vor der Erschliessung eines Waldkomplexes ist unter allen Umständen ein «generelles Wegnetz» auszuarbeiten, dessen Werdegang hier kurz skizziert sei.

Wenn immer möglich, soll zunächst auf einem Kurvenplan die Linie gesucht werden. Die Beschaffung eines solchen Planes bietet oft Schwierigkeiten, weil in den meisten alten Plänen keine Höhenkurven eingezeichnet sind. Oft behilft man sich in diesem Falle mit einer Vergrösserung des entsprechenden Ausschnittes aus der Siegfriedkarte, mit Interpolation von 5 m-Kurven. Bei Verwendung einer solchen Vergrösserung müssen wir heute noch sehr vorsichtig sein, da die Kurven oft schlecht stimmen. Zur Not mag sie uns immerhin dienen.

Unsere erste Frage bei der Projektierung ist die: Ist es möglich, durch das ganze Gebiet eine Hauptstrasse (Sammelschiene) so zu ziehen, dass das übrige nicht aufgeschlossene Gebiet durch Nebenwege aufgeschlossen werden kann, und wo ist die günstigste Abzweigung von einer bereits bestehenden Hauptstrasse? — Je nach der Geländegestaltung wird diese Lösung mit vielen Varianten möglich sein.

Es kann aber auch vorkommen, dass keine Hauptstrasse nötig wird, weil das Holz in sehr verschiedenen Richtungen abgeführt werden wird. Wir bekommen so ein Netz gleichwertiger Nebenstrassen, die an geeigneten Stellen in bestehende Hauptstrassen ausserhalb des Waldes einmünden. — Somit sind die beiden Grundtypen: 1. Hauptsammelweg und 2. Nebenwege.

¹⁾ Vortrag im Z.I.A.-Kurs für Kulturtechnik und Waldstrassenbau 1944.

Einige Einzelheiten zum Planentwerfen

Zunächst die Hauptstrasse. Wir suchen im Plan alle für allfällige Wendestellen geeigneten Stellen geringerer Neigung, markieren uns alle weiteren Fixpunkte, berechnen aus Höhen-differenz und Länge das mittlere Gefälle zwischen zwei solchen Punkten und stechen mit dem für das entsprechende Gefälle geöffneten Zirkel die Linie gleichen Gefälles — Nulllinie auf dem Pauspapier über dem Plane ab und probieren so lange, bis die am günstigsten erscheinende gefunden ist.

Für die Erschliessung der Nebenwege spielt der Wegabstand eine wesentliche Rolle. Wir rechnen mit Wegabständen von 80 → 150 m. Eine Formel zur Bestimmung des günstigsten Wegabstandes gibt es heute nicht. Nachdem die Entscheidung der Wegabstände durch das höhere Forstpersonal getroffen worden ist, suchen wir die Transportgrenzen auf und projektieren wiederum mit dem Zirkel die Nebenwege, wobei natürlich auf gute Abzweigstellen von der Hauptstrasse zu achten ist. Auf diese Weise entsteht auf dem Plan ein erster Wegnetz-Entwurf. Ein zweiter und ein dritter Versuch werden uns erlauben, die Wegnetze gegeneinander zu vergleichen und so bildet sich nach und nach ein gutes «generelles Wegnetz» auf dem Plane heraus. Es sei hier betont, dass es sich immer lohnt, verschiedene Varianten auszuarbeiten. Das gute Wegnetz auf dem Plan erspart sehr viel Zeit beim Uebertragen in das Gelände.

Das Uebertragen ins Gelände

Zum Uebertragen des Wegnetzes vom Plan ins Gelände benötigen wir einen Gefällsmesser. Aus der Fülle von Gefällsmesser-Instrumenten, die im Lauf der Jahre entstanden sind, möchten wir nur zwei Typen nennen, die wirklich praktisch sind und in die Tasche jedes projektierenden und absteckenden Ingenieurs gehören. Es sind dies das Clisimeter von Coulter und das Sitometer. Das Coulter'sche Clisimeter wird seit einigen Jahren in etwelcher Variation in Biel hergestellt unter dem Namen «Meridian-Instrument». Während mit dem Normal-Clisimeter nur Gefällsverhältnisse festgelegt werden können, erlaubt das Sitometer auch noch die Horizontalwinkel, bzw. die Azimuthe zu bestimmen.

Die Anwendung des Gefällsmessers geschieht nun so: Von einem gegebenen Bodenpunkt A aus wird mit der Instrument-Höhe i_0 über Boden = A' (Augenhöhe) ein Punkt B' angezielt, der ebenfalls um i_0 über B liegt (Abb. 1). Denken wir uns nun die Gefällsmesserteilung nach aussen projiziert, so schneidet die wirkliche Ziellinie die Teilung an einer bestimmten Stelle, die den Höhenwinkel darstellt, unter der Voraussetzung, dass der Nullpunkt der Teilung der Horizontalen entspricht. Diese Nullpunktstellung wird beim Clisimeter durch die Art der Aufhängevorrichtung und das Eigengewicht des freihängenden Instrumentes erreicht, beim Sitometer durch eine kleine Libelle. Wir können also nicht nur beliebige, im Gelände gegebene Höhenwinkel bestimmen, sondern auch errechnete Winkel ins Gelände übertragen. An Stelle der Höhenwinkel wird meistens $100 \text{ tg } \alpha = p\%$ angeschrieben, sodass wir direkt die Prozente ablesen können.

Die Uebertragung ins Gelände geschieht grundsätzlich auf folgende Weise: Ein Gehilfe hält einen Jalon mit der Spitze nach oben über den Ausgangspunkt. Zur Markierung der Instrumentenhöhe i an diesem Jalon hält er einen zweiten Stab in der Höhe i quer horizontal.

