

Vergleichende Betrachtung von ingenieurb biologischen und herkömmlichen Verbaumaßnahmen zur Vorbeugung und Verringerung von Hangerosionsschäden am Beispiel eines rheinland-pfälzischen Waldes auf einem Truppenübungsplatz bei Baumholder

von **Norman Klein** und **Wolfgang Rohe**

Inhaltsübersicht

Kurzfassung

Summary

1. Einleitung
2. Gebietsbeschreibung
3. Methodik
4. Durchführung der Maßnahme
5. Diskussion und methodenkritischer Vergleich der Bauwerke
6. Dank
7. Literatur

Kurzfassung

Die beschriebene Studie sollte den Vergleich zwischen herkömmlichen Bauweisen, Lebbdbau und der kombinierten ingenieurb biologischen Bauweise ermöglichen. 1996 wurde sie in einem bewaldeten Nordhang auf dem Truppenübungsplatz Baumholder in Rheinland-Pfalz durchgeführt. Es wurde mit verschiedenen Bauwerken eine Hangerosion unterbunden.

Die militärische Nutzung mit schweren Fahrzeugen trat dort als erosionsbestimmender Faktor auf. Unsere Untersuchungsfläche lag unterhalb einer vegetationsfreien Plateaufläche (570 m ü.NN). Sie war durch Panzer stark verdichtet. Nach Regenfällen strömte das Wasser in den Nordhang und verursachte tiefe Erosionsgräben. Ältere Bauwerke, wie eine Rigole und zwei Regenrückhaltebecken mit Holzschwellenwänden, waren ungeeignet, die Erosion zu stoppen. Mit Hilfe eines Kettenbaggers und einer Laderaupen wurden in vier Tagen fünf alte Einrichtungen repariert und neue Bauwerke errichtet. Es wurden zwei neue Holzschwellenwände mit Teichfolie, eine Holzkrainerwand, vier Drahtschot-

tergabionen, eine Palisadenwand, zwei Runsenausbushungen und ein Lebender Kamm errichtet. Die Vorgehensweise ist im Text geschildert. Zwecks Kostenminimierung und Anwuchserfolges wurde lokales Pflanzenmaterial verwendet. Zum Einsatz kamen Eichen- (*Quercus* sp.) und Lärchenholz (*Larix decidua*) mit Munitionssplintern sowie Weidenruten (*Salix alba*, *S. fragilis* und *S. purpurea*). Letztere wurden in die Holzkrainerwand, in die Gabionen, in den Lebenden Kamm und in die Palisadenwand eingesetzt.

Nach drei Jahren sind die herkömmlichen Bauwerke wieder zugeschlämmt. Die ingenieurbiologischen Bauwerke – insbesondere die Holzkrainerwand mit den Weidenruten – sind dagegen noch funktionstüchtig. Die Kosten für die ingenieurbiologischen Bauwerke waren deutlich niedriger als die der herkömmlichen Baumaßnahmen. Hinzu kommt die harmonische Einpassung der ingenieurbiologischen Bauten in die Landschaft im Gegensatz zu den herkömmlichen Bauten.

Summary

Comparison between the effect of biological engineering and physical measures to control erosion on a scree-slope

The primary aim of this study was to compare the effect of physical or biological measures and the combination of both, to control erosion on a scree-slope. The erosion, together with vegetation damage, was caused by artillery and tank training. In the slope, there were erosion gullies up to 3 m deep, which the old physical measures could not stop.

In four days with the help of machines five old measures were repaired and two technical protection and nine biological engineering measures were built. The new physical measures were two log crib-walls. The biological engineering measures were one living timber crib-wall, four gabions, one pallsade, two brush-layers (cross-section) and a variation of a small pallsade wall.

After three years the physical protection measures had stopped functioning. The cheaper, living stabilisers were still effective and had the added advantage of harmonising with the landscape and being a component of the ecosystem.

1. Einleitung

Flächen mit besonderer mechanischer Beanspruchung weisen oft ein hohes Potential an Bodenerosion auf. Verstärkend wirken sich dabei ungünstiger Bodenaufbau, fehlender Bewuchs (verursacht durch Beschattung) und ergiebige Niederschläge aus. Der Bodenabtrag verringert nachhaltig die Bodenfruchtbarkeit und kann bis zur vollständi-

gen Devastierung führen. Die kaum noch geminderten Abflußmengen zeigen ihre Auswirkungen auch in den darunter liegenden Gebieten. Hierbei sind oft besiedelte Bereiche betroffen. Zur Schadensabwehr wurden früher meist ausschließlich Totverbaumaßnahmen eingesetzt. Dabei wurde kostenintensiv und mit hohem Materialaufwand unbelebtes Baumaterial verwendet. Der langzeitwirksame Umwelteingriff hinterließ mehr oder weniger landschaftspassende Bauwerke zurück, die allmählich verrotten.

Die Ingenieurbiologie dagegen beabsichtigt durch naturnahen Verbau eine langfristige Sicherung oder auch Verbesserung der Flächennutzung. Durch Einsatz von überwiegend bodenbürtigem Material und lebendigen Pflanzen bzw. ausschlagfähigem Pflanzenmaterial wird ein ökologisch-mechanischer Wirkungskomplex angestrebt (verändert nach BEGEMANN & SCHIECHTL 1994). Ingenieurbiologische Bauwerke nehmen am ökologischen Kreislauf teil. Ihre Funktion ist gleichbleibend oder anwachsend. Aufgrund der biotischen Elemente sind die Bauwerke zur Regeneration befähigt. Eine gesteuerte Sukzession von standortfremden, aber im Anfangsstadium erforderlichen, Pflanzen zu potentiell natürlichen Vegetationen ist z.T. möglich. Angestrebt wird auch ein landschaftsgerechtes Erscheinungsbild. Es wird versucht, das Baumaterial vor Ort zu gewinnen. So unterbleiben lange Fahrwege und Transportkosten. Einschränkend sind aber Nachteile, wie die geringe Auswahl an Baumaterialien, die Abhängigkeit von der Biologie der Pflanzen, die oft zeitlich verzögerte Wirksamkeit der Bauwerke, der Raumbedarf und die eingeschränkte Belastbarkeit der Bauwerke, zu nennen.

In vorliegender Arbeit wurden in einem Hangerosionsgebiet sowohl Tot- und Lebendverbau wie auch kombinierte Bauweisen eingesetzt, um einen Vergleich aus ökonomischer, funktioneller und ökologischer Sicht zu erhalten.

2. Gebietsbeschreibung

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Westen von Rheinland-Pfalz (Regierungsbezirk Koblenz), ca. 20 km südöstlich von Idar-Oberstein. Die Untersuchungsfläche (Revierförsterei Schönlautebach, Forstort Breungenborner Kopf/Abt. 126b) liegt mitten im Truppenübungsplatz Baumholder. Die Waldflächen werden durch die Bundesforstverwaltung betreut. Die Untersuchungsfläche gehört zum Wuchsbezirk/Naturraum Oberes Nahe-Bergland (Wuchsgebiet: Saar-Nahe-Bergland). Regional bezeichnet man das Gebiet um Baumholder als den Westrich. Er ist eingebettet zwischen dem Höhenzug des Hunsrücks im Norden und dem Nordpfälzischen Hügelland im Süden. Die Mittelgebirgslandschaft ist durch tief eingeschnittene Täler und Höhenlagen von 200–600 m ü.NN gekennzeichnet. Das Gebiet des Truppenübungsplatzes entwässert im Westen und Norden in die Nahe, im Süden in den Glan. Es zählt zum Hochwasserentstehungsgebiet der genannten Gewässer. Die Jahresniederschläge betragen im Mittel 503–806 mm. Schwerpunktmäßig fallen sie außerhalb der Vegetationszeit. In

den Jahren 1987 bis 1996 betrug der mittlere Jahresniederschlag 652 mm. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt 7–8 °C. Die Windgeschwindigkeiten erreichen im Mittel 4 m/sec. und sind ein erosionsfördernder Faktor.

