

**D o k u m e n t a t i o n**

der

**14. Arbeitstagung**

der

**Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe**

gemeinsam durchgeführt mit der

**Forstlichen Arbeitsgruppe für Naturgefahren**

**Waldwirkungen und Steinschlag**

**August 1998, Grafenort / Engelberg OW**

Dokumentation  
Der 14. Arbeitstagung der  
Schweizerischen Gebirgswaldpflegegruppe  
Waldwirkungen und Steinschlag

Diese Tagung wurde gemeinsam mit der Forstlichen Arbeitsgruppe für Naturgefahren (FAN) durchgeführt.

Datum der Tagung:	18. / 19. August 1998
Datum 1. Kurs:	24. / 25. August 1998
Datum 2. Kurs:	27. / 28. August 1998
Kursort:	Grafenort und Engelberg Kanton OW
Leitung:	Gerber Werner, WSL Imfeld René, Kantonsforstamt Liniger Markus, GEOTEST Schwitter Raphael, Fachstelle Gebirgswaldpflege
Beratung:	Wasser Brächt, Büro Impuls
Örtlicher Forstdienst:	Imfeld René, Kantonsforstamt Hurschler Josef, Revierförster
Fotos:	Imfeld René Schwitter Raphael
Organisation:	Imfeld René Schwitter Raphael
Dokumentation:	Schwitter Raphael
Herausgeber:	Schweizerische Gebirgswaldpflegegruppe

# Inhaltsverzeichnis

---

## I. Grundlagen

- Der Steinschlagprozess, dargestellt am Modell  
Markus Liniger, GEOTEST
- Grundlagen zur Beurteilung des Steinschlagprozesses  
Werner Gerber, WSL
- Landesforstinventar – Informationen zu Steinschlag und  
Waldwirkungen  
Urs-Beat Brändli und Anne Herold, WSL
- Hinweise aus der Urwaldforschung für die Behandlung von  
Steinschlagschutzwäldern auf Buchenstandorten  
Raphael Schwitter, Fachstelle für Gebirgswaldpflege
- Risiko-Betrachtungen „Grünenwald  
Werner Frey, SLF Davos

## II. Tagungsobjekte

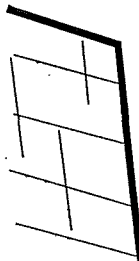
- Landeskarte 1:25'000, Vegetationskarte,  
Symbolbalken zur Kartierung der Phänomene,  
Teilnehmerlisten
- Mülibrunnen 1
- Mülibrunnen 2
- Grünenwald 1
- Grünenwald 2
- Eschlenwald 1
- Eschlenwald 2

## III. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

# Der Steinschlagprozess – dargestellt am Modell

Von Markus Liniger, GEOTEST

## Ausbruchbereich



Blockgröße, Blockform und Häufigkeit

Beeinflussende Faktoren:

- Gesteinsart, Trennflächengefüge,
- Exposition, Höhenlage, ....

## Transitbereich

Geschwindigkeitsverlust/-gewinn  
Energieverlust/-gewinn  
Sprunghöhen

Beeinflussende Faktoren:

- Topographie
- Rauigkeit
- Dämpfung
- Wald
- Schutzbauwerke

## Ablagerungs- bereich

Transit- und Ablagerungsbereich sind überlappend. Die Lage des Übergangs ist stark abhängig von der Blockgröße.

## Steinschlagsimulationen

### Allgemeines

In Simulationsrechnungen kann die Natur nur angenähert, nicht aber abgebildet werden. Viele generalisierende Vereinfachungen müssen im Simulationsmodell getroffen werden. Bei der Beurteilung der Simulationsresultate muss diesem Umstand stets Rechnung getragen werden.

### Steinschlagsimulationsmodell ZINGGELER + GEOTEST

Es handelt sich um ein zwei- oder dreidimensionales Rechenmodell. Am Kurs wurden nur Simulationen entlang von Profilen durchgeführt (zweidimensional). Für das Simulationsprogramm müssen die folgenden Einschränkungen gemacht werden:

- Es können nur Einzelblöcke simuliert werden.
- Die Interaktionen zwischen Blöcken, wie diese bei Fels- und Bergstürzen stattfinden, können nicht simuliert werden.
- Sprunghöhen bei sehr grossen Blöcken müssen mit Vorsicht interpretiert werden. Die in der Natur beobachtbaren Abrollbewegungen sehr grosser Blöcke (Kantenlängen > 2 m) können durch die Vereinfachungen im Modell nicht exakt wiedergegeben werden. Es resultieren daher bei den Simulationen in der Regel zu grosse Sprunghöhen.

Im Programm können neben der Blockform und Blockgrösse die folgenden für den Steinschlag relevanten Parameter variiert werden. Diese werden im Gelände erhoben:

#### Geländeform

ergibt sich aus dem Profilschnitt, die Feintopographie aus der Geländebegehung

#### Dämpfung des Untergrundes

- 0: harter Fels
- 1: weicher Fels
- 2: Lockergestein flachgründig, trocken
- 3: Lockergestein tiefgründig, trocken
- 4: Lockergestein tiefgründig, nass
- 5: Moor, Sumpf

#### Rauhigkeit der Oberfläche

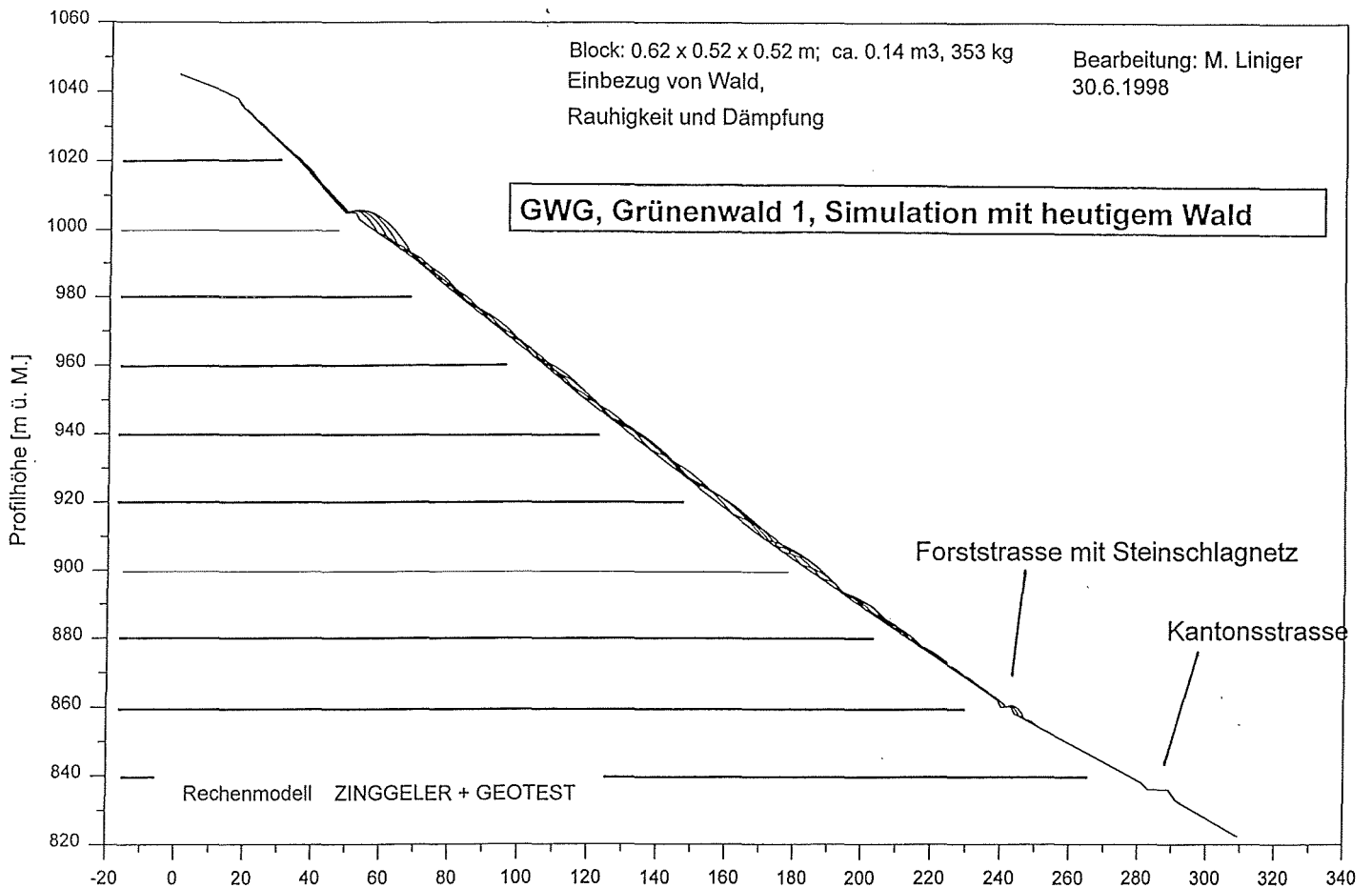
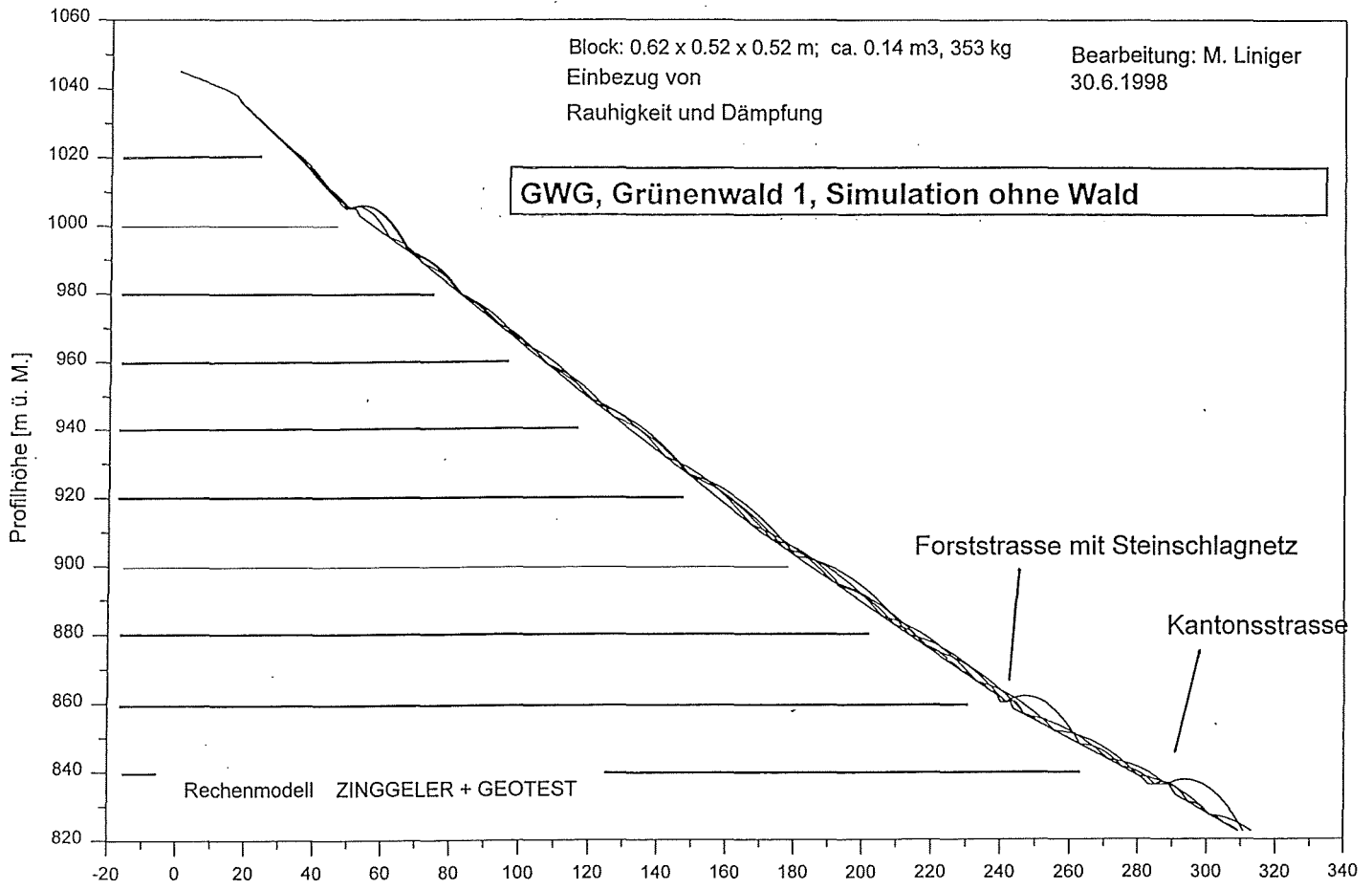
Die Oberflächenrauigkeit reicht von glatt (Wert 0) bis sehr rauh (Wert 15). Sehr rauh bedeutet engständige Hindernisse von 1-2 m Höhe (z.B. ganz grober Blockschutt).

#### Baumbestand

Es werden die Waldtypen „Dickicht“, „Stangenholz“, „Baumholz I“ oder „Baumholz II“ sowie die Anzahl Stämme pro Hektare (bei Dickicht pro Are) eingegeben.

### Beispiel einer Simulation

**GEOTEST**  
GEOLOGEN  
INGENIEURE  
GEOPHYSIKER  
UMWELTFACHLEUTE



# GWG, Grünenwald 1, Simulation ohne Wald

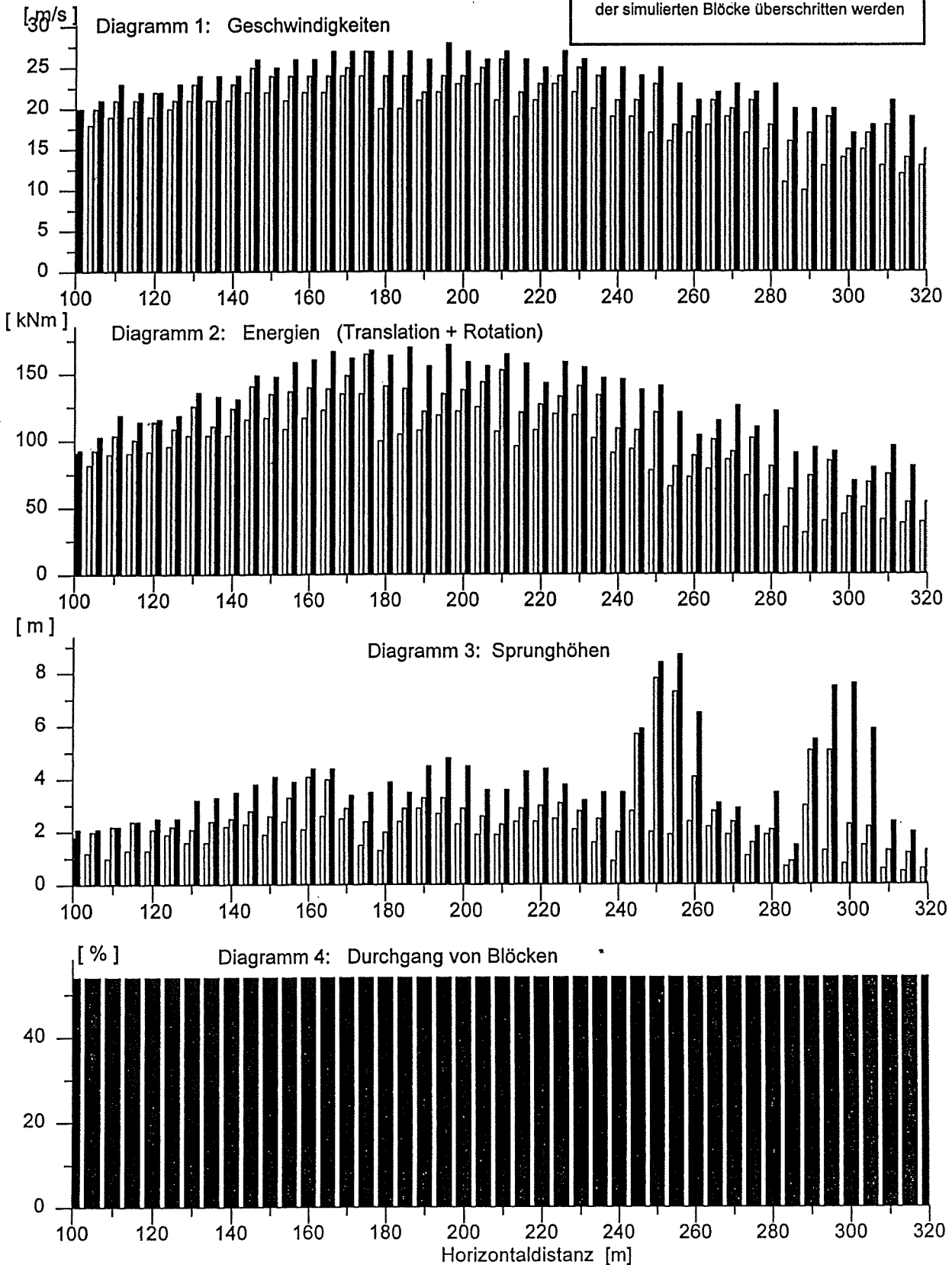
Einbezug von Rauigkeit und Dämpfung  
 Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg  
 Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von

□ 50%	▨ 20%	■ 0%
-------	-------	------

der simulierten Blöcke überschritten werden



# GWG, Grünenwald 1, Simulation mit heutigem Wald

Einbezug von Rauigkeit, Dämpfung und Wald

Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg

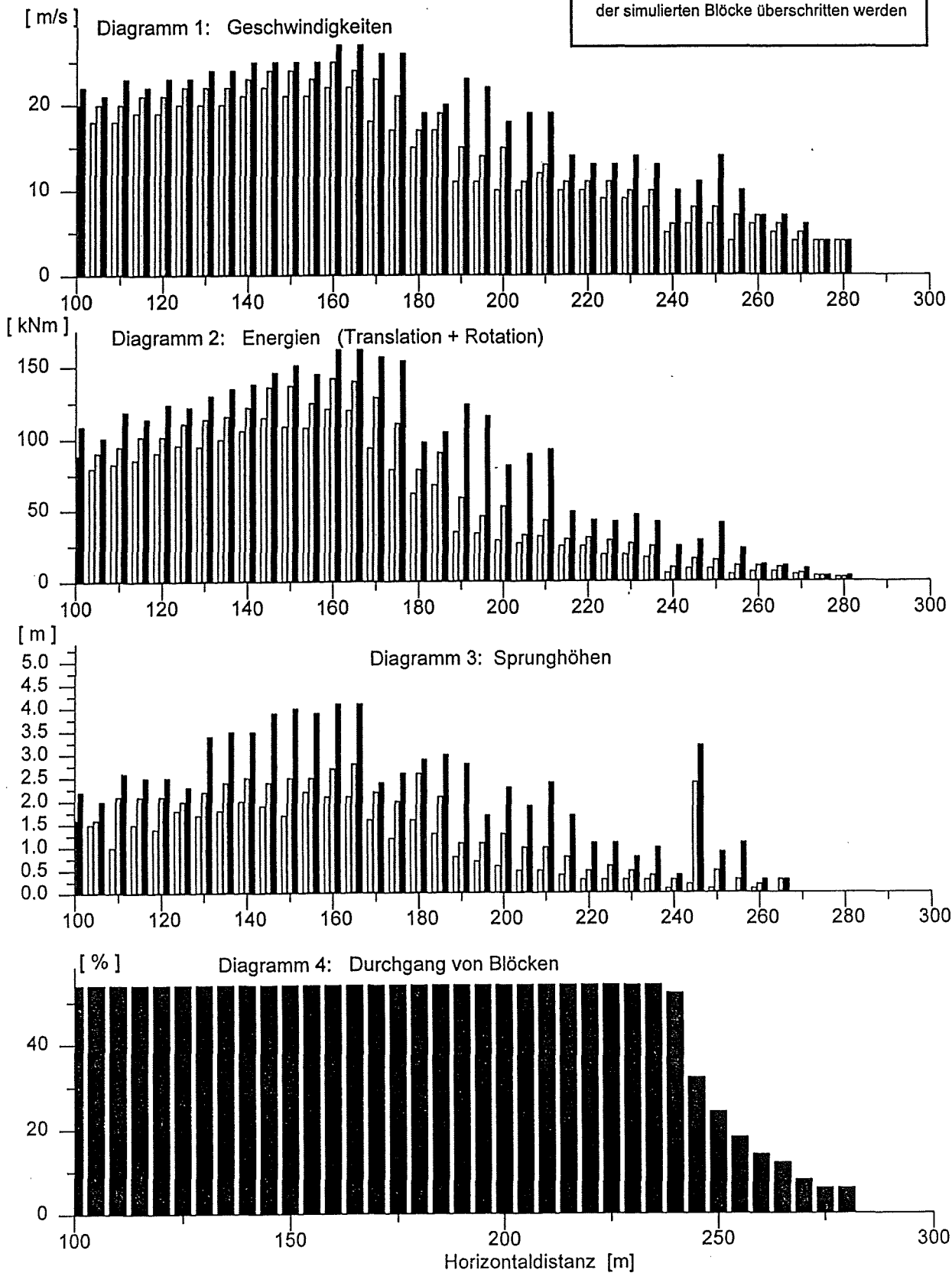
Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von

□ 50%	▨ 20%	■ 0%
-------	-------	------

der simulierten Blöcke überschritten werden





## Schlussbemerkungen

Steinschlagsimulationen sind wichtige Hilfsmittel bei der Gefahren- und Risikobeurteilung, bei der Projektierung von Schutzbauten sowie bei der Beurteilung der Schutzwirkung des Waldes oder von Schutzbauten.

Folgende Grundsätze sollte man befolgen:

- **Simulationen sollte man nie ohne Feldbegehungen durchführen!**
- **Simulationsergebnisse sind nur so gut wie die Eingabeparameter.**  
Es ist von Vorteil, wenn die Grundlagenerhebung, die Erfassung der Geländeparameter und die Simulation durch die gleiche Person gemacht werden.
- **Wichtig bei Simulationsergebnissen ist immer eine Plausibilitätsprüfung.**  
Decken sich die Simulationsergebnisse nicht mit Ihren Feldbegehungen, ist nicht unbedingt die Natur falsch.

In bewaldeten Gebieten wird die Dimensionierung von Schutzwerken unter Berücksichtigung des Waldes vorgenommen. Ohne Wald müssten die Bauwerke grösser (und teurer) dimensioniert werden.

# Grundlagen zur Beurteilung des Steinschlagprozesses

## Von Werner Gerber, WSL



1 Einleitung	Seite	2
2 Bewegung der Steine		2
2.1 Allgemeines		
2.2 Bewegung mit Flugphase		
2.3 Bodenkontakt mit Stoss		
3 Methode des Pauschalgefälles		4
3.1 Berechnung der Geschwindigkeiten		
3.2 Einflussfaktoren		
3.3 Grenzen der Anwendung		
4 Waldwirkungen		7
4.1 Allgemeines		
4.2 Flugbahn im Wald		
4.3 Bruchfestigkeit von Holz		
5 Spezielle Angaben zu den Übungsobjekten		9
5.1 Beurteilung Transitgebiet		
5.2 Angaben zu den einzelnen Profilen		
5.3 Beurteilung Waldwirkungen		
Abbildungen:		
Abb.1: Geländeprofil mit Pauschalgefälle		5
Abb.2: Berechnung von Geschwindigkeiten mit Pauschalgefälle		6
Tabellen:		
Tab.1: Mechanische Kenngrössen von Holzarten		9
Tab.1: Angaben zu den Profilen Eschlenwald		10
Tab.1: Angaben zu den Profilen Grünenwald		10
Tab.1: Angaben zu den Profilen Mülibrunnen		11
Beilagen:		
Beilage 1: Berechnung der Geschwindigkeiten bei $f/s = 1/6$		
Beilage 2: Berechnung der Geschwindigkeiten bei $f/s = 1/8$		
Beilage 3: Berechnung der Geschwindigkeiten bei $f/s = 1/12$		
Beilage 4: Bestimmung der Steinmasse		
Beilage 5: Berechnung der Translationsenergie		
Beilage 6: Geschwindigkeitsverlust bei Bodenkontakten		
Beilage 7: Energieverlust bei Bodenkontakten		
Beilage 8: Theoretische Bruchschlagarbeit pro Baum		

Die Kontakte des sich bewegenden Steines mit Hindernissen verringern die Sprungweiten bis wieder eine rollende Bewegung eintritt und der Stein zum Stillstand kommt. Im allgemeinen ist das erst bei Neigungen von weniger als 60 % der Fall. Abgelagert werden die Steine in der Regel bei flacheren Stellen, im Wald hinter Bäumen, bei einer Baumgruppe oder in einer Verbauung. Die Frage ist dann, ob dieser neue Standort stabil ist, oder ob der Stein bei einer nächsten Gelegenheit weiter bewegt wird, um weiter unten einen noch stabileren Standort einzunehmen.

## 2.2 Bewegung mit Flugphase

**Geschwindigkeiten:** Die rollende Bewegung von Steinen in steilem Gelände wechselt sehr schnell in eine Bewegung mit Flugphasen und Bodenkontakten. Die während einer Flugphase zurückgelegte Bahn muss den physikalischen Grundlagen gerecht werden. Das heisst nun, dass bei gegebenen Sprungweiten und bekannten Geländeneigungen die Geschwindigkeiten der Steine für verschiedenen Sprunghöhen berechnet werden können. Als Hilfwert muss das Verhältnis von Sprunghöhe  $f$  zu schräger Sprungweite  $s$  eingeführt werden. Erfahrungen der WSL haben gezeigt, dass die verschiedenen Werte gelten:

$f/s = 1/6$	für höhere Sprünge
$f/s = 1/8$	für normale Sprünge
$f/s = 1/12$	für flachere Sprünge

Für diese drei Flugbahntypen und den verschiedenen Geländeneigungen zwischen 0-120 % können mit Hilfe der Diagramme in Beilage 1, 2 und 3 die Anfangs- und Endgeschwindigkeiten der Steine herausgelesen werden. Es kann aber auch bei bekannten Sprunghöhen die Sprungweite geschätzt und anschliessend die Geschwindigkeiten berechnet werden.

**Energieverhältnisse:** Die kinetische Energie der Steine setzt sich zusammen aus der Translations- und der Rotationsenergie. Um die Translationsenergie berechnen zu können muss die Steinmasse bekannt sein. Diese kann bei gegebenem Steindurchmesser oder gegebener Kantenlänge aus dem Diagramm in Beilage 4 herausgelesen werden. Das Diagramm zeigt die Stein- oder Blockmasse in Abhängigkeit von der mittleren Kantenlänge und der Steinform. Die einzelnen Resultate zur Berechnung der Translationsenergie sind im Diagramm in Beilage 5 dargestellt. Mit Hilfe dieses Diagramms kann die aktuelle Translationsenergie eines Steines herausgelesen werden. Während dem Bodenkontakt verliert der Stein Energie und er startet mit einer kleineren Geschwindigkeit und entsprechend kleinerer Energie zu seinem nächsten Sprung. Berechnungen und Erfahrungen der WSL zeigen, dass die Rotationsenergie in der Startphase eines einzelnen Sprunges zirka 20-40 % der Translationsenergie betragen können. In der Endphase eines Sprunges also kurz vor dem Bodenkontakt fällt dieser Wert auf 10-20 % zusammen. Das liegt darin begründet, dass die Translationsgeschwindigkeit während der Flugphase infolge Erdbeschleunigung zunimmt, die Rotationsgeschwindigkeit des Steines hingegen nach der Startphase gleich hoch bleibt.

## 2.3 Bodenkontakt mit Stoss

**Geschwindigkeitsverlust:** Bei einem Bodenkontakt der Steine reduziert sich ihre Geschwindigkeit und sie starten wieder mit einer kleineren Geschwindigkeit. Die Endgeschwindigkeit  $v_e$  des Steines vor dem Bodenkontakt wird während dem Stoss reduziert auf die Startgeschwindigkeit  $v_o$  der nächsten Flugbahn. Je nach Grösse der Re-

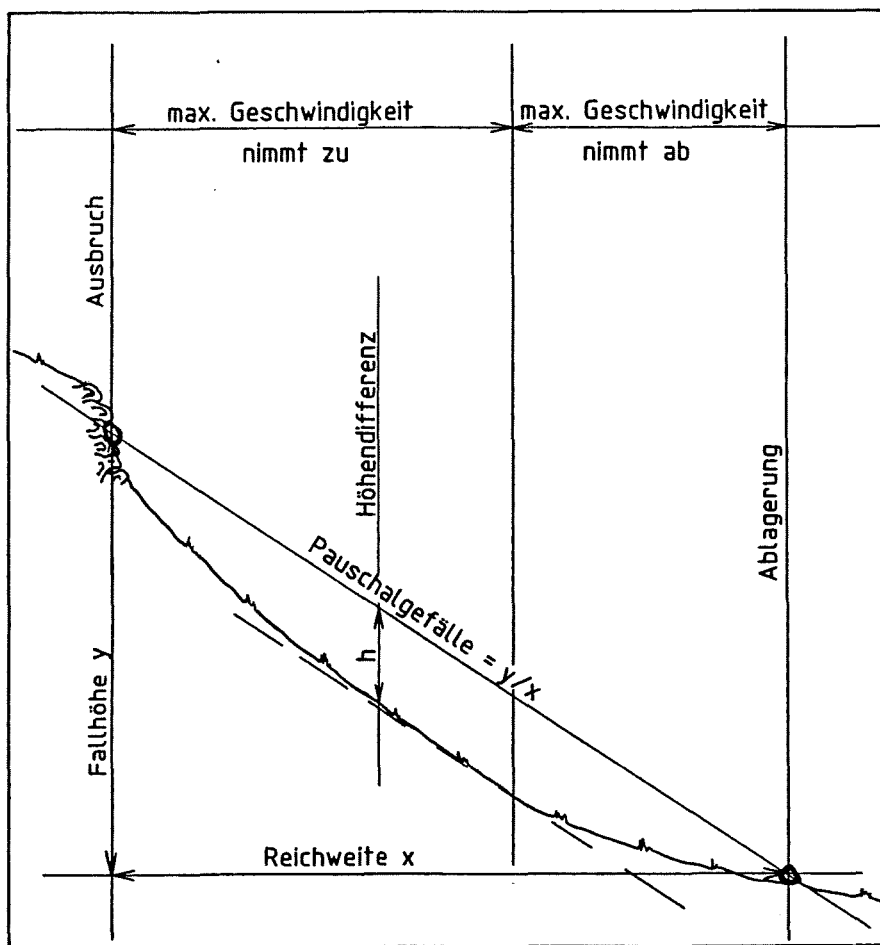


Abb.1: Geländeprofil mit Pauschalgefälle und Höhendifferenz  $h$

bestand, Bodenrauhigkeit und Dämpfung abhängig. Die Erfahrungen der WSL haben aber gezeigt, dass die maximale Reichweite von Steinen und Blöcken häufig bei einem Pauschalgefälle von 65 Prozent liegt. Kürzere Reichweiten weisen ein Pauschalgefälle von 75 Prozent oder mehr auf. Berechnet man nun von einem Punkt auf dieser Verbindungsgeraden die Höhendifferenz zum darunterliegenden Geländepunkt, kann daraus die Geschwindigkeit der Steine berechnet werden. In Abbildung 2 sind die entsprechenden Resultate dargestellt. Bei diesen Geschwindigkeiten handelt es sich um den maximalen Wert auf einer einzelnen Flugbahn, also die Endgeschwindigkeit eines Steines kurz vor dem Bodenkontakt. Die zweite Kurve stellt die Geschwindigkeit infolge eines freien Falles aus der entsprechenden Höhe dar. Sie zeigt die effektive Geschwindigkeit gemäss den physikalischen Grundlagen ohne Berücksichtigung des Luftwiderstandes.

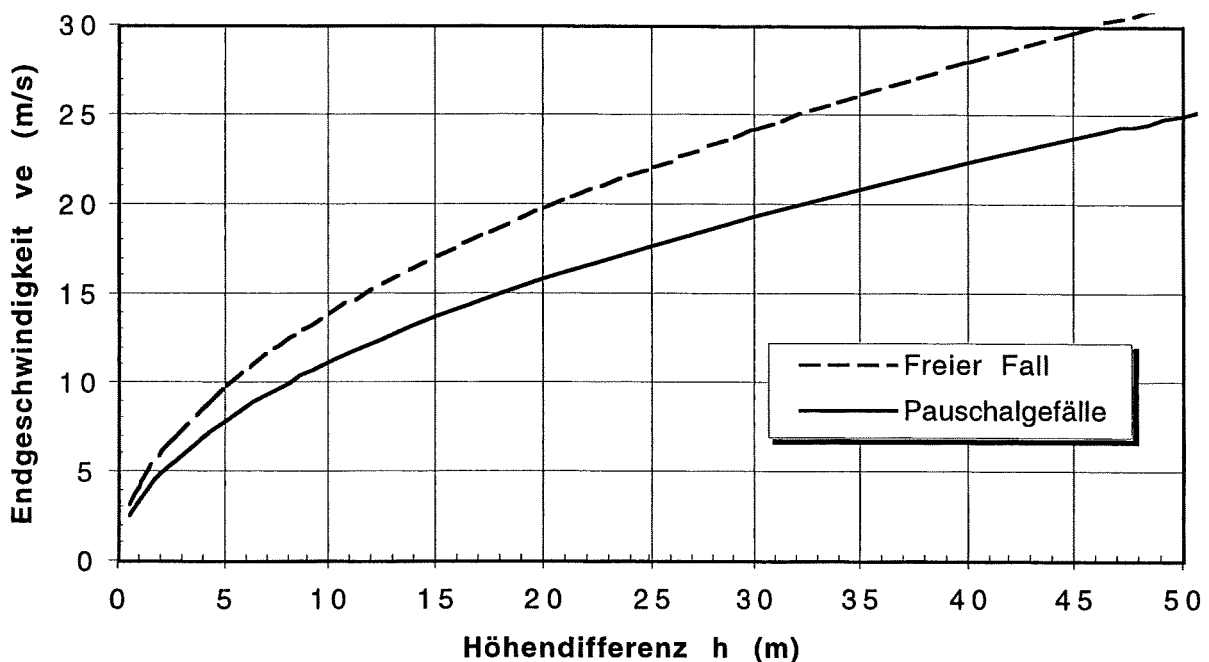


Abb. 2: Endgeschwindigkeiten von Steinen kurz vor dem Bodenkontakt

### 3.2 Einflussfaktoren

Die im folgenden beschriebenen Einflussfaktoren beziehen sich hauptsächlich auf den Prozess Steinschlag und nur bedingt auf den einzelnen Einfluss auf das Pauschalgefälle. Die Forschungsaktivitäten der WSL sind noch nicht soweit, als dass der Einfluss der Faktoren einzeln quantifiziert werden kann. Es ist auch nicht sinnvoll diese einzeln zu quantifizieren, weil es sich bei jedem Prozess des Steinschlages immer um eine Kombination der Faktoren Neigung, Stein und Boden handelt.

**Geländeneigung:** Die eigentliche Ursache der Bewegung von Steinen oder Blöcken ist die Geländeneigung. Wie schon angesprochen, setzen sich Steine im allgemeinen vor allem bei Neigungen über 60 % in Bewegung. Bei Startbedingungen mit Neigungen von 60-70 % beginnen sie zu rollen und verbleiben mehr oder weniger in dieser Bewegungsart. Die Rotationsgeschwindigkeit der Steine bleibt meist relativ gering und liegt unter 2-3 Umdrehungen pro Sekunde.

Bei Startbedingungen von 70-80 % steigt die Rotationsgeschwindigkeit der Steine schneller an und sie beginnen zu springen. Dieser Übergang vom Rollen ins Springen liegt je nach Steinform etwa bei 4-6 Umdrehungen pro Sekunde.

Bei Startbedingungen von 80-100 % springen die Steine schon nach 1-2 Umdrehungen mit kurzen Sprüngen und nachfolgend vergrößert sich die Sprungweite im allgemeinen schnell.

Diese Beschreibungen betreffen die Startphase der Steine. Der alleinige Einfluss der Neigung auf schon springende Steine kann nicht allgemein beschrieben werden, sondern es müssen neben der Grösse und Form der Steine weitere Faktoren wie Rauigkeit und Dämpfung des Bodens mit berücksichtigt werden.

**Grösse und Form der Steine:** Die Grösse und Form der Steine hat einen massgebenden Einfluss auf ihre Bewegung. Bei kleinen Steinen ( $m < 100$  kg) wird ihre Sturzbahn eher vom Gelände beeinflusst als bei Blöcken ( $m > 1'000$  kg). Sie lagern sich früher ab, weisen eine kleinere Reichweite aus und dementsprechend ist das Pauschalgefälle grösser.

stockten Fläche. Im Jahr 1989 wurde an der Universität Bern ein Modell entwickelt, mit dem sich Steinschläge simulieren lassen. Es kann auch die Wirkung von unterschiedlichen Waldstrukturen darstellen. Heute wird es vielerorts eingesetzt, um Gefahrenbeurteilungen durchzuführen und die Einwirkungen auf Schutzbauwerke zu bestimmen.

## 4.2 Flugbahnen im Wald

Will man nun konkreter den Einfluss des Waldes auf den Prozess zeigen, so schlagen wir vor, zunächst den Prozess ohne Wald zu beurteilen. Ohne Waldwirkungen springt ein Stein infolge der Einflussparameter Hangneigung, Geländerauhigkeit und Dämpfung talwärts und lagert sich in flacherem Gelände ab. Die Reichweite der einzelnen Steine lässt sich mit der Methode des Pauschalgefälles grob abschätzen und das Pauschalgefälle dient als erster Anhaltspunkt in der Prozessbetrachtung. Falls sogar die Ablagerungsorte der verschiedenen Steingrößen bekannt sind, können die Geschwindigkeiten und Sprunghöhen mit den Formeln zum Pauschalgefälle berechnet werden.

Im Wald besteht nun die Möglichkeit mit den physikalischen Grundlagen und den Spuren über Sprunghöhen und Sprungweiten die Geschwindigkeiten zu rechnen. Damit ergeben sich Werte, die auch wiederum mit der Methode des Pauschalgefälles beurteilt werden können. Die Differenz der beiden Gefälle ist ein pauschales Mass für die Wirkungen des Waldes. Dieses Mass kann nun nicht irgend einen Wert einnehmen, sondern er ist an die mit Baumbrüchen verrichtete Arbeit gebunden. Zur Quantifizierung der Arbeit sind weitere Faktoren wie Baumdurchmesser, Baumart und Anzahl der Treffer zu berücksichtigen. In diesem Kurs beschränken wir uns auf wenige mechanische Eigenschaften des Holzes, um erste Werte der Brucharbeit aufzuzeigen. Beim Bruch eines Baumes sind dynamische Faktoren massgebend, die nicht mit Werten aus statischen Versuchen verglichen werden können. Und trotzdem haben wir die statisch ermittelten Werte zur Beurteilung der Brucharbeit verwendet.

## 4.3 Bruchfestigkeiten von Holz

**Statische Versuche:** Das Bruchverhalten von Holz ist von seinen Festigkeitseigenschaften abhängig. Diese werden im allgemeinen von der Rohdichte der trockenen Probe beeinflusst. Es gilt, dass mit steigender Rohdichte die Festigkeitseigenschaften zunehmen. Mit steigender Feuchtigkeit hingegen nehmen die Werte der Festigkeiten ab und bleiben über dem Fasersättigungspunkt (30 %) etwa konstant. Die in Tabelle 1 dargestellten Werte basieren auf lufttrockenem Holz mit einem Feuchtigkeitsgehalt von 12-15 % (SELL 1987). Sie sind mittels Versuchen an kleinen fehlerfreien Probestücken ermittelt worden. Bei grösseren Probestücken oder Balken haben Astigkeit, Jahrringbreite und Wuchsform einen wesentlichen Einfluss auf die Bruchwerte. Unter ungünstigen Verhältnissen können sie bis zu einem Faktor 2 reduziert werden.

**Dynamische Versuche:** In Tabelle 1 sind in der letzten Spalte auch Werte über die Bruchschlagarbeit enthalten. Bei diesen Versuchen handelt es sich um dynamische Versuche mit kleinen Probestücken und einem Pendel. Mit Hilfe eines Schleppzeigers wird die Höhe gemessen, die das Pendels erreicht, nachdem es das Probestück durchschlagen hat und daraus lässt sich bei bekannter Ausgangsenergie die Bruchschlagarbeit berechnen.

**Bruchschlagarbeit pro Baum:** Wir haben nun mit den tabellierten Werten für verschiedene Holzarten die Bruchschlagarbeit für ganze Stämme als Funktion des Durchmessers errechnet. Es ist uns bewusst, dass zwischen der Bruchschlagarbeit von

kleinen Probestücken und ganzen Baumstämmen zusätzlich andere Faktoren wirken und nicht nur derjenige des vergrößerten Querschnittes. Aber hier geht es in erster Linie nicht um absolute Werte sondern lediglich um Größenordnungen. Die so ermittelten Bruchwerte müssten auch wieder bezüglich der Astigkeit und Wuchsform abgemindert und bezüglich der besseren Verformbarkeit der fasergesättigten Stämme wieder erhöht werden. Deshalb erachten wir es als sinnvoll in einem ersten Schritt mit diesen Werten zu rechnen. Die Resultate sind im Diagramm in Beilage 8 dargestellt.

Baumart	Rohdichte (lufttrocken) $r_{15}$ (g/cm <sup>3</sup> )	E-Modul (Biegeversuch) EII (N/mm <sup>2</sup> )	Bruchfestigkeiten		Bruchschlag- arbeit EB (Nm/cm <sup>2</sup> )
			Biegefestigkeit $\sigma_{bBII}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Scherfestigkeit $\tau_{BII}$ (N/mm <sup>2</sup> )	
Ahorn	0,61 - 0,66	9'100 - 12'000	85 - 135	8,5 - 11,0	6,2 - 6,6
Birke	0,65 - 0,73	13'300 - 16'200	120 - 144	11,8 - 14,2	7,5 - 10,0
Eibe	0,63 - 0,69	15'700	85		14,7
Edelkastanie	0,56 - 0,68	8'200 - 8'800	63 - 79	7,8 - 9,3	5,5 - 5,9
Eiche	0,65 - 0,76	10'500 - 14'500	86 - 108	9,3 - 11,5	5,0 - 7,4
Erle	0,49 - 0,57	7'500 - 11'500	80 - 95	4,4 - 4,9	4,9 - 5,3
Esche	0,68 - 0,76	11'900 - 13'900	100 - 127	12,0 - 13,4	6,7 - 8,8
Fichte	0,43 - 0,47	10'000 - 12'000	65 - 77	5,0 - 7,5	4,0 - 5,0
Föhre	0,51 - 0,55	10'800 - 13'000	79 - 100	7,2 - 11,2	4,0 - 7,0
Hainbuche	0,75 - 0,86	12'000 - 16'000	115 - 160	8,5 - 16,0	8,0 - 12,0
Lärche	0,54 - 0,62	10'600 - 14'500	88 - 99	8,8 - 10,9	5,0 - 7,5
Robinie	0,74 - 0,80	11'000 - 15'700	118 - 145	12,5 - 16,0	11,2 - 13,5
Rotbuche	0,70 - 0,79	12'300 - 16'400	90 - 125	7,7 - 10,0	8,0 - 12,0
Tanne	0,43 - 0,48	10'000 - 14'500	62 - 74	4,9 - 7,5	3,5 - 6,5

Tabelle 1: Mechanische Kenngrößen verschiedener Holzarten (SELL 1987)

## 5 Spezielle Angaben zu den Übungen

### 5.1 Beurteilung Transitgebiet

Die Übungsobjekte liegen aus thematischen Gründen alle im Transitgebiet von Steinschlag. Grundsätzlich soll nun der Prozess des Steinschlages mit den Parametern Hangneigung, Oberflächenrauigkeit, Dämpfung und Waldbestand für verschiedene Steingrößen beurteilt werden. Obwohl dies ist mit pauschalen Methoden nicht einfach ist, haben wir trotzdem versucht, einige Angaben vorzugeben. Es geht nun darum, die Wirkungen des bestehenden Waldes mit waldbaulichen Massnahmen zu optimieren. Dabei sind aber nicht nur die, in den vorangegangenen Kapitel beschriebenen, technischen Wirkungen des Waldes zu berücksichtigen, sondern es sind auch die biologischen Faktoren bezüglich Steinschlag bei den Entscheidungsfindungen mit einzubeziehen.

Im Kapitel 5 sind erstmals technische Werte über die Waldwirkungen dargestellt. Sie zeigen, aber nur Größenordnungen auf, um im sehr breiten Spektrum von Steinschlagenergien einen ersten Anhaltspunkt zu erhalten. Es ist nun Bestandteil des Kurses ein Konzept zur Behandlung von Waldbeständen zu erarbeiten, damit die Wirkung des Waldes gegen Steinschlag optimiert werden kann. Dabei ziehen die Ereignisse mit unterschiedlichen Steingrößen verschiedene Eintretenswahrscheinlichkeiten nach sich, die es zu berücksichtigen gilt.

### 5.2 Angaben zu den einzelnen Profilen

**Eschlenwald 1 und 2:** Die Profile im Eschlenwald werden charakterisiert durch die teilweise sehr hohen Felswände der Reinertsflue. Sie bestehen zum grossen Teil aus Kalken der Axendecke. Die Übungsflächen liegen zum Teil direkt unterhalb dieser Felswände und weisen Neigungen von ca. 70 % aus. Der Untergrund besteht hauptsächlich aus Gehängeschutt und teilweise auch aus Blockschutt. In der Übungsfläche Eschlenwald 1 betrachten wir die Steinschlagaktivität als eher gering. Es wird mit normalen Sprüngen gerechnet. Die Oberflächenrauigkeit in der Übungsfläche Eschlenwald 2 bewirkt eine Vergrösserung der Sprunghöhen, weshalb wir in diesem Profil mit einem Sprunghöhen/Sprungweiten-Verhältnis von 1/6 gerechnet haben. Die Angaben in der folgenden Tabelle beziehen sich auf etwa die untere Hälfte der Übungsflächen.

Ereignisse W. periode	Profil Eschlenwald 1 (Baumholz)					Pauschal- gefälle (%)
	Steingrösse (m)	Steinmasse (kg)	Sprunghöhe (m)	Sprungweite (m)	Geschw. ve (m)	
häufig 1-30 J	0,30	50	1,5	12	14	80
selten 30-100 J	0,70	700	2,0	15	16	75
	Profil Eschlenwald 2 (Stangenholz)					
häufig 1-30 J	0,50	200	3	20	18	75
selten 30-100 J	1,0	2000	4	25	20	70

Tab. 2: Angaben zu den Profilen Eschlenwald

**Grünenwald 1 und 2:** Für die Übungsobjekte Grünenwald 1 und 2 ist nur ein Längenprofil zwischen den beiden Flächen aufgezeichnet worden, weil sich die beiden Profile nur wenig unterschieden hätten. Im gewählten Profil sind die steinliefernden Felswände zwischen 20-30 m hoch und weisen eine Neigung von zirka 150 % auf. Der Untergrund in den beiden Übungsflächen besteht aus Gehängeschutt mit Steingrössen bis zu 50 cm Durchmesser. Teilweise ist das Gelände sehr steil (85 %) und weist eine kleine Rauigkeit auf, sodass sich die Steine in den baumfreien Strecken schnell beschleunigen können.

Ereignisse W. periode	Profil Grünenwald 1 (Oberhalb Waldstrasse)					Pauschal- gefälle (%)
	Steingrösse (m)	Steinmasse (kg)	Sprunghöhe (m)	Sprungweite (m)	Geschw. ve (m/s)	
häufig 1-30 J	0,30	50	2	15	17	70
selten 30-100 J	0,50	200	3	25	22	65
	Profil Grünenwald 2 (Zwischen Wald- und Kantonsstrasse)					
häufig 1-30 J	0,20	15	Steine rollen		1-3	-
selten 30-100 J	0,40	100	Seine rollen		2-5	-

Tab. 3: Angaben zu den Profilen Grünenwald



**Mülbrunnen 1 und 2:**

**Die Übungsflächen Mülbrunnen 1 und 2 befinden sich unmittelbar oberhalb bewohnten Gebieten mit ungesicherten Erschliessungsstrassen und Fusswegen. Es besteht eine direkte Gefährdung von Personen und Sachwerten. Es wird empfohlen die Übungsflächen möglichst vorsichtig zu begehen, sodass sich keine Steine in Bewegung setzen.**

Das Bodenmaterial im Gebiet Mülbrunnen besteht hauptsächlich aus Gehängeschutt mit maximalen Korngrössen von zirka 30 cm. Es stammt aus der Girenflue, einer Felswand aus Malmkalken, die eine maximale Höhe von 40 m aufweist.

Ereignisse W. periode	Profil Mülbrunnen 1 (Oberhalb Fussweg)					Pauschal- gefälle (%)
	Steingrösse (m)	Steinmasse (kg)	Sprunghöhe (m)	Sprungweite (m)	Geschw. ve (m)	
häufig 1-30 J						
selten 30-100 J						
	Profil Mülbrunnen 2 (Unter Luftseilbahn)					
häufig 1-30 J						
selten 30-100 J						

Tab. 4: Angaben zu den Profilen Mülbrunnen (nicht ausgefüllt)

**5.3 Beurteilung der Waldwirkungen**

Mit den im Kapitel 4.3 beschriebenen Festigkeitseigenschaften von Holz werden Energien gerechnet, die theoretisch notwendig sind, um Baumstämme zu brechen. Dabei wird bei den Berechnungen das Bruchmodell vorgegeben, nämlich ein Biegebruch. Bei den Kontakten von Steinen mit Baumstämmen, die in der Folge brechen, wirken aber nicht nur Biegespannungen, sondern auch noch Scherspannungen. Diese sind nicht berücksichtigt worden, weil keine Modellrechnungen und Versuche vorliegen und weil es bei den berechneten Werten lediglich um erste Grössenordnungen geht. Die Bruchschlagenergie oder Bruchschlagarbeit von Baumstämmen ist erst der Anfang einer Reihe von energieabbauenden Faktoren. Durch den ersten Kontakt von Steinen mit Baumstämmen wird kinetische Energie abgebaut aber es wird auch die Flugbahn des Steines mehr oder weniger verändert. Das hat zur Folge, dass beim nächsten Bodenkontakt die Flugbahn des Steines in einem steileren Winkel zum Boden einfällt und dadurch mehr Energie abgebaut wird als ohne Baumkontakt. Wie gross nun dieser zusätzliche Einfluss ist und welche Auswirkungen er auf die nachfolgende Flugbahn hat, müssen zukünftige Forschungsaktivitäten erst zeigen.

# Landesforstinventar LFI

## Informationen zu Steinschlag und Waldwirkungen

Von Urs-Beat Brändli und Anne Herold, 17.8.1998



### Anteil Steinschlagwald im LFI2

Auf der Basis des zweiten Landesforstinventars 1993-95 lässt sich der Steinschlag im zugänglichen Wald ohne Gebüschwald (92,4% des Gesamtwaldes) wie folgt quantifizieren: 3,2% der Bäume weisen Steinschlagschäden auf und 15,8% der Probeflächen (Interpretationsflächen von 50x50m) zeigen aktuelle Spuren von Steinschlag (Steine oder Verletzungen). Anhand von Modellen wurde ein Flächenanteil von 7,2% Steinschlag-Schutzwäldern ermittelt (Tab. A). Rund 2,7% der LFI-Probeflächen waren unzugänglich.