Der Absteckende sucht nun, indem er sich quer zum Gelände bewegt, mit seinem Gefällsmesser, den er an seinem Jalon auf der Augenhöhe i angehängt hat, im Gelände den Punkt, der gegenüber dem Ausgangspunkt das gegebene Gefälle aufweist. Ist dieser Punkt gefunden, so wird er provisorisch markiert. Der Gehilfe wandert auf diesen Punkt und der Projektierende sucht sich den neuen Punkt. Man könnte ja die Sache umkehren und den Gehilfen vorschicken. Dies hat aber den Nachteil, dass man dem Gehilfen Zeichen geben muss, bis der Punkt gefunden ist. Man arbeitet also rascher und ruhiger, wenn man selbst vorausgeht.

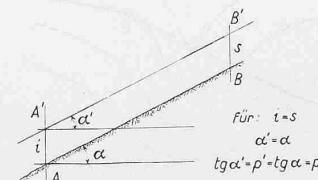


Abbildung 1

So wird das erste Tracé provisorisch festgelegt. Es wird kaum auf den ersten Anlauf so liegen, wie wir es haben möchten. Wir werden gegenüber den Fixpunkten zu hoch oder zu tief kommen. Durch Messen des Höhenunterschiedes und Schätzen der Längen können wir den \pm Zuschlag errechnen, aus $\frac{\Delta H}{L}$. Eine mehrmalige Wiederholung wird uns den gesuchten Punkt finden lassen. Es sei hierzu auf einige besondere Punkte hingewiesen:

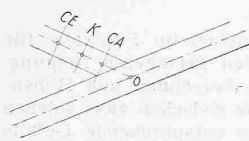


Abbildung 2

1. Die Behandlung der Abzweigungsstelle (Abb. 2 u. 3).
a) Es ist darauf zu achten, dass bis zu dem Profil, wo sich beide Wege trennen, das Gefälle für beide Wege das selbe sein muss.
b) Es ist für den Uebergang von einem Gefälle zum andern zunächst auf die halbe Ausrundungslänge im Gefälle der bestehenden Strasse zu bleiben (bis K) und erst von diesem Punkt aus mit neuem Gefälle abzustecken. Vernachlässigen wir dies, so werden wir bei der Detailprojektierung unliebsame Erscheinungen haben, besonders dann, wenn wir mit dem Grenzgefälle arbeiten müssen.

Eine kleine Rechnung mag dies zeigen.

Annahme: Best. Strasse 3% } mittleres Gefälle 6,5%
Abzw. Strasse 10% }
Ausrundungslänge 40 m. Länge bis zur Trennung der Profile = $\overline{OCA} = 10$ m.

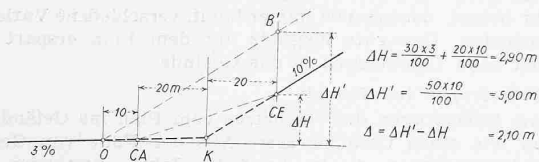


Abbildung 3

Wir werden also immer um den Betrag von 2,10 m zu hoch liegen, mit andern Worten: Wir können den «Einschnitt» von 2,10 m ohne Gefällsteigerung oder Seitenverschiebung auf die ganze Strecke nicht mehr einholen.

Die gleiche Ueberlegung gilt für jede Abzweigstelle einer Nebenstrasse unseres Wegnetzes, sowie bei der Gefällsreduktion der Wendeplatte.

Achten wir nicht auf diesen Punkt, so werden wir bei der Detailprojektierung, wie bereits gesagt, unliebsame Erfahrungen machen, die Zeit und Geld kosten.

Auf einen weiteren Punkt muss hier hingewiesen werden: Der ungeübte Abstecker übersieht sehr leicht kleine Mulden. Er schneidet diese, bekommt so allerdings einen gestreckteren Zug, auf Kosten eines Dammes. Es ist deshalb sehr wichtig, dass wir uns die kleinsten Mulden sehr genau ansehen und uns genau Rechenschaft geben über die Dammhöhe, die entsteht. — Das Problem ist ja sehr einfach zu lösen, indem der Gehilfe an die tiefste Stelle der Mulde steht, in der Richtung, in der wir schneiden wollen. Lesen wir bei der $p\%$ igen Visur den Latten-Abschnitt «l» ab, so gibt uns die Differenz $\Delta = l - i$ die Dammhöhe, die wir erhalten würden (Abb. 4).

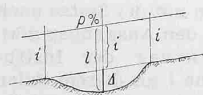


Abbildung 4

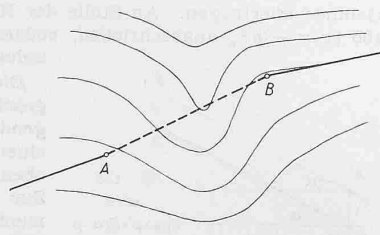


Abbildung 5

Bei der Durchschneidung eines kleinen Rückens gilt die gleiche Ueberlegung. Nur zeigt die Erfahrung, dass der Ungeübte einen «Rücken» viel eher umfährt. In der richtigen Abschätzung dieser beiden Punkte für die entsprechende Strasse unterscheidet sich der geübte Könnner vom Anfänger. Wir möchten deshalb für das Abstecken des generellen Wegnetzes den Rat geben, lieber mehr «Mulden» und «Rücken» zu umfahren, als zuviel zu strecken, denn es ist für die nachfolgende Detailabsteckung viel angenehmer, etwas zu strecken, als eine Ver-längerung machen zu müssen.

