

# Böschungsstabilisierungen mit ingenieurbiologischen Methoden: ein Baustellenbericht

Autor(en): **Zeh, Helgard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **97 (1979)**

Heft 47

PDF erstellt am: **19.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85584>

## **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 Ausdrucke 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.

# Böschungsstabilisierungen mit ingenieurbiologischen Methoden

## Ein Baustellenbericht

Von Helgard Zeh, Ostermundigen

«Vom Bauen mit der Natur» lautete die Überschrift zu einem Tagungsbericht über Ingenieurbiologie der vor gut zwei Jahren in dieser Zeitschrift erschienen ist (Schweiz. Bauzeitung, Heft 13, 1977). An der Tagung empfahl damals das *Bundesamt für Forstwesen*, Abteilung *Natur- und Heimatschutz*, mit den ingenieurbiologischen Bauweisen Erfahrung zu gewinnen, sie untereinander auszutauschen und darüber zu informieren.

Inzwischen haben sich interessierte Kreise eingehend mit der Ingenieurbiologie befasst. Exkursionen nach Österreich und Seminare überall in der Schweiz sorgen für die Verbreitung des fundierten Fachwissens. Dabei mag mancher verwundert auf die vorhandenen Beispiele im eigenen Land gestossen sein. So werden im *Forststrassenbau* oft Holzkästen erstellt, leider nur in der unbelebten Variante aus Hölzern und Steinen. Vielleicht wird gelegentlich die Anregung aufgenommen, in die Holzkästen lebendes Astwerk einzubauen. Damit würde die Baute über das Alter des vermorschenden Holzes weiterleben und ihre Stützfunktion erfüllen.

Wertvolle Traditionen haben sich im *Flussbau* erhalten. Wenn auch heute nicht mehr die lebenden Packwerkbauten aus Weiden von 1885 gebaut werden, wie sie auf den alten Emme-Plänen (s. Lit.) zu finden sind, so ist doch in den Schwellengemeinden an der Emme selbstverständlich, dass Weiden den besten Uferschutz bilden. Sämtliche Anlieger sind noch heute zur Verjüngung der Uferweidenbestände verpflichtet, um die elastische Schutzwirkung zu erhalten. Beim «Ihiken» werden die Weiden etwa 1 m über dem Boden so abgehauen, dass sie noch mit einem Teil Rinde und Holz am Stamm hängenbleiben. Die geschlagenen Büsche werden in die Fliessrichtung des Flusses umgelegt, verringern bei Hochwasser durch Turbulenzen die Fliessgeschwindigkeit am Ufer und schützen damit die Uferverbauung.

Die stehengebliebenen Stammteile der Weiden schlagen wieder aus und wachsen zu einem neuen Ufer-Weiden-Schutz heran. – Man ist heute von der Sicherung durch Weiden an vielen Orten noch so überzeugt, dass man sie auch in die modernen Blocksätze einbaut. Oberhalb der Blöcke werden zu-

sätzlich Weiden gepflanzt. Die Weidenbüsche legen sich bei Hochwasser elastisch in die Fliessrichtung.

Die beiden Beispiele zeigen, dass die Ingenieurbiologie gar nichts Neues ist. Sie wird nur wieder neu entdeckt. Wir müssen sie aber auch laufend weiter entwickeln, weil wir andere Bauabläufe haben und inzwischen viel mehr Erkenntnisse über die technischen und ökologischen Wirkungsweisen einbeziehen müssen. Hier fehlt es noch an einer praxisbezogenen, die Ausführung kritisch begleitenden Forschung und Entwicklung, eine Aufgabe der ETH, der HTLs und der Eidgenössischen Forschungsanstalten.

Mit den nachfolgenden Beispielen aus meiner Praxis möchte ich allen, die in der Landschaft irgendwie verändernd wirken, Mut machen, die Verbreitung der ingenieurbiologischen Bauweisen zu fördern.

Mittlerweile wurden im *Bundesgesetz über die Raumplanung* vom 22.6.79 alle mit Planungsaufgaben betrauten Behörden verpflichtet, die Landschaft zu schonen und insbesondere Siedlungen, Bauten und Anlagen in die Landschaft einzuordnen.

### Methodik nach Schiechtl

Die Beispiele sind nach der bewährten Systematik von Schiechtl den fünf Me-

thodengruppierungen zugeordnet. Sie werden jeweils im Grundsatz kurz erläutert, um einen systematischen Überblick zu vermitteln (Bild 1, 6, 11, 17, 20).

### Stabilbauweisen

Die «Stabilbauweisen» werden vorwiegend mit ausschlagfähigen Gehölzteilen erbaut, die man mit bewurzelten Pflanzen ergänzen kann. Sie dienen der tiefgründigen Bodenbefestigung und Konsolidierung von Lockermassen im durchwurzelbaren Bereich. Die eingebauten Äste oder Steckhölzer bewurzeln sich rasch, treiben aus und bilden in wenigen Jahren ein dichtes Gebüsch (Bild 1).

