

# Angewandte Ingenieurbiologie

Autor(en): **Weibel, T.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK =  
Mensuration, photogrammétrie, génie rural**

Band (Jahr): **83 (1985)**

Heft 11

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-232632>

## **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.

## Literatur

- [1] Bellin, Collins, Gallwitz: Entwicklung in der Dräntechnik in der Bundesrepublik Deutschland 1950–1975. Paul Parey, Hamburg: 1976. Schriftenreihe des Kuratoriums für Wasser- und Kulturbauwesen (KWK) Heft Nr. 24.
- [2] Breichle, D.: Die Dränung von Grundwasserböden. Paul Parey, Hamburg, 1976. (KWK) Heft Nr. 24
- [3] Eggelsmann, R.: Dränenleitung. Paul Parey, Hamburg, 1981

- [4] Feichtinger, Leder: Zur Wirksamkeit von Filtermaterialien in der Dräntechnik. Petzenkirchen 1980. Mitteilung aus der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Nummer 26
- [5] Jäggli, Juhasz: Verlauf und Grösse der Moorsackung im Berner Seeland. Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung 21 (314), 1982
- [6] Kany, Heinisch: Wasserdurchlässigkeit und Filtereigenschaften fester poröser Körper. Verlag Ernst, Berlin, 1977
- [7] Kuntze, H.: Verockerungen, Diagnose und Therapie. Paul Parey, Hamburg: 1978. (KWK) Heft Nr. 32

- [8] Müller, U.: Möglichkeiten und Grenzen der Tiefenlockerung unter schweizerischen Verhältnissen. Publikation des Institutes für Kulturtechnik, ETH Zürich 1982
- [9] Widmoser, P.: Der Einfluss von Zonen geänderter Durchlässigkeit im Bereich von Drain- und Brunnenfilterrohren. Publikation des Instituts für Kulturtechnik, ETH Zürich 1972

Adresse des Verfassers:  
Peter Hutzli, Dipl. Kulturing. ETH  
Ing.- und Vermessungsbüro B. Kauter  
Egliweg 6, CH-2560 Nidau

# Angewandte Ingenieurbiologie

Th. Weibel

Wirkungsweisen, Einsatz und natürliche Grenzen der ingenieurbiologischen Verbauungen werden beschrieben. Da es keine schematischen und normierten Problemlösungen gibt, zeigen Beispiele die gebräuchlichsten Methoden. Für Steckhölzer, Buschlagen, Flechtzaun, Hangrost und Holzkasten werden auf Grund von Erfahrungswerten Planung und Ausführung inkl. Kosten und Faktoren, welche diese beeinflussen, beschrieben. Dazu soll die Grundlage für eine kreative Suche nach objektbezogenen Lösungen gelegt werden. Neben den unterschiedlichen Funktionen der Weiden wird auf den Aufwand für Pflege und Unterhalt eingegangen.

Künftig sollte bei den Ingenieuren das Verständnis für die biologischen Bauweisen gefördert werden, auch wenn für die konkrete Projektierung meistens ein Spezialist beigezogen werden muss. Entwickelnde Impulse sind von der Forschung und von Kleinversuchen zu erwarten, die jeder Praktiker an seinen Objekten durchführen kann. Dadurch wächst die Erfahrung, und die Ingenieurbiologie wird weiterentwickelt.

*L'article décrit les manières de constructions du génie biologique et montre leurs limites dont il faut tenir compte. Des exemples montrent les méthodes habituelles et leurs applications. Il n'existent ni solution schématique ni normée. L'important est toujours une solution adaptée à l'objet. Ceci fait que les exemples sont caractérisés par leurs emplacements, les mesures prises, leurs planifications et les coûts d'exécution. Les calculations se basent sur des prix d'expérience et plusieurs facteurs peuvent les influencer (les boutures, le lit de plançon, le chayonnage et le caisson en bois).*

*Du but des constructions découlent les mesures et l'étendu de l'entretien et des soins. Il est important qu'à l'avenir les ingénieurs aient une plus grande compréhension du génie biologique. Pour la projection proprement dite cependant il faudra toujours faire recours à un spécialiste. Bien que les lignes directrices principales soient fixées par la recherche chacun est libre (et appelé) de faire des expériences sur ses propres objets. C'est ainsi que l'expérience et le génie biologique lui-même se développent.*

