

Fonds zur Förderung der Wald- und Holzforschung  
Geschäftsstelle  
BAFU, Abteilung Wald  
3003 Bern

**Benchmarks  
zur Schutzwaldpflege in  
der Schweiz**

**Schlussbericht  
2006**

Peter Hofer, dipl. Forsting. ETH, lic. rer. pol.  
Jürg Altwegg, dipl. Forsting. ETH

in Zusammenarbeit mit:

Fachstelle für Gebirgswaldpflege GWP; Raphael Schwitter, dipl. Forsting. ETH  
Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft SHL; Jean-Jacques Thormann, dipl. Forsting. ETH

Zürich, 16. Oktober 2006

---

Die Autoren bedanken sich bei den Fachspezialisten und bei der Begleitgruppe für die vielen wertvollen Anregungen und Hinweise im Hinblick auf Richtigkeit der Resultate und Praxisnähe des Projektes. Es wird an dieser Stelle ausdrücklich festgehalten, dass für die hier präsentierten Ergebnisse und Folgerungen einzig die Autoren die Verantwortung tragen.

#### **Bericht**

Projektleitung: Peter Hofer (GEO Partner AG)  
Projektbearbeitung: Jürg Altwegg (GEO Partner AG)  
Unterstützung bei der statistischen Auswertung: Dr. Res Altwegg  
Fachspezialisten: Raphael Schwitter, Jean-Jacques Thormann

#### **Zusammensetzung der Begleitgruppe**

GWG: Felix Lüscher  
Kantone: Walter Beer (BE)  
Beat Philipp (GR)  
Rocco De Stefano (VD)  
VSFU: Markus Brunner  
Hochschule: Dr. Oliver Thees  
BAFU: André Wehrli, Arthur Sandri

---

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>0. Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>9</b>
1.1 Ausgangslage .....	9
1.2 Ziel der Untersuchung/ Auftrag .....	9
1.3 Vorgehen.....	10
1.4 Der Benchmarkansatz im Besonderen .....	11
<b>2. Material und Methoden</b>	<b>12</b>
2.1 Die Erhebung der Daten bei den Kantonen .....	12
2.2 Erhebungsbogen.....	13
2.3 Qualitätssicherung der Daten .....	13
2.4 Das Kostenmodell .....	14
2.5 Repräsentativität der Datengrundlage und Aktualität der Zahlen .....	14
2.6 Auswertung .....	15
2.7 Kosten versus Nettokosten .....	15
<b>3. Überblick über die Datengrundlage</b>	<b>16</b>
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>21</b>
4.1 Kennzahlen und Durchschnitte .....	21
4.2 Statistische Auswertungen.....	24
4.3 Ermitteln der Variablen mit hohem, signifikantem Einfluss auf die Kosten.....	29
4.4 Einfluss der Hangneigung .....	35
4.5 Einfluss der Baumartenzusammensetzung .....	35
4.6 Einfluss der Baumbearbeitung .....	36
4.7 Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Holzbringung .....	37
4.8 Auswertung getrennt nach Rückemethoden.....	39
4.9 Nettokosten und die Trennung von Schutz- und Nutzoperation .....	58
4.10 Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Kantonen .....	61
4.11 Verkauf ab Stock.....	63
4.12 Einschätzung der Effizienz der Schutzwaldeingriffe .....	63
4.13 Einfluss der Durchführung nach waldbaulichen Vorgaben .....	65
<b>5. Diskussion</b>	<b>67</b>
5.1 Datengrundlage und Datenqualität .....	67
5.2 Statistische Auswertungen.....	67
5.3 Kosten der Schutzwaldpflege .....	68
5.4 Benchmarks .....	70
5.5 Beeinflussbarkeit der Variablen .....	71
<b>6. Schlussfolgerungen</b>	<b>73</b>
6.1 Kosten der Schutzwaldpflege – Niveau und dessen Veränderung .....	73
6.2 Benchmarks .....	74
6.3 Vergleich mit dem Ausland .....	75
6.4 Grenzen der Untersuchung.....	75
6.5 Zielsetzungen der Untersuchung und Resultate.....	76
6.6 Weiterführende Untersuchungen .....	77

<b>7. Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>78</b>
<b>8. Abbildungsverzeichnis</b>	<b>79</b>
<b>9. Tabellenverzeichnis</b>	<b>80</b>
<b>10. Anhänge</b>	<b>82</b>
10.1 Anhang A: Weitere Resultate und Grafiken .....	82
10.2 Anhang B: Vergleich mit dem Ausland .....	83
10.3 Anhang C1 Formular zur Erfassung kostenrelevanter Faktoren .....	85
10.4 Anhang C2 Erläuterung der Kriterien zur Typologie der Schutzwälder .....	89
10.5 Anhang C3 Typenblatt zur Wirkungsfläche.....	93

## 0. Zusammenfassung

### Anlass und Ziel der Untersuchung

Die Untersuchung basiert auf der Überlegung, dass die öffentliche Hand in der Schweiz auch künftig Schutzleistungen des Waldes einkaufen müssen. Angesichts knapper Mittel besteht ein permanenter Druck, die Effizienz der Eingriffe zu erhöhen. Die Studie sucht nach Benchmarks der Schutzwaldpflege mit dem Ziel, die Ersteller der entsprechenden Leistungen zu Verbesserungen in ihrem Bereich zu bewegen. Die öffentliche Hand soll auf Dauer mit gegebenem Mitteleinsatz möglichst viel Schutzwirkung erhalten.

### Material und Methoden

Es konnten insgesamt aus 17 Kantonen – vorwiegend aus den Voralpen, den Alpen und der Alpensüdseite 340 Eingriffe dokumentiert werden, von denen schliesslich deren 310 Verwendung fanden. Die Erhebung umfasste rund 50 Parameter, welche im Wesentlichen sorgfältig ausgefüllt worden sind, teilweise aufgrund von Rückfragen ergänzt werden mussten. Die Schätzgrössen Vorrat, Nutzungsprozent, Flächenanteile der Entwicklungsstufen und vor allem die Wirkungsfläche dürften Ungenauigkeiten enthalten. Die Kosten beinhalten vermutlich nicht überall auch Hilfskostenstellen oder kalkulatorische Kosten, liegen also eher tiefer als die Realität. Trotz der grossen Zahl von Eingriffen blieben einer differenzierten Auswertung nach mehreren Parametern Grenzen gesetzt. Mehrere Signifikanzanalysen brachten die Autoren schliesslich zu den ihnen als relevant erscheinenden Auswertungen. Da die Schutzwirkung über die Waldfläche erzielt wird, wurden die Kosten vor allem nach Flächeneinheit ausgewertet.

### Überblick über die Datengrundlage

Eingriffe im Laubholz und in gemischten Beständen sind zusammen ähnlich vertreten wie diejenigen im Nadelholz. Es dominieren die Verjüngungshiebe bei der Eingriffsart und bezüglich Entwicklungsstufe Baumholz 2/3. Zur Hälfte werden Hangneigungen von 50% bis 75% angegeben, zu fast zwei Fünfteln solche über 75%. Bei der Hälfte der Stichproben liegt der letzte Eingriff mehr als 30 Jahre zurück, bei einem weiteren Viertel zwischen 20 und 30 Jahren. Es wurden etwa zu gleichen Teilen die verschiedenen Rückemittel eingesetzt. Die motormanuellen Eingriffe stehen mit einem Anteil von fast 75% im Vordergrund, zu etwa 15% wurden teilmechanisierte Verfahren eingesetzt. Zu über 22% erfolgte eine Ganzbaumnutzung, zu 35% eine Rohschafft- und zu 28% eine Sortimentsnutzung. Fast alle Eingriffe werden als waldbaulich zielführend mit befriedigender Qualität beurteilt.

### Ergebnisse

#### Kennzahlen über alle Eingriffe

Die 310 Eingriffe repräsentieren eine Wirkungsfläche von total 92'200 Aren, mit einem Durchschnitt von fast 300 Aren. Die Gesamtkosten der Eingriffe beziffern sich auf 18,2 Mio. Franken, was einem gewichteten Mittel von fast Fr. 200.–/Are entspricht. Die Nettogesamtkosten liegen bei 10,4 Mio. Franken bei einem gewichteten Durchschnittswert von Fr. 113.–/Are. Aufgrund der gesamten Nutzungsmenge von 162'000 m<sup>3</sup> und verkauften 148'000 m<sup>3</sup> errechnet sich ein mittlerer Verkaufserlös von Fr. 52.80 Fr./m<sup>3</sup>. Aus der totalen Nutzungsmenge und der gesamten Wirkungsfläche ergibt sich eine Eingriffsintensität von 1,75 m<sup>3</sup>/Are, bzw. im Mittel 520 m<sup>3</sup> pro Eingriff. Bei den Flächenangaben streuen gewichtetes Mittel, Mittelwert und Median ausserordentlich stark. Im Vergleich mit der früheren Untersuchung von 2004 liegt der Medianwert der Kosten pro Fläche über alle Eingriffe mit Fr. 223.–/Are um rund 15% höher, bei den Kosten nach Menge mit Fr. 112.–/m<sup>3</sup> um rund 10% tiefer. Die beiden Untersuchungen weisen deutlich unterschiedliche Eingriffsintensitäten der Stichproben auf.

	Mittelwert	Median	Median (Studie 2004)	Mittelwert	Median	Median (Studie 2004)	Basis Median	Basis Median (Studie 2004)
Merkmal	Fr./Are	Fr./Are	Fr./Are	Fr./m <sup>3</sup>	Fr./m <sup>3</sup>	Fr./m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /Are	m <sup>3</sup> /Are
Alle Eingriffe	266.80	222.65	194	122.70	112.30	128	1.98	1.52
Nadelholz	238.90	200.10	159	119.50	109.20	120	1.83	1.32
Laubholz	290.65	250.20	204	130.05	117.70	146	2.13	1.40
Gemischt	288.10	281.25	226	114.05	105.25	131	2.67	1.73
Jungwuchs/ Dichtung	130.80	50.05	---	---	---	---	---	---
Stangenholz	83.65	49.65	---	168.95	170.95	---	0.29	---
Baumholz 1	159.55	163.85	108	116.15	111.70	135	1.47	0.80
Baumholz 2/3	304.30	254.45	238	119.45	110.15	120	2.31	1.98
Stufiger Bestand	283.90	230.00	---	106.85	100.60	---	2.29	---
Gemischte Stufen	216.90	188.20	---	129.80	122.85	---	1.53	---
Ohne Rückemittel	58.10	50.95	---	103.80	75.25	---	0.67	---
Bodenzug	268.25	238.15	102	109.50	87.25	148	2.73	0.69
Seilkran mobil	247.40	218.50	233	110.80	109.40	123	2.00	1.89
Seilkran konventionell	274.70	223.35	222	111.80	102.05	125	2.19	1.78
Helikopter	345.05	280.80	209	170.35	165.80	140	1.69	1.49

### Signifikanz der Einflüsse der Variablen auf die Kosten

Eine Varianzanalyse über die gesamte Stichprobenzahl - sie wurde nach Rückemitteln und bezüglich der Nettokosten wiederholt – zeigt die gesamte Nutzungsmenge, die Wirkungsfläche, die Kantonszugehörigkeit, Nutzungsprozent, Hangneigung, Rückemethode, Anteil Holz liegen lassen und Schäden als hoch signifikante Variablen bezüglich Einfluss auf die Gesamtkosten. In absteigendem Masse signifikant sind die Entwicklungsstufe, der Anteil Bäume mit Sicherheitsholzerei, Schlagräumung, das Volumen des Mittelstammes, das Holzerntesystem und die Baumartenmischung. Baumbearbeitung und Eingriffstyp bleiben untergeordnet. Aufgrund der Dominanz von Nutzungsmenge, Wirkungsfläche und Nutzungsprozent ergab sich als eine wichtige Darstellung in der weiteren Auswertung die Gegenüberstellung von Kosten pro Fläche abgestuft nach der Nutzungs- oder Eingriffsintensität pro Are.

### Untersuchung der wichtigsten Variablen

Die Gesamtkosten korrelieren linear mit der Nutzungsmenge, wobei die Werte stark streuen. Es erstaunt, dass keine degressive Zunahme festzustellen ist. Letzteres ist bei den Gesamtkosten im Zusammenhang mit der Wirkungsfläche festzustellen. Die Kosten pro Kubikmeter zeigen weder mit der Nutzungsgesamtmenge noch mit der Grösse der Wirkungsfläche einen Zusammenhang. Nutzungsmenge und Wirkungsfläche sind über das Nutzungsprozent miteinander verbunden. Eine Korrelation mit hohem Bestimmtheitsmass von 0,66 ergibt sich zwischen Kosten und Nutzungsmenge pro Are. Wiederum ergibt sich kein Zusammenhang der Kubikmeterkosten mit der Nutzungsintensität in m<sup>3</sup>/Are. Es werden die Eingriffe mit den höchsten und den tiefsten Kosten pro Kubikmeter untersucht. Deutliche Unterschiede ergeben sich gesamtschweizerisch bezüglich der Hangneigung, etwas weniger ausgeprägt ist der Einfluss der Baumartenzusammensetzung und der Baumbearbeitung.

Die Nettokosten wurden nur bezüglich der Frage nach der Effizienz, Holz im Bestand liegen zu lassen, weiter untersucht, da sich hier praktisch dieselben Variablen als signifikant erwiesen, wie bei den Gesamtkosten. Aus der Befragung zeigen sich mancherlei Gründe, Holz aus dem Bestand zu entfernen. Nach Nettokosten erweisen sich im Durchschnitt die Eingriffe als die kostengünstigsten, bei welchen der grösste Teil des Holzes im Bestand verbleibt. Insgesamt weisen nur 20 Eingriffe Nettoerträge auf.

### Analyse der Kosten nach Anwendung der verschiedenen Rückeverfahren

Bei den verschiedenen Rückeverfahren liegen die Kosten pro Kubikmeter bei den Durchschnittswerten praktisch gleichauf. Die Kosten pro Are nach Nutzungsintensität weichen dagegen deutlich voneinander ab. Die Kosten wurden daher auch noch getrennt nach den einzelnen Verfahren untersucht. Im Sinne des Benchmarkgedankens wurde jeweils in einer Detailanalyse nach weiteren Einflüssen auf die Kosten gesucht. Dies erfolgte jeweils bei einer Eingriffsintensität von 3,0 m<sup>3</sup>/Are.

- Die Eingriffe ohne Rückeverfahren – das Holz bleibt hier im Bestand - erwiesen sich bezüglich

Flächen- wie bezüglich Kubikmeterkosten als die günstigsten. Bei minimalen Eingriffen lohnt es nicht, das Holz aus dem Bestand zu führen und/oder wer keine Möglichkeit sieht, das Holz aus dem Bestand zu nehmen, wird eher minimal eingreifen.

- Bei den bodengestützten Rückeverfahren hat nur die Nutzungsmenge hoch signifikanten Einfluss auf die Kosten, wenig signifikant ist die Hangneigung. Bezüglich Baumbearbeitung erweisen sich aber teilmechanisierte Eingriffe als kostengünstig.
- Beim Einsatz des mobilen Seilkrans hat neben der Nutzungsmenge auch die Kantonszugehörigkeit einen hoch signifikanten Einfluss auf die Kosten. Weiter erweisen sich die Wirkungsfläche, Hindernisse im Gelände und das Holzerntesystem, schwach signifikant sind Baumbearbeitung und Entwicklungsstufe. In der Darstellung der Flächenkosten nach Nutzungsintensität lassen sich jedoch deutliche Unterschiede zwischen den günstigeren, teilmechanisierten und den teureren, motormanuellen Verfahren ausmachen.
- Beim konventionellen Seilkran ist neben der Nutzungsmenge der Anteil Sicherheitsholzerei mit hoch signifikantem Einfluss auf die Kosten. Weniger signifikant sind Holzerntesystem, Geländehindernisse und Eingriffsart, wenig bedeutend Hangneigung, Nutzungsprozent, Kanton und Entwicklungsstufe. In dieser Auswertung sind teilmechanisierte Eingriffe teurer als motormanuelle.
- Die Kosten der Eingriffe mit Helikopterbringung sind pro Kubikmeter deutlich höher als mit den übrigen Rückemitteln. Dies trifft bei den Kosten pro Fläche weniger ausgeprägt zu. Die Kosten reagieren hoch signifikant auf die Nutzungsmenge und auf die Kantonszugehörigkeit, ferner sind signifikant die Wirkungsfläche, die Baumartenmischung, die Absperrung und die Hangneigung. Bei weiteren Analysen erwies sich die Rotationszeit als sehr wichtig. Ebenso sind die Eingriffe mit teilmechanisierter Baumbearbeitung pro Fläche kostengünstiger als die motormanuellen.

#### Unterschiede zwischen den Kantonen

Die Regressionen der Kosten pro Are nach Eingriffen in den einzelnen Kantonen zeigen unterschiedliche Ergebnisse, die teilweise aus differierenden Standortverhältnissen und Beständen zu erklären sein dürften. Nicht alle Unterschiede lassen sich jedoch so erklären. Auch unterschiedliche Stundenansätze sind nicht für die abweichenden Ergebnisse verantwortlich. Es wird angeregt, die Unterschiede im Rahmen von Benchmarkabklärungen zwischen den Kantonen zu analysieren.

#### Effizienz und Durchführung nach waldbaulichen Vorgaben

In den Darstellungen liegen die von den kantonalen Gewährsleuten als sehr effizient bezeichneten Eingriffe optisch beurteilt eher am unteren Rand der Kostendarstellung. Die Regressionen ergeben aber kein entsprechendes rechnerisches Resultat. Grundsätzlich kann auch ein Eingriff mit sehr ungünstigen Charakteristiken bezüglich Kosten effizient durchgeführt sein. Die Beurteilung der Eingriffskosten nach waldbaulichen Vorgaben ergibt dieselben Kosten, ob nach dem Ordner „minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion“ oder ohne entsprechende Vorgabe gearbeitet wurde.

### **Diskussion**

#### Datengrundlage und –qualität, statistische Auswertung

In den Kantonen bestehen unterschiedliche Kenntnisse der Schläge, ebenso variieren die Anforderungen an die Kostenkontrolle. Die Fragebogen wurden sorgfältig ausgefüllt. Vorbehalte zur Datenqualität ergeben sich bezüglich Kostenmodell nach BAR von Waldwirtschaft Schweiz. Die Abschätzung der Wirkungsflächen könnte ungenau sein. Auf Empfehlung von Statistik-Fachleuten erfolgte die Auswertung vor allem über die gesamte Stichprobenzahl. Bei Aufgliederung nach mehreren Kriterien wurde die Stichprobenzahl häufig recht klein, die Beurteilung dadurch gelegentlich etwas spekulativ.

#### Kosten der Schutzwaldpflege

Die Untersuchung bringt Erkenntnisse zu den heutigen Kosten der Schutzwaldeingriffe, wie sie bisher nicht vorhanden waren. Im Unterschied zu den Zahlen aus einer Untersuchung aus dem Jahr 2004 zu

den aktuellen Kosten der Schutzwaldpflege sind diese Kennzahlen bezüglich Herkunft der Daten breit abgestützt. Angesichts der grossen Zahl von Parametern bei begrenzter Anzahl Stichproben bleibt die Aussagekraft vor allem bei Merkmalskombinationen beschränkt. Die in der vorliegenden Untersuchung festgestellt höhere Eingriffsintensität führt zur Überlegung, dass die Effizienz des Eingriffs wohl eher über die Kubikmeter- als über die Flächenkosten des Eingriffs zu beurteilen ist. Welches die richtige Intensität in einer mittel- bis langfristigen Betrachtung ist, kann hier nicht wirklich beurteilt werden. Bei der Beurteilung der Nettokosten fällt der relativ tiefe Durchschnittserlös von nur Fr. 53.– auf. Diese liegen deutlich unter den Holzerlösen der Voralpen- und Alpenbetriebe nach BAR-Untersuchung.

#### Benchmarks

Es ist im Rahmen der Untersuchung nicht gelungen, die kostenbestimmenden Faktoren soweit festzulegen, dass innerhalb einer Gruppe die effizientesten Eingriffe hätten bestimmt werden können. Es besteht die Vermutung, dass der Einfluss der Wahl des richtigen Arbeitsverfahrens, der adäquaten Arbeitsorganisation und der rationellen Ausführung erheblich ist.

#### Beeinflussbarkeit der Variablen

Im Rahmen einer Analyse wird festgehalten, dass es letztlich nur eine sehr beschränkte Zahl aus den untersuchten Variablen gibt, die von den verantwortlichen Akteuren wirklich ganz oder teilweise beeinflusst und somit im Sinne eines ökonomischen Ergebnisses gestaltet werden können.

### **Schlussfolgerungen**

#### Kosten der Schutzwaldpflege

Die Schutzwirkung bestimmt sich über die Fläche. Die beabsichtigte Wirkung bestimmt die waldbaulich richtige Eingriffsintensität. Dabei gibt es einen Bereich wirkungsvoller (effektiver) Eingriffsintensitäten. Dazu wurde viel waldbauliche Entwicklungsarbeit geleistet. Zu bestimmen ist in weiteren Untersuchungen, wie intensiv aufgrund ökonomischer Optimierung über eine lange Frist sinnvollerweise einzugreifen ist. Die Käufer von Schutzleistungen im Walde haben festzulegen, welche Nutzungs- oder Eingriffsintensitäten sie zu zahlen bereit sind. Bei den untersuchten Variablen lassen sich mit Einfluss auf die Kosten das Rückeverfahren, das Holzerntesystem und die Baumbearbeitung wählen. In Zukunft sollten wohl vermehrt teil- und vollmechanisierte Verfahren zur Anwendung gelangen.

#### Benchmarks und Vergleich

Es wird vorgeschlagen, die durchgeführte Untersuchung mit den folgenden Konzepten im Sinne des Benchmark-Gedankens zu verwenden.

- Beurteilung der Leistungsfähigkeit, indem ermittelte Trendlinien als Richtgrössen benützt werden.
- Vergleich von Eingriffen mit ähnlichen Charakteristiken, geeignete Verfahren sind noch zu finden
- Vergleich der Eingriffe zwischen Kantonen mit ähnlichen Verhältnissen

Bis anhin konnten nur wenig Vergleichszahlen aus dem umliegenden Ausland beigebracht werden. Einzelne angefragte Fachleute versuchen ihrerseits Untersuchungen dieser Art zu lancieren.

#### Grenzen der Untersuchung – Zielsetzung und Erreichtes

Im Rahmen des hochkomplexen Systems der Schutzwaldpflege müsste für detailliertere Aussagen die Anzahl der Stichproben nochmals drastisch erhöht werden. Dazu werden Vereinfachungen und einige Präzisierungen vorgeschlagen. Von den angestrebten Zielen der Untersuchung konnten die eigentlichen Benchmarks nicht definiert werden. Der Einfluss der Wahl adäquater Mittel, einer guten Arbeitsorganisation und rationeller Ausführung liess sich nicht isolieren. Aufgrund mangelnder Signifikanz der Variablen Schutzwaldtyp und Pflegeeingriffe auf Gesamt- und Nettokosten war es nicht möglich, Kennziffern nach diesen Kriterien zu bilden. Es werden Vorschläge für weiterführende Untersuchungen unterbreitet. Sie zielen auf Präzisierungen auf Basis der vorliegenden Untersuchung. Weitere Erkenntnisse könnten die Erweiterung der Stichprobenbasis, die Bestimmung der adäquaten Eingriffsintensität und weitere Abklärungen zum Zusammenhang von Schutz- und Nutzoperation bringen.



# 1. Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

Rund ein Viertel der Waldfläche der Schweiz sind Schutzwälder. Sie schützen Siedlungen, Infrastruktur-, Verkehrs- und Kommunikationsanlagen gegen Lawinen, Steinschlag, Murgang und Hochwasser. Durch die Intensivierung der Raumnutzung unserer Mobilitäts- und Kommunikationsgesellschaft steigen die Ansprüche an die Leistungen des Schutzwaldes (BUWAL 2001). Voraussetzung für die nachhaltige Erbringung der Schutzleistung sind reich strukturierte, standortsgerechte und rechtzeitig verjüngte Bestände. Diese Voraussetzung wird durch eine zielgerichtete Schutzwaldpflege erreicht (BUWAL 1996, BUWAL 2003).

Das zweite Landesforstinventar (Brassel und Brändli 1999) hat Defizite beim Zustand und der Pflege des Schutzwaldes aufgezeigt. Der Anteil an Verjüngungsflächen hat im Vergleich zum ersten Landesforstinventar abgenommen. Die nachhaltige Verjüngung des Schutzwaldes ist nicht sichergestellt. Die Stabilität eines Grossteils von Steinschlag- und Lawinenschutzwäldern ist ungenügend, sodass die Schutzwirkung weder heute noch in Zukunft gesichert ist.

Seit Beginn der 80-iger Jahre des letzten Jahrhunderts schreiben die Forstbetriebe in den Alpen im Holzproduktionsbetrieb rote Zahlen, obwohl sich der Zeitaufwand pro m<sup>3</sup> genutzten Holzes in den Alpen in den vergangenen 20 Jahren stark reduziert hat. Trotz der bereits erzielten Fortschritte und den schwierigen - vor allem topographischen - Verhältnissen besteht auch in der Waldbewirtschaftung im Berggebiet weiteres Rationalisierungspotential. Dieses Potential gilt es auf organisatorischer, waldbaulicher und technischer Ebene optimal auszuschöpfen.

Im Zusammenhang mit eigenen Projekten hat die GEO Partner AG festgestellt, dass Kennzahlen zur Schutzwaldbewirtschaftung in der Schweiz kaum vorhanden sind. Verschiedene Studien zur Waldbewirtschaftung in der Schweiz kommen zum Schluss, dass Kennziffern zur Verbesserung der Bewirtschaftung des Waldes fehlen (Jaakko Pöyry Consulting 2003, Oswald et al. 2003). Auch das Waldprogramm Schweiz WAP hat die Problematik erkannt. Unter den ökonomischen Prinzipien zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit wurde unter dem Kriterium „Effizienz durch Transparenz“ folgender Indikator aufgenommen (BUWAL 2003): „Die öffentlichen Akteure der Wald- und Holzwirtschaft messen ihre Leistungen an Hand regionaler, nationaler und internationaler Vergleichswerte.“

## 1.2 Ziel der Untersuchung/ Auftrag

Im Rahmen einer breit angelegten Untersuchung werden Kennziffern zu den effektiven Kosten der Schutzwaldpflege in der Schweiz ermittelt. Gesucht sind Benchmarks für unterschiedliche Tätigkeiten im Schutzwald. Die Kennziffern sollen sich auf definierte Pflegemassnahmen in verschiedenen Schutzwaldtypen beziehen. Es soll ein möglichst breites Spektrum von Schutzwäldern der Schweizer Alpen abgedeckt werden. Die erhobenen Benchmarks bilden Grundlage für eine vertiefte Ursachenanalyse.

Die erarbeiteten Kennziffern sollen durch Publikation die Forstbetriebe, die Forstunternehmen aber auch Bund und Kantone bei der Optimierung der Schutzwaldpflege unterstützen. Die Erkenntnisse aus dem Projekt sollen Eingang in Lehre und Forschung finden. Sie dienen dazu,

- (A) die Praxis in Bezug auf Optimierungs- und Rationalisierungsmassnahmen weiter zu sensibilisieren,
- (B) Ansatzpunkte für eine Effizienzsteigerung bei sichergestellter Qualität aufzuzeigen,

(C) die Schutzwaldpflege bezüglich Leistung und Kosten gezielt zu verbessern. Der Vergleich mit Werten aus dem Ausland soll zusätzlichen Ansporn erzeugen.

Insbesondere soll mit der Publikation aktueller, definierter und vergleichbarer Benchmarks bei allen Handlungsträgern im Schutzwald eine Entwicklung in Richtung der Kostenführer und damit hin zu besseren Resultaten ausgelöst werden.

Als unmittelbare Resultate des Projektes sind vorgesehen:

Art	Inhalt	Adressaten
Publikation der Kennziffern in Fachzeitschriften	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ziele des Projektes</li> <li>- Kennziffern und der Vergleich mit dem Ausland</li> <li>- Kommentare und Hinweise zur Verwendbarkeit</li> <li>- Ansätze zur Effizienzsteigerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leiter von Forstbetrieben und Forstunternehmen</li> <li>- Waldbesitzer</li> </ul>
Praxis-Grundlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- wichtigste Resultate aus dem Projekt</li> <li>- Vertiefung der Diskussion zum Thema „Kosten der Schutzwaldpflege“ der GWG-Sommer-tagung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leiter von Forstbetrieben und Forstunternehmen</li> <li>- übrige Praxis, Lehre und Forschung</li> </ul>
Projekt-Schlussbericht	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problemstellung, Material, Methode, Resultate, Diskussion</li> <li>- insbesondere Schlussfolgerungen und Ausblick (Vergleich (Ausland), Kenntnislücken, Handlungsbedarf)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auftraggeber</li> <li>- Partner, Beteiligte</li> <li>- Praxis, Forschung</li> </ul>
Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evaluation des Projektes: Qualität der Arbeit, Material und Methoden, Relevanz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auftraggeber</li> <li>- Partner</li> </ul>

Die Ursachenanalyse soll erklären, warum einzelne Leistungserbringer besser sind als andere. Hier wird insbesondere auch überprüft, ob die Massnahme in der erforderlichen Qualität erbracht worden ist. Ein Vergleich mit dem benachbarten Ausland zeigt allenfalls weiteres Verbesserungspotenzial auf. Die Aufbereitung der Zahlen und der Hintergründe soll die erwartete Bewegung zu erhöhter Effizienz auslösen.

### 1.3 Vorgehen

Dem Vorschlag im Projektantrag folgend wurde das Projekt im wesentlichen in den folgenden Phasen abgewickelt:

1. Situation und Bedürfnisse analysieren.  
Zusammen mit den Projektpartnern (GWG, Kantone und weitere) werden Bedürfnisse und Vorgehen aufgrund neuester Erkenntnisse festgelegt.
2. Erstellung der Fragebogens  
Im Rahmen der Erstellung des Fragebogens wurde versucht, die komplexe Aufgabe Schutzwaldpflege zu typisieren, Pflegeverfahren und relevante Standortcharakteristiken wurden festgelegt.
3. Kostenmodell erstellen.  
Basierend auf der Arbeit „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ (Hofer et al., 2004) wurde den weiteren Arbeiten die Kostenrechnung BAR von Waldwirtschaft Schweiz zugrunde gelegt, mit welcher das Forstpersonal vertraut sein sollte. Die Erwartung, auf dieser Grundlage ohne grosse Erklärungen zum Ziel zu kommen, bewahrheitete sich nicht in jeder Beziehung.
4. Objekte suchen und Daten erheben.  
Kantonale Vertreter aus dem Forstdienst suchten nach Pflegemassnahmen durch Leistungserbringer im Schutzwald. Sie unterstützten mit ihrer Kenntnis leistungsfähiger Betriebe und Lösungen

Suche und Auswahl. Die aufgrund eines umfangreichen Fragebogens erhobenen Daten wurden in einer ersten Phase versuchsweise und nach einer Erstauswertung umfassend eingefordert und auf Plausibilität und Konsistenz überprüft, nach notwendigen Rückfragen und Korrekturen erfasst.

5. Daten aufbereiten und analysieren.

Es erfolgte eine umfangreiche statistische Analyse mit dem Ziel, kostenrelevante Variablen zu erkennen und die effizientesten Eingriffe zu isolieren. Die Auswertung nach den erhobenen Parametern förderte die grosse Variationsbreite der Eingriffe zutage. Benchmarks im eigentlichen Sinne konnten nicht bezeichnet werden.

6. Bewerten und diskutieren der Resultate, erstellen des Berichtes.

Die erarbeiteten Resultate wurden nach Diskussion in der Begleitgruppe im vorliegenden Schlussbericht aufbereitet.

## 1.4 Der Benchmarkansatz im Besonderen

Benchmarking ist ein in den verschiedensten Bereichen angewendetes Instrument zur Unternehmensführung. Durch das Vergleichen von Prozessen der Leistungserstellung mittels Kennzahlen und Indikatoren werden die erfolgreichen Praktiken (Successful Practices) identifiziert, eigene Schwachstellen und deren Ursachen erkannt und Verbesserungsmassnahmen ergriffen (Fahrni et al. 2002, Thommen 2002). Anstelle des Begriffs Best Practice verwenden Fahrni et al. (2002) den Begriff Successful Practice, da im Zentrum nicht die besten, sondern die erfolgreichen Praktiken stehen sollten.

Ziel des Benchmarking ist Informationen zur Successful Practice zu bekommen; wie es gemacht wird und warum es so gemacht wird. Nicht das Kopieren von Successful Practices, sondern das Kopieren, das Verstehen schöpft das grösste Verbesserungspotential aus. Folglich ist Benchmarking auch immer mit einer Analyse der Kennzahlen und Prozesse verbunden. Voraussetzung ist, dass auch „nicht öffentliche“, reale Informationen der Leistungsersteller mit erfolgreichen Lösungen zugänglich sind (Fahrni et al. 2002).

Beim Benchmarking werden vier Grundtypen unterschieden. Die am Benchmark beteiligten Betriebe stammen aus der eigenen oder fremden Branche (funktional), oder sie gehören zur eigenen (intern) oder einer fremden (extern) Organisation (Fahrni et al. 2002, Thommen 2002).

Im Fall der Schutzwaldpflege kommt ein Konkurrenzbenchmarking zur Anwendung, wo innerhalb der gleichen Branche verschiedene Organisationen verglichen werden. Der Vorteil des Konkurrenzbenchmarking ist, dass es einen Überblick über die Branche schafft und grosses Verbesserungspotential offen legt. Bedingungen sind aber, dass die Vergleichbarkeit der Kennzahlen gewährleistet ist, die Beteiligten vom Projekt überzeugt sind und offen kommunizieren. Die Vergleichbarkeit der Kennzahlen wird gewährleistet, indem alle Beteiligten die Daten nach dem gleichen Raster erheben und sich keinen Vorteil über das Zurückhalten oder Verfälschen von Informationen zu verschaffen versuchen. Nur so kommt es zur win-win-Situation für alle am Benchmark Beteiligten (Fahrni et al. 2002).

Bei einem vollständigen Benchmarking zur Schutzwaldpflege in der Schweiz sind bei der integrierten Analyse auch die neuesten Verfahren aus dem Ausland in Betracht zu ziehen. Aus verschiedenen Gründen bieten sich vor allem Lösungen aus Deutschland und Österreich an (vgl. Jaakko Pöyry 2003).

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Die Erhebung der Daten bei den Kantonen

Die Datenerhebung erfolgte in 17 Kantonen, die sich nach Anfrage für die Datenlieferung auf freiwilliger Basis bereit erklärt hatten. Der Erhebungsbogen wurde an die Verantwortlichen in den Kantonen gesandt, von diesen erhoben und laufend an GEO Partner zurückgeschickt. In der Planung ging man von einer Datenmenge von ca. 20 - 30 Eingriffen je Kanton aus. Erfreulicherweise haben einige grosse Kantone sehr viele Daten geliefert und so die etwas zurückhaltende Datenlieferung einiger kleinerer Gebirgskantone ausgeglichen. Von Seiten des Projektteams wurde vorgeschlagen, vor allem Eingriffsflächen aus dem Bereich Wald mit besonderer Schutzfunktion (BSF) zu nehmen. Da die Kriterien für BSF nicht in allen Kantonen gleich definiert sind, konnte dies nicht als Bedingung gelten. Gesucht waren alle Bestände mit gravitativer Schutzwirkung sowie Eingriffe in Gerinneabhängungen entlang von Fliessgewässern.

Grundsätzlich waren das Interesse für das Projekt und die Bereitschaft Daten zu liefern sehr gross. Anfänglich spürte man in einzelnen Kantonen eine allgemeine Skepsis gegenüber Erhebungen zu einer Effizienzsteigerung. Als Gründe zur Zurückhaltung gegenüber dem Projekt wurden auch Überlastung der Forstämter und Überbelastung der Förster mit administrativen Arbeiten genannt. Die Datenlieferung hat sich in vielen Kantonen wegen des Unwetters im Sommer 2005 verzögert. Einzelne Kantone waren sogar nicht mehr in der Lage, weitere Daten zu liefern. Die Datenmenge umfasst 341 Eingriffe verteilt auf fast alle Kantone mit Schutzwäldern.

*Tabelle 2-1: Erhobene Datensätze nach Kantonen*

Kanton	Anzahl
Kantone mit viel Schutzwald	
AI	29
AR	6
BE	33
FR	9
GL	46
GR	39
LU	31
NW	5
OW	13
SG	19
SZ	17
TI	25
UR	3
VD	52
VS	7
Kantone mit vereinzelt Schutzwald	
SO	2
TG	5
<b>Total</b>	<b>341</b>

## 2.2 Erhebungsbogen

Die Datenaufnahme fand mit Hilfe eines Erhebungsbogens statt (Siehe dazu Anhang C I). Der Erhebungsbogen basiert auf den Erfahrungen aus der Datenerhebung für das Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“. Er stellt einen umfassenden Katalog von möglichst vielen Einflussfaktoren auf die Kosten der Schutzwaldpflege dar. Die einzelnen Variablen wurden vorgängig in der Begleitgruppe im Detail diskutiert und Verbesserungsvorschläge aufgenommen. Es wurde bewusst darauf geachtet, dass der Umfang der zu erhebenden Daten möglichst klein blieb, und diese mit vertretbarem Aufwand von den Praktikern erfasst werden konnten. Da die Erhebung zu einem grossen Teil von den Revierförstern durchgeführt wurde, entschied man sich den Erhebungsbogen auch ins Französische und Italienisch zu übersetzen, um sprachliche Missverständnisse zu vermeiden.

Zusätzlich zum Erhebungsbogen wurde ein Dokument mit Erläuterungen zur Kostenerfassung beigelegt, in dem die zu erhebenden Variablen genauer umschrieben und definiert wurden (Siehe dazu Anhang C II).

Zum Punkt 28 „Typ der Wirkungsfläche“ wurde zusätzlich ein Typenblatt verfasst, welches vier verschiedene Typen von Wirkungsflächen aufzeigt (Siehe dazu Anhang C III). Da die Wirkung des Schutzwaldes von der Fläche ausgeht macht es Sinn, im Zusammenhang mit der Schutzwaldpflege die Kosten pro Flächeneinheit anzugehen. Die Erhebung der Flächenausdehnung ist daher von Bedeutung. Die Problematik der Flächendefinition war Anlass von Diskussionen in der Begleitgruppe. Da es sich in den Gebirgswäldern um sehr unterschiedliche Formen von Eingriffe handeln kann, war es wichtig zur Flächenausdehnung zusätzlich auch eine Angabe über den Typ des Eingriffes zu erhalten. Man entschied sich nicht die reine Eingriffsfläche zu erfassen, sondern die gesamte Fläche, welche über den Pflegeeingriff eine angezielte Schutzwirkung entfalten soll. Die Wirkungsfläche ist demnach in den Schutzwäldern in der Regel deutlich grösser als die reine Eingriffsfläche, da oft punkt- oder rottenförmig eingegriffen wird, um punktuell einen Prozess in Gang zu setzen, der dann einen Einfluss auf die um und dazwischen liegende Waldfläche hat.

## 2.3 Qualitätssicherung der Daten

Die eingegangenen Erhebungsbogen wurden auf ihre Vollständigkeit und Richtigkeit hin geprüft und bei fehlenden Daten oder Ungenauigkeiten direkt bei der erhebenden Person nachgefragt und komplettiert. Dieser Prozess war sehr aufwändig, ermöglichte jedoch auch den direkten Kontakt mit den Praktikern. Es wurden viele Schläge aufgenommen, die bereits im letzten Jahr ausgeführt wurden, weshalb einige Informationen rekonstruiert werden mussten und Angaben nicht mehr im Detail möglich waren. Besonders die Aufschlüsselung der Kosten war in den meisten Fällen nicht möglich. Mehrheitlich wurde die Erhebung von den Förstern sehr sorgfältig ausgeführt.

Es muss davon ausgegangen werden, dass bei den Daten trotz sorgfältiger Erhebung auch Ungenauigkeiten enthalten sind, dies besonders bei Schätzgrössen wie Vorrat, Nutzungsprozent oder Flächenanteil der Entwicklungsstufen. Auch bei der Wirkungsfläche mussten oft Rückfragen und Korrekturen vorgenommen werden, weshalb bei dieser Grösse Ungenauigkeit angenommen werden müssen. Sehr genau dürften dagegen die Angaben über die Nutzungsmenge sowie den Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes sein, welche jeweils direkt aus der Holzverkaufsliste ermittelt wurden.

Einige Merkmale sind quantitativ nicht fassbar und stützen sich auf eine qualitative Beurteilung. Einige wenige Fragen erregten offenbar Unwillen beim ausfüllenden Forstpersonal. So wurde bei der Frage: „Anteil Holz liegengelassen“ und „Gründe, weshalb nicht mehr Holz im Wald liegengelassen wurde“ oft

Unmut geäussert und die Frage zum Teil demonstrativ gestrichen. Der Problemkreis scheint empfindlich zu sein, sollte jedoch gerade deshalb in Zukunft genauer untersucht werden.

## **2.4 Das Kostenmodell**

Bereits die Erhebung über die Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge (Hofer et al. 2004) ging von der Kostenerfassung gemäss BAR aus. Dort werden die Gemeinkosten über Hilfskostensellen auf die Hauptkostenstellen umgelegt. Diese Erhebung brachte bezüglich des Kostenmodells keine Rückfragen. Deshalb wurden der Kostenerfassung in der vorliegenden Benchmarkuntersuchung dieselben Modellüberlegungen zugrunde gelegt ohne sie auch explizit so zu dokumentieren. Im Verlaufe dieser Untersuchung ergaben sich dagegen Rückfragen. Es zeigte sich, dass die Definition der Kosten gemäss BAR nicht überall verstanden wurde und entsprechend einigen Spielraum offen liess. Da zusätzliche Anforderungen an die Datenerhebung wohl zusätzliche Widerstände ausgelöst hätten, wurde auf weitergehende Präzisierungen im Verlaufe der Untersuchung verzichtet. Die Kosten wurden somit wohl nicht überall gleich umfassend ermittelt.

Verlangt wurde, dass alle Kosten die direkt mit dem Eingriff zusammenhängen einbezogen werden sollen. Während bei einigen Schlägen die Kosten mit einem Stundenansatz errechnet wurden, der üblicherweise in den jeweiligen Kantonen für die Nachkalkulation verwendet wird, versuchten andere Praktiker die absoluten Kosten sehr genau den Vorgaben der Untersuchung folgend mit den aktuellen Kostenansätzen aus der Betriebsabrechnung BAR zu errechnen, in der auch die aktuellen indirekten Kosten eingerechnet wurden.

Die Verwendung unterschiedlicher Stundenansätze je Kanton aufgrund unterschiedlicher Nachkalkulationspraktiken wurde bereits vor der Erhebung in der Begleitgruppe diskutiert. Es wurde deshalb bewusst nach den zugrunde gelegten Stundenansätzen für qualifiziertes (Forstwart) und unqualifiziertes Personal gefragt, um in der Auswertung auf deren Einfluss schliessen zu können.

Ebenfalls wurden Kosten, die im Zusammenhang mit den Eingriffen entstanden, wie Wiederinstandstellung der Strassen etc. möglicherweise unterschiedlich berücksichtigt. Bei Rückfragen wurde angeordnet, nur die Kosten mit einzubeziehen, die direkt mit dem Eingriff entstanden und direkt diesem zuzurechnen sind.

Bei der statistischen Auswertung wurden Ausreisser genauer untersucht und sieben Eingriffe aus der Datenmenge ausgeschlossen. Ebenfalls wurden im Laufe der Auswertung alle Eingriffe eines Kantons aus der Datenmenge ausgeklammert, da es sich um Schläge handelte, die durch Verkauf ab Stock an Private und Unternehmer vergeben wurden. Die Kosten wurden nachträglich mit Erfahrungswerten errechnet.