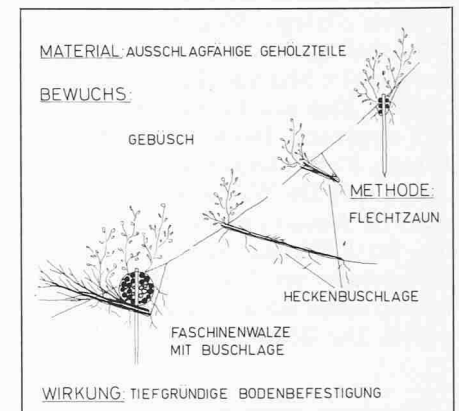


Bild 1. Stabilbauweisen

### Beispiel: Heckenbuschlagenbau Salzweid an der N1

Die wirkungsvollste Stabilbauweise ist der *Buschlagenbau* oder, kombiniert mit bewurzelten Pflanzen, der *Heckenbuschlagenbau*. Bei einer grossen Dammschüttung an der N1 im Kanton Bern wurde er in den letzten drei Jahren angewendet. Um das *Teuftal in Frauenkappelen* zu überwinden, musste

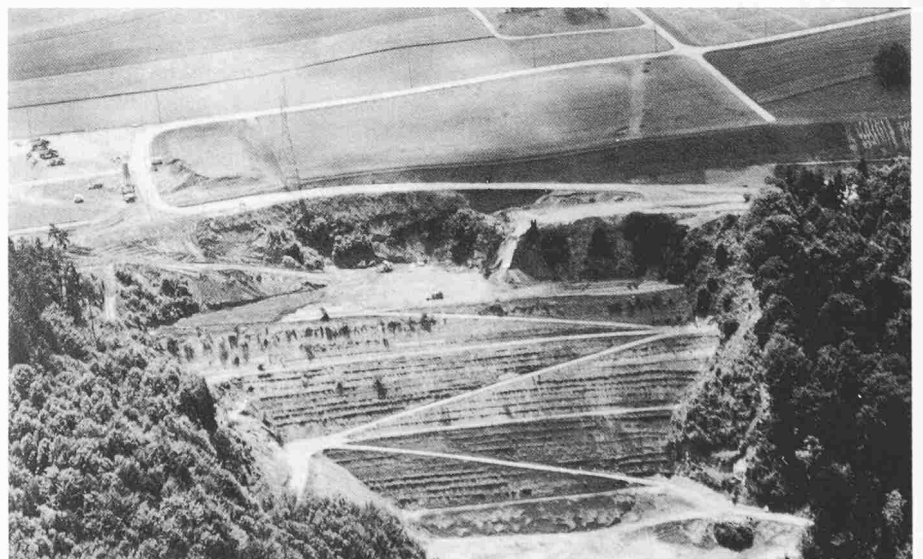


Bild 2. Salzweid N1. Beim Bau der N1 von Bern nach Murten wurde die 90 m hohe Schüttung in der Salzweid an der Oberfläche mit Heckenbuschlagen verbaut. (Photo: O. Lang)

kurz vor dem Teuftal-Viadukt noch ein 90 m hoher Erddamm mit einer Neigung von 2:3 geschüttet werden. Unter der Leitung des *Kantonales Autobahn-amtes Bern* wurde in der Schweiz einer der mächtigsten Erddämme errichtet (Bild 2). Wir wollen uns hier nur für die Oberflächenstabilisierung des 50 m hohen statischen Dammes interessieren.

Das Schüttmaterial bestand im allgemeinen aus tonig-siltigen Sanden auf Molasse aus den umliegenden Einschnitten der Autobahn. Es wurde lagenweise eingebracht und verdichtet. Nach etwa drei Lagen von je 50 cm Mächtigkeit wurde an der vorderen Kante über die ganze Böschungsbreite (etwa 170 m) eine Lage Weiden und bewurzelte Gehölze ausgelegt. Es wurde im Mai 1977 begonnen und im Juli 1979 die 33ste Reihe, insgesamt also 50 000 Weiden verlegt. Wegen der grossen Niederschläge konnte in den drei Jahren nur von Mai bis Oktober geschüttet werden. Das war für den Buschlagenbau ungünstig. Denn die Weiden dürfen nur im Winterruhezustand verwendet werden. Die Weiden wurden also jeweils im Januar und Februar geschnitten, im Kühlhaus einer nahen Forstbaumschule bei 5 °C eingelagert und für den reihenweisen Einbau wieder abgeholt. Die Büsche waren 1,60–1,80 m



Bild 5. Salzweid N1. Nach drei Jahren Böschungsaufbau ist bereits auch die gesamte Oberfläche mit Heckenbuschlagen stabilisiert und begrünt. (Stabilbauweise)

lang mit sämtlichen Seitenzweigen und fingerdick bis armstark. Sie stammten von verschiedenen Autobahnböschungen von Wädenswil bis Genf. Es waren *Salix alba*, *S. appendiculata*, *S. daphnoides*, *S. nigricans*, *S. purpurea lambertiana*, *S. viminalis*, Kreuzungen mit *S. caprea* und anderen Wildarten. Die im Herbst verwendeten Weiden wurden vom Werkhof Bern unmittelbar vor der Verwendung geschnitten.