### A) LFI2-Ergebnisse zum Steinschlag

Auswertungseinheit: zugänglicher Wald ohne Gebüschwald

		Jura	Mittelland	Voralpen	Alpen	Alpensüdseite	Schweiz
Anteil Bäume <sup>1</sup> mit Steinschlagschäden	%	2,5 ±0,4	0,1 ±0,0	3,4 ±0,4	5,6 ±0,4	2,9 ±0,3	3,2 ±0,2
Anteil Probeflächen mit Steinschlagspuren	%	9,1 ±0,9	1,1 ±0,3	14,3 ±1,0	26,7 ±1,0	23,6 ±1,6	15,8 ±0,5
Anteil der LFI2-Steinschlagschutzwälder <sup>2</sup>	%	0,5 ±0,1 *		6,7 ±0,7 — 16,5 ±1,5 **		17,2 ±1,3	7,2 ±0,2

<sup>1</sup> Bäume ab 12cm BHD

<sup>2</sup> Steinschlag-Schutzwälder von Siedlungen und wichtigen Verkehrswegen gemäss LFI2

(modelliert nach den Vorgaben der Eidg. Forstdirektion zur Ausscheidung von Wäldern mit besonderer Schutzfunktion)

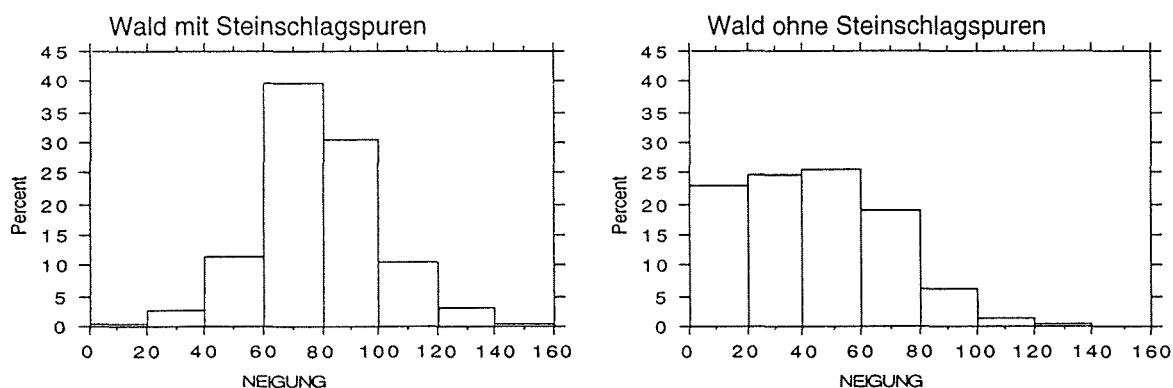
\* Regionen Jura und Mittelland zusammen

\*\* Max. - Min. der vier «LFI2-Schutzwaldregionen» Nordalpen West, Nordalpen Ost, Alpen Südwest und Alpen Südost

Quelle: BRASSEL, P.; BRÄNDLI, U.-B. (Red.) 1999: Schweizerisches Landesforstinventar. Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993-1995. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft. Bern, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt. In Vorbereitung.

### Charakteristik des Steinschlagwaldes gemäss LFI2

LFI-Probeflächen mit Spuren von Steinschlag haben hauptsächlich **Gelände-Neigungen** von 60-100%, solche ohne Steinschlag von 0-80%.



In der Folge werden aus Gründen der Vergleichbarkeit nur Wälder auf Hängen ab 65% Neigung betrachtet. Die Gegenüberstellung der Wälder *mit* bzw. *ohne* Steinschlag (vgl. Tab. 1-6) zeigt:

**Gelände-Exposition:** Es zeigen sich hier keine Unterschiede im Wald mit bzw. ohne Steinschlag.

**Höhenlage:** Wälder mit Steinschlag haben zwischen 1001-1400 m ü.M. einen grösseren Anteil.

**Waldtyp:** Ungleichförmige Wälder sind etwas häufiger im Wald mit Steinschlag.

**Waldgesellschaften:** Wälder mit Steinschlag haben in den Fichten-Tannenwäldern einen grösseren, in allen andern Gruppen von Waldgesellschaften einen kleineren Flächenanteil.

**Baumarten:** Die Unterschiede in der Baumartenzusammensetzung und Naturnähe der Bestockung sind gering und heben sich z.T. auf. Im Steinschlagwald ist jedoch der Anteil der empfindlichen Buche in allen Waldgesellschaften mehr oder weniger grösser als im übrigen Wald. Hier sind dagegen die widerstandsfähigen Föhren und Lärchen etwas häufiger.

**Stammzahl/Hektare:** In Laubwaldgesellschaften und in Fichten-Tannenwäldern stehen durchschnittlich gleich viele Bäume. In den übrigen Nadelwaldgesellschaften sind Steinschlagwälder deutlich stammzahlreicher.

**Durchmesser:** Auch nach Durchmesserklassen zeigen die Hektarstammzahlen nur geringfügige Unterschiede. Die insgesamt leicht grössere Dichte im Steinschlagwald resultiert aus den Klassen 12-20 cm und 20-30 cm BHD.

**Verjüngung:** Auch bezüglich Deckungsgrad der Verjüngung zeigen sich kaum Unterschiede. Flächen mit Deckungsgraden unter 10% sind im Laubwaldareal mit Steinschlag häufiger. Im Nadelwaldareal hat umgekehrt der übrige Wald mehr schwach verjüngte Flächen. Flächen mit reichlich Verjüngung (DG > 25%) sind im übrigen Wald generell häufiger.

**Schäden:** Erwartungsgemäss sind im Steinschlagwald mehr Bestände mässig und stark geschädigt. Der Anteil stark geschädigter Steinschlagwälder beträgt 13,6%. Dies sind 1,4% (15'500 ha) des zugänglichen Waldes ohne Gebüschwald.

**Stabilität:** Auch der Anteil Bestände mit kritischer Stabilität ist im Wald mit Steinschlagspuren erheblich grösser als im Wald ohne Steinschlag. Stark geschädigte und kritische Bestände sind im Steinschlagwald mehr als doppelt so häufig.

## Waldwirkungen gegen Steinschlag im Modell LFI2

Da die optimale Entwicklungsstufe je nach Stein- resp. Blockdurchmesser variiert und das LFI über keine Angaben zu den lokalen Steinschlagereignissen verfügt (Durchmesser, Häufigkeit), wird der Entwicklungsstufe resp. dem  $D_{dom}$  im LFI-Modell keine Rechnung getragen. Die objektivste Kenngrösse unter diesen Voraussetzungen ist der Stand Density Index (SDI), ein von Standortbonität, Bestandesalter und Baumartenzusammensetzung unabhängiges Mass für die Bestandesdichte. Auch gutachtliche Feldverifikation und Vergleiche mit anderen Dichtemassen (Stz. > 12cm/ha; Stz. > 16cm/ha; Basalfläche/ha; BHD-Summe) bestätigten den SDI als derzeit geeignetsten LFI-Indikator für die Schutzwirkung. Der SDI, auf deutsch Bestandesdichte-Index, wird aus der Stammzahl/ha der Bäume ab 12 cm BHD und dem Mitteldurchmesser des Bestandes berechnet [Daniel, 1980]:

$$SDI = N \cdot (25/dg) \cdot \exp(-1,6)$$

*N:* Stammzahl

*dg:* Mitteldurchmesser

Aufgrund obiger Ueberlegungen und Zusammenhänge sowie bedingt durch den Aufnahmekatalog des LFI2 beschränkt sich das LFI2-Wirkungsmodell zum Steinschlag auf folgende Faktoren:

- **Stand Density Index** (auf 5ar-Fläche)
- **Lücken im Bestand** (gleichbedeutend mit MBS > 20 m)
- **Deckungsgrad der Baumkronen unter 60%** (auf 50x50 m Fläche)

Die Bestandesdichte gilt als Indikator für die Palisadenwirkung gegen Steinschlag. Bestandeslücken und/oder niedrige Deckungsgrade sind Indikatoren für kritische baumfreie Strecken (MBS). Die Interpretation der Bestandesdichte (SDI) als Mass für die relative Schutzwirkung gegen Steinschlag erfolgt – gestützt auf Feldgutachten und Ertragstabellen – in vier Klassen. Demnach haben frisch durchforstete, normal dichte bis lockere Bestände (SDI 401-800) eine mässige oder mittlere Wirkung. Dichtere Bestände mit SDI > 800 haben eine gute bis sehr gute Wirkung. Räumige und aufgelöste Bestände (SDI ≤ 400) sind zu schwach bestockt und haben eine geringe Wirkung.

Absolute Urteile über die Schutzwirkung sind anhand des SDI nicht möglich. Geht man aber davon aus, dass der Schutzwald für eine ausreichende Verjüngung genügend Licht bedarf, so könnte die optimale, nachhaltige Dichte maximal im Bereich von montanen Urwäldern in der Plenterphase liegen. Für einige der von Leibundgut [1982] beschriebenen Urwälder lassen sich SDI-Werte von rund 800-1100 berechnen; die Plenterphase liegt hier bei einem SDI-Wert von etwa 970. Die ertragskundlichen Plenterflächen der WSL haben SDI im Bereich von 540 bis 830 (Zingg, mündlich).

1) Exposition und Höhenlage im Wald mit Steinschlag						und im Wald ohne Steinschlagwald					
Höhenlage [m ü. M.]	Exposition					total	Exposition				
	Nord %	Ost %	Süd %	West %	total %		Nord %	Ost %	Süd %	West %	total %
bis 600	1.0	0.9	1.2	1.8	4.9		2.6	2.1	2.0	1.9	8.6
601 bis 1000	8.6	6.6	5.6	5.7	26.5		8.7	7.7	7.0	4.6	27.9
1001 bis 1400	10.8	9.9	9.5	7.6	37.8		7.1	7.5	6.7	7.1	28.4
1401 bis 1800	5.4	5.7	6.5	5.6	23.2		8.2	4.4	4.9	7.6	25.1
über 1800	1.8	1.2	2.1	2.5	7.7		2.1	2.7	2.7	2.5	9.9
total	27.6	24.4	24.8	23.2	100		28.7	24.4	23.2	23.8	100

2) Waldtyp und Waldgesellschaften im Wald mit Steinschlag							und im Wald ohne Steinschlag						
Waldgesellschaft (EK)	Waldtyp						total	Waldtyp					
	gleichf. Hochwald	ungleichf. Hochwald	plenter. Hochwald	Nieder-/ Mittelw.	übrige Wälder	total		gleichf. Hochwald	ungleichf. Hochwald	plenter. Hochwald	Nieder-/ Mittelw.	übrige Wälder	total
	%	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%	%
Bu-Wald (1-17)	17.2	2.0	0.3	2.1	1.1	22.6	17.1	2.4	0.4	2.0	1.2	23.2	
Ta-Bu-Wald (18-21 )	10.1	1.6	0.8	0.3	1.3	14.1	11.9	2.2	0.7	0.1	1.1	16.0	
übr. LB-Wald (22-45 )	3.0	0.6	0.0	3.0	0.8	7.4	3.6	0.6	0.0	4.0	0.8	9.1	
Fi-Ta-Wald (46-52 )	18.0	7.6	3.2	0.6	3.1	32.6	17.9	2.9	2.1	0.8	2.1	25.8	
Fi-, Lä-Ar-Wald (53-60)	10.1	2.4	1.3	0.1	2.3	16.3	12.0	2.8	2.0	0.1	4.7	21.6	
Fö-Wald (61-71 )	4.4	0.8	0.8	0.0	0.9	6.9	2.8	0.3	0.7	0.2	0.3	4.3	
Gesamt	63.0	15.1	6.3	6.2	9.5	100	65.2	11.1	6.0	7.3	10.3	100	

3) Baumarten nach Waldgesellschaften im Wald mit Steinschlag							und im Wald ohne Steinschlag					
Waldgesellschaft	Hauptbaumart					total	Hauptbaumart					
	Fichte %	Tanne %	übr. Ndh %	Buche %	übr. Lbh %		total	Fichte %	Tanne %	übr. Ndh %	Buche %	übr. Lbh %
Bu-Wald	18.9	12.1	8.6	41.2	19.1	100	20.7	14.0	5.9	40.9	18.4	100
Ta-Bu-Wald	44.5	16.4	0.5	27.1	11.5	100	42.4	28.3	0.8	18.3	10.2	100
übr. LB-Wald	5.3	8.5	0.4	29.5	56.3	100	8.6	3.1	6.9	5.6	75.9	100
Fi-Ta-Wald	53.4	10.9	15.8	10.7	9.2	100	55.6	8.3	22.0	6.7	7.4	100
Fi-, Lä-Ar-Wald	67.8	1.8	24.7	3.6	2.1	100	59.0	0.7	36.6	0.4	3.4	100
Fö-Wald	35.0	2.7	34.8	15.6	11.8	100	42.9	3.4	32.8	8.1	12.8	100
Gesamt	44.1	9.5	14.3	19.5	12.7	100	42.1	10.7	16.9	15.2	15.1	100

Auswertungseinheit: Wald ab 65% Neigung mit Steinschlagspuren  
(10% der Waldfläche der Schweiz)

Auswertungseinheit: Wald ab 65% Neigung ohne Steinschlagspuren  
(15% der Waldfläche der Schweiz)

4) Stammzahl nach BHD und Waldgesellschaften im Wald mit Steinschlag							und im Wald ohne Steinschlag						
Waldgesellschaft	Durchmesser							Durchmesser					
	12-20 Stz./ha	20-30 Stz./ha	30-40 Stz./ha	40-50 Stz./ha	über 50 Stz./ha	total Stz./ha		12-20 Stz./ha	20-30 Stz./ha	30-40 Stz./ha	40-50 Stz./ha	über 50 Stz./ha	total Stz./ha
Bu-Wald	283	133	70	41	23	548		256	151	78	34	20	541
Ta-Bu-Wald	229	142	76	46	35	528		209	130	81	45	33	498
übr. LB-Wald	395	133	52	18	13	611		393	143	51	22	18	627
Fi-Ta-Wald	228	148	66	39	32	511		238	123	75	47	30	512
Fi-, LÄ-Ar-Wald	188	136	91	53	39	507		176	115	72	37	30	431
Fö-Wald	289	145	96	34	11	575		281	117	56	39	19	511
Gesamt	250	141	74	40	28	533		239	130	73	39	27	508

5) Waldfläche nach Verjüngung und Waldgesellschaften im Wald mit Steinschlag								und im Wald ohne Steinschlag							
Waldgesellschaft	Verjüngungsdeckungsgrad								Verjüngungsdeckungsgrad						
	k. Ang. %	<1% %	1-9% %	10-25% %	26-50% %	>50% %	total %		k. Ang. %	<1% %	1-9% %	10-25% %	26-50% %	>50% %	total %
Bu-Wald	0	6	35	32	17	11	100		1	3	24	30	24	19	100
Ta-Bu-Wald	1	7	30	28	18	15	100		2	3	29	23	24	19	100
übr. LB-Wald	0	2	35	24	22	16	100		1	5	25	38	23	9	100
Fi-Ta-Wald	1	8	33	38	12	8	100		1	10	33	21	21	13	100
Fi-, LÄ-Ar-Wald	1	11	42	28	10	7	100		2	9	47	20	10	11	100
Fö-Wald	2	5	32	41	7	13	100		0	5	34	17	25	20	100
Gesamt	1	7	35	33	14	10	100		1	7	33	25	20	15	100

6) Stabilität und Schädigungsgrad im Wald mit Steinschlag						und im Wald ohne Steinschlag					
Stabilität des Bestandes	Schädigungsgrad des Bestandes						Schädigungsgrad des Bestandes				
	nicht geschädigt	schwach geschädigt	mässig geschädigt	stark geschädigt	total		nicht geschädigt	schwach geschädigt	mässig geschädigt	stark geschädigt	total
	%	%	%	%	%		%	%	%	%	%
stabil	8.2	16.0	4.6	2.0	30.7		20.4	16.2	4.3	1.2	42.1
vermindert stabil	11.3	22.1	14.7	7.7	55.7		19.8	20.1	6.3	3.2	49.4
kritisch	0.8	4.3	4.6	3.9	13.5		2.1	3.5	1.4	1.5	8.5
total	20.2	42.3	23.9	13.6	100		42.3	39.9	12.0	5.8	100

Auswertungseinheit: Wald ab 65% Neigung mit Steinschlagspuren  
(10% der Waldfläche der Schweiz)

Auswertungseinheit: Wald ab 65% Neigung ohne Steinschlagspuren  
(15% der Waldfläche der Schweiz)

# Hinweise aus der Urwaldforschung für die Behandlung von Steinschlagschutzwäldern auf Buchenstandorten.

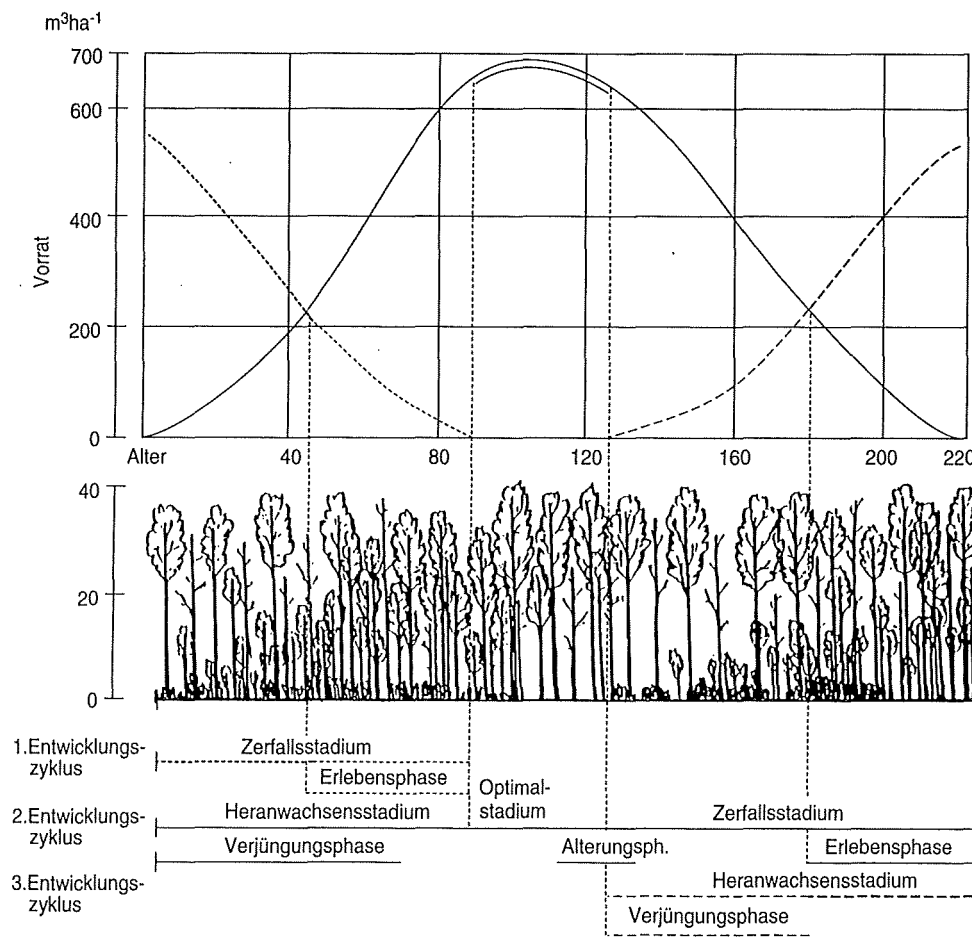
Von Raphael Schwitter, Fachstelle für Gebirgswaldpflege

Die Bremswirkung eines Waldes nimmt mit steigender Stammzahl zu – aber nur wenn die Stammdurchmesser stark genug sind. Dicke Bäume können mehr Energie aufnehmen – die Stammzahl sollte aber dennoch möglichst hoch sein. Von einem Steinschlagschutzwald kann nur gesprochen werden, wenn seine Wirkung auf möglichst kleiner Fläche (entlang der Transitstrecke) nachhaltig gewährleistet ist. Das Verhältnis zwischen Stammzahl und Durchmesser ist abhängig von der Frage nach dem notwendigen Durchmesser und der dabei nachhaltig möglichen Stammzahl.

Was kann diesbezüglich in einem Buchenwald erwartet werden? Im folgenden soll dargestellt werden, inwieweit uns die Ergebnisse der Urwaldforschung Antworten auf diese Frage liefern kann. Die Ausführungen beziehen sich auf KORPEL, S., 1995: Die Urwälder der Westkarpaten.

## Entwicklungsstadien im Buchenurwald

Die Buche ist eine Schattenbaumart. Im Buchenurwald können sich mehrere Entwicklungszyklen überlappen. Insbesondere die Phasen des Zerfalls und der Verjüngung überlappen sich. Sowohl auf schwächeren als auch auf fruchtbaren Standorten entstehen ausgeprägt verschiedenaltrige Bestände mit einem zwei- bis dreischichtigen Aufbau. Der einschichtige, vertikal ausgeglichene Bestandaufbau ist sehr selten und kommt nur auf kleinen Flächen vor. (Abb.: Korpel 1995, S. 170 )



Die Buchen erreichen ein maximales Alter von nur etwa 250 Jahren. Der Vorrat schwankt auch kleinflächig nur um etwa 30%. Der Buchenurwald vernichtet sein Produktionskapital nicht durch Kahlschläge.

**Eindrücke aus dem Buchenurwald „Stuzica“ in der östlichen Slowakei.**  
(alle Bilder R. Schwitter, aufgenommen am 16.6.1998)



Ein Buchenurwald präsentiert sich auf den ersten Blick wenig spektakulär. Das Totholz der Buche zersetzt sich sehr rasch.



Auffallend ist die grosse Durchmesserdifferenzierung. Auch bei sehr wenig Licht stellt sich Verjüngung ein, welche dort in Wartestellung verharrt. Die Buche erträgt, ähnlich wie die Tanne, lange Unterdrückungszeiträume und kann bei Gelegenheit normal weiter wachsen.



Eine Lücke wird durch eine kleine Gruppe Verjüngung geschlossen. Es entsteht eher eine kleinflächige Ungleichaltrigkeit als eine eigentliche Stufigkeit. Die Verjüngung erfolgt meist in Form kleiner Gruppen unter Schirm, deren Ausdehnung nur selten 100 bis 200 m<sup>2</sup> erreicht.



Auch in diesem relativ gleichförmigen Bestandesteil sind die Durchmesser noch stark differenziert. Nach Korpel kommen auch auf eng begrenzter Fläche (0,5 bis 0,1 ha) 3 bis 4 Baumgenerationen mit einem etwa 60-jährigen Altersunterschied vor.





Die natürliche Lebenserwartung der Buche liegt bei etwa 250 Jahren. Der Zerfall erfolgt kleinflächig und vollzieht sich über Einzelbäume oder Baumgruppen.



Eine der grösseren Öffnungen in diesem Urwald. Bis sich die Bestandeslücke soweit ausgeweitet hat, gibt es bereits wieder viel Verjüngung.



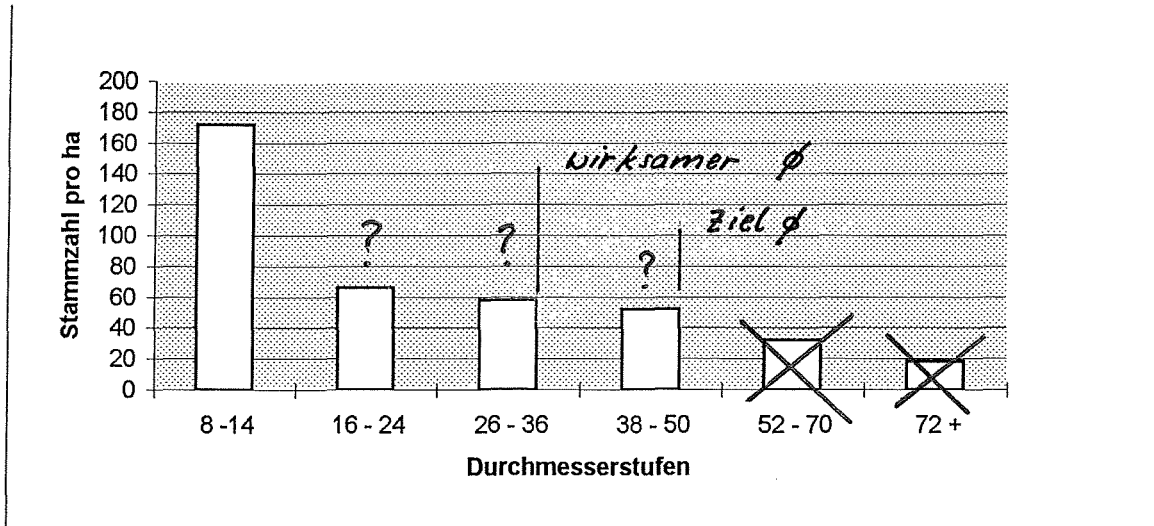
Tote Buchen verlieren einen Grossteil ihrer Krone, bevor sie umstürzen. Durch Ringeln könnten in gewissen Situationen die Fällschäden reduziert werden.

### Überlegungen zu den Stammzahlen

Die folgende Tabelle enthält Stammzahlen aus 15 Versuchsflächen verschiedener Buchenurwälder (KORPEL, S., 1992: AFZ Nr.21)

	Stammzahl pro ha		Total	Individuen in der Unterschicht
	7-25 cm	> 26 cm		
Stuzica 1	128	214	342	21'882
Stuzica 2	356	162	518	18'494
Stuzica 3	146	166	312	12'754
Vihorlat 1	238	122	360	8'389
Vihorlat 2	202	180	382	1'340
Vihorlat 3	198	152	350	21'720
Vihorlat 4	124	148	272	12'889
Rozok 1	167	131	298	2'266
Rozok 2	66	226	292	21'216
Rozok 3	220	90	310	10'287
Havesova 1	210	146	356	18'500
Havesova 2	166	144	310	7'312
Havesova 3	126	142	268	11'055
Rastun 1	4	204	208	48'553
Rastun 2	30	228	258	21'029
<b>Stammzahl &gt; 7 cm:</b>		<b>208 - 518</b>		
<b>Stammzahl &gt; 26 cm:</b>		<b>90 - 228</b>		

Waldbau im Steinschlagschutzwald ist eine Optimierung zwischen Stammzahl und Stammdurchmesser. Kann man auf Grund der massgebenden Steingrößen einen wirksamen Stammdurchmesser festlegen, in der Annahme, dass stärkere Bäume nicht mehr notwendig sind? Bäume ab einem gewissen Durchmesser (Zieldurchmesser) könnten dann zu Gunsten der Stammzahl entfernt werden. Wie wirkt sich die Entfernung der stärksten Bäume auf die Stammzahl in den mittleren Stufen aus - kann dabei die Ungleichaltrigkeit erhalten werden? Ein „Zieldurchmesser“ wäre für die Praxis einfacher umzusetzen als die Forderung nach einer bestimmten Stammzahl.



Das Diagramm beruht auf den Stammzahlen einer Dauerversuchsfläche (Stuzica DVF 2, 1991) und zeigt die Stammzahlverteilung pro Durchmesserstufe. (KORPEL 1995, S. 165)

### Zusammenfassung: Folgerungen aus dem Urwald / Fragen an den Steinschlagschutzwald

1. Mehrschichtige und kleinflächig ungleichaltrige Strukturen sind möglich. Kleinflächig ungleichaltrig dürfte das Stichwort für eine nachhaltige Struktur auf kleinster Fläche sein. *In welcher Form lässt sich „Ungleichaltrigkeit“ in unseren bewirtschafteten Wäldern waldbaulich und holzerntetechnisch realisieren?*
2. Im ungleichaltrigen Wald sind grössere Lücken selten und nur von kurzer Dauer. Verjüngung ist (fast) überall und jederzeit bereit. *Wieviel Verjüngung brauchen wir? Weniger Verjüngung ermöglicht längeren Dichtstand.*
3. Im Urwald sind die Stammzahlen klein, 400 Stämme mit einem BHD > 40 cm kommen nicht vor. *Welche Stammzahl bei welcher Durchmesserverteilung ist nachhaltig möglich? Wie wirkt sich die Entfernung der stärksten Bäume auf die Stammzahl in den mittleren Durchmesserstufen aus? Kann man (mit welchem Aufwand) eine kleinflächig ungleichaltrige Struktur erhalten, wenn wir die stärksten Bäume eliminieren (Zieldurchmesser)?*
4. Es sollte eine Beziehung zwischen massgebender Steingröße und Zieldurchmesser gesucht werden. *Der Zieldurchmesser liegt bei einem Drittel der massgebenden Steingröße – lässt sich eine solche „Faustregel“ für die Praxis festlegen?*

# Steinschlag und Waldwirkungen: Risiko-Betrachtungen „Grünenwald“

Von Werner Frey, SLF Davos

Unterlagen/Mitarbeit: Projektakten, Geotest, Tiefbaumat Kt. OW, W. Gerber WSL, Chr. Wilhelm SLF

## 1. Grundlagen / Annahmen

- Vorbemerkung: Das Projekt der bestehenden Steinschlagverbauung bezieht in den Dimensionierungsberechnungen die Schutzwirkung des bestehenden Waldes voll mit ein
- Steinschlagaufkommen
  - ⇒ Quellgebiet: nach 25m gehen noch ca. 50% aller Steine durch
  - ⇒ die übrigen 50% werden im Quellgebiet selbst (13-25m) bereits abgelagert
  - ⇒ massgebende Steingrösse: 350 kg, d.h. ~ 50 · 50 · 50 cm
  - ⇒ Annahme auf Grund der Projektakten für die Steinschlagverbauung: pro Jahr und pro 100 m Breite verlassen 10 massgebende Steine das Quellgebiet. Nicht berücksichtigt sind Steine aus sekundären Quellgebieten
- Steinschlagentwicklung „ohne Wald, mit / ohne bestehende Steinschlagverbauung“
  - ⇒ 100% aller Steine, welche das Quellgebiet verlassen haben, erreichen die Forststrasse (nach ca. 240m)
  - ⇒ Geschwindigkeit dieser Steine auf Forststrasse: 19 - 25 m/s
  - ⇒ maximale Sprunghöhe auf Höhe Forststrasse: ca. 3.5 m
  - ⇒ 5% aller Steine überspringen die bestehende Steinschlagverbauung (3.0m hoch)
  - ⇒ mit der bestehenden Steinschlagverbauung gehen 5% der Steine, welche das Quellgebiet verlassen haben, bis zur oberen Kantonsstrasse hinunter, 2% bis zur mittleren und 0.5% bis zur unteren Kantonsstrasse
  - ⇒ ohne die bestehende Steinschlagverbauung gehen 100% der Steine, welche das Quellgebiet verlassen haben, bis zur oberen Kantonsstrasse hinunter, 50% bis zur mittleren und 15% bis zur unteren Kantonsstrasse
- Steinschlagentwicklung „mit Wald, mit / ohne bestehende Steinschlagverbauung“
  - ⇒ 80% aller Steine, welche das Quellgebiet verlassen haben, erreichen die Forststrasse (nach ca. 240m)
  - ⇒ Geschwindigkeit dieser Steine auf Forststrasse: 5 - 10 m/s
  - ⇒ maximale Sprunghöhe auf Höhe Forststrasse: ca. 2.0 - 2.5 m
  - ⇒ 0% aller Steine überspringen die bestehende Steinschlagverbauung (3.0m hoch)
  - ⇒ ohne die bestehende Steinschlagverbauung gehen 50% der Steine, welche das Quellgebiet verlassen haben, bis zur oberen Kantonsstrasse hinunter, 20% bis zur mittleren und 5% bis zur unteren Kantonsstrasse

- Verkehrsaufkommen auf der Engelbergerstrasse
  - ⇒ pro Jahr 1'500'000 Fahrzeugbewegungen, d.h. im Mittel alle 20 s fährt ein Fahrzeug in den gefährdeten Strassenabschnitt ein
  - ⇒ Annahme: ein Fahrzeug ist durch einen Stein in einem Streifen von 5 m Breite unmittelbar gefährdet.
  - ⇒ ein Fahrzeug ist bei einer mittleren Geschwindigkeit von 15 m/s in einem solchen Streifen von 5 m Breite während 0.3 s exponiert
  
- Risikobetrachtungen „ohne bestehendem Wald, ohne bestehende Steinschlagverbauung“
  - ⇒ obere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 30 Steine bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.5 Steine
  - ⇒ mittlere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 15 Steine bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.25 Steine
  - ⇒ untere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 5 Steine bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.08 Steine
  - ⇒ Total 0.83 Steine pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr
  - ⇒ Berechnung Anzahl „Fahrzeug-Treffer“ pro Jahr: : 0.3(Expositionszeit pro Auto) \* 0.83 (Steine pro 5m) \* 60(Anzahl Streifen à 5m) \* 1.5 Mio (Anzahl Autos) / 31.5 Mio (s pro Jahr) **0.71**
  
- Risikobetrachtungen „ohne bestehendem Wald, mit bestehender Steinschlagverbauung“
  - ⇒ obere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 1.5 Steine bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.025 Steine
  - ⇒ mittlere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 0.5 Steine bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.008 Steine
  - ⇒ untere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 0.1 Stein bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.002 Steine
  - ⇒ Total 0.035 Steine pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr
  - ⇒ Berechnung Anzahl „Fahrzeug-Treffer“ pro Jahr: **0.03**
  
- Risikobetrachtungen „mit bestehendem Wald, ohne bestehende Steinschlagverbauung“
  - ⇒ obere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 15 Steine bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.25 Steine
  - ⇒ mittlere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 5 Steine bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.08 Steine
  - ⇒ untere Kantonsstrasse (300m Länge): Pro Jahr 1 Stein bzw. pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr 0.02 Steine
  - ⇒ Total 0.35 Steine pro Streifen von 5 m Breite pro Jahr
  - ⇒ Berechnung Anzahl „Fahrzeug-Treffer“ pro Jahr = **0.3**
  
- Risikobetrachtungen „mit bestehendem Wald, mit bestehender Steinschlagverbauung“
  - ⇒ Berechnung Anzahl „Fahrzeug-Treffer“ pro Jahr = **0.00**, da alle Steine durch den Wald und den Verbau abgefangen werden können.

- Zusammenfassung der Anzahl „Fahrzeug-Treffer“ pro Jahr
 

⇒ ohne Wald, ohne Verbau (= Ausgangsrisiko)	<b>0.71</b>
⇒ mit Wald, mit Verbau (aktueller Zustand)	<b>0.00</b>
⇒ ohne Wald, mit Verbau	<b>0.03</b>
⇒ mit Wald, ohne Verbau	<b>0.30</b>
  
  - Annahmen für Risikoberechnungen (ohne Sachschäden, nur Todesfälle):
    - ⇒ pro Fahrzeug 1.6 Personen
    - ⇒ pro Person in getroffenem Fahrzeug: Todesfallwahrscheinlichkeit:  $\frac{1}{6}$
    - ⇒ pro Fahrzeugtreffer → 0.25 Todesfälle
  
  - effektive Kosten für Schutzmassnahmen pro Jahr:
 

⇒ Verbau (300 m <sup>1</sup> Bau/Unterhalt)	25'000 CHF
⇒ Waldpflege (8 ha à 1000 CHF)	8'000 CHF
⇒ Verbau + Waldpflege	33'000 CHF
  
  - Kosten pro statistisch verhindertem Todesfall (Kostenwirksamkeit):
 

⇒ mit Wald, mit Verbau (aktueller Zustand)	CHF 33'000 / 0.71 * 0.25	<b>185'000 CHF</b>
⇒ ohne Wald, mit Verbau	CHF 25'000 / (0.71 - 0.03) * 0.25	<b>145'000 CHF</b>
⇒ mit Wald, ohne Verbau	CHF 8'000 / (0.71 - 0.30) * 0.25	<b>80'000 CHF</b>
  
  - Folgerungen:
 

	Kostenwirksamkeit	Restrisiko
⇒ mit Wald, mit Verbau	gut	„0%“
⇒ ohne Wald, mit Verbau	i.O.	4%
⇒ mit Wald, ohne Verbau	sehr gut	42%
- ⇒ **der Entscheid über mögliche Massnahmen muss auf Grund der Investitionskosten, der Kostenwirksamkeit und der Restrisiken getroffen werden**
- ⇒ **Wald ist ein sehr kostenwirksamer Steinschlagschutz**
- ⇒ **es lohnt sich auch aus Risikobetrachtungen sehr, den oberhalb und unterhalb der bestehenden Steinschlagverbauung liegenden Wald zu pflegen.**

## Risiko-Betrachtungen „Grünenwald“ / Zusammenfassung

- Für Projekt bestehende Steinschlagverbauungen: Schutzwirkung des bestehenden Waldes voll einbezogen
- Berechnungen auf Grund folgender Annahmen:
  - betrachtete Steingrösse: 350 kg, d.h. ~ 50 · 50 · 50 cm
  - Distanz primäres Quellgebiet → Verbau/Forststrasse: 220m
  - 1 Stein pro Jahr und Streifen à 10m verlässt Quellgebiet
  - Verkehrsaufkommen Kantonsstrasse: 1.5 Mio Fahrzeuge / Jahr
  - Höhe Steinschlagverbauung: 3 m
  -
- Ergebnisse (Tabelle):

Wald	Verbau	Geschwindigkeit Steine bei	Maximale Sprunghöhe Forstweg	Anzahl Steine pro Jahr auf Kantonsstrasse	Anzahl "Fahrzeug- Treffer" pro Jahr	Kosten (CHF) für Schutzmassnahmen 300 m Verbau bzw. 8 ha Waldpflege	Kostenwirksamkeit: CHF pro statistisch verhindertem Todesfall	Rest- risiko (%)
nein	nein	19-22 m/s	3.5 m	50	0.71	0		100
ja	ja			0	0.00	33'000	185'000	"0"
nein	ja			2	0.03	25'000	145'000	4
ja	nein	5 - 10 m/s	2-2.5 m	21	0.30	8'000	80'000	42

- **Folgerungen:**
  - ⇒ der Entscheid über mögliche Massnahmen muss auf Grund der Investitionskosten, der Kostenwirksamkeit und der Restrisiken getroffen werden
  - ⇒ Wald ist ein sehr kostenwirksamer Steinschlagschutz
  - ⇒ es lohnt sich auch aus Risikobetrachtungen sehr, den oberhalb und unterhalb der bestehenden Steinschlagverbauung liegenden Wald zu pflegen.

### Bemerkungen aus den Diskussionen zur Risikobetrachtung von W.Frey:

- Der letzte Sicherheitsgewinn ist auch der teuerste.
- Wald und Waldbau sind eine Voraussetzung für die Funktionserfüllung des künstlichen Verbaus. Waldpflege gehört grundsätzlich in den Unterhaltsplan des „Gesamtbauwerkes“.
- Auch der Wald hat ein Schadenpotential, wenn er nicht unterhalten wird.
- Höhere Netze würden trotz hoher zusätzlicher Kosten keine endgültige Sicherheit bringen.
- Der Wald erfüllt nicht nur die Sicherheitsfunktion.
- Die Summe der Annahmen führt zu einer zu grossen Unschärfe.
- Für eine seriöse Aussage müssten Bereiche, d.h. minimal/maximal - Szenarien erstellt und ausgewertet werden.

# Lage der Tagungsobjekte

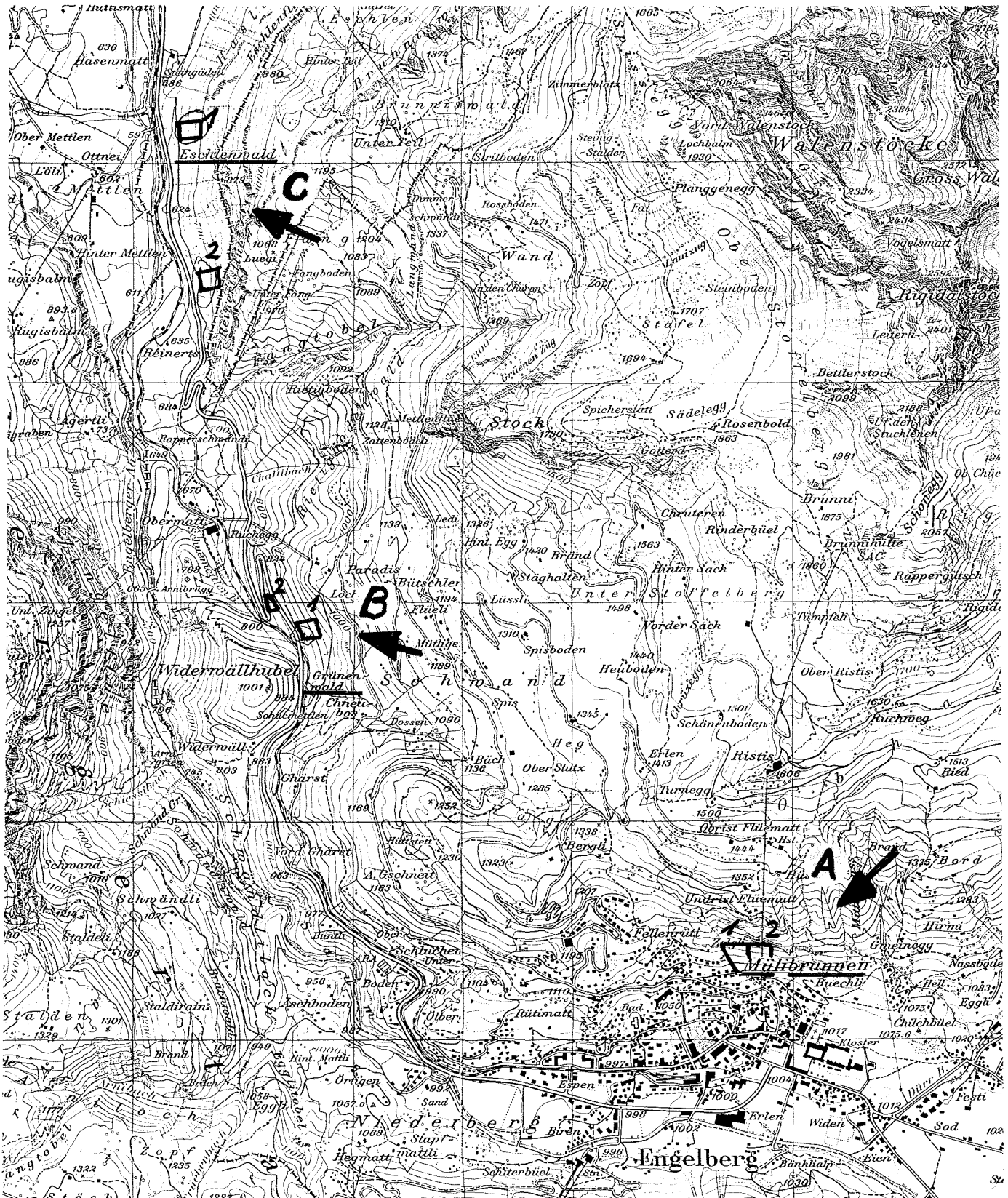
A. Mülibrunnen 1 und 2

B. Grünenwald 1 und 2

C. Eschlenwald 1 und 2

Landeskarte der Schweiz 1:25'000

Blätter 1190 / 1191

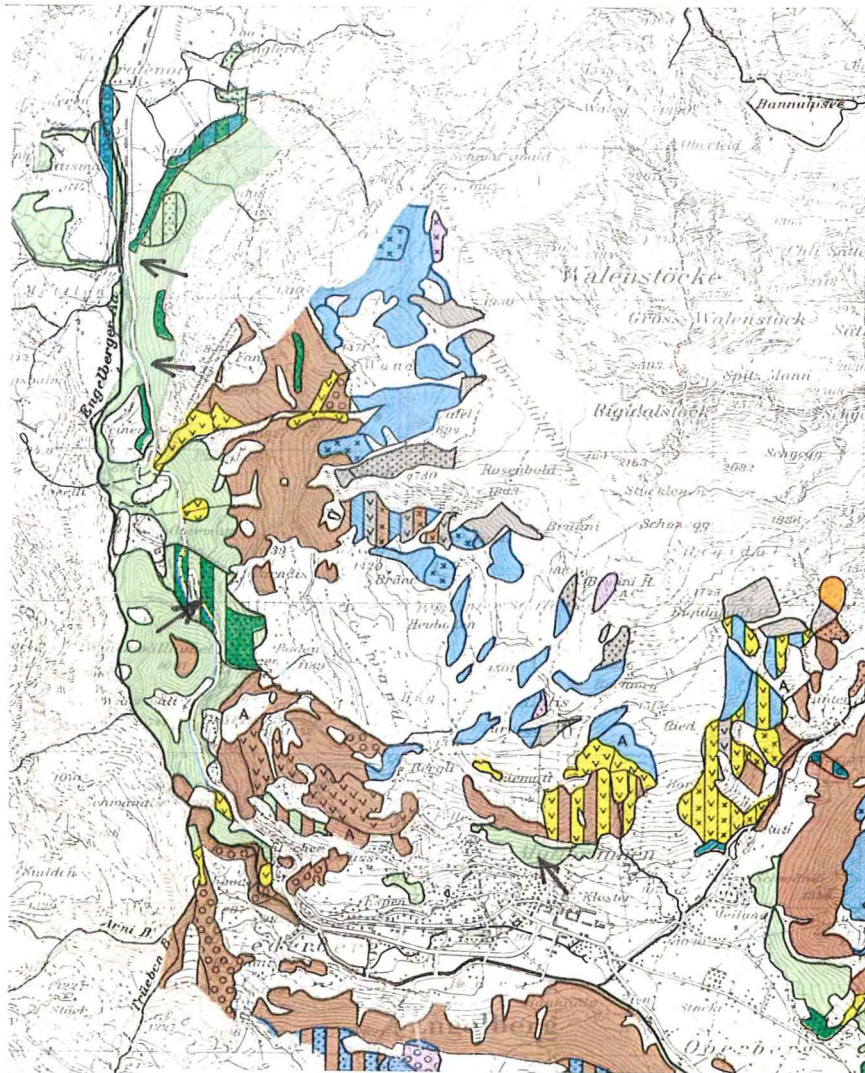




**Pflanzenwelt im Kanton Obwalden**

**Vegetationskarte: Die natürlichen Waldgesellschaften, 1980**

Massstab 1:50'000



**Simsen-Buchenwälder**

- 1 Typischer Hainsimsen-Buchenwald

**Anspruchsvolle Buchenwälder**

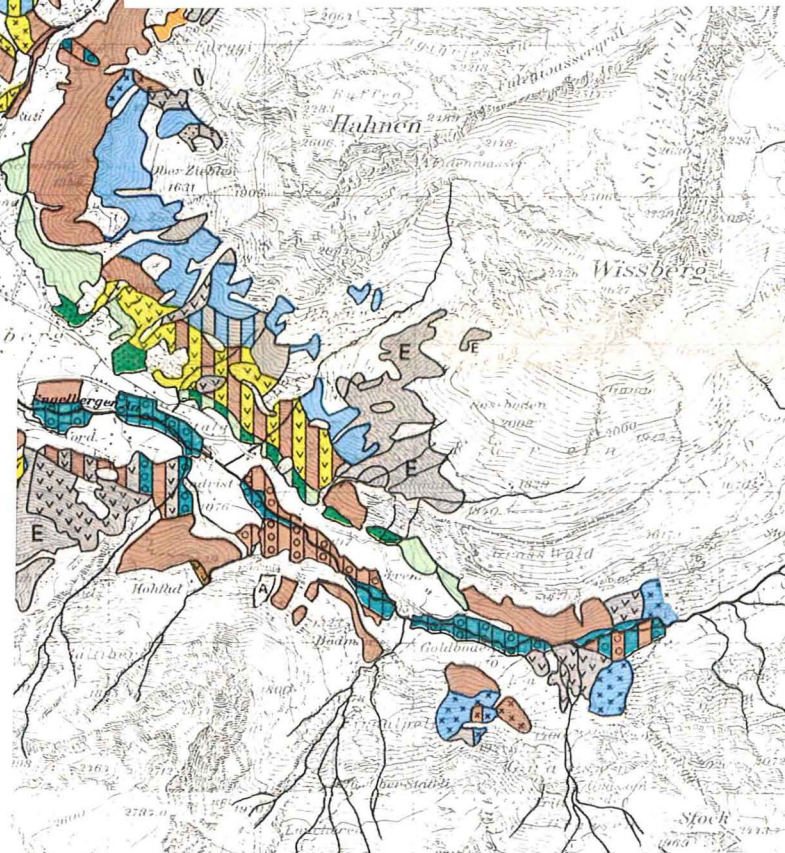
- 7 Typischer Waldmeister-Buchenwald
- 8 Waldhirschen-Buchenwald
- 9 Typischer Lungenkraut-Buchenwald
- 9\* Lungenkraut-Buchenwald m. Weisssegge
- 11 Aronstab-Buchenmischwald
- 12 Typischer Zahnwurz-Buchenwald
- 12\* Zahnwurz-Buchenwald m. Weisssegge
- 13 Linden-Zahnwurz-Buchenwald

**Orchideen Buchenwälder**

- 14 Typischer Weissseggen-Buchenwald
- 15 Bergseggen-Buchenwald
- 16 Blaugras-Buchenwald
- 17 Eiben-Steilhang-Buchenwald

**Tannen-Buchenwälder**

- 18 Typischer Tannen-Buchenwald
- 18\* Tannen-Buchenwald m. Weisssegge
- 19 Tannen-Buchenwald m. Hainsimse
- 20 Farnreicher Tannen-Buchenwald
- 21 (Subalpiner) Ahorn-Buchenwald



**Linden-Bergahornwälder**

- 22 Hirschzungen-Ahorn-Schluchtwald
- 24 Turinermeister-Ahorn-Schluchtwald
- 25 Turinermeister-Lindenmischwald

# Steinschlag, Blockschlag, Felssturz, Eissturz

## MINIMAL-LEGENDE

z.B. geeignet für Übersichtskarten  
 (z.B. 1:25'000 / 1:10'000)

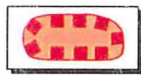
## ERWEITERTE LEGENDE

z.B. geeignet für Detailkarten  
 (z.B. 1:5'000)

Angabe der Blockgrößen: ■ **Grossblöcke >2 m** (Einzelkomponenten)  
 ▲ **Blöcke 0.5m - 2 m**  
 ● **Steine < 0.5 m**

Angaben zur Aktivität: ■▲● **frisch, aktiv**  
 □△○ **verwachsen, wenig aktiv**

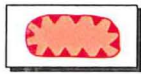
Ablösung / Ausbruch



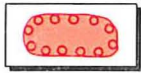
Ablösungsgebiet von Grossblöcken (Felssturzgebiet) **aktiv**



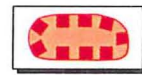
Ablösungsgebiet von Grossblöcken und Blöcken (Kombinationsbeispiel) **wenig aktiv, potentiell**



Ablösungsgebiet von Blöcken **aktiv**



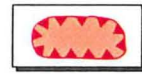
Ablösungsgebiet von Steinen **wenig aktiv, potentiell**



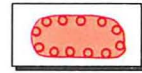
Ablösungsgebiet von Grossblöcken (Felssturzgebiet) **aktiv**



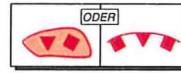
Ablösungsgebiet von Grossblöcken und Blöcken (Kombinationsbeispiel) **wenig aktiv, potentiell**



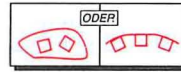
Ablösungsgebiet von Blöcken **aktiv**



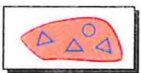
Ablösungsgebiet von Steinen **wenig aktiv, potentiell**



Einzelne Ablösungsstellen von Grossblöcken und Blöcken / aus Felsbändern **aktiv**



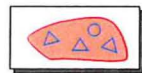
Einzelne Ablösungsstellen von Grossblöcken / aus Felsbändern **wenig aktiv, potentiell**



Eissturz Ablösungsstellen **aktiv**



Eissturz Ablösungsstellen **wenig aktiv, potentiell**



Eissturz Ablösungsstellen **aktiv**



Eissturz Ablösungsstellen **wenig aktiv, potentiell**

Bergsturzphänomene werden i.a. nur dann kartiert, wenn sie zur momentanen Gefahrenbeurteilung einen wesentlichen Beitrag liefern. Potentielle Bergsturzgebiete sind kaum erkennbar, sie künden sich jedoch meistens durch eine erhöhte geomorphologische Aktivität an (v.a. Felssturz, Blockschlag und Rutschungen).



Bergsturzgebiet (Ausbruch, Transit- und Ablagerungsgebiet) **erwiesen**



Bergsturzgebiet (Ausbruch, Transit- und Ablagerungsgebiet) **potentiell (grosse Disposition)**

Transit



Flächiges Transitgebiet **aktiv, erwiesen**



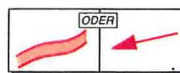
Flächiges Transitgebiet **wenig aktiv, potentiell**



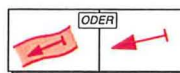
Flächiges Transitgebiet **aktiv, erwiesen**



Flächiges Transitgebiet **wenig aktiv, potentiell**



Offene, kanalisierte Sturzbahn **aktiv**



Im Wald: hindernisfreie-, baumfreie Strecke **aktiv**



hinter Baum gestopptes und remobilisierbares Sturzmaterial **aktiv**

Im Transitbereich ist das Sturzmaterial oft zwischengelagert und kann wieder mobilisiert werden. Bei der Kartierung der Phänomene können jedoch, wenn nötig, der Transit- und der Ablagerungsraum zusammengefasst dargestellt werden.