Die Grundgesteine der Liegenschaft Baumholder stammen aus dem Erdaltertum. Sie gehören überwiegend dem Oberen Rotliegenden an. Hauptsächlich trifft man auf Porphyrit mit einigen Melaphyr-Adern. Die Bodenentwicklung führt überwiegend zu Braunerden, die sich i.d.R. als schluffig sandige Lehme zeigen (SEITZ, MARTIN & BURGIS 1995). Die vorhandenen Zweischichtböden mit durchgängig hohem Skelettanteil unterschiedlicher Ausprägung (30–80 %) sind ebenfalls erosionsfördernd.

Oberhalb des erosionsgeschädigten Hanges befindet sich eine stark frequentierte asphaltierte Straße („Römerstraße“). Sie dient als militärische Verbindungs- und Anfahrtsstrecke. An die Straße schließt sich eine gering dimensionierte lückige Lärm- und Staubschutzhecke an. Dahinter befindet sich auf dem Plateau ein intensiv von schweren gepanzerten Fahrzeugen (23,8 t pro Fahrzeug) bebauter Bereich. In dieser Hochlage befand sich eine unfachmännisch angelegte Rigole. Einige peripher und vereinzelt stehende 150jährige Eichen sowie kleinere Grashorste prägen die ansonsten vegetationsfreie, stark mechanisch beeinträchtigte Bodendecke. Daran schließt sich ein bewaldeter Nordhang an. Das Wassereinzugsgebiet dieses Hanges beinhaltet 10,52 ha. Der Bodentyp im Hangwald ist schwach podsolige Braunerde, das Ausgangssubstrat Hangschutt über Tonen. Die steilsten Flächen (bis zu 32 % Neigung) waren vor Projektbeginn dicht bestanden mit 40jährigen Fichten (*Picea abies*) sowie untergemischt mit ebenso alten europäischen Lärchen (*Larix decidua*), Douglasien (*Pseudotsuga menziesii*) und Rotbuchen (*Fagus sylvatica*). Die weniger geneigten Bereiche sind überwiegend mit 100jährigen Rotbuchen bestockt.

Angetroffene Erosionssituation

Durch den ca. 230 m langen Hang zog sich ein y-förmiger bis zu 3 m tiefer Erosionsgraben (Abb. 1). Die beiden Schenkel entsprangen an dem schon geschilderten Plateau. Zu Beginn der Schenkel fand man ein Regenrückhaltebecken sowie kleinere Weidenbüsche und je eine Holzschwellenwand (Abb. 2) aus älteren Totverbaumaßnahmen. Die Becken waren vollgeschwemmt mit Erdmaterial aus dem Plateaubereich und deshalb nicht mehr funktionell. Der Grabenabschnitt A enthielt noch drei weitere zugeschlammte alte Holzschwellenwände.

Die Oberflächenversiegelung durch die Straße und die erhebliche Bodenverdichtung durch schwere Fahrzeuge sowie die immer wieder erneut zerstörte Vegetationsdecke (Abb. 3) erlauben keine Rückhaltung der erheblichen Niederschlagsmengen auf der Plateaufläche. Diese Nutzungsformen werden auf absehbare Zeit unverändert bleiben. Der Oberflächenabfluß schleppt Erdanteile mit sich. Diese füllen die Regenrückhaltebecken in kurzer Zeit auf (nach ca. 1 Jahr). Mit Hilfe der Rigole probierte man, die Schadströme umzulenken. Die Ausführung der Entwässerung führte aber zu einer Er-

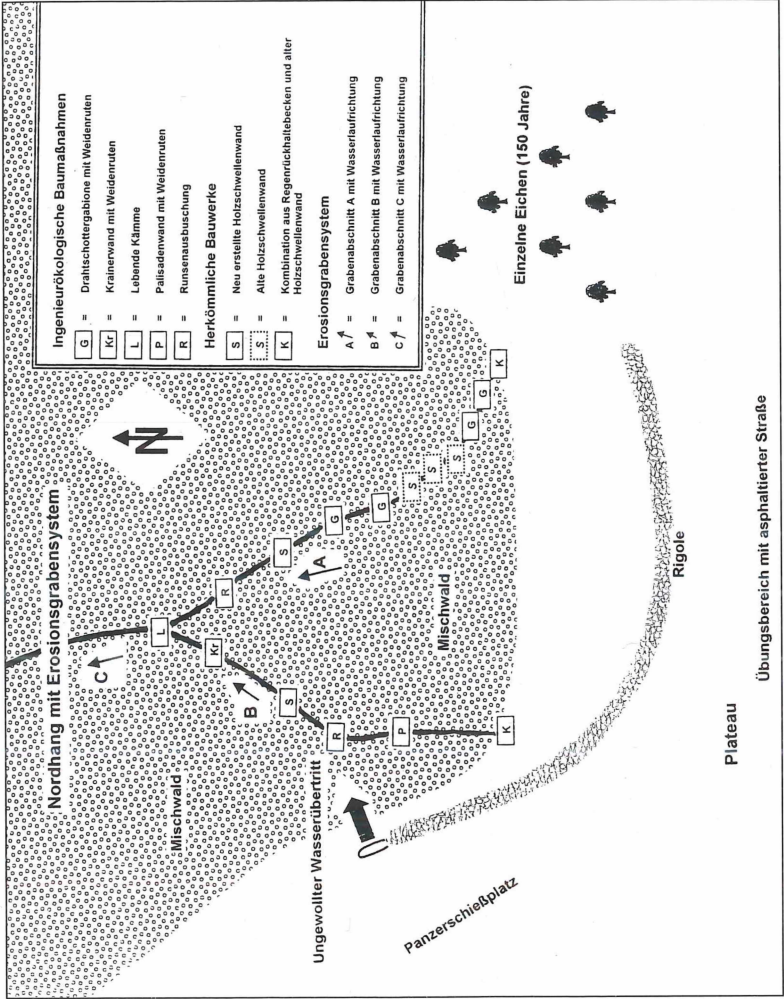


Abb. 1: Übersichtskarte mit Darstellung der Einzelstandorte der Bauwerke im Forstrevier Schönlautebach (Truppenübungsplatz Baumholder)

höhung des Schadpotentials. Die Rigole ist viel zu gering dimensioniert und läuft schon während der Niederschlagsereignisse im Regelfall voll (Abb. 4). Außerdem ist sie falsch platziert: Das übertretende Wasser dringt seitlich in das Y-Grabensystem ein, und zwar genau während der stärksten Belastung des Systems. Entsprechend erosionsfördernd ist die Rigole.