Wegen der starken Verdichtung mittels Vibrationswalze umhüllten wir die nach hinten geneigt eingelegten Weiden mit etwas Kies. Vorne liessen wir sie etwa 20 cm über die Böschung hinausstehen. Dann ging der Schüttvorgang weiter (Bild 3). Zur Freude aller am Bau Beteiligten fingen die im Mai eingelegten Weiden nach 14 Tagen an zu spriessen und hatten nach sechs Wochen bereits 30 cm lange Triebe. Nach der ersten Vegetationsperiode konnte ich 110 cm lange Triebe messen und rechne mit gleich langen Wurzeln (Bild 4). – Um eine Weidenmonokultur zu vermeiden, legten wir bewurzelte Pflanzen folgender hier heimischer Arten mit ein: Erle, Ahorn, Esche, Vogelbeere, Traubenkirsche, Vogelkirsche, Birke, Lärche, Hasel, Liguster. Diese Gehölze sollen die *Pioniergesellschaft der Weiden* ablösen, und sind dann selbst *Pioniere für einen forstwirtschaftlich nutzbaren Wald*. Im oberen Teil wurden Büsche und Bäume aus dem Abtrag mit eingelegt. Sie bilden *Ökozellen* in der sonst sterilen Böschung. Die Kosten je Meter Heckenbuschlage liegen um Fr. 18.–, das ergibt je Quadratmeter stabilisierte Fläche etwa Fr. 6.–. Die Böschungen wurden nie humusiert, der Bereich zwischen den Reihen wurde lediglich mit einer Nasssaat (Verdiol-Verfahren) begrünt.

Mit der Fertigstellung der Schüttung im Sommer 1979 bietet sich heute bereits eine fertig begrünte Böschung (Bild 5). Während der Bauzeit von drei Jahren sind keine nennenswerten Oberflächenrutsche aufgetreten, da die Weiden bis zu einer Tiefe von etwa 2 m den Boden mit ihren Wurzeln durchweben und damit stabilisieren. Ausserdem ist der Wasserverbrauch der Weiden sehr hoch. Sie *entwässern* aktiv den schlecht abtrocknenden, nach Norden exponierten Hang.

In der Salzweid konnten Buschlagen während der Schüttung eingelegt werden und den Damm an seiner Oberfläche während der Bauzeit und nachher stabilisieren. Bei anstehenden steilen labilen Erosions-Steinschlag- und rutschgefährdeten Hängen können auch Buschlagen zur Befestigung eingebaut werden. Während des Einbaus von unten nach oben halten sie die Erosion auf und befestigen dauernd elastisch mit ihren Wurzeln die lockeren Bodenschichten.



Bild 3. Salzweid N1. Auf ein rückwärts geneigtes Planum wurden Weiden und bewurzelte Pflanzen ausgelegt und darüber weitergeschüttet. (Stabilbauweise)

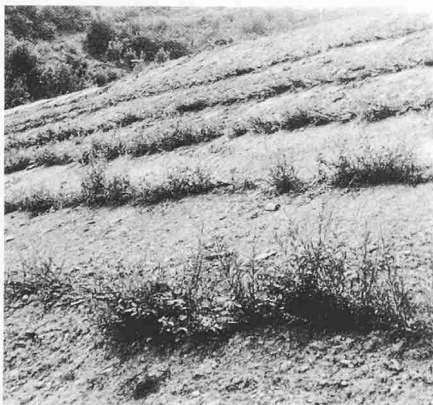


Bild 4. Salzweid N1. Drei Monate nach Einbringen der Buschlagen waren die Weiden bereits 60 cm hoch gewachsen. (Stabilbauweise)

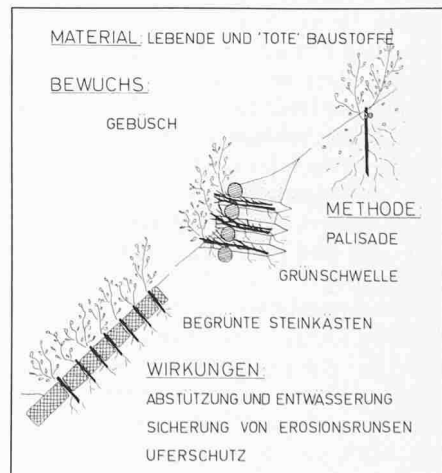


Bild 6. Kombinierte Bauweisen

**Kombinierte Bauweisen**

Die «Kombinierten Bauweisen» werden aus lebenden und «toten» Baustoffen errichtet und wirken sofort nach Fertigstellung. Ihre Aufgabe ist erstens die Abstützung und Entwässerung von Hangabschnitten, zweitens die Sicherung von Erosionsrinnen gegen weitere Eintiefung und drittens im Wasserbau der Uferschutz (Bild 6).

