

Monitoring ingenieurbiologischer Maßnahmen im Kühgraben im Nationalpark Gesäuse unter Berücksichtigung geomorphologischer Prozesse

MASTERARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades einer Diplomingenieurin

an der Universität für Bodenkultur Wien

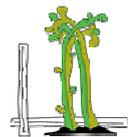
Studienrichtung

LANDSCHAFTSPLANUNG UND LANDSCHAFTSARCHITEKTUR

vorgelegt von

Marianne Ingrid Skacel, Bakk. techn.

Masterarbeit am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau



Department für Bautechnik und Naturgefahren



Betreuer:

O. Univ. Prof. Dr. Florin Florineth

Univ. Ass. DI Dr. Johann Peter Rauch

Admont, Juni 2013



Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne unerlaubte Beihilfe verfasst habe. Ich habe keine weiteren Quellen verwendet, außer die von mir im Literatur- und Quellenverzeichnis angeführten. Ebenso sind alle wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht.

Admont, Juni 2013

Marianne Skacel

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei meinem Betreuer **Univ. Ass. DI Dr. Johann Peter Rauch** bedanken, der mir die Möglichkeit gab ein freies, für mich interessantes Thema im Zuge der Masterarbeit zu untersuchen und der mich nie den „Roten Faden“ in meiner Masterarbeit verlieren lies.

Mein Dank gilt auch **O. Univ. Prof. Dr. Florin Florineth** für den praktischen Zugang zur Ingenieurbiologie während des Studiums und für die Betreuung der Masterarbeit.

Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen der Wildbach- und Lawinenverbauung Steiermark Nord, vor allem **Ing. Rainer Wolfgang Göschl** für die stets bereitwillige Unterstützung bei den Rechercharbeiten, der Auskunftgabe und der zur Verfügung Stellung von Fotos sei gedankt.

Dank gilt der **Nationalpark Gesäuse GmbH** für die zur Verfügungstellung von Literatur, Daten und Kartenmaterial.

Dr. Bernhard Krautzer der HBLFA Raumberg – Gumpenstein danke ich für die Auskünfte über die damals verwendete Saatgutmischung und der bereitwilligen zur Verfügungstellung von Fotos.

O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gerda Schneider danke ich für die Aufforderungen während des Studiums stets aufmerksam zu sein, kritisch zu beleuchten und zu hinterfragen.

Großer Dank gilt **Tanja Veitschegger M. A.** und **DI Elisabeth Sanglhuber!**

Schließlich bedanke ich mich hiermit bei meinen **Freunden** und meiner **Familie.**

Vorwort

Im Jahr 2009 absolvierte ich ein Praktikum im Bereich Gebietsaufsicht bei der Nationalpark Gesäuse GmbH. Bei dieser Tätigkeit lernte ich die imposante, dynamische Gebirgslandschaft des Gesäuses näher kennen. Seit 2010 arbeite ich nun als Nationalparkranger in diesem Gebiet und wollte somit auch meine Masterarbeit mit einem sinnvollen und für mich interessantem Thema mit Bezug zu diesem Naturschutzgebiet schreiben. Das Gebiet des Nationalparks umfasst 11.054 ha, wobei 86% der Fläche als Naturzone und 14% der Fläche als Bewahrungszone ausgewiesen sind. Reliefbedingt ist die Aktivität gravitativer Naturprozesse sehr stark. Die abtragenden Prozesse wie Lawinen, Muren, Rutschungen, Steinschlag, Felssturz und fluvatile Feststofftransporte kann man über das ganze Gebiet verteilt beobachten. In dieser Masterarbeit habe ich Untersuchungsflächen gewählt, die sich in der Bewahrungszone des Nationalparks an den Hängen eines temporär wasserführenden Wildbaches, den Kühgraben, befinden. Diese Hänge wurden mit ingenieurbiologischen Maßnahmen gesichert. Einen wesentlichen Teil der Arbeit umfassen die Zustandserfassung und die Analyse der möglichen Ursachen von Schäden. Um die Situationen in den Untersuchungsflächen und die Ursachen der Schäden an den ingenieurbiologischen Maßnahmen besser beurteilen zu können wurden Karten der geomorphologischen Situationen (Karten der Phänomene) erstellt. Ausgehend von den Ergebnissen werden Empfehlungen für Planungen von ingenieurbiologischen Maßnahmen in kalkalpinen (Schutz-)Gebieten formuliert.

Inhalt

1_Zusammenfassung.....	11
2_Abstract	13
3_Einleitung.....	15
3.1_Problemstellung und Fragestellungen.....	15
3.2_Ziel der Untersuchungen	16
3.3_Methodik der Untersuchungen	17
3.4_Abkürzungsverzeichnis	18
4_Grundlagen	19
4.1_Geomorphologische Prozesse/Phänomene.....	19
4.1.1_Wildbach	19
4.1.2_Muren	20
4.1.3_Lawinen	21
4.1.4_Schneeschild (Schneegleiten und Schneerutsch)	21
4.1.5_Spüldenudation.....	22
4.2_Ingenieurbiologische Maßnahmen.....	23
4.2.1_Systematik der ingenieurbiologischen Bauweisen nach SCHIECHTL (1973)	24
4.2.1.1_Deckbauweisen.....	24
4.2.1.2_Stabilbauweisen	25
4.2.1.3_Kombinierte Bauweisen	25
4.2.1.4_Sonderbauten	26
4.2.2_Systematik der Sicherungsarbeiten nach FLORINETH (2012)	26
4.2.2.1_Sicherung von Hängen und Böschungen.....	26
4.2.2.2_Sicherung von Runsen und Gräben.....	30

5_Untersuchungsgebiet	31
5.1_Allgemeines.....	31
5.2_Geologie.....	35
5.3_Klima und Hydrologie	36
5.4_Vegetation.....	40
5.5_Geomorphologische Naturprozesse	41
5.6_Jüngste Verbauungsgeschichte	42
5.6.1_Anlass der Verbauung/Bekannte Schadereignisse.....	42
5.6.2_Ziel der Maßnahmen	43
5.6.3_Lageplan	44
5.6.4_Bautypen.....	44
5.6.5_Kosten	47
5.6.6_Ingenieurbiologische Maßnahmen im Untersuchungsgebiet	47
6_Datenerhebung	52
6.1_Kartierung der Phänomene (geomorphologische Situationen) in den Hängen	52
6.2_Verortung der ingenieurbiologischen Maßnahmen	52
6.3_Zustandserfassung der ingenieurbiologischen Maßnahmen	52
7_Ergebnisse	55
7.1_Ergebnisse der Kartierung der Phänomene (geomorphologische Situation) in den Hängen	55
7.2_Ergebnisse der Verortung der ingenieurbiologischen Maßnahmen	58
7.3_Karten der ingenieurbiologischen Maßnahmengruppen mit gleichen Schadenstypen und Schadensklassen	61
7.4_Ergebnisse der Zustandserfassung des gesamten Untersuchungsgebietes im Kühgraben.....	63
7.5_Ergebnisse der Zustandserfassung am Westhang oben	67
7.6_Ergebnisse der Zustandserfassung am Westhang unten	70

7.7_Ergebnisse der Zustandserfassung am Osthang	75
8_Diskussion.....	79
9_Resümee.....	80
10_Ausblick	83
11_Literatur- und Quellenverzeichnis.....	85
12_Abbildungsverzeichnis	90
13_Anhang	95

1_Zusammenfassung

Das Untersuchungsgebiet im Kühgraben befindet sich in den nördlichen Kalkalpen und ist ein Gebiet mit rezenten geomorphologischen Prozessen im Gerinne und an den Hängen. Die Interaktion dieser Prozesse ist beobachtbar. Mit nur einer Ausnahme der ingenieurb biologischen Maßnahmen wurde die Funktionstüchtigkeit dieser mit „gegeben“ oder „eingeschränkt“ beurteilt. 66% der Ursachen von Schäden sind auf externe Randbedingungen zurück zu führen: Ursachen in den physikalischen, chemischen und biochemischen, den biogenen, geotechnischen und tektonischen und den prozessbedingten Randbedingungen. 34% der Ursachen von Schäden sind auf innere Randbedingungen zurück zu führen: Ursachen in den Werkstoffeigenschaften, in mangelnder Dauerhaftigkeit, der Bauwerksform. Am häufigsten treten die prozessspezifischen Schäden „Bauwerksbewegung“ und „leichter Abtrag/mechanische Beschädigung von Bauwerksteilen“ auf, gefolgt vom „Reduzierten Widerstand im Bereich der seitlichen Einbindung“ und „Schweren Abtrag bzw. mechanischer Beschädigung von Bauwerksteilen“. Die auftretenden materialspezifischen Schäden beim Holz sind „Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau“ und „Bauwerksverformung“. Zusätzlich wurde dokumentiert, in welchem Ausmaß Pflanzenbewuchs auf den ingenieurb biologischen Maßnahmen stattfindet. Die materialspezifischen Schäden beim Stahl sind „Korrosion von Baustahl“ und „Plastische Verformung oder Bruch durch mechanische Beschädigung“ (siehe Anhang).

Die Sicherung der Hänge wurde mit den ingenieurb biologischen Maßnahmen Holzkrainerwände, Pilotenwände, Flechtzäune, Steckhölzer und Raubäume mittelfristig erreicht. In den Flächenabschnitten mit Seitenerosion und Erosionsflächen mit freigelegtem Lockermaterial kommen keine ingenieurb biologischen Maßnahmen mehr vor. Es wurde keine aktive Rensenbildung dokumentiert. Diesem Prozess wurde mit dem Einlegen von Raubäumen erfolgreich entgegen gesteuert. Die Verwendung verschiedener Weidensteckhölzer stellt sich auch hier als passable Maßnahme heraus. In den Hängen gibt es stabile Flächen. Die Latsche (*Pinus mugo*) bildet an den Hängen

diese stabilen Abschnitte mit homogener Vegetation rundherum. Diese gilt es zu fördern.

Die in der ONR 24803 (Österreichisches Normungsinstitut Regel: Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung) vorgeschlagene Aufnahmemethode zur Zustandserfassung der Wildbachverbauungsmaßnahmen beschäftigt sich mit Ausnahme von Holzkästen (Holzkrainerwänden) nicht mit ingenieurb biologischen Maßnahmen – weder im Gerinne noch außerhalb. Als gute Grundlage, um sie für die Ausarbeitung von Aufnahmeformularen für ingenieurb biologischer Maßnahmen zu adaptieren, ist sie dienlich. Eine Ausarbeitung standardisierter Aufnahmeformulare für die Zustandserfassung ingenieurb biologischer Maßnahmen für einheitliches, periodisches Monitoring erscheint sinnvoll. Die Ergebnisse dieser Zustandserfassungen dienen wiederum als Grundlage für die Weiterentwicklung ingenieurb biologischer Maßnahmen und können zur Veröffentlichung durch eine ONR führen.

2_Abstract

The investigated area within Kühgraben is situated in the northern limestone alps and is a region with current geomorphological processes in the channel and the side slopes. The action of these processes is evident.

All but one of the soil bioengineering measures was identified as successful or at least partially successful. 66% of the reasons for failure are due to extreme conditions (e.g. physical, chemical, biochemical, biogenous, geotechnical, tectonically, process-induced ...). 34% are caused by inner constraints (e.g. material properties, deficient stability, the form of the building – right type of building, adverse form ...). The most frequent process-induced damages are: "movement of the construction", "moderate abrasion/mechanical damage of construction works". Less frequent are: "Reduced resistance in the area of lateral bonding" and "severe abrasion/mechanical damage of construction works".

The material-specific damages of wood are "decomposition/rotten wood" and "deformation" while those of steel are "corrosion" and "plastic deformation or breach by mechanical damage". The degree of plant cover was also documented. The protection of the slopes is achieved by soil bioengineering measures crib-wall, pile wall, wattle fence, cuttings, and rough tree. No (more) soil bioengineering measures are present in areas with lateral erosion and areas of erosion with exposed unconsolidated material. Neither was gully formation observed. This was successfully prevented by insertion of rough trees. The use of dormant cutting is another reasonable action to achieve that. Additionally, stable areas are present in the slopes. Mugo pine (*pinus mugo*) forms stable sections with homogenous vegetation around. These should be fostered.

The suggested recording method of ONR 24803 is targeted to technical buildings no soil bioengineering measures except crib-wall – neither in the channel nor outside. It is useful as a basis for creating admitting blank for soil bioengineering measures. A standardized recording form for condition acquisition soil bioengineering measures for cyclic monitoring seems to be meaningful. The results from this condition acquisition provide as background for future development from soil bioengineering measures.

3_Einleitung

3.1_Problemstellung und Fragestellungen

Laut LUZIAN et al. (2002, S. 84) „hat die Wildbachverbauung in Österreich 500 – 600 Jahre alte praktische Kenntnisse und ist als akademische Lehre schon mehr als 200 Jahre alt. „Die Hochwasserkatastrophen 1882 waren Anlass dafür, in Österreich – so wie dies bereits in Frankreich und in der Schweiz erfolgt war – ein Gesetz für die Verbauung der Wildbäche auszuarbeiten und die notwendigen Finanzmittel zur Verfügung zu stellen. Das Gesetz „betreffend die Verkehrungen zur unschädlichen Ableitung von Gebirgswässern“ RGBl. Nr. 117 trat am 30. Juni 1884 in Kraft. Für die Durchführung der Arbeiten wurde zur gleichen Zeit der staatliche Wildbachverbauungsdienst als „Forsttechnische Abteilung für Wildbachverbauungen“ des k. k. Ackerbauministeriums gegründet“ (LEBENS MINISTERIUM, 2012). Die heutigen Aufgaben des forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung sind der Schutz des Lebens- und Siedlungsraumes vor natürlichen Bedrohungen im Bereich Wildbäche, Lawinen und Erosion. Dies wird durch vorbeugende Abgrenzung von Gefahrengebieten sowie durch biologische, technische und wirtschaftliche Maßnahmen umgesetzt (LUZIAN et al., 2002). Das Projektgebiet Kühgraben, welcher ein temporär wasserführender Wildbach (Mur- und Lawinengang) in den nördlichen Kalkalpen im Nationalpark Gesäuse ist, wurde nach einschneidenden Schadwirkungen an Menschenleben und Infrastruktur in der Vergangenheit mit technischen und ingenieurbioologischen Maßnahmen gesichert. Bereits in der Planungsphase und während der Bauphasen wurde Rücksicht auf die naturnahe Landschaft im ersten Naturschutzgebiet der Steiermark genommen. Im Jahr 2002 wurde der Nationalpark Gesäuse gegründet. Ziel ist unter anderem der Prozessschutz. Der Kühgraben wurde als Bewahrungszone (z.B. Kulturlandschaftsflächen, stark anthropogen veränderte Flächen oder Flächen, in denen in Zukunft auch anthropogene Eingriffe erfolgen können) ausgewiesen. Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit ist ein Teilbereich des Verbauungsprojektes Kühgraben der Wildbach- und Lawinenverbauung (WLV), wo die Geschiebeherdbekämpfung und Sicherung der Hänge mittels ingenieurbioologischer Maßnahmen durchgeführt wurde. Dem Buch von FLORINETH (2012) ist zu entnehmen, dass

Sicherungsarbeiten mit Pflanzen, früher Lebendverbau, heute Ingenieurbiologie genannt, schon zu Zeiten der Römer (30 v.- 400 n. Chr.) vorgenommen wurden. Bereits Leonardo DA VINCI (1452–1519) hat die Verwendung von Weiden zur Sicherung von Ufern vorgeschlagen. Sicherungsarbeiten mit Pflanzen, oft in Kombination mit Holz wurden bis zur Hälfte des letzten Jahrhunderts durchgeführt. Die nachwachsenden Baumaterialien (Pflanzen insb. Holz) wurden nach dem 2. Weltkrieg zunehmend durch Beton ersetzt. Durch Hugo Meinhard SCHIECHTL (1922-2002) und seine Arbeit beim Forsttechnischen Dienst der Wildbach- und Lawinenverbauung in Tirol und beim Bundesforschungszentrum für Wald sowie durch seine vielen Publikationen wurde die Verbreitung ingenieurbiologischer und umweltschonender Sicherungsbauweisen wieder aufgelebt und gefördert.

Um genauere Kenntnis des Untersuchungsgebietes und der darin befindlichen ingenieurbiologischen Maßnahmen zu erlangen wurden folgende Fragen formuliert:

- Welche Standortbedingungen herrschen im Kühgraben?
- Wurde mit den ingenieurbiologischen Maßnahmen eine Sicherung der Hänge erreicht?
- Welche Empfehlungen können für die Verwendung von ingenieurbiologischen Maßnahmen in kalkalpinen Schutzgebieten abgeleitet werden?
- Kann die vorgeschlagene Aufnahmemethode nach der Richtlinie der ONR 24803 (Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung) bei ingenieurbiologischen Maßnahmen angewendet werden?

3.2_Ziel der Untersuchungen

Ziel der Arbeit ist ein Monitoring der ingenieurbiologischen Maßnahmen unter Berücksichtigung der im Untersuchungsgebiet vorherrschenden geomorphologischen Situation und Prozesse. Diese umfasst die Zustandskartierung und Einschätzung der Funktionstüchtigkeit der

ingenieurbioologischen Maßnahmen an den Hängen und die Ursacheneinschätzung der auftretenden Schäden an den Maßnahmen. Ein weiteres Ziel ist es, allgemeine Empfehlungen für die Verwendung von ingenieurbioologischen Maßnahmen in kalkalpinen Wildbächen von Naturschutzgebieten zu formulieren. Schlussendlich sind Anregungen und Ergänzungen der ONR 24803 (Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung) ein Ziel.

3.3_Methodik der Untersuchungen

Für die Erarbeitung der Grundlagen wurde die Methodik der Literaturrecherche gewählt. Dazu waren auch Recherchearbeiten im Archiv der Wildbach- und Lawinerverbauung Steiermark Nord nötig. Ergänzend wurden Interviews mit lokalen Spezialisten durchgeführt. Für die Zustandserfassung der ingenieurbioologischen Maßnahmen und die Ursacheneinschätzung wurden Aufnahmebögen basierend auf der in der ONR 24803 vorgeschlagenen Aufnahmemethode ausgearbeitet. Die Feldarbeiten unterteilten sich in Dokumentation der aktuellen Prozesse an den Hängen, die zu den Karten der Phänomene führte, Kartierung beziehungsweise Verortung der ingenieurbioologischen Maßnahmen (Pilotenwände, Holzkrainerwände, Raubäume, Weidenflechtzäune) und die Zustandserfassung der ingenieurbioologischen Maßnahmen (Pilotenwände, Holzkrainerwände und Raubäume) und deren mögliche Ursachen von Schäden. Am Schluss erfolgte die statistische Auswertung der aufgenommenen Daten und die Schlussfolgerungen.

3.4_ Abkürzungsverzeichnis

BUWAL...Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Schweiz)

BWG...Bundesamt für Wasser und Geologie (Schweiz)

GF...Geschiebefracht (m³)

GZP...Gefahrenzonenplan

HQx...Abfluss mit einer statistischen Wiederkehrperiode von x Jahren (m³/s)

O...Osthang

ONR...Österreichisches Normungsinstitut Regel

SKL...Schadensklasse

U.G....Untersuchungsgebiet

WLV...Wildbach- und Lawinenverbauung

Wo...Westhang oben

Wu...Westhang unten

4_Grundlagen

4.1_Geomorphologische Prozesse/Phänomene

Im folgenden Kapitel werden abtragende Prozesse innerhalb und außerhalb des Gerinnes (am Hang) beschrieben. Gravitative Massenbewegungen sind hangabwärtsgerichtete Verlagerungsvorgänge in schwach geneigtem bis steilem Gelände. Sie erfolgen überwiegend unter dem Einfluss der Schwerkraft. Bei fluvialen Verlagerungen bewirkt ein Transportmedium (Wasser) die Ablösung und den Transport von Partikeln.

4.1.1_Wildbach

Der Begriff Wildbach ist im Österreichischen Forstgesetz 1975, Fassung vom 1. 6. 2002 wie folgt beschrieben:

„§ 99. (1) Ein Wildbach im Sinne dieses Bundesgesetzes ist ein dauernd oder zeitweise fließendes Gewässer, das durch rasch eintretende und nur kurze Zeit dauernde Anschwellungen Feststoffe aus seinem Einzugsgebiet oder aus seinem Bachbett in gefahrdrohendem Ausmaße entnimmt, diese mit sich führt und innerhalb oder außerhalb seines Bettes ablagert oder einem anderen Gewässer zuführt.“

„Die Abtragung der Gebirge, die zur allmählichen Auffüllung der Täler führt, findet in den verschiedenen Formen des Wildbachgeschehens ihren markantesten Ausdruck“ (LUZIAN et al., 2002, S. 20). Laut LUZIAN et al. (2002) sind die Ursachen dieser Abtragungsvorgänge meist ein komplexes Zusammenspiel mehrerer Faktoren und Prozesse. Hauptursache für die Abtragungsvorgänge sind in manchen Gebieten geologische Schwachstellen im Bau der Landschaft oder in anderen Gebieten die zu extreme Beanspruchung durch Starkregenereignisse. Dort, wo die Widerständigkeit der jeweiligen Gewässersohle und/oder Geländeoberfläche bei Niederschlagsereignissen und Hochwässern der Wasser- und Geschiebebeanspruchung nicht standhält, kommt es zur Wildbachbildung. „Wildbäche sind daher jener Teil des Gewässersystems, in dem das

Katastrophengeschehen vor allem durch Feststofftransporte und Geschiebeführung geprägt ist“ (LUZIAN et al., 2002, S. 20).

4.1.2 Muren

Nach RICKENMANN (2010) ist ein Murgang ein schnellfließendes Gemisch aus Lockermaterial und unterschiedlichen Teilen von Wasser (vgl. Abb. 1). Es kommen stark unterschiedliche Korngrößen vor, die mehr oder weniger gleichmäßig über die Abflusstiefe verteilt sind und wo der Transport von sehr großen Gesteinsblöcken möglich ist. Das Wasser-/Feststoffgemisch weist eine hohe Dichte mit schubartigem Fließverhalten auf. Der Abfluss geschieht meist in Wellen unterschiedlicher Gemischfronten, wobei die höchste Geschiebekonzentration an der Front des Murganges vorkommt. Bei hohen Feststoffkonzentrationen hat das Gemisch hohe Zähigkeit. Voraussetzungen für die Entstehung von Murgängen ist das Vorhandensein von ausreichend Geschiebe und ein Mindestgefälle von ca. 15 – 25% im Gerinne oder ca. 25 – 30% außerhalb des Gerinnes, am Hang. Intensive, lang andauernde Schneeschmelze, intensive Niederschläge und die Sättigung des Bodens mit Wasser begünstigen die Entstehung von Murgängen, die plötzlich zu Tale treten.

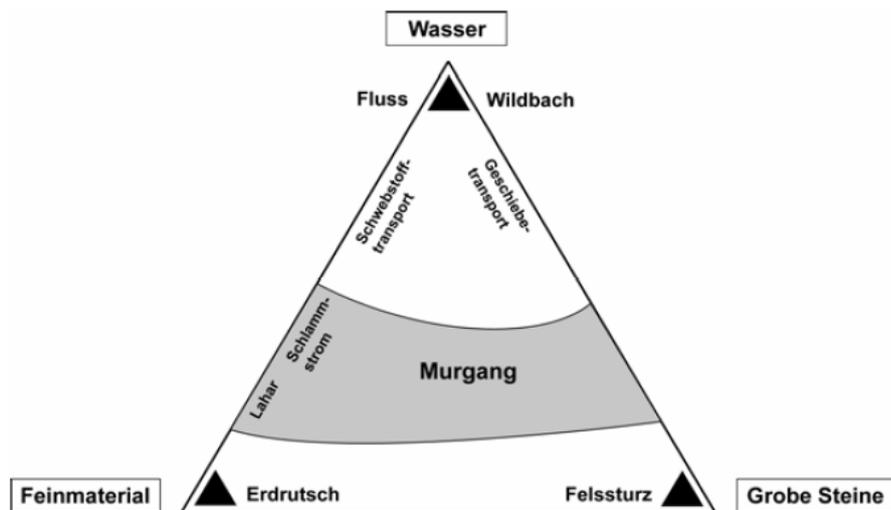


Abb. 1: Hauptbestandteile eines Murganges in einem Drei-Phasen-Diagramm, im Vergleich zu anderen schnellen Massenbewegungen (nach PHILLIPS & DAVIES in RICKENMANN, 2010)

4.1.3_Lawinen

Der Begriff Lawine ist im Österreichischen Forstgesetz 1975, Fassung vom 1. 6. 2002 wie folgt beschrieben:

„§99 (2) Unter einer Lawine im Sinne dieses Bundesgesetzes sind Schneemassen zu verstehen, die bei raschem Absturz auf steilen Hängen, Gräben u. ä., infolge der kinetischen Energie oder der von ihnen verursachten Luftdruckwelle oder durch ihre Ablagerung Gefahren oder Schäden verursachen können.“

Es gibt unterschiedliche Kategorisierungen von Lawinen. In Abb. 2 ist die gängige Klassifikation aus dem Jahr 1991 nach MUNTER W. (in HÜBL et al., 2006) abgebildet.