## **2.5 Repräsentativität der Datengrundlage und Aktualität der Zahlen**

Obwohl die Datenerhebung über weite Teile der Schweiz vorgenommen wurde, stellen sie nur einen Ausschnitt aus der Gesamtmasse dar, ausgewählt von den Praktikern. Mit 310 auswertbaren Eingriffen ist die Datengrundlage erfreulich gross, dennoch hat sich gezeigt, dass man mit dieser Stichprobengrösse bei der statistischen Auswertung sehr rasch an Grenzen stösst. Die Merkmalskombinationen sind so gross, dass vor allem mit zunehmender Differenzierung kaum mehr signifikante Aussagen gemacht werden konnten.

Die erhobenen Eingriffe wurden in den Jahren 2006 (4), 2005 (164), 2004 (116), 2003 (22) und 17 Eingriffe vor dem Jahr 2003 ausgeführt. Der Grossteil der Daten ist folglich sehr aktuell.

## 2.6 Auswertung

Die Daten wurden laufend in einer Excel-Tabelle erfasst. Die Datenanalyse und die grafische Darstellung erfolgten teils in Excel, teils mit der Statistiksoftware „R“ und Statgraphics.

In einer Zwischenauswertung wurden im Spätsommer erste Resultate erarbeitet, in der Begleitgruppe vorgestellt und diskutiert. Die Zwischenauswertung zeigte, dass die Erhebung der Daten befriedigend ausfiel und keine Korrekturen oder Präzisionen am Erhebungsbogen vorgenommen werden mussten.

Die Endauswertung stellte aufgrund der Komplexität der Daten grosses statistisches Wissen voraus. Unterstützt durch einen Statistikfachmann wurden die Auswertungen zu einem Grossteil von GEO Partner AG ausgeführt. In einem ersten Schritt wurden aus den rund hundert Variablen Gruppen nach Thema und Charakter der Daten gebildet, um deren Signifikanz auf die Kosten zu ermitteln. Es wurden die folgenden Gruppen zusammengestellt:

- Kontinuierliche Variablen
- Naturgefahren, Bestand, Eingriffsart, Eingriffsform, Eingriffsmethode, Holzerntesystem, Baumbearbeitung
- Bewertung Nettokosten/ Anteil Holz liegen lassen, Erschwernisse, Stundenansatz, Rückedistanz.

Die Kosten, Nutzungsmenge und Wirkungsfläche mussten für die Auswertung In-transformiert werden. Die Analyse erfolgte mit der Kovarianzanalyse und Varianzanalysentabelle mit R. Die signifikantesten Variablen wurden in einem File „Hauptfaktoren“ zusammengefasst. In einem zweiten Schritt wurden noch einmal alle Variablen in grösseren Gruppen und in Kombination mit den Hauptfaktoren analysiert. Somit konnten alle im Modell signifikanten Variablen bestimmt werden.

Da nur in wenigen Fällen die Kosten detailliert aufgeschlüsselt angegeben wurden, erfolgte die Analyse nur auf Basis der Gesamtkosten, zu einem kleineren Teil auf Basis der Nettokosten.

Auf Anraten der Begleitgruppe wurde zusätzlich eine detaillierte Auswertung getrennt nach Rückemethode vorgenommen. Die Eingriffe mit den verschiedenen Rückemethoden unterscheiden sich oft wesentlich von einander und können nur bedingt miteinander verglichen werden. Die dadurch erfolgte Verringerung der Datensätze, brachte jedoch die Schwierigkeit mit sich, dass nur noch wenige Variablen miteinander ausgewertet werden konnten. Nach Aussage von Experten sollten in einer statistischen Auswertung mindestens zehn Mal so viele Datensätze wie Variable vorhanden sein, um eine aussagekräftige Aussage machen zu können.

## 2.7 Kosten versus Nettokosten

Die Daten wurden grösstenteils auf der Basis der Gesamtkosten ausgewertet. Gemäss der statistischen Analyse mit Nettokosten erwies sich nur eine kleine Zahl von Variablen bezüglich Einfluss auf die Nettokosten als signifikant. Es sind im Wesentlichen dieselben wie diejenigen bei den Gesamtkosten. Sie wurden daher im Rahmen dieser Untersuchung nicht weiter verfolgt. Unterschiede bezüglich „Liegen lassen“ von Holz, bzw. „aus dem Bestand bringen“ sind nur über die Nettokosten erkennbar. Die Nettokosten fanden daher im Rahmen dieser Analyse Verwendung.

### 3. Überblick über die Datengrundlage

Es konnten Zahlen von 16 Kantonen ausgewertet werden. Diese repräsentieren ein breites Spektrum von Schutzwald-Verhältnissen. Die respektable Datengrösse von 310 erhobenen Eingriffen erlaubt einige repräsentative Untersuchungen. Dennoch ist durch die Komplexität der Eingriffe und die dadurch notwendige grosse Anzahl von Erhebungsparametern eine gewisse Anzahl Datensätze erforderlich. Mit den 310 Eingriffen ist diese Voraussetzung zur Auswertung nach mehreren Charakteristiken noch nicht ausreichend gegeben.

#### Standorttyp

Die Frage zum Standorttyp wurde sehr unterschiedlich beantwortet. Aus den Angaben muss geschlossen werden, dass bei einigen Förstern die genauen Kenntnisse über die Standortstypen fehlen und/oder keine Standortskarten in Gebrauch sind. Während einige Praktiker Angaben wie beispielsweise „wüchsiger Buchenwald“ oder „hochmontan“ machten, konnten viele wie erwünscht sehr genaue Angaben zu den Pflanzengesellschaften machen. Zusätzlich zeigte sich bei dieser Frage die bekannte Problematik der verschiedenen Schlüssel für die Standortkartierung in den Kantonen.

#### Baumartenmischung

Für die Klassierung der Baumartenmischung wurde die gleiche Einteilung wie beim LFI verwendet. Ist eine Fläche zu mehr als 70% mit Nadelholz bzw. Laubholz bestockt, so wurde die gesamte Fläche als Nadelholz bzw. Laubholz bezeichnet. Alle übrigen Bestände fallen unter gemischte Bestände.

Tabelle 3-1 Baumartenmischung

	Anzahl Stichproben	Anteil in %	Anteil in Aren	Anteil in %
Keine Angabe	2	0.6	30	0.01
Nadelholz	162	52.3	53343	57.9
Laubholz	99	31.9	25695	27.9
Gemischte Bestände	47	15.2	13127	14.2

Es zeigte sich, dass der überaus grösste Teil der Schutzwälder mit Nadelwald bestockt ist. Dennoch ist der Anteil Eingriffe mit Laub- und Mischwäldern mit 99 bzw. 47 beträchtlich.

#### Entwicklungsstufe

Zur Ermittlung des flächenmässigen Anteils, wurde der Prozentanteil mit der Wirkungsfläche multipliziert. Für die statistische Auswertung wurde eine Klassierung vorgenommen. Ist eine Fläche zu mehr als 70% mit der gleichen Entwicklungsstufe bestockt, so wurde die gesamte Fläche mit der jeweiligen Entwicklungsstufe bezeichnet. Alle übrigen Bestände wurden als gemischt bezeichnet.

Tabelle 3-2 Entwicklungsstufe

	Flächenangabe in Aren	Anteil der Fläche in %	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Jungwuchs/Dickung	4369	4.7	4	1.3
Stangenholz	5192	5.6	6	1.9
Baumholz 1	14654	15.9	26	8.4
Baumholz 2/3	63748	69.2	198	63.8
Stufiger Bestand	3861	4.2	8	2.6
Niederwald	370	0.4	3	1.0
Gemischte Bestände			65	21.0

Mit einem Anteil von 69% wurde der überaus grösste Teil der Eingriffe im Baumholz 2/3, in Beständen mit einem dominanten Brusthöhendurchmesser von >40cm vorgenommen.



### Geschätzter Vorrat

Der geschätzte Vorrat auf der gesamten Wirkungsfläche von 921 ha beträgt 405'490 Silven. Dies ergibt einen durchschnittlichen Vorrat von 440 Silven pro Hektare (min. 50 Sv/ha / max. 870 Sv/ha).

### Eingriffsart

Zur Ermittlung des flächenmässigen Anteils, wurde der Prozentanteil mit der Wirkungsfläche multipliziert. Für die statistische Auswertung wurde eine Klassierung vorgenommen. Wurde auf einer Fläche zu mehr als 70% die gleiche Eingriffsart vorgenommen, so wurde die gesamte Fläche mit der jeweiligen Eingriffsart bezeichnet. Alle übrigen Eingriffe wurden als gemischt taxiert.

Tabelle 3-3 Eingriffsart

	Anteil in Aren	Anteil der Fläche in %	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Jungwuchs/Dickung	1415	1.5	3	0.1
Stangenholzpflge	2256	2.5	4	1.4
Stabilitätspflege	19212	20.8	39	12.7
Verjüngungshieb	53459	58.0	177	57.6
Umwandlung des Bestandes	4359	4.7	9	2.9
Zwangsnutzung	11493	12.5	33	10.7
gemischt			45	14.6

Mit 58% der Fläche diente der überaus grösste Anteil der Eingriffe zur Einleitung der Verjüngung. Dies stimmt mit der grossen Fläche an Baumholz 2/3 überein. Auch die Eingriffe zur Stabilisierung der Bestände machen mit 20.8% der Fläche einen wesentlichen Anteil aus. Rund 12% der Eingriffe mussten als Zwangsnutzungen vorgenommen werden.

### Holzbringung

Die Holzbringung wurde zu einem Grossteil mit dem Seilkran ausgeführt. Zählt man die Schläge, die mit dem mobilen Seilkran und Schläge, die mit dem konventionellen Seilkran ausgeführt wurden zusammen, so kommt man auf einen Anteil von gut 50%. Ebenfalls ein beträchtlicher Anteil des Holzes wurde mit dem Helikopter transportiert. Schläge bei denen kein Rückemittel verwendet wurde, sind Eingriffe, bei denen das Holz im Wald liegengelassen wurde.

Tabelle 3-4 Holzbringung

	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Angabe	2	0.6
Kein Rückemittel	18	5.8
Bodengestützt	71	22.9
Mobiler Seilkran	74	23.9
Konventioneller Seilkran	83	26.8
Helikopter	62	20.0

### Beiläufig vollzogene Massnahmen

Es wurden kaum weitere Massnahmen beiläufig ausgeführt. Genannt wurde Schlagpflege, Ringeln einzelner Altbäume, Pflanzungen und Einzelschutz, entfernen von Altbäumen und Windwürfen aus dem Bachbett, Entfernen von borkenkäferbefallenen Bäumen, Säubern von Bachbetten und Wanderwegen.

### Eingriffsform

Für die statistische Auswertung wurde eine Klassierung vorgenommen. Wurde ein Eingriff zu mehr als 70% nach der gleichen Eingriffsform ausgeführt, so wurde die gesamte Fläche mit der jeweiligen Eingriffsform bezeichnet. Alle übrigen Bestände wurden als gemischt bezeichnet.

Tabelle 3-5 Eingriffsform

	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Angabe	5	1.6
Einzelstammweise	36	11.6
Verjüngungsschlitz	35	11.2
Gruppen/Rotten	62	20.0
flächendeckend	98	31.7
gemischt	74	23.9

Mit 31.7% wird der grösste Teil der Eingriffe flächendeckend ausgeführt. Dabei dürfte es sich bei einem Grossteil um Durchforstungen handeln. Sehr oft erfolgt der Eingriff jedoch auch in gemischter Form (23.9%).

### Eingriffsturnus

Die Angabe über den Eingriffsturnus zeigt, wie regelmässig in eine Fläche eingegriffen wurde und für wie lange ein Eingriff eine Wirkung hat und somit nicht mehr eingegriffen werden müsste.

Tabelle 3-6 Eingriffsturnus

	letzter Eingriff vor: Anzahl Stichproben	Anteil in %	Nächster Eingriff in: Anzahl Stichproben	Anteil in %
Eingriff ohne Angabe	6	1.9	25	8.1
Eingriff =<10	24	7.7	42	13.5
Eingriff =10-20	50	16.1	151	48.7
Eingriff =20-30	74	23.9	70	22.6
Eingriff =>30	156	50.3	22	7.1

Es zeigt sich, dass in sehr vielen Beständen über längere Zeit nicht mehr eingegriffen wurde, in mehr als 50 der Stichproben sind es mehr als 30 Jahre. Da es sich meist um alte Bestände handelt, erstaunt dies nicht. Auch die Tendenz, den nächsten Eingriff bereits in 10-20 Jahren wieder zu tätigen, hängt damit zusammen, dass in jüngeren Beständen viel regelmässiger Pflegeeingriffe notwendig sind. Zudem ist es so, dass die eingeleitete Verjüngung bei gutem Gedeihen nach wenigen Jahren abgedeckt und die Verjüngungsfläche erweitert werden sollte.

### Wirkungsflächentyp

Es zeigt sich, dass die Eingriffe sehr vielseitig erfolgen. So werden bei gut 18% der Stichproben nur einzelne Bäume verteilt über die gesamte Wirkungsfläche entnommen. In knapp 21% wird rottenförmig eingegriffen. In 18% erfolgt eine intensive Nutzung entlang der Seillinien und es erfolgt eine schlitzförmige Entnahme. In 12 % erfolgt eine intensive Nutzung in einem Bereich beispielsweise entlang der Strasse oder Bahnlinie, in anderen Bereichen werden nur einzelne Bäume gefällt.

Tabelle 3-7 Eingriffstyp

Eingriffstyp	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Angabe	18	5.8
Typ A	57	18.4
Typ B	64	20.6
Typ C	56	18.1
Typ D	38	12.3
Anderer Typen	61	19.7
Gemischte Angabe	16	5.1

### Holzerntesystem

Gut 34% des Holzes werden als Rohschaft geerntet. Fast 28% werden im Bestand entastet und in die Sortimente geteilt und erst dann gerückt. Gegen 22% werden als Ganzbaum gerückt und erst an der Waldstrasse weiter verarbeitet.

Tabelle 3-8 Holzerntesystem

Holzerntesystem	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Angabe	19	6.1
Ganzbaum	67	21.6
Rohschaft	106	34.2
Sortiment	86	27.7
gemischt	32	10.3

### Baumbearbeitung

In 74% der Eingriffe wurde motor-manuell gearbeitet. Obwohl heute vollmechanisierte Verfahren durch neue Maschinentypen auch in schwierigem Gelände eingesetzt werden können, scheint dies noch in wenigen Fällen Anwendung zu finden. Aus anderen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass vor allem die Auslastung des eigenen Personals und des eigenen Maschinenparks dies verhindern. Da die Anschaffung der entsprechenden Maschinen und Geräte zudem hohe Investitionen darstellen, müssen die Betriebe vielfach darauf verzichten. Die notwendige Arbeit ausserhalb des eigenen Betriebes stellt oft ein zu grosses Risiko dar.

Tabelle 3-9 Baumbearbeitung

Baumbearbeitung	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Angabe	13	4.2
Motor-manuell	230	74.2
Teilmechanisiert	47	15.2
Vollmechanisiert	6	1.9
gemischt	14	4.5

### Entlöhnungsart

Knapp 45% der Schläge werden in Regie ausgeführt. Ebenfalls beträchtlich ist der Anteil von 31%, der in Akkord vergeben wird.

Tabelle 3-10 Entlöhnungsart

Entlöhnungsart	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Angabe	10	3.2
Pauschal	36	11.6
In Regie	139	44.8
In Akkord	96	30.9
gemischt	29	9.4

### Angaben zur Qualität

Bei der Frage „Waldbaulich zielführend“ wurde oft vermerkt, dass diese Frage erst im Nachhinein beantwortbar sei. Dennoch haben 94% diese Frage mit ja beantwortet. Auch die Frage zur Qualität der Ausführung haben fast alle mit ja beantwortet. Die Frage zu den entstandenen Schäden haben dagegen 81% nicht beantwortet. Auch dies scheint eine sehr heikle Frage zu sein. Weshalb sie nicht beantwortet wurde, ist offen. Ein Grund könnte sein, dass die Schäden zu wenig genau definiert wurden. Kleinere Schäden an Boden und Bestand sind bei der Durchführung der Arbeiten kaum vermeidbar. Es ist daher häufig auch nicht ganz korrekt, von Schäden zu sprechen.

Tabelle 3-11 Qualität

	Waldbaulich zielführend	Anteil in %	Qualität be- friedigend	Anteil in %	Entstandene Schäden	Anteil in %
Keine Angabe	11	3.5	10	3.2	251	81.0
ja	292	94.2	299	96.5	24	7.7
nein	7	2.3	1	0.3	35	11.3

### Hangneigung

Die Eingriffe wurden meist in sehr steilem Gelände ausgeführt. Bei 86% der Eingriffe betrug die Hangneigung mehr als 50%. Mit der Angabe der durchschnittlichen Hangneigung sind die topografischen Verhältnisse nicht ausreichend charakterisiert. Von Bedeutung sind auch die Unterschiede in der Hangneigung. Bei rund einem Drittel der Stichproben wurde angegeben, dass die Hangneigung stark variiert.

Tabelle 3-12 Hangneigung

	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Angabe	7	2.3
<25	7	2.3
25-50	28	9.0
50-75	154	49.7
>75	114	36.7

Tabelle 3-13 Unterschiede der Hangneigung im Gelände

Starke Unterschiede im Gefälle	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Angabe	13	4.2
ja	95	30.6
nein	202	65.2

### Planung, Durchführung und Kontrolle nach den Richtlinien „Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion“ NaiS

Tabelle 3-14 Anzahl der Anwendungen

	Anzahl Stichproben	Anteil in %
Keine Äusserung	4	1.3
Anwendung	144	46.5
Keine Anwendung	162	52.2

Die Untersuchung hat gezeigt, dass mehr als die Hälfte der untersuchten Eingriffe ohne die Richtlinien NaiS ausgeführt wurden. Die Angaben der Kantone entsprechen sich in dieser Frage weitgehend.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Kennzahlen und Durchschnitte

#### 4.1.1 Die wichtigsten Kennzahlen zu den Kosten im Überblick

Die Kosten der Schutzwaldpflege von 310 Eingriffen mit einer Wirkungsfläche von 922 Hektaren betragen Fr. 18'223'661.-. Dies entspricht durchschnittlichen Kosten pro Are von Fr. 197.65. Diese stimmen etwa mit den Durchschnittskosten überein, welche in früheren Untersuchungen ermittelt wurden (Hofer et al., 2004). Durch die Pflege wurden 161'556 m<sup>3</sup> Holz eingeschlagen. Pro eingeschlagenem m<sup>3</sup> Holz entstanden Kosten von Fr. 112.85. Aus dem Holzverkauf resultierte ein Erlös von Fr. 7'817'432.-. Dies entspricht einem Kubikmetererlös von Fr. 52.80. So konnten rund 47% der Kosten durch den Holzerlös gedeckt werden. Es entstanden durchschnittliche Nettokosten von Fr. 112.85 pro Are bzw. Fr. 64.40 pro m<sup>3</sup>. Zu beachten ist die enorme Streuung der Zahlen, die in der Tabelle in den Spalten max. bzw. min. angegeben ist. So befinden sich die Nettokosten zwischen Kosten von Fr. 1'204.- pro Are und einem Erlös von Fr. 131.- je Are.

Tabelle 4-1 Die Wichtigsten Merkmale im Überblick

Merkmal	Detail	Anzahl	max.	min.
Anzahl Eingriffe	ausgewertet	310		
Wirkungsfläche	Total	92'194 a		
Durchschnittliche Wirkungsfläche	Pro Eingriff	297.4 a	3000	15
Nutzungsmenge	Total	161'556 m <sup>3</sup>		
Durchschnittliche Nutzungsmenge	Pro Are	1.75 m <sup>3</sup> /Are	10.33	0.16
	Pro Eingriff	521.14 m <sup>3</sup>	3062	31.8
Gesamtkosten	Total	Fr. 18'223'661.-		
Durchschnittskosten	Pro Are	Fr. 197.65	1'305.-	21.-
	Pro m <sup>3</sup>	Fr. 112.80	326.-	22.-
Erlös aus dem Holzverkauf	Total	Fr. 7'817'432.-		
Verkaufte Holzmenge	Total	148'118.82 m <sup>3</sup>		
Durchschnittserlös	Pro Are	Fr. 84.80		
	Pro m <sup>3</sup>	Fr. 52.80	173.-	12.-
Nettogesamtkosten	Total	Fr. 10'406'229.-		
Durchschnittsnettokosten	Pro Are	Fr. 112.85	1'204.-	-131.-
	Pro m <sup>3</sup>	Fr. 64.40	303.-	-39.-

#### 4.1.2 Angaben zu den Durchschnittskosten aufgeschlüsselt nach einigen Variablen

##### Auswertung nach den Kosten pro Flächeneinheit

Die grossen Unterschiede zwischen den oben wiedergegebenen Durchschnittswerten der Flächenkosten (gewichtetes Mittel, Mittelwert, Median) widerspiegeln die grosse Streuung der Stichproben. Über alle Eingriffe gerechnet liegt der Mittelwert Fr. 69.-/Are über dem gewichteten Mittel. Der Median liegt mit annähernd Fr. 223.- dazwischen. Hier zeigt sich auch mit Fr. 29.- ein bedeutender Unterschied zum Wert, welcher in der Untersuchung 2004 ermittelt worden war.

Nach Baumarten zeigen die unterschiedlichen Durchschnittswerte alle annähernd dieselbe Reihenfolge. Die kostengünstigsten Eingriffe befinden sich im Nadelholz, die teuersten in den gemischten Beständen. Nur der einfache Mittelwert im Laubholz liegt leicht über den gemischten Beständen. Der Vergleich der Mediane mit der Untersuchung von 2004 zeigt auch hier, dass die Werte 2006 mit Fr. 41.-/Are bis Fr. 55.-/Are deutlich höher liegen.

Bei den Durchschnitten nach Entwicklungsstufe fällt der hohe Mittelwert von Fr. 304.30/Are im Baumholz 2/3 auf. Auch der Wert für die stufigen Bestände liegt mit annähernd Fr. 284.- hoch. Bezüglich

der Werte aus der Studie 2004 differiert das aktuelle Ergebnis im Baumholz 1 mit Fr. 62.–/ deutlich stärker als im Baumholz 2/3 mit Fr. 16.–/Are.

**Tabelle 4-2**      *Auswertung der Eingriffskosten nach Flächen in Fr./Are nach den Merkmalen Baumart, Entwicklungsstufe und Rückemittel; Vergleich mit Werten aus dem Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ (Hofer et al., 2004).*

	<i>Gewichtetes Mittel</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standard-abweichung</i>	<i>Median</i>	<i>Median (Studie 2004)</i>
<i>Merkmal</i>	<i>Fr./Are</i>	<i>Fr./Are</i>	<i>Fr./Are</i>	<i>Fr./Are</i>	<i>Fr./Are</i>
Alle Eingriffe	197.65	266.80	±10.9	222.65	194
Nadelholz	181.60	238.90	±13.0	200.10	159
Laubholz	203.85	290.65	±22.6	250.20	204
Gemischt	248.15	288.10	±26.6	281.25	226
Jungwuchs/ Dickung	86.95	130.80	±86.5	50.05	---
Stangenholz	99.85	83.65	±28.2	49.65	---
Baumholz 1	126.35	159.55	±16.6	163.85	108
Baumholz 2/3	212.70	304.30	±14.5	254.45	238
Stufiger Bestand	228.85	283.90	±60.3	230.00	---
Gemischte Stufen	184.85	216.90	±17.3	188.20	---
Ohne Rückemittel	57.25	58.10	±7.6	50.95	---
Bodenzug	182.60	268.25	±22.9	238.15	102
Seilkran mobil	209.60	247.40	±16.7	218.50	233
Seilkran konventionell	223.45	274.70	±19.0	223.35	222
Helikopter	185.40	345.05	±31.4	280.80	209

Nach Rückeverfahren weisen die verschiedenen Durchschnittswerte eine jeweils andere Reihenfolge auf. Die Werte der Eingriffe mit Helikopternutzung variieren ganz offensichtlich am stärksten. Der Mittelwert liegt mit Fr. 345.–/Are sehr hoch, während das gewichtete Mittel unter dem Durchschnitt aller Eingriffe liegt. Auch die Werte des Bodenzugs zeigen eine ähnliche Charakteristik. Die Medianwerte von Bodenzug, mobilem und konventionellem Seilkran liegen relativ nahe beieinander. Im Vergleich zur Untersuchung 2004 liegen die aktuellen Werte für den Bodenzug um Fr. 136.–/Are, beim Helikopter um Fr. 72.–/Are höher. Beim konventionellen Seilkran liegen die Werte dagegen praktisch gleichauf, beim mobilen Seilkran liegen sie sogar um Fr. 15.– tiefer als bei der Vorgängerstudie.

#### **Auswertung nach den Kosten pro Mengeneinheit**

In der Auswertung nach Holzmenge variieren die verschiedenen Durchschnittswerte deutlich weniger als in derjenigen nach Fläche. Über alle Eingriffe betrachtet liegt der Mittelwert nur gerade Fr. 10.–/m<sup>3</sup> über dem gewichteten Mittel und dem Medianwert. Die Standardabweichung liegt bei ca. ± 2,5% des Mittelwertes. Interessanterweise liegt der Median rund Fr. 16.– unter demjenigen aus der Studie 2004. Diese Charakteristik zieht sich – mit Ausnahme der Helikopterbringung – durch alle Merkmale hindurch.

Nach Baumarten ausgewertet ist beim gewichteten Mittel die Nadelholznutzung die günstigste, die Laubholznutzung die teuerste, die gemischten Bestände liegen dazwischen. Beim Mittelwert und beim Median erweisen sich die gemischten Eingriffe als die günstigsten, wiederum sind die Laubholzeingriffe die teuersten. Gegenüber der Studie von 2004 erweisen sich die aktuellen Kosten pro Kubikmeter als günstiger mit Differenzen zwischen Fr. 11.– beim Nadelholz und Fr. 28.– beim Laubholz.

Auch nach Entwicklungsstufen liegen die verschiedenen Durchschnittswerte wiederum nahe beieinander. Eine Ausnahme bilden die Eingriffe in den Stangenhölzern. Das gewichtete Mittel liegt hier um rund Fr. 40.– unter Mittelwert und Median. Nicht ganz den Erwartungen entsprechend liegen die Kosten von Eingriffen im Baumholz 1 praktisch gleichauf mit denjenigen im Baumholz 2/3. Gegenüber den Werten aus der Studie 2004 liegen auch hier die Kosten um Fr. 24.–/m<sup>3</sup> (Baumholz 1) bzw. 10.–/m<sup>3</sup> (Baumholz 2/3) tiefer.

**Tabelle 4-3** Auswertung der Eingriffskosten nach Mengen in Fr. /m<sup>3</sup> nach den Merkmalen Baumart, Entwicklungsstufe und Rückemittel; Vergleich mit Werten aus dem Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ (Hofer et al., 2004).

	Gewichtetes Mittel	Mittelwert	Standard-abweichung	Median	Median (Studie 2004)
Merkmal	Fr./m <sup>3</sup>	Fr./m <sup>3</sup>	Fr./m <sup>3</sup>	Fr./m <sup>3</sup>	Fr./m <sup>3</sup>
Alle Eingriffe	112.85	122.70	±3.2	112.30	128
Nadelholz	106.80	119.50	±4.4	109.20	120
Laubholz	126.40	130.05	±5.9	117.70	146
Gemischt	111.20	114.05	±6.7	105.25	131
Jungwuchs/ Dickung	---	---	---	---	---
Stangenholz	130.30	168.95	±44.2	170.95	---
Baumholz 1	108.15	116.15	±10.3	111.70	135
Baumholz 2/3	110.60	119.45	±3.7	110.15	120
Stufiger Bestand	96.50	106.85	±12.7	100.60	---
Gemischte Stufen	120.50	129.80	±7.2	122.85	---
Ohne Rückemittel	88.90	103.80	±19.1	75.25	---
Bodenzug	98.05	109.50	±7.4	87.25	148
Seilkran mobil	99.95	110.80	±5.3	109.40	123
Seilkran konventionell	111.55	111.80	±3.8	102.05	125
Helikopter	159.15	170.35	±6.7	165.80	140

Nach Rückeverfahren aufgeschlüsselt erweist sich der Bodenzug bei allen Durchschnittswerten als das günstigste Verfahren. Beim gewichteten Mittel und beim Mittelwert sind die Differenzen zum mobilen Seilkran allerdings gering. Bei der Helikopterbringung sind alle Durchschnittswerte mit Abstand die höchsten. Der Median der Helikopterbringung liegt als einziger Wert über demjenigen der Studie von 2004, die Differenz beträgt hier Fr. 26.–/m<sup>3</sup>. Der Median im Bodenzug liegt um Fr. 60.–/m<sup>3</sup>, im konventionellen Seilkran um Fr. 26.–/m<sup>3</sup> tiefer als die entsprechenden Werte von 2004.

#### Auswertung nach Eingriffs- oder Nutzungsintensität

Die neu ermittelten Durchschnittswerte sind nach Fläche höher, nach Menge dagegen tiefer als diejenigen aus der Studie 2004. Daraus kann geschlossen werden, dass bei den neu ausgewerteten Stichproben pro Flächeneinheit intensiver eingegriffen worden ist. Werden die Eingriffs- oder Nutzungsintensitäten nach Medianwerten verglichen, so wurde in den aktuellen Stichproben 2 m<sup>3</sup>/Are geschlagen, in den Stichproben der Studie 2004 dagegen nur 1,5 m<sup>3</sup>/Are. Das sind immerhin 33% mehr. Auch hier gibt es eine riesige Streuung, wie die Gegenüberstellung der unterschiedlich berechneten Eingriffsintensitäten aufzeigt.

Die folgenden Interpretationen lassen sich aus der Tabelle gewinnen. Gegenüber den Mittelwerten über alle Eingriffe deutlich überdurchschnittlich sind die Eingriffsintensitäten bei den gemischten Beständen. Überdurchschnittliche Werte ergeben sich ferner beim Baumholz 2/3 und bei den stufigen Beständen. Ebenso liegen die Werte beim Rücken mit Bodenzug etwas über denjenigen aller Eingrif-

fe, insbesondere beim Median. Interessant ist zudem, dass bei der Helikopterbringung offensichtlich weniger intensiv eingegriffen worden ist. Unterdurchschnittlich sind die Nutzungsintensitäten bei den Eingriffen im Jungwuchs, im Baumholz 1 und in gemischten Beständen, ferner bei jenen ohne Rückemittel,

**Tabelle 4-4** Auswertung der Eingriffs-/Nutzungsintensitäten in  $m^3/\text{Are}$  nach den Merkmalen Baumart, Entwicklungsstufe und Rückemittel; Vergleich mit Werten aus dem Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ (Hofer et al., 2004).

	Basis gewichtetes Mittel	Basis Mittelwert	Basis Median	Basis Median (Studie 2004)
Merkmal	$m^3/\text{Are}$	$m^3/\text{Are}$	$m^3/\text{Are}$	$m^3/\text{Are}$
Alle Eingriffe	1.75	2.17	1.98	1.52
Nadelholz	1.70	2.02	1.83	1.32
Laubholz	1.61	2.23	2.13	1.40
Gemischt	2.23	2.53	2.67	1.73
Jungwuchs/ Dückung	---	---	---	---
Stangenholz	0.77	0.50	0.29	---
Baumholz 1	1.17	1.37	1.47	0.80
Baumholz 2/3	1.92	2.55	2.31	1.98
Stufiger Bestand	2.37	2.66	2.29	---
Gemischte Stufen	1.53	1.67	1.53	---
Ohne Rückemittel	0.64	0.56	0.67	---
Bodenzug	1.86	2.45	2.73	0.69
Seilkran mobil	2.10	2.13	2.00	1.89
Seilkran konventionell	2.00	2.46	2.19	1.78
Helikopter	1.16	2.03	1.69	1.49

Die Gegenüberstellung der einzelnen Medianwerte aus beiden Studien zeigt, dass die Eingriffsintensitäten nach allen Merkmalen in der neuen Studie höher liegen als 2004. Die grösste Differenz ergibt sich bei Eingriffen mit Rückemethode Bodenzug, hier ist die Intensität der aktuellen Stichproben 4 Mal so gross wie diejenige der Stichproben 2004. Überdurchschnittlich gross sind die Differenzen bei den Eingriffen im Baumholz 1 (+84%), in gemischten Beständen (+54%) und im Laubholz (+52%).

## 4.2 Statistische Auswertungen

### 4.2.1 Ermittlung der Signifikanz der Variablen

Die in Tabelle 4-5 wiedergegebene statistische Auswertung zeigt erwartungsgemäss, dass die Variablen Nutzungsmenge und Wirkungsfläche eine sehr hohe Signifikanz bezüglich Gesamtkosten haben.

Ebenfalls eine hohe Signifikanz haben die Variablen Kanton, das Nutzungsprozent, die Hangneigung, die Rückemethode, der Anteil liegen gelassenen Holzes, Entwicklungsstufe, der Anteil der Bäume mit Sicherheitsholzerie, Schlagräumung und Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes. Die Signifikanz der übrigen Merkmale nimmt sehr rasch ab.

Sehr erfreulich ist der hohe „Adjusted R-squared“-Wert über das ganze Model mit 0.83. Er besagt, dass im Model 83% der Variabilität der Kosten durch die verwendeten Variablen gemäss Tabelle 4-5 erklärt werden kann.



Tabelle 4-5 Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten

**Analysis of Variance Table**

Response: log(Kosten.TOTAL + 0.5)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
log(Nutzungsmenge.total + 0.5)	1	156.996	156.996	943.4576	< 2.2e-16	***
log(Wirkungsfläche + 0.5)	1	23.134	23.134	139.0205	< 2.2e-16	***
Kanton	14	18.472	1.319	7.9289	5.990e-13	***
Nutzungsprozent	1	7.500	7.500	45.0714	2.487e-10	***
Hangneigung	1	3.800	3.800	22.8368	3.691e-06	***
Rückemethode	4	5.749	1.437	8.6367	2.168e-06	***
Anteil Holz liegenlassen	1	1.881	1.881	11.3026	0.009484	***
Entstandene Schäden	2	2.641	1.320	7.9341	0.0005012	***
Entwicklungsstufe	5	2.625	0.525	3.1544	0.0094026	**
Anteil Bäume mit Sicherheitsholzhauerei	1	1.147	1.147	6.8958	0.0093968	**
Schlagräumung	1	1.039	1.039	6.2459	0.013586	*
Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes	1	1.074	1.074	6.4539	0.0119305	*
Holzerntesystem	4	1.804	0.451	2.7096	0.0317348	*
Baumartenmischung	3	1.369	0.456	2.7426	0.0446880	*
Baumbearbeitung	4	1.578	0.394	2.3707	0.0542603	.
Eingriffstyp	6	1.975	0.329	1.9785	0.0710474	.
Eingriffsart	7	2.039	0.291	1.7508	0.1000515	
Wartezeiten	1	0.371	0.371	2.2284	0.1372777	
Naturgefahr vorherrschend	3	0.864	0.288	1.7317	0.1622033	
Absperrung	1	0.272	0.272	1.6343	0.2027790	
Letzter Eingriff vor	4	0.832	0.208	1.2504	0.2914167	
Qualität befriedigend	1	0.180	0.180	1.0791	0.3003102	
Sicherungsmassnahmen	1	0.164	0.164	0.9831	0.3227801	
Entlöhnungsart	4	0.590	0.147	0.8858	0.4736273	
Rücksichtsnahme Verjüngung	1	0.071	0.071	0.4277	0.5139739	
Unterschiede im Gefälle	2	0.197	0.099	0.5921	0.5542702	
Eingriffsform	5	0.625	0.125	0.7507	0.5865825	
Nächster Eingriff	4	0.422	0.105	0.6335	0.6392581	
Waldbaulich zielführend	2	0.139	0.069	0.4165	0.6599909	
Anwendung von NaiS	2	0.125	0.063	0.3759	0.6872090	
Naturgefahr weitere Gefahr	3	0.144	0.048	0.2890	0.8332841	

Residuals 177 29.454 0.166

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

**Effekt der signifikanten Variablen**

Ebenfalls von grossem Interesse ist neben der Signifikanz einer Variablen deren Effekt, den sie auf die Kosten ausübt. Dieser Wert ist mit grosser Vorsicht zu betrachten. Im errechneten Modell hat sich gezeigt, dass die signifikantesten kontinuierlichen Variablen folgenden Effekt ausüben. Der Effekt besagt, um wie viel Einheiten sich die Gesamtkosten erhöhen, wenn man die Variable um 1 erhöht und dabei alle anderen Variablen gleich bleiben.

Tabelle 4-6 Effekt der signifikantesten kontinuierlichen Variablen auf die Gesamtkosten

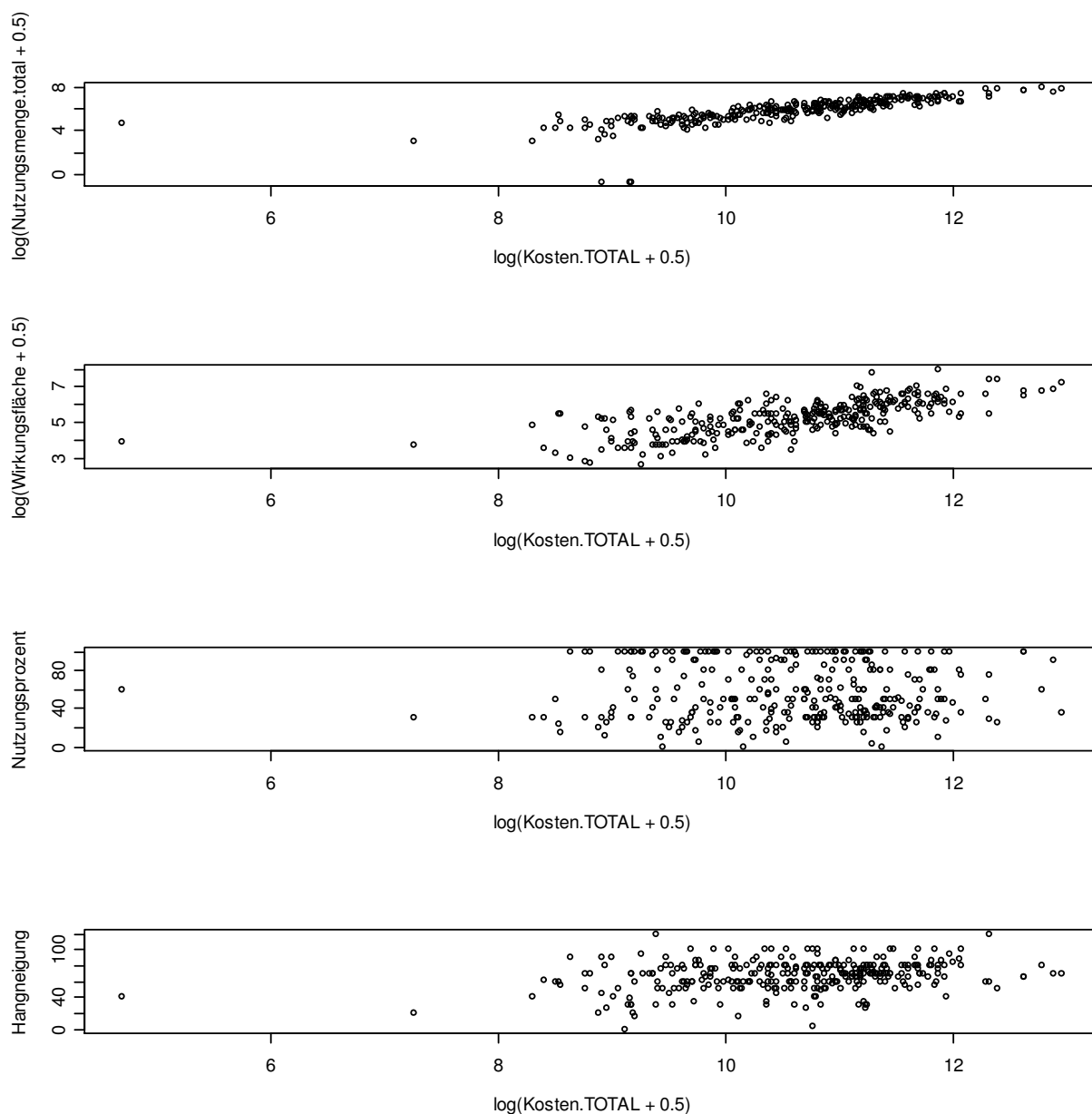
Variable	Einheit	Effekt
Nutzungsmenge	m <sup>3</sup>	111
Wirkungsfläche	Are	19
Nutzungsprozent	%	62
Hangneigung	%	216
Anteil Bäume mit Sicherheitsholzhauerei	%	260
Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes	m <sup>3</sup>	-7422
Schlagräumung	%	0.009768

Sehr vorsichtig zu interpretieren ist diese Zahl auch deshalb, da neben dem Effekt auch zu berücksichtigen ist, welche Einheit die Variable trägt, und was es bedeutet, die Variable um eins zu erhöhen. Es ist ersichtlich, dass bei Erhöhung der Gesamtnutzungsmenge um einen Kubikmeter die Gesamtkosten ohne Veränderung der anderen Variablen um Fr. 111.- zunehmen. Dies ist eine Grösse, die sehr gut vorstellbar ist. Gleichzeitig sehen wir, dass beispielsweise der Mittelstamm einen sehr hohen

negativen Effekt auf die Kosten ausübt. Hier muss jedoch auch berücksichtigt werden, dass die Erhöhung des Mittelstammes um  $1\text{m}^3$  einen enormen Schritt darstellt und der grosse Effekt nicht erstaunt.

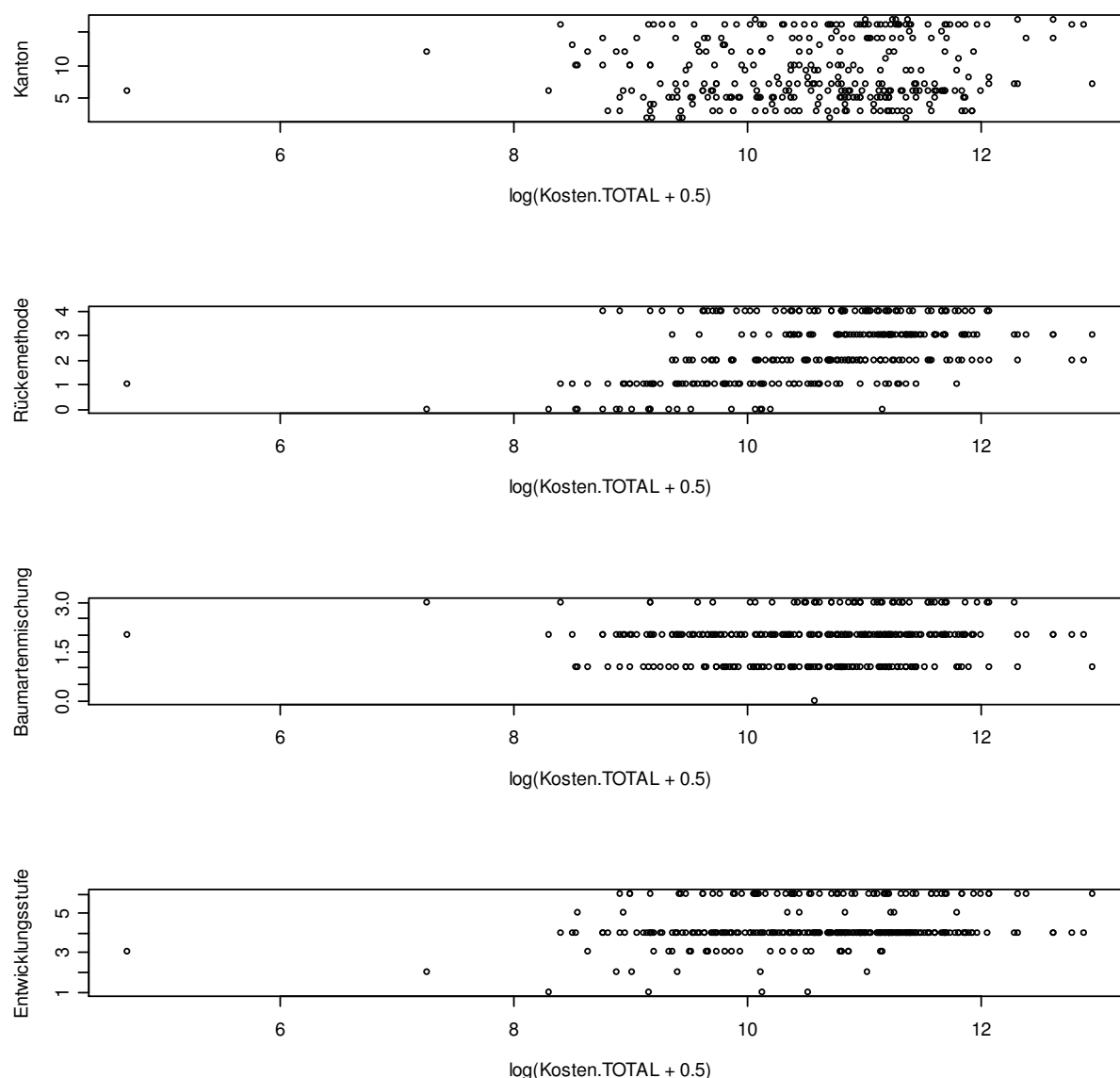
Der Vergleich der zwei signifikanten Grössen Nutzungsmenge und Wirkungsfläche zeigt, dass mit der Zunahme der jeweiligen Grösse auch die Kosten steigen. Die deutlichste Korrelation ist bei der Nutzungsmenge und der Wirkungsfläche zu sehen. Sie weisen beide im errechneten Modell einen  $\text{Pr}( > F )$  Wert von  $2.20\text{E-}16$  auf. Die Kosten, Nutzungsmenge und die Wirkungsfläche wurden für die Analyse Logarithmus-transformiert. Der Kanton, in dem die Arbeiten ausgeführt wurden, ist mit  $5.9\text{E-}13$  ebenfalls sehr signifikant. Dasselbe gilt auch die Variablen Nutzungsprozent und Hangneigung und Rückmethode mit  $2.48\text{E-}10$ ,  $3.69\text{E-}06$  bzw.  $2.17\text{E-}06$ .