## 1. Einleitung

Ingenieurbiologie ist die Wissenschaft von der Fähigkeit der Pflanzen, Boden gegen mechanische Angriffe zu schützen. Bei der Anwendung wird lebendes Pflanzenmaterial als Baustoff und Konstruktionselement eingesetzt. Die Verwendung lebender Pflanzen für verschiedenste Sicherungsaufgaben im Erdbau (= Grünverbau) und Wasserbau (= Lebendverbau) ist seit alters her bekannt, wurde jedoch wenig praktiziert. Das wachsende Umweltbewusstsein

der Bevölkerung verpflichtet den Ingenieur immer mehr zu solchen landschaftsschonenden Bauweisen. Die Ingenieurbiologie bietet ihm neue und wirksame Bauverfahren an. Auch wenn ihre Handhabung vorerst ungewohnt ist, sind sie bei richtiger Anwendung und Pflege in vielen Fällen vergleichbaren Bauweisen aus unbelebten Baustoffen überlegen. Im Unterschied zu diesen fehlen jedoch die technischen Grundlagen für die Berechnung einer Konstruktion. So ist nicht bekannt, wie

die Vegetation rechnerisch einbezogen werden kann. Zudem muss man bei Anlage und Unterhalt von lebenden Bauten auf das vertraute Vorgehen verzichten und andere Wege gehen.

Die Pflanzen erbringen ihre bautechnische Leistung immer in Verbindung mit dem zu schützenden Bodensubstrat. Besondere Bedeutung kommt den bodenmechanischen Kennziffern dieses Materials zu. Ihre Beeinflussung durch Pflanzen ist sehr unterschiedlich. Generell kann gesagt werden, dass die Wurzeln einen wasserunabhängigen Kohäsionsanteil bewirken. Dadurch wird die Standsicherheit im Vergleich zum undurchwurzelten Material erhöht. Die Erhöhung der Festigkeit der oberflächlichen Bodenschicht verlagert mögliche Gleitfugen in grössere Tiefen, in Zonen also, die aufgrund ihrer geringeren Verwitterung oft grössere Stabilität aufweisen. Wie bei allen Ingenieurbauwerken darf die Kenntnis von neuen Methoden nicht dazu verleiten, diese immer und überall einzusetzen. Es ist ebenso unmöglich, jegliche Hartbauweise mit lebenden Bauten zu ersetzen, wie es sinnlos ist, jede noch so kleine Blösse von wenigen Quadratmetern intensiv mit ingenieurbiologischen Mitteln zu verbauen. Die sanfteste und auch billigste Sanierung kleinster Objekte realisiert die Natur, indem sie mit der Zeit von selbst überwachsen. Auch die sanften Baumassnahmen müssen aus der Sicht der Verhältnismässigkeit angewandt werden. Grundlage dazu ist selbstverständlich, dass Schutzbedürfnis und Sicherheitsanspruch vorgängig festgelegt sind. Als weiterer Teil der Zielvorgabe muss das spätere Erscheinungsbild fixiert sein. Grünland, Gebüsch und Wald bedingen unterschiedliche Bauweisen und erfordern andersartige und unterschiedlich intensive

Pflege. Basis für jede Planung ist das Abklären der Schadenursache, meist handelt es sich in irgendeiner Form um Wasser. Eine Sanierung ohne Beseitigen der Ursache ist nie erfolgversprechend.

Die angewandte Ingenieurbilogie stützt sich auf empirisch gefundene Erkenntnisse im Grenzgebiet zwischen Ingenieur- und Naturwissenschaften. Erfolgreiches Arbeiten bedingt deshalb neben Kenntnissen beider Wissensgebiete ein grosses Mass an Erfahrung, Kreativität und Intuition.

## 2. Praktische Beispiele

Die beschriebenen Bauten sind willkürlich aus den von mir projektierten Objekten ausgewählt. Sie sind nicht repräsentativ, aber sie vermitteln einen Überblick über die gebräuchlichsten Methoden. Damit soll die Grundlage zur kreativen Suche nach objektbezogenen Lösungen und Massnahmenkombinationen gelegt werden.