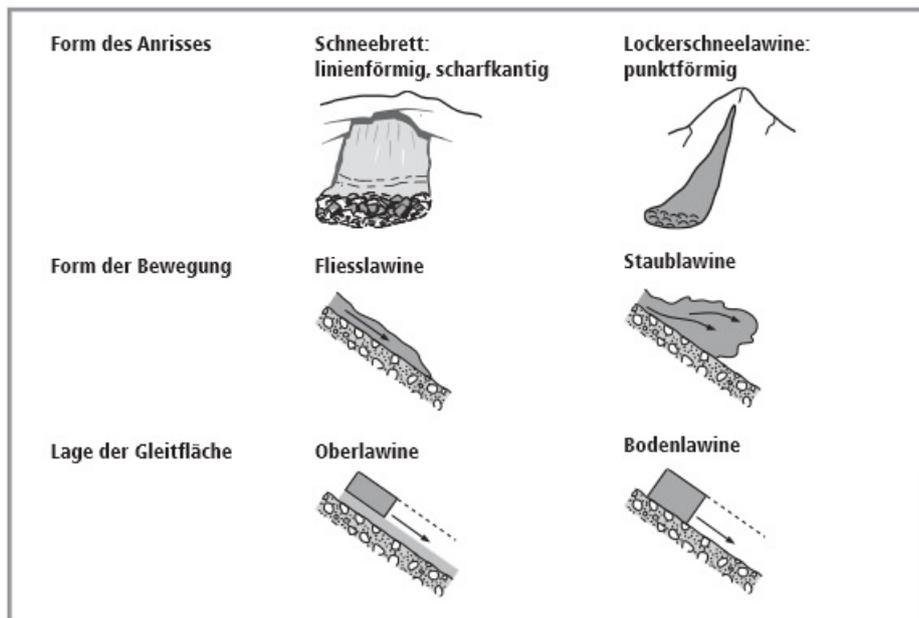


Abb. 2: Lawinenklassifikation nach MUNTER (in HÜBL et al., 2006)

4.1.4_Schneescurf (Schneegleiten und Schneesrutsch)

Hangneigung, Exposition, Wind- bzw. Strömungsverhältnisse und Strahlungsverhältnisse haben prägenden Einfluss auf die Entstehung erosiven Schnees sowie Bodenbeschaffenheit und Anzahl der Hindernisse auf dem Boden. Ab einer Temperatur von 0°C beginnt die Schmelzmetamorphose des Schnees, wobei das Porenvolumen abnimmt und sich die Dichte erhöht. Unter

Schneegleiten versteht man langsame Translationsbewegungen der gesamten Schneedecke auf dem Untergrund in Richtung der Falllinie. Eine glatte Hangoberfläche sowie Temperaturen $> 0^{\circ}\text{C}$ an der Kontaktfläche Schnee/Boden sind Voraussetzung. Plötzliche und schnelle Rutschbewegungen des Schnees über eine Distanz von weniger als 50 m und weniger als 500 m² Volumen nennt man Schneerutsch (BACHER, 2010). Das Vorkommen von Vegetation hat erheblichen Einfluss auf die abtragenden Prozesse in den Hängen.

4.1.5_Spüldenudation

Durch die kinetische Energie der Regentropfen werden beim Aufprall auf der Bodenoberfläche kleine Bodenpartikel („splash erosion“) gelöst, die dann vom oberflächlich abfließenden Wasser abtransportiert werden (BUNZA, 1992). Laut CARSON & KIRKBY (in HAAS, 2008) können dabei auch größere Steine aufgrund der Unterspülung in Bewegung gesetzt werden. HAAS (2008, S. 71, 72) erklärt die Abläufe und Zusammenhänge im Zuge der Untersuchungen von fluvialen Hangprozessen in alpinen Einzugsgebieten der nördlichen Kalkalpen folgendermaßen: „Gerade an steileren Hängen wird dieses in Bewegung gesetzte Material dann meist gravitativ bis in das Gerinne transportiert. In den Gerinnen kommt es dann zu einer Anreicherung von Material. Dort wird das von den Graten und Hängen gelieferte Sediment dann sukzessive aus der Fläche heraustransportiert. Da das Einzugsgebiet dieser Rinnen nur sehr klein und damit die Transportkapazität des fließenden Wassers sehr gering ist, wird während „normaler“ Niederschläge nur Feinmaterial ausgespült. Größere Korngrößen verbleiben in den Rinnen. Daher zeigt sich im Differenzraster im Gerinne vorrangig Durchtransport oder Akkumulation. Die Ausräumung der Rinnen und die damit einhergehende Tieferlegung erfolgt dann während extremer Niederschlagsereignisse mit hohen Niederschlagsintensitäten. Mittel- bis langfristig kommt es zu einer gesamten Rückverlegung des Hanges, wobei die Erosionsraten in den Gerinnen insgesamt gesehen etwas höher liegen müssen als auf den angrenzenden Hängen.“ ZEPP (2011) schreibt, dass Hänge für gewöhnlich unregelmäßig ausgebildet sind. Die Hauptdenudation erfolgt über ein Geflecht von mehr oder weniger parallel verlaufenden Erosionsrillen und

Erosionsrinnen (Runsen), die zusammen eine Abtragung des Hanges bewirken. Das Vorkommen von Vegetation hat erheblichen Einfluss auf die abtragenden Prozesse in den Hängen. Laut COPPIN und RICHARDS (1990, S. 61) „modifiziert die Vegetationsdecke das Bodenmikroklima, reduziert die Bodentemperaturschwankungen und den Bodenfeuchtegehalt. Dies bündigt die witterungsbedingten mechanischen Prozesse, die Kohäsion der Bodenaggregate, deren Zerlegung und Herauslösen aus der Struktur. Wurzeln mit 1-12 mm Durchmesser hemmen physikalisch die Bewegung, induziert durch Gravitation, Regentropfeneinschlag, Oberflächenabfluss und Wind, von Bodenpartikel.“ In COPPIN und RICHARDS (1990) wird dieses Thema weiterführend und vertiefend behandelt.

4.2_Ingenieurbiologische Maßnahmen

Die GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE E. V. (2010) versteht unter Ingenieurbiologie eine biologisch ausgerichtete Ingenieurdisziplin. Sie befasst sich mit der Verwendung von Pflanzen und Pflanzenteilen im Bauwesen. Die Pflanze dient als Baustoff zur Sicherung von Nutzflächen und Infrastrukturen sowie zur Entwicklung von Landschaftselementen an Fließgewässern, an Seen und Küsten, an Hängen und Böschungen, an Gräben zur Reduktion und Eindämmung von Erosion und Rutschungsprozessen. „Weitere und damit verbundene Ziele sind die Revitalisierung von Gewässern, die Erhöhung der Artenvielfalt, die Einbindung in das Landschaftsbild und generell die Erhöhung der Lebensqualität für die Menschen“ (EUROPÄISCHE FÖDERATION FÜR INGENIEURBIOLOGIE).

ZEH (2007) erklärt den Begriff Ingenieurbiologie als das lebendige Gestalten unserer Umwelt. Eine naturnahe Art des Bauens, die sich natürlich gewachsener Baustoffe sowie technischer Hilfs- oder Ergänzungsstoffe bedient und mit der sich die Baumaßnahmen somit ökologisch und ästhetisch gut in die Landschaften einfügen lassen.

FLORINETH et al. (2007) definiert die Ingenieurbiologie als Themenbereich, der sich mit der Technik und Verwendung von Pflanzen für Sicherungsarbeiten beschäftigt.

Laut HACKER und JOHANNSEN (2012) ist die Ingenieurbiologie überall dort

anwendbar, wo die Standortbedingungen für Pflanzenwuchs gegeben sind. Die Nutzung lokaler Ressourcen ist nicht nur gegeben, sondern ein Erfolgsfaktor für die zu sichernden Gebiete. Dafür ist in der Anfangsphase oft eine Verbindung mit unbelebten Baustoffen nötig. Die Vegetationsbestände, die sich aus ingenieurb biologischen Bauweisen entwickeln, bewerkstelligen dabei nicht nur den angestrebten technischen Zweck. Sie haben darüber hinaus auch ökologische und landschaftsästhetische Funktion. Ingenieurb biologische Lösungen mindern und gleichen Eingriffe in der Natur und Landschaft aus und eignen sich somit im Sinne der Umwelt- und Naturschutzgesetze. Basierend auf genaue Kenntnisse über den Bau und die Eigenschaften einzelner Pflanzen, das Zusammenwirken von Pflanzen in ihrer Umwelt (Böden, Klima, Lage im Raum, Nutzungen, etc.), ihre Interaktionen und die Weiterentwicklung von Pflanzenbeständen spielen eine bedeutende Rolle und führen zu unterschiedlichen ingenieurb biologischen Arbeiten und Lösungsansätzen. Dies bedeutet, lokale Ressourcen im Zusammenwirken moderner Ingenieurtechnik mit natürlichen Prozessen zu nutzen. Nachhaltigkeit, Wirtschaftlichkeit und Landschaftsästhetik beim Erosionsschutz fordern aufgaben- und standortangepasste Lösungen (HACKER und JOHANNSEN, 2012).

4.2.1_Systematik der ingenieurb biologischen Bauweisen nach SCHIECHTL (1973)

In der von SCHIECHTL (1973) eingeführten Systematik gliedert man die Bauweisen (Maßnahmen) in Deckbauweisen, Stabilbauweisen, kombinierte Bauweisen, Ergänzungsbauweisen und Sonderbauten.

4.2.1.1_Deckbauweisen

Deckbauweisen schützen den Boden durch ihre flächenhaft abdeckende Wirkung rasch vor Oberflächenerosion und Einstrahlung. Sie verbessern den Wärme- und Wasserhaushalt und fördern so die biologische Aktivierung des Bodens. Bei diesen Bauweisen steht die abdeckende, bodenschützende Wirkung im Vordergrund.

Die Wirkung der Maßnahmen in die Tiefe spielt eine untergeordnete Rolle. Dafür kommen eine große Zahl von Pflanzen, Samen bzw. Pflanzenteilen je

Flächeneinheit zum Einsatz, die die Bodenoberfläche vor einem schädlichen Einfluss mechanischer Kräfte schützt (Schlagregen, Hagel, Wasser-, Wind- und Frosterosion etc.). Durch diese Deckbauweisen wird der Feuchte- und Wärmehaushalt verbessert und fördert damit die Entwicklung pflanzlichen Lebens im Boden und in der bodennahen Luftschicht (SCHIECHTL und STERN, 2002).

4.2.1.2_Stabilbauweisen

Stabilbauweisen dienen zur Minderung bis Ausschaltung von mechanischen Kräften. Sie stabilisieren und sichern rutschgefährdete Hänge mit böschungsnahen Gleitschichten mittels Durchwurzelung, Wasserverbrauch und -Abfuhr. Es handelt sich um lineare oder punktförmig angeordnete Systeme aus Sträuchern und Bäumen, bzw. mit ausschlagfähigem Astwerk. Stabilbauweisen werden meist zum Schutz gegen Erosion durch Deckbauweisen ergänzt. Stabilbauweisen werden dort eingesetzt, wo schädliche mechanische Kräfte im Boden konzentriert auftreten können, dort, wo eine tiefgründige Befestigung des Bodens notwendig ist. Die Sofortwirkung der Bauweise hängt von der Einbautiefe und den einzelnen Maßnahmen zueinander ab. Laut FLORINETH (2012) bieten sich aufgrund der Fähigkeit zur vegetativen Vermehrung viele Weidenarten (*Salix species*), die Schwarzpappel (*Populus nigra*), der Liguster (*Ligustrum vulgare*) und die Deutschen Tamariske (*Myricaria germanica*) an. Die sichernde Wirkung steigt bereits mit der Bildung von Wurzeln und soll sich laut SCHIECHTL und STERN (1994) mit zunehmendem Alter je nach Aufwuchs der einzelnen Stabilbauweisen stetig erhöhen.

4.2.1.3_Kombinierte Bauweisen

Kombinierte Bauweisen stützen und sichern instabile Böschungen und Hänge, wobei lebende Baustoffe (Pflanzen und Pflanzenteile) mit nicht-lebenden (Stein, Beton, Holz, Stahl, Kunststoff) kombiniert werden. Dies verbessert den Wirkungsgrad der Maßnahmen und erzielt eine höhere Lebensdauer der Stützbauwerke (SCHIECHTL und STERN, 1994).

4.2.1.4_ Sonderbauten

Zu den Sonderbauten zählen SCHIECHTL und STERN (1994) die Ausgrassung von flachen Runsen, Raubäume und die lebende Buschlahnung.

4.2.2_Systematik der Sicherungsarbeiten nach FLORINETH (2012)

FLORINETH (2012) gliedert die Sicherungsmaßnahmen nach dem Ort der Verbauung: Begrünung und Bepflanzung in der freien Landschaft, Ufersicherung an Fließgewässern, Ufersicherung an stehenden Gewässern, Sicherungen von Hängen und Böschungen und Sicherung von Runsen und Gräben.

Im folgenden Teil werden die im Untersuchungsgebiet des Kühgrabens angewandten ingenieurbioologischen Maßnahmen nach der Klassifizierung von FLORINETH (2012) erläutert.

4.2.2.1_Sicherung von Hängen und Böschungen

4.2.2.1.1_Trockensaat

Laut FLORINETH (2012) versteht man unter Trockensaatgut das getrennte Ausbringen von Saatgut und Dünger im trockenen Zustand ohne Verwendung von zusätzlichen Hilfsstoffen. Auf flachen Stellen und auf Böschungen mit rauer Bodenoberfläche sind sie gut geeignet.



Abb. 3: Handelssaatgut mit vielfältiger Artenzusammensetzung

4.2.2.1.2_Mulchsaaten mit Netzen

Bei deutlicher Erosionsgefahr durch extreme Standortbedingungen (Bsp. windexponierte Steilböschungen, Sand- und Uferböschungen) bieten solche Netze die Möglichkeit eines verstärkten Oberflächenschutzes und dienen der Befestigung der Mulchdecke (SCHIECHTL und STERN, 1994).

Wegen des sofortigen Erosionsschutzes ist diese Bauweise gut geeignet, jedoch aufwendig. FLORINETH (2012) benennt diese Begrünungsmethode auch Jute- oder Kokosnetz-Strohdecksaat.

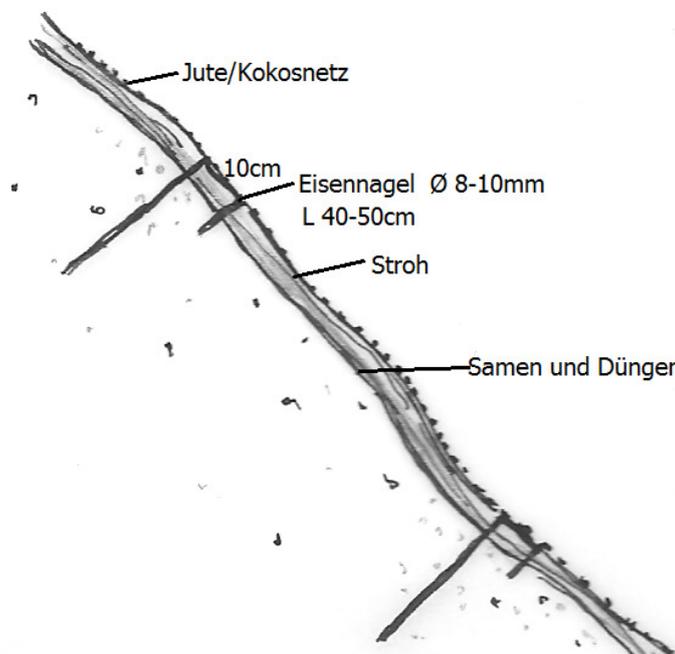


Abb. 4: Begrünung mit Jute- oder Kokosnetz (verändert nach FLORINETH, 2012)

4.2.2.1.3_Steckhölzer

Steckhölzer sind 30 – 60cm lange Äste oder Stammabschnitte die, mit Ausnahme der Salweide (*Salix caprea*), in der Vegetationsruhe geschnitten und in die Erde gesteckt werden. Laut SCHELLING (in FLORINETH, 2012) zeigen Äste bzw. Steckhölzer mit einem durchschnittlichen Durchmesser von 4,5 cm das beste oberirdische Austriebsvermögen. „Dünnere Steckhölzer (Durchmesser 1 -3 cm) treiben anfänglich etwas schwächer aus, wachsen dann nach 4 – 6 Monaten zu ebenfalls kräftigen Pflanzen heran“ (nach SCHENKENBACH und SCHELLING, in FLORINETH, 2012, S. 30, 31). Für ein entsprechendes Sprosswachstum genügt es, dass die Steckhölzer nur 5 – 8 cm aus dem Boden herausragen.

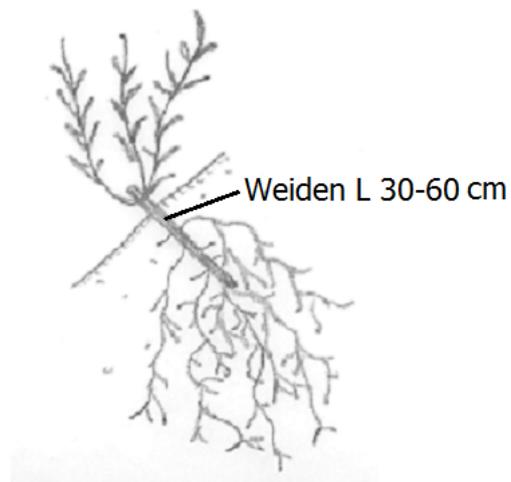


Abb. 5: mehrjähriges Steckholz (verändert nach ZEH, 2007)

4.2.2.1.4_Weidenflechtzäune

Weidenflechtzäune sind Sofortmaßnahmen zur Sicherung bzw. Rückhalt von Oberböden. Sie zeichnen sich durch hohen Materialaufwand, geringe Tiefenwirkung, geringen Bewurzelungserfolg und Empfindsamkeit gegen Steinschlag aus. Jedoch ist eine gute Anpassung an bestehende Geländeverhältnisse möglich (ZEH, 1993).

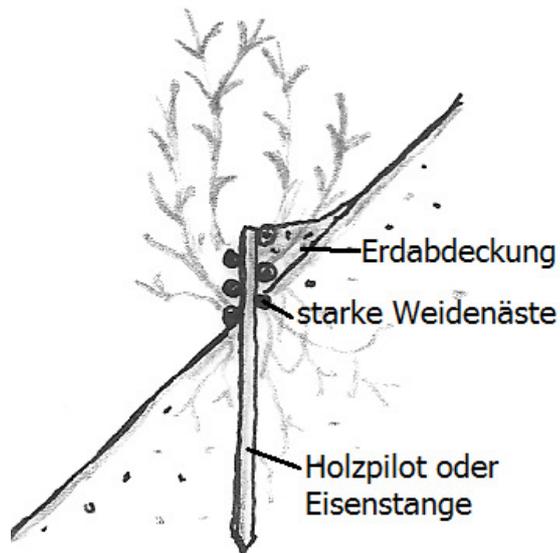


Abb. 6: Weidenflechtzaun (verändert nach ZEH, 1993)

4.2.2.1.5_Holzkrainerwände

Unter Krainerwänden versteht man ein- oder doppelwandige, kastenförmige Systeme, die aus Holz oder aus vorgefertigten Bauteilen (Beton, Metall) bestehen. Holzkrainerwände sind sehr elastische Baukörper (SCHIECHTL und STERN, 1994) und eignen sich gut zur Sicherung von instabilen Bodenschichten und zur Sicherung von steilen Hang- und Uferböschungen. FLORINETH (2012) empfiehlt sie zur Sicherung bei 30-200 cm mittelgründigen Bodeninstabilitäten. Vorteil ist die sofortige stabilisierende Wirkung, wobei die Rundhölzer die Pflanzen bereits in der Anwuchsphase schützen.

Nach dem Anwachsen übernehmen die Wurzeln der eingelegten Laubhölzer oder Weidenäste die Funktion der vermorschenden Rundhölzer (ZEH, 1993).

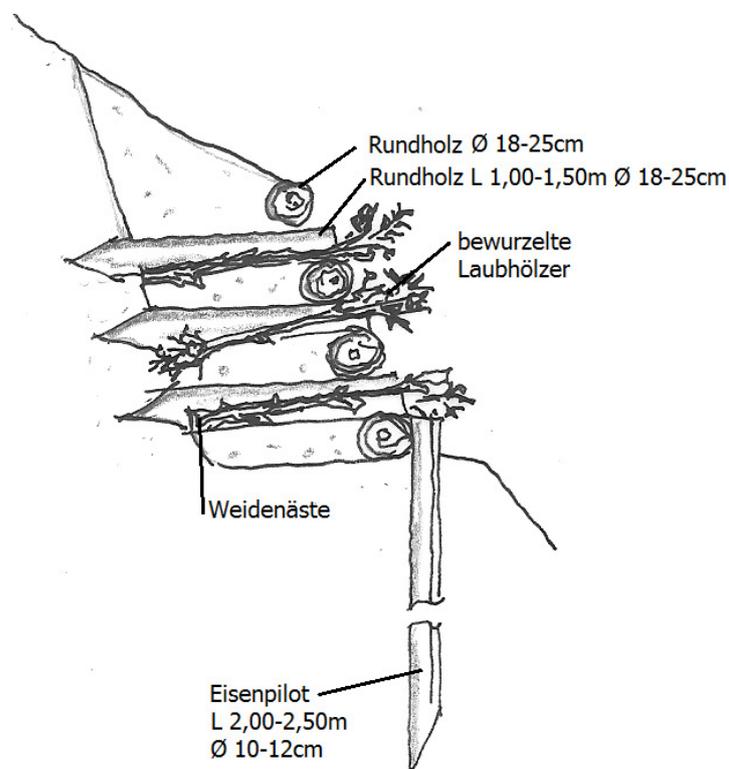


Abb. 7: bepflanzt einwandige Holzkrainerwand (verändert nach FLORINETH, 2012)

4.2.2.1.6_Pilotenwände

Bepflanzte Pilotenwände dienen der Sicherung flachgründiger Bodenschichten (10 – 20 cm) und eignen sich gut an trockenen Standorten.

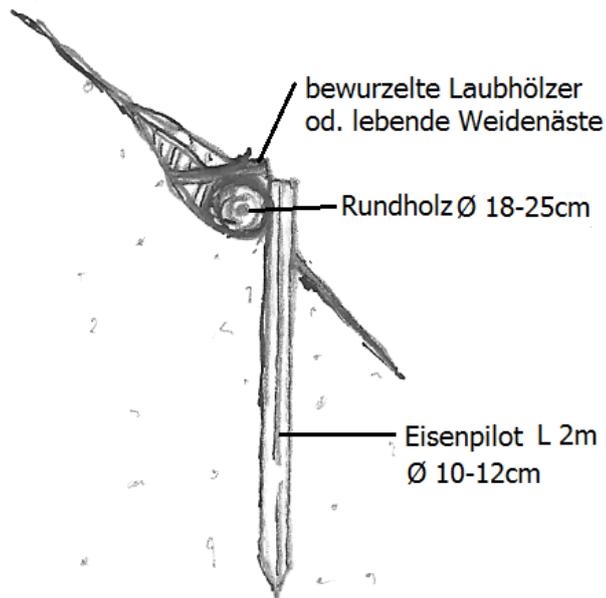


Abb. 8: Bepflanzte Pilotenwand (verändert nach FLORINETH, 2012)

4.2.2.2_Sicherung von Rensen und Gräben

4.2.2.2.1_Raubäume

Um die fortschreitende Tiefenerosion in kleinen Gräben und Rensen zu verhindern und einen Rückhalt von geringen Geschiebemengen zu gewährleisten werden dicht benadelte (Fichten) oder dicht beblätterte Bäume umgeschnitten, in die Gräben/Rensen gelegt und mittels Holzpflocken oder Eisenstangen bzw. Eisenpiloten befestigt (FLORINETH, 2012).

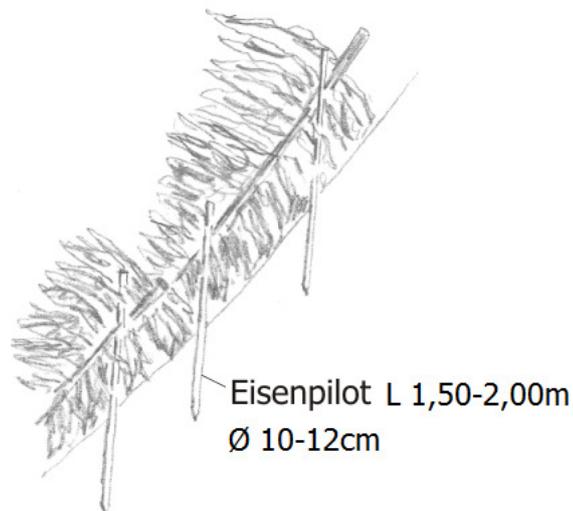


Abb. 9: Nadelholz-Raubaum (verändert nach FLORINETH, 2012)

5_ Untersuchungsgebiet

5.1_Allgemeines

Das Untersuchungsgebiet Kühgraben befindet sich in der Obersteiermark in den Ennstaler Alpen, den Nördlichen Kalkalpen zugehörig, im Gebiet des Nationalparks Gesäuse (siehe Abb. 10).

