

Der Einfluß waldbaulicher Maßnahmen auf die Sproßgewichte von Naturverjüngungspflanzen im Bergmischwald

Biometrische Auswertung eines waldbaulichen Versuches

H. El Kateb



**Der Einfluß waldbaulicher Maßnahmen auf die Sproßgewichte
von Naturverjüngungspflanzen im Bergmischwald**

Biometrische Auswertung eines waldbaulichen Versuches

by

Hany El Kateb

**Thesis submitted for the degree of Master of Science
in Forestry at the University of Stellenbosch.**

May 1990

I the undersigned hereby declare that the work contained in this thesis is my own original work and has not previously in its entirety or in part been submitted at any university for a degree.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen eines im Jahre 1976 vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München groß angelegten Projektes zur Erforschung der Verjüngungsprozesse im Bergmischwald. Aus dem gesamten Forschungsvorhaben wurde im Jahre 1986 für diese Studie ein Ausschnitt aus dem umfangreichen Datenmaterial ausgewählt.

Dem Initiator des Forschungsprojektes Herrn Prof. Dr. P. Burschel, an dessen Lehrstuhl ich seit 1977 tätig bin, gilt für die Überlassung des Themas, die stete Förderung der Arbeit und seine wertvollen Ratschläge mein ganz besonderer, herzlicher Dank.

Herrn Prof. Dr. A. van Laar bin ich für seine vielfältige Unterstützung, eingehende Beratung und großzügige Betreuung zu größtem Dank verpflichtet. Ihm und seiner Frau möchte ich für die gastfreundliche Aufnahme während meines Aufenthaltes in Stellenbosch herzlich danken.

Herrn Prof. Dr. F. Franz und Herrn Prof. Dr. H. Quednau schulde ich für die interessanten Diskussionen und die wichtigen Hinweise großen Dank.

Meinem langjährigen Kollegen und Wegbegleiter Herrn Forstober-
rat Dr. R. Mosandl, der mir stets einen wertvollen Rückhalt gab, danke ich für die zahlreichen Anregungen und die kritische Durchsicht des Manuskriptes besonders herzlich.

Herrn Prof. K. von Gadow möchte ich aufrichtigen Dank sagen für die moralische Rückenstärkung und ständige Hilfsbereitschaft während meines Aufenthaltes in Südafrika.

Für die großzügige Unterstützung, die kritischen Stellungnahmen und die fachlichen Diskussionen bin ich Herrn Forstrat F. Binder und Herrn Dr. W. Huber zu großem Dank verpflichtet.

Ganz herzlich möchte ich Herrn J. Schobersteiner Dank sagen, der nicht nur unermüdlich die zahlreichen mühevollen Arbeiten im Gelände übernahm, sondern darüber hinaus durch seine freundliche bayerische Ausstrahlung dazu beitrug, dem großem Aufnahmeteam die Durchführung der Arbeiten im Freiland wesentlich

zu erleichtern. Auch gilt mein besonderer Dank Herrn Diplom-Forstwirt R. Kotru für seine ständige Hilfe während der Aufnahme- und Auswertungsarbeiten.

Ebenso möchte ich mich herzlich bedanken bei allen Mitarbeitern des Lehrstuhles für Waldbau und Forsteinrichtung und bei den zahlreichen wissenschaftlichen und studentischen Hilfskräften für ihre große Einsatzbereitschaft. Mein besonderer Dank gilt Frau K. Thoroë für ihre wertvolle Hilfe bei der Aufbereitung und Auswertung des Datenmaterials. Herrn Diplom-Forstwirt M. Weber, Frau Diplom-Forstwirtin P. Balcar, Herrn Forstrat A. Fuchs, Herrn Diplom-Forstwirt A. Khattak und Herrn Diplom-Forstwirt A. Brunner sei hier für die verschiedenartigen Hilfestellungen gedankt.

Herzlich danken möchte ich besonders meinen Freunden Herrn F. Helmschrott und Herrn Forstoberrat W. Kollert für die freundlichen und mühevollen Einsätze bei der Korrektur des Manuskriptes.

Der Aufenthalt in Stellenbosch wurde mir erleichtert durch die freundliche Aufnahme aller Angehörigen der Faculty of Forestry, University of Stellenbosch. Ihnen allen, insbesondere Herrn R. Martin, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

Das Forschungsprojekt konnte nur durch die finanzielle Unterstützung des Kuratoriums der Bayerischen Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt realisiert werden. An dieser Stelle möchte ich mich hierfür bedanken.

Nicht zuletzt möchte ich meiner Familie für ihr Verständnis ganz herzlich danken, insbesondere meiner lieben Frau, die mich durch die Übernahme der Schreibarbeiten und durch Mithilfe bei Aufnahmearbeiten im Gelände tatkräftig unterstützte.

Opsomming

Die uitwerking van boskultuurbehandelings op die bogrondse biomassa van die natuurlike verjonging in gemengde gebergtebosse: statistiese ontleding van 'n boskultuureksperiment.

In Suid-Duitsland heers daar baie kommer oor die deur die mens veroorsaakte omsetting van die gemengde loofhout-naaldhout bosse in monokulture van fynspar. Veral tans, met die beklemtoning op die bewaring van die omgewing, het dit dringend noodsaaklik geword aan hierdie probleem, met sy veelsydige sosiale en politieke aspekte, aandag te gee.

In 1976 het die Leerstoel vir Boskultuur aan die Universiteit München 'n omvattende studie onderneem in die gemengde gebergtebosse in die oostelike Beierse Alpe. Die projek was gerig op 'n in-diepte studie van die meervoudige aspekte van die natuurlike verjonging in daardie bostipe. Die tesis behandel die ontleding en interpretasie van 'n gedeelte van die eksperimentele data en is beperk tot die distrik Ruhpolding in die Kalkalpe.

Die vernaamste doel van die huidige studie is die kwantitatiewe ontleding van die invloed van opstandsdigtheid op die verjonging, asook van die uitwerking van beskerming van die verjonging teen wildskade (deur middel van omheining) en die invloed van grondbewerking op die verjongingsproses.

In 'n eksperiment met twee herhalings is drie kroonvrystellings-variante, naamlik 'n kontrolebehandeling (waarby geen bome verwyder is nie), 'n swak vrystelling (met 'n verwydering van 30% van die basale oppervlak) en 'n sterk vrystelling (met 'n verwydering van 50% van die basale oppervlak) verkry.

Die kroonvrystellingsvariant is op hoofpersele met 'n area van 0.5 hektaar getoets, maar slegs die binneperseel met 'n area van 33 x 33 m is vir die jaarlikse metings gebruik, terwyl die res van die perseel as bufferstrook gedien het. Vir die doel van hierdie studie is elke afsonderlike plant op so 'n wyse gemerk, dat die ontwikkeling van die plante ondersoek kon word. Binne elke hoofperseel is 96 sistematies verdeelde kwadrate met 'n area van 1 m² uitgelê. In verband met die toetsing van die variante "omheining" en "grondbewerking" is die hoofpersele in subpersele onderverdeel. Twee subpersele is steeds omhein terwyl die grondbewerkingsbehandeling in een van hierdie twee subpersele getoets is. In die subperseel buite die beskermde persele is geen grondbewerking toegepas nie.

Gedurende die herfs van 1986 is 2999 plante, van 144 kwadrate afkomstig, geoes. Die geoeste materiaal het ook die wortelsisteem ingesluit. Op elke plant is 'n hele aantal veranderlikes gemeet, soos die droë gewig van die bogrondse plant, die ontkiemingsjaar en die voorkoms en graad van beskadiging asook ander veranderlikes.

Daar is, van twee kenmerke gebruik gemaak om die opstandsdigtheid te kwantifiseer, naamlik die relatiewe beligting en die opstandsdigtheid. Laasgenoemde veranderlike is gedefinieer as die kwadraat van die aantal bome (van die volwasse opstand), gedeel deur sy basale oppervlak.

Die uitwerking van die behandelingsvariante is getoets met behulp van 'n regressiemodel met omheining as dummy-veranderlike, grondbewerking as 'n tweede dummy-veranderlike en met óf opstandsdigtheid óf relatiewe beligting as kontinue onafhanklike veranderlike. Die model het ook interaksies tussen hierdie veranderlikes ingesluit. Die afhanklike veranderlike is óf as die bogrondse droë gewig van die plant óf die totale droë gewig per hektaar gedefinieer.

Verskeie transformasies van die afhanklike veranderlike is getoets om die variansie te stabiliseer en om normaal-verdeelde residue te verkry. Die model wat die beste resultate van die transformasie gelever het, is nietemin vir die doel van skattingsmodelle gekies.

Dit is gevind dat opstandsdigtheid en ligintensiteit sterk gekorreleer is. Die groei van die vier boomsoorte wat ondersoek is, het sterk op die gemanipuleerde ligintensiteit gereageer. Daar was geen aanduidings dat grondbewerking wel 'n invloed op die bogrondse massa gehad het nie. Dit word daaraan toegeskryf dat die grondtoestande in elk geval gunstig vir die ontwikkeling van die plante was. Die bogrondse biomassa is wel geaffekteer deur die omheinings wat die plante teen wildskade beskerm het. Die silverden het as gevolg van wildskade heeltemaal verdwyn en beskerming teen wildskade deur middel van omheining is absoluut noodsaaklik om die silverden se uitsterwe te voorkom.

Die studie het belangrike leidrade vir die bestuur van hierdie bostipe opgelewer en sal daartoe kan lei dat die gemengde bosse behou word en herstelling intree.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Die Versuchsanlage	2
2.1 Das Untersuchungsgebiet	2
2.2 Das Grundmuster	3
2.3 Der Standort	6
2.31 Der Boden	8
2.32 Das Kleinklima	8
2.4 Der Altbestand	10
2.5 Der Überschirmungsgrad und die relative Beleuchtungsstärke	17
2.6 Der Bedeckungsgrad der Bodenvegetation	19
3. Material und Methode	21
3.1 Arbeitsschritte	21
3.2 Erhebungsmerkmale	23
3.21 Die Anzahl der entnommenen Pflanzen	23
3.22 Die Schäden	25
3.23 Die Sproßtröckengewichte	28
4. Statistische Auswertung und Ergebnisse der Sproßtröckengewichte	29
4.1 Die statistische Auswertungsmethode	29
4.11 Die verwendeten Variablen	29
4.111 Die abhängigen Variablen	29
4.112 Die unabhängigen Variablen	30
4.112.1 Die relative Beleuchtungsstärke (rB)	30
4.112.2 Die Altbestandsdichte (BD)	31

4.112.3	Zäunung und Bodenbearbeitung	33
4.112.4	Die Interaktionen	35
4.12	Das Regressionsmodell	36
4.13	Auswahl der "besten" Regressionsgleichungen	36
4.2	Die Ergebnisse	40
4.21	Ergebnisse der angewandten statistischen Auswertungsmethode	40
4.211	Die nicht ausgewählten Regressionsmodelle	48
4.212	Die ausgewählten Regressionsmodelle	52
4.212.1	Die Modellgüten	52
4.212.2	Die Sproßtrockengewichte in Abhängigkeit von den untersuchten Einflußfaktoren	59
4.212.3	Vergleich der relativen Beleuchtungsstärke (rB) und der Altbestandsdichte (BD)	88
4.22	Deskriptive Darstellung der Sproßtrockengewichte nach Versuchspartellen	92
4.221	Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze	92
4.221.1	Vergleich der Keimjahrgänge	92
4.221.2	Vergleich der Baumarten	99
4.222	Sproßtrockengewichte pro Hektar und Verbißanfälligkeit der Baumarten	104
5.	Diskussion	113
5.1	Diskussion aus statistischer Sicht	113
5.2	Waldbauliche Diskussion	115
5.21	Die relative Beleuchtungsstärke und die Altbestandsdichte	115
5.22	Die untersuchten Einflußfaktoren	115
5.221	Einfluß der Überschilderung	115
5.222	Einfluß der Bodenbearbeitung	117
5.223	Einfluß des Zaunschutzes	118

6. Zusammenfassung	121
Summary	
7. Literaturverzeichnis	129
8. Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen	136
Anhang	146

Verzeichnis der Baumarten

Fichte (Fi)	<i>Picea abies</i>
Tanne (Ta)	<i>Abies alba</i>
Eibe	<i>Taxus baccata</i>
Buche (Bu)	<i>Fagus silvatica</i>
Ahorn (Ah)	<i>Acer pseudopalatanus</i>
Vogelbeere	<i>Sorbus aucuparia</i>
Mehlbeere	<i>Sorbus aria</i>
Esche	<i>Fraxinus excelsior</i>
Ulme	<i>Ulmus glabra</i>
Weide	<i>Salix caprea</i>

1. Einleitung und Problemstellung

Große Teile der bayerischen Alpen sind von Natur aus mit Mischwald bedeckt, der sich aus Fichten, Tannen, Buchen und anderen Laubhölzern zusammensetzt. Seit etwa einhundert Jahren geht in diesem Bergmischwald ein unaufhaltsamer Entmischungsprozeß vor sich, der zu einer weitgehenden Verdrängung der Tanne und - weniger ausgeprägt - der Laubhölzer führt. Zur Erforschung der Verjüngungsprozesse in diesem Waldtyp wurde deshalb im Jahre 1976 vom Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München ein umfassendes Forschungsprojekt angelegt. Aus diesem großen Forschungsprogramm* wird hier ein Ausschnitt dargestellt, nämlich die Wirkung waldbaulich veränderter Überschildungsdichten auf die Sproßgewichte natürlich angekommener Jungpflanzen.

Die Versuchsanordnung des genannten Forschungsvorhabens erlaubt es, in dieser Studie den folgenden Fragenkatalog zu beantworten:

- Welchen Einfluß haben unterschiedliche waldbauliche Eingriffe im Altbestand auf die Trockengewichte der Schäfte und Zweige von Naturverjüngungspflanzen ?
- Wie wirkt sich Zaunschutz darauf aus ?
- Werden die Schaft- und Zweiggewichte durch Bodenbearbeitungsmaßnahmen beeinflusst ?

Zusätzlich wurde folgender Frage nachgegangen:

- Welches biometrische Auswertungsverfahren ist für die vorliegende Studie geeignet ?

* Im Anhang Nr. I ist eine Zusammenstellung aller Publikationen aufgeführt, die bisher im Rahmen dieses Projektes entstanden sind.

2. Die Versuchsanlage

2.1 Das Untersuchungsgebiet

Die Untersuchung wurde im forstlichen Wuchsgebiet "Chiemgauer Alpen" durchgeführt. Die Versuchsflächen liegen im Bereich der Forstämter Ruhpolding und Siegsdorf. Ihre Lage ist aus Abb. 1 zu entnehmen. Aus dem ganzen Untersuchungsbereich ist für die hier vorgelegte Studie nur ein Ausschnitt ausgewählt worden, der in einem typischen Bergmischwaldbestand des Forstamtes Ruhpolding liegt.

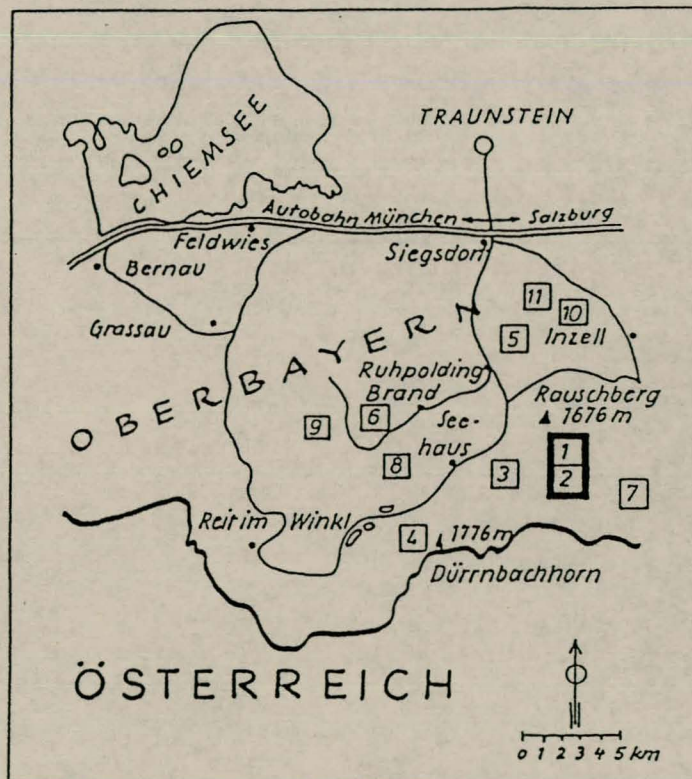


Abb. 1: Die geographische Lage der Versuchsflächen des Bergmischwaldprojektes (Alle in dieser Studie verwendeten Daten stammen aus den dick schwarzumrahmten Versuchsflächen 1 und 2)

Geologisch ist das ganze Gebiet durch Hartkalke, und zwar Hauptdolomit und Wettersteinkalke der Trias, geprägt. Klimatisch liegt es im Staubereich der Nordalpen mit hohen Niederschlägen.

Eine Vorstellung davon geben die Daten in Tab. 1, bei deren Betrachtung allerdings zu bedenken ist, daß sich die Meßstationen in Tallagen befinden, während die Versuchsflächen mehrere hundert Meter höher eingerichtet wurden.

Tab. 1: Mittelwerte der Klimadaten, aus nahe bei den Versuchspartellen gelegenen, amtlichen Wetterstationen (Deutscher Wetterdienst, Wetteramt München, 1975; Caspar, 1962)

langjährige Mittelwerte	K L I M A S T A T I O N		
	Reichenhall 465 m ü. NN	Kötzting 580 m ü. NN	Reit im Winkl 708 m Ü. NN
mittlere Luftjahrestemperatur (°C)	7.8	7.5	6.4
mittlere Lufttemperatur in der Vegetationszeit von Mai bis Sept. (°C)	15.0	14.6	13.7
mittlere Jahresniederschlagsmenge (mm)	1542	1514	1815
mittlere Jahresniederschlagsmenge in der Vegetationszeit von Mai bis Sept. (mm)	836	816	960
mittlere, jährliche Schneedeckenhöhe, (cm)	20	15	54
Tage mit Schneedecke	75	90	143
mittlere Dauer der Schneebedeckung			
Beginn	18.11.	15.11.	6.11.
Ende	4.04.	8.04.	27.04.
Dauer (Tage)	138	145	173

2.2 Das Grundmuster

Die Versuchsvarianten

In einem großen, geschlossenen Bestand des Bergmischwaldes, der zur Verjüngung heransteht, wurden bei Versuchsbeginn folgende fünf unterschiedliche waldbauliche Situationen eingestellt:

Bezeichnung der Versuchspartelle	Eingriff in den Altbestand
Kontrolle	Kein Eingriff
Schwacher Schirmhieb	Entnahme von 30 % der Bestandesgrundfläche
Starker Schirmhieb	Entnahme von 50 % der Bestandesgrundfläche
Kahlhieb	Vollständige Entnahme des Altbestandes
Lochhieb	Aushieb eines Loches von 30 m Durchmesser

Die Versuchsparzelle

Jede der eingestellten waldbaulichen Situationen wird Versuchsparzelle genannt und ist zweimal eingerichtet worden. Ihre Lagen sind aus Abb. 2 zu entnehmen.

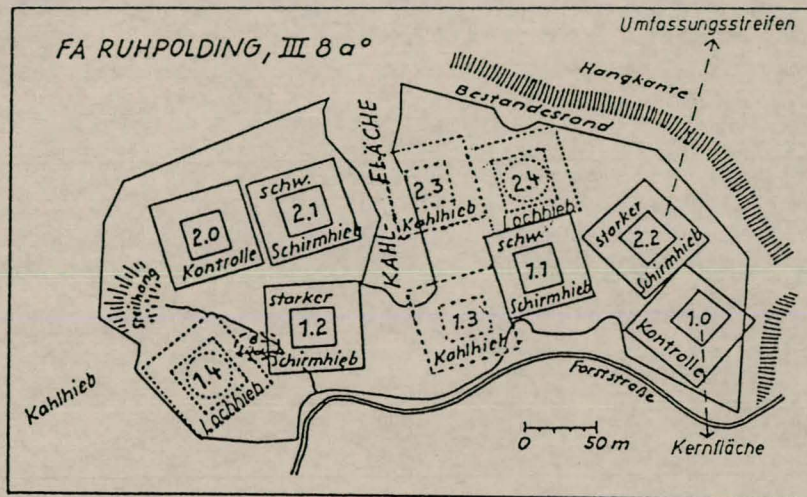


Abb. 2: Die Lage der Versuchsparzellen

In der vorliegenden Arbeit wird ausschließlich auf Datenmaterial aus den Behandlungstypen "Kontrolle", "Schwacher Schirmhieb" und "Starker Schirmhieb" zurückgegriffen werden.

Die Kernfläche

Jede Parzelle besteht aus einer 33 m x 33 m großen Kernfläche, die von einem Umfangsstreifen von 19 m Breite umrandet ist. Alle Aufnahmen wurden auf der zentralen Kernfläche vorgenommen. Nur dort ist auch der Altbestand genau vermessen worden.

Das Grundmuster einer Kernfläche ist Abb. 3 zu entnehmen. Aus dieser ist ersichtlich, daß 96 Probekreise von je 1 m² Größe in regelmäßiger Anordnung auf der Kernfläche angelegt wurden. Die eingerichteten Probekreise wurden durch einen Eisenstab in deren Mittelpunkt markiert. Zur Aufnahme der Naturverjüngungspflanzen, die sich auf diesen Probekreisen einfanden, sowie zu deren Ernte wurde die genaue Fläche jeweils durch Aufsetzen eines mobilen, metallenen Aufnahmekreises auf den zentralen Eisenstab bestimmt (s. Abb. 4).

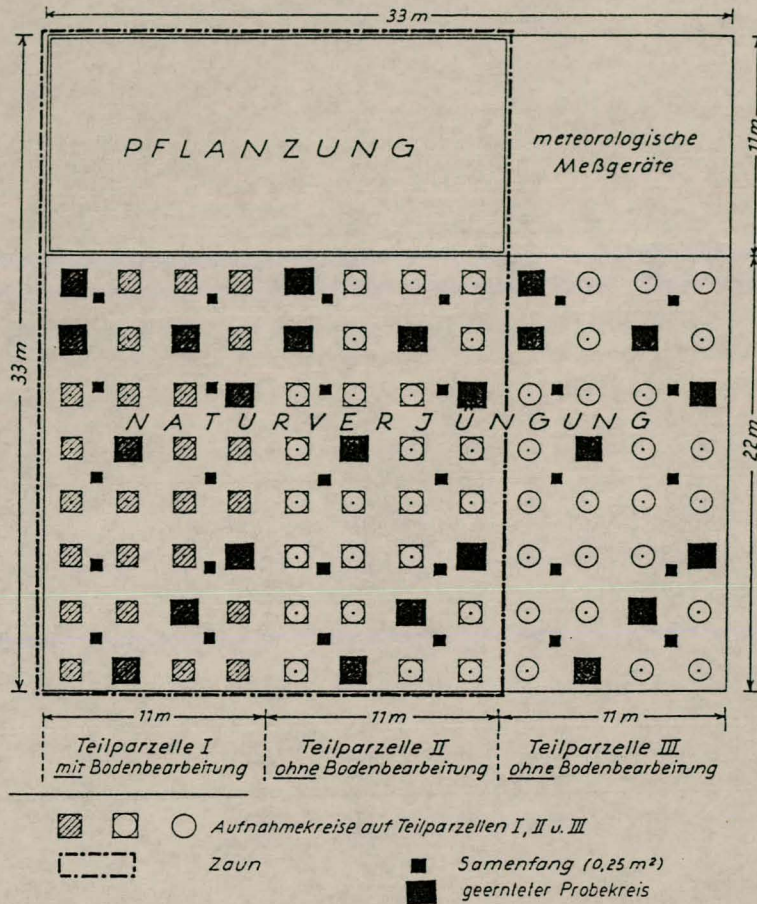


Abb. 3: Grundmuster der Kernfläche

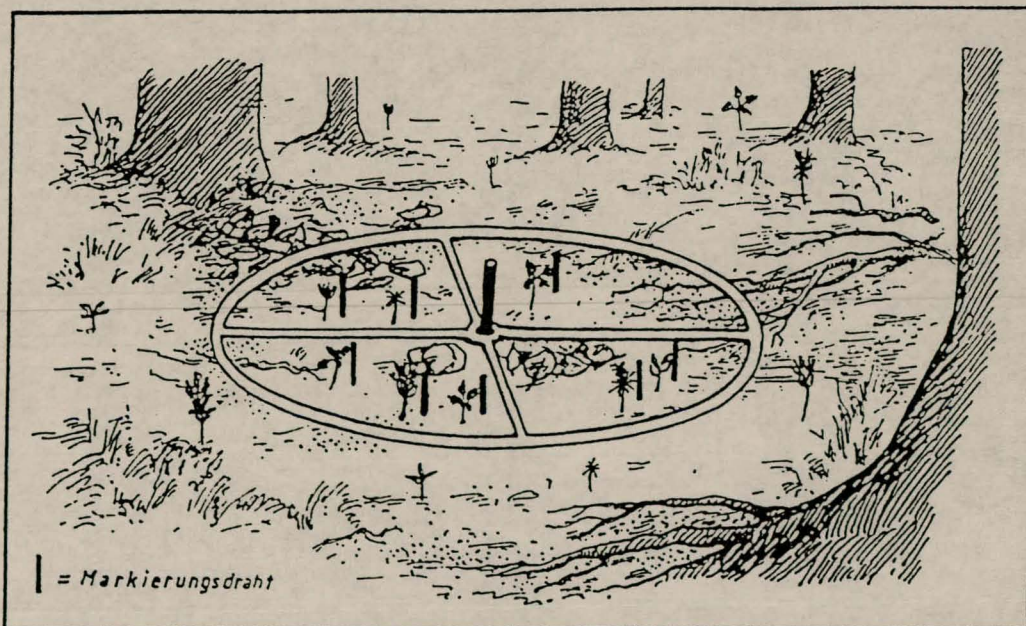


Abb. 4: Naturverjüngungsprobekreis (im Zentrum mit permanenter Eisenstabmarkierung), und mobiler Aufnahmekreis mit 1 m² Innenfläche

Desweiteren zeigt Abb. 3, daß die Kernfläche mit ebenfalls gleichmäßig verteilten Samenfängen überstellt war. Die dadurch gewonnenen Ergebnisse stellen keinen Teil der hier präsentierten Untersuchung dar. Das gleiche gilt für die Pflanzung, die ein Teil des gesamten Versuches ist, auf den hier aber nicht eingegangen werden wird. Auf Aufnahmeresultate, die mit meteorologischen Meßgeräten erarbeitet wurden, wird dagegen zur Charakterisierung der kleinklimatischen Situation der Versuchspartzellen zurückgegriffen werden.

Die Teilparzelle

Aus Abb. 3 ist ersichtlich, daß sich zwei Drittel der Kernfläche im gezäunten Teil befinden und ein weiteres Drittel ungezäunt blieb. Zu Versuchsbeginn wurden von den 96 Probekreisen 32 innerhalb des Zaunes mit Hacken intensiv von Hand durchgearbeitet. Die anderen 64 Probekreise blieben unbehandelt, davon jeweils 32 inner- und außerhalb des Zaunes. Es ergibt sich daraus das Grundschema dreier Teilparzellen:

- im Zaun mit Bodenbearbeitung
- im Zaun ohne Bodenbearbeitung
- außerhalb des Zaunes ohne Bodenbearbeitung

2.3 Der Standort

Tab. 2 gibt mit wenigen Zahlen und Informationen einen Überblick über die im Gebirge besonders wichtigen Standortgrößen Höhe, Exposition und Hangneigung. Es ist vor allem ersichtlich, daß die Meereshöhen der einzelnen Versuchspartzellen sich nicht allzu sehr unterscheiden; sie liegen alle zwischen 890 - 960 m.

Der gesamte Hang, auf dem sich die Partzellen befinden, ist nordwestlich orientiert und im allgemeinen als steil zu bezeichnen. Die Einheitlichkeit der Versuchspartzellen kommt darin zum Ausdruck, daß sie alle dem Alpendost-Tannen-Buchenwald zugehörig sind.