Die Ueberwindung von Hindernissen

Oft begegnen uns beim Abstecken kleinere und grössere Hindernisse, sodass wir unsere $p\%$ ige Axe nicht direkt abstecken können, so z. B. an einem Rücken, den wir durchstossen wollen. In diesem Falle machen wir am zweckmässigsten mit dem Gefällsmesser ein Nivellement über oder um den Rücken und messen die entsprechende Länge $A - B$ (Abb. 6).

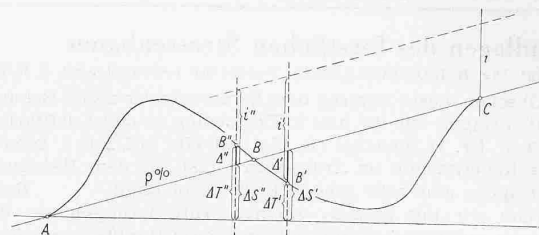


Abbildung 6

Aus Länge und Gefälle der Strasse erhalten wir den Höhenunterschied ΔS der Strassenaxe, aus dem Nivellement den des Geländes ΔT . Ist nun $\Delta S > \Delta T$, so liegt die Strasse um die Differenz $\Delta' = \Delta S - \Delta T$ höher in B'. Wir können also den Durchstosspunkt B durch Staffeln des Wertes Δ' nach dem Rücken hin ermitteln. Ist $\Delta S - \Delta T$ negativ, so müssen wir den Differenzbetrag von der Rippe wegstaffeln.

Sind die Höhenunterschiede Δ' bzw. Δ'' nicht sehr gross und wollen wir den Durchstosspunkt B nicht feststellen, so können wir vom Punkt B' bzw. B'' aus mit der Instrumentenhöhe $i' = i + \Delta'$ oder $i'' = i - \Delta''$ den Punkt C aufsuchen. Sind nur kleinere Hindernisse, wie dichter Jungwuchs oder Bäume im Weg, so hält man zweckmässig einen Jalon quer, an Stelle eines kurzen Stabes.

Wenn wir nun auf die eben besprochene Weise einen Linienzug abgesteckt haben, messen wir die Längen, machen uns Bemerkungen über gewisse Geländebesonderheiten, wie Fels, Nässe, Steigung, Tobel usw. und verpflocken diese Nulllinie.

So muss Nulllinie um Nulllinie abgesteckt werden, bis schliesslich das ganze Wegnetz im Gelände verpflockt ist. So einfach diese Arbeit auf dem Papier und im Hörsaal aussieht, so schwierig wird sie bei der praktischen Ausführung. Es braucht erfahrungsgemäss viel Uebung, verbunden mit weitgehendem Verständnis für die Bedürfnisse der Forstwirtschaft, bis man ein wirklich brauchbares Wegnetz abstecken kann. Unseres Erachtens sollte daher das generelle Wegnetz nur vom obren Forstpersonal entworfen werden.

Detailabsteckung und Projektierung

Wenn das ganze generelle Wegnetz im Gelände eindeutig festgelegt ist, kann mit der Detail-Absteckung begonnen werden. Mit Recht ist es im Waldstrassenbau Vorschrift, dass die zur Subvention eingereichten Projekte im Gelände abgesteckt sein müssen. Der Forstmann macht daher seine Detailprojekte nicht auf dem Plan, sondern er steckt das ganze Tracé im Gelände ab und misst sich auch alle erforderlichen Masse an Ort und Stelle ein. Kleinere notwendige Verschiebungen, die sich im Verlauf der Projektierung ergeben, werden im aufgezeichneten Plane festgelegt und vor dem Bau ins Gelände übertragen. Wir halten dieses Vorgehen für unbedingt richtig, denn im Waldstrassenbau kommt es oftmals auf so kleine Geländeänderungen an, die wir im Plan gar nicht sehen, auch wenn dieser sehr sorgfältig gemacht worden ist. Zudem ist zu sagen, dass die Herstellung eines zuverlässigen Kurvenplanes so viel, oder mehr Zeit in Anspruch nimmt, wie die Absteckung selber.

Und nun die wichtigsten Daten des Arbeitsvorganges: Als erste und wichtigste Arbeit ist das «Strecken» der Nulllinie anzusprechen. Wir verstehen unter Strecken der Nulllinie das Abschneiden einzelner Ecken, sodass die Strassenaxe weniger Kurven aufweist, als die Nulllinie ergeben hätte. Je wichtiger die Strasse ist, umso mehr Ecken werden wir abschneiden können. Wir betonen aber auch hier: Im Zweifelsfalle lieber eine Kurve mit vernünftigen Radius mehr, als zu hohe Dämme, Einschnitte oder Kunstbauten. Beim Strecken sei auf folgende drei Punkte hauptsächlich hingewiesen:

1. Es hat so zu erfolgen, dass sich die dadurch anfallende Mehr- oder Minder-Masse auf möglichst kurze Transportstrecken ausgleicht.

2. Der notwendig werdende Massen-Transport soll tunlichst talwärts erfolgen können.

3. Die Länge von einer Ecke (Tangentenpunkt) zur andern muss bei Gegenkurven mindestens $28 \div 30$ m betragen.

So selbstverständlich die Forderungen 1 und 2 sind, so machen wir doch immer wieder die Beobachtung, dass viele Projektverfasser hieran scheitern. Sie verlieren den Ueberblick und machen dann beim Aufzeichnen und Berechnen die unliebsamsten Erfahrungen. Unseres Erachtens steht und fällt das gute, bzw. schlechte Wegprojekt mit dem richtigen Strecken der Nulllinie. Es ist deshalb die wichtigste Arbeit für das Detailprojekt, die niemals durch einen Anfänger oder eine Hilfskraft gemacht werden darf.