Abbildung 4-1: Kontinuierliche-Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten grafisch dargestellt



In Abbildung 4-1 ist eine deutliche Abhängigkeit der Gesamtkosten und der Nutzungsmenge sowie der Wirkungsfläche zu erkennen. Der statistisch erkannte Zusammenhang zwischen den Gesamtkosten und dem Nutzungsprozent sowie der Hangneigung ist in der Grafik nur schwer zu entnehmen.

Abbildung 4-2: Faktor-Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten grafisch dargestellt

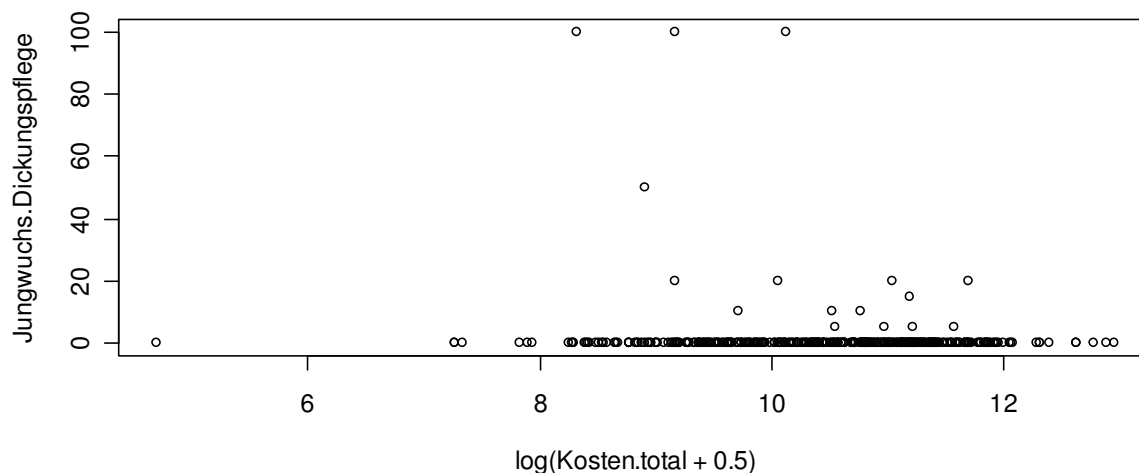


Die Faktorvariablen wurden mit dem statistischen Verfahren ANOVA (ANalysis Of VAriance) ausgewertet. Die Variablen Kanton und Rückemethode sind im Modell mit einem  $\text{Pr(>F)}$  Wert von  $5.99\text{E-}13$  bzw.  $2.168\text{E-}6$  sehr signifikant. Aus der Grafik Kanton in Abbildung 4-2 ist dies schwach ersichtlich. In der Grafik Rückemethode bedeuten die verschiedenen Faktoren: 0=kein Rückemittel (es handelt sich in den meisten Fällen um Eingriffe, bei denen das Holz liegen gelassen wurde), 1=bodengestützt, 2=mobiler Seilkran, 3=konventioneller Seilkran, 4=Helikopter. Auch die Entwicklungsstufe hat einen sehr hohen  $\text{Pr(>F)}$  Wert von 0.0094 und hat somit einen signifikanten Einfluss. Es bedeuten die verschiedenen Stufen: 1 = Jungwuchs / Dickung, 2 = Stangenholz, 3 = Baumholz 1, 4 = Baumholz 2/3, 5 = stufige Bestände, 6 = gemischt. Die Baumartenmischung hat mit einem  $\text{Pr(>F)}$  Wert von 0.0446 eine zu berücksichtigende Signifikanz. 1 = >70% Laubholz; 2 = >70% Nadelholz; 3 = gemischt.

Die statistische Auswertung hat bei der Variablen Jungwuchs-/ Dickungspflege eine hohe Signifikanz ergeben. Bei genauerem Betrachten musste jedoch festgestellt werden, dass dies durch die spezielle Datenkonstellation zustande gekommen ist. So sind nur sehr wenige Eingriffe mit einem Anteil Jungwuchs- und Dickungspflege vorhanden. Da jedoch die meisten Eingriffe keine Jungwuchs- und Di-

ckungspflege beinhalten, können diese wenigen Werte einen sehr hohen Effekt haben. Sie haben eine Hebelwirkung. Diese Variable muss wegen zu wenigen Angaben ausgeschlossen werden.

Abbildung 4-3: Variable mit signifikantem Einfluss auf die Kosten, die ausgeschlossen werden muss



#### 4.2.2 Multikollinearität

Die signifikanten Variablen wurden auch auf ihre Multikollinearität hin mit einem Korrelationstest geprüft. Dieser hat ergeben, dass einzig zwischen der Nutzungsmenge und der Wirkungsfläche eine Kollinearität besteht.

Tabelle 4-7 Korrelationskoeffizienten der Signifikanten Variablen

	Nutzungsmenge	Wirkungsfläche
Wirkungsfläche	0.6128	--
Kanton	0.0039	0.1385
Nutzungsprozent	-0.0155	-0.3563
Hangneigung	0.0978	0.0071
Rückemethode	0.2062	0.1857
Baumartenmischung	0.1597	0.0484

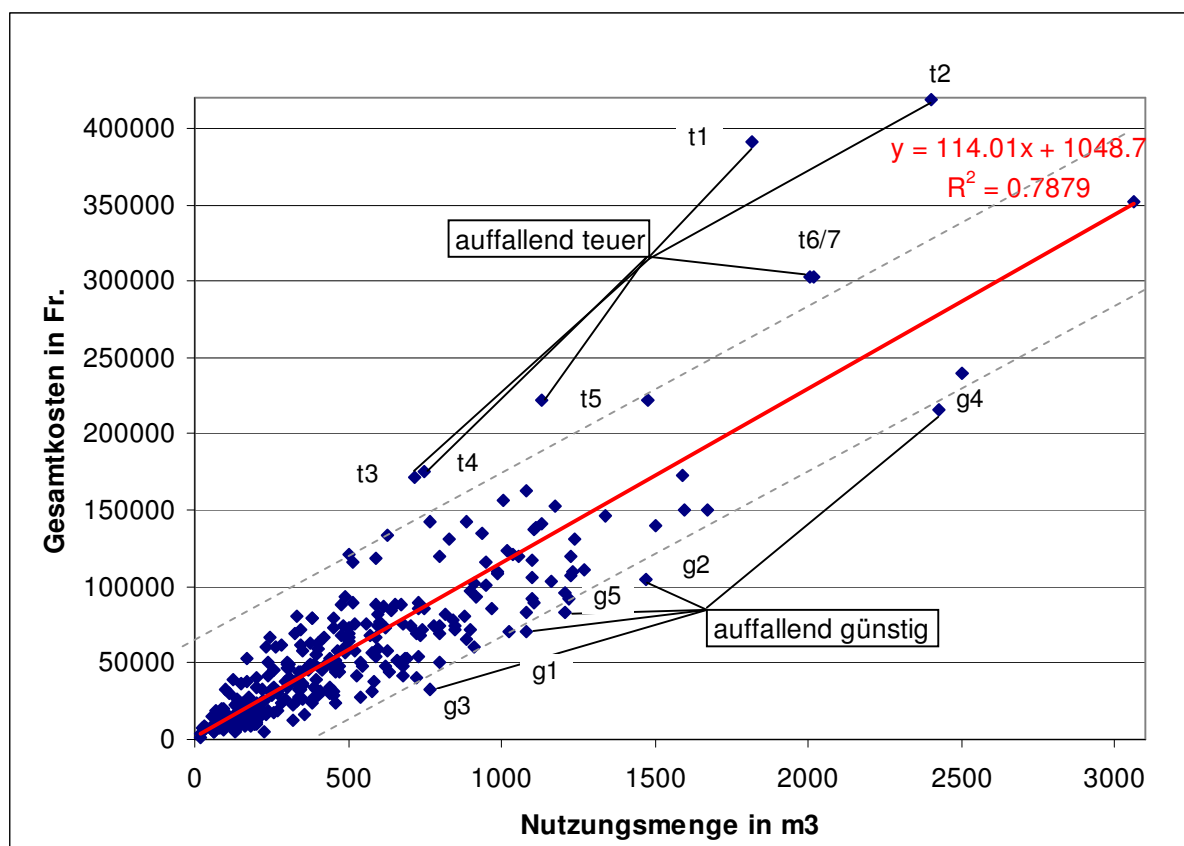
Alle Korrelationskoeffizienten weisen eine hohe Signifikanz auf. Die Korrelation kann einen Wert annehmen von -1 bis +1. Je näher der Wert bei 0 liegt, desto kleiner ist die Korrelation. Die grösste Korrelation besteht zwischen der Nutzungsmenge und der Wirkungsfläche. Interessant ist, dass zwischen dem Kanton und der Nutzungsmenge keine Korrelation besteht, und ebenfalls zwischen dem Kanton und der Wirkungsfläche kaum eine Korrelation besteht. Dadurch kann die Vermutung abgeschwächt werden, dass die hohe Signifikanz einiger Variablen durch eine Korrelation mit den sehr dominanten Variablen Nutzungsmenge und Wirkungsfläche hervorgerufen wird.

### 4.3 Ermitteln der Variablen mit hohem, signifikantem Einfluss auf die Kosten

#### 4.3.1 Einfluss der Nutzungsmenge auf die Gesamtkosten

Der Vergleich der Gesamtkosten mit der gesamten Nutzungsmenge der Eingriffe zeigt, dass zwischen diesen zwei Grössen eine praktisch lineare Abhängigkeit besteht. Die Trendlinie mit einem relativ hohen Bestimmtheitsmass von 0.7879. Die Steigung beträgt 114.01. Nimmt die Nutzungsmenge um einen m<sup>3</sup> zu, so steigen auch die Kosten um rund Fr. 114.-

Abbildung 4-4: Gesamtkosten nach Nutzungsmenge



Die Gegenüberstellung von Gesamtkosten und gesamter Nutzungsmenge zeigt, dass die Kosten mit zunehmender Nutzungsmenge linear steigen. Die Linearität erstaunt, würde man doch eigentlich eher eine degressive Zunahme der Gesamtkosten erwarten. Es scheint so, dass Kosteneinsparungen durch die Verteilung der Fixkosten auf eine grössere Nutzungsmenge durch andere Faktoren wieder kompensiert werden.

#### Vergleich der auffallend günstigen und auffallend teuren Eingriffe

Parallel zur Regressionsgeraden wurde gutachtlich je eine Linie mit überdurchschnittlich hohen Gesamtkosten und eine solche für tiefe Gesamtkosten gezogen. Die Eingriffe, deren Gesamtkosten unterhalb der unteren Gerade liegen, werden als auffallend günstig bezeichnet. Die Eingriffe, deren Gesamtkosten über der oberen Geraden liegen, werden als auffallend teuer bezeichnet. Die Analyse der signifikanten Variablen der auffallend teuren und auffallend günstigen Eingriffe zeigt keine Regelmässigkeiten. Vielmehr handelt es sich um Eingriffe mit sehr verschiedenen Gegebenheiten und Rahmenbedingung. Zu erkennen ist, dass bei den teuren Eingriffen mehrere ein sehr hohes Nutzungsprozent aufweisen und ein grosser Anteil an Sicherheitsholzhauerei durchgeführt werden musste. Bei den

teuren ist der Anteil Holz, der im Wald zurück bleibt sehr klein, während bei den günstigen bei zwei Eingriffen 60% des Holzes im Bestand liegen bleibt.

Tabelle 4-8 Signifikante Variablen der auffallend günstigen und auffallend teuren Eingriffe

**auffallend günstig**

Name	Kosten in Fr.	Nutzungs- menge in m3	Wirkungsflä- che in Aren	Kanton	Nutzungs- prozent %	Rücke- methode 1)	Anteil Holz liegen lassen %	Hangnei- gung in %	Sicherheits- holzerei %	Baumarten- mischung 2)
g1	70950	1080	540	6	50	3	5	55	-	3
g2	104104	1472	750	4	25	2	0	60	5	2
g3	33055	770	521	10	39	1	62	60	20	1
g4	215513	2425	707	7	49	3	25	60	20	3
g5	83346	1207	600	6	40	2	9	90	-	3

**auffallend teuer**

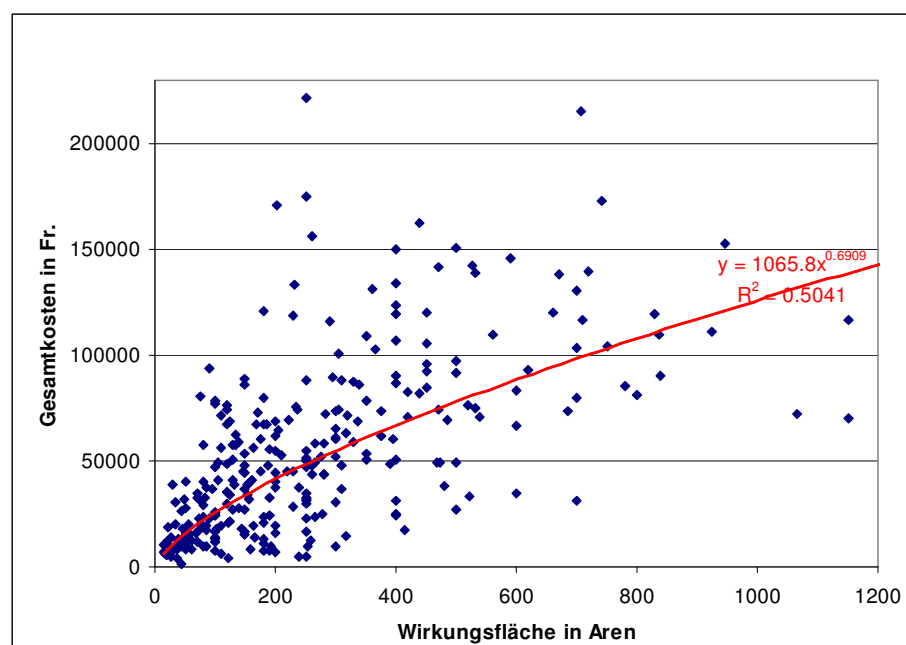
Name	Kosten in Fr.	Nutzungs- menge in m3	Wirkungsflä- che in Aren	Kanton	Nutzungs- prozent %	Rücke- methode 1)	Anteil Holz liegen lassen %	Hangnei- gung in %	Sicherheits- holzerei %	Baumarten- mischung 2)
t1	390792	1816	950	16	90	2	5	70	10	2
t2	418518	2399	1334	7	36	3	3	70	66	1
t3	171122	716	203	16	80	4	8	88	75	3
t4	175000	750	250	7	75	4	15	100	85	1
t5	221726	1133	251	7	75	3	2	120	80	1
t6	303070	2003	660	17	100	3	0	65	5	2
t7	303300	2020	902	14	100	3	5	65	2	2

1) Rückmittel: 1 = bodengestützt; 2 = mobiler Seilkran; 3=konventioneller Seilkran; 4 Helikopter

#### 4.3.2 Einfluss der Wirkungsfläche auf die Gesamtkosten

Stellt man die Gesamtkosten in Abhängigkeit der Wirkungsfläche dar, so sieht man, dass eine geringere Korrelation besteht als mit der Nutzungsmenge. Bei gleicher Wirkungsfläche streuen die Gesamtkosten stärker. Der Zusammenhang von Gesamtkosten und Wirkungsfläche weist mit über 0,5 ein knapp ausreichend hohes Bestimmtheitsmass ( $R^2$ ) auf. Die Gesamtkosten nehmen mit zunehmender Wirkungsfläche nicht mehr proportional zu.

Abbildung 4-5: Gesamtkosten nach Wirkungsfläche

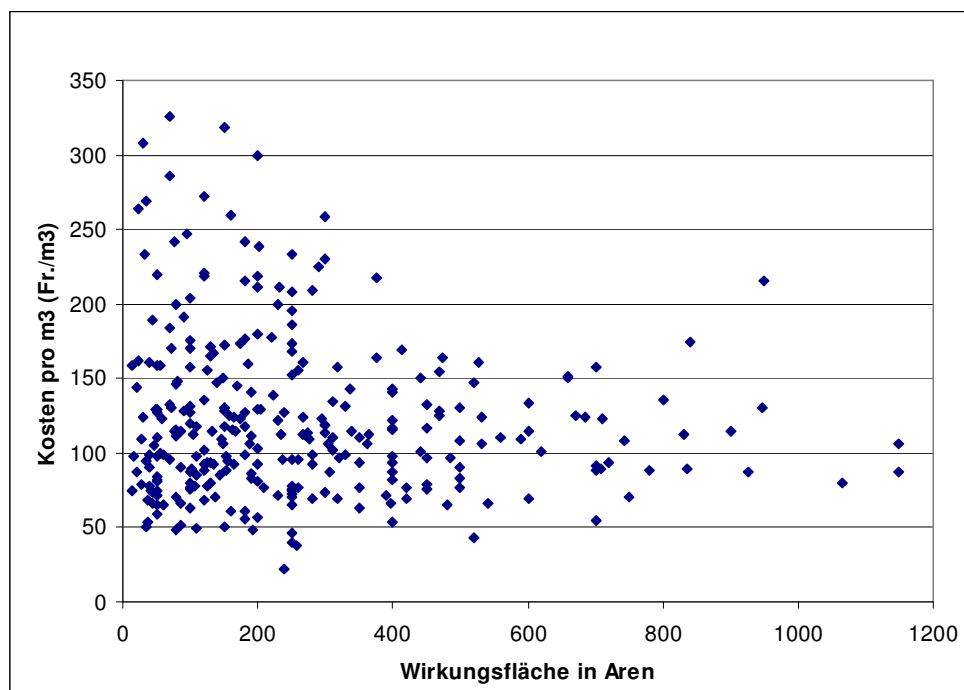


Anmerkung: Zur besseren Lesbarkeit wurden nur Eingriffe bis 1200 Aren, bzw. bis Gesamtkosten von Fr. 250'000 dargestellt. Die errechnete Korrelation wurde über alle Stichproben gerechnet.

### 4.3.3 Kubikmeterkosten nach Wirkungsfläche und nach Nutzungsmenge

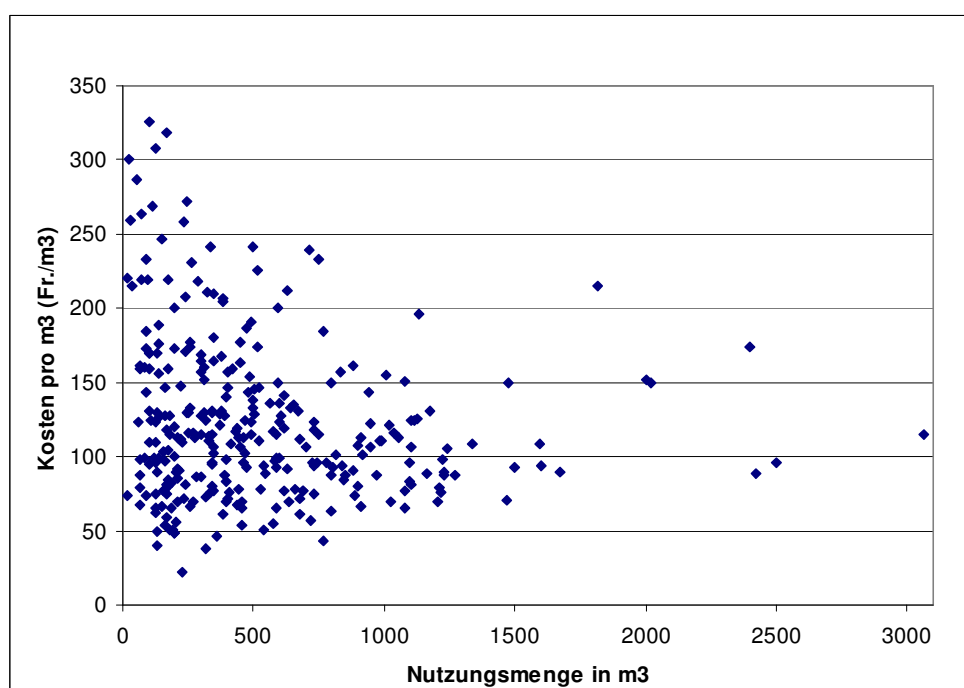
Da die Nutzungsmenge den grössten Einfluss auf die Gesamtkosten hat und zwischen Nutzungsmenge und Kosten eine lineare Abhängigkeit besteht, macht es Sinn, für bestimmte Vergleiche die Kubikmeterkosten zu verwenden.

Abbildung 4-6: Kubikmeterkosten nach Wirkungsfläche



Zwischen den Kosten pro Kubikmeter und der Wirkungsfläche bzw. der Nutzungsmenge ist kein statistisch signifikanter Zusammenhang zu erkennen. Errechnete Regressionskurven weisen nur sehr tiefe, nicht signifikante Bestimmtheitsmasse auf. Die Erkenntnis bezüglich Kubikmeterpreis lässt sich aus dem festgestellten linearen Zusammenhang ableiten.

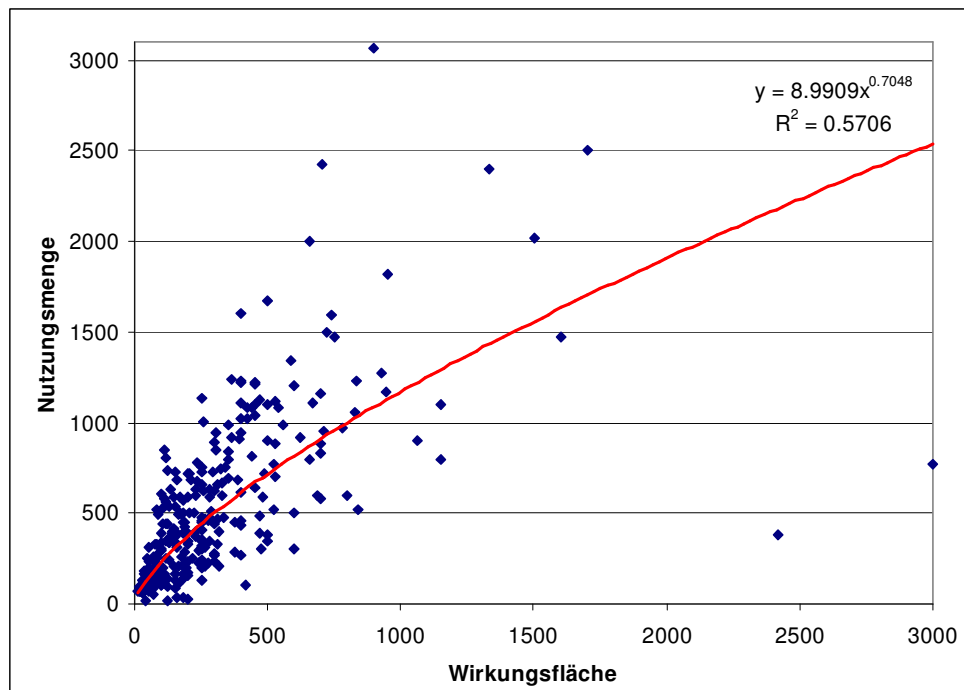
Abbildung 4-7: Kubikmeterkosten nach Nutzungsmenge



#### 4.3.4 Zusammenhang zwischen Nutzungsmenge und Wirkungsfläche

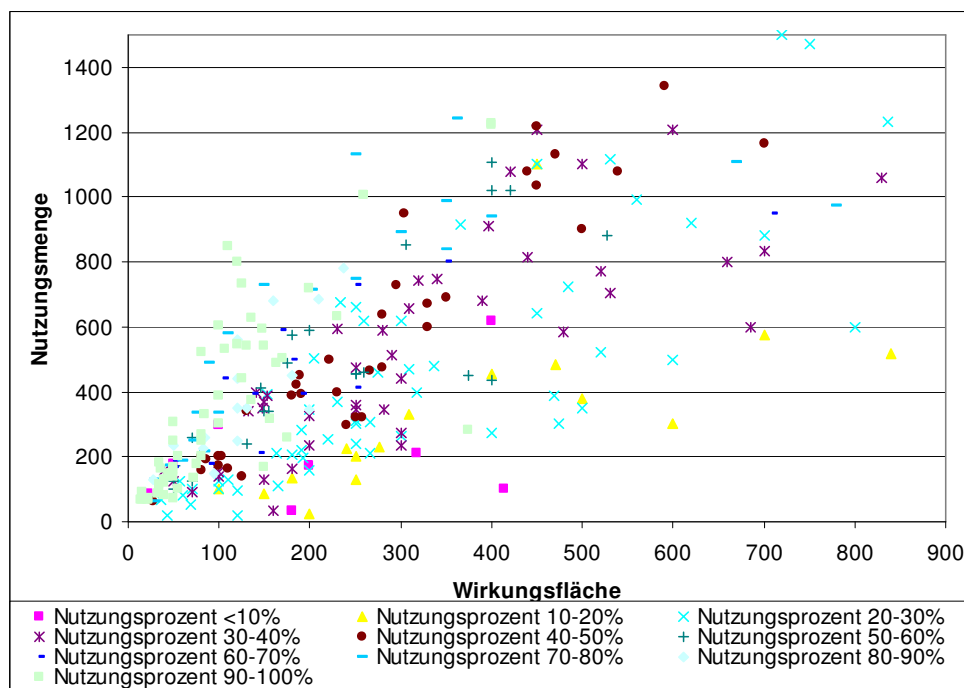
Auch die Ausdehnung der Wirkungsfläche hat einen dominanten Einfluss auf die Gesamtkosten. Je grösser die Wirkungsfläche, desto grösser werden auch die Gesamtkosten. Es besteht logischerweise ein direkter Zusammenhang zwischen Nutzungsmenge und Wirkungsfläche. Die hier auftretende Streuung dürfte zu einem Grossteil durch die unterschiedlichen Nutzungsprozente verursacht werden.

Abbildung 4-8: Nutzungsmenge in Abhängigkeit der Wirkungsfläche



Das Gros der Eingriffe weist Nutzungsmengen bis 800 m<sup>3</sup> und Flächen bis etwa 400 Aren auf.

Abbildung 4-9: Nutzungsmenge in Abhängigkeit der Wirkungsfläche nach Nutzungsprozent



Bringt man zusätzlich die Information des Nutzungsprozents in die Grafik ein, so ist erwartungsgemäss zu sehen, dass die Stichproben im oberen Teil der Abbildung 4-9 ein hohes im unteren Teil ein

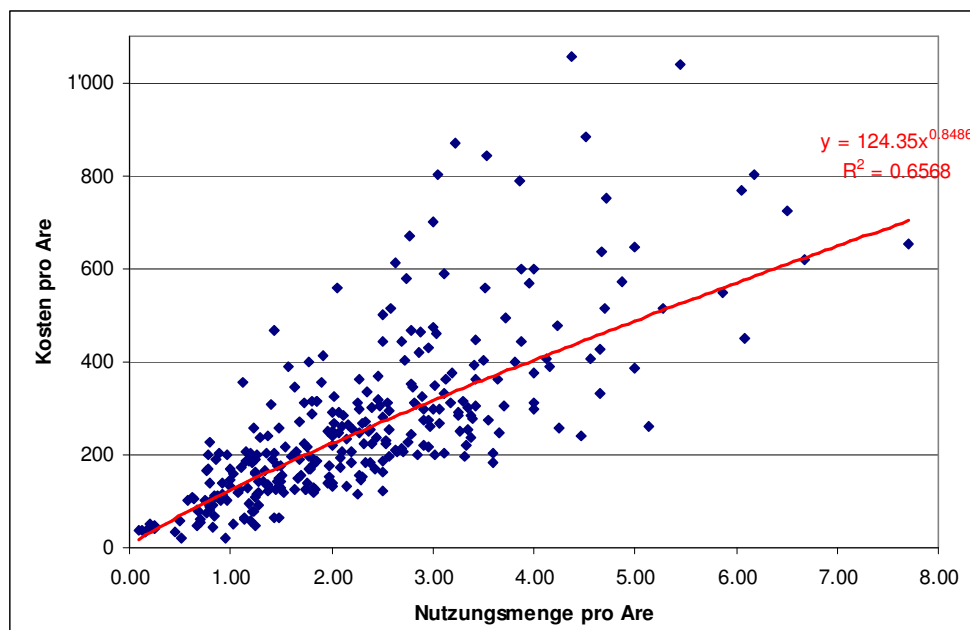


niedriges Nutzungsprozent aufweisen. Der Anfangsvorrat bestimmt die Streuung der Werte wesentlich mit.

#### 4.3.5 Kosten pro Are nach Nutzungsintensität

Abbildung 4-10 zeigt die Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität (Nutzungsmenge pro Are). Sie ergibt sich aus der Erkenntnis, dass die Gesamtkosten von der Nutzungsmenge und Wirkungsfläche stark abhängig sind.

Abbildung 4-10: Kosten pro Are nach Nutzungsintensität



Die Regressionskurve weist beim Zusammenhang von Eingriffskosten pro Flächeneinheit und Nutzungsintensität ein hohes Bestimmtheitsmass von  $R^2=0.66$  auf. Im Durchschnitt werden pro Eingriff  $1,75 \text{ m}^3/\text{Are}$  genutzt, bei mittleren Kosten von Fr. 197.65/Are (gewichtetes Mittel). Die Nutzungsintensität beim Mittelwert liegt bei  $2,13 \text{ m}^3/\text{Are}$ , bei Kosten von Fr. 266.80/Are (Standardabweichung  $\pm$  Fr. 10.90/Are). Beim Median beträgt die Eingriffsintensität  $1,98 \text{ m}^3/\text{Are}$  bei Fr. 222.65/Are (vgl. auch Tabelle 4-2 bis Tabelle 4-4).

### 4.3.6 Kosten pro Kubikmeter nach Nutzungsintensität

Aus der nachfolgenden Abbildung 4-11 lässt sich kein Zusammenhang zwischen den Kubikmeterkosten und der Nutzungsintensität herstellen. Regressionskurven ergeben kein hohes Bestimmtheitsmass.

Abbildung 4-11: Kubikmeterkosten nach Nutzungsintensität

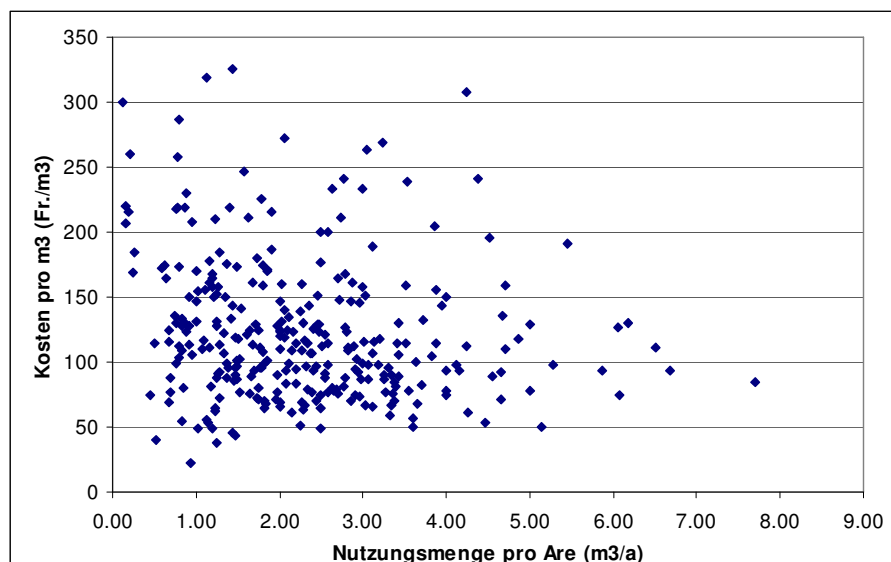


Tabelle 4-9 Vergleich der 15 Eingriffe mit den günstigsten bzw. teuersten Kubikmeterkosten

auffallend teure (Kubikmeterkosten/ Nutzungsintensität)

Kanton	Kosten in Fr.	Nutzungs- menge in m3	Wirkungsflä- che in Aren	Nutzungs- prozent %	Rücke- methode 1)	Anteil Holz liegen lassen %	Hangnei- gung in %	Sicherheits- holzerei %	Baumarten- mischung 2)	Fr./m3
14	32600	100	70	29	4	5	80	0	1	326.00
14	53500	168	150	100	2	0	75	30	1	318.45
16	39139	127	30	80	4	0	50	20	1	308.18
12	7200	24	200	20	0	100	20	0	2	300.00
5	15751	55	69	25	1	0	55	0	2	286.38
16	67203	247	120	90	1	0	70	70	2	272.08
16	30393	113	35	100	4	0	80	0	2	268.96
5	18471	70	23	100	1	0	65	100	1	263.87
6	8255	31.8	159	40	0	100	40	0	2	259.59
17	60189	233	300	43	4	16	73	5	2	258.32
7	37000	150	95	90	1	20	80	100	1	246.67
16	80514	333.2	76.13	80	0	10	71	100	2	241.64
14	120788	500	180	70	4	15	70	15	2	241.58
16	171122	716	203	80	4	8	88	75	3	239.00
8	175000	750	250	75	4	15	100	85	1	233.33

auffallend günstige (Kubikmeterkosten/ Nutzungsintensität)

Kanton	Kosten in Fr.	Nutzungs- menge in m3	Wirkungsflä- che in Aren	Nutzungs- prozent %	Rücke- methode 1)	Anteil Holz liegen lassen %	Hangnei- gung in %	Sicherheits- holzerei %	Baumarten- mischung 2)	Fr./m3
10	5070	226	240	23	0	100	60	0	1	22.43
6	12229	320	258	50	0	100	50	0	2	38.22
10	5179	130	250	15	0	100	55	0	1	39.84
10	33055	770	521	38.5	1	62	60	20	1	42.93
4	9683.25	200	80	100	1	0	30	0	2	48.42
10	9588	197	192	30	0	100	70	0	3	48.67
10	6471	131	110	30	0	100	70	0	2	49.40
5	9074	180	35	100	1	0	0	0	1	50.41
4	27260	540	150	100	1	0	60	0	2	50.48
16	9894	194	86	50	1	0	15	0	1	51.00
14	8642.4	161	36	100	1	0	50	10	2	53.68
5	24515	456	400	15	1	0	15	0	2	53.76
7	31350	577	700	17	3	30	30	0	2	54.33
5	11350	204	180	30	0	100	70	0	1	55.64
4	40609	720	200	100	1	0	30	0	2	56.40

1) Rückemittel: 1 = bodengestützt; 2 = mobiler Seilkran; 3=konventioneller Seilkran; 4 Helikopter

2) 1=Laubholzanteil >70%; 2=Nadelholzanteil >70%; 3=gemischt

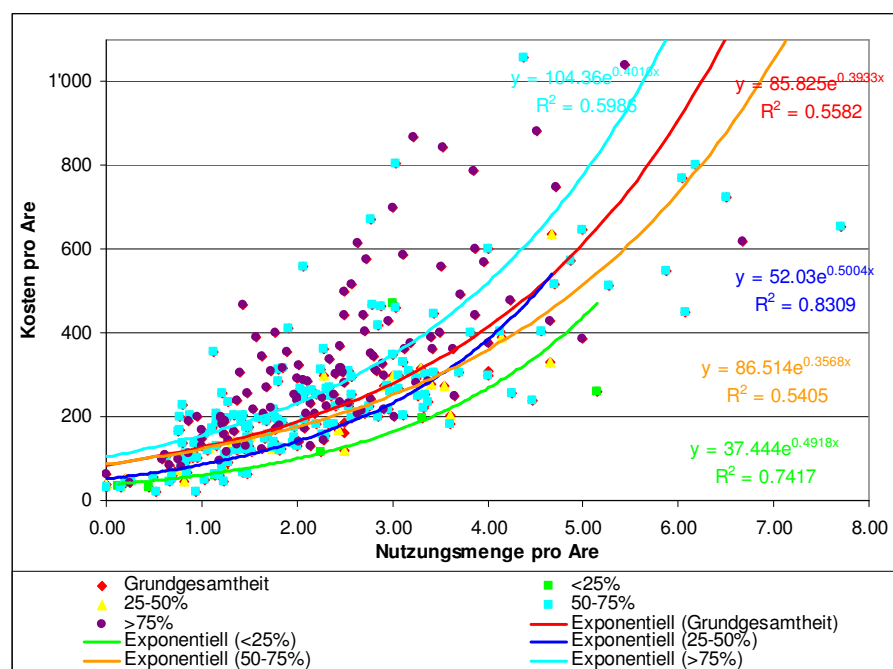
In Tabelle 4-9 werden die teuersten und die günstigsten Eingriffe, wie sie Abbildung 4-11 wiedergibt, auf ihre kostenrelevanten Charakteristika untersucht. Es ist ersichtlich, dass bei den auffallend teuren

Schlägen ein grosser Anteil an Sicherheitsholzerei gemacht werden musste, während bei den auffallend günstigen kaum Sicherheitsholzhauerei anfiel. Bei den auffallend teuren Schlägen handelt es sich meist um Eingriffe, bei welchen das Holz mit dem Helikopter gerückt wurde. Bei mehreren teuren Eingriffen liegt die Hangneigung bei 70% und mehr, ferner weisen verschiedene Schläge sehr kleine Gesamtnutzungsmengen auf. 5 der 15 Eingriffe befinden sich im Kanton 16.

Bei den kostengünstigen Schlägen fällt auf, dass bei 6 Eingriffen 100% des Holzes liegen gelassen wurden und die Hangneigung durchgehend unter 70% liegt. 5 der 15 Eingriffe befinden sich im Kanton 10. Eine Korrelation mit der Baumartenmischung ist in diesen Stichproben nicht fest zu stellen.

#### 4.4 Einfluss der Hangneigung

Abbildung 4-12: Kosten nach Nutzungsintensität und Hangneigung



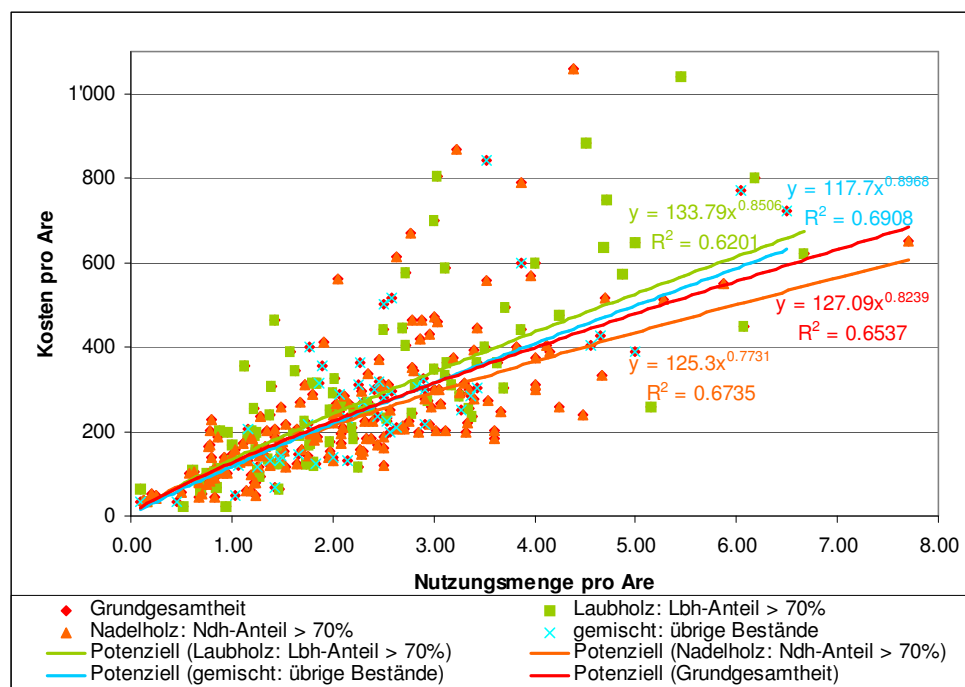
Der bei der statistischen Analyse auf gegenseitige Abhängigkeiten der Variablen erkannte Zusammenhang der Gesamtkosten mit der Hangneigung bestätigt sich in der obigen Darstellung nur beschränkt. Die Kosten pro Are erweisen sich nur in den Flächen mit kleinerer Nutzungsintensität bis etwa 3,5 m<sup>3</sup>/Are als nach Hangneigung ansteigend. An diesem Punkt überschneiden sich die Regressionskurven 25-50% und 50-75%. Das Bestimmtheitsmass der Kurven ist mit Werten über 0,5 ausreichend hoch.

#### 4.5 Einfluss der Baumartenzusammensetzung

Die statistische Auswertung hat gezeigt, dass auch die Baumartenzusammensetzung mit einem Pr (>F) Wert von 0.04468 einen signifikanten Einfluss auf die Kosten hat.