Die lebenden Baustoffe wurden jeweils, soweit es sich um Weiden handelt, in Absprache mit Naturschutz oder Forstdienst beschafft. Bewurzelte Pflanzen wurden von Forstbauschulen bezogen.

### 2.1 Hangsicherung Klosters/GR

Am 11. April 1982 rutschten rund 3000 m<sup>3</sup> Erdmaterial unterhalb der Rütipromenade gegen die Landquart. Die Gleitschicht lag ungefähr 2 m unter der Oberfläche. Ursache für das Schadenereignis waren eine defekte Wasserleitung und die starke Schneeschmelze.

#### 2.11 Standort

1150 bis 1200 m ü. M.  
Exposition Nordost  
Neigung rund 40°  
Fläche rund 2000 m<sup>2</sup>

### 2.12 Massnahmen

Es ist von besonderer Bedeutung, dass austretendes Wasser keine Sekundärschäden verursachen kann. Deshalb ist der Weg nun entwässert und in der Rutschfläche mehrere erkannte Wasseraustritte durch einen mit Steinpakungen gefüllten Graben abgeleitet. Mit der Anordnung der ingenieurbilogischen Verbauungen wird die ganze Fläche zusätzlich entwässert. Abtragungsmaterial von der Anpassungsfläche (z. B. Ausrunden der Abrisskanten) wird zum Ausgleichen der Rutschfläche verwendet. Gleichzeitig mit dem Materialeinbau wurden lagenweise Weidenäste und Forstpflanzen eingelegt. Diese *Busch- und Heckenlagen* durchwurzeln das geschüttete wie das gewachsene Material und stabilisieren dadurch die gefährdeten Zonen.

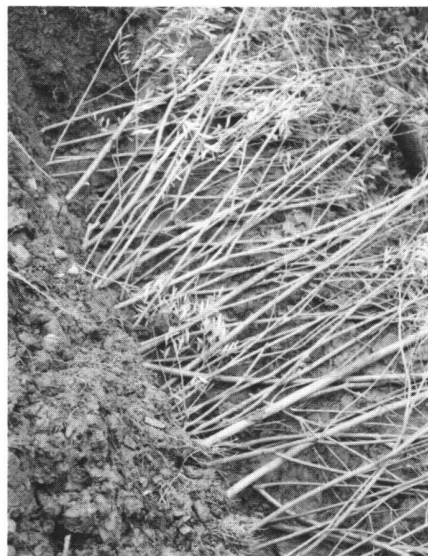


Abb. 2 Buschlage: Auf der ausgehobenen Berme werden Weidenäste kreuzweise verlegt. Mit dem Aushub der folgenden Reihe werden sie eingedeckt.

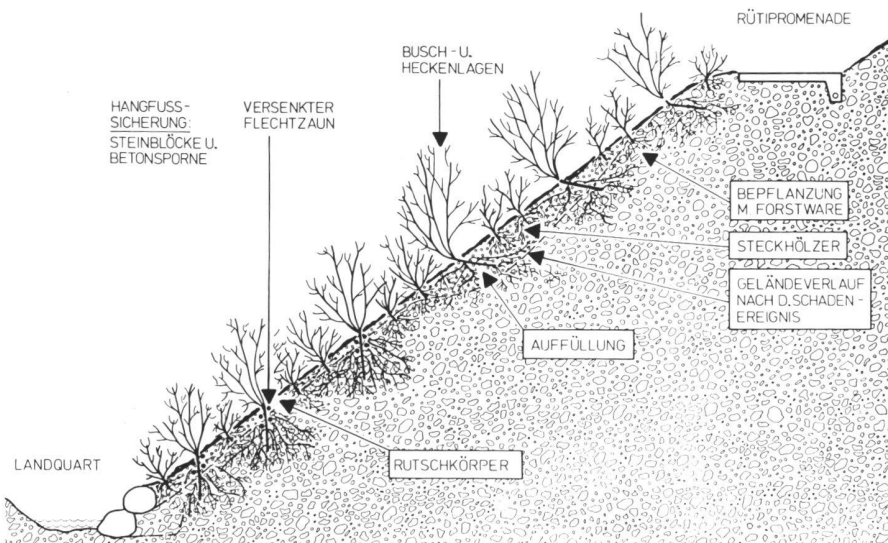


Abb. 1 Schemaschnitt: Die Sanierungsmassnahmen der Hangsicherung Klosters schematisch dargestellt: Steckhölzer, Flechtzäune, Busch- und Heckenlagen wurden mit Pflanzen standortsgerechter Gehölze ergänzt.