Tab. 2: Wichtige standörtliche Charakteristika der einzelnen Versuchspartellen

Eingriff im Altbestand (Partellenbezeichnung)	Höhe ü. NN (m)	Exposition (Grad)	Hangneigung (Grad)	Pflanzengesellschaft
Kein Eingriff (2.0)	960	W (289)	30	Adenostylo glabrae - Abieti - Fagetum
Kein Eingriff (1.0)	890	NW (335)	22	Adenostylo glabrae - Abieti - Fagetum
Schwacher Schirmhieb (2.1)	960	NW (297)	27	Adenostylo glabrae - Abieti - Fagetum
Schwacher Schirmhieb (1.1)	900	NW (300)	24	Adenostylo glabrae - Abieti - Fagetum
Starker Schirmhieb (1.2)	910	NW (318)	26	Adenostylo glabrae - Abieti - Fagetum
Starker Schirmhieb (2.2)	910	NW (323)	21	Adenostylo glabrae - Abieti - Fagetum

Tab. 3: Die Böden auf den einzelnen Versuchspartellen (nach Hohenadl, 1981)

Eingriff im Altbestand (Partellenbezeichnung)	B O D E N F O R M
Kein Eingriff (2.0)	Bodentyp: Braunerde-Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt Gründigkeit: flach- bis mittelgründig Bodenart: skelettreicher, toniger Lehm Frösche: mäßig frisch
Kein Eingriff (1.0)	Bodentyp: Braunerde-Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt mit schluffiger Decke aus Moränenmaterial Gründigkeit: flach- bis tiefgründig Bodenart: schluffiger Lehm über stark steinigem, tonigem Lehm Frösche: mäßig frisch bis frisch
Schwacher Schirmhieb (2.1)	Bodentyp: Braunerde aus Hauptdolomit-Hangschutt bzw. über anstehendem Hauptdolomit Gründigkeit: flachgründig Bodenart: skelettreicher Lehm Frösche: mäßig trocken bis mäßig frisch
Schwacher Schirmhieb (1.1)	Bodentyp: Terra fusca aus Hauptdolomit Gründigkeit: flach bis mittelgründig Bodenart: steinig-toniger Lehm Frösche: mäßig trocken bis mäßig frisch
Starker Schirmhieb (1.2)	Bodentyp: Braunerde-Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt mit schluffiger Decke aus Moränenmaterial Gründigkeit: flach- bis tiefgründig Bodenart: toniger Lehm, mehr oder weniger skelettreich Frösche: mäßig trocken bis mäßig frisch
Starker Schirmhieb (2.2)	Bodentyp: Braunerde-Terra fusca aus Hauptdolomit-Hangschutt mit schluffiger Decke aus Moränenmaterial Gründigkeit: flach- bis tiefgründig Bodenart: schluffiger Lehm über stark steinigem, tonigem Lehm Frösche: mäßig frisch bis frisch

2.31 Der Boden

Die Böden (Tab. 3) auf den Versuchsparzellen sind einheitlich. Sie stellen sich als typische Substrate der Hauptdolomit- und Hauptdolomit-Hangschuttverwitterung dar. Bedeutend ist jedoch, daß es Unterschiede bezüglich der Tiefgründigkeit gibt, je nachdem, ob eine Parzelle oder ein Parzellenteil mehr am Unter- oder mehr am Oberhang liegt. Die Wasserversorgung kann überall als gut bezeichnet werden.

2.32 Das Kleinklima

Die klimatische Situation, die bereits im Kapitel 2.1 großräumig skizziert wurde, hat durch die ausgeführten waldbaulichen Eingriffe eine bedeutsame Modifikation erfahren. Diese ist in Tab. 4 dargestellt. Daraus ist vor allem ersichtlich, daß durch die Auflichtung des Kronendaches infolge der waldbaulichen Eingriffe der den Boden erreichende Niederschlag im Falle des starken Schirmhiebes immerhin um 11% zunahm, während der schwache Schirmhieb zwar auch einen Effekt dieser Art erkennen ließ, der aber bedeutend geringer war.

Natürlich hat jede Veränderung in der Überschirmungsstärke auch Konsequenzen für die Temperatur im Inneren des jeweiligen Bestandes. Das geht aus den wenigen hier gezeigten Zahlen hervor, wobei Unterschiede in den mittleren Lufttemperaturen kaum vorhanden sind, während die mittleren Tagesschwankungen mit der Zunahme der Auflichtung größer werden. Sie deuten aber auch zugleich darauf hin, daß eine wesentliche Wirkung auf die Bodenvegetation und damit auf die Verjüngung kaum zu erwarten sein dürfte.

Für die Beschreibung der Umweltbedingungen von Verjüngungspflanzen im Hochgebirge ist dagegen die Dauer der Schneelage von großer Bedeutung. Die dafür mitgeteilten Werte zeigen, daß eine Auflichtung die Dauer der Schneelage verlängert. In den stark aufgelichteten Beständen lag der Schnee nahezu eine Woche länger als in den geschlossenen. Das ist vor allem eine Folge der größeren Schneemengen, die hier auf den Boden gelangen. Allerdings spielt es auch eine Rolle, daß die Schneedichte mit zunehmender Schneehöhe und verstärkten Auftau- und Gefriervorgängen infolge zunehmender Ein- und Ausstrahlungsintensität bei

geöffnetem Kronendach größer wird. Es muß jedoch erwähnt werden, daß die hier mitgeteilten Werte aus einem milden Winter (1978/79) stammen; bei extremeren Winterverhältnissen vergrößern sich die Unterschiede zwischen den verschiedenen Schirmvarianten. Dazu zeigt MOSANDL (1984) die Befunde von ausgewählten Parzellen im Winter 1981/82.

Tab. 4: Der Einfluß waldbaulicher Eingriffe auf das Kleinklima der Versuchspartellen (nach Angaben von MAYER, 1979; BERTHOLD, 1980)

Eingriff im Altbestand (Parzellenbezeichnung)	mittlere Luft- temperatur (T_a in °C) Sommer 1977	mittlere Tages- schwankung (ΔT_a in °K) Sommer 1977	Niederschlags- summen (mm) 17.5-11.10.1977	Zahl der Tage mit Schnee- decke ≥ 3 cm Winter 1978/79	Schneehöhen- summe (cm) Winter 1978/79
Kein Eingriff (2.0)	-	-	-	98	330
Kein Eingriff (1.0)	13.5	4.9	715	97	332
Schwacher Schirmhieb (2.1)	-	-	-	100	360
Schwacher Schirmhieb (1.1)	-	-	740	98	354
Starker Schirmhieb (1.2)	13.6	5.9	805	102	381
Starker Schirmhieb (2.2)	-	-	-	104	426

Bei der späteren Interpretation der eigenen Befunde ist immer zu bedenken, daß nicht nur Beleuchtung und Strahlung durch den Eingriff in das Kronendach verändert werden, sondern auch andere klimatische Parameter. Es läßt sich sogar sagen, daß z. B. die Messung der Beleuchtungsstärke als Ausdruck für die Entwicklungsbedingungen der Jungpflanzen am Boden neben dem Licht auch andere klimatische Größen mitumfaßt.

2.4 Der Altbestand

Die Versuchspartellen liegen in einem typischen, gut hundert-jährigen Bergmischwaldbestand, ca. 900 m ü NN hoch, der Teil des staatlichen Forstamtes Ruhpolding ist. Er bildete einen Teil des großen Einzugsgebietes der ehemaligen Saline Traunstein (BÜLOW, 1962). Die Wälder darin wurden hauptsächlich zur Produktion von Feuerholz für die Saline genutzt, wobei die Vorgehensweise Kahlhieben sehr ähnlich war. Der Unterschied bestand darin, daß nicht alle Bäume geerntet wurden, sondern schwächeres Material, vor allem Tannen, erhalten blieben. Trotzdem war wohl die Verjüngung, die sich darauf einfand oder durch Saaten begründet wurde, verhältnismäßig einheitlich, was die Altersstruktur angeht (s. Tab. 7). Es deutet einiges darauf hin, daß der Untersuchungsbestand auf einem der letzten Salinenschläge entstand, bevor diese Einrichtung in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts ihren ökonomischen Sinn verlor. Der Zustand des Bestandes geht aus Tab. 5 hervor.

Tab. 5: Stammzahl und Grundfläche vor und unmittelbar nach den Hiebsmaßnahmen im Herbst 1976

Eingriff im Altbestand (Parzellenbezeichnung)	Zeitpunkt des Eingriffes	S T A M M Z A H L							G R U N D F L Ä C H E						
		N/ha	Baumartenanteile (%)						m ² /ha	Baumartenanteile (%)					
			Fi	Ta	Bu	Ah	SNH	SLH		Fi	Ta	Bu	Ah	SNH	SLH
Kein Eingriff (2.0)	vor	1368	33	16	50	-	-	1	40	43	16	40	-	-	1
	nach	1368	33	16	50	-	-	1	40	43	16	40	-	-	1
Kein Eingriff (1.0)	vor	1070	20	32	33	9	2	4	45	33	32	19	8	5	3
	nach	1070	20	32	33	9	2	4	45	33	32	19	8	5	3
Schwacher Schirmhieb (2.1)	vor	1387	36	17	44	1	1	1	44	41	24	27	2	3	3
	nach	673	43	28	25	1	1	1	30	47	29	15	2	5	2
Schwacher Schirmhieb (1.1)	vor	1342	25	21	49	2	-	3	51	37	27	30	3	-	3
	nach	611	36	36	20	5	-	3	33	44	34	14	5	-	3
Starker Schirmhieb (1.2)	vor	953	10	42	41	7	-	-	52	19	45	28	8	-	-
	nach	502	14	49	29	8	-	-	27	31	35	24	10	-	-
Starker Schirmhieb (2.2)	vor	917	4	28	56	10	1	1	40	7	56	28	6	2	1
	nach	256	12	50	27	11	-	-	20	13	67	15	5	-	-

Alle Angaben über Stammzahlen und Grundflächen sind neigungsreduziert (die Werte der Hangflächen wurden auf die Horizontalflächen umgerechnet)

Stammzahl bei Versuchsbeginn 1976

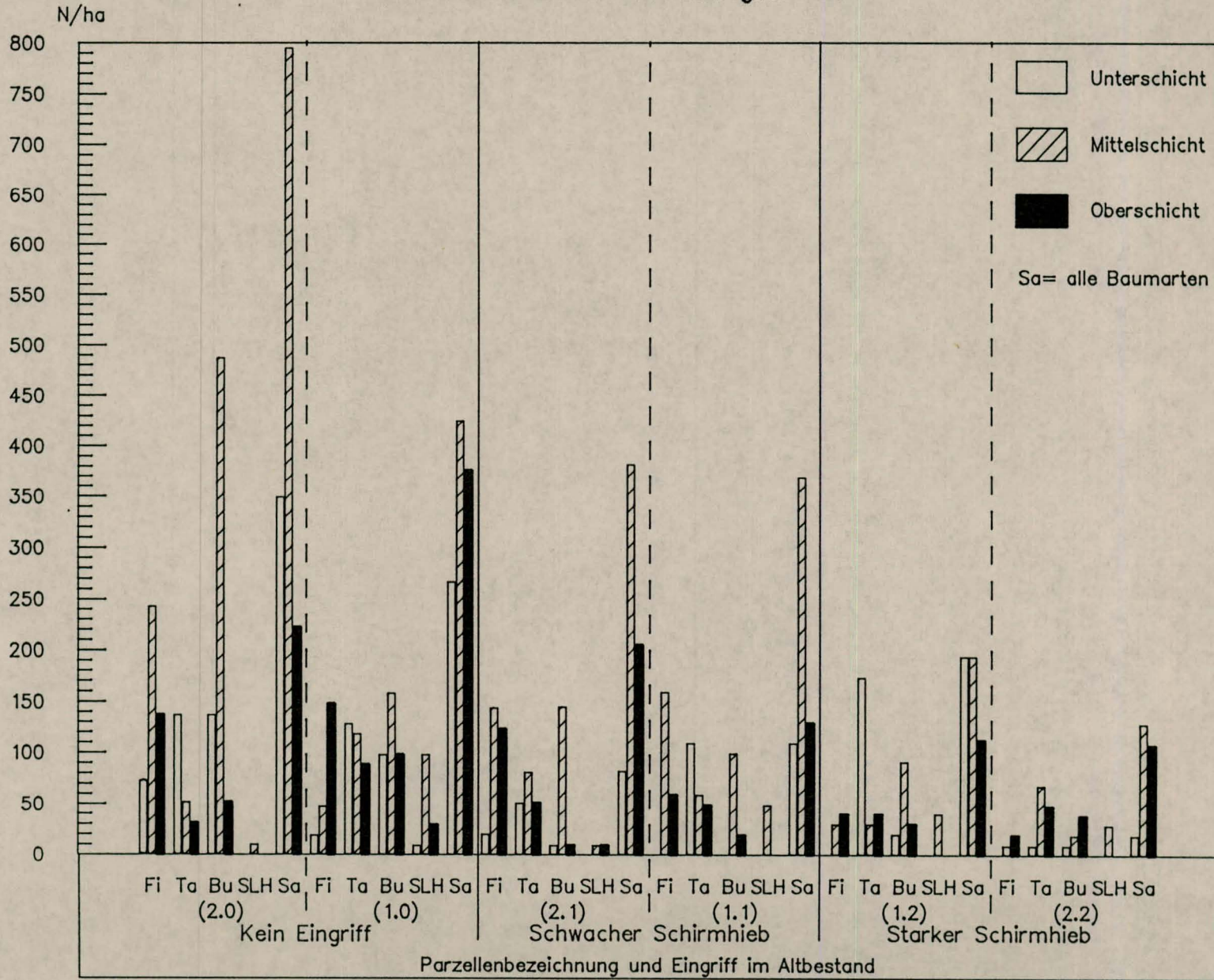


Abb. 5: Stammzahl (Unter-, Mittel- und Oberschicht) der verbleibenden Bestände im Herbst 1976

Grundfläche bei Versuchsbeginn 1976

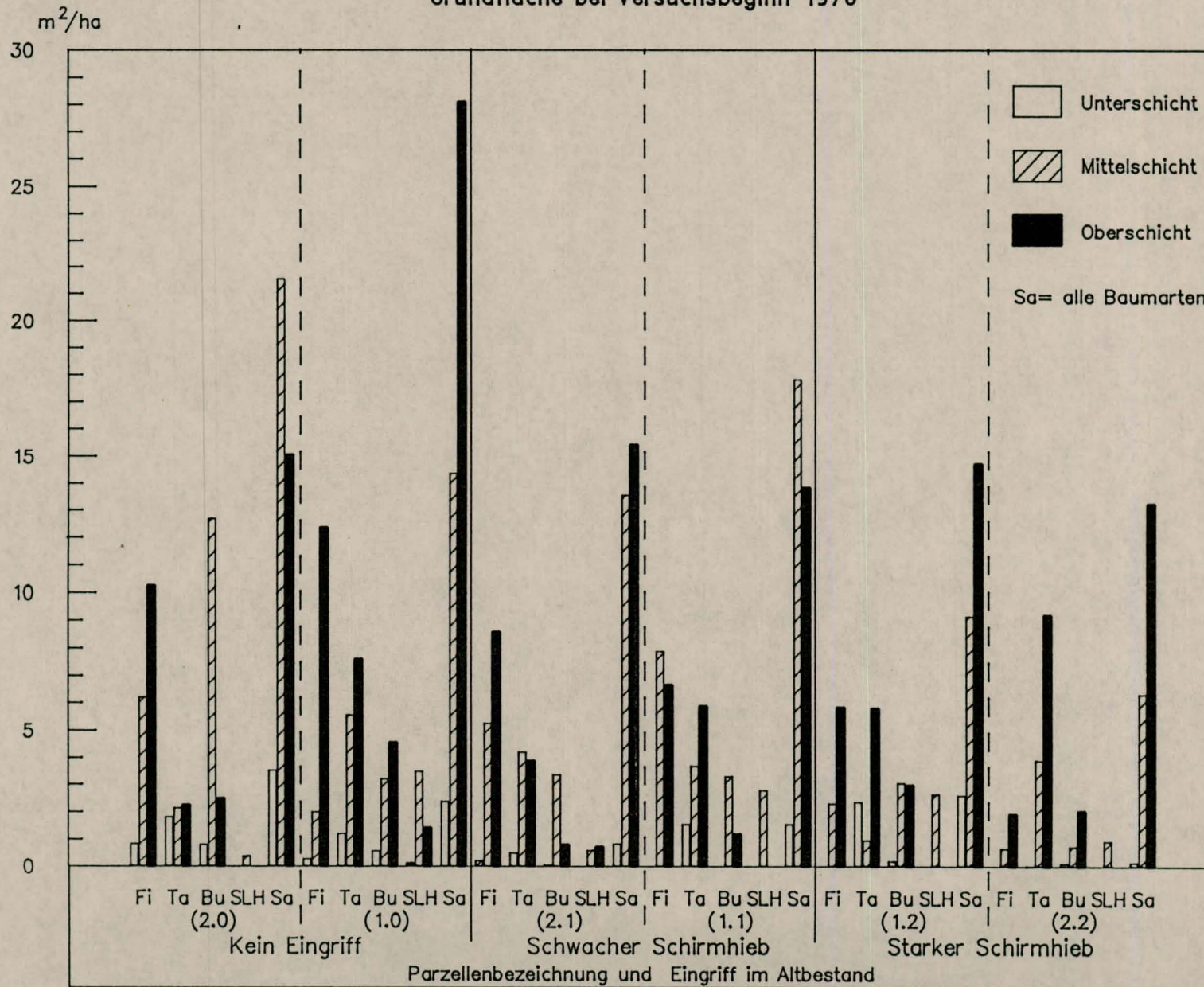


Abb. 6: Grundfläche (Unter-, Mittel- und Oberschicht) der verbleibenden Bestände im Herbst 1976

Die Zahlen lassen erkennen, daß es sich auf allen Parzellen um stammzahlreiche Bestandesteile gehandelt hat. Außerdem wird deutlich, daß die Mischung sämtliche im Bergwald wichtigen Baumarten enthielt, wobei die Buche im Hinblick auf die Baumzahl immer einen substantiellen Anteil hatte. Die Stammzahlen* variierten vor der Auflichtung des Altholzkrondaches von 917 bis 1387 und die Grundflächen * lagen zwischen 40 und 52 m². Nimmt man den Indikator Grundfläche zum Maßstab, so ist die Dichtereduktion - minus 30 % beim schwachen und minus 50 % beim starken Schirmhieb - erstaunlich gut und damit dem Versuchsplan gemäß erreicht worden.

Die in Tab. 5 mitgeteilten Zahlen lassen aber auch erkennen, daß der Bergmischwald vor allem der Baumartenzusammensetzung nach ein außerordentlich inhomogenes Gebilde ist. Diese Inhomogenität des Bestandesaufbaues wird noch deutlicher bei Betrachtung von Abb. 5 und 6, in denen die Schichtigkeit auf den einzelnen Parzellen zum Ausdruck gebracht wird. Es ist daraus klar zu ersehen, daß sich trotz der relativen Gleichaltrigkeit überall eine unverkennbare Schichtigkeit herausgebildet hat. Insgesamt kann gesagt werden, daß Individuen aller Baumarten in der Oberschicht vertreten sind, wobei die Tanne und Buche in der Unterschicht, die Buche in der Mittelschicht und die Fichte in der Oberschicht am stärksten vertreten sind. Die Baumzahlen in Abb. 5 bringen die Schichtung am besten zum Ausdruck, weil darin auch die schwachen Individuen ihr Gewicht zum Tragen bringen. Aus den Werten für die Grundflächen (Abb. 6) ist dagegen vor allem zu entnehmen, daß natürlich das Gewicht der aufstokkenden Masse im Oberstand liegt. Einen weiteren Einblick in die Struktur der Bestände vermitteln die Höhenangaben, die in Tab. 6 dargestellt sind. Es wurde mit arithmetischen Mittelwerten gearbeitet, deren Genauigkeit sehr hoch ist, da nicht nur eine Stichprobe, sondern jeder Baum mit dem "Blume-Leiss" Höhenmesser erfaßt wurde.

Die Daten lassen die Inhomogenität des Bestandes nun auch an den Höhenwerten gut erkennen. Die Oberschicht ist auf manchen Versuchsparzellen nur 22 m hoch, während sie auf anderen mehr als 31 m erreicht. Darin äußern sich Differenzen der Ertragsklasse, die vor allem durch die Position der jeweiligen Parzelle am Ober- und Unterhang bzw. auf Rippen und in Mulden bedingt sind. Ferner zeigt Tab. 6 sehr gut, daß die unterschied-

* Alle Individuen des Altbestandes > 1.3 m Höhe

lichen Schichtlagen deutlich voneinander abgesetzt sind. Und schließlich ist evident, daß nennenswerte Höhenzuwächse im Beobachtungszeitraum nicht eingetreten sind. Sie liegen - immer in der Oberschicht - zwischen wenigen Dezimetern und allenfalls etwas mehr als einem Meter. Die geringe Zunahme der Baumhöhen darf jedoch nicht zu dem Schluß führen, daß es überhaupt wenig Veränderungen auf den Versuchspartellen während des Versuchszeitraumes gegeben hätte. Das Gegenteil ist nämlich der Fall, wie Tab. 7 zeigt.

Tab. 6: Arithmetische Mittelhöhen der Unter-, Mittel- und Oberschichten der verbleibenden Bestände bei Versuchsbeginn im Herbst 1976 und nach 10-jähriger Beobachtungszeit im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand (Parzellenbezeichnung)	Baumart	Unterschicht (m)		Mittelschicht (m)		Oberschicht (m)	
		1976	1986	1976	1986	1976	1986
Kein Eingriff (2.0)	Fichte	9.9	10.6	15.4	16.2	20.9	22.1
	Tanne	8.7	8.7	15.3	16.8	19.9	21.3
	Buche	9.0	9.9	15.5	16.7	19.8	21.4
	Mehlbeere	-	-	13.7	13.7	-	-
	alle Baumarten	9.1	9.6	15.4	16.5	20.5	21.8
Kein Eingriff (1.0)	Fichte	12.2	11.5	20.6	22.3	25.8	27.1
	Tanne	8.8	9.1	19.2	20.3	24.8	26.7
	Lärche	-	-	-	-	28.7	31.4
	Eibe	5.5	5.6	-	-	-	-
	Buche	10.5	11.4	19.3	21.1	25.6	27.1
	Ahorn	-	14.6	20.1	22.9	24.3	25.8
	Mehlbeere	-	-	19.1	-	-	-
	Ulme	12.0	12.5	22.4	22.4	-	-
	alle Baumarten	9.7	10.7	19.6	21.5	25.5	27.2
Schwacher Schirmhieb (2.1)	Fichte	10.9	10.8	18.3	18.2	22.6	22.9
	Tanne	8.8	7.1	17.5	17.5	21.0	22.4
	Lärche	-	-	-	-	25.2	24.3
	Buche	10.9	-	17.8	17.8	20.2	20.8
	Ahorn	-	-	-	-	20.6	23.3
	Mehlbeere	-	-	18.3	20.0	-	-
	alle Baumarten	9.6	8.0	17.9	18.0	22.1	22.7
Schwacher Schirmhieb (1.1)	Fichte	-	-	22.7	23.1	29.0	29.1
	Tanne	11.5	10.6	23.7	23.4	27.4	29.1
	Buche	-	-	22.2	23.6	28.2	27.9
	Ahorn	-	-	22.3	22.7	-	-
	Ulme	-	-	24.1	24.6	-	-
	alle Baumarten	11.5	10.6	22.8	23.3	28.3	28.9
Starker Schirmhieb (1.2)	Fichte	-	-	25.5	25.6	30.9	32.3
	Tanne	10.2	11.2	19.4	21.3	28.7	28.9
	Buche	12.4	15.4	22.1	24.6	27.8	30.5
	Ahorn	-	-	25.3	25.9	-	-
	alle Baumarten	10.5	12.0	22.9	24.3	29.2	30.8
Starker Schirmhieb (2.2)	Fichte	-	-	22.2	21.2	26.4	26.9
	Tanne	4.0	11.0	20.8	21.5	29.0	28.6
	Buche	14.5	13.7	22.6	-	25.0	26.3
	Ahorn	-	-	21.6	23.1	-	-
	alle Baumarten	9.3	11.9	21.4	22.0	26.6	27.5

Unterschicht: kleiner als 50 % der Maximalhöhe
Mittelschicht: 50 % bis 80 % der Maximalhöhe
Oberschicht: größer als 80 % der Maximalhöhe

Tab. 7: Ertragskundliche Daten der verbleibenden Bestände auf den Versuchspartellen im Herbst 1976 und im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand (Parzellenbezeichnung)	Durchschnitts- alter (Jahre) 1976	Stammzahl (N/ha)		Grundfläche (m ² /ha)		Vorrat (Vfm/ha)	
		1976	1986	1976	1986	1976	1986
Kein Eingriff (2.0)	96	1368	1209	40.2	41.5	329.1	368.6
Kein Eingriff (1.0)	106	1070	911	45.0	44.5	507.2	524.6
Schwacher Schirmhieb (2.1)	96	673	642	29.9	35.0	293.1	358.0
Schwacher Schirmhieb (1.1)	106	611	571	33.3	37.1	406.7	459.7
Starker Schirmhieb (1.2)	114	502	431	26.6	29.9	334.7	387.9
Starker Schirmhieb (2.2)	113	256	237	19.8	22.5	245.9	288.6

Alle Angaben über Stammzahlen, Grundflächen und Vorräten sind neigungsreduziert (die Werte der Hangflächen wurden auf die Horizontalflächen umgerechnet)

Im Beobachtungszeitraum sind auf allen Versuchspartellen Bäume ausgefallen. Die Ausfallraten schwankten zwischen 5% und 15%. Das war auf den Kontrollpartellen der großen Dichte wegen durchaus zu erwarten. Es sind hier vor allem unterständige Bäume, die abgängig geworden sind, aber es kam auch vor, daß hauptstämmige Bäume abstarben. Dabei handelte es sich fast immer um Tannen. Dort, wo Eingriffe vorgenommen worden waren, blieben die Ausfälle zwar geringer, jedoch waren sie auch hier durchaus deutlich. Allerdings ist es gerade auf den stärker geöffneten Partellen zu Sturmwürfen gekommen. Ausfälle, die eindeutig auf neuartige Waldschäden zurückführbar gewesen wären, konnten auf den untersuchten Partellen nicht festgestellt werden, obwohl die Symptome solcher Schäden sichtbar waren (MOSANDL und EL KATEB, 1988). Die Abgänge waren jedoch nirgendwo so stark, daß sie den Zuwachs, der sich gleichzeitig auf den Partellen ereignete, hätten aufheben können. Ohne Ausnahme sind die auf den Versuchspartellen stockenden Vorräte angestiegen, wobei die Zunahmen zwischen knapp 20 (Kontrollfläche 1.0) und 65 Vfm/ha (schwacher Schirmhieb 2.1) gelegen haben. Es ist deshalb schon aus diesen Daten erkennbar, daß die Entwicklungsbedingungen für die ankommende Verjüngung sich im Verlauf des Beobachtungszeitraumes verändert haben. Interessant ist darüber

hinaus festzuhalten, daß Eingriffe, selbst wenn sie als starke Schirmhiebe durchgeführt worden waren, die Zuwächse auf den einzelnen Parzellen nicht beeinträchtigt haben. Auf diese interessanten Zusammenhänge wird hier nicht weiter eingegangen, sondern auf MOSANDL (1990) verwiesen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß selbst zwischen solchen Parzellen, die den gleichen Eingriffen unterlagen, die Versuchsbestände unterschiedlichen Bestandaufbau zeigen. Die Zahlen vor und unmittelbar nach den Hiebsmaßnahmen sowie nach zehnjährigem Beobachtungszeitraum belegen diese außerordentlich heterogene Situation. Anhand des Zahlenmaterials, das unmittelbar nach dem Eingriff im Altbestand ermittelt wurde, können die wichtigsten Unterschiede verdeutlicht werden:

Die Kontrollparzelle 2.0 ist die stammzahlreichste und weist den niedrigsten Höhen- und mittleren Grundflächenwert von 0.03 m² auf. Dagegen sind die Werte der Kontrollparzelle 1.0 deutlich größer in Bezug auf die Höhe und die mittlere Grundfläche pro Baum von 0.04 m².

Die zwei Parzellen, deren Bestandesgrundflächen um 30% reduziert wurden, zeigen zwar eine ähnliche Struktur, dennoch sind Unterschiede erkennbar. Die Höhen aller 3 Schichten der Parzelle 1.1 differieren deutlich von den Höhen der Parzelle 2.1. Die mittleren Grundflächen betragen auf der Parzelle 1.1 0.05 m² auf der Parzelle 2.1 nur 0.04 m².

Auf den beiden starken Schirmhiebparzellen sind die Unterschiede in der Höhe gering, jedoch besitzt die Parzelle 1.2 fast die zweifache Stammzahl von Parzelle 2.2. Die mittleren Grundflächen der beiden Parzellen weichen sehr voneinander ab, um Werte von 0.05 m² auf der Parzelle 1.2 und 0.08 m² auf der Parzelle 2.2.

Diese Erkenntnisse sind von großer Bedeutung für die Auswertung, denn aufgrund dieser inhomogenen Gebilde wäre es völlig unrealistisch zu erwarten, daß die einzelnen Parzellen des Versuches ohne weiteres miteinander zu vergleichen sind. Sie können keine "Wiederholungen" im statistischen Sinne darstellen, wie es vielleicht in gleichaltrigen Reihenbeständen der Fall sein kann.

2.5 Der Überschirmungsgrad und die relative Beleuchtungsstärke

Für die hier vorgelegte Studie ist es wichtig, die ökologische Situation zu charakterisieren, die sich unter unterschiedlich dichten Altholzschirmen für die Verjüngung herausgebildet hat. Dazu ist zum einen der Überschirmungsgrad und zum anderen die relative Beleuchtungsstärke bestimmt worden (s. Tab. 8 und 9).