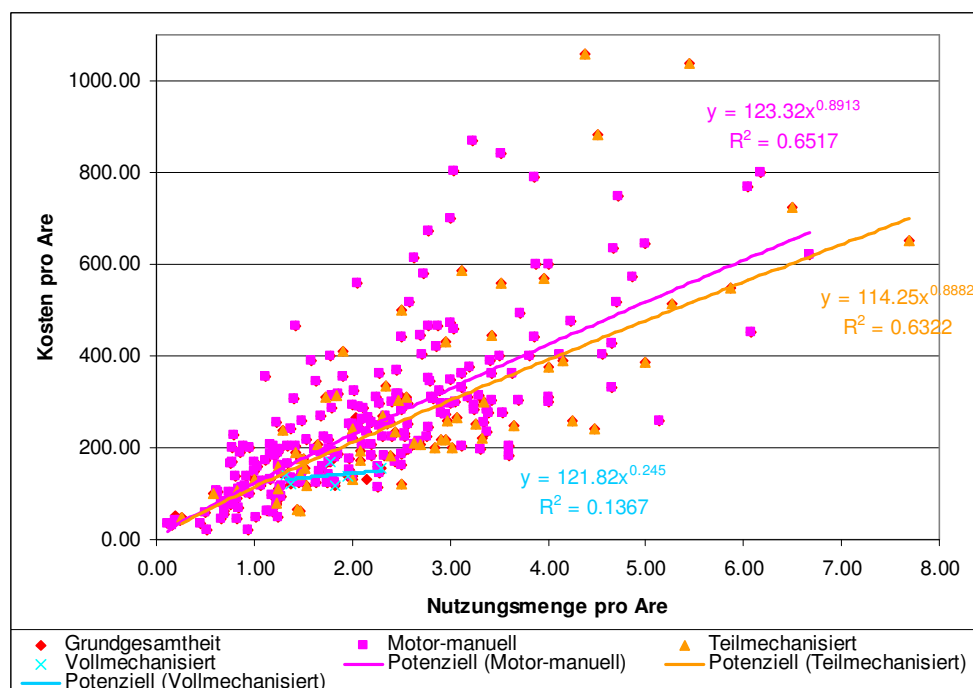
Während die Pflege in Nadelholzbeständen im Durchschnitt am günstigsten zu stehen kommt, liegt die Kostenkurve im Laubholz deutlich höher. Die Mischbestände kommen erwartungsgemäss dazwischen zu liegen. Wie aus Tabelle 4-2 hervorgeht, sind aber die Durchschnittskosten pro Flächeneinheit der gemischten Bestände mit Abstand die höchsten. Hier wurde offenbar im Mittel intensiver eingegriffen als bei den Nadel- und Laubhölzern. Die Bestimmtheitsmasse der Regressionskurven sind ausreichend hoch, liegen sie doch alle über 0,6.

Abbildung 4-13: Kosten nach Nutzungsintensität und Baumartenzusammensetzung



## 4.6 Einfluss der Baumbearbeitung

Abbildung 4-14: Kosten nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung



Anmerkung: Bei insgesamt 14 Eingriffen kamen motor-manuelle und teilmechanisierte Verfahren zum Einsatz. Diese Stichproben wurden zur Gruppe teilmechanisierte Verfahren gerechnet.

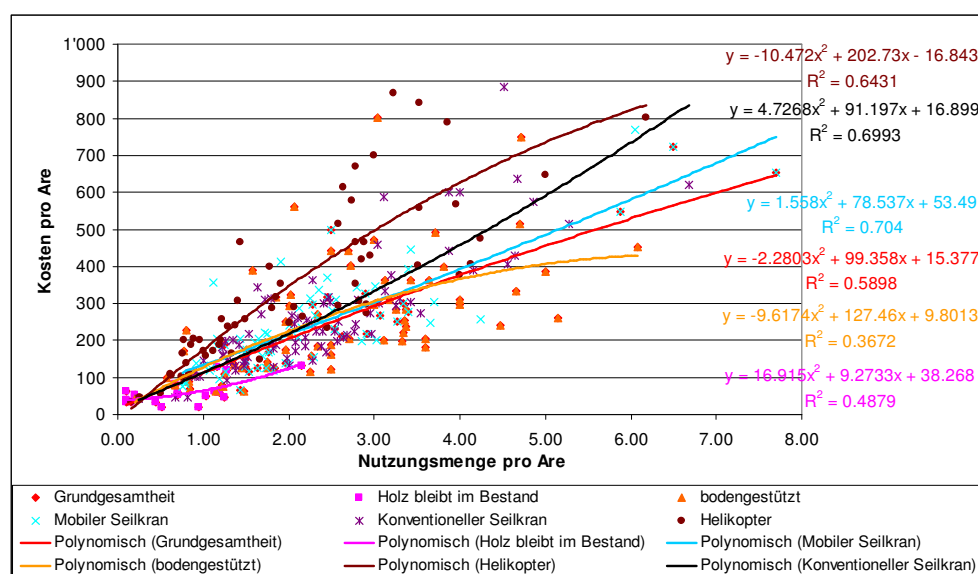
Die Auswertung der Kosten nach Baumbearbeitung in Abbildung 4-14 zeigt, dass die motor-manuell ausgeführten Eingriffe im Schnitt über den Kosten der teilmechanisierten Ernteverfahren liegen. Die Unterschiede scheinen nicht sehr gross zu sein, immerhin sind es pro Kubikmeter um Fr. 10.– Differenz. Die vollmechanisierten Verfahren liegen noch einmal markant tiefer. Allerdings wurden nur gerade sechs Schläge vollmechanisiert ausgeführt. Während die Bestimmtheitsmasse bei den motorma-

nuellen, den teilmechanisierten und bei der Grundgesamtheit deutlich über 0,6 liegen, ist dieser Wert für die vollmechanisierten Eingriffe bei nur gerade 0,14. Dieses Ergebnis ist ein Hinweis, den Einsatz von mechanisierten Verfahren vermehrt zu prüfen, um Kosten zu sparen. Bei den vollmechanisierten Verfahren wäre die Stichprobe zu erhöhen. Es darf angenommen werden, dass mit dem vermehrten Einsatz dieser neueren Verfahren eine deutliche Kostenreduktion zu realisieren ist.

#### 4.7 Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Holzbringung

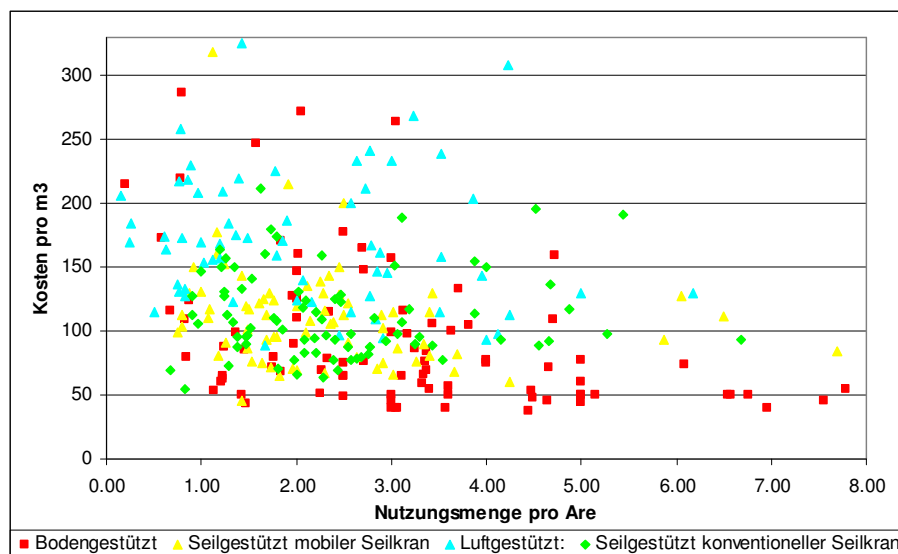
In der statistischen Auswertung wurde der Einsatz der Rückmittel mit einem  $\text{Pr}( > F )$  Wert von 2.168E-06 als hochsignifikant erkannt. Entsprechend lässt sich in der grafischen Darstellung ein recht hohes Bestimmtheitsmass für die einzelnen Regressionen erkennen. Am höchsten ist dieses beim Mobilseilkran. Signifikant erscheint auch der Kostenzusammenhang pro Fläche beim Einsatz von Helikopter und konventionellem Seilkran mit einem  $R^2$  von 0.64 und 0,7.

Abbildung 4-15: Kosten nach Nutzungsintensität und Holzbringung



In der Darstellung der Kosten pro Fläche nach Nutzungsintensität und Holzbringung, zeigt sich eine klare Gruppierung. Die bodengestützte Bringung schneidet insgesamt am günstigsten ab, ist aber bei Nutzungsintensitäten bis 4,0 m<sup>3</sup>/Are gleichauf mit dem mobilen Seilkran. Auch die Eingriffe mit dem konventionellen Seilkran sind bis zu einer Nutzungsintensität von ca. 3.0 m<sup>3</sup>/Are den beiden vorgenannten Bringungsformen ebenbürtig. Die Schutzwaldeingriffe mit Helikoptereinsatz sind nach dieser Darstellung erwartungsgemäss die teuersten. Im Durchschnitt allerdings sind die „Helikopterschläge“ günstiger als diejenigen auf Basis konventionellem Seilkran. Eingriffe mit mehr oder weniger vollständigem Verbleib des Holzes im Bestand gibt es nur bis zu einer Nutzungsintensität von etwa 2,2 m<sup>3</sup>/Are. Diese Eingriffe erweisen sich pro Flächeneinheit nicht überraschend als die günstigsten. Auch bei dieser Darstellung weisen die Regressionen ausser für „Holz bleibt im Bestand“ ein Bestimmtheitsmass >0,5 auf.

Abbildung 4-16: Kubikmeterkosten nach Nutzungsintensität und Holzbringung



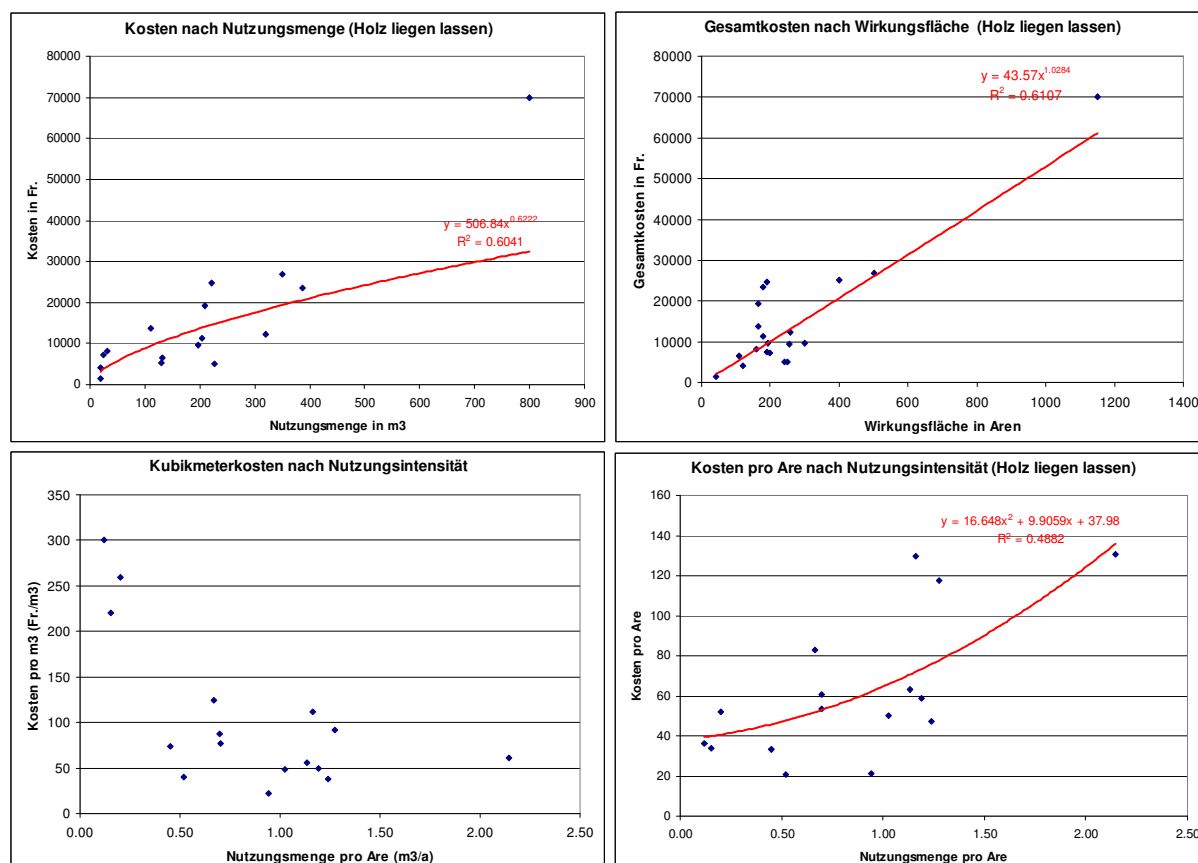
Auch bei den Kubikmeterkosten zeigt sich, dass viele Schläge mit tiefen Kubikmeterkosten, bodengestützt gerückt werden. Kostenmässig etwas höher liegen Schläge mit mobilem und konventionellem Seilkran. Die Schläge mit Helikopter weisen sehr unterschiedliche Kubikmeterkosten auf. Die Darstellung zeigt auf, dass der Einsatz des Helikopters nicht zwingend mit hohen Eingriffskosten verbunden sein muss.

## 4.8 Auswertung getrennt nach Rückemethoden

Auf Wunsch der Begleitgruppe wurde die Datenmenge nach den Rückemitteln aufgeteilt und eine Analyse in den Untergruppen vorgenommen. Da die verschiedenen Teilstichproben ähnlich gross sind, lassen sich Eingriffscharakteristiken kombinieren und ausreichende Aussagekraft erreichen.

### 4.8.1 Schläge bei denen Holz im Bestand liegen gelassen wurde

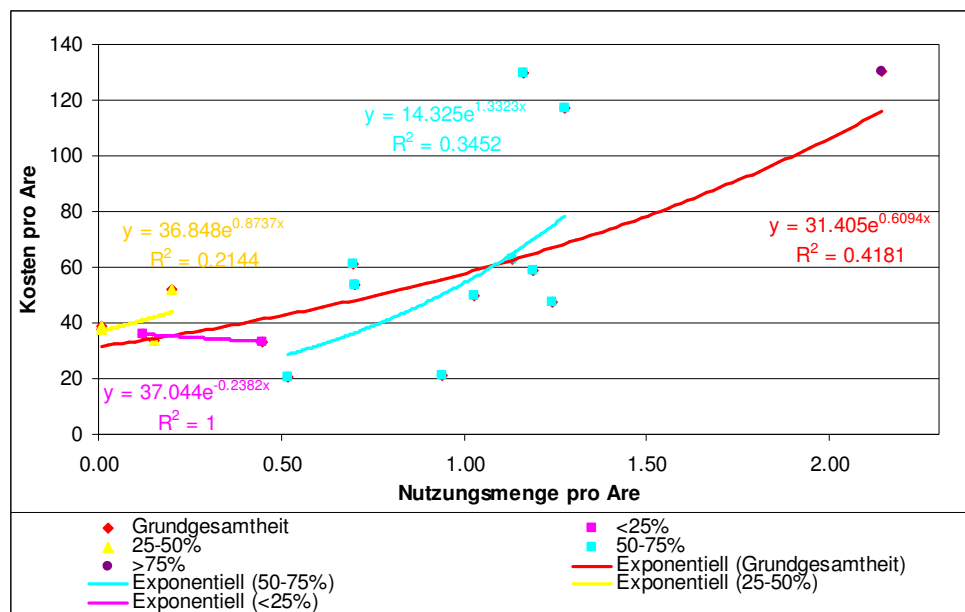
Abbildung 4-17: Übersichtsgrafiken der Stichproben, für die kein Rückemittel angegeben und bei denen das Holz im Wald liegen gelassen wurde.



Die Kosten liegen im Durchschnitt (vgl. Tabelle 4-2) bei Fr. 57.25/Are (gewichtetes Mittel), bzw. Fr. 58.10/Are (Mittelwert) bei einem Medianwert von Fr 50.95. Die einzelnen Werten streuen zwischen Fr. 20.-/Are und Fr. 130.-/Are. Es ist zu berücksichtigen, dass es sich oft um Eingriffe in jüngeren Beständen handelt. Pro Kubikmeter wurden als Mittelwert (vgl. Tabelle 4-3) Fr. 104.-/m³ ermittelt, wobei das Holz ja im Bestande verbleibt.

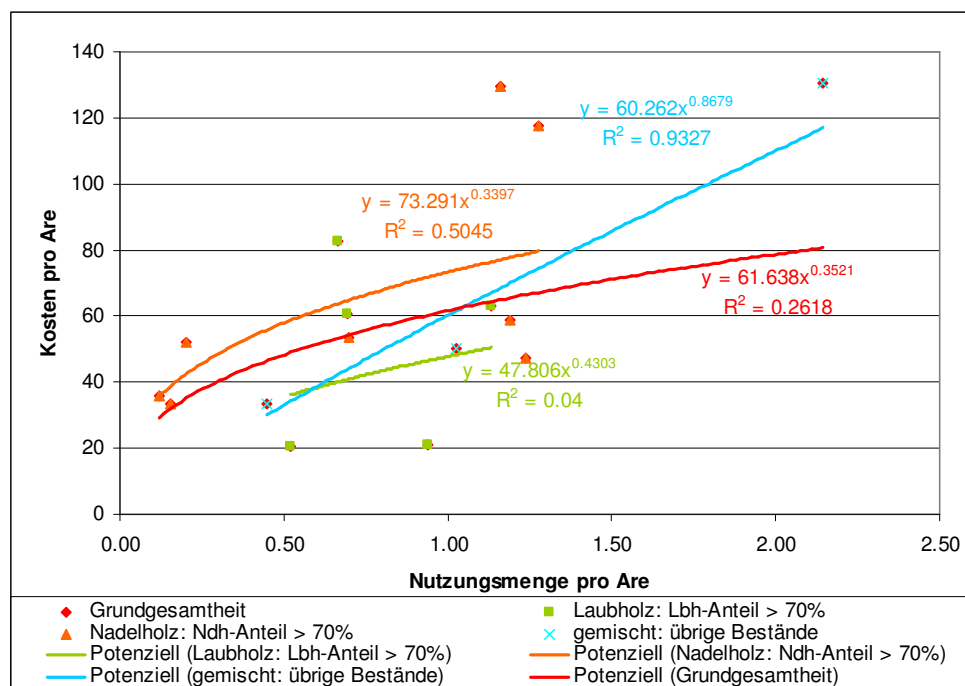
Die Nutzungsintensität bleibt tief bei Eingriffen, bei denen das Holz liegen bleibt. Wer sich dazu entscheidet das Holz liegen zu lassen, wird die Eingriffsintensität auf ein Minimum reduzieren, wer sich für die Verwendung des Holzes entscheidet, wird dagegen eher intensiv eingreifen, um seine Maschinen möglichst optimal auslasten zu können.

Abbildung 4-18: Kubikmeterkosten in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (ohne Rückemittel)



Aufgrund der kleinen Zahl von Eingriffen kann der Einfluss der Hangneigung nicht abschliessend beurteilt werden, die errechneten Bestimmtheitsmasse sind meist zu tief.

Abbildung 4-19: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenzusammensetzung (ohne Rückemittel)

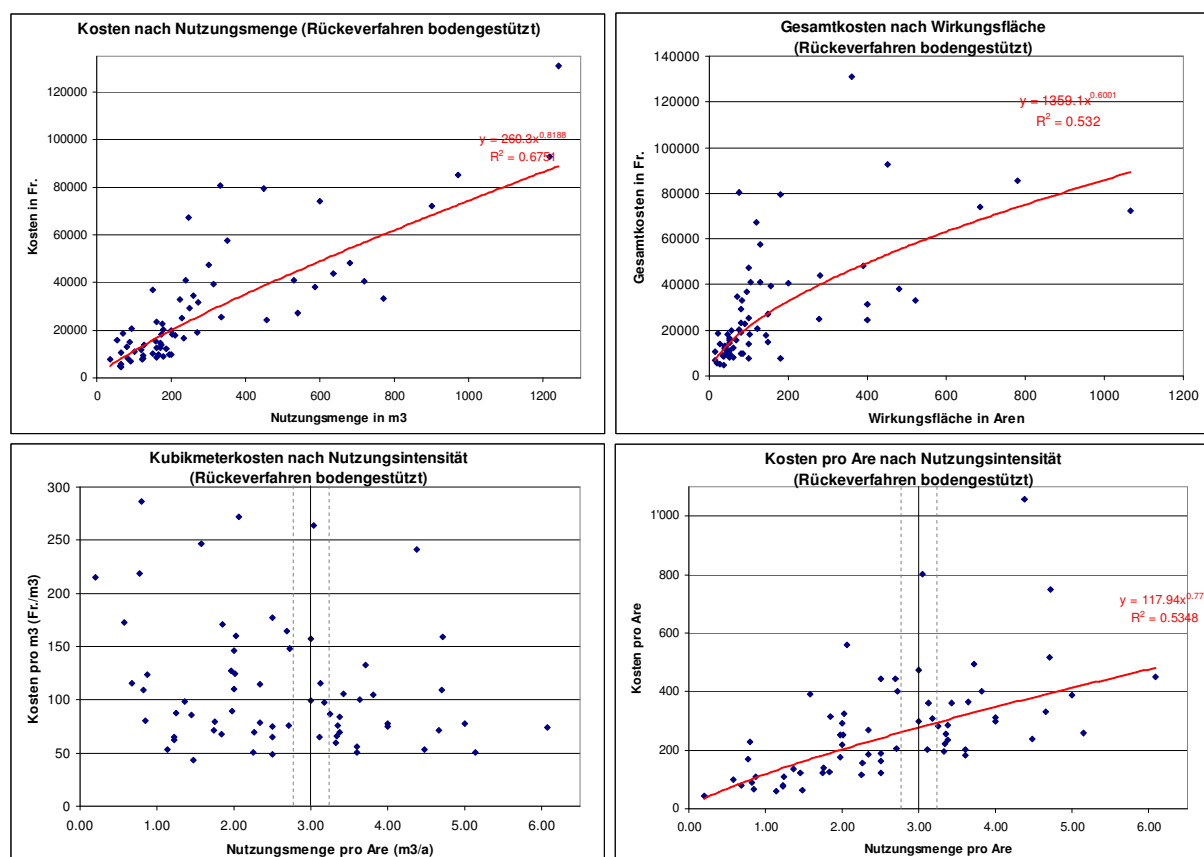


In Abbildung 4-19 ist der Einfluss der Baumartenzusammensetzung auf die Kosten umgekehrt als über die gesamte Stichprobe beobachtet. Die Eingriffe in den Laubholzbeständen sind pro Flächeneinheit die günstigsten, die Eingriffe in Nadelholzbeständen die teuersten. Die Kosten der gemischten Bestände liegen dazwischen. Das Bestimmtheitsmass der Regression ist beim Laubholz tief.



#### 4.8.2 Schläge mit bodengestütztem Rückeverfahren

Abbildung 4-20: Übersichtsgrafiken der Stichproben, die bodengestützte Rückemittel eingesetzt haben.



Das Gros der Eingriffe mit bodengestützten Rückemitteln weist Nutzungsmengen bis etwa 250 m<sup>3</sup> auf und erfolgt auf einer Wirkungsfläche von weniger als 200 Aren. Die Durchschnittswerte der Eingriffe liegen bei Fr. 182.60/Are (gewichtetes Mittel), bzw. Fr. 268.25 (Mittelwert) und einer Standardabweichung von  $\pm$  Fr. 22.90, bei einem Meridianwert von Fr. 238.15/Are. Die Kubikmeterkosten betragen im Mittel Fr. 98.05/m<sup>3</sup> bei einer Standardabweichung von  $\pm$  Fr. 7.40/m<sup>3</sup> (vgl. auch Tabelle 4-2 bis Tabelle 4-4). Bei den Eingriffen mit Rücken im Bodenzug wurde mit 2.45 m<sup>3</sup>/Are (Mittelwert) überdurchschnittlich stark eingegriffen.

**Statistische Analyse nach Rückeverfahren bodengestützt****Tabelle 4-10** Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten**Analysis of Variance Table**

Response: log(Kosten.TOTAL + 0.5)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
log(Nutzungsmenge.total + 0.5)	1	33.443	33.443	55.9152	2.389e-07 ***
Hangneigung	1	2.017	2.017	3.3722	0.0805 .
Nutzungsprozent	1	1.120	1.120	1.8724	0.1857
log(Wirkungsfläche + 0.5)	1	1.084	1.084	1.8122	0.1926
Kanton	12	9.260	0.772	1.2902	0.2939
Baumbearbeitung	2	1.159	0.579	0.9687	0.3959
Mittelstamm	1	0.330	0.330	0.5524	0.4656
Baumartenmischung	2	0.638	0.319	0.5331	0.5945
Holzerntesystem	3	1.101	0.367	0.6135	0.6138
Entwicklungsstufe	4	1.539	0.385	0.6433	0.6376
Anteil Sicherheitsholzhauerei	1	0.080	0.080	0.1341	0.7179
Eingriffstyp	6	0.490	0.082	0.1366	0.9898
Residuals	21	12.560	0.598		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Die statistische Analyse zeigt, dass innerhalb der Eingriffe mit bodengestützten Rückeverfahren neben der Nutzungsmenge nur gerade der Hangneigung Kostenwirksamkeit mit bescheidener Signifikanz zukommt.

Mit dem im Folgenden durchgeführten Vergleich von Eingriffen mit gleichen Rückemitteln und ähnlicher Nutzungsintensität wird wiederum der Benchmarkgedanke aufgegriffen. Aus dem Vergleich sollen Hinweise resultieren, welche Faktoren klassierend für die Kosten wirken können. Bei dieser Analyse klassieren aufgrund ähnlicher Nutzungsintensität der Eingriffe die Flächen- und Kubikmeterkosten in sehr ähnlicher Weise. Die im Folgenden diskutierte Eingriffsintensität von 3,0 m<sup>3</sup>/Are wurde bewusst etwas über der durchschnittlichen Intensität gewählt. Die Unterschiede kommen hier stärker zum Ausdruck. Grundsätzlich kann diese Analyse bei jeder anderen Eingriffsintensität durchgeführt werden.

**Tabelle 4-11** Signifikante Variablen der Eingriffe mit einer Nutzungsintensität von 3 ± 0.25 m<sup>3</sup>/Are mit bodengestützten Rückemitteln (Reihenfolge aufsteigend nach Kosten pro m<sup>3</sup>)**Signifikante Daten bei einer Nutzungsmenge von 3 m<sup>3</sup> / Are**

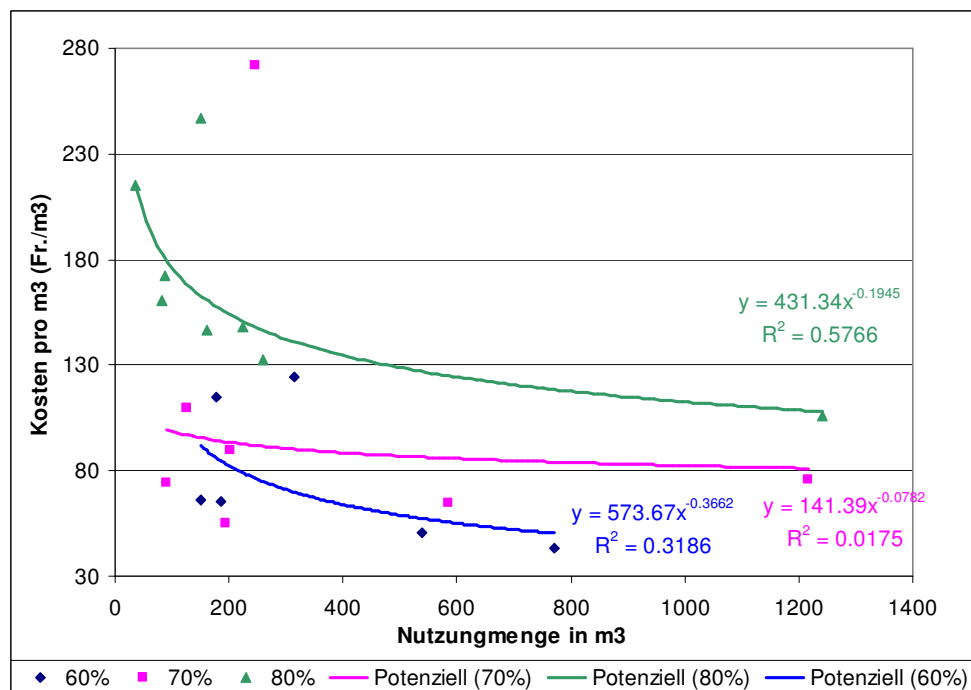
Kanton	Kosten Total	Nutzungs-	Wirkungsflä-	Nutzungs-	Anteil Holz	Hangnei-	Baumarten-	Sicherheits-	Mittelstamm	Kosten
	in Fr.	menge in m3	che in Aren	prozent %	liegen lassen %	gung in %	mischung 1)	holzerei %	d. a. Bestandes	pro m3
5	12168	187	60	80	0	60	2	0	2.6	65.1
12	5655	65	20	100	0	90	1	100	1	87.0
12	15486.6	159	50	100	0	50	1	20	1	97.4
14	11902.95	120	40	100	0	30	2	5	0.56	99.2
7	29000	250	80	100	10	90	1	80	3.5	116.0
16	47250	300	100	100	0	3	2	2	3.37	157.5
5	18471	70	23	100	0	65	1	100		263.9

1) 1=Laubholzanteil &gt;70%; 2=Nadelholzanteil &gt;70%; 3=gemischt

Der günstigste Eingriff erfolgte im Nadelholz und weist einen relativ grossen Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes auf. Die Kosten pro Fläche liegen mit Fr. 203.-/Are unter der Regressionskurve. Der teuerste Eingriff mit Fr. 803.10/Are betrifft dagegen mit 70 m<sup>3</sup> eine relativ kleine Menge an Laubholz und weist 100% Sicherheitsholzhauerei auf. Hier ist allerdings darauf hinzuweisen, dass der zweitgünstigste Eingriff sowohl bei der Baumart wie beim Anteil Sicherheitsholzhauerei dieselben Werte wie der teuerste Eingriff aufweist. Dieser Eingriff hat mit 1,0 zudem einen tiefen Wert beim Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes. Die Hangneigung ist mit 90% hoch. Aus dieser Betrachtung lässt sich ableiten, dass dieser zweitgünstigste Eingriff mit Kosten von Fr. 282.75/Are und Fr. 87.-/m<sup>3</sup>

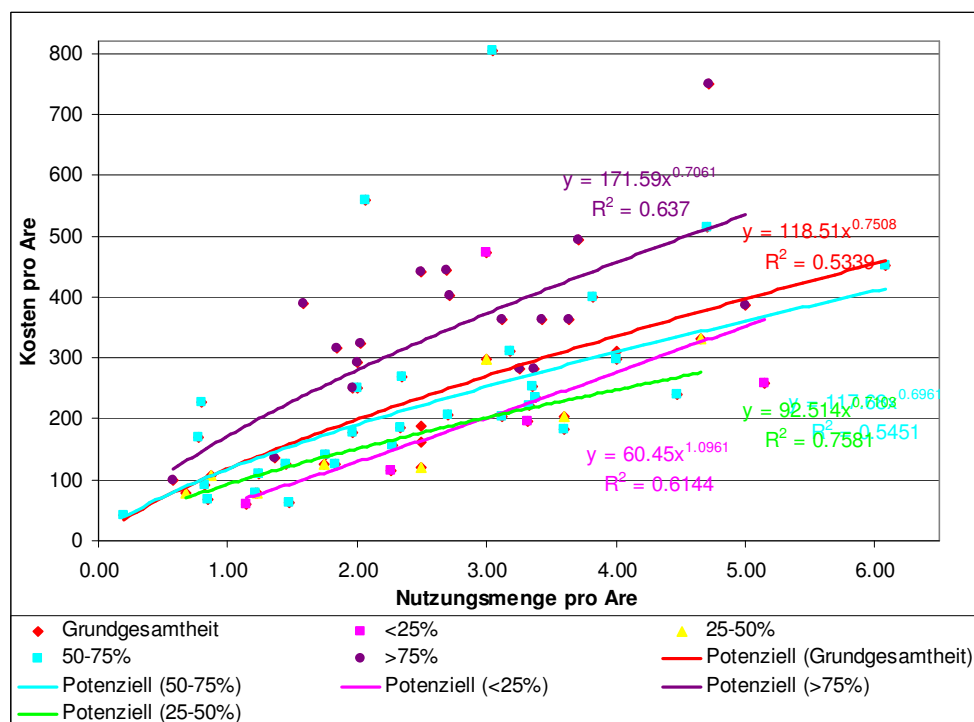
kostengünstig ausgeführt worden ist. Im Rahmen der Rückfrage zu effizient ausgeführten Eingriffen wurde dieser allerdings nicht genannt (vgl. hierzu Abbildung 4-43).

Abbildung 4-21: Kubikmeterkosten in Abhängigkeit der Nutzungsmenge nach Hangneigung



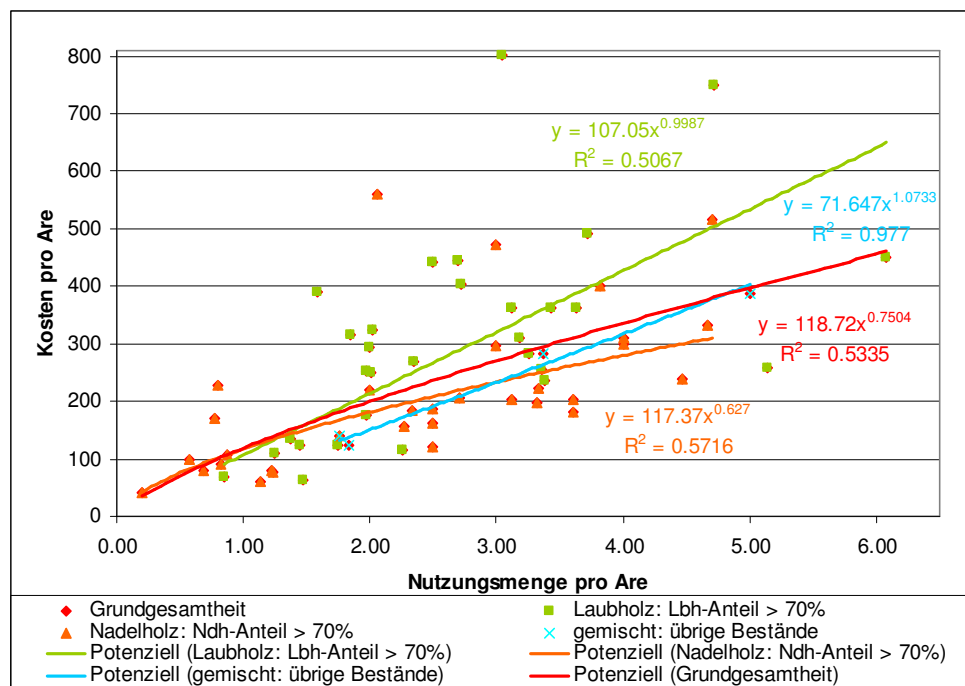
Vergleicht man die Kubikmeterkosten von Eingriffen mit gleicher Hangneigung, so fällt auf, dass mit zunehmender Nutzungsmenge die Kubikmeterkosten sinken. Die Regressionskurve weist allerdings nur bei einer Hangneigung von 80% ein befriedigend hohes Bestimmtheitsmass von 0.58 auf. Die Reihenfolge der Kurven entspricht den Erwartungen.

Abbildung 4-22: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (nur bodengestützt)



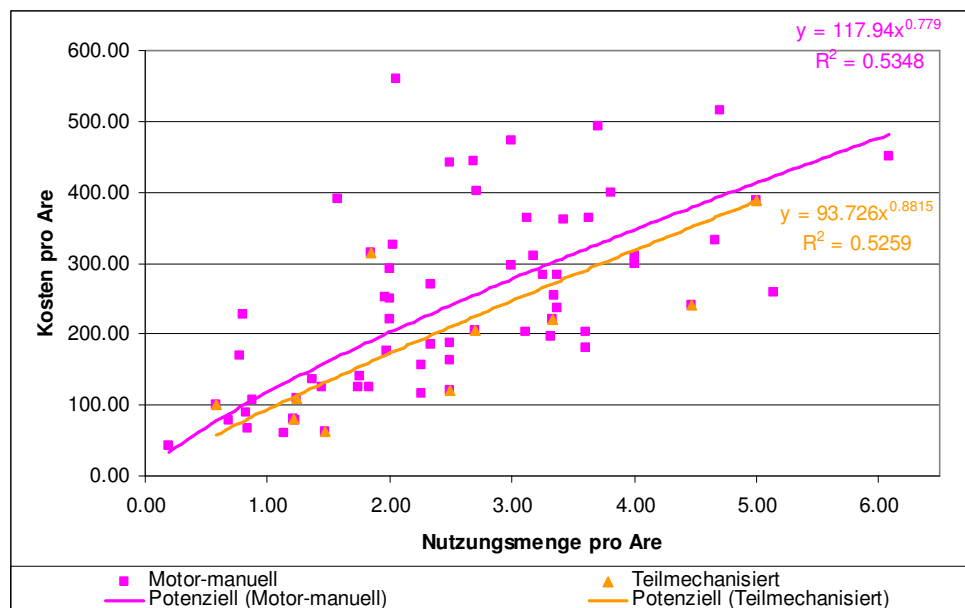
Die Aufgliederung der Kosten pro Flächeneinheit nach Nutzungsintensität und Hangneigung in Abbildung 4-22 zeigt mit zunehmender Hangneigung ansteigende Kosten und entspricht damit den Erwartungen. Einzig die Regression mit Hangneigungen <25% verläuft steiler als diejenige mit Hangneigungen zwischen 25% und 50% und schneidet diese bei rund 3m<sup>3</sup> Nutzung pro Are. Die Regressionen weisen ein Bestimmtheitsmass auf, welches über 0,5 liegt.

Abbildung 4-23: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenzusammensetzung (nur bodengestützt)



Die Eingriffe zeigen in Abbildung 4-23 nach Baumartenzusammensetzung bezüglich Kosten bei überwiegend Laubholz und Nadelholz die erwartete Konstellation, die Laubholzeingriffe sind teurer als diejenigen im Nadelholz. Dagegen liegen die Kosten der (wenigen) Eingriffe in gemischten Beständen erst ab einer Nutzungsintensität von 3.00 m<sup>3</sup>/Are zwischen denjenigen der Laubholz- und Nadelholzeingriffe. Die Bestimmtheitsmasse der Regressionen liegen alle über dem Wert 0,5.

Abbildung 4-24: Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung (nur Eingriffe mit bodengestützten Rückemitteln)

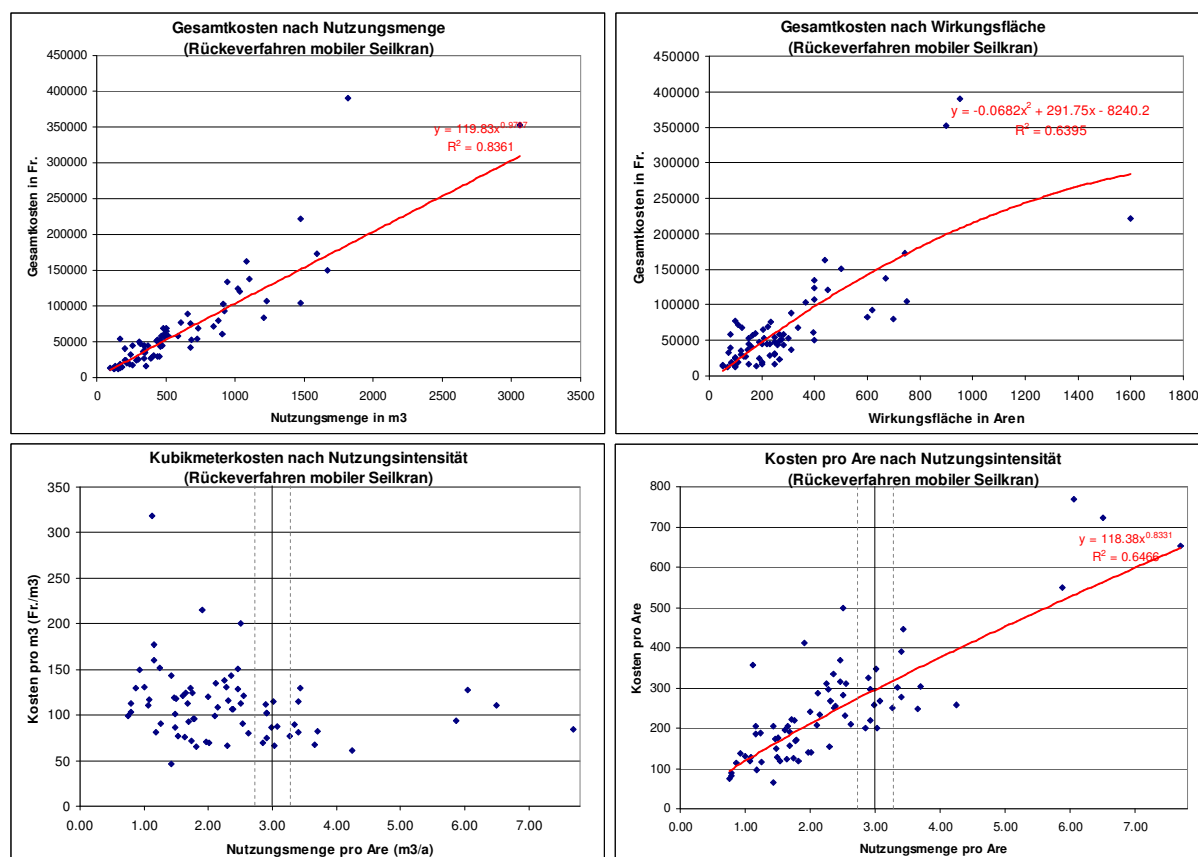


Anmerkung: Um die Differenz zwischen den Kurven besser zeigen zu können, werden hier drei Eingriffe mit Kosten von mehr als Fr. 600.–/Are nicht aufgezeichnet. Sie sind in die Regression eingegangen.

Es standen keine Daten zu voll mechanisierten Eingriffen zur Verfügung. Die Regressionskurve zu den teilmechanisierten Eingriffen liegt deutlich unter derjenigen der rein motor-manuellen Eingriffe. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein sehr teurer Eingriff die Kurve der teilmechanisierten Eingriffe „nach oben zieht“. Die Bestimmtheitsmasse sind mit Werten über 0,5 ausreichend hoch.

### 4.8.3 Schläge mit mobilem Seilkran als Rückeverfahren

Abbildung 4-25: Übersichtsgrafiken der Stichproben, die als Rückemittel den mobilen Seilkran eingesetzt haben.



Etwa die Hälfte der Eingriffe mit mobilem Seilkran weist Mengen von 500 m<sup>3</sup> und weniger auf. Die meisten Eingriffe werden auf einer Fläche von weniger als 300 Aren ausgeführt. Die Durchschnittswerte der Eingriffe liegen bei Fr. 209.60/Are (gewichtetes Mittel), bzw. Fr. 247.40/Are (Mittelwert) und einer Standardabweichung von ± Fr. 16.70/Are, mit einem Meridian von Fr. 218.50/Are. Die Kubikmeterkosten betragen im Mittel Fr. 110.80/m<sup>3</sup> bei einer Standardabweichung von ± Fr. 5.30/m<sup>3</sup> (vgl. auch Tabelle 4-2 bis Tabelle 4-4). Bei den Eingriffen mit Rückenverfahren mobiler Seilkran wurde mit 2.13 m<sup>3</sup>/Are (Mittelwert) etwa durchschnittlich stark eingegriffen. Die Bestimmtheitsmasse der Regressionen liegen über denjenigen der bodengestützten Rückeverfahren.

## Statistische Analyse nach Rückeverfahren mobiler Seilkran

Tabelle 4-12 Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten

### Analysis of Variance Table

Response: log(Kosten.TOTAL + 0.5)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
log(Nutzungsmenge total + 0.5)	1	35.309	35.309	753.6099	< 2.2e-16	***
Kanton	12	2.733	0.228	4.8609	0.0002414	***
log(Wirkungsfläche + 0.5)	1	0.564	0.564	12.0427	0.0016482	**
Hindernisse im Gelände	1	0.339	0.339	7.2356	0.0117296	*
Holzerntesystem	3	0.449	0.150	3.1943	0.0381311	*
Baumbearbeitung	3	0.368	0.123	2.6182	0.0698035	.
Entwicklungsstufe	3	0.338	0.113	2.4033	0.0878452	.
Schlagräumung	1	0.121	0.121	2.5882	0.1184971	
Anteil Sicherheitsholzhauerei	1	0.104	0.104	2.2132	0.1476261	
Eingriffstyp	5	0.407	0.081	1.7374	0.1575891	
Mittelstamm (ausscheidend)	1	0.065	0.065	1.3848	0.2488549	
Hangneigung	1	0.059	0.059	1.2638	0.2701535	
Nutzungsprozent	1	0.010	0.010	0.2110	0.6494157	
Baumartenmischung	2	0.019	0.010	0.2074	0.8138780	
Residuals	29	1.359	0.047			

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Bei den Eingriffen mit mobilem Seilkran weist eine grössere Zahl von Variablen einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtkosten auf. Von Bedeutung sind neben der Nutzungsmenge mit abnehmender Signifikanz die Kantonszugehörigkeit, die Wirkungsfläche, Hindernisse im Gelände, Holzerntesystem, Baumbearbeitung und Entwicklungsstufe.