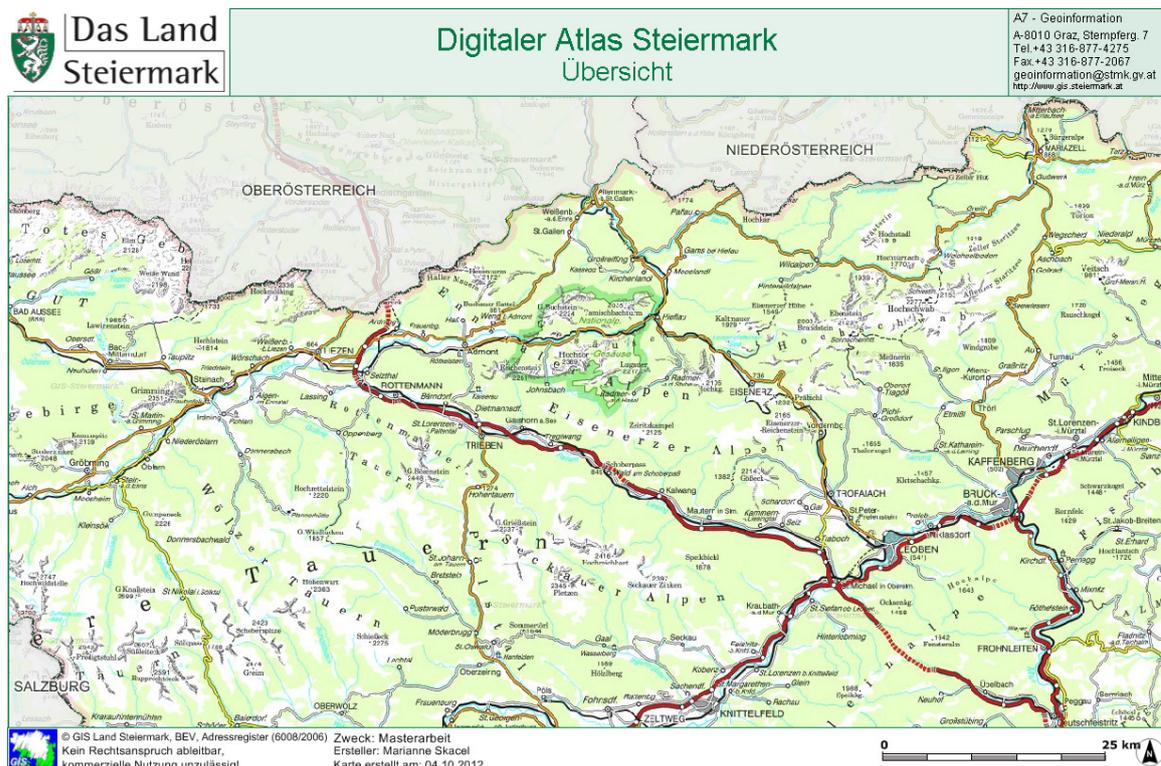


Abb. 10: Nationalpark Gesäuse in den Ennstaler Alpen in der Obersteiermark (© GIS-Steiermark 2012)

Der Kühgraben ist ein temporär wasserführender Wildbach (siehe Abb. 12 und 13) und befindet sich in der Bewahrungszone des Nationalparks. Er reicht von den Südflanken des Großen Buchsteins (2224 m) Richtung Süden und mündet dort in den Vorfluter Enns (siehe Abb. 11).

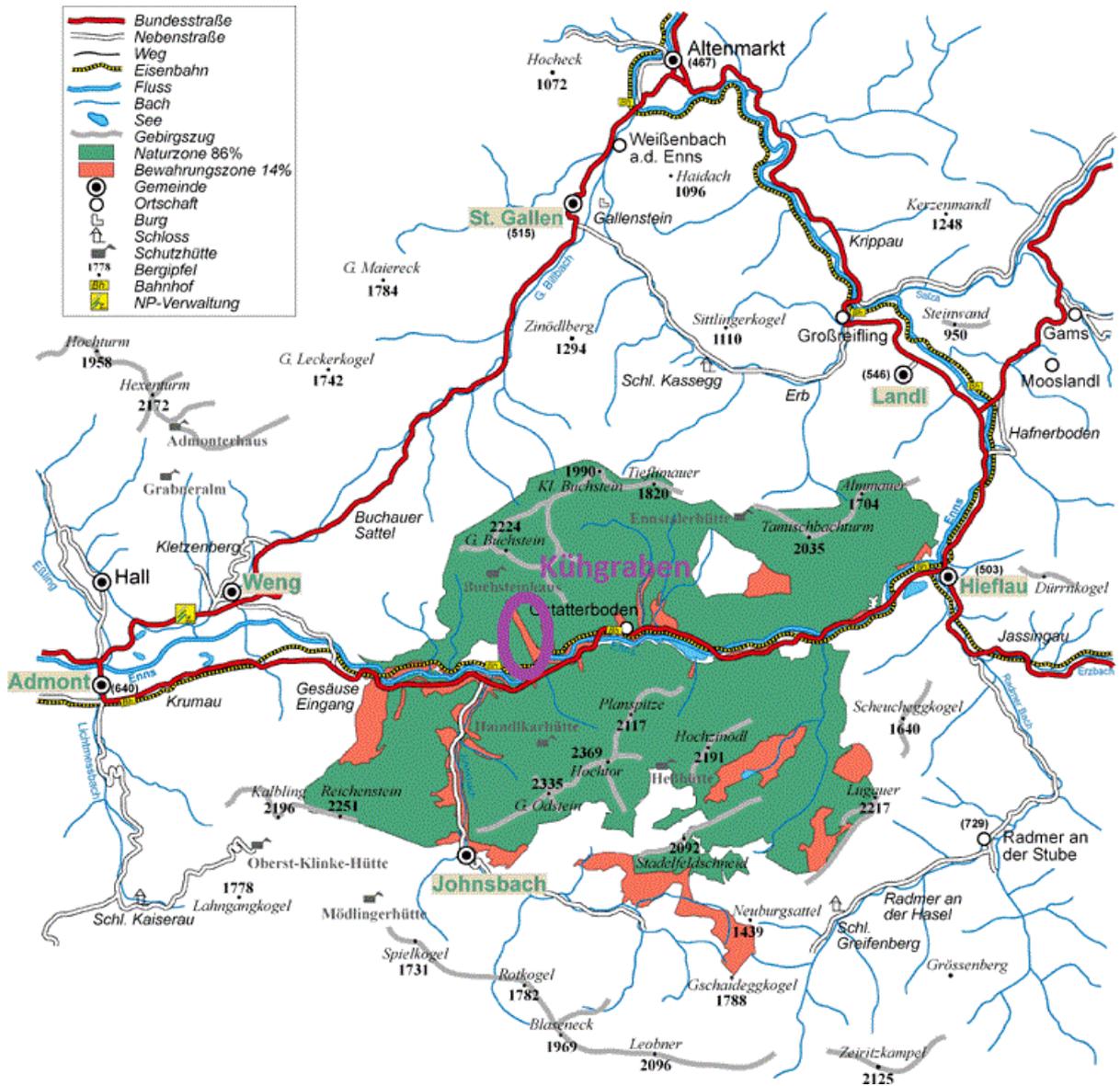


Abb. 11: Übersichtskarte des Nationalparks Gesäuse (NATIONALPARK GESÄUSE)



Abb. 12: Untersuchungsgebiet Kühgraben auf der Südseite des Großen Buchsteins (2.224 m) im Nationalpark Gesäuse (FOTO: THALLER R., August 2012)



Abb. 13: Kühgraben im Nationalpark Gesäuse mit den Untersuchungsflächen „Osthang“ (im Bild links) und „Westhang unten“ (im Bild rechts) (FOTO: November 2011)

Das Untersuchungsgebiet wurde in drei Bereiche geteilt. Zwei Bereiche befinden sich auf der orografisch linken Seite und wurden mit „Wo“ für „Westhang oben“ und mit „Wu“ für „Westhang unten“ bezeichnet. Der dritte Untersuchungsbereich befindet sich an der orografisch rechten Seite des Kühgrabens und wurde mit „O“ für „Osthang“ bezeichnet (siehe Abb. 14).



Abb. 14: Bezeichnung der untersuchten Flächen im Kühgraben (© GIS-Steiermark 2012)

5.2_Geologie

Der Nationalpark Gesäuse liegt in den Nördlichen Kalkalpen in der Obersteiermark im Bereich der Ennstaler Alpen. „Vom Deckenbau her ist das Gesäuse der Oberostalpinen Einheit zuzuordnen. Stratigraphisch geprägt ist dieses Gebiet von einem mächtigen Fundament aus Ramsaudolomit mit einem ebenso mächtigen aufliegenden Dachsteinkalkpaket,...“ (STUMMER und PAVUZA, 2005, S. 8-9). Der Kühgraben befindet sich in den nördlichen Gesäusebergen (Buchstein-Tieflimauer-Tamischbachturm) und führt von den Südhängen des Großen Buchsteins (2224 m) nach Süden und mündet auf einer Seehöhe von ca.

578 m in die Enns. Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf einer Seehöhe zwischen 1.000 und 1.120 m. Hier trifft man auf untere Endmoränen der Schlussvereisung, Gehängebreccien und Hangschuttkegel-Verhüllungen (vgl. AMPFERER, 1935). Diese instabile Straten führen zu verstärkter Erosionsanfälligkeit. Laut KAMMERER (2008) sind in den unverbauten Grabeneinhängen teilweise offener Reg- oder Ruhschutt anzutreffen.

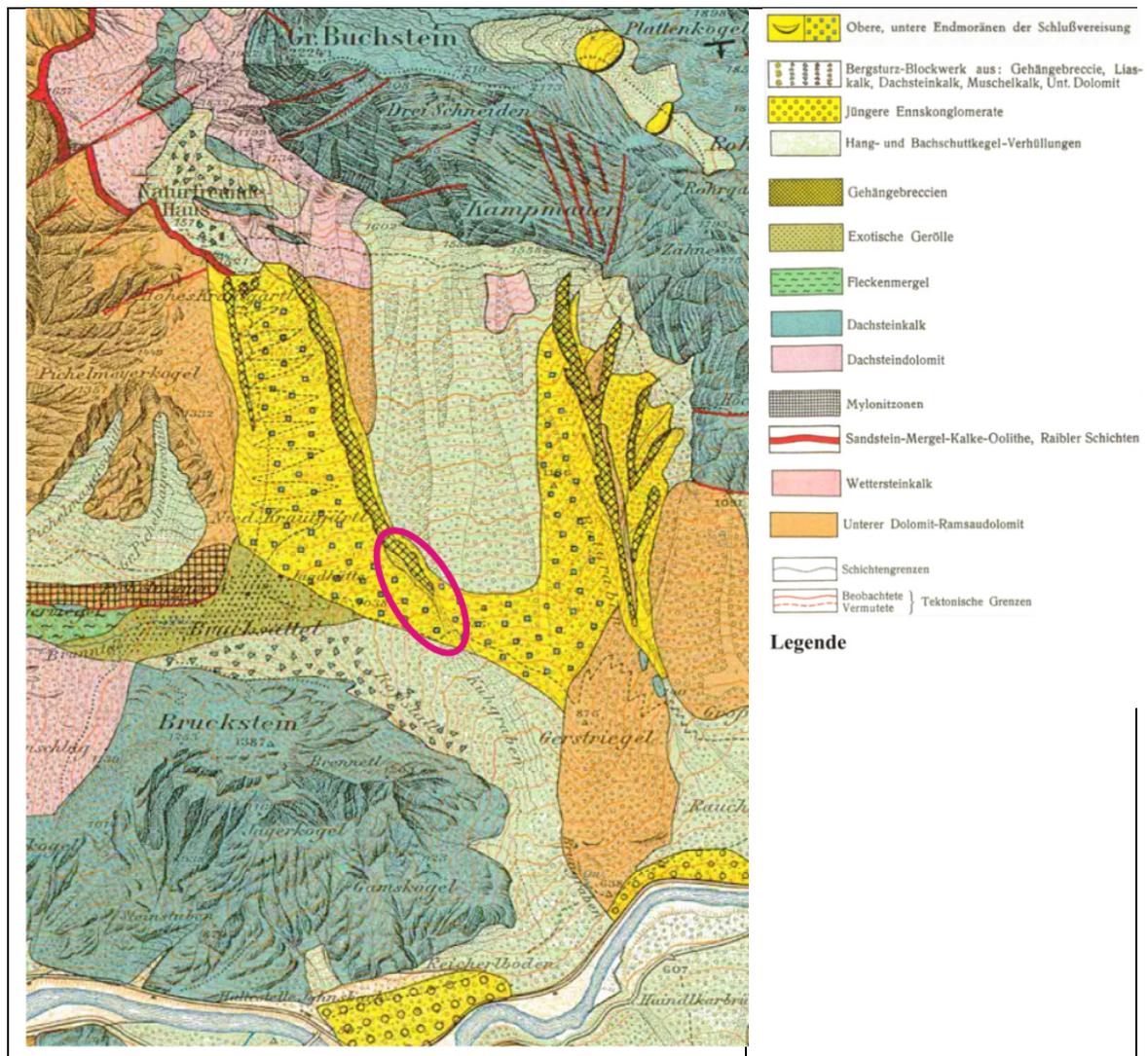


Abb. 15: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes Kühgraben (AMPFERER, 1935)

5.3_Klima und Hydrologie

Das Gesäuse befindet sich im Nordstaugebiet des feuchtgemäßigten, mitteleuropäischen-ozeanischen Klimas. Es ist geprägt durch die vorherrschenden Westwinde, die Niederschlagsfronten vom Atlantik herantragen, welche sich dann

an der Gebirgskette stauen und zum Abregnen der feuchten Luftmassen führen. Häufige und teilweise anhaltende Niederschlagsperioden mit beachtlichen Wassermengen (1.200 bis über 2.500 mm pro Jahr vgl. Abb. 16) treten hier auf. Im Sommer fallen die meisten Niederschläge, die auch zu Starkregenereignissen führen können. Ein Niederschlagsmaximum befindet sich im Winter, welches beträchtliche Schneemengen mit sich bringt (NATIONALPARK GESÄUSE).

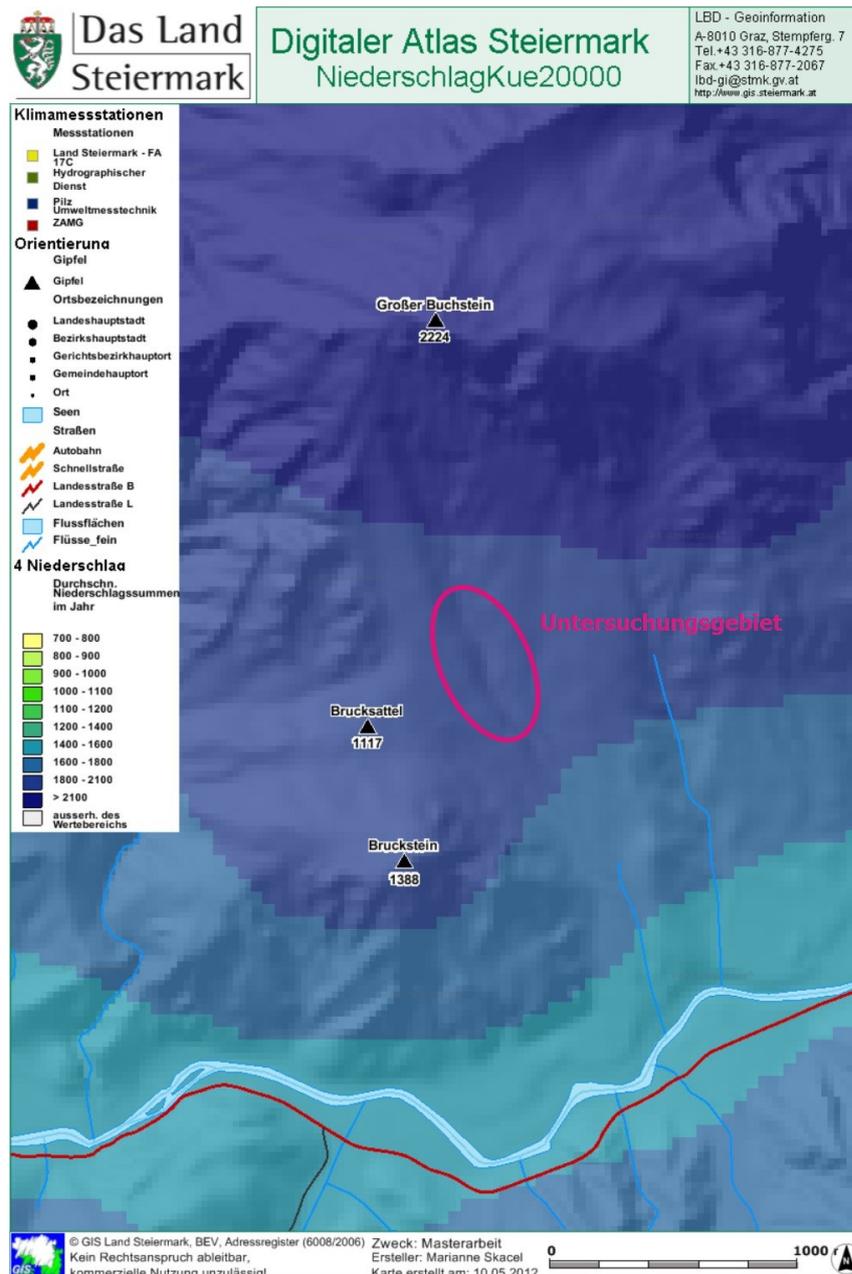


Abb. 16: Karte der durchschnittlichen Jahresniederschlagssummen im Untersuchungsgebiet Kuhgraben (© GIS-Steiermark 2012)

Laut dem technischen Bericht von ZEDLACHER (1986) für das Verbauungsprojekt Kühgraben und Rotgraben des Forsttechnischen Dienstes für Wildbach- und Lawinenverbauung, Sektion Steiermark, Unteres Ennstal und Salzatal ist das Einzugsgebiet des Kühgrabens 2,08 km² groß und weist eine Lauflänge von ca. 2,6 km auf. Das durchschnittliche Laufgefälle beträgt ca. 36%. Die generelle Exposition ist Süd. Die höchste Erhebung ist der Große Buchstein mit 2.224 m. Die Mündung in die Enns befindet sich auf ca. 578 m. HQ 150 beträgt laut damals geltendem Gefahrenzonenplan 18 m³/s. Der Vorfluter Enns hat ein ungefähres Gefälle von 1%. Im Managementplan „Witterschutt und Geschiebe“ von HOLZINGER et al. (2012) ist die Größe des Einzugsgebietes des Kühgrabens - Hüttgrabens anders als im technischen Bericht der WLW von 1986 mit 225 ha angegeben.

Aufgrund der Exposition der Hänge (E und SW vgl. Abb. 17, 18), der nicht nennenswerten Talwinde und der nur lückenhaft niedrig wachsenden krautigen Vegetation kommt es hier zu hohen tageszeitlichen Schwankungen der Bodentemperatur. Laut HÄCKEL (2012) stellt eine dichte Vegetationsdecke eine ausgesprochene Wärmebarriere dar. Im Gegensatz dazu sind offene Böden dem größten Strahlung- und somit Energieumsatz ausgesetzt. Das Zusammenspiel dieser Faktoren führt unter anderem auch zu frühen Ausaperungen in den oberen Bereichen der Hänge im Winter und Frühling und zu länger anhaltenden Schneeanstimmungen im Gerinne und Unterhang/Hangfuß.

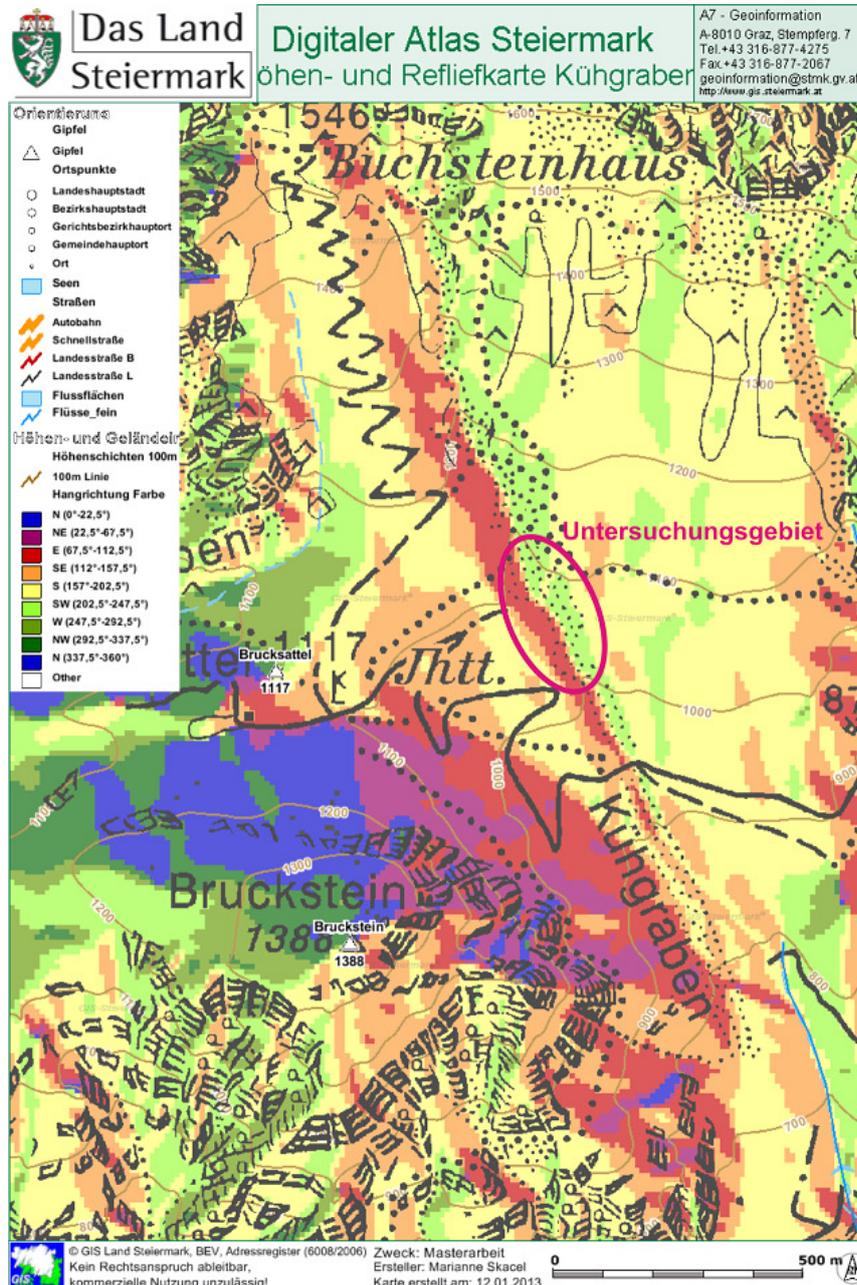


Abb. 17: Relief- und Expositionskarte des Untersuchungsgebietes Kühgraben (© GIS-Steiermark 2013)

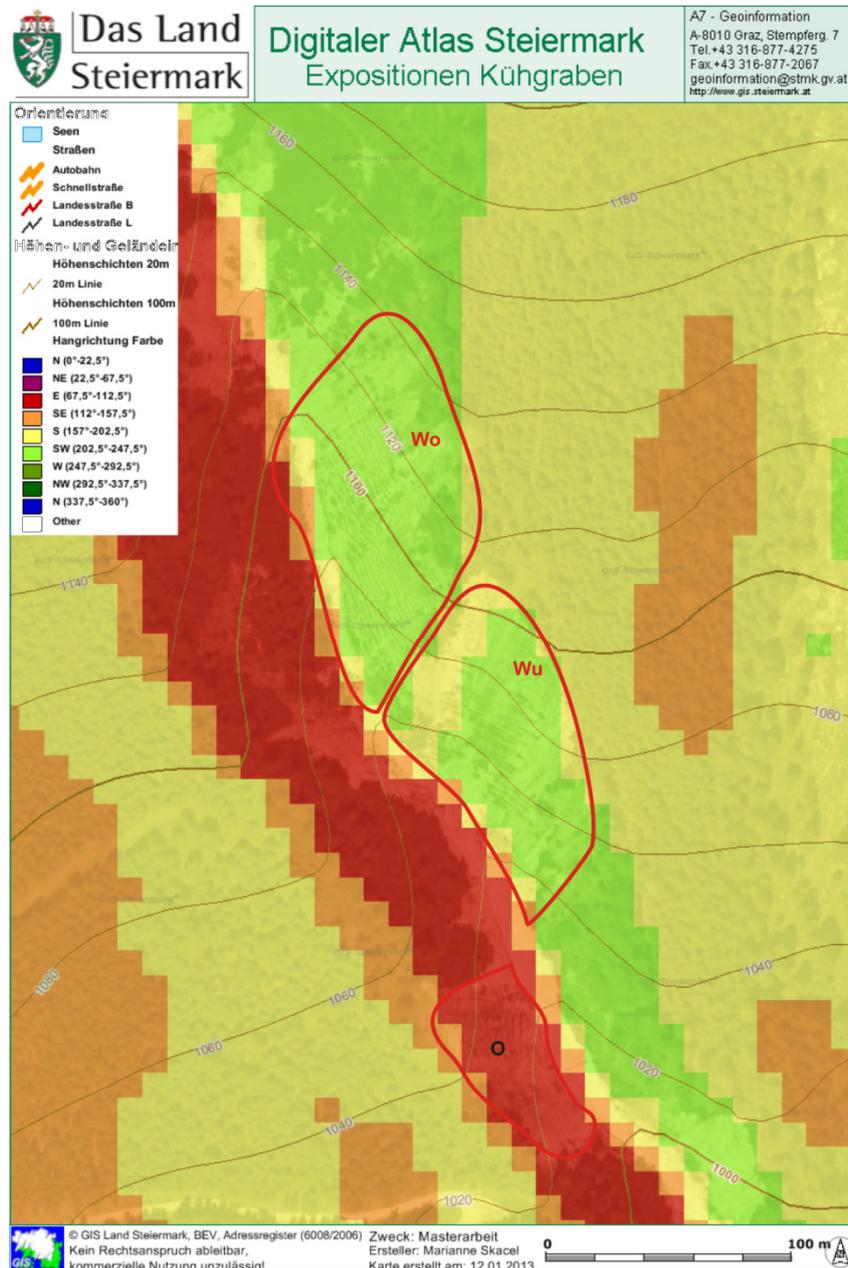


Abb. 18: Expositionen der Untersuchungsflächen im Kühgraben (© GIS-Steiermark 2013)