Tab. 8: Der Überschirmungsgrad (%) nach den Hiebsmaßnahmen im Herbst 1976

Eingriff im Altbestand und Parzellenbezeichnung	Überschirmungsgrad
Kein Eingriff (2.0)	76
Kein Eingriff (1.0)	68
Schwacher Schirmhieb (2.1)	60
Schwacher Schirmhieb (1.1)	56
Starker Schirmhieb (1.2)	49
Starker Schirmhieb (2.2)	39

Die Überschirmung, also der Teil der Bodenoberfläche, über dem sich senkrecht nach oben geschaut Blätter oder Zweige befinden, ist als prozentualer Überschirmungsgrad in Tab. 9 aufgeführt worden. Sie enthält den im Jahre 1976 gemessenen Zustand unmittelbar nach den waldbaulichen Eingriffen. Der Überschirmungsgrad wurde hergeleitet mit Hilfe von 196 systematisch über die Kernfläche verteilten Dachlotmessungen als Prozentsatz der überschilderten Punkte an der Gesamtzahl der Meßstellen. Aus aufnahmetechnischen Gründen war es nicht möglich, diesen Überschirmungsgrad nach Teilflächen auf jeder Parzelle zu unterscheiden. Deshalb wird er hier zwar zur allgemeinen Charakterisierung der ökologischen Situation auf jeder Versuchsparzelle verwendet, er kann jedoch aus den genannten Gründen nicht

in die statistischen Analysen einbezogen werden, um die Überschildung in Zusammenhang zu der Entwicklung der Verjüngungspflanzen zu setzen, die ja nach Teilparzellen erhoben wurden.

Tab. 9: Die relative Beleuchtungsstärke (in Prozent einer voll beleuchteten Freifläche; alle Aufnahmen bei gleichmäßig bedecktem Himmel) im Sommer 1978 und im Sommer 1986. Jedem Wert liegen 32 Meßpunkte zugrunde

Eingriff im Altbestand (Parzellenbezeichnung)	Teilparzelle	rel. Beleuchtung (%)	
		1978	1986
Kein Eingriff (2.0)	im Zaun mit Bodenbearb.	6.2	5.6
	im Zaun ohne Bodenbearb.	6.0	6.6
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	6.7	8.2
Kein Eingriff (1.0)	im Zaun mit Bodenbearb.	9.3	7.9
	im Zaun ohne Bodenbearb.	7.5	6.3
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	6.3	4.2
Schwächer Schirmhieb (2.1)	im Zaun mit Bodenbearb.	21.1	11.8
	im Zaun ohne Bodenbearb.	19.4	13.6
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	23.8	21.6
Schwacher Schirmhieb (1.1)	im Zaun mit Bodenbearb.	22.6	15.6
	im Zaun ohne Bodenbearb.	21.0	12.8
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	24.1	13.5
Starker Schirmhieb (1.2)	im Zaun mit Bodenbearb.	27.9	23.9
	im Zaun ohne Bodenbearb.	23.0	25.1
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	24.5	27.2
Starker Schirmhieb (2.2)	im Zaun mit Bodenbearb.	39.1	29.4
	im Zaun ohne Bodenbearb.	38.9	25.2
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	39.7	36.5

Dafür wurden stattdessen die eingehenden Aufnahmen der relativen Beleuchtungsstärke (prozentualer Anteil des Freilandlichtes) am Boden herangezogen. Sie wurde mit Hilfe von zwei Luxmeter, die mit Selen-Photoelementen ausgestattet waren, ermittelt. Dabei erfolgte die Ablesung der Meßgeräte im Bestand auf dem Mittelpunkt eines Probekreises und gleichzeitig - durch Funkkontakt - auf einer benachbarten Freifläche. Alle Messungen erfolgten im Sommer um die Mittagszeit bei gleichmäßig bedecktem Himmel (bei diffuser Lichtintensität unter 30.000 Lux auf

der Freifläche). Die Befunde der relativen Beleuchtungsstärke im Sommer 1978 und im Sommer 1986 sind in Tab. 9 aufgeführt und zwar separat für jede Teilparzelle. Die relative Beleuchtungsstärke stellt eine entscheidende Bezugsgröße dar für alle Berechnungen, die im Zusammenhang mit der Entwicklung der Sproß-trockengewichte angestellt werden.

Beim Vergleich der Meßergebnisse von 1978 und 1986 ist klar erkennbar, daß auf den Kontrollparzellen keine wesentlichen Veränderungen stattgefunden haben. Auf den waldbaulich veränderten Parzellen hat der Zuwachs des Altbestandes im allgemeinen dazu geführt, daß die Beleuchtungsstärke am Boden geringer geworden ist.

Grundsätzlich sei noch einmal darauf hingewiesen, daß die relative Beleuchtungsstärke natürlich in erster Linie Ausdruck der Lichtverhältnisse am Boden ist, daß sie aber immer auch als Indiz dafür verstanden werden muß, daß andere für die Entwicklung der jungen Pflanzen wichtige Faktoren eine Änderung erfahren. Das gilt für die Temperatur, die an den Boden gelangende Niederschlagsmenge und die Dauer der Schneelage, wie das in Tab. 4 festgehalten worden ist.

2.6 Der Bedeckungsgrad der Bodenvegetation

Die waldbaulichen Reduktionen der Bestockungsdichten auf den einzelnen Versuchspartzellen modifizieren die Beleuchtungsstärken (und die anderen ökologischen Faktoren) am Boden. Das hat Auswirkungen auf die Entwicklungsmöglichkeiten von Verjüngungspflanzen, es verändert aber genauso die Lebensbedingungen für jegliche Art von Bodenvegetation. Diese wurde deshalb während des Versuchszeitraumes jährlich aufgenommen. Als Kriterium soll dabei der bewährte Bedeckungsgrad verwendet werden. Er wird hergeleitet über die Einschätzung der bei senkrechten Herabschauen auf einen in vier Quadranten unterteilten 1 m² grossen Probekreis durch Blattoberflächen bedeckt erscheinende Bodenoberfläche.

Die Werte aus Tab. 10 zeigen, daß alle Versuchsflächen zu Beginn des Untersuchungszeitraumes praktisch frei von Bodenvegetation waren. Angesichts der Dichte des Versuchsbestandes ist das auch nicht verwunderlich. Auf den waldbaulich aufgelichte-

Tab. 10: Der Bedeckungsgrad der Bodenvegetation auf den Teilparzellen bei Versuchsbeginn im Frühsommer 1977 und nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum im Herbst 1986. Die der Tabelle zugrundeliegenden Werte sind arithmetische Mittel aus 32 Probekreisen

Eingriff im Altbestand (Parzellenbezeichnung)	Teilparzelle	Bedeckungsprozent	
		1977	1986
Kein Eingriff (2.0)	im Zaun mit Bodenbearb.	0.0	2.7
	im Zaun ohne Bodenbearb.	0.6	2.7
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	0.0	3.3
Kein Eingriff (1.0)	im Zaun mit Bodenbearb.	0.2	7.7
	im Zaun ohne Bodenbearb.	0.0	2.8
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	0.0	0.6
Schwacher Schirmhieb (2.1)	im Zaun mit Bodenbearb.	0.3	40.3
	im Zaun ohne Bodenbearb.	3.3	36.7
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	0.8	22.8
Schwacher Schirmhieb (1.1)	im Zaun mit Bodenbearb.	0.0	42.2
	im Zaun ohne Bodenbearb.	0.0	35.8
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	0.3	38.3
Starker Schirmhieb (1.2)	im Zaun mit Bodenbearb.	3.6	43.4
	im Zaun ohne Bodenbearb.	3.9	34.5
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	2.5	33.9
Starker Schirmhieb (2.2)	im Zaun mit Bodenbearb.	0.9	57.8
	im Zaun ohne Bodenbearb.	0.3	48.1
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	1.3	51.6

ten Parzellen änderte sich dieser Zustand jedoch sehr bald. Bodenpflanzen der verschiedensten Art (s. UEBELHÖR, 1979; KOTRU, 1985; MOSANDL 1990) konnten sich einfinden und halten, so daß heute hier auf allen Teilparzellen Bodenvegetation etabliert ist. Dabei hat sich ein sehr großer Unterschied zwischen den unbehandelten und den waldbaulich veränderten Parzellen herausgebildet. Bei späteren Interpretationen der Untersuchungsergebnisse muß deshalb wie im Falle des Mikroklimas bedacht werden, daß Zunahme der Beleuchtungsstärke auch stets Vermehrung der Bodenvegetation impliziert, die ihrerseits eine Konkurrenz für die Verjüngung darstellen kann.

3. Material und Methode

3.1 Arbeitsschritte

Die Vorgehensweise bei der Datenerhebung ist der folgenden Übersicht zu entnehmen:

Arbeitsschritte	Zeit	Datenerfassung
Aufnahme der Naturverjüngungspflanzen auf zahlreichen Probekreisen	1977-1986	Jährliche Erfassung der Zu- und Abgänge, Bestimmung der Abgangs- und Schadensursachen (s. Aufnahmeformbl. in Anhang V)
Auswahl der Stichproben	Herbst 1986	siehe unten
Entnahme aller Pflanzen aus 144 Probekreisen (6 Parzellen x 3 Teilparzellen x 8 Probekreise)	Herbst 1986	Erneute Schadensansprache* für jede Pflanze, Ausgraben, Markierung der Trennlinie von Wurzel und Sproß (Schnittstelle, Abb. 8) Transport ins Labor.
Alter und Morphologie	1986-1987	Altersbestimmung** durch Zählung der Internodien (Abb. 7) Kontrolle der Schadensansprache Messung einer Vielzahl morphologischer Größen (s. Abb. 8 und Aufnahmeformbl. in Anhang V) Trennung von Sproß und Wurzel an im Wald markierter Schnittstelle und Absonderung der Assimilationsorgane.
Trockengewichte	Herbst 1987	Trocknung der zerkleinerten, entblätterten Sproße bis zur Gewichtskonstanz bei 65 Grad Celsius und Wägung auf Analysenwaage, Genauigkeit 0,1 mg. (weiteres siehe Kap. 3.23)
Datenaufbereitung und Datenverarbeitung	1988	Speicherung (IBM Großrechenanlage, Bay. Staatsmin. f. ELF) Überprüfung durch eigene Plausibilitätsprogramme, Erstellung von Auswertungsprogrammen
Statistische Bearbeitung	1988-1989	wird in Kap. 4 gesondert dargestellt.

* Die Schäden wurden nach Häufigkeit, Ursache (unbekannt, abiotisch, biotisch ohne Wild-Weideverbiß und Wild-Weideverbiß) erfaßt; außerdem wurde das Jahr des Schadens bestimmt. Die Ansprache der Ursachen basierte bei frischen Schäden (1986) auf der Kenntnis der Symptome. Bei alten Schäden (vor 1986) konnte je nach Parzelle in unterschiedlicher Intensität auf frühere Aufnahmen zurückgegriffen werden.

** Meistens war eine Kontrolle der Altersbestimmung aufgrund vorausgegangener Aufnahmen möglich.

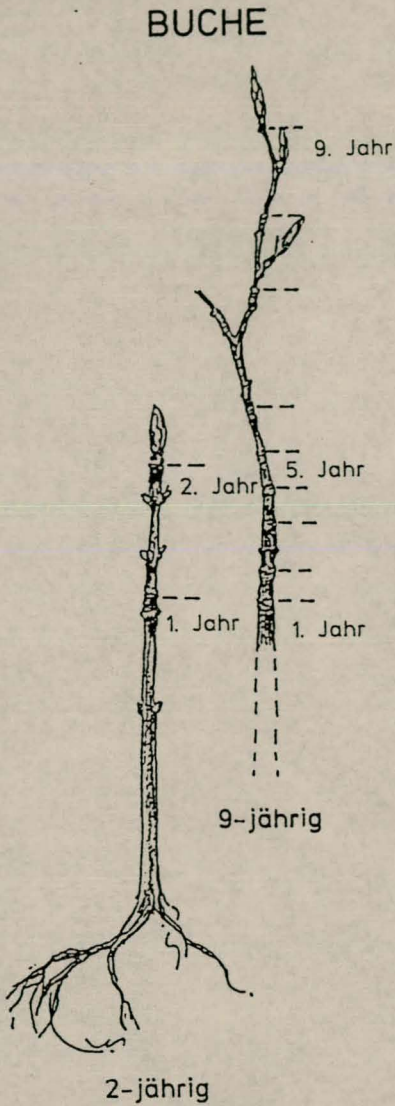


Abb. 7: Ermittlung des Alters einer Pflanze, am Beispiel zweier Buchen der Keimjahrgänge 1978 und 1985

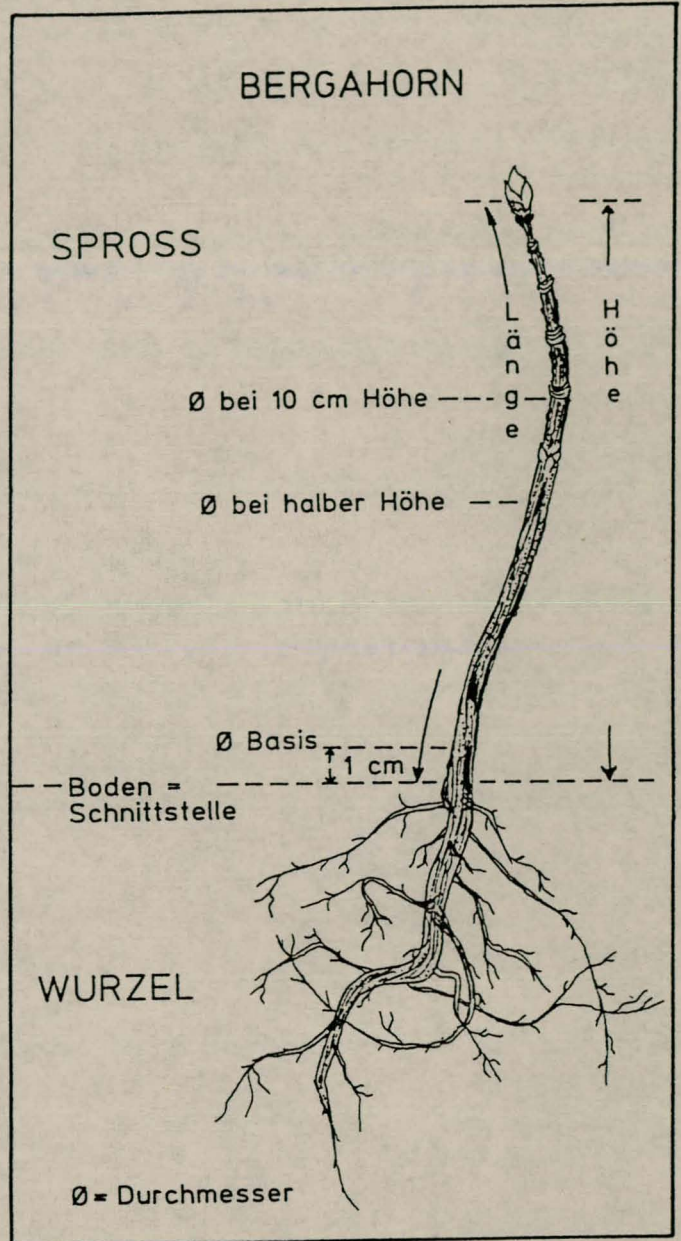


Abb. 8: Meßstellen der erhobenen Daten einer Naturverjüngungspflanze, am Beispiel eines Ahorns des Keimjahrganges 1982

Auswahl der Stichproben

Aus 32 Probekreisen je Teilparzelle wurden Stichproben von 8 Probekreisen durch Zufallsauswahl gezogen (s. Abb. 3). Das Auswahlmuster wurde einmal festgelegt und dann in gleicher Form auf jeder Teilparzelle angewandt. Aus statistischer Sicht hätte

die Auswahl der Probekreise für jede Teilparzelle unabhängig von den anderen durchgeführt werden müssen. Zur Vermeidung von Verwechslungen der Probekreise bei den nachfolgenden Aufnahmen oder Auswertungen wurde jedoch eine Entscheidung für eine einheitliche Entnahme von Probekreisen mit derselben Nummerierung auf allen Teilparzellen getroffen.

3.2 Erhebungsmerkmale

3.21 Die Anzahl der entnommenen Pflanzen

Insgesamt sind aus allen 6 Parzellen 2999 Pflanzen entnommen worden. Sie verteilen sich folgendermaßen auf die Teilparzellen:

- im Zaun mit Bodenbearbeitung: 1089 Pflanzen
- im Zaun ohne Bodenbearbeitung: 984 Pflanzen
- außer Zaun ohne Bodenbearbeitung: 926 Pflanzen

Die Verteilung nach Baumarten und Keimjahrgängen ist aus Tab. 11 ersichtlich.

Tab. 12 zeigt für jede Teilparzelle die Pflanzendichte pro Quadratmeter, zum einen auf den 8 beernteten Probekreisen, zum anderen auf allen 32 Probekreisen (gesamte Teilparzelle). Aus dem Vergleich geht hervor, daß eine Ähnlichkeit zwischen den Werten der einzelnen Teilparzellen besteht. Weitere Vergleiche der Pflanzendichte bezüglich der einzelnen Baumarten und Keimjahrgänge, die hier aus Platzmangel nicht dargestellt werden, zeigten in den meisten Fällen ebenfalls geringe Unterschiede. Insgesamt läßt sich feststellen, daß die aus den 8 beernteten Probekreisen ermittelte Pflanzendichte der gesamten Teilparzelle so ähnlich ist, daß Repräsentanz angenommen werden kann. Von einem statistischen Test zur Verifizierung dieser Annahme wurde im Hinblick auf die Eindeutigkeit der Werte abgesehen. Alle auf den Hektar hochgerechneten Werte verschiedener Baumarten und Keimjahrgänge können Anhang II (Tab. 1b bis 20b) entnommen werden.

Tab. 11: Anzahl der im Herbst 1986 entnommenen Naturverjüngungspflanzen aus 144 Probestreifen auf den Versuchspartellen: kein Eingriff, schwacher Schirmhieb, starker Schirmhieb

Keimjahr-gang	Fichte	Tanne	Eibe	Buche	Ahorn	Vogel-beere	Mehl-beere	Esche	Ulme	Weide	Summe
vor 1977	1	14	6	2	122	8	0	0	0	0	153
1977	111	98	4	0	10	10	1	14	2	0	250
1978	95	0	4	48	142	3	14	5	0	0	311
1979	1	0	1	0	0	1	3	2	2	0	10
1980	0	150	1	0	588	3	1	1	1	0	745
1981	136	101	1	0	16	6	1	0	0	1	262
1982	13	5	6	0	625	7	10	0	2	0	668
1983	34	78	1	2	3	6	2	4	2	0	132
1984	1	11	0	0	18	3	2	5	0	0	40
1985	2	14	0	189	107	28	0	23	2	0	365
1986	1	3	5	1	46	3	0	4	0	0	63
Summe	395	474	29	242	1677	78	34	58	11	1	2999

Tab. 12: Vergleich der im Herbst 1986 ermittelten Pflanzendichten (Stück/m²) aller Baumarten und aller Keimjahrgänge aus allen 32 Probestreifen (Teilparzelle) und aus den beernteten 8

Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)	Teilparzelle (32 Quadratmeter)			beerntete Probestreifen (8 Quadratmeter)		
	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff 76%	0.8	1.1	1.3	1.1	1.3	1.3
Kein Eingriff 68%	24.4	16.0	10.3	25.9	17.0	9.6
Schwacher Schirmhieb 60%	13.4	14.6	11.5	15.9	15.9	10.5
Schwacher Schirmhieb 56%	19.2	20.6	26.3	18.6	23.3	28.5
Starker Schirmhieb 49%	30.6	17.9	18.9	35.6	19.0	17.9
Starker Schirmhieb 39%	40.6	49.5	46.0	38.6	47.0	48.0

3.22 Die Schäden

Die Verjüngungspflanzen sind einer Vielzahl von unkontrollierbaren Einflußfaktoren ausgesetzt. Dazu gehören die Schäden, die einen großen Einfluß auf die Entwicklung der betroffenen Individuen hatten und die sich auch in den nachstehenden Ergebnissen niederschlugen. Deshalb soll darauf in komprimierter Form eingegangen werden. Zusätzlich sind die Prozentanteile der geschädigten Pflanzen von allen untersuchten Keimjahrgängen und Baumarten für die einzelnen Versuchspartzen in den Tab. 1 - 20 mit der Kennzeichnung b in Anhang II eingetragen. Eine detaillierte Auswertung der Schäden an den entnommenen Verjüngungspflanzen wird im Rahmen einer späteren Arbeit angestellt.

Tab. 13 zeigt an den 2999 im Jahre 1986 entnommenen Pflanzen die Schadensanteile für die verschiedenen Baumarten. Daraus ist ersichtlich, daß 996 Pflanzen (33%) geschädigt waren, wobei der Ahorn die höchsten Schadensprozente aufweist.

Bei der Schadansprache wurden vier Kategorien von Ursachen festgestellt: abiotisch, biotisch (ohne Wild- und Weideverbiß), Wild-Weideverbiß und schließlich "unbekannt"; sie sind für die drei Teilparzellen in Tab. 14 dargestellt. Auffallend ist dabei der hohe Schadensanteil von 28% und 30% auf den Teilparzellen innerhalb des Zaunes, die im Vergleich zu den vorausgegangenen Untersuchungsjahren (LEHRSTUHL FÜR WALDBAU UND FORSTEINRICHTUNG, 1987) ungewöhnlich hoch sind. Das lag, wie Tab. 15 zeigt, an den hohen Schäden im Jahre 1986, was in erster Linie auf die abiotischen (v.a. Hagel), aber auch auf die biotischen (ohne Wild- und Weideverbiß) Schäden zurückzuführen ist. Allerdings sind die höchsten Schadensanteile auf den ungezäunten Teilparzellen registriert worden; dabei zeigen die durch die Ursache Wild-Weideverbiß geschädigten Pflanzen den höchsten Anteil von 43% (Tab. 14). Im Jahre 1986 war der Anteil der geschädigten Pflanzen durch die Schadkategorie "Wild-Weideverbiß" von 35% wesentlich niedriger als die Anteile der abiotischen und biotischen (ohne Wild-Weideverbiß) Schäden (Tab. 15), d.h. die meisten Schäden durch die Ursache "Wild-Weideverbiß" entstanden im Gegensatz zu den anderen zwei Kategorien vor 1986.

Die "abiotischen Schäden" betreffen 15% aller Pflanzen, was 44% der geschädigten Pflanzen entspricht. 73% dieser Schadkategorie sind auf den Hagel im Frühjahr 1986 zurückzuführen. Zahlreiche

Tab. 13: Die Anzahl der entnommenen Pflanzen und deren Schadensprozent im Herbst 1986

Baumart:	Fichte	Tanne	Buche	Ahorn	alle Baumarten
Anzahl	395	474	242	1677	2999
davon geschädigt	14%	31%	10%	40%	33%

Tab. 14: Die Schäden auf den Teilparzellen im Herbst 1986

Teilparzelle	Anzahl	davon geschädigt	davon durch folgende Ursachen in %			
			0	1	2	3
im Zaun mit Bodenbearbeitung	1089	309 (28%)	11	50	39	0
im Zaun ohne Bodenbearbeitung	984	298 (30%)	20	54	26	0
außer Zaun ohne Bodenbearbeitung	926	389 (42%)	10	32	15	43
Summe	2999	996 (33%)	13	44	26	17

Schadensursachen: 0= unbekannt, 1= abiotisch, 2= biotisch ohne Wild-Weideverbiß, 3= Wild-Weideverbiß

Tab. 15: Anzahl der durch die verschiedenen Kategorien geschädigten Pflanzen und davon die Anzahl (N) und der Anteil (%) der geschädigten Pflanzen im Jahre 1986

Schadursache:	0	1	2	3	Summe
Anzahl der geschäd. Pflanzen	130	442	255	169	996
davon in 1986: N %	0 0%	321 73%	165 65%	59 35%	545 55%

Schadensursachen: 0= unbekannt, 1= abiotisch, 2= biotisch ohne Wild-Weideverbiß, 3= Wild-Weideverbiß

Naturverjüngungspflanzen, besonders diejenigen, die über die Bodenvegetation hinausragten, wurden vom Hagel aufgrund ihrer größeren Auftrefffläche beschädigt. Die Ahorne, die auf den Versuchspartellen zumeist die höchsten Pflanzen sind, waren davon am stärksten betroffen; ihr Anteil macht 72% der durch Hagel geschädigten Pflanzen aus. Auffallend war aber, wie schnell sich die meisten Pflanzen von dem Hagelschaden erholt haben. Die teilweise abgebrochenen jungen Triebe wurden in kurzer Zeit durch Seitentriebe ersetzt.

Die Schadkategorie "biotisch ohne Wild-Weideverbiß" war mit einem Anteil von 26% an den geschädigten Pflanzen vertreten, wobei davon 85% Ahorne waren. Verursacht wurden die meisten Schäden dieser Kategorie durch Mäuseverbiß.

Die Schadensursache "Wild-Weideverbiß", die erwartungsgemäß nur auf den Teilpartellen außerhalb des Zaunes registriert wurde, ist an 43% aller Pflanzen dieser Teilpartellen festgestellt worden. Die Schäden dieser Kategorie gehen hauptsächlich zu Lasten des Schalenwildes, denn während des Untersuchungszeitraumes und auch im Jahre 1986 gab es kaum Spuren von Weidevieh oder Trittschäden an den Forstpflanzen. Dagegen war Losung von Schalenwild auf den ungezäunten Teilpartellen nicht zu übersehen. Die Tanne war am stärksten durch Verbißschäden belastet. An 61% aller geschädigten Tannen außerhalb des Zaunes wurden Verbißschäden festgestellt; auch das ist ein Indiz für die geringe Bedeutung des Verbisses durch Weidevieh. LISS (1988) stellte in seinen umfangreichen Studien über die Wald-Weide nämlich folgendes fest: "Sowohl in den Verbißanalysen als auch in der Höhenentwicklung der Pflanzen wurde eindeutig nachgewiesen, daß das Weidevieh die Tanne nicht verbißt".

Bei 130 Pflanzen - das entspricht 13% aller geschädigten Pflanzen - konnte die Schadensursache nicht identifiziert werden, die Ursache wurde also als "unbekannt" bezeichnet.

Die wichtigsten Erkenntnisse aus der Schadansprache, die von großer Bedeutung für die später dargestellten Ergebnisse und ihre Interpretation sind, können wie folgt zusammengefaßt werden:

(1) Ein Drittel aller entnommenen Pflanzen war geschädigt durch

die Ursachen:

- 4% "unbekannt"
- 15% "abiotisch"; dieser hohe Anteil ist durch den Hagelschaden 1986 zu erklären. Vor allem wurden Pflanzen die über die Bodenvegetation hinausragten geschädigt.
- 8% "biotisch ohne Wild-Weideverbiß"; wobei die meisten Schäden durch Mäuse im Jahre 1986 verursacht wurden.
- 6% "Wild-Weideverbiß"; dieser Prozentsatz bezieht sich sowohl auf die gezäunten und ungezäunten Teilparzellen. Geht man jedoch allein von den ungezäunten Teilparzellen aus, auf denen diese Ursache ja nur zu erwarten ist, ergibt sich ein Anteil von 18%.

(2) Auf den gezäunten Teilparzellen war Hagel die häufigste Schadursache, auf den ungezäunten Teilparzellen hingegen Schalenwildverbiß.

(3) Der Ahorn ist am stärksten durch den Hagelschaden und durch Mäusefraß betroffen. Auf den ungezäunten Parzellen ist die Tanne am stärksten durch den Schalenwildverbiß belastet.

3.23 Die Sproßtrockengewichte

Als Kriterium für den Einfluß verschiedener Schirmstellungen auf die Entwicklung von Verjüngungspflanzen der einzelnen Baumarten und Keimjahrgänge wurde das Trockengewicht von Schäften und Zweigen verwendet (im weiteren als Sproßtrockengewicht bezeichnet). Eine detaillierte statistische Auswertung dieser Größe wird in Kap. 4 gezeigt. Weitergehende Auswertungen des kompletten Datenmaterials, also einschließlich von Blättern und Wurzeln, sind einer weiteren Studie vorbehalten.

4. Statistische Auswertung und Ergebnisse der Sproßtrockengewichte

Einen Schwerpunkt dieser vorliegenden Studie stellt die biometrische Auswertung dar. Deshalb wird das angewandte Verfahren hier detailliert beschrieben. Die anschließende Darstellung der Ergebnisse erfolgt zum einen aus der Sicht der angewandten statistischen Methode, zum anderen aus der Sicht der deskriptiven Statistik.

4.1 Die statistische Auswertungsmethode

Gemäß der Versuchsanordnung war die Spaltanlage das vorgesehene statistische Auswertungsverfahren. Aufgrund der Heterogenität der Versuchsbestände und der Unterschiede in der Überschildung zwischen den Parzellen mit gleicher waldbaulicher Behandlung stellen die Versuchspartzen aus statistischer Sicht keine Wiederholungen dar. Deshalb und auch aus anderen Gründen, auf die in Kapitel 5.1 eingegangen wird, mußte dieses Verfahren als nicht geeignet für die Auswertung des Datenmaterials der vorliegenden Studie betrachtet werden. Stattdessen wurde die mehrfache Regressionsanalyse verwendet, um die Wirkung der Einflußfaktoren "Überschildung, Zäunung und Bodenbearbeitung" auf die Sproßtrockengewichte zu überprüfen.

Im folgenden werden zuerst die abhängigen und unabhängigen Variablen, dann das Regressionsmodell und die Art des Vorgehens zur Auswahl von geeigneten Regressionsgleichungen beschrieben.