Abb. 2: Das vollständig zugeschlammte und bewachsene herkömmliche Kombinationsbauwerk aus Regenrückhaltebecken (nicht mehr erkennbar) und Holzschwellenwand. 26. Juli 1996, Foto: W. ROHE



Abb. 3:
Waldrand mit vorgelagerten einzelnen Eichen (150 Jahre). Im Bildvordergrund regenwasserdurchflutete Fahrspuren von schweren Fahrzeugen. Standort: Waldrand; Blickrichtung: Südosten. Foto: N. KLEIN

Abb. 4:
Überlaufende Rigole.
Im Bildhintergrund ist
der vegetationsfreie Pan-
zerschießplatz zu sehen.
Foto: N. KLEIN



Abb. 5:
Das Untersuchungsge-
biet. Die Erosionsschä-
den (Entwurzelung von
Bäumen und Grabensystem
sind deutlich zu
sehen. 26. Juli 1996,
Foto: W. ROHE

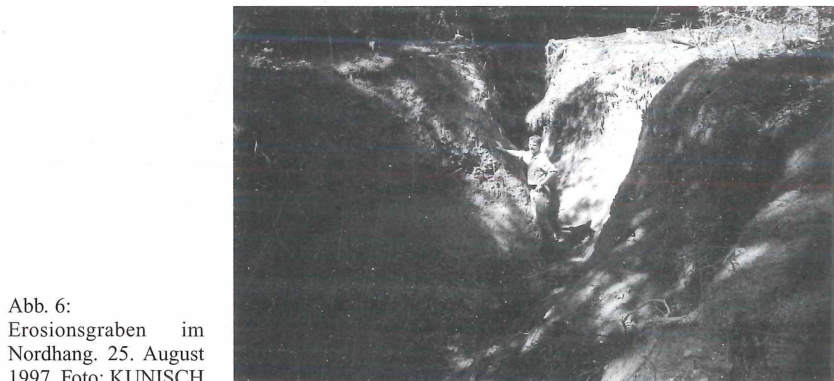


Abb. 6:
Erosionsgraben im
Nordhang. 25. August
1997. Foto: KUNISCH

Nicht zu vernachlässigen ist die Aushagerung des Bodens durch den Wind aufgrund der exponierten Lage sowie der fehlenden Vegetationsdecke. Die ungünstige Niederschlagsverteilung – überwiegend in der vegetationsfreien Zeit – verschärft die Erosionsgefahr. Der Regen trifft oft auf gefrorenen Boden und fließt fast vollständig oberflächlich ab. So verursachten die Wassermassen erhebliche Schäden im Hang (560 m ü.NN). Es wurden mehrere Bäume (Abb. 5) geworfen, und es entstand ein Grabensystem mit bis zu 3 m Tiefe (Abb. 6). Das starke Gefälle (bis zu 32 %), die Hanglage (230 m Länge) und die dicht stehenden Nadelbäume und Buchen verhinderten die Entwicklung einer erosionshemmenden Strauch- und Krautschicht.

Ein weiterer Schadfaktor ist der Zweischichtboden mit hohem Skelettanteil und geringem „Zusammenhalt“. Diese Konzentration von erosionsfördernden Komponenten findet man oft in Mittelgebirgslagen.

Problematik

Bei Verteidigungsliegenschaften steht die militärische Nutzung im Vordergrund. Dortige Waldvorkommen müssen der Truppe wirklichkeitsnahe Übungsverhältnisse bieten. Die daraus resultierende Nutzung bedeutet eine besondere Beanspruchung der Wälder, Böden und weiterer Naturressourcen. Der Bundeswald soll nach den Grundsätzen der Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit durch naturnahen Waldbau eine ökologische Ausgleichs- und Schutzfunktion erbringen (BUNDESMINISTERIUM DER FINANZEN 1995). Diese Zielsetzung kann auch mit forstunüblichen Maßnahmen erreicht werden. Insbesondere für die Erosionsvorbeugung sind spezielle Arbeiten erforderlich, um das zivile Umfeld der Übungsplätze zu schützen. Diese Funktion wird weitgehend durch Waldgürtel gewährleistet (KRAFT 1993). Bei z.B. nicht standortgerechtem Baumbestand und schwierigen Bodenverhältnissen kann der Wald alleine nicht mehr ausreichend Schutz bieten. Dann sind Verbaumaßnahmen nötig.

Notwendigkeit der Erosionsverbaumaßnahme und Aufgabenstellung

Das Untersuchungsgebiet trägt zu den Hochwasserspitzen in der Nahe bei. Dadurch gefährdet der militärische Betrieb des Truppenübungsplatzes indirekt sein ziviles Umfeld. Aufgrund der früheren Erfahrungen ist man bestrebt, das Gefahrenpotential bereits vor Ort auf dem Gebiet des Verursachers zu verringern. Erste Maßnahmen waren die Anlage des Schutzwaldes, der Rigole, der Regenrückhaltebecken und der Holzschwellenwände. Diese Kombination erwies sich als unzureichend. Deshalb regte die Revierleitung Schönlauterbach 1996 die Vergabe einer Diplomarbeit zum Thema Erosionsschutzmaßnahmen an. In dem Nordhang sollten exemplarisch sowohl Tot-, Lebendverbau als auch kombinierte Bauweisen zum Einsatz kommen. Eine vergleichende Betrachtung war angestrebt zur Beurteilung der Eignung diverser Bauweisen.

3. Methodik

Die Vorgehensweise entsprach der üblichen Abfolge einer Planung:

- A Zusammenstellung der planerischen und rechtlichen Grundlagen
- B Kartierung der Flächen und Erhebung der Schäden unter Berücksichtigung schon vorhandener Daten
- C Naturschutzfachliche, forstwirtschaftliche und ingenieurbioologische Bewertung
- D Formulierung eines Leitbildes / Zielkonzeptes unter Berücksichtigung der Vorgabe der Flächennutzer
- E Auswahl der Baustoffe
- F Detaillierter Arbeits- und Ablaufplan sowie Kostenrechnung
- G Durchführung der Bautätigkeit
- H Fertigstellungspflege / -arbeiten
- I Kontrolle der Bauwerke und Akzeptanzuntersuchung bei den Flächennutzern

Vor Baubeginn ist zu prüfen, ob durch nutzungsbegleitende Maßnahmen die Notwendigkeit der Bautätigkeit umgangen werden kann. Folgende Maßnahmen sind dabei zu berücksichtigen:

- Lenkung des Fahrzeugbetriebes durch Abstimmung mit dem Liegenschaftsnutzer
- Wegeführung unter Aussparung sensibler Bereiche
- Dauerhafte und gut sichtbare Markierung sowie Befestigung von Einfahrten und Stellplätzen
- Abschränkung und zeitweilige Stilllegung von Flächen
- Sanierung von gestörten Böden durch Nutzung von natürlichen Regenerationskräften (Sukzession)
- Vorwälder statt anthropogener Walderneuerungen

(BUNDESMINISTER DER FINANZEN 1995)

zu B

Vorbereitende Erhebungen

Vor Baubeginn wurden die Schadenssituation und die älteren Bauwerke fotografisch und vermessungstechnisch aufgenommen. An den geplanten Standorten der Verbaumaßnahmen wurden zusätzlich Querprofile durch Staffelmessung erhoben. Die Sicherung der Eckpunkte der Messung erfolgte vor Baubeginn. Zusätzlich wurden vor Ort Wassermengenangaben erhoben. Dazu wurde an Engstellen des Grabensystems das Wasser mit einem 15 l-Eimer aufgefangen und die Füllzeit gestoppt. So ließ sich die Wassermenge in Liter pro Minute berechnen. Eine gewisse Ungenauigkeit ergab sich durch am Eimer vorbeilaufende Wassermengen.

Aufgrund der aktuellen Standorts- und Waldbiotopkartierung und weitergehender Untersuchungen (Forschungsprojekt des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz

und Reaktorsicherheit, siehe WILLECKE et al. 1996) war umfangreiches Datenmaterial vorhanden. Ergänzend wurde kleinflächig eine Standorts- / Vegetations- und Biotopkartierung durchgeführt. Die Bodeneigenschaften und der Bodenaufbau wurden anhand mehrerer Bodenprofile erhoben. Die Bodeneinschläge erfolgten auf der Plateaufläche und im Bestand des Hanges.