# Steinschlag, Blockschlag, Felssturz, Eissturz

## MINIMAL-LEGENDE

z.B. geeignet für Übersichtskarten  
(z.B. 1:25'000 / 1:10'000)

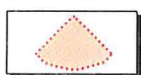
## ERWEITERTE LEGENDE

z.B. geeignet für Detailkarten  
(z.B. 1:5'000)

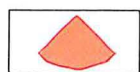
Ablagerung



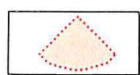
Flächig abgelagertes Sturzmaterial  
**erwiesen**



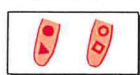
Flächig abgelagertes Sturzmaterial  
**potentiell**



Flächig abgelagertes Sturzmaterial  
**erwiesen**



Flächig abgelagertes Sturzmaterial  
**potentiell**



Sturzschatthalde  
**frisch / bewachsen**



Flächig abgelagerte Blöcke und Grossblöcke  
**frisch**



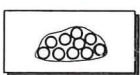
Flächig abgelagerte Blöcke und Steine  
**bewachsen**



Einzel abgelagerte Blöcke und  
Grossblöcke  
**frisch / bewachsen**



Einzel abgelagerte Blöcke und Steine mit  
Sturzschatthalde (Kombinationsbeispiel)  
**frisch / bewachsen**



Lesesteinhaufen



Eissturz, Aufschlagsbereich  
**erwiesen**

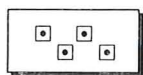


Eissturz, Aufschlagsbereich  
**potentiell**

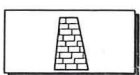
Verbauungen

Hinweis zu aktiven und passiven Massnahmen (Abstützungen, Verankerungen, Plombierungen, Ueberwachungs-einrichtungen usw.) können mit Indexnummer und Beschreibung in Begleittext; allenfalls auch mit Signatures, z.B. wie folgt dargestellt werden:

Technische Werke gegen Sturzgefahren  
im Ablösungsbereich

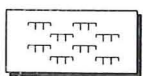


Felsanker



Stützmauer

Technische Werke gegen Sturzgefahren  
im Transit- und Ablagerungsbereich



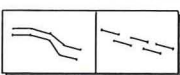
Berme



Netzverbau  
durchgehend / aufgelöst



Leitwerk



starres Werk  
durchgehend / aufgelöst



Damm

**Teilnehmer an der Tagung vom 18. und 19. August 1998:****Mülibrunnen 1**

Ettlinger Peter	Mettlen	9063	Stein AR	071 / 353 67 70
Frehner Monika	Städtlistr. 17	7320	Sargans	081 / 723 69 23
Imfeld René	Oberforstamt	6060	Sarnen	041 / 666 63 23
Franzi Marco	III Circ. Forest., Centrale 1	6501	Bellinzona	091 / 825 25 65
Kläy Max	Forstdienst SBB	6005	Luzern	051 / 227 38 79
Lässig Reinhard	WSL	8903	Birmensdorf	01 / 739 23 89

**Mülibrunnen 2**

de Pourtalès Frédéric	Interkant. Försterschule	3250	Lyss	032 / 387 49 11
Ehrbar Rolf	Bitziweidstr. 5	8739	Rieden	055 / 283 30 42
Brändli Urs-Beat	WSL	8903	Birmensdorf	01 / 739 23 43
Gay Jean-Louis	Les Bonettes CP 82	1816	Chailly-Montreux	021 / 983 16 72
Ott Ernst	Im Späten 20	8906	Bonstetten	
Walcher Jürg	Kantonsforstamt GL	8750	Glarus	055 / 646 67 42

**Grünenwald 1**

Sandri Arthur	Kreisforstamt 8	7130	Ilanz	081 / 925 10 31
Gächter Markus	Wilenstr. 45	9014	St. Gallen	071 / 278 46 32
Wasser Brächt	Büro IMPULS, Seestr. 3	3600	Thun	033 / 222 87 22
Greminger Peter	Schulweg 1	3303	Münchsingen	031 / 324 78 61
Gerber Werner	WSL	8903	Birmensdorf	01 / 739 24 69
Gallmann Cornelia	B U W A L	3003	Bern	031 / 323 03 07
Kayser Andreas	Oberforstamt	6371	Stans	041 / 618 40 54

**Grünenwald 2**

Zuber Ruedi	Teuchelweg 2	7000	Chur	081 / 257 38 53
Braschler Urs	Lichtershalten	6382	Büren	041 / 618 40 52
Elmiger Albert	Gaiserstrasse 8	9050	Appenzell	074 / 788 95 74
Frey Werner	Flüelastr. 11, SLF	7260	Davos-Dorf	081 / 417 02 01
Métral Roland	Rue du Léman 29	1920	Martigny	027 / 722 76 93
Ueli Vogt	Waldabteilung 2	3700	Spiez	033 / 655 52 01

**Eschlenwald 1**

Rageth Thomas	Kantonsforstamt GL	8750	Glarus	055 / 646 67 41
Straub Ruedi	Amthausgasse 8	3860	Meiringen	033 / 971 37 13
Delucchi Marco	Postfach 49	6504	Bellinzona	091 / 821 52 41
Frey Hansueli	Calandastrasse	7315	Vättis	081 / 253 52 00
Nigsch Norman	Amt für Wald St. Florinsgasse 3	9490	Vaduz	
Hofstetter Heinr.	Ausserbodenmatt	6162	Entlebuch	041 / 480 41 56
Bossel François	Arrondissement IV	1630	Bulle	026 / 912 65 37

**Eschlenwald 2**

Schönenberger Walter	WSL	8903	Birmensdorf	01 / 739 22 52
Böll Albert	WSL Verbauwesen	8903	Birmensdorf	01 / 739 24 62
Schwitter Raphael	Interkant. Försterschule	7304	Maienfeld	081 / 303 41 22
Annen Beat	Klausenstr. 2	6460	Altdorf	041 / 875 23 15
Barbezat Vincent	c/o EPF-L Case postale 96	1015	Lausanne 15	021 / 693 39 06
Tognini Favis	c/o Pretorio	6710	Biasca	091 / 862 13 26
Studer Karl-Robert	Bezirkshauptmannschaft	A-6700	Bludenz	05552/6136-158

**Teilnehmer am Kurs vom 24. und 25. August 1998:****Mülibrunnen 1**

Walker Josef	Ing. Büro DUWAPLAN	6460	Altdorf	041 / 870 93 24
Becker Stefan	Schlossweg 4	7023	Haldenstein	081 / 353 22 20
Suter Claire	BUWAL, Eidg. Forstdir.	3003	Bern	031 / 324 78 77
Schmuek Hermann	Schmiedg. 121	9492	Eschen	075 / 236 68 54
Moretti Giorgio	Palazzoamm 2	6501	Bellinzona	091 / 804 36 61

**Mülibrunnen 2**

Rageth Magnus	Werkhof Plonmuling	7013	Domat/Ems	081 / 650 39 17
Stadler Markus	Via da Cul	7530	Zernez	081 / 856 14 51
Gasser Richard	Zun 3	6072	Sachseln	041 / 662 08 70
Schmid Matthias	Postfach 6	3946	Turtmann	027 / 932 38 37
Chevrier Patrick	Rue du Levant	1971	Grimisuat	027 / 398 39 53

**Grünenwald 1**

Grunder Karl	Oeko-B AG, Eichli 9	6370	Stans	041 / 610 76 30
Herold Anne	WSL	8903	Birmensdorf	01 / 739 23 43
Häberle Jörg	Tavernastr. 34	1712	Tafers	031 / 382 30 10
Stebler Jacques-Daniel	Av. Tissot 8, P.P 1151	1001	Lausanne	021 / 617 69 64
Bloch Attiuo	Via Mondo 11	6982	Agno	091 / 605 64 59

**Grünenwald 2**

Walther Stefan	Sebastiansplatz 1	3900	Brig-Glis	027 / 924 38 81
Rüegg Dani	Geroldsegg	8722	Kaltbrunn	01 / 632 31 93
Riedi Bernard	Glennerstr. 10	7130	Ilanz	081 / 925 37 37
Luthi Serge	Les Bonnettes	1816	Chailly	021 / 983 16 12
Angehrn Peter AG	Kastanienweg 2	6353	Weggis	041 / 390 23 58
Manser Rolf	BUWAL, Eidg.Forstdir.	3003	Bern	031 / 324 78 39

**Eschlenwald 1**

Mayland Jean-Philippe	Försterschule Lyss	3250	Lyss	032 / 387 49 11
Huck Jean-Francois	En la Porte	1855	St-Trinhon	024 / 499 19 15
Denoth Arnold	Plans 9	7543	Lavin	081 / 862 27 53
Sperisen Rainer	Oberergraben 9 / Postfach	4603	Olten	062 / 213 930 3
Werder Philipp	Oberforstamt	6060	Sarnen	041 / 666 63 23
Stucki Beat	Taubental	3766	Boltigen	033 / 773 64 73

**Eschlenwald 2**

Schwyster Astrid	Rankhofstr. 28	6006	Luzern	041 / 420 56 71
Guex Oliver	Léman 29	1927	Martigny	027 / 722 84 83
Rüsch Christian	Giraniga	7135	Obersaxen	081 / 933 13 83
Wyler René	Hattigen	3636	Längenbühl	033 / 356 31 27
Hösle Bernhard	Zeilergasse 13/23	1170	Wien	0043/ 1484 26 90
Fuster Beda	Oberstrasse 200	9000	St. Gallen	071 / 277 54 84

**Teilnehmer am Kurs vom 27. und 28. August 1998:****Mülibrunnen 1**

Thali Urs	Winterhalten	6487	Göschenen	041 / 885 11 91
Kläger Pius	Kreisforstamt	6460	Altdorf	041 / 875 23 20
Zech Anton	Allmeinteilweg 642b	6713	Ludesch - A	05552 / 6136 162
Schmid Silvio	BUWAL, Eidg.Forstdir.	3003	Bern	031 / 324 78 77
Meier Andreas	Forstinspekt. GR, Loestr. 14	7000	Chur	081 / 257 38 59
Duc Philippe	Zürcherstr. 111	8903	Brimensdorf	01 / 739 24 68

**Mülibrunnen 2**

Lardi Sandro	Cholplatz	7203	Trimmis	081 / 353 19 55
Günter Rudolf	Kreuzstrasse 2	6371	Stans	041 / 618 40 53
Kienholz Hans	Cäcilienstr. 31	3007	Bern	031 / 631 88 84
Schelbert Arthur	Wil 15	6436	Muotathal	041 / 830 20 54
Arnet Alexander	Waldabteilung 3	3700	Spiez	Praktikant

**Grünenwald 1**

Covi Silvio	Oberforstamt Luzern	6002	Luzern	041 / 228 62 04
Duss Herbert	Tellsgasse 16	6460	Altdorf	041 / 870 46 66
Heldner Emil	Bürgring 3	3700	Spiez	033 / 655 53 03
Brigger Alban	Zur Tanne	3933	Staldenried	027 / 606 32 00
Ryter Ueli	Vorholzstr. 24A	3800	Unterseen	033 / 822 74 12

**Grünenwald 2**

Steiner Peter	Schnürliermatt	8849	Alpthal	055 / 412 28 20
von Grünigen Christian	Lähematter	3770	Zweisimmen	033 / 655 52 02
Waldis Josef	Zingelistr. 15	6353	Weggis	041 / 390 12 69
Büchel Max	Zentralenstr. 1	6436	Muotathal	041 / 830 22 05

**Eschlenwald 1**

Meier Adrian Lukas	Amt für Wald, Effingerstr. 53	3011	Bern	031 / 633 46 14
Kugler Werner	Harderrstr. 20	3250	Lyss	032 / 387 49 20
Weber Sigi	Rindelstr. 5	6415	Arth	041 / 855 44 26
Rast Fridolin	Kirchweg 58	8765	Ennenda	055 / 640 26 73
Ihrensberger Christian	Forstt. Dienst, Postfach 163	A-6010	Innsbruck	

**Eschlenwald 2**

Brunold Jürg	Im Wingert	7026	Maladers	081 / 252 58 85
Louis Klaus Dr.	Postfach 143	6353	Weggis	041 / 391 01 91
Graf Hans	Büro Impuls, Seestr. 2	3600	Thun	033 / 222 87 22
Kernen Christian	Hinterdorf	3647	Reutigen	033 8 657 11 40
Betschart Albert	Birkli	6434	Illgau	041 / 830 17 68

# Mülibrunnen 1

## Inhalt:

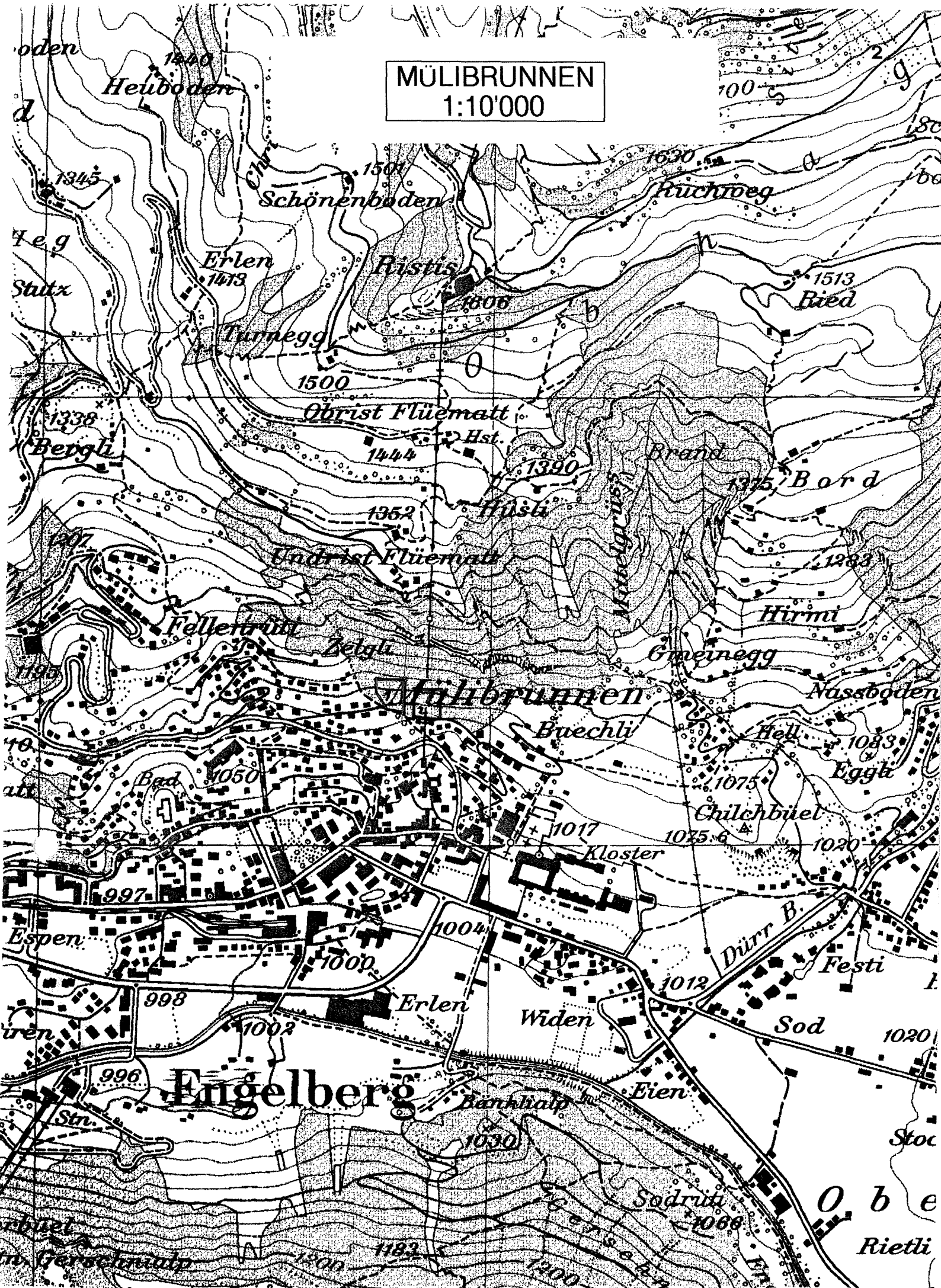
- Aufgabenstellung
- Übersichtsplan 1:10'000
- Längenprofil
- Ergebnisse der Vollkluppierung
- Ergebnisse der Simulation - GEOTEST
- Ergebnisse der Gruppenarbeiten

Foto: Links im Bild Objekt Mülibrunnen 1, Bildmitte Objekt Mülibrunnen 2  
Aufnahme: René Imfeld, Mai 1998



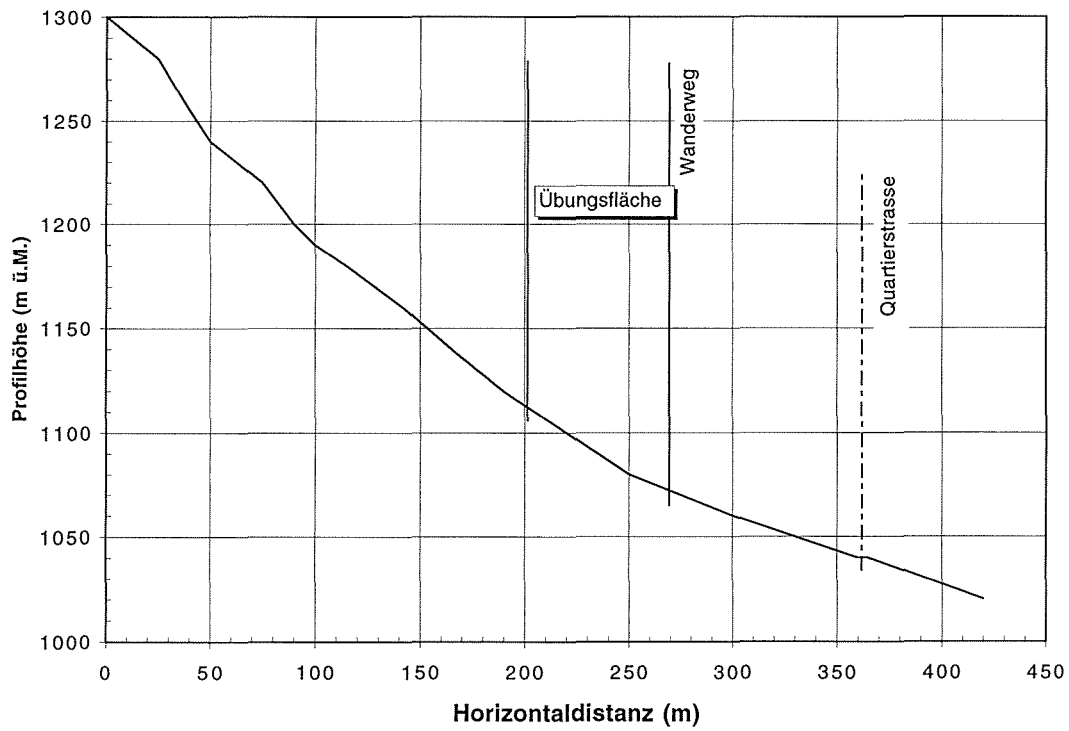
MÜLIBRUNNEN

1:10'000





### Längenprofil Mülibrunnen 1



GWG/FAN-Kurs Engelberg, August 1998

Kursunterlagen WSL VERBAUWESEN

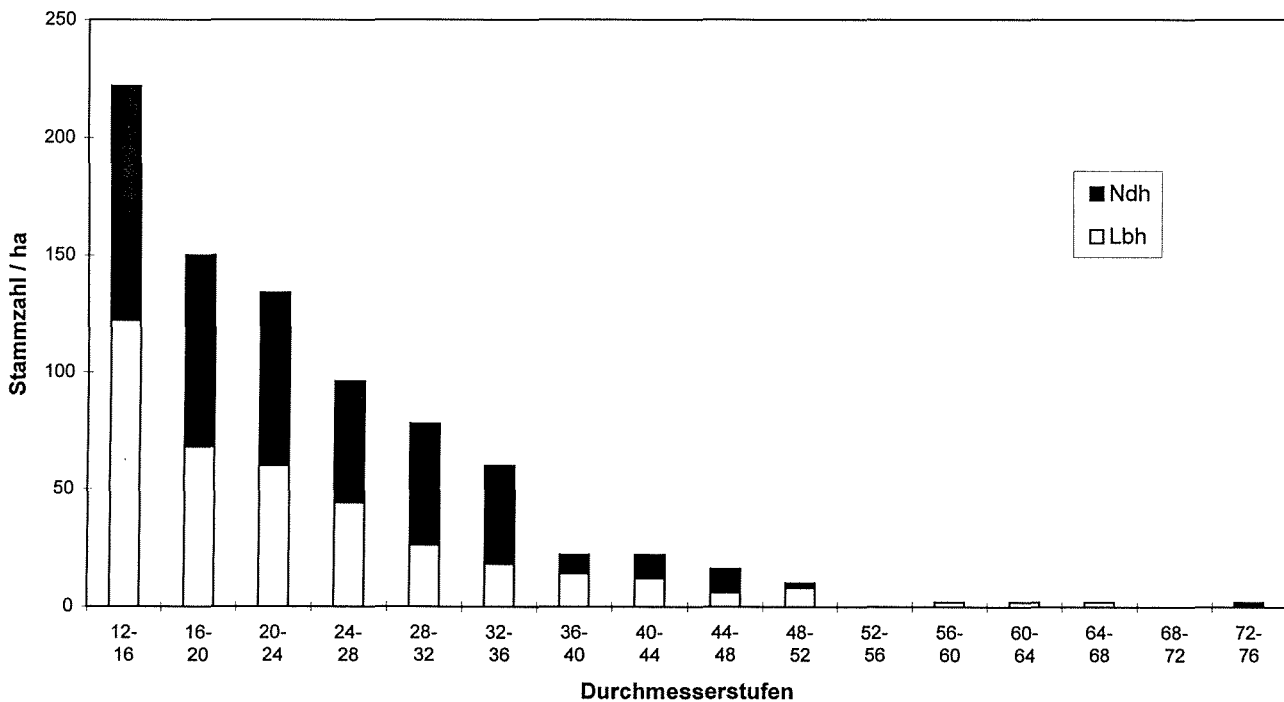
Beilage zu Übungsaufgaben

### Mülibrunnen 1

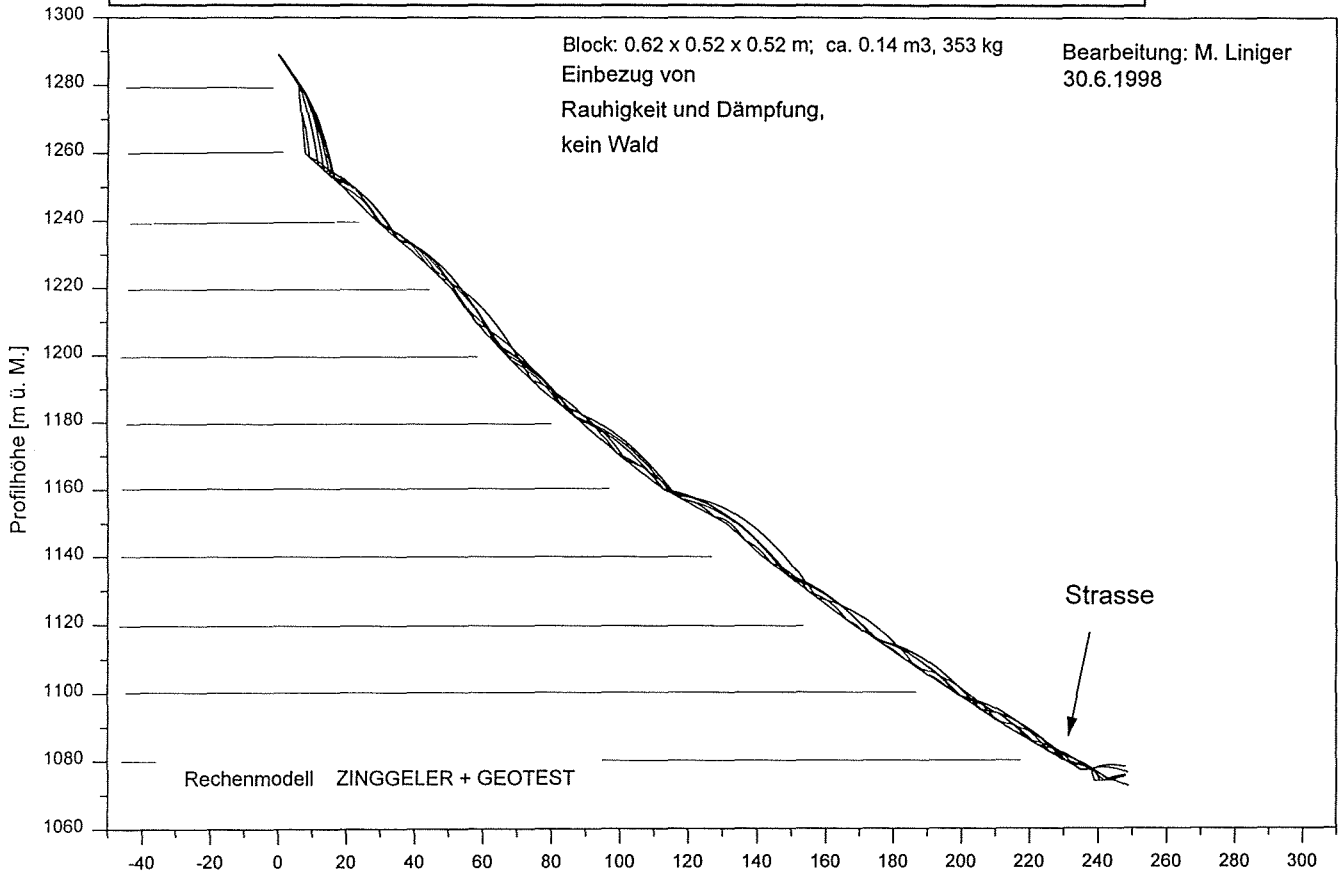
Vollkluppierung Juni 1998

Kennzahlen	
Stammzahl	818 N/ha
Volumen	430 fm/ha
Entwicklungsstufe	
Baumholz II	

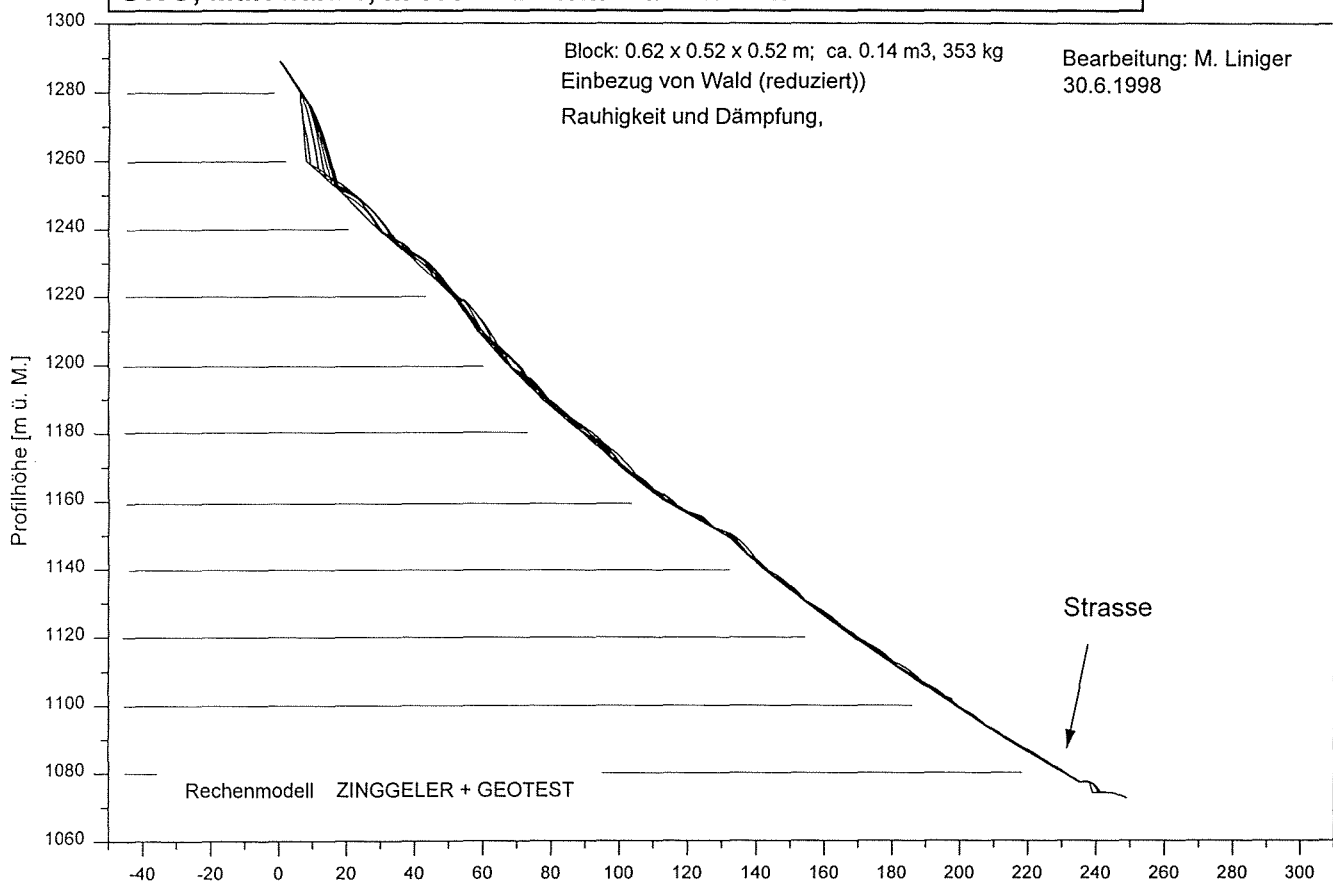
Baumartenanteile	
Bu	43%
Es	1%
BAh	2%
ü. Lh	1%
Fi	53%
total	100%

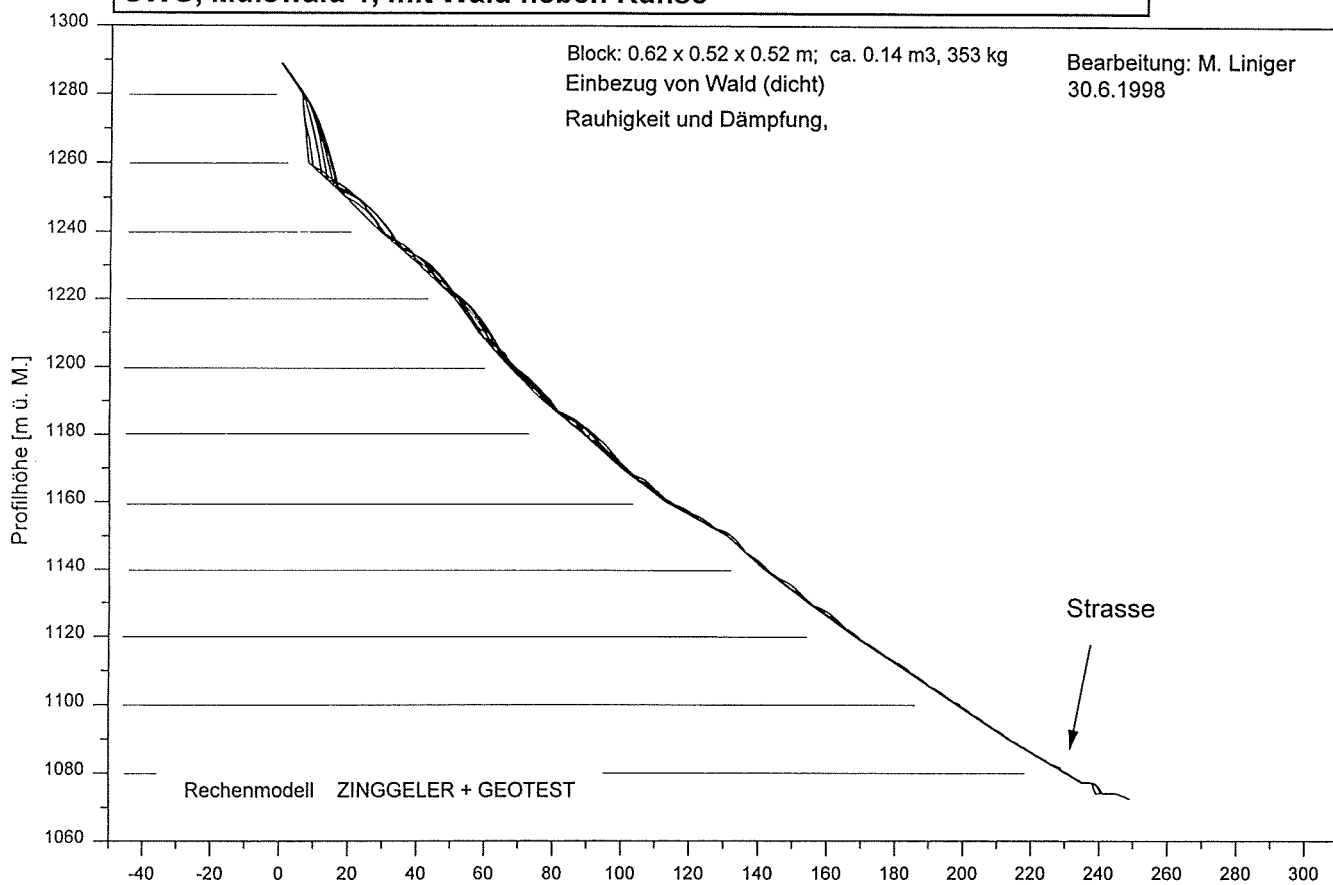


### GWG, Mülewald 1, ohne Wald



### GWG, Mülewald 1, mit reduziertem Wald in Runse



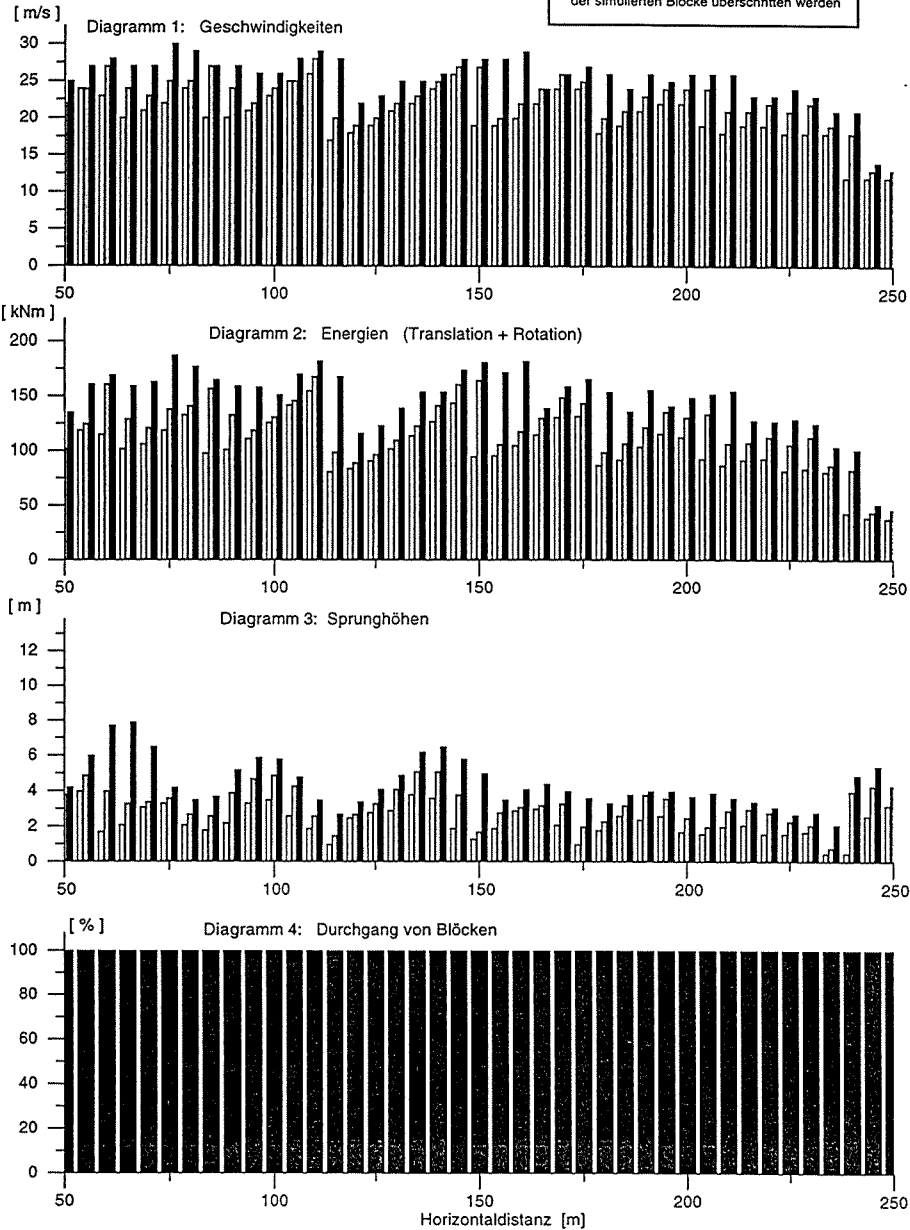
**GWG, Mülewald 1, mit Wald neben Runse**

## GWG, Mülewald 1, Simulation ohne Wald

Einbezug von Rauigkeit und Dämpfung  
 Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg  
 Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 50% 20% 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden

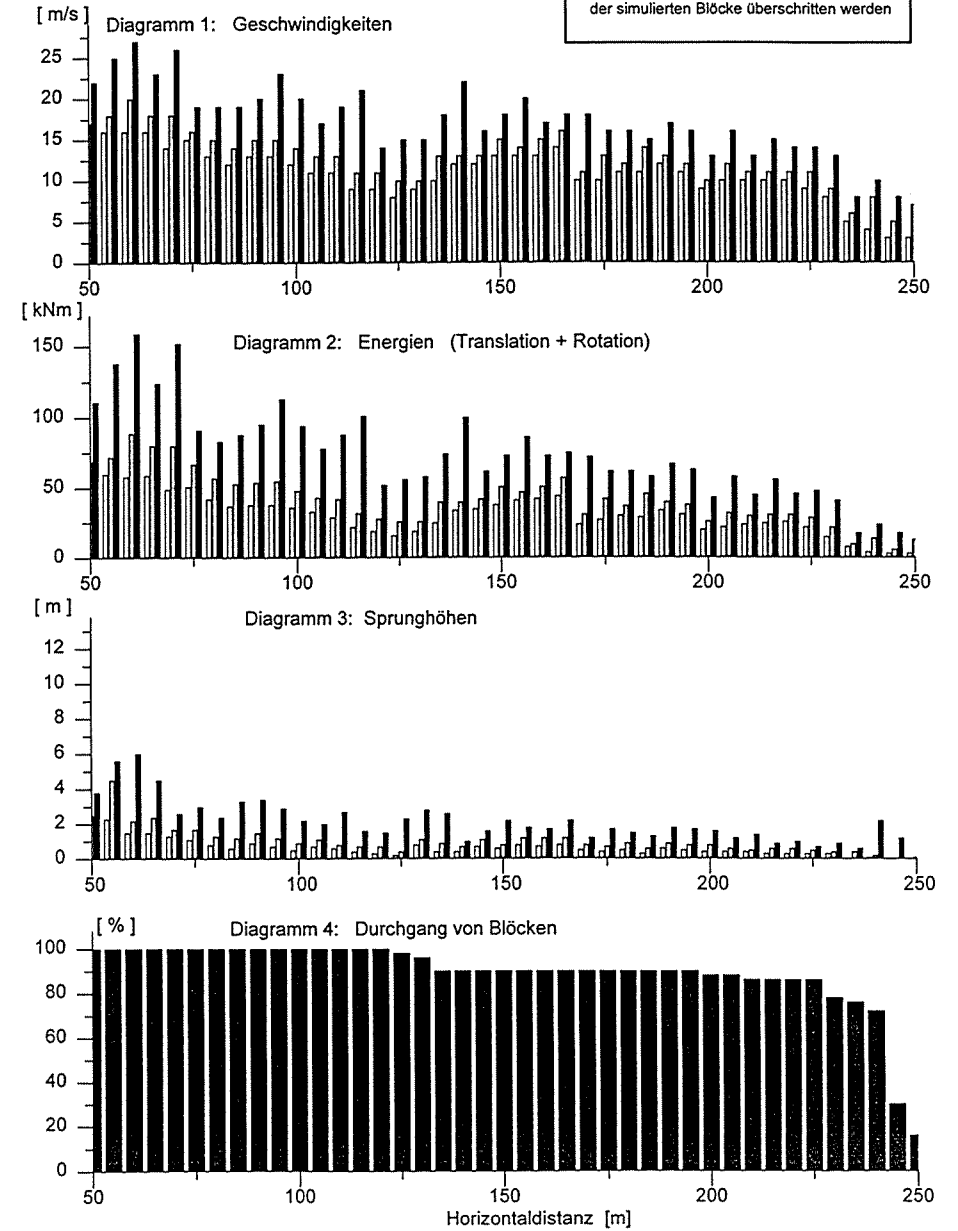


## GWG, Mülewald 1, Runse mit reduziertem Wald

Einbezug von Rauigkeit, Dämpfung und Wald  
 Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg  
 Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 50% 20% 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden

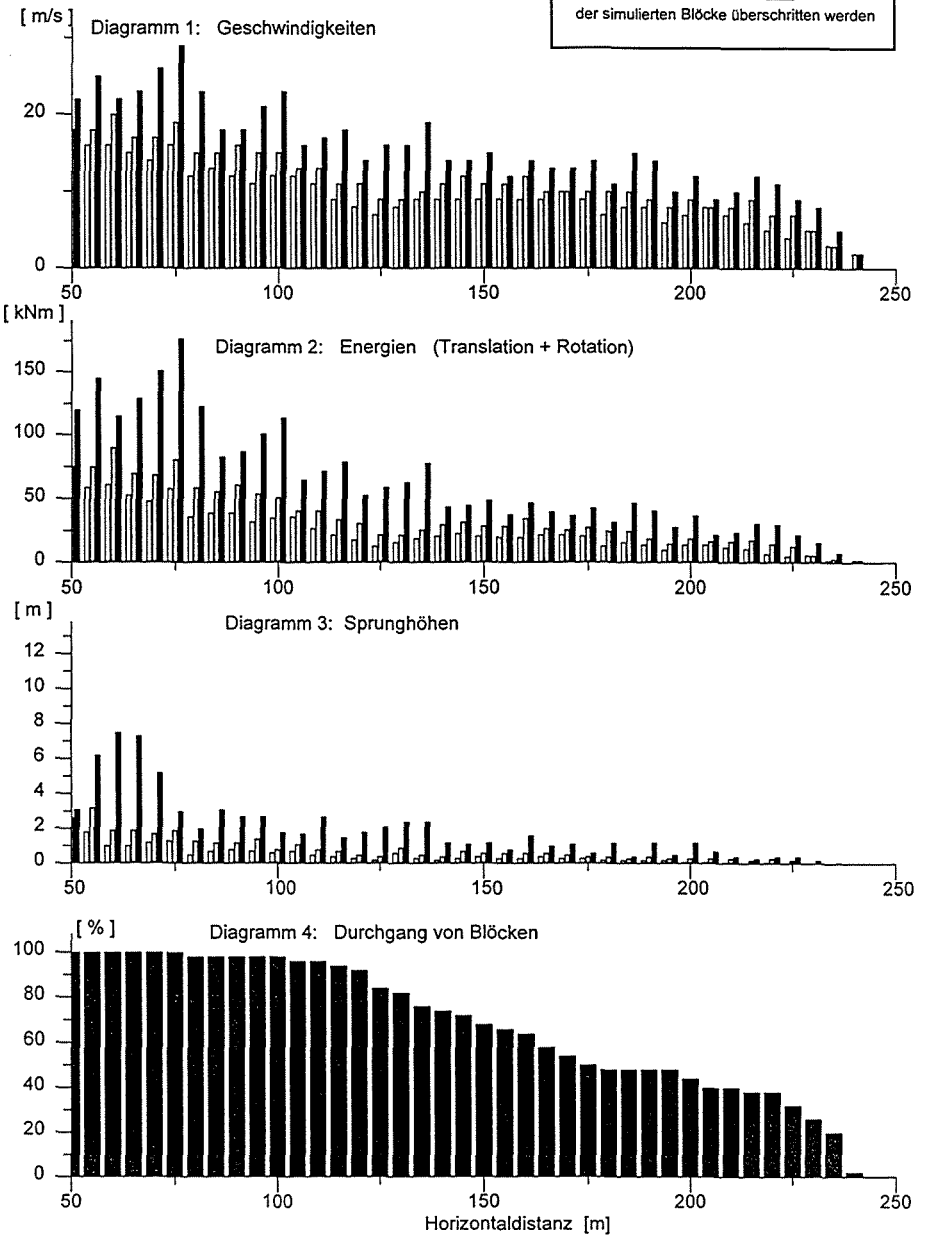


# GWG, Mülewald 1, Simulation mit dichtem Wald

Einbezug von Rauigkeit, Dämpfung und Wald  
 Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg  
 Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 50%  20%  0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden



## Mülibrunnen 1 - Aufgabenstellung

Waldeigentümer: Privatwald

In diesem Bestand wurden seit langem keine Eingriffe mehr vorgenommen. Die Ausführung von Holzereiarbeiten ist durch die Ausdehnung der Bauzone bis an den Waldrand unmöglich geworden. Ohne besondere Vorkehrungen ist es auch heute nicht möglich, waldbauliche Massnahmen auszuführen. Trotzdem oder gerade deswegen ist es notwendig, die gegenwärtige Situation und die weitere Entwicklung (evtl. ohne Massnahmen?) zu beurteilen. Ein Steinschlagschutzprojekt mit Netzen wurde ausgearbeitet, es fehlt aber eine Trägerschaft für die Umsetzung.

Aufgaben - Fragestellungen	Mittel / Unterlagen
<p><b>a) Übersicht</b>            Verschaffen Sie sich eine Übersicht über die Situation.            Welche Informationen liefert Ihnen die Gegenhangbeobachtung - auch für die Beantwortung der folgenden Fragen (Standort Sportzentrum Erlen)? Kartieren Sie die wichtigsten Einzelheiten im Übersichtsplan.</p>	Karte 1:25'000 Längenprofil Kopie Veg.-Karte → Plan 1:10000 → Form.1, Rückseite
<p><b>b) Gefahrenpotential</b>            Beurteilen Sie den Steinschlagprozess im Bestand gemäss Kriterien der FLAM-Legende. Markieren Sie die „Spuren“ in der Skizze (Form.1)</p>	Auskunft Forstdienst → FLAM-Legende → Form 1
<p><b>c) Schadenpotential / Risiko</b>            Was ist gefährdet = Schadenpotential (Menschen, Gebäude anderes)? Welche Stein-/ Blockgrössen dringen bis zum Schadenpotential vor? Wie hoch springen die Steine dort, wo sie auf das Schadenpotential auftreffen. Welche Steine / Blöcke können tatsächlich einen Schaden anrichten? Wie häufig kann ein Schaden eintreten?            Wie beurteilen Sie das Risiko - welches Risiko kann in Kauf genommen werden?            Risiko = Eintretenswahrscheinlichkeit x Schadensgrösse</p>	Beobachtungen im Gelände Auskünfte örtlicher Forstdienst → Form 1, Rückseite
<p><b>d) Ist-Zustand</b>            Beschreiben Sie den Bestand (siehe auch Vollkluppierung). Beschreiben Sie die Bestandesmerkmale, welche Sie für die Waldwirkung als besonders wichtig erachten, möglichst genau. Wie gross ist der Einfluss der Steinschlagaktivität auf die Stabilität (Gesundheit) des Bestandes?</p>	Vollkluppierung → Form 2
<p><b>e) Soll-Zustand</b>            Welcher Waldzustand ist auf diesem Standort nachhaltig möglich? Welcher Waldzustand sollte erreicht werden? Formulieren sie den Soll-Zustand - wenn notwendig differenziert nach Entstehungs-, Transit- und Ablagerungsgebiet.</p>	Wegleitung Min.-Pfl. → Form.2
<p><b>f) Entwicklungsprognose</b>            Machen Sie die Entwicklungsprognose. Im vorliegenden Fall muss davon ausgegangen werden, dass aus Sicherheitsgründen vorläufig keine Holzereiarbeiten ausgeführt werden können. Weisen Sie in Ihrer Beurteilung vor allem auf Entwicklungen hin, welche das Risiko erhöhen.</p>	→ Form.2, inkl.Rückseite
<p><b>g) Massnahmen - weiteres Vorgehen</b>            Welche Massnahmen könnten die vermutete Entwicklung wirksam beeinflussen? Welches sind Ihre Empfehlungen für den Forstdienst?</p>	→ Form.2, Rückseite
<p><b>f) Präsentation und Diskussion</b>            Am 2. Tag präsentieren Sie Ihre Ergebnisse im Plenum. Wir bitten Sie, die anschliessende Diskussion protokollarisch festzuhalten. Aus den Ergebnissen der Tagung wird eine Dokumentation zusammengestellt.</p>	→ Form.5

## Mülibrunnen 1 - Ergebnisse der Gruppenarbeiten

### a) Übersicht – Gegenhangbeobachtung - Standort

**Zum Standort:** Karbonat - Tannen- Buchenwald (18). An Südhängen können fast reine Buchenbestände bis weit hinauf vorkommen. Die Hinweise aus der Zusammenfassung in der Wegleitung „Minimale Pflegemassnahmen“ über Buchenurwälder können übernommen werden, wobei hier die Buchen weniger wüchsig sind.

**Gegenhangbeobachtung:** Sie liefert gute Informationen über Gefahrenpotential und Schadenpotential: Felsband oberhalb Fläche = Entstehungsgebiet. Brocken gelangen von dort aus in die Fläche = Transitgebiet. Bauzone = Ablagerungsgebiet. Auf flachen Stellen im unteren Bereich der Fläche auch schon teilweise Ablagerung. Grösste Kalkbrocken ca. 1,3 x 0,8 x 0,6 m. Die Häuser liegen zum Teil im Transitbereich

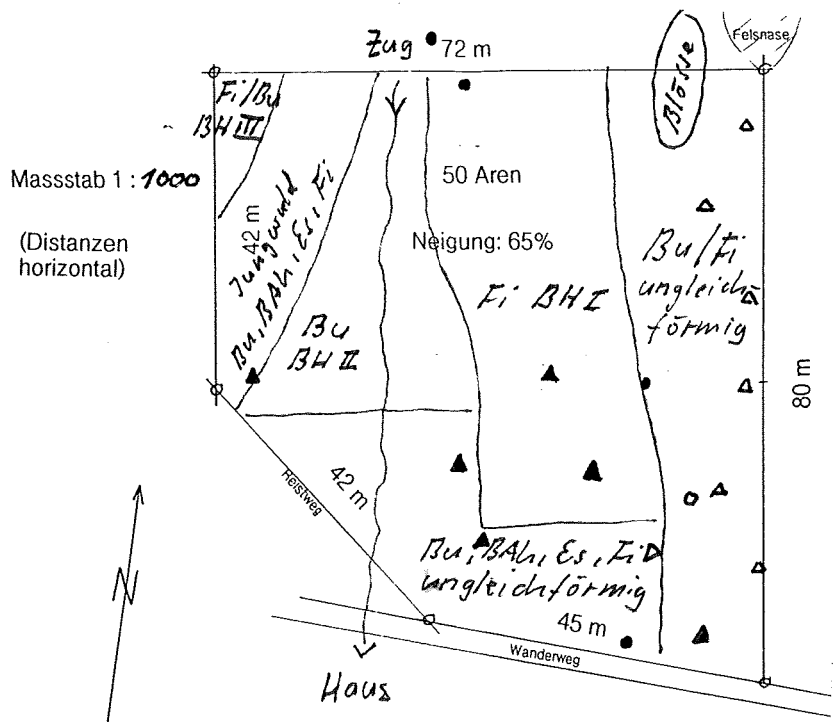
Es können Aussagen über die Bodenbedeckung gemacht werden: Das Transit- und Teile des Ablagerungsgebietes sind bewaldet mit einer dichten Bestockung von Buchen und Fichten.

### b) Gefahrenpotential

Steinschlagspuren: Verletzungen an ca. 2/3 der Bäume im Bestand. Im unteren Teil 0,5 bis 1 m hoch. Im mittleren Teil 1 bis 2 m hoch. im oberen Teil 2 bis 3 m (bis 5m!?) hoch. Es gibt keine ausgeprägten Runsen. Vor allem im unteren Teil liegen auch viele Steine hinter den Bäumen. Abgelagerte Steine faust- bis kopfgross.

Gehängeschutt bewirkt kleine Rauigkeit, grosse Dämpfung. Steingrößen meist 30 bis 50 cm, teils auch grösser als 1m.

Im oberen Teil ist der Bestand reich an Fichten, BH I bis II, im unteren Teil reich an Buchen mit grosser BHD-Streuung. Der letzte Eingriff liegt 40 bis 50 Jahre zurück. Sekundär-Steinschlag (z.B. durch Holzerei) ist möglich.



