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

Herausgeber: Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

Band: 92 (1994)

Heft: 3

Artikel: Schutz der Lebensräume mit ingenieurbiologischen Methoden : Ziele, Möglichkeiten, Grenzen

Autor: Heinimann, H.R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-235053

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 22.08.2025

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

Schutz der Lebensräume mit ingenieurbiologischen Methoden

Ziele, Möglichkeiten, Grenzen

H.R. Heinimann

Im Sinne der nachhaltigen Nutzung erneuerbarer Ressourcen sind ingenieurbiologische Bauweisen favorisierte Verfahren zur Sicherung menschlicher Lebensräume. Für den wirkungsvollen Einsatz der Pflanzen zur Hangstabilisierung müssen die Parameter, die die Erosions- oder Bodenbewegungsprozesse beeinflussen, bestimmt werden können. Der Beitrag stellt verschiedene Modellansätze, diese zu beschreiben, vor. Das konkrete Vorgehen bei der Hangsicherung richtet sich nicht nur nach den Bewegungsprozessen, sondern vor allem auch nach der Zielsetzung. Lösungsvorschläge sind im Hinblick auf die Zielsetzung zu bewerten und zu evaluieren. Für die zukünftige Entwicklung der Ingenieurbiologie empfiehlt der Autor zwei Stossrichtungen:

1. **Die Energie- und Stoffdurchsätze sind zu minimieren. Die mechanische Wirkungsweise der Pflanzen soll bei kombinierten Bauweisen übernommen werden. Technische Ergänzungsbauwerke sollen weniger als Schwergewichtskonstruktionen, sondern vermehrt nach der Ankertechnik ausgeführt werden.**
2. **Die Biodiversität ist zu fördern durch den Einbau bewurzelter Pflanzen aus natürlicher Besamung anstelle breitangewandter vegetativer Vermehrung.**

Dans l'optique d'une utilisation durable des ressources renouvelables, les techniques du génie biologique sont des connaissances privilégiées pour la sauvegarde des biotopes. Pour permettre une mise en place efficace de plantes pour la stabilisation des pentes, les paramètres qui influencent l'érosion et les mouvements de terrain doivent pouvoir être déterminés. L'article présente diverses modélisations de ces paramètres. La prévision d'une stabilisation ne doit pas uniquement être dictée par des problèmes techniques mais doit inclure les buts recherchés. Les solutions proposées doivent aussi tenir compte du but fixé et être évaluées dans cette optique. Pour le développement futur du génie biologique, l'auteur propose deux directions:

1. ***L'énergie dépensée et le nombre des matériaux utilisés doivent être diminués. Le rôle mécanique des plantes doit être repris par des techniques combinées. Les ouvrages techniques considérés comme ouvrages de gros oeuvres devraient laisser la place aux ouvrages utilisant les techniques des ancrages.***
2. ***La biodiversité doit être favorisée par la mise en place de plantes avec racines (provenant de site naturel de reproduction) en lieu et place de reproduction végétative.***

1. Einleitung

Als Lebensraum ist allgemein der von Lebewesen besiedelte oder besiedelbare Lebensraum zu verstehen. Vor allem seit der industriellen Revolution nahm die Bevölkerung in unseren Gegenden stark zu, weshalb der mehr oder weniger gegebene Lebensraum immer knapper wird. Dies sei nachfolgend anhand eines Beispiels erläutert.

Pro Einwohner der Schweiz steht gesamthaft eine Fläche zur Verfügung, welche ungefähr der Grösse eines Fussballfeldes entspricht. Rund die Hälfte dieses Fussballfeldes ist durch unproduktives Land und durch Wald bedeckt. Auf der anderen Hälfte spielt sich das wirtschaftliche und private Leben ab, wobei sich die Hauptaktivitäten auf rund einem Zehntel der Landesfläche konzentrieren, was bezogen auf ein Fussballfeld der Grösse des Strafraums entspricht.

Seit dem Rio-Gipfel im Jahr 1992 ist in breiten Kreisen bekannt, dass wir uns für die zukünftige Entwicklung nach dem Prinzip der nachhaltigen Entwicklung («sustainability») richten müssen, dies aus der Erkenntnis, dass die Entwicklung die eigene Lebensgrundlage – die Lebensräume – nicht zerstören darf. Vor dieser Herausforderung kommt dem Schutz unserer Lebensräume eine hervorragende Bedeutung zu.

Wir wollen und müssen unsere Lebensräume schützen, d.h. Vorkehrungen treffen, um negativen Entwicklungen vorzubeugen. Meadows et al. (1992) stellen unter anderem die Forderung auf, die Erosion sich regenerierenden Ressourcen sei zu verhindern, was bedeutet, dass die Produktivität der Böden zu erhalten und die lebende Umwelt zu fördern oder wiederherzustellen ist. Damit ist auch das Problemfeld der Tagung angesprochen. Das Naturphänomen «Erosion» im weitesten Sinne bedroht unsere Lebensräume, dies insbesondere in einem Gebirgsraum, und gerade hier stehen uns ingenieurbiologische Methoden zur Verfügung, um uns vor negativen Wirkungen zu schützen.