Zu D

Die vorhandenen Erosionsrinnen sollten durch Querbauten (dies sind Bauwerke, die quer zu den Längsachsen der Rinnen angeordnet sind, SCHLÜTER 1996) beseitigt werden. Ziel war es, die Zufuhr von Wasser und Boden bzw. Geröll zu mindern. Deshalb wurde oberhalb der Querwerke eine Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit und der Schleppkraft des Wassers beabsichtigt, um die Sedimentation in das Bauwerk zu fördern. Das zurückgehaltene Material wurde von dem in das Bauwerk eingebrachten Weidenmaterial durchwurzelt und festgelegt. Dies führte zu einer weiteren Stabilisierung.

Die Beseitigung der Hangerosionschäden sollte durch Einsatz von Totverbau, kombinierten Bauweisen und Lebendverbau innerhalb eines vorgegebenen finanziellen Rahmens von maximal 15.000 DM erfolgen. Gleichzeitig sollte ein Effizienzvergleich (Kosten/Nutzen) zwischen herkömmlicher und ingenieurbioologischer Bauweise ermöglicht werden. Außerdem war der Eingriff in das Landschaftsbild so gering wie möglich zu halten.

Zu E

Zielsetzung bei der Baumaterialbeschaffung war es, kurze Anfahrts- und Transportwege zu schaffen, eine kostengünstige Gewinnung zu erreichen und möglichst nur bodenbürtiges Material zu verwenden.

Äste vegetativ vermehrbare Weiden sind für viele ingenieurbioologische Bauweisen im Erd- und Wasserbau das wichtigste Baumaterial (SCHIECHTL 1996). In Baumholder konnten wir bei den Lebendbaustoffen auf erprobtes Pflanzenmaterial von einem Standort unweit der Untersuchungsfläche zurückgreifen. Die Inaugenscheinnahme des ursprünglichen Wuchsstandortes der Weidenarten *S. alba*, *Salix fragilis* und *S. purpurea* und die Besichtigung der mit diesem Material durchgeführten ingenieurökologischen Maßnahmen ergaben wertvolle Hinweise zur potentiellen Entwicklung der Pflanzen in Abhängigkeit von Licht- und Feuchteverhältnissen, Bodensubstrat und Nährstoffgehalt. Alle drei Weidenarten ertragen gut Schnittmaßnahmen (*Salix alba* als Kopfweide) und damit auch Verbiß. Ebenfalls zeigen sie ein gutes Stockausschlagvermögen, und für *S. alba* und *fragilis* ist in der Literatur auch eine starke Regenerationsfähigkeit angegeben (SCHLÜTER 1990, SCHIECHTL 1992). Unbewurzelte oberirdische Pflanzenteile der genannten Weidenspezies bewurzeln sich sehr gut (*S. alba* und *fragilis*) bis gut (*S. purpurea*). Aufgrund des skelettreichen Bodens und der damit häufigen mechanischen Widerstände (siehe auch POLOMKSI & KÜHN 1998) durfte nur Pflanzenmaterial mit gutem Bewurzelungsvermögen verwendet werden.

Zusätzlich wurde für den ersten Bauabschnitt (Oktober 1996) Winterweizen (*Triticum aestivum*) zwecks Bodenbegrünung auf der Plateaufläche eingesetzt.

Bodenbürtiges Baumaterial wurde direkt vor Ort besorgt. Es kamen splitterhaltiges Lärchen- und Eichenstammholz (Holz mit Resten von Schußprojekten) sowie entsprechende Pfähle mit unterschiedlichem Durchmesser zum Einsatz.

An Fremdmaterial waren der Gabionendrahtschotterbehälter und die Füllung sowie der Schotter für das Planum zu organisieren. Hinzu kamen noch Bauklammern und Steine für Schüttungen.

Für die herkömmlichen Bauwerke wurde zusätzlich Teichfolie eingesetzt.

Zu F

Vor Beginn der Bauarbeiten war im Gelände durch den Organisationsleiter eine intensive und klar strukturierte Einweisung aller Mitwirkenden mit besonderer Erläuterung des Gefahrenpotentials durchzuführen. Allen Mitarbeitern wurden die Ziele und der Ablauf des Projekts erklärt sowie eindeutige Handlungsanweisungen vermittelt. Dies geschah auch mit verständlichen Zeichnungen. Der eigene Arbeitsanteil und das zeitliche und räumliche Ineinandergreifen der Einzelarbeiten mußte jedem Mitwirkenden bewußt sein. Bei gelungener Präsentation und Einbindung wurde Motivation geweckt und gefördert.

Aufgrund der Sperrzeiten des militärischen Übungsplatzes war eine genaue Terminierung der einzelnen Bauphasen notwendig. Die Vorbereitung des Untergrundes und das Besorgen des Pflanzenmaterials mußten aufeinander abgestimmt werden, damit keine Zwischenlagerung der Weidenruten erforderlich wurde.

Bei der Vergabe der Aufträge für die Erdarbeiten war die Leistungsfähigkeit der Firma entscheidend; denn der Einsatz von Kettenfahrzeugen in hängigem Gelände, bei schwierigen Bodenverhältnissen oder sogar Niederschlag ist nur von erfahrenen Fachkräften leistbar. Der Umfang des Eingriffs ist oft umgekehrt proportional zur Berufserfahrung und Geschicklichkeit der Mitarbeiter. Der Einsatz der Maschinen war möglichst exakt zu planen, um Standzeiten zu vermeiden. Bei unvorhersehbaren Verzögerungen während der Bauphase darf aber der zeitliche Druck nicht überbetont werden. Hierdurch würde das Unfallrisiko steigen.

Die Organisationsleitung mußte alternative Handlungskonzepte für überraschend auftretende Schwierigkeiten vorbereiten.

Zu H

Die Fertigstellungspflege ist ein integraler Bestandteil bei der Erstellung von ingenieurökologischen Bauwerken. Sie wird nicht der Unterhaltungs-, sondern der Bauphase zugeordnet. Erst durch sie erhält das lebende Bauwerk seine volle Wirksamkeit. Sie ist bei der Kostenrechnung zu berücksichtigen.

Zu I

Die eingesetzten Weiden wurden hinsichtlich Wildverbisses und Anwuchserfolges kontrolliert. Im Untersuchungsgebiet ist Dam- und Rehwild (*Dama dama* und *Capreolus capreolus*) für den Verbiß verantwortlich.

Nach Erstellung der Querwerke wurden in Regenphasen Wassermengenmessungen vor und hinter den Bauwerken durchgeführt. So konnte die Wirksamkeit der Maßnahmen überprüft werden.

4. Durchführung der Baumaßnahme

Das Lebend-Pflanzenmaterial wurde in einem benachbarten Revier gewonnen. Es wurden ca. 2.200 Weidenteile durch zwei Forstwirte in acht Stunden geschnitten und zum Erosionshang transportiert. Das Bauholz schlugen Waldarbeiter. Ein Schlepper brachte es zum Grabensystem. Die Steine lieferte eine Baufirma, und die restlichen Materialien brachte ein Baumarkt.