4.11 Die verwendeten Variablen

4.111 Die abhängigen Variablen

Der Einfluß waldbaulicher Behandlungen auf die Verjüngungspflanzen wird anhand von zwei Größen gezeigt:

- Mittleres Sproßtrockengewicht/Pflanze (arithmetischer Mittelwert aus allen entnommenen Pflanzen einer Teilparzelle)
- Gesamtes Sproßtrockengewicht/ha (Summe aller entnommenen Pflanzen einer Teilparzelle, hochgerechnet auf den Hektar)

Diese beiden Größen sind auf allen Teilparzellen für die am häufigsten vertretenen Keimjahrgänge jeder Baumart errechnet worden. Die Pflanzen die bei Versuchsbeginn vorhanden waren (Keimjahrgänge vor 1977) wurden auf den Teilparzellen mit Bodenbearbeitung von der Auswertung ausgeschlossen. Denn die bei Versuchsbeginn durchgeführte Bodenbearbeitung verursachte Ausfälle oder Schäden unter diesen Keimjahrgängen.

Folgende 20 Fälle aus der Kombination Baumart und Keimjahrgang kamen zustande:

- Fichte, Keimjahrgänge: 1977, 1978, 1981 und Summe 1977-1986
- Tanne, Keimjahrgänge: vor 1977, 1977, 1980, 1981, 1983 und Summe 1977-1986
- Buche, Keimjahrgänge: 1985 und Summe 1977-1986
- Ahorn, Keimjahrgänge: vor 1977, 1978, 1980, 1982, 1985 und Summe 1977-1986
- Alle Baumarten, Keimjahrgänge: Summe 1977-1986 und Summe vor 1977-1986

Die zugehörigen Daten können den Tabellen 1a - 20a im Anhang II entnommen werden. Auf Wiedergabe der statistischen Kennwerte* (18 Teilparzellen x 20 Kombinationen x 7 Kennwerte = 2520) wird des großen Umfanges wegen verzichtet.

4.112 Die unabhängigen Variablen

4.112.1 Die relative Beleuchtungsstärke (rB)

Die waldbaulichen Eingriffe in den Altbestand führten zur Veränderung der kleinklimatischen Verhältnisse (z.B. Lichtverhältnisse, Niederschläge, usw.). Diese Einflußgrößen haben wiederum eine direkte oder indirekte Wirkung auf die Jungpflanzen. Dabei ist der Lichtgenuß der entscheidende Faktor für das Wachstumsverhalten der Verjüngungspflanzen. Die relative Beleuchtungsstärke ist, wie bereits erwähnt, u.a. ein Ausdruck für die Lichtverhältnisse am Boden. Sie ist eine stetige Variable und wurde daher als eine charakterisierende Größe für die Über-

* Mittelwert, Summe, Standardabweichung, Standardfehler, Variationskoeffizienten, Minimum und Maximum.

schirmungsvarianten in die Regressionsanalysen aufgenommen. Dafür wurden die Durchschnittswerte der relativen Beleuchtungsstärke auf den 8 beernteten Probekreisen (Tab. 16) errechnet. Aus dieser Tabelle und aus Tab. 9 ist zu ersehen, daß sich die Werte unmittelbar über den beernteten Probekreisen nicht wesentlich von denen unterscheiden, die für die jeweilige ganze Teilparzelle ermittelt wurden.

Tab. 16: Relative Beleuchtungsstärke, Stammzahl, Grundfläche und Altbestandsdichte (BD)

Eingriff im Altbestand (Parzellenbezeichnung)	Teilparzelle	relative Beleucht. % 1978	Stammzahl (N) N/ha 1976	Grundfl. (G) m ² /ha 1976	BD (N ² /G) 1976
Kein Eingriff (2.0)	im Zaun mit Bodenbearb.	6.6	1336	45.47	39257
	im Zaun ohne Bodenbearb.	5.9	1431	45.16	45367
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	7.1	1336	30.00	59494
Kein Eingriff (1.0)	im Zaun mit Bodenbearb.	9.3	921	39.31	21582
	im Zaun ohne Bodenbearb.	7.1	1070	43.37	26382
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	6.3	1218	52.21	28424
Schwacher Schirmhieb (2.1)	im Zaun mit Bodenbearb.	20.4	714	32.65	15620
	im Zaun ohne Bodenbearb.	20.2	745	32.28	17203
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	23.3	559	24.81	12596
Schwacher Schirmhieb (1.1)	im Zaun mit Bodenbearb.	23.0	601	35.54	10160
	im Zaun ohne Bodenbearb.	20.8	691	39.83	11989
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	24.3	541	24.56	11911
Starker Schirmhieb (1.2)	im Zaun mit Bodenbearb.	28.4	461	31.40	6777
	im Zaun ohne Bodenbearb.	22.2	554	23.27	13171
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	24.0	492	25.13	9636
Starker Schirmhieb (2.2)	im Zaun mit Bodenbearb.	39.0	296	21.73	4029
	im Zaun ohne Bodenbearb.	38.5	266	14.24	4980
	außer Zaun ohne Bodenbearb.	40.2	207	23.53	1823

Die relative Beleuchtungsstärke ist der Durchschnittswert aus den 8 beernteten Probekreisen

4.112.2 Die Altbestandsdichte (BD)

Neben der relativen Beleuchtungsstärke sollte ein zweites stetiges Merkmal als charakterisierende Größe für die Überschirmung auf den Teilparzellen verwendet werden. Zu diesem Zweck wurde eine Vielzahl von ertragskundlichen Befunddaten auf ihre

Brauchbarkeit überprüft. Dabei wurden mehrere Kombinationen wie Stammzahl und Grundfläche, Stammzahl und Vorrat, Spreitungsgrad, Ausladungsverhältnis, Umlichtungsgrad u.s.w. erprobt. Ihre Zusammenhänge zu a) der relativen Beleuchtungsstärke, b) der Höhe, dem Durchmesser und der Dichte der Verjüngungspflanzen und c) dem Bedeckungsgrad der Bodenvegetation wurden getestet (die Ergebnisse dazu werden zu einem späteren Zeitpunkt veröffentlicht). Dabei zeigte der Index aus der Kombination Baumzahl/ha und arithmetische mittlere Grundfläche immer wieder eine straffe Beziehung zu den eben genannten Größen. Deshalb wurde er in der vorliegenden Studie zur Erklärung der Variabilität in den Sproßtrockengewichten verwendet. Dieser Index wird als Altbestandsdichte (BD) bezeichnet:

BD= Baumzahl pro Hektar/arithmetische mittlere Grundfläche

BD= (Baumzahl pro Hektar)²/Bestandesgrundfläche

Die zugehörigen Werte für die Teilparzellen sind aus Tab. 16 zu entnehmen. Als Gründe für den mikroklimatischen Zeigewert dieser ausgefallenen Kombination - die jedoch leicht ermittelbar ist - kommen die folgenden in Frage:

BRECHTEL (1962) fand in einschichtigen Kiefernreinbeständen mit einer sehr ungleichmäßigen Verteilung der Baumkronen eine straffe Beziehung zwischen der relativen Beleuchtungsstärke und der Kreisfläche/ha (Korrelationskoeffizient= 0.78) einerseits, der Stammzahl/ha (Korrelationskoeffizient= 0.79) andererseits. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß ein kombinierter Wert aus Stammzahl und mittlerer Grundfläche pro Baum zur Charakterisierung der Überschirmungsverhältnisse brauchbar ist.

"Die Interpretation von Dichtebefunden ist aber auch deshalb nicht ganz einfach, weil sehr unterschiedliche Baumzahlen in vergleichbaren Beständen zu gleichen Grundflächen mit ähnlichen aufstockenden Volumina führen können. Zur richtigen Beurteilung von Dichtewerten auf der Basis von Grundflächen und Volumina ist es daher immer wichtig zu wissen, ob sie sich aus wenigen, aber starken oder vielen und dann schwachen Bäumen zusammensetzen." (BURSCHEL und HUSS, 1987). Das wird mit dem Begriff BD berücksichtigt und daher kann dieser Index, der auf den Hektar bezogen ist, zur Beschreibung der Bestandesdichte dienen. Dabei ist festzuhalten, daß ein Bestand auf einer bestimmten Fläche

eine maximale Bestandesgrundfläche hat. Der BD-Index hat auch bei gleichaltrigen Beständen, wie es in den Untersuchungsbeständen der Fall ist, einen maximalen Wert, der nicht überschritten werden kann.

Gegeben seien zwei mehrschichtige Bestände mit gleicher Stammzahl. Die BD ist bei dem Bestand mit einem großen Anteil an Unterständern größer als bei dem mit weniger Unterständern. Für zwei Bestände, die dieselben Anteile an sozialen Klassen haben und deren mittlere Grundfläche gleich ist, muß bei dem Bestand mit niedrigerer Stammzahl der BD-Index kleiner sein. Aus diesen einfachen Beispielen wird ersichtlich, daß die BD zur groben Charakterisierung der Bestandesstruktur dienen kann.

Infolge der Hiebsmaßnahmen bei Versuchsbeginn ist die mittlere Grundfläche auf den stark aufgelichteten Parzellen größer als auf den schwach aufgelichteten und dort wiederum größer als auf den Kontrollparzellen. Bei Betrachtung der Tab. 16 kann festgestellt werden, daß die Anordnung der Parzellen nach Größe des BD-Indexes die gleiche ist wie die Zusammenstellung der Parzellen nach dem Überschirmungsgrad (Tab. 8). Somit kann dieser Index auch als Vergleichsparameter der unterschiedlich behandelten Altbestände herangezogen werden.

4.112.3 Zäunung und Bodenbearbeitung

Die waldbaulichen Behandlungen, welche auf den Teilparzellen vorgenommen wurden, lassen sich als qualitative Variablen auffassen und können deswegen mit Hilfe von Dummy-Variablen kodiert werden (DRAPER und SMITH, 1981; HARTUNG und ELPELT, 1986; KLEINBAUM, KUPPER und MULLER, 1988). Im vorliegenden Fall wurde ein Modell ohne einen Rangdefekt der X-Matrix verlangt. Deshalb wurden zwei* anstatt drei Dummy-Variablen definiert:

	Z1	Z2
im Zaun ohne Bodenbearbeitung (a):	0	0
außer Zaun ohne Bodenbearbeitung (b):	1	0
im Zaun mit Bodenbearbeitung (c):	0	1

* Für die Pflanzen, die bereits vor Versuchsbeginn vorhanden waren (Keimjahrgang vor 1977), wurden nur die Teilparzellen ohne Bodenbearbeitung in die Regressionsanalyse einbezogen. Folglich wird hier nur die Dummy-Variable Z1 benötigt.

Die sich daraus ergebenden Vektoren Z_1 und Z_2 sind:

$$Z_1 = (0 \quad 1 \quad 0)$$

$$Z_2 = (0 \quad 0 \quad 1)$$

Es soll darauf hingewiesen werden, daß die diesbezüglichen Summen der Abweichungsquadrate im Sinne der Varianzanalyse keine Kontraste darstellen. Dazu wird nämlich verlangt, daß die Summe der Vektorkomponenten gleich Null ist.

Die Regressionsgleichung ohne Einbeziehung der Schirmbehandlungsvarianten lautet:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2 + \varepsilon$$

Daraus folgt:

$$\text{Behandlung (a): } Y = \beta_0$$

$$\text{Behandlung (b): } Y = \beta_0 + \beta_1 Z_1$$

$$\text{Behandlung (c): } Y = \beta_0 + \beta_2 Z_2$$

Das Interzept β_0 stellt somit den Mittelwert der Behandlung (a) dar, die Regressionskoeffizienten b_1 und b_2 erfassen die Differenzen zwischen den Mittelwerten von (b) und (a) bzw. (c) und (a).

Wird die Schirmbehandlungsvariable dem Modell hinzugefügt, dann lautet das Regressionsmodell:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z_1 + \beta_3 Z_2 + \varepsilon$$

wobei: $X = \text{Überschirmung (entweder rB oder BD)}$

$\varepsilon = \text{normalverteilte Zufallsvariable } (0, \sigma^2)$

Daraus ergeben sich folgende Schätzwerte:

$$\text{Behandlung (a): } Y = \beta_0 + \beta_1 X$$

$$\text{Behandlung (b): } Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z_1$$

$$\text{Behandlung (c): } Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_3 Z_2$$

Diese Art von Kodierung erzeugt keinen orthogonalen Kontrast; den könnte man jedoch erzielen, indem Z_1 und Z_2 beispielsweise wie folgt kodiert werden:

Dummy-Variable:	Z1	Z2
im Zaun ohne Bodenbearbeitung:	1	1
außer Zaun ohne Bodenbearbeitung:	-2	0
im Zaun mit Bodenbearbeitung:	1	-1

Damit wird erreicht, daß die Kontraste stochastisch unabhängig sind. Folglich können die zwei Kontrasthypthesen, nämlich $H_0 : a+c/2 = b$ und $H_0 : a = c$, geprüft werden. BORTZ (1985) empfiehlt aber für den Fall, daß mehrere "Treatmentgruppen" mit einer "Kontrollgruppe" zu vergleichen sind, die zuerst beschriebene Kodierung vorzuziehen. Dies trifft auch auf die vorliegende Studie zu, wobei die Teilparzelle im Zaun ohne Bodenbearbeitung das "Kontrolltreatment" ist. Allerdings führen alle Regressionsgleichungen unabhängig von der Art der Kodierung zu den gleichen vorhergesagten Schätzwerten des Regressanden (BORTZ, 1985).

4.112.4 Die Interaktionen

Die Wechselwirkungen der Untersuchungsfaktoren kommen in den zwei Regressoren Überschirmung x Zaun und Überschirmung x Bodenbearbeitung zum Ausdruck. Ein Blick auf den vorangegangenen Abschnitt zeigt, daß die Wechselwirkungen somit die Dummy-Variablen enthalten, die ihrerseits wieder Teil der mehrfachen Regressionsanalyse sind (MENDENHALL, 1968; DRAPER und SMITH, 1981; KLEINBAUM et al., 1988).

Das Regressionsmodell lautet bei Berücksichtigung der Interaktionen:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z1 + \beta_3 (X.Z1) + \beta_4 Z2 + \beta_5 (X.Z2) + \varepsilon$$

Daraus resultieren folgende Schätzwerte:

Behandlung (a): $Y = \beta_0 + \beta_1 X$

Behandlung (b): $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Z1 + \beta_3 (X.Z1)$

Behandlung (c): $Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_4 Z2 + \beta_5 (X.Z2)$

4.12 Das Regressionsmodell

Das verwendete lineare Modell lautet:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_{1i} + \beta_3 (X \cdot Z1)_i + \beta_4 Z_{2i} + \beta_5 (X \cdot Z2)_i + \varepsilon_i$$

für $i = 1, \dots, n$, wobei

$Y_i =$ entweder durchschnittliches Sproßtrockengewicht/
Pflanze oder Sproßtrockengewicht/ha

$X_i =$ entweder die relative Beleuchtungsstärke oder
Altbestandsdichte

$Z_{1i} =$ Dummy-Variable mit den Kodierungen:
0= im und 1= außer Zaun

$(X \cdot Z1)_i =$ Wechselwirkung $X_i \times Z_{1i}$

$Z_{2i} =$ Dummy-Variable mit den Kodierungen:
0= ohne und 1= mit Bodenbearbeitung

$(X \cdot Z2)_i =$ Wechselwirkung $X_i \times Z_{2i}$

und $\beta_0 - \beta_5$ die Parameter des Modelles darstellen und die Residualabweichung ε_i eine Zufallsvariable mit Mittelwert 0 und der Varianz σ^2 repräsentiert.

Dabei setzt die Regressionsanalyse voraus, daß die unabhängigen Variablen fehlerfrei gemessen sind und die Residualabweichungen $\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n$ unabhängige und normalverteilte Zufallsvariablen $N(0, \sigma^2)$ sind.

4.13 Auswahl der "besten" Regressionsgleichungen

EDV-Programme

Für die statistischen Analysen zur Auswahl der "besten" Regressionsmodelle wurden folgende Programme verwendet:

Prozeduren der SAS (Statistical Analysis System): GLM, REG, RSQUARE, STEPWISE und UNIVARIATE; eigens entwickelte Programme.

Art des Vorgehens

Zur Auswahl von geeigneten Regressionsmodellen wurde folgendermaßen verfahren:

1. Zunächst wurden die Regressanden graphisch gegenüber den Regressoren aufgetragen. Dies liefert eine Vorstellung vom Zusammenhang zwischen beiden Variablen, wobei zu bedenken ist, daß diese Beziehung auch von anderen Variablen beeinflusst werden kann.

2. Die Befunde der graphischen Darstellungen dienten als Hilfsmittel für die Entscheidung über durchzuführende Transformationen. Linearisierende Transformationen* (VAN LAAR, 1979; DRAPER und SMITH, 1981; MONTGOMERY und PECK, 1982; SACHS, 1984; KLEINBAUM et al., 1988) wurden entweder am Regressanden, am Regressor oder an beiden vorgenommen, um eine Stabilisierung der Varianz oder eine Annäherung an eine Normalverteilung der Residuen zu erreichen.

3. Von den 20 Kombinationen aus Baumart und Keimjahrgang waren bei drei Kombinationen auf jeweils einer Teilparzelle und bei einer Kombination auf zwei Teilparzellen keine Pflanzen vorhanden. Dies war auf Ursachen zurückzuführen, die nicht in den Regressionsanalysen berücksichtigt wurden, wie z.B. Ausfall durch Mäuse oder weil die Pflanzen im betreffenden Keimjahrgang einfach nicht vorhanden waren. Die fehlenden Meßwerte für die angesprochenen Teilparzellen wurden mit Hilfe der Regressionsanalyse, in die alle fünf Regressoren eingeführt wurden, berechnet (VAN LAAR, 1989). Diese Berechnung erfolgt selbstverständlich getrennt für die einzelnen Transformationen.

4. Durch Anwendung der Prozeduren "Stepwise" und "Best Subset" bei den verschiedenen transformierten Regressionsmodellen wurden solche Regressoren eliminiert, die keinen wesentlichen zusätzlichen Beitrag zur Erklärung der Variabilität von Y hatten. Für die in diesen Prozeduren verwendeten "Reduktionstests", aus denen die reduzierten Regressionsmodelle hervorgingen, wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05 vorgegeben.

5. Für die Überprüfung der Modellannahme wurden die studentisierten (normierten) Residuen (d_i) berechnet. Dabei wurde das Residuum (die Differenz zwischen dem beobachteten Wert des Re-

* Die durchgeführten Transformationen sind nicht einheitlich für alle untersuchten Fälle, ihre Anzahl variiert je nach Notwendigkeit der Transformation zwischen 6 und 8. Davon wurden 4 in allen Fällen ausgeführt, die in Kap. 4.21 gezeigt werden.

gressanden Y_i und dem zugehörigen geschätzten Wert \hat{Y}_i) durch die geschätzte Standardabweichung der Regression dividiert.

$$d_i = (Y_i - \hat{Y}_i) / s$$

6. Die reduzierten Regressionsmodelle wurden mittels der Residualanalyse überprüft (DRAPER und SMITH, 1981; SCHUCHARD-FICHER et al., 1982; MONTGOMERY und PECK, 1982; HARTUNG und ELPALT, 1986; HARTUNG, 1987; KLEINBAUM et al., 1988; PRUSCHA, 1989). Damit konnten die Abweichungen von der Modellannahme (wie Homoskedastizität und Normalität) getestet werden. Die studentisierten Residuen wurden dazu erstens gegen die Schätzwerte der Regressanden und zweitens gegen die Regressoren graphisch dargestellt. Zeigte der Residuenverlauf annähernd homogene Bandstreifen (d.h. einen Bandstreifen konstanter Breite, der horizontal verläuft), so konnte angenommen werden, daß die Varianz der Fehlerkomponente homogen und unabhängig vom Regressor ist. War dagegen ein systematischer Trend der Residuen als Funktion der unabhängigen Variablen festzustellen, wie in Abb. 9 an drei Beispielen dargestellt, so bedeutet dies, daß die Prämissen des linearen Modells verletzt wurden. Diese "Residual-Plots" lieferten außerdem Hinweise darauf, ob eine Beziehung zwischen X und Y linear ist. Ebenso könnte auf die Notwendigkeit von Transformationen und auf fehlende Regressoren im Modell hingewiesen werden. Desweiteren ermöglichen die "Residual-Plots", Ausreißer in den Stichproben zu identifizieren.

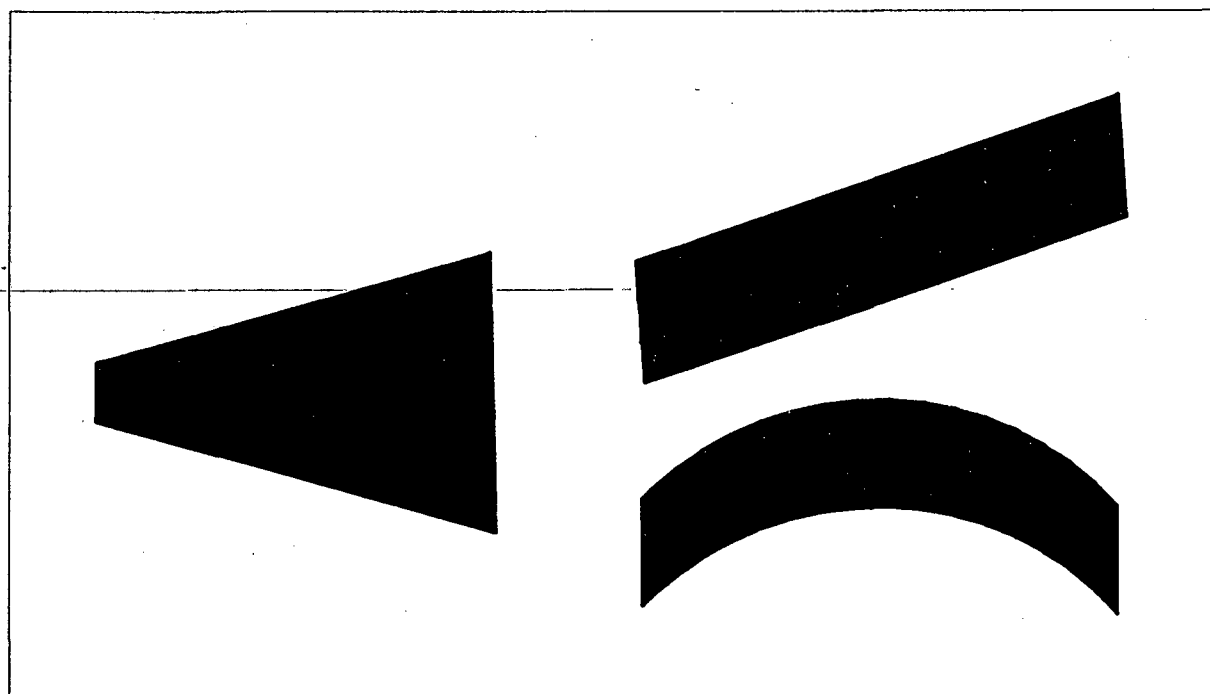


Abb. 9 : Beispiele für unbefriedigende Residuenverläufe (nach Draper and Smith, 1981)

Durch die graphischen Darstellungen der studentisierten Residuen sollten die Abweichungen von der Normalverteilung aufgedeckt werden. Waren die Residuen normalverteilt, dann lagen etwa 68% der normierten Werte zwischen -1 und +1 und etwa 95% zwischen -2 und +2. Abweichungen von diesen Grenzen deuteten auf eine Verletzung der Modellannahme bezüglich der Normalität hin. Die Befunde für die Normalitätsannahme anhand der "Residual-Plots" waren jedoch eingeschränkt. Dies galt auch für die Darstellungen der Beobachtungswerte auf Wahrscheinlichkeitspapier. Der Grund dafür lag in der geringen Anzahl von Beobachtungen, weshalb immer zusätzlich ein statistischer Test (Shapiro-Wilk-Test) zur Prüfung der Normalität angewendet wurde.

7. Der Shapiro-Wilk-Test (SHAPIRO und WILK, 1965) wurde an allen reduzierten Modellen durchgeführt. Er diente zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden. Wenn die "W-Statistik" des Shapiro-Wilk-Testes innerhalb des Annahmebereiches lag, dann wurde die Nullhypothese hinsichtlich der Normalität beibehalten. In seiner Studie über die Transformation von Daten zur Normalität führte OWEN (1988) unter Verwendung des Shapiro-Wilk-Testes zahlreiche Transformationen durch. Er erklärte, daß die vorgenommene Transformation umso besser sei, je näher der Wert bei 1 (theoretischer Maximalwert der Shapiro-Wilk-Statistik) liegt. Diese Feststellung wurde hier bei der Auswahl der Transformationen berücksichtigt.

8. Der "Furnival-Index" (FURNIVAL, 1961) wurde berechnet; er wird definiert als die Quadratwurzel der Summe der Abweichungsquadrate der Residuen multipliziert mit dem Reziprokwert des geometrischen Mittels der ersten Ableitung der abhängigen Variablen. Der Furnival-Index dient als Index für die Anpassungsgüte von Regressionsmodellen, bei denen der Regressand unterschiedlich transformiert ist. Das Bestimmtheitsmaß kann bei solchen Vergleichen nicht herangezogen werden (FURNIVAL, 1961). Je kleiner der Index, desto besser ist die Anpassungsgüte.

9. Anhand der Befunde des "Furnival-Index", des "Shapiro-Wilk-Testes" und der "Residual-Plots" konnten die Regressionsgleichungen der verschiedenen Transformationen verglichen und davon die "beste" ausgewählt werden. Dabei wurde das Regressionsmodell mit der besten Anpassungsgüte nur dann ausgewählt, wenn keine Heteroskedastizität oder keine Abweichung von der Normalverteilung vorlagen. War eine Verletzung der Prämissen bei diesem Modell vorhanden, so wurde das Modell mit der zweitbesten Anpassungsgüte ausgewählt, usw.

4.2 Die Ergebnisse

Im folgenden werden zunächst die Ergebnisse der angewandten statistischen Auswertungsmethode präsentiert. Danach werden mittels der deskriptiven Statistik die Befunde der Sproßtrockengewichte auf den einzelnen Versuchsparzellen dargestellt.

4.21 Die Ergebnisse der angewandten statistischen Auswertungsmethode

Ein sehr wichtiges Kriterium zur Beurteilung der Entwicklung von Naturverjüngungspflanzen stellt das Sproßtrockengewicht dar. Der Einfluß von Überschildung, Zäunung und Bodenbearbeitung auf diese Entwicklungsgröße wurde mit Hilfe der mehrfachen Regressionsanalyse untersucht. Regressionsgleichungen für mehrere Zusammenhänge (verschiedene Transformationen) zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen sind errechnet worden; aus diesen wurden dann nur Regressionsmodelle ausgewählt, die möglichst die höchste Anpassungsgüte aufwiesen und keine Anhaltspunkte für eine grobe Abweichung von der Modellannahme zeigten.

Um bei den zahlreichen durchgeführten Analysen in einem überschaubaren Rahmen zu bleiben und dabei Einblick in die angewandte Methode geben zu können, werden folgende vier Transformationen gezeigt, die bei allen untersuchten Fällen durchgeführt wurden:

$$Y = Y. \text{ und } X = X.$$

$$Y = Y. \text{ und } X = \log (X.)$$

$$Y = \log (Y.) \text{ und } X = X.$$

~~$$Y = \log (Y.) \text{ und } X = \log (X.)$$~~

wobei Y. und X. die transformierte abhängige bzw. unabhängige Variable ist und

Y. = entweder durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze
oder Sproßtrockengewicht/ha

X. = entweder rB oder BD

Die Ergebnisse* des Reduktionstestes für diese vier Transformationen sind den Tab. 17 - 20 zu entnehmen. Dabei ist der

* Die hier gezeigten Ergebnisse berücksichtigen nicht die Parzelle 2.0 (s. dazu Kap. 4.211).