Im vorliegenden Beitrag geht es darum, die Rahmenbedingungen abzustecken, unter denen Pflanzen die Stabilität von Böschungen und Hängen erhöhen können. Der Beitrag versucht dabei, ein ganzheitliches Problemverständnis zu vermitteln und verzichtet bewusst auf das Vorstellen einzelner Methoden und Bauweisen. Er geht auf folgende Fragen ein:

- Welche Faktoren beeinflussen Erosions- und Erdbewegungsprozesse?
- Welche Folgerungen ergeben sich daraus für das Vorschlagen konkreter Lösungen am Einzelobjekt?
- Welchen Herausforderungen der Zukunft hat sich die Ingenieurbiologie zu stellen?

2. Erosions- und Erdbewegungsprozesse

2.1 Allgemeines

Das Tagungsthema beschränkt sich auf den Erdbau, d.h. das Bauen in und mit Lockergesteinen oder mit künstlich aufgearbeitetem Festgestein. Das Umfeld in der Schweiz zeichnete sich während langer Zeit aus durch eine hohe Bereitschaft zur Problemerkennung und -wahrnehmung, Problemanalyse und zu pragmatischen Lösungen. Aufkommender Fundamentalismus hat auch bei der Lösung von Stabilitäts- und Erosionsproblemen da und dort Einzug gehalten, und dies sowohl auf der Seite der Technokraten als auch auf der Seite der Oeko-Fundamentalisten. Derartige Sichtweisen bringen uns nicht weiter. Ein ganzheitlicher Denkansatz setzt eine sachliche Auseinandersetzung mit den Grundproblemen und -zusammenhängen voraus, die nachfolgend dargestellt werden sollen.

2.2 Erosionsprozesse

Unter Erosion ist das Abtragen, Transportieren und Ablagern von Locker- und Festgestein zu verstehen, wobei als Abtrags-

Ergänzte Fassung des Referates an der Ingenieurbiologie-Tagung vom 3. Dezember 1993 in Zürich.

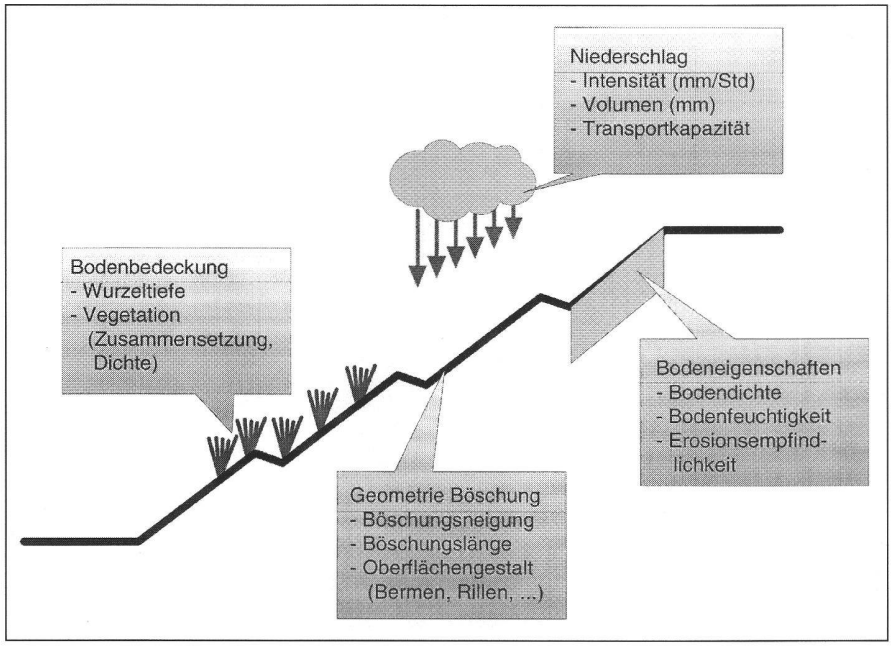

Abb. 1: Oberflächenerosion auf Hängen und Böschungen. Die vier Haupteinflussgrössen sind Niederschläge, Bodeneigenschaften, Böschungsgeometrie und -oberfläche sowie Vegetationsdecke.