Im Vorfeld des Projektes ließen wir Bäume fällen, die den Maschineneinsatz behindert hätten. Mit Signalfarbe wurden die Standorte der Bauwerke für die Maschinenführer markiert. Nach einer Unfallverhütungsbelehrung begannen die eigentlichen Arbeiten. Die Bauleitung kontrollierte anhand eines vorgefertigten Ablaufschemas den Stand der Arbeiten. Die Hangneigung erforderte den Einsatz von Kettenfahrzeugen. Eingesetzt wurden eine Laderaupe (1.750 l Schaufelvolumen) und ein Kettenbagger (560 l Schaufelvolumen) mit jeweils 20 t Gewicht. Zur Durchführung der Baumaßnahmen mußte ein Hilfsweg angelegt werden.

Die manuellen Tätigkeiten übernahmen drei Waldarbeiter. Dabei trugen sie eine Helm-Kombination, eine Schnittschutzhose, Arbeitshandschuhe und Sicherheitsschuhe.

Das Sanierungskonzept für den Hang bestand in einer abgestuften Vorgehensweise. Entsprechend den spezifischen Eigenschaften der Bauwerke war die Anordnung. Im obersten Grabenabschnitt befanden sich Initialmaßnahmen mit einem hohen Grad an Sofortwirkung. Es folgten abgestuft weitere Bauwerke mit zunehmendem konsolidierendem Charakter.

In das Erosionsgrabensystem wurden in vier Tagen auf 230 m folgende Bauwerke (siehe auch SCHIECHTL & STERN 1992) eingearbeitet:

Ingenieurökologische Bauwerke:

- Runsenausbuschungen auf der gesamten Strecke
- vier begrünte Drahtschottergabionen, bestehend aus befüllten Drahtkörben (Abb. 7)
- Krainerwand mit Weidenruten (Abb. 8 und 9)
- Palisadenwand aus Lärchenpfählen mit Weidenruten (Abb. 10)
- 14 Lebende Kämme von je 2 m Länge auf dem Erosionsgrabengrund (Abb. 11)

Herkömmliche Bauwerke:

- zwei Holzschwellenwände mit Teichfolien (Abb. 12)



Abb. 7: Eine Drahtschottergabione mit Weidenruten in Grabenabschnitt A. Oktober 1999, Foto: N. KLEIN



Abb. 8: Die Holzkrainerwand in Grabenabschnitt B. Vorderansicht. Oktober 1999, Foto: N. KLEIN



Abb. 9: Dieselbe Holzkrainerwand in Aufsicht. Oktober 1999, Foto: N. KLEIN



Abb. 10: Palisadenwand im Grabenabschnitt B nach Fertigstellung. Oktober 1999, Foto: N. KLEIN



Abb. 11: Lebende Kämme. Oktober 1999, Foto: N. KLEIN



Abb. 12: In herkömmlicher Bauweise erstellte Holzschwellenwand aus Eiche mit Teichfolie in Grabenabschnitt B. Oktober 1999, Foto: N. KLEIN

Die **Runsenausbuschung** wirkt sofort nach Einbau. Das kreuzweise (fischgrätenartig) dicht eingebrachte Pflanzmaterial erzeugt durch Reibungswiderstand des oberirdischen Blattwerks eine Verringerung der Fließgeschwindigkeit und der Schleppkraft des Wassers. So kann sich das mitgeführte Erdmaterial ablagern. Es wird angestrebt, den Untergrund möglichst flächig durch die Wurzelmassen der Weiden zu festigen.

Zur Erstellung sind keine Fachkenntnisse oder handwerkliches Geschick erforderlich. Das Pflanzmaterial kann verzweigt oder unverzweigt und jeden Alters sein. Der Einbau in den Bodenkörper ist sorgfältig vorzunehmen. Bei zu geringer Einbringtiefe (mindestens 10-20 cm) vertrocknet das Pflanzgut. Bei unserem Baukörper erlaubte der steinige Untergrund keine ausreichend tiefe Ausbringung. Mit dem ersten Regenereignis wurde ein großer Teil der Pflanzen freigespült. Entsprechend gering war der Anwuchserfolg. Kurzes (ca. 50 cm) und kräftiges (Durchmesser: ca. 3-4 cm) Pflanzmaterial bewährte sich besser als längere Ruten. Die Sohlenerosion wurde nicht verhindert.

Es wurden 980 Silber-, Bruch- und Purpurweidentile verbaut. Die Personalkosten (17 Stunden à 40.– DM inkl. Lohnnebenkosten) betrugen 680.– DM. Mit den Materialkosten von 284.– DM ergab sich ein Gesamtbetrag von 964.– DM.

Die begrünten **Drahtschottergabionen** gehören ebenfalls zu den Bauwerken mit sofortiger stützender Wirkung. Die stabilen Querwerke ruhen auf einem Planum. Die Drahtkörbe wurden mit dem Raupenfahrzeug befüllt. Zwischen die Blocksteine wurden Weiden eingebracht. Der Anwuchserfolg lag über 90 %. Für eine Gabione wurden drei Drahtschotterkörper benötigt. Der oberste Korb wurde in der Mitte leicht eingedrückt, um einen Sollüberlauf zu schaffen. Die Gabione läßt das Wasser langsam durchfließen. Dabei wird das Bauwerk sukzessive zugeschlämmt. Mit der Begrünung durch die Weiden paßt sich der Verbau in das Landschaftsbild ein. Die im Grabensystem oberste Gabione war nicht ausreichend gegen Auskolkung gesichert. Nach sechs Monaten wurden erste Schäden sichtbar. Eine weitere Zunahme ist aber bisher nicht erkennbar.

Das Bauwerk ist zeit- und kostenintensiv. Die Weidenstecklinge können nicht nachträglich eingebracht werden, d.h. die Bauphase muß immer in der vegetationsfreien Zeit erstellt werden.

Es wurden Drahtkörbe (4 x 1 x 0,5 m) mit einer Maschenweite von 8 x 10 cm und 3 mm Drahtstärke sowie eine Rolle Draht von 110 m Länge verwendet. Das Füllmaterial bestand aus Steinen (3,2 t je Korb) und je 20 Weidenteilen. Hinzu kam der Schotter für das Planum. Für die Berechnung des Maschineneinsatzes wurden 120.– DM pro Stunde für den Bagger und 170.– DM (je Stunde) für die Raupe angesetzt. Unter Berücksichtigung der Personalkosten kostete die Erstellung eines Drahtschotterkörpers 508.– DM. Für eine Gabione benötigte man drei Drahtschotterkörper. Somit kostete ein Querbauwerk 1.524.– DM.

Die **Krainerwand** (auch Holzgrünschwelle genannt, BEGEMANN & SCHIECHTL 1994) ist ein stabiles Bauwerk mit sofortiger Wirkung. Sie kann große Mengen an Schlamm und Steinen aufnehmen. Besonders geeignet ist sie für steile und geröllführende Bäche bzw. Erosionsgräben (BÜNECKE & GERSPACHER 1999). Auch versickert das Wasser allmählich in das Bauwerk und verläßt langsamer und mit deutlich weniger Fracht wieder das Bauwerk. Die eingebauten Weiden verstärken diesen Effekt. Die Weiden können auch noch nachträglich eingesetzt werden. Dadurch ist die Bauerstellung relativ unabhängig von der Jahreszeit.

In Baumholder wurden bis zu 10 m lange Baumstämme mit einem Durchmesser von 30 cm eingebaut. Der gezielte Einbau solcher Teile war mit einem Kettenbagger leicht durchführbar.

Nach drei Jahren Erfahrung an diesem Standort ist das Bauwerk als wartungsfrei zu bezeichnen. Die Tiefenerosion ist nachhaltig unterbunden. Vor dem Bauwerk kam es zu einer leichten Sohlerhöhung.