Abb. 3 Steckholz: Weidenäste werden auf die benötigte Grösse abgelängt und in die Böschung geschlagen. Schlafende Knospen treiben aus, bilden Triebe und Wurzeln und regenerieren das Steckholz zu einer vollwertigen Pflanze.

In Zonen, die mit lockerem Rutschmaterial überschüttet sind, werden *versenkte Flechtzäune* eingebaut: In schaufeltiefe Gräben werden Weidenpfähle geschlagen, mit Weidenästen verflochten und wieder eingedeckt. Mit der Durchwurzlung wird das Lockermaterial zusätzlich fixiert.

Die Rutschfläche soll mit verschiedenen Sträuchern bewachsen werden. Deshalb werden zwischen die linearen Verbauungssysteme *Forstpflanzen und Steckhölzer* gesetzt. Dabei entspricht die Artenwahl der natürlichen Vegetation. Durch die Mischung von bewurzel-



Abb. 4 Lebender Flechtzaun: In den vorbereiteten Gräben wurden Weidenpfähle gerammt. Elastische Weidenzweige werden dazwischengeflochten und mit dem folgenden Aushub eingedeckt.

ter Forstware mit Steckhölzern verschiedener Weidenarten entsteht ein stufiges Wurzelprofil, das seinen Beitrag zur Stabilisierung des Hanges leistet. Als sofort flächenwirksamer Erosionsschutz wurde der Hang im *Trockensaattverfahren* begrünt. Dadurch werden lokale Ausschwemmungen verhindert und ein für das Gedeihen der Gehölze in der Verbauung günstiges Lokalklima geschaffen.

### 2.13 Planung

Profilaufnahmen nach dem Schadereignis ermöglichen die optimale Massnahmenkombination. Die genaue Ausdehnung und Anordnung der Verbauungselemente wurde aufgrund der aktuellen Situation im Rahmen der Bauleitung festgelegt. Das Ergebnis ist im Ausführungsplan als Ansicht festgehalten. Ergänzend sind die Massnahmen im Schemaschnitt (vgl. Abb.1) dargestellt.

### 2.14 Ausführungskosten

Die Arbeiten wurden mit einer Submission auf Einladung vergeben. Gesamthaft wendete man Fr.17.- je Quadratmeter für die Hangsanierung auf (Kostenstand 1984).

Buschlage	Fr. 34.- je m
Heckenlage	Fr. 24.60 je m
Steckholz 40 cm	Fr. 2.50 je St.
Steckholz 100 cm	Fr. 5.50 je St.
Flechtzaun	Fr. 39.50 je m

### 2.2 Hangrost Lej da Champfèr/GR

Mit dem Ausbau der Engadinstrasse entlang des Lej da Champfèr entstanden Abtragsböschungen. Da die Rodungen minimal gehalten werden mussten, wurde ein Ausschnitt sehr

steil belassen, um oberhalb stehende Lärchen zu schonen. Die Böschungsneigung war so hoch, dass die Stabilität mit der fortlaufenden Verwitterung des Moränenmaterials nicht mehr gewährleistet ist. Das Material wird dem hohen Schutzbedürfnis einer Kantonsstrasse entsprechend mit einem stabilen Oberflächenschutz der Verwitterung entzogen.