und Transportmedium in unserem Raum vor allem Wasser in Frage kommt. Während langer Zeit ist man mit dem Phänomen Erosion rein intuitiv umgegangen, dies beispielsweise in grossen forstlichen Verbaugebieten wie den Brienzer Wildbächen oder der Buochser Rübi. In neuerer Zeit sind verschiedene Anstrengungen unternommen worden, um den Prozess der Oberflächenerosion quantitativ zu beschreiben. Der bekannteste Lösungsansatz stammt von Wischmeier/Smith (1978), welche die sogenannte USLE (Universal Soil Loss Equation) entwickelten. Obwohl dieses Modell nur in gewissen Grenzen gilt, liefert es doch das Verständnis, welche Faktoren Erosionsprozesse massgeblich beeinflussen. Ein neuerer Lösungsansatz stammt von Morgan et al. (1984), der auf der USLE aufbaut und neuere Erkenntnisse im Bereich der Energie von fallendem und abfliessendem Regen besser berücksichtig. In Abbildung 1 sind die Einflussgrössen für Erosionsprozesse vereinfacht dargestellt.

Die Modellparameter in Abbildung 1 haben folgende Bedeutung:

Niederschlag:

Die Regenfallenergie lässt sich nach Morgan et al. (1984) aus der Intensität (mm/Stunde) und dem Volumen (mm total) abschätzen. Die Transportkapazität hängt ebenfalls vom Niederschlag ab, wobei das Abflussvolumen nach Morgan et al. (1984) quadratisch ins Modell einfliesst.

Bodeneigenschaften:

Feuchtigkeit bei Feldkapazität, Bodendichte, Erosionsanfälligkeit. Um die Erosionsanfälligkeit abzuschätzen, sind die Sand-, Silt- und Tonfraktion eingehender zu betrachten. Stark erosionsanfällig sind nach Coppin/Richards (1990) Böden mit einem Siltanteil von über 40% und einem gleichzeitigen Sandanteil von bis zu 60%. Böden mit einem hohen Tonanteil (>40%) sind wenig erosionsanfällig. Bei den Prozentzahlen ist zu beachten, dass sie sich auf die Masse der Ton-, Silt- und Sandfraktion bezieht und nicht – wie in der Bodenmechanik üblich – auch die Kiesfraktion beinhaltet.

Geometrie der Böschung oder des Hanges:

Böschungswinkel und Böschungslänge. Diese Paramter beeinflussen die Energie des abfliessenden Wassers massgeblich.

Art der Bodenbedeckung:

Bewurzelungstiefe, Vegetationsdichte und -zusammensetzung, Humusschicht.

Coppin/Richards (1990) geben einen Ueberblick, wie der Einfluss der Vegetation auf Erosionsprozesse mit den oben genannten Modellen abgeschätzt werden kann. Sie empfehlen, die Modelle nach Morgan (1984) für einen konkreten Fall anzuwenden, indem das eine Mal die Parameter für den vegetationslosen Boden eingesetzt werden, das andere Mal die Vegetationsdecke mit maximaler Wirkung angenommen wird. Auf diese Weise kann die Wirksamkeit verschiedener Massnahmenkonzepte überprüft werden. Der Einfluss der Vegetation wird dabei mit vier Parametern beschrieben: dem Interzeptionsfaktor, dem Evapotranspirationsfaktor, der Wurzeltiefe und dem Bodenbedeckungsfaktor. Coppin/Richards (1990) geben eine Uebersicht über die Wertebereiche der einzelnen Parameter und die Rechenvorgänge. Es scheint, als ob mit dem Morgan-Modell brauchbare Hinweise gewonnen werden können, welche Massnahmenkonzepte am meisten Erfolg versprechen. Anwendungen dieser Methoden im Ingenieurbiologiebereich bei uns fehlen meines Wissens.

2.3 Bodenbewegungsprozesse

Es gibt verschiedene Ansätze, um Bodenbewegungsprozesse zu klassieren. Im Bereich der Ingenieurbiologie scheint folgende Unterteilung angebracht:

- Oberflächenbewegungen, ausgelöst durch Bodenkriechen, Solifluktion und Oberflächenerosion, ohne dass es zu Bruchzuständen kommt;
- Flachgründige Rutschungen mit einer maximalen Tiefe von 2m, wobei je nach Anisotropie und Bodeneigenschaften gekrümmte oder ebene Gleitflächen auftreten; die Wurzeln von Pflanzen können den Gleithorizont beeinflussen;
- Tiefgründige Rutschungen, bei denen die Gleitfläche mehrere Meter unter der Erdoberfläche liegt und somit kaum mehr vom Wurzelraum der Pflanzen beeinflusst wird.

Der Einsatz von Pflanzen zur Stabilisierung von unerwünschten Bodenbewegungen wird seit langer Zeit praktiziert. Dabei war viel Erfahrung und Intuition nötig, um die Grenzen des Einsatzes von Pflanzen zu erkennen und für den Einzelfall die richtigen Massnahmen zu treffen. Der Altmeister der Ingenieurbiologie, Prof. Schiechtl, hatte bei seinen Arbeiten ein ausgesprochenes Gefühl für die richtigen Massnahmen.