Tab.17 : Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$$

Y= durchschnittliches Sproßrockengewicht / Pflanze (mg)

X= relative Beleuchtungsstärke in %

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	**	**	-	-	-	-	0.56	517.2	517.2	0.756	<0.01
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.83	59.0	59.0	0.934	0.37
Fichte 81	***	***	-	-	-	-	0.83	11.1	11.1	0.906	0.14
Fichte 77-86	***	***	-	-	-	-	0.75	87.0	87.0	0.918	0.24
Tanne vor 77	-										
Tanne 77	**	*	-	-	-	*	0.60	469.8	469.8	0.931	0.35
Tanne 80	**	*	-	-	-	**	0.67	78.0	78.0	0.857	0.02
Tanne 81	***	**	-	-	-	**	0.74	28.3	28.3	0.955	0.58
Tanne 83	*	*	-	-	-	-	0.38	20.5	20.5	0.920	0.25
Tanne 77-86	***	-	-	-	**	***	0.76	123.8	123.8	0.890	0.07
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.74	20.9	20.9	0.945	0.46
Buche 77-86	**	*	*	-	-	-	0.56	84.2	84.2	0.957	0.61
Ahorn vor 77	-										
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	-										
Ahorn 82	-										
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	-										
Summe 77-86	-										
Summe vor 77-86	-										

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<W) wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 18: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

Y= durchschnittliches Sproßstrockengewicht / Pflanze (mg)

X= log (relative Beleuchtungsstärke in %)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau					Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test		
	F Global	partielle F							W	P<W	
		X	Z1	X.Z1	Z2						X.Z2
Fichte 77	*	*	-	-	-	-	0.34	634.6	634.6	0.732 <0.01	
Fichte 78	***	***	*	-	-	-	0.59	90.8	90.8	0.909 0.17	
Fichte 81	***	***	-	-	-	-	0.63	16.4	16.4	0.927 0.32	
Fichte 77-86	**	**	-	-	-	-	0.50	121.7	121.7	0.917 0.23	
Tanne vor 77	-										
Tanne 77	*	*	-	-	-	-	0.28	606.7	606.7	0.757 <0.01	
Tanne 80	**	*	-	-	-	*	0.60	86.0	86.0	0.901 0.10	
Tanne 81	**	**	-	-	-	*	0.64	32.9	32.9	0.957 0.61	
Tanne 83	*	*	-	-	-	-	0.33	21.4	21.4	0.867 0.03	
Tanne 77-86	*	*	-	-	-	-	0.28	204.3	204.3	0.722 <0.01	
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.69	22.8	22.8	0.953 0.55	
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	*	*	-	-			0.50	738.6	738.6	0.937 0.49	
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	-										
Ahorn 82	*	*	-	-	-	-	0.36	72.8	72.8	0.927 0.31	
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	-										
Summe 77-86	*	*	-	-	-	-	0.30	159.4	159.4	0.647 <0.01	
Summe vor 77-86	-										

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<W) wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 19 : Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

$Y = \log(\text{durchschnittliches Sproßstrockengewicht / Pflanze, mg})$

$X = \text{relative Beleuchtungsstärke in \%}$

$Z1 = \text{Dummy-Variable mit der Kodierung } 0 = \text{im Zaun und } 1 = \text{außer Zaun}$

$X.Z1 = \text{Wechselwirkung } X.Z1$

$Z2 = \text{Dummy-Variable mit der Kodierung } 0 = \text{ohne Bodenbearbeitung und } 1 = \text{mit Bodenbearbeitung}$

$X.Z2 = \text{Wechselwirkung } X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	-	-	-	-	0.72	0.4289	69.0	0.859	0.03
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.77	0.3257	24.1	0.808	<0.01
Fichte 81	***	***	-	-	-	-	0.88	0.0800	3.4	0.967	0.77
Fichte 77-86	***	***	-	-	-	-	0.88	0.1562	14.9	0.856	0.02
Tanne vor 77	**	*	**	-	-	-	0.74	0.6761	61.4	0.901	0.29
Tanne 77	***	***	*	-	-	-	0.68	0.4579	101.8	0.939	0.41
Tanne 80	***	***	-	-	-	*	0.75	0.1369	22.3	0.964	0.72
Tanne 81	**	**	-	-	-	-	0.56	0.1584	14.1	0.922	0.27
Tanne 83	*	*	-	-	-	-	0.39	0.1470	9.5	0.966	0.75
Tanne 77-86	***	***	-	**	-	-	0.80	0.1677	25.1	0.954	0.56
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.69	0.0839	10.4	0.938	0.41
Buche 77-86	**	**	***	-	-	-	0.62	0.1632	30.3	0.924	0.29
Ahorn vor 77	*	*	-	-	-	-	0.52	0.3504	358.0	0.918	0.39
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	-										
Ahorn 82	-										
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	-										
Summe 77-86	**	**	-	-	-	-	0.47	0.2013	53.8	0.902	0.11
Summe vor 77-86	*	*	-	-	-	-	0.42	0.2293	80.1	0.940	0.53

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P<W = P(W<W)$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 20: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

$Y = \log(\text{durchschnittliches Sproßtrockengewicht} / \text{Pflanze; mg})$

$X = \log(\text{relative Beleuchtungsstärke in \%})$

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	-	-	-	-	0.71	0.4369	70.3	0.954	0.57
Fichte 78	***	***	*	-	-	-	0.89	0.2383	17.5	0.975	0.90
Fichte 81	***	***	-	-	-	-	0.77	0.1089	4.7	0.942	0.44
Fichte 77-86	***	***	-	-	-	-	0.77	0.2192	21.0	0.931	0.35
Tanne vor 77	*	*	**	-	-	-	0.72	0.7032	63.8	0.901	0.29
Tanne 77	***	***	*	-	-	-	0.74	0.4143	92.1	0.939	0.41
Tanne 80	***	***	-	-	-	*	0.76	0.1330	21.6	0.953	0.55
Tanne 81	**	**	-	-	-	-	0.57	0.1566	14.0	0.922	0.27
Tanne 83	*	*	-	-	-	-	0.40	0.1450	9.4	0.972	0.85
Tanne 77-86	***	***	-	*	-	-	0.74	0.1890	28.2	0.964	0.72
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.73	0.0785	9.7	0.982	0.96
Buche 77-86	**	*	*	-	-	-	0.57	0.1724	32.0	0.941	0.43
Ahorn vor 77	**	**	-	-	-	-	0.75	0.2514	256.9	0.905	0.31
Ahorn 78	*	*	-	-	-	-	0.35	0.3917	249.6	0.977	0.92
Ahorn 80	**	**	-	-	-	-	0.50	0.2313	90.5	0.935	0.38
Ahorn 82	**	**	-	-	-	-	0.52	0.1401	31.7	0.917	0.23
Ahorn 85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ahorn 77-86	**	**	-	-	-	-	0.47	0.2207	74.8	0.943	0.44
Summe 77-86	***	***	-	-	-	-	0.63	0.1685	45.0	0.833	<0.01
Summe vor 77-86	**	**	-	-	-	-	0.62	0.1867	65.2	0.916	0.37

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P<W = P(W<W)$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Regressand (Y) das durchschnittliche Sproßtrockengewicht/-Pflanze und der Regressor (X) die relative Beleuchtungsstärke. Die anderen drei Kombinationen von Regressanden und Regressoren mit denselben vier Transformationsarten sind im Anhang III dargestellt.

Die Notwendigkeit der Überprüfung mehrerer Zusammenhänge zwischen den Regressanden und Regressoren vor der Auswahl eines Modelles zeigen die Tab. 17 - 20. Daraus werden die Unterschiede in den Ergebnissen der verschiedenen Transformationen ersichtlich. Als Beispiel wird die Tanne, Keimjahrgang 1977 herausgegriffen: wenn Y und X nicht logarithmiert sind (Tab. 17), dann ist die relative Beleuchtungsstärke und deren Wechselwirkung mit der Bodenbearbeitung signifikant. Wird die unabhängige Variable X logarithmiert (Tab. 18), so ist nur die relative Beleuchtungsstärke signifikant; hingegen sind die relative Beleuchtungsstärke und der Zauneffekt signifikant, wenn Y logarithmiert ist (Tab. 19 und 20).

Es muß jedoch erwähnt werden, daß in einigen Fällen eine hohe Anpassungsgüte durch andere Transformationen (z.B. Reziprokwert des Regressors "Altbestandsdichte" oder Quadrierung des Regressors "relative Beleuchtungsstärke" - $Y = b_0 + b_1 X^2$) erreicht wurde. Auch beim mittleren Sproßtrockengewicht/Pflanze in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke zeigte der parabolische Zusammenhang ($Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$) bisweilen eine hohe Anpassungsgüte. Alle diese genannten Transformationen stimmten bei keiner Baumart und bei keinem Keimjahrgang überein. Obwohl die Gleichungen mit allen durchgeführten Transformationen zur Auswahl der "besten" Regressionsmodelle herangezogen wurden, waren in fünf Fällen die Zusammenhänge zwischen Regressand und Regressor anders als bei den ausgewählten Regressionsmodellen, die in Kap. 4.212 dargestellt werden. Sie führten jedoch nicht zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich der Hypothesentestung, weshalb sie hier nicht gezeigt werden.

Ausgehend von den Modellen mit verschiedenen Transformationen wurde eine geeignete Regressionsgleichung selektiert. Das Regressionsmodell mit der besten Anpassungsgüte (anhand des Furnival-Index) wurde ausgewählt, wenn keine Verletzung der Modellannahme hinsichtlich der Homoskedastizität und der Normalität vorlagen (Beispiel: Fichte 78, in Tab. 20 im Vergleich zu Tab. 17 - 19). Abweichungen von dieser Auswahlregel sind hin und wieder vorgekommen. Beispielsweise wurde das Modell mit dem

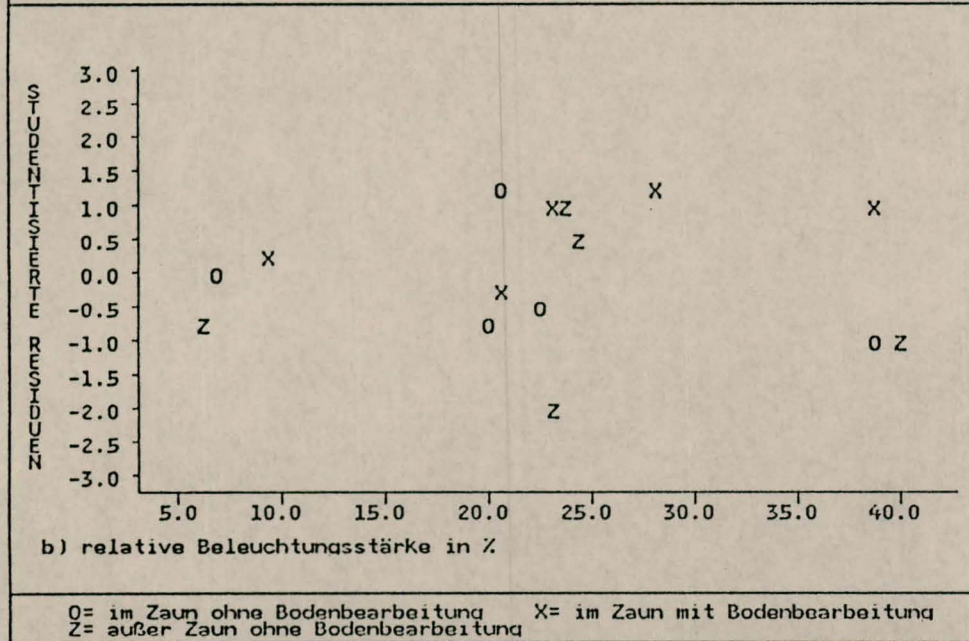
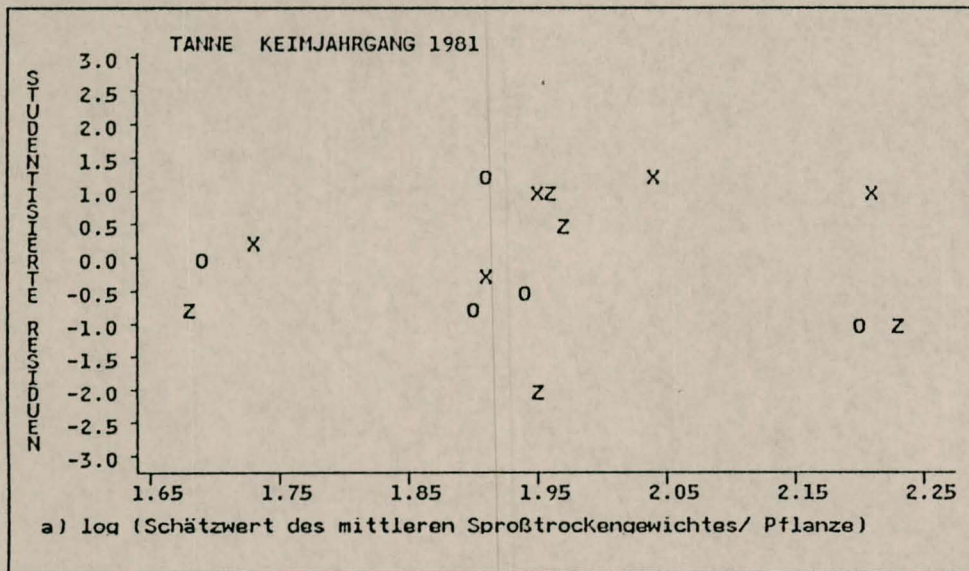


Abb. 10: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1981 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

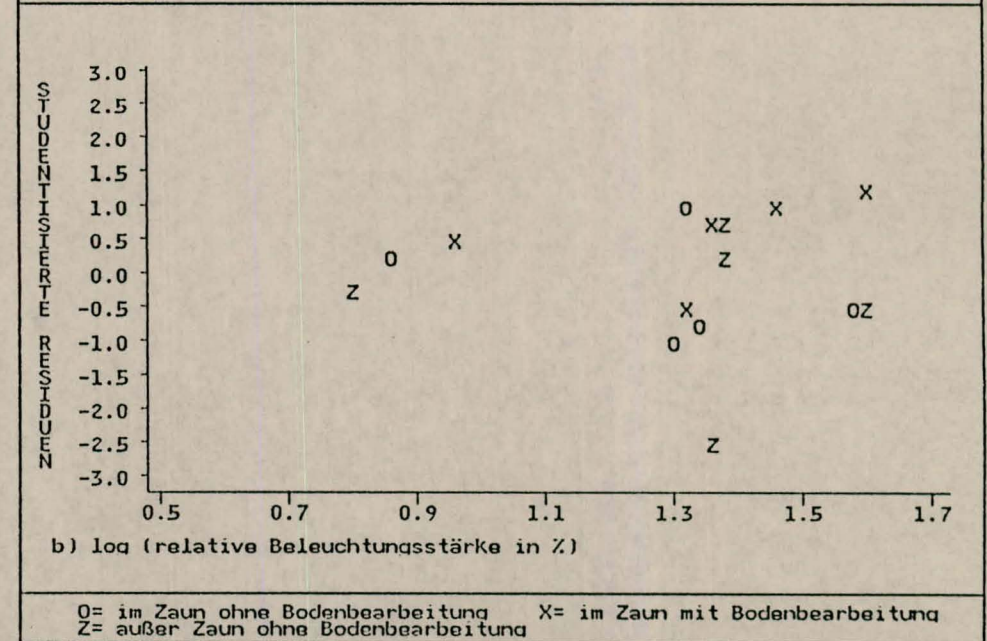
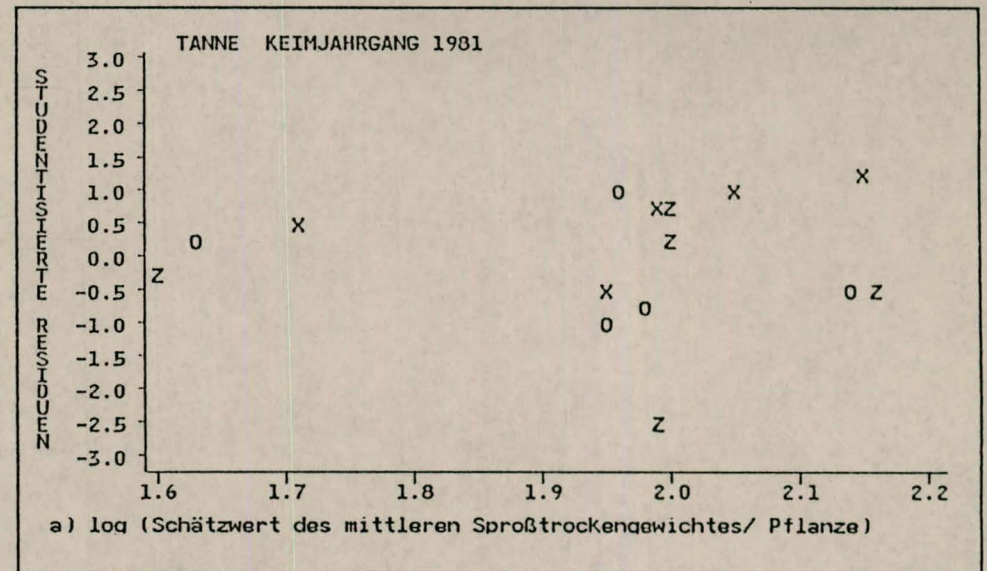


Abb. 11: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1981 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

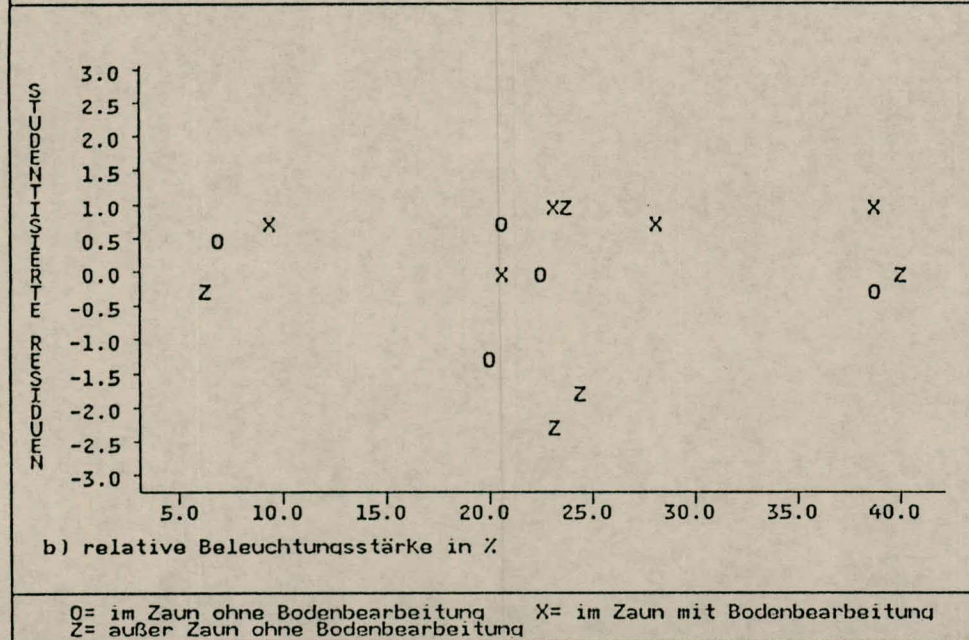
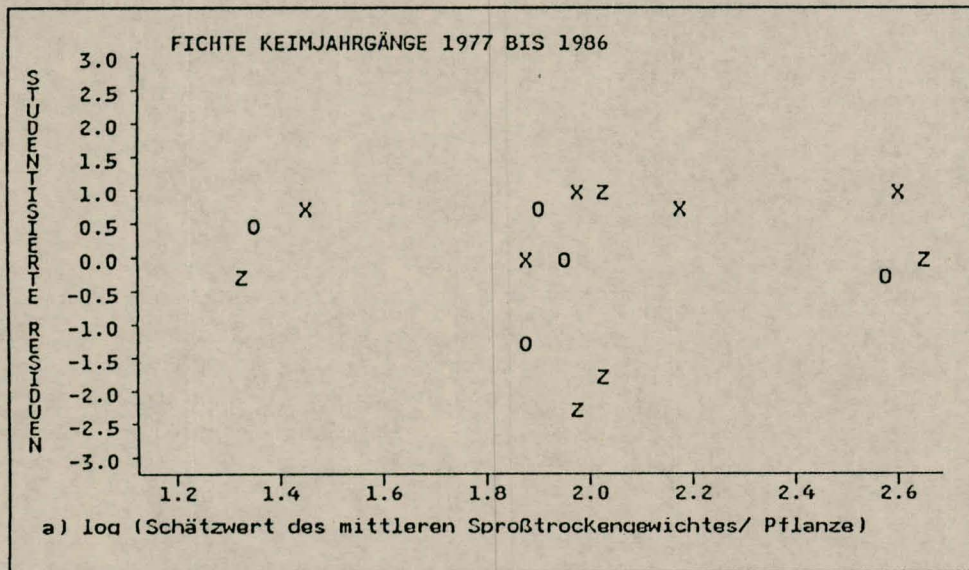


Abb. 12: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgänge 1977 bis 1986 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

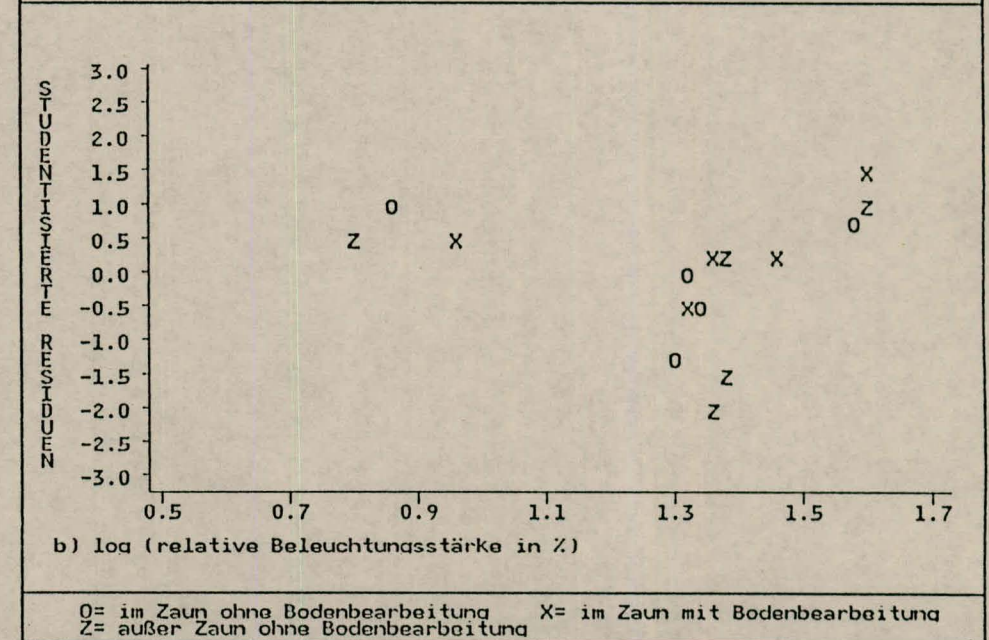
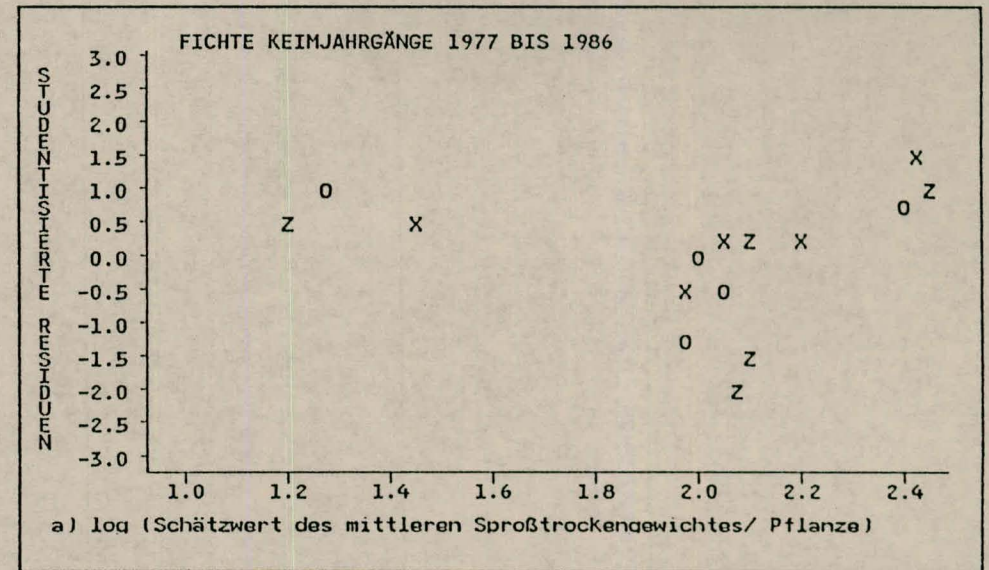


Abb. 13: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgänge 1977 bis 1986 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

besseren Residuenverlauf (Abb. 10) ausgewählt, wenn zwei Regressionsmodelle geringe Unterschiede in der Anpassungsgüte aufwiesen (Tanne 81 in Tab. 19 und 20) und das Modell mit der zweitbesten Anpassungsgüte einen besseren Residuenverlauf (Abb. 10) als das Modell mit der besten Anpassungsgüte (Abb. 11) zeigte. Ein zweites Beispiel kann anhand der Fichte 77 - 86 gegeben werden: dabei zeigte das Modell mit der höchsten Anpassungsgüte einen viel kleineren Wert der "W-Statistik" als das Modell mit der zweithöchsten Anpassungsgüte. Beim Vergleich der "Residual-Plots" (Abb. 12 und 13) stellt man fest, daß der Residuenverlauf des Modells mit der höchsten Anpassungsgüte (Abb. 12) besser ist als der des Modells mit der zweithöchsten. Deshalb wurde das Modell mit dem besseren Residuenverlauf ausgewählt.

Bevor die Regressionsmodelle vorgestellt werden, sind noch folgende Ergebnisse nachzutragen:

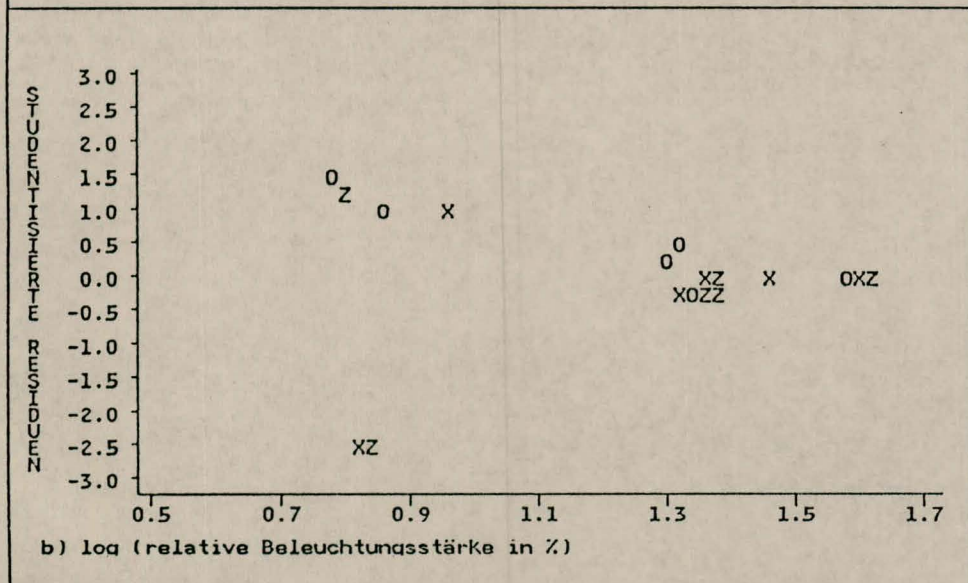
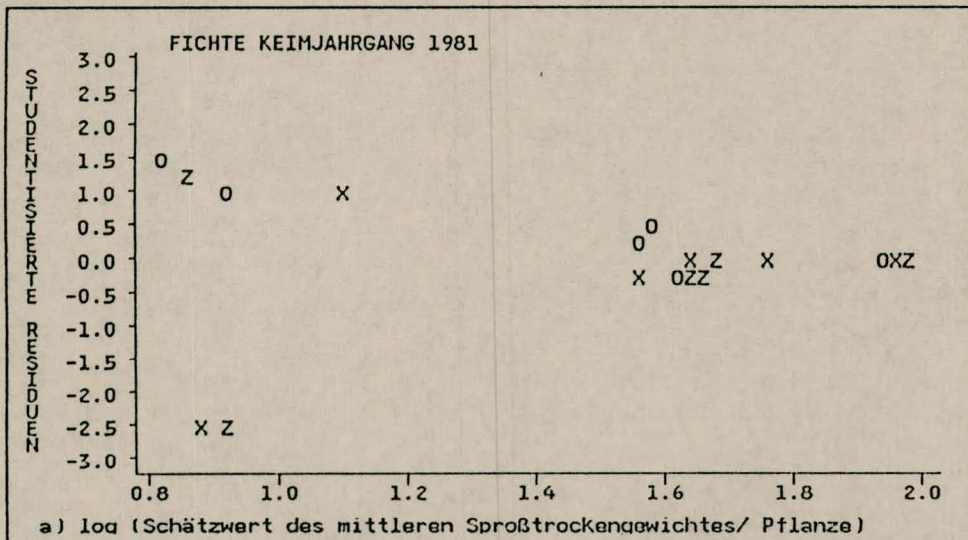
- In nur 5% aller Analysen wurden Unterschiede bei den Ergebnissen aus den zwei Verfahren "Stepwise" und "Best Subset" festgestellt. Das zweite Verfahren ergab beim gleichen Signifikanzniveau eine größere Anzahl von erklärenden Variablen, die in den reduzierten Modellen als signifikant beibehalten wurden. Bei den ausgewählten Modellen waren aber die Ergebnisse der zwei Verfahren bis auf zwei identisch.

- Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Regressionsanalysen mit bzw. ohne "fehlende Messwerte" ergaben sich bei der Hypothesentestung nicht, jedoch zeigten die geschätzten Parameter geringfügige Unterschiede.