### **c) Schadenpotential / Risiko**

Gefährdung → Ferien- und Wohnhäuser in Bauzone unterhalb Waldrand, Strassen, Wege, Talstation Brunnibahn. Gemäss Gefahrenhinweiskarte sind insbesondere eine Garage und 3 bis 4 Wohnhäuser, die Autos auf den Parkplätzen, sowie Menschen auf dem Wanderweg gefährdet. Menschen innerhalb der Häuser sind nicht in Gefahr. Fussgänger sind durch alle Steine gefährdet.

Die Aussagen zu den Steingrössen und zu ihrer Häufigkeit sind unterschiedlich:

- Auch kleinere Steine dringen bis zum Schadenpotential vor und können die Mauer überspringen. Blöcke von über 50 cm können an Häusern Schaden anrichten, dies kommt alle paar Jahre vor, letztmals vor 4 Jahren.
- Eher die grösseren Steine (ca. 1/6 m<sup>3</sup>) dringen bis zum Schadenpotential vor - Sprunghöhe ca. 0,5 m.
- Steine bis ca. 80 kg sind rel. häufig (jährlich), grössere Steine wurden schon vor längerer Zeit abgelagert. Blöcke von ca. 1 m<sup>3</sup> sind seltene Ereignisse. Die Sprunghöhen liegen bei 0,5-1 m, die Sprungweiten bei 6 m.

Das Risiko wird durch die verschiedenen Gruppen unterschiedlich beurteilt - von klein bis gross. Für Menschen muss mit einer kleinen Trefferwahrscheinlichkeit aber mit grossem Schaden gerechnet werden, für Häuser mit einer grossen Trefferwahrscheinlichkeit aber mit einem kleinen Schaden. Bis heute wird im vorliegenden Fall das bestehende Risiko in Kauf genommen. Die Häufigkeit von Schaden-Ereignisse ist eher selten, seltener als alle 30 Jahre.

**d) Ist-Zustand**      vergl. Form. 2

**e) Soll-Zustand**      vergl. Form. 2

### **f) Entwicklungsprognose**

Wenn weiterhin eine Bewirtschaftung oder Pflege ausbleibt, wird der Fichtenanteil weiter ansteigen. Die Stammzahl wird abnehmen. Bei fehlender Verjüngung wird die Einschichtigkeit zunehmen. Die Bestandesstabilität wird sich verringern - mit dem hohen Fichtenanteil wird der Schlankheitsgrad zu gross - Gefahr von Zusammenbrüchen. → Das Risiko steigt.

### **g) Massnahmen - weiteres Vorgehen**

Die Meinungen über die Notwendigkeit von Verbauungen gehen auseinander:

- Realisierung des Strassenprojektes und Netzverbau. Einbinden der Privatwaldbesitzer in ein Sammelprojekt Waldbau C. Damit besteht die Möglichkeit, die vorgeschlagenen Eingriffe auszuführen.
- Verzicht auf die Verbauungen. Einrichten eines temporären Schutzes während der Holzereiarbeiten. Vorher Information der Anwohner. Holzereitechnik und Arbeitssicherheit seriös vorbereiten.
- In jedem Fall müssen die Anwohner sehr gut informiert werden.



Verjüngen mit Verjüngungsschlitz quer zum Hang. Stöcke 1,5 m hoch stehen lassen. Je nach Gefährdung Holz liegen lassen, schräg zum Hang, oder abtransportieren. Von unten nach oben holzen und das Holz liegen lassen bis die Holzerei abgeschlossen ist.

## **h) Präsentation und Diskussion**

### **Tagung:**

- Warum werden im Ta-Bu-Wald für das Soll 25 % Fichte angegeben (Studer)? Die Fichte ist im Ta-Bu-Wald beteiligt; der Anteil von 25 % ist vertretbar (Frehner).
- Gibt es auch rechtliche Massnahmen zur Sicherheit der Bevölkerung (Zuber)? Der Forstdienst muss nichts tun (Ettliger). Die Gemeinde kann nicht die Augen schliessen, sie muss zur Verantwortung stehen (Ehrbar). Wenn ein Gefahren- und ein Schadenpotential vorhanden ist, muss der Waldbesitzer darauf hingewiesen werden, evtl. müssen Massnahmen angeordnet werden (Sandri). Der Forstdienst kann nicht alle Erwartungen erfüllen, die Anwohner müssen auf das Restrisiko hingewiesen werden (Zuber).
- Das grösste Risiko sind die Kinder auf dem Weg und nicht die Häuser - notwendig ist ein „guter“ Wald und nur einfache technische Massnahmen (Rageth). Wo genau sind Netze notwendig - bei Sprunghöhen von bis zu 1 m - die Wirkung von liegendem Holz könnte ausgenutzt werden (Wasser).
- Wenn waldbauliche Massnahmen durchgeführt werden und später trotzdem Steine kommen, was dann; jährlich kommen Steine bis zu den Häusern (Förster S.Hurschler)?
- Im oberen Bereich können Steinausbrüche bis 300 kg wöchentlich festgestellt werden, grössere Blöcke bis 5-jährlich. Die Steine kommen vor allem im Frühling. Grössere Steine zersplittern. Blöcke von 300 kg haben mit Wald im unteren Bereich nur noch eine Energie von 30 kN und Sprunghöhen bis 1m. Die Energien übersteigen auch ohne Wald i.d.R. nicht 50 kN. Die Steine haben nicht genügend Energie, um die Häuser zu durchbrechen. Die Schneisen in Hangrichtung stellen das eigentliche Problem dar, die Steine haben mehr Energie, grosse bis 200 kN. Ein einfacher Netzverbau ist denkbar und sinnvoll. In der Schneise der Brunibahn ist ein Verbau notwendig. Einige Häuser befinden sich praktisch in der roten Zone. Im Wald wurden schwächere und in den Runsen stärkere Netze vorgeschlagen. Dimensionierungsbasis für ein 2 m hohes Netz ist ein Block von 1 m<sup>3</sup> und 300 kN. (Liniger)
- Der Forstdienst OW trägt die Verantwortung für Massnahmen der Risikominderung - es müssen Varianten vorgelegt werden mit einer Risikobeurteilung als Grundlage für die Politiker - die Gemeinde bestimmt das Restrisiko, Bund und Kanton sagen bis zu welchem Restrisiko sie sich beteiligen wollen (Greminger). Im Kanton SG soll Restrisiko definiert werden (Ehrbar).
- Der Forstdienst OW hat Vorstudie in der Schublade, welche auf 70 ha waldbauliche und technische Massnahmen mit Kosten von 2,3 Mio. beinhaltet - der Kostenverteiler ist wegen der Anwohner vorläufig gescheitert - ohne Schutzmassnahmen wird kein Baum gefällt - im Kanton OW fallen hohe Kostenanteile an die Gemeinden (Imfeld).
- Im Ablagerungsgebiet braucht es keinen Zaun, liegendes Holz nimmt auch Steine auf (Wasser).
- Wir müssen einen besseren Einblick in den Steinschlagprozess haben, es lässt sich noch viel berechnen - es müssen möglichst viele Daten herangezogen werden - wichtig ist die Häufigkeit der Ereignisse (Gerber, Böll)

**Kurs 1:**

- Bei einem Ereignis von 20 kJ sollte ein Zieldurchmesser von 20 - 40 cm durchaus sinnvoll sein. Liegende Stämme sind bei Hangneigungen von 50 bis 65 % sinnvoll, bei 70 - 80 % besteht die Gefahr, dass die Bäume abrutschen (Gerber).
- Ideal sind viele Bäume, damit die Steine keine langen Sprünge machen und sich nicht beschleunigen können (Liniger).
- Der Zieldurchmesser sollte auf die durchschnittlichen Steine bemessen sein, der grosse Stein kann sowieso nicht aufgehalten werden. Warum nicht Durchmesser von 10 bis 20 cm, ist nicht eher die Stammzahl als der Durchmesser entscheidend?
- Das Waldbauziel ist ein nachhaltiger Wald wie er jetzt steht mit Verjüngung und besserer Baumartenverteilung. An Südlagen fehlt im Ta-Bu-Wald die Tanne oft. Da es viele Buchen gibt, kann auf die Tanne verzichtet werden.
- Im Prinzip genügt ein einzelbaumweises Eingreifen, um den Buchenjungwuchs zu erhalten. In den Öffnungen eher Esche und Ahorn. Es sind etwa zwei Schlitz notwendig, um nachhaltig zu sein. Schlitz müssen so breit sein, dass sie nicht zuwachsen, bevor die Verjüngung vorhanden ist.
- Es muss auch eine Durchforstung gemacht werden, ansonsten der Bestand mit hohem Fichtenanteil zusammenbrechen könnte.

**Kurs 2:**

- Das Steinschlagnetz ist in diesem Bereich wahrscheinlich nicht nötig. Die unten angrenzende Mauer (1 m hoch) hält bei einer Sprunghöhe von max, 1 m viele Steine zurück.
- Die Gruppe schlägt vor, mit einem Verjüngungseingriff 3 grosse Buchen zu entfernen, davon sollen eine oder zwei quergelegt werden (Steinschlagverbau nicht mehr nötig).
- Die Öffnung ist eher klein und muss in einem 2. Schritt erweitert werden.
- Das Querlegen von Bäumen wird angezweifelt, die zurückgehaltenen Steine bilden eine Zeitbombe. Folgeeingriffe werden erschwert.
- Das Ringeln ist wegen des nahen Wanderweges zu gefährlich.
- Das Entfernen der knorrigen Buche am Wanderweg ist aus naturschützerischen Gründen umstritten.

## Mülibrunnen 2

### Inhalt:

- Aufgabenstellung
- Längenprofil
- Ergebnisse der Vollkluppierung
- Ergebnisse der Simulation - GEOTEST
- Ergebnisse der Gruppenarbeiten

Foto: Objekt Mülibrunnen 2 mit Schneise der Bruni-Seilbahn  
Aufnahme: René Imfeld, Mai 1998



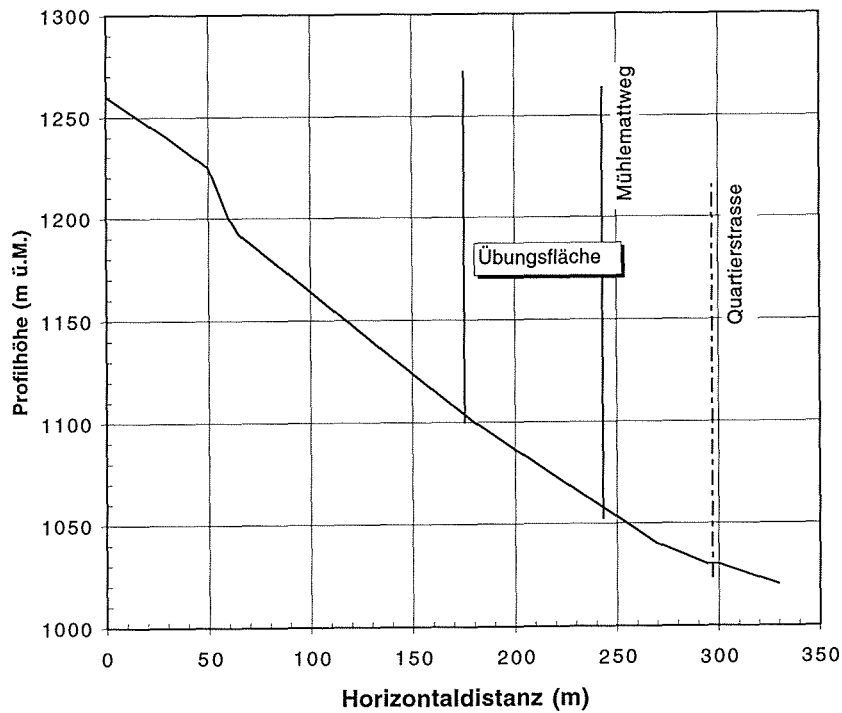
## Mülibrunnen 2 - Aufgabenstellung

Waldeigentümer: Privatwald

In diesem Bestand wurden seit langem keine Eingriffe mehr vorgenommen. Die Ausführung von Holzereiarbeiten ist durch die Ausdehnung der Bauzone bis an den Waldrand unmöglich geworden. Ohne besondere Vorkehrungen ist es auch heute nicht möglich, waldbauliche Massnahmen auszuführen. Trotzdem oder gerade deswegen ist es notwendig, die gegenwärtige Situation und die weitere Entwicklung (evtl. ohne Massnahmen?) zu beurteilen. Ein Steinschlagschutzprojekt wurde ausgearbeitet, es fehlt aber eine Trägerschaft für die Umsetzung.

Aufgaben - Fragestellungen	Mittel / Unterlagen
<p><b>a) Übersicht</b>                      Verschaffen Sie sich eine Übersicht über die Situation.                      Welche Informationen liefert Ihnen die Gegenhangbeobachtung - auch für die Beantwortung der folgenden Fragen (Standort Sportzentrum Erlen)? Kartieren Sie die wichtigsten Einzelheiten im Übersichtsplan.</p>	Karte 1:25'000 Längenprofil Kopie Veg.-Karte → Plan 1:10000 → Form.1, Rückseite
<p><b>b) Gefahrenpotential</b>                      Beurteilen Sie den Steinschlagprozess im Bestand gemäss Kriterien der FLAM-Legende. Markieren Sie die „Spuren“ in der Skizze (Form.1)</p>	Auskunft Forstdienst → FLAM-Legende → Form 1
<p><b>c) Schadenpotential / Risiko</b>                      Was ist gefährdet = Schadenpotential (Menschen, Gebäude anderes)? Welche Stein-/ Blockgrössen dringen bis zum Schadenpotential vor? Wie hoch springen die Steine dort, wo sie auf das Schadenpotential auftreffen. Welche Steine / Blöcke können tatsächlich einen Schaden anrichten? Wie häufig kann ein Schaden eintreten?                      Wie beurteilen Sie das Risiko - welches Risiko kann in Kauf genommen werden?                      Risiko = Eintretenswahrscheinlichkeit x Schadensgrösse</p>	Beobachtungen im Gelände Auskünfte örtlicher Forstdienst → Form 1, Rückseite
<p><b>d) Ist-Zustand</b>                      Beschreiben Sie den Bestand (siehe auch Vollkluppierung). Beschreiben Sie die Bestandesmerkmale, welche Sie für die Waldwirkung als besonders wichtig erachten, möglichst genau. Wie gross ist der Einfluss der Steinschlagaktivität auf die Stabilität (Gesundheit) des Bestandes?</p>	Vollkluppierung → Form 2
<p><b>e) Soll-Zustand</b>                      Welcher Waldzustand ist auf diesem Standort nachhaltig möglich? Welcher Waldzustand sollte erreicht werden? Formulieren sie den Soll-Zustand - wenn notwendig differenziert nach Entstehungs-, Transit- und Ablagerungsgebiet.</p>	Wegleitung Min.-Pfl. → Form.2
<p><b>f) Entwicklungsprognose</b>                      Machen Sie die Entwicklungsprognose. Im vorliegenden Fall muss davon ausgegangen werden, dass aus Sicherheitsgründen vorläufig keine Holzereiarbeiten ausgeführt werden können. Weisen Sie in Ihrer Beurteilung vor allem auf Entwicklungen hin, welche das Risiko erhöhen.</p>	→ Form.2, inkl.Rückseite
<p><b>g) Massnahmen - weiteres Vorgehen</b>                      Welche Massnahmen könnten die vermutete Entwicklung wirksam beeinflussen? Welches sind Ihre Empfehlungen für den Forstdienst?</p>	→ Form.2, Rückseite
<p><b>f) Präsentation und Diskussion</b>                      Am 2. Tag präsentieren Sie Ihre Ergebnisse im Plenum. Wir bitten Sie, die anschliessende Diskussion protokollarisch festzuhalten. Aus den Ergebnissen der Tagung wird eine Dokumentation zusammengestellt.</p>	→ Form.5

### Längenprofil Mülibrunnen 2



GWG/FAN-Kurs Engelberg, August 1998

Kursunterlagen WSL VERBAUWESEN

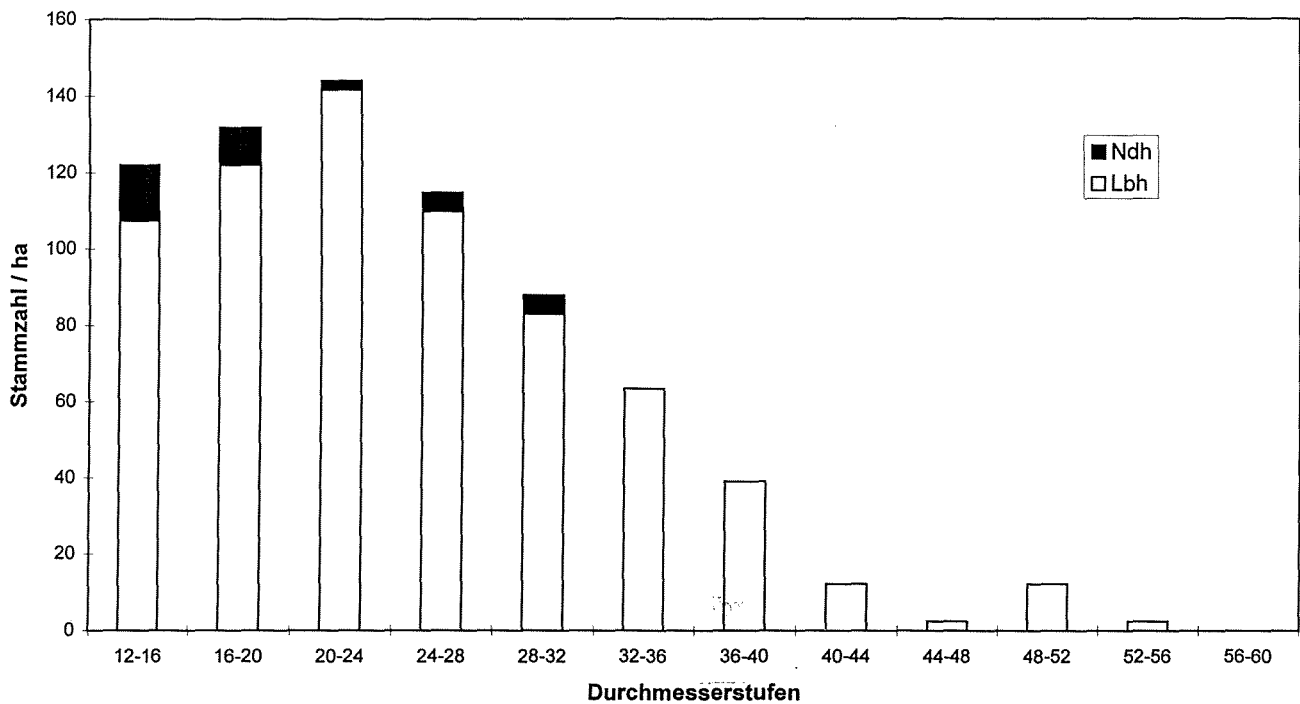
Beilage zu Übungsaufgaben

### Mülibrunnen 2

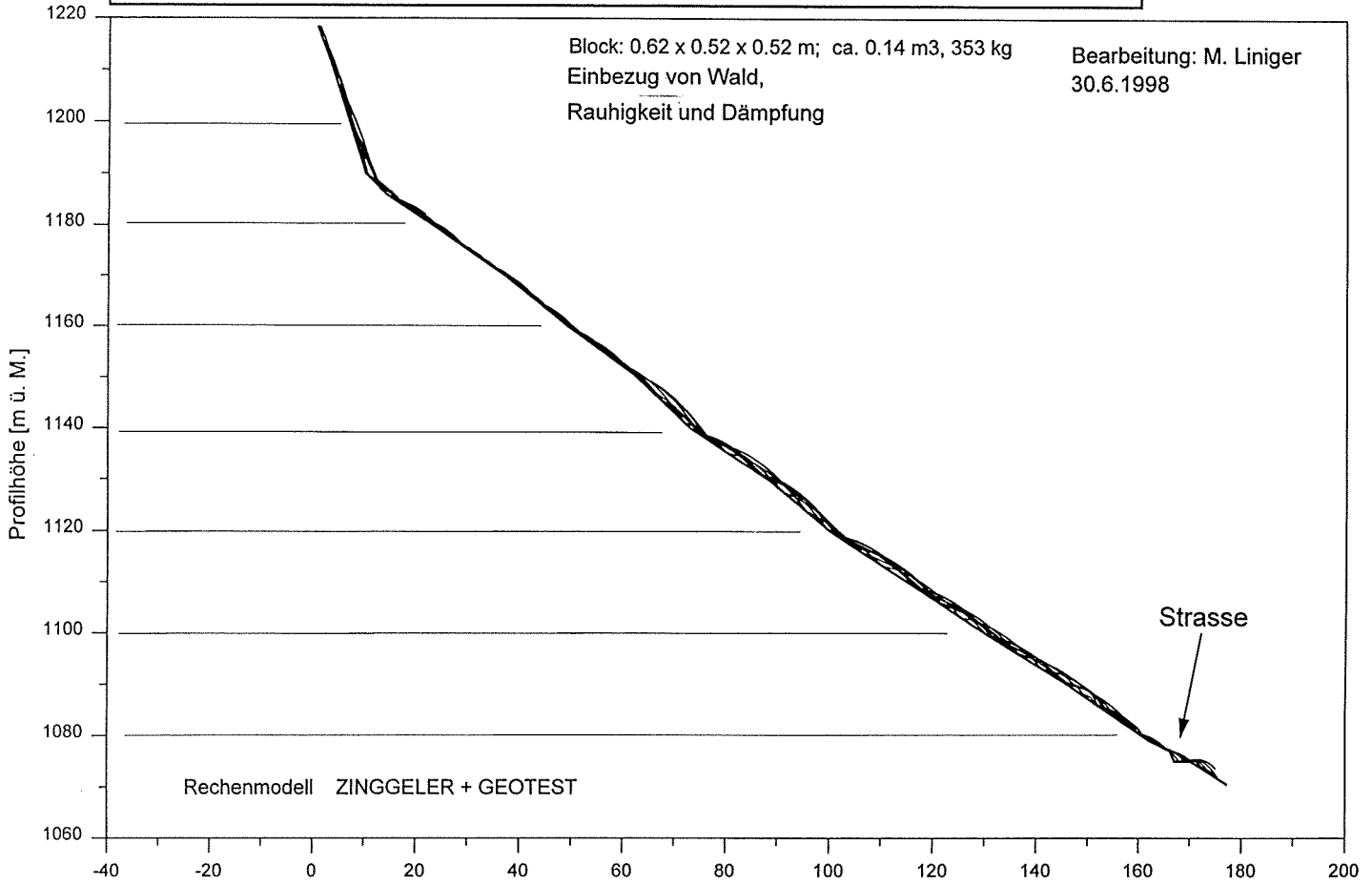
Kennzahlen	
Stammzahl	729 N/ha
Volumen	395 fm/ha
Entwicklungsstufe	
Baumholz II	

Baumartenanteile	
Bu	97%
Es	0%
BAh	0%
Fi	3%
total	100%

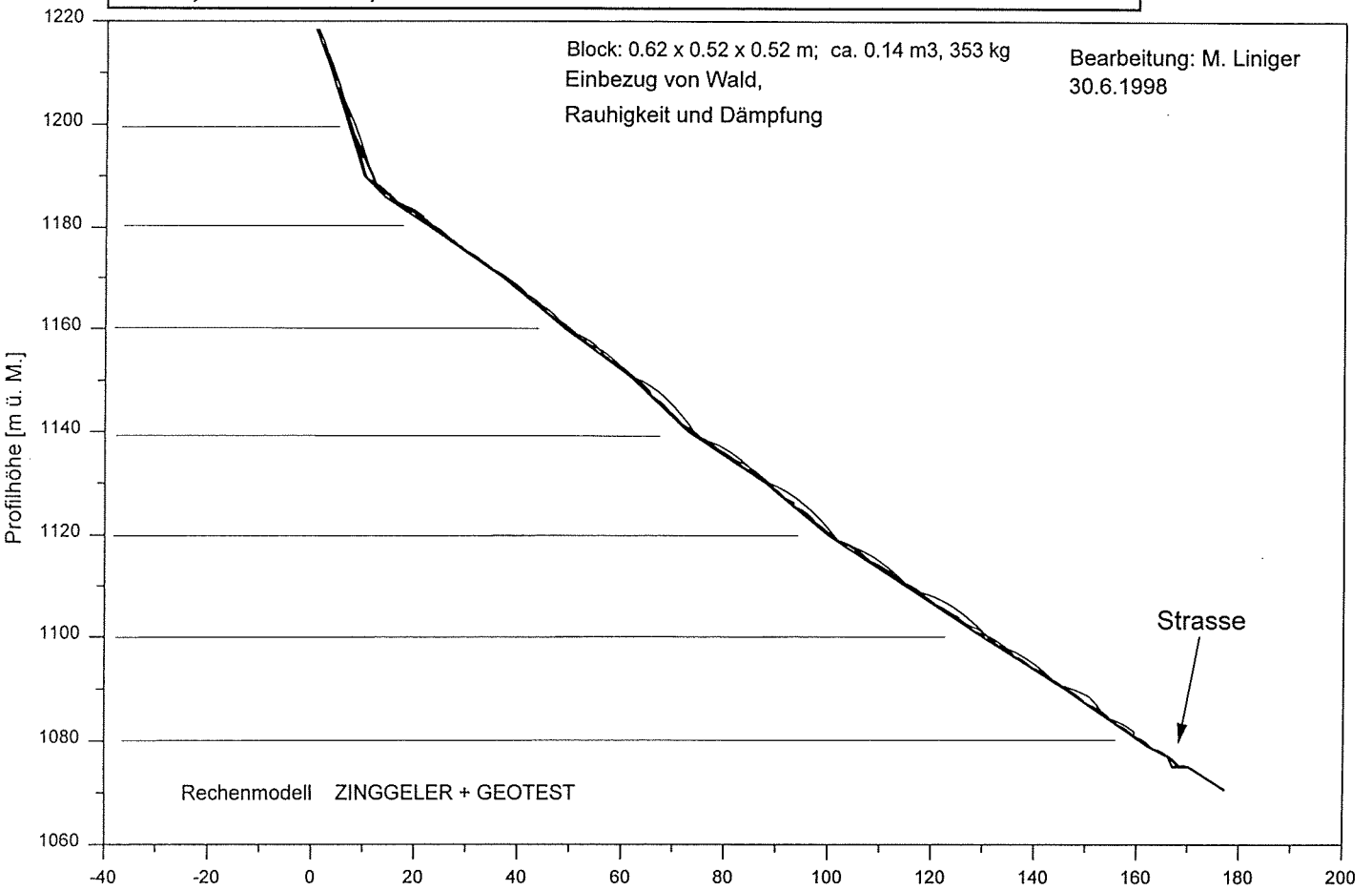
Vollkluppierung Juni 1998



**GWG, Mülewald 2, mit reduziertem Wald in Runse**



**GWG, Mülewald 2, Simulation mit dichtem Wald neben Runse**



## GWG, Mülewald 2, Runse mit reduziertem Wald

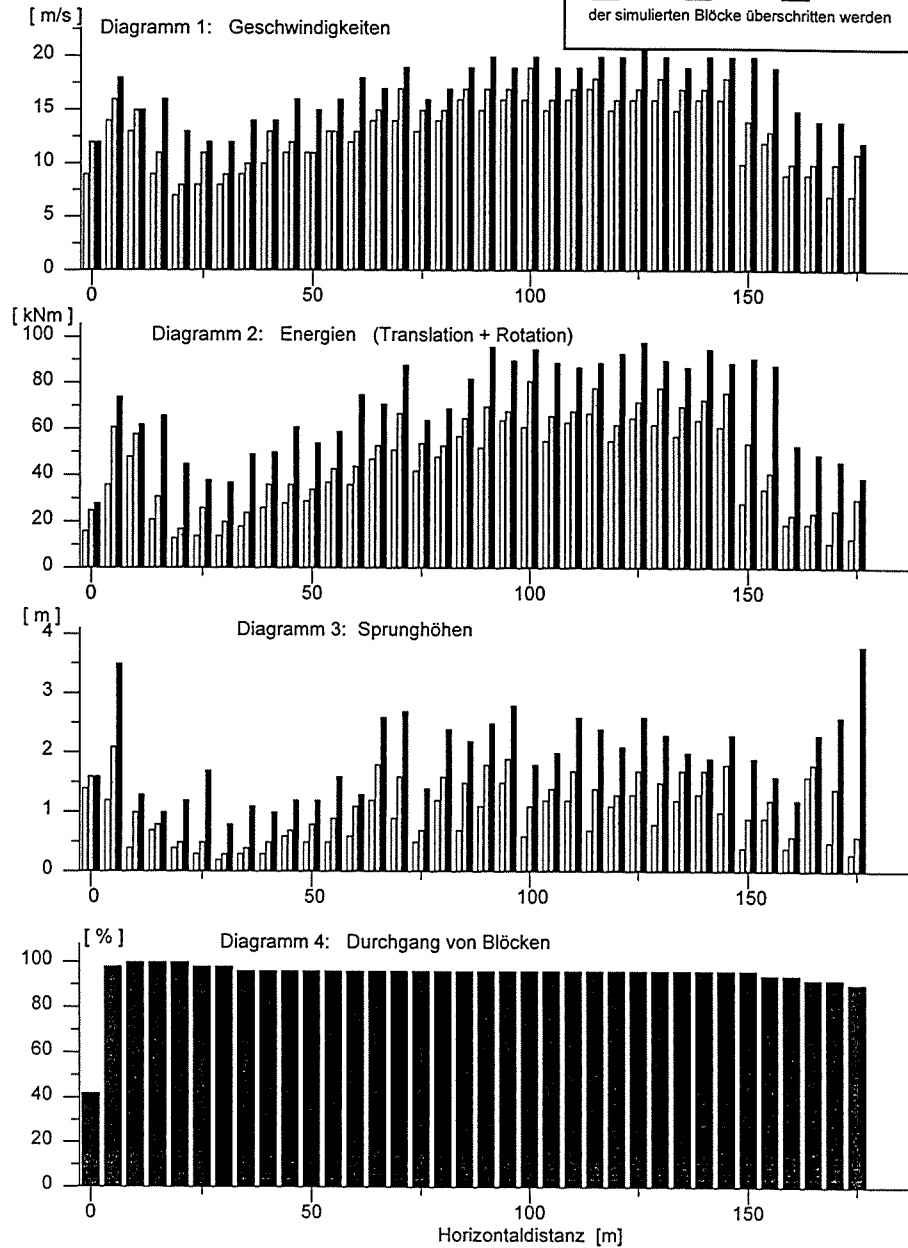
Einbezug von Rauigkeit, Dämpfung und Wald

Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg

Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 50% 20% 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden



## GWG, Mülewald 2, mit dichtem Wald neben Runse

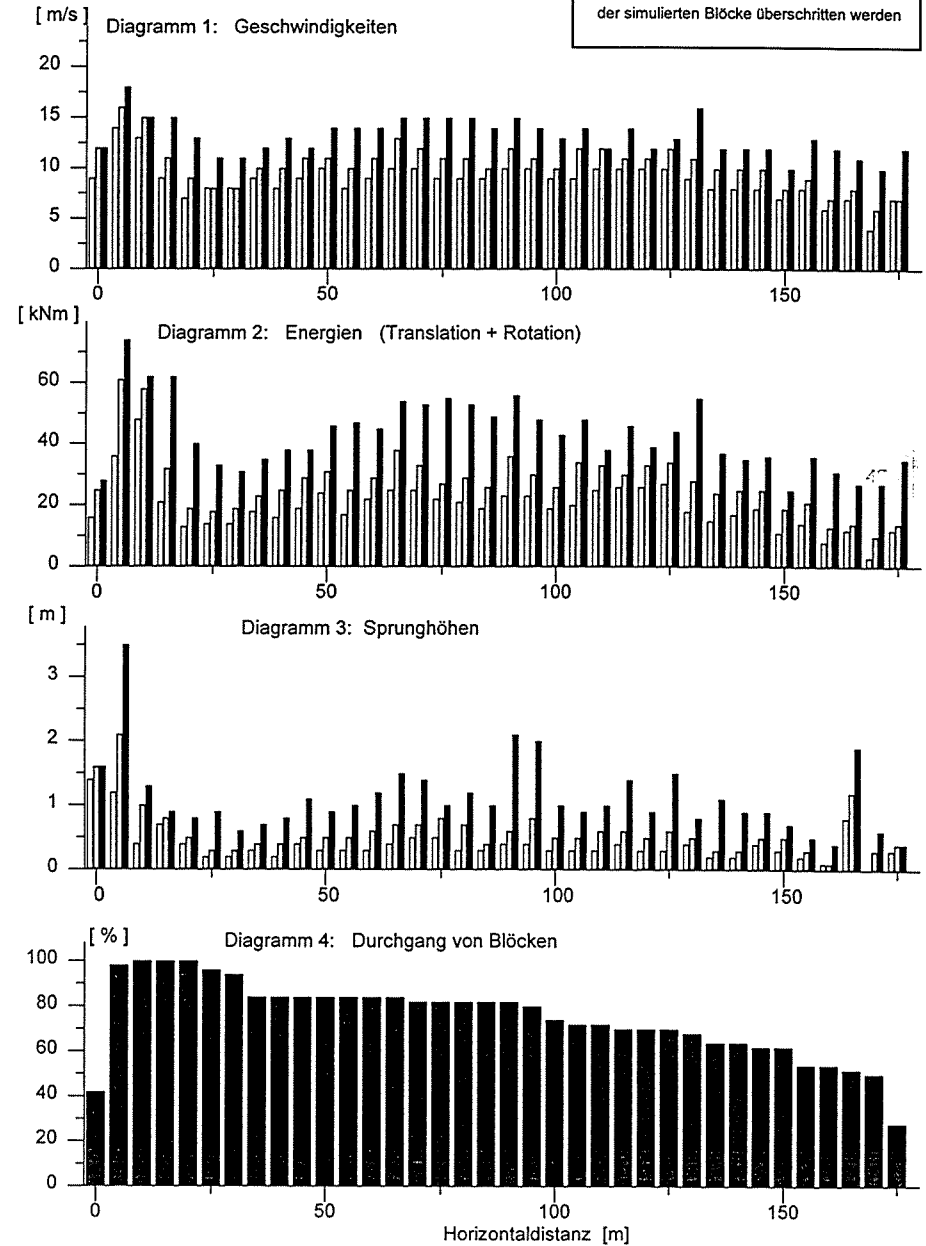
Einbezug von Rauigkeit, Dämpfung und Wald

Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg

Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 50% 20% 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden



## Mühlbrunnen 2 - Ergebnisse der Gruppenarbeit

### a) Übersicht – Gegenhangbeobachtung – Standort    vergl. Mühlbrunnen 1

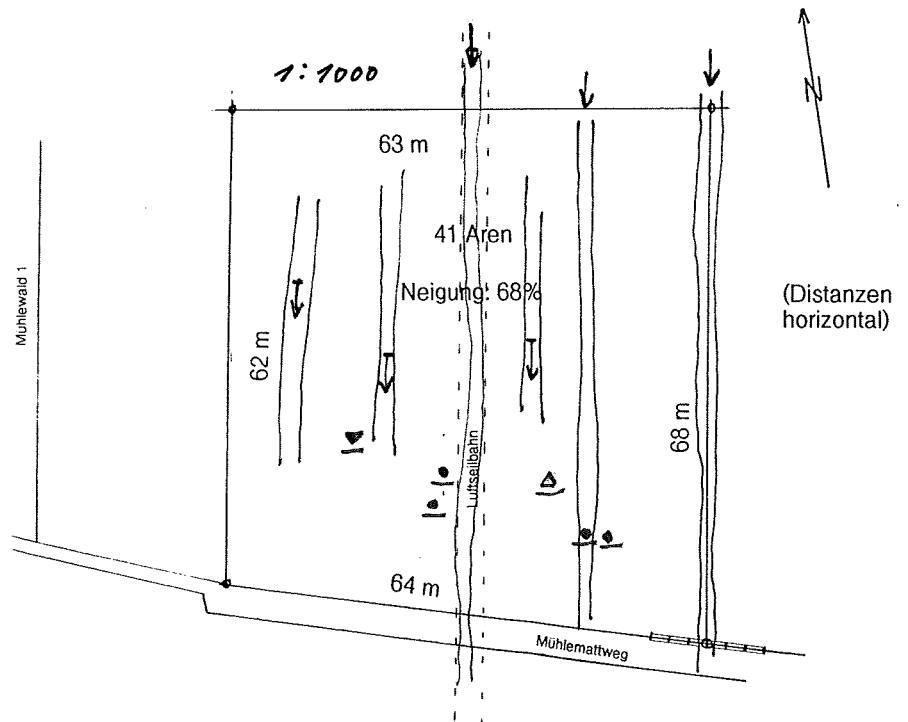
### b) Gefahrenpotential

Verschiedene Runsen können festgestellt werden. Insbesondere die Schneise der Brunibahn ist gefährlich.

Steine < 0,5 m, bis ca. 200 l  
max. Sprunghöhe 1 bis 1.5 m.

Auch kleine Steine können bis zum Schadenpotential vordringen und z.B. spielende Kinder treffen.  
Hindernisfreie Runse in der Schneise der Brunibahn.

Oberhalb des Weges wurde ein Hühnergitter als Schutz angebracht.



### c) Schadenpotential / Risiko    vergl. Mühlbrunnen 1

### d) Ist-Zustand    vergl. Form. 2

### e) Soll-Zustand    vergl. Form. 2

### f) Entwicklungsprognose    vergl. Mühlbrunnen 1

### g) Massnahmen - weiteres Vorgehen    vergl. Mühlbrunnen 1

### h) Präsentation und Diskussion

Vergl. Mühlbrunnen 1, hier werden nur ergänzende Aussagen aufgeführt

- Blöcke, die aus der Wand kommen, zerspringen beim Aufprall. Direkt unter der Wand treten wöchentlich Steine auf, sie kommen jedoch kaum bis über die Strasse. Ihre Energie reicht nicht aus, um Gebäude zu durchbrechen. Problematisch sind Runsen insbesondere die Schneise der Brunibahn, hier brechen die Steine durch (Liniger).
- Es wurden keine Ta gefunden - auf diesem Standort kann man mit Bu auch sehr gut auskommen - die Fichtenverjüngung ist ca. 40 Jahre alt, Sämlinge sind keine vorhanden - Bei Öffnungen wird die Fi kaum vor der Bu kommen (Frehner). In solchen Situationen gibt es oft reine Buchenwälder bis hoch hinauf, die Ta ist eher sekundär (H.U. Frey).



- Wir haben es mit einer „lebendigen Steinschlagverbauung“ zu tun, welche unterhalten werden muss - ringeln ist möglich und damit eine laufende Erweiterung der Öffnungen (Ott).
- Auf Grund der Beurteilung mit den gerberschen Tabellen müsste ein Baumholz I (BHD max. 50 cm) genügen - Niederwald wäre zu schwach - die Verjüngung kann an den Rändern von Schneisen eingeleitet werden (de Pourtalès).
- Es bestehen Handlungsvarianten: A) „Minifemelschlag“ , B) Minimaleingriff nur mit Ringeln starker Buchen.
- Es sind nur schwache Eingriffe angezeigt - sie sind aber dringend, auch wenn die Waldwirkung vorübergehend reduziert wird - die gute Zugänglichkeit erlaubt Eingriffsintervalle von 10 Jahren.
- Bei kleinen Öffnungen schliesst sich das Kronendach wieder, bevor die Verjüngung aufkommt - mit ca. 20 m gute Erfahrungen (H.U.Frey). Kleinere Öffnungen erfordern kürzere Eingriffsintervalle - Differenzieren nach Distanz zum Schadenpotential - oben grössere Löcher unten kleinere.
- Holz soll vor allem im Ablagerungsgebiet liegen bleiben, wo die Sprunghöhen gering sind und weniger im steilen Gelände.
- Der Revierförster kann das Risiko der Holzerei ohne Verbauungen nicht eingehen (Förster Hurschler).
- Die Notwendigkeit der Netzverbauung wird angezweifelt. Wäre nicht eine temporäre Verankerung von Netzen an den Buchen während der Holzerei denkbar (von Grünigen)?

### **Schlussbemerkungen zu den Objekten Mülibrunnen 1 und 2 (R.Schwitter)**

Die Diskussion an den Objekten Mülibrunnen 1 und 2 dreht sich vor allem um die Notwendigkeit von technischen Massnahmen (Netze) und die Verantwortung des Forstdienstes. Auch im Verlaufe der Kurstage ist nicht ganz klar geworden, ob die gegenwärtige Schutzwirkung des Waldes genügt, oder ob das Risiko heute als zu hoch erachtet wird.

Wenn nur deswegen ein Waldbauprojekt mit Netzverbau realisiert werden soll, weil die Probleme der Arbeitssicherheit und der Verantwortung während der Ausführung von waldbaulichen Massnahmen nicht gelöst werden können, läuft dies unseren Anstrengungen, der Schutzfunktion des Waldes mehr Anerkennung zu verschaffen, zuwider. Es müsste nach Lösungen für die Holzhauerei gesucht werden, die ohne teure Verbauungen auskommen (Temporäre Netze, Absprache mit Polizei, SUVA, oberer Forstdienst und Grundeigentümer). Die Verantwortung für die Ausführung von Massnahmen müsste geregelt werden. Sie kann nicht alleine dem Förster zugeschoben werden.

Wenn das aktuelle Risiko jedoch als zu hoch erachtet wird, wäre es unverantwortlich, vom Wald eine noch bessere Wirkung zu erwarten - zusätzliche technische Massnahmen sind dann notwendig.

*Unterdessen (Sommer 1999) wurde eine Entscheid gefällt – es werden im Rahmen eines Projektes Steinschlagnetze angebracht – unter finanzieller Beteiligung der Anwohner.*

Objekt: Mülibrunnen 2

Datum: 18.8.98 Gruppe: 2 Tagung

1. Standort - Lokalform <u>12 Typ. Zahnwurz - Buchenwald</u>									
2. Naturgefahr <u>Steinschlag</u> Entstehungs- <input type="checkbox"/> Transit- <input checked="" type="checkbox"/> Ablagerungsgebiet <input type="checkbox"/>									
3. Soll- Ist- Vergleich, Entwicklungstendenz und Herleitung der Massnahmen									
Merkmale	Bestandes- und Einzelbaummerkmale		Zustand-Entwicklung		wirksame Massnahmen	Verhältnis- mässigkeit	Realisier- barkeit		
	Ist	Soll	heute, in 10, in 50 Jahren						
Mischung	<u>97 Bu 3 Fi</u> <u>Baumholz II</u>	<u>Bu</u>							
Gefüge -vertikal	<u>einschichtig</u>	<u>stufig</u>			<u>Verjüngungskegel</u> <u>Bu <math>\phi &gt; 50</math>cm ringeln</u> <u>Abstand 70m</u>	<u>ja</u>	<u>ja</u>		
Gefüge - horizontal	<u>geschlossen</u> <u>Kronenschluss gedängt</u> <u>N = 723 Stk/ha, <math>\phi</math> 42-56 cm</u>	<u>grosse Durchmesserstreuung,</u> <u>möglichst grosse Stammzahl</u> <u>600-700 Fst/ha</u> <u><math>\phi</math> nicht über Baumholz II</u>				<u>x</u>			
Stabilitätsträger	<u>Buchen</u> <u>Schlankheitsgrad <math>&lt; 70 \rightarrow i.o.</math></u> <u>Kronen einseitig defektiert,</u> <u>Kronenlänge zu kurz, geringe Zahl</u>	<u>Buchen</u> <u>Schlankheitsgrad <math>&lt; 70 \rightarrow i.o.</math></u> <u>Kronen symmetrisch</u> <u>Kronenlänge 1/2-1/3</u>			<u>Durchforstung</u> <u>zu Gunsten Stabilitäts-</u> <u>trägers, 1-2 Bäume pro</u> <u>Stabilitätsträger entfernbar</u>	<u>ja</u>	<u>ja</u>		
Verjüngung- Keimbeet	<u>Keimbeet gut</u> <u>Tendenz zu oberfl. Anstreckung</u>	<u>-</u>							
Verjüngung Ansamung/Anwuchs	<u>vorh. Ah, Es, Bu</u> <u>total reichlich</u>	<u>3-4 Verjüngungskegel/ha</u>			<u>Verjüngungskegel</u> <u>siehe oben</u>	<u>ja</u>	<u>ja</u>		
Verjüngung Aufwuchs	<u>Fi, Bu spärlich</u>	<u>möglichst viel Laubholz,</u> <u>Fichte zurückdämmen</u>			<u>Eingriffe nach</u> <u>Mastjahr Buche</u> <u>richtbar</u>	<u>ja</u>	<u>ja</u>		
4. Handlungsbedarf ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> 5. Dringlichkeit 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>									

\*) Holz liegen lassen. Option: alle ringeln. Am unteren Waldrand alle Fällen  
Verjüngungskegel wenn möglich in offenen Zügen.

Objekt: *Mühlbrunnen 2*

Datum:

Gruppe: *2 Kurs 1*

1. Standort - Lokalform <i>Karbonat - Ta-Bu-Wald</i>										
2. Naturgefahr <i>Steinschlag</i>					Entstehungs- <input type="checkbox"/> Transit- <input checked="" type="checkbox"/> Ablagerungsgebiet <input type="checkbox"/>					
3. Soll- Ist- Vergleich, Entwicklungstendenz und Herleitung der Massnahmen										
Merkmale	Bestandes- und Einzelbaummerkmale				Zustand-Entwicklung			wirksame Massnahmen	Verhältnismässigkeit	Realisierbarkeit
	Ist		Soll		heute, in 10, in 50 Jahren					
Mischung	<i>Bu</i>	<i>Alh</i>	<i>Es</i>	<i>Fi</i>	<i>Bu</i>	<i>Alh</i>	<i>Es</i>	<i>Fi</i>		
	<i>90</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>e</i>	<i>90</i>	<i>70</i>		<i>e</i>		
Gefüge -vertikal	<i>zweischichtig</i>				<i>zweischichtig</i>					
Gefüge - horizontal	<i>Einzelbäume geschlossen</i>				<i>Einzelbäume geschlossen - gedrängt</i>					
Stabilitätsträger	<i>Kronenlänge: Bu 1/3, Fi 1/4 Hd-Wert: Bu 780, Fi 100 Verankerung: Bu mittel-gut einzelne Hänger</i>				<i>Kronenlänge: mind 1/3 Hd-Wert: &lt; 70</i>			<i>Verjüngen</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
Verjüngung- Keimbeet	<i>ohne Veg.-Konkurrenz</i>				<i>Stille Veg.-Konkurrenz</i>			<i>(Schlitz wagtudak: je nach Hänge, ca. 10m breit, 1 Baumlänge lang)</i>		
Verjüngung Ansamung/Anwuchs	<i>Wo nicht vorhanden → Fi-Verj. (Balkenschneite) sonst wenig Verjüngung</i>				<i>Ausäumung/Auswuchs Bu, Alh, Es</i>					
Verjüngung Aufwuchs	<i>nicht oben</i>				<i>in Schlitz</i>			<i>Verjüngen</i>	<i>x</i>	<i>x</i>
4. Handlungsbedarf					5. Dringlichkeit					
ja <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>					1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>					

# Grünenwald 1

## Inhalt:

- Aufgabenstellung
- Übersichtsplan 1:10'000
- Längenprofil
- Ergebnisse der Vollkluppierung
- Ergebnisse der Simulation GEOTEST
- Ergebnisse der Gruppenarbeiten
- Massnahmen September 1998

Foto: Objekt Grünenwald 1, oberer Teil der Fläche mit Felskopf  
Aufnahme: Raphael Schwitter, 23.9.98; Fotostandort 2c



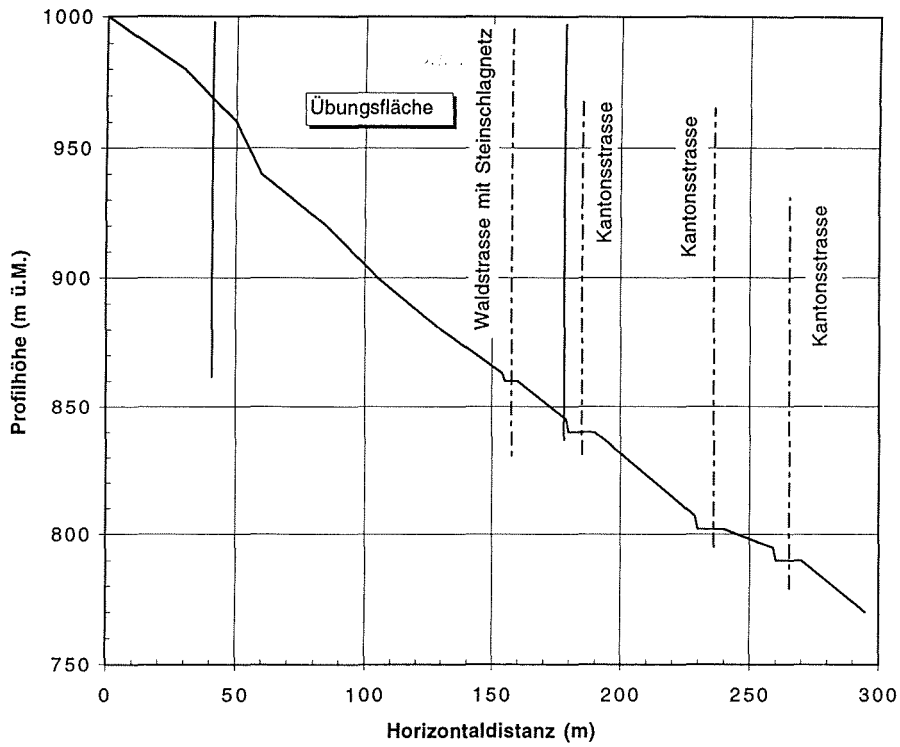
## Grünenwald 1 - Aufgabenstellung

Waldeigentümer: Kloster Engelberg

Der Wald liegt oberhalb der Kantonsstrasse, welche nach Engelberg führt. Angesichts der grossen Bedeutung dieser Verbindungsstrasse wurden im Jahre 1995 Steinschlagnetze erstellt. Bei der Dimensionierung der Werke wurde die Schutzwirkung des Waldes miteinbezogen. Das bedeutet, dass ohne Wald trotz Schutznetzen Steine die Strasse erreichen können (vergl. Risikobetrachtungen von W.Frey).