Den meisten Leuten, die sich Ingenieurbiologie zu beschäftigen beginnen, fehlt die so wichtige Erfahrung und auch die entsprechende Intuition. Man muss daher versuchen, alle Faktoren, welche die Böschungs- und Hangstabilität beeinflussen, zu erfassen und auch Methoden zu entwickeln, die es erlauben, die Stabilität quantitativ zu erfassen. Coppin/Richards (1990) geben eine gute Uebersicht über die methodischen Ansätze, welche zur Analyse von Böschungs- und Hangstabilitäten zur Verfügung stehen. Alle methodischen Ansätze, welche das Boden-Pflanzen-System zu modellieren versuchen, haben gewisse Mängel. Sie können jedoch dazu dienen, um Paramterstudien zu machen, und das Gesamtsystem besser zu verstehen. In Abbildung 2 sind die Modellansätze zur Stabilitätsbeurteilung vereinfacht wiedergegeben

Die gebräuchlichen Ansätze basieren auf dem Kriterium des Grenzgleichgewichts entlang der Bruchfläche. Mit dem aktuellen Stand des Wissens ist es nicht mög-

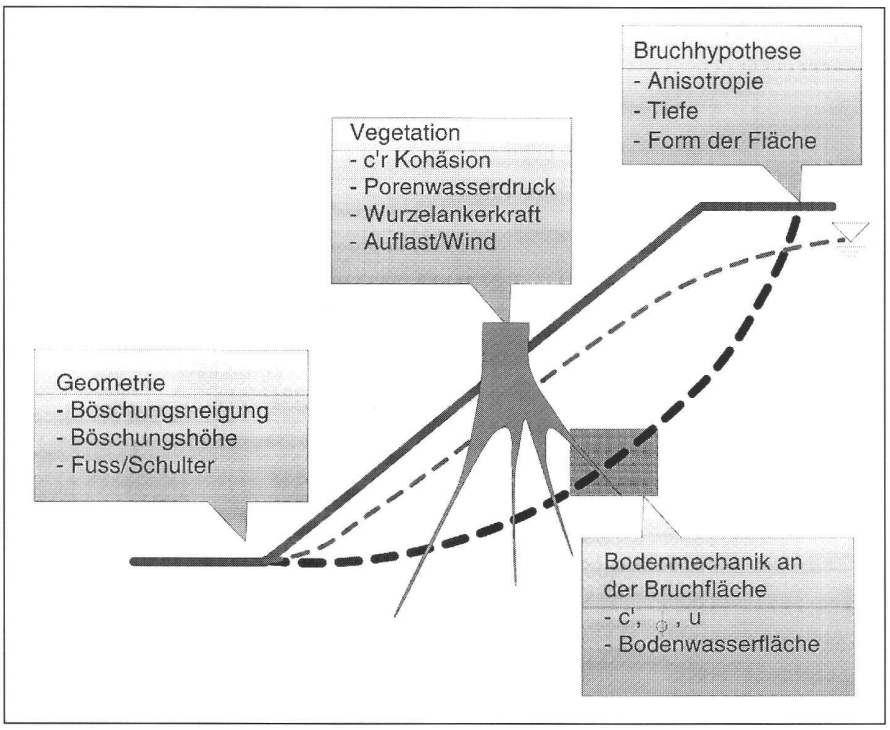

Abb. 2: Modell zur Beurteilung der Stabilität von Boden-Pflanzen-Systemen. Die quantitativen Methoden sind bei Coppin/Richards (1990) beschrieben und mit Beispielen illustriert.

lich, den Einfluss der Vegetation genau zu beschreiben. Um am Einzelobjekt den Einfluss der Vegetation beurteilen zu können, ist nach wie vor ein beträchtliches Mass an Erfahrung und Urteilsvermögen nötig. Die allgemein bekannten Zusammenhänge sind in Abbildung 2 dargestellt und haben folgende Bedeutung:

Die Geometrie der Böschungen und Hänge sind von entscheidender Bedeutung für die Stabilität und die Entwicklung geeigneter Massnahmen:

Am einzelnen Objekt bedeutet dies, dass das Gelände vermessen werden muss. Dabei sind insbesondere Längenprofile in Fallinie von besonderer Bedeutung, die ein objektives Bild der Geometrie ergeben. Die Geländeteile in den Bereichen der Hangfüsse und Hangschultern sind ebenfalls aufzunehmen.