5.4_Vegetation

Die Angaben zur Vegetation im Kühgraben wurden der Biotopkartierung Gesäuse, Teilbericht Kartierungsbereich Küh-/Rotgraben von KAMMERER 2008 (S. 9, 10) entnommen:

„Die unverbauten Grabeneinhänge sind teilweise offener Reg- oder Ruhschutt, teilweise treten besser bewachsene Ruhschuttbesiedelungsstadien auf, in welchen Alpen-Pestwurz (*Petasites paradoxus*), Alpen-Goldhafer (*Trisetum alpestre*), Grannen-Klappertopf (*Rhinanthus glacialis*), Strandnelkenhabichtskraut

(*Chlorocrepis staticifolia*) und häufig Lavendel-Weide (*Salix eleagnos*) anzutreffen sind. Noch länger beruhigte Hangpartien sind mit oft sehr dichten Latschengebüschen bestockt. An den Geländekanten bzw. knapp darunter treten bisweilen autochthone Fichtenwälder als nächstes Sukzessionsglied auf. Ab etwa 1.100 m sind die Hangkanten meist von Karbonatschutt-Buchen-Tannen-Fichtenwäldern mit geringem (stellenweise auch höheren) Lärchen- und Berg-Ahorn-Anteil bestockt. Der Unterwuchs ist meist spärlich, die häufigsten Arten sind Bunt-Reitgras (*Calamagrostis varia*) und Schwarze Schneerose (*Helloborus niger*), neben Hochstauden, wie Kalk-Alpendost (*Adenostyles alpina*), Quirl-Weißwurz (*Polygonatum verticillatum*) oder Fuchs-Greiskraut (*Senecio avatus*). Das Bodenskelett ist großflächig offenliegend.“

5.5_Geomorphologische Naturprozesse

Der Kühgraben ist ein temporär wasserführender Wildbach mit einem durchschnittlichen Gerinnegefälle von 36%. Im Winter ist er ein Lawinengang und im Sommer ist er murgangfähig. Die zwei orografisch links befindlichen untersuchten Flächen „Wo“ (Westhang oben) und „Wu“ (Westhang unten) haben ein Gefälle im oberen Drittel der Hänge (unterhalb der Hangkanten) von deutlich über 40° und im unteren Bereich zum Hangfuss hin zwischen 30° und 41° (unregelmäßig konkave Geländemorphologie). Die orografisch rechts befindliche untersuchte Fläche „O“ (Osthang) weist eine durchschnittliche Neigung von 35° - 40° auf. Schneegleiten und Schneerutsch führt hier im Winter zur ständigen Abtragung von Gesteins- und Bodenmaterial im oberen Bereich der Hänge. Dies führt im Winter zu schneedeckenfreien Abschnitten in Hangkantennähe. Im Staubereich des Schnees, am Hangfuß, sammeln sich die Schneemassen und verbleiben hier bis in die Sommermonate. Die Hänge sind auch im Sommer flächiges Transitgebiet (fluvial und gravitativ) mit teilweise schwach vorkommender Runsenbildung und wenigen schwach ausgeprägte Rippen.

5.6_Jüngste Verbauungsgeschichte

5.6.1_Anlass der Verbauung/Bekannte Schadereignisse

Folgendes wurde dem technischen Bericht zum Verbauungsprojekt 1986 Kühgraben und Rotgraben (ZEDLACHER, 1986) entnommen. Am 1. 7. 1949 wurde am Talboden von Gstatterboden 107 mm Niederschlag gemessen. Im Kühgraben kam es zu einem Murgang mit starker Erosionsrinnenbildung an der Kegelfasis. Im benachbarten Rotgraben kam es zu einem katastrophalen Murgang.

Nach einem heftigen Gewitter am Abend des 16. 8. 1979 entlang der Buchstein – Tamischbachturm-Linie brachten Kühgraben und Rotgraben schwere Muren zu Tal. Es wurden 120 mm Niederschlag in insgesamt 3 Stunden vermutet. Am Gleiskörper der Strecke Amstetten – Selzthal im Bereich Kühgraben (km 113,4 – 113,6) fuhr der Erzzug auf eine noch in Bewegung befindliche Mure auf. Die beiden Lokomotiven (jeweils ca. 85 t) wurden 4 m hochgehoben, 8 m ennswärts versetzt sowie von den noch nachfolgenden Murmassen zum Teil bis über das Dach verschüttet und dabei schwer beschädigt. Leere Erzwagen wurden mit Schotter verfüllt. Die Strecke war anschließend 8 Tage lang unpassierbar. Unter anderem mussten ca. 15.000 m³ Murmaterial entfernt werden. Die Nachrechnung des Murereignisses im Kühgraben 1979 ergab einen Gesamtgeschiebeanfall von rund 20.000 m³. Zusätzlich wurden schätzungsweise 3.000 m³ Murmaterial sofort von der Enns abgefrachtet. Diese Berechnungen führen zu dem Befund, dass das Ereignis im Bereich des 100-jährlichen einzuordnen sein sollte.

Am 8. 8. 1980 wurde der Bahnkörper wieder im Bereich des Kühgrabens vermurt. Ein Personenzug wurde zwischen dieser Mure und einem weiteren Geschiebestoß (bei km 115,7) eingeschlossen. Die Betriebsunterbrechung betrug 2 Tage und es mussten 3.000 m³ Geschiebefracht entfernt werden.

Im Managementplan „Witterschutt und Geschiebe“ von HOLZINGER et al. (2012) wurde der Kühgraben – Hüttgraben der Problemkategorie 3 zugeordnet. Diese Kategorie wurde folgendermaßen definiert: „Eingriffe auch abseits der Infrastruktur, Verbauungen vorhanden, die natürliche Dynamik ist schwer beeinträchtigt bis unterbunden“ (HOLZINGER et al., 2012, S. 15).

5.6.2_Ziel der Maßnahmen

Zitat ZEDLACHER (1986): „a) Da ein Eingriff in das Geschehen der Geschiebeerzeugung aus technischen und wirtschaftlichen Gründen kaum möglich erscheint, muss danach getrachtet werden, zumindest den Ablauf der Ereignisse schadlos zu gestalten. b) Zur Rückhaltung von Teilen der Murmassen sowie zur Ausfilterung vor allem der Grob- und Holzanteile sollten geeignete Flächen der Kegel preisgegeben werden, um den Rest dafür effektiv zu schützen. c) Die Verbauung soll gegenüber allenfalls in den Kegelbereich vorstoßenden Lawinen unempfindlich sein. d) Nachdem die Bahnlinie am Fuße einer alten Terrasse und in unmittelbarer Ufernähe der Enns verläuft, ist deren Unterquerung durch Muren nicht möglich. Es muss stattdessen eine Überleitung in einem entsprechenden Trog erfolgen. e) Die Enns als Vorfluter weist im Gesäuse bei Sohlbreiten von ca. 30 Metern und einem Gefälle von etwa 1% recht günstige Schleppkraftwerte auf. Bei kleineren Ereignissen ist daher praktisch keine Beeinträchtigung des Enns-Regimes anzunehmen; bei Großereignissen jedoch muss die Möglichkeit eines (teilweisen) Rückstaus der Enns berücksichtigt werden.“

5.6.3_Lageplan

Das Untersuchungsgebiet befindet sich im Bereich von Position Nr. 5 (POST Nr. 5) des Lageplans der WLW (siehe Abb. 19).

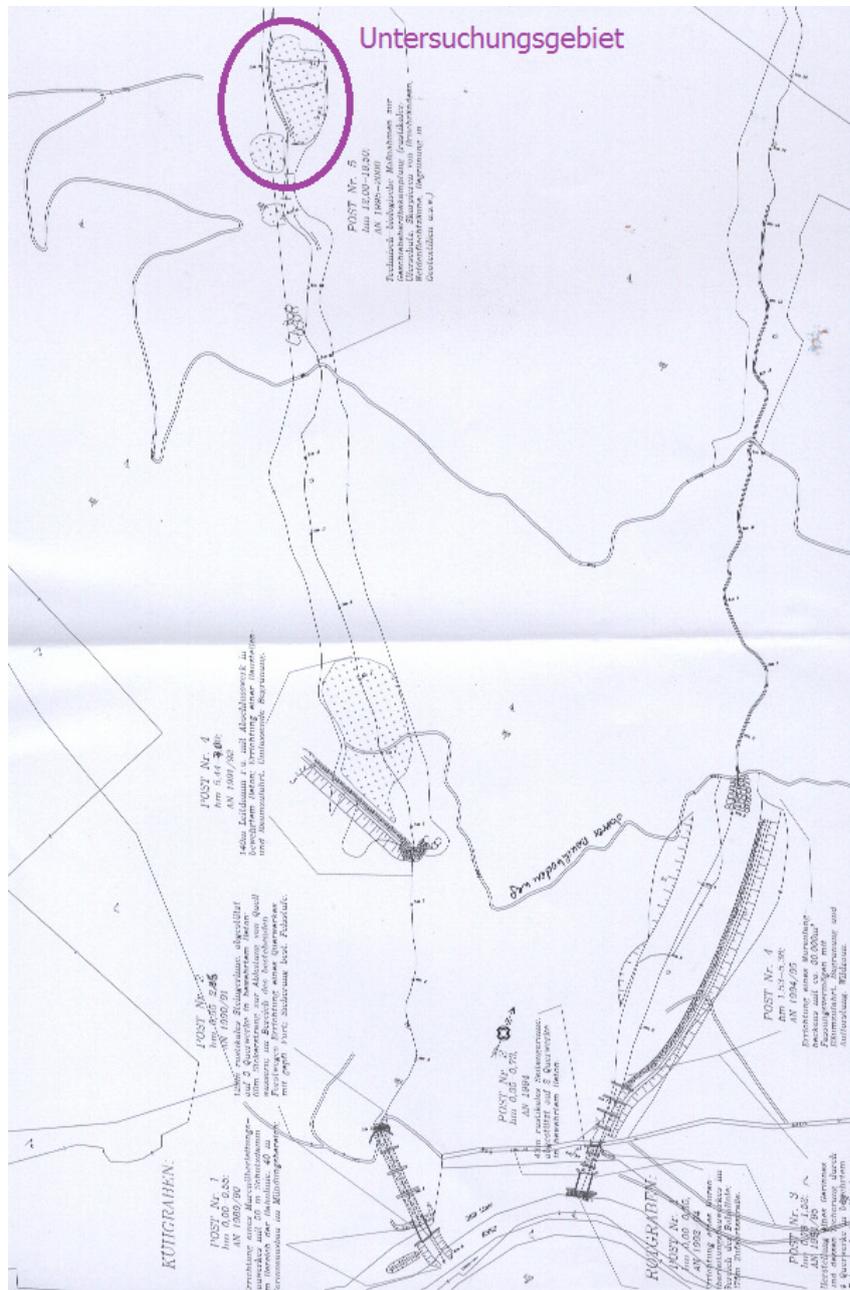


Abb. 19: Lageplan des Verbauprojektes Kühgraben (WLV Unteres Ennstal und Salzatal, 1989 – 2000)

5.6.4_Bautypen

In den Jahren 1995 – 2000 wurden folgende technische – biologische Maßnahmen zur Geschiebeherdbekämpfung umgesetzt (ZEDLACHER, 2002):

	Bachlaufkorrekturen
	Skarpieren von Bruchrändern (Abböschung)
310 lfm	Ufersicherung durch Stahlpiloten, mit Rundholz hinterlegt
2 Stk.	Konsolidierungswerke in Stahl/Holz
280 m ²	Grobsteinschichtung zur Ufer- und Sohlsicherung
120 lfm	Holzschlachten zur Böschungsverstärkung
561 m ²	Böschungsverstärkung durch Baustahlgitter
7.921 m ²	Weidenflechtzäune
15.460 m ²	Saat (teilweise in Geotextil)
7.970 m ²	Einzelstecklinge (Steckhölzer)
195 m ²	Weidenbuschlagen
155 lfm	Raubäume

Im Jahr 2003 wurden Pflege- und Nachbesserungsmaßnahmen der technisch-biologischen Geschiebeherdbekämpfung durchgeführt.

Es ist darauf hinzuweisen, dass der Bereich Position Nr. 5 des Verbauungsprojektes der WLIV sich über die Grenzen der in dieser Masterarbeit untersuchten Flächen hinaus erstreckt.

Die hier vorkommenden ingenieurbiologischen Maßnahmen Einzelstecklinge (Steckhölzer), Raubäume, Weidenflechtzäune, Holzschlachten (Pilotenwände) und Holzwerke (Holzkrainerwände) sind im Kapitel 5.6.6 näher beschrieben. Die Bautypen für die Hangfußstabilisierung und die Querwerke sind in Abb. 20 und Abb. 21 abgebildet.

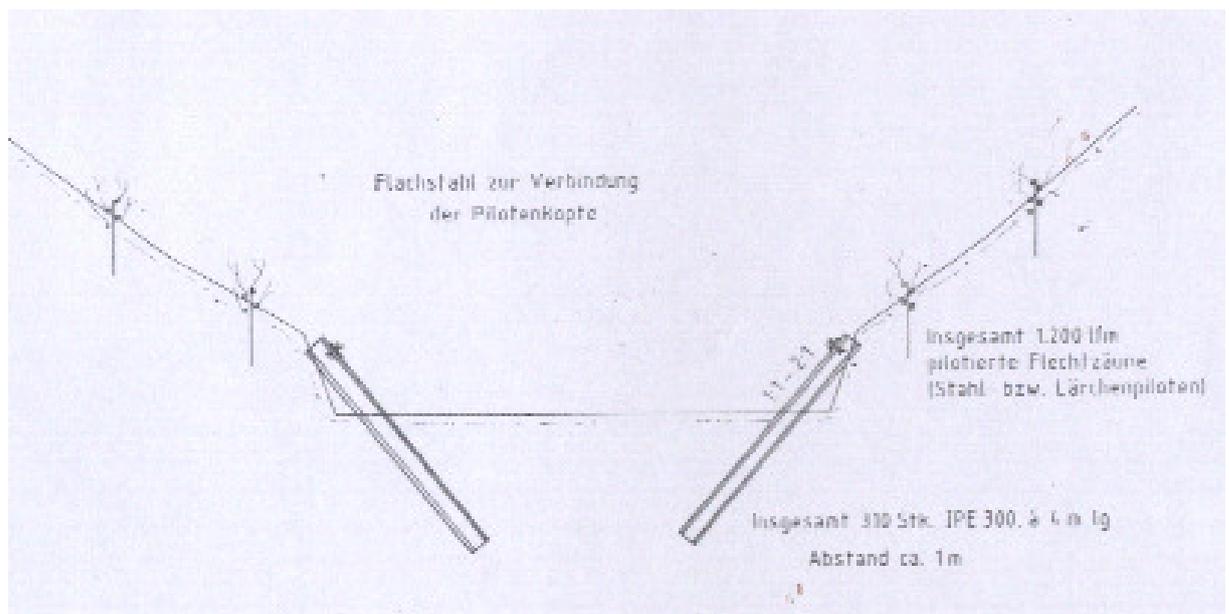


Abb. 20: Hangfußstabilisierung (WLV Ennstal und Salzatal, 1994/95)

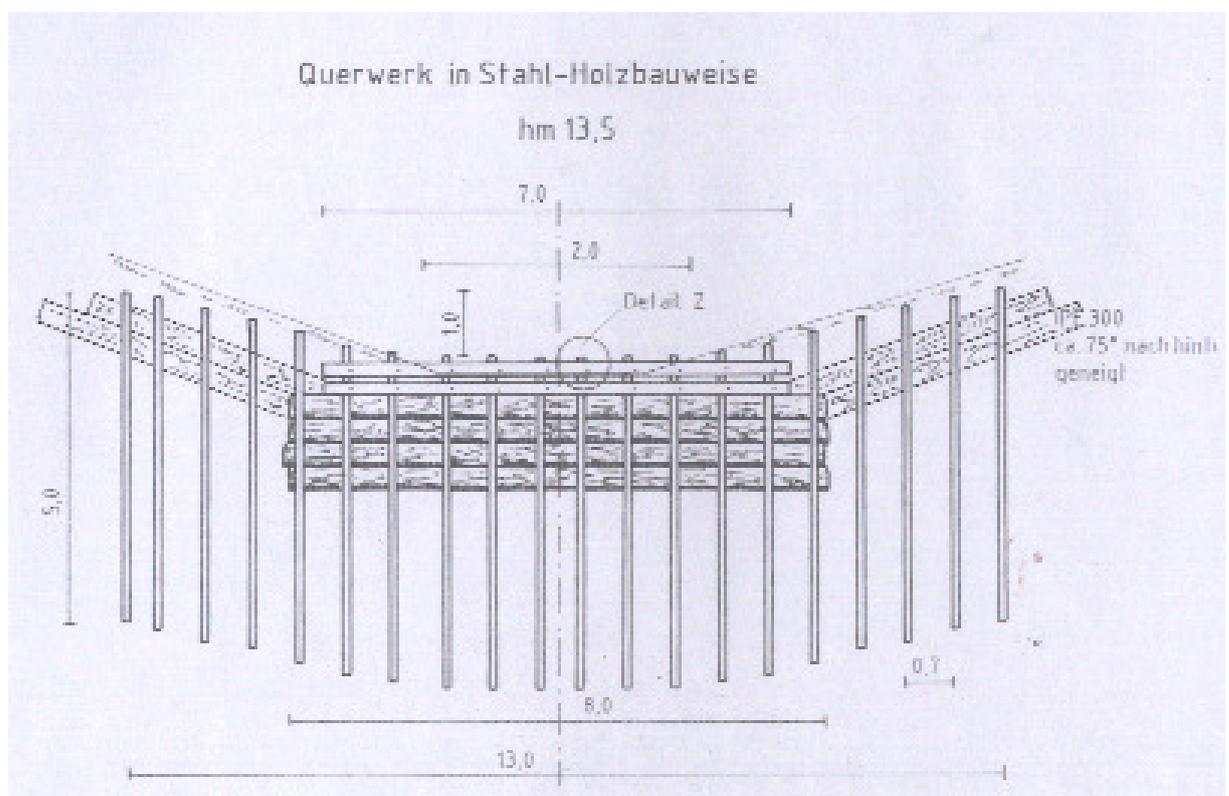


Abb. 21: Querwerk in Stahl-Holzbauweise (WLV Ennstal und Salzatal, 1996/97)

5.6.5_Kosten

In der Kollaudierungsniederschrift von 2. 10. 2002 des FORSTTECHNISCHEN DIENSTES FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG Sektion Steiermark, Gebietsbauleitung Unteres Ennstal und Salzatal werden die Ausgaben für den Zeitraum 1995 bis 2000 für das Untersuchungsgebiet (Projektgebiet Kühgraben Position Nr. 5) mit 7,841.695,59 ATS (569.878,24 €) angegeben. Die Kosten für das gesamte Verbauprojekt unterschritten die 1986 genehmigten Projektkosten. Aus dem Kreditrest wurden 100.000 € für weitere Maßnahmen, insbesondere für Pflege der Aufforstungs- und Begrünungsmaßnahmen, aufrecht erhalten. In der Kollaudierungsniederschrift von 19. 3. 2009 ist zu entnehmen, dass im Jahr 2003 34.200 € des Kreditrestes für technisch-biologische Geschiebeherdbekämpfung, Pflege- und Nachbesserungsmaßnahmen der technischen Maßnahmen durch Grobsteinschlichtungen und Holzpiloten und Ergänzung der biologischen Maßnahmen mit Humusierung, Grassaat, Steckhölzer und Weidenflechtzäune im Untersuchungsgebiet dieser Masterarbeit eingesetzt wurden.

5.6.6_Ingenieurbioologische Maßnahmen im Untersuchungsgebiet

Im folgenden Teil werden die ingenieurbioologischen Maßnahmen in den Untersuchungsflächen des Kühgrabens beschrieben.

5.6.6.1_Trockensaatgut

Im Untersuchungsgebiet wurde im Frühling Trockensaatgut ausgebracht. Diese Methode brachte nach zweimaligen Versuchen keinen Erfolg. Darum wurde im Herbst 1997 und 1999 Saatgut ausgebracht und mit Erosionsschutznetzen (Kokosnetzen) geschützt (mündliche Überlieferung von GÖSCHL, 2011).

Bernhard KRAUTZER vom Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein hatte damals die WLV bezüglich der zu verwendenden Saatgutmischung beraten. Leider konnten keine Aufzeichnungen gefunden werden. Im Zuge eines Gesprächs rekonstruierte Herr KRAUTZER die Saatgutzusammensetzung aus dem Gedächtnis.

Festuca nigrescens 30-40%
Poa compressa oder pratensis ~20%, möglicherweise
Bromus inermis 10-20-%
Festuca ovina 10%
Lotus corniculatus 5%
Anthyllis vulneraria ~3%
Anthoxantum oderatum <2%
Achillea millefolium 1-2%
Deschampsia cespitosa, möglicherweise

Es wurde konventionelles und standortgerechtes Saatgut verwendet, das händisch ausgebracht und anschließend mit Kokosnetzen befestigt worden ist.



Abb. 22: Begrünung mit Geotextil (FOTO: WLV Unteres Ennstal und Salzatal, 1999)

5.6.6.2_Weidenflechtzäune

Im Untersuchungsgebiet wurden flächig horizontal ausgerichtete Weidenflechtzäune (kein Rautengeflecht) gebaut, die anschließend humusiert worden sind. Die dafür verwendeten Weidenäste stammten aus der Region.



Abb. 23: Weidenflechtzaun (FOTO: WLV Unteres Ennstal und Salzatal, 1996)



Abb. 24: horizontale Weidenflechtzäune im Bau (FOTO: WLV Unteres Ennstal u. Salzatal, 2002)

5.6.6.3_Holzkrainerwände

In den Unterlagen der WLV wurden Holzkrainerwände als Holzkästen oder Holzwerke bezeichnet. Aufgrund der Gegebenheit des Geländes und der damit einhergehenden erschwerten Baubedingungen wurden vermutlich nur einwandige Holzkrainerwände gebaut. Statt Eisenpiloten wurden Eisenstangen verwendet.



Abb. 25: einwandige Holzkrainerwand (Holzkasten) (FOTO: WLV Unteres Enns- und Salzatal, 1999)



Abb. 26: Staffelung der Holzkrainerwände in Untersuchungsfläche Westhang oben (Wo) (FOTO: WLV Enns- und Salzatal, 1999)

5.6.6.4_Pilotenwände

Im Untersuchungsgebiet wurden einige Pilotenwände mit ein bis fünf Rundhölzern pro Bauwerk errichtet. Es wurden Holzpflocke und Eisenstangen zur Befestigung eingesetzt.



Abb. 27: Pilotenwand mit mehr als einem Rundholz (FOTO: WLV Unteres Enns- und Salztal, Datum unbekannt)

5.6.6.5_Raubäume

Im Untersuchungsgebiet wurden viele Raubäume eingebracht. Sie wurden mit Stahlseilen an Bäumen oberhalb der Hänge befestigt.



Abb. 28: Raubäume in Untersuchungsfläche Osthang (O) (FOTO: WLV Ennstal und Salztal, 1999)

6_Datenerhebung

Das Untersuchungsgebiet wurde in drei Bereiche geteilt. Zwei Bereiche befinden sich auf der orografisch linken Seite und wurden mit „Wo“ für Westhang-oben und mit „Wu“ für Westhang-unten bezeichnet. Der dritte Untersuchungsbereich befindet sich an der orografisch rechten Seite des Kühgrabens und wurde mit „O“ für Osthang bezeichnet (siehe Abb. 14).