Als Materialien können neben den Pflanzen Holz, Stahl, Steine oder Beton verwendet werden. In den letzten Jahren überschwemmten eine Fülle von Betongitterkonstruktionen den Markt. Eine optimale Eingliederung in die Landschaft ist möglich. Meist sind jedoch die pflanzlichen Potentiale nicht ausgenützt. Über positive Beispiele kann an anderer Stelle einmal berichtet werden.



Bild 9. Schlupf. Der Schlupf wird von unten nach oben mit Buschlagen verbaut. (kombinierte Bauweise)

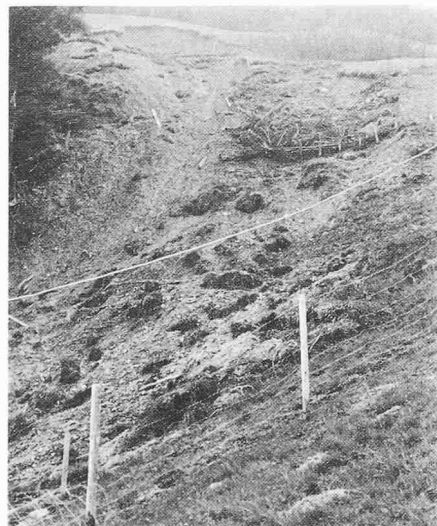


Bild 7. Schlupf. Hangrutsch über Nagelfluh nach starken Regenfällen 1977

**Beispiel: Ankerung und Buschlagenbau Schlupf Oberdiessbach**

In Oberdiessbach wurde ein Rutschhang saniert, der durch die starken Juli-Gewitter 1977 entstand (Bild 7). Die etwa 800 m<sup>2</sup> abgerutschte Wiese über Nagelfluh konnte durch den Zivilschutz mit verschiedenen Massnahmen nicht stabilisiert werden. Darauf wurde der Hang punktförmig mit Steinfil-Sternelementen verankert (Bild 8) und eingeebnet. Dränflex-Röhren leiten überschüssiges Wasser seitlich aus der Böschung. Nach diesen technischen Vorrichtungen verbauten sieben Gemeindearbeiter in drei Tagen von unten nach oben den ganzen Hang mit Buschlagen (Bild 9). Dabei gruben sie mit Hacken etwa 60 cm tiefe, nach hinten geneigte Bermen. Auf den Bermen verlegten sie kreuzweise bis 20 Stück ein Meter lange Weidenbüsche je Meter und deckten die untere Reihe mit dem Aushub der nächst höheren Berme zu. Die Zwischenräume wurden mit Eschen, Erlen, Vogelbeeren und Ahornen aufgeforstet (Bild 10). Der Rand des Abbruchs wurde abgeflacht und mit Stekhölzern vernagelt. Es wurde auf eine Zwischensaat verzichtet, um den Weidenaufwuchs auf diesem Osthang mit Schlagschatten vom Wald nicht zu konkurrenzieren. Die Kosten der Buschlagen und Aufforstung beliefen sich auf Fr. 12.80/lm bzw. Fr. 6.60/m<sup>2</sup>. Ergänzt man Entwässerung, Einebnung und Steinfil-Sternverankerung, so kostete die Gesamtanierung Fr. 32.50/m<sup>2</sup>.

Heute, ein Jahr nach Fertigstellung, sind die Weiden und die Aufforstung gut angewachsen. Die Buschlagen entwässern aktiv mit ihrem hohen Wasserverbrauch den Boden und bewahren ihn so vor dem Abrutschen. In den Zwischenräumen hat sich eine spontane Unkrautgesellschaft angesiedelt, die den Boden annähernd deckt. Mit zunehmendem Alter wird sich die Wirkungs-



Bild 10. Schlupf, mit Buschlagen verbaut und dazwischen aufgeforstet. (kombinierte Bauweise)



Bild 8. Schlupf. Steinfil - Sternelemente werden zu mehreren übereinander im Nagelfluh verankert. Kombinierte Bauweise. (Photo: A. Blatter)

weise der ingenieurbioologischen Verbauung erhöhen, da immer mehr Wurzeln den Boden durchweben und damit stabilisieren.

**Biotechnische Entwässerungen**

Die «Biotechnischen Entwässerungen» werden entweder nur aus Pflanzen oder kombiniert mit technischen Mitteln für

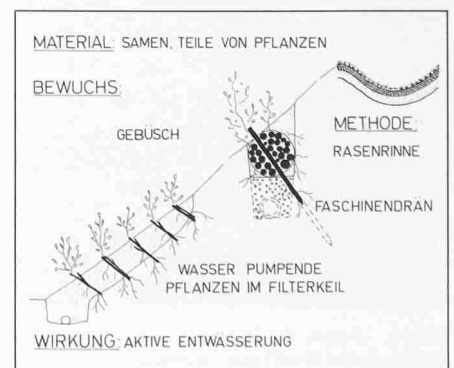


Bild 11. Biotechnische Entwässerungen

kleinere Entwässerungen eingesetzt. Dabei nutzt man die Eigenschaft der Vegetation aus, dass sie den hohen Wasserverbrauch für ihre Lebensvorgänge dem Boden entziehen muss. Saugende Pflanzen oder lebende Faschinen können lokale Vernässungszonen und temporäre Nassstellen entwässern (Bild 11).