Für den Bau der 6,5 m breiten und 1,4 m hohen Krainerwand wurden Lärchenstämme (vier Läufer / Längshölzer und neun Zangen / Binder), 15 t Steine, Bauklammern und 360 Weidenruten verwendet. Zu den 677.– DM Materialkosten kamen 60.– DM Personalkosten (1,5 Stunden) und Maschinenkosten in Höhe von 205.– DM. Insgesamt kostete die Krainerwand mit den angesprochenen Maßen 942.– DM.

Die **Palisadenwand** (auch Setzpflöck- oder Setzstangenschwelle genannt, SCHLÜTER 1996) wird üblicherweise mit ausschlagfähigem Material gebaut. Aufgrund des steinigen Bodens war dies nicht möglich. Es mußten festere Pfähle (Lärche) eingesetzt werden. Zwischen diese wurden lebende Weidenruten eingeflochten. Die Palisade wirkt sofort und hält grobe Teile in Fließgewässern auf. Sie ist deshalb im obersten Abschnitt einer Verbaumaßnahme zu plazieren. Die Wand ist schnell und einfach zu errichten und sie ist kostengünstig. Die Holzstangen müssen geradwüchsig, lang und kräftig sein.

Für den Bau der Palisadenwand wurden Lärchenpfähle (Durchmesser 15 cm), 40 Weidenruten und Nägel verwendet. Das Lärchenmaterial stammte aus Durchforstungsmaßnahmen und fiel deshalb kostenfrei an. Zu den geringen Materialkosten (25.– DM) kamen zwei Stunden Personalkosten (80.– DM). So ergibt sich ein Erstellungspreis von 105.– DM. Dieser niedrige Preis ist nur im forstwirtschaftlichen Umfeld realisierbar.

Lebende Kämme gehören zu den Flechtwerkbauten (Flechtzaunbauten). Flechtzaunschwelle sind nicht sehr stabil und können leicht durch Geschiebe und Geröll zerissen werden. Sie können daher besonders für die Verlandung von Hinter- und Nebenrinnen verwendet werden (SCHLÜTER 1996). Sie erreichen ihre volle Wirksamkeit erst nach Anwachsen des Pflanzmaterials. In Baumholder setzten wir sie als ergänzende Maßnahme im mittleren Bereich ein. Es wurden Eichenpflocke (Länge ca. 60 cm) als Baumaterial in Kombination mit Weidenruten von 1,5 bis 2 m Länge verwen-

det. Die Ruten wurden zwischen die Eichenpflocke auf einer Länge von ca. 2 m eingeflochten. Der Ausfall an Weiden war hoch.

Unter Berücksichtigung der Material- und Personalkosten benötigte man DM 27.– für 2 m Bauwerkslänge.

Die **Holzschwellenwände** sind herkömmliche stabile Querbauwerke. Sie sind sofort wirksam. Nach Niederschlägen staut sich das Wasser vor der dichten Wand und bildet zeitweilig einen Feuchtbiotop. Sie bewirkt eine Sohlenerhöhung und eine Verminderung der Fließgeschwindigkeit. Sie ist leicht herzustellen. Sie neigt zur Auskolkung im seitlichen Bereich. Dies ist mit grobem Steinmaterial meist abwendbar.

Die Holzschwellenwand wird mit Teichfolie abgedichtet. Dieses Fremdmaterial ist schwer abbaubar und wird allgemein als störend in der Landschaft empfunden. Die Holzschwellenwand ist das teuerste Bauwerk, wenn man den schnellen Verlust (3–5 Jahre) der Funktionalität berücksichtigt. Im Untersuchungsgebiet waren nach drei Jahren alle Holzschwellenwände zugeschwemmt.

Für die beiden Holzschwellenwände (A: Breite 6,6 m, Länge 0,9 m; B: Breite 11,3 m, Länge 2,2 m, siehe Abb. 10) wurden insgesamt 16 splitterhaltige Lärchen- und Eichenstämmen mit einem Durchmesser von 25 cm verbaut. Hinzu kam 5 mm starke Teichfolie (31 m²), Bauklammern und 7 t Steine (Blöcke 80–150 cm). Für die kleinere Schwelle fielen 264.– DM und für das größere Bauwerk 608.– DM Materialkosten an. Der niedrige Betrag war durch Verwendung von splitterhaltigem Holz erreichbar. An Personalkosten fielen für Schwelle A 60.– DM und für Schwelle B 140.– DM an. Der Bagger- und Raupeneinsatz belief sich auf DM 205.– für Schwelle A und DM 410.– für Schwelle B. Demnach wurde die kleinere Holzschwellenwand für DM 529.– und das größere Bauwerk für DM 1158.– errichtet.

Fertigstellungsmaßnahmen

Von den 980 Weidenstecklinge der Runsenbuschung wuchsen lediglich 57% an. Hier war eine Nachpflanzung erforderlich. Ebenso bei den Lebenden Kämmen.

Die Rigole auf dem Plateau wurde ausgebaggert, damit die Wassermassen wieder in den ungefährlicheren Bereich des Hanges gelangten.

Nachpflege

Das Ziel der Ingenieurökologie beim Pflanzeneinsatz ist die Bodenfestigung durch Wurzeln. Hinzu kommt eine drainierende Wirkung durch die Lebensweise der Pflanzen. Das Laub verringert die Fließgeschwindigkeit des Wassers und trägt somit ebenfalls zum erosionsmindernden Effekt bei. Die erste und wichtigste Wirkung ist aber die Durchwurzelung. Zur Förderung derselben schneidet man die Weiden im ersten und zweiten Jahr zurück. In unserem Fall übernahm das Wild durch Verbiß diesen Arbeitsschritt. 67% der Pflanzen wurden durch Wild verbissen. So werden die Pflanzen zu Bü-

schen erzogen. Auf Dauer bleibt aber zu prüfen, ob der Äsungsdruck auf die Weiden nicht zu stark ist. Eventuell sind dann Gegenmaßnahmen, wie Erhöhung des Jagddruckes, Zaunbau oder Verbißschutzmittel (mechanisch /chemisch), erforderlich.

Weidenbestände sind in der montanen Stufe relativ kurzlebige Vegetationsstadien und entwickeln sich häufig zu anderen Laub- und Nadelwaldtypen. Diese Sukzession ist durch adäquate Rückschnitte am Weidenbestand im Fünf-Jahres-Rhythmus vermeidbar. Zugleich sind andere schattenwerfende Gehölze zu entfernen.

Werden die Weiden durch außergewöhnliche Ereignisse, wie Schneeedruck oder extremes Hochwasser, geschädigt, so kann ein Gesundschnitt notwendig sein.

Die in den Gabionen und der Krainerwand eingesetzten Weiden sind nur funktionell bis zu einer gewissen Maximalgröße. Diese ist abhängig von der jeweiligen Bauwerksgröße. Werden die Weiden zu lang oder zu dicht (Durchströmbareit!), so ist ein Schnitt erforderlich. Dabei sollte auch abgestorbenes und ausgerechtes Material entfernt werden. Als Erfahrungswert ist eine Schnittperiode von fünf Jahren anzunehmen.

Sonstige Maßnahmen

Die 15 Jahre alten Holzschwellenwände in dem Erosionsgrabensystem wurden ausgebaut und wieder in einen funktionalen Zustand versetzt. Insgesamt wurde der Bestand gelichtet, so daß sich eine dichtere Gras- und Krautschicht entwickeln kann.

Auf dem Plateau wurde im ersten Jahr Winterweizen ausgesät, um das Wild von den Weiden abzulenken und um den Boden besser zu durchwurzeln.