#### 2.21 Standort

1830 m ü. M.  
Exposition Südost  
Neigung 42 bis 57°  
Fläche rund 500 m<sup>2</sup>

#### 2.22 Massnahmen

Der Böschungsfuss ist mit einer etwa 1,5 m hohen Zyklopenmauer gesichert. Die *Hangrostkonstruktion* ist hinter den Steinblöcken abgestützt und so verankert. Begrünt ist die Fläche mit *Busch- und Heckenlagen*. Als sofort wirksamer Erosionsschutz wurde *Strohdecksaat* aufgebracht. Die Gehölze werden mit ihren Wurzeln die Standsicherheit der

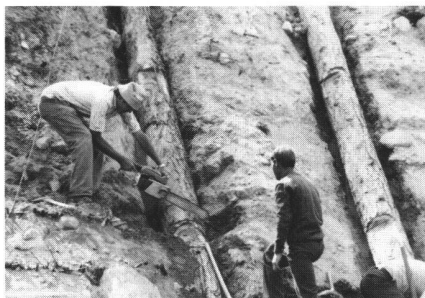


Abb. 6 Hangrost als Erosionsschutz: Die vertikalen stützenden Stämme sind in die Böschung eingegraben, bevor die horizontalen Elemente eingebaut werden.



Abb. 5 Hangsicherung Klosters: Steckhölzer, Busch- und Heckenlagen treiben mit dem Beginn der Vegetationsperiode aus. Mit dem Wachstum ihrer Wurzeln steigt die Stabilität der Böschung.

Böschung langfristig gewährleisten. Die Pflanzen übernehmen diese Sicherheitsfunktion allmählich, gleichzeitig mit der Abnahme der Festigkeit der Holzkonstruktion.

### 2.23 Planung

Entsprechend den Sicherheitsanforderungen an das Projekt wurde die Projektierung sehr detailliert vorgenommen.



Abb. 7 Heckenlage im Hangrost: Mit dem Aufbau der Böschung werden abwechselungsweise Holz und Busch- bzw. Heckenlagen mit Erdmaterial hinterfüllt. Vor dem weiteren Aufbau sind die Pflanzen auf die optimale Länge zurückzuschneiden.

Neben einem Übersichtsplan (1:500) wurden Situation und Profile im Massstab 1:100 dargestellt. Im selben Verhältnis ist der Pflanzplan erarbeitet, wobei die Verteilung der niedrig wachsenden Arten entlang der Strasse und der Anschluss an den lichten Lärchen-Arvenwald besonders beachtet worden ist.

Besondere Probleme stellte die schlechte Qualität des anstehenden Materials. Der hohe Anteil an Sand und Schluff bewirkt, dass das Material nach der Bearbeitung rasch austrocknet und damit der Schüttwinkel reduziert wird. Deshalb wurde der Abstand der waagerechten Stützhölzer reduziert und zusätzliche Pflanzenlagen eingebracht. Er beträgt zwischen den Hölzern 1,50 m und zwischen den Pflanzen 0,75 m.

### 2.24 Ausführungskosten

Der Auftrag wurde nach einer öffentlichen Submission vergeben. Gesamthaft betragen die Kosten im Jahre 1984 Fr. 75.- je m<sup>2</sup> Hangrost.



Abb. 8 Der Hangrost ist erstellt. Die Oberfläche wird zusätzlich mit Strohdecksaat geschützt. Die Pflanzen werden im Laufe der Zeit die Stützfunktion übernehmen.

Hangrost je m <sup>3</sup>	
verbautes Holz	Fr. 450.–
Buschlage	Fr. 35.– je m
Heckenlage Sorbus	Fr. 18.– je m
Heckenlage Lonicera	Fr. 44.– je m

### 2.3 Holzkasten Holderbank/SO

Zu Beginn des Jahres 1982 wurde die Kantonsstrasse Langenbruck-Holderbank im Solothurner Jura durch einen Hangrutsch verschüttet. Das Waldgebiet, in dem der Rutsch entstand, befindet sich im Besitz der Bürgergemeinde Holderbank. Aus einem muschelförmigen Ausbruch löste sich Material und überschüttete die darunterliegende Hangpartie und die Strasse. Dem Ereignis war eine längere Nasswetterperiode vorangegangen. Direkt auslösendes Moment scheint jedoch eine defekte Sickerleitung gewesen zu sein.