**Beispiel: Hangfaschinen und Stechkölzer an der N1/T10 Kerzers**

Beim Bau der N1 bei Kerzers flossen nach starken Winterniederschlägen die angeschnittenen lockeren Sande der letzten Eiszeit inmitten der Baustelle zu einem schlammigen See zusammen. Die neuen Böschungen erlitten bis 3 m tiefe Erosionsrinnen (Bild 12). An verschiedenen Horizonten austretendes Wasser sollte nun unschädlich abgeleitet werden. Die Arbeiten wurden vom *Autobahnamt Fribourg* geleitet. Das in Wurzeltiefe von Pflanzen fließende Wasser konnte biotechnisch absorbiert werden. Wo deutlich vom Wasser verursachte Erosion erkennbar war, wurden zwei- bis dreireihige Ypsilon-Dräne aus lebenden Weiden eingebaut (Bild 13).



Bild 12. Kerzers N1. Starke Niederschläge verursachten tiefe Erosionsrinnen in den angeschnittenen Böschungen



Bild 13. Kerzers N1. Aus dem Hang austretendes Wasser wurde mittels Bündelfaschinen in Ypsilon-Dränen abgeleitet (biotechnische Entwässerung)

Die Faschinenbündel mussten am Wasseraustrittshorizont das Wasser aufnehmen und ableiten. Da sie zum Wachsen zu tief im Boden lagen, wurden sie mit



Bild 14. Kerzers N1. Drei Monate nach Einbau der Faschinen und Buschlagen verbrauchen die Weiden viel Wasser durch ihr Wachstum und verhindern damit Erosion. (biotechnische Entwässerung)

Buschlagen an der Hangunterseite der Gräben ergänzt. Nachdem alles zugeeckt war, fingen die Buschlagen an, üppig zu wachsen (Bild 14). Dort wo die Weiden viel Wasser verbrauchen müssen, sind sie innerhalb des ersten Haljahres über 2 m gewachsen. Es wurden folgende Weidenarten verbaut: *Salix alba*, *Salix alba vitellina*, *S. appendiculata*, *S. cinerea*, *S. daphnoides*, *S. nigricans*, *S. purpurea*, *S. p. lambertiana*, *S. viminalis* u. a. Die Zwischenräume wurden humusiert, mit Hydrosaat angesät und werden im Rahmen der Autobahnbeplantzung mit Sträuchern und Bäumen bepflanzt.

Am gleichen Abschnitt wurden auch Böschungen geschüttet. Die oberhalb der Mühle Grau aus Wandkies geschüttete Böschung sollte so verbaut werden, dass keine Steine mehr gegen die Mühle kollerten. Es wurden armdicke Weidensteckhölzer bis 1 m Länge in den Kies geschlagen und die vom Schnitt von Kopfweiden übrig gebliebenen Weidenstämme reihenweise hinter die Steckhölzer gerollt. Die ganze Kiesflä-



Bild 15. Kerzers N1, Mühle Grau. Die geschüttete Kiesböschung wurde mit Stechkölzern vernagelt, hinter welche Weidenstämme gerollt wurden; die Fläche wurde mit Schilf abgedeckt. (Stabilbauweise)

che wurde bis 15 cm dick mit Schilf anstelle von Humus als Mulchgut abgedeckt (Bild 15). Schilf fällt ab Herbst in grossen Mengen bei der Pflege der Naturschutzgebiete am Neuenburger See zur Weiterverwendung an. In der ständig feuchten Schilfdecke wuchsen Steckhölzer und Stämme gut an und wurzeln im kiesigen Untergrund (Bild 16). Zwischen den Reihen kann später aufgeforstet werden.

Die Kosten für die Böschungssicherung mit Buschlagen und Faschinen beliefen sich auf Fr. 40.-/lm oder auf Fr. 3.70/m<sup>2</sup> biotechnisch entwässerter Fläche. Die Böschungssicherung mittels Steckhölzern, Stämmen und Schilf wurde für Fr. 6.70/m<sup>2</sup> erstellt.