In Tabelle 4-13 wird analog zu Tabelle 4-11 eine Benchmarkbeurteilung vorgenommen. Die beiden Eingriffe mit den tiefsten Kubikmeterkosten weisen sehr ähnliche Charakteristiken auf. Die Flächenkosten liegen mit Fr. 200.60/Are, bzw. Fr. 199.60/Are deutlich unter der Regressionskurve. Es handelt sich um Eingriffe in Nadelholzbeständen bei ähnlicher Hangneigung und Mittelstämmen ähnlichen Volumens (2,1m<sup>3</sup> und 2,2m<sup>3</sup>). Beide Eingriffe weisen einen kleinen Anteil an Sicherheitsholzhauerei auf.

Tabelle 4-13 Signifikante Variablen der Eingriffe mit einer Nutzungsintensität von  $3 \pm 0.25 \text{ m}^3/\text{Are}$  mit mobilem Seilkran (geordnet nach Kosten pro Kubikmeter)

#### Signifikante Daten bei einer Nutzungsmenge von 3 m<sup>3</sup> / Are

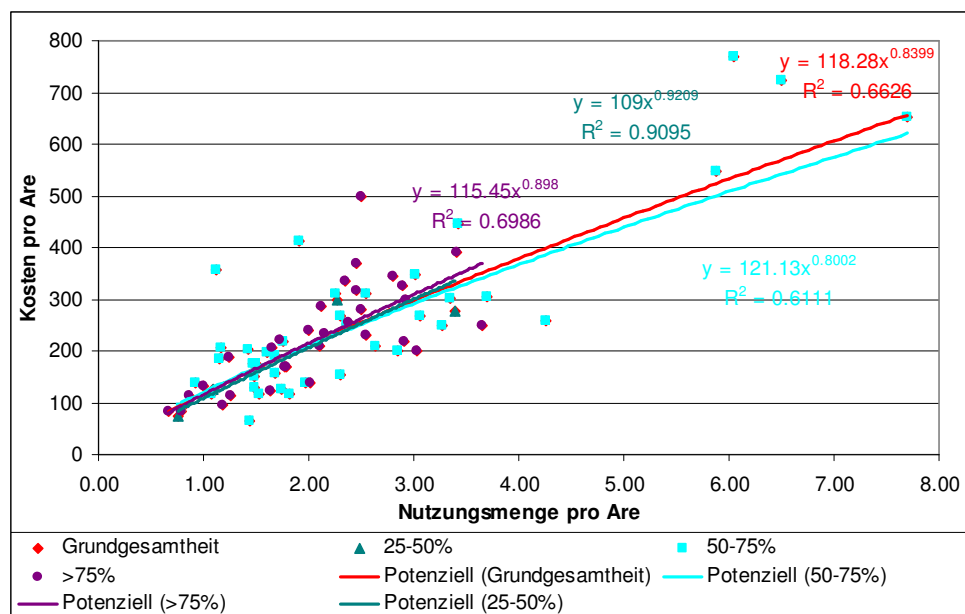
Kanton	Kosten Total	Nutzungs-	Wirkungsflä-	Nutzungs-	Anteil Holz	Hangnei-	Baumarten-	Sicherheits-	Mittelstamm	Kosten
	in Fr.	menge in m3	che in Aren	prozent %	liegen lassen %	gung in %	mischung 1)	holzhauerei %	d. a. Bestandes	pro m3
5	17052	257	85	90	0	85	2	20	2.1	66.4
5	27550	393	138	70	0	70	2	10	2.2	70.1
5	54671	729	250	70	0	80	3	0	2.14	75.0
5	52567	687	210	85	0	60	3	0	2.2	76.5
3	25895	298	100	100	0	60	2	0	2	86.9
3	106749	1227	400	100	0	55	2	0	1.26	87.0
16	35700	350	120	90	10	90	3	15	1.5	102.0
3	76079	678	234	33	5	80	3	10	1.9	112.2
16	56630	491	163	100	0	57	1	50	3.62	115.3

1) 1=Laubholzanteil >70%; 2=Nadelholzanteil >70%; 3=gemischt

Der mit Fr. 347.40/Are auch pro Flächeneinheit teuerste Eingriff erfolgte in einem Laubholzbestand und wies mit 50% einen hohen Anteil an Sicherheitsholzhauerei auf. Der Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes ist mit 3,62 m<sup>3</sup> voluminös, was sonst pro m<sup>3</sup> eher zu besseren Ergebnissen führt. Die nächst günstigeren Eingriffe wurden in gemischten Beständen vorgenommen. Sie weisen ähnliche Hangneigungen auf und einen kleinen Anteil Sicherheitsholzhauerei. Die Mittelstämme des ausscheidenden Bestandes liegen zwischen 1,5 m<sup>3</sup> und 1,9 m<sup>3</sup>. Es werden zwischen 5% und 10% des Holzes im

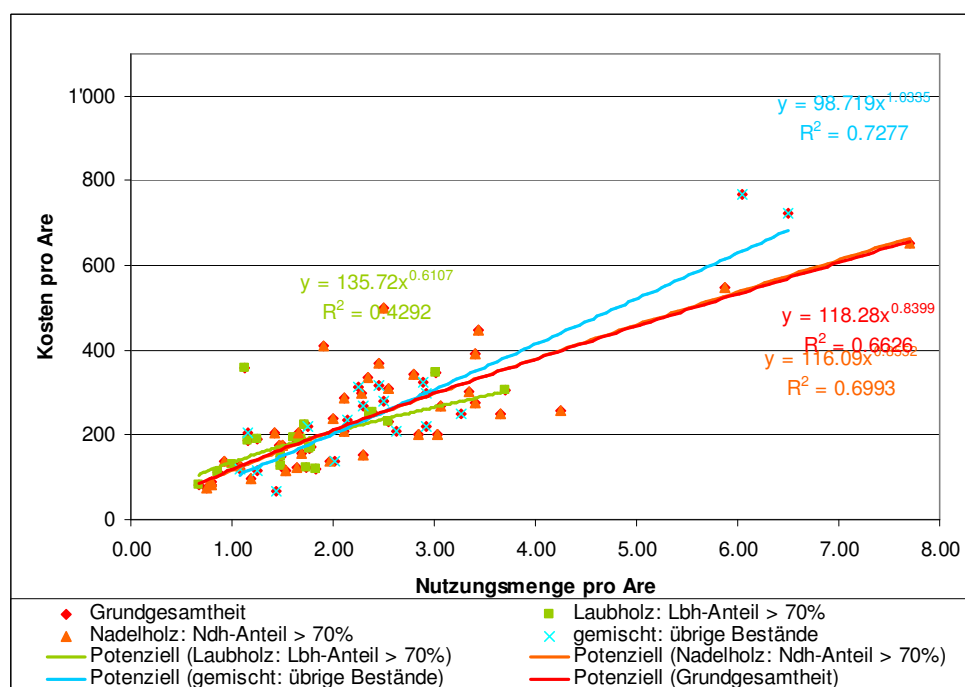
Bestand liegen gelassen. Diese Charakteristika weichen interessanterweise nicht wesentlich von denjenigen des günstigsten Eingriffes ab. Wie weiter hinten zu zeigen sein wird, dürfte die Differenz aufgrund unterschiedlicher Mechanisierung zustande kommen. Als sehr effizient wurden die Eingriffe 5, 6 und 8 bezeichnet (vgl. auch Abbildung 4-43).

Abbildung 4-26: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (nur mobiler Seilkran)



Gemäss Abbildung 4-26 unterscheiden sich die Kosten nach Hangneigung nicht sehr. Dies gilt namentlich für die Eingriffsintensitäten bis 3,5 m<sup>3</sup>/Are. Die Regressionskurve für Eingriffe in Hängen mit Hangneigungen von 25% bis 50% weist zwar ein Bestimmtheitsmass von mehr als 0,9 auf, basiert allerdings auf nur drei Eingriffen. Sie liegt zwischen den Regressionskurven der Eingriffe mit Hangneigung 50% bis 75% und derjenigen mit Hangneigungen über 75%.

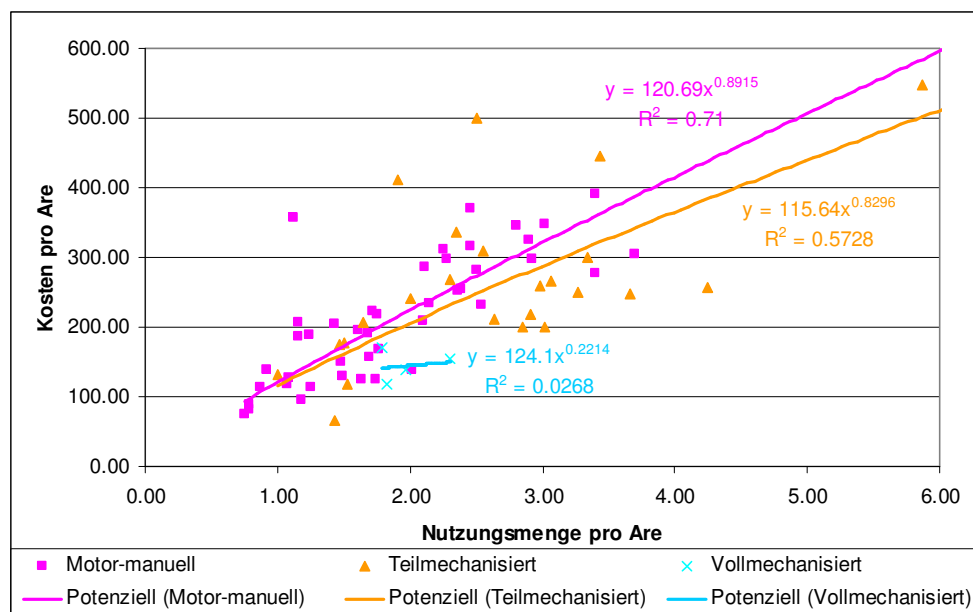
Abbildung 4-27: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenmischung (nur mobiler Seilkran)





Auch der in Abbildung 4-27 wiedergegebene Zusammenhang zwischen Kosten und Baumartenzusammensetzung zeigt nicht das erwartete Bild. Beurteilt nach den Regressionskurven sind die Eingriffe in Laubholzbestände hier die günstigsten, diejenigen in gemischte Bestände die teuersten. Dazwischen und fast mit der Gesamtkurve übereinstimmend liegen die Eingriffe in Nadelholzbeständen.

Abbildung 4-28 Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung (nur Eingriffe mit Rückemittel mobiler Seilkran)

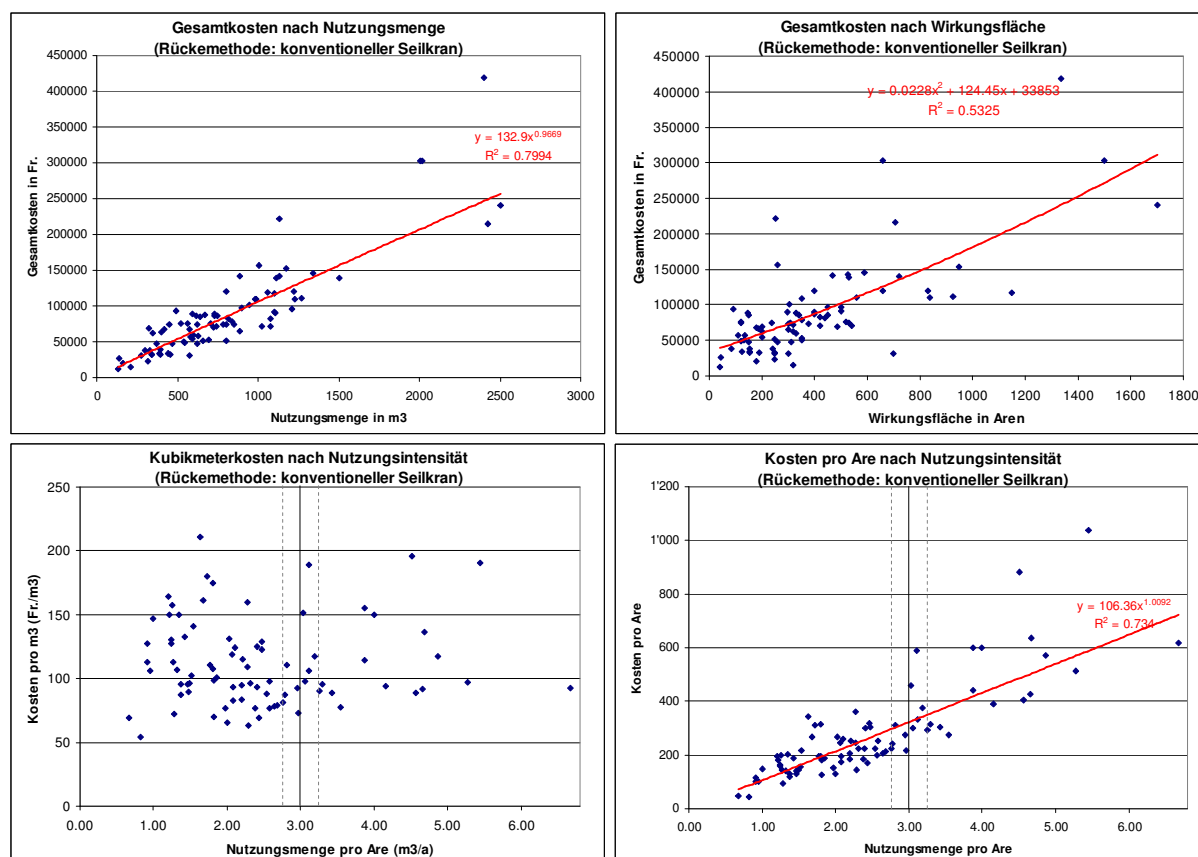


Anmerkung: Um die Differenz zwischen den Kurven besser zeigen zu können, sind hier drei Eingriffe mit Kosten von mehr als Fr. 600.–/Are nicht eingetragen. Ihre Werte sind in die Regression eingegangen.

Abbildung 4-28 zeigt den erwarteten Zusammenhang zwischen Mechanisierungsgrad und Kosten pro Fläche auf. Die Kosten der teilmechanisierten Eingriffe liegen gemäss Regressionskurve deutlich unter denjenigen der motormanuellen Eingriffe. Noch tiefer liegen die Kosten der voll mechanisierten Eingriffe. Dabei ist zu berücksichtigen, dass davon nur gerade vier dokumentiert sind. Das Bestimmtheitsmass dieser letzten Kurve ist mit nur 0,03 nicht ausreichend, um eine gesicherte Aussage machen zu können. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die vier teuren Eingriffe in der Benchmarkbetrachtung im Bereich von 3,0 m<sup>3</sup>/Are motormanuell ausgeführt wurden, die fünf günstigen dagegen teilmechanisiert.

#### 4.8.4 Schläge mit konventionellem Seilkran als Rückeverfahren

Abbildung 4-29: Übersichtsgrafiken der Stichproben, die als Rückemittel den konventionellen Seilkran eingesetzt haben.



Besonders überraschend ist in Abbildung 4-29 die Tatsache, dass die Gesamtkostenkurve mit zunehmender Menge nicht degressiv verläuft. Es wird ja immer wieder darauf hingewiesen, dass besonders beim konventionellen Seilkran die Kosten pro Kubikmeter von der gerückten Menge abhängig sind. Gegenüber Abbildung 4-20 und Abbildung 4-25 ist auffallend, dass sich hier die Eingriffe nicht auf kleinere Mengen konzentrieren, sondern sich auf solche bis etwa 1'300 m<sup>3</sup> gleichmässig verteilen. Das Gros der Eingriffe weist Flächen bis etwa 600 Aren auf. Die angezeigten Bestimmtheitsmasse der Regressionen liegen im Falle der Gesamtkosten zur Nutzungsmenge bei fast 0,8, bei den Kosten pro Are nach Nutzungsintensität deutlich über 0,7, bei den Kosten nach Wirkungsfläche immer noch deutlich über 0,5.

Die Durchschnittskosten für Eingriffe mit konventionellem Seilkran liegen wie in Tabelle 4-2 zusammengefasst bei Fr. 223.45/Are (gewichtetes Mittel), bzw. bei Fr. 274.70/Are (Mittelwert) mit einer Standardabweichung  $\pm$  Fr. 19.-/Are und bei einem Medianwert von Fr. 223.35/Are. Der Mittelwert nach Holzmenge liegt bei Fr. 111.85/m<sup>3</sup> mit einer Standardabweichung von  $\pm$  Fr. 3.80/m<sup>3</sup>. Der Mittelwert nach Fläche liegt damit leicht über dem Wert aller Eingriffe. Die Untersuchung „Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ zeigt beim konventionellen Seilkran mit Fr. 222.-/Are (Median) ein sehr ähnliches Resultat.

#### Statistische Analyse nach Rückeverfahren konventioneller Seilkran

Die Liste der Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Gesamtkosten ist hier noch einmal deutlich länger als beim mobilen Seilkran. Nach der Nutzungsmenge ist auch der Anteil Sicherheitsholzerei hoch signifikant. Mit abnehmender Bedeutung sind es ferner das Holzerntesystem, Hindernisse im

Gelände, Baumartenmischung und Eingriffsart. Und nochmals weniger bedeutend sind Hangneigung, Nutzungsprozent, Kanton und Entwicklungsstufe.

**Tabelle 4-14 Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten**

#### Analysis of Variance Table

Response: log(Kosten.TOTAL + 0.5)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
log(Nutzungsmenge.total + 0.5)	1	25.7403	25.7403	540.1279	< 2.2e-16	***
Anteil Sicherheitsholzwarei	1	0.8949	0.8949	18.7775	7.469e-05	***
Holzerntesystem	4	0.6233	0.1558	3.2700	0.01890	*
Hindernis im Gelände..	1	0.2581	0.2581	5.4149	0.02423	*
Baumartenmischung	2	0.3243	0.1622	3.4027	0.04150	*
Eingriffsart	3	0.4033	0.1344	2.8212	0.04868	*
Hangneigung	1	0.1863	0.1863	3.9083	0.05381	.
Nutzungsprozent	1	0.1710	0.1710	3.5882	0.06423	.
Kanton	12	1.0613	0.0884	1.8559	0.06524	.
Entwicklungsstufe	3	0.3243	0.1081	2.2683	0.09251	.
log(Wirkungsfläche + 0.5)	1	0.0388	0.0388	0.8138	0.37151	
Residuals	48	2.2875	0.0477			

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Wie bei den vorangegangenen Kapiteln zu den Eingriffen nach Rückemitteln werden auch hier im Sinne des Benchmarks die Eingriffe bei einer Eingriffsintensität von 3,0 m<sup>3</sup>/Aren verglichen. Wie aus Tabelle 4-15 ersichtlich betreffen die beiden kostengünstigsten Eingriffe Nadelholzbestände. Mit annähernd 900 m<sup>3</sup> und 1100 m<sup>3</sup> werden relativ grosse Mengen genutzt. Es bleibt wenig Holz im Bestand zurück, der Anteil Sicherheitsholzerei ist unbedeutend. Der Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes hat im kostengünstigsten Eingriff mit 1,26 m<sup>3</sup> ein relativ kleines Volumen. Der zweitgünstigste Eingriff weist dagegen einen grossen Mittelstamm von 3,0 m<sup>3</sup> aus. Wie weiter hinten zu zeigen sein wird, handelt es sich beim kostengünstigsten um einen teilmechanisierten Eingriff.

**Tabelle 4-15 Signifikante Variablen der Eingriffe mit einer Nutzungsintensität von 3 ± 0.25m<sup>3</sup>/Are mit konventionellem Seilkran (geordnet nach Kosten pro Kubikmeter)**

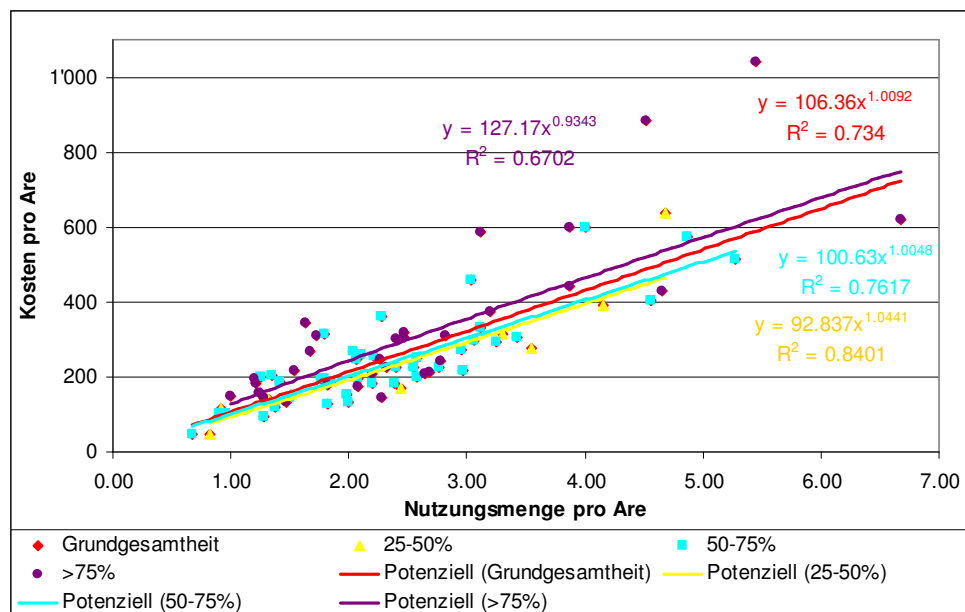
#### Signifikante Daten bei einer Nutzungsmenge von 3 m<sup>3</sup> / Are

Kanton	Kosten Total	Nutzungs-	Wirkungsflä-	Nutzungs-	Anteil Holz	Hangnei-	Baumarten-	Sicherheits-	Mittelstamm	Kosten
	in Fr.	menge in m3	che in Aren	prozent %	liegen lassen %	gung in %	mischung 1)	holzerei %	d. a. Bestandes	pro m3
4	65245.75	889	300	80	0.5	60	2	0.05	1.26	73.4
6	90085	1105	400	60	10	70	2	0	3	81.5
3	74515	851	306	60	3	80	1	0	1.8	87.6
16	11700	130	40	95	10	70	2	0	1.6	90.0
10	54658.05	590	200	60	8	60	1	0.2	1.49	92.6
6	119739	1224	400	100	0	55	2	0	2.76	97.8
7	100866	948	304	51	1	66	1	0	1.42	106.4
5	109057	985	350	75	0	75	1	0		110.7
6	67500	575	180	64	2.6	80	2	15	3	117.4
14	303070	2003	660	100	0	65	2	5	0.55	151.3
7	26440	140	45	95	10	80	1	80	1.2	188.9

1) 1=Laubholzanteil >70%; 2=Nadelholzanteil >70%; 3=gemischt

Der teuerste Eingriff erfolgte in einem Laubholzbestand. Auffallend ist hier der hohe Anteil an Sicherheitsholzerei von 80%, eine kleine Nutzungsmenge auf einer kleinen Eingriffsfläche. Der Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes ist mit 1,2 m<sup>3</sup> relativ klein. Auch bei diesem Eingriff handelt es sich um einen teilmechanisierten. Der zweitteuerste Eingriff betrifft eine grosse Menge auf grosser Fläche. Hier fällt das kleine Volumen von nur gerade 0,55 m<sup>3</sup> des ausscheidenden Mittelstammes auf. Abbildung 4-43 bezeichnet den Eingriff 3 als sehr effizient, die Eingriffe 6 und 9 als effizient.

Abbildung 4-30: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (nur konventioneller Seilkran)



Die Hangneigung hat auch bei den Eingriffen mit konventionellem Seilkran einen signifikanten Einfluss auf die Kosten, wie aus Abbildung 4-30 hervorgeht. Dabei wirkt vor allem eine Hangneigung >75% verteuernd. Die Kurven von Hangneigungen 25%-50% und 50%-75% liegen doch recht nahe beieinander. Auffallend sind in dieser Auswertung die hohen Bestimmtheitsmasse aller Regressionen.

Abbildung 4-31: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenmischung (nur konventioneller Seilkran)

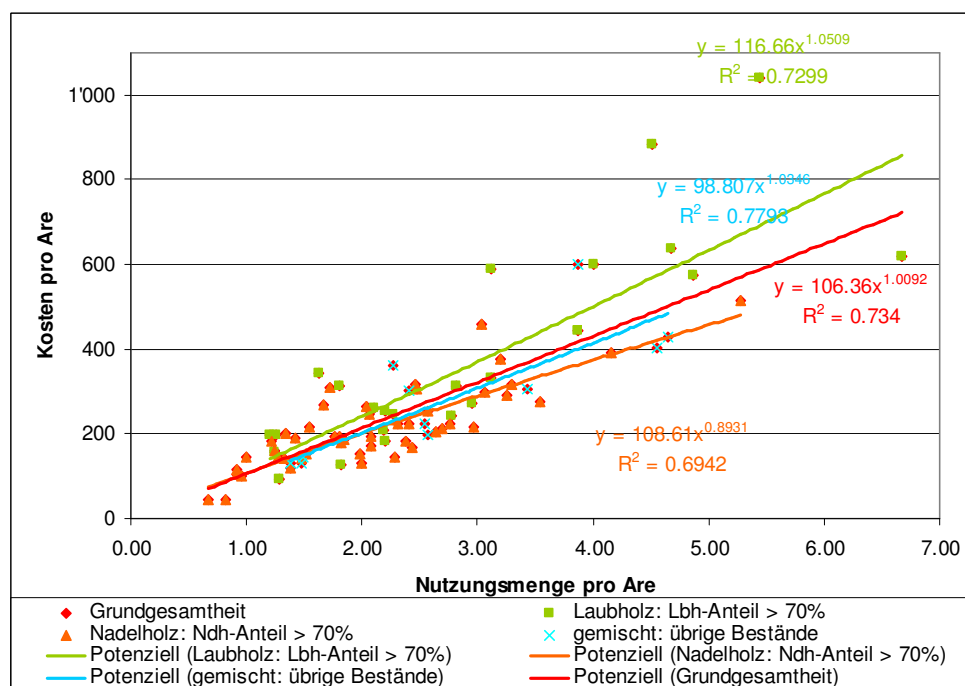
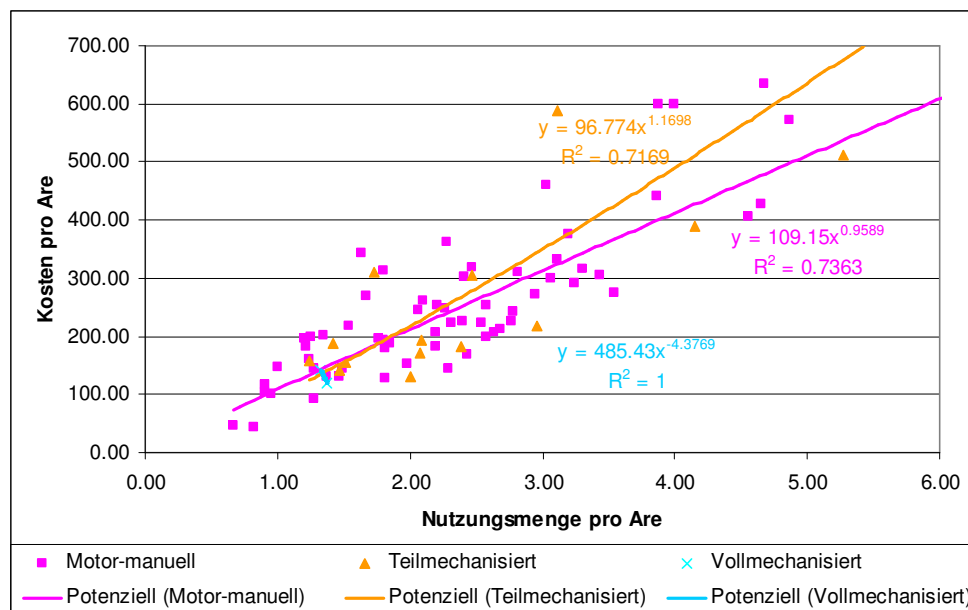


Abbildung 4-31 zeigt bezüglich der Kosten nach Baumartenzusammensetzung das erwartete Bild. Die Laubholzschläge sind deutlich teurer als diejenigen im Nadelholz, die gemischten Bestände liegen dazwischen. Die Bestimmtheitsmasse liegen bei knapp 0,7 oder darüber, sind also sehr hoch.

Abbildung 4-32 Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung (nur Eingriffe mit Rückemittel konventioneller Seilkran)



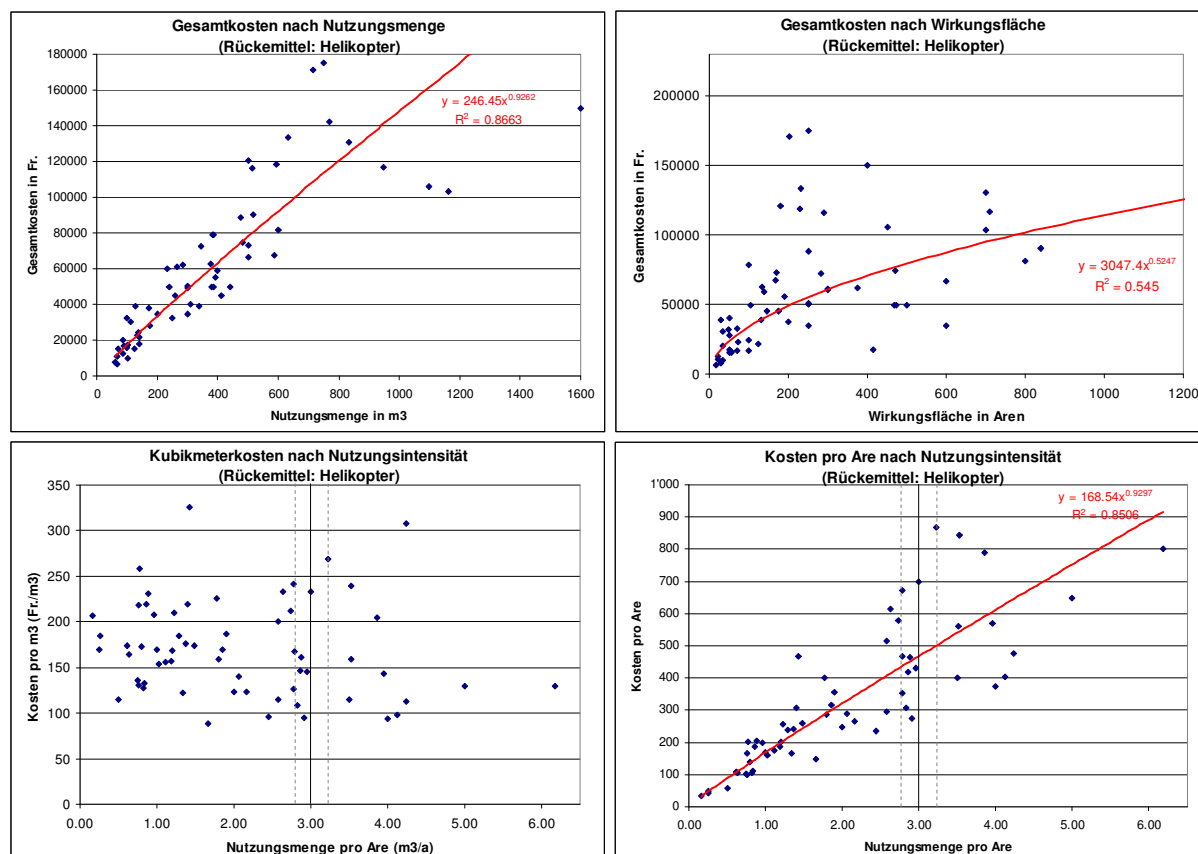
Anmerkung: Um die Differenz zwischen den Kurven besser zeigen zu können, werden hier zwei Eingriffe mit Kosten von mehr als Fr. 700.–/Are und einer mit Nutzungsintensität  $>6\text{m}^3/\text{Are}$  nicht gezeigt. Sie sind aber in die Regressionsberechnung eingegangen.

Abbildung 4-32 zeigt bezüglich Mechanisierung nicht das erwartete Bild. Die teilmechanisierten Eingriffe sind nach der Regressionsrechnung beurteilt teurer als die motormanuellen. Zu beachten ist, dass hier einige sehr teure Eingriffe das Resultat beeinflussen. Die beiden voll mechanisierten Eingriffe ergeben keine sinnvolle Regression.

#### 4.8.5 Schläge mit Helikopter als Rückeverfahren

Die erweiterte Analyse nach Rückemethode hat gezeigt, dass der Helikopter sehr häufig bei Schlägen eingesetzt wird, die als Zwangsnutzung in Baumholz 2/3 ausgeführt werden und vorwiegend mit Nadelholz bestockt sind. Zudem handelt es sich oft um Wälder die gegen die vorherrschende Naturgefahr Steinschlag schützen. Der Schlag wird oft gruppen- oder rottenförmig ausgeführt.

Abbildung 4-33: Übersichtsgrafiken der Stichproben, die als Rückemittel den Helikopter eingesetzt haben.



Die Durchschnittswerte der Eingriffe liegen bei Fr. 185.40/Are (gewichtetes Mittel), bzw. bei Fr. 345.50/Are (Mittelwert) mit einer grossen Standardabweichung von  $\pm$ Fr. 31.40. Der Median liegt bei Fr. 280.80/Are. Interessant ist die Feststellung, dass das gewichtete Mittel sogar unter dem Wert über alle Eingriffe von Fr. 197.65/Are liegt. Der Mittelwert pro Kubikmeter liegt dagegen mit Fr. 170.35/m³ und einer Standardabweichung von  $\pm$  Fr. 6.70/m³ deutlich über den Kosten der Eingriffe mit anderen Rückemitteln. Bei Helikopterschlägen wurde pro Flächeneinheit im Mittel weniger Holz aus dem Bestand genommen (vgl. auch Tabelle 4-2 bis Tabelle 4-4).

Abbildung 4-33 zeigt eine enge Korrelation von Gesamtkosten und Nutzungsmenge, wobei das Gros der Eingriffe bis 600 m³ reicht bei maximalen 1'600 m³. Die Ausdehnung eines Eingriffs scheint beim Helikoptertransport eine weniger grosse Rolle zu spielen, als bei den übrigen Rückeverfahren. Mit zunehmender Wirkungsfläche verläuft die Steigerung der Gesamtkosten degressiv. Bei den Kosten pro Fläche nach Nutzungsintensität fällt das hohe Bestimmtheitsmass von 0,85 der Regression auf.

## Statistische Analyse nach Rückeverfahren Helikopter

Tabelle 4-16 Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten

### Analysis of Variance Table

Response: log(Kosten.TOTAL + 0.5)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
log(Nutzungsmenge.total + 0.5)	1	31.5060	31.5060	918.6060	< 2.2e-16	***
Kanton	12	2.7253	0.2271	6.6216	6.355e-06	***
log(Wirkungsfläche + 0.5)	1	0.1865	0.1865	5.4384	0.02576	*
Baumartenmischung	3	0.3182	0.1061	3.0921	0.03986	*
Absperrung	1	0.1533	0.1533	4.4683	0.04194	*
Hangneigung	1	0.1012	0.1012	2.9503	0.09496	.
Mittelstamm (ausscheidend)	1	0.0696	0.0696	2.0293	0.16340	
Nutzungsprozent	1	0.0677	0.0677	1.9750	0.16899	
Anteil Sicherheitsholzhauerei	1	0.0517	0.0517	1.5061	0.22816	

Residuals 34 1.1661 0.0343

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Die statistische Analyse zeigt eine ganze Reihe von Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Gesamtkosten. Es sind dies neben den wichtigsten Nutzungsmenge und Kanton mit abnehmender Signifikanz die Wirkungsfläche, die Baumartenmischung, die Absperrung und die Hangneigung.

Der Vergleich der teuren und günstigen Eingriffe bei einer Nutzungsmenge von 3m<sup>3</sup> pro Are in Tabelle 4-17 hat ergeben, dass die Rotationszeit des Helikopters zwischen Eingriffsort und Abladeplatz des Holzes einen starken Einfluss auf die Kosten hat. So haben die günstigen Eingriffe deutlich geringere Rotationszeiten als die teuren Eingriffe. Sie liegen bei den günstigen zwischen 1.5 und 2.2 min und bei den teuren zwischen 3 und 4 min.

Tabelle 4-17 Signifikante Variablen der Eingriffe mit einer Nutzungsintensität von  $3 \pm 0.25\text{m}^3/\text{Are}$  mit Helikopter (geordnet nach Kosten pro Kubikmeter)

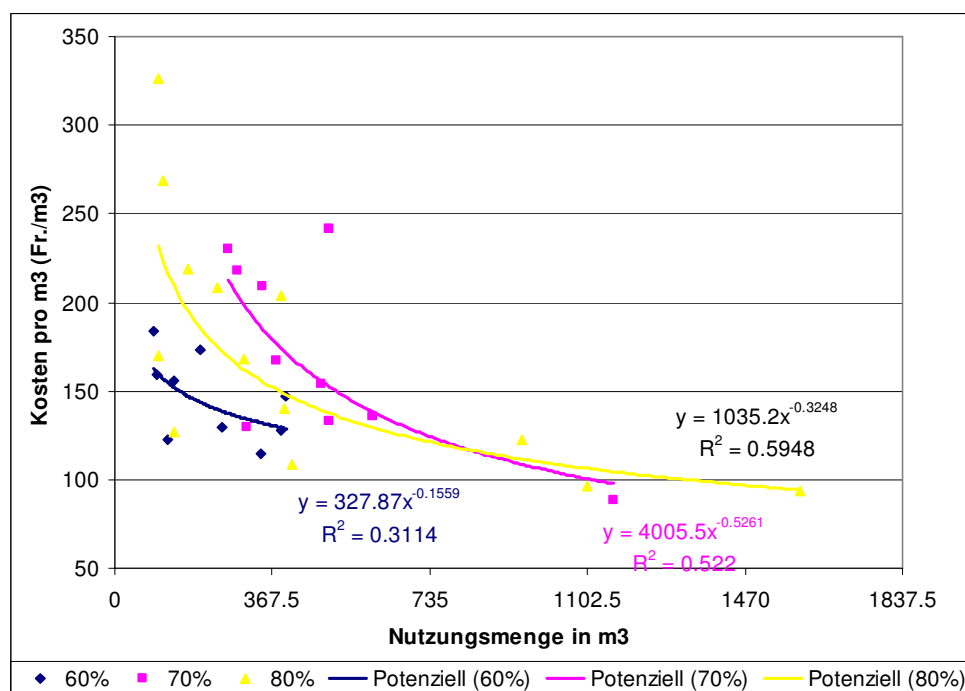
### Signifikante Daten bei einer Nutzungsmenge von 3 m<sup>3</sup> / Are

Kanton	Kosten Total	Nutzungs-	Wirkungsflä-	Nutzungs-	Anteil Holz	Hangnei-	Baumarten-	Sicherheits-	Mittelstamm	Kosten
	in Fr.	menge in m <sup>3</sup>	che in Aren	prozent %	liegen lassen %	gung in %	mischung 1)	holzerei %	d. a. Bestandes	pro m <sup>3</sup>
10	9637	102	35	100	10	30	2	0	2.55	94.5
7	45029	413	146	56	3	80	3	10	0.9	109.0
14	17647.7	139	50	100	0	80	2	0	0.62	127.0
3	72999	502	170	100	0	75	2	0	1.64	145.4
6	58744	400	140	40	5	60	2	100	2.1	146.9
16	10698	66.2	23	100	0	69	2	0	2.1	161.6
14	62877	376	135	100	1	70	2	0	0.44	167.2
8	175000	750	250	75	15	100	1	85	1.6	233.3
14	120788	500	180	70	15	70	2	15	0.7	241.6
16	30393	113	35	100	0	80	2	0	1.6	269.0

1) 1=Laubholzanteil >70%; 2=Nadelholzanteil >70%; 3=gemischt

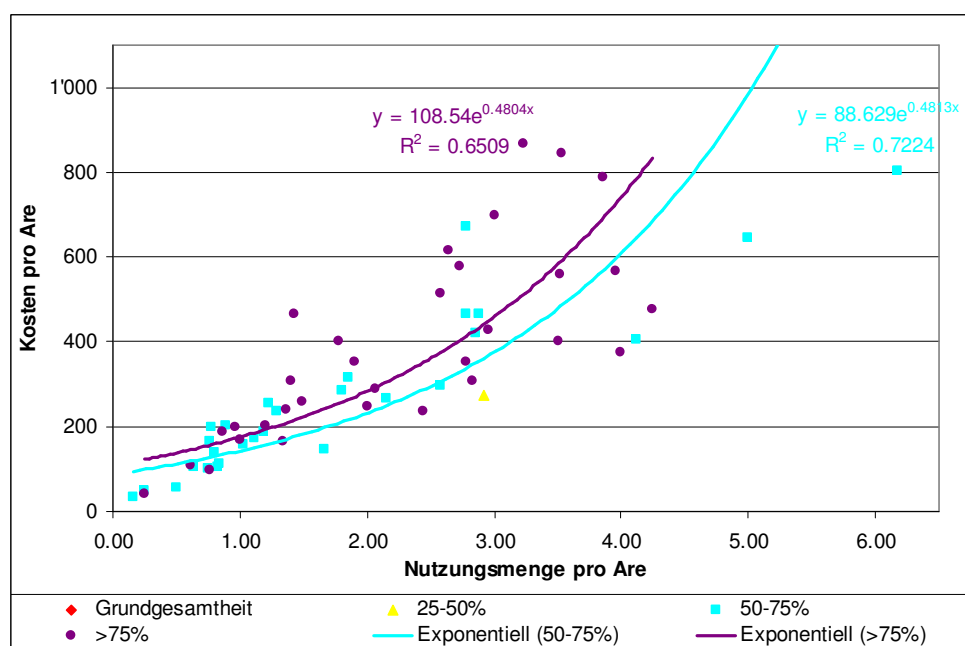
Sowohl der teuerste wie auch der günstigste Eingriff wurden in Nadelholzbeständen ausgeführt. Die Hangneigung ist im günstigsten Eingriff mit 30% gering, der Mittelstamm weist ein hohes Volumen von 2,55 m<sup>3</sup> auf. Es bleibt wenig Holz im Bestand zurück. Beim teuersten Eingriff ist die Hangneigung mit 80% hoch, der Mittelstamm weist mit 1,6 m<sup>3</sup> ein geringeres Volumen auf. Bei beiden Eingriffen wurden kleine Mengen auf kleinen Flächen genutzt. Bei der Beurteilung der Effizienz wurde keiner der hier charakterisierten Eingriffe als effizient bezeichnet.

Abbildung 4-34: Kubikmeterkosten in Abhängigkeit der Nutzungsmenge nach Hangneigung



Der Vergleich von Eingriffen mit der gleichen Hangneigung zeigt, dass zwischen Kubikmeterkosten und Gesamtnutzungsmenge ein Zusammenhang besteht. Die Kubikmeterkosten nehmen mit der Gesamtnutzungsmenge ab. Die Regressionsgeraden in Abbildung 4-34 weisen eine hohe Signifikanz auf. Allerdings verläuft die Reihenfolge der Kurven nach Hangneigung nicht entsprechend der Erwartung.