Die bodenmechanischen Eigenschaften der Objekte sind abzuklären:

Die Schwierigkeit besteht darin, dass für die Beurteilung der Stabilität die Eigenschaften an der Bruchfläche massgebend sind, und genau diese Eigenschaften lassen sich oft nicht genau bestimmen. Als weitere Schwierigkeit kommt dazu, dass der Boden stark inhomogen aufgebaut ist, und die bodenmechanischen Parameter deshalb örtlich und zeitlich stark schwanken. Bei schwierigen, grösseren Instabilitätsproblemen ist es deshalb nötig, ein Baugrundmodell zu entwerfen. Oft empfiehlt es sich, einen Ingenieurgeologen beizuziehen, der dazu beitragen kann, die Bodeneigenschaften besser zu verstehen. Eine entscheidende Rolle spielt oft auch das Bodenwasser. Mit Wasserstandrohren und Piezometern können die Bodenwasserphänomene genauer erklärt werden.

Für jede Stabilitätsberechnung muss eine Bruchhypothese angenommen werden:

Die Lage und Form der Bruchfläche hängt von verschiedenen Faktoren ab. Oft bestimmt die Anisotropie des Bodens die Bruchfläche. Kohäsionslose Böden weisen mehr oder weniger ebene Bruchflächen auf, während kohäsive Böden gekrümmte Bruchflächen zeigen. Für die Wirksamkeit von ingenieurbiologischen Massnahmen ist die Tiefe der Bruchfläche entscheidend. Instabile Böschungen und Hänge mit einer Bruchfläche, die tiefer als 2 bis 3m liegt können nicht mehr mit ingenieurbiologischen Massnahmen allein stabilisiert werden. Besteht grosse Unsicherheit über die Lage der Bruchfläche, so kann mit Inklinometern die Lage der Bruchfläche festgestellt werden.

Die Vegetation beeinflusst die Stabilität in verschiedener Art und Weise:

Zum einen werden die Bodenwasserverhältnisse verändert. Die Bodenfeuchtigkeit und der Grundwasserspiegel werden in der Regel abgesenkt. Meteorwasser gelangt zum Teil gar nicht auf den Boden, da es durch die Vegetation interzeptiert wird. Die Durchwurzelung verändert auch die Durchlässigkeit der Böden, womit die Infiltration erhöht wird. Die mechanischen Eigenschaften werden ebenfalls verändert. Die Durchwurzelung des Bodens hat einen Armierungseffekt, womit die Köhasion des Bodens erhöht wird. Nach einer Zusammenstellung von Coppin/Richards (1990) kann mit einer Erhöhung von etwa 3 kN/m^2 gerechnet werden, wobei dieser Wert je nach Verhältnissen zwischen etwa 2 kN/m^2 und 12 kN/m^2 streut. Die Verankerung der Wurzeln einer Pflanze im Untergrund ergeben eine Wirkung, welche sich mit einem Pfahl vergleichen lässt. Dieser «Pfahl» stellt ein Widerlager für hangaufwärts liegendes Bodenmaterial dar und erzeugt zusammen mit den seitlich liegenden Pflanzen auch eine Gewölbewirkung. Gray/Leiser (1982) haben diese Effekte modelliert.

Die obige Übersicht zeigt, dass rund 15 Parameter nötig sind, um das System Boden-Pflanze nur annähernd zu beschreiben. Am konkreten Objekt wird es kaum möglich sein, diese Parameter zuverlässig zu schätzen, sodass Stabilitätsrechnungen nie richtig oder falsch sein können. Sie können allenfalls dazu dienen, um Parameterstudien durchzuführen und damit die Sensitivität des Systems abzuschätzen.

3. Vorgehenskonzept

Auch bei der Lösung von Erosions- und Stabilitätsproblemen empfiehlt sich ein Vorgehen gemäss Problemlösungszyklus. Entscheidend sind dabei die folgenden Schritte, die systematisch durchlaufen werden sollten:

Problemanalyse:

Bei der Problemanalyse geht es darum, das Phänomen und den ablaufenden Erosions- oder Instabilitätsprozess zu verstehen. In schwierigen Fällen sind zusätzliche Abklärungen angezeigt, bei denen Ingenieurgeologen helfen können. Als Resultat steht ein Baugrundmodell zur Verfügung, das für alle weiteren Überlegungen dient.

Zielsetzungen:

Die Zielsetzung legt die zu erreichenden Resultate fest. Sie muss die Frage beantworten, welche Prozessparameter beeinflusst werden sollen, um die Stabilität zu erhöhen. Eindimensionale Zielsetzungen, welche nur einen Einflussfaktor zu ändern versuchen, sind selten erfolgversprechend. Schliesslich gilt es auch abzuklären, welches Restrisiko toleriert werden kann, d.h. was nach erfolgten Massnahmen noch passieren darf. Dadurch ergeben sich beispielsweise für den Schutz von Bahnböschungen andere Vorgaben als für die Sicherung einer Alp-

strassenböschung, obwohl das Stabilitäts-Problem mehr oder weniger dasselbe sein kann.