**Deckbauweisen**

Die «Deckbauweisen» schützen die Bodenoberfläche vor Erosion und vor mechanischen Schäden durch Schlagregen, Hagel und Wind. Im Gegensatz zu allen anderen Bautypengruppen besitzen die Deckbauweisen eine rasche Flächenwirksamkeit durch ihre sofortige Bodenab-

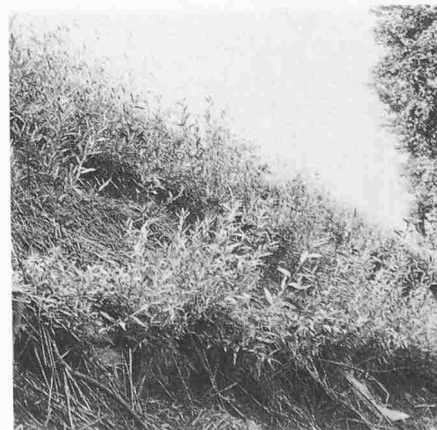


Bild 16. Kerzers N1, Mühle Grau. Bereits drei Monate nach Einbau wachsen die Weiden zu einem Buschwald heran. (Stabilbauweise)

deckung. Dies ist sicher der Grund dafür, dass heute vorwiegend Rasensaat zur raschen Sicherung grosser offener Flächen eingesetzt werden. Die Tiefenwirkung ist dagegen bei Deckbauweisen relativ gering (Bild 17).

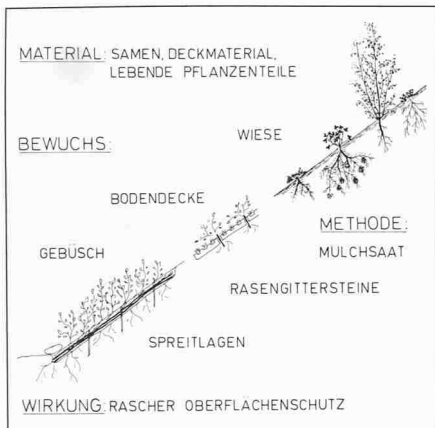


Bild 17. Deckbauweisen

**Beispiel: Saat in Strukturmatte auf Nagelfluh in Oberdiessbach**

Steil anstehende Nagelfluh-Wände neigen dazu, bei Niederschlägen und Frost lose Steine zu erodieren. Dies ist bei Strassen oder Kanalisationen sehr unerwünscht (Bild 18). Deshalb wurde eine 4 m hohe Nagelfluhwand mit einer Art Mulchschicht begrünt und stabilisiert. Die Hangpartien wurden zunächst mit Eisenstiften in Meter-Abständen vernagelt. Dann wurde eine 10 cm mächtige Strohschicht aufgebracht und darüber das 1 cm dicke, verwobene Nylongewebe «Enkammat» ausgerollt (Bild 19). An der Unter- und Oberkante der Böschung wurde die Strukturmatte versenkt befestigt. Kreuzweise gespannte Drähte schützen die Matte vor Windverfrachtung. Nun wurde vegetationsfähiger Boden in die Matten einge-



Bild 18. Nagelfluh in Oberdiessbach, ständig erodierend und daher sich nie selbst begrünend

rieselt, bis sie bedeckt waren. Zusätzlich wurde noch im Oktober eine Böschungsrassenmischung angesät und mit einem organischen Kleber, dem «Verdiol» befestigt. Die Kosten beliefen sich auf Fr. 20.-/m<sup>2</sup>. Im darauf folgenden Sommer erreichten wir nur 50 Prozent Deckung (Bild 20). Da es sich um einen süd-exponierten, extrem trockenen Hang handelt, wird es einige Zeit brauchen, bis sich die standortgemässe Pflanzengesellschaft dauerhaft aufbaut. Diese Böschung braucht nicht gepflegt werden, im Gegenteil, die im Herbst abgestorbenen Pflanzenteile sollen als Mulch und Dünger am Boden liegenbleiben. Damit erreichen wir eine Selbstregeneration des Trockenrasens auf einem sich nie natürlich begrünenden Nagelfluh.

**Ergänzungsbauweisen**

Die «Ergänzungsbauweisen» (Bild 21) dienen der Bereicherung und Stabilisierung der geschaffenen Initialvegetation und sollen diese auf natürlichem Wege möglichst rasch in die gewünschte Schlussphase der Vegetationsentwicklung überleiten.

Die wichtigsten Verfahren sind Gehölzsaaten, verschiedene Pflanz- und Aufforstungsmethoden und die vegetative Vermehrung von Pflanzen, die sich schlecht aussäen lassen oder deren Samen schwer zu erhalten ist, z. B. Schilf. Da ihre stabilisierenden Fähigkeiten enorm sein können, soll in einem anderen Beitrag einmal darüber berichtet werden.

**Wahl der geeigneten Bauweise**

Wie soll man bei solch einer Fülle von Möglichkeiten die richtige Methode



Bild 19. Nagelfluh Oberdiessbach. Über einer dicken Strohschicht als Mulch werden Strukturmatte ausgerollt. (Deckbauweise)

und die richtigen Pflanzen für ganz bestimmte Standorte auswählen? Selten kommt nur eine Methode in Frage. Gibt es mehrere ökologisch gleichwertige Varianten, können wirtschaftliche und rechtliche Überlegungen die Methodenwahl beeinflussen. Als erstes empfiehlt sich, für eine rasche Flächendeckung zu sorgen. Allergische Stellen kann man dann später spezifisch behandeln. Auf jeden Fall wäre dies das billigste Vorgehen. Kann man nicht warten oder riskieren, dass sich Teilflächen später noch bewegen, muss man genauere Standortanalysen betreiben und etwas mehr verbauen als bei geringerem Risiko nötig wäre. Vor jeder Verbauung sollten Geologie, Boden- und Wasserverhältnisse, vor allem aber die Erosionsgefahr, die Exposition und das Kleinklima etc. analysiert werden. Für die Auswahl der geeigneten Pflanzenar-