Aufgaben	Mittel / Unterlagen
<b>a) Übersicht</b> Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Situation.	Karte 1:25'000 Plan 1:10000 Längenprofil Kopie Veg.-Karte
<b>b) Steinschlagprozess - Einflussfaktoren</b> Studieren Sie die Angaben zum Steinschlagprozess Welches sind die wirksamen Einflussfaktoren?	Grundlagen zum Steinschlagprozess  → Form.1, Rückseite
<b>c) Einflussfaktoren - Waldwirkung</b> Welche Einflussfaktoren kann der Waldbauer beeinflussen? Welche Bestandesmerkmale sind dabei besonders wichtig? Müssen Ihre Aussagen innerhalb der Weiserfläche differenziert werden?	→ Form.1, Rückseite
<b>d) Ist-Zustand</b> Beschreiben Sie den Bestand (siehe auch Vollkluppierung) Beschreiben Sie die Merkmale, welche Sie als wichtig erachten, möglichst genau.	Vollkluppierung → Form.2
<b>e) Soll-Zustand</b> Welcher Waldzustand ist auf diesem Standort nachhaltig möglich? Welcher Waldzustand sollte erreicht werden? Formulieren sie den Soll-Zustand - wenn nötig differenziert nach Entstehungs-, Transit- und Ablagerungsgebiet.	Wegleitung Min.-Pfl. → Form.2
<b>f) Entwicklungsprognose - Massnahmen</b> Machen Sie die Entwicklungsprognose. Mit welchen Massnahmen kann die vermutete Entwicklung wirksam beeinflusst werden?	→ Form.2
<b>g) Pflegeziel und Kontrollkriterien</b> Formulieren Sie das Pflegeziel und geben Sie Kriterien an, welche in 10 Jahren die Überprüfung der Ziele erlauben (Erfolgskontrolle). Differenzierungen innerhalb der Weiserfläche in der Skizze einzeichnen.	→ Form.3
<b>h) Anzeichnung</b> Zeichnen Sie die gewählten Massnahmen auf der Weiserfläche an (Kluppierung). Was geschieht mit dem Holz? Schätzen Sie Aufwand und Erlös!	Markierband / Kluppe Anzeichnungsprotok. → Form.3
<b>i) Folgerungen</b> Welche Folgerungen ergeben sich für den „Soll-Zustand des Waldes bei Steinschlag“? Was muss korrigiert und ergänzt werden? Ist folgende Faustregel zulässig? „Der Zieldurchmesser liegt bei einem Drittel der massgebenden Steingrösse“	→ Form.4
<b>j) Präsentation und Diskussion</b> Am 2. Tag präsentieren Sie Ihre Ergebnisse im Plenum. Wir bitten Sie, die anschliessende Diskussion protokollarisch festzuhalten. Aus den Ergebnissen der Tagung wird eine Dokumentation zusammengestellt.	→ Form.5

### Längensprofil Grünenwald 1, 2



GWG/FAN-Kurs Engelberg, August 1998

Kursunterlagen WSL VERBAUWESEN

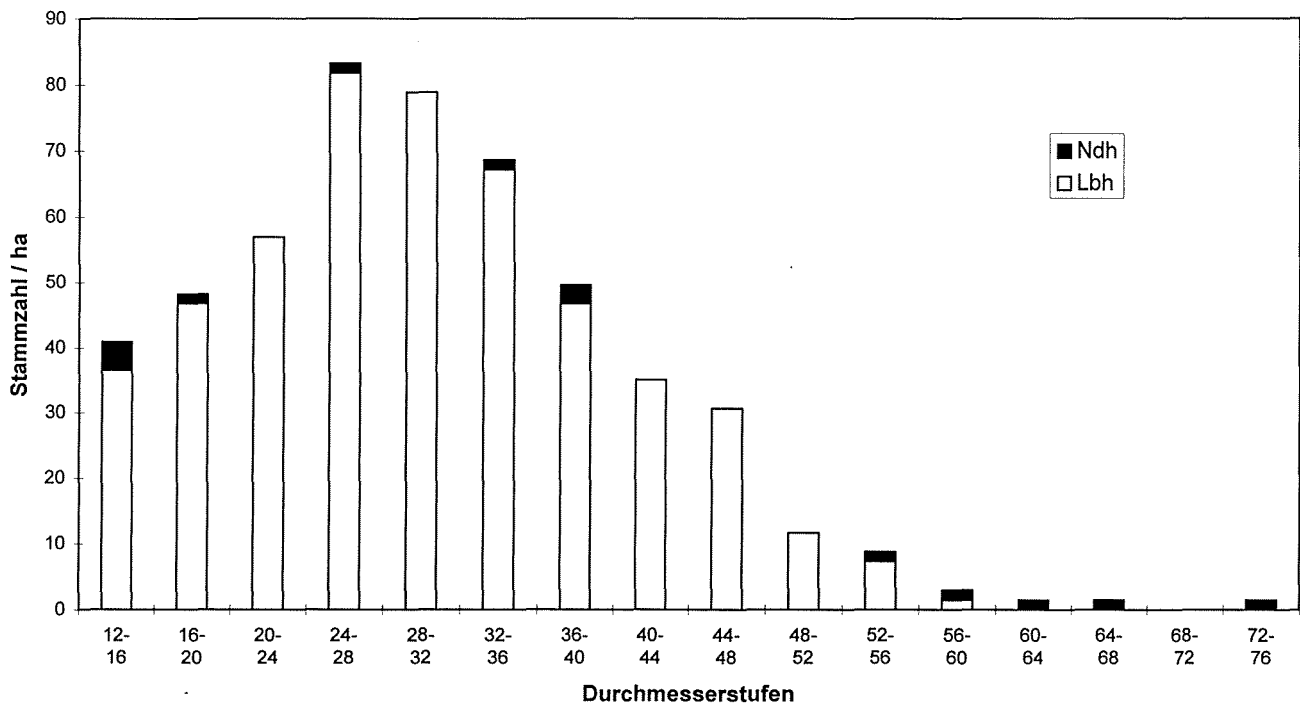
Beilage zu Übungsaufgaben

### Grünenwald 1

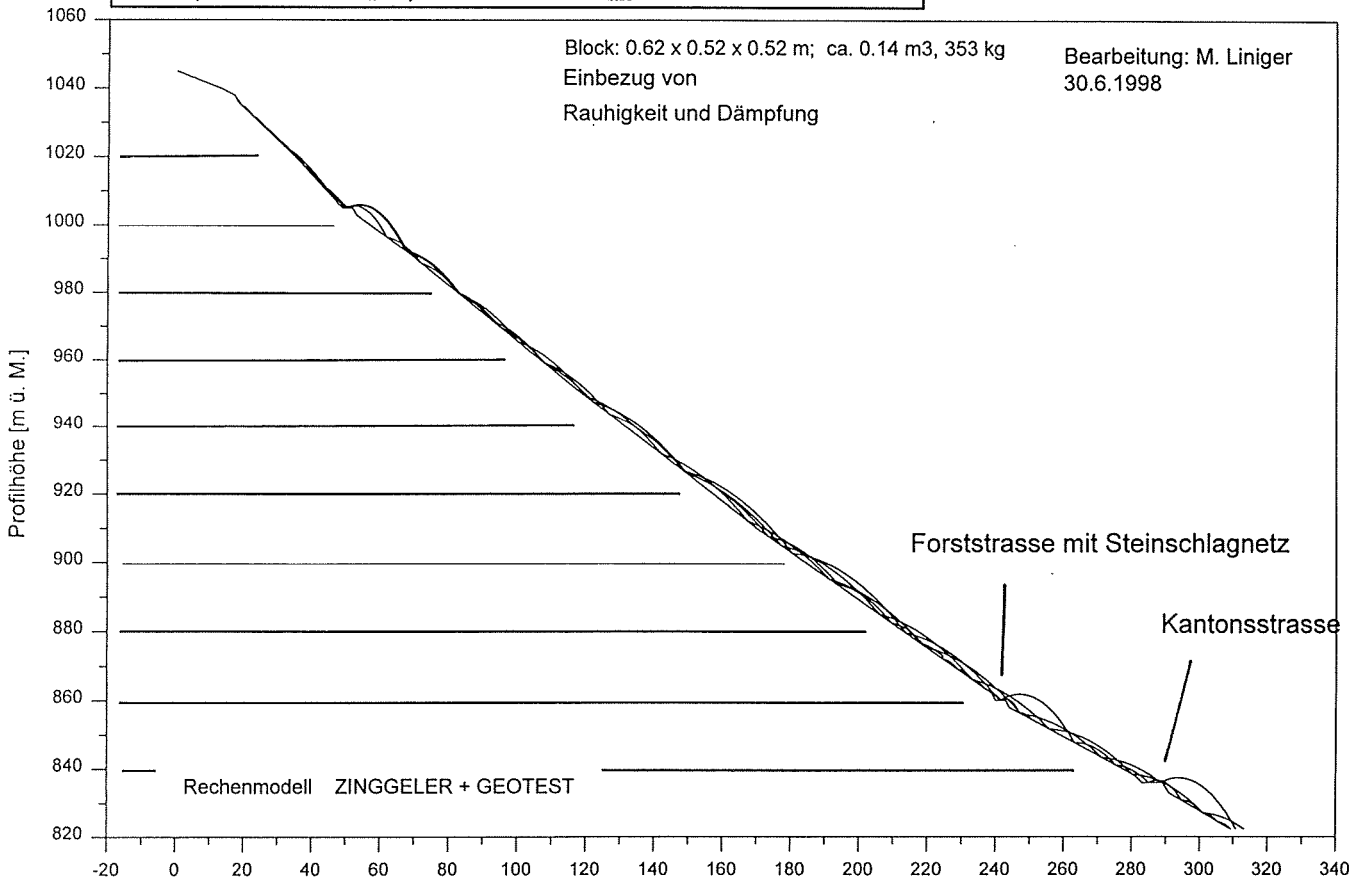
Vollkluppierung Juni 1998

Kennzahlen	
Stammzahl	520 N/ha
Volumen	521 fm/ha
Entwicklungsstufe	
Baumholz III	

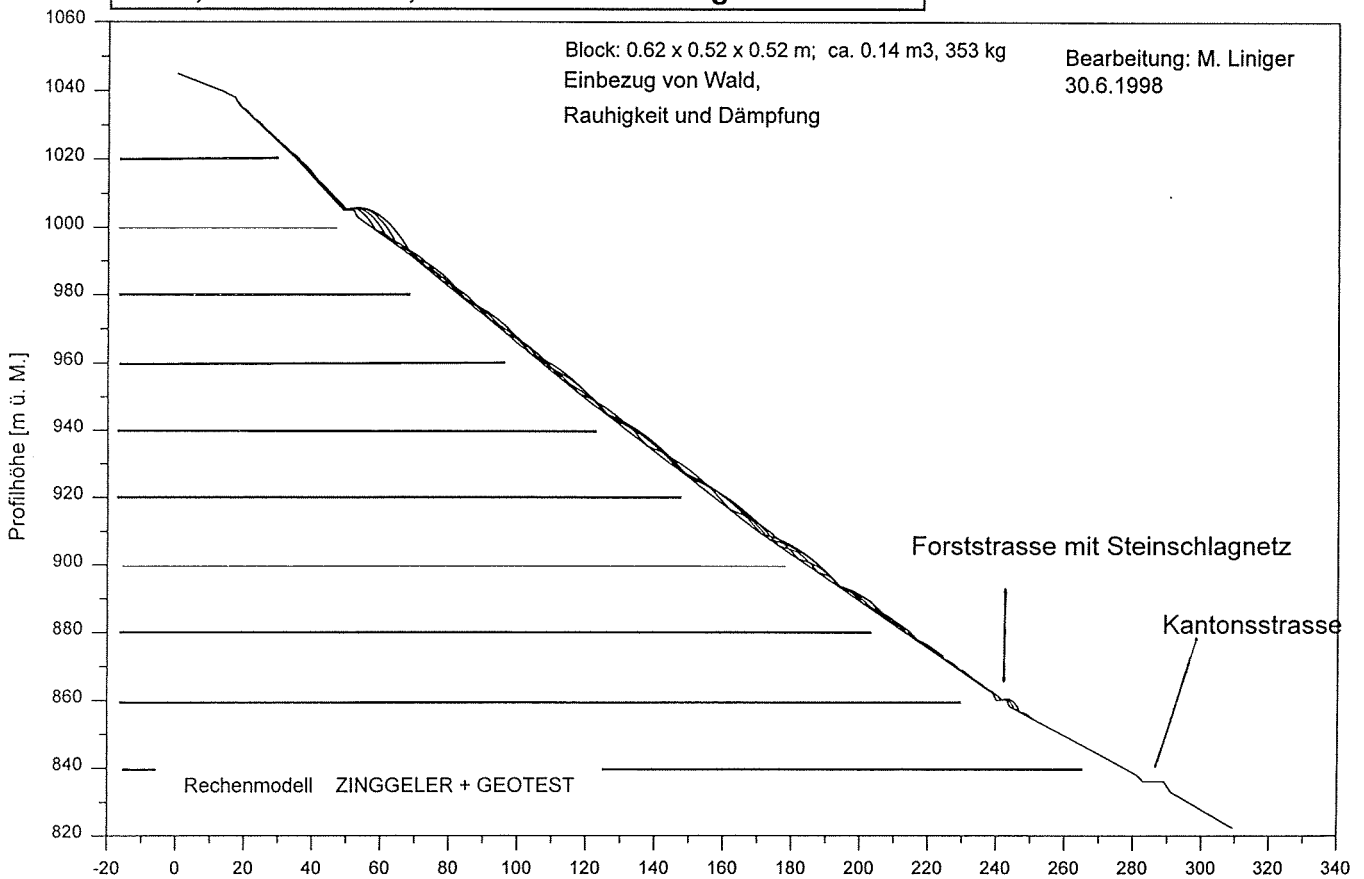
Baumartenanteile	
Bu	78%
Es	5%
BAh	5%
ü. Lh	5%
Ta	0%
Fi	8%
total	100%



**GWG, Grünenwald 1, Simulation ohne Wald**



**GWG, Grünenwald 1, Simulation mit heutigem Wald**

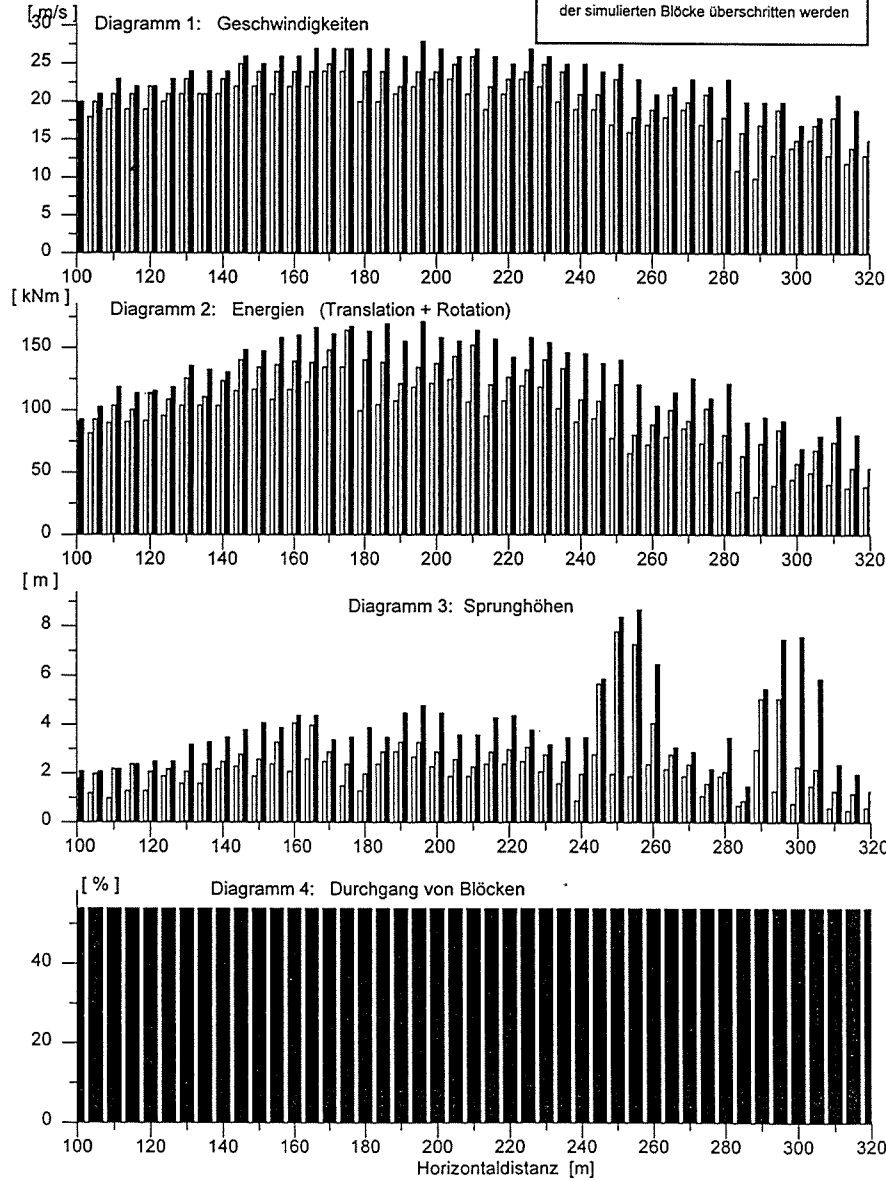


## GWG, Grünenwald 1, Simulation ohne Wald

Einbezug von Rauigkeit und Dämpfung  
 Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg  
 Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 50% 20% 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden

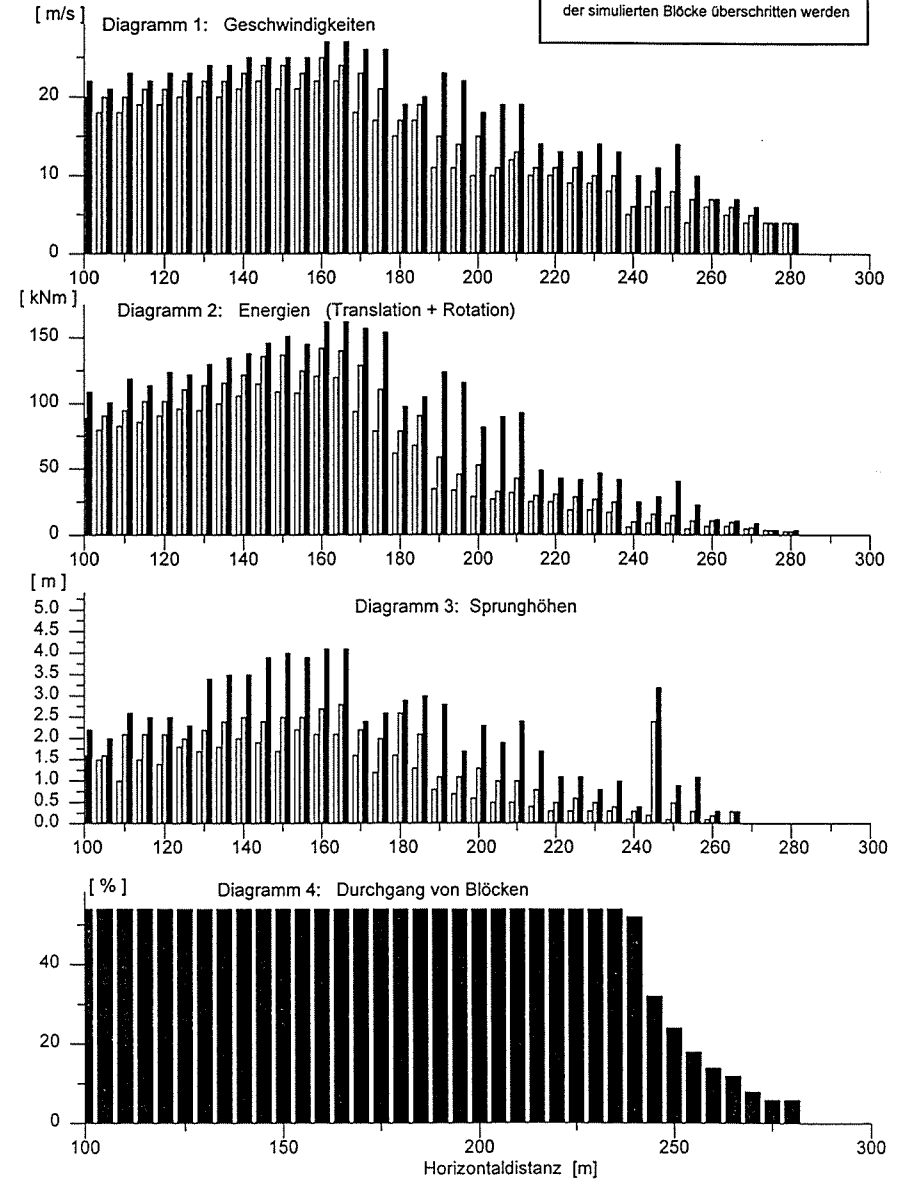


## GWG, Grünenwald 1, Simulation mit heutigem Wald

Einbezug von Rauigkeit, Dämpfung und Wald  
 Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg  
 Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

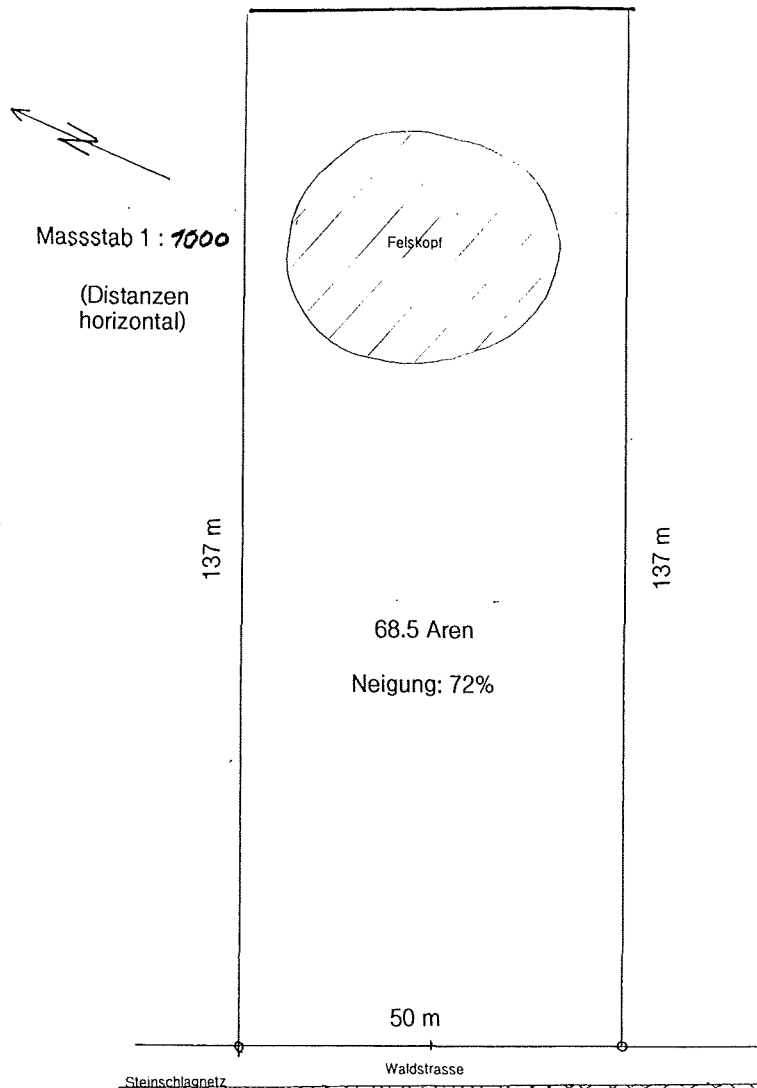
Werte, die von  
 50% 20% 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden





## Grünenwald 1 - Ergebnisse der Gruppenarbeiten

### a) Übersicht - Standort



#### Gefahrenpotential:

Am Felskopf brechen vor allem kleinere Steine aber auch grössere kantige Blöcke aus. Stürzende Bäume können Steine losreissen.

Im unteren Drittel der Fläche wurden einige Bäume geworfen, z.T. liegen sie hangabwärts.

#### Standort:

Zahnwurz-Buchenwald (12) und Linden-Zahnwurz-Buchenwald (13) bilden ein Mosaik. In kleinen Mulden kommen auch Übergänge zum Hirschzungen-Ahornwald vor.

Die Böden sind hier weiter entwickelt und dadurch bedeutend wüchsiger als im typischen Zahnwurz-Buchenwald. Dieser Umstand hat zwei wichtige waldbauliche Konsequenzen (B. Wasser):

- Die Verjüngungsgunst für Esche und Bergahorn ist deutlich besser als im typ. Zahnwurz-Buchenwald. Esche und Bergahorn könnten hier gut gefördert werden.
- Trotz wenig mächtigen Böden ist die Nährstoff- und Wasserversorgung sehr gut. Die Buche erreichen beachtliche Höhen und Durchmesser. Die geringe Durchwurzelungstiefe bei grossen Dimensionen führt mit zunehmendem Alter zu einer höheren Wahrscheinlichkeit, dass Bäume umstürzen. Diese Gefahr nimmt mit zunehmender Assymetrie der Bäume zu. Die Kronenpflege, bzw. die Vermeidung einseitiger Kronen oder die deutliche Senkung des Zieldurchmessers ist deshalb zur Förderung der Stabilität aehr wichtig.

### **b) Steinschlagprozess - Einflussfaktoren**

Aus den Unterlagen von W. Gerber: Für die Objekte 1 und 2 ist nur ein Längenprofil zwischen den beiden Flächen aufgezeichnet worden. Im gewählten Profil sind die steinliefernden Felswände zwischen 20 und 30 m hoch und weisen eine Neigung von ca. 150 % auf. Der Untergrund besteht aus Gehängeschutt mit Steingrößen bis zu 50 cm Durchmesser. Teilweise ist das Gelände sehr steil (85%) und weist eine kleine Rauigkeit auf, so dass sich die Steine in den baumfreien Strecken schnell beschleunigen können.

Ereignisse W. periode	Steingröße (m)	Steinmasse (kg)	Sprunghöhe (m)	Sprungweite (m)	Geschw. $V_e$ (m/s)	Pauschal- Gefälle (%)
häufig 1-30 Jahre	0,30	50	2	15	17	70
selten 30-100 Jahre	0,50	200	3	25	22	65

**Entstehungsgebiet:** Felskopf als Ablösungsstelle - Wald dämpft den Frost-Tau-Zyklus. Die langen Bäume haben eine Hebelwirkung - Steine werden durch Wurzelteller gelöst. Wurzelteller können auch im Transitgebiet Steine lösen.

**Transitgebiet:** Wenig Bodenunebenheiten. Totholz und umgekippte Wurzelteller erhöhen die Rauigkeit. Der mittelgründige, verbrauchte Boden bewirkt eine gute Dämpfung. Umstürzende Bäume liefern neue Steine.

### **c) Einflussfaktoren - Waldwirkung**

**Entstehungsgebiet:** Die Beschattung von Felsköpfen schützt vor klimatischen Extremen. Hohe sturzgefährdete Bäume wirken negativ.

**Transitgebiet:** Die Stabilität der Bäume ist wichtig - es muss verhindert werden, dass Bäume umstürzen und neue Steine liefern. Totholz und hohe Stöcke fördern die Rauigkeit. Bis zu einer Hangneigung von 80 % wirken liegende Bäume positiv, da sie kaum abgleiten und die zurückgehaltenen Steine eher liegenbleiben. Bei Hangneigungen über 80 % besteht das Risiko, dass die liegenden Bäume und die dahinterliegenden Steine ins Rutschen kommen. Der Erhalt der Bodengründigkeit durch geeignete Baumartenmischung und Struktur wirkt sich positiv auf die Dämpfung aus. Eine hohe Stammzahl / Basalfläche erhöht Wahrscheinlichkeit von Baum- und Bodenkontakten und reduziert die Sprunghöhen und die Energie der Steine. Zahlreiche dünnere Bäume im oberen Transitbereich sollen verhindern, dass die Steine an Geschwindigkeit zunehmen - dickere Bäume im unteren Bereich sollen die Steine stoppen.

**d) Ist-Zustand**           vergl. Form. 2

**e) Soll-Zustand**       vergl. Form. 2

**f) Entwicklungsprognose – Massnahmen**           vergl. Form. 2

**g) Pflegeziel und Kontrollkriterien**           vergl. Form. 3

## **h) Anzeichnung**

Tagung: 75 m<sup>3</sup> / ha    Kurs 1: 60 bis 100 m<sup>3</sup> / ha    Kurs 2: ca. 130 m<sup>3</sup> / ha

**i) Folgerungen**        keine Aussagen

## **j) Präsentation und Diskussion**

### **Tagung:**

- Die Unterlagen von W. Gerber werden als nützlich erachtet. Die Benutzung der Graphiken sollte jedoch besser erklärt werden. Die Erkenntnisse könnten allenfalls in die Wegleitung „Minimale Pflegemassnahmen“ einfließen.
- Die Anzeichnung für die Förderung der Verjüngung liefert 75 m<sup>3</sup> Holz, diese entspricht kaum dem Zuwachs. Auf diese Weise kann der angestrebte Zieldurchmesser von 40 cm nur sehr langfristig erreicht werden. Es sollte so schnell als möglich in vielen kleinen Lücken verjüngt werden.
- Auf Grund von Erfahrungen und unter Berücksichtigung der Graphik Bruchschlagarbeit (W. Gerber, Beilage 8) genügen Bäume mit BHD 40 cm den auftretenden Energien. Beilage 8 beruht auf Versuchen, bei denen trockenes, eingespanntes Holz belastet wurde. Es wird geschätzt, dass lebende Bäume bis zu zweimal soviel Bruchschlagarbeit zu leisten vermögen - es wäre wünschenswert, diesbezüglich weitere Erkenntnisse zu sammeln.

### **Kurse:**            (nur zusätzliche Bemerkungen werden aufgeführt)

- Die Strecke vom Entstehungsgebiet bis zum Netz ist kurz - Steine können mit 0 bis 1 Baumtreffern durchspringen. Der Wald hat in diesem Zustand nur eine beschränkte Schutzwirkung.
- Die Bestockung stellt auch eine Gefahrenquelle dar: Pflege im Entstehungsgebiet auf dem Felskopf, Bäume entfernen, die auf das Netz stürzen können.
- Die Steine kommen vor allem aus dem bewaldeten Felskopf. Es ist deshalb sinnvoll, die Steine schon möglichst dort zurückzuhalten, bevor sie hohe Geschwindigkeiten erreichen. Ein stammzahlreicher Gürtel unterhalb des Felsens wäre wirksam.
- Es kann beobachtet werden, dass das Pauschalgefälle bei Steinschlag an entwaldeten Hängen wesentlich geringer ist als an bewaldeten Hängen - ein indirekter Hinweis für die Waldwirkung (Gerber).
- Es handelt sich hier um einen typischen Verjüngungsbestand mit einem kurzen allgemeinen Verjüngungszeitraum. Ein möglichst grosser Verjüngungszeitraum würde sich günstig auf die Ungleichaltrigkeit auswirken.
- Sommergewitter haben zu Windwürfen und zur Bildung von Schneisen geführt.
- Im mittleren und unteren Transitbereich geht es vor allem auch darum, den sekundären Steinschlag zu verhindern.
- Dickungspflege ist wichtig zur Förderung der Stabilität des zukünftigen Bestandes.
- Faule Bäume zu ringeln ist gefährlich, da sie schnell umstürzen und wie Pfeile abgleiten.
- Bei gefrorenem Boden machen vor allem kleinere Steine lange Sprünge und gewinnen viel Energie. Grosse Steine könnten, wenn sie die gefrorene Schicht durchschlagen, zusätzliche Energie verlieren. (Kienholz)
- Bei den Verjüngungszentren besteht die Gefahr, dass die Randbäume instabil werden - Hänger müssen entfernt werden.
- Es wird vorgeschlagen, den Bestand von unten her abzuräumen - dieses Vorgehen verhindert eine kleinflächig ungleichaltrige Struktur.
- Für die Bringung müssen die Seillinien diagonal in den Hang gelegt werden.

Objekt: *Grünenwald 1*

Datum: *18. 8. 98*

Gruppe: *Täschung*

**6. Pflegeziel**

Angestrebter Zustand in 10 Jahren

*2 Lücken bis 5a mit Auwachen*

*20-30 der dicksten Bäume mit Stabilitätsproblemen entfernt*

*Hohe Stöcke belassen*

**Kontrollkriterien**

Woran erkennt man, dass das Pflegeziel erreicht ist?

*Lücken mit Auwachen vorhanden  
Mäzdung zielgerecht (~ 200 Stk/a)*

**7. Aufbereitung des Holzes** (Checkliste Anhang 6)

	ja	nein	Anteil in %
Ringeln			
Liegenlassen i.R.	<input checked="" type="checkbox"/>		<i>10%</i>
Liegenlassen o.R.			
Transport	<input checked="" type="checkbox"/>		<i>90%</i>

Begründung für Transport:

*Begehbarkeit  
Gefahr, dass Stämme abrollen*

**8. Massnahmen und Aufwandschätzung pro ha**

Nr. FZ BAR	Beschreibung	Einheit	Menge pro ha	Kosten/ Einheit	Kosten pro ha
	<i>Holzerrei</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>75</i>	<i>70</i>	<i>5250,-</i>
	<i>Holz-Abtransport</i>	<i>m<sup>3</sup></i>	<i>68</i>	<i>70</i>	<i>4760,-</i>
<i>Total</i>					<i>10'010,-</i>

**10. Weitere Massnahmen**

ausserhalb Zuständigkeitsbereich des Forstbetriebes

**11. Beobachtungen und Bemerkungen**

**9. Holzertrag**

Menge in m<sup>3</sup>/ha: *68*

Preis/m<sup>3</sup>: *65,-*

Erlös:

*- 4'420,-*

# Grünenwald 1 - Massnahmen September 1998

## a) Grundlagen

Der Waldeigentümer und der örtliche Forstdienst zeigten sich bereit, diesen Wald entsprechend den Vorschlägen aus der Tagung zu behandeln. Grundlage für die Anzeichnung bildete die Beurteilung durch die Gruppe anlässlich der Tagung.

### Herleitung der Massnahmen (Formular 2 vom 18.8.98).

1. Standort - Lokalform <i>Jahreswald - Buchenwald (vereinzelte Tanne, Kiefer und Hainbuche)</i>							
2. Naturgefahr Entstehungs- <input checked="" type="checkbox"/> Transit- <input checked="" type="checkbox"/> Ablagerungsgebiet <input type="checkbox"/>							
3. Soll- Ist- Vergleich, Entwicklungstendenz und Herleitung der Massnahmen							
Merkmale	Bestandes- und Einzelbaummerkmale		Zustand-Entwicklung		wirksame Massnahmen	Verhältnismässigkeit	Realisierbarkeit
	Ist	Soll	heute, in 10, in 50 Jahren				
Mischung	<i>Bu 80%, Fi 10%</i>	<i>Bu 90%</i>		↑			
	<i>Er, BAh, Ul, SAh 10%</i>	<i>Edelbaumholz mind 10%</i>		↑			
Gefüge - vertikal	<i>einseitig B-Steuerung mittel</i>	<i>einseitig B-Steuerung gross</i>		↑	<i>(2. Verjüngung)</i>		
Gefüge - horizontal	<i>gedrängt mit Löchern bis zu 3 Baumhöhen</i>	<i>horizontal klüffelförmig Nähererand der Aufwühlungsstufen &lt; 50 Lücken &lt; 20m</i>		↑	<i>(2. Verjüngung)</i>		
Stabilitätsträger	<i>Kronen einseitig Schlungholzgrad &lt; 80 Verankerung problematisch</i>	<i>Kronen quadratisch Schlungholzgrad &lt; 80 Verankerung gut Felddurchmesser &lt; 40</i>		↑	<i>Zielstärkenunters Gefahrenträger entfernen</i>	X	X
Verjüngung- Keimbeet	<i>Keimbeet gut</i>	<i>gleichbleibend gut</i>		↑			
Verjüngung Ansammlung/Anwuchs	<i>Ansammlung in Lücken vorhanden Aufwuchs fehlt</i>	<i>Ansammlung / Aufwuchs an Stocken vorhanden</i>		↑	<i>Verjüngungslücken schaffen</i>	X	X
Verjüngung Aufwuchs							
4. Handlungsbedarf ja <input checked="" type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/>			5. Dringlichkeit 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/>				

Pflegeziel	Kontrollkriterien
<ul style="list-style-type: none"> <li>Zwei Lücken bis 5a mit Anwuchs</li> <li>20 bis 30 der dicksten Bäume mit Stabilitätsproblemen entfernt (hohe Stöcke)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lücken mit Anwuchs vorhanden, Mischung zielgerecht.</li> <li>Keine Gefahrenträger vorhanden</li> </ul>

Geschätzte Holzmenge pro ha: 75 m<sup>3</sup>. Einzelne Stämme (ca. 10%) sollen diagonal im Hang liegen bleiben.

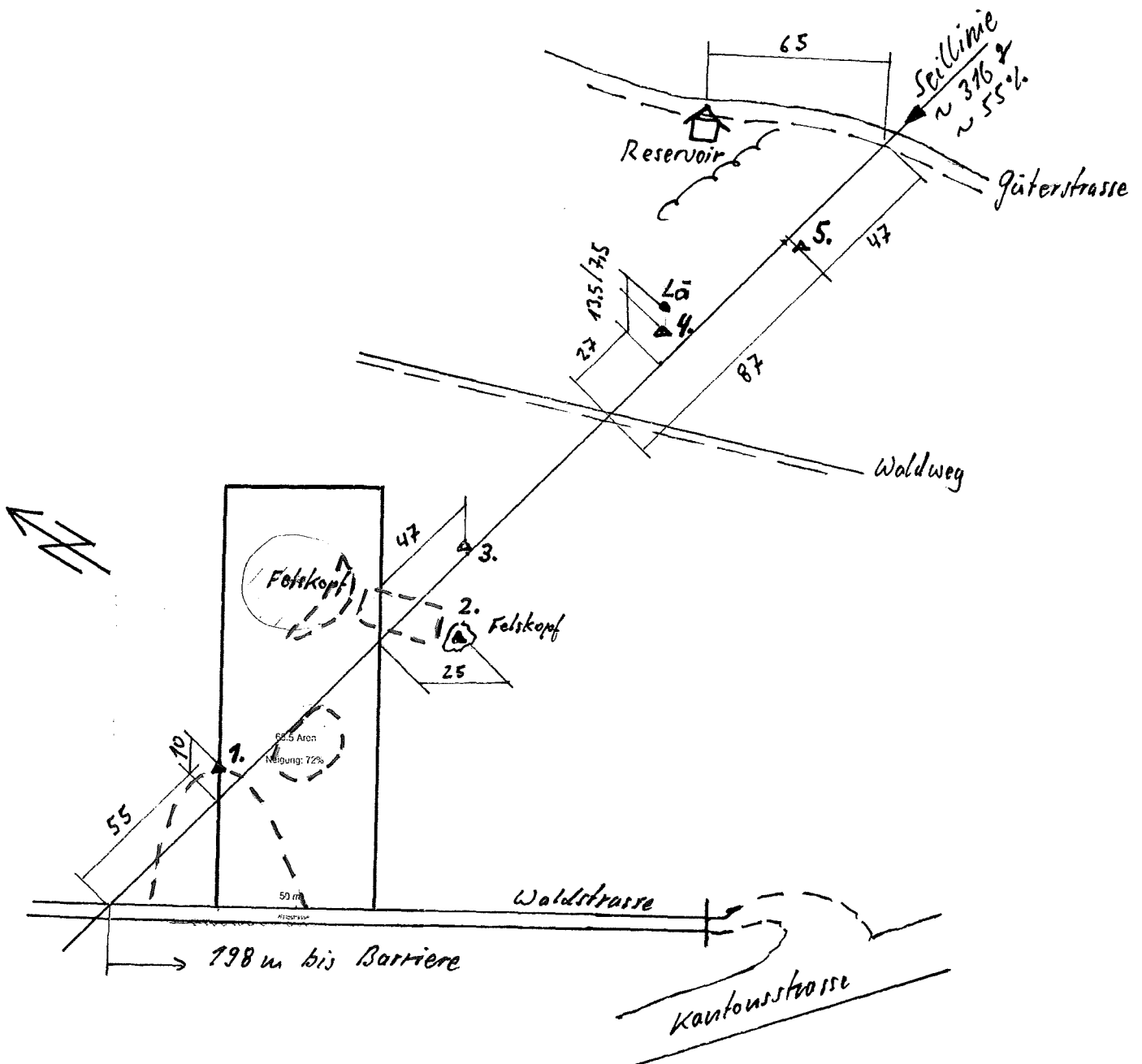
**b) Anzeichnung**

Die Anzeichnung wurde am 23. September 1998 von Brächt Wasser und Schwitter Raphael zusammen mit Förster Josef Hurschler und René Imfeld vorgenommen. Dieser erste Eingriff erfolgt entlang einer Seillinie, die diagonal durch die Weiserfläche bis zur oberen Güterstrasse verläuft. Der obere Teil der Weiserfläche wird erst durch die nächste Seillinie erreicht.

**Situation 1: 2000** Masse in m (hangparallel)

▲ Fotostandorte

○ angezeichnete Verjüngungsöffnungen



## Anzeichnungsprotokoll

Anzeichnung:                      Grünenwald 1                      Datum: 23.9.98  
 Innerhalb der Weiserfläche

Stufe cm	Bu	Es	Bh	übr.Lbh	Fi	TA	Tot.Stz.	Tarif	sv
12-16							0	0.15	0.00
16-20	3						3	0.25	0.75
20-24	8						8	0.40	3.20
24-28	8		1				9	0.60	5.40
28-32	5			1			6	0.85	5.10
32-36	9		1	1			11	1.15	12.65
36-40	3	1					4	1.45	5.80
40-44	5	1					6	1.80	10.80
44-48	3						3	2.20	6.60
48-52	5	2					7	2.70	18.90
52-56	1	1					2	3.20	6.40
56-60							0	3.70	0.00
60-64							0	4.20	0.00
64-68							0	4.80	0.00
68-72							0	5.40	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>59</b>		<b>75.60</b>

Anzeichnung:                      Grünenwald 1                      Datum: 23.9.98  
 Ausserhalb der Weiserfläche

Stufe cm	Bu	Es	Bh	übr.Lbh	Fi	Lä	Tot.Stz.	Tarif	sv
12-16							0	0.15	0.00
16-20	7		1				8	0.25	2.00
20-24	11		4				15	0.40	6.00
24-28	8		6				14	0.60	8.40
28-32	15		2		1		18	0.85	15.30
32-36	10		1		1		12	1.15	13.80
36-40	14						14	1.45	20.30
40-44	10		1				11	1.80	19.80
44-48	9						9	2.20	19.80
48-52	4				1		5	2.70	13.50
52-56	3						3	3.20	9.60
56-60	1				1		2	3.70	7.40
60-64					1		1	4.20	4.20
64-68	1				2		3	4.80	14.40
68-72					1	1	2	5.40	10.80
72-76					2		2	6.00	12.00
<b>TOTAL</b>	<b>93</b>	<b>0</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>119</b>		<b>177.30</b>

Ganze Anzeichnung:

Stammzahl                      178  
 Silven                              252.90  
 Mittelstamm                      1.42

**c) Ausführung**

Die Arbeit konnte im Winter 98/99 durch die örtliche Forstgruppe wie geplant ausgeführt werden. Die folgende Zusammenstellung von Förster Josef Hurschler enthält die Daten des gesamten Holzschlages. Die Differenz der Holzmenge zur Anzeichnung ist vor allem auf den zu tiefen Tarif zurück zu führen.

(Holzschlag Nr. 23, Oktober 1998 bis Mai 1999)

Aufwand		Holzerei und Seilen mit Kippmast		
	Hurschler Sepp	52 Std à	60.00	3'120.00
	Gerber Paul	114.5 Std à	50.00	5'725.00
	Infanger Herbert	10 Std à	50.00	500.00
	Niederberger Martin	217.5 Std à	45.00	9'787.50
	Blättler Sepp	146 Std à	25.00	3'650.00
	Traktor	5 Std à	75.00	375.00
	MS/Werkzeug	325.44 m3 à	5.00	1'627.20
BGE:	Emmenegger Patrick	25 Std à	50.00	1'250.00
	Langenstein Sepp	64 Std à	45.00	2'880.00
	Lehrling	154 Std à	25.00	3'850.00
	MwSt 6.5%			518.00
FAG:	KSK	74 Std à	80.00	5'920.00
	Rapp	28 Std à	35.00	980.00
	MwSt			448.50
WHE:	LKW mit Kran	41.5 Std à	114.00	4'731.00
	MwSt 7.5 %			352.70
<b>Total Aufwand</b>		<b>325.44 m3 à</b>	<b>140.38</b>	<b>45'685.25</b>
Ertrag	L Nr. 5813 Bu HS	9.43 m3 à	59.12	557.50
	L Nr. 5815 R HS	1.19 m3 à	89.79	106.85
	L Nr. 8516 K + R	10.25 m3 à	81.21	832.40
	L Nr. 5817 O + U	22.8 m3 à	116.80	2'663.05
	L Nr. 5818 BU	90.1 m3 à	95.09	8'567.60
	L Nr. 5819 LH	9.34 m3 à	100.15	935.40
	L Nr. 5865 O + U	4.02 m3 à	120.00	482.40
	L Nr. 5868 K + R	1.88 m3 à	75.00	141.00
	Schwachholz an BGE	0.53 m3 à	70.00	37.10
	Brennh. Schleiss	10 m3 à	47.92	479.20
	Häcki	10 m3 à	47.92	479.20
	Schütz	10 m3 à	47.92	479.20
	Infanger	20 m3 à	47.92	958.40
	Dillier	10 m3 à	47.92	479.20
	BGE	40 m3 à	50.00	2'000.00
	Brennholz Lindboden N	2 m3 à	32.00	64.00
	L	62 m3 à	35.00	2'170.00
	Brennholz Rugel	11.9 m3 à	40.00	476.00
<b>Total Ertrag</b>		<b>325.44 m3 à</b>	<b>67.81</b>	<b>22'068.10</b>
<b>Mehraufwand</b>		<b>325.44 m3 à</b>	<b>72.57</b>	<b>23'617.20</b>





Foto 1b, Blick nach Süden:

Oben: Aufnahme vor dem Eingriff 23.9.1998

Unten: Foto nach dem Eingriff 23.6.1999

- Am linken Bildrand ist jetzt Anwuchs vorhanden. Wir erwarten hier in 10 Jahren Aufwuchs.
- In der Bildmitte ist eine stabile Bu (bei junger Bu) die stehen bleibt.
- In der rechten Bildhälfte im Vordergrund ist ein Teil der Anzeichnung zu sehen. Im Hintergrund liegen Stöcke geworfener Buchen. Die vielen Stöcke sind Hinweise auf abnehmende Stabilität, daraus entstand die Idee der Zieldurchmesser





Foto 2a, Verjüngungsöffnung im oberen Teil der Weiserfläche:

Oben: Aufnahme vor dem Eingriff 23.9.1998

Unten: Foto nach dem Eingriff 23.6.1999

- Im Bildhintergrund Felskopf als Steinschlagquelle.
- Hinten rechts im Bild bestehende Öffnung mit umgestürzten Bäumen. Diese Öffnung wurde durch den Eingriff vergrößert.
- Wir durch diese schmale, ungefähr nach Süden gerichtete Öffnung genügend Licht für die Verjüngung einfallen?



Der Orkan „Lothar“ hat in diesem Wald nach Auskunft des Försters nur geringe Schäden verursacht. Das Objekt wird weiterhin beobachtet. Die entsprechenden Unterlagen sind bei der Fachstelle für Gebirgswaldpflege.

## Grünenwald 2

### Inhalt:

- Aufgabenstellung
- Übersichtsplan 1:10'000
- Längenprofil
- Ergebnisse der Vollkluppierung
- Ergebnisse der Gruppenarbeiten

Foto: Objekt Grünenwald 2, Blick von der Waldstrasse hinunter zur Kantonsstrasse.  
Aufnahme: René Imfeld, Mai 1998



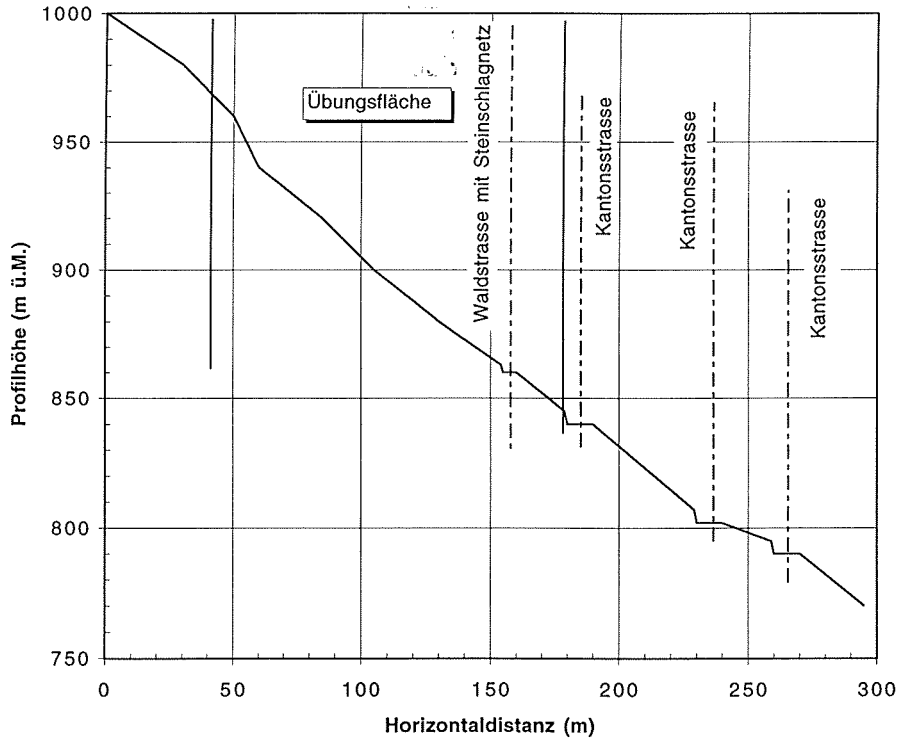
## Grünenwald 2 - Aufgabenstellung

Waldeigentümer: Kloster Engelberg

Der Wald liegt oberhalb der Kantonsstrasse, welche nach Engelberg führt. Angesichts der grossen Bedeutung dieser Verbindungsstrasse wurden im Jahre 1995 Steinschlagnetze erstellt. Der Waldabschnitt zwischen der Kantonsstrasse und der Verbauung hat einerseits Schutzfunktion und kann andererseits selber zum Gefahrenpotential werden. Solche Situationen stellen für die praktische Waldarbeit oft ein grosses Problem dar. Versuchen Sie, an diesem Beispiel einen Lösungsvorschlag zu erarbeiten.