#### 2.31 Standort

650 m ü. M.  
Exposition Südost  
Neigung 35 bis 40°  
Fläche rund 400 m<sup>2</sup>

#### 2.32 Massnahmen

Bei der Sanierung des Muschelbruches muss der Böschungsfuss neu abgestützt werden. Bei ersten Säuberungsarbeiten zeigte sich, dass die untere Begrenzung der Ausbruchfläche von einer Nagelfluhbank gebildet wird. Auf diesem standfesten Material kann der weitere Aufbau fundiert werden: Der Böschungsfuss wird mit einem 1,5 m hohen *begrüntem Holzkasten* fixiert. Die Kombination von lebendem Baumaterial (Pflanzen) mit totem Baumaterial (Holz) ergibt eine sofortige statische Wirkung. Während das Holz vermorscht, wachsen die Pflanzen und übernehmen im Laufe der Zeit die volle Stützfunktion. Oberhalb dieses Riegels werden die übersteilen Hangpartien abgeflacht. Das anfallende Lockermaterial wird über dem Holzkasten eingebaut, lagenweise verdichtet und mit *Buschlagen* fixiert. Die Abrisskante wird zusätzlich mit *Steckhölzern* vernagelt. Die gesamte bearbeitete Fläche wird mit einer Leguminosenmischung angesät, um Folgeschäden durch Oberflächenero-



Abb.9 Holzkasten sind Stützkonstruktionen, die gut an das Gelände angepasst werden können.

sion zu vermeiden. Selbstverständlich haben die ingenieurbioologischen Sicherungsmassnahmen nur Erfolg, wenn vorgängig die Schadenursache – nämlich die defekte Entwässerungsleitung – saniert wird.

#### 2.33 Planung

Als Grundlage wurden die Massnahmen in Situation und Profil im Massstab 1:200 dargestellt. Da die Fläche nicht direkt an die Strasse grenzt, wurde kein detaillierter Pflanzplan erstellt. Die Artenwahl wurde im Text vorgeschrieben. Die Anordnung im Gelände erfolgte im Rahmen der Bauleitung.

#### 2.34 Ausführungskosten

Holzkasten je m <sup>3</sup>	
umbauter Raum (ohne Erdarbeiten)	Fr. 105.–
Buschlagen	Fr. 17.50 je m
Steckhölzer	Fr. 3.– je St.

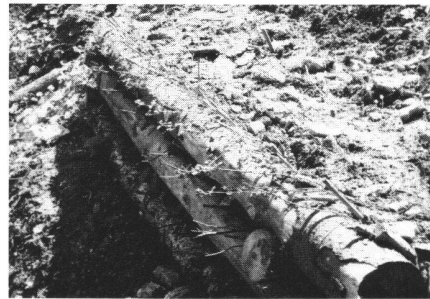


Abb.10 Durch die Pflanzen der Heckenlagen im Holzkasten wird die Konstruktion beschattet und der Feuchtigkeitsgehalt stabilisiert. Dadurch wird die Funktionsdauer der Hölzer verlängert.

### 3. Kalkulation

Für Planende und Ausführende ist es von besonderer Bedeutung, den Arbeitsaufwand abschätzen zu können. Aufgrund der unterschiedlichen Eigenheiten jedes Objektes ist es unmöglich, allgemeingültige Richtwerte zu nennen. Die folgenden Angaben beziehen sich auf durchschnittliche Verhältnisse.

#### 3.1 Arbeitsleistung

Arbeitsgattung		Leistung
Steckholz	Weiden schneiden (ca. 40 cm)	40 St./Std.
	Stecken	40 St./Std.
Busch- und Heckenlage	Weiden schneiden (ca. 1,2 m)	40 St./Std. = 4 m/Std.
	Pflanzen einlegen	120 St./Std. = 10 m/Std.
	Erdarbeiten (Handarbeit)	1 m/Std.
Flechtzaun	Weiden schneiden	2,5 m/Std.
	Pfählen und Flechten	2,0 m/Std.
	Erdarbeiten (Handarbeit)	1,0 m/Std.
Hangrost	Holzkonstruktion (m <sup>3</sup> verbautes Holz)	0,05 m <sup>3</sup> /Std. = 20 Std./m <sup>3</sup>
Holzkasten	Holzkonstruktion (m <sup>3</sup> verbautes Holz)	0,06 m <sup>3</sup> /Std. = 17 Std./m <sup>3</sup>

### 3.2 Erschwernisse

Die Faktoren, die eine Teilarbeit erschweren oder aber auch erleichtern und somit eine kleinere oder grössere Arbeitsleistung bewirken können, sind in wenigen Gruppen zusammengefasst. Allgemein den grössten Einfluss hat die Möglichkeit, Baumaschinen als Hilfsmittel einzusetzen.