4.211 Die nicht ausgewählten Regressionsmodelle

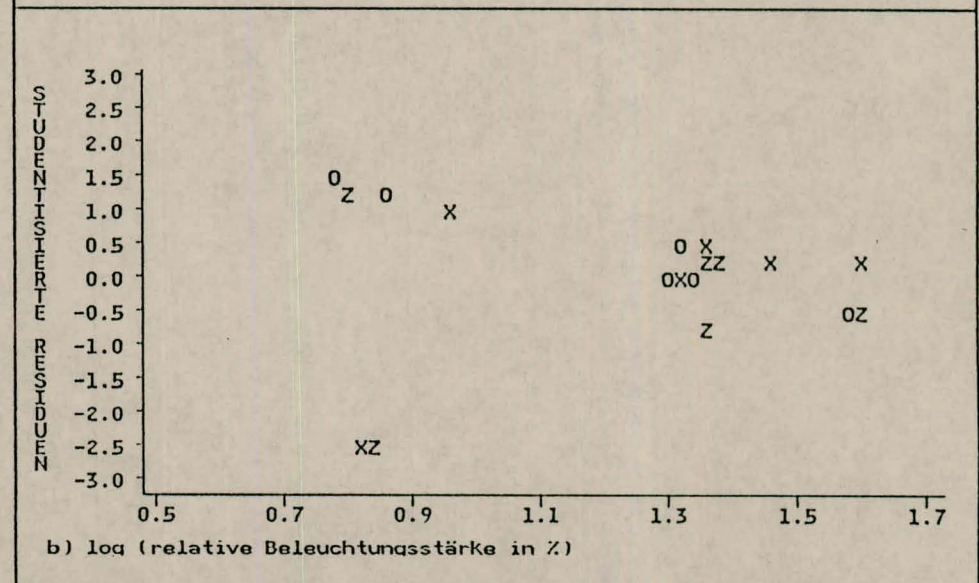
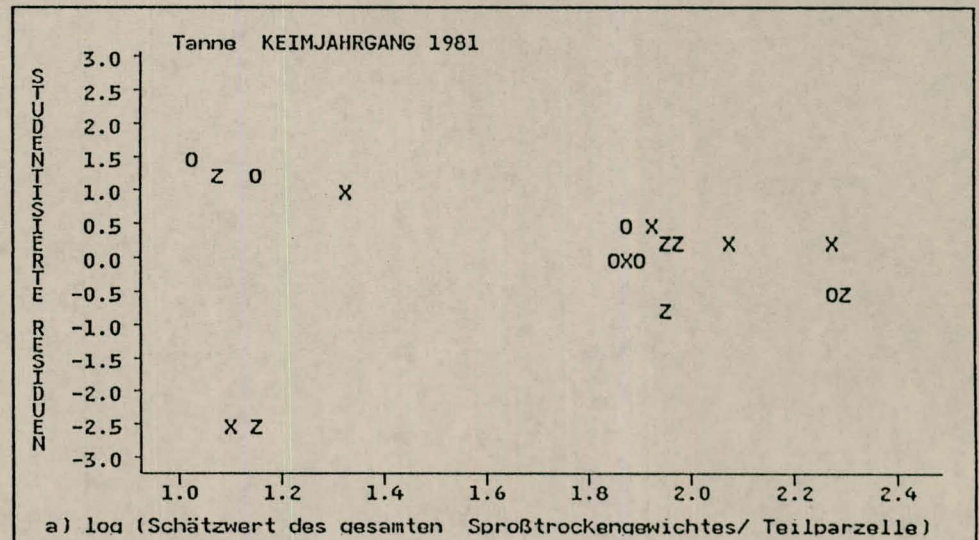
Nach der Durchführung des Reduktionstestes stellte sich bei der Auswahl der Modelle heraus, daß in manchen Fällen Beobachtungswerte aus der sehr dicht überschirmten Parzelle 2.0 entweder als "Ausreißer" oder als eine "einflußreiche Beobachtung" erkannt wurden, die letztgenannten Stichprobenelemente wurden mit Hilfe der Cook'schen Maßzahl D^* identifiziert (BELSLEY, et al., 1980; DRAPER und SMITH, 1981; MONTGOMERY und PECK, 1982). Auch aus der Residualanalyse konnte häufig eine eindeutige Verletzung der Prämissen festgestellt werden, wie aus den Beispielen der Residualverläufe in Abb. 14 und 15 hervorgeht. Wenn die

* Die Cook'sche Maßzahl D ist ein Abstandsmaß, das bei der Regressions-schätzung verwendet wurde, um auszudrücken inwieweit sich die Regressionskoeffizienten veränderten, wenn eine Beobachtung i gestrichen wurde. Für $D_i > 1$ galt, daß i eine einflußreiche Beobachtung ist.



O= im Zaun ohne Bodenbearbeitung X= im Zaun mit Bodenbearbeitung
Z= außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Abb. 14: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgang 1981 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors



O= im Zaun ohne Bodenbearbeitung X= im Zaun mit Bodenbearbeitung
Z= außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Abb. 15: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1981 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

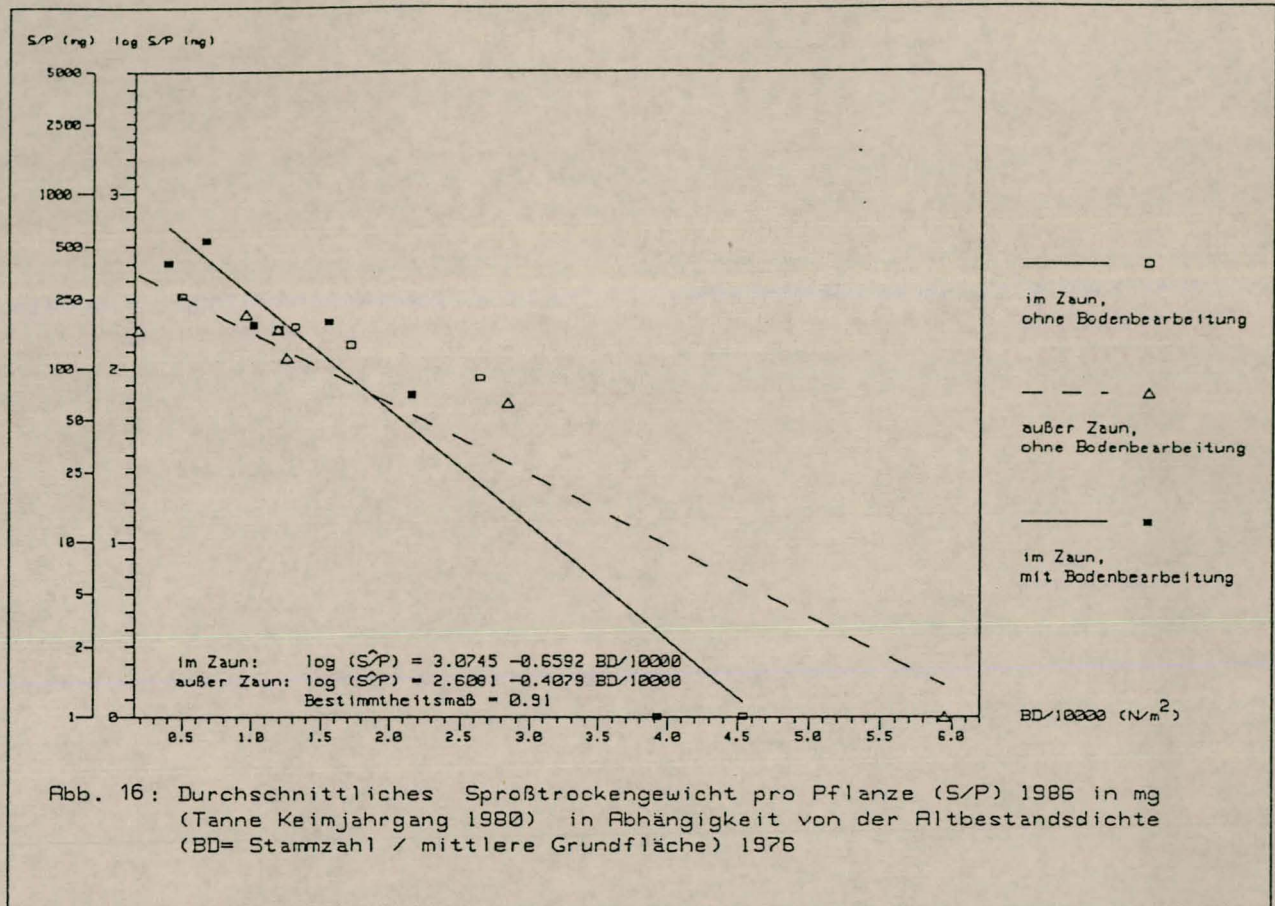


Abb. 16: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

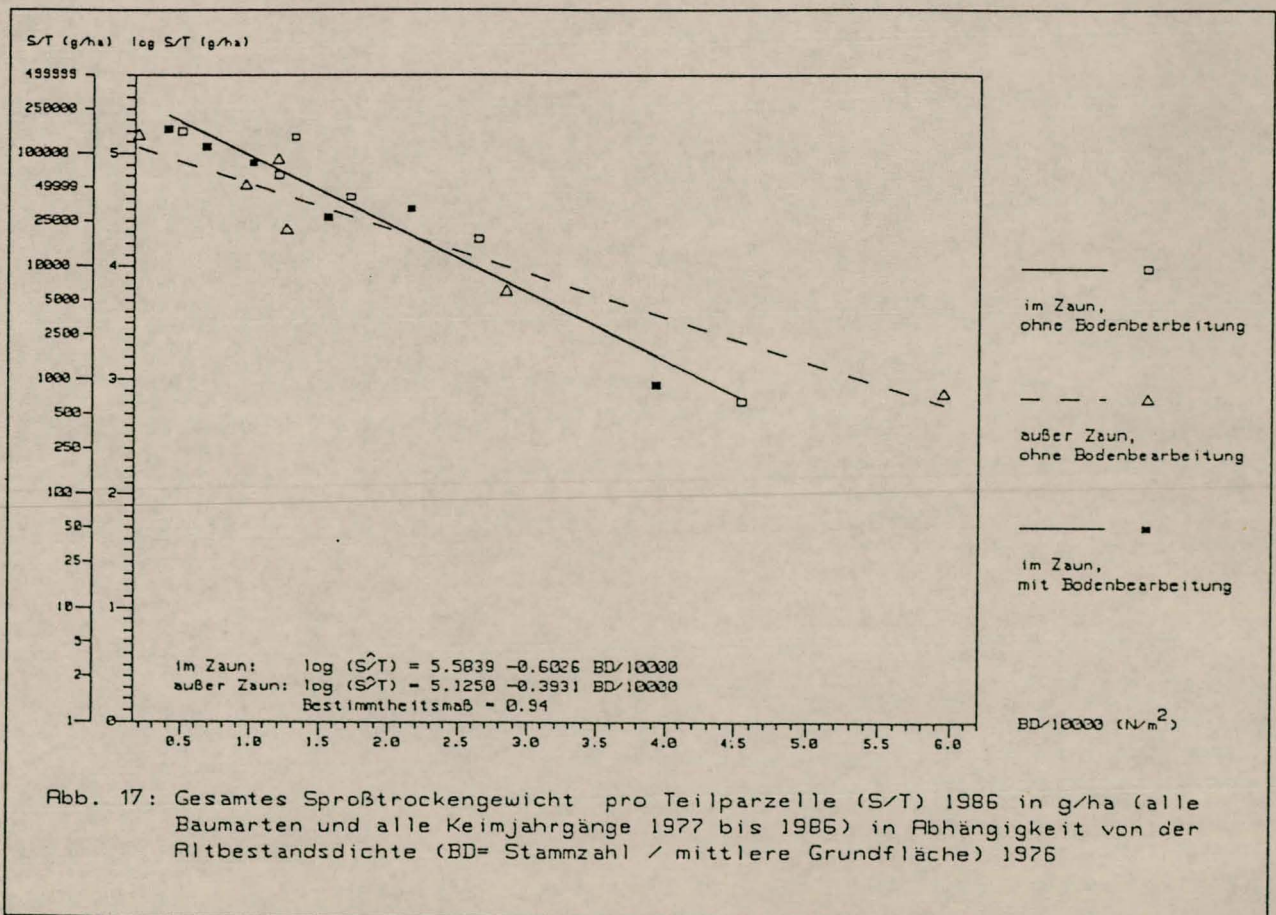


Abb. 17: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

Beobachtungen der Parzelle 2.0 in die Regressionsanalyse eingeführt wurden, so ergaben sich außerdem viele scheinbar signifikante Wechselwirkungen. Sie waren jedoch nicht als echte Wechselwirkungen anzusehen. Dies erklärt sich aus unterschiedlichen Werten der abhängigen Variablen bei einheitlich niedrigen Werten des Regressanden (Abb. 16 und 17). Die Parzelle 2.0 wurde aus den genannten Gründen von der mehrfachen Regressionsanalyse ausgeschlossen. Sämtliche Arbeitsschritte zur Auswahl der "besten" Gleichungen wurden ohne diese Parzelle nochmals durchgeführt.

Ohne die Einbeziehung von Parzelle 2.0 in die Regressionsanalyse konnten in neun Fällen keine gesicherten Beziehungen nachgewiesen werden. Bei diesen Fällen wurde für die verschiedenen durchgeführten Transformationen bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05 die Nullhypothese - es besteht kein Zusammenhang zwischen der abhängigen und den unabhängigen Variablen - nicht abgelehnt (theoretischer "F-Wert" größer als der errechnete "globale F-Wert"). Deshalb wurden die Regressionsgleichungen für alle Transformationen bei folgenden neun Fällen verworfen:

a) durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze bei:

- | | | | |
|----|---------------------|----|-------------------------------|
| 1- | Ahorn, Keimjahrgang | 85 | wenn der Regressor (X) rB ist |
| 2- | Ahorn, Keimjahrgang | 78 | wenn der Regressor (X) BD ist |
| 3- | Ahorn, Keimjahrgang | 85 | wenn der Regressor (X) BD ist |

b) gesamtes Sproßtrockengewicht/ha bei:

- | | | | |
|----|----------------------|-------|-------------------------------|
| 1- | Buche, Keimjahrgänge | 77-86 | wenn der Regressor (X) rB ist |
| 2- | Ahorn, Keimjahrgang | 78 | wenn der Regressor (X) rB ist |
| 3- | Ahorn, Keimjahrgang | 85 | wenn der Regressor (X) rB ist |
| 4- | Buche, Keimjahrgänge | 77-86 | wenn der Regressor (X) BD ist |
| 5- | Ahorn, Keimjahrgang | 78 | wenn der Regressor (X) BD ist |
| 6- | Ahorn, Keimjahrgang | 85 | wenn der Regressor (X) BD ist |

Folglich wurden von den 80 untersuchten Fällen 71 ausgewählt, bei denen der globale F-Wert bei vorgegebener Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05 signifikant war.

4.212 Die ausgewählten Regressionsmodelle

4.212.1 Die Modellgüten

Von den ausgewählten Regressionsmodellen konnte trotz Erprobung von verschiedenen Transformationen in sieben Fällen eine Verletzung der Modellannahme festgestellt werden:

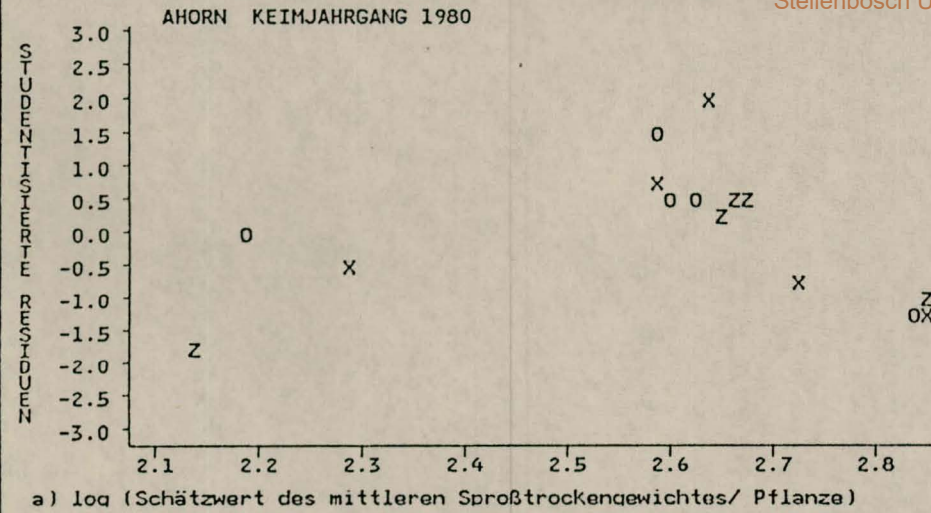
durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze bei:

- | | | | |
|----|----------------------|-------|-------------------------------|
| 1- | Ahorn, Keimjahrgang | 78 | wenn der Regressor (X) rB ist |
| 2- | Ahorn, Keimjahrgang | 80 | wenn der Regressor (X) rB ist |
| 3- | Ahorn, Keimjahrgang | 82 | wenn der Regressor (X) rB ist |
| 4- | Ahorn, Keimjahrgänge | 77-86 | wenn der Regressor (X) rB ist |
| 5- | Ahorn, Keimjahrgang | 80 | wenn der Regressor (X) BD ist |
| 6- | Ahorn, Keimjahrgang | 82 | wenn der Regressor (X) BD ist |
| 7- | Ahorn, Keimjahrgänge | 77-86 | wenn der Regressor (X) BD ist |

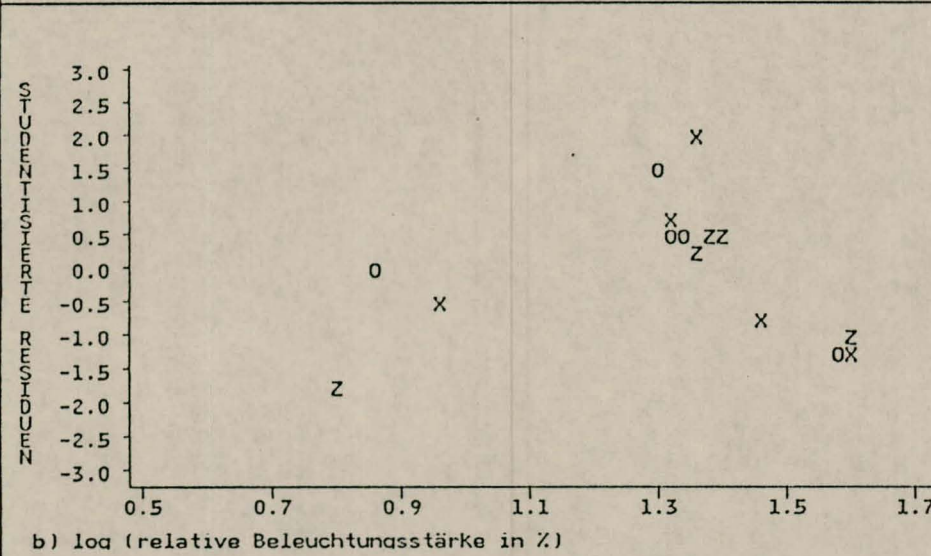
Dazu sind zwei Beispiele in Abb. 18 und 19 dargestellt, wobei ein nichtlinearer Trend der Residuen festzustellen ist. Auch durch die Einführung einer quadratischen Komponente des Regressors (X) waren in beiden Fällen Abweichungen von den Modellvoraussetzungen vorhanden.

Bei den ausgewählten Modellen, mit Ausnahme der oben genannten sieben Fälle, gab es mittels der Residualanalyse keine Anhaltspunkte für grobe Abweichungen von den Modellannahmen. Von den überaus zahlreichen Residualanalysen sollen hier nur typische Beispiele der "Residual-Plots" für die verschiedenen Baumarten gezeigt werden, nämlich die graphische Darstellung der studentisierten Residuen gegen die Schätzwerte der Regressanden und gegen die Regressoren (rB oder BD). Jeweils zwei Beispiele einer Baumart sind in den Abb. 20 - 27 dargestellt. Abb. 28 und 29 zeigen zusätzlich die Residuenverläufe, wenn nur die zwei Teilparzellen ohne Bodenbearbeitung (10 Beobachtungswerte) bei der Berechnung herangezogen wurden.

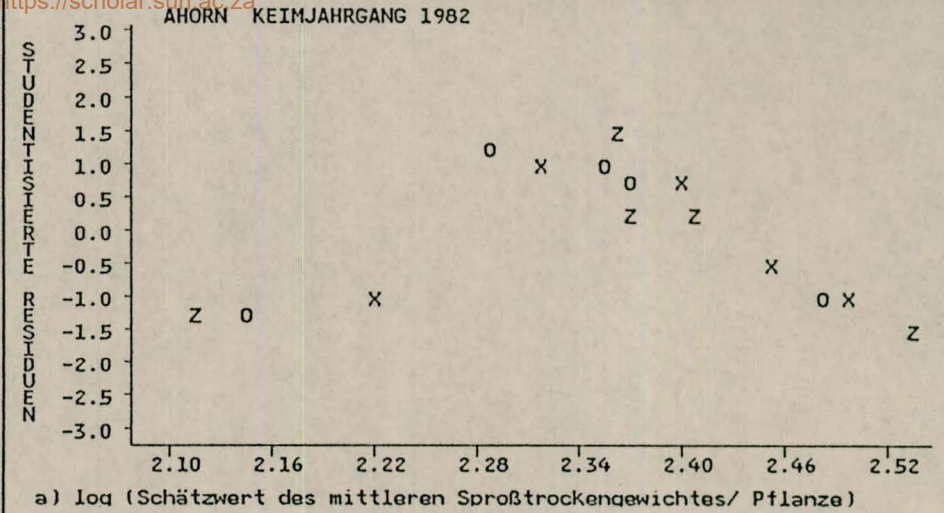
Die Normalitätsannahme wurde zusätzlich anhand des Shapiro-Wilk-Testes überprüft. Dessen Ergebnisse werden in den Tab. 21 - 24, Kap. 4.212.2 dargestellt. Daraus ist ersichtlich, daß die Normalitätsannahme nur bei einem einzigen Fall (Summe 77 - 86 in Tab. 21) abgelehnt wurde. Dabei war die Überschreitungswahrscheinlichkeit < 0.01 . Bei allen anderen Fällen lagen die



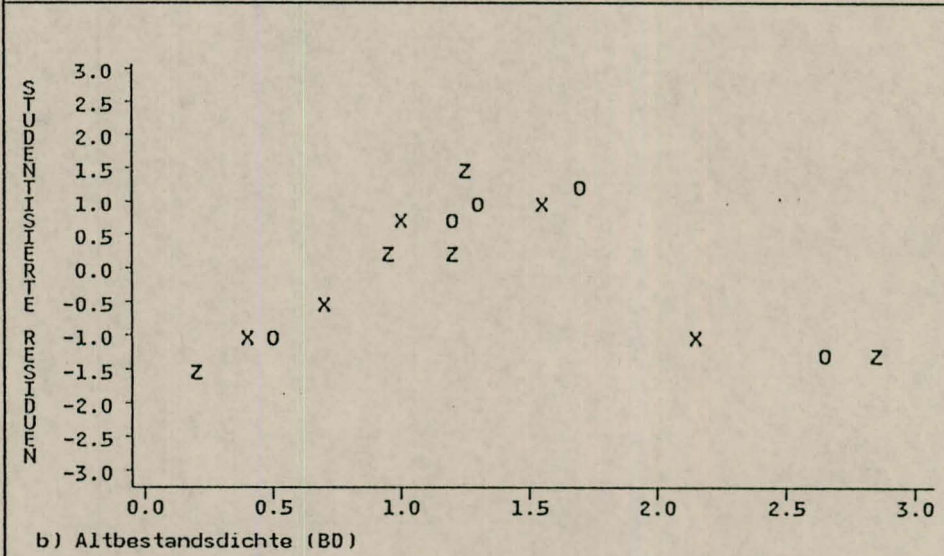
a) log (Schätzwert des mittleren Sproßtrockengewichtes/ Pflanze)



b) log (relative Beleuchtungsstärke in %)



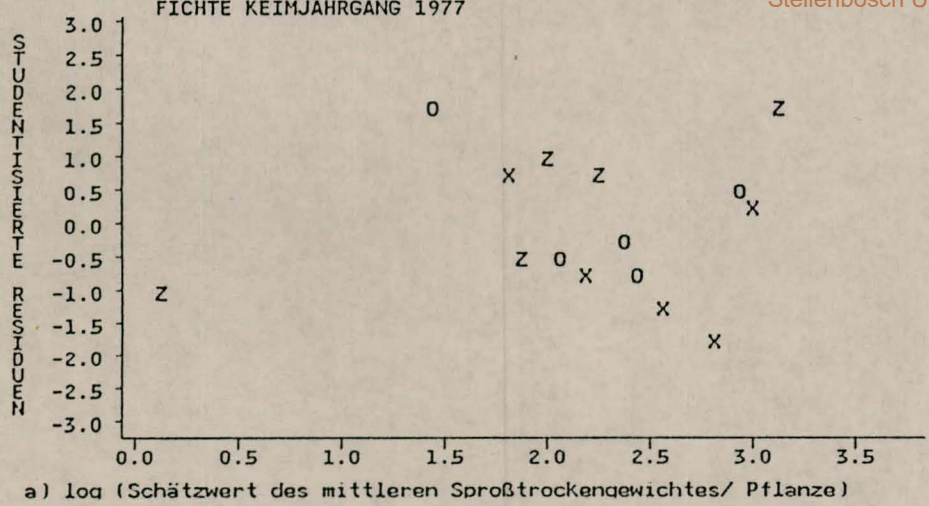
a) log (Schätzwert des mittleren Sproßtrockengewichtes/ Pflanze)



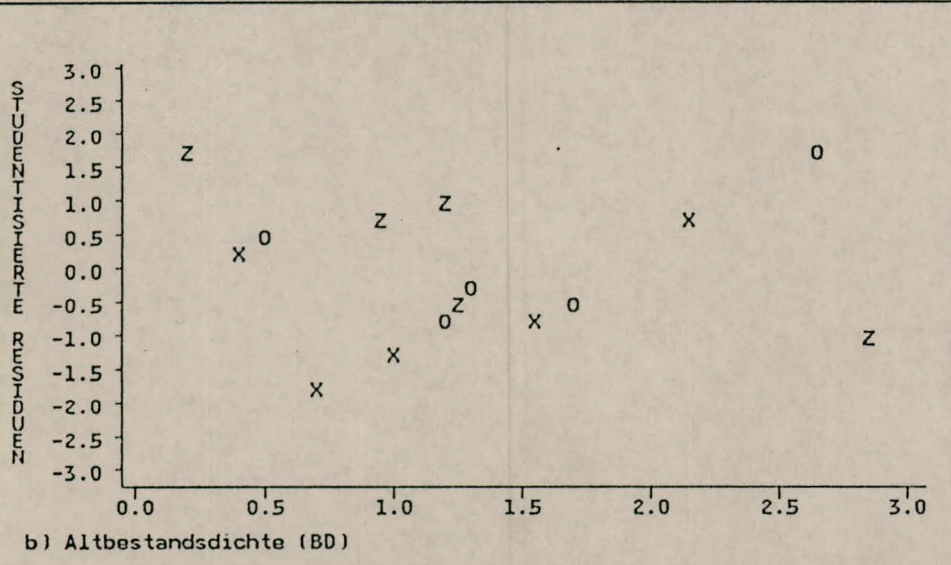
b) Altbestandsdichte (BD)

Abb. 18: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Ahorn Keimjahrgang 1980 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Reassanden und b) des Reassors

Abb. 19: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Ahorn Keimjahrgang 1982 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Reassanden und b) des Reassors



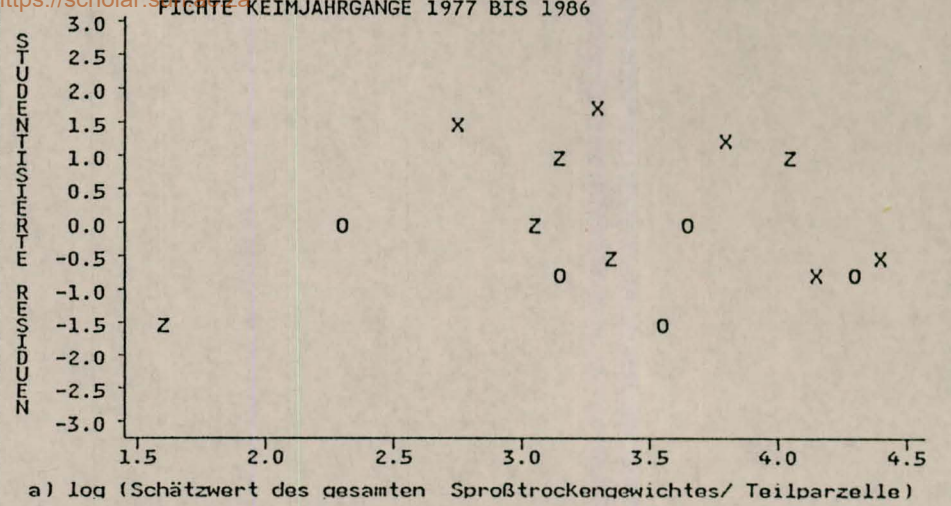
a) \log (Schätzwert des mittleren Sproßtrockengewichtes/ Pflanze)



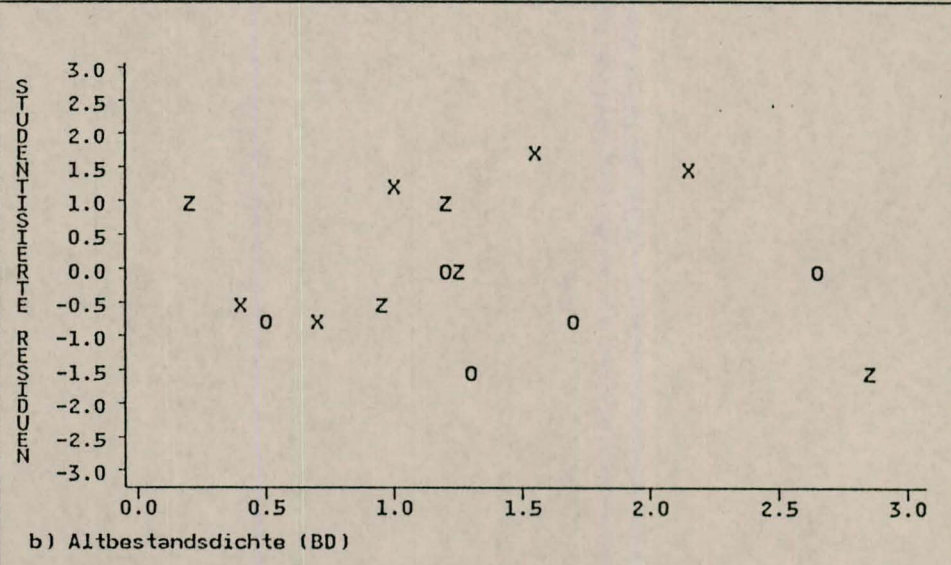
b) Altbestandsdichte (BD)