Absteckung der Axe

Zunächst werden die Ecken durch Kurven ausgerundet und nachher in die geraden Stücke noch die durch das Gelände bedingten Profilpunkte eingeschaltet. Im allgemeinen legen wir die Profile eng, d. h., unsere Profilabstände gehen selten über 15 m, der Durchschnitt dürfte bei $8 \div 10$ m liegen. Es ist klar, dass wir überall bei Erhebungen und Senkungen Profile haben müssen, da sonst die Massenberechnung schlecht wird.

Ueber die Absteckung der Kurven möchte ich hier nicht viele Worte verlieren. Es gibt ja darüber viele Bücher und Tabellen. Ich muss gestehen, dass ich bis heute nur die «Zwicky-Tabelle» oder den Rechenschieber praktisch verwendet habe. Die Zwicky-Tabelle, die wir seinerzeit rechneten, gibt uns auf 16 kleinen Seiten alle notwendigen Daten für jede Absteckung. Sie liegt immer im Feldbüchlein, also jederzeit gebrauchsbereit. Wer sich dafür näher interessiert, kann in der Forstzeitschrift vom April 1942 nachlesen.

Wenn ich vorhin noch den Rechenschieber erwähnt habe, so deshalb, weil auch er uns rasch, innerhalb gewisser Genauigkeiten, gute Ergebnisse liefert, mit den Näherungsformeln

$$y \cong \frac{x^2}{2r} \cong \frac{s^2}{2r} \cong \frac{\Delta b^2}{2r}$$

Da wir ja die Längen in den meisten Fällen auf Dezimeter messen und die Azimuthe häufig mit der Bussole, so gibt der Rechenschieber immer genügend genaue Resultate. Besonders für die Berechnung von Kurvenzwischenpunkten bei gegebenen Radien leistet er gute Kontrolldienste.

Es muss hier noch auf einige Punkte bei der Kurvenabsteckung hingewiesen werden. Es betrifft dies die Wahl der Tangentenlängen bzw. der Scheitelabstände jeder einzelnen Kurve.

Wir rechnen im allgemeinen mit Tangentenlängen von 10 m und mehr. Dabei runden wir die Länge so ab, dass wir für den Radius ein rundes Mass bekommen. Je länger nun aber die Tangente wird, umso grösser wird der Scheitelabstand, d. h. umso mehr weicht unsere Strassenaxe vom Gelände ab, an dieser Stelle. Wir müssen daher nicht nur die Tangentenlänge für sich, sondern zugleich auch den zugehörigen Scheitelabstand betrachten. Dabei wird sich herausstellen, dass, je steiler das Quergefälle des Geländes ist, umso ausschlaggebender der Scheitelabstand sein wird, und umgekehrt (Abb. 7).

Weiter müssen wir beachten, dass zwischen zwei Gegenkurven ein gerades Stück von mindestens $8 \div 10$ m liegen muss. In engen Tobeln macht uns diese Bedingung oftmals grosse Schwierigkeiten, weil schon ein Radius von 20 m grosse Tangentenlängen ergibt. Hier bleibt uns dann nichts anderes übrig, als das gerade Stück zu verkürzen, nötigenfalls sogar den Radius kleiner zu machen als 20 m. Im Uebrigen ist noch darauf zu achten, dass nicht grosse Radien unmittelbar auf kleine folgen, wenn das Gelände dies nicht unbedingt erfordert. Man kann namentlich in flacherem Gelände durch eine gewisse Angleichung des Radius schöne flüssige Strassenaxen erhalten, ohne wesentliche Aenderung der Massen.

Stationierungstabelle

Hand in Hand mit der Absteckung hat das Aufnotieren der gemessenen Daten zu erfolgen. Wir geben deshalb hier ein Schema, das uns bis heute sehr gute Dienste geleistet hat, weil es uns erstens sofort anzeigt, ob eine Längenmessung vergessen oder nicht richtig gemacht wurde und zweitens, weil eine andere Person an Hand dieser Tabelle das Auftragen mühelos besorgen kann (Abb. 8).

Stationierungstabelle

Nr.	Längen		Kurven-Elemente		Seiten-Längen	Höhe	Bemerkungen
	L	ΔL	β γ r	t a b	$s = t' + t''$ $+ [g]$	T	
21 = E_3	194,2					429,42	
22 = A_4	209,3	15,1				30,22	$T_4 - T_5 = 43,5$ m
23 = M_4	220,3	11,0	228,07	11,20		31,08	
24 = E_4	231,3	11,0	28,07	1,25	11,20	32,40	
25 = A_5	246,8	15,5	50,0	22,00	16,90	33,55	
26 = I_4	255,2	8,4	183,95	16,90	15,50	34,32	
27 = M_5	263,5	8,3	16,05	1,07	43,60	35,58	
			133 $\frac{1}{3}$	33,50			

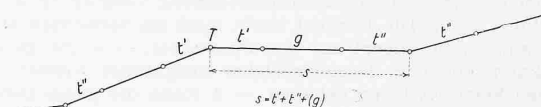


Abbildung 8

Das Längenprofil

Nach verpflockter Axe und eingemessenen Axdistenzen wird es sich nun darum handeln, die Höhenlage der einzelnen Punkte festzulegen, um so das Längenprofil aufzeichnen zu können. Das Nivellement der Bodenpfähle hat auf cm zu erfolgen und ist in irgend einer Weise (Doppelnivellement) zu kontrollieren, weil sich Höhenfehler hier stärker bemerkbar machen, als z. B. kleine Längenfehler. 1 m Höhenfehler zieht eine ganze Strecke der Strasse in Mitleidenschaft, während 1 m Längenfehler bei 10 % nur 10 cm Höhenfehler ergibt.