#### 3.21 Weidengewinnung

Der Aufwand für die Weidengewinnung hängt wesentlich vom Weidengewinnungsort ab: Zugänglichkeit; Zahl, Mischung und Menge der vorkommenden bzw. benötigten Arten; Möglichkeit und Notwendigkeit für Zwischenlager; Transportdistanz zum Verwendungsort.

#### 3.22 Stabilbauweisen

Für die Ausführung von Busch- oder Heckenlagen, Steckhölzer und Flechtzäunen sind die selben Faktoren massgebend.

Böschungsneigung; Stein-, Ton- und Wassergehalt des anstehenden Materials; Grösse der Verbauung (Distanz Arbeitsort-Einschlagplatz); Wuchsform der Weiden (sperrige Ästel!); Länge und Durchmesser der Weidenäste; Abstand zwischen den Verbauungselementen.

#### 3.23 Holzkonstruktion

Für den Aushub gelten die selben Überlegungen wie für die Erdarbeiten der Stabilbauweisen. Die Arbeitsausführung für die Holzkonstruktion wird beeinflusst durch: Böschungs- und Bauwerksneigung; Durchmesser, Länge und somit Gewicht der Hölzer; Krümmung und Abholzbarkeit; Höhe des Bauwerkes; Zugänglichkeit der Baustelle.

### 4. Pflege und Unterhalt

Ingenieurbioologische Verbauungen erfordern eine periodische Kontrolle. Dabei ist es möglich, Schwachstellen mit geringem Aufwand zu verstärken. Je nach Zustand sind Pflege-, Unterhalts- oder Ergänzungsmassnahmen notwen-

dig. Es ist von besonderer Bedeutung, dass der Kontrollierende immer das Ziel und die Aufgabe der Verbauung vor Augen hat. Daraus ergeben sich verschiedene Funktionen für die Weiden.

Die Weiden bilden den Endbestand: In Abständen von 3–8 Jahren ist ein Rückschnitt notwendig. Dieses «Auf den Stock setzen» darf nur auf Teilflächen und nicht auf der gesamten Verbauung gleichzeitig erfolgen. Das anfallende Weidenmaterial ist bestens für weitere Verbauungen geeignet.

Die Weiden haben primär eine technische Aufgabe. Andere Gehölze bilden den anzustrebenden Endbestand. Dieses Ziel muss mit der Pflege erreicht werden. Zwischen den möglichen Wegen ist der zweckmässigste nach forstlich-waldbaulichen Kriterien zu wählen. Besonders zu beachten ist, dass die technische Funktion des Werkes dauernd erhalten bleibt.

Die resultierenden Arbeiten sind für Ingenieur und Unternehmer ungeohnt. Sie erfordern neben Erfahrung

viel ökotechnisches Verständnis. Dennoch ist es vorteilhaft, die ersten Pflegeeingriffe in das Projekt zu integrieren und dem selben Unternehmer zu übertragen.

### 5. Ausblick

Die Anwendung ingenieurbioologischer Sicherungsmassnahmen ist heute ein Gebot der Zeit. Um diesem vermehrt Folge leisten zu können, sind verschiedene Massnahmen notwendig.

Den Ingenieuren muss neben den technischen Regeln auch die Ökologie nähergebracht werden. Besonders ist das Verständnis für die ökotechnischen Zusammenhänge zu vertiefen. Speziell zu fördern sind die Kenntnisse der verschiedenen Bauweisen und die Grenzen ihrer Anwendung. Mit diesem Wissen kann der erfolgreiche Einsatz der Ingenieurbioologie abgeschätzt werden. Zur Vorbereitung und Durchführung solcher Arbeiten wird der Ingenieur jedoch meistens Spezialisten zuziehen müssen.