Im Folgenden werden die Kartierungen der Phänomene (geomorphologische Situationen) im Hang, die Verortung der ingenieurb biologischen Maßnahmen und die Zustandserhebung der ingenieurb biologischen Maßnahmen erläutert.

6.1_Kartierung der Phänomene (geomorphologische Situationen) in den Hängen

Die Dokumentation der aktuellen Situationen und Prozesse in den drei Untersuchungsflächen wurde mit dem Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene des BUWAL und BWG der Schweiz im Zuge der Feldarbeiten vorgenommen (KIENHOLZ und KRUMMENACHER, 1995). Zusätzlich wurden Bereiche mit homogener Vegetation aufgenommen.

6.2_Verortung der ingenieurb biologischen Maßnahmen

Die Verortung der Maßnahmen wurde im Zuge der Feldarbeiten durchgeführt. Zuerst wurden die Besichtigungen der Hänge von den jeweils gegenüberliegenden Hängen durchgeführt und mit Fotos festgehalten. Zusätzlich erfolgte die Dokumentation mit selbstständig ausgearbeiteten Aufnahmeblättern inklusive Skizzen der Hänge mit den Maßnahmen. Die Kontrolle dieser Aufnahmen erfolgte bei den anschließenden „Begehungen“ (mit Seilsicherung) der Hänge.

6.3_Zustandserfassung der ingenieurb biologischen Maßnahmen

Um die Zustände der ingenieurb biologischen Maßnahmen in den Hängen zu bewerten, wurden Aufnahmebögen, angelehnt an die ONR 24803

(„Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung und Instandhaltung“), unter zur Hilfenahme der „Zustandserfassung und –bewertung von Schutzbauwerken der Wildbachverbauung Teil 1 und Teil 2“ des Departments für Bautechnik und Naturgefahren, Universität für Bodenkultur Wien erstellt. Die Holzkrainerwände, Pilotenwände und Raubäume wurden getrennt besichtigt und deren Zustände, Schadensausmaße und Funktionstüchtigkeit eingeschätzt und dokumentiert. Es wurden die ingenieurbioologischen Bautypen mit den gleichen Schäden in Maßnahmengruppen zusammen gefasst und gemeinsam beurteilt. Bei der Beurteilung wurden prozessspezifische und materialspezifische Schäden aufgenommen und Schadenstypenklassen zugewiesen. Die Schadenstypenklassen geben den Zustand des Bauwerkes wieder.

Zustandsstufen der Bauwerke	
1	Sehr guter Erhaltungszustand
2	Guter Erhaltungszustand
3	Ausreichender Erhaltungszustand
4	Mangelhafter Erhaltungszustand
5	Schlechter Erhaltungszustand
6	Zerstörung (Totalschaden)

Die möglichen Ursachen der beobachteten Schäden und die Funktionstüchtigkeit der Maßnahmengruppen wurden dokumentiert. Die Schadensklasse „Pflanzenbewuchs“ wurde aufgenommen und Klassen zugewiesen. Dies ist als Dokumentation des Ausmaßes des Pflanzenbewuchses zu verstehen und nicht als Schaden. Der Einfachheit halber wurde dies im Aufnahmebogen bei den materialspezifischen Schäden (Holz) angeführt. Es werden somit die, mit dem Bau der ingenieurbioologischen Maßnahmen geschaffenen, besseren Wuchsbedingungen für Pflanzen dokumentiert. Zusätzlich wurden sonstige Maßnahmen (Abböschung der Kanten, Hangfussicherung, Weidenflechtzäune,...) rund um die aufgenommen Maßnahmengruppen aufgenommen.

Da sich die Weidenflechtzäune beinahe über die jeweils gesamte Fläche der untersuchten Hänge erstrecken und die Behandlung dieser Maßnahmengruppe einen immensen Mehraufwand von Zeit benötigen würde, ist dieser Maßnahmentyp für die Untersuchungen der vorliegenden Masterarbeit nicht aufgenommen worden. Die Abbildungen 29 - 32 geben einen Überblick über die

unterschiedlichen Entwicklungszustände der Weidenflechtzäune an den Hängen des Kühgrabens.



Abb. 29: Neun- bis sechzehnjährige Weidenflechtzäune am Westhang des Kühgrabens (FOTO: November 2011)



Abb. 30: Weidenflechtzäune am Hangfuß des Kühgrabens (FOTO: Juli 2012)



Abb. 31: Abgestorbener Weidenflechtzaun am Westhang des Kühgrabens (FOTO: November 2011)

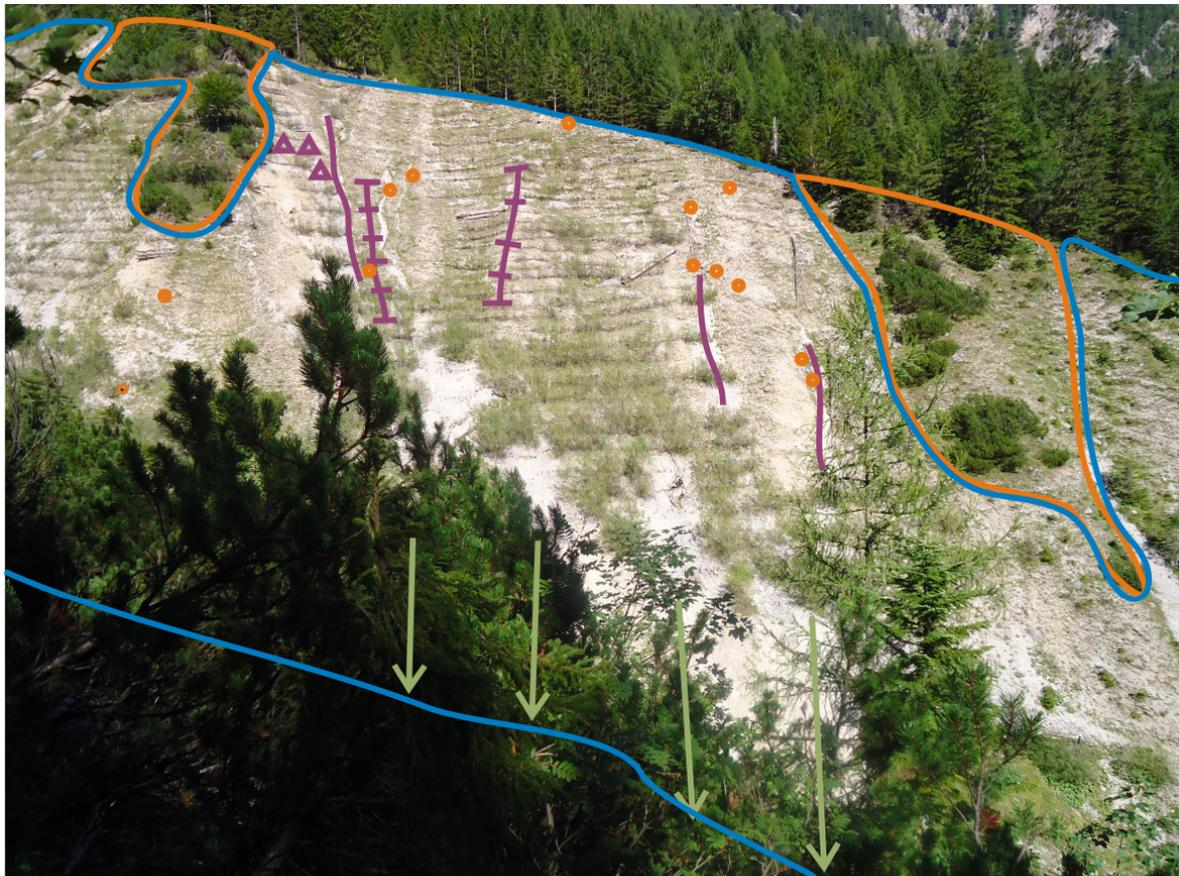
7_Ergebnisse

7.1_Ergebnisse der Kartierung der Phänomene (geomorphologische Situation) an den Hängen



- Runse Untersuchungsfläche: Westhang oben (Wo)
→ Seitenerosion
▨ Erosionsfläche mit freigelegtem Lockermaterial
▲ Gesteinsblöcke 0,5 - 2m
○ homogene Vegetation
— Flächiges Transitgebiet

Abb. 33: Karte der Phänomene von Untersuchungsfläche Westhang oben (FOTO: November 2011)



—|—|—| Rippe

— Runse

▲ Gesteinsblöcke 0,5 - 2m

○ Steine < 0,5m

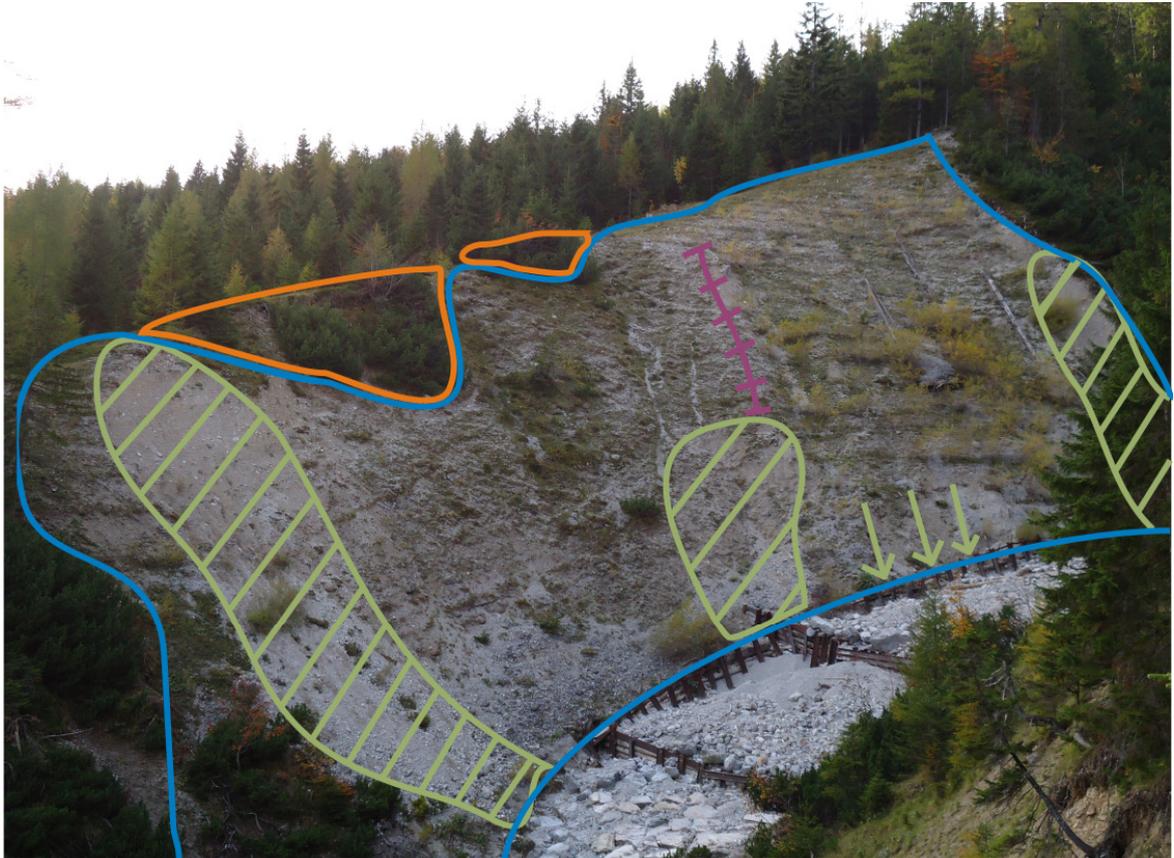
Untersuchungsfläche: Westhang unten (Wu)

○ homogene Vegetation

→ Seitenerosion

— Flächiges Transitgebiet

Abb. 34: Karte der Phänomene von Untersuchungsfläche Westhang unten (FOTO: September 2012)



-  Rippe
 Seitenerosion
 Erosionsfläche mit freigelegtem Lockermaterial
 homogene Vegetation
 Flächiges Transitgebiet

Untersuchungsfläche: Osthang (O)

Abb. 35: Karte der Phänomene von Untersuchungsfläche Osthang (FOTO: Oktober 2012)

7.2_Ergebnisse der Verortung der ingenieurb biologischen Maßnahmen



-  Holzkrainerwand
 -  Raubaum
 -  Weidenflechtzaun
- Untersuchungsfläche: Westhang oben (Wo)

Abb. 36: Verortung der noch vorhandenen ingenieurb biologischen Maßnahmen in Untersuchungsfläche Westhang oben (FOTO: November 2011)



-  Holzkrainerwand
-  Pilotenwand
-  Raubaum
-  Weidenflechtzaun

Untersuchungsfläche: Westhang unten (Wu)

Abb. 37: Verortung der noch vorhandenen ingenieurbioologischen Maßnahmen in Untersuchungsfläche Westhang unten (FOTO: September 2012)



 Pilotenwand

 Raubaum

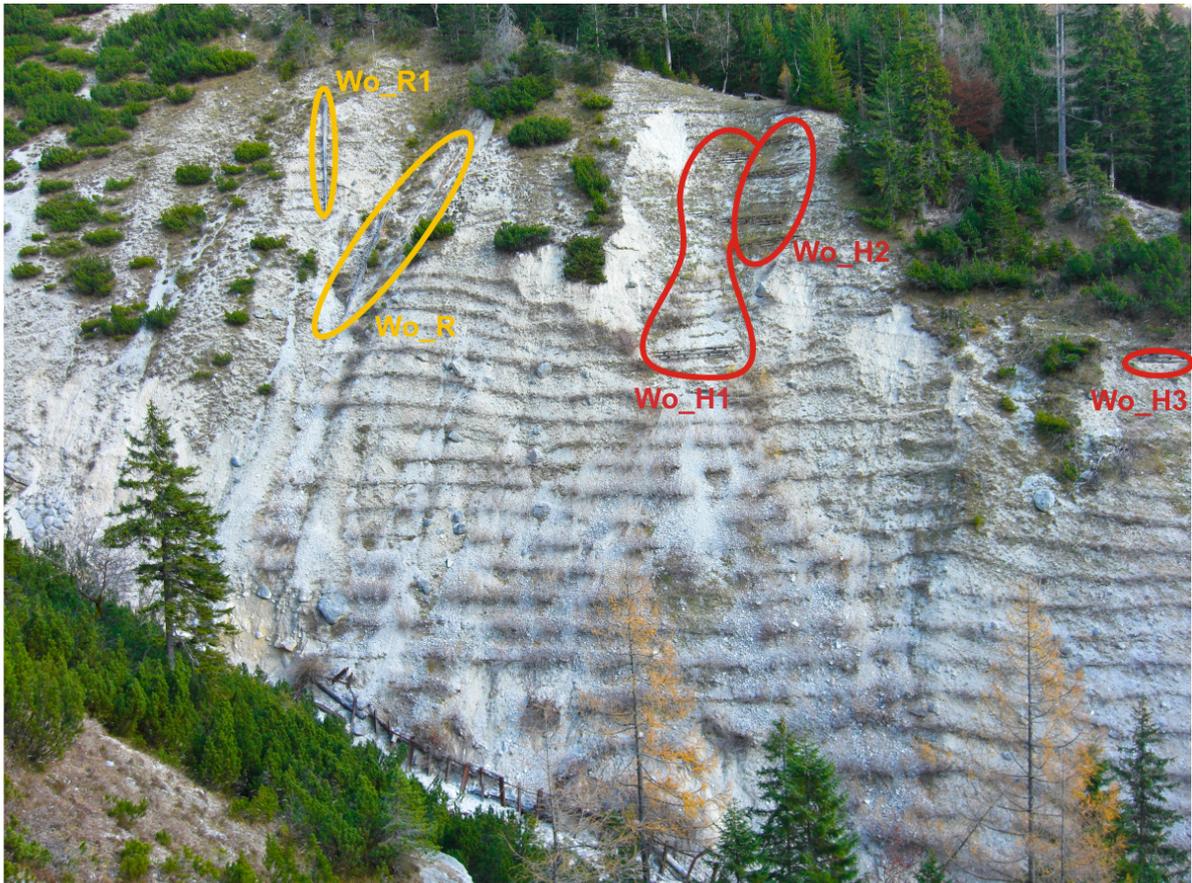
 Weidenflechtzaun

Untersuchungsfläche: Osthang (O)

Abb. 38: Verortung der noch vorhandenen ingenieurbioologischen Maßnahmen in Untersuchungsfläche Osthang (FOTO: Oktober 2012)

7.3_Karten der ingenieurb biologischen Maßnahmengruppen mit gleichen Schadenstypen und Schadensklassen

Die Zusammenfassung der ingenieurb biologischen Bautypen in Maßnahmengruppen mit den gleichen Schadenstypen und Schadensklassen und deren Lage am Hang sind in den Abbildungen 39, 40, 41 ersichtlich.



Wo_R1 Westhang_oben_Raubaum Nr. 1

Untersuchungsfläche: Wo

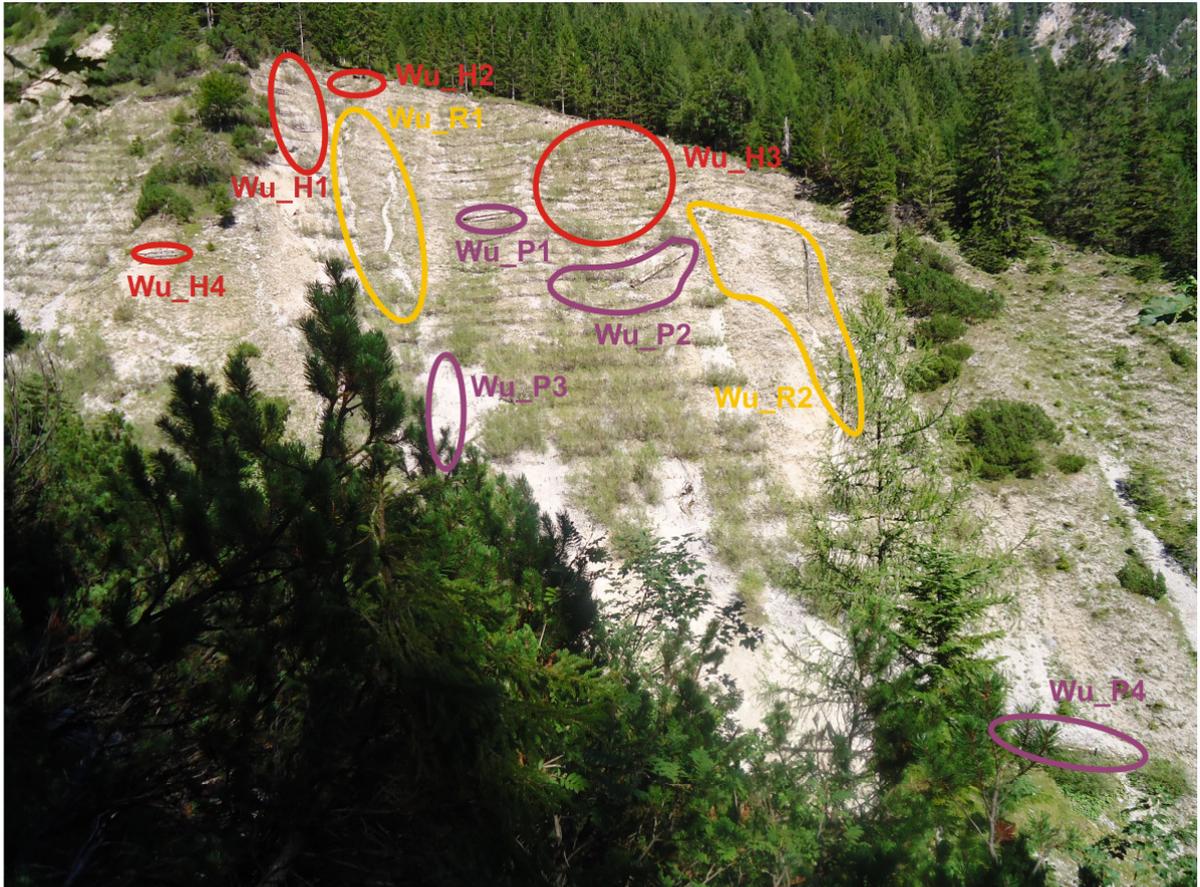
Wo_R2 Westhang_oben_Raubaumgruppe Nr. 2

Wo_H1 Westhang_oben_Holzkrainerwandgruppe Nr. 1

Wo_H2 Westhang_oben_Holzkrainerwandgruppe Nr. 2

Wo_H3 Westhang_oben_Holzkrainerwand Nr. 3

Abb. 39: Maßnahmengruppen mit gleichen Schadenstypen und Schadensklassen der Untersuchungsfläche Westhang oben (FOTO: November 2011)



Wu_R1 Westhang_unten_Raubbaumgruppe Nr. 1 Untersuchungsfläche: Wu

Wu_R2 Westhang_unten_Raubbaumgruppe Nr. 2

Wu_H1 Westhang_unten_Holzkrainerwandgruppe Nr. 1

Wu_H2 Westhang_unten_Holzkrainerwand Nr. 2

Wu_H3 Westhang_unten_Holzkrainerwandgruppe Nr. 3

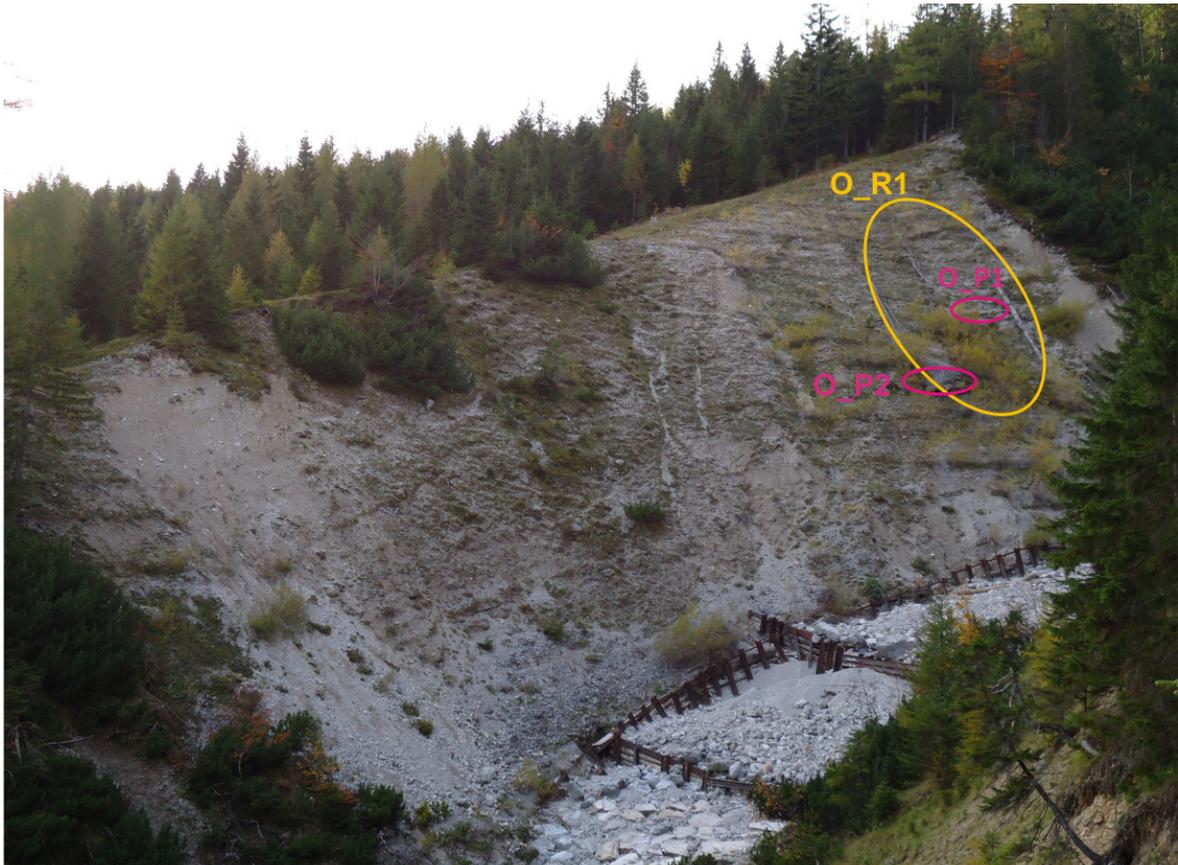
Wu_H4 Westhang_unten_Holzkrainerwand Nr. 4

Wu_P1 Westhang_unten_Pilotenwand Nr. 1

Wu_P2 Westhang_unten_Pilotenwandgruppe Nr. 2

Wu_P3 Westhang_unten_Pilotenwand Nr. 3

Abb. 40: Maßnahmengruppen mit gleichen Schadenstypen und Schadensklassen der Untersuchungsfläche Westhang unten (FOTO: September 2012)



O_P1 Osthang_Pilotenwand Nr. 1

Untersuchungsfläche: Osthang (O)