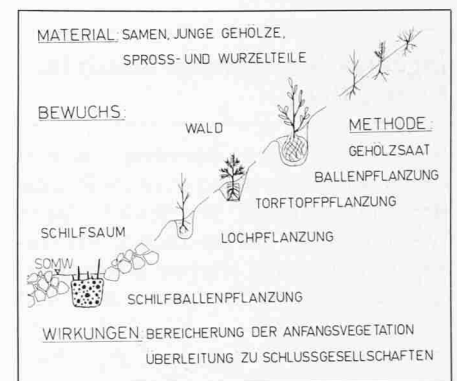


Bild 21. Ergänzungsbauweisen

ten muss man die Pioniergesellschaften auf Rohböden, ihre Sukzessionen über Folgegesellschaften bis zur standortgemässen Schlussgesellschaft kennen. Welche baulich, technisch und ökologisch wirksamste Methode schliesslich ausgewählt wird, hängt auch vom Ziel

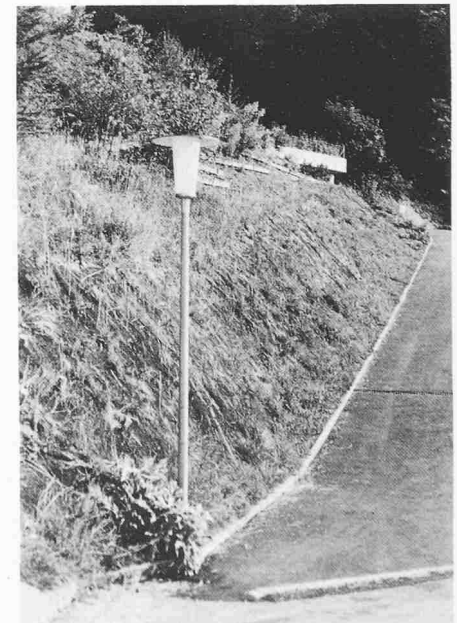


Bild 20. Nagelfluh Oberdiessbach. Die mit Humus verfüllten Matten wurden angesät und sind im folgenden Jahr halb überwachsen. (Deckbauweise)

der Verbauung ab. Ist das Ziel ein Rasen oder eine Wiese, so werden artenreiche Samenmischungen verwendet. Ist das Ziel ein Buschwald, so kommen Sträucher in Frage. Soll schliesslich die Endgesellschaft ein Wald sein, so wird man zuerst die Flächen ansäen und später mit Bäumen bepflanzen.

Stehen biotechnische Ziele im Vordergrund, so müssen auch die Pflanzen nach ihren biotechnischen Eigenschaften ausgewählt werden, z. B. bodenbindende Sträucher auf Rutschhängen oder wassersaugende Pflanzen an Nassstellen. Auf jeden Fall sind situationspezifische und pflanzenreiche Verbauungen stabiler und dauerhafter als standardisierte, unspezifische oder artenarme Verbauungen. Je schwieriger ein Standort ist, desto vielfältiger und individueller wird man die Ingenieurbilogie betreiben müssen.

### Ingenieurbilogisches Bauen im Raume Bern

Bei der Ausführung der oben beschriebenen Methoden stösst man im Raume Bern auf sehr viel Verständnis. Beim Wasserbau und bei forstlichen Verbauungen im Gebirge werden die bewährten lebenden Baumethoden zum Teil

selbstverständlich angewendet. In den Voralpen und im Mittelland findet man gelgentlich noch ältere Arbeiter, die das immer schon wussten und konnten. Andernorts ist das Wissen darüber verloren gegangen, dort dominieren technische Verfahren. Sie verführen dazu, das Honorar oder den Akkordlohn als massgebliches Kriterium zu sehen. Ingenieurbilogische Bauweisen brauchen für ihre Effizienz angemessenere Berechnungsverfahren.

Ausser den Firmen für Saatverfahren gibt es in der Schweiz erst eine auf Ingenieurbilogie spezialisierte Ausführungsfirma. Bei den beschriebenen ingenieurbilogischen Bauten waren ortsansässige, tätigkeitsverwandte Arbeiter wie Förster und Gärtner geschickter als nur auf Baumaschinen spezialisierte Bauarbeiter. Nach meinen nun 3jährigen praktischen Erfahrungen bewährte sich die durchgängige Zusammenarbeit auf allen Ebenen von Projektierung, Bewilligung, Realisierung bis zur Ausführung.