5. Diskussion und methodenkritischer Vergleich der Bauwerke

Als charakteristischer Lebendverbau wurde die **Runsenausbuschung** eingesetzt. In der Initialphase ist der Wurzelausschlag der Weidenruten noch gering. Entsprechend ist die Stabilität des Bauwerkes ausgeprägt. Bei starken Niederschlägen wurde ein großer Teil der Stecklinge herausgerissen und weggespült. In unserem Fall kamen auch der unwirtliche – sprich geröllhaltige – Boden und die starke Hangneigung hinzu. Man hätte mit einem Locheisen ausreichend tiefe Pflanzlöcher vorbohren müssen.

Der Hauptnachteil ist der hohe Bedarf an Pflanzenmaterial.

In kombinierter Bauweise bewährte sich der Einsatz der Weidenruten.

Die **Palisadenwand** ist in typischer Bauweise ebenfalls eine Lebendverbaumethode. Wir modifizierten allerdings die Bauweise wegen des schon geschilderten geröllhaltigen Untergrundes. Anstelle von ausschlagfähigem weichem Weidenholz wurden tote Lärchen-Setzstangen verwendet. Diese stabilen Elemente wurden mit eingeflochtenen Weidenruten kombiniert. Die abgeänderte Bauweise bewährte sich an exponierter Position. Zu Beginn des steilsten Abschnitts in Graben B wurde eine sichtbare Minderung der Tiefenerosion erreicht.

Die **Lebenden Kämme** sind üblicherweise eine Lebendverbaumethode. Wie bereits bei der Palisadenwand beschrieben, waren Weidenpflocke zu weich für den steinigten Boden, deshalb wurden Eichenpflocke eingesetzt. Die kombinierte Bauweise bewährte sich nur z.T. in Baumholder. Wahrscheinlich wurden die eingeflochtenen Weidenruten nicht ausreichend in den Boden eingebracht.

Alle drei Bauweisen (Runsenausbuschung, Palisadenwand sowie Lebende Kämme) sind einfach und ohne Maschineneinsatz auch im unwegsamen Gelände realisierbar. Aufgrund der leichten Bauweise können auch freiwillige Helfer mitarbeiten. Die Erstellung ist kostengünstig. Die Bauwerke sind durch das bodenbürtige Material und die geringe Größe oft im Gelände nicht wahrnehmbar. Das Weidenlaubwerk fügt sich harmonisch in die Landschaft ein. Die Weiden dienen zusätzlich als Nahrung für das Wild.

Gabionen sind für Hänge mit besonderer Hangrutschgefahr als Initialmaßnahme bzw. in kombinierter Bauweise als Konsolidierungsmaßnahme entwickelt worden. Nach ZEH (1993) können Gabionen auch als Querwerke in Bächen mit und ohne Geschiebeführung eingesetzt werden. Als solche Querwerke setzten wir die Drahtschottergabionen im Untersuchungsgebiet ein. Die Kombination mit lebenden Weidenruten wurde aus landschaftsästhetischen und funktionellen Gründen gewählt. Der Weidenbesatz sollte durch das Astwerk die durchfließenden Wassermassen verlangsamen, und das Wurzelwerk sollte im späteren Verlauf eine zusätzliche Verankerung des Bauwerks ergeben. Der Ablaufbereich der obersten Gabione wurde ungenügend gesichert. Hier kam es nach einem halben Jahr zu Auskolkungen im Fundamentbereich. Eine einfache Schutzmaßnahme, wie einige Rundhölzer mit einer Abdeckung aus Fichtenzweigen und einer seitlichen Sicherung durch Blocksteine, hätte dies verhindern können. Für die Erstellung einer Gabione ist der Maschineneinsatz empfehlenswert. Die händische Bestückung der Drahtkörbe ist ansonsten sehr kostenintensiv. Die Befahrbarkeit vieler Hänge – insbesondere erosionsgeschädigter Standorte – ist allerdings problematisch. Hier ist eine eingehende Prüfung durch Ortstermin mit allen Beteiligten unbedingt erforderlich. Auch mit Maschinen sind Gabionen in der Erstellung als eine kostenintensive Maßnahme einzustufen. Als Alternative zu noch kostenintensiveren Betonbauten sind sie aufgrund ihrer sofortigen und nachhaltigen Wirkung empfehlenswert. Unsere Bauwerke fügten wir flach in das Geländere Relief ein. Durch die verminderte Abflußgeschwindigkeit konnte die Transportkapazität des Wassers gesenkt werden. So wurden die mitgeführten Bodenpartikel abgelagert. Dadurch erfolgte nach kurzer Zeit eine intensive Einschlammung über die gesamte Breite des Drahtkörpers. Nach Ausschlagen der Weiden war das Fremdmaterial kaum noch wahrnehmbar. Bei größeren Bauwerken kann der landschaftsstörende Eindruck wesentlich länger andauern.

Die **Krainerwand** wurde aus bodenbürtigem Totmaterial und lebenden Weidenruten erstellt. Sie ist demnach eine kombinierte Bauweise. Das Querwerk ist stabil und wirkt sofort. Mit Maschineneinsatz ist sie leichter als eine Gabione zu erstellen. Die entsprechenden Kosten liegen unter denen der Gabionenherstellung. Wird eine Krainerwand

doppelwandig ausgeführt, d.h. mit zwei hintereinanderliegenden Querwänden, so nennt man sie Holzkastensperre (BÜNECKE & GERSPACHER 1999). Diese Bauwerke können wesentlich größer sein (Breite 18 m, Höhe 3 m) und sind auch entsprechend teurer in der Erstellung (über 50.000.– DM).

Bei einer Krainerwand rinnt das Wasser allmählich über der ganzen Breite des Bauwerks ab. Der Siebeffekt ist nachhaltig gegeben. Ein Anstau des Wassers findet nicht statt. Langfristig stellt sich eine Sohlenerhöhung vor dem Bauwerk ein. In der Initialphase kann bei starken Regenereignissen die Erde zwischen den Bindern ausgeschwemmt werden. Dieser Schaden ist durch Geotextilkörper vermeidbar. Die aus natürlichem und verrottbarem Material bestehenden Säcke können auch mit den Weidenruten bestückt werden. Werden die Binder mit den Läufern verzapft, so verengen sich die Zwischenräume. Dadurch erhöht sich die Stabilität des Bauwerkes. Diese Methode wird im Hochgebirgsforstamt Kreuth (Oberbayern) angewandt. Die Krainerwand modelliert den natürlichen Hangverlauf nach und kaschiert optisch den Erosionsgraben. Sie ist vorteilhaft für das Landschaftsbild. Aufgrund der positiven Erfahrungen im Untersuchungsgebiet wurden nach 1996 noch mehrere Krainerwände in Baumholder mit gleichem Erfolg errichtet.

Die in die Gabionen und Krainerwand eingesetzten Weidenruten wuchsen zu 90–95 % an. Mit der zunehmenden Durchwurzelung wird die Wirksamkeit der erosionshemmenden Bauweisen noch weiter steigen. Außerdem erhöht der Pflanzenbewuchs den Fließwiderstand.