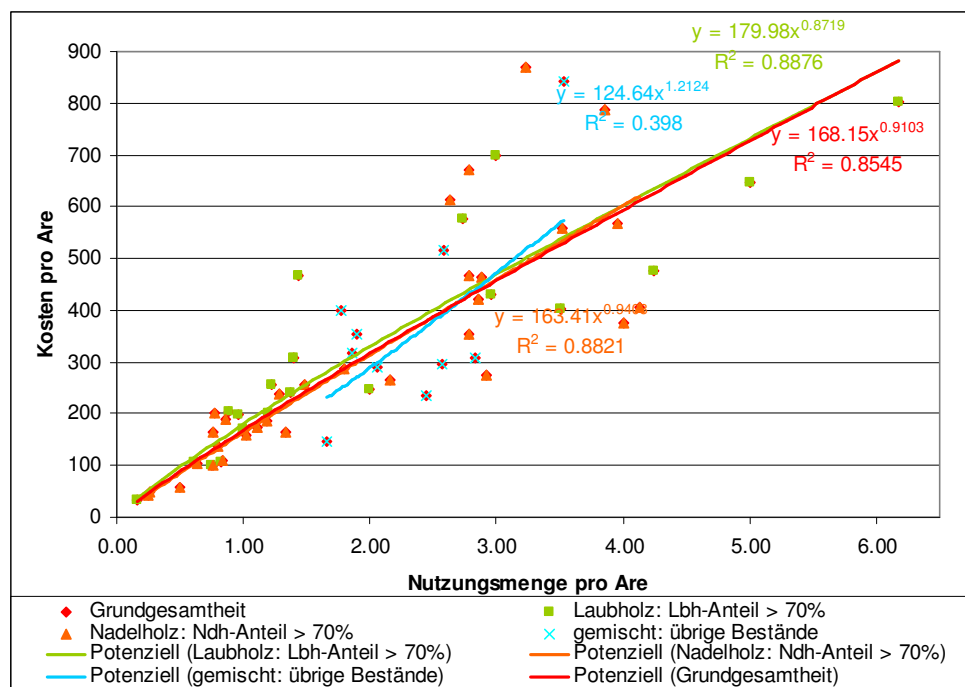
Abbildung 4-35: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (nur Eingriffe mit Helikopter)



Auch Abbildung 4-35 zeigt einen engen Zusammenhang von Hangneigung und Kosten pro Fläche. Die Kosten nehmen mit der Hangneigung zu. Auffallend ist hier das hohe Bestimmtheitsmass der beiden Regressionen.

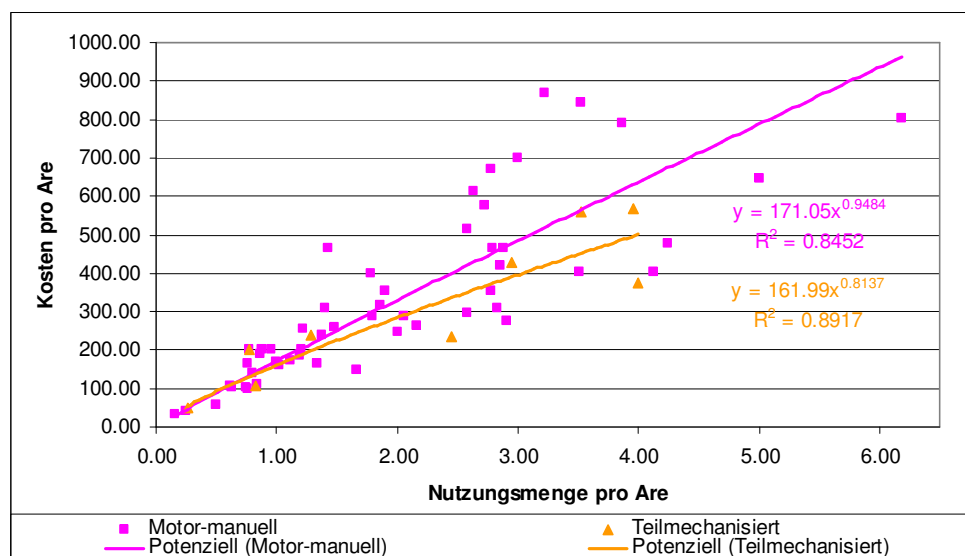


Abbildung 4-36: Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenzusammensetzung (nur Helikopter)



Wie aus Abbildung 4-36 hervorgeht, reagieren die Eingriffskosten mit dem Rückemittel Helikopter bezüglich der Baumartenzusammensetzung weniger sensibel. Die Regressionen für Nadel- und Laubholz liegen bei hohem Bestimmtheitsmass nahe beieinander. Die Kurve für gemischte Bestände kreuzt die anderen beiden Kurven und weist ein nur ungenügendes Bestimmtheitsmass auf.

Abbildung 4-37 Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung (nur Eingriffe mit Rückemittel Helikopter)



Anmerkung: Um die Differenz zwischen den Kurven besser zeigen zu können, werden hier fünf Eingriffe mit Kosten von mehr als Fr. 700.–/Are und einer mit Nutzungsintensität >6m<sup>3</sup>/Are nicht gezeigt. Sie sind aber in die Regressionsberechnung eingegangen.

Zwischen den motormanuellen und den teilmechanisierten Eingriffen kann ein deutlicher Unterschied festgestellt werden. Die Regressionen weisen ein hohes Bestimmtheitsmass auf.

#### 4.9 Nettokosten und die Trennung von Schutz- und Nutzoperation

Als Nettokosten werden im Rahmen dieser Untersuchung die Gesamtkosten minus die Erlöse aus dem Holzverkauf bezeichnet. Nicht enthalten sind die Erlöse, welche von der öffentlichen Hand für die Erstellung der Schutzleistung im Wald entrichtet werden.

Tabelle 4-18 Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Nettokosten

##### Analysis of Variance Table

Response: log(Netto.Kosten + 0.5)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
log(Nutzungsmenge.total + 0.5)	1	117.126	117.126	129.0002	< 2.2e-16	***
log(Wirkungsfläche + 0.5)	1	30.302	30.302	33.3746	2.671e-08	***
Kanton	15	59.424	3.962	4.3632	4.110e-07	***
Hangneigung	1	17.006	17.006	18.7305	2.315e-05	***
Nutzungsprozent	1	10.649	10.649	11.7282	0.0007384	***
Holzerntesystem	4	8.912	2.228	2.4540	0.0469231	*
Anteil sicherheitsholzwarei	1	3.489	3.489	3.8428	0.0512626	.
Rückemethode	4	8.509	2.127	2.3429	0.0559635	.
Anteil Holz liegen lassen	1	2.368	2.368	2.6079	0.1078111	
X1.Lh.2.Nh.3.gem	3	4.944	1.648	1.8151	0.1454020	
Eingirffstyp	6	7.368	1.228	1.3525	0.2352806	
Entwicklungsstufe	5	5.498	1.100	1.2112	0.3049328	
Mittelstamm	1	0.689	0.689	0.7592	0.3845584	
Baumbearbeitung	4	2.410	0.603	0.6636	0.6179027	
Residuals	213	193.394	0.908			

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Bei den Nettokosten erweisen sich Nutzungsmenge und Wirkungsfläche als hoch signifikant, ebenso die Kantonszugehörigkeit, Hangneigung und Nutzungsprozent. Bedeutend weniger signifikant sind Holzerntesystem, Anteil Sicherheitsholzwarei und Rückemethode. Die Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Nettokosten sind im Wesentlichen dieselben wie diejenigen bei den Gesamtkosten. Sie werden hier daher nicht weiter verfolgt.

In der Projekteingabe wurde vorgeschlagen, die Möglichkeit zu untersuchen, Schutz- und Nutzoperation zu trennen. Diese Frage stiess in der Praxis auf Kritik. So wurde in Kantonen von höchster Instanz Bedenken gegenüber einer solchen Absicht geäußert. Diese Grundhaltung war dann auch in den Fragebogen klar zu spüren. Oft wurde diese Frage „weshalb nicht mehr Holz im Wald liegen gelassen wurde“ nicht beantwortet oder gar gestrichen. Die Gründe für die vollständige Entnahme des Holzes sind sehr vielfältig. Sie ist in vielen Fällen aus sicherheitstechnischen Gründen unumgänglich.

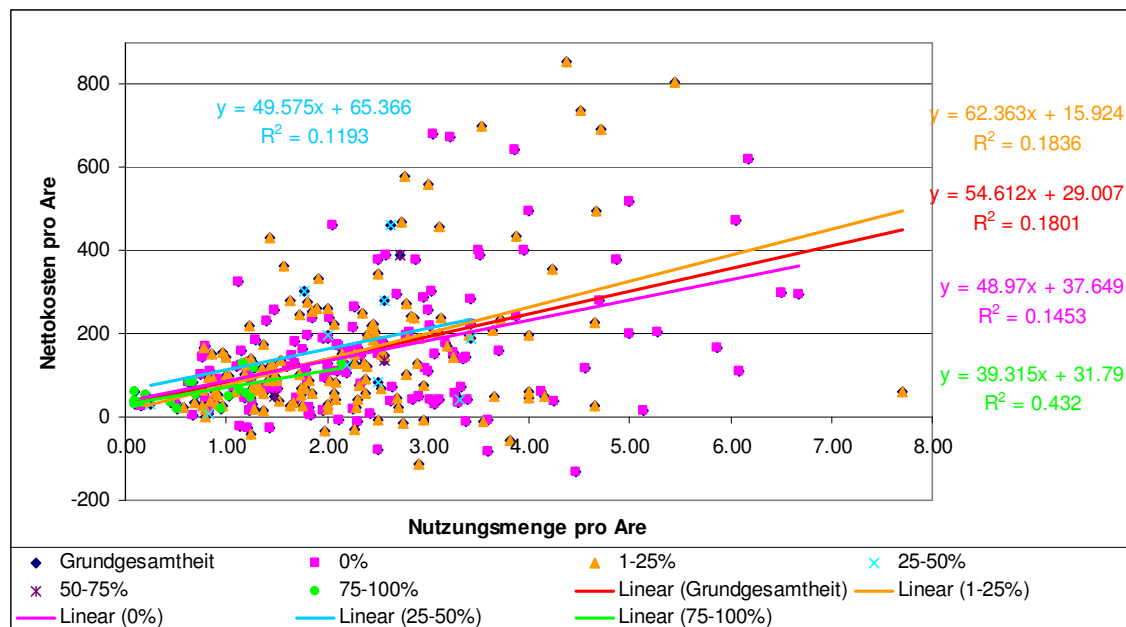
Tabelle 4-19 Gründe weshalb nicht mehr im Wald liegen blieb

Grund	Anzahl Nennungen
Gefahr für darunter liegenden Strassen, Liegenschaften, Bahnlinien	46
Käferbefall, phytosanitäre Gründe	25
Verklausungsgefahr	22
Wirtschaftlichkeit des Schlages	15
Nutzung des Rohstoffes Holz	12
Gut Erschlossen	6
Arbeitssicherheit	6
Gefahr für Verjüngung	5
Waldbrandgefahr	4
Entrindung im Gelände sehr teuer	2

In Tabelle 4-19 findet sich eine Sammlung von Gründen, weshalb nicht mehr Holz im Bestand liegen gelassen wurde. Am häufigsten wurde genannt, dass in steilem Gelände zurückbleibendes Holz eine Gefahr für unterhalb liegende Strassen, Liegenschaften sowie Bahnlinien darstellt. Ebenfalls sehr häufig konnte das Holz aus phytosanitären Gründen nicht im Bestand belassen werden. Dies würde

aufwändige Massnahmen mit ebenfalls hohen Kosten voraussetzen, wie Entrinden der Stämme etc. Häufig genannt wurde auch die Verklausungsgefahr, d.h. die Befürchtung es könnte sich Totholz in Bachgerinnen ansammeln. Erst an vierter Stelle folgt der ökonomische sowie an fünfter Stelle der Aspekt Holz als ökologisch wertvollen Rohstoff zu nutzen.

Abbildung 4-38: Nettoflächenkosten nach Nutzungsintensität und Anteil Holz liegen lassen

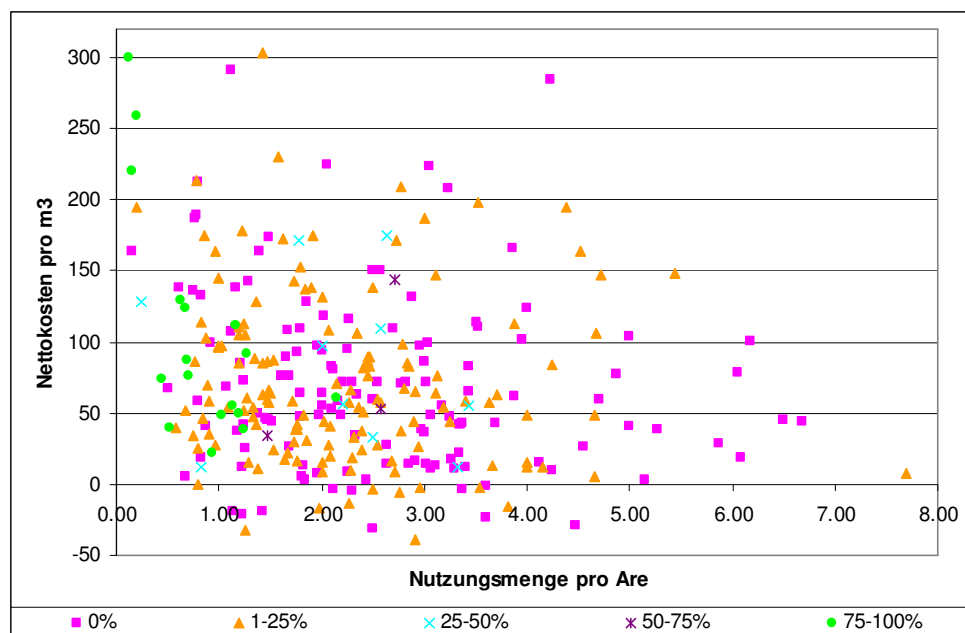


Anmerkung: Bei nur drei Stichproben mit einem Anteil Holz liegen lassen von 50%-75% ergibt sich keine sinnvolle Regressionsgerade.

Es wurde auch der Einfluss des „Anteil Holz liegen lassen“ auf die Nettokosten untersucht. Von den Kosten wurden die Erlöse aus dem Holzverkauf abgezogen. Aus Abbildung 4-38 geht hervor, dass dort wo viel Holz im Bestand verbleibt nur mit geringer Intensität eingegriffen wird. Es ist auch die umgekehrte Argumentation denkbar: Wo nur wenig Holz anfällt, belässt man es vorzugsweise im Bestand. Dies macht durchaus Sinn. Einerseits bilden einzelne Stämme auf einer grossen Eingriffsfläche eine geringe Gefahr und andererseits wäre die Entnahme dieses Holzes sehr teuer. Dies gilt besonders in schlecht erschlossenem und steilem Gelände.

Wie aufgrund der Varianzanalyse zu erwarten war, sind die Auswirkung des Anteils Holz liegen lassen auf die Nettokosten unsicher, die Bestimmtheitsmasse der Regressionen tief. Es ist erkennbar, dass Eingriffe bei denen fast alles Holz liegen bleibt oder aber alles Holz genutzt wird, günstiger sind, als Eingriffe, bei denen zwischen 1% und 50% des Holzes im Walde verbleiben.

Abbildung 4-39: Nettokubikmeterkosten nach Nutzungsintensität und Anteil Holz liegen lassen



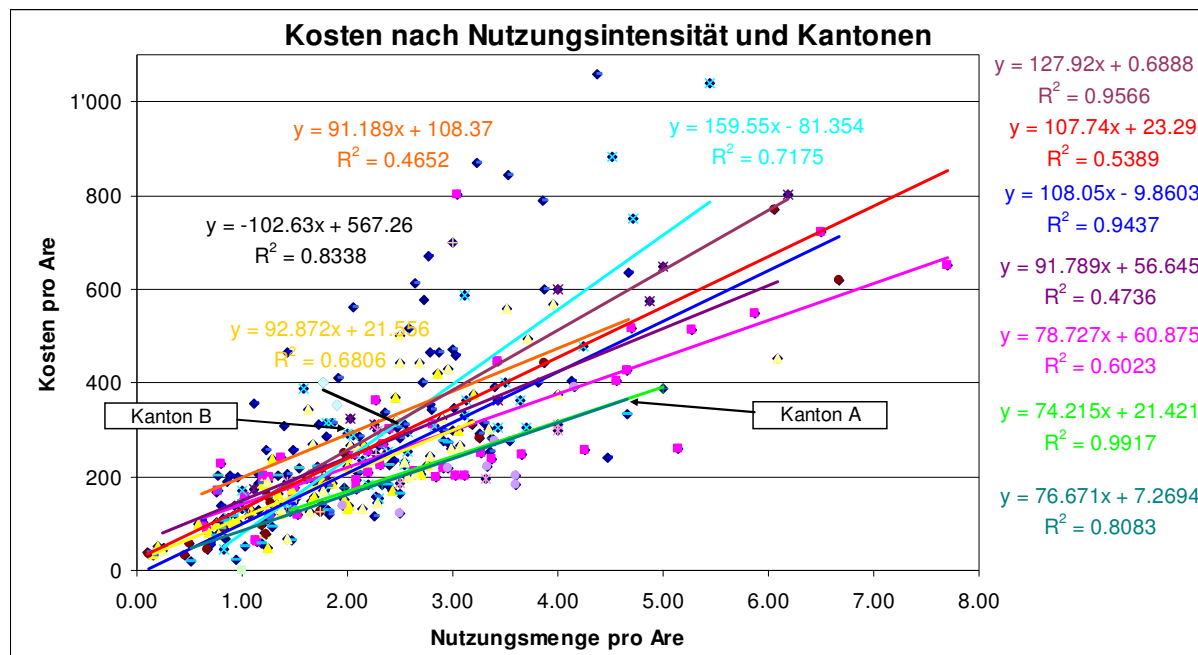
Aus Abbildung 4-39 geht hervor, dass die Nettokubikmeterkosten auch bei den Eingriffen, mit hohem Anteil von im Wald verbleibendem Holz sehr stark streuen. Sie heben sich nicht von den Eingriffen ab, bei denen ein grosser Prozentsatz des Holzes gerückt wird. Bei einzelnen Eingriffen entstehen sogar sehr hohe Kubikmeterkosten von gegen Fr. 300.-. Bei diesen handelt es sich meist um Schläge im Stangen- und Baumholz 1 und um Durchforstungen und Stabilitätspflege. Zudem wurden Anmerkungen gemacht, es handle sich um sehr schlecht erschlossenes Gelände, es hätten lange Anmarschzeiten in Kauf genommen werden müssen und das Gelände sei mit zum Teil grossen Hindernissen bedeckt gewesen.

Mit der Darstellung kann aufgezeigt werden, dass nur wenige Eingriffe zu negativen Nettokosten, bzw. zu Nettoerträgen führen. Von den 310 Stichproben weisen nur 20 Nettoerträge aus. Die Darstellung enthält natürlich nicht die ganze Rechnung, indem die Leistungen der öffentlichen Hand für die Schutzwaldpflege nicht erscheinen.

#### 4.10 Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Kantonen

Die statistische Auswertung hat gezeigt, dass sich die Kosten nach Kantonen signifikant unterscheiden. Die Darstellung der Kosten nach Nutzungsintensität aufgeschlüsselt nach Kantonen bestätigt diesen Befund, die Bestimmtheitsmasse fast aller Regressionsgeraden liegen über 0,5, teilweise liegen sie sogar über 0,9. Die rote Linie stellt den Durchschnitt über alle Eingriffe dar.

Abbildung 4-40: Kosten nach Nutzungsintensität und Kantonen



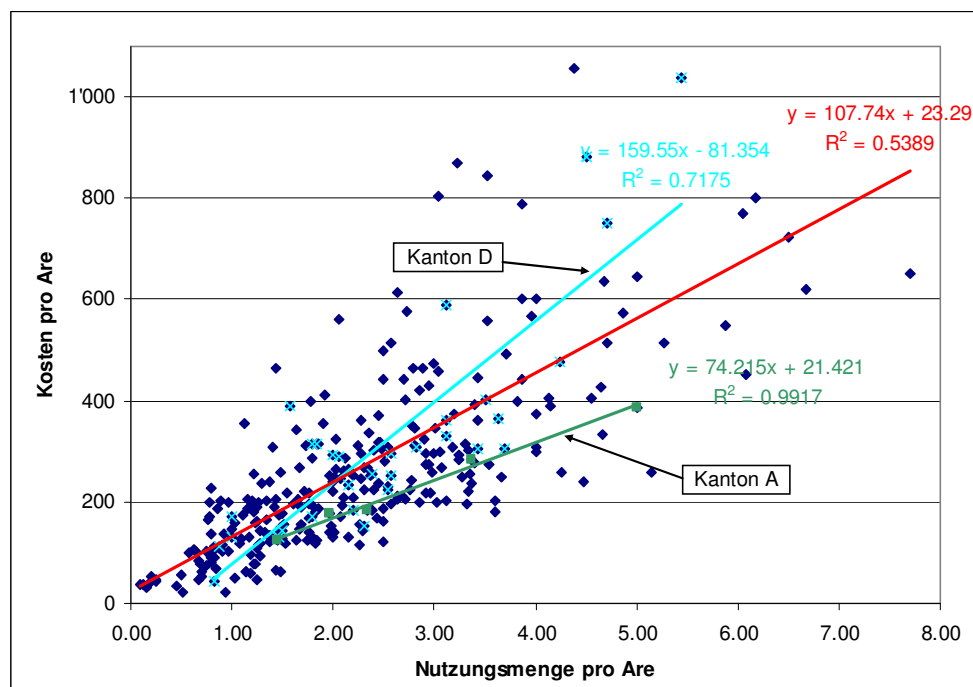
Welches die Gründe für diese signifikanten Unterschiede sind, ist schwer feststellbar. Es ist wohl jeweils eine Kombination von Faktoren, die für unterschiedliche Kostentreiber je Kanton sorgt.

- Ein wichtiger Grund sind die topografischen Verhältnisse, die von Kanton zu Kanton sehr verschieden sein können. So befinden sich beispielsweise die Eingriffe im Kanton A mehrheitlich in Gelände mit relativ schwacher Hangneigung, was sicherlich einen grossen Einfluss auf die Kosten hat. Sofern die Eingriffe in grossen Kantonen über das ganze Kantonsgebiet erhoben wurden, müsste die Trendkurve dann jedoch nahe dem Durchschnitt liegen, da diese Kantone ja Wälder mit ganz verschiedenen Verhältnissen aufweisen.
- Ein weiterer Grund für Differenzen zwischen den Kantonen sind die Ernteverfahren, die im jeweiligen Gelände je nach Erschliessungsbemühungen eingesetzt werden können. Hier zeigt sich, dass Kanton B bei sehr vielen Eingriffen das Holz mit dem Helikopter ausfliegen musste.
- Eine Ursache könnte ferner das unterschiedliche Niveau der Stundenansätze sein, mit denen die Kosten vieler Schläge nachkalkuliert wurden. Die statistische Analyse hat jedoch gezeigt, dass zwischen den Stundenansätzen und den Gesamtkosten keine Korrelation besteht. Ein Einfluss auf die Kubikmeterkosten ist aus der grafischen Darstellung ebenfalls nicht ersichtlich (Siehe dazu Abbildung 4-42).

Abbildung 4-41 wiederholt den Zusammenhang von Abbildung 4-40, zeigt aber aus Gründen besserer Übersichtlichkeit nur die Trendgerade der Grundgesamtheit, sowie eines teuren und eines kostengünstig arbeitenden Kantons. Aufgrund dieser Darstellung kann Kanton A als Benchmark-Kanton angesehen werden. Die Kosten seiner Eingriffe, als Durchschnitt ausgedrückt in der Regressionsgeraden, liegen deutlich unter dem Durchschnitt, die Trendgerade weist fast die geringste Steigung auf.

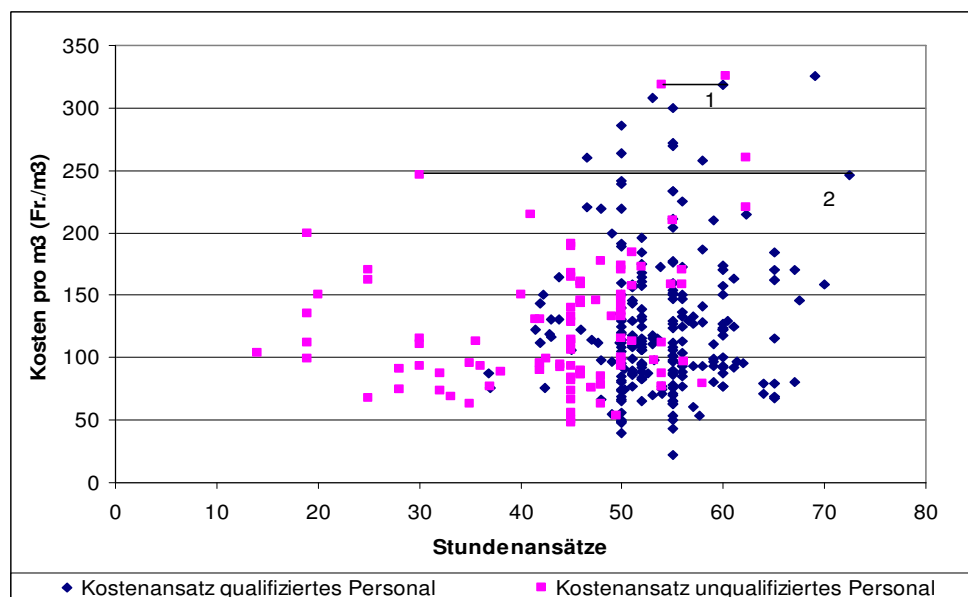
Relativ hoch liegen die Eingriffskosten dagegen im Kanton D. Hinweise zu den Gründe für die Unterschiede im Einzelnen und auf Verbesserungsmöglichkeiten müsste eine genauere Analyse erbringen.

Abbildung 4-41: Kosten nach Nutzungsintensität und einzelnen Kantonen



Der Vergleich der Stundenansatzpaare von Eingriffen zeigt, dass nicht nur erhebliche Unterschiede zwischen den Ansatzpaaren bestehen, sondern dass auch der Unterschied zwischen dem Stundenansatz für qualifiziertes Personal und demjenigen für unqualifiziertes Personal bei einzelnen Eingriffen sehr gross, bei anderen unbedeutend sein kann. Während beim Eingriff 1 der Unterschied nur gerade Fr. 6.- beträgt, sind es beim Eingriff 2 Fr. 42.50. Dies zeigt, dass die Ansätze erheblich variieren. Es scheint aber keinen Zusammenhang mit den Kubikmeterkosten zu geben.

Abbildung 4-42: Kubikmeterkosten in Abhängigkeit der Stundenansätze für qualifiziertes und unqualifiziertes Personal



Sicherlich sind auch weitere Faktoren für die Unterschiede zwischen den Ergebnissen nach Kantonen verantwortlich, die nicht direkt aus den Zahlen dieser Erhebung hervorgehen. So könnte die Konkurrenzsituation eine Bedeutung haben. Werden in einem Kanton die Schläge ausgeschrieben und besteht zwischen Forstbetrieben und mehreren Unternehmern über Jahre ein harter Konkurrenzkampf, so hat dies einen grossen Einfluss auf die Effizienzsteigerung und Mechanisierung in einem Gebiet. Allenfalls könnten auch andere Anreize zur Effizienzsteigerung unterschiedlich gesetzt sein.

#### **4.11 Verkauf ab Stock**

Es wurden Daten zu 7 Eingriffen geliefert, die ihr Holz ab Stock verkauft haben. Diese Eingriffe mussten teilweise bei der Auswertung ausgeschlossen werden, da sie nicht mit den anderen Schlägen vergleichbar sind. Dennoch hat sich gezeigt, dass diese Methode durchaus interessant sein kann. In der Regel handelt es sich um relative kleine Eingriffe, die von Privaten ausgeführt werden. Diese brauchen einen Grossteil des Holzes als Feuerholz für den Eigenbedarf. Wie die Rückfrage ergeben hat, wurden die Schläge oft von Bauern ausgeführt. Diese arbeiten zu sehr günstigen Stundenansätzen (Fr. 30/ h), und nutzen diese Arbeiten, um saisonale Unterbeschäftigung auf dem Hof auszugleichen und ihren Maschinenpark auszulasten.

#### **4.12 Einschätzung der Effizienz der Schutzwaldeingriffe**

Die Untersuchung möchte nicht die billigsten Eingriffe ermitteln, sondern die am effizientesten ausgeführten. Da der Aspekt der Effizienz aus den erhobenen Daten nicht direkt ersichtlich ist, wurde auf Wunsch der Begleitgruppe Rücksprache mit den Verantwortlichen für die Datenerhebung in den Kantonen genommen. Sie wurden gebeten, drei sehr effizient ausgeführte und aus ökonomischer Sicht optimal gelungene Schläge zu nennen. Es wurde um eine gutachtliche Beurteilung gebeten. Da die Gewährsleute nicht alle Eingriffe selbst kennen, war diese Beurteilung nicht in allen Fällen möglich. Die Antworten sind in Abbildung 4-43 eingetragen.

Die von den Gewährsleuten in den Kantonen als sehr effizient bezeichneten Eingriffe liegen optisch beurteilt eher am unteren Rand aller abgebildeten Werte, was mit der Erwartung übereinstimmt. Allerdings ergeben die ermittelten Regressionen über alle Eingriffe keine klaren Hinweise. Ungünstige Charakteristiken bezüglich der Kosten treibenden Faktoren können verhindern dass die effizientesten Eingriffe auch die kostengünstigsten sind. Bei der Beurteilung aufgeteilt nach eingesetzten Rückemitteln zeigt sich aber, dass sich mindestens beim konventionellen Seilkran und bei der Helikopterbringung die gutachtliche Beurteilung auch kostenmässig bestätigt. Dies gilt für die sehr effizienten Eingriffe auch bei der Gruppe „Mobilseilkran“. Dagegen ist bei der Gruppe „Holz bleibt im Bestand“ der als sehr effizient bezeichnete Eingriff der teuerste von allen. Bei der Gruppe „bodengestützte Rückeverfahren“ widerspricht die Reihenfolge der Regressionen der Erwartung. Wo die als (sehr) effizient bezeichneten Eingriffe nicht die günstigsten sind, müssten die Merkmalskombinationen der günstigeren Eingriffe überprüft werden.

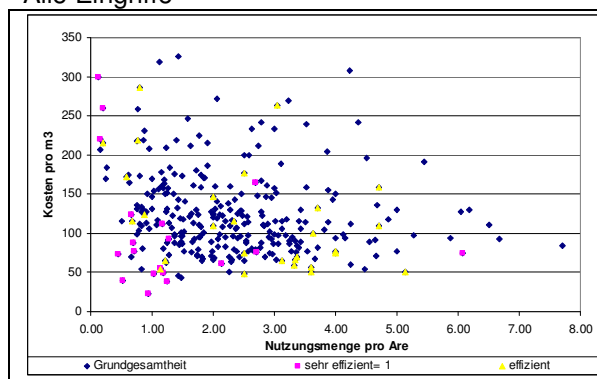
Sowohl die als effizient, wie auch die als sehr effizient eingereihten Eingriffe liegen bezüglich Mittelwert der Flächenkosten tiefer als der Mittelwert aller Eingriffe. Die Kubikmeterkosten liegen bei den sehr effizienten Eingriffen wesentlich unter den effizienten und denjenigen über alle Eingriffe. Die Eingriffsintensitäten beider Kategorien liegen auf der Basis Mittelwert um 10% (sehr effizient), bzw. 13% (effizient) unter dem Durchschnitt aller Eingriffe.

Tabelle 4-20 Auswertung der Eingriffskosten nach Flächen in Fr./Are und Nutzungsmenge Fr./m<sup>3</sup> sowie der Eingriffsintensität nach dem Merkmal Effizienz

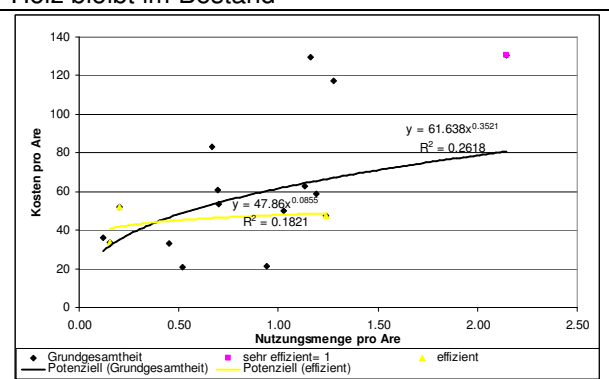
Merkmal	Kosten pro Fläche			Kosten pro Kubikmeter			Eingriffsintensität	
	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Basis Mittelwert	Basis Median
	Fr./Are	Fr./Are	Fr./Are	Fr./m <sup>3</sup>	Fr./m <sup>3</sup>	Fr./m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /Are	m <sup>3</sup> /Are
Alle Eingriffe	266.80	±10.9	222.65	122.70	±3.2	112.30	2.17	1.98
Effizient	224.43	26.62	186.90	129.60	8.76	120.02	1.73	1.56
Sehr effizient	206.25	18.48	189.5	103.95	6.43	93.00	1.98	2.03

Abbildung 4-43: Kosten nach Nutzungsintensität und Effizienzeinschätzung

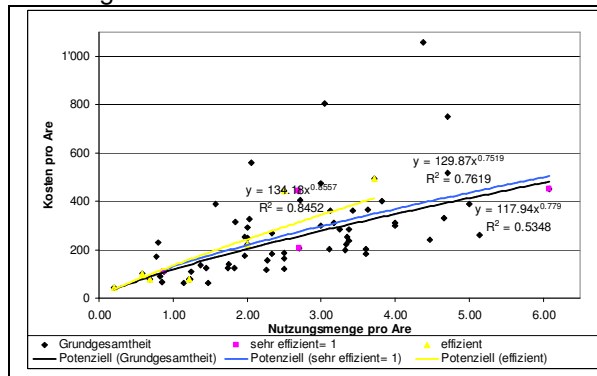
#### Alle Eingriffe



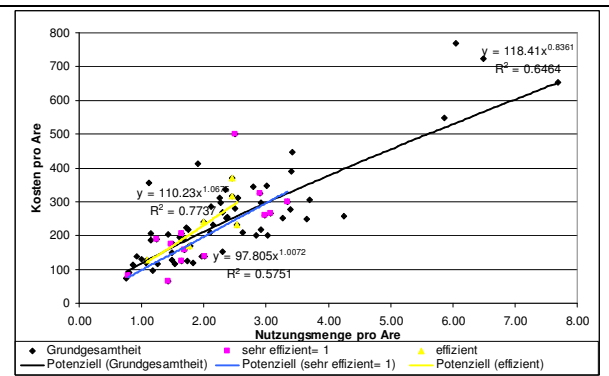
#### Holz bleibt im Bestand



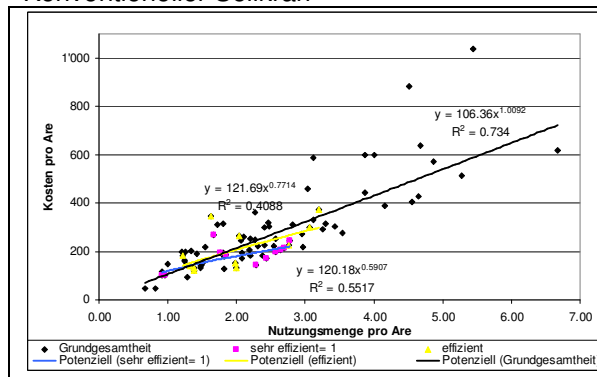
#### Bodengestützte Rückemittel



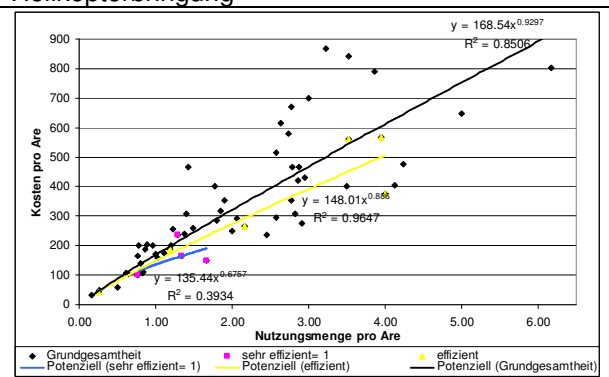
#### Mobiler Seilkran



#### Konventioneller Seilkran



#### Helikopterbringung



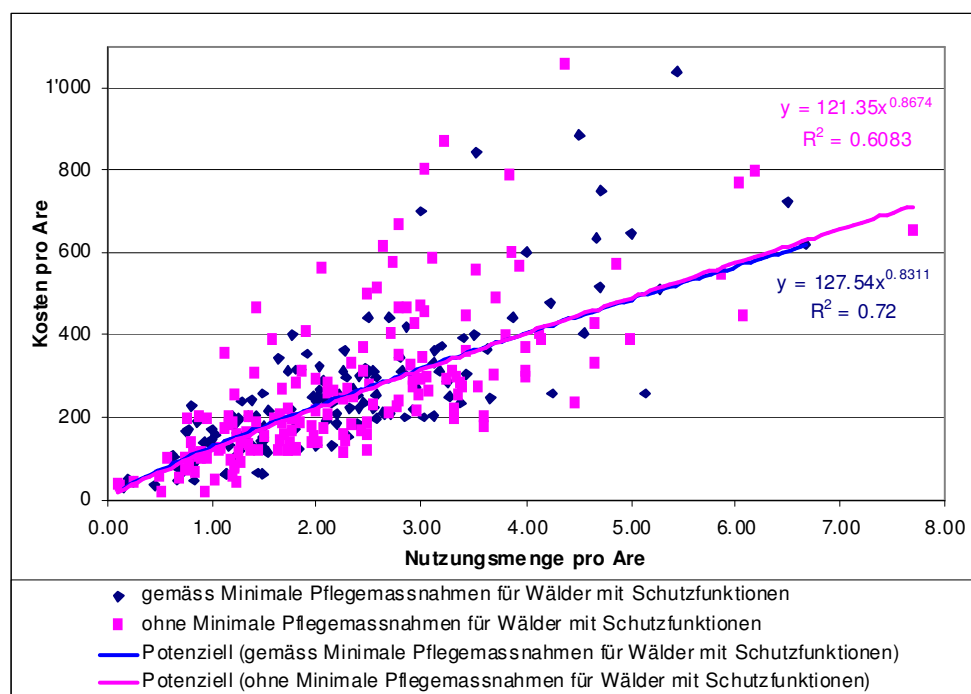


### 4.13 Einfluss der Durchführung nach waldbaulichen Vorgaben

Die Frage, welche (minimale) Eingriffsintensität zur Sicherstellung der Schutzwirkung notwendig ist, ist für die Beurteilung der Effizienz von grosser Bedeutung. Im Sinne von waldbaulichen Richtlinien wurde im Jahr 1996 das Arbeitshilfsmittel „Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktionen“ herausgegeben. Dieses Werk wird in Kürze durch den Ordner „Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald“ abgelöst. Es wurde hier die Hypothese aufgestellt, die Berücksichtigung der Vorgaben dieser Werke würde die mittlere Eingriffsintensität reduzieren.

Die statistische Auswertung in Abbildung 4-44 zeigt keinen Unterschied in der Anwendung des oben genannten Hilfsmittels. Die Regression der Eingriffe mit Anwendung der Vorgaben nach Ordner ist weitgehend deckungsgleich mit derjenigen der Eingriffe, bei denen diese Anleitung nicht zur Anwendung kam. Beide Kurven weisen ein recht hohes Bestimmtheitsmass auf.

Abbildung 4-44: Flächenkosten nach Nutzungsmenge pro Are und Anwendung des Ordners „Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktionen“



Die Auswertung nach Kosten und Eingriffsintensität in Tabelle 4-21 dagegen bringt eine interessante Differenzierung. Der Mittelwert der Flächenkosten der Eingriffe nach Vorgaben liegt 11% unter demjenigen der Eingriffe ohne Vorgaben, aufgrund der Standardabweichung kann wohl von einer signifikanten Differenz gesprochen werden. Die Mittelwerte der Kubikmeterkosten sind praktisch gleich hoch. Die Eingriffsintensitäten der Eingriffe nach Vorgaben sind auf Basis Mittelwert 13% tiefer als diejenigen ohne Verwendung des Arbeitshilfsmittels.

**Tabelle 4-21**      *Auswertung der Eingriffskosten nach Flächen in Fr./Are und Nutzungsmenge Fr./m<sup>3</sup> sowie der Eingriffsintensität nach dem Merkmal Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktionen*

<i>Merkmal</i>	<i>Kosten pro Fläche</i>			<i>Kosten pro Kubikmeter</i>			<i>Eingriffsintensität</i>	
	<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>	<i>Median</i>	<i>Mittelwert</i>	<i>Standardabweichung</i>	<i>Median</i>	<i>Basis Mittelwert</i>	<i>Basis Median</i>
	<i>Fr./Are</i>	<i>Fr./Are</i>	<i>Fr./Are</i>	<i>Fr./m<sup>3</sup></i>	<i>Fr./m<sup>3</sup></i>	<i>Fr./m<sup>3</sup></i>	<i>m<sup>3</sup>/Are</i>	<i>m<sup>3</sup>/Are</i>
Alle Eingriffe	266.80	±10.9	222.65	122.70	±3.2	112.30	2.17	1.98
Nach Vorgabe <sup>1)</sup>	249.15	±14.51	217.71	123.23	±3.95	114.95	2.02	1.89
Ohne Vorgabe <sup>1)</sup>	279.95	±16.03	222.64	122.15	±4.73	106.10	2.29	2.10

Es kann also aus den Resultaten ein messbarer Einfluss der waldbaulichen Überlegungen ausgemacht werden, selbst wenn die gemessenen Differenzen nicht allzu gross sind. Zur vorliegenden Auswertung ist anzumerken, dass die Eingriffe hier nur aufgrund der Deklaration der Datenlieferanten klassiert worden sind und keine Kontrolle im Felde stattgefunden hat.

## 5. Diskussion

### 5.1 Datengrundlage und Datenqualität

Dank grossem Interesse der Kantone am Projekt wurde aus einem Grossteil der Schweiz Zahlenmaterial beige-steuert. In den Kantonen scheinen sehr grosse Unterschiede bezüglich Kenntnisse der Schläge zu bestehen. So sind in einzelnen Kantonen bereits genaue Nachkalkulationen und Analysen über die Schläge vorhanden, die Kosten werden detailliert über jeden Schlag abgerechnet. Andere machen kaum eine Abgrenzung zwischen den verschiedenen Schlägen die sie während eines Rechnungsjahres ausführen oder der Kostenarten, die innerhalb eines Schlages entstehen.

Das detaillierte Erfassen eines Schlages in einem Erhebungsbogen stellt an sich eine grosse Herausforderung dar. Reaktionen von Seiten der erhebenden Personen zeigten, dass es nicht leicht war, die Daten in die Fragebogen einzutragen. Besonders wenn nur Faktoren angekreuzt werden konnten, kam Unmut auf, da beispielsweise keine der Möglichkeiten genau zum Schlag passte. So wurden oft weitere Angaben von Hand auf den Erhebungsbogen geschrieben, die dann von der auswertenden Person durch Rückfrage einem Faktor zugeordnet werden mussten. Dieser Prozess war aufwändig doch unumgänglich, da sonst solche Eingriffe bei der Auswertung nicht hätten berücksichtigt werden können.

Wiewohl die Fragebogen im Allgemeinen sorgfältig und gut ausgefüllt waren, stellte das Nachfragen bei fehlenden Angaben oder offensichtlichen Widersprüchen einen nicht zu unterschätzenden Aufwand dar. In allfälligen Folgeuntersuchungen muss sicherlich versucht werden, den Komplexitätsgrad zu reduzieren. In Einzelfällen, z.B. bei der Kostenerhebung sowie bei den Flächenangaben müssen noch präzisere Umschreibungen für die zu erhebenden Charakteristiken gefunden werden. Es sei hier aber nochmals betont, dass eine umfassendere Beschreibung immer auch zusätzliche Fragen aufwirft. Dies kann die Bereitschaft, an einer derartigen Erhebung mitzuwirken, massiv reduzieren.

Die Resultate weisen diverse Unsicherheiten auf, die es bei der Wertung zu berücksichtigen gilt.