Lösungsvorschläge:

Beim Erarbeiten von Lösungsvorschlägen gilt es, jene technischen und ingenieurbiologischen Massnahmen vorzuschlagen, die der Zielsetzung am besten gerecht werden. Es dürfte kaum einen Fall geben, bei dem nur eine Lösung möglich ist. Die ingenieurbiologischen Lösungsmöglichkeiten und Methoden sind ausführlich in den einschlägigen Lehrbüchern beschrieben.

Analyse der Lösungen:

Beim Analysieren der Lösungen sind die Massnahmenkonzepte hinsichtlich Funktionserfüllung, Effizienz und Auswirkungen auf die Umwelt zu beurteilen. Die Funktionserfüllung sollte gemäss dem Bemessungskonzept der SIA Norm 160 überprüft werden, es sind Aussagen zu Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit zu machen. Vermehrte Bedeutung wird in Zukunft die Abklärung der Auswirkungen auf die Umwelt erlangen, wobei sowohl die natürliche (Boden, Wasser, Luft, Biosphäre, Klima) als auch die soziale Umwelt (Sicherheit/Gesundheit, wirtschaftliche Entwicklung, Raumnutzung, kulturelles Erbe, Ästhetik) zu berücksichtigen sind. Eine saubere Analyse gehört zur Sorgfaltspflicht jedes Ingenieurs und sollte somit eigentlich selbstverständlich sein.

Bewertung:

Bei der Bewertung geht es darum, die aus der Analyse für einzelne Teilbereiche gewonnenen Erkenntnisse sorgfältig gegeneinander abzuwägen, um einen ausgewogenen, möglichst optimalen Entscheid zu fällen. Welches Gewicht man den einzelnen Faktoren beimisst, muss allerdings in jedem Einzelfall von neuem beurteilt werden. Nur diese ganzheitliche Schau ermöglicht es, optimale Lösungen vorzuschlagen.

Entscheid:

Erst aufgrund der obigen Abklärungen wird der Entscheid für die Ausführung einer bestimmten Lösung getroffen.

Für einfache Probleme genügt es, den Problemlösungszyklus gedanklich zu durchlaufen. Für schwierige Probleme, die auch entsprechend kostspielige Massnahmen erfordern, ist es hingegen angezeigt, gründlichere Abklärungen vorzunehmen. Auf diese Weise können vor allem auch Misserfolge von ingenieurbiologischen Massnahmen vermieden werden, welche leider oft den Eindruck hinterlassen, ingenieurbiologische Massnahmen seien schlechthin ungeeignet.

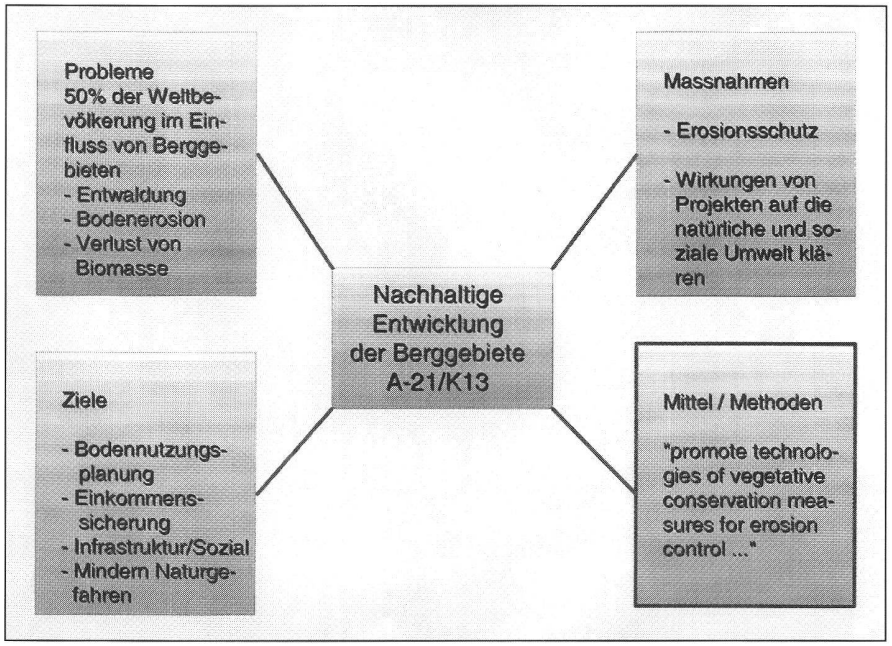

Abb. 3: Ergebnisse des Riogipfels von 1992 zur Entwicklung der Berggebiete. Den vegetativen Erosionsschutzmethoden wird eine erstrangige Bedeutung beigemessen, womit der Ingenieurbiologie sozusagen die Rolle einer Schlüsseltechnologie zukommt.