Die **Holzschwellenwand** ist als einzige herkömmliche Verbaumethode eingesetzt worden. Ein Einsatz von Beton ist im Wald ästhetisch und ökologisch nach heutiger Auffassung nicht vertretbar. Die Holzschwellenwand besteht überwiegend aus bodenbürtigem Material. Als Fremdmaterial ist die Teichfolie zur Querabdichtung des Bauwerkes zu nennen. Sie wird als landschaftsfremd empfunden und ist lange optisch störend. Die Folie behindert das Abtrocknen der verwendeten Stämme, das kann den Befall durch Pilze und holzerstörende Insekten fördern. Das Bauwerk ist sofort wirksam und unterbindet bis zu einer gewissen Wassermenge komplett den Durchfluß. Die anstauende Wirkung erzeugt temporär einen Teich. Durch vollständige Versickerung und Verdunstung des Oberflächenwassers kommt es bald (nach ca. 2 bis 3 Jahren) zur Verlandung dieser Senke, und das Bauwerk verliert seine Schutzfunktion. Aber auch bei starken Niederschlagsereignissen in den ersten Jahren kann das Bauwerk „überlaufen“. Hier ist an dem höchsten Rundstamm des Bauwerkes ein Sollüberlauf eingekerbt. Direkt darunter sind Blocksteine, die eine Auskolkung verhindern sollen. Auch seitlich im Lagerbereich der Holzstämme besteht die Gefahr der Auskolkung. Die Erstellung der Verbaumaßnahme ist finanziell aufwendig. Bei Betrachtung der Kosten je laufendem Meter Grabensystem war sie teurer als die durchschnittlichen Kosten der ingenieurbio-logischen Bauten. Die dauerhafte Schutzfunktion bei starker Erosionsgefahr ist dagegen gering. Sinnvoll ist die Schwellenwand zur sofortigen Bekämpfung der Tiefenero-

sion in ständig wasserführenden Bächen, da dort die Verrottung der Holzteile langsamer abläuft. Aufgrund der vergleichenden Erfahrungen im Untersuchungsgebiet wird dieses Bauwerk in Baumholder nicht mehr für den Hangerosionsschutz eingesetzt.

Beurteilung der Gesamtmaßnahme

Die Tiefenerosion ist nach Kenntnis vom September 1999 gestoppt. Die Hochwasserspitzen werden zeitlich entzerrt. Damit ist die Baumaßnahme als erfolgreicher Hochwasser- und Erosionsschutz zu bezeichnen. Der gesetzte finanzielle Rahmen wurde inklusive der Nachpflege eingehalten. Die ingenieurb biologischen Verbaumaßnahmen (46 DM / lfm) kosteten weniger als die herkömmlichen Bauweisen (60–80 DM / lfm). Die einzige Totverbaumaßnahme bestand in der Holzschwellenwand. Deren relativ hohe Kosten und die benötigte Dichte der Bauwerke entlang dem Graben ergaben den genannten Wert.

Die ingenieurb biologischen Bauwerke harmonisieren mit dem Landschaftsbild, insbesondere durch das Weidenlaub. Sie werden mit zunehmenden Alter ihre Wirksamkeit verstärken. Die Holzschwellenwand wird zerfallen oder vorher ihre Schutzfunktion verlieren.

Die lebenden Bestandteile der Bauwerke können auf Einwirkungen reagieren, d.h. sie besitzen die Fähigkeit der Regeneration. Sie sind ein Bestandteil des Ökosystems Wald und bereichern es. Es wird kein problematischer Fremdkörper in das Ökosystem eingebracht. Das Landschaftsbild wird durch zusätzliche Strukturen reicher gegliedert.

6. Dank

Zu Dank verpflichtet sind wir dem Forstamtsleiter Herrn Dr. KRAFT und dem Revierleiter Herrn KUNISCH für ihre ständige und umfangreiche Hilfe. Ebenso möchten wir der Standortsverwaltung für ihr Entgegenkommen danken.

7. Literatur

- AUSWERTUNGS- UND INFORMATIONSDIENST FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN (AID) (1993): Erosionsschäden vermeiden. – 32 S., Bonn.
- BEGEMANN, W. & H. M. SCHIECHTL (1994): Ingenieurb iologie. Handbuch zum ökologischen Wasser- und Erdbau. – 203 S., Wiesbaden.
- BÖNECKE, G. & M. GERSPACHER (1999): Wildbachverbauung mit Holzkastensperren – Folgen des Ausbaus der BAB 8 Stuttgart - München. – Allgemeine Forst Zeitschrift / Der Wald 3: 117-120, München.

- BUNDESMINISTER DER FINANZEN (1991): Die Bundesforstverwaltung. Aufgaben Probleme Zielsetzungen. – 26 S., Bonn.
- (1995): Waldbau in den Bundesforsten. Betreuungsziele und Grundsätze. – (s.a. BMF-Erlaß VI A5-VV 3300 – **14/95** v. 28. Aug. 1995). – 26 S., Bonn.
- BUNDESMINISTER DER VERTEIDIGUNG (1992): Richtlinie zur umweltverträglichen Nutzung von Übungsplätzen der Bundeswehr. – 12 S., Bonn.
- KRAFT, H. (1993): Ein Widerspruch in sich? Forstwirtschaft auf militärischen Liegenschaften. – *Allgemeine Forst Zeitschrift* **20**: 1032-1034. München.
- POLOMSKI, J. & N. KUHN (1998): Wurzelsysteme. Hrsg: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. – 290 S., Bern.
- SCHIECHTL, H. M. (1992): Weiden in der Praxis. – 130 S., Berlin.
- (1996): Die Verwendung von Weiden für ingenieurblogische Sicherungsarbeiten und die Gefahr einer Florenverfälschung. – *Jahrbuch der Gesellschaft für Ingenieurblogie e.V. Aachen* **1996**: 73-83. Aachen.
- SCHIECHTL, H. M. & R. STERN (1992): Handbuch für naturnahen Erdbau. Eine Anleitung für ingenieurblogische Bauweisen. – 153 S., Wien.
- SCHLÜTER, U. (1990): Laubgehölze – Ingenieurblogische Einsatzmöglichkeiten. – 164 S., Berlin.
- (1996): Pflanze als Baustoff. – 319 S., Berlin.
- SEITZ, R., MARTIN, K. & M. BURGIS (1995): Waldbiotopinventur im Revier Schönlauterbach. – 42 S., Gräfelfing.
- WILLECKE, S., M.-S. ROHNER, M.-S., BACK, H. E. & M. SÖNTGEN (1996): Verbesserung des Naturschutzes auf militärischen Liegenschaften – mit Beispielen aus der Modelluntersuchung des Truppenübungsplatzes Baumholder. – *Natur und Landschaft* **71**: 517-526. Bonn.
- ZEH, H. (1993): Ingenieurblogische Bauweisen. – 60 S., Bern.

Manuskript eingereicht am 2. März 2000.

Anschriften der Verfasser:

Prof. Dr. Wolfgang Rohe, Fachhochschule Hildesheim/Holzminde, Fachbereich Forstwirtschaft und Umweltmanagement,

Büsgenweg 1a, 37077 Göttingen, Tel.: 0551/5032243,

E-mail: Wolfgang.Rohe@FU.FH-Goettingen.de

Dipl.-Ing. (FH) Norman Klein, Steinbach 48, 83646 Wackersberg,

E-mail: Klein.Beckers@T-online.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Fauna und Flora in Rheinland-Pfalz](#)

Jahr/Year: 2000-2002

Band/Volume: [9](#)

Autor(en)/Author(s): Klein Norman, Rohe Wolfgang

Artikel/Article: [Vergleichende Betrachtung von ingenieurb biologischen und herkömmlichen Verbaumaßnahmen zur Vorbeugung und Verringerung von Hangerosionsschäden am Beispiel eines rheinland-pfälzischen Waldes auf einem Truppenübungsplatz bei Baumholder 639-661](#)