1. Aus einzelnen Rückmeldungen muss geschlossen werden, dass das zugrundegelegte Kostenmodell nach Betriebsuntersuchung WVS, die BAR, nicht überall geläufig war, bzw. die entsprechenden Grundlagen nicht durchgehend zur Verfügung standen. Nach unserer Abschätzung dürfte dies eher dazu geführt haben, die wirklichen Kosten zu unterschätzen (Nicht-Berücksichtigung von Hilfskosten und von Kapitalkosten).
2. Die Abstützung auf die Wirkungsfläche anstelle der Eingriffsfläche war für verschiedene Datenlieferanten neu. Die Wirkungsfläche dürfte sowohl zu gross als auch zu klein abgesteckt worden sein. Hier wird kein einheitlicher Trend vermutet.

Die Autoren sind zusammenfassend der Meinung, dass die Qualität der erhobenen und ausgewerteten Daten bei allen möglichen Vorbehalten ausreichend hoch ist, um aus den Ergebnissen Folgerungen zu ziehen.

### 5.2 Statistische Auswertungen

Die statistische Auswertung erfolgte auf Anraten von Statistik-Spezialisten hauptsächlich über die gesamte Anzahl der Eingriffe. Aus der Begleitgruppe wurden diesbezüglich Bedenken geäussert, weil damit die Aussagekraft der Untersuchung eingeschränkt und das Auffinden von Verbesserungsansätzen erschwert sei. Die von der Begleitgruppe geforderte Aufteilung der Analyse in Gruppen nach Rückverfahren hat sich als sehr positiv herausgestellt. Die innerhalb der verschiedenen Rückverfahren gebildeten Untergruppen erwiesen sich in vielen Fällen als signifikant und erlauben es, zusätzliche

Aussagen zu machen. Die Untergruppen liessen sich aber aufgrund der letztlich doch beschränkten Anzahl Stichproben in aller Regel nicht mehr weiter aufteilen.

Die statistische Analyse der Kostenrelevanz der verschiedenen Parameter hat letztlich nur eine relativ kleine Zahl von signifikanten Grössen ergeben. Es sind dies mit abnehmender Signifikanz

1. Nutzungsmenge, Wirkungsfläche, die Kantonszugehörigkeit, Nutzungsprozent, Hangneigung, Rückeverfahren, Anteil des im Walde verbleibenden Holzes und entstandene Schäden,
2. Entwicklungsstufe und Anteil Bäume mit Sicherheitsholzerei
3. Schlagräumung, Volumen des Mittelstammes des ausscheidenden Bestandes, Holzerntesystem und Baumartenmischung/-zusammensetzung.
4. Baumbearbeitung und Eingriffsart

Die Auswahl der Auswertungen richtete sich in erster Linie nach diesen als signifikant erkannten Grössen. Wie bereits erwähnt, war die Möglichkeit zur Bildung von Untergruppen beschränkt. Deshalb wurden in erster Linie die Zusammenhänge der ersten Signifikanzgruppe zur Darstellung gebracht. Von Interesse waren sodann vor allem auch der Einfluss der Baumbearbeitung und des Holzerntesystems, beides im Hinblick auf allfällige Verbesserungsmöglichkeiten bei künftigen Schutzwaldeingriffen.

### 5.3 Kosten der Schutzwaldpflege

Die Untersuchung bringt Erkenntnisse über die heutigen Kosten der Schutzwald-Pflegeeingriffe auf Basis der behandelten Wirkungsfläche. Dazu standen bisher in der Schweiz erst die Resultate einer Untersuchung mit einer deutlich kleineren Anzahl Stichproben und einer regional nicht repräsentativen Verteilung zur Verfügung (Hofer et al., 2004). Auch im umliegenden Ausland konnten von den Autoren entsprechende Daten nicht beigebracht werden. An der TU München hat man Interesse gezeigt, eine ähnliche Untersuchung auch in Deutschland durchzuführen. Die jetzt dargelegten Zahlen kamen aufgrund von Stichproben aus 16 Kantonen mit sehr unterschiedlichen Pflegeeingriffen und Pflegebedingungen zustande. Gegenüber der Untersuchung von 2004 liegen die errechneten Medianwerte der Kosten nach Fläche um annähernd 15% höher, nach Kubikmeter dagegen um mehr als 10% tiefer. Die Stichproben der beiden Untersuchungen unterscheiden sich nach Nutzungsintensität deutlich.

Die Schutzwirkung wird über die Fläche erzielt. Daher sind bei den Schutzwaldpflege-Eingriffen die Kosten pro Flächeneinheit zu betrachten. Wie die Auswertungen ergeben haben, korrelieren die Pflegekosten signifikant mit der Nutzungsintensität, definiert als Kubikmeter genutztes Holz pro Are. Die Pflegekosten pro Are definieren sich demnach aufgrund der Kosten pro Kubikmeter und der pro Are entnommenen/behandelten Anzahl Kubikmeter, also der Nutzungsintensität. Aus Sicht der Schutzwaldpflege ist der effizienteste Eingriff jener, welcher die waldbaulich notwendige Holzmenge mit tiefen Kosten pro Kubikmeter entnimmt. Dabei soll eine Optimierung für einen definierten Zeitraum von z.B. 30 Jahren vorgenommen werden. Ein minimaler, kostengünstiger Eingriff macht wenig Sinn, wenn bereits nach 10 Jahren wieder eingegriffen werden muss. Über solche Optimierungsüberlegungen wurde bisher nicht publiziert. Dass die Massnahmen korrekt umgesetzt werden, wird hierbei unterstellt. Die Untersuchung zeigt, dass dort wo das Holz im Bestand verbleibt, pro Flächeneinheit deutlich weniger Holz geschlagen wird, als dort wo sich der Waldbesitzer dazu entschliesst, dem Bestand das Holz zu entnehmen. Zwecks Optimierung des Ertrags wird er in diesem Fall bei seinem Eingriff wohl möglichst viel Holz aus dem Wald holen (Schwitter et al., 2006).

Somit muss die Effizienz eines Eingriffs zunächst über die Kubikmeterkosten beurteilt werden. Aus schutzwaldpflegerischer Sicht ist sodann zu beurteilen, welches die richtige Intensität des Eingriffs ist. Diese lässt sich im Rahmen einer derartigen Untersuchung anhand der ausgefüllten Fragebogen nicht beurteilen. Aus Sicht des Käufers von Schutzleistungen dürfte ein minimaler Eingriff angestrebt wer-

den. Dieser definiert sich aber langfristig, über einen Zeitraum von mindestens 20, eventuell sogar mehr Jahren. Hier besteht ein Feld der Optimierung zwischen den Interessen der öffentlichen Hand zur Sicherstellung der Schutzwirkung mit möglichst wenigen Mitteln und den Interessen des Waldeigentümers aus der Kombination von Schutz- und Nutzoperation ein Maximum an Nettoertrag zu erwirtschaften.

Eine wichtige Erkenntnis nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen ist, dass die Gesamtkosten mit zunehmender Nutzungsmenge linear ansteigen, bzw. mit zunehmender Nutzungsfläche leicht degressiv zunehmen. Entgegen den Erwartungen lassen sich also mit einer Mehrmenge die Eingriffskosten pro Kubikmeter oder Are nicht senken. Diese Feststellung trifft grundsätzlich auf alle Rückeverfahren zu. Sie dürfte ab einer gewissen Minimalmenge gelten. Offensichtlich fallen die variablen Kosten der Eingriffe deutlich stärker ins Gewicht als die Fixkosten. Vielleicht lassen sich kleine Eingriffe oder Schläge effizienter planen und durchführen als grosse.

Baumartenzusammensetzung und Hangneignungsverhältnisse im Bestand sind kostenwirksam, lassen sich aber vom Waldbesitzer nicht beeinflussen. Etwas anderes ist es mit den Rückeverfahren und der Baumbearbeitung. Die Anwendung der Rückeverfahren ist in einem gewissen Ausmasse aufgrund der Terrain- und Erschliessungsverhältnisse gegeben. Aus Abbildung 4-15 lässt sich indessen schliessen, dass es angezeigt ist, namentlich bei intensiverer Holzentnahme pro Wirkungsfläche die Kosten der verschiedenen Verfahren zu überprüfen. Betrachtet man allerdings die Mittelwerte der Eingriffskosten pro Kubikmeter, so ergeben sich mit Ausnahme der Helikopterbringung kaum Unterschiede zwischen den Verfahren. Gemäss gewichtetem Mittel schneidet der konventionelle Seilkran – immer ohne Helikopterbringung – am schlechtesten ab, nach Median der mobile Seilkran.

Bei der Wahl der Baumbearbeitung bestehen wohl mehr Möglichkeiten, die Kosten zu reduzieren. Aus Abbildung 4-13 geht hervor, dass teil- und vollmechanisierte Baumbearbeitung tiefere Kosten aufweisen als die motor-manuelle Bearbeitung. Auch dies gilt unter der Bedingung, dass diese Techniken aufgrund der Terrain und Erschliessungsverhältnisse überhaupt einsetzbar sind. Wie gross der Spielraum ist, kann wiederum nicht beurteilt werden. Angesichts der rasanten Entwicklung der Technik innerhalb einer sehr kurzen Zeit in den vergangenen Jahren ist ein vermehrter Einsatz in naher Zukunft denkbar und auch zu erwarten.

Die Auswertung der Stichproben nach Nettokosten, also der Gesamtkosten abzüglich Erlös aus dem Holzverkauf, hat weniger signifikante Ergebnisse erbracht, welche von den Erkenntnissen nach Gesamtkosten abweichen würden. Bezüglich der Frage ob man Holz liegen lassen soll oder nicht, sind die ausgewiesenen Regressionen mit geringem Bestimmtheitsmass noch zu verifizieren. Sie ergeben, dass im Durchschnitt die Pflegeeingriffe mit Verbleib von 75% bis 100% des Holzes im Bestand die geringsten Nettokosten aufweisen. Die Nettokosten der Eingriffe mit vollständiger Holznutzung liegen im Durchschnitt deutlich darüber. Die höchsten Nettokosten weisen jene Eingriffe aus, welche zwischen 1% und 50% des Holzes im Bestand belassen. In den Erhebungsbogen werden vielfach sicherheitstechnische Begründungen für die Entnahme des Holzes angeführt. Deren Berechtigung kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht beurteilt werden. Es wird indessen empfohlen, diese Begründungen im Rahmen allfälliger Benchmarkabklärungen zu hinterfragen.

Unter Auslassung von Subventionen oder Beiträgen gibt es nur relativ wenige Eingriffe mit Nettoholzerträgen. Steigende Holzerträge, wie sie gegenwärtig festzustellen sind, würden deren Anteil zweifellos erhöhen. Es darf davon ausgegangen werden, dass die Eingriffe mit Nettokosten ohne Abgeltungen der öffentlichen Hand nicht vorgenommen würden. Die öffentliche Hand hat aus unserer Sicht zu definieren, welche Leistungen des Waldeigentümers sie einkaufen will.

Auffallend ist in diesem Zusammenhang der tiefe Durchschnittserlös aus dem Verkauf des Holzes von nur gerade Fr. 52.80/m<sup>3</sup>. Insgesamt decken die Holzerlöse nicht ganz 43% der in den Stichproben festgestellten Gesamtkosten. Der festgestellte mittlere Holzerlös pro Kubikmeter liegt nochmals deutlich unter den Durchschnittserlösen wie sie die Betriebsabrechnung von Waldwirtschaft Schweiz im Jahr 2003 mit Fr. 67.– für die Alpen- und Voralpenbetriebe und mit Fr. 73.– für die Mittelland- und Jurabetriebe ausweist. Da Schutzwälder häufig auf steilen und mageren Standorten in Höhenlagen stocken und durch die natürliche Einflüsse wie herabstürzende Steine oder Schneekriechen oft Holzschäden aufweisen, könnte die Qualität aus der Schutzwaldpflege tiefer liegen als aus den übrigen Nutzungen. Andererseits dürfte wohl nur Holz einer gewissen Wertkategorie überhaupt aus dem Bestand geholt werden. Umso erstaunlicher ist der tiefe Durchschnittserlös. Aus Sicht der Autoren sollte er in weiterführenden Abklärungen hinterfragt werden.

## 5.4 Benchmarks

Benchmark bezeichnet eine Richtgrösse. Im heutigen Sprachgebrauch wird darunter die Bestmarke verstanden, nach welcher sich alle richten können oder sollen. In einem komplexen Tätigkeitsfeld wie der Schutzwaldpflege ist Eingriff nicht gleich Eingriff. Die Untersuchung zielte darauf, die kostentreibenden Faktoren der Eingriffe zu bezeichnen. Der effizienteste Eingriff, also der Benchmark, muss dann innerhalb der Gruppe von Eingriffen gesucht werden, welche bezüglich der kostentreibenden Faktoren ähnliche Merkmale aufweisen. Die Bestmarke innerhalb dieser Gruppe wäre dann die Folge eines der Aufgabe angepassten Pflegekonzeptes, einer adäquaten Organisation und der rationellen Ausführung.

Es kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass diese Gruppenbildung aufgrund der ausgewerteten 310 Eingriffe nicht im erwünschten Masse hat erreicht werden können. Die festgestellte, breite Streuung der Eingriffskosten pro Are oder m<sup>3</sup> wird auf die folgenden wichtigen Faktoren zurückgeführt.

1. es besteht eine ausserordentliche grosse Variationsbreite der Merkmale, nur bei wenigen davon lässt sich eine Signifikanz auf die Kosten nachweisen.
2. es ist davon auszugehen, dass der Einfluss des Pflege- und Nutzungskonzeptes, der Arbeitsorganisation ebenso wie der Ausführungseffizienz erheblich ist.
3. der Erhebungsbogen bot in verschiedenen seiner Fragen Interpretationsspielraum, welcher zu uneinheitlichen, bzw. „ungenauen“ Angaben geführt haben könnte.

Zu den drei aufgeführten Punkten lässt sich ergänzend folgendes sagen:

- Zu 1.: Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die Erhöhung der Stichprobenzahl eine verbesserte Gruppenbildung möglich würde, etwa bei der Aufteilung von Gruppen innerhalb der verschiedenen Rückemittel.
- Zu 2.: Gerade in diesen Differenzen liegt der Benchmarkansatz begründet. Die Kostendifferenz zwischen Eingriffen mit ähnlichen kostentreibenden Merkmalen kann Anlass bilden für Untersuchungen, wie die eigene Organisation und Arbeitseffizienz verbessert werden kann.
- Zu 3.: Es besteht ein Optimierungsproblem zwischen der genauen Definition der erwarteten Angaben und der Bereitschaft, die gewünschten Angaben zu liefern, bzw. den Erhebungsbogen überhaupt auszufüllen. Sollte die Untersuchung in einer ähnlichen Form weitergeführt werden, gilt es die Anzahl Merkmale zu reduzieren. Ferner muss versucht werden, die Qualität etwa der Kosten- und Flächenangaben durch gezielte Hinweise zu verbessern. Dabei darf man sich in dessen keinen Illusionen hingeben. Man wird mit Ungenauigkeiten leben müssen.

## 5.5 Beeinflussbarkeit der Variablen

Bei der Auswertung hat sich gezeigt, dass es sehr schwierig ist, die kostentreibenden Variablen und ihren Einfluss auf die Kosten zu bestimmen. Im Hinblick auf den Benchmarkgedanken wäre es von Bedeutung, die von den Akteuren beeinflussbaren von den nicht-beeinflussbaren Variablen zu trennen. O. Thees hat daher vorgeschlagen, die Variablen auf ihre Beeinflussbarkeit zu untersuchen.

Tabelle 5-1 nimmt diese Überlegung auf und ordnet die aufgenommenen Variablen nach ihrer Beeinflussbarkeit. Es hat sich gezeigt, dass nur wenige Variablen stark beeinflussbar sind und somit vom Praktiker nach ökonomischen Gesichtspunkten optimal gewählt werden können. Neben den nichtbeeinflussbaren Parametern, die Gelände, Lage und den Bestand beschreiben, sind auch viele waldbauliche Parameter durch einen waldbaulich optimalen Eingriff nahezu vorgegeben. Stark beeinflussbar ist Gesamtnutzungsmenge durch die Wahl der Wirkungsfläche. Die Nutzungsintensität kann in einem gewissen Rahmen gewählt werden, wobei hier auch der vorgesehene Eingriffsturnus eine Rolle spielt. Die Variablen „Anteil Holz liegen lassen“, Mehraufwendungen die geleistet werden, sich aber erst in Zukunft auszahlen werden, Holzerntesystem, Baumbearbeitung, Erntegerät, Schlagräumung und Entlöhnungsart, sowie ob der Eingriff nach den Richtlinien „minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktionen“ bzw. „Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald“ NaiS ausgeführt wurden, sind variabel. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, dass die Variabilität durch die Rahmenbedingungen im eigenen Betrieb stark eingeschränkt sind, so beispielsweise beim Holzerntesystem. Will ein Betriebsleiter einen Schlag mit seinem eigenen Personal und dem eigenen Maschinenpark ausführen, so ist die Wahl des Gerätetyps und des Rückeverfahrens weitgehend vorgegeben.

Tabelle 5-1 Beeinflussbarkeit der Variablen

Name der Variablen	Nicht beeinflussbar	bedingt beeinflussbar	variabel
Kanton	X		
Naturgefahren	X		
Behandlungstyp / Bestand	X		
Baumartenmischung	X		
Flächenanteil der Entwicklungsstufen	X		
Geschätzter Vorrat über die gesamte Wirkungsfläche	X		
<b>Eingriffstyp</b>			
Flächenanteil der Eingriffsart		X	
Eingriffsform		X	
Eingriffsstärke		X	
Nutzungsprozent		X	
Nutzungsmenge total			X
Anteil „Holz Lieengelassen“			X
Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes	X		
Streuung der Durchmesser	X		
Eingriffsturnus		X	
Hatte der letzte Eingriff besondere Wirkungen auf den heutigen Eingriff?	X		
Wurden im aktuellen Eingriff Mehraufwendungen getätigt, die sich erst in Zukunft auszahlen werden?			X
Wirkungsfläche			X
Typ der Wirkungsfläche gemäss Typenblatt		X	
<b>Holzernte</b>			
Holzerntesystem			X
Baumbearbeitung			X
Holzerntegerät/Maschinentyp			X
Holzbringung		X	
Wegzeiten	X		
<b>Übriges</b>			
Erschwernisse	X		
Hangneigung	X		
Starke Unterschiede im Gefälle	X		
Hindernis „Gelände“:	X		
Rücksichtnahme auf vorhandene Verjüngung:		X	
<b>Sicherheit</b>			
Schlagräumung (auf % der Fläche)			X
Absperrung (Anteil an Gesamtkosten)		X	
Wartezeiten (Anteil an Gesamtkosten)		X	
Sicherungsmassnahmen (Anteil an Gesamtkosten)		X	
Anteil Bäume mit Sicherheitsholzerei	X		
Erschwernisse durch Auflagen	X		
<b>Kosten</b>			

Kostenansatz qualifiziertes Personal (Forstwart)		X	
Kostenansatz unqualifiziertes Personal		X	
Entlohnungsart			X
Kosten TOTAL			
<b>Holzerlös</b>			
Holzerlös aus dem Eingriff		X	
Verkaufte Holzmenge		X	
<b>Qualität</b>			
Der Eingriff wurde mit Hilfe des Ordners „Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion“ geplant, durchgeführt und kontrolliert.			X



## 6. Schlussfolgerungen

### 6.1 Kosten der Schutzwaldpflege – Niveau und dessen Veränderung

Wie bereits in Kapitel 5 erläutert, bewegen sich die in dieser Untersuchung ermittelten Medianwerte nach Fläche mit Fr. 223.–/Are etwa 15% über den Fr. 194.–/Are, die im Jahr 2004 mit einer wesentlichen kleineren Stichprobe errechnet worden sind. Bezogen auf die Holzmenge liegen die Werte dieser Untersuchung mit Fr. 112.–/m<sup>3</sup> mehr als 10% unter den Fr. 128.–/m<sup>3</sup> aus der Untersuchung 2004. Das Ergebnis kommt aufgrund einer unterschiedlichen Eingriffs- oder Nutzungsintensität der untersuchten Eingriffe zustande.

Die Schutzwirkung des Waldes entsteht über seine Fläche. Entsprechend muss der Pflegeeingriff darauf gerichtet sein, die Schutzfunktion über die Fläche zu erfüllen. Es wurden daher die Kosten pro Wirkungsfläche untersucht, dargestellt und diskutiert. Die Eingriffs- oder Nutzungsintensität (ausgedrückt in Kubikmeter pro Are) als eine wichtige, die Flächenkosten massgeblich beeinflussende Variable, lässt sich aber nicht auf ihre Effizienz hin beurteilen. Wie intensiv ein Eingriff im Schutzwald zu sein hat, wird von der beabsichtigten Wirkung her bestimmt. Dabei gibt es wahrscheinlich nicht eine richtige Zahl, sondern einen Bereich wirkungsvoller (=effektiver) Eingriffsintensitäten auf einer Fläche.

Die Autoren sind gegen Ende dieser Untersuchung zum Schluss gekommen, dass die Kosten pro Kubikmeter einen besseren Hinweis auf die Effizienz der Ausführung ergeben als die hier meist ausgewiesenen Flächenkosten. Es ist immer wieder aufgefallen, wie unterschiedlich die Eingriffsintensität auf der Wirkungsfläche ist. Mit einer Untersuchung der vorliegenden Art lässt sich nicht aufzeigen, ob die jeweils gewählte Eingriffsintensität für das Erzielen einer bestimmten Schutzwirkung die richtige ist. Weil über die Eingriffsintensität die Kosten wesentlich beeinflusst werden, ist diese Frage von eminenter Bedeutung. Ein nach Kubikmeterkosten höchst effizient ausgeführter Eingriff könnte aus der Perspektive der Schutzwaldpflege zu intensiv sein, damit nicht Ziel führend und erst noch zu teuer. Im umgekehrten Fall – bei zu geringer Intensität - müssten Eingriffe nach kurzer Zeit wiederholt werden. Auch dies würde zu hohe Kosten verursachen. Aus Sicht der Autoren müssten in Folgeuntersuchungen optimale Eingriffsintensitäten aus ökonomischer Sicht untersucht werden. Es wäre dann zu entscheiden, in welchem Bereich sich die öffentliche Hand an den Kosten der Pflege beteiligen will und kann. Erkannt wurde auch, dass aus der Anwendung der Anleitung zu den „minimalen Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion erkennbare Differenzen bei den Flächenkosten entstehen.

Viele der abgefragten Variablen zu den Eingriffen sind nicht oder nur bedingt beeinflussbar. Aus Sicht der Autoren gehören zu den beeinflussbaren Variablen mit Kostenwirksamkeit das Rückeverfahren (bedingt), das Erntesystem und die Art der Baumbearbeitung. Insbesondere bei letzterer konnten signifikante Unterschiede zwischen motormanueller, teilmechanisierter und vollmechanisierter Bearbeitung ausgemacht werden. Verbesserungen der Kosten dürften sich in naher Zukunft vor allem aufgrund des vermehrten Einsatzes von teilmechanisierten und vollmechanisierten Verfahren abgestimmt mit Erntesystem und Rückeverfahren ergeben.

Es war nicht möglich den Einfluss der guten Arbeitsorganisation und der rationellen Arbeitsausführung zu quantifizieren. Gewisse Hinweise ergab der Vergleich der Charakteristika der Eingriffe mit gleicher Nutzungsintensität im Kapitel 4.9 sowie die Vergleiche der günstigsten und teuersten Eingriffe bei verschiedenen Variablen. Diese Analysen deuten auf nicht unerhebliche Potenziale zur Verminderung der Kosten hin. Es wird empfohlen, die Benchmarkabklärungen vor allem auch im Hinblick auf diese Verbesserungspotenziale aufzugreifen.

## 6.2 Benchmarks

Ein wichtiges Ziel der Untersuchung, für definierte Eingriffstypen im Schutzwald Benchmarks aufzuzeigen, konnte in dieser Form nicht realisiert werden. Insbesondere ist es nicht gelungen, die vorgegebenen und die Kosten beeinflussenden Charakteristiken eines Eingriffes so weit zu eliminieren, dass schliesslich der Einfluss der beeinflussbaren Variablen Wahl der Eingriffstechnik, Arbeitsorganisation und Ausführungseffizienz erkennbar werden. Die Bildung differenzierterer Gruppen, welche die Kosten mit ausreichender Signifikanz wiedergeben, verlangt nach einer deutlich höheren Zahl von Eingriffen. Bei den Schutzwaldtypen und Eingriffsformen ergab sich statistisch keine Signifikanz.

Es kann positiv angemerkt werden, dass mit der durchgeführten Untersuchung ein reiches Zahlenmaterial vorliegt, welches sich bei aller Unsicherheit der Auswertungsergebnisse für Benchmarküberlegungen eignet. Angesichts der Komplexität der Aufgabe muss der Benchmarkgedanke in etwas angepasster Form angewendet werden. Ansätze hierzu bieten die präsentierten Resultate. Es werden insgesamt drei Vorgehensweisen vorgeschlagen.

### Orientierung an Durchschnittswerten oder Trendlinien

Dort wo aufgrund diverser Merkmalskombinationen Trendlinien mit „akzeptablem“ Sicherheitsmass gebildet werden konnten, stellen diese die Referenzgrösse dar. Wer die entsprechenden Merkmale seines Pflegeeingriffes kennt, kann die Effizienz seiner Leistung an dieser Durchschnittskurve messen. Eingriffe deren Kosten unter dieser Kurve liegen, können in erster Näherung als effizient bezeichnet werden und umgekehrt. Bei einigen Diagrammen wurden weitere Merkmale der teuersten und der kostengünstigsten Eingriffe zusammengestellt. Diese erlauben verteuernde oder kostensenkende Merkmale zu erkennen und mit den Charakteristiken der eigenen Eingriffe zu vergleichen. In diesem Sinne können etwa die gebildeten Gruppen nach eingesetzten Rückemitteln und ergänzend dazu die herausgelesenen Merkmale bei einer bestimmten Eingriffsintensität betrachtet werden. Die anhand der Eingriffsintensität von 3,0 m<sup>3</sup>/Aren gezeigten Vergleiche sind als Beispiel zu werten. Wo nach Verbesserungen gesucht wird, sollten zunächst die teuren Eingriffe ins Visier genommen werden. Gelingt es deren Kosten zu senken, werden sich auch die Durchschnitte reduzieren, bzw. die Trendlinien nach unten bewegen.

### Vergleich von Eingriffen mit ähnlichen Merkmalskombinationen

Es handelt sich hierbei um eine Weiterentwicklung des oben beschriebenen Benchmarkkonzepts. Es wurde von O. Thees in die Diskussion eingebracht. Bei der heutigen Organisation der Daten ist dieses Vorgehen mit erheblichem Aufwand verbunden. Die Autoren sind aber der Meinung, dass dies angesichts der Vielfalt der Eingriffe ein durchaus erfolgversprechendes Konzept ist. Es wäre in einem weiteren Projekt ein Verfahren, bzw. Programm zur raschen Auswahl von Eingriffen ähnlicher Merkmalskombinationen aus einer vorhandenen Stichprobenzahl zu entwickeln („next neighbour“). Im jetzigen Zeitpunkt müssen für dieses Verfahren Eingriffe mit ähnlichen Merkmalskombinationen „von Hand“ aus der Stichproben-Grundgesamtheit ausgesucht werden. Nicht zu übersehen ist, dass dieses Konzept zu definieren hat, was „Ähnlichkeit einer Variablen“ bedeutet. Der Algorithmus wäre wohl aufgrund der statistischen Signifikanzanalyse zu entwickeln. Wie hier gezeigt wurde, hat diese nicht überall die erwarteten Resultate geliefert.

### Vergleich der Eingriffe zwischen den Kantonen

Die statistische Analyse aller Stichproben erkennt die Differenzen zwischen den Kantonen als signifikant. Auch bei der Analyse nach Rückeverfahren, wird die Kantonszugehörigkeit bei der Gruppe „mobiler Seilkran“ und „Helikopterbringung“ als hoch signifikant, bei der Gruppe „konventioneller Seilkran“ als schwach signifikant erkannt. Ein Teil dieser Differenzen mag auf unterschiedliche topografische Verhältnisse sowie Unterschiede in der Waldstruktur zurückzuführen sein. Zudem dürfte es Unter-

schiede in der Erfassung und in der Rechnungslegung zwischen den Kantonen geben. Darüber hinaus bestehen aber offenbar weitere Unterschiede. Sie könnten in den für die Effizienz wichtigen Bereichen „Eingriffskonzept“ „Arbeitsorganisation“ und „rationelle Ausführung“ liegen. Es wird im Sinne des Benchmarkkonzepts empfohlen, die Hintergründe der Differenzen zwischen den Kantonen einer Überprüfung zu unterziehen. Zwei oder mehr Kantone mit ähnlichen topografischen und Waldverhältnissen könnten die Unterschiede in gemeinsamen Workshops ausleuchten.

### 6.3 Vergleich mit dem Ausland

Es wurde im Verlaufe der Untersuchung verschiedentlich der Kontakt zu ausländischen Stellen gesucht, welche sich mit Kosten der Schutzwaldpflege auseinandergesetzt haben. Letztlich sind aus Österreich gewisse Hinweise eingegangen, die aber nicht vergleichbar mit unseren Abklärungen erscheinen (vgl. auch die Angaben im Anhang).

Durch die Umfrage aufmerksam gemacht, wurden die Autoren durch Dr. Markus Schaller von der technischen Universität München kontaktiert. Er hat sein Interesse am vorliegenden Zahlenmaterial bekundet. Seine Absicht ist es, für Deutschland eine ähnliche Untersuchung durchzuführen, da nach seinen Aussagen in Deutschland bisher keine solche existiert.

Es ist nicht auszuschliessen, dass die Autoren nicht an die richtigen Adressen gelangt sind. Bei einer Weiterführung der vorliegenden Untersuchung müsste weiter nach Zahlen anderer Länder gesucht werden. Sie wären eine wichtige Kontrolle der hier gefundenen Ergebnisse.

### 6.4 Grenzen der Untersuchung

Einmal mehr hat sich im Verlaufe der Untersuchung gezeigt, dass es sich bei der Schutzwaldpflege um ein hoch komplexes System mit vielen Einflussfaktoren handelt. Um noch detailliertere Aussagen machen zu können, müsste die Anzahl der Stichproben markant erhöht werden. Zudem wäre es notwendig, die Variablen sehr genau zu erfassen. Damit diese Informationen im grossen Stil von Praktikern geliefert würden, müsste jedoch der Aufwand auf ein Minimum beschränkt bleiben. Dies wiederum würde jedoch bedingen, dass die zu erhebenden Variablen auf die bedeutendsten Einflussfaktoren zu beschränken wären, welche bis heute nicht abschliessend ermittelt werden konnten. Vereinfachungen in den folgenden Fragestellungen sind denkbar:

- Standortstyp,
- Eingriffsturnus,
- Hatte der letzte Eingriff besondere Wirkungen auf den heutigen Eingriff?
- Mehraufwendungen im aktuellen Eingriff, die sich erst in Zukunft auszahlen werden.
- Wegzeiten
- Fragen zu Erschwernissen und Sicherheitsmassnahmen sollen spätere Vergleiche ermöglichen.

Präzisierungen oder gar Erweiterungen der folgenden Art sind ebenfalls vorstellbar:

- Der Aspekt der Effizienz ist in die Erhebung aufzunehmen. Neben Angaben über die Kosten sind auch Angaben zum Zeitbedarf zu erheben. Tabelle: Zeit \* Stundenansatz = Kosten
- Die Kosten sind genauer zu definieren. Es sind auch die indirekten Kosten zu berücksichtigen.
- Es sollen auch andere Ernteverfahren erfragt werden, die im Schlag eingesetzt werden könnten.
- Die zu erhebenden Daten sind vor Beginn des Schlages bekannt zu geben.
- Holzverkauf ab Stock oder ab Waldstrasse?
- Erhebungsbogen: Nach Möglichkeit sollte die genaue Definition der Variablen direkt in den Erhebungsbogen aufgenommen werden. Es besteht der Verdacht, dass die dem Erhebungsbogen beigefügten Erläuterungen nicht immer gelesen wurden. Die Fragen sind klar zu umschreiben.

Bei der Untersuchung der Zahlen hat sich immer wieder gezeigt, dass einzelne Effekte durch andere wieder aufgehoben werden. Die Unterteilung in Untergruppen wie beispielsweise Schläge, die mit Helikopter ausgeführt wurden und eine gleiche Hangneigung aufwiesen, so konnte eine dritte Variable ermittelt werden, die einen starken Einfluss auf die Kubikmeterkosten hat. Das Problem bei dieser Auswertung war nur, dass es immer zu wenige Eingriffe einer Untergruppe hatte, um in dieser dann noch nach einer anderen Variablen zu unterteilen, um einen Vergleich anstellen zu können.

Dennoch können aus solchen Untersuchungen wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden. Diese sind jedoch nicht im Detail zu suchen, wie dies von der Praxis oft erhofft wird, sondern vielmehr als grobe Hinweise zu Tendenzen.

In der Diskussion mit den Praktikern wurde immer wieder betont, dass die Eingriffe unter den gegebenen Rahmenbedingungen vom Personal optimal ausgeführt werden und kaum mehr Einsparungen gemacht werden können. Sehr erstaunlich ist, dass in den meisten Kantonen über die einzelnen Schläge keine Abrechnung oder Nachkalkulation gemacht wird. Dies lässt etwas bezweifeln, ob bisher Optimierungsversuche auf ökonomischer Ebene unternommen wurden. Wo solche Absichten bestehen, müssen traditionelle Strukturen und Praktiken hinterfragt werden.

## **6.5 Zielsetzungen der Untersuchung und Resultate**

Entsprechend den Zielsetzungen der Studie konnte auf der Basis eines breiten Datenmaterials eine ganze Reihe von Kennziffern zur Schutzwaldpflege in der Schweiz erarbeitet werden. Die Zahlen repräsentieren Eingriffe für das Gebiet von Voralpen, Alpen und Alpensüdseite. Das Gebiet des Juras ist nur mit wenig Eingriffen abgedeckt, vereinzelt konnten Eingriffe im Mittelland dokumentiert werden.

Die Autoren sind der Ansicht, dass die Qualität der erhobenen Daten ausreicht, um aus den Resultaten der Arbeit auch Konsequenzen zu ziehen. Kritisiert wurde zum Teil das nicht explizit umschriebene Kostenmodell. Da die Umlage von Hilfskostenstellen, die Zurechnung von Folgearbeiten (z.B. Instandstellung der Strasse nach dem Eingriff) und die Einrechnung kalkulatorischer Kosten nicht explizit verlangt wurden, sind die ausgewiesenen Kosten wohl eher zu tief angesetzt. Ungenauigkeiten dürften bei einzelnen erhobenen Parametern liegen, insbesondere bei der Wirkungsfläche. Hier dürften aber gegenüber den wirklichen Werten sowohl zu tiefe wie zu hohe Werte gemeldet worden sein.

Es wurde erkannt, dass für die Effizienz der Eingriffe primär die Kosten pro Kubikmeter herbeigezogen werden müssen. Im Hinblick auf die Beurteilung der Angemessenheit der Pflegekosten pro Flächeneinheit sind genauere Vorgaben oder Hinweise zur richtigen Intensität der Eingriffe nötig. Aufgrund mangelnder Signifikanz der Variablen Schutzwaldtyp und Pflegeeingriffe auf Gesamt- und Nettokosten war es nicht möglich, die Kennziffern nach diesen Kriterien zu bilden. Aufgrund der Resultate besteht die begründete Vermutung, dass sich die Kosten pro Kubikmeter künftig durch vermehrt teilmechanisierte oder gar vollmechanisierte Baumbearbeitung reduzieren liessen.

Die Schutzwaldeingriffe erwiesen sich als ausgesprochen vielfältig. Entsprechend ist es nicht gelungen, Benchmarks im Sinne eines „erfolgreichen Praxiswertes“ (best practice) zu bestimmen. Der individuelle Einfluss der Wahl der richtigen Eingriffsart, der Wahl adäquater Mittel, einer guten Arbeitsorganisation und rationeller Ausführung konnte indessen nicht isoliert werden. Entsprechend der Anzahl der Variablen war die Zahl der Stichproben bei weitem zu klein. Dagegen hat sich herausgestellt, dass zwischen den durchschnittlichen Werten nach Kantonen durchaus Unterschiede bestehen, die wohl nicht allein mit unterschiedlichen Terrainverhältnissen begründet werden können. Hier lohnt es sich, diese Unterschiede im Sinne eines Benchmarkvergleichs zu hinterfragen.

## 6.6 Weiterführende Untersuchungen

Wie bereits aufgezeigt, hat die Untersuchung nicht ganz die erhofften Resultate gebracht, nicht alle mit dem Projekt verfolgten Erkenntnisse liessen sich auch gewinnen. Zu den 310 ausgewerteten Eingriffen liegt ein reiches Grundlagenmaterial vor, das aus Sicht der Autoren wenn immer möglich weiter ausgewertet werden sollte. Die Autoren werden sich nach Ablieferung der Arbeit mit den Begleitpersonen der Gebirgswald-Pflegegruppe sowie mit der Begleitgruppe zusammensetzen und über die Weiterentwicklung der Arbeit diskutieren. Die Vorstellungen aus dieser Diskussion sollen in einem Folgeprojekt zusammengefasst und für dieses nach einem Auftraggeber gesucht werden.

Weiterführende Untersuchung könnten auf Basis der vorliegenden Unterlagen die folgenden Fragestellungen bearbeiten:

- Weitergehende Suche nach Benchmarks auf der Basis von Rückmeldungen zu diesem Bericht.
- Bildung von Eingriffstypen gemäss Projektbeschreibung.
- Benchmarkabklärungen zwischen zwei oder mehr Kantonen mit ähnlichen Waldverhältnissen aber unterschiedlichen Kosten.
- Prüfung der Anwendbarkeit des „nearest neighbours“-Konzeptes der WSL und Erarbeiten von Benchmark-Erkenntnissen (Lemm et al., 2005).
- Überprüfung des Kostenmodells, von Auswirkungen allfälliger Unzulänglichkeiten und einer Anpassung für künftige Erhebungen.
- Überprüfung von Einzelfragen im Hinblick auf Konsequenzen aus der vorliegenden Untersuchung für den künftigen Einkauf von Schutzleistungen im Schweizer Wald.

Neue Untersuchung auf Basis der bisher gewonnenen Erkenntnisse könnten Folgendes beinhalten:

- Erweiterung der Stichprobenbasis mit dem Ziel, zusätzliche Aussagen zum Einfluss von Variablen machen zu können, bzw. die beeinflussbaren Variablen zu isolieren.
- Bestimmung der unter dem Aspekt der Schutzwaldpflege richtigen Eingriffsintensitäten, an welchen sich die öffentliche Hand künftig orientieren kann.
- Weiterführende Untersuchungen zur Frage des Zusammenhangs von Schutz- und Nutzoperation.

## 7. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Brassel, P. und Brändli, U.-B. (Red.) (1999): Schweizerisches Landesforstinventar – Ergebnisse der Zweitaufnahme 1993-1995. WSL Birmensdorf; BUWAL. Bern. Haupt. 442 Seiten.
- BUWAL (2003): 4. Synthesebericht (Ziele, Strategie, Umsetzung). Waldprogramm Schweiz. Grundlagenpapier zur 4. Sitzung des WAP-Forums vom 4. Juli 2003. Version 18. Juni 2003. 54 Seiten.
- BUWAL (2003): Bericht Schwerpunkt Schutzwald. Waldprogramm Schweiz. Arbeitsdokument. Version 16. Januar 2003.
- BUWAL (2003): Projekt zur Überarbeitung der Pauschalansätze. Eidg. Forstdirektion Bereich Förderungsmassnahmen. Kalkulationsgrundlagen und Literaturliste. unveröffentlicht.
- BUWAL (Hrsg.) (1996): Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion. Wegleitung. Vollzug Umwelt.
- BUWAL (Hrsg.) (2001): Schützen durch Nutzen, 3. Internationale Tagung zum Bergwaldprotokoll der Alpenkonvention, Maienfeld Schweiz, 22.-26. Oktober 2000. Umwelt Materialien Nr. 135 Wald. 194 S.
- Fahrni, F. et al. (2002): Erfolgreiches Benchmarking in Forschung und Entwicklung, Beschaffung und Logistik. Carl Hanser Verlag. München, Wein. 203 Seiten.
- Hofer, P., Walker, D. (2004): Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge. Schlussbericht. Geo-Partner AG und BUWAL. 43 S.
- Jaakko Pöyry Consulting (Hrsg.) (2003): Logistikstudie Schweizer Wald- und Holzindustrie. Abschlussbericht. CD-ROM.
- Lemm, R., Vogel, M., Thees, O. (2005): Eignung der k-Nearest Neighbours (kNN-)Methode zur Schätzung von Produktivitäten in der Holzernte – Grundsätzliche Überlegungen und erste Erfahrungen. In Allg. Forst- u. J.-Ztg., 176. Jg., 11/12, S. 189-200
- Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion (1996): Wegleitung / hrsg. vom Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL). – Bern : BUWAL.
- Oswald, K. et al. (2003): Verbesserung von organisatorischen Strukturen und betrieblichen Abläufen in der Holzproduktion: Fallbeispiel im Kanton Solothurn, Forstkreis Bucheggberg/ Lebern West. 198 Seiten. E-Collection ETH Zürich.
- Schwitter, R., Frehner, M., Wasser, B. (2006): Nachhaltigkeit und Erfolgskontrolle im Schutzwald. In Wald und Holz 3/06 S. 44-47.
- Weber, R., Frutig, F., Gloor M. (2004) Mechanisierte Holzernte in Steil- und Gebirgslagen. In Wald und Holz 2/04 S. 33-37.