O_P2 Osthang_Pilotenwand Nr. 2

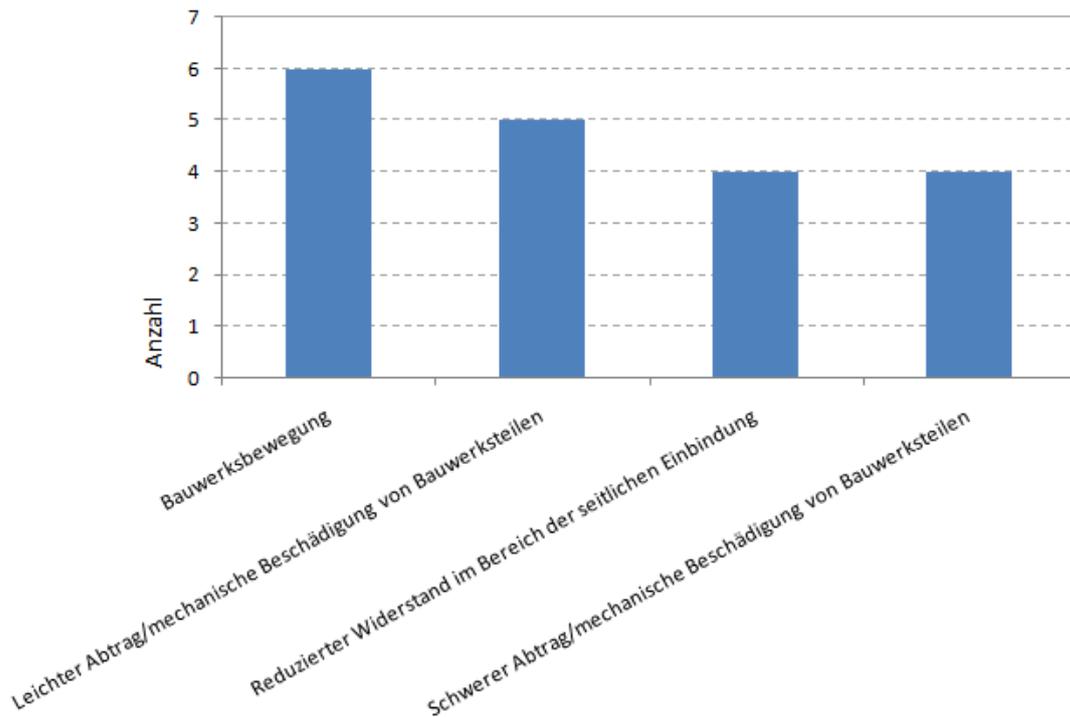
O_R1 Osthang_Raubaumgruppe Nr. 1

Abb. 41: Maßnahmengruppen mit gleichen Schadenstypen und Schadensklassen der Untersuchungsfläche Osthang (FOTO: Oktober 2012)

7.4_Ergebnisse der Zustandserfassung des gesamten Untersuchungsgebietes im Kühgraben

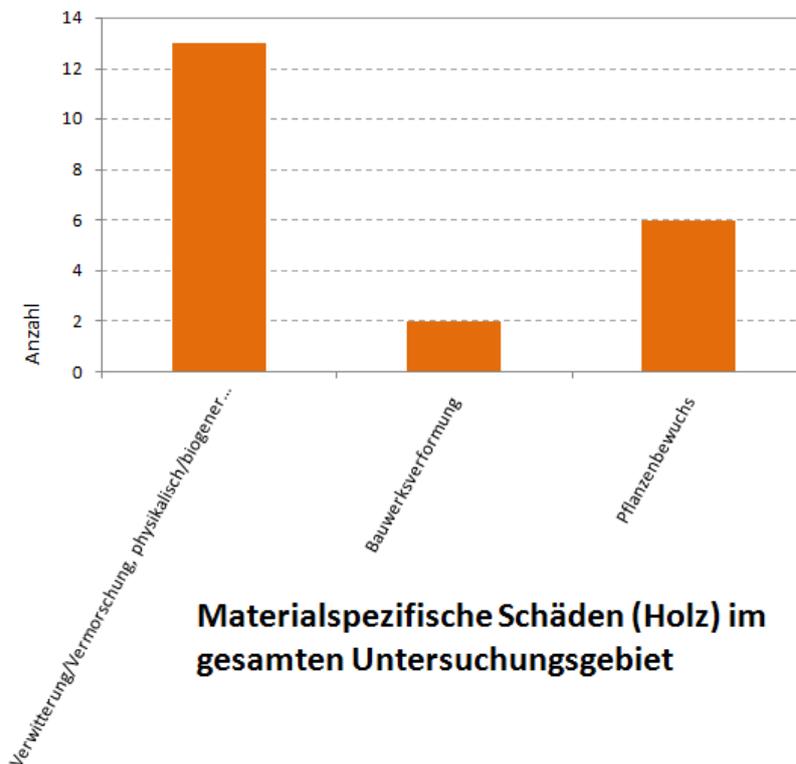
Die statistische Auswertung der prozessspezifischen und materialspezifischen (Holz- und Stahlschäden) Schäden des gesamten Untersuchungsgebietes im Kühgraben sowie die möglichen Ursachen erfolgte mittels absoluter Häufigkeit. Pflanzenbewuchs stellt keinen Schaden dar. Es wird lediglich gezeigt, in welchem Ausmaß der gewünschte Pflanzenbewuchs stattfindet und wurde aufgrund der Einfachheit bei den materialspezifischen Schäden angeordnet. Es wurden 18 Maßnahmengruppen untersucht – sieben Holzkrainerwandgruppen, sechs

Pilotenwandgruppen und fünf Raubaumgruppen. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 42 - 48 zu sehen.



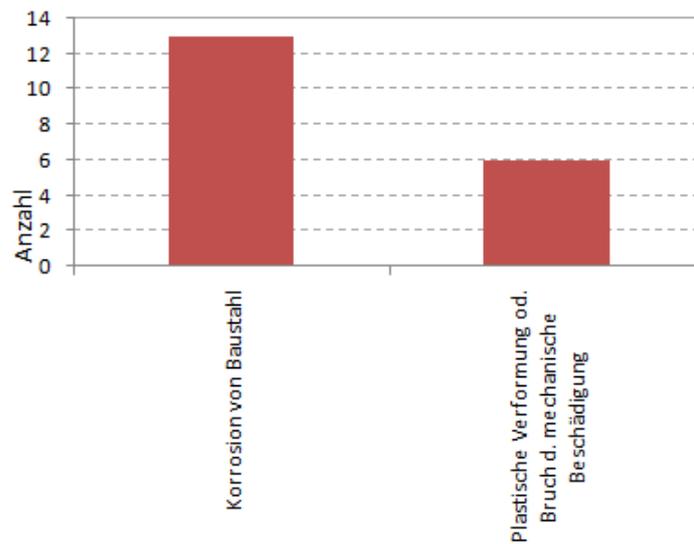
Prozessspezifische Schäden im gesamten Untersuchungsgebiet

Abb. 42: Anzahl der prozessspezifischen Schäden im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens



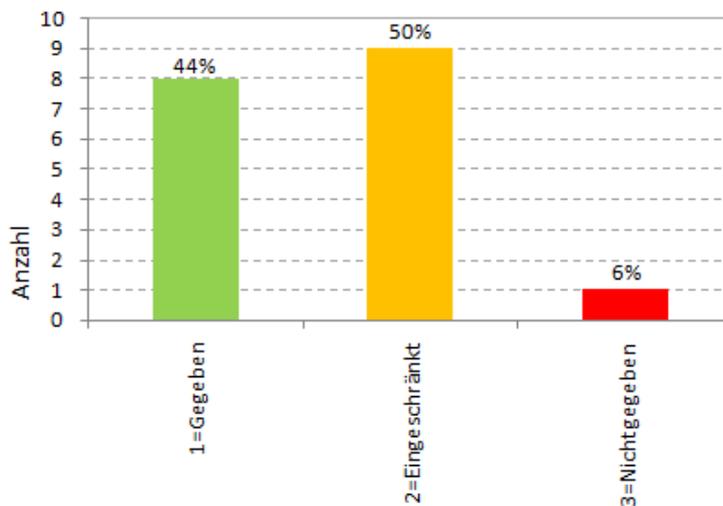
Materialspezifische Schäden (Holz) im gesamten Untersuchungsgebiet

Abb. 43: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) und des Pflanzenbewuchs im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens



Materialspezifische Schäden (Stahl) im gesamten Untersuchungsgebiet

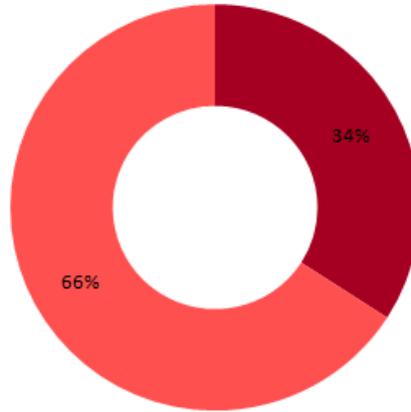
Abb. 44: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Stahl) im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens



Funktionsfähigkeit der Maßnahmen- gruppen im gesamten Untersuchungsgebiet

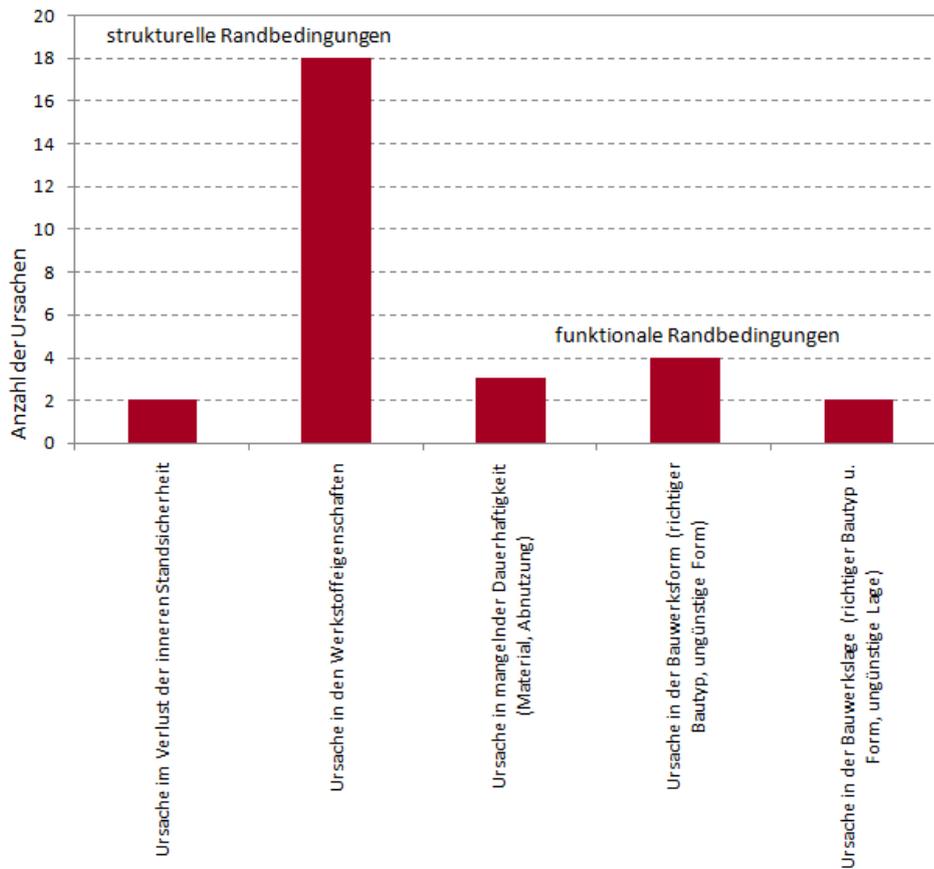
Abb. 45: Anzahl der Maßnahmengruppen pro Funktionstüchtigkeitsgruppe im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens

- Anteil der Ursachen von Schäden als Folge der inneren Randbedingungen
- Anteil der Ursachen von Schäden als Folge der externen Randbedingungen



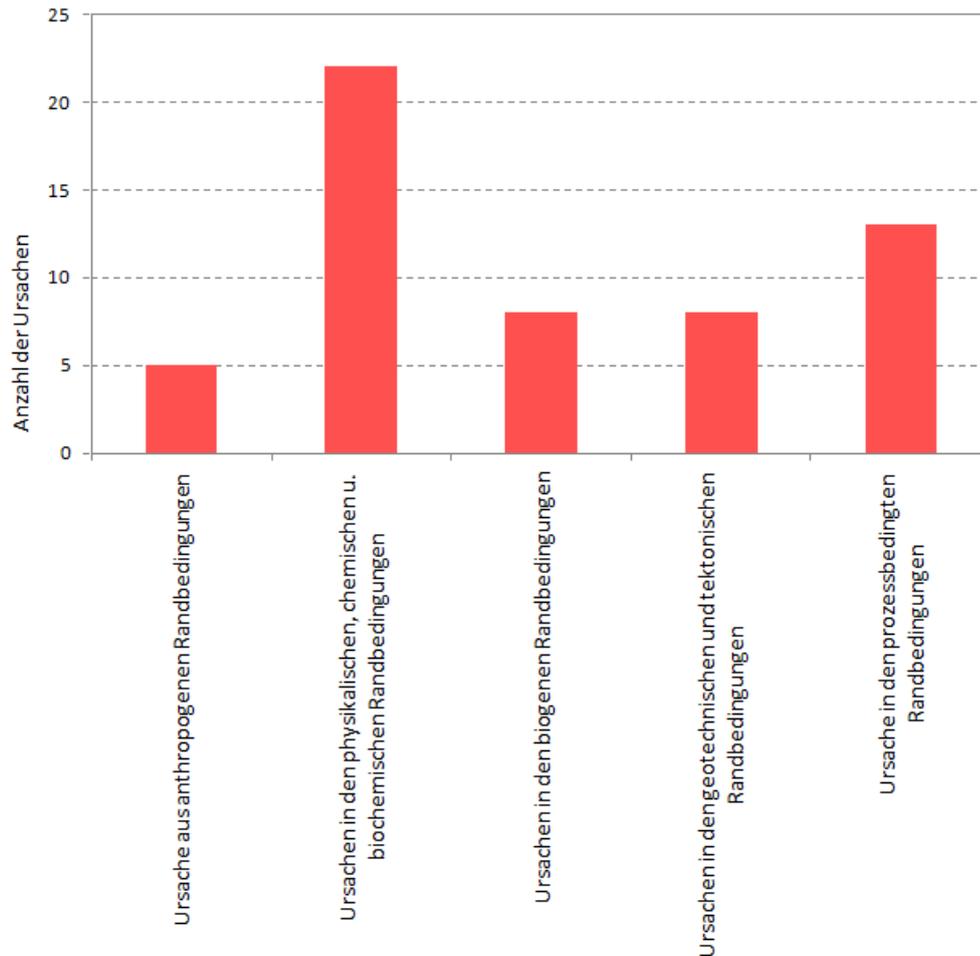
Anteile der unterschiedlichen Ursachen von Schäden

Abb. 46: Anteile der Ursachen von Schäden als Folge der inneren und externen Randbedingungen im gesamten Untersuchungsgebiet im Kühgraben



Ursachen von Schäden als Folge der inneren (strukturellen und funktionalen) Randbedingungen

Abb. 47: Ursache von Schäden als Folge der strukturellen und funktionalen (inneren) Randbedingungen im gesamten Untersuchungsgebiet im Kühgraben



Ursachen von Schäden als Folge d. externen Randbedingungen

Abb. 48: Ursachen von Schäden als Folge der externen Randbedingungen im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens

7.5_Ergebnisse der Zustandserfassung am Westhang oben

In der Untersuchungsfläche „Westhang oben“ (Wo) wurden drei Holzkrainerwandgruppen und zwei Raubaumgruppen untersucht. Aufgrund der geringen Anzahl der Maßnahmengruppen wurde die statistische Auswertung der Schadenstypen jedoch nicht der Schadensklassen durchgeführt.

Mit Ausnahme der Stellen mit homogener Vegetation ist diese Untersuchungsfläche flächiges Transitgebiet. Die aufgenommenen ingenieurbioologischen Maßnahmen befinden sich nicht in den aktuellen Prozessgebieten mit fortschreitenden negativen Entwicklungen (Erosionsfläche mit freigelegtem Lockermaterial, Seitenerosion) auf die Hangstabilität. Es ist jedoch zu beobachten, dass teilweise in den aktiven Prozessgebieten Spuren von

ingenieurbioologischen Maßnahmen (Bsp. Eisenstangen von Flechtzäunen) zu finden sind.



Abb. 49: Holzkraimerwandgruppe (Wo_H1) mit materialspezifischen Schäden beim Holz (Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau) am Westhang oben (FOTO: November 2012)



Abb. 50: Raubaum (Wo_R1) mit prozessspezifischen Schäden (leichter Abtrag/mechanische Beschädigung) am Westhang oben (FOTO: November 2012)

Die Funktionstüchtigkeit der Maßnahmengruppen ist mit einer Ausnahme durchgängig gegeben (vgl. Abb. 51). Bei der Maßnahmengruppe „Westhang oben – Raubaum Nr. 1 (Wo_R1) ist sie eingeschränkt (vgl. Abb. 50). Die prozessspezifischen Schäden sind beschränkt auf „leichter Abtrag/mechanische Beschädigung von Bauwerksstellen“ und „reduzierter Widerstand im Bereich der

seitlichen Einbindung“ (vgl. Abb. 52). Die materialspezifischen Schäden beim Holz (vgl. Abb. 53) sind zurück zu führen auf die Werkstoffeigenschaften von Holz und deren physikalischen, chemischen und biogenen Rand- bzw. Umgebungsbedingungen. Die materialspezifischen Schäden bei Stahl sind auch auf die Werkstoffeigenschaften (Korrosion) zurück zu führen (vgl. Abb. 54).

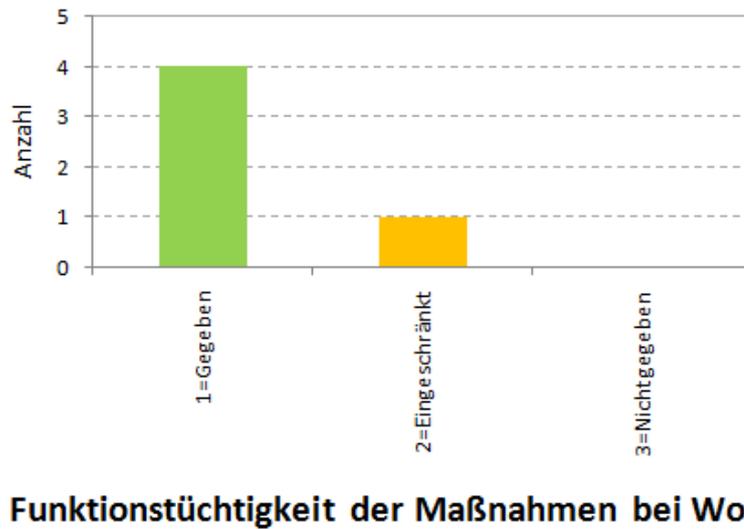


Abb. 51: Funktionsstüchtigkeit der Maßnahmen am Westhang oben (Wo)

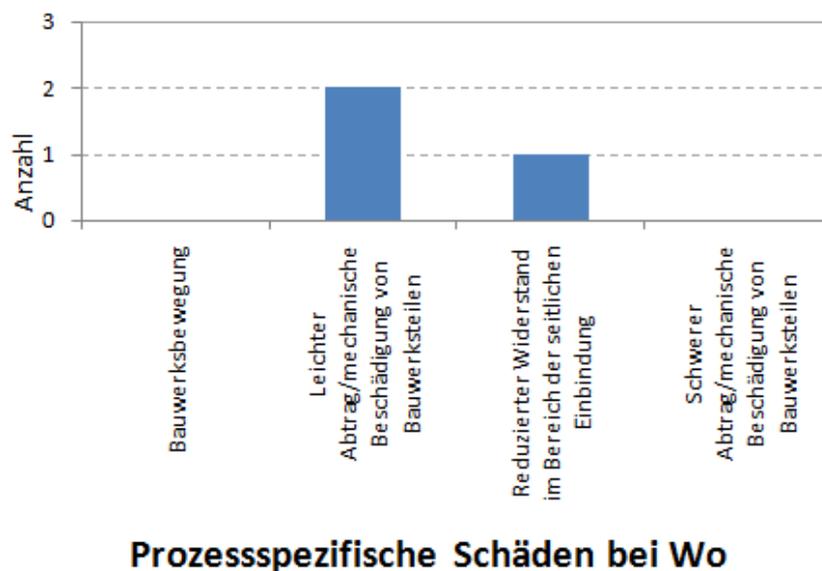
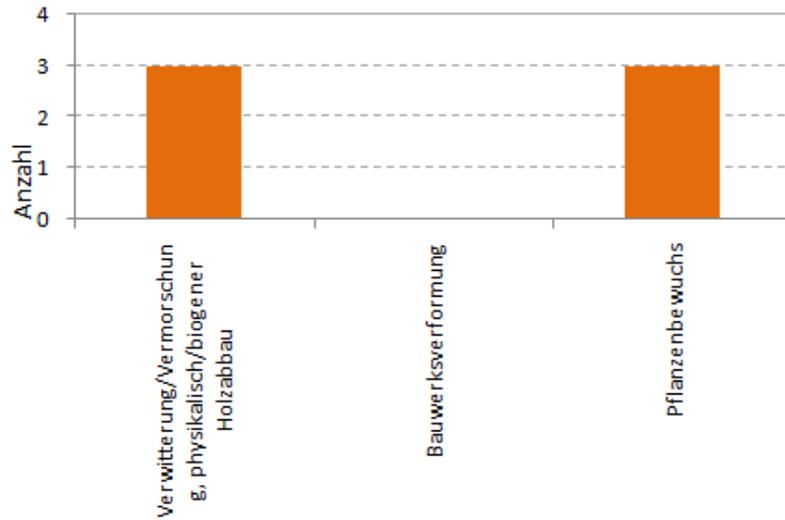
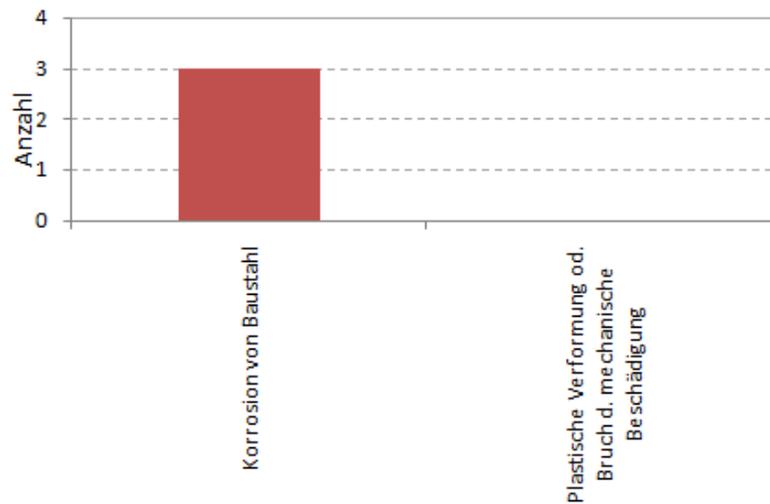


Abb. 52: Anzahl der prozessspezifischen Schäden am Westhang oben (Wo)



Materialspezifische Schäden (Holz) bei Wo

Abb. 53: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) und des Pflanzenbewuchses am Westhang oben (Wo)



Materialspezifische Schäden (Stahl) bei Wo

Abb. 54: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Stahl) am Westhang oben (Wo)

7.6_Ergebnisse der Zustandserfassung am Westhang unten

In der Untersuchungsfläche „Westhang unten“ (Wu) wurden vier Holzkrainerwandgruppen, vier Pilotenwandgruppen und zwei Raubaumgruppen untersucht. Es wurden die Schadenstypen und deren Schadensklassen statistisch ausgewertet.

Auch hier ist mit Ausnahme der Stellen mit homogener Vegetation die Untersuchungsfläche flächiges Transitgebiet. Mit Ausnahme einer

Raubaumgruppe in einer Runse befinden sich alle aufgenommenen ingenieurb biologischen Maßnahmen außerhalb der aktuellen Prozessgebiete mit fortschreitender negativer Entwicklung (Erosionsfläche mit freigelegtem Lockermaterial, Seitenerosion) auf die Hangstabilität. Spuren von Weidenflechtzäunen sind vorhanden. Im unteren Drittel des Hanges sind keine ingenieurb biologischen Maßnahmen mehr vorhanden. Während der Aufnahmen im September 2012 wurden die Hangfußsicherung mittels Baustahlgitter und die Hinterfüllung der IPE- Träger vollständig erodiert. Spuren dieser Baumaßnahmen befinden sich nun im Gerinne des Kühgrabens.