Aufgaben	Mittel / Unterlagen
<b>a) Übersicht</b> Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Situation. (Verhalten Sie sich bei der Begehung sehr vorsichtig - die Strasse ist nicht geschützt!)	Karte 1:25'000 Plan 1:10000 Längenprofil Kopie Veg.-Karte
<b>b) Gefahrenpotential</b> Wie gross ist das Risiko, dass Steine die oberhalb stehenden Verbauungen überspringen? Beurteilen Sie das Gefahrenpotential, das von der Fläche selber ausgeht, falls keine Massnahmen ausgeführt werden (innerhalb der nächsten 10 / 50 Jahre). A. für den Altbestand / B für die Dickung	Risikobetrachtung W.Frey  → Form.1, Rückseite
<b>c) Soll-Zustand</b> Formulieren Sie aufgrund Ihrer Beurteilungen den Soll-Zustand für den Wald auf diesem Standort.	Wegleitung Min.-Pfl.  → Form.2
<b>d) Ist-Zustand</b> Beschreiben Sie: A) den Altbestand und B) die Dickung	→ Form.2, A) und B)
<b>e) Herleitung der Massnahmen</b> Ermitteln Sie durch den Soll-Ist-Vergleich und die Entwicklungsprognose den Handlungsbedarf: A) für den Altbestand und B) für die Dickung.	→ Form.2, A) und B)
<b>f) Pflegeziel und Kontrollkriterien</b> Formulieren Sie das Pflegeziel und geben Sie Kriterien an, welche in 10 Jahren die Überprüfung der Ziele erlauben (Erfolgskontrolle): A) für den Altbestand und B) für die Dickung.	→ Form.3, A) und B)
<b>g) Folgerungen</b> Welche Folgerungen ergeben sich für den „Soll-Zustand des Waldes bei Steinschlag“? Was muss korrigiert und ergänzt werden?	→ Form.4
<b>h) Präsentation und Diskussion</b> Am 2. Tag präsentieren Sie Ihre Ergebnisse im Plenum. Wir bitten Sie, die anschliessende Diskussion protokollarisch festzuhalten. Aus den Ergebnissen der Tagung wird eine Dokumentation zusammengestellt.	→ Form.5

### Längsprofil Grünenwald 1, 2



GWG/FAN-Kurs Engelberg, August 1998

Kursunterlagen WSL VERBAUWESEN

Beilage zu Übungsaufgaben

### Grünenwald 2

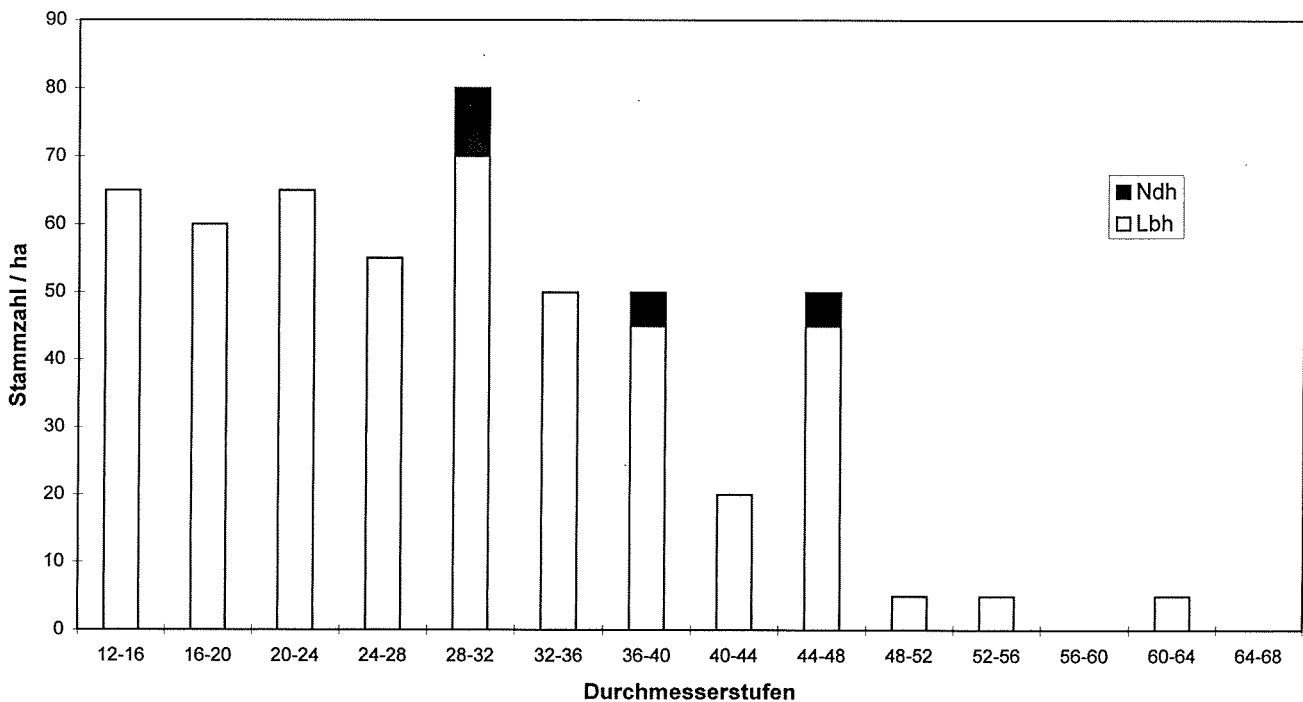
Vollkluppierung Juni 1998

#### 1. Altbestand

Kennzahlen	
Stammzahl	510 N/ha
Volumen	508 fm/ha

Entwicklungsstufe	Baumholz III
-------------------	--------------

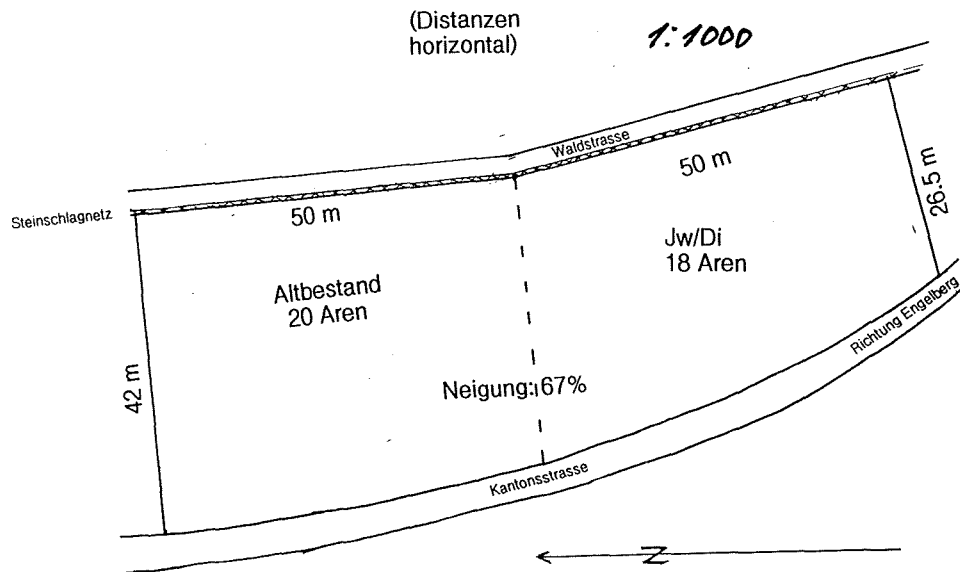
Baumartenanteile	
Bu	83%
BAh	8%
ü. Lh	4%
Fi	6%
total	100%



## Grünenwald 2 - Ergebnisse der Gruppenarbeiten

### a) Übersicht

(Zum Standort vergl. Grünenwald 1)



### b) Gefahrenpotential

Unter Berücksichtigung der Netze und des Schutzwaldes sinkt das Risiko, dass Steine von oberhalb der Verbauungen die Kantonsstrasse erreichen, gegen 0. (vergl. auch Risikobetrachtung von W.Frey)

Gefahrenpotential in der Fläche:

A) Altbestand	B) Dichtung
Durch Erosion und umstürzende Bäume können sich zusätzliche Steine lösen (grösse bis 20 kg). Ohne Massnahmen wird die Gefahr von stürzenden Bäumen bis in 50 Jahren stark zunehmen. Der Bestand ist bereits 80 - 100 jährig und weist Verletzungen und Pilzschäden auf.	Es liegen vereinzelt Steine in der Fläche, die durch die Bestockung zurückgehalten werden. Für die nächsten 10 Jahre wird das Gefahrenpotential als sehr gering eingeschätzt. Längerfristig besteht die Gefahr von Schneedruck- und Windwurfschäden. Damit würde auch das Gefahrenpotential (gelöste Steine) zunehmen.

### c) Ist-Zustand

vergl. Form 2 (Zusammenfassung aller Gruppen) A. Altbestand / B. Dichtung

**d) Soll-Zustand**

vergl. Form 2 (Zusammenfassung aller Gruppen)

<b>A) Altbestand</b>	<b>B) Dickung</b>
Mischung: Bu 30-50%; Ah 30-50%; übr.Lbh 20% einschichtiger Bestand, ohne schwere sturzgefährdete Bäume. Alter max. 30 Jahre.	dito

**e) Herleitung der Massnahmen**

vergl. Form 2 (Zusammenfassung aller Gruppen)

<b>A) Altbestand</b>	<b>B) Dickung</b>
Alle Gruppen schlagen für diese Fläche eine Niederwaldbewirtschaftung vor. Tagung: Niederwald auf einem 30 m breiten Streifen oberhalb Strasse, darüber Bestand bis 60 Jahre alt.	Alle Gruppen Niederwaldbewirtschaftung  Kurs 2: Pflanzung von 100 Linden.

**f) Pflegeziel und Kontrollkriterien**

**A) Altbestand:**

das Formular 3 wurden nur teilweise ausgefüllt:

<b>Pflegeziel:</b>	<b>Kontrollkriterien:</b>
Tagung: Niederwald bis 30 Jahre auf 30 m Breite weiter oben bis 60 Jahre	Kahlschlag - Ansamung und Stockausschlag auf ganzer Fläche
Kurs 1: Anwuchs in der gewünschten Mischung	2-3 Pflanzen pro m <sup>2</sup> , 40 cm hoch, Bu max. 50 %
Kurs 2: Kahlfläche verjüngt	??

Alles Holz muss aus Sicherheitsgründen entfernt werden. Bemerkenswert sind die grossen Differenzen bei den Aufwandschätzungen für das Abräumen des Altbestandes:

<b>Tagung:</b>	<u>Kosten pro m<sup>3</sup></u>	<u>für Weiserfläche</u>	<u>pro ha</u>
Holzerei und Transport inkl. Sicherheitsmassnahmen	Fr. 140.-- / m <sup>3</sup>		Fr. 63'000.--
<u>Total Aufwand</u>			Fr. 63'000.--
Holzerlös	Fr. 50.-- / m <sup>3</sup>		Fr. 22'500.--
Defizit			Fr. 40'500.--

<b>Kurs 1:</b>	<u>Kosten pro m<sup>3</sup></u>	<u>für Weiserfläche</u>	<u>pro ha</u>
Holzerei und Transport	Fr. 70.-- / m <sup>3</sup>	Fr. 5'600.--	
Sicherung der Strasse	Fr. 20.-- / m <sup>3</sup>	Fr. 1'600.--	
<u>Total Aufwand</u>		Fr. 7'200.--	Fr. 40'000.--
Holzerlös durchschn.	Fr. 65.-- / m <sup>3</sup>	Fr. 5'200.--	Fr. 29'000.--
Defizit		Fr. 2'000.--	Fr. 11'000.--

<b>Kurs 2:</b>	<u>Kosten pro m3</u>	<u>für Weiserfläche</u>	<u>pro ha</u>
Netze ablegen / montieren		Fr. 1'250.--	
Holzerei und Transport	Fr. 75.-- / m3	Fr. 7'500.--	
Schlagräumung		Fr. 500.--	
Strassensicherung		Fr. 3'500.--	
Organisation / Unvorhergesehenes		Fr. 1'250.--	
<b>Total Aufwand</b>			<b>Fr. 77'700.--</b>
<u>Holzerlös nicht angegeben</u>			

**B) Dickung**

das Formular 3 wurden nur teilweise ausgefüllt:

<u>Pflegeziel:</u>	<u>Kontrollkriterien:</u>
Tagung: Var. A) 1/3 der Fläche auf den Stock gesetzt. Var. B) Vorwüchse auf ganzer Fläche entfernt	Var. A) 1/3 der Fläche verjüngt Var. B) keine Vorwüchse vorhanden

**g) Folgerungen**

Für eine Situation wie im vorliegenden Fall ist ein Zieldurchmesser oder eine Altersbeschränkung notwendig. Dies kann mit einer niederwaldähnlichen Bewirtschaftung erreicht werden. Solange der Bestand stabil bleibt, sind Stammzahl und Durchmesser nicht relevant - wichtig ist eine dauernde Bestockung für die Bodenbefestigung.

**h) Präsentation und Diskussion**

- Das errechnete Defizit von Fr. 40'000.- (Tagung) ist sehr hoch und gilt für das Abräumen des Altbestandes. Die zukünftige Pflege der Jungbestände sollte günstiger sein.
- Es stellt sich die Frage der Pflege, wenn der Bestand bis zum Alter 30 stabil bleiben soll - vorgeschlagen werden ein bis zwei Eingriffe.
- Im Niederwaldbetrieb könnte das Holz mehrheitlich liegen gelassen werden. Was geschieht mit so viel Biomasse?
- Gleitschneeschäden sind hier kaum zu erwarten.
- Hohe Stöcke werden nur beim Abräumen des Altbestandes gemacht.
- Es wird diskutiert, ob die Steinschlagnetze nicht direkt oberhalb der Kantonsstrasse angebracht werden sollten: Die Verbauungen könnten mit Rückhalteseilen gebaut werden. Der Unterhalt wäre jedoch aufwendiger.
- Viel altes Wissen über den Niederwaldbetrieb ist verloren gegangen: Die Ausschlagfähigkeit ist besser, wenn die Stöcke ganz tief abgeschnitten werden. Der Eingriff müsste vor dem Austreiben der Bäume gemacht werden. Es wird befürchtet, dass an diesen feuchten Lagen kaum mit Stockausschlägen gerechnet werden kann (H.U.Frey).



- Das Ziel könnte anstatt mit Stockausschlägen auch mit Kernwüchsen erreicht werden - Samenbäume gibt es in der Nähe genug. Man müsste dann von Niederhaltung und nicht von Niederwald sprechen.
- Zum Niederwald siehe auch die Mitteilung aus dem Gebirgswald Wald und Holz Nr. 14/98: GERBER, C., ELSENER, O., Niederwald im Steinschlaggebiet.
- Gemäss Vorstellung von Förster Hurschler, soll der Altbestand saumschlagartig geräumt werden, sobald sich unter Schirm Verjüngung eingestellt hat.
- Die Vorschläge zum Niederwald werden auch kritisiert: Ein gut gepflegter Hochwald kann ebenfalls stabil sein. Das Behandlungsrezept, das für diese Fläche erarbeitet wird, müsste in zahlreichen ähnlichen Situationen in den Alpen angewendet werden. Daraus ergibt sich ein ästhetisches Problem für die Landschaft. Wie steht es mit den Rechten der Eigentümer?

# Eschlenwald 1

## Inhalt:

- Aufgabenstellung
- Übersichtsplan 1:10'000
- Längenprofil
- Ergebnisse der Vollkluppierung
- Ergebnisse der Gruppenarbeiten

Foto: Das Objekt Eschlenwald 1 befindet sich links der Bildmitte, oberhalb der Forststrasse  
Aufnahme: René Imfeld, Mai 1998



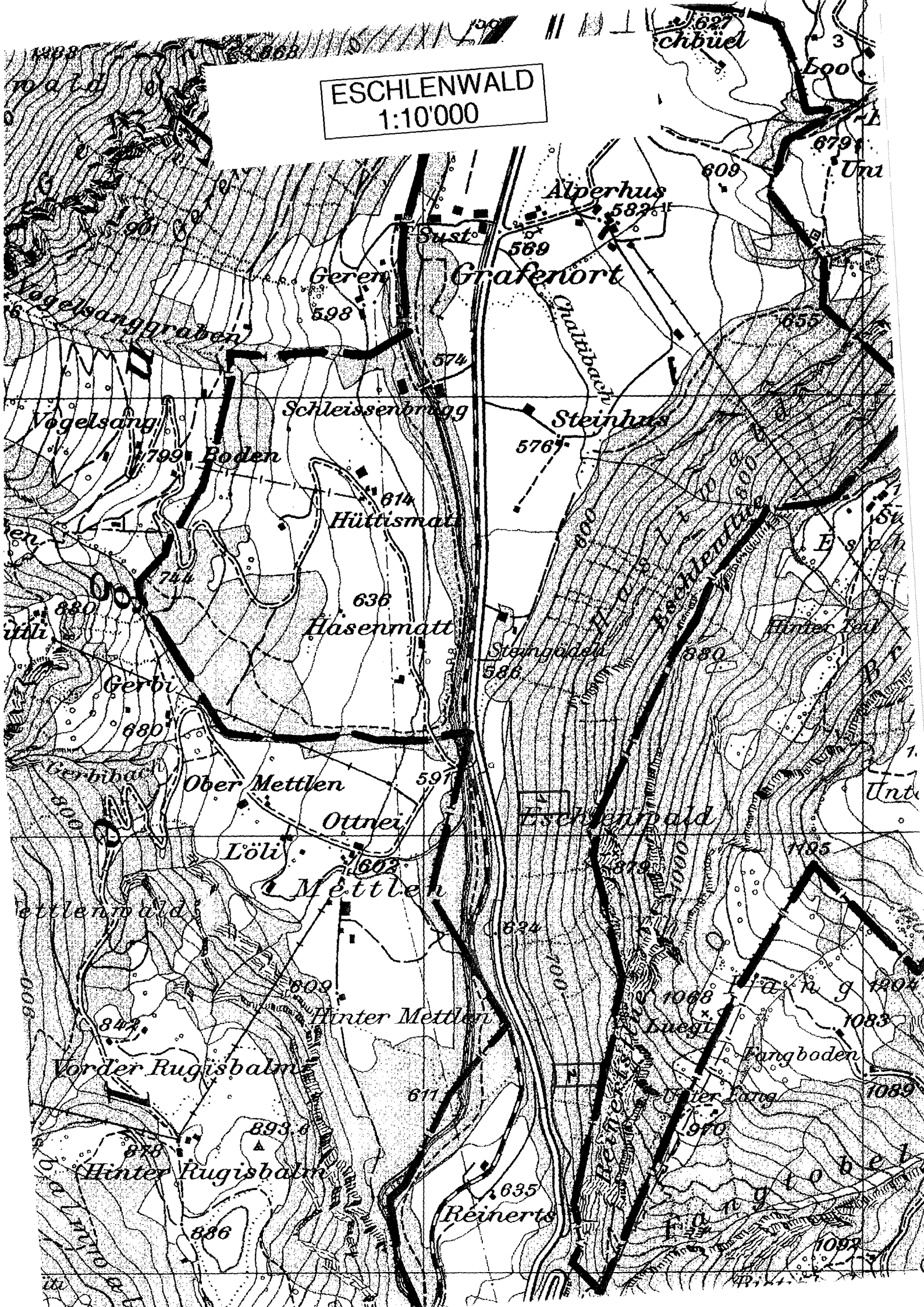
## Eschlenwald 1 - Aufgabenstellung

Waldeigentümer: Kloster Engelberg

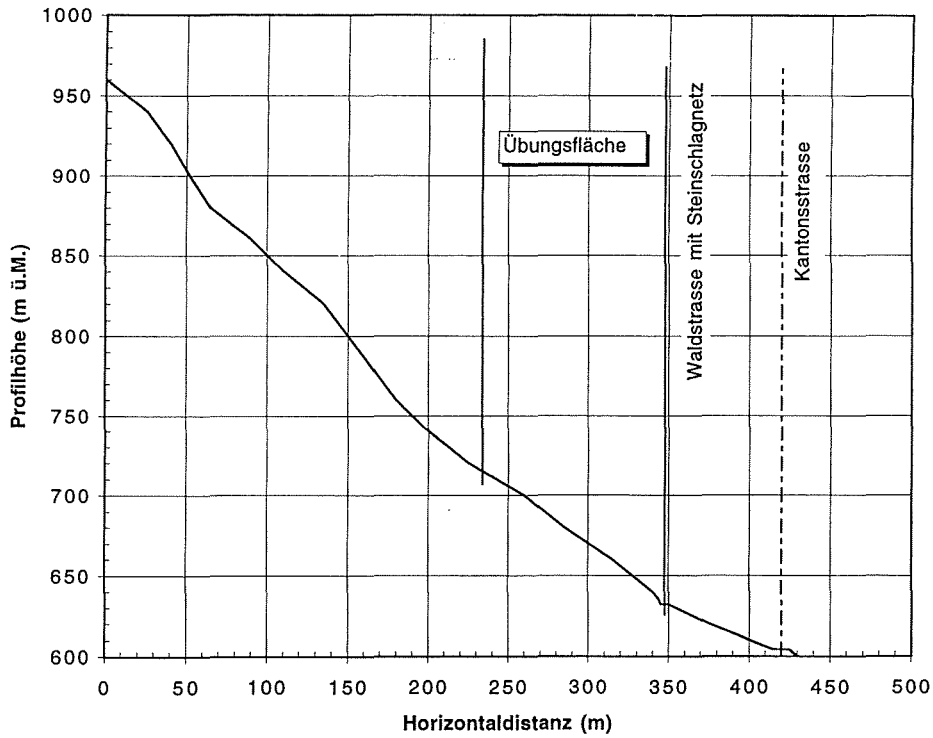
Der Wald liegt oberhalb der Kantonsstrasse, welche nach Engelberg führt. Angesichts der grossen Bedeutung dieser Verbindungsstrasse wurden im Jahre 1992 Steinschlagnetze erstellt. Bei der Dimensionierung der Werke wurde jedoch die Schutzwirkung des Waldes miteinbezogen. Das bedeutet, dass ohne Wald trotz Schutznetzen Steine die Strasse erreichen können (vergl. Risikobetrachtungen von W.Frey).

Aufgaben	Mittel / Unterlagen
<b>a) Übersicht</b> Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Situation.	Karte 1:25'000 Plan 1:10000 Längenprofil Kopie Veg.-Karte
<b>b) Steinschlagprozess - Einflussfaktoren</b> Studieren Sie die Angaben zum Steinschlagprozess Welches sind die wirksamen Einflussfaktoren?	Grundlagen zum Steinschlagprozess  → Form.1, Rückseite
<b>c) Einflussfaktoren - Waldwirkung</b> Welche Einflussfaktoren kann der Waldbauer beeinflussen? Welche Bestandsmerkmale sind dabei besonders wichtig? Müssen Ihre Aussagen innerhalb der Weiserfläche differenziert werden?	→ Form.1, Rückseite
<b>d) Ist-Zustand</b> Beschreiben Sie den Bestand (siehe auch Vollkluppierung) Beschreiben Sie die Merkmale, welche Sie als wichtig erachten, möglichst genau.	Vollkluppierung → Form.2
<b>e) Soll-Zustand</b> Welcher Waldzustand ist auf diesem Standort nachhaltig möglich? Welcher Waldzustand sollte erreicht werden? Formulieren sie den Soll-Zustand - wenn nötig differenziert nach Entstehungs-, Transit- und Ablagerungsgebiet.	Wegleitung Min.-Pfl.  → Form.2
<b>f) Entwicklungsprognose - Massnahmen</b> Machen Sie die Entwicklungsprognose. Mit welchen Massnahmen kann die vermutete Entwicklung wirksam beeinflusst werden?	→ Form.2
<b>g) Pflegeziel und Kontrollkriterien</b> Formulieren Sie das Pflegeziel und geben Sie Kriterien an, welche in 10 Jahren die Überprüfung der Ziele erlauben (Erfolgskontrolle). Differenzierungen innerhalb der Weiserfläche in der Skizze einzeichnen.	→ Form.3
<b>h) Anzeichnung</b> Zeichnen Sie die gewählten Massnahmen auf der Weiserfläche an (Kluppierung). Was geschieht mit dem Holz? Schätzen Sie Aufwand und Erlös!	Markierband / Kluppe Anzeichnungsprotok. → Form.3
<b>i) Folgerungen</b> Welche Folgerungen ergeben sich für den „Soll-Zustand des Waldes bei Steinschlag“? Was muss korrigiert und ergänzt werden? Ist folgende Faustregel zulässig? „Der Zieldurchmesser liegt bei einem Drittel der massgebenden Steingrösse“	→ Form.4
<b>j) Präsentation und Diskussion</b> Am 2. Tag präsentieren Sie Ihre Ergebnisse im Plenum. Wir bitten Sie, die anschliessende Diskussion protokollarisch festzuhalten. Aus den Ergebnissen der Tagung wird eine Dokumentation zusammengestellt.	→ Form.5

# ESCHLENWALD 1:10'000



### Längenprofil Eschlenwald 1



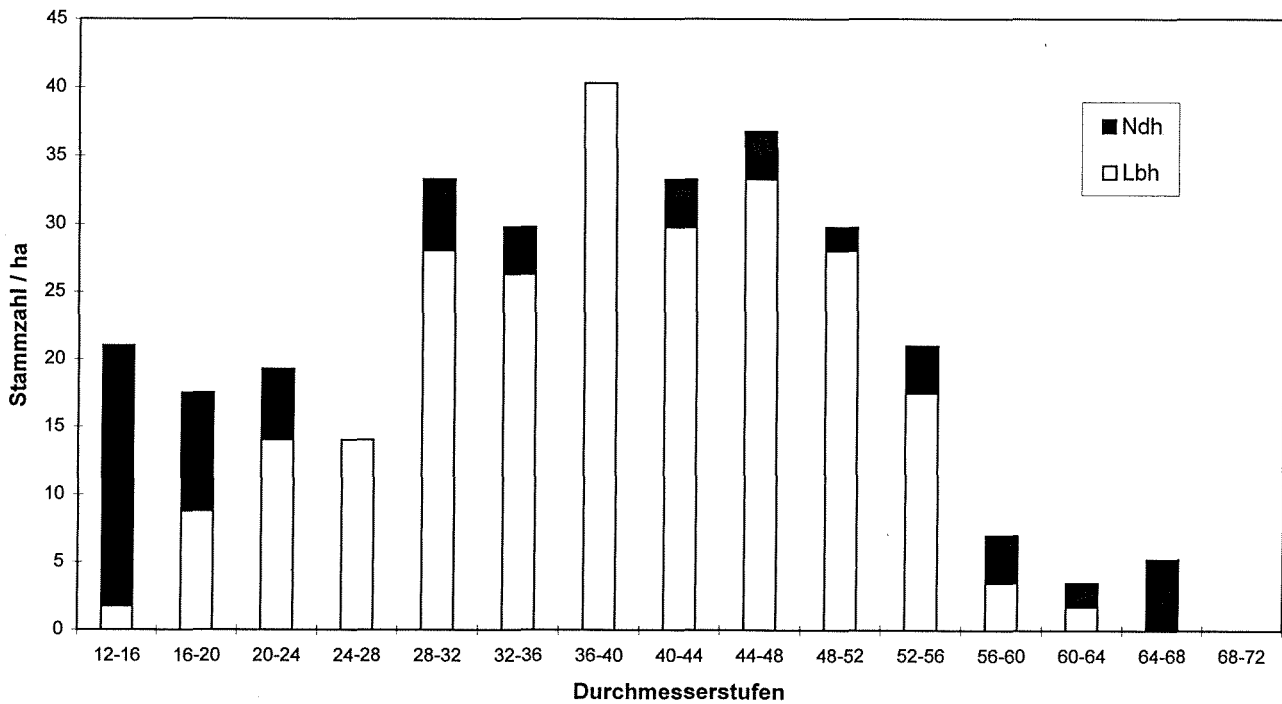
Kursunterlagen WSL VERBAUWESEN

### Eschlenwald 1

Vollkluppierung Juni 1998

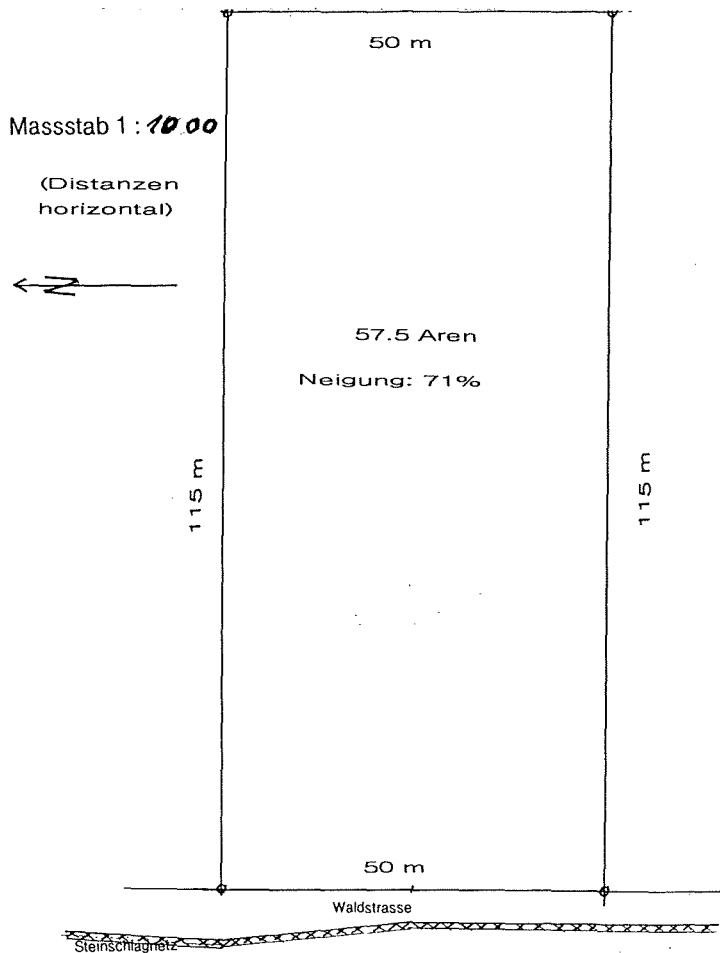
Kennzahlen	
Stammzahl	310 N/ha
Volumen	523 fm/ha
Entwicklungsstufe	
Baumholz III	

Baumartenanteile	
Bu	64%
Es	9%
BAh	8%
ü. Lh	1%
Ta	2%
Fi	16%
total	100%



## Eschlenwald 1 - Ergebnisse der Gruppenarbeiten

### a) Übersicht - Standort



Der Wald liegt oberhalb der Kantonsstrasse. Nach unten ist die Fläche durch eine Waldstrasse begrenzt.

Bu dominierter Bestandesteil: feinerereich, wüchsig, Bäume höher als 30 m, typ. Zahnwurz-Buchenwald (12).

Bei deutlicher Steinschlagwirkung wird der Standort auch als Linden-Zahnwurz-Buchenwald kartiert (13)

In Bereichen mit mehr Blockschutt: Mondviole, Hirschzunge - Opt. für BAh, Grenze für Bu, Keimlingsfäule, Löcher neigen zu Verunkrautung  
Hirschzungen-Ahornwald (22) (Dauerwaldgesellschaft).

Zahlreiche Bäume sind geworfen (Wind?, Schneebruch?)

### b) Steinschlagprozess - Einflussfaktoren

Aus den Unterlagen von W. Gerber: Im Bereich der Weiserfläche ist die Steinschlagaktivität eher gering. Es wird mit normalen Sprüngen gerechnet - Sprunghöhen/Sprungweiten-Verhältnis von 1/8.

Ereignisse W. periode	Steingrösse (m)	Steinmasse (kg)	Sprunghöhe (m)	Sprungweite (m)	Geschw. Ve (m/s)	Pauschalgefälle (%)
häufig 1-30 Jahre	0,30	50	1,5	12	14	80
selten 30-100 Jahre	0,70	700	2,0	15	16	75

Einflussfaktoren: Hangneigung, Bodenrauhigkeit (Blöcke, liegende Stämme), Durchwurzelung im Hangschutt (bei Windwurf werden Steine gelöst), Dämpfung (wegen Hangschutt gut), Stammzahl, Geologie - Bruchsteine aus Kalkfelsen eher quaderförmig, verwittert schnell.

- Wenige Stammverletzungen - Steinschlagaktivität eher gering.
- Grössere Steine durchschlagen den Wald - es entstehen Züge.
- Stammen die grossen Blöcke von einem Einzelereignis her?

### **c) Einflussfaktoren - Waldwirkung**

Folgende Einflussfaktoren kann der Waldbauer beeinflussen: Stammzahl, Stammdurchmesser, Baumarten, räumliche Verteilung, Bodenrauhigkeit (Stöcke und liegendes Holz), Stabilität, Kronenform. Besonders wichtig sind Verjüngung, Stabilität und BHD-Streuung zur Sicherung einer nachhaltigen Schutzwirkung. Innerhalb der Fläche ist auf Grund der Standortverhältnisse nach Baumarten zu differenzieren.

Bemerkungen der Gruppe Tagung zur Translationsenergie:

- häufige Steine, 5 kJ, notwendiger Stammdurchmesser, 10 cm (W.Gerber, Beilage 8)
  - seltene Steine, 70 kJ, notwendiger Stammdurchmesser, 40 cm
- Wir wollen keine Bäume mit mehr als 40 cm Durchmesser!!

**d) Ist-Zustand**            vergl. Form. 2

**e) Soll-Zustand**            vergl. Form. 2

**f) Entwicklungsprognose – Massnahmen**            vergl. Form. 2

**g) Pflegeziel und Kontrollkriterien**            vergl. Form. 3

### **h) Anzeichnung**

Tagung: 60 m<sup>3</sup> pro ha      Kurs 1: 170 m<sup>3</sup> pro ha      Kurs 2: 50 m<sup>3</sup> pro ha

Die Gruppe aus Kurs 1 ist davon ausgegangen, dass der Bestand so instabil sei, dass er in 3 Etappen innerhalb von einem Verjüngungszeitraum von 20 bis 25 Jahren verjüngt werden müsse.

Die Gruppe aus Kurs 2 hat auch die Nullvariante - kein Handlungsbedarf - diskutiert, diese aber nicht weiterverfolgt.

**i) Folgerungen**            Keine Stellungnahmen.

## j) Präsentation und Diskussion

### **Tagung:**

- Es dürfen keine diffusen Eingriffe vorgenommen werden, da sich die Kronen wieder schliessen; es braucht konzentrierte Eingriffe (H.U.Frey).
- Mit einer entsprechenden Risikoabschätzung erlaubt der wüchsige Standort auch die Berücksichtigung der Nutzfunktion.
- Zur Erreichung einer üppigen Verjüngung braucht es grosse Löcher; in Muldenlagen besteht eine gewisse Gefahr der Verunkrautung. Verjüngung ist auch in der Nähe von Totholz denkbar.
- Zweckmässig wäre die Einleitung der Verjüngung auf den Kuppen.
- Grosse Buchen sind instabil und sollten in Zukunft vermieden werden.
- Unmittelbar bei der Quelle hat es am meisten Steine; dort sollte eher zurückhaltend eingegriffen werden.
- Eine Art kleinflächiger Femelschlag bietet einen nachhaltigen Schutz.
- Diejenigen Bäume, welche im Bestand zurückgelassen werden, dürfen erst nach Abschluss des Seilschlages gefällt werden.

### **Kurs 1:** (nur zusätzliche Bemerkungen werden aufgeführt)

- Die einseitigen Kronen sind auf die mangelnde Durchforstung in der Jugend zurückzuführen. Das hohe Alter des Bestandes ist der dominierende Faktor. In Zukunft muss die Umtriebszeit auf 50 bis 70 Jahre gesenkt werden. Der Bestand ist instabil, und der Verjüngungszeitraum beträgt nur noch 20 bis 30 Jahre. Die Fläche soll in drei Etappen verjüngt werden. (Mayland)
- Bei dieser Eingriffstärke wird eine Verschlechterung der Schutzfunktion befürchtet - grössere Sprunghöhen und Sprungweiten.
- Wenn man zu lange wartet, entsteht hier ein Problem, im Zweifelsfalle eher zu früh als zu spät mit der Verjüngung beginnen.
- Idee Plenterwald: Für eine Überführung ist es zu spät. Die Buche dominiert stark; es wird schwierig sein, genügend Tannen für einen klassischen Plenterwald zu erhalten.

### **Kurs 2:**

- Die Modelle zeigen eine kleine Wirkung dünner Bäume; trotzdem liegen viele grosse Blöcke im Wald, die beim ersten Aufprall offenbar viel Energie verloren haben (Thali)!?
- Das Modell ist ein Punktmodell, das grosse Steine schlecht wiedergibt; grosse Blöcke haben kleinere Anfangsgeschwindigkeiten. Steinschlag-Modelle haben eine beschränkte Anwendbarkeit für grosse Blöcke, da diese andere Sturzprozesse aufweisen. (Liniger).
- Bei der Rechnung mit dem Pauschalgefälle geht man davon aus, dass der Stein tatsächlich unten ankommt; unförmige Blöcke stoppen vorher. Der Wald wirkt bremsend auf kleine Steine mit grosser Geschwindigkeit aber auch auf grosse Steine mit kleiner Geschwindigkeit. Die Streuung für den Bereich der Waldwirkung ist sehr gross. (Gerber)
- Es gibt sicher auch noch Aspekte der Waldwirkung, welche mit den vorhandenen Modellen noch nicht erfasst werden können (Schwitter)?
- Versuche der Geotest haben gezeigt, dass weitere Forschungen notwendig sind (Mulden, Rotation, Steinform etc.); es wird aber immer Grenzen für die Präzision der Beschreibung von Prozessen geben (Kienholz).
- Die Esche ist bezüglich Steinschlagresistenz schlechter als die Buche (Waldis). Die Esche zeigt in diesem Bestand viele starke Hänger (Weber).



- Für das Liegenlassen von Holz gibt es zu wenig Erfahrungen: Wirkung, Kosten, Zersetzungsprozess, Risiken etc (Weber).
- In der Fläche gibt es Beispiele, welche die Wirkung aufzeigen; die Ausführenden sehen natürlich vor allem „ihr Produkt“, das im Bestand verfaulen soll - ein psychologisches Problem. Auch die Schutzwirkung ist ein Produkt. (Covi).
- In höheren Lagen kann der Schnee liegendes Holz mitreißen (Betschart).
- Es ist zu viel des Guten, 25 % des Vorrates im Bestand liegenzulassen - kein „Alles oder nichts“ (Imfeld).
- Holz, das sich bewegt, gefährdet den Jungwuchs (Thali).
- Bäume halten auch Wasser zurück, was sich evtl. negativ auswirken könnte (Kienholz).

### **Schlussbemerkungen (R. Schwitter):**

An diesem Objekt sind grosse Unterschiede in der Beurteilung der Stabilität und der Intensität der Eingriffe zum Vorschein gekommen. Die massiven Verjüngungseingriffe von Kurs 1 und die Diskussion der Nullvariante im Kurs 2 zeigen wie schwierig eine objektive Beurteilung ist und wie gering unsere Kenntnisse über die Dynamik der Wälder sind.

Objekt: *Erhlenwald 1*

Datum: *18.8.98* Gruppe: *Tagung Gr.5*

1. Standort - Lokalform									
2. Naturgefahr Entstehungs- [ ] Transit- <input checked="" type="checkbox"/> Ablagerungsgebiet [ ]									
3. Soll- Ist- Vergleich, Entwicklungstendenz und Herleitung der Massnahmen									
Merkmale	Bestandes- und Einzelbaummerkmale		Zustand-Entwicklung		wirksame Massnahmen	Verhältnismässigkeit	Realisierbarkeit		
	Ist	Soll	heute, in 10, in 50 Jahren						
Mischung	<i>Bu 65% Ez/Al 20% Fi/Te 15%</i>	<i>Bu 65% Ez/Al 30% Fi/Te 5%</i>							
Gefüge -vertikal	<i>rel. schlechte Struktur einförmig mittlere Durchmesserstrahlung</i>	<i>rainier, 2-schichtig opt., 7stufig bessere Durchmesserstrahlung</i>			<i>natürl. Prozess Beschleunigung in den Löchern</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Gefüge - horizontal	<i>zu gleichmässig</i>	<i>Mosaik von Verjüngungs- flächen nicht in Falllinie</i>			<i>"</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Stabilitätsträger	<i>in regelmäßiger Verteilung nicht gross genug vorhanden teilw. einseitige Kronen Verankerung nicht optimal</i>	<i>neuer Stabilitätsträger symmetrische Kronen</i>							
Verjüngung- Keimbeet	<i>Verjüngungsprozess Bu gut Al schlecht (Verankerung)</i>				<i>Öffnungen Löcher- förderung, oben stärker Bu eher kleiner</i>				
Verjüngung Ansamung/Anwuchs	<i>ungesamelt vorhanden</i>								
Verjüngung Aufwuchs	<i>ungesamelt, wobei Bu besser</i>	<i>in allen dunklen Aufwuchs bestehend</i>							
4. Handlungsbedarf ja <input checked="" type="checkbox"/> nein [ ]									
5. Dringlichkeit 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 [ ] 3 [ ]									

## Eschlenwald 2

### Inhalt:

- Aufgabenstellung
- Übersichtsplan 1:10'000
- Längenprofil
- Ergebnisse der Vollkluppierung
- Ergebnisse der Simulation GEOTEST
- Ergebnisse der Gruppenarbeiten
- Experiment „Steinschlagschutzwald“

Foto: Blick in das Stangenholz beim Objekt Eschlenwald 2  
Aufnahme: René Imfeld, Mai 1998



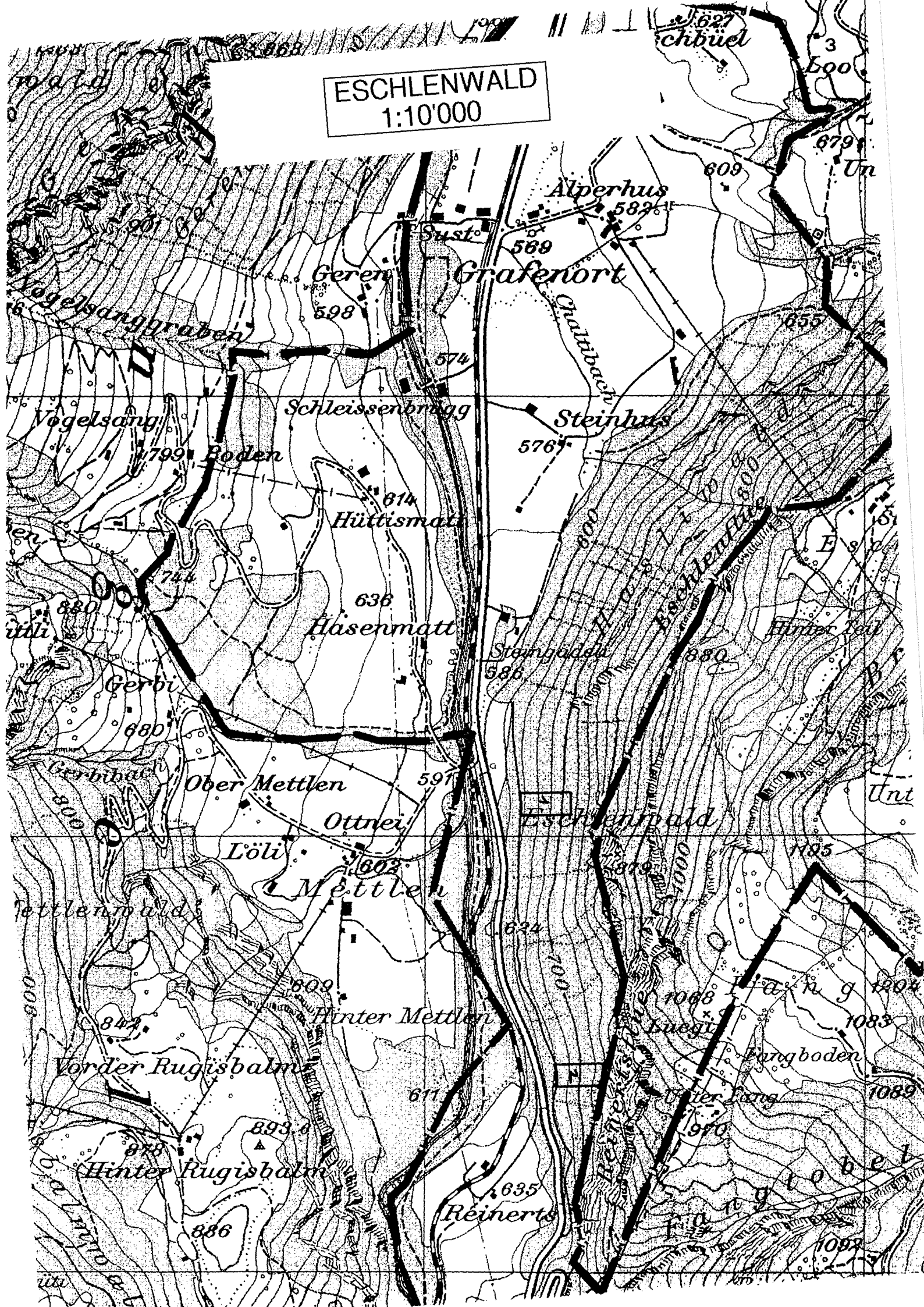
## Eschlenwald 2 - Aufgabenstellung

Waldeigentümer: Kloster Engelberg

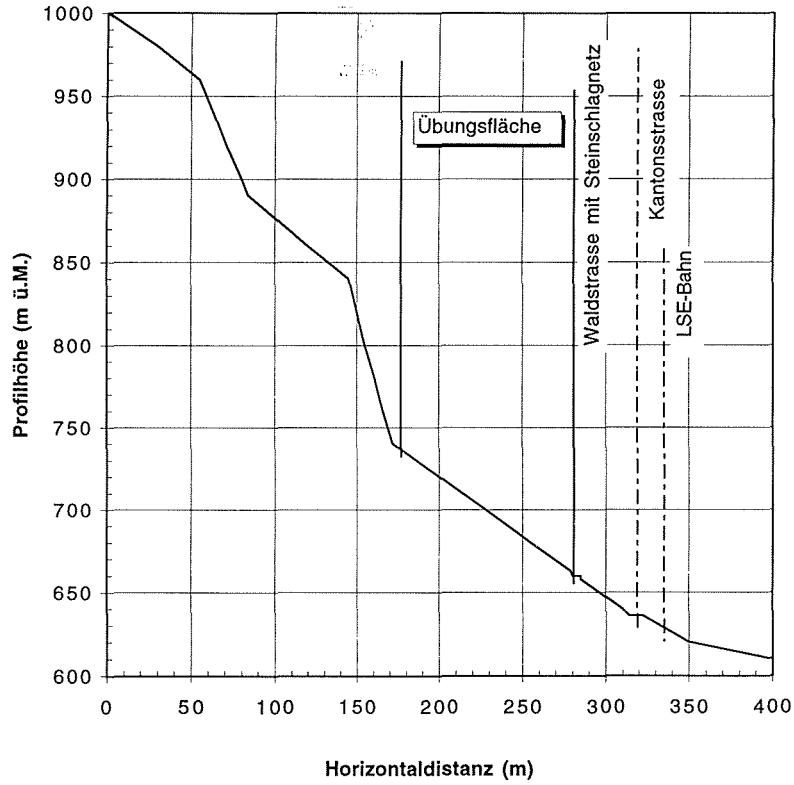
Der Wald liegt oberhalb der Kantonsstrasse, welche nach Engelberg führt. Angesichts der grossen Bedeutung dieser Verbindungsstrasse wurden im Jahre 1995 Steinschlagnetze erstellt. Bei der Dimensionierung der Werke wurde jedoch die Schutzwirkung des Waldes miteinbezogen. Das bedeutet, dass ohne Wald trotz Schutznetzen Steine die Strasse erreichen können (vergl. Risikobetrachtungen von W.Frey).

Aufgaben	Mittel / Unterlagen
<b>a) Übersicht</b> Verschaffen Sie sich einen Überblick über die Situation.	Karte 1:25'000 Plan 1:10000 Längenprofil Kopie Veg.-Karte
<b>b) Steinschlagprozess - Einflussfaktoren</b> Studieren Sie die Angaben zum Steinschlagprozess Welches sind die wirksamen Einflussfaktoren?	Grundlagen zum Steinschlagprozess  → Form.1, Rückseite
<b>c) Einflussfaktoren - Waldwirkung</b> Welche Einflussfaktoren kann der Waldbauer beeinflussen? Welche Bestandesmerkmale sind dabei besonders wichtig? Müssen Ihre Aussagen innerhalb der Weiserfläche differenziert werden?	→ Form.1, Rückseite
<b>d) Ist-Zustand</b> Beschreiben Sie den Bestand (siehe auch Vollkluppierung) Beschreiben Sie die Merkmale, welche Sie als wichtig erachten, möglichst genau.	Vollkluppierung → Form.2
<b>e) Soll-Zustand</b> Welcher Waldzustand ist auf diesem Standort nachhaltig möglich? Welcher Waldzustand sollte erreicht werden? Formulieren sie den Soll-Zustand - wenn nötig differenziert nach Entstehungs-, Transit- und Ablagerungsgebiet.	Wegleitung Min.-Pfl.  → Form.2
<b>f) Entwicklungsprognose - Massnahmen</b> Machen Sie die Entwicklungsprognose. Mit welchen Massnahmen kann die vermutete Entwicklung wirksam beeinflusst werden?	→ Form.2
<b>g) Pflegeziel und Kontrollkriterien</b> Formulieren Sie das Pflegeziel und geben Sie Kriterien an, welche in 10 Jahren die Überprüfung der Ziele erlauben (Erfolgskontrolle). Differenzierungen innerhalb der Weiserfläche in der Skizze einzeichnen.	→ Form.3
<b>h) Anzeichnung</b> Zeichnen Sie die gewählten Massnahmen auf der Weiserfläche an (Kluppierung). Was geschieht mit dem Holz? Schätzen Sie Aufwand und Erlös!	Markierband / Kluppe Anzeichnungsprotok. → Form.3
<b>i) Folgerungen</b> Welche Folgerungen ergeben sich für den „Soll-Zustand des Waldes bei Steinschlag“? Was muss korrigiert und ergänzt werden? Ist folgende Faustregel zulässig? „Der Zieldurchmesser liegt bei einem Drittel der massgebenden Steingrösse“	→ Form.4
<b>j) Präsentation und Diskussion</b> Am 2. Tag präsentieren Sie Ihre Ergebnisse im Plenum. Wir bitten Sie, die anschliessende Diskussion protokollarisch festzuhalten. Aus den Ergebnissen der Tagung wird eine Dokumentation zusammengestellt.	→ Form.5

ESCHLENWALD  
1:10'000



### Längenprofil Eschlenwald 2



GWG/FAN-Kurs Engelberg, August 1998

Kursunterlagen WSL VERBAUWESEN

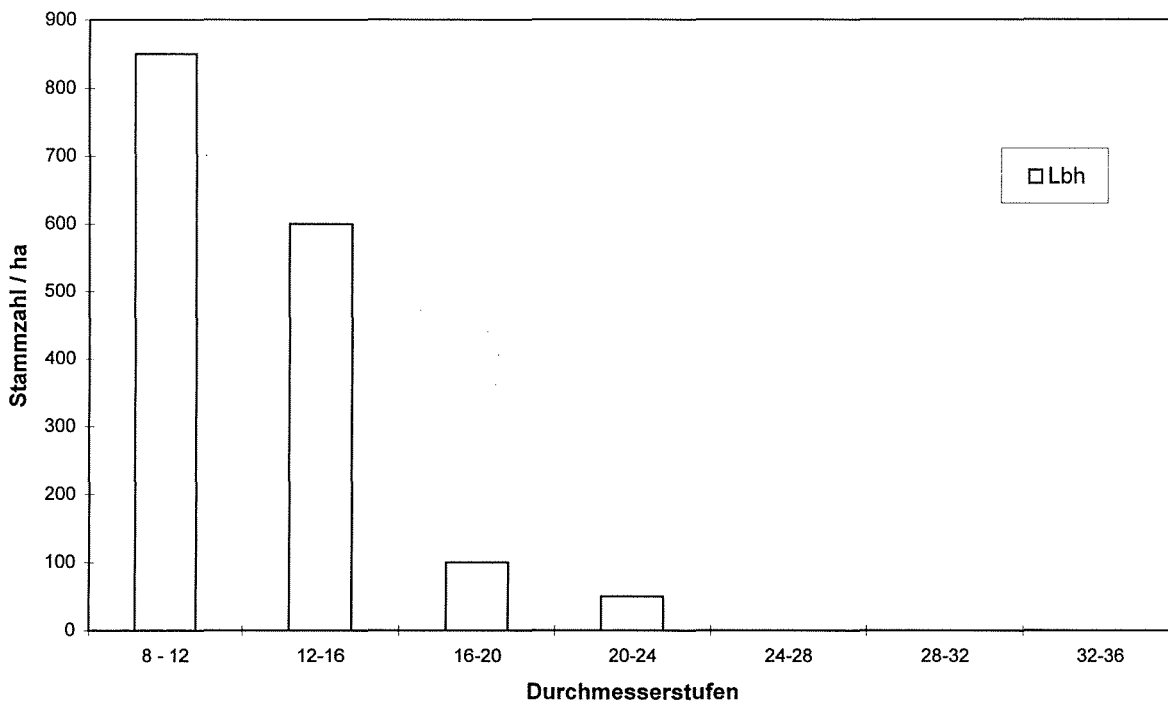
Beilage zu Übungsaufgaben

### Eschlenwald 2

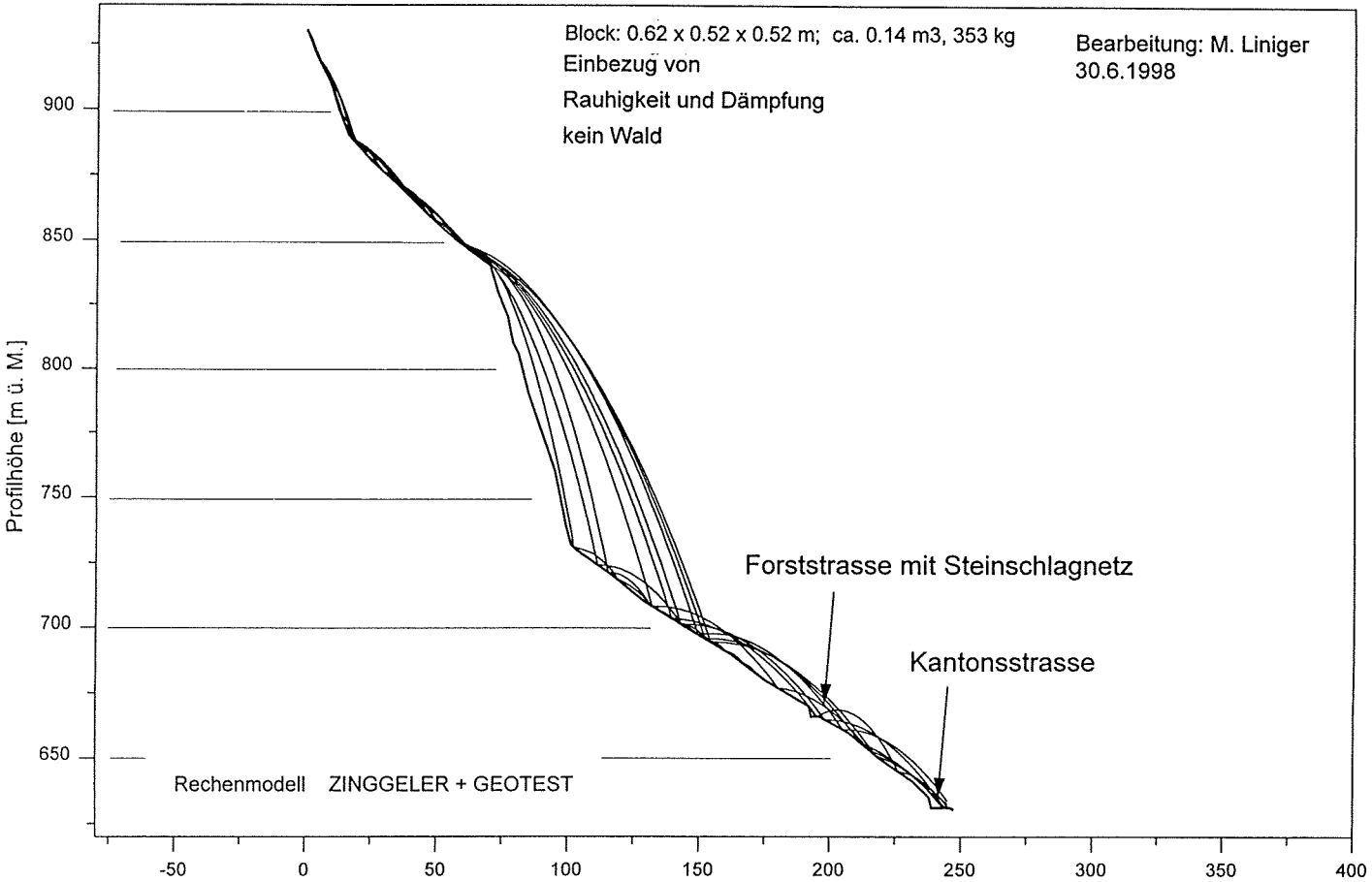
Vollklüppierung Juni 1998

Kennzahlen	
Stammzahl	1600 N/ha
Entwicklungsstufe	
Stangenholz	

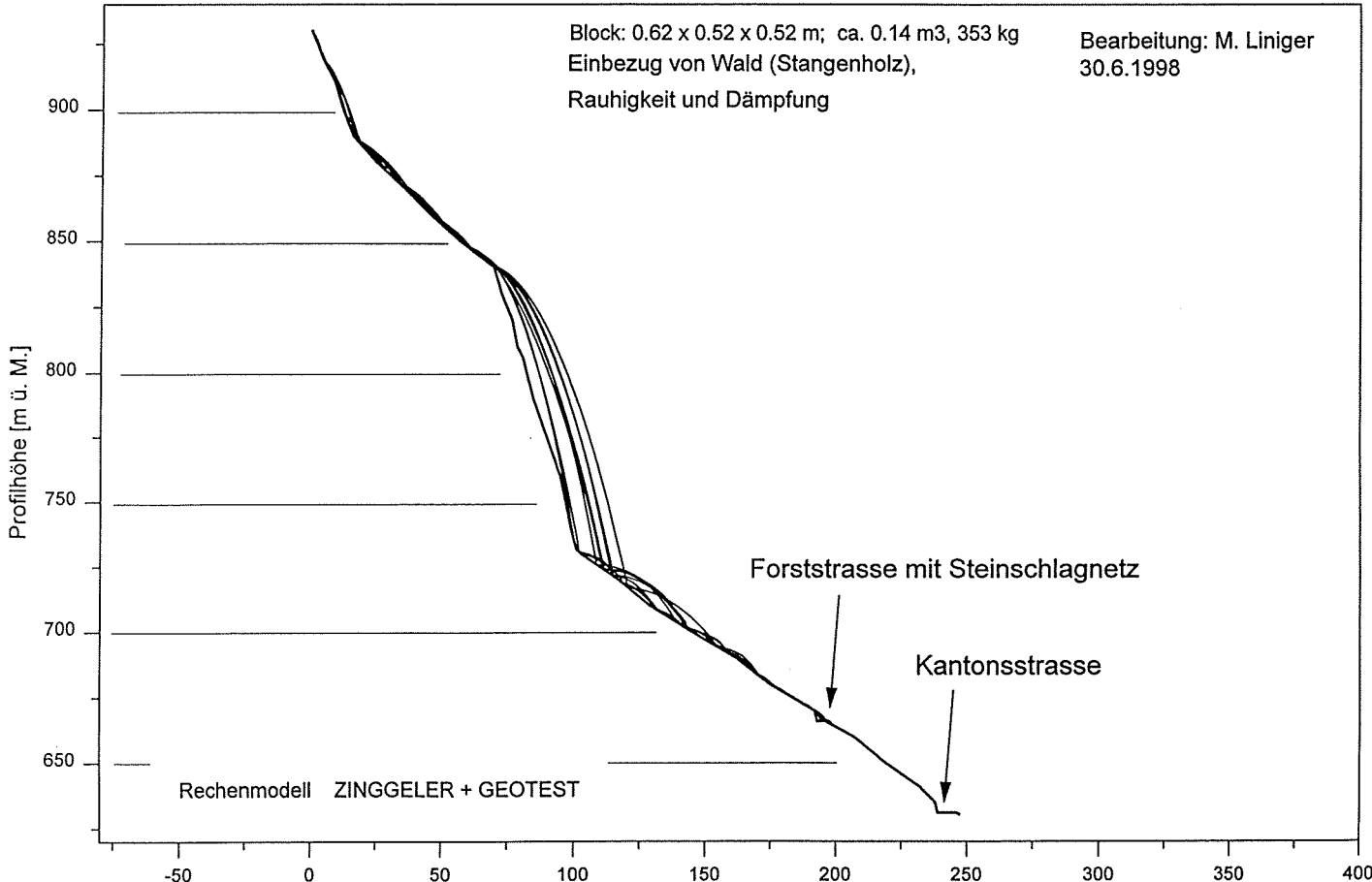
Baumartenanteile	
Bu	13%
Es	66%
BAh	9%
ü. Lh	13%
total	100%