An Hand des aufgezeichneten Geländelängenprofils hat der Projektierende nun die Aufgabe, die Strassenaxe in dieses Profil hineinzulegen. — Diese Projektaxe muss nun so liegen, dass

1. die Massen tunlichst abwärts transportiert werden können,
2. Einschnitt- und Damm-Massen (-Flächen) sich ungefähr aufheben. Ist unser Normalprofil mit Graben versehen, so dürfen wir im allgemeinen die Gradienten etwas höher legen. D. h. die Dammflächen dürfen etwas grösser sein als die Einschnittflächen. Wir erhalten nämlich durch die Grabenbreite von $90 \div 100$ cm einen Massenzusatz, der im Damm oft nicht ganz aufgebraucht wird.

Bei diesem Einlegen der Strassenaxe gehen wir so vor, dass wir mit einem schwarzen Nähfaden und Stecknadeln so lange probieren, bis uns eine Lösung passt. Wir bekommen auf diese Weise zunächst im Längenprofil ein Polygon; dieses wird sich umso besser den Geländepunkten anschmiegen, je besser unsere Absteckung im Felde war. Für ganz untergeordnete Wege bleibt diese Axe mit ihren Knickpunkten K zugleich Wegaxe, die nur noch durch die Berechnung der Höhenunterschiede von Profil zu Profil $\Delta L p \%$ zu ergänzen ist, damit die innere Genauigkeit zwischen den Höhen der Geländepunkte und derjenigen der Strassenaxe die gleiche ist. Beim Bau werden in diesem Falle die Knickkanten beim Gefällswechsel von Auge abgerundet.

Handelt es sich dagegen um richtige Fahrstrassen, so sind die Gefällsbrüche durch Ausrundungskurven zu ersetzen. Es sei hierfür ein Verfahren gezeigt, das in sehr einfacher Weise, aber mathematisch richtig, erlaubt, die Ausrundung mit jeder beliebigen Genauigkeit zu berechnen. Es

ist dies die Ausrundung mit Hilfe der Vertikalparabel (Abb. 9).

Rechnung:

1. $\delta = \frac{v_n - v_0}{l}$ = Neigungsänderung pro 1 m Horizontaldistanz.
2. $\Delta v_1 = \delta \Delta L_1$ = Neigungsänderung pro ΔL_1 m.
3. $v_1 = v_0 + \Delta v_1$ = Neigung im Punkt 1.
4. $\sigma_{0,1} = \frac{v_0 + v_1}{2}$ = mittlere Steigung in % auf der Strecke ΔL_1 .

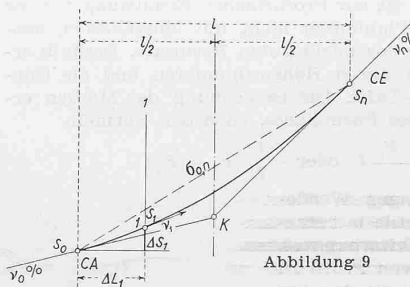


Abbildung 9

5. $\Delta S_1 = \Delta L_1 \sigma_{0,1} = \Delta L_1 \left(\frac{v_0 + v_1}{2} \right) =$ Steigung in Metern auf der Strecke ΔL_1 .

6. $S_1 = S_0 + \Delta S_1 =$ Punkthöhe in l u. s. f.

7. $\varrho_0 = \frac{1}{\delta} = \text{min. Krümmungsradius.}$

$\varrho_i = \varrho_0 \left(1 + \frac{3}{2} v^2 + \dots \right)$ Krümmungsradius in P_i (bis zu 20 % vergrößert sich der Krümmungsradius von $0 \div 6 \%$).

Kontrollen:

$$\Sigma \Delta v_i = v_n - v_0$$

$$\Sigma \Delta S_i = S_n - S_0 = \frac{v_0 + v_n}{2} l$$

Diese Lösung ergibt folgende Vorzüge: 1. Die Höhe eines Punktes errechnet sich aus der vorhergehenden, analog wie bei gleichem Gefälle. Wenn also die Rechnungsproben stimmen, dann ist die ganze Längenprofilberechnung vollständig durchkontrolliert. — 2. Die Parabel bleibt auch im verzerrten Massstab bestehen, sie ändert nur den Parameter. — 3. Die Berechnung kann mit dem Rechenschieber ausgeführt werden. Wir brauchen keine weiteren Tabellen. — 4. Kann die ganze Berechnung für andere Zwecke vorteilhaft verwendet werden. Es sei erinnert z. B. an Standseilbahnen, Luftseilbahnen u. dgl.

Nach diesem kurzen Abstecher möchten wir noch einige Punkte betonen:

1. *Lage der Ausrundungskurve.* Wo immer möglich, soll der Gefällsübergang in eine Strassenkurve gelegt werden. Dadurch fällt er viel weniger auf.

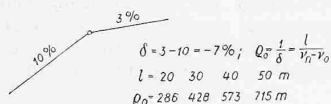


Abbildung 10

2. *Länge der Ausrundungskurve.* Es ist klar, dass wir auf unseren Waldstrassen keine Rekordgeschwindigkeiten brauchen. Deshalb kann der Bogenradius verhältnismässig klein gehalten werden. An

Stelle der 1600 ÷ 2000 m, wie sie beim Normal-Strassenbau oft gefordert werden, genügen uns, in vielen Fällen, Radien von 200 ÷ 600 m. Damit bekommen wir durchschnittliche Ausrundungslängen von 20 ÷ 40 m.

Da die Berechnung sehr einfach ist, können wir überall da, wo das Gelände es gestattet, ohne weiteres grössere Ausrundungslängen wählen und dadurch eine schlankere Linienführung erhalten.