Beim Bauen in der Landschaft sollte man Ingenieur-Wissen in die *lebendige Natur* eingliedern. Wenn wir beobachten, wie Pflanzen auf dem kleinsten Flecken Erde Fuss fassen, wie sie sich auf Nahrungssuche festklammern und mit ihren Wurzeln Belastungen aushalten, die selbst dem Stahlbeton ähneln,

so können wir diese Pflanzeigenschaften zur Befestigung und Stabilisierung sonst labiler Verhältnisse an Böschungen verwenden. Der Ingenieur, der sich als Anwender der *physikalischen* Natur versteht, könnte beim nächsten Schritt vorwärts die *biologische* Natur erfahren.

#### Literatur:

Buchwald, K. und Engelhardt, W. (1973): «Landschaftspflege und Naturschutz in der Praxis. BLV Verlagsgesellschaft München, Bern, Wien.

Direction der öffentlichen Bauten Kanton Bern (1885) Emme-Korrektion Emmenmatt-Burgdorf in: Staatsarchiv Bern STAB BBX 531024 Wasserbau Specialia Emme 53 124.

Duthweiler, H. (1967): «Lebendbau an instabilen Böschungen in: Forschungsarbeiten aus dem Strassenwesen», Heft 70. Kirschbaum Verlag Bad Godesberg.

Garten und Landschaft (1978), Heft 11. Sonderheft über Ingenieurbilogie, Callwey Verlag München.

Schiechtel, H. M. (1973): «Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau». Callwey Verlag, München.

Weiss, H. und Zeh, H. (1978): «Es geht auch ohne Beton» in: Tages-Anzeiger-Magazin, Nr. 40, Zürich.

Zeh, H. (1977): «Ingenieurbilogische Bauweisen». Schweizerische Bauzeitung, Heft 13, Zürich.

Adresse der Verfasserin: H. Zeh, dipl. Ing., Landschaftsplanerin, in Ingenieurbüro Jakob Bächtold AG, Giacomettistr. 15, 3006 Bern.

## Die Überdachung der Kunsteisbahn in Luzern

Für die nachträgliche Überdachung der Kunsteisbahn in Luzern musste bereits vor Beginn der Projektierung von baulichen, geologischen und wirtschaftlichen Vorgabekriterien ausgegangen werden. Zum einen ist die bestehende Anlage flächenmässig durch Verkehrswege und -plätze abgegrenzt, zum anderen galt es, das Kragdach über der Sitztribüne in das Überdachungsprojekt miteinzubeziehen. Überdies verlangte die Bodenstruktur des Standortes eine statische Abstimmung von Fundationen und Dachkonstruktion. Schliesslich ist seitens der Bauherrschaft ein Kostenrahmen von rund 1 Mio Franken abgesteckt worden, der von Projektierenden und Ausführenden nicht überschritten werden durfte. Angesichts dieser Sachzwänge darf die Wahl eines Holztragwerkes mit Brettschichtbindern als besonderer Erfolg für den projektierenden Ingenieur, aber auch als Vertrauensbeweis für den Baustoff gewertet werden.

### Merkmale des Dachtragwerkes

Die geschilderten Vorbedingungen wie auch wirtschaftliche Überlegungen führten zu einem in Spielfeldlänge orientierten Überdachungsprojekt. Die geologischen Gegebenheiten sowie der bewusste Verzicht auf Zugbänder beim Haupttragssystem verlangten die Ausführung schubfester Fundationen für die Auflager. Die Problemlösung bestand in einer stehenden Pfählung, d. h. die Einzelfundamente ruhen auf eingegrammten, vorgefabrizierten Betonpfählen von bis zu 30 m Länge. Das Ableiten der Auflagerlasten in den Baugrund erfolgt zusätzlich über diagonal einwärts gebohrte und mit 95 t abgespannte Felsanker von 40 m Länge; 10 m davon sind im Fels einbetoniert.

### Dimensionen

Das zugbandlose Haupttragssystem bilden fünf brettschichtverleimte, im Abstand von 8 m angeordnete Dreigelenk-

Bogenbinder mit einer freien Stützweite von 74,6 m. Die Trägerhälften von je 40 m Länge und 6,5 t Gewicht gelangten im Rahmen von zwei nächtlichen Sondertransporten zur Baustelle. Die einzuhaltende max. Transporthöhe von 4 m einerseits sowie die angestrebte Gewichtseinsparung andererseits sind die Gründe für den konischen Verlauf der Binderhöhe: 130 cm beim Auflager, 160 cm in Bindermitte und 140 cm am First. Die polygonal geformten Bogen-träger bilden beidseitig vom First drei ebene Dachflächen unterschiedlicher Neigung (8,2°; 17,3°; 30,7°). Die Geometrie des Bogens mit zwei Knickbereichen je Binderhälfte beruht auf der statischen Überlegung, einen möglichst günstigen Verlauf der Biegemomente zu erhalten. Die in den Bindern auftretenden max. mittleren Normalkräfte betragen 78 t; die Tragwerkkonstruktion ist für eine Schneelast von 110 kg/m<sup>2</sup> berechnet. Die Binderfussgelenke sowie die Scheitelgelenke sind als «Linienlager» (Kopfplatten mit Nocken sowie Bolzen mit Sicherungsglaschen) ausgebildet.