O= im Zaun ohne Bodenbearbeitung X= im Zaun mit Bodenbearbeitung
Z= außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Abb. 20: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgang 1977 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors



a) \log (Schätzwert des gesamten Sproßtrockengewichtes/ Teilparzelle)



b) Altbestandsdichte (BD)

O= im Zaun ohne Bodenbearbeitung X= im Zaun mit Bodenbearbeitung
Z= außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Abb. 21: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgänge 1977 bis 1986 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

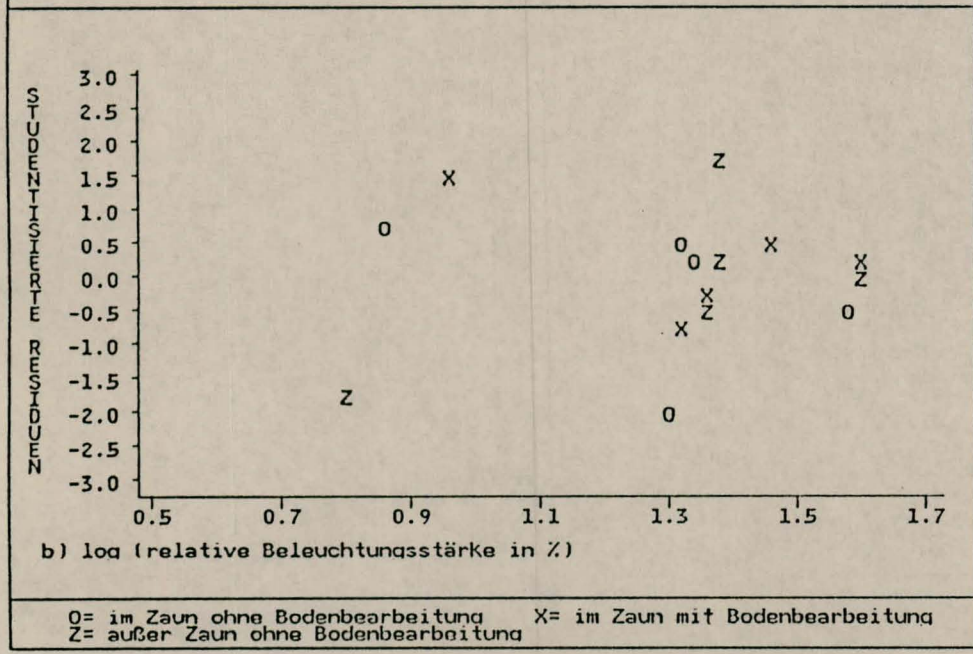
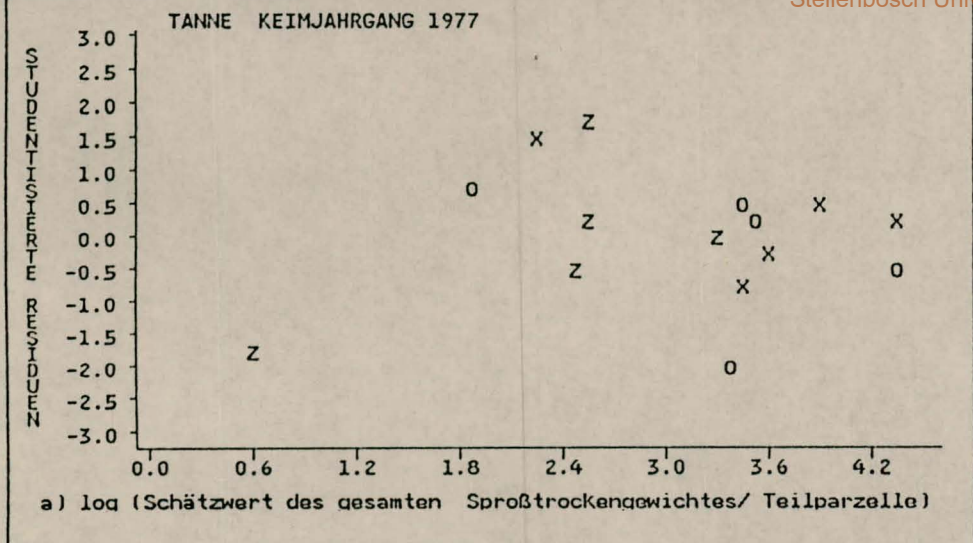


Abb. 22: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1977 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

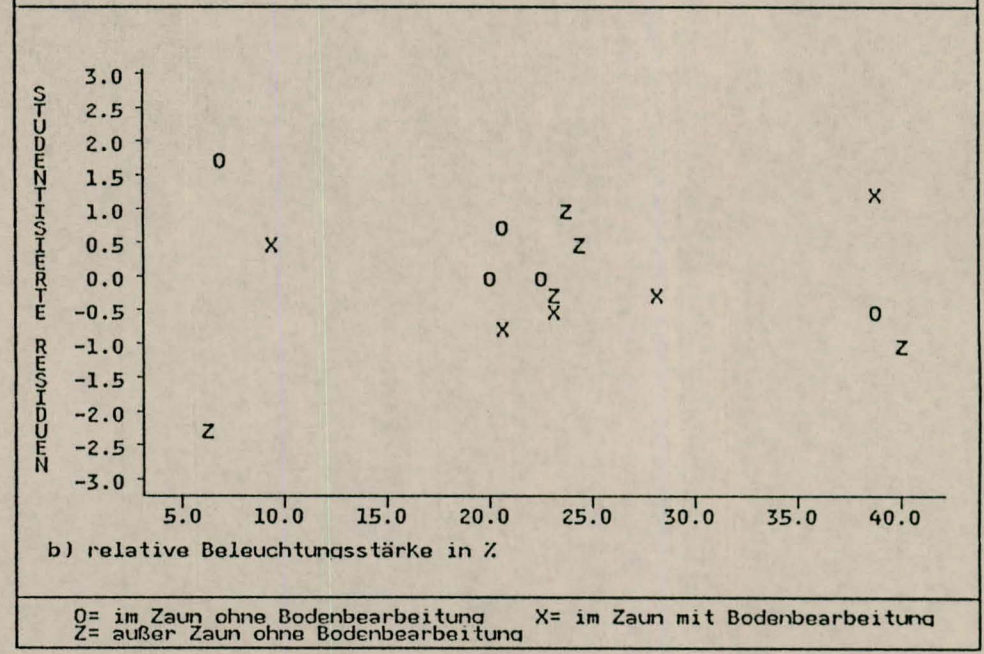
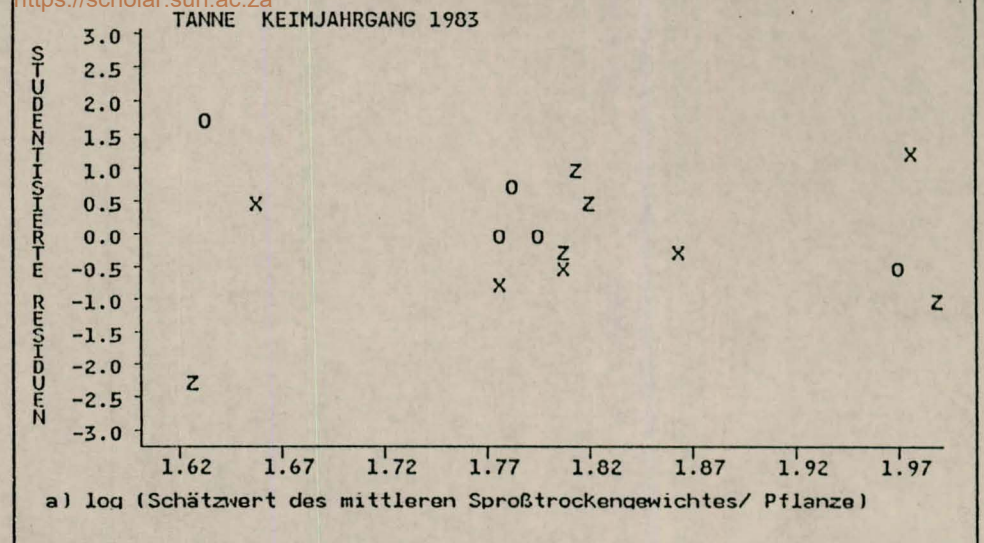
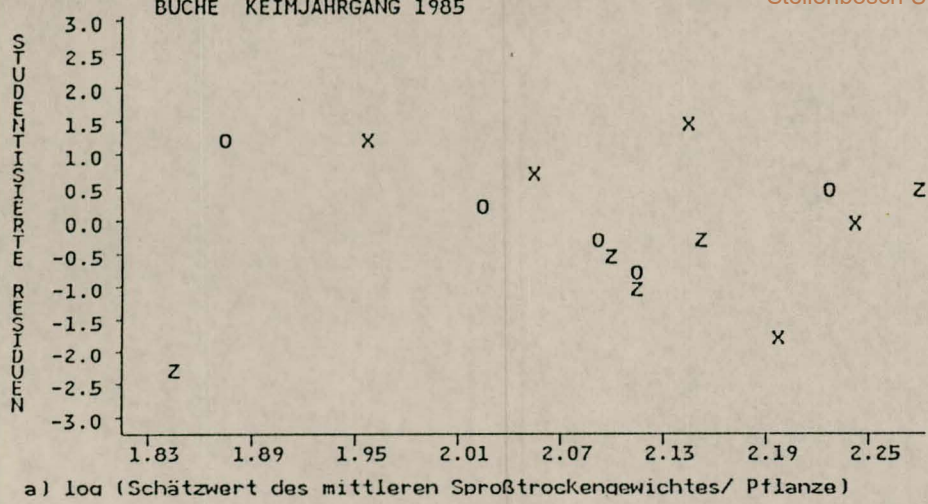
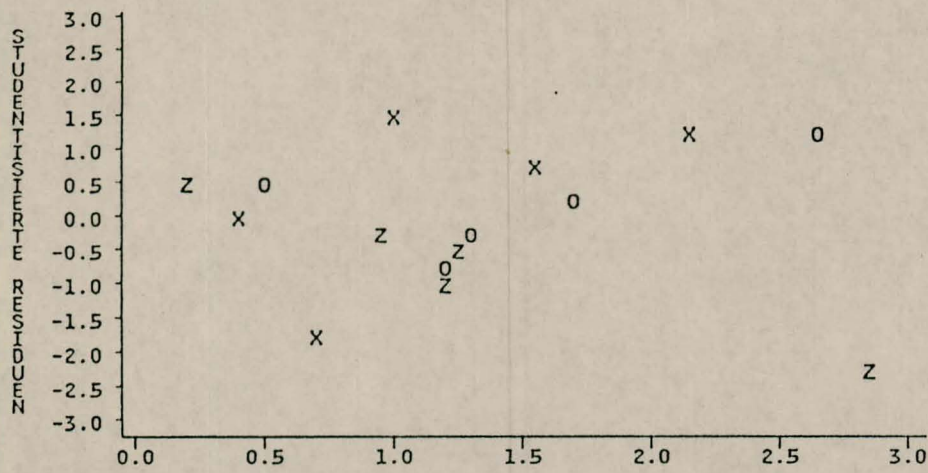


Abb. 23: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1983 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors



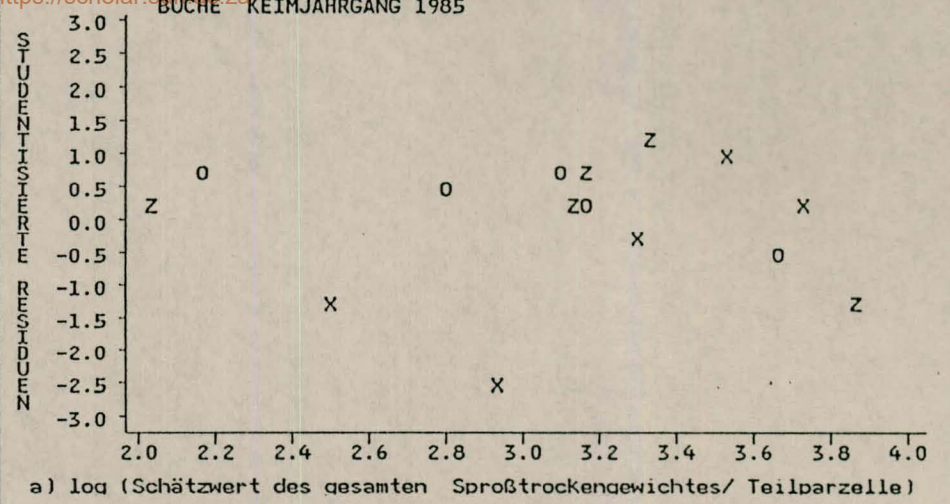
a) log (Schätzwert des mittleren Sproßtrockengewichtes/ Pflanze)



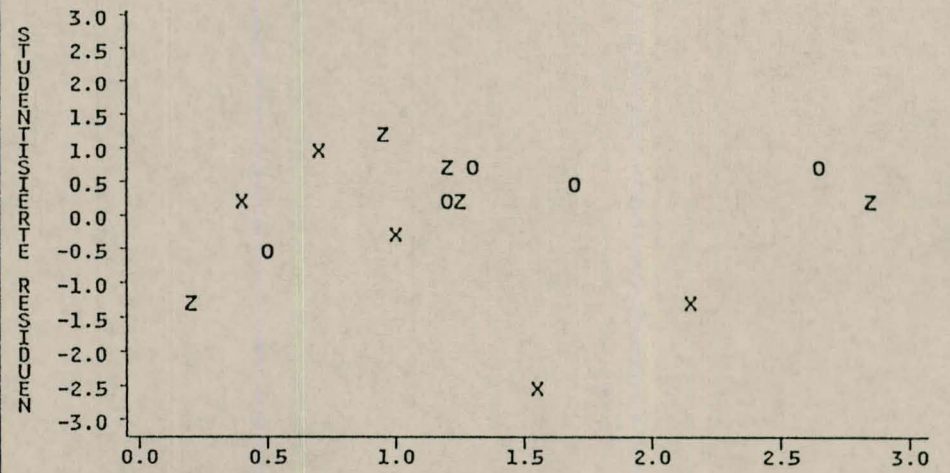
b) Altbestandsdichte (BD)

O= im Zaun ohne Bodenbearbeitung X= im Zaun mit Bodenbearbeitung
Z= außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Abb. 24: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Buche Keimjahrgang 1985 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors



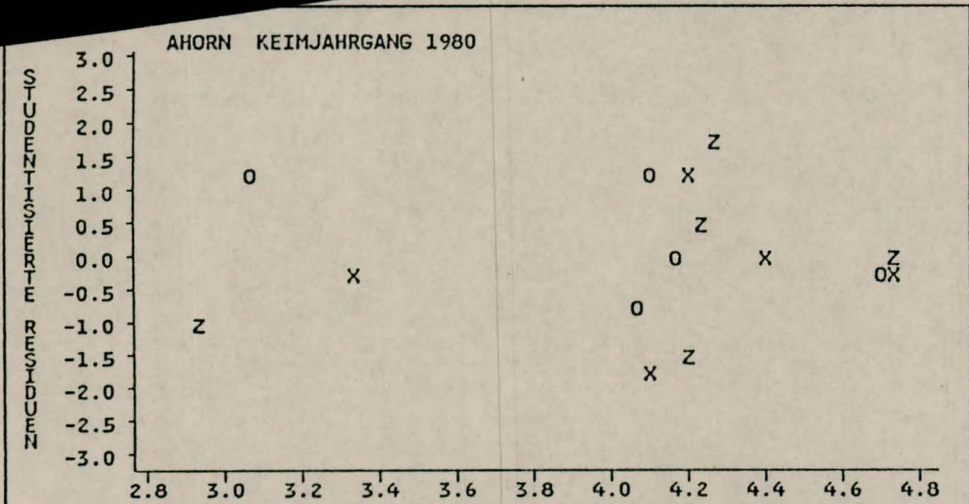
a) log (Schätzwert des gesamten Sproßtrockengewichtes/ Teilparzelle)



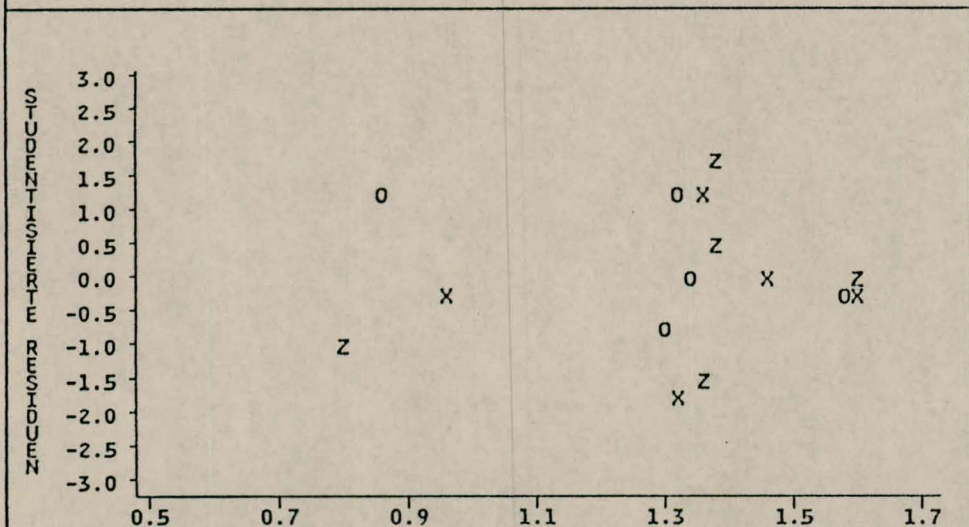
b) Altbestandsdichte (BD)

O= im Zaun ohne Bodenbearbeitung X= im Zaun mit Bodenbearbeitung
Z= außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Abb. 25: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Buche Keimjahrgang 1985 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors



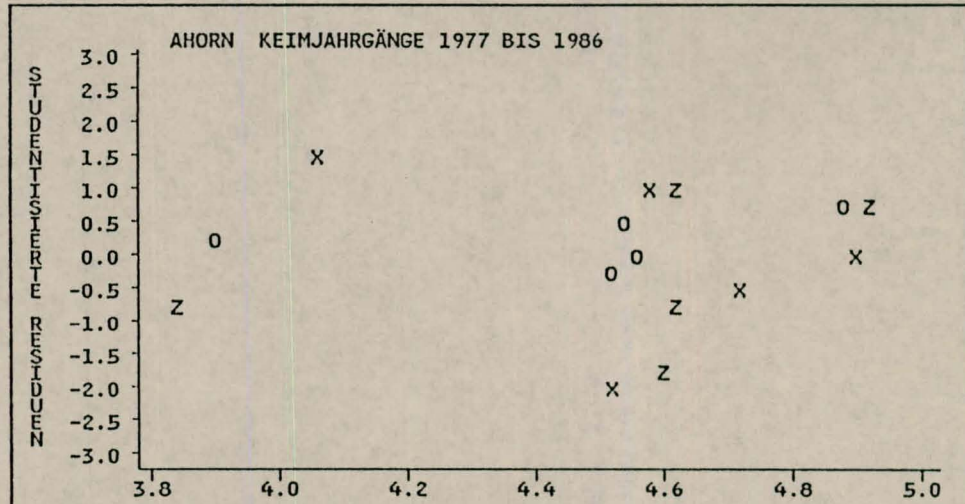
a) log (Schätzwert des gesamten Sproßtrockengewichtes/ Teilparzelle)



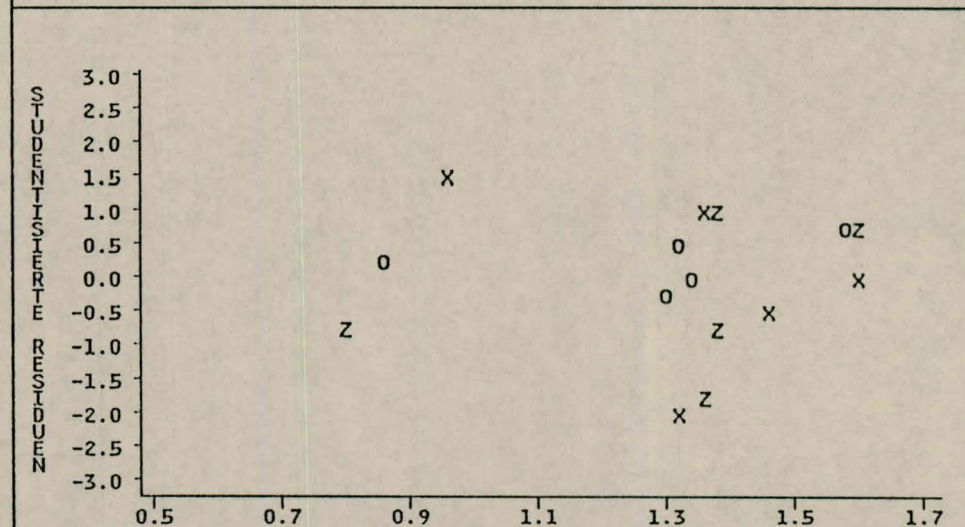
b) log (relative Beleuchtungsstärke in %)

O= im Zaun ohne Bodenbearbeitung X= im Zaun mit Bodenbearbeitung
Z= außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Abb. 26: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Ahorn Keimjahrgang 1980 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors



a) log (Schätzwert des gesamten Sproßtrockengewichtes/ Teilparzelle)



b) log (relative Beleuchtungsstärke in %)

O= im Zaun ohne Bodenbearbeitung X= im Zaun mit Bodenbearbeitung
Z= außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Abb. 27: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Ahorn Keimjahrgänge 1977 bis 1986 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

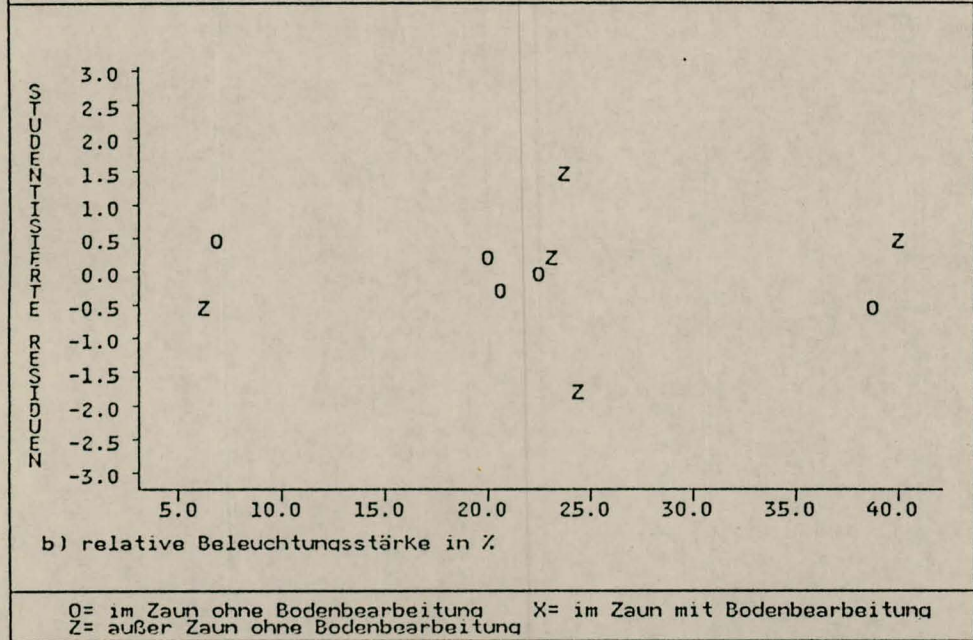
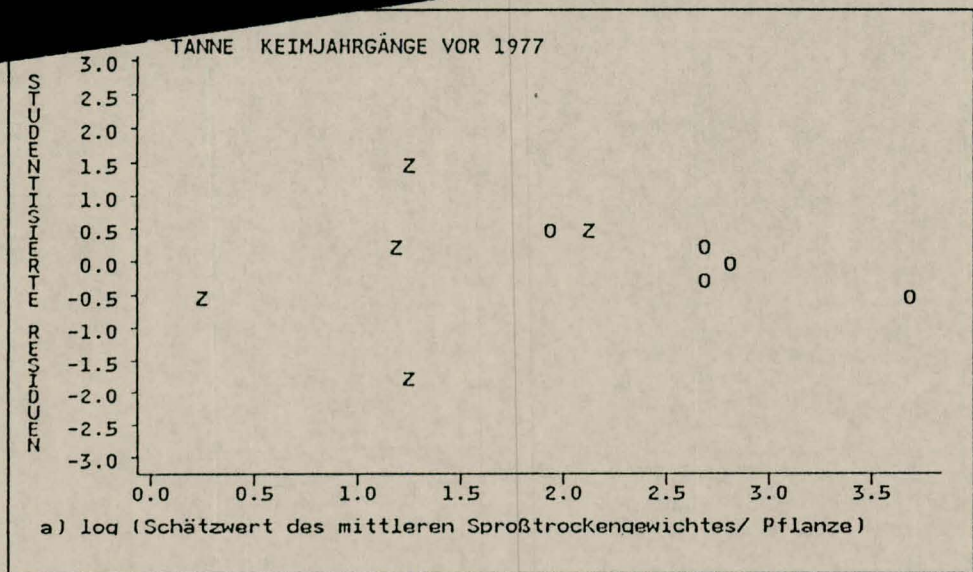


Abb. 28: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgänge vor 1977 in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

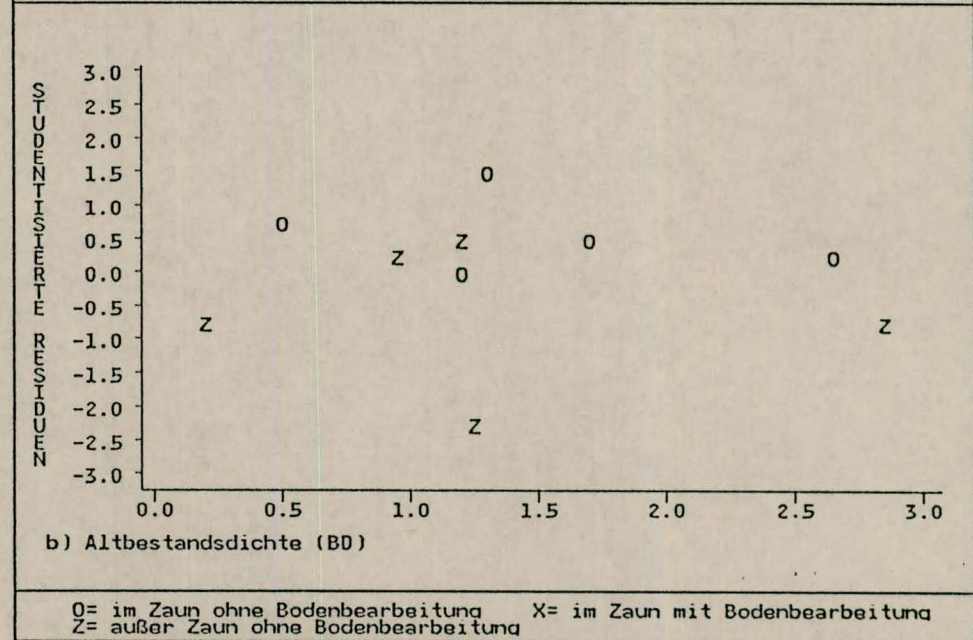
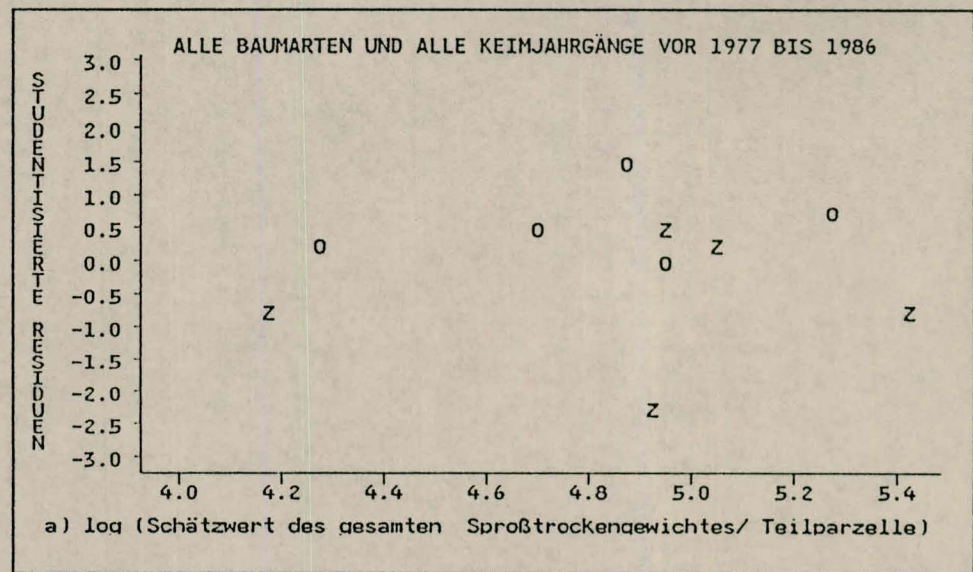


Abb. 29: Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen aller Baumarten und aller Keimjahrgänge in Abhängigkeit von a) den Schätzwerten der Regressanden und b) des Regressors

Überschreitungswahrscheinlichkeiten zwischen 0.01 und 1. Die wenigen beobachteten niedrigen Werte der W-Statistik entstanden aufgrund von einem, höchstens zwei Werten der studentisierten Residuen, die größer bzw. kleiner als ± 2 waren. Diese wenigen Fälle zeigten aber insgesamt homogene Residuenverläufe wie am Beispiel der Fichte 77-86 in Abb. 12 dargestellt.