Abb. 55: Holzkrainerwände (Wu_H3) mit reduziertem Widerstand im Bereich der seitlichen Einbindung (Schadensklasse 4), Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau (SKL 3), Pflanzenbewuchs (SKL 3) und Korrosion von Baustahl (SKL 2) in der Untersuchungsfläche Westhang unten



Abb. 56: Pilotenwand (Wu_P1) mit prozessspezifischen (Bauwerksbewegung SKL 2) und materialspezifischen Schäden (Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau SKL 4, Korrosion SKL 2 und plastische Verformung von Baustahl SKL 4) in der Untersuchungsfläche Westhang unten

Die Funktionstüchtigkeit ist bei drei Maßnahmengruppen gegeben, bei sechs Maßnahmengruppen eingeschränkt und bei einer Maßnahmengruppe nicht gegeben (vgl. Abb. 57). Wenn prozessspezifischen Schäden verzeichnet wurden, waren sie sehr ausgeprägt (vgl. Abb. 61), das heißt Schadensklassen 2 bis 6 (höchste Stufe = Zerstörung) wurden ausgewiesen. Auch die materialspezifischen Schäden bei Holz belaufen sich in den Schadensklassen 3 – 6 (vgl. Abb. 62). Bei drei Holzkrainerwänden ist ein reduzierter Widerstand im Bereich der seitlichen Einbindung verzeichnet worden. Diese befinden sich jeweils in den lateralen Bereichen minimal ausgeprägter Rippen. Die Pilotenwände wurden mit 2 – 4 Querhölzern und Eisenstangen (\varnothing ca. 20 mm) gebaut. Diese können dem Druck des sich sammelnden erosiven Materials nicht standhalten. Die Raubaumgruppe mit schwerem Abtrag bzw. schwerer mechanischer Beschädigung und eingeschränkter Funktionstüchtigkeit befindet sich in mit größeren Steinen (\varnothing bis zu ca. 20 cm) verfüllten Runsen. Die Raubaumgruppe mit leichtem Abtrag bzw. leichter mechanischer Beschädigung, bei der die Funktionstüchtigkeit gegeben ist, befindet sich im flächigen Gebiet und in sehr flachen Runsen.

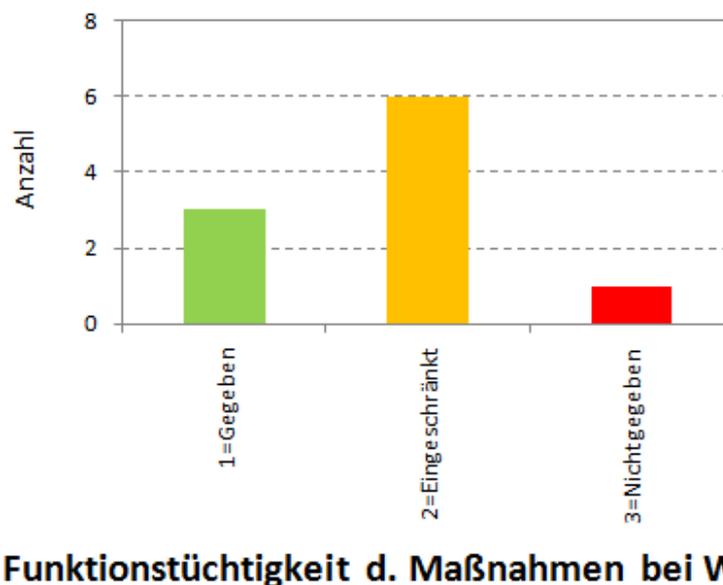
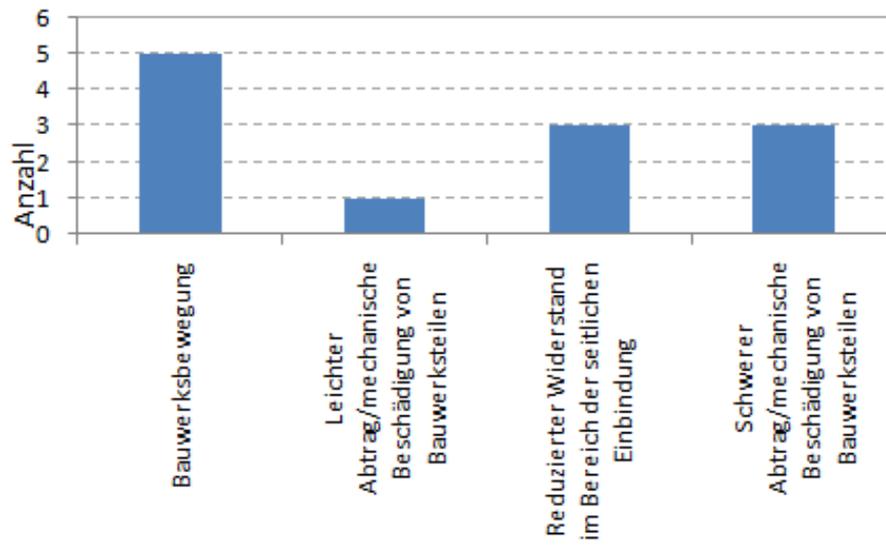
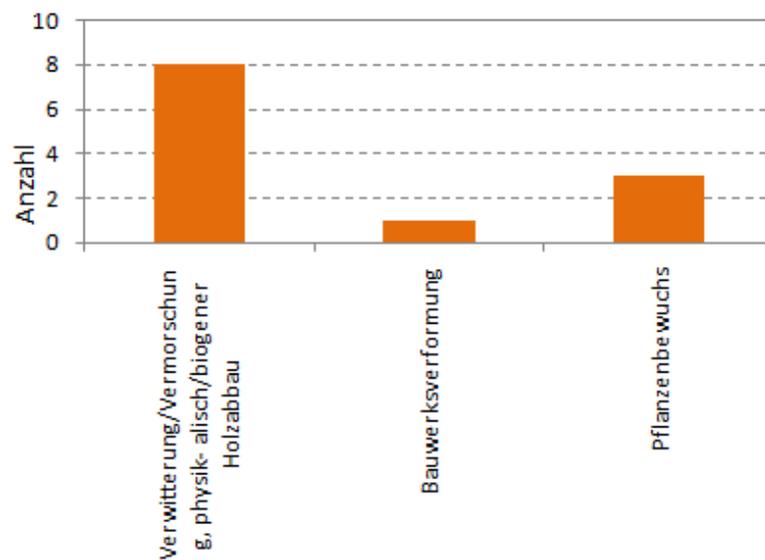


Abb. 57: Funktionstüchtigkeit der Maßnahmen in der Untersuchungsfläche Westhang unten



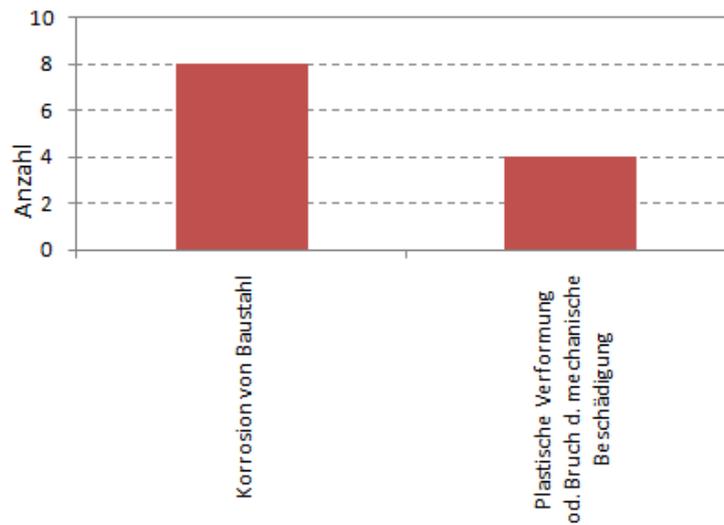
Prozessspezifische Schäden bei Wu

Abb. 58: Anzahl der prozessspezifischen Schäden in der Untersuchungsfläche Westhang unten



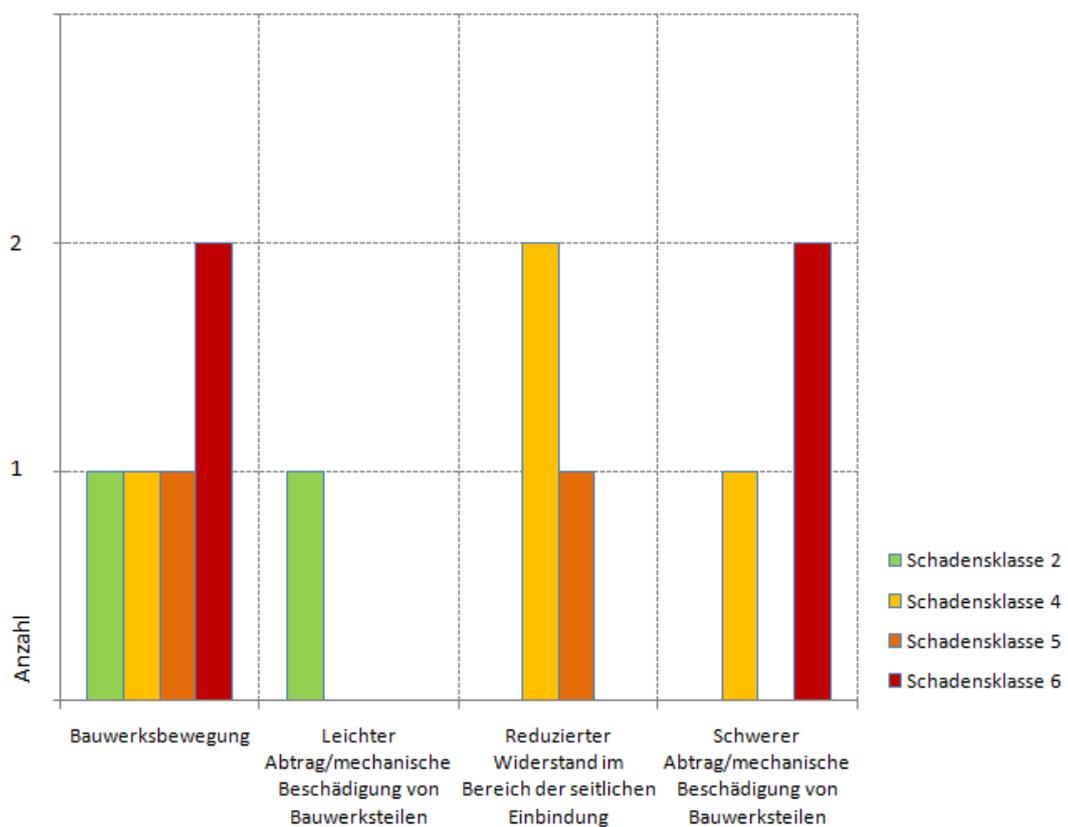
Materialspezifische Schäden (Holz) bei Wu

Abb. 59: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) und des Pflanzenbewuchses in der Untersuchungsfläche Westhang unten



Materialspezifische Schäden (Stahl) bei Wu

Abb. 60: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Stahl) in der Untersuchungsfläche Westhang unten



Prozessspezifische Schäden nach Schadensklasse bei Wu

Abb. 61: Anzahl der prozessspezifischen Schäden nach Schadensklasse (Schadensschwere) in der Untersuchungsfläche Westhang unten

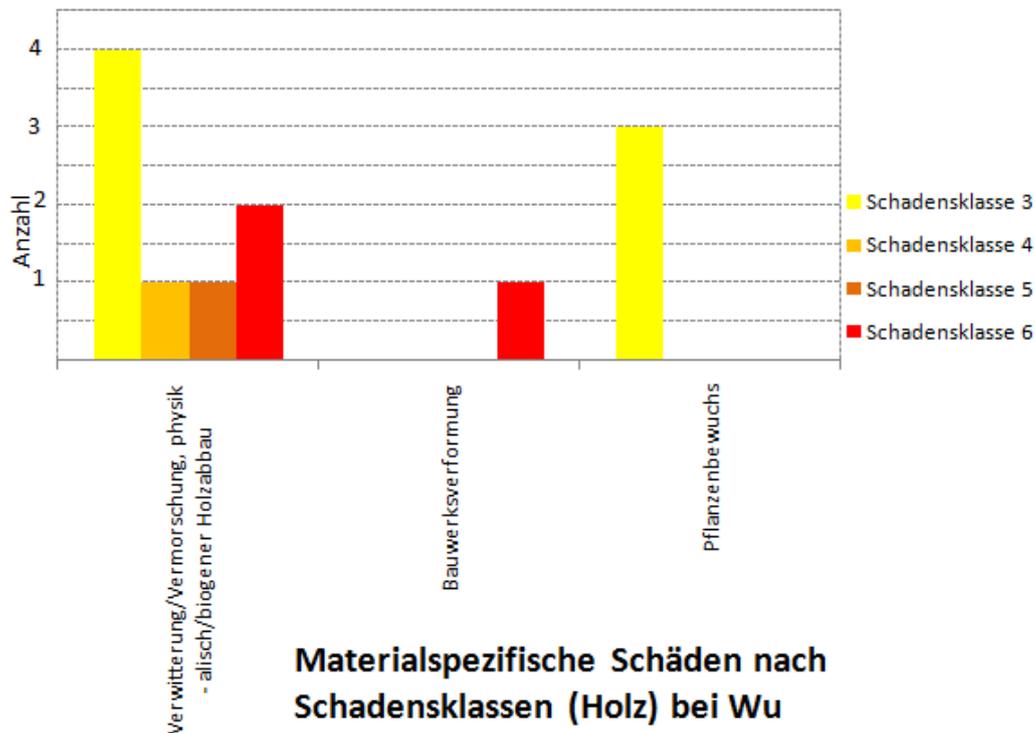


Abb. 62: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) nach Schadensklasse (Schadensschwere) und des Pflanzenbewuchses in der Untersuchungsfläche Westhang unten

7.7_Ergebnisse der Zustandserfassung am Osthang

In der Untersuchungsfläche Osthang (O) wurden zwei Pilotenwandgruppen und eine Raubaumgruppe untersucht. Aufgrund der geringen Anzahl der Maßnahmengruppen wurde die statistische Auswertung der Schadenstypen jedoch nicht der Schadensklassen durchgeführt.

Die fortschreitenden erosiven Prozesse erstrecken sich, mit Ausnahme der Stellen mit homogener Vegetation, über den ganzen Hang. Die noch vorhandenen ingenieurbiologischen Maßnahmen befinden sich nicht in den aktuellen Prozessgebieten mit fortschreitenden negativen Entwicklungen (Erosionsfläche mit freigelegtem Lockermaterial, Seitenerosion) auf die Hangstabilität. Es ist jedoch zu beobachten, dass teilweise in den aktiven Prozessgebieten Spuren von ingenieurbiologischen Maßnahmen (Bsp. Eisenstangen von Flechtzäunen) zu finden sind.

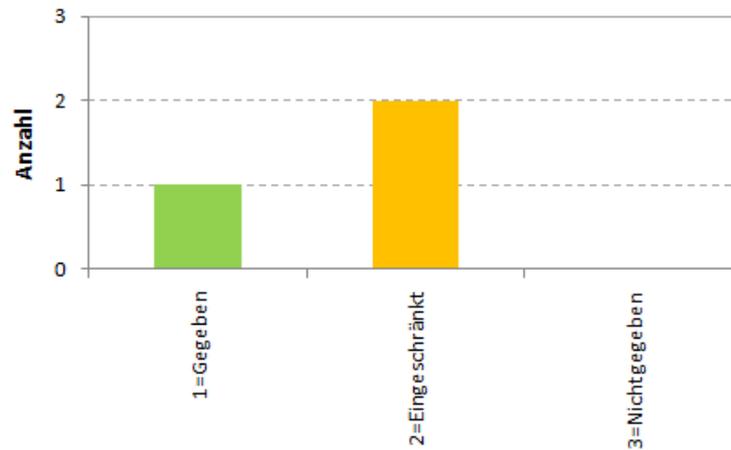


Abb. 63: Pilotenwand (O_P2) mit schweren prozessspezifischen (schwerer Abtrag/mechanische Beschädigung) und materialspezifischen (Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau, Bauwerksverformung, Korrosion und plastische Verformung oder Bruch von Baustahl) Schäden in der Untersuchungsfläche Osthang



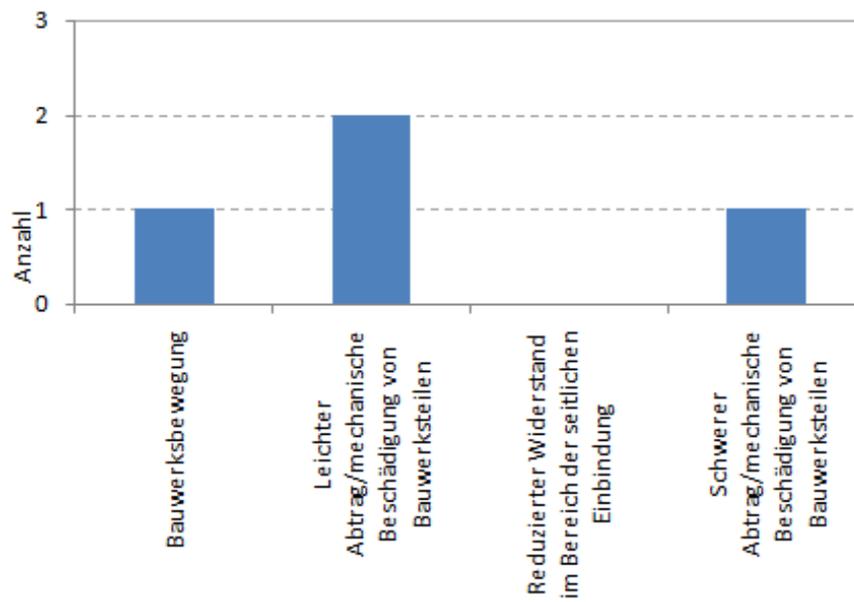
Abb. 64: Raubaumgruppe (O_R1) mit prozessspezifischen Schäden (leichter Abtrag/mechanische Beschädigung von Raubäumen) in der Untersuchungsfläche Osthang

Die Funktionstüchtigkeit der Pilotenwände ist eingeschränkt (vgl. Abb. 65). Die Bauausführung mit mehr als einem Querholz führt zu prozessspezifischen Schäden (vgl. Abb. 66). Das Bauwerk kann dem Druck des anfallenden erosiven Materials nicht standhalten. Obwohl die Raubaumgruppe leichten Abtrag bzw. leichte mechanische Beschädigung aufweist, ist deren Funktionstüchtigkeit gegeben (vgl. Abb. 64).



Funktionsstüchtigkeit d. Maßnahmen bei O

Abb. 65: Funktionsstüchtigkeit der Maßnahmen in der Untersuchungsfläche Osthang



Prozessspezifische Schäden bei O

Abb. 66: Anzahl der prozessspezifischen Schäden in der Untersuchungsfläche Osthang

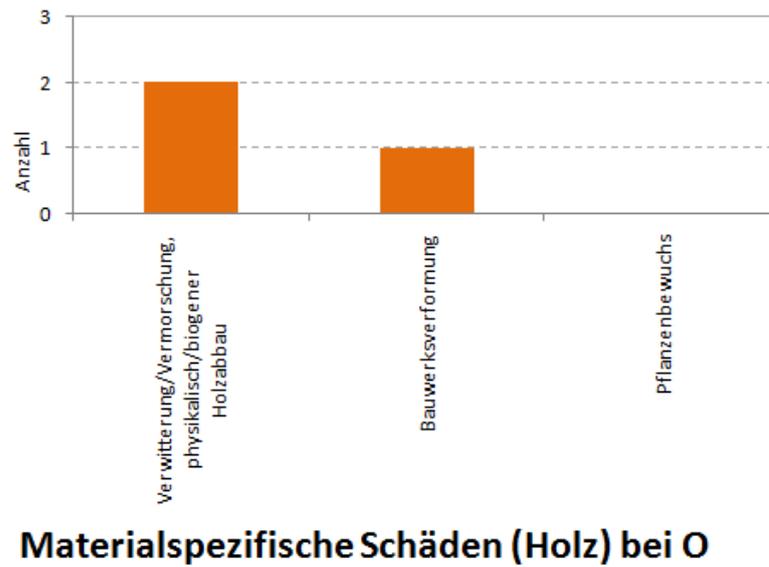


Abb. 67: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) in der Untersuchungsfläche Osthang

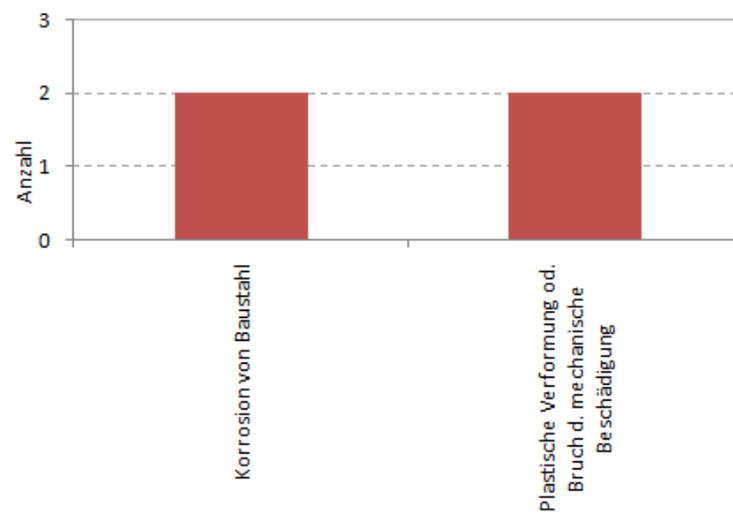


Abb. 68: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Stahl) in der Untersuchungsfläche Osthang

8_Diskussion

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Anzahl der Maßnahmengruppen in den einzelnen Hängen können die Ergebnisse nicht gegenüber gestellt werden. Die orografisch linke Seite kann daher mit der orografisch rechten Seite nicht verglichen werden.

Im Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene des Bundesamts für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) und dem Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) der Schweiz ist kein Symbol für homogene Vegetation vorhanden. Eine Erweiterung des Symbolbaukastens mit einem Symbol für homogene Vegetation erscheint sinnvoll.

Die Materialeigenschaften der einheimischen Lärche (*Larix decidua*) unterliegen natürlichen Abbauprozessen. Aufgrund des Erdkontaktes und der ständig wechselnden Umgebungsbedingungen (Trockenheit, Nässe) werden diese Prozesse beschleunigt. Auch die Materialeigenschaften von Stahl im Freien führen naturgemäß zur Korrosion. Bei Überbeanspruchung durch Erddruck von angestautem Erosionsmaterial verformen sich diese und können die Funktion im Bauwerk nicht aufrechterhalten. Es führt zur Instabilität bzw. Zerstörung des gesamten Bauwerkes.

Teilweise führt die Bauausführung der Maßnahmen zu Schäden an den Bauwerken. Beispielsweise wurden teilweise die Pilotenwände mit zwei bis fünf Querhölzern gebaut. Statt der Eisenpiloten wurden Eisenstangen mit einem Durchmesser von ca. 20 mm verwendet. Dies führt dazu, dass die Bauwerke dem Druck des anfallenden Erosionsmaterials nicht standhalten und versagen teilweise gänzlich. Die Befestigung der Raubäume mittels Stahlseilen an Bäumen außerhalb der Hänge erscheint sinnvoll, wobei eine Beeinträchtigung der Ankerbäume zu beobachten ist.

9_Resümee

- Das Untersuchungsgebiet befindet sich in einer der niederschlagsreichsten Gegenden Österreichs. Feste Niederschläge (Schnee) im Winter führen nicht nur zu Lawinenaktivität im Gerinne sondern auch zu erheblichem Schneeschurf (Schneerutsch und Gleitschnee) an den steilen Hängen des Kühgrabens. Die flüssigen Niederschläge durchfeuchten nicht nur die Böden, sondern führen zu rezenter fluvialer Denudation an den Hängen. Die hohe Reliefenergie begünstigt diese Vorgänge. Das abgetragene Material sammelt sich im Gerinne und führt zu fluvialen Feststofftransporten oder Murgängen. Die untersuchten Hänge sind südwest-exponiert und ostexponiert. Die hohen Tag-Nachtschwankungen der Bodentemperatur auf den offenen Böden der steilen Hänge des Kühgrabens sind ein limitierender Faktor der Vegetationsentwicklung. Zwei Drittel der Ursachen von Schäden sind den externen und ein Drittel den inneren Randbedingungen zuordenbar, welche den Kühgraben als extremen Standort belegen.
- Durch die ingenieurbiologischen Maßnahmen wurden die Hänge mittelfristig gesichert. Die Entwicklung der Erosionsflächen mit freigelegtem Lockermaterial im Hang und Seitenerosion am Hangfuss sind zu beobachten und/oder Maßnahmen zu setzen. Die ingenieurbiologischen Maßnahmen erfüllten (mit Ausnahme einer Maßnahme) im Untersuchungszeitraum (Vegetationsperiode 2012) ihre Funktion. Unten befindet sich ein Foto zum Zeitpunkt vor der Verbauung und ein Foto nach der Verbauung mit ingenieurbiologischen Maßnahmen vom Jahr 2011 im Übergangsbereich von der Untersuchungsfläche Westhang oben zu Westhang unten.