Massenberechnungen und Transportdistanzen

Zur Bestimmung der Massen benötigen wir die Aufnahmen der Querprofile. Im Waldstrassenbau werden diese Querprofile in weitaus den meisten Fällen durch Staffelmessung mit Setzlatten aufgenommen. Nivellierte Querprofile gehören zu den Ausnahmen, weil im Walde die Aufnahmen durch Bäume stark behindert werden. Die aufgenommenen Querprofile werden am zweckmässigsten auf 5 mm- oder mm-Papier aufgetragen, im Massstab 1:100.

Da wir für die Massenberechnung die Flächen der Querprofile brauchen, so müssen wir diese auf irgend eine Art ermitteln. Weil wir im grossen und ganzen verhältnismässig kleine, schmale Flächen haben, ist zur Profilflächen-Ermittlung für die Massenberechnung das Planimeter nicht nur unständlich, sondern es gibt auch keine besonders guten Resultate. Deshalb ermitteln wir die Flächen durch Höhengummieren und als Kontrolle mit der Hyperbel-Tafel. Die Berechnung der Massen erfolgt dann an Hand eines Formulares, nach den Formeln

$$V = \frac{F_1 + F_2}{2} l \quad \text{oder} \quad \frac{l}{2} (F_1 + F_2)$$

Oft haben wir in engen Wendepunkten auch grosse Profile mit starker Exzentrizität des Schwerpunktes. Der Schwerpunktsweg von Profil zu Profil ist daher grösser als der Axweg der Strasse. Man sollte daher diese Verlängerung näherungsweise berechnen und mit ihr die entsprechende Massenvermehrung. Ein einfacher Weg ist folgender (Abb. 11):

$$e = \frac{e_1 + e_2}{2}; \quad l^* \sim l$$

$$R_e = R_0 + \frac{e_1 + e_2}{2}$$

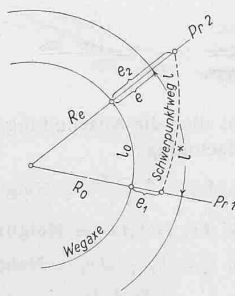


Abbildung 11

$$\frac{l^*}{l_0} = \frac{R_e}{R_0} = \frac{R_0 + \frac{e_1 + e_2}{2}}{R_0} = 1 + \frac{e_1 + e_2}{2 R_0}$$

$$l^* = l_0 \left(1 + \frac{e_1 + e_2}{2 R_0} \right) = l_0 + \Delta l$$

$$V^* = \frac{F_1 + F_2}{2} (l_0 + \Delta l) = l_0 \frac{F_1 + F_2}{2} + \Delta l \frac{F_1 + F_2}{2}$$

$$V^* = \frac{F_1 + F_2}{2} l_0 + \Delta V$$

Der Zuschlag ΔV macht oft verschiedene % des Volumens aus, um die in erster Linie der Unternehmer zu kurz kommt.

Nach Berechnung der Massen werden wir uns Rechenschaft geben müssen über die Transportweiten, die die nicht im Profil zu verwendenden Massen betreffen. Es gibt ja auch hier verschiedene Wege, die zum Ziel führen. Wir möchten hier nur eine Möglichkeit betonen, die uns von allen Arten am zweckmässigsten erscheint, nämlich die Bestimmung der Transportweiten mit Hilfe des Massenprofils bzw. der Massenlinie. Diese entsteht auf folgende Weise: Zunächst addieren wir vom ersten Profil ausgehend alle überschüssigen Massen von Profil zu Profil und tragen die summierte Masse in die einzelnen Profile in einem gutgewählten Massstab auf. Verbinden wir die so erhaltenen Punkte durch eine sich gut anpassende Linie, so stellt diese Linie die Massenlinie dar. Aus dem Verlauf dieser Linie können wir mit einem Blick eine Reihe von Daten herauslesen, die uns interessieren (Abb. 12).

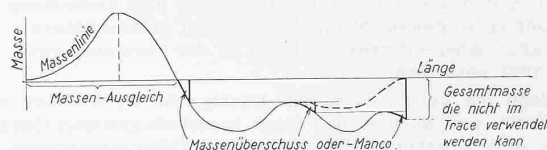


Abbildung 12

1. Einmal erkennen wir, zwischen welchen Strecken die Massen sich ausgleichen.

2. Wieviel Masse im ganzen übrig bleibt, oder zu wenig ist.

3. Ersehen wir daraus, an welcher Stelle mit einer Aenderung der Strassenaxe zweckmässig begonnen werden kann, wenn diese überhaupt möglich ist.

4. Durch Einzeichnen von zur Grundlinie parallelen Geraden durch die unteren bzw. oberen Kulminationen können wir alle die Abschnitte ohne Mühe herauslesen, die in sich selber einen Massenausgleich haben.

5. Sehen wir sofort, auf welcher Strecke sich Masse anhäuft, bzw. ein Massen-Manko entstanden ist.

Um nun die Transportlängen ermitteln zu können, gehen wir so vor: Jede zur Grundlinie parallel gezogene Gerade stellt eine Länge dar. Das

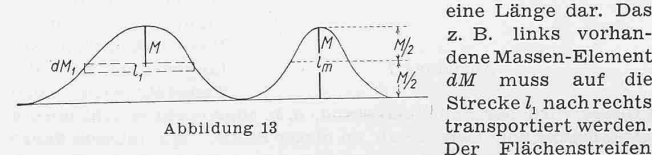


Abbildung 13

z. B. links vorhandene Massen-Element dM muss auf die Strecke l , nach rechts transportiert werden. Der Flächenstreifen

ist somit das Produkt $dM \cdot l$. Wiederholen wir das für das zweite Massen-Element dM und l_2 , so haben wir für den Flächenstreifen $2 dM_2 l_2$ oder in der Summe (Abb. 13)

$$\Sigma dM_1 l_1 = F = M l_m; \quad l_m = \frac{F}{M}$$

Genau besehen bekommen wir also die Transportlänge für die Masse M aus dem Quotienten Fläche oberhalb der gewählten Grundlinie, dividiert durch die Masse.