4. Ausblick

Die Ingenieurbiologie hat in den letzten Jahren erfreulich an Interesse gewonnen, dies nicht zuletzt dank der Anstrengungen des Vereins für Ingenieurbiologie. Methodenmässig hat Schiechtl (1973) die Grundsteine gelegt, auf die wir noch heute bauen. Es stellt sich somit die Frage, in welche Richtung sich die Ingenieurbiologie in der Zukunft weiterentwickeln soll und kann.

Der Umweltgipfel von Rio 1992 hat zu den Erosionsproblemen und zur Entwicklung der Berggebiete in Kapitel 13 der Agenda-21 Stellung genommen (UNO 1992). In Abbildung 3 sind die wesentlichen Ueberlegungen zu diesen Themen wiedergegeben. Ausgangspunkt der Ueberlegungen bildet die Feststellung, dass rund 50% der Weltbevölkerung im Einflussbereich von Berggebieten leben. Diese Gebiete sind durch Entwaldung, Bodenerosion, Verlust an Biomasse und Verlust an Biodiversität gefährdet, weshalb ihre Qualität als Lebensgrundlage für die Weltbevölkerung stark abnimmt. Die Ueberlebensfähigkeit der Menschheit wird daher unter anderem davon abhängen, ob es gelingt, die ländlichen Räume zu erhalten und qualitativ zu verbessern. Als Hauptziele für eine Entwicklung der ländlichen Räume im Berggebiet nennen die Autoren von Agenda-21 (UNO 1992) eine sinnvolle Bodennutzungsplanung, die Einkommenssicherung, die Schaffung minimaler Infrastruktur- und Sozialeinrichtungen sowie ein Mindern der Auswirkungen von Naturgefahren. Im Massnahmenbereich wird dem Erosionsschutz erstrangige Bedeutung beigemessen; wobei die ingenieurbiologischen Methoden explizit erwähnt sind («...promote technologies of vegetative conservation measures for erosion prevention, ...that are low cost, simple and easily adopted by local people.»). Damit kommt der Ingenieurbiologie sozusagen die Rolle einer Schlüsseltechnologie zu, was uns ermuntern sollte, tatkräftig an der Weiterentwicklung und für einen sinnvollen Einsatz derartiger Methoden zu arbeiten.

Die nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft ist die Herausforderung schlechthin, der wir uns stellen müssen. Dabei sind es zwei Hauptgedanken, von denen wir uns leiten lassen sollten:

- Die Energie- und Stoffdurchsätze durch unsere Systeme sind zu minimieren. Gerade unter dieser Forderung hat die Ingenieurbiologie gute Chancen. Wenn kombinierte Massnahmen nötig sind, so werden in Kombination mit Ingenieurbiologie allerdings noch oft Schwergewichtskonstruktionen eingesetzt, welche hohe Material- und Engergiedurchsätze erfordern. Die mechanische Wirkungsweise der Pflanzen könnte uns hier den Weg in die Zukunft weisen. Die Technik der Boden- und Felsanker kommt der Wirkungsweise der Vegetation am nächsten und wurde in den letzten Jahren entscheidend verbessert. In Kombination mit Pfahlkonstruktionen können grosse Wirkungen erzielt werden. Ehrbar (1984) hat entsprechende Lösungen vorgeschlagen und mit Erfolg

angewandt. Es wäre deshalb interessant, verschiedene Massnahmen unter dem Gesichtspunkt der Energie- und Stoffeffizienz genauer zu untersuchen.

- Viele intensive Nutzungsmethoden haben zum Teil dazu beigetragen, dass die Biodiversität kleiner geworden ist, weshalb heute Forderungen nach ökologisch veträglicheren Methoden laut werden. Die klassischen ingenieurbiologischen Methoden mit vegetativer Vermehrung und damit Klonung sind aus dieser Sicht nicht erwünscht. Aus diesem Grund sollte vermehrt natürlich nachgezogenes, bewurzeltes Pflanzenmaterial verwendet werden, was z.B. bedeutet, dass anstelle von Buschlagen konsequent Heckenbuschlagen eingesetzt werden sollten.

Ein ganzheitliches Problemverständnis ist nötig, um die Aufgaben der Zukunft zu lösen. Der vorliegende Beitrag versucht, dazu einige Hinweise zu geben, dies im Bestreben, unsere Lebensräume als Voraussetzung für die gesellschaftliche Entwicklung für die Zukunft zu erhalten und zu sichern.

Literaturhinweise:

Coppin, N.J.; Richards, I.G. (1990): Use of Vegetation in Civil Engineering. Butterworhts. London u.a. 292 S.

Ehrbar, R. (1984): Sanierung eines Rutsches mit Kleinbohrpfählen. Schweiz. Z. Forstw.