Wie eingangs erwähnt, sind viele empirische Erkenntnisse wissenschaftlich abzustützen. Der Forschung kommt also eine besondere Bedeutung zu. Es seien nur einige offene Fragen angetönt: Intensität und Tiefe der Durchwurzelung; optimale Pflege und Unterhalt; Verbundfestigkeit von Wurzeln und Bodenmaterial; Rechnerische Erfassung des Beitrages der Vegetation zur Standicherheit; Zeitabhängige Entwicklung der Festigkeit usw. Erste Untersuchungen mit dem Ziel, die Verbundfestigkeit von Wurzeln und Boden bautechnisch zu nutzen, sind eingeleitet. Neben der Forschung an Hochschulen und Versuchsanstalten sind Kleinversuche in jedem Projekt möglich. Dadurch wird die Erfahrung von allen Beteiligten erweitert und die Weiterentwicklung der Ingenieurbioologie ermöglicht.

Adresse des Verfassers:  
Thomas Weibel, dipl. Forsting. ETH/SIA  
Zugerstrasse 112, CH-8810 Horgen

## Erfahrungen mit Stereoorthophotos der Waldgebiete gemässiger Zonen

Z. Tomašegović

Es werden die Ergebnisse von Untersuchungen mitgeteilt, in denen die amtliche Karte 1:5000 mit dem Stereo-Orthophoto 1:5000 in einem für Jugoslawien typischen, bergigen Waldgebiet verglichen wurde. Insbesondere wurde die geometrische Zuverlässigkeit anhand der Genauigkeitsvergleiche entsprechender Distanzen, Winkel und Flächen bestimmt.

Ebenfalls untersucht wurde die Möglichkeit zur genauen Bestimmung topographischer Höhen in Stereo-Orthophotos mit Hilfe von sehr einfachen Auswertegeräten.

Schliesslich wurde eine Antwort auf die Frage gesucht:

«Wie muss ein amtliches Kartenwerk ausgestaltet werden, wenn es in der grossmassstäbigen Darstellung von bergigen Waldgebieten in gemässigten Zonen am besten dienen soll, und zwar sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht?»

*Les résultats de recherches comparatives, en particulier à l'égard de la confiance géométrique de la carte officielle de l'Etat et des stéréo-orthophotographies à l'échelle 1:5000 d'une région forestière typique montagneuse de Yougoslavie sont présentés en tenant compte de l'exactitude des distances, des angles et des superficies représentés.*

*La possibilité de la détermination précise des élévations topographiques en stéréo-orthophotographie à l'aide d'accessoires les plus simples a aussi été examinée.*

*On cherche à savoir, pour des terrains forestiers et montagneux des régions tempérées, quels sont les produits cartographiques à grand échelle les mieux appropriés du point de vue technique et économique.*

### Einleitung

Für ein ausgeprägtes Hochwaldgebiet im westlichen Teil Jugoslawiens wurden anhand panchromatischer Sommer-Luftbildaufnahmen (UAG: Wild

RC 10) bis 1980 ungefähr 150 Blätter des amtlichen Kartenwerks in Form der Grundkarte 1:5000 hergestellt. Vom selben Luftbildmaterial wurden drei Triplets ausgewählt zur Herstellung

dreier Orthophotos im Massstab 1:5000 mit zugehörigen linear gesteuerten Stereopartnern mit dem Wild Avioplan OR1 und den Programmen SORA-OP bzw. SORA-OPS des Instituts für Photogrammetrie der Technischen Universität Wien.

Schon wiederholt wurde die Forderung aufgestellt, die Photogrammetrie sei bei der Herstellung der Grundkarte multidisziplinär einzusetzen. Eine der möglichen Erweiterungen der Zielsetzung ist die Auswertung für eine Karte der Vegetationseinheiten (Pflanzengesellschaften) bzw. eine Karte der Ökotope der Wälder und Grasländer verbunden mit der Erstellung eines Verzeichnisses der vorhandenen Bodentypen. In Jugoslawien sind wir darum bemüht, die Zusammenarbeit von Photogrammetern und Photointerpreten wie z.B. Botanikern, Landwirten, Förstern und Bodenkundlern zu realisieren.

Wenn man davon ausgeht, dass Orthophotopläne für Wüsten- und Sumpfbgebiete zu teuer sind und für urbanisierte Ballungszentren nur unvollständige kartographische Unterlagen liefern, so liegen sie demgemäss für Waldgebiete irgendwo in der Mitte. Die augenscheinlichen direkten Informationen