**GWG, Eschlenwald 2, Simulation ohne Wald**



**GWG, Eschlenwald 2, Simulation mit heutigem Wald**

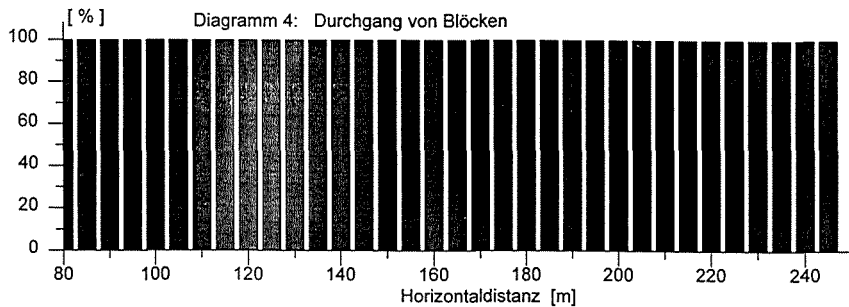
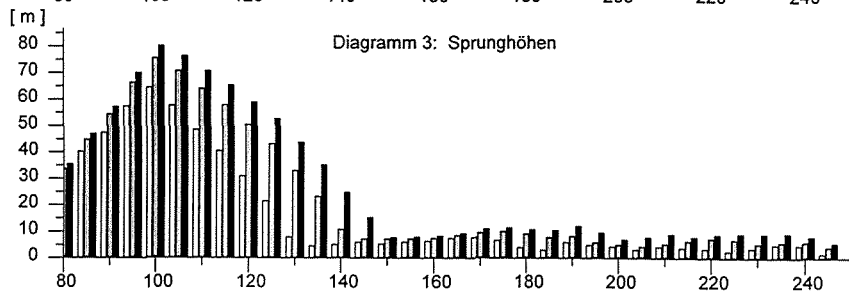
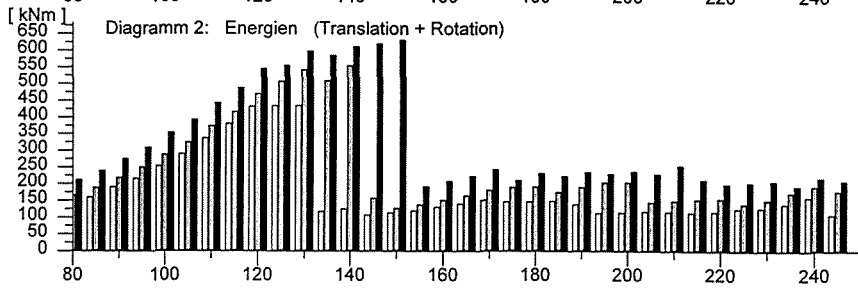
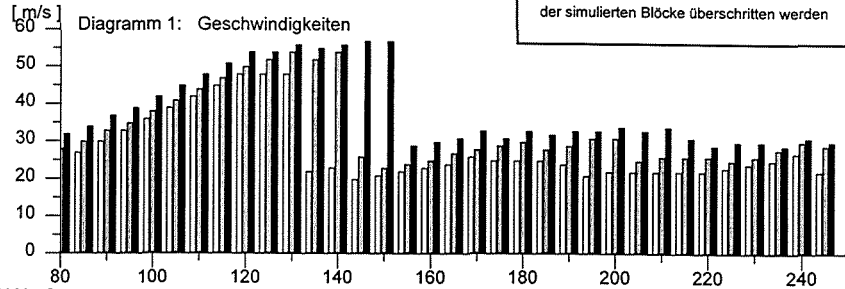


## GWG, Eschlenwald 2, Simulation ohne Wald

Einbezug von Rauigkeit und Dämpfung  
 Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg  
 Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 □ 50% ▨ 20% ■ 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden

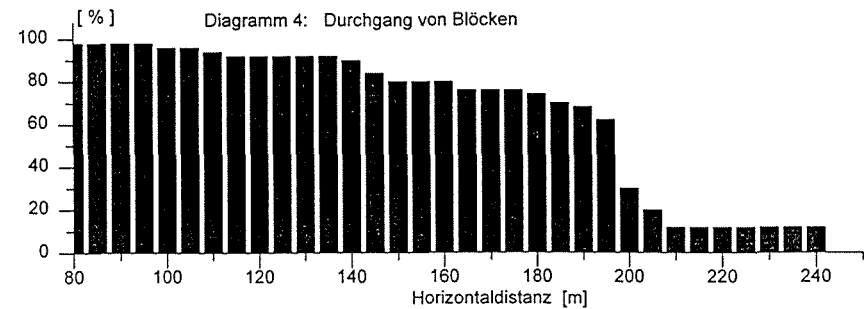
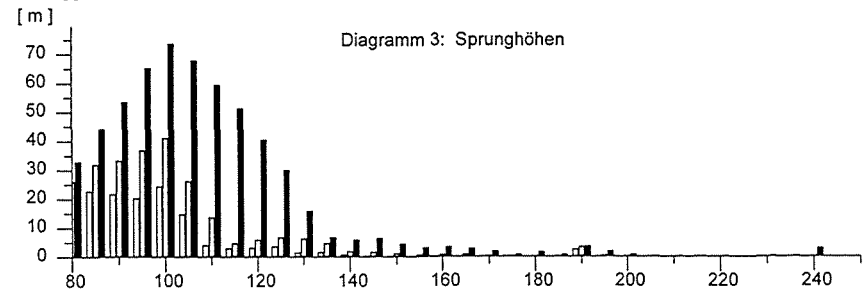
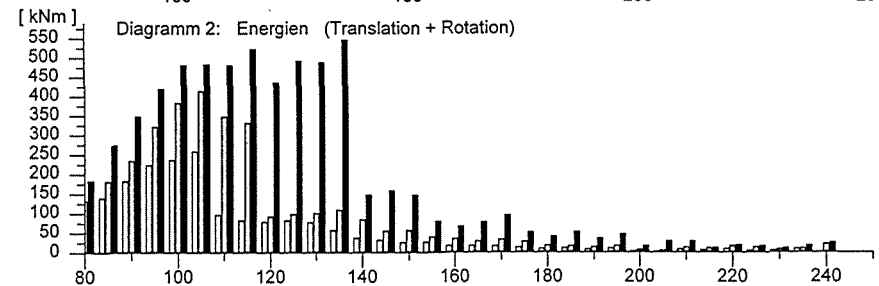
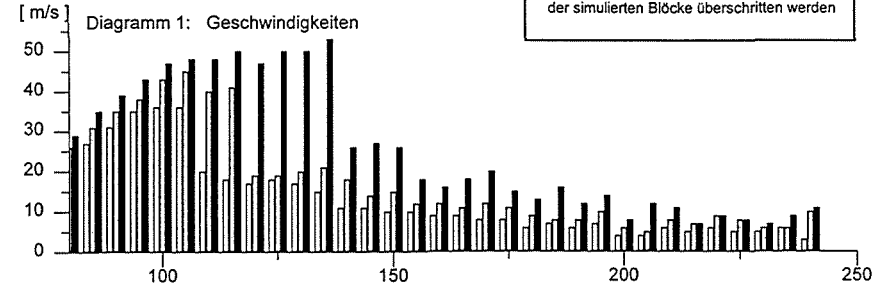


## GWG, Eschlenwald 2, Simulation mit heutigem Wald

Einbezug von Rauigkeit, Dämpfung und Wald  
 Block : 0.62 x 0.52 x 0.52 m, ca. 0.14 m<sup>3</sup>, 353 kg  
 Simulationsparameter geschätzt

Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 □ 50% ▨ 20% ■ 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden



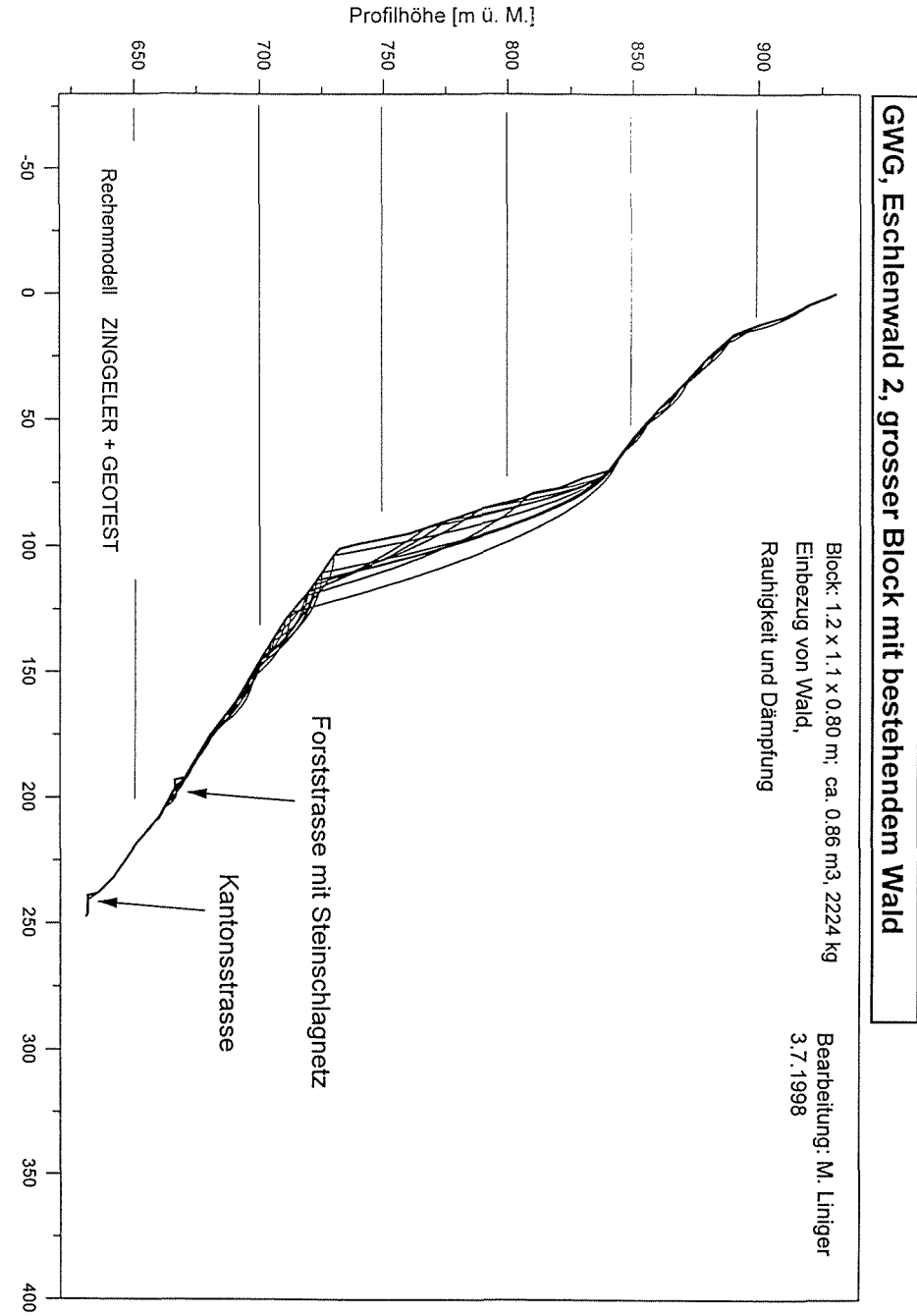
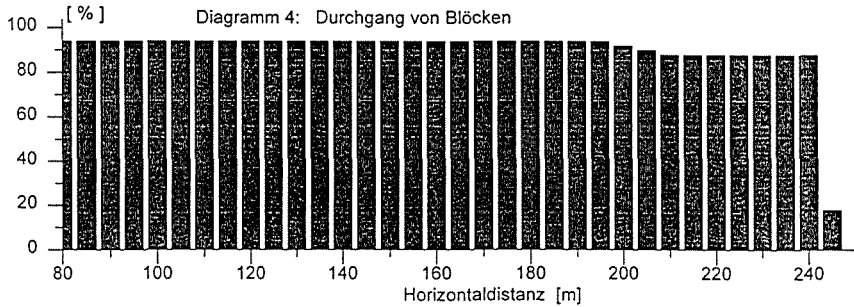
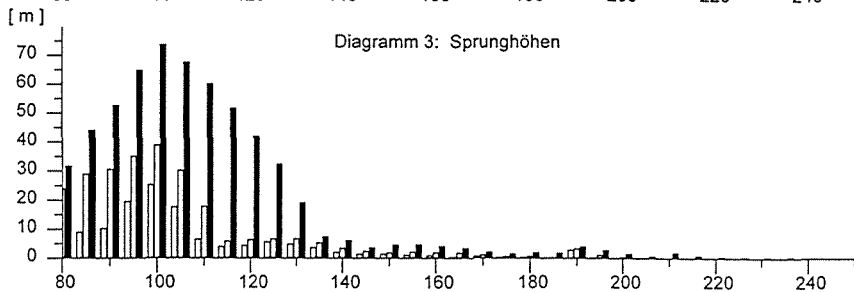
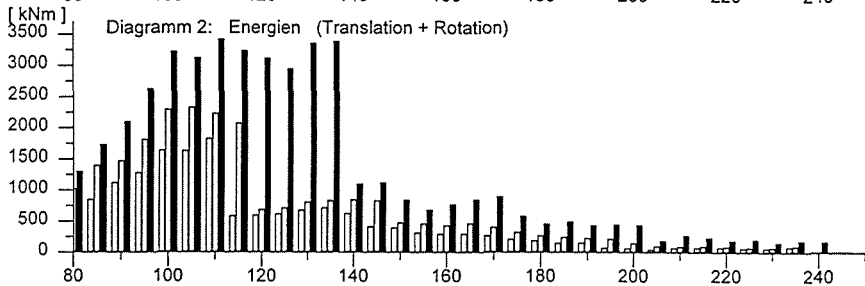
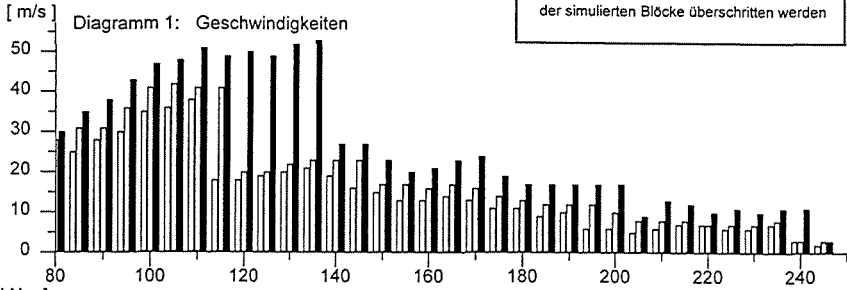


# GWG, Eschlenwald 2, gr. Block mit heutigem Wald

Einbezug von Rauigkeit, Dämpfung und Wald  
 Block : 1.2 x 1.1 x 0.8 m, ca. 0.86 m<sup>3</sup>, 2224 kg

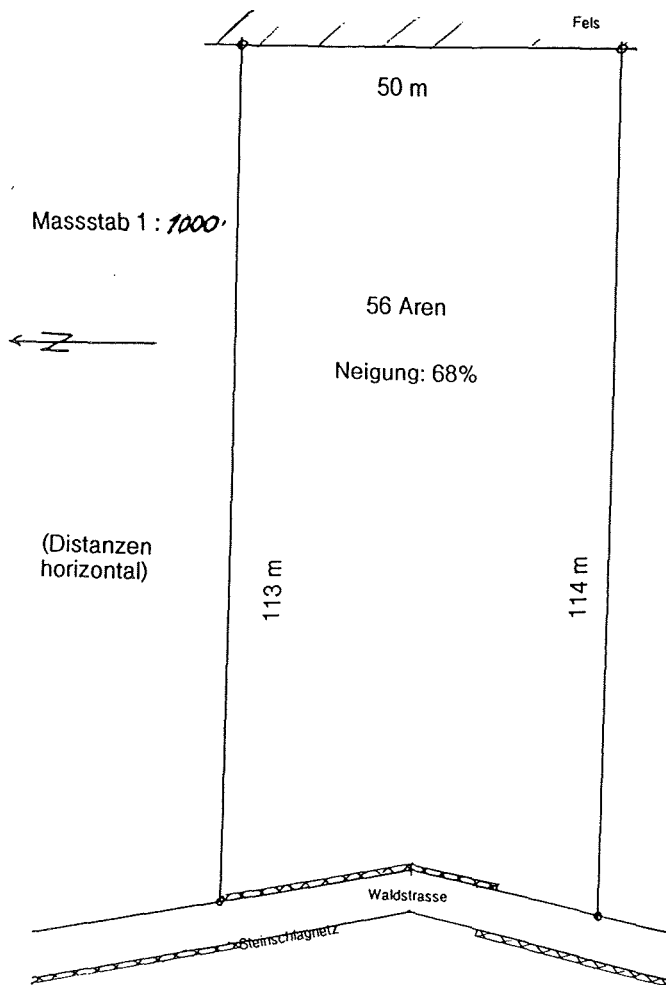
Legende für Diagramme 1, 2 und 3

Werte, die von  
 [white box] 50% [hatched box] 20% [black box] 0%  
 der simulierten Blöcke überschritten werden



## Eschlenwald 2 - Ergebnisse der Gruppenarbeiten

### a) Übersicht - Standort



Der Wald liegt oberhalb der Kantonsstrasse. Nach unten ist die Fläche durch eine Waldstrasse begrenzt. Oberhalb der Waldstrasse wurden Steinschlagnetze angebracht. Der Wald liegt direkt unter der Felswand.

Zahnwurz-Buchenwald (12) (Entspricht dem Binkelkraut-Buchenwald, vergl. Anforderungsprofil „Minimalpflege“). Bei deutlicher Steinschlagwirkung wird der Standort auch als Linden-Zahnwurz-Buchenwald kartiert (13).

In Bereichen mit mehr Blockschutt gibt es Uebergänge zum Hirschzungen-Ahornwald (22)

### b) Steinschlagprozess - Einflussfaktoren

Aus den Unterlagen von W. Gerber: Die Oberflächenrauigkeit in der Fläche Eschlenwald 2 bewirkt eine Vergrösserung der Sprunghöhen, weshalb in diesem Profil mit einem Sprunghöhen / Sprungweiten-Verhältnis von 1/6 gerechnet wurde.

Ereignisse W. periode	Steingrösse (m)	Steinmasse (kg)	Sprunghöhe (m)	Sprungweite (m)	Geschw. Ve (m/s)	Pauschalgefälle (%)
häufig 1-30 Jahre	0,50	200	3	20	18	75
selten 30-100 Jahre	1,0	2000	4	25	20	70

Einflussfaktoren: Hangneigung, Bodenrauigkeit, Stammzahl, Bodenbeschaffenheit, Jahreszeit (Temperaturextreme)

### **c) Einflussfaktoren - Waldwirkung**

Folgende Einflussfaktoren kann der Waldbauer beeinflussen: Stammzahl, Stammdurchmesser, Baumarten, räumliche Verteilung, Bodenrauhigkeit (Stöcke und liegendes Holz). Stammzahl und Stammdurchmesser werden von allen Gruppen als besonders wichtige Bestandesmerkmale genannt. Keine der Gruppen ist der Meinung, dass diese Aussagen innerhalb dieser Weiserfläche differenziert werden müssen.

**d) Ist-Zustand**            vergl. Form. 2

**e) Soll-Zustand**            vergl. Form. 2

**f) Entwicklungsprognose – Massnahmen**            vergl. Form. 2

**g) Pflegeziel und Kontrollkriterien**            vergl. Form. 3

**h) Anzeichnung**            Keine der Gruppen hat die Fläche angezeichnet.

### **i) Folgerungen**

**Tagung:**            Eine Stammzahl von mehr als 400 Bäumen pro ha mit einem Durchmesser von mind. 40 cm kann nachhaltig nicht erreicht werden. Für den vorliegenden Fall schlägt die Gruppe für die häufigen Steine von bis zu 200 kg (Kantenlänge 50 cm) einen Zieldurchmesser von 30 cm vor. Damit ist die vorgeschlagene Lösung gegenüber der „Faustregel“ eher konservativ.

**Kurs 1:**            Der minimale Durchmesser der fruktifizierenden Bäume ist massgebend. Die „Faustregel“ entspricht einer Minimalforderung.

**Kurs 2:**            Eine Stammzahl von 400 Bäume/ha mit Durchmessern von 40 cm ist nicht erreichbar. Die „Faustregel“ ist nicht zulässig, in dieser Situation würde dies einem BHD von 16 cm entsprechen!?!

### **j) Präsentation und Diskussion**

**Tagung:**

– Informationen von M. Liniger zur Simulation:

- Für die Simulation wurde für den Ausbruch die obere Felskante angenommen.
- Der Boden ist verhältnismässig weich, was sich günstig auf die Dämpfung auswirkt.
- Das Relief, die Steine und das liegende Holz führen zu einer grossen Rauigkeit.
- Das Hauptablagerungsgebiet liegt oberhalb der Netze; nur grosse Steine gehen weiter nach unten. 80 % der Blöcke (bis 350 kg) bleiben oberhalb des Netzes liegen.
- Der Wald wirkt wie eine Bürste - die Steine kommen durch die Kontakte schneller zu Boden - die Sprunghöhe erreicht bis 1 m. Ohne Wald würden die Sprunghöhen 4 bis 5 m betragen. Die Netze sind für Sprunghöhen bis 2,5 m und Energien bis 200Nm gerechnet.

- Beim Bodenkontakt wird mehr Energie vernichtet als bei Baumkontakten. Baumkontakte sind wichtig für die Richtungsänderung der Steine.
  - Ohne Wald können auch kleine Steine die Netze überspringen. Mit Wald kann praktisch eine 100-% Sicherheit erreicht werden.
  - Die Distanz von der Felswand bis zum Schadenpotential ist kurz. Es ist richtig, die waldbaulichen Massnahmen auf die häufigen kleineren Steine auszurichten.
  - Die Feststellungen im Wald bestätigen die Ergebnisse der Simulation. Simulationen sind im Feld immer kritisch zu überprüfen.
  - Der von der Gruppe vorgeschlagene Niederwald mit geringen Durchmesser und hohen Stammzahlen wird aus der Sicht des Geologen begrüsst. Mit grossen Stammzahlen und häufigen Kontakten können lange Sprünge unterbrochen werden; die Steine kommen schneller zu Boden.  
Im Aufprallgebiet unter der Felswand sollte nichts gemacht werden, da die äusseren Einflüsse dominieren.
- Lassen sich bei der vorliegenden Steinschlagaktivität solch rigorose Massnahmen rechtfertigen? Führen nicht die Simulationen zu Horrorszenarien? (de Pourtalès)
  - Der Verkehr hat in den letzten Jahren erheblich zugenommen und damit auch das Risiko. Für Engelberg ist eine sichere Verbindung lebenswichtig. Dies rechtfertigt auch die Investitionen in den Wald und in techn. Massnahmen. (Imfeld)
  - Der letzte Eingriff wurde im Jahre 1961 durchgeführt. Drei Autos an einem Vormittag bedeutete damals viel Verkehr.  
Im Frühling gibt es hier auch Eisschlag. Vor den Verbauungen lagen häufig (monatlich) Steine auf der Strasse. (Förster Hurschler)
  - Wenn ein Stein ausbricht, ist es unsicher, ob und wo der Stein unten eintrifft. Beim Steinschlag entspricht also die Ausbruchswahrscheinlichkeit nicht der Eintretenswahrscheinlichkeit. Bei Lawinen und Murgang kann das gleichgesetzt werden. (Rageth)
  - Auf dieser kurzen Strecke genügt ein Niederwald nicht zur notwendigen Energieverminderung von grossen Steinen, hingegen ist die Trefferwahrscheinlichkeit auf der Strasse nur noch sehr klein.
  - Vom Standort her wäre ein Niederwald mit den Baumarten Ah, Es, Li etc. sehr wohl möglich. (H.U.Frey)
  - Die Öffnungsbreite von 10 m von Stock zu Stock ist zu klein, es sind ca. 20 m notwendig, (Frehner) nach H.U.Frey bis 50 m.
  - Stockausschläge brauchen 5 bis 6 Stunden Sonne. Der Niederwaldbetrieb ist extrem teuer, da sehr viel Holz anfällt. (Ott)
  - Man sollte eher von einer Niederhaltung mit vorzeitiger Verjüngung als von einem Niederwald sprechen.

**Kurs 1:** (nur zusätzliche Bemerkungen werden aufgeführt)

- Es muss verhindert werden, dass ein Stein ohne Baum- oder Bodenkontakt längere Sprünge machen kann. Wald verringert vor allem die Sprunghöhe und erhöht dadurch die Wirksamkeit der Netze.
- Wäre es nicht möglich, ein Eschen-Baumholz mit einem Buchen-Nebenbestand heranzuziehen?
- Es ist in einem Zahnwurz-Buchenwald ausserordentlich schwierig, einen dichten Nebenbestand aufzuziehen. Ein Zieldurchmesser von 30 cm bedeutet kurze Umtriebszeiten, was für einen Nebenbestand ungünstig ist. (Grunder)

- Die Esche ist auf Schuttstandorten eher ein Pionier und ab einem gewissen Durchmesser nicht mehr standfest - Buche und Bergahorn verhalten sich diesbezüglich günstiger.
- In der Falllinie gefällttes Holz ist für die Netze sehr gefährlich.
- Zum Ringeln und zum Zerfallsprozess der Bäume liegen kaum Erfahrungen vor. Folgeeingriffe könnten bezüglich Arbeitssicherheit gefährlich sein.
- Wenn der Entscheid „Holz liegen lassen“ gefällt ist, wird der Eingriff flexibler, weil nicht mehr auf eine Holzerntetechnik Rücksicht genommen werden muss.
- Ein Bestand mit 50 starken Eschen und einem Buchen-Nebenbestand hätte eine genügend hohe Stammzahl, scheint aber schwierig zu erreichen.

### Kurs 2:

- Die Netze sind auf eine Belastung von 300 kJ dimensioniert.
- Bei der vorliegenden Situation könnten im Schutz der Netze auch waldbauliche Experimente durchgeführt werden.
- Fallholz erhöht die Bodenrauigkeit und die Dämpfung; es darf aber nicht hangabwärts gerichtet sein. Die Netze könnten durchschlagen werden. Die Depotwirkung des Holzes für Steine wird als ein geringes Problem erachtet.
- Der gegenwärtige Zustand des Bestandes zeigt eine gute Wirkung, aber ohne Massnahmen kann der Zustand nicht erhalten werden.
- Ein Steinschlagschutzwald könnte als neues forstliches Produkt betrachtet werden.

### Schlussbemerkungen (R. Schwitter)

Anfänglich tauchte immer wieder die Frage auf, ob nach dem Bau von Netzen waldbauliche Massnahmen noch sinnvoll und notwendig seien? **Die Steinschlagnetze wurden unter Berücksichtigung eines intakten Waldes dimensioniert (M.Liniger).** Es stellt sich grundsätzlich nicht die Frage, ob nach dem Bau von Netzen noch Waldbau nötig ist, sondern ob zusätzlich zum Wald auch technische Massnahmen, bzw. Netze notwendig sind. Die Antwort richtet sich nach dem tragbaren Risiko. Die Simulation zeigt, dass der Wald auch auf dieser kurzen Transitstrecke eine positive Wirkung hat.

An diesem Objekt liegt zwischen Gefahrenpotential und Schadenpotential nur eine kurze Transitstrecke von ca. 100 m' (horizontal gemessen). Wenn wir von Schutzwald sprechen, müssen wir auf dieser kurzen Strecke eine nachhaltige Methode für die Waldbewirtschaftung suchen.

Objekt: *Erschternwald 2*

Datum: *18. 8. 98* Gruppe: *Tagung Gr. 6*

1. Standort - Lokalform		<i>Linden - Föhrenwald - Buchenwald (13)</i>		<i>Windzungen - Ahornwald</i>					
2. Naturgefahr		<i>Steinschlag</i>		Entstehungs- <input type="checkbox"/>	Transit- <input checked="" type="checkbox"/>	Ablagerungsgebiet <input checked="" type="checkbox"/>			
3. Soll- Ist- Vergleich, Entwicklungstendenz und Herleitung der Massnahmen									
Merkmale	Bestandes- und Einzelbaummerkmale			Zustand-Entwicklung		wirksame Massnahmen	Verhältnismässigkeit	Realisierbarkeit	
	Ist	Soll		heute, in 10, in 50 Jahren					
Mischung	<i>Es 66% Bu 13% BAL 9% div. 12%</i>	<i>gemischt Vollblupp</i>	<i>dito</i>			<i>(Einzelne Samenbäume erhalten)</i>			
Gefüge -vertikal	<i>2-schichtig Unterschicht Bu</i>	<i>2-schichtig</i>				<i>hoch am Ende des Wald / Nadelwald In diagonalen Streifen auf Stoch setzen, Breite 20m im Hauptfalllinie, alle 5 Jahre 6 a.</i>			
Gefüge - horizontal	<i>Einzelbäume keine Lücken</i>	<i>Einzelbäume</i>							
Stabilitätsträger	<i>hld ~ 90-100 Kronenlänge 1/4 vergl. Vollbluppierung</i>	<i>hld ~ 80-90 Kronenlänge 1/3 Ziel <math>\phi</math> 30 cm Samenbäume <math>\phi</math> 50 cm</i>							
Verjüngung- Keimbeet	<i>keine Vegetations- konkurrenz</i>	<i>dito</i>							
Verjüngung Ansamung/Anwuchs	<i>einige Sämlinge</i>	<i>Stochansatz in Streifen</i>							
Verjüngung Aufwuchs	<i>einige Bu</i>								
4. Handlungsbedarf			ja <input type="checkbox"/>	nein <input type="checkbox"/>	5. Dringlichkeit		1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>

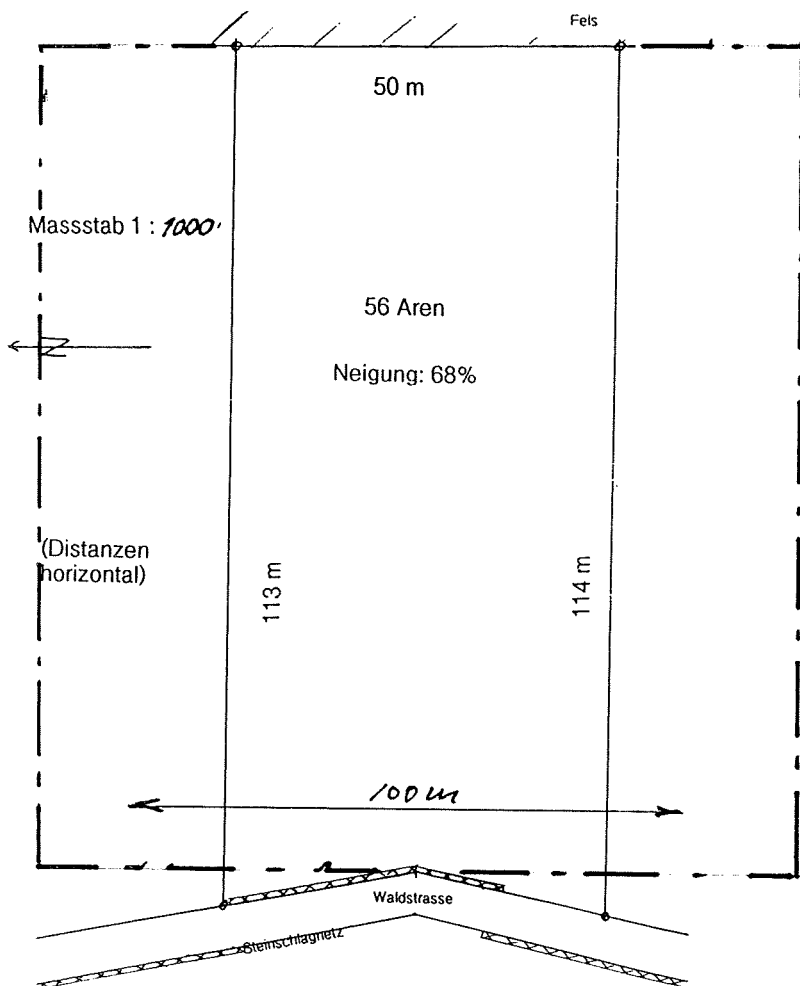


## Eschlenwald 2 - Experiment „Steinschlagschutzwald“

Die Diskussionen an diesem Objekt haben gezeigt, dass das vorhandene Stangenholz in dieser Situation mit häufigen kleinen Steinen auf einer kurzen Transitstrecke einen verhältnismässig guten Schutz bietet. Es wurde deshalb beschlossen, ein Experiment zu starten mit dem Ziel, die gegenwärtige günstige Schutzwirkung nachhaltig zu gewährleisten. Die vorgeschlagenen Massnahmen wurden durch die Schüler der Försterschule Maienfeld ausgeführt.

### a) Grundlagen

#### Übersicht



Die beobachtete Fläche wurde auf eine ha erweitert (vergl. Skizze).

#### Wirkung des Waldes

Gegenüber grossen Steinen hat der schmale Waldstreifen zwischen Felswand und Strasse nur eine beschränkte Wirkung. Das Risiko kann aber deutlich verringert werden, wenn es gelingt zu verhindern, dass die häufigen kleineren Steine (bis 200 kg, Kantenlänge ca. 50 cm) die Strasse erreichen. Entscheidend ist, dass die Steine möglichst schnell Bodenkontakt erreichen - Baumkontakte können dazu führen. Nach ersten Bodenkontakten können Bäume mit 20 cm Durchmesser die Steine stoppen. Der heutige Zustand - ein stammzahlreiches Stangenholz mit einem Durchmesser von 20 cm dürfte im vorliegenden Fall eine optimale Wirkung erbringen.

Vergleiche dazu:

- Die Ausführungen von M. Liniger zu den Simulationsergebnissen (Gruppenarbeit Pt.j).
- Die nachfolgende Beschreibung des Steinschlagprozesses von W. Gerber



**Steinschlagprozess:** Beschreibung mit Hilfe der Tabellen von W. Gerber:

1. Ein Stein von 200 kg mit einer Geschwindigkeit von 18 m/s erreicht eine Sprungweite von 20m (Beilage 1) und eine Energie von 35 kJ (Beilage 5).
2. Bei dieser Sprungweite von 20 m beträgt der Energieverlust bei Bodenkontakt ca. 25 kJ (Beilage 7) - die Energie nach dem Bodenkontakt beträgt noch 10 kJ.
3. Die Translationsenergie von 10 kJ entspricht noch einer Geschwindigkeit von 10 m/s (Beilage 5) - Geschwindigkeitsverlust ca. 45 %.
4. Der Geschwindigkeitsverlust von 45 % führt noch nicht zu einer Verkleinerung der Sprungweite resp. zu einer Bremsung des Steines (Beilage 6).
5. Die theoretische Bruchschlagarbeit von Buche und Ahorn mit 20 cm Durchmesser beträgt 2-3 kJ (Beilage 8) - auch nach einem ersten Bodenkontakt würde der Stein Bäume mit 20 cm noch abschlagen.
6. Rechnen wir aber mit einem Baumtreffer direkt nach dem Bodenkontakt, so beträgt die Energie noch 7-8 kJ, was bei einem 200 kg Stein eine Geschwindigkeit von 8,5 m/s bedeutet (Beilage 5)
7. Mit dieser Startgeschwindigkeit von 8,5 m/s und den gleichen Flugbedingungen wie vorher (Sprunghöhe/Sprungweite = 1/6) erreicht der Stein bei 70 % Hangneigung aber nur noch eine Sprungweite von 15 m und das bei einer Endgeschwindigkeit von 16 m/s (Beilage 1).
8. Rechnen wir wiederum theoretisch mit einem Baumtreffer direkt nach dem Bodenkontakt, so hat der Stein nachher noch eine Startenergie von 5 kJ resp. eine Startgeschwindigkeit von 7 m/s (Beilage 5).
9. Mit dieser Startgeschwindigkeit von 7 m/s wird noch eine Weite von 10 m übersprungen, und kurz nach dem Bodenkontakt erreicht der Stein noch eine Geschwindigkeit von 12 m/s (Beilage 1).
10. Mit diesen wenigen Baumkontakten konnte in unseren Berechnungen die Sprungweite des Steines auf die Hälfte reduziert werden.
11. Ein Baumkontakt hat aber nicht nur den Einfluss der Energievernichtung, sondern er verändert auch die Flugbahn des Steines und dadurch geht beim nächsten Bodenkontakt mehr Energie verloren als ohne Baumkontakt.
12. Zu beachten ist, dass die Bruchschlagarbeit (Beilage 6) aus beidseitig aufgelegten, trockenen Holzstäben hochgerechnet worden ist. Lebende Bäume dürften wesentlich mehr Energie aufnehmen - gemäss einer Schätzung etwa doppelt soviel.

### **b) Zielsetzung**

Das Ziel besteht darin, möglichst viele der kleineren Steine (200 kg bis 300 kg) im Bestand zu bremsen, so dass sie die Waldstrasse (bzw. das Netz) nicht oder nur mit geringer Energie (ohne Sprünge) erreichen. Damit kann die Trefferwahrscheinlichkeit von Autos auf der Strasse wesentlich reduziert werden. Es ist nicht das Ziel, die seltenen grossen Blöcke durch waldbauliche Massnahmen zu beeinflussen

Die Netze erlauben die Ausführung von waldbaulichen Experimenten und eine Kontrolle der Wirksamkeit (Zählen der Steine in den Netzen). Ergebnisse lassen sich auch auf andere Situationen übertragen.

Für den Waldbauer stellen sich folgende Fragen:

- Kann die Waldwirkung durch zusätzliche Massnahmen verbessert werden?
- Wie kann die Nachhaltigkeit sichergestellt werden?
- Wie muss der Wald unter diesen Rahmenbedingungen gepflegt werden?

**c) Waldbauliches Behandlungskonzept**

Nach Auskunft des Revierförsters ist der heutige Bestand aus einer grossflächigen Abräumung hervorgegangen. Im März 1992 wurde letztmals ein Pflegeeingriff ausgeführt. Das anfallende Holz wurde damals liegen gelassen.

**Herleitung der Massnahmen:**

Merkmale	Bestandes- und Einzelbaummerkmale		Zustand-Entwicklung heute, in 10, in 50 Jahren	wirksame Massnahmen
	Ist	Soll		
Mischung	Es Bu BAh div. 66% 17% 9% 17%	dito		-
Gefüge -vertikal	2-schichtig Unterwuchs & Ru	1-schichtig		-
Gefüge -horizontal	Einzelbäume	Einzelbäume Öffnungen max 20m		kein Platz zur Erhaltung der Stabilität.
Stabilitätsträger	BHD 20-25cm Hd ~ 100, h = 20-25m Alter 40-50 J Kronenlänge ~ 14	Zieldurchmesser 20-25cm Hd max 100 Alter 40-50 J		vergl. Verjüngung
Verjüngung-Keimbeet	-	-		
Verjüngung Ansamml./Anwuchs	} einzelnen Tamlinge	} vergl. Verjüngungskonzept		} Verjüngung gemäß Konzept
Verjüngung Aufwuchs				
4. Handlungsbedarf ja [ ] nein [ ]		5. Dringlichkeit 1 [ ] 2 [ ] 3 [ ]		

**Verjüngung:** Die folgenden Zahlenangaben beruhen auf Annahmen und Schätzungen.

Im Alter von 40 bis 50 Jahren erreichen die Bäume einen BHD von 20 bis 25 cm und eine Höhe von 20 bis 25 m (heutiger Zustand). Es geht nun darum, diesen Zustand mit einer geeigneten Verjüngungsplanung nachhaltig zu erhalten. Die Verjüngung mit Stockausschlägen und Kernwüchsen soll durch Öffnungen von etwa 4 a erreicht werden.

**Verjüngungsplanung:**

- Umtriebszeit 60 Jahre
- Wiederkehrdauer 10 Jahre
- Verjüngung auf 1/6 der Fläche
- Öffnungsgrösse 16,5m x 25 m = 4,1 a
- pro ha 4 Oeffnungen = 1/6 der Fläche

**Bestandesstruktur:**

1/6	0 - 10 J.	D dom 0 - 5 cm
1/6	10 - 20 J.	D dom 5 - 10 cm
1/6	20 - 30 J.	D dom 10 - 16 cm
1/6	30 - 40 J.	D dom 16 - 24 cm wirk-Ø
1/6	40 - 50 J.	D dom 24 - 30 cm
1/6	50 - 60 J.	D dom 30 - 35 cm ← verj.

Der wirksame Durchmesser liegt bei 16 bis 24 cm. Der Zieldurchmesser für die Verjüngung wird bei 30 bis 35 cm, bzw. beim Alter 60 angesetzt.

**Räumliche und zeitliche Ordnung:** Damit der Steinschlagschutz nachhaltig gewährleistet werden kann, müssen die Verjüngungsöffnungen so angeordnet werden, dass in der Hangfalllinie immer ein nachhaltiger Bestandaufbau vorhanden ist. Die nachfolgende Darstellung zeigt eine mögliche Anordnung der Verjüngungsöffnungen bezogen auf eine ha Waldfläche.

Die definitive Wahl der Verjüngungsflächen richtet sich nach dem aktuellen Zustand im Bestand.

Vorrat im Alter 60 ca. 250-300m<sup>3</sup>/ha  
Holzanfall pro Öffnung ca. 12-15 m<sup>3</sup>  
etwa 40 bis 50 Bäume

Ausführung im Frühling - günstig für die Bildung von Stockausschlägen.

Verwendung des Holzes an Ort und Stelle - zu Wällen aufgeschichtet - bietet einen zusätzlichen Schutz.

Bei einer Wiederkehrdauer von 10 Jahren kann das verfallende Holz laufend ersetzt werden.

1999	2019	2009	2019
2029	2039	2049	2039
2009	1999	2029	2009
2049	2029	1999	2049
2019	2009	2039	2029
2039	2049	2019	1999

**Entwicklung der Alterstruktur im Bestand:** Theoretisch braucht es eine Umtriebszeit von 60 Jahren bis die erwünschte Altersstruktur des Bestandes erreicht ist.

Zustand 1999				2009				2019			
0	50	50	50	10	60	60 / 0	60	20	70 / 0	10	70 / 0
50	50	50	50	60	60	60	60	70	70	70	70
50	0	50	50	60 / 0	10	60	60 / 0	10	20	70	10
50	50	0	50	60	60	10	60	70	70	20	70
50	50	50	50	60	60 / 0	60	60	70 / 0	10	70	70
50	50	50	0	60	60	60	10	70	70	70 / 0	20

2029

30	10	20	10
80/0	80	80	80
20	30	80/0	20
80	80/0	30	80
10	20	80	80/0
80	80	10	30

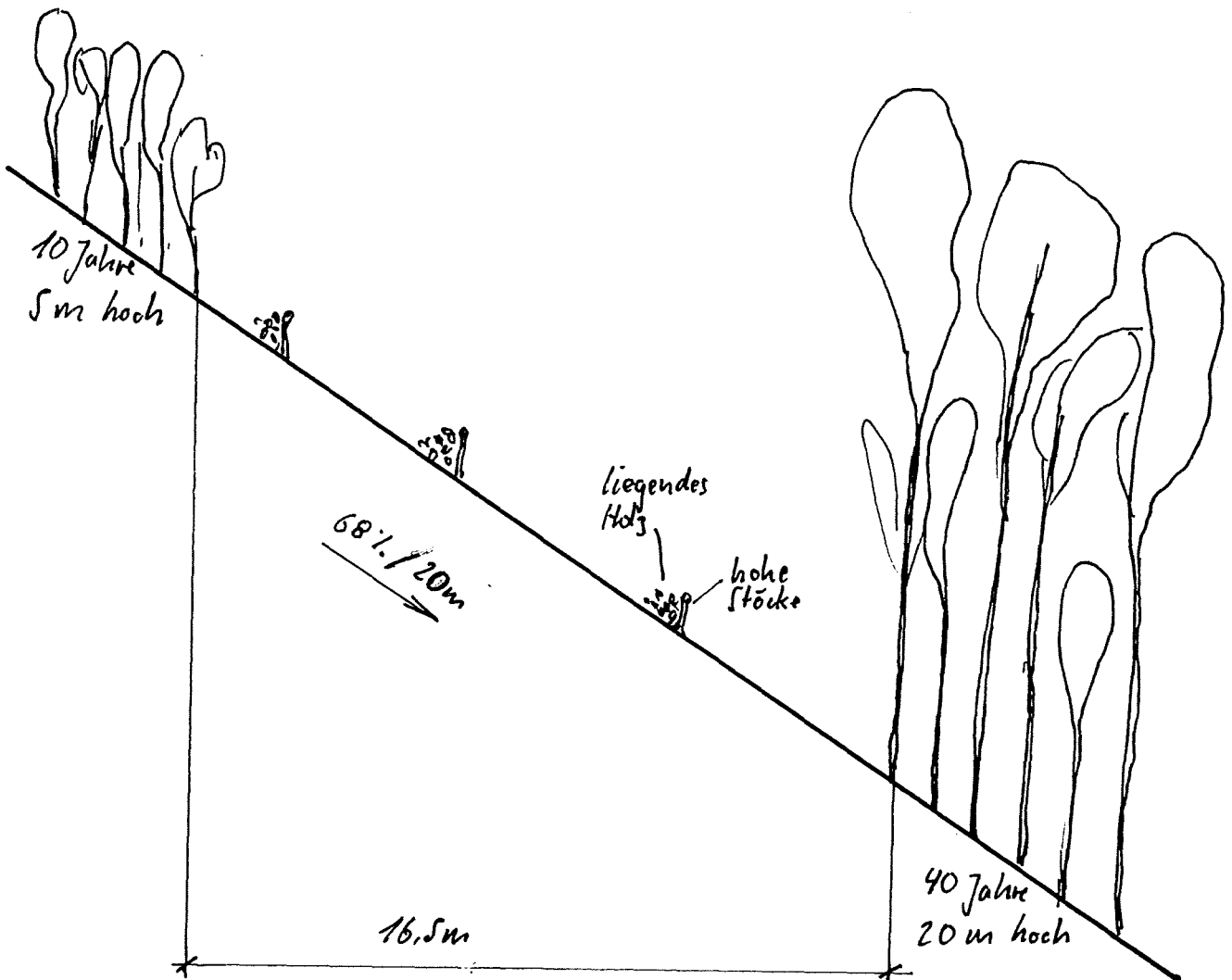
2039

40	20	30	20
10	90/0	90	90/0
30	40	10	30
90	10	40	90
20	30	90/0	10
90/0	90	20	40

2049

50	30	40	30
20	10	100/0	10
40	50	20	40
100/0	20	50	100/0
30	40	10	20
10	100/0	30	50

Querprofil durch eine Verjüngungsöffnung:



**d) Arbeitsausführung** (Schüler der Försterschule Maienfeld am 22./23.3.1999)

**Vollkluppierung:** Alle Stämme ab 8 cm wurden kluppert – die Tabelle auf der übernächsten Seite zeigt das Ergebnis. Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenfassung der Resultate (Werte pro ha):

Baumarten	Bu	Es	Ah	Ul	Li	div.	Lbh	Ta	Fi	div.	Ndh	Total
Stammzahl	416	364	142	45	29	12	1008	16	4	2	21	1030
Vorrat m3	84	55	28	5	6	1	179	15	1	1	16	195

**Situationsskizze:** Die Skizze auf der folgenden Seite zeigt den Bestand zwischen Waldstrasse und Felswand – die Horizontaldistanz beträgt rund 100m. Für die Verjüngung wurden Flächen mit stärkeren Bäumen ausgewählt (schraffiert) oder solche, die durch Schneedruck oder Windwurf schon etwas aufgelichtet waren (Ab 34, BC 56, CD 45, DE 34).

**Holzfall in den Verjüngungsöffnungen:**

Fläche	AB 34	BC 56	CD 45	DE 34	Total
Stammzahl	38	36	53	40	167
Vorrat m3	5	7	7	17	36

**Angaben zu den einzelnen Flächen:**

AB 34: Alle Stöcke wurden tief abgesägt und abgerandet. Der nördliche Rand der Fläche öffnet sich gegen Norden – hier kann Anwuchs von Buche und Esche festgestellt werden.

BC 56: In der oberen Hälfte der Fläche wurden hohe Stöcke belassen – in der unteren Hälfte wurden die Stöcke tief abgeschnitten und abgerandet. Eine Tanne (Stufe 8) weist ein Alter von ca. 160 Jahren auf (seit ca. 55 Jahren sind die Jahrringe breiter).