Denken wir uns nun aber den Verlauf der Massenlinie zwischen zwei Parallelen zur Grundlinie geradlinig, so stellt die Fläche ein Trapez dar mit den beiden parallelen Seiten l_u und l_o . Es wird dann

$$l_m = \frac{F}{M} = \frac{l_u + l_o}{2} \frac{M}{M} = \frac{l_u + l_o}{2}$$

d. h. bei gerade gedachter Verbindung stellt die in halber Höhe

$= \frac{M}{2}$ gezogene Parallele die mittlere Transportweite für die

Masse M dar. Wir können also sagen: Näherungsweise erhalten wir immer durch die in halber Höhe von M gezogene Parallele zur Grundlinie die mittlere Transportweite zu M , die für die Kostenberechnung des Transportzuschlages hinreichend genau ist, da ja die Grundlagen für diese Zuschlagberechnung noch von vielen anderen Faktoren abhängen. Erfolgt andererseits die Zuschlagberechnung nach Grenzlängen, etwa $0 - 50:50 - 100$ m usw., so gibt das Massenprofil, wie wir gesehen haben, die rich-

tigen Werte. Dieses Verfahren ist ausserordentlich einfach und praktisch, vorausgesetzt, man habe sich einmal richtig damit abgegeben.

Im weitem haben wir zu diesem Abschnitt nur noch zu erwähnen, dass es sich im Waldstrassenbau immer lohnt, dem Massenausgleich auf möglichst kurze Strecken die volle Aufmerksamkeit zu schenken, wobei auf die Zusammendrückbarkeit der obersten Bodenschichten besonderes Augenmerk gerichtet werden muss. Mansichert sich am besten dadurch, dass man alle Dammprofile um das Sackmass von 10 bis 20 % grösser berechnet.

Zum Schluss seien noch einige allgemeine Daten besprochen:

1. Das Normalprofil (Abb. 14)

a) Die Strassenbreite. Die grosse Verschiedenheit der Bodengestaltung erlaubt uns nicht, für die einzelnen Wegkategorien in der ganzen Schweiz einheitliche Normalbreiten vorzuschreiben. Wenn wir hier einige Masse angeben, so sind diese als mittlere Breiten aufzufassen

für Schlitt- und Schleifwege	1,80 ÷ 2,50 m
für Neben-Fahrwege	2,40 ÷ 3,40 m
für Hauptwege	3,60 ÷ 4,60 m

Führen wir die Strasse mit Steinbett aus, so rechnen wir mit einer Minimalbankettbreite von 0,30 m.

Je schmaler die Strasse, umso mehr Ausweichstellen sind notwendig. Der Projektierende muss jede Möglichkeit einer Ausweichstelle ausnützen, selbst bei breiter Strasse, können doch solche Stellen noch als Lagerplatz verwendet werden.

b) Steinbett oder Rollierung. Für wichtige Fahrstrassen müssen wir immer ein gutes Steinbett von etwa 25 cm vorsehen. Bei sehr gutem Baugrund kann oftmals an Stelle des Steinbetts eine Rollierung mit Bollensteinen treten. Auch eine Kombination im Profil, Ränder: Steinbett, Mitte: Bollensteine, ergibt bei gutem Baugrund eine rechte Fahrbahn.

c) Bekiesung 5 ÷ 7 cm in zwei Malen, grob bis fein.

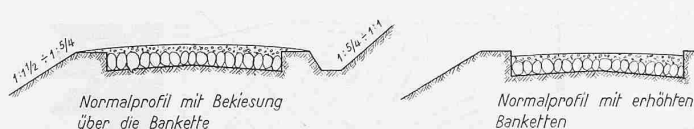


Abb. 14. Normalprofile für Waldstrassen

d) Böschungen. So wünschenswert es wäre, Dammböschungen 1 : 1 1/2 und Einschnitte 1 : 3/4 = 4 : 5 anzulegen, können wir im steileren Gelände diese Neigungen nicht einhalten. Wir verwenden daher oft die Neigungen im Damm 1 : 3/4 = 4 : 5 und im Einschnitt 1 : 1. Vom Standpunkt der Stabilität aus könnte man ja die Einschnitte oben steiler und unten flacher machen. Auf jeden Fall ist aber darauf zu achten, dass dies nicht umgekehrt gemacht wird.

e) Oberflächenentwässerung. Seitengräben 90 cm ÷ 1,00 m, mit 25 ÷ 30 cm Tiefe und einfussigen Böschungen. Wo zweckmässige Steine vorhanden sind, tritt an Stelle des Grabens die 30 bis 40 cm breite Schale. Durchlässe in Abständen von 50 ÷ 70 m, je steiler, je näher. Durchmesser 30 cm, keine kleineren, in weniger gutem Baugrund auf Langhölzer verlegt.

f) Nasser Boden. Im Walde trifft man verhältnismässig häufig kleinere nasse Flächen, die nicht umgangen werden können. Man sieht sich daher genötigt, diese Stellen zu entwässern. In den meisten Fällen beschränken wir uns nur auf die Entwässerung der nächsten Umgebung des Tracé, indem wir z. B. Holzkännel- oder Faschinenbündel-Drainagen, seltener auch Sickerrohr-Drainagen (grosse Tiefen nötig, wegen des Einwachsens der Baumwurzeln!), ausführen. Bei der Anlage einer solchen Entwässerung müssen wir uns in erster Linie klar sein, welches die Ursachen der Nässe sind. Quellaufstösse sind immer direkt zu fassen. Hangwasser auf undurchlässiger Schicht wird abgefangen, längs des Hanges gefasst und zwar möglichst an der Stelle, wo die Grabentiefen