Gray, D.H.; Leiser, A.J. (1982): Biotechnical slope protection and erosion control. Van Nostrand Reinhold. New York.

Meadows, D.H. et al. (1992): Die neuen Grenzen des Wachstums; die Lage der Menschheit: Bedrohung und Zukunftschancen. Deutsche Verlags-Anstalt. Stuttgart. 319 S.

Morgan, R.P.C. et al. (1984): A predictive model for the assessment of soil erosion risk. J. Agric. Engng. Res., 30, 245-253.

Schiechtl, H.M. (1973): Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. Callway. München.

UNO (1992): Managing fragile ecosystems: sustainable mountain development. In: Report of the United Nations Conference on environment and development. UN Publications. New York.

Wischmeier, W.H.: Smith, D.D. (1978): Predicting rainfall erosion losses. Agricultural Research Service Handbook 537, US Department of Agriculture. Washington DC.

Adresse des Verfassers:
Prof. Dr. H.R. Heinimann
Professur für forstliches Ingenieurwesen
ETH Zentrum
CH-8092 Zürich

Ästhetische Einpassung von Stützbauwerken in die Landschaft

G. Hildesheimer

Welche Massnahmen sind zu ergreifen, damit ein technisches Bauwerk wie beispielsweise eine Stützmauer sich optimal in die Landschaft einfügt? Diese Frage wird anhand von vier Thesen diskutiert.

Quelles sont les mesures à prendre pour qu'un ouvrage technique tel que, par exemple un mur de soutènement, s'insère de façon optimale dans le paysage. Cette question est abordée ici par le biais de quatre thèses.

Einleitung

Stellen wir den Anspruch, in einer produktiven Form über ästhetische Optimierung von Bauwerken zu diskutieren, so müssen zuerst die beiden im Alltagsgebrauch diffusen Begriffe «Ästhetik» und «Landschaft» mit Inhalt gefüllt werden.

Unser heutiges Empfinden von Schönheit in der Natur ist eine Erscheinung der Neuzeit, das Naturempfinden der Menschen hat sich im Laufe der Jahrhunderte radikal gewandelt. In vorindustrieller Zeit waren es die Bauern, welche in direkter Abhängigkeit von der Natur lebten. Für sie galt ein Fleck Land als schön, wenn er fruchtbar und gut zu bearbeiten war, ihr ästhetisches Empfinden war massgeblich durch die Funktionalität geprägt. Erst nach der industriellen Revolution, die eine vermehrte Unabhängigkeit von der Natur mit sich brachte, fand der Mensch genügend Distanz, um nicht mehr das Gefühl der Bedrohung durch die Natur zu empfinden, sondern die Überzeugung, sie zu beherrschen. Auf dieser Grundlage entstand das moderne romantische Naturverständnis, Natur konnte «genossen» werden.

«Die Landschaft» in einem positivistischen Sinn, als naturwissenschaftliche Kategorie gibt es nicht. Die Wissenschaft reduziert Landschaft in der Regel auf greifbare, eindeutig definierbare Einzelaspekte. Es ist aber nicht die Summe von beschreibbaren, objektivierbaren Teilen, welche eine Landschaft ausmacht. Landschaft entsteht in uns, durch unsere Wahrnehmung der Elemente bilden wir ein neues Ganzes. Damit ist Landschaft, und erst recht ihre Bewertung, immer subjektiv.

Um trotzdem über landschaftsästhetische Probleme entscheiden zu können, wird bei der Beurteilung anhand von nachvollziehbaren Indikatoren und Kriterien argumentiert. Einige Beispiele dafür:

Vielfalt:

Kommen in der natürlichen Ausstattung verschiedene Elemente wie Reliefstrukturen, Gewässer, offene Vegetation und Wald vor? Wie ist die Ausprägung der Einzelelemente?

Beziehungsgefüge:

Wie stehen die Elemente zueinander? Ergibt sich ein spannungsvoller Gesamteindruck? Kontrastiert beispielsweise Grosses mit Kleinem, Schroffes mit Lieblichem?

Visuelle Empfindlichkeit:

Ist die Landschaftskammer aufgrund des Reliefs und der Vegetation in der Lage, Störungen zu absorbieren oder verändert jeder Eingriff das Wesentliche?

Ein Eingriff wird unter anderem anhand folgender Kriterien beurteilt:

- Störung: die Bewertung stützt sich auf Massstäblichkeit und Angepasstheit des Objektes, Flächenverlust und Sinnverlust durch den Eingriff
- visuell betroffenes Gebiet: Grösse des Gebietes, auf welches die Störung Einfluss nimmt

Überarbeitete Fassung des Referates anlässlich der Ingenieurbiologie-Tagung vom 3. Dezember 1993 in Zürich.