CD 45: In der oberen Hälfte wurden die Stöcke tief abgeschnitten und abgerandet - in der unteren Hälfte der Fläche wurden hohe Stöcke belassen.

DE 34: In der oberen Hälfte wurden die Stöcke tief abgeschnitten und abgerandet - in der unteren Hälfte der Fläche wurden normale Stöcke belassen. Eine der grössten Buchen mit der Länge von 26 m war 60 Jahre alt.

**Allgemeines:**

Die Arbeiten mussten bei widrigen Wetterverhältnissen ausgeführt werden. Am 2. Tag lag sogar Schnee in der Fläche. Die Arbeitsmoral war trotzdem recht gut. Die Strasse wurde während der Fällarbeiten gesperrt. Das liegende dürre Holz aus der letzten Stangenholzpflege bildete die grösste Gefahr. Es lag zum Teil hangabwärts auf anderen Stämmen. Einzelne Stämme glitten ab und wurden erst durch das Netz gestoppt. In der Fläche DE 34 mussten einige grössere Weisstannen gefällt werden – sie wurden an die Strasse gereistet.

## Eschlenwald 2 – Vollkluppierung vom 22.3.1999 (kluppierte Fläche siehe Situation 1:100)

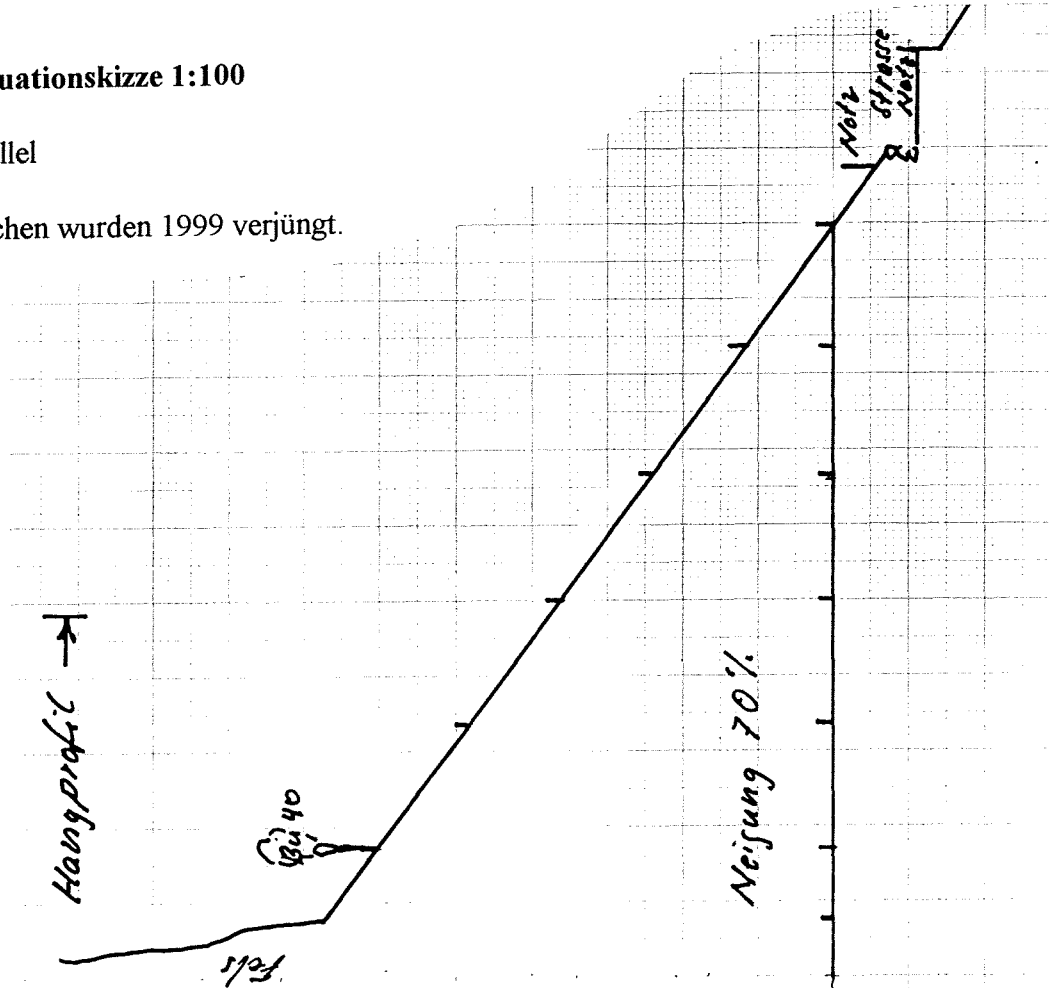
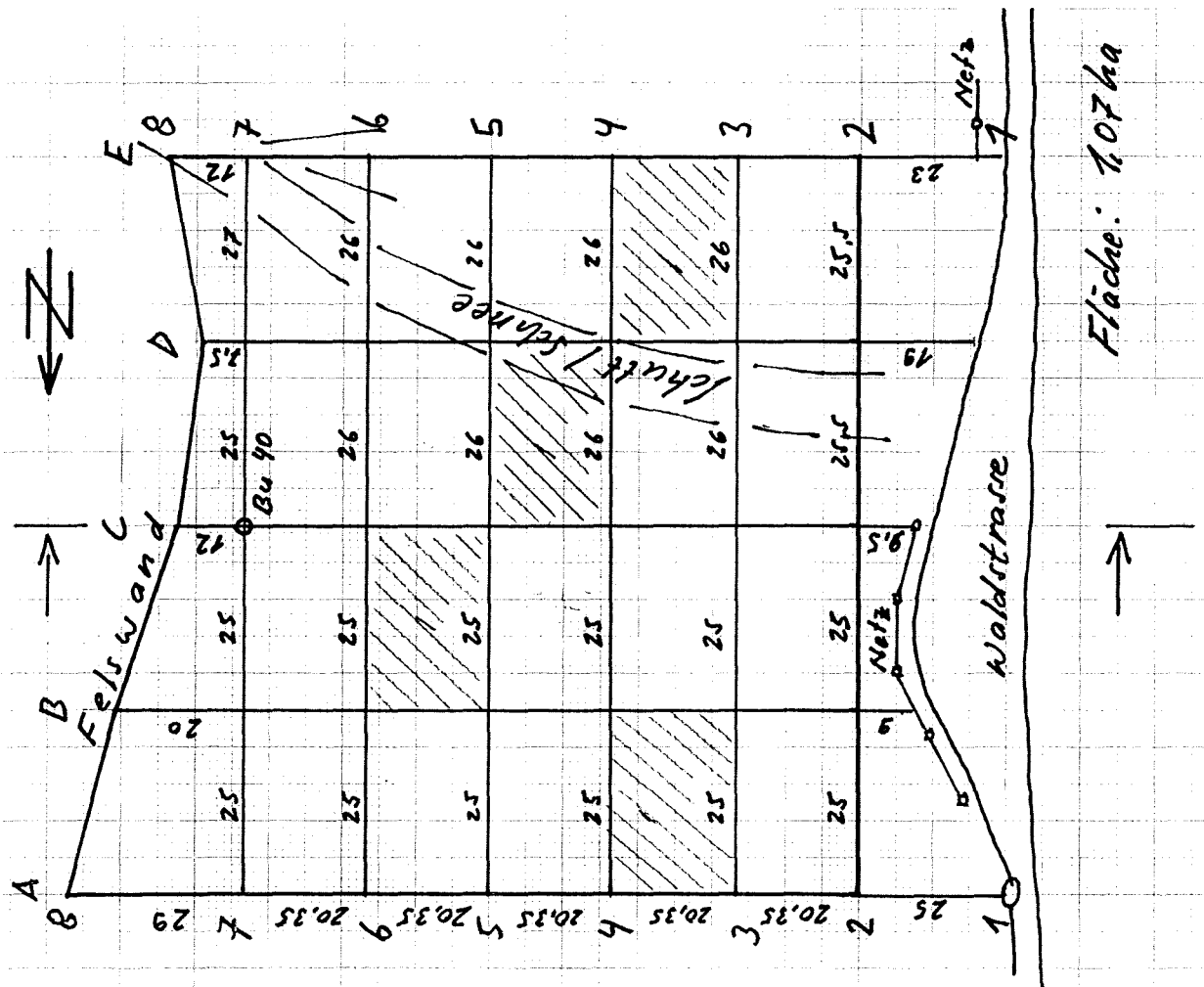
Stammzahl pro ha														
Stufe	BHD	Tarif	Bu	Es	Ah	Ul	Li	div.	Tot Lbh	Ta	Fi	div.	Tot Ndh	Total
OO	8-12	0.1	178	72	31	27	7	11	326	4	0	0	4	330
O	12-16	0.1	117	150	38	6	9	1	321	1	3	0	4	324
1	16-20	0.2	60	101	43	8	7	0	220	2	0	0	2	221
2	20-24	0.3	29	32	15	3	1	0	79	0	1	2	3	82
3	24-28	0.5	9	8	9	0	2	0	29	1	0	0	1	30
4	28-32	0.7	7	0	4	0	1	0	11	2	0	0	2	13
5	32-36	0.9	1	1	1	1	0	0	4	1	0	0	1	5
6	36-40	1.2	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
7	40-44	1.5	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	2
8	44-48	1.8	2	1	0	0	1	0	4	2	0	0	2	6
9	48-52	2.2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	4
10	52-56	2.6	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
11	56-60	3.0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2
12	60-64	3.4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13	64-68	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	68-72	4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	72-76	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	76-80	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	80-84	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	84-88	6.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	88-92	7.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	92-96	7.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	96-100	8.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Stammzahl</b>			<b>416</b>	<b>364</b>	<b>142</b>	<b>45</b>	<b>29</b>	<b>12</b>	<b>1008</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>1030</b>

Vorrat pro ha														
Stufe	BHD	Tarif	Bu	Es	Ah	Ul	Li	div.	Tot Lbh	Ta	Fi	div.	Tot Ndh	Total
OO	8-12	0.1	9	4	2	1	0	1	16	0	0	0	0	16
O	12-16	0.1	12	15	4	1	1	0	32	0	0	0	0	32
1	16-20	0.2	12	20	9	2	1	0	44	0	0	0	0	44
2	20-24	0.3	9	10	4	1	0	0	24	0	0	1	1	25
3	24-28	0.5	5	4	5	0	1	0	14	0	0	0	0	15
4	28-32	0.7	5	0	3	0	1	0	8	1	0	0	1	9
5	32-36	0.9	1	1	1	1	0	0	3	1	0	0	1	4
6	36-40	1.2	7	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7
7	40-44	1.5	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	3
8	44-48	1.8	3	2	0	0	2	0	7	3	0	0	3	10
9	48-52	2.2	4	0	0	0	0	0	4	4	0	0	4	8
10	52-56	2.6	12	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12
11	56-60	3.0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	6
12	60-64	3.4	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
13	64-68	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	68-72	4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	72-76	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	76-80	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	80-84	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	84-88	6.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	88-92	7.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	92-96	7.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	96-100	8.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Vorrat</b>			<b>84</b>	<b>55</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>179</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>195</b>

### Eschlenwald 2 – Situationskizze 1:100

Masse in m hangparallel

Die schraffierten Flächen wurden 1999 verjüngt.



### **e) Erste Ergebnisse - Kontrolle vom 23. Juni 1999**

(Brächt Wasser, Büro Impuls / Raphael Schwitter, Fachstelle für Gebirgswaldpflege)

#### **Wie wirken die Holzwälle gegenüber Steinschlag?**

Frische Steine und Blöcke auf den Wällen werden mit roter Farbe markiert und gezählt. (Damit ein Stein gezählt wird, muss er mindestens einem quer liegenden Stamm aufliegen.) Am 23.6.99 können auf den Holzwällen bereits einige Steine gefunden werden.

#### **Wie entwickeln sich die Stockausschläge?**

Die Bäume wurden am 22./23. März 1999 auf den Stock gesetzt, also vor dem Austreiben. Am 23. Juni 1999 kann festgestellt werden, dass von den Buchen viele und von den anderen Laubholzarten fast alle Stöcke Ausschläge gebildet haben.

- Die Ausschläge wachsen mehrheitlich talseitig (Exposition – Licht?).
- Die Wuchshöhe der Ausschläge ist sehr unterschiedlich.
- Das Abranden der Stöcke führt zu einer sehr guten Wundheilung.
- Sowohl tiefe als auch hohe Stöcke bilden Ausschläge.
- Bodennahe Stöcke führen zu Ausschlägen aus den Wurzelanläufen und sollen gemäss Erfahrung stabiler werden.
- Sehr hohe Stöcke entziehen die Gipfeltriebe der Äserhöhe.
- Der Wildverbiss an den Stockausschlägen ist sehr gross.
- Alte Stöcke (Durchforstung 1992) haben im Bestandesinnern auch Ausschläge gebildet, die dann später wieder abgestorben sind.
- Einzelne der alten Stöcke haben mit der Freistellung erneut ausgeschlagen – das Ausschlagvermögen einzelner Stöcke bleibt demzufolge über mehrere Jahre erhalten.

#### **Verschiedenes**

- Kernwüchse. Auf den Verjüngungsflächen gibt es vereinzelt Anwuchs von Kernwüchsen - Keimlinge konnten erst vereinzelt beobachtet werden. Wie entwickeln sich die Kernwüchse in den nächsten Jahren?
- Krautvegetation. Am Nordrand der Fläche AB 34 bestand schon vor dem Eingriff eine grössere Öffnung. Die Krautvegetation ist dort sehr üppig entwickelt – sie wird von Wasserdost dominiert. Wird die neue Fläche in wenigen Jahren ähnlich aussehen. Wird die Vegetation die Verjüngung behindern?
- Holzzersetzung. Wie lange hält die Wirkung des liegenden Holzes an? Es ist vorgesehen, in 10 Jahren einen nächsten Eingriff auszuführen und die Holzwälle zu ersetzen. Das vorhandene liegende Holz stammt aus der Durchforstung im März 92 und hat damit bereits 8 Vegetationsperioden überdauert - es ist erst teilweise durchgefaut. Die hangabwärts übereinander liegenden Stämme bilden immer noch eine Gefahr, wenn sie abgleiten.
- Stabilität. Bis zum Erreichen der geplanten Bestandesstruktur werden die ältesten Bestandesteile 100 Jahre alt sein. Wie entwickelt sich die Stabilität des verbleibenden Bestandes – vor allem der Bestandesränder? Sind Pflegeeingriffe notwendig?

Die Beobachtungen werden weiter geführt. Die Ergebnisse werden bei der Fachstelle für Gebirgswaldpflege gesammelt.





### Verwendung des Holzes an Ort und Stelle

Oben: Fläche CD45, 23.3.99

Aufnahme nach der Ausführung.  
Das anfallende Holz wurde zu Wällen  
aufgeschichtet.

Unten: Fläche AB34, 23.6.99

Ein Stein ist auf dem Holzwall liegen  
geblieben. Die Fläche wird periodisch  
kontrolliert, und neue entdeckte  
Steine werden mit Farbe markiert.





### Stockausschläge

Links: Foto 23.3.99

Pietro Bomio schrägt einen Stock an. Diese Massnahme fördert die Wundheilung am Stock und führt dazu, dass die Stockausschläge aus den Wurzelanläufen ausschlagen.

Unten links: Foto 23.6.99

Angeschrägter Buchenstock mit Ausschlag aus der Basis.

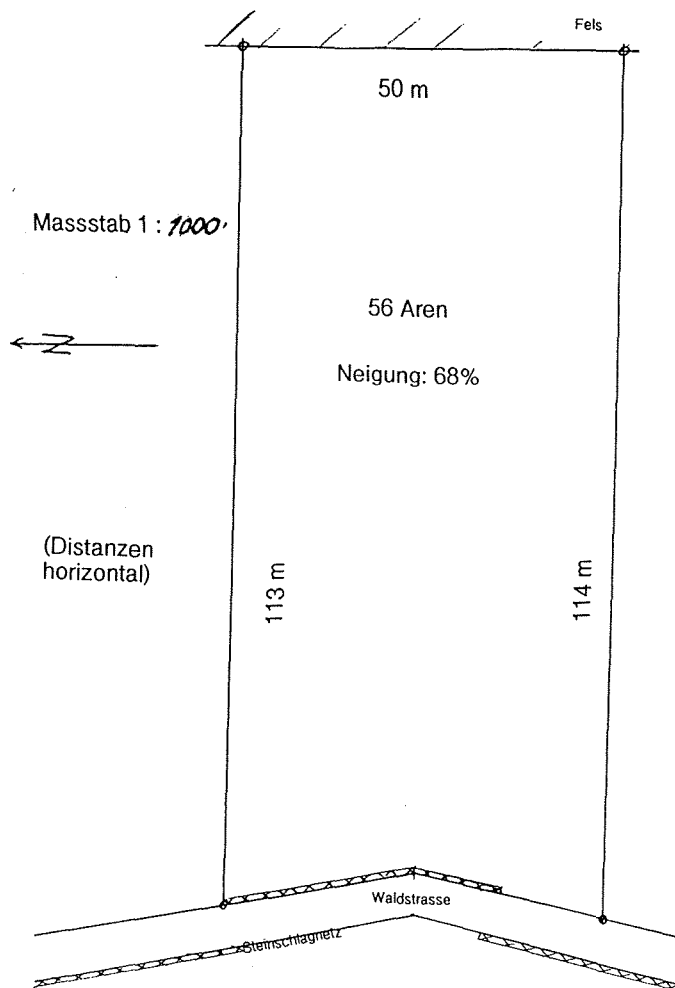
Unten rechts: Foto 23.6.99

Stockausschläge von Bergahorn. Die meisten Stockausschläge sind verbissen. Eine Ausnahme bilden Schösslinge auf hohen Stöcken.



## Eschlenwald 2 - Ergebnisse der Gruppenarbeiten

### a) Übersicht - Standort



Der Wald liegt oberhalb der Kantonsstrasse. Nach unten ist die Fläche durch eine Waldstrasse begrenzt. Oberhalb der Waldstrasse wurden Steinschlagnetze angebracht. Der Wald liegt direkt unter der Felswand.

Zahnwurz-Buchenwald (12) (Entspricht dem Binkelkraut-Buchenwald, vergl. Anforderungsprofil „Minimalpflege“ Bei deutlicher Steinschlagwirkung wird der Standort auch als Linden-Zahnwurz-Buchenwald kartiert (13).

In Bereichen mit mehr Blockschutt gibt es Uebergänge zum Hirschzungen-Ahornwald (22)

### b) Steinschlagprozess - Einflussfaktoren

Aus den Unterlagen von W. Gerber: Die Oberflächenrauigkeit in der Fläche Eschlenwald 2 bewirkt eine Vergrößerung der Sprunghöhen, weshalb in diesem Profil mit einem Sprunghöhen / Sprungweiten-Verhältnis von 1/6 gerechnet wurde.

Ereignisse W. periode	Steingrösse (m)	Steinmasse (kg)	Sprunghöhe (m)	Sprungweite (m)	Geschw. Ve (m/s)	Pauschal- gefälle (%)
häufig 1-30 Jahre	0,50	200	3	20	18	75
selten 30-100 Jahre	1,0	2000	4	25	20	70

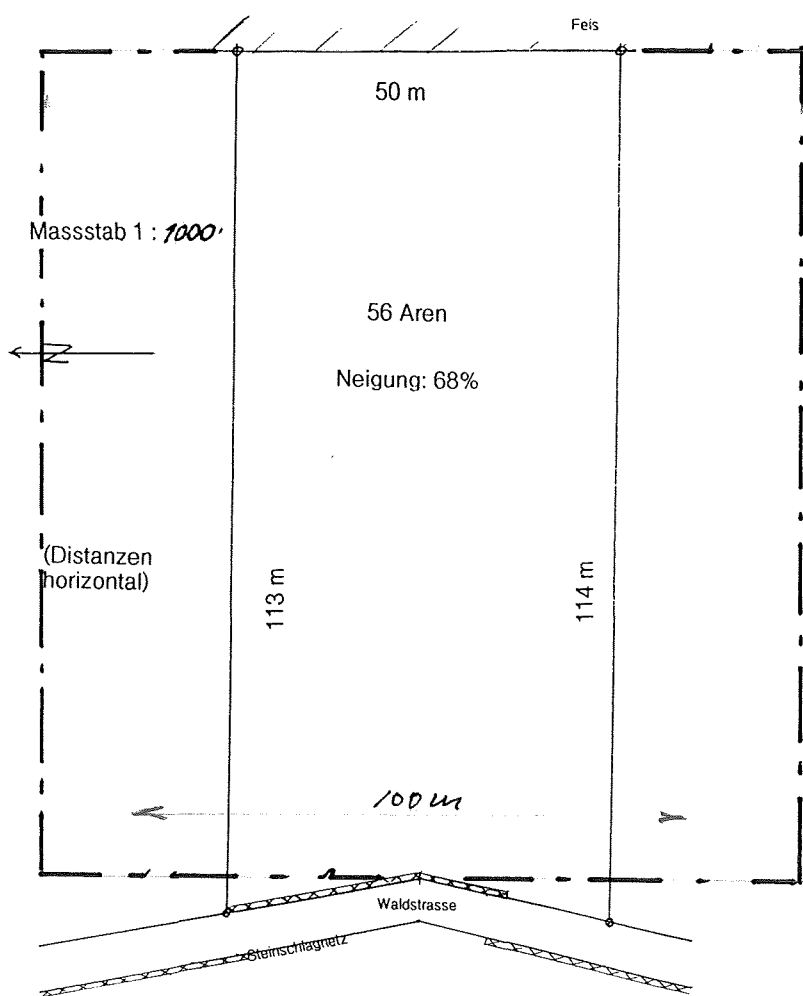
Einflussfaktoren: Hangneigung, Bodenrauigkeit, Stammzahl, Bodenbeschaffenheit, Jahreszeit (Temperaturextreme)

## Eschlenwald 2 - Experiment „Steinschlagschutzwald“

Die Diskussionen an diesem Objekt haben gezeigt, dass das vorhandene Stangenholz in dieser Situation mit häufigen kleinen Steinen auf einer kurzen Transitstrecke einen verhältnismässig guten Schutz bietet. Es wurde deshalb beschlossen, ein Experiment zu starten mit dem Ziel, die gegenwärtige günstige Schutzwirkung nachhaltig zu gewährleisten. Die vorgeschlagenen Massnahmen wurden durch die Schüler der Försterschule Maienfeld ausgeführt.

### a) Grundlagen

#### Übersicht



Die beobachtete Fläche wurde auf eine ha erweitert (vergl. Skizze).

#### Wirkung des Waldes

Gegenüber grossen Steinen hat der schmale Waldstreifen zwischen Felswand und Strasse nur eine beschränkte Wirkung. Das Risiko kann aber deutlich verringert werden, wenn es gelingt zu verhindern, dass die häufigen kleineren Steine (bis 200 kg, Kantenlänge ca. 50 cm) die Strasse erreichen. Entscheidend ist, dass die Steine möglichst schnell Bodenkontakt erreichen - Baumkontakte können dazu führen. Nach ersten Bodenkontakten können Bäume mit 20 cm Durchmesser die Steine stoppen. Der heutige Zustand - ein stammzahlreiches Stangenholz mit einem Durchmesser von 20 cm dürfte im vorliegenden Fall eine optimale Wirkung erbringen.

Vergleiche dazu:

- Die Ausführungen von M. Liniger zu den Simulationsergebnissen (Gruppenarbeit Pt.j).
- Die nachfolgende Beschreibung des Steinschlagprozesses von W. Gerber

Für den Waldbauer stellen sich folgende Fragen:

- Kann die Waldwirkung durch zusätzliche Massnahmen verbessert werden?
- Wie kann die Nachhaltigkeit sichergestellt werden?
- Wie muss der Wald unter diesen Rahmenbedingungen gepflegt werden?

**c) Waldbauliches Behandlungskonzept**

Nach Auskunft des Revierförsters ist der heutige Bestand aus einer grossflächigen Abräumung hervorgegangen. Im März 1992 wurde letztmals ein Pflegeeingriff ausgeführt. Das anfallende Holz wurde damals liegengelassen.

**Herleitung der Massnahmen:**

Merkmale	Bestandes- und Einzelbaummerkmale		Zustand-Entwicklung heute, in 10, in 50 Jahren	wirksame Massnahmen
	Ist	Soll		
Mischung	Es Bu BAh div. 66% 13% 9% 13%	dito		-
Gefüge -vertikal	2-schichtig Unterschicht Bu	1-schichtig		-
Gefüge -horizontal	Einzelbäume	Einzelbäume Öffnungen max 20m		min. Pflege zur Erhaltung der Hab-tätöb.
Stabilitätsträger	BHD 20-25cm h/d ~ 100, h = 20-25m Alter 40-50 J Kronenlänge ~ 1/4	Zieldurchmesser 20-25cm h/d max 100 Alter 40-50 J		vergl. Verjüngung
Verjüngung- Keimbeet	-	-		
Verjüngung Ansammlung/Anwuchs	} einzelnen Farnlinge	vergl. Verjüngungskonzept		Verjüngung gemäss Konzept
Verjüngung Aufwuchs				
4. Handlungsbedarf ja [ ] nein [ ]		5. Dringlichkeit 1 [ ] 2 [ ] 3 [ ]		

**Verjüngung:** Die folgenden Zahlenangaben beruhen auf Annahmen und Schätzungen.

Im Alter von 40 bis 50 Jahren erreichen die Bäume einen BHD von 20 bis 25 cm und eine Höhe von 20 bis 25 m (heutiger Zustand). Es geht nun darum, diesen Zustand mit einer geeigneten Verjüngungsplanung nachhaltig zu erhalten. Die Verjüngung mit Stockausschlägen und Kernwüchsen soll durch Öffnungen von etwa 4 a erreicht werden.

**Verjüngungsplanung:**

- Umtriebszeit 60 Jahre
- Wiederkehrdauer 10 Jahre
- Verjüngung auf 1/6 der Fläche
- Öffnungsgrösse 16,5m x 25 m = 4,1 a
- pro ha 4 Oeffnungen = 1/6 der Fläche

**Bestandesstruktur:**

1/6	0 - 10 J.	D dom 0 - 5 cm
1/6	10 - 20 J.	D dom 5 - 10 cm
1/6	20 - 30 J.	D dom 10 - 16 cm
1/6	30 - 40 J.	D dom 16 - 24 cm wirk-Ø
1/6	40 - 50 J.	D dom 24 - 30 cm
1/6	50 - 60 J.	D dom 30 - 35 cm ← verj.

2029

30	10	20	10
80 / 0	80	80	80
20	30	80 / 0	20
80	80 / 0	30	80
10	20	80	80 / 0
80	80	10	30

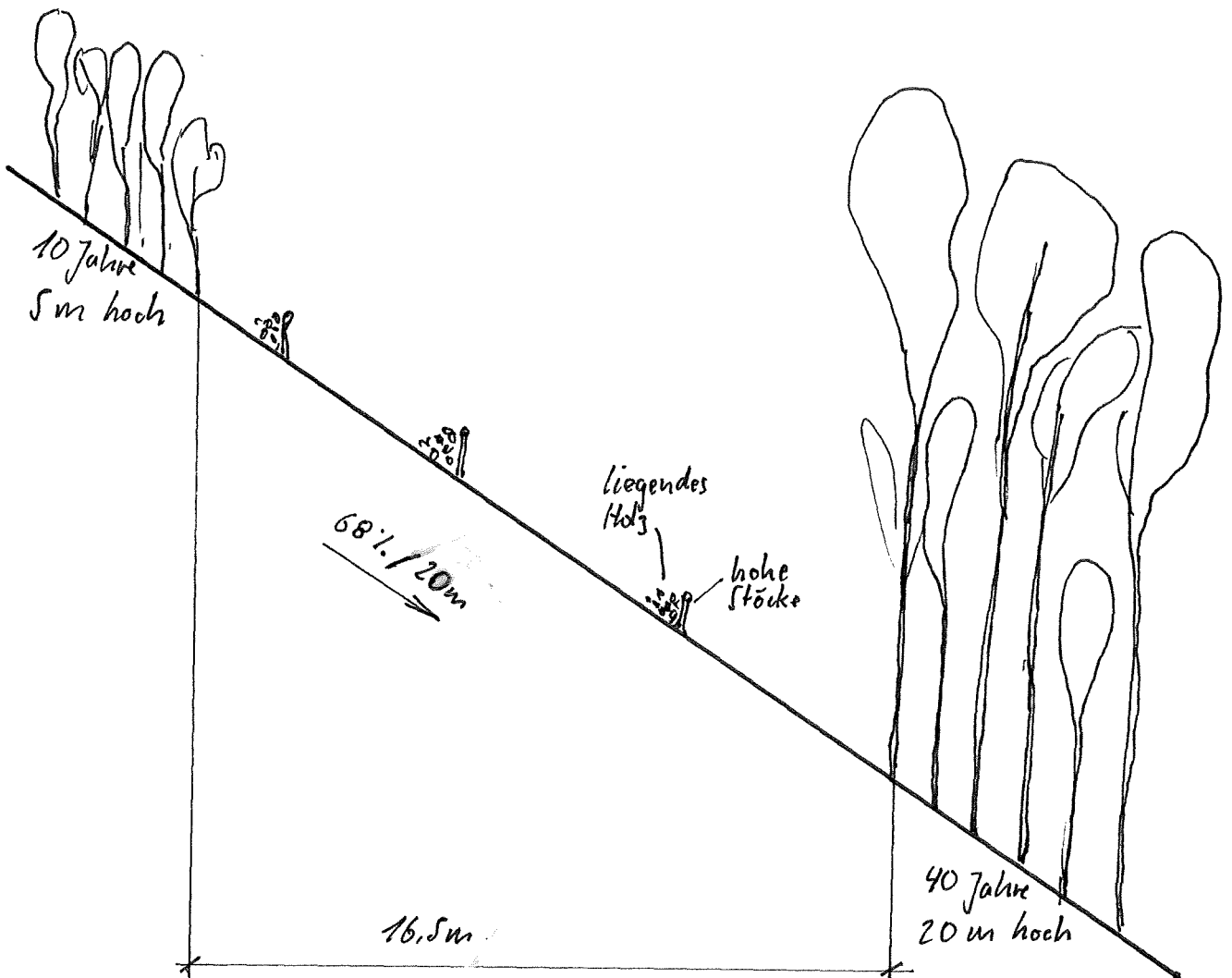
2039

40	20	30	20
10	90 / 0	90	90 / 0
30	40	10	30
90	10	40	90
20	30	90 / 0	10
90 / 0	90	20	40

2049

50	30	40	30
20	10	100 / 0	10
40	50	20	40
100 / 0	20	50	100 / 0
30	40	10	20
10	100 / 0	30	50

**Querprofil durch eine Verjüngungsöffnung:**



**Eschlenwald 2 – Vollkluppierung vom 22.3.1999** (kluppierte Fläche siehe Situation 1:100)

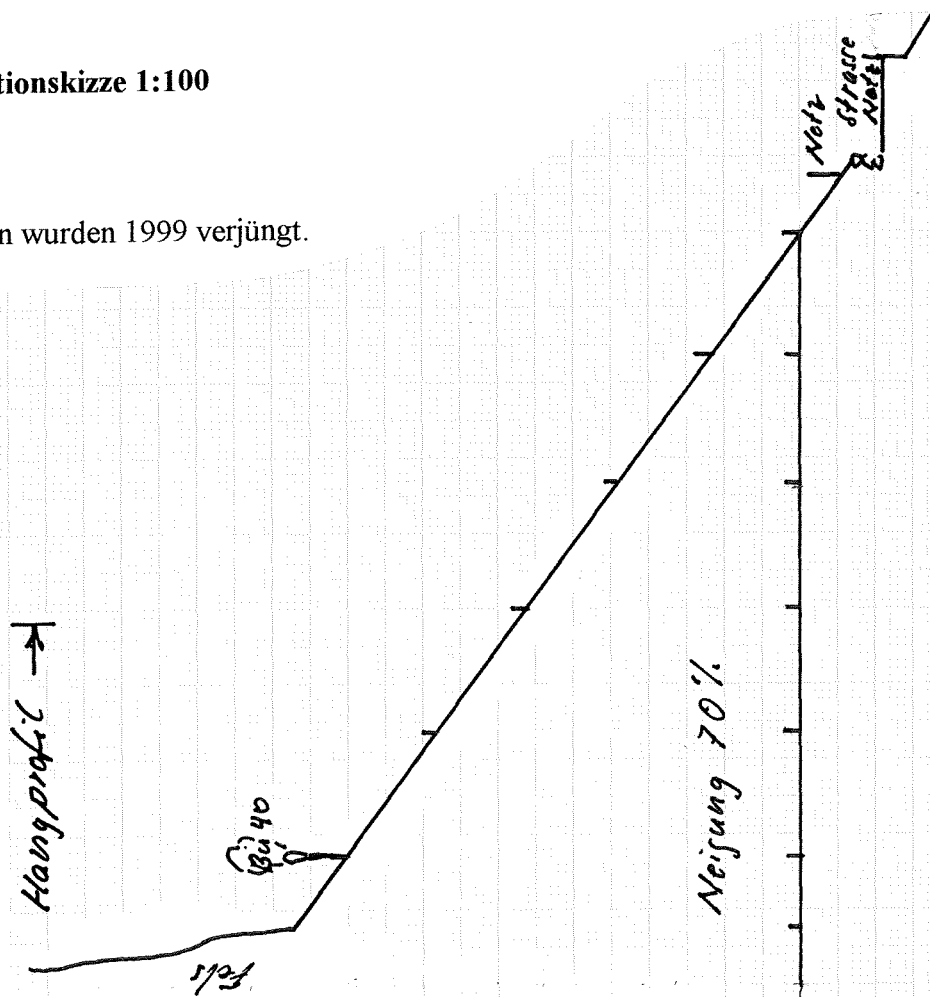
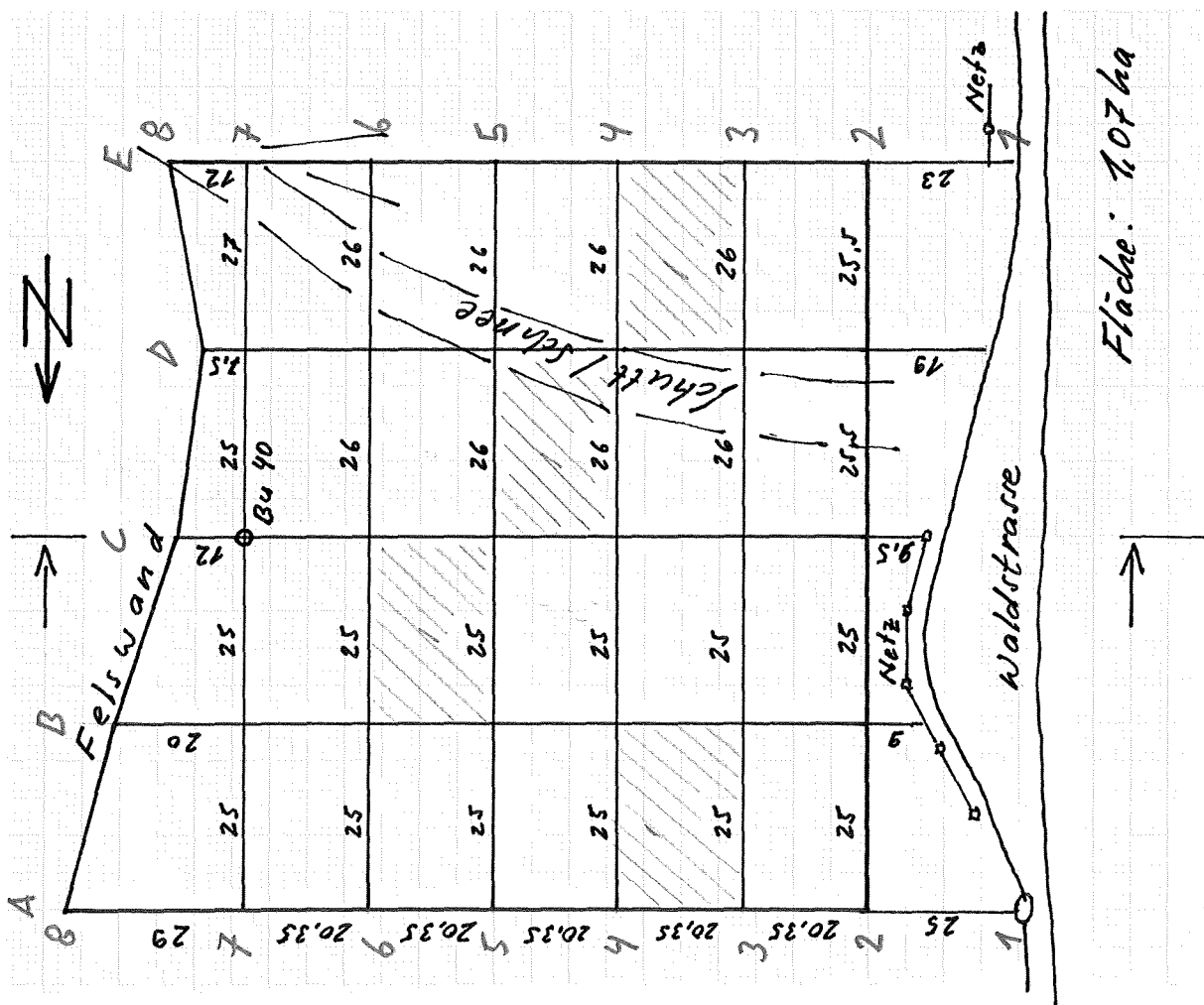
Stammzahl pro ha														
Stufe	BHD	Tarif	Bu	Es	Ah	Ul	Li	div.	Tot Lbh	Ta	Fi	div.	Tot Ndh	Total
OO	8-12	0.1	178	72	31	27	7	11	326	4	0	0	4	330
O	12-16	0.1	117	150	38	6	9	1	321	1	3	0	4	324
1	16-20	0.2	60	101	43	8	7	0	220	2	0	0	2	221
2	20-24	0.3	29	32	15	3	1	0	79	0	1	2	3	82
3	24-28	0.5	9	8	9	0	2	0	29	1	0	0	1	30
4	28-32	0.7	7	0	4	0	1	0	11	2	0	0	2	13
5	32-36	0.9	1	1	1	1	0	0	4	1	0	0	1	5
6	36-40	1.2	6	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	6
7	40-44	1.5	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	2
8	44-48	1.8	2	1	0	0	1	0	4	2	0	0	2	6
9	48-52	2.2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	2	4
10	52-56	2.6	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
11	56-60	3.0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	2
12	60-64	3.4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
13	64-68	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	68-72	4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	72-76	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	76-80	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	80-84	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	84-88	6.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	88-92	7.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	92-96	7.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	96-100	8.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Stammzahl</b>			<b>416</b>	<b>364</b>	<b>142</b>	<b>45</b>	<b>29</b>	<b>12</b>	<b>1008</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>21</b>	<b>1030</b>

Vorrat pro ha														
Stufe	BHD	Tarif	Bu	Es	Ah	Ul	Li	div.	Tot Lbh	Ta	Fi	div.	Tot Ndh	Total
OO	8-12	0.1	9	4	2	1	0	1	16	0	0	0	0	16
O	12-16	0.1	12	15	4	1	1	0	32	0	0	0	0	32
1	16-20	0.2	12	20	9	2	1	0	44	0	0	0	0	44
2	20-24	0.3	9	10	4	1	0	0	24	0	0	1	1	25
3	24-28	0.5	5	4	5	0	1	0	14	0	0	0	0	15
4	28-32	0.7	5	0	3	0	1	0	8	1	0	0	1	9
5	32-36	0.9	1	1	1	1	0	0	3	1	0	0	1	4
6	36-40	1.2	7	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	7
7	40-44	1.5	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	3
8	44-48	1.8	3	2	0	0	2	0	7	3	0	0	3	10
9	48-52	2.2	4	0	0	0	0	0	4	4	0	0	4	8
10	52-56	2.6	12	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	12
11	56-60	3.0	3	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	6
12	60-64	3.4	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
13	64-68	3.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	68-72	4.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	72-76	4.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	76-80	5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	80-84	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	84-88	6.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	88-92	7.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	92-96	7.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	96-100	8.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Total Vorrat</b>			<b>84</b>	<b>55</b>	<b>28</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>179</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16</b>	<b>195</b>

### Eschlenwald 2 – Situationskizze 1:100

Masse in m hangparallel

Die schraffierten Flächen wurden 1999 verjüngt.





## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Vorfeld dieser Tagung bestand die Vorstellung, die Wirkung des Waldes gegenüber Steinschlag sei ein überschaubares Thema. Es hat sich jedoch gezeigt, dass allein der Steinschlagprozess ein sehr komplexes Phänomen ist. Und die Frage, wie dieser durch waldbauliche Massnahmen zu beeinflussen ist, lässt sich auch nach der Tagung nur ansatzweise beantworten. Als Resultat der Tagung sind viele Fragen aufgetaucht, die sich in erster Linie an unsere Kollegen aus der Forschung richten. Trotzdem gibt es auch zahlreiche Hinweise, die für die Praxis von Nutzen sind.

### Hinweise zum Steinschlagprozess

Bei der Beurteilung des Steinschlagprozesses ist zu unterscheiden zwischen Entstehungs-, Transit- und Ablagerungsgebiet.

In erster Linie ist die Hangneigung für die Bewegung der Steine massgebend:

- Bei Hangneigungen von mehr als 60 % können sich Steine in Bewegung setzen.
- Bei Hangneigungen von weniger als 60 % kommen rollende Steine zum Stillstand.
- Bei Hangneigungen von über 70 % beginnen die Steine zu springen.

Folgende Faktoren beeinflussen die Geschwindigkeit des Steines bei gegebener Hangneigung:

- Form des Steines: runde Steine erreichen höhere Geschwindigkeiten.
- Rauigkeit des Geländes: Unebener Boden und Hindernisse wirken bremsend.
- Dämpfung am Boden: ein weicher Boden wirkt bremsend.

Die Energie des Steines ergibt sich aus seiner Masse und der Geschwindigkeit.

- Grosse Steine mit grosser Masse haben mehr Energie.
- Springende Steine haben höhere Geschwindigkeiten und mehr Energie.
- Doppelte Geschwindigkeit bedeutet vierfache Energie.

Bei jedem Kontakt mit dem Boden oder einem Hindernis verlieren die Steine Energie. Kontakte führen zu Richtungsänderungen – und zu erneuten Bodenkontakten. Bei genügend Energieverlust gehen springende Steine in eine rollende Bewegung über oder können schliesslich ganz stoppen. (Vergl. Eschlenwald 2: Beschreibung des Steinschlagprozesses mit Hilfe der Tabellen von W. Gerber)

Steinschlagsimulationen sind ein Hilfsmittel für die Gefahrenbeurteilung. Die Dimensionierung von Bauwerken erfolgt unter Berücksichtigung eines intakten Waldes.

## Hinweise zur Waldwirkung:

Bei der Waldwirkung gegenüber Steinschlag geht es um ein Optimierungsproblem zwischen Stammzahl und Durchmesser:

- Hohe Stammzahl - nur wirksam, wenn Durchmesser stark genug
- Starke Stammdurchmesser - nur wirksam, wenn Stammzahl genügend hoch
- Die Bestandesstruktur muss auf möglichst kleiner Fläche nachhaltig und stabil sein.

Wenn ein Stein auf einen Baum auftrifft, wird der Baum gebogen, verformt oder gebrochen. Je nach Energie des Steines braucht es dickere oder dünnere Baumdurchmesser, um einen Stein wirksam zu bremsen. Die nachhaltige mögliche Stammzahl ist vom Durchmesser abhängig.

- ➔ Häufige Kontakte (Boden oder Bäume) verhindern, dass ein Stein Maximalgeschwindigkeit erreicht und bewirken, dass er allmählich gebremst wird.
- ➔ Es gibt Hinweise darauf, dass lebende Bäume im Vergleich zu eingespannten Holzbalken ein Mehrfaches an Energie aufnehmen können.
- ➔ In bezug auf die Schutzwirkung von Bäumen ist es zweckmässig, von einem *wirksamen* Durchmesser zu sprechen – Stammdurchmesser, welche die Energie der massgebenden Steine aufnehmen können.

## Waldbauliche Hinweise für den Steinschlagschutzwald

### Zur Frage nach dem wirksamen Durchmesser und der dabei nachhaltig möglichen Stammzahl:

- 400 Stämme mit einem Durchmesser über 40 cm, wie in der Wegleitung "Minimale Pflegemassnahmen" vorgeschlagen, sind nachhaltig nicht möglich.
- Die für die Tagung postulierte Faustregel "der Zieldurchmesser liegt bei einem Drittel der massgebenden Steingrösse" konnte anlässlich der Tagung weder bestätigt noch klar widerlegt werden. Für den praktischen Waldbau muss weiter nach einer Beziehung zwischen dem *wirksamen Stammdurchmesser* und der *massgebenden Steingrösse* gesucht werden.
- Der *wirksame Durchmesser* kann vorderhand nur gutachtlich festgelegt werden. Neben der massgebenden Steingrösse müssen auch die weiteren Einflussfaktoren des Steinschlagprozesses mit berücksichtigt werden.
- Die *massgebende Steingrösse* entspricht Steinen, die verhältnismässig häufig kommen und genügend Energie aufweisen, um Schaden anzurichten. Entlang von Spazierwegen sind häufige kleine Steine gefährlicher (höheres Risiko) als seltene grosse Blöcke. Häuser im Ablagerungsgebiet eines Steinschlaghangs sind durch seltene grosse Blöcke mehr gefährdet als durch häufige kleine Steine, die kaum bis zum Schadenpotential vordringen.
- Ausgehend vom wirksamen Durchmesser muss der Zieldurchmesser so festgelegt werden, dass nachhaltig genügend Bäume mit dem wirksamen Durchmesser vorhanden sind.
- Praktische Versuche in Frankreich haben gezeigt, dass lebende Bäume im Vergleich zu Holzbalken tatsächlich ein Mehrfaches an Energie aufnehmen. Diese Tatsache spricht

dafür, dass die oberen Durchmesserstufen zu Gunsten einer höheren Stammzahl reduziert werden können.

- Unmittelbar nach einem Kontakt können bei einem erneuten Kontakt auch kleinere Bäume eine grosse Wirkung aufweisen. Mehrschichtige bis stufige Bestände mit einem Gerüst aus Bäumen mit einem wirksamen Durchmesser dürften einen optimalen Schutz bieten.
- In Abhängigkeit vom wirksamen Durchmesser muss ein Behandlungskonzept entwickelt werden, das praktisch einfach umgesetzt werden kann: Die Forderung nach einer bestimmten Stammzahl ist waldbaulich schwierig zu realisieren. Die Beachtung eines Zieldurchmessers ist einfacher umzusetzen. (Vergleiche dazu das Beispiel Eschlenwald 2)
- Hinweis: Verjüngungsöffnungen sollten in Hangrichtung nicht breiter als 20 m sein (vergl. Wegleitung "Minimale Pflegemassnahmen")

### **Bäume im Entstehungsgebiet:**

- Bäume auf Felsköpfen armieren das Gestein, können die Steinschlagaktivität aber auch fördern. Schwere instabile Bäume sollten entfernt werden.
- Auf skelettreichen Böden an steilen Hängen können umstürzende Bäume Steinschlag auslösen. Eine Stabilitätsbeurteilung unter Beachtung der Bäume und des Bodens ist notwendig.

### **Liegendes Holz im Transit- und Ablagerungsgebiet:**

- Liegendes Holz im Transitgebiet kann die Häufigkeit von Kontakten erhöhen und die Steine bremsen.
- Diagonal liegendes Holz bremst die Steine, ohne dass es zu grossen Akkumulationen von Steinen kommt. Nach dem Durchfaulen geraten die Stammstücke weniger gut in Bewegung als bei quer liegenden Bäumen.
- Bei Hangneigungen um 60% und im Ablagerungsgebiet kann liegendes Holz die Steine definitiv stoppen.
- Liegendes Holz im Bestand als Steinschlagschutz muss periodisch (je nach Zersetzung) ersetzt werden.
- Die Verwendung des Holzes an Ort und Stelle erlaubt feine waldbauliche Eingriffe.
- Die Verwendung des Holzes an Ort und Stelle muss als biologische Verbauung und nicht als blosses Liegenlassen "vermarktet" werden.
- Bei Hangneigungen um 100 % und entlang von Geländekanten oder Böschungen kann liegendes Holz in Bewegung geraten und selber zur Gefahr werden.
- Asthaufen können die Dämpfung erhöhen und Baumstämme schützen.
- Hohe Stöcke können die Rauigkeit und damit die Trefferwahrscheinlichkeit für Steine erhöhen.
- Das Ringeln von Bäumen ist einfach und kostengünstig. Es ist aber darauf zu achten, dass zerbrechende Bäume keine Wege und Strassen tangieren.

### **Bedeutung der Baumarten:**

- Tanne und Lärche ertragen Verletzungen besser als Fichte
- Edellaubhölzer ertragen Verletzungen besser als Buche
- Mit den Schattenbaumarten Tanne und Buche kann der Wald kleinflächiger verjüngt werden.

### **Fragen der Praxis - Anliegen an die Forschung**

- Es braucht bessere Modellrechnungen um den komplexen Steinschlagprozess zu erfassen. Die Methoden und Rechnungsabläufe müssen transparenter gestaltet und die Parameter klarer definiert werden. Die Grenzen der Modelle als Entscheidungsgrundlagen müssen aufgezeigt werden.
- Die Beschreibung des Steinschlagprozesses mit Hilfe der Tabellen von W. Gerber sollte für den Anwender anschaulicher gestaltet werden.
- Die Wirkung lebender Bäume gegenüber Steinschlag muss untersucht werden. Die Kollegen aus Frankreich (CEMAGREF) haben vielversprechende Hinweise gefunden.
- Der Zusammenhang zwischen massgebender Steingrösse und wirksamem Stammdurchmesser unter Berücksichtigung der verschiedenen Einflussfaktoren muss untersucht werden.
- Die Wirkung des liegenden Holzes muss im Rahmen von Versuchen längerfristig verfolgt werden. Die Idee, das anfallende Holz als biologische Verbauung zu nutzen, muss besser kommuniziert werden.
- Das alte Wissen über die Niederwaldbewirtschaftung muss wieder aufgearbeitet und erweitert werden. Das Verhalten verschiedener Baumarten auf unterschiedlichen Standorten ist weitgehend unbekannt.
- Es braucht Modelle für die Steuerung der Waldentwicklung bei variablen Rahmenbedingungen. (z.B. Nachhaltig maximale Stammzahlen oder Basalflächen, Einfluss von Zieldurchmessern, Einfluss der Struktur)
- Waldpflege ist günstiger als technische Verbauungen – ist es sinnvoller, vorhandene Mittel für eine hohe Sicherheit auf kleiner Fläche oder für eine Reduzierung des Risikos auf grosser Fläche einzusetzen? Wir brauchen Grundlagen um Risikobeurteilungen und Kosten-Nutzen-Analysen vorzunehmen.
- In der Praxis muss nach Holzereitechniken gesucht werden, welche die Ausführung von waldbaulichen Massnahmen auch in schwierigen Situationen ohne permanente Verbauungen erlauben. Es ist paradox, wenn wegen der Waldpflege technische Verbauungen notwendig werden.

## Schlussbemerkungen

Die Wirkung des Waldes gegenüber Steinschlag wird im allgemeinen eher unterschätzt. Es werden nur Steine registriert, die unten ankommen, und nicht diejenigen, die im Wald zurück gehalten werden. Einzelne Ereignisse, bei denen vor allem grosse Steine bis zum Schadenpotential vordringen, führen dazu, dass man die Schutzwirkung generell in Frage stellt. Dabei wird übersehen, dass der Steinschlagschutz des Waldes nicht absolut ist, sondern in Relation zu seinem Zustand und zu einem sehr unberechenbaren Steinschlagprozess steht. Risikoabwägungen könnten helfen, im Umgang mit Steinschlag und Waldbau praktikable und politisch kommunizierbare Lösungen zu finden.

Auf forstlicher Seite muss die Bereitschaft, den Waldbau gezielt auf bestimmte Waldfunktionen auszurichten noch wachsen. Dabei kommen auch unkonventionelle Lösungen zur Anwendung, und die Holzproduktion muss unter Umständen anderen Überlegungen untergeordnet werden. Waldbau, insbesondere im Umgang mit Naturgefahren, wird immer ein Handeln in Unsicherheit sein. Wenn sich der Waldbauer jedoch darum bemüht, seine Entscheide und Massnahmen nachvollziehbar darzustellen, dann entstehen aus Unsicherheiten wertvolle Erfahrungen.

19.1.2000 / R. Schwitter