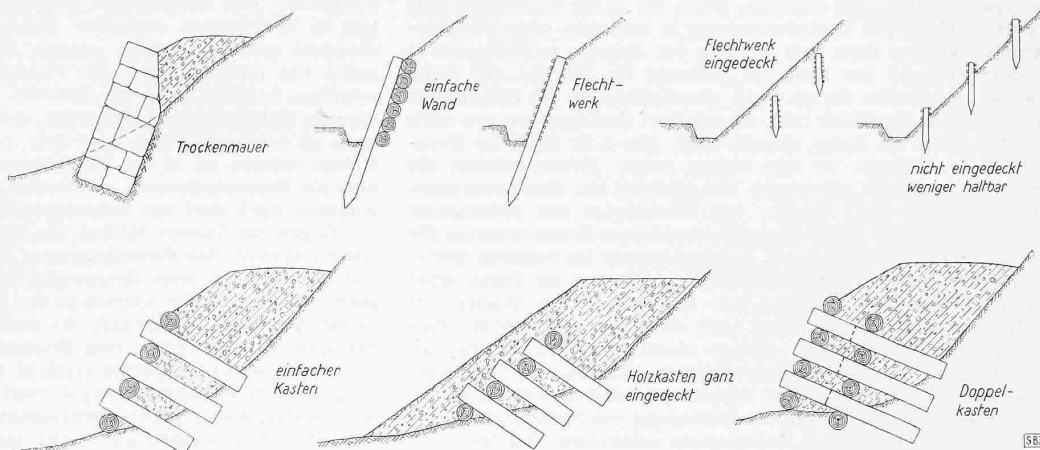


Abb. 15. Verschiedene Stützkonstruktionen im Waldstrassenbau

am kleinsten werden. In Steilhängen müssen die Querstränge steiler angelegt werden, als im flachem Gelände, weil sonst Rutschgefahr entsteht.

Wenn wir der Ueberzeugung sind, dass es genügt, das Wasser in der Böschung selbst aufzufangen, so verwenden wir hier alle die Möglichkeiten, wie sie im gewöhnlichen Strassenbau auch vorkommen. Hauptsächlich Steinpackungen leisten hier vorzügliche Dienste. — Wenn wir dazu noch unterhalb des oberen Strassengrabens eine Sickerung in etwa 1 m Tiefe anbringen, erhalten wir eine vorzügliche Wirkung.

Um die Fahrbahn in einem nassen Stück ruhig zu halten, legen wir sie auf einen Prügelrost, indem wir zunächst etwa 60 ÷ 80 cm ausheben, dann Prügel von 8 ÷ 10 cm Ø dicht querlegen, darüber normales Erdmaterial schütten und erst darauf unser Steinbett mit der Bekiesung bringen. Eine so gebaute Fahrbahn trägt die schwersten Lasten, wie es sich im Lehr-Revier der E. T. H. erwiesen hat.

g) Kunstbauten (Stütz- und Futtermauern). In sehr steilem Gelände kommen wir oft mit dem besten Willen nicht darum herum, Stütz- und Futtermauern zu bauen. In diesem Falle verwendet der Forstmann vorzugsweise zwei Typen, nämlich die Trockenmauer mit 1/3 ÷ 1/5 Anzug oder die «Holzmauer».

Die Trockenmauer hat in der Regel etwa 3 : 1 Anzug und eine minimale Kronenbreite von 0,60 m. Ihre gute Herstellung ist eine Kunst für sich. Sie erfordert vom Arbeiter eine besondere Begabung. Die «Mauer» aus Holz wird entweder als einfache Wand, als Kasten oder als Doppelkasten ausgeführt (Abb. 15).

Der Doppelkasten hat gegenüber dem einfachen Kasten den Vorteil, dass nur der im Wechsel von Luft und Feuchtigkeit liegende Teil (äusserer Kasten) mit der Zeit verfault, der innere Kasten dagegen ständig intakt bleibt. Zweckmässig ist es auch, den einfachen Kasten ganz einzudecken, dann bleibt auch er unbegrenzt haltbar.

Während z. B. eine Trockenmauer nur da gebaut werden darf, wo sich ein sicheres Fundament bietet, ist Holz überall da zu verwenden, wo der Untergrund unruhig ist, also besonders im Flyschgebiet. Dort werden denn auch oft ganze Tannen mit ihren Aesten längs und quer verlegt, um die Last zu verteilen und ein gutes Zusammenhalten zu sichern.

Sind Grossakkumulierwerke notwendig?

Ueber diese aktuelle Frage bringt die «Techn. Rundschau» (Bern) 1944 in Nr. 20 und Nr. 30 eine Diskussion zwischen Dipl. Ing. A. Meiler (Zürich) und Prof. Dr. B. Bauer E. T. H., der wir zusammenfassend folgende Gedankengänge entnehmen.

Dipl. Ing. Meiler verlangt, dass mit Rücksicht auf den Widerstand der Bevölkerung von Rheinwald gegen die Unterwasser-Setzung ihres Bodens die Frage der Energieversorgung als Ganzes, hinsichtlich Produktion und Konsum, und losgelöst vom Eigeninteresse der Elektrizitätsproduzenten!) untersucht werde. Da der Wärmebedarf allein die Ursache des Strommangels bildet, liege es nahe, die Energie nicht in Form von Wasser, sondern von Wärme zu speichern; so könnten Elektrokessel für Sommerbetrieb bzw. die damit mögliche Kohlenersparnis ein

!) Unsere Energieproduzenten wahren keine «Eigeninteressen», sondern erstreben die Sicherung unserer Landesversorgung! Red.