Abb. 69: Übergangsbereich von der Untersuchungsfläche Westhang oben zu Westhang unten vor Start der Verbauung im Jahr 1995 (FOTO: LFZ Raumberg Gumpenstein, Datum unbekannt)



Abb. 70: Übergangsbereich von der Untersuchungsfläche Westhang oben zu Westhang unten (FOTO: November, 2011)

- Für die Verwendung von ingenieurb biologischen Maßnahmen in kalkalpinen Schutzgebieten kann man den Einsatz von Holzkrainerwänden, Pilotenwänden, Flechtzäunen, Steckhölzern und Raubäumen empfehlen. Eine konsequente Staffelung der Holzkrainerwände und Pilotenwände empfiehlt sich, sowie die korrekte Ausführung dieser. Bei der Pilotenwand ist nur ein Querholz einzulegen. Bei Holzkrainerwänden ist zusätzlich auf die seitliche Einbindung zu achten.
Die Förderung und Verwendung der vorkommenden Pflanzenarten (Gehölzer und krautige Pflanzen) rund um das Bebauungsgebiet ist

erstrebenswert. Das Ausbringen von Weidensteckhölzern, wurzelnackter Latschen (*Pinus mugo*) und anderer Laubhölzer unterstützen nicht nur die mechanische Festigung sondern dienen als Schattenspender für die krautige Vegetation in den Hängen.

- Schwierigkeiten gibt es bei der Anwendung der in der ONR 24803 vorgeschlagenen Aufnahmemethode und deren Klassifizierung von den Schadenstypen bei ingenieurbioologischen Maßnahmen. Ingenieurbioologische Maßnahmen werden in der ONR 24803 mit der Ausnahme von Holzkrainerwänden (in der Literatur mit Holzkästen bezeichnet) im Gerinne nicht behandelt. Dies führte zur Erstellung eigener Aufnahmeformulare mit Schadenstypenklassen für die im Untersuchungsgebiet vorkommenden ingenieurbioologischen Maßnahmen. Pflanzenbewuchs wird in der ONR 24803 als Schadensklasse bezeichnet. In der Ingenieurbioologie ist dies jedoch erwünscht und führt zu einer Verlängerung der Funktionstüchtigkeit. Der Schadentyp „Pflanzenbewuchs“ wurde aufgenommen und Klassen zugewiesen. Dies ist als Dokumentation des Ausmaßes des Pflanzenbewuchses zu verstehen und nicht als Schaden.

Der Schadenstyp Durchfeuchtung/Durchströmung ist in vielen Fällen eine Momentaufnahme.

10_Ausblick

Ergänzend zu den in dieser Arbeit behandelten Themen ist die Untersuchung der Weidenflechtzäune aufschlussreich für eine mögliche Weiterempfehlung zur Verwendung dieses Bautyps an solchen extremen Standorten. Genaue Untersuchungen der Ankerbäume, an denen die Raubäume mit den Stahlseilen befestigt sind, würden die Auswirkungen dieser Befestigungsvariante darstellen und möglicherweise zu einer differenzierten Empfehlung dieser Bauausführung führen. Gleichsam wäre eine genaue Untersuchung der Vegetation in den Hängen aufschlussreich. Für zukünftige Sicherungsarbeiten im Hang könnte eine neue, standortgerechte Saatgutmischung zusammen gestellt werden. Die Ausarbeitung einer standardisierten Aufnahmemethode zur Zustandserfassung ingenieurbioologischer Maßnahmen und die Veröffentlichung durch eine ONR (Österreichische Norm Richtlinie) würde die einheitliche Dokumentation der ingenieurbioologischen Maßnahmen einführen. Das würde die Erfassung erleichtern, transparent gestalten und die Ergebnisse vergleichbar machen. Die Wichtigkeit der Erfolgskontrolle der Wildbachverbauungsmaßnahmen und somit auch der ingenieurbioologischen Maßnahmen steht außer Frage. In weiterer Folge können die Ergebnisse der Erfolgskontrollen (mittels Monitoring) zu Entscheidungshilfen im Planungsprozess, für die Wahl der Maßnahmentypen, führen.

11_Literatur- und Quellenverzeichnis

AMPFERER O. (1935): Geologische Karte der Gesäuseberge. Verlag der Geologischen Bundesanstalt Wien

BACHER M. unter Verwendung von Unterlagen von KIENHOLZ H. bearbeitet von KAITNA R. (2010): Naturgefahren. Kapitel 7: Schnee und Lawinen. Skriptum zur Vorlesung

BUNZA G. (1992): Instabile Hangflanken und ihre Bedeutung für die Wildbachkunde. Forschungsberichte des deutschen Alpenvereins. Band 5. Deutscher Alpenverein München

COPPIN N. J., RICHARDS I. G. (1990): Use of Vegetation in Civil Engineering. Construction Industry Research and Information Association. Butterworths London - Boston - Singapore - Sydney - Toronto - Wellington

EUROPÄISCHE FÖDERATION FÜR INGENIEURBIOLOGIE:
http://www.efib.org/deutsch/ueber_uns.html (2.5.2013)

FLORINETH F., KLOIDT F., WEISSTEINER C. (2007): Ingenieurbiologie. Studienblätter zur Vorlesung. Studienjahr 2007/2008. (Hrsg. Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau, Department für Bautechnik und Naturgefahren, Universität für Bodenkultur) Wien

FLORINETH F. (2012): Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen. Patzer Verlag Berlin – Hannover

FORSTGESETZ (1975): Fassung vom 1. 6. 2002,
<http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10010371&FassungVom=2002-06-01> (17. 4. 2013)

FORSTTECHNISCHER DIENST FÜR WILDBACH- UND LAWINENVERBAUUNG
(2009): Kollaudierungsniederschrift, Einzugsgebiet: Kühgraben/Rotgraben,
Sektion Steiermark, Gebietsbauleitung Ennstal und Salzatal. Johnsbach

GESELLSCHAFT FÜR INGENIEURBIOLOGIE E. V. (Hrsg.) (2010): Mitteilungen 34.
Juni 2010. Aachen

GIS STEIERMARK:

<http://www.gis.steiermark.at/cms/ziel/50190666/DE/> (13. 6. 2013)

HAAS F. (2008): Fluviale Hangprozesse in alpinen Einzugsgebieten der nördlichen
Kalkalpen. Quantifizierung und Modellierungsansätze. Eichstätter Geographische
Arbeiten. Band 17. Profil Verlag München/Wien

HACKER E., JOHANNSEN R. (2012): Ingenieurbioogie. Verlag Eugen Ulmer -
Stuttgart

HÄCKEL H. (2012): Meteorologie. 7. Auflage. Eugen Ulmer - Stuttgart

HOLZINGER A., HASEKE H., STOCKER E. (2012): Managementplan Witterschutt
und Geschiebe. Nationalpark Gesäuse GmbH. Weng im Gesäuse

HÜBL J., KIENHOLZ H., LOIPERSBERGER A. (Hrsg.) (2006): DOMODIS –
Dokumentation alpiner Naturereignisse (Documentation of Mountain Disasters).
Interpraevent Schriftenreihe 1. Handbuch 1. Klagenfurt

KAMMERER H. (2008): Biotopkartierung Gesäuse. Teilbericht Kartierungsbereich
Küh-/Rotgraben, im Auftrag des Nationalparks Gesäuse

KIENHOLZ H., KRUMMENACHER B. (1995): Naturgefahren. Empfehlungen.
Symbolbaukasten zur Kartierung der Phänomene. Bundesamt für
Wasserwirtschaft BWW, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL.
Bern

LEBENS MINISTERIUM IV/5 (2012):

http://www.naturgefahren.at/karten/chronik/Katastrophen_oestr/HW1882.html
(9. 6. 2013)

LUZIAN R. (Hrsg.), KOHL B., BICHLER I., KOHL J., BAUER W. (2002): Wildbäche und Muren. Eine Wildbachkunde mit einer Übersicht von Schutzmaßnahmen der Ära Aulitzky, 2. Auflage. Bundesamt und Forschungszentrum für Wald. Wien

NATIONALPARK GESÄUSE:

<http://www.nationalpark.co.at/nationalpark/de/naturraum-klima.php> (17. 4. 2013)

NATIONALPARK GESÄUSE:

<http://www.nationalpark.co.at/nationalpark/de/ueber-uns-ueberblick.php?navid=3> (28. 11. 2011)

ON (2008): ONR 24803 – Schutzbauwerke der Wildbachverbauung – Betrieb, Überwachung, Instandhaltung und Sanierung, (Ausgabe: 2008 02 01). Wien: Österreichisches Normungsinstitut

RICKENMANN D. bearbeitet von KAITNA R. (2010): Naturgefahren. Kapitel 6: Muren. Skriptum zur Vorlesung. Universität für Bodenkultur Wien

SCHIECHTL H. (1973): Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. Grundlagen – lebende Baustoffe – Methoden. Callwey München

SCHIECHTL H., STERN R. (1994): Handbuch für naturnahen Erdbau. Eine Anleitung für ingenieurbio logische Bauweisen. Österreichischer Agrarverlag – Wien

SCHIECHTL H., STERN R. (2002): Naturnaher Wasserbau. Eine Anleitung für ingenieurbio logische Bauweisen. Ernst & Sohn Verlag – Berlin

STOCKER E. (Datum unbekannt): Kollaudierungsoperat 1989 – 2000.
Kühgraben/Rotgraben. Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinenverbauung, Sektion Steiermark. Gebietsbauleitung Unteres Ennstal und
Salzatal

STUMMER G., PAVUZA R. (2005): Karstformen und Höhlen im Gesäuse, in
Speldok-14. Karst- und höhlenkundliche Streiflichter aus der Region Nationalpark
Gesäuse, Naturpark Eisenwurzen und westlicher Hochschwab. (Hrsg. Karst- und
höhlenkundliche Abteilung des Naturhistorischen Museums in Wien und
Nationalpark Gesäuse GmbH) Wien – Weng.

SUDA J., SICHER P., LAMPRECHT D., BERGMEISTER K. (2007):
Zustandserfassung und –bewertung von Schutzbauwerken der
Wildbachverbauung Teil 1. Schädigungsmechanismen und Bauwerkserhaltung.
Schriftenreihe des Departments Nr. 14. (Hrsg. Department für Bautechnik +
Naturgefahren, Universität für Bodenkultur) Wien

SUDA J., SICHER P., LAMPRECHT D., BERGMEISTER K. (2007):
Zustandserfassung und –bewertung von Schutzbauwerken der
Wildbachverbauung Teil 2. Schadensdokumentation und Schadenstypenkatalog.
Schriftenreihe des Departments Nr. 15. (Hrsg. Department für Bautechnik +
Naturgefahren, Universität für Bodenkultur) Wien

ZEDLACHER D.(1986): Technischer Bericht zum Verbauungsprojekt 1986,
Arbeitsfeld: Kühgraben und Rotgraben. Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinenverbauung, Sektion Steiermark, Gebietsbauleitung Unteres Ennstal und
Salzatal. Admont

ZEDLACHER D. (2002): Kollaudierungsniederschrift, Einzugsgebiet
Kühgraben/Rotgraben. Forsttechnischer Dienst für Wildbach- und
Lawinenverbauung, Sektion Steiermark, Gebietsbauleitung Unteres Ennstal und
Salzatal. Johnsbach

ZEH H. (1993): Ingenieurbiologische Bauweisen. Studienbericht Nr. 4. im Auftrag des Bundesamtes für Wasserwirtschaft. Eidgenössische Drucksachen- und Materialzentrale Bern

ZEH H. (2007): Ingenieurbiologie Handbuch Bautypen, Génie Biologique Manuel de construction, Ingegneria Naturalistica Quaderno delle opere tipo, Soil Bioengineering Construction type manual, Ingeniería Biológica Manual Técnico. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

ZEPP H. (2011): Geomorphologie. Eine Einführung. Ferdinand Schöningh Paderborn

Interviews

Interviews mit Ing. Rainer Wolfgang GÖSCHL (WLV Gebietsbauleitung Steiermark Nord)

An mehreren Terminen im Jahr 2012 erzählte mir Herr Göschl über den Ablauf der Bauarbeiten, die aufgetretenen Probleme während der Bauarbeiten und das verwendete Baumaterial.

Interview mit Dr. Bernhard KRAUTZER (Lehr- und Forschungszentrum Raumberg-Gumpenstein)

Im März 2013 gab mir Herr Krautzer Auskunft über die im Kühgraben verwendete Saatgutmischung. Leider waren keine Aufzeichnungen diesbezüglich auffindbar.

12_Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Hauptbestandteile eines Murganges in einem Drei-Phasen-Diagramm, im Vergleich zu anderen schnellen Massenbewegungen (nach PHILLIPS & DAVIES in RICKENMANN, 2010).....	20
Abb. 2: Lawinenklassifikation nach MUNTER (in HÜBL et al., 2006)	21
Abb. 3: Handelssaatgut mit vielfältiger Artenzusammensetzung	26
Abb. 4: Begrünung mit Jute- oder Kokosnetz (verändert nach FLORINETH, 2012)..	27
Abb. 6: Weidenflechtzaun (verändert nach ZEH, 1993).....	28
Abb. 5: mehrjähriges Steckholz (verändert nach ZEH, 2007).....	28
Abb. 7: bepflanzte einwandige Holzkrainerwand (verändert nach FLORINETH, 2012)	29
Abb. 8: Bepflanzte Pilotenwand (verändert nach FLORINETH, 2012)	30
Abb. 9: Nadelholz-Raubaum (verändert nach FLORINETH, 2012)	30
Abb. 10: Nationalpark Gesäuse in den Ennstaler Alpen in der Obersteiermark (© GIS-Steiermark 2012)	31
Abb. 11: Übersichtskarte des Nationalparks Gesäuse (NATIONALPARK GESÄUSE)..	32
Abb. 12: Untersuchungsgebiet Kühgraben auf der Südseite des Großen Buchsteins (2.224 m) im Nationalpark Gesäuse (FOTO: THALLER R., August 2012)	33
Abb. 13: Kühgraben im Nationalpark Gesäuse mit den Untersuchungsflächen „Osthang“ (im Bild links) und „Westhang unten“ (im Bild rechts) (FOTO: November 2011)	34
Abb. 14: Bezeichnung der untersuchten Flächen im Kühgraben (© GIS-Steiermark 2012)	35
Abb. 15: Geologische Karte des Untersuchungsgebietes Kühgraben (AMPFERER, 1935)	36
Abb. 16: Karte der durchschnittlichen Jahresniederschlagssummen im Untersuchungsgebiet Kühgraben (© GIS-Steiermark 2012)	37
Abb. 17: Relief- und Expositionskarte des Untersuchungsgebietes Kühgraben (© GIS-Steiermark 2013)	39
Abb. 18: Expositionen der Untersuchungsflächen im Kühgraben (© GIS-Steiermark 2013)	40

Abb. 19: Lageplan des Verbauungsprojektes Kühgraben (WLV Unteres Ennstal und Salzatal, 1989 – 2000).....	44
Abb. 20: Hangfußstabilisierung (WLV Ennstal und Salzatal, 1994/95)	46
Abb. 21: Querwerk in Stahl-Holzbauweise (WLV Ennstal und Salzatal, 1996/97).....	46
Abb. 22: Begrünung mit Geotextil (FOTO: WLV Unteres Ennstal und Salzatal, 1999)	48
Abb. 23: Weidenflechtzaun (FOTO: WLV Unteres Ennstal und Salzatal, 1996)	49
Abb. 24: horizontale Weidenflechtzäune im Bau (FOTO: WLV Unteres Ennstal u. Salzatal, 2002)	49
Abb. 25: einwandige Holzkrainerwand (Holzkasten) (FOTO: WLV Unteres Enns- und Salzatal, 1999)	50
Abb. 26: Staffelung der Holzkrainerwände in Untersuchungsfläche Westhang oben (Wo) (FOTO: WLV Enns- und Salzatal, 1999)	50
Abb. 27: Pilotenwand mit mehr als einem Rundholz (FOTO: WLV Unteres Enns- und Salzatal, Datum unbekannt)	51
Abb. 28: Raubäume in Untersuchungsfläche Osthang (O) (FOTO: WLV Ennstal und Salzatal, 1999)	51
Abb. 29: Neun- bis sechzehnjährige Weidenflechtzäune am Westhang des Kühgrabens (FOTO: November 2011).....	54
Abb. 30: Weidenflechtzäune am Hangfuß des Kühgrabens (FOTO: Juli 2012).....	54
Abb. 31: Abgestorbener Weidenflechtzaun am Westhang des Kühgrabens (FOTO: November 2011)	54
Abb. 33: Karte der Phänomene von Untersuchungsfläche Westhang oben (FOTO: November 2011)	55
Abb. 34: Karte der Phänomene von Untersuchungsfläche Westhang unten (FOTO: September 2012)	56
Abb. 35: Karte der Phänomene von Untersuchungsfläche Osthang (FOTO: Oktober 2012)	57
Abb. 36: Verortung der noch vorhandenen ingenieurbiologischen Maßnahmen in Untersuchungsfläche Westhang oben (FOTO: November 2011).....	58
Abb. 37: Verortung der noch vorhandenen ingenieurbiologischen Maßnahmen in Untersuchungsfläche Westhang unten (FOTO: September 2012).....	59

Abb. 38: Verortung der noch vorhandenen ingenieurbioologischen Maßnahmen in Untersuchungsfläche Osthang (FOTO: Oktober 2012).....	60
Abb. 39: Maßnahmengruppen mit gleichen Schadenstypen und Schadensklassen der Untersuchungsfläche Westhang oben (FOTO: November 2011).....	61
Abb. 40: Maßnahmengruppen mit gleichen Schadenstypen und Schadensklassen der Untersuchungsfläche Westhang unten (FOTO: September 2012).....	62
Abb. 43: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) und des Pflanzenbewuchs im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens	64
Abb. 44: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Stahl) im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens	65
Abb. 45: Anzahl der Maßnahmengruppen pro Funktionstüchtigkeitsgruppe im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens.....	65
Abb. 46: Anteile der Ursachen von Schäden als Folge der inneren und externen Randbedingungen im gesamten Untersuchungsgebiet im Kühgraben.....	66
Abb. 47: Ursache von Schäden als Folge der strukturellen und funktionalen (inneren) Randbedingungen im gesamten Untersuchungsgebiet im Kühgraben.....	66
Abb. 48: Ursachen von Schäden als Folge der externen Randbedingungen im gesamten Untersuchungsgebiet des Kühgrabens.....	67
Abb. 49: Holzkrainerwandgruppe (Wo_H1) mit materialspezifischen Schäden beim Holz (Verwitterung/ Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau) am Westhang oben (FOTO: November 2012).....	68
Abb. 50: Raubbaum (Wo_R1) mit prozessspezifischen Schäden (leichter Abtrag/mechanische Beschädigung) am Westhang oben (FOTO: November 2012). 68	
Abb. 51: Funktionstüchtigkeit der Maßnahmen am Westhang oben (Wo).....	69
Abb. 52: Anzahl der prozessspezifischen Schäden am Westhang oben (Wo)	69
Abb. 53: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) und des Pflanzenbewuchses am Westhang oben (Wo).....	70
Abb. 54: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Stahl) am Westhang oben (Wo)70	
Abb. 55: Holzkrainerwände (Wu_H3) mit reduziertem Widerstand im Bereich der seitlichen Einbindung (Schadensklasse 4), Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau (SKL 3), Pflanzen-bewuchs (SKL 3) und Korrosion von Baustahl (SKL 2) in der Untersuchungsfläche Westhang unten.....	71

Abb. 56: Pilotenwand (Wu_P1) mit prozessspezifischen (Bauwerksbewegung SKL 2) und materialspezifischen Schäden (Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau SKL 4, Korrosion SKL 2 und plastische Verformung von Baustahl SKL 4) in der Untersuchungsfläche Westhang unten.....	71
Abb. 57: Funktionstüchtigkeit der Maßnahmen in der Untersuchungsfläche Westhang unten	72
Abb. 58: Anzahl der prozessspezifischen Schäden in der Untersuchungsfläche Westhang unten.....	73
Abb. 59: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) und des Pflanzenbewuchses in der Untersuchungsfläche Westhang unten.....	73
Abb. 60: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Stahl) in der Untersuchungsfläche Westhang unten.....	74
Abb. 61: Anzahl der prozessspezifischen Schäden nach Schadensklasse (Schadensschwere) in der Untersuchungsfläche Westhang unten.....	74
Abb. 62: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) nach Schadensklasse (Schadensschwere) und des Pflanzenbewuchses in der Untersuchungsfläche Westhang unten.....	75
Abb. 63: Pilotenwand (O_P2) mit schweren prozessspezifischen (schwerer Abtrag/mechanische Beschädigung) und materialspezifischen (Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau, Bauwerksverformung, Korrosion und plastische Verformung oder Bruch von Baustahl) Schäden in der Untersuchungsfläche Osthang.....	76
Abb. 64: Raubaumgruppe (O_R1) mit prozessspezifischen Schäden (leichter Abtrag/mechanische Beschädigung von Raubäumen) in der Untersuchungsfläche Osthang.....	76
Abb. 65: Funktionstüchtigkeit der Maßnahmen in der Untersuchungsfläche Osthang	77
Abb. 66: Anzahl der prozessspezifischen Schäden in der Untersuchungsfläche Osthang.....	77
Abb. 67: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Holz) in der Untersuchungsfläche Osthang.....	78
Abb. 68: Anzahl der materialspezifischen Schäden (Stahl) in der Untersuchungsfläche Osthang.....	78

Abb. 69: Übergangsbereich von der Untersuchungsfläche Westhang oben zu Westhang unten vor Start der Verbauung im Jahr 1995 (FOTO: LFZ Raumberg Gumpenstein, Datum unbekannt)..... 81

Abb. 70: Übergangsbereich von der Untersuchungsfläche Westhang oben zu Westhang unten (FOTO: November, 2011) 81

13_Anhang

Aufnahmeblatt INGENIEURBIOLOGISCHE MASSNAHMEN – Holz/Stahl	
Allgemeine Angaben	Einzugsgebiet: Hang:
Aufnahmeblatt Nr.: Aufnahme datum:	Zugehörige Hektometer:
Aufgenommen durch:	Lage zum Bach: <input type="checkbox"/> linksufrig <input type="checkbox"/> rechtsufrig

Art der Ingenieurbiologischen Maßnahmen: <input type="checkbox"/> Holzkraimerwände <input type="checkbox"/> Pilotenwände
Sonstige Maßnahmen: <input type="checkbox"/> Skarpierung <input type="checkbox"/> Hangfussicherung <input type="checkbox"/>
Gesamtdimensionen (oder Anzahl) der Maßnahmengruppe:

Beurteilung der Maßnahmengruppe:

P	Prozessspezifische Schäden	Relevanz				↓	SKL
		0	1	2	3		
Bez.	Schadenstypen						
1	Bauwerksbewegungen		x				
2	Leichter Abtrag/mechanische Beschädigung von Bauwerksteilen				x		
3	Reduzierter Widerstand im Bereich der seitlichen Einbindung		x				
4	Schwerer Abtrag/mechanische Beschädigung von Bauwerksteilen		x	x			
Mögliche Ursachen:							
Anmerkungen:							

Materialspezifische Schäden							
H	HOLZ	Relevanz				↓	SKL
		0	1	2	3		
Bez.	Schadenstypen						
1	Verwitterung/Vermorschung, physikalisch/biogener Holzabbau		x		x		
2	Bauwerksverformung		x				
3	Pflanzenbewuchs		x	x			
Mögliche Ursachen:							
Anmerkungen:							

Materialspezifische Schäden							
S	STAHL	Relevanz				↓	SKL
		0	1	2	3		
Bez.	Schadenstypen						
1	Korrosion von Baustahl		x		x		
2	Plastische Verformung od. Bruch d. mechanische Beschädigung		x		x		
Mögliche Ursachen:							
Anmerkungen:							

Bez.	Funktionstüchtigkeit		
1	Funktionstüchtigkeit gegeben		
2	Funktionstüchtigkeit eingeschränkt		
3	Zerstörung (Totalschaden), Funktionstüchtigkeit nicht gegeben		

Gesamtbeurteilung:		
---------------------------	--	--

Aufnahmeblatt INGENIEURBIOLOGISCHE MASSNAHMEN - Raubäume	
Allgemeine Angaben	Einzugsgebiet: Hang:
Aufnahmeblatt Nr.: Aufnahmedatum:	Zugehörige Hektometer:
Aufgenommen durch:	Lage zum Bach: <input type="checkbox"/> linksufrig <input type="checkbox"/> rechtsufrig

Sonstige Maßnahmen: <input type="checkbox"/> Weidenflechtzäune <input type="checkbox"/> Skarpierung <input type="checkbox"/> Hangfussicherung <input type="checkbox"/>
Gesamtdimensionen (oder Anzahl) der Maßnahmengruppe:

Beurteilung der Maßnahmengruppe:

Prozessspezifische Schäden							
P	Prozessspezifische Schäden	Relevanz				↓	SKL
Bez.	Schadenstypen	0	1	2	3		
1	Bauwerksbewegungen		x				
2	Leichter Abtrag/mechanische Beschädigung von Raubäumen				x		
3	Schwerer Abtrag/mechanische Beschädigung von Raubäumen		x	x			
Mögliche Ursachen:							
Anmerkungen:							

Materialspezifische Schäden bzw. Funktionstüchtigkeit							
R	Raubäume						
Bez.	Funktionstüchtigkeit						
1	Funktionstüchtigkeit gegeben						
2	Funktionstüchtigkeit eingeschränkt						
3	Zerstörung (Totalschaden), Funktionstüchtigkeit nicht gegeben						
Mögliche Ursachen:							
Anmerkungen:							

Gesamtbeurteilung:		
---------------------------	--	--