4.212.2 Die Sproßtrockengewichte in Abhängigkeit von den untersuchten Einflußfaktoren

Insgesamt zeigten die Residualanalysen, daß trotz der geringen Anzahl von Beobachtungswerten abgesehen von wenigen Fällen, s. Kap. 4.212.1, keine groben Abweichungen von der Modellannahme festzustellen waren. Folglich konnten die Parameter geschätzt und vor allem die Hypothesen bezüglich der Wirkung der Einflußfaktoren Überschirmung, Zäunung und Bodenbearbeitung auf die Trockensubstanz der Sprosse getestet werden. Im folgenden werden die Ergebnisse aller ausgewählten Regressionsmodelle graphisch und tabellarisch dargestellt.

Die zwei Regressanden "durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze" und "gesamtes Sproßtrockengewicht pro Hektar" der drei Teilparzellen für die verschiedenen Baumarten und Keimjahrgänge werden in Abhängigkeit von der relativen Beleuchtungsstärke (rB) und in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) graphisch dargestellt. Gezeigt werden: die Fichte in Abb. 30 - 45, die Tanne in Abb. 46 - 69, die Buche in Abb. 70 - 75, die Ahornpflanzen in Abb. 76 - 92 und die Summe aller Baumarten in Abb. 93 - 100. Die graphischen Darstellungen ermöglichen eine Vereinfachung der Interpretation der Befunde. Wenn die drei Regressionsgeraden der Teilparzellen koinzidieren, so sind die Unterschiede zwischen den Sproßtrockengewichten der drei Teilparzellen nicht signifikant. Ist aber z.B. die Regressionsgerade der Teilparzelle im Zaun parallel zu derjenigen außer Zaun, so ist der Zauneffekt signifikant. Verlaufen dagegen die zwei Regressionsgeraden nicht parallel, dann ist die Wechselwirkung signifikant.

Die Ergebnisse aller ausgewählten Modelltestungen sind in den Tab. 21 - 24 zusammengefaßt. Daraus sowie aus den graphischen Darstellungen können die Ergebnisse der Einflußfaktoren präsentiert werden. Eine Zusammenstellung der geschätzten Parameter aller ausgewählten Modelle ist den Tab. 1 - 4 im Anhang IV zu entnehmen.

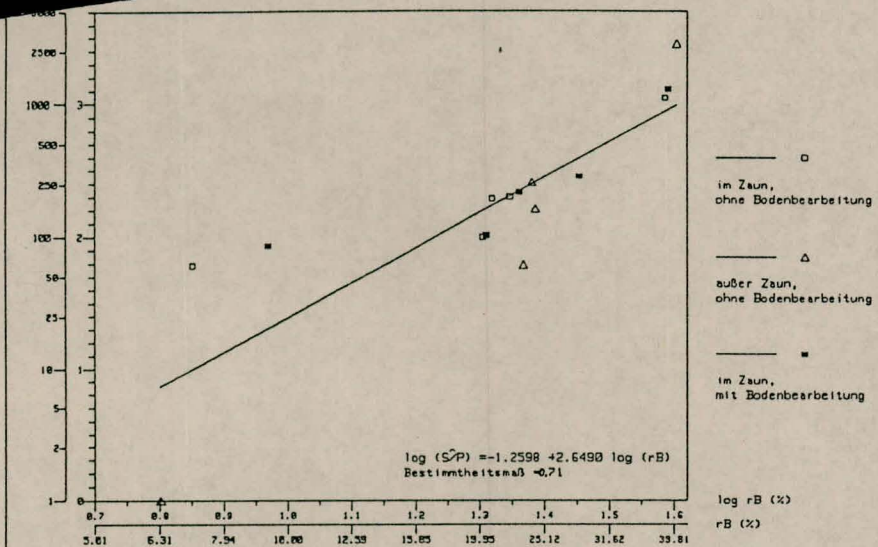


Abb. 30: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgang 1977) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

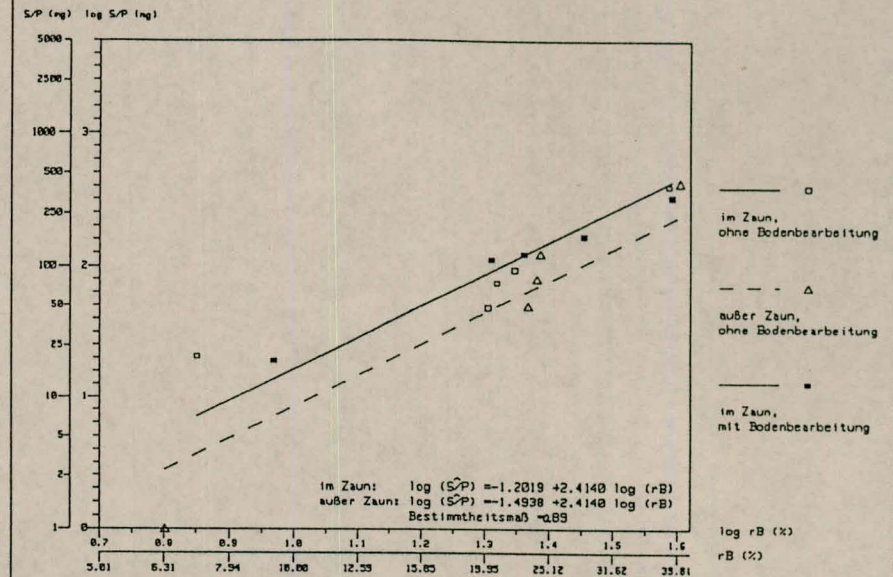


Abb. 31: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgang 1978) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

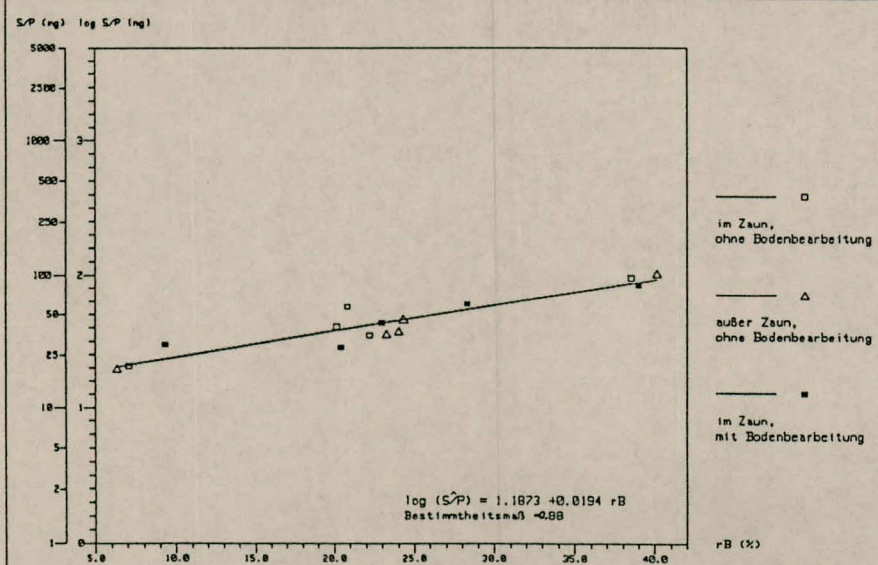


Abb. 32: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgang 1981) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

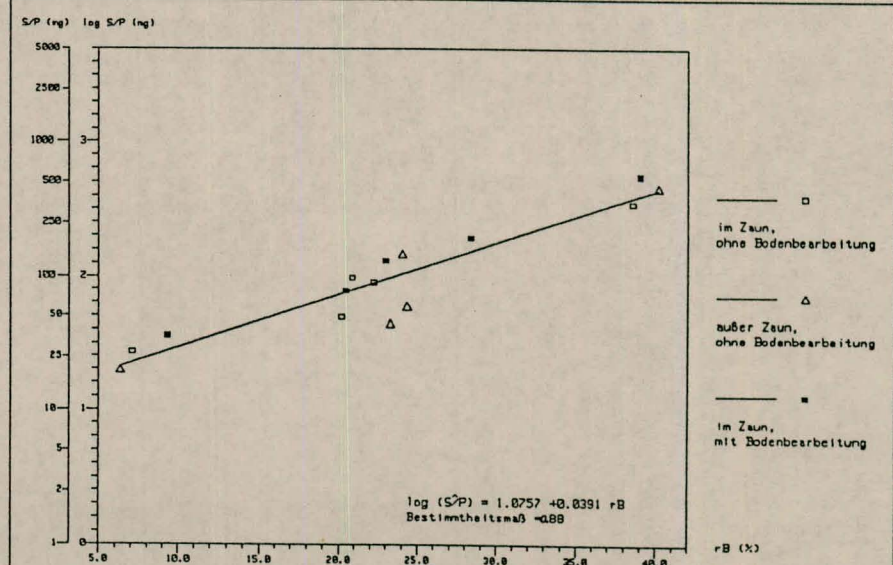


Abb. 33: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

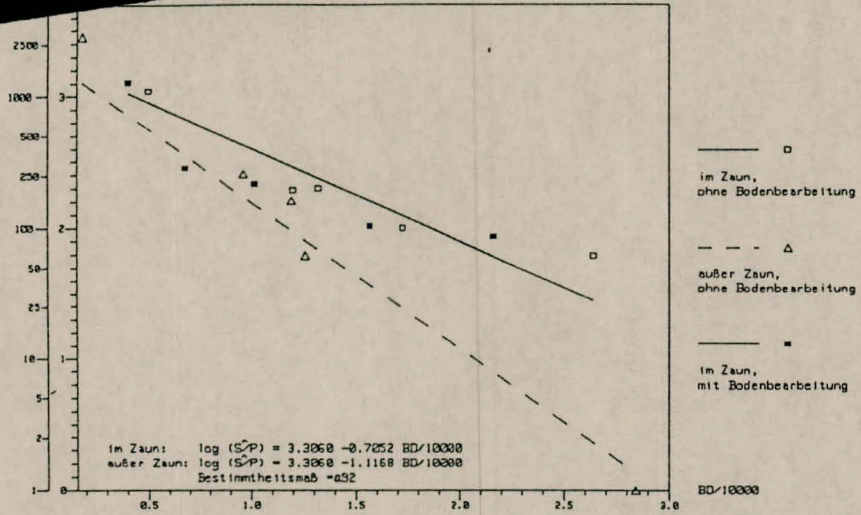


Abb. 34: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgang 1977) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

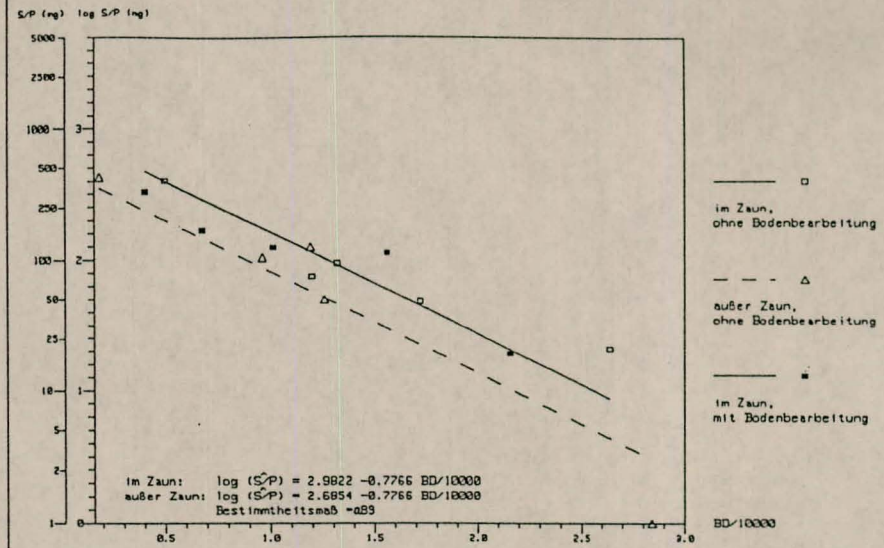


Abb. 35: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgang 1978) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

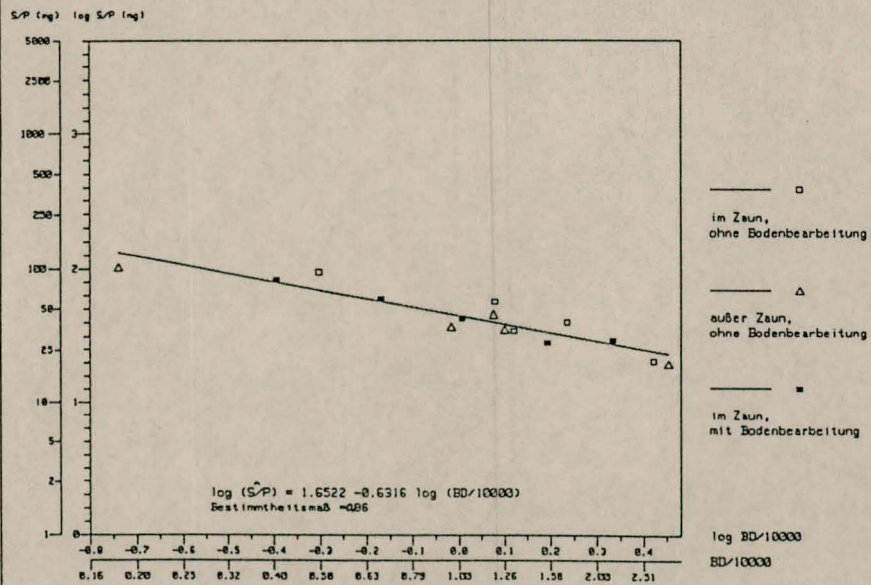


Abb. 36: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgang 1981) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

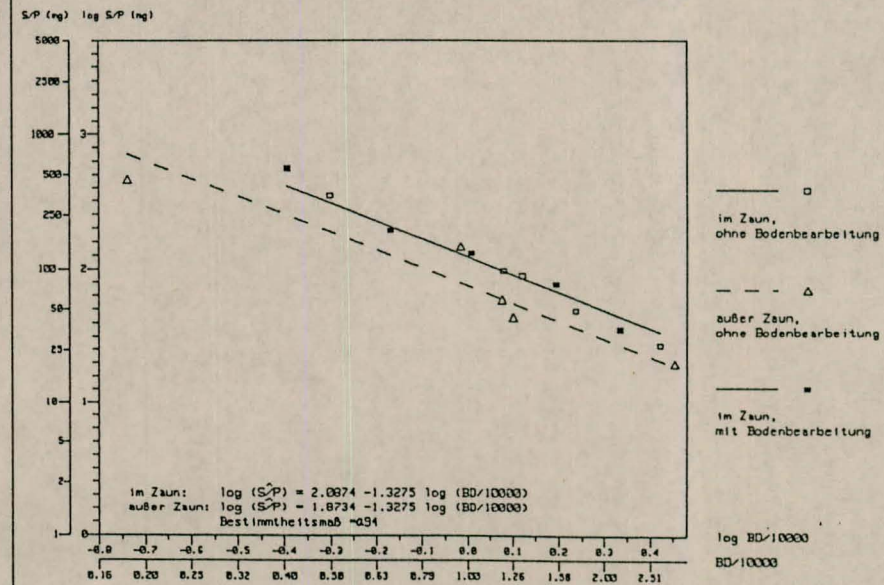


Abb. 37: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

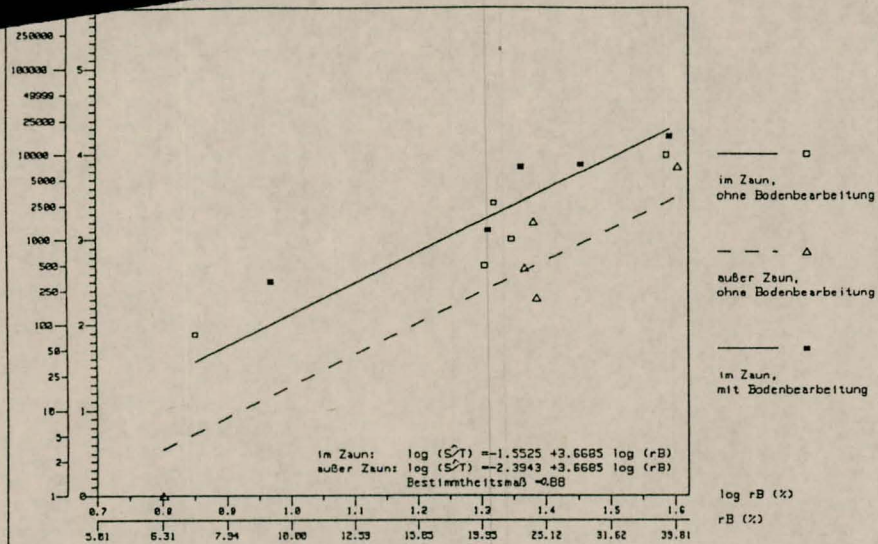


Abb. 38: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgang 1977) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

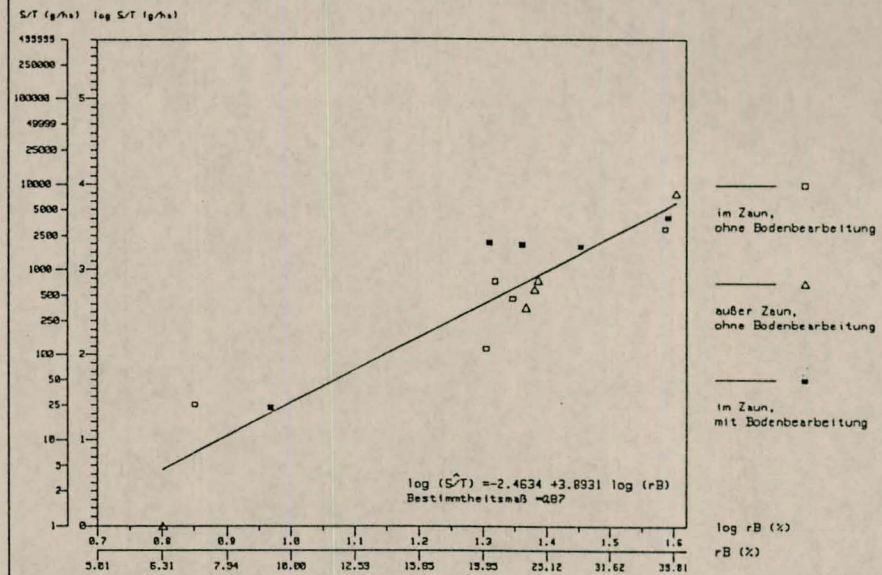


Abb. 39: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgang 1978) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

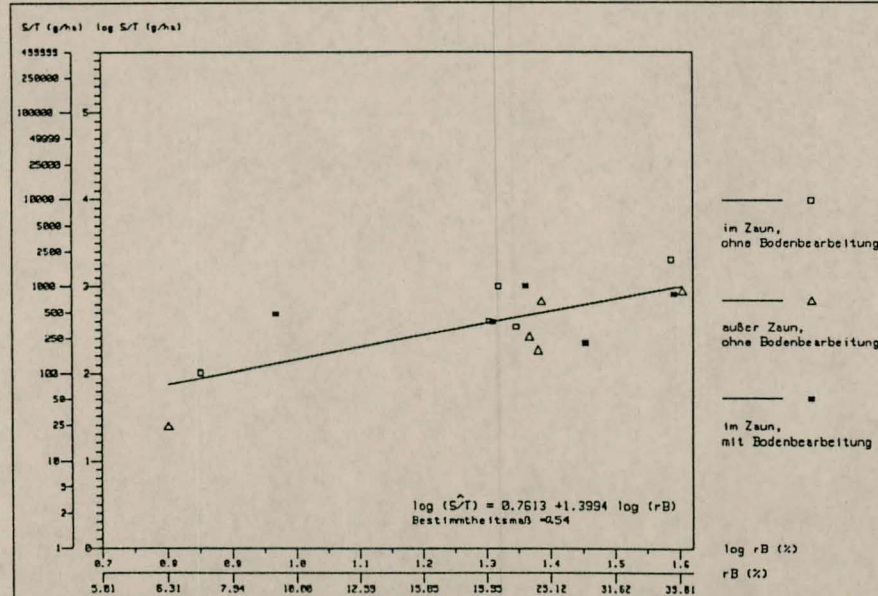


Abb. 40: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgang 1981) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

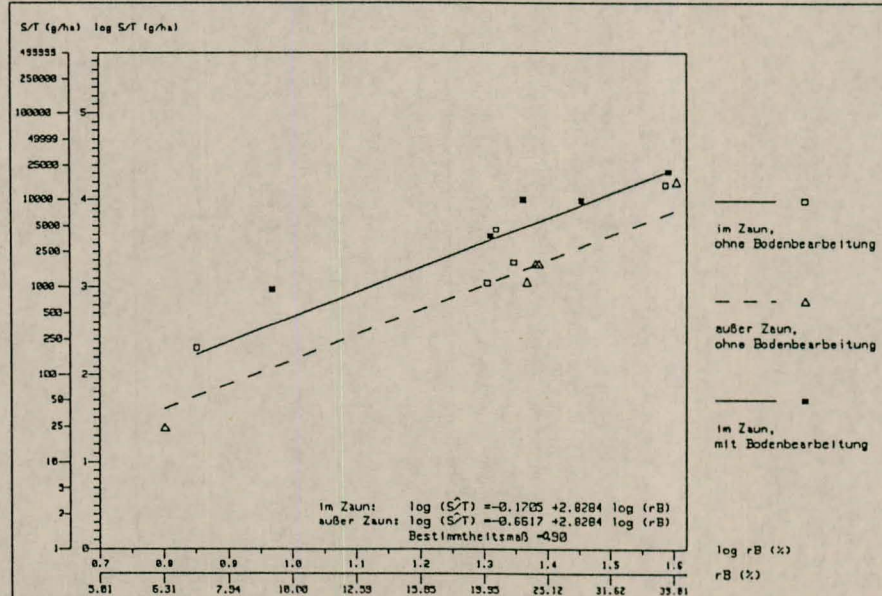


Abb. 41: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

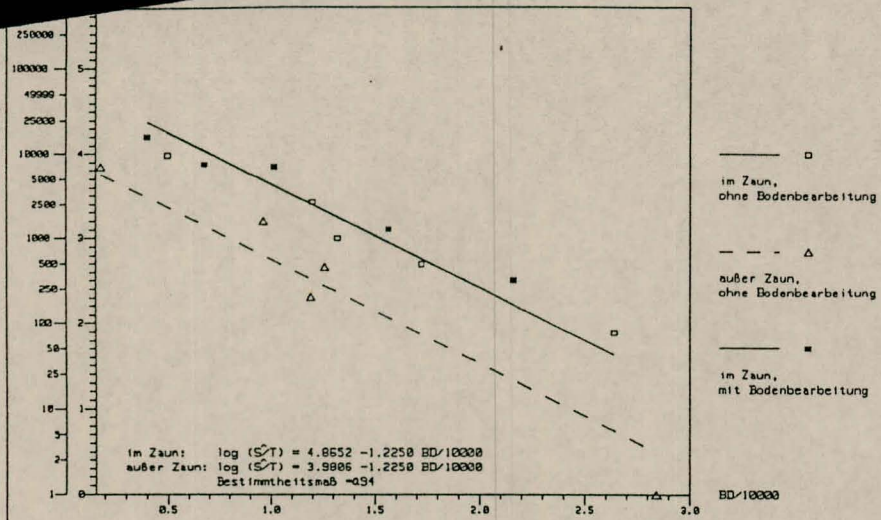


Abb. 42: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgang 1977) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

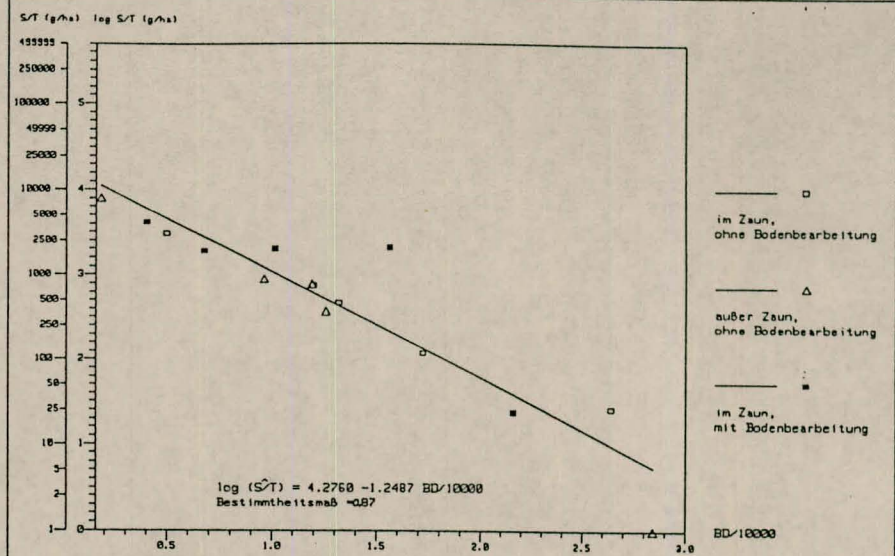


Abb. 43: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgang 1978) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

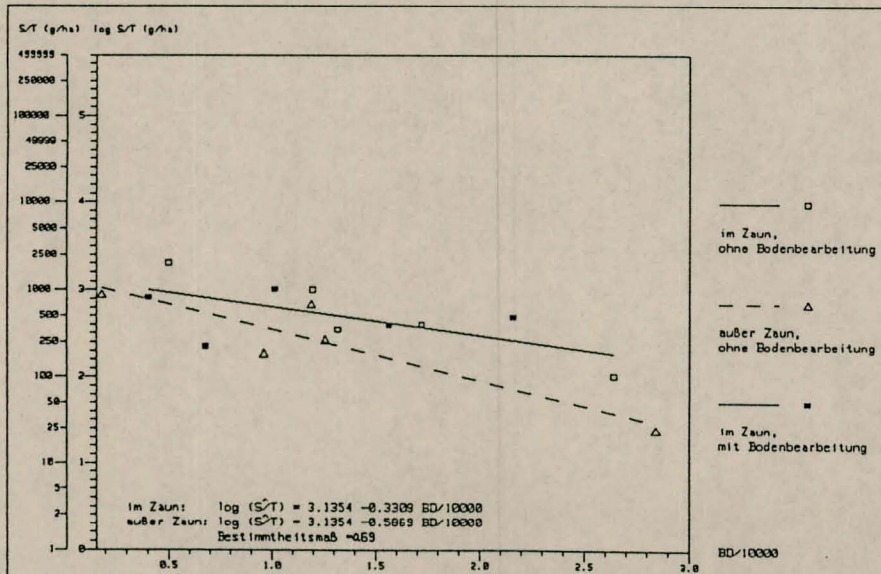


Abb. 44: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgang 1981) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

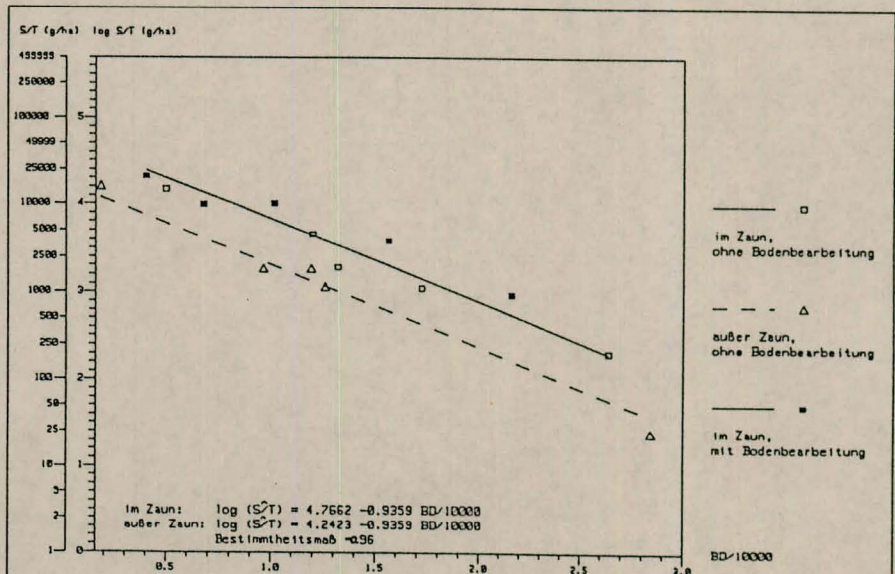


Abb. 45: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