## 8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4-1:	Kontinuierliche-Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten grafisch dargestellt.....	26
Abbildung 4-2:	Faktor-Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten grafisch dargestellt.....	27
Abbildung 4-3:	Variable mit signifikantem Einfluss auf die Kosten, die ausgeschlossen werden muss.....	28
Abbildung 4-4:	Gesamtkosten nach Nutzungsmenge .....	29
Abbildung 4-5:	<i>Gesamtkosten nach Wirkungsfläche.....</i>	30
Abbildung 4-6:	Kubikmeterkosten nach Wirkungsfläche .....	31
Abbildung 4-7:	Kubikmeterkosten nach Nutzungsmenge.....	31
Abbildung 4-8:	Nutzungsmenge in Abhängigkeit der Wirkungsfläche .....	32
Abbildung 4-9:	Nutzungsmenge in Abhängigkeit der Wirkungsfläche nach Nutzungsprozent .....	32
Abbildung 4-10:	Kosten pro Are nach Nutzungsintensität .....	33
Abbildung 4-11:	Kubikmeterkosten nach Nutzungsintensität .....	34
Abbildung 4-12:	Kosten nach Nutzungsintensität und Hangneigung .....	35
Abbildung 4-13:	Kosten nach Nutzungsintensität und Baumartenzusammensetzung .....	36
Abbildung 4-14:	Kosten nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung .....	36
Abbildung 4-15:	Kosten nach Nutzungsintensität und Holzbringung .....	37
Abbildung 4-16:	Kubikmeterkosten nach Nutzungsintensität und Holzbringung.....	38
Abbildung 4-17:	Übersichtsgrafiken der Stichproben, für die kein Rückemittel angegeben und bei denen das Holz im Wald liegen gelassen wurde. ....	39
Abbildung 4-18:	Kubikmeterkosten in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (ohne Rückemittel) .....	40
Abbildung 4-19:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenzusammensetzung (ohne Rückemittel) .....	40
Abbildung 4-20:	Übersichtsgrafiken der Stichproben, die bodengestützte Rückemittel eingesetzt haben.....	41
Abbildung 4-21:	Kubikmeterkosten in Abhängigkeit der Nutzungsmenge nach Hangneigung.....	43
Abbildung 4-22:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (nur bodengestützt) .....	43
Abbildung 4-23:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenzusammensetzung (nur bodengestützt).....	44
Abbildung 4-24:	Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung (nur Eingriffe mit bodengestützten Rückemitteln) .....	45
Abbildung 4-25:	Übersichtsgrafiken der Stichproben, die als Rückemittel den mobilen Seilkran eingesetzt haben. ....	46
Abbildung 4-26:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (nur mobiler Seilkran).....	48
Abbildung 4-27:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenmischung (nur mobiler Seilkran) .	48
Abbildung 4-28:	Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung (nur Eingriffe mit Rückemittel mobiler Seilkran).....	49
Abbildung 4-29:	Übersichtsgrafiken der Stichproben, die als Rückemittel den konventionellen Seilkran eingesetzt haben. .	50
Abbildung 4-30:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (nur konventioneller Seilkran).	52
Abbildung 4-31:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenmischung (nur konventioneller Seilkran).....	52
Abbildung 4-32:	Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung (nur Eingriffe mit Rückemittel konventioneller Seilkran) .....	53
Abbildung 4-33:	Übersichtsgrafiken der Stichproben, die als Rückemittel den Helikopter eingesetzt haben. ....	54
Abbildung 4-34:	Kubikmeterkosten in Abhängigkeit der Nutzungsmenge nach Hangneigung.....	56
Abbildung 4-35:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Hangneigung (nur Eingriffe mit Helikopter)...	56
Abbildung 4-36:	Kosten pro Are in Abhängigkeit der Nutzungsintensität nach Baumartenzusammensetzung (nur Helikopter) .....	57
Abbildung 4-37:	Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Baumbearbeitung (nur Eingriffe mit Rückemittel Helikopter).	57

Abbildung 4-38:	Nettoflächenkosten nach Nutzungsintensität und Anteil Holz liegen lassen .....	59
Abbildung 4-39:	Nettokubikmeterkosten nach Nutzungsintensität und Anteil Holz liegen lassen.....	60
Abbildung 4-40:	Kosten nach Nutzungsintensität und Kantonen.....	61
Abbildung 4-41:	Kosten nach Nutzungsintensität und einzelnen Kantonen.....	62
Abbildung 4-42:	Kubikmeterkosten in Abhängigkeit der Stundenansätze für qualifiziertes und unqualifiziertes Personal.....	62
Abbildung 4-43:	Kosten nach Nutzungsintensität und Effizienzeinschätzung.....	64
Abbildung 4-44:	Flächenkosten nach Nutzungsmenge pro Are und Anwendung des Ordners „Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktionen“ .....	65
Abbildung A 8-1:	Kosten nach Nutzungsintensität und gesamter Nutzungsmenge.....	82
Abbildung A 8-2:	Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Wirkungsfläche .....	82
Abbildung A 8-3:	Kubikmeterkosten nach Rückedistanz und Rückemethode.....	83

## 9. Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1:	Erhobene Datensätze nach Kantonen.....	12
Tabelle 3-1	Baumartenmischung .....	16
Tabelle 3-2	Entwicklungsstufe .....	16
Tabelle 3-3	Eingriffsart .....	17
Tabelle 3-4	Holzbringung .....	17
Tabelle 3-5	Eingriffsform .....	18
Tabelle 3-6	Eingriffsturnus.....	18
Tabelle 3-7	Eingriffstyp.....	18
Tabelle 3-8	Holzerntesystem .....	19
Tabelle 3-9	Baumbearbeitung .....	19
Tabelle 3-10	Entlöhnungsart.....	19
Tabelle 3-11	Qualität .....	20
Tabelle 3-12	Hangneigung .....	20
Tabelle 3-13	Unterschiede der Hangneigung im Gelände.....	20
Tabelle 3-14	Anzahl der Anwendungen .....	20
Tabelle 4-1	Die Wichtigsten Merkmale im Überblick .....	21
Tabelle 4-2	Auswertung der Eingriffskosten nach Flächen in Fr./Are nach den Merkmalen Baumart, Entwicklungsstufe und Rückemittel; Vergleich mit Werten aus dem Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ (Hofer et al., 2004)....	22
Tabelle 4-3	Auswertung der Eingriffskosten nach Mengen in Fr. /m <sup>3</sup> nach den Merkmalen Baumart, Entwicklungsstufe und Rückemittel; Vergleich mit Werten aus dem Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ (Hofer et al., 2004)....	23
Tabelle 4-4	Auswertung der Eingriffs-/Nutzungsintensitäten in m <sup>3</sup> /Are nach den Merkmalen Baumart, Entwicklungsstufe und Rückemittel; Vergleich mit Werten aus dem Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ (Hofer et al., 2004).	24
Tabelle 4-5	Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten.....	25
Tabelle 4-6	Effekt der signifikantesten kontinuierlichen Variablen auf die Gesamtkosten.....	25
Tabelle 4-7	Korrelationskoeffizienten der Signifikanten Variablen.....	28
Tabelle 4-8	Signifikante Variablen der auffallend günstigen und auffallend teuren Eingriffe .....	30
Tabelle 4-9	Vergleich der 15 Eingriffe mit den günstigsten bzw. teuersten Kubikmeterkosten.....	34
Tabelle 4-10	Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten.....	42
Tabelle 4-11	Signifikante Variablen der Eingriffe mit einer Nutzungsintensität von $3 \pm 0.25 \text{ m}^3/\text{Are}$ mit bodengestützten Rückemitteln (Reihenfolge aufsteigend nach Kosten pro m <sup>3</sup> ) .....	42
Tabelle 4-12	Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten.....	47



Tabelle 4-13	Signifikante Variablen der Eingriffe mit einer Nutzungsintensität von $3 \pm 0.25\text{m}^3/\text{Are}$ mit mobilem Seilkran (geordnet nach Kosten pro Kubikmeter) .....	47
Tabelle 4-14	Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten.....	51
Tabelle 4-15	Signifikante Variablen der Eingriffe mit einer Nutzungsintensität von $3 \pm 0.25\text{m}^3/\text{Are}$ mit konventionellem Seilkran (geordnet nach Kosten pro Kubikmeter) .....	51
Tabelle 4-16	Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Kosten.....	55
Tabelle 4-17	Signifikante Variablen der Eingriffe mit einer Nutzungsintensität von $3 \pm 0.25\text{m}^3/\text{Are}$ mit Helikopter (geordnet nach Kosten pro Kubikmeter) .....	55
Tabelle 4-18	Variablen mit signifikantem Einfluss auf die Nettokosten.....	58
Tabelle 4-19	Gründe weshalb nicht mehr im Wald liegen blieb.....	58
Tabelle 4-20	Auswertung der Eingriffskosten nach Flächen in Fr./Are und Nutzungsmenge Fr./m <sup>3</sup> sowie der Eingriffsintensität nach dem Merkmal Effizienz.....	64
Tabelle 4-21	Auswertung der Eingriffskosten nach Flächen in Fr./Are und Nutzungsmenge Fr./m <sup>3</sup> sowie der Eingriffsintensität nach dem Merkmal Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktionen .....	66
Tabelle 5-1	Beeinflussbarkeit der Variablen.....	71
Tabelle A 10-1	Einige Kosten aus Österreich im Überblick (Durchschnittswerte der Jahre 2004 und 2005).....	84

## 10. Anhänge

### 10.1 Anhang A: Weitere Resultate und Grafiken

Abbildung A 10-1: Kosten nach Nutzungsintensität und gesamter Nutzungsmenge

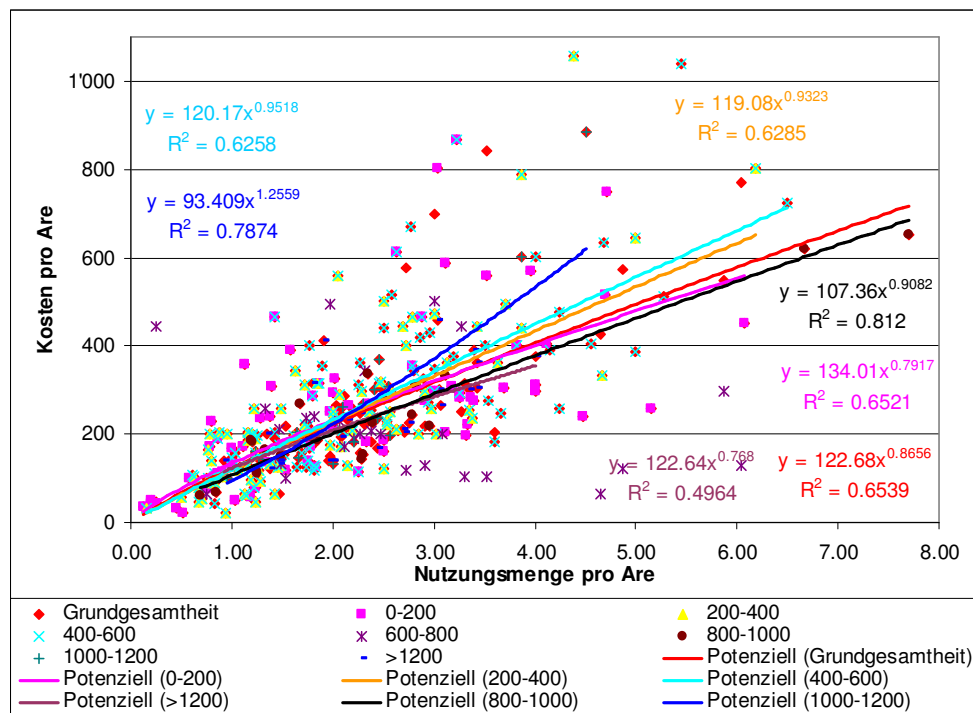
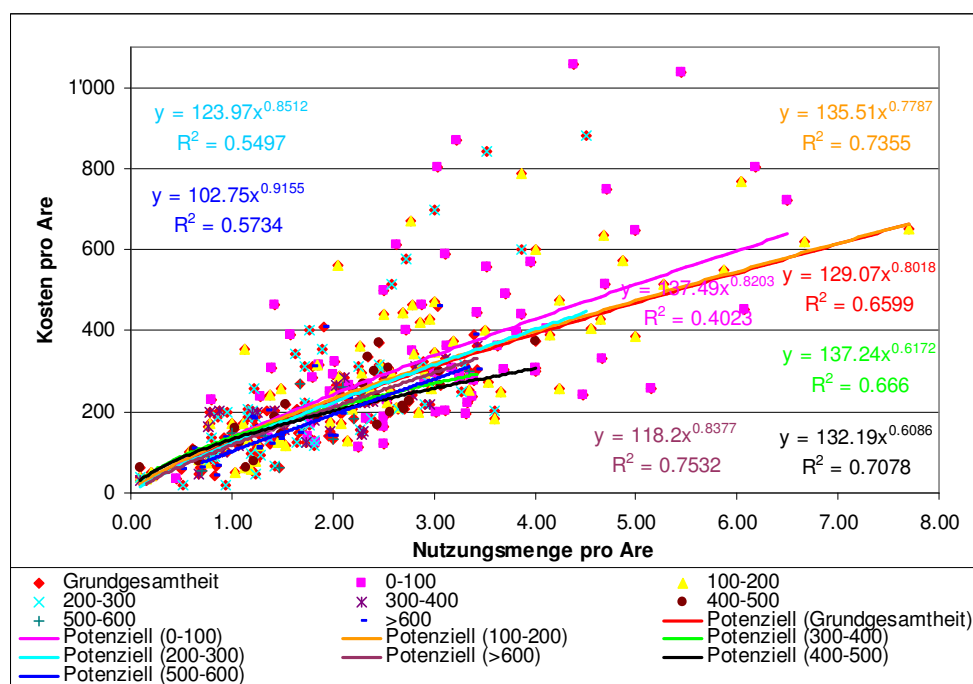


Abbildung 4-4 zeigt einen linearen Zusammenhang zwischen Gesamtkosten und Nutzungsmenge. Abbildung A 10-1 bestätigt mithin die Erwartung, dass höhere Nutzungsmengen keine günstigeren Eingriffskosten pro Flächeneinheit ergeben.

Abbildung A 10-2: Kosten pro Are nach Nutzungsintensität und Wirkungsfläche



Der in Abbildung A 10-2 aufgezeigte Zusammenhang von Gesamtkosten und Ausdehnung der Wirkungsfläche wird hier im Wesentlichen bestätigt. Zwar liegen die Regressionskurven nach unterschiedlicher Ausdehnung der gepflegten Wirkungsflächen nicht in einer ganz logischen Reihenfolge. Immerhin sind die Kurven mit kleineren Wirkungsflächen die eher teureren, diejenigen mit Flächen grösser 300 Aren die günstigeren.

Abbildung A 10-3: Kubikmeterkosten nach Rückedistanz und Rückemethode

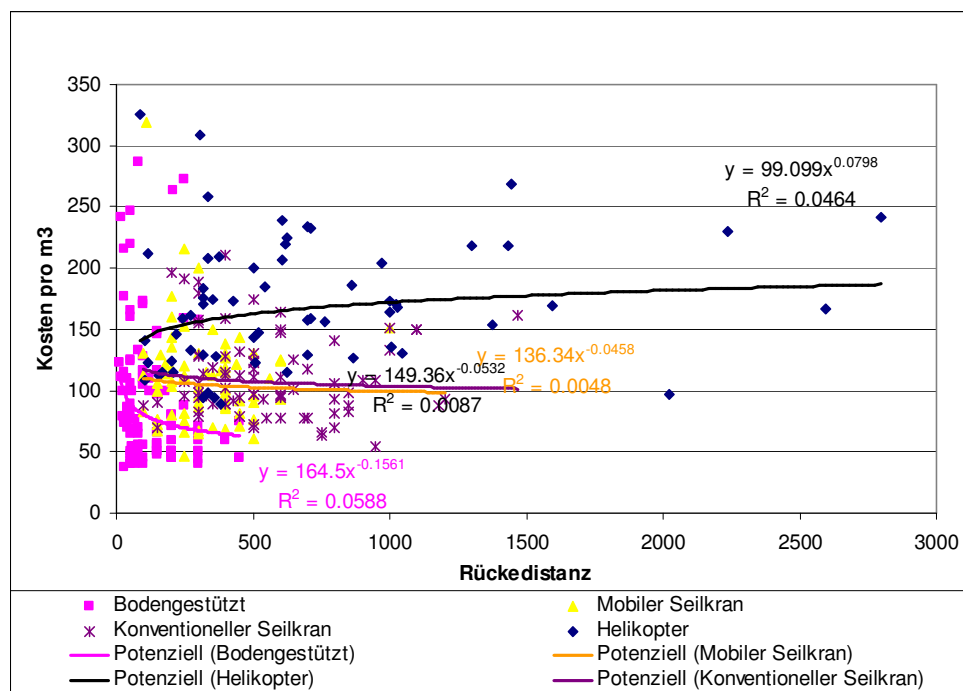


Abbildung A 10-3 zeigt die Kubikmeterkosten nach Rückedistanz und Rückemethode. In der Darstellung gruppieren sich die Kubikmeterkosten nach Rückemethode. Dies ist nachvollziehbar, denn Rückemittel werden in Abhängigkeit der Rückedistanz gewählt. Bei kurzen Distanzen bis 500m wird häufig bodengestützt gerückt, für längere Distanzen zwischen 500m bis 1500m wird mehrheitlich der Seilkran eingesetzt. Der konventionelle Seilkran wird tendenziell für längere Distanzen verwendet. Für die Wahl des Helikopters sind in der Regel andere Gründe wie Erschliessung und Arbeitssicherheit sowie phytosanitäre Massnahmen massgebend. Die Distanz spielt eine eher untergeordnete Rolle. Ein Grossteil des ausgeflogenen Holzes stammt aus Zwangsnutzungen. Das Bestimmtheitsmass der Kurven ist allerdings gering.

## 10.2 Anhang B: Vergleich mit dem Ausland

Vergleichbare Untersuchungen im nahen Ausland konnten keine gefunden werden. Persönliche Anfrage bei den entsprechenden Stellen in Deutschland, Österreich und Frankreich zeigten, dass die Idee des Benchmarkprojektes auf grosses Interesse stösst. Obwohl sehr viele Untersuchungen zur Gebirgswaldpflege in den letzten Jahren lanciert wurden, stand der ökonomische Aspekt in den Gebirgswäldern bis heute im Hintergrund. Ein Optimierungsprozess sei jedoch auch in den Gebirgswäldern sehr wichtig. Die TU München hat aus der Anregung bereits ein Benchmarkprojekt lanciert, das solche Kennzahlen in den Schutzwäldern ermitteln soll.

### Deutschland

- Christina Bauer, keine Daten bekannt, Vermittlung an:

- Dr. Franz Binder, keine Untersuchungen aus diesem Bereich bekannt. Anfrage wurde an Herrn Moog, TU München weitergeleitet.
- Moog, TU München, Weiterleitung an:
- Dr. Markus Schaller, keine Zahlen bekannt. Sie haben jedoch die Idee aufgenommen und planen eine Untersuchung zur Ermittlung von Kennzahlen zu den Kosten im Schutzwald.

### Österreich

- Kurt Ziegner, Landesforstdirektion Tirol. Ihm sind keine solchen Untersuchungen bekannt. Verweis an:
- Dr. Weiss Gerhard, Universität für Bodenkultur Wien: Ihm sind keine solchen Untersuchungen bekannt, verweis an:
- Dr. Walter Sekot, Universität für Bodenkultur Wien: Verfügen über keine Zahlen Verweis an Dr. Norber Putzgruber, ÖBf AG
- Dr. Albert Knieling, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

*Tabelle A 10-1 Einige Kosten aus Österreich im Überblick (Durchschnittswerte der Jahre 2004 und 2005)*

Aufforstung incl. Nachbesserung	€ 3'000.-/ha
bei Eigenleistung	€ 2'500.-/ha
Jungwuchspflege	€ 300.- bis 500.-/ha
Läuterung	€ 600.- bis 1.200.-/ha
Durchforstung	€ 2'000.-/ha
Fällung	€ 10.-/fm
Seilung	€ 23.-/fm
Hubschrauberbringung für Rundholz	€ 37.-/fm max. € 60.-/fm

Die Eigenleistung für bäuerliche Akkordanten wird mit € 9.50 kalkuliert, für Forstfacharbeiter gilt der Höchstsatz von € 24.80 (incl. Lohnnebenkosten).

- Bernhard Maier: Es sind ihm keine solchen Untersuchungen bekannt. Weiterleitung an Herbert Erhart vom Amt der Vorarlberger Landesregierung, ist für sämtliche forstliche Förderungen im Land zuständig und kann am ehesten auf repräsentative Zahlen zurückgreifen
- Herbert Erhart:

### Frankreich

Keine Untersuchungen gefunden und keine Rückmeldungen erhalten.

### 10.3 Anhang C1 Formular zur Erfassung kostenrelevanter Faktoren

<b>Allgemeine Angaben</b>	
Kanton.....	Gemeinde/Revier.....
Eingriff/Projekt.....	Eingriffsjahr.....
Ausgefüllt durch.....	E-Mail.....
Telefonnummer.....	Mobiltelefon.....

## 1 Schutzwaldtyp

<b>11</b>	<b>Zieltyp</b>	
<b>111</b>	<b>Standortstyp</b>	
<b>112</b>	<b>Naturgefahren</b>	vorherrschend      weitere Gefahren
	Lawinen.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Rutschungen, Erosion, Murgänge.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Steinschlag.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	Wildbach, Hochwasser.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
<b>12</b>	<b>Behandlungstyp / Bestand</b>	
<b>121</b>	<b>Baumartenmischung</b>	
	Laubholz: Lbh-Anteil > 70% .....	<input type="checkbox"/>
	Nadelholz: Ndh-Anteil > 70% .....	<input type="checkbox"/>
	gemischt: übrige Bestände.....	<input type="checkbox"/>
<b>122</b>	<b>Flächenanteil der Entwicklungsstufen (Einteilung gemäss LFI)</b>	
	Jungwuchs/Dickung .....	_____ %
	Stangenholz .....	_____ %
	Baumholz 1 .....	_____ %
	Baumholz 2/3 .....	_____ %
	Stufiger Bestand.....	_____ %
	Niederwald.....	_____ %
<b>123</b>	<b>Geschätzter Vorrat über die gesamte Wirkungsfläche .....</b>	<b>Sv/ha</b>

## 2 Eingriffstyp

<b>21</b>	<b>Flächenanteil der Eingriffsart</b>	
	Haupteingriffe:	
	Jungwuchs-Dickungspflege.....	_____ %
	Stangenholzpflge.....	_____ %
	Stabilitätspflege.....	_____ %
	Verjüngungshieb.....	_____ %
	Umwandlung des Bestandes .....	_____ %
	Zwangsnutzung.....	_____ %
	Beiläufig vollzogene Eingriffe:	
<b>22</b>	<b>Eingriffsform</b>	
	Einzelstammweise .....	<input type="checkbox"/>
	Verjüngungsschlitz .....	<input type="checkbox"/>
	Gruppen/Rotten.....	<input type="checkbox"/>
	flächendeckend .....	<input type="checkbox"/>

<b>23</b>	<b>Eingriffsstärke</b>		
	Nutzungsprozent .....		%
	Nutzungsmenge total .....		m <sup>3</sup>
<b>24</b>	Anteil „Holz Liegengelassen“ .....		%
	Davon im Bestand entrindet .....		%
	Gründe, weshalb nicht mehr Holz im Bestand liegengelassen wurde:		
<b>25</b>	<b>Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes</b> .....		m <sup>3</sup>
	Streuung der Durchmesser.....gross <input type="checkbox"/>		klein <input type="checkbox"/>
<b>26</b>	<b>Eingriffsturnus</b>		
	letzter Eingriff vor:	nächster Eingriff in:	
	<input type="checkbox"/> < 10 Jahren	<input type="checkbox"/> < 10 Jahren	
	<input type="checkbox"/> 10 bis 20 Jahren	<input type="checkbox"/> 10 bis 20 Jahren	
	<input type="checkbox"/> 20 bis 30 Jahren	<input type="checkbox"/> 20 bis 30 Jahren	
	<input type="checkbox"/> > 30 Jahren	<input type="checkbox"/> > 30 Jahren	
27	Hatte der letzte Eingriff besondere Wirkungen auf den heutigen Eingriff?		
	Wurden im aktuellen Eingriff Mehraufwendungen getätigt, die sich erst in Zukunft auszahlen werden? .....		
<b>28</b>	<b>Wirkungsfläche</b> .....		a
29	Typ der Wirkungsfläche gemäss Typenblatt ... Typ: A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> anderer <input type="checkbox"/>		

<b>3</b>	<b>Holzernte</b>		
<b>31</b>	<b>Holzerntesystem</b>		
	Ganzbaum.....		<input type="checkbox"/>
	Rohschaft.....		<input type="checkbox"/>
	Sortiment.....		<input type="checkbox"/>
<b>32</b>	<b>Baumbearbeitung</b>		
	Motor-manuell .....		<input type="checkbox"/>
	Teilmechanisiert .....		<input type="checkbox"/>
	Vollmechanisiert .....		<input type="checkbox"/>
<b>33</b>	Holzerntegerät/Maschinentyp .....		
<b>34</b>	<b>Holzbringung</b>		
	Bodengestützt .....		m
	Seilgestützt.....		m
	mobiler Seilkran .....	konventioneller Seilkran .....	<input type="checkbox"/>
	Rücken bergauf.....	Rücken bergab .....	<input type="checkbox"/>
	Luftgestützt:		
	Mittlere vertikale und horizontale Flugdistanz bis Absenplatz. v ____ m		h ____ m
	Mittlere Rotationszeit		min
<b>35</b>	<b>Vorführ-Distanz und -Menge</b> ..... m		fm
<b>36</b>	<b>Wegzeiten</b>		
	Anfahrtszeit .....		min
	Anmarschzeit .....		min
	Zusätzliche Marschzeit in der Wirkungsfläche .....		min

<b>4</b>	<b>Übriges</b>		
<b>41</b>	<b>Erschwernisse</b>		
	Hangneigung .....		_____ %
	Starke Unterschiede im Gefälle .....	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
	Hindernis „Gelände“:		
	Geschätzter Mehraufwand (sofern über 5.- CHF/m³ oder 10% der Gesamtkosten) .....		_____
	Art der Hindernisse	_____	
	Rücksichtnahme auf vorhandene Verjüngung:		
	Geschätzter Mehraufwand (sofern über 5.- CHF/m³ oder 10% der Gesamtkosten) .....		_____
<b>42</b>	<b>Sicherheit</b>		
	Schlagräumung (auf % der Fläche) .....		_____ %
	Absperrung (Anteil an Gesamtkosten) .....		_____ %
	Wartezeiten (Anteil an Gesamtkosten) .....		_____ %
	Sicherungsmassnahmen (Anteil an Gesamtkosten) .....		_____ %
	Art der Sicherungs- massnahmen:	_____	
	Anteil Bäume mit Sicherheitsholzerei .....		_____ %
<b>43</b>	Erschwernisse durch Auflagen _____		

<b>5</b>	<b>Kosten</b>		
<b>51</b>	Personalkosten .....		_____ CHF
	Kostenansatz qualifiziertes Personal (Forstwart) .....		_____ CHF/Std
	Kostenansatz unqualifiziertes Personal .....		_____ CHF/Std
<b>52</b>	Maschinenkosten .....		_____ CHF
<b>53</b>	Kosten Dritter .....		_____ CHF
<b>54</b>	Entlöhnungsart..... <input type="checkbox"/> pauschal <input type="checkbox"/> in Regie <input type="checkbox"/> in Akord		
<b>55</b>	Kosten Fällen .....		_____ CHF
	Entrinden und Positionieren für im Bestand bleibendes Holz .....		_____ CHF
	Kosten Aufrüsten .....		_____ CHF
	Kosten Rücken .....		_____ CHF
	Kosten Übriges .....		_____ CHF
<b>56</b>	<b>Kosten TOTAL</b> .....		_____ <b>CHF</b>

<b>6</b>	<b>Holzerlös</b>		
<b>61</b>	Holzerlös aus dem Eingriff .....		_____ CHF
	Verkaufte Holzmenge .....		_____ fm

<b>7</b>	<b>Qualität</b>		
<b>71</b>	Der Eingriff wurde mit Hilfe des Ordners „Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion“ geplant, durchgeführt und kontrolliert.	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
	Eingriff war waldbaulich zielführend .....	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
	Qualität der Arbeitsausführung ist befriedigend .....	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	
	Entstandene Schäden _____		

<b>8</b>	<b>Besonderheiten zum Eingriff, Gründe für hohe bzw. tiefe Kosten</b>	
	.....	
	.....	
	.....	
	.....	
<b>9</b>	<b>Bemerkungen</b>	
	.....	
	.....	
	.....	
	.....	
	.....	

Das vorliegende Erhebungsformular wurde von GEO Partner AG im Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ der Forstdirektion entwickelt und im Hinblick auf das Projekt „Benchmarks zur Schutzwaldpflege in der Schweiz“ im Mai 2005 angepasst.



## 10.4 Anhang C2 Erläuterung der Kriterien zur Typologie der Schutzwälder

<b>1</b>	<b>Schutzwaldtyp</b>
<b>11</b>	<b>Zieltyp</b>
<b>111</b>	<b>Pflanzengesellschaft/Standortstyp</b>
	Name oder Nummer des Vegetationstyps gemäss Standortkartierung. Sollte keine Standortskarte bestehen und ist der Standort nicht eindeutig, genügt die Höhenstufe gemäss NaiS.
<b>112</b>	<b>Naturgefahren</b>
	Vorherrschende Naturgefahr angeben, sowie falls weitere Naturgefahren vorhanden sind unter „weitere Gefahren“ ankreuzen.
<b>12</b>	<b>Behandlungstyp / Bestand</b>
<b>121</b>	<b>Baumartenmischung</b>
	Ein Bestand wird als Laubholz bezeichnet, wenn der Deckungsgrad des Laubholzes mehr als 70% beträgt. Ein Bestand wird als Nadelholz bezeichnet, wenn der Deckungsgrad des Nadelholzes mehr als 70% beträgt. Die übrigen Bestände fallen unter gemischte Bestände. (Deckungsgrad ist gemäss LFI folgendermassen definiert: Verhältnis der durch die vertikalen Kronenprojektionen überschirmte Fläche zur Gesamtfläche)
<b>122</b>	<b>Flächenanteil der Entwicklungsstufen</b>
Allgemein	Anteil der vorhandenen Entwicklungsstufe auf der Wirkungsfläche in Prozent. Einteilung gemäss LFI: (Jw/Di: <12cm BHD, SH: 12-30cm BHD, BH1: 31-40cm BHD, BH2/3: >40cm BHD) stufig: bei plenterartigem Bestandesaufbau oder falls mehrere kleine Bestände (Horst) verschiedener Entwicklungsstufen nebeneinander/ mosaikartig vorkommen.
<b>123</b>	<b>Geschätzter Vorrat über gesamte Wirkungsfläche</b>
	Geschätzt oder gemäss Angaben aus Projektunterlagen oder Betriebsplanung vor dem Eingriff. Beachte hierzu auch Punkt 28, sowie beigelegtes Typenblatt zur Wirkungsfläche.

<b>2</b>	<b>Eingriffstyp</b>
<b>21</b>	<b>Eingriffsart</b>
Haupt-/Nebeneingriff	Im Schutzwald werden oft gleichzeitig verschiedene Massnahmen ergriffen. Gefragt ist einerseits der Haupteingriff (Flächenmässiger Anteil der verschiedenen Eingriffsarten) sowie Eingriffe, die beiläufig getätigt wurden.
Jw-Di-Pflege	Eingriff in Beständen <12cm BHD
Stangenholzpflge	Eingriff in Beständen 12-30cm BHD
Stabilitätspflege	Eingriff zur Stabilisierung des Bestandes.
Verjüngungshieb	Eingriff zur Einleitung oder Abdeckung der Verjüngung.
Umwandlung des Bestandes	Eingriffe, um Bestandesform zu ändern, beispielsweise Umwandlung von Hoch- in Niederwald oder Plenterwald.
Zwangsnutzung	Eingriffe, die aus unvorhersehbaren Gründen dringlich vollzogen werden mussten. Beispielsweise phytosanitäre Massnahmen.
<b>22</b>	<b>Eingriffsform</b>
	In welcher Weise erfolgt der Eingriff? Einzelstammweise, als Verjüngungsschlitze, in Kleingruppen/ Rotten oder flächendeckend.
<b>23</b>	<b>Eingriffsstärke</b>
	Nutzungsprozent auf der Wirkungsfläche: Geschätzt oder Herleitung über Vorrat und Nutzungsmenge.
	Nutzungsmenge: gemäss Anzeichnungsprotokoll oder geschätzt über Holz-/ Verkaufsliste.
<b>24</b>	Anteil Liegenlassen: Geschätzt oder Herleitung über Anzeichnungsprotokoll und Sortimentsliste des Verkaufs. Falls das Holz im Bestand entrindeet werden musste, Anteil angeben. Gründe zur Entnahme des Holzes können sein: Schwere Begehrbarkeit, phytosanitäre Gründe, Nutzung des Rohstoffes, Sicherheit etc.
<b>25</b>	<b>Mittelstamm des ausscheidenden Bestandes</b>

	Gemäss Holz-/Verkaufsliste. Mit der Angabe über die Durchmesserstreuung kann eine Aussage über Durchmesser- verteilung gemacht werden.
<b>26</b>	<b>Eingriffsturnus</b>
	Diese Information soll zeigen, wie lange kein Eingriff mehr notwendig war, und ob der jetzige Eingriff so vorgenommen wurde, dass für mehrere Jahre kein Eingriff mehr stattfinden muss. - letzter Eingriff: falls bekannt oder geschätzt - nächster Eingriff: gemäss waldbaulicher Planung oder geschätzt
<b>27</b>	Angabe über Faktoren, die sich aus vorherigen Schlägen auswirken bzw. welche sich auf zukünftige Eingriffe auswirken werden. - Beispiel für positive Wirkung: Klar differenzierte Z-Bäume, Beispiel für negative Wirkung: Schlechte Begehrbarkeit wegen unverrotteten Stämmen - Beispielsweise Jungwuchspflege, Ausstossen von Maschinenwegen etc
<b>28</b>	<b>Gesamte Wirkungsfläche</b>
Allgemein	Da bei der Auswertung die erfassten Parameter auf die Fläche bezogen werden, ist die Wirkungsfläche eine entscheidende Grösse. Ihre Berechnung soll dementspre- chend sorgfältig erfolgen. Gesucht ist die gesamte Behandlungsfläche. Erfolgt beispielsweise der Eingriff in Form von Verjüngungsschlitten, so ist nicht die Summe der Verjüngungsschlitten massgebend, sondern die gesamte Fläche, die durch den Eingriff eine Pflegewir- kung erhält. Siehe dazu auch Typenblatt zur Wirkungsfläche. Herleitung über Pläne (z.B. Bestandskarte 1:5000) oder einfache Berechnung (Bsp. Seilkran: Länge der Seillinie multipliziert mit geschätzter Breite des Eingriffs links und rechts der Seillinie)
<b>29</b>	Gemäss beiliegendem Typenblatt können vier Haupttypen von Eingriffen unter- schieden werden. Markieren Sie den Typ, der ihrem Eingriff am ehesten ent- spricht.

<b>3</b>	<b>Holzernte</b>
<b>31</b>	<b>Holzerntesystem</b>
Ganzbaum	Fällen und ev. Abzopfen im Bestand; Entasten und Ablängen des Baumes erfolgt nach dem Rückevorgang zentralisiert.
Rohschaft	Fällen und Entasten (grösster Teil) und Abzopfen des Baumes erfolgt im Bestand; Einschneiden (ev. restliches Entasten) erfolgt auf dem Abladeplatz bzw. Aufarbei- tungsplatz.
Sortiment	Fällen, Entasten und Ablängen des Baumes erfolgt im Bestand/ am Fällort.
<b>32</b>	<b>Baumbearbeitung</b>
Motor-manuell	Fällen, Entasten, Abzopfen und Ablängen mit Motorsäge
Teilmechanisiert	Fällen mit Motorsäge Entasten, Ablängen, Abzopfen, (Einmessen) mit dem Prozessor
vollmechanisiert	Fällen, Entasten, Einschneiden, Abzopfen, (Vorrücken und Einmessen) mit Vol- lernter (Harvester)
<b>33</b>	<b>Holzerntegerät / Maschinentyp</b>
	Eingesetzte Maschinentypen nennen, beispielsweise Gebirgsharvester.

<b>34</b>	<b>Holzbringung</b>
Allgemein	Mittlere Rückedistanz in Meter an die Waldstrasse bzw. den Lagerplatz.
Bodengestützt	Traktor: Zuzugsdistanz plus Schleppdistanz bis zur Waldstrasse. Forwarder: Transportdistanz bis zur Waldstrasse.
Seilgestützt	Transportdistanz bis zur Waldstrasse, KSK/MSK, Rückeverfahren bergauf/bergab.
Luftgestützt	Helikopter: vertikale und horizontale Flugdistanz bis zum Absenkplatz. Rotationszeit: (Absenkplatz–Aufnahmestelle–Absenkplatz).
<b>35</b>	<b>Vorführ-Distanz und -Menge</b>
Allgemein	Mittlere Vorführdistanz in Meter - falls nach Abschluss der Baumbearbeitung und dem Rückevorgang an die Waldstrasse ein separater Transport an die nächste LkW-befahrte Strasse notwendig oder weil kein Platz auf Waldstrasse vorhanden ist. - unabhängig vom Transportmittel (Forwarder, Traktor-Anhängerzug, kleiner LkW)

<b>36</b>	<b>Wegzeit</b>
Anfahrtszeit:	Mittlere Anfahrtszeit (Hin- und Rückweg) von Werkhof bis zum Arbeitsgebiet.
Anmarschzeit:	Mittlere Anmarschzeit (Hin- und Rückmarsch) von befahrbarer Strasse bis zum Arbeitsort.
Marschzeit in der Wirkungsfläche	Durchschnitt der Fussmärsche, die auf einer Wirkungsfläche mit erheblicher Ausdehnung regelmässig zurückgelegt werden müssen.

<b>4</b>	<b>Übriges</b>
<b>41</b>	<b>Erschwernisse</b>
Hangneigung	Durchschnittsgefälle in der Eingriffsfläche (z.B. gemäss Bestandeskarte 1:5'000)
	Angabe über starke Unterschiede in der Hangneigung im Bereich der Wirkungsfläche, welche durch das Durchschnittsgefälle nicht zum Vorschein kommen.
Gelände	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falls aufgrund von Hindernissen im Gelände zusätzlicher Aufwand von über 5.- CHF/m<sup>3</sup> (oder &gt; 10% der Gesamtkosten) hervorgerufen wurden</li> <li>- Art der Hindernisse (unvollständig): Blöcke, Blockschutt, Felsbänder, Karst, Gräben etc.</li> <li>- Ungenügende Tragfähigkeit des Bodens macht das Rücken z.B. mit Seilkran notwendig</li> </ul>
Verjüngung	Falls bei der Holzernte auf die vorhandene Verjüngung speziell Rücksicht genommen werden musste und dadurch zusätzlicher Aufwand von über 5.- CHF/m <sup>3</sup> (oder > 10% der Gesamtkosten) hervorgerufen wurden
<b>42</b>	<b>Sicherheit</b>
Schlagräumung	Schätzung des Flächenanteils, auf dem der Schlagabraum entfernt worden ist. Dazu gehört auch das Ausräumen von Gräben sowie das Freilegen von Strassen und Begehungswegen.
Absperrung	Schätzung des Anteils an den Gesamtkosten für Absperr-Massnahmen von Strassen oder Wegen.
Wartezeiten	Schätzung des Anteils an den Gesamtkosten durch Wartezeiten oberhalb Verkehrswegen (Strasse, Bahn).
Sicherungs-massnahmen	Schätzung des Anteils an den Gesamtkosten für: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sicherung von Blöcken/Steinen oder Bäumen (z.B. Einziehen quer zur Falllinie, nicht Sicherheitsholzerei),</li> <li>- das Anbringen von Schutznetzen oberhalb Häusern, Strassen, Bahnen und anderen Infrastrukturanlagen.</li> </ul>

Sicherheits-holzerei	Schätzung Anteil Bäume mit speziellem Aufwand für Installation Rückhalteseile, stehend Aufasten, Stumpen etc. <ul style="list-style-type: none"> <li>- „Hänger“, schwere Buchen, etc.</li> </ul> Holzerei entlang Leitungsmasten, Seilbahnen, Skiliften und anderen Infrastrukturanlagen
<b>43</b>	<b>Erschwernisse durch Auflagen</b>
	Tourismus, Quellgebiete, Auerhuhnruhezone, Brutzeiten etc.

<b>5</b>	<b>Kosten</b>
	Falls bei der Nachkalkulation unterschieden wird zwischen Personal- und Maschinenkosten sowie der in Rechnung gestellte Aufwand an Dritte (Forstunternehmer, Helikopter etc.) getrennt ausweisen.
51	Die im Betrieb verwendeten Kostenansätze für die wichtigsten Kategorien: qualifiziertes Personal: Forstwart unqualifiziertes Personal: Angelernte Arbeiter
55	Zur Unterscheidung von Nutz- und Schutzfunktion ist es wichtig die Kosten der verschiedenen Schritte der Holzernte getrennt auszuweisen.
56	Ist es nicht möglich, die Kosten den einzelnen Schritten zuzuordnen, so sind die Kosten total anzugeben.

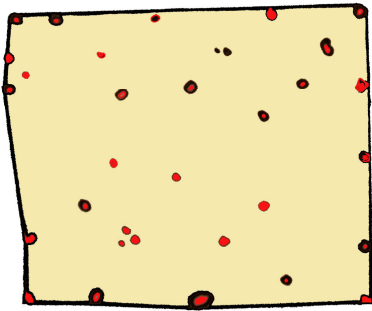



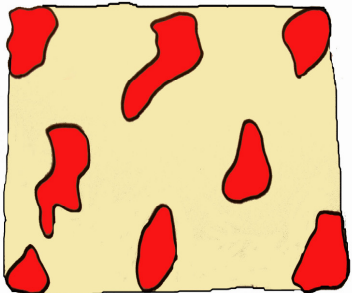



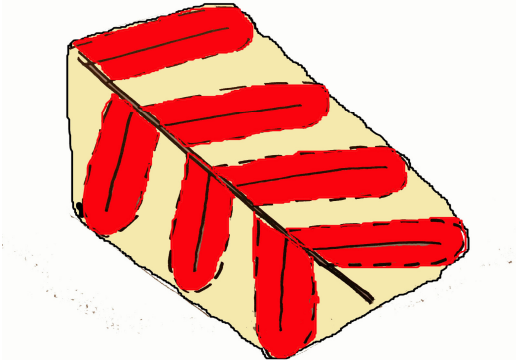



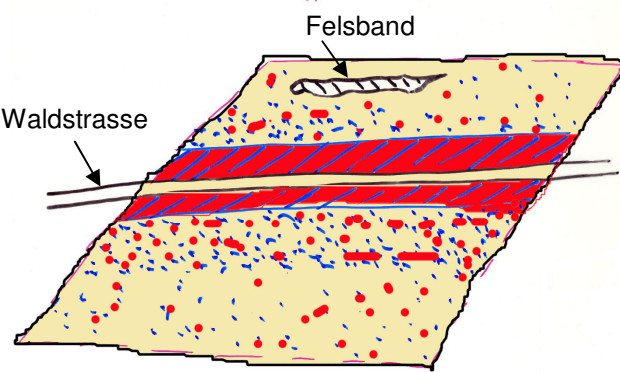



<b>6</b>	<b>Holzerlös</b>
61	Soweit Holz aus dem Schutzwaldpflegeeingriff verkauft wurde, ist der erzielte Holzerlös über alle Sortimenten hinweg anzugeben. Gesucht ist auch die verkaufte Holzmenge.

<b>7</b>	<b>Qualität</b>
	Angaben, ob die Eingriffe nach den Richtwerten gemäss Wegleitung „Minimale Pflegemassnahmen für Wälder mit Schutzfunktion“ bzw. NaiS geplant, durchgeführt und kontrolliert wurden. Führt der Eingriff zum waldbaulichen Ziel? Wie ist die Arbeitsausführung? Sind im Rahmen der Ausführung Schäden entstanden?

<b>8/9</b>	<b>Besonderheiten zum Eingriff / Bemerkungen</b>
	Besonderheiten zum Eingriff. Welche Gründe führten dazu, dass ein Eingriff besonders effizient und kostengünstig erfolgte? Welche Faktoren waren Kostentreiber? Beispielsweise Mehraufwendungen wegen Arbeitsunterbrüchen bei Wetterumschwüngen; schwieriger Holzlagerung am Arbeitsort; Konzentration des Unternehmereinsatzes. Wurde die Nutzmenge durch die minimal zu tätigende Schutzwaldpflege oder durch maximal erlaubte Nutzungsmenge bestimmt? Weitere Bemerkungen.

Das vorliegende Erhebungsformular wurde von GEO Partner AG im Projekt „Aktuelle Kosten der Schutzwaldpflege im Gebirge“ der Forstdirektion entwickelt und im Hinblick auf das Projekt „Benchmarks zur Schutzwaldpflege in der Schweiz“ im Mai 2005 angepasst.

## 10.5 Anhang C3 Typenblatt zur Wirkungsfläche

	<p>Typ A: Entnahme von Einzelbäumen verteilt über die gesamte Wirkungsfläche</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Entnommene Bäume</li> <li> Mantellinie</li> <li> Wirkungsfläche</li> </ul>
	<p>Typ B: Entnahme von ganzen Rotten, verteilt auf die gesamte Wirkungsfläche.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Reine Eingriffsfläche</li> <li> Mantellinie</li> <li> Wirkungsfläche</li> </ul>
	<p>Typ C: Streifenförmige Eingriffe beispielsweise entlang von Seillinien.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Reine Eingriffsfläche</li> <li> Mantellinie</li> <li> Wirkungsfläche</li> </ul>
	<p>Typ D: Inhomogene Eingriffsintensität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Reine Eingriffsfläche</li> <li> Mantellinie</li> <li> Wirkungsfläche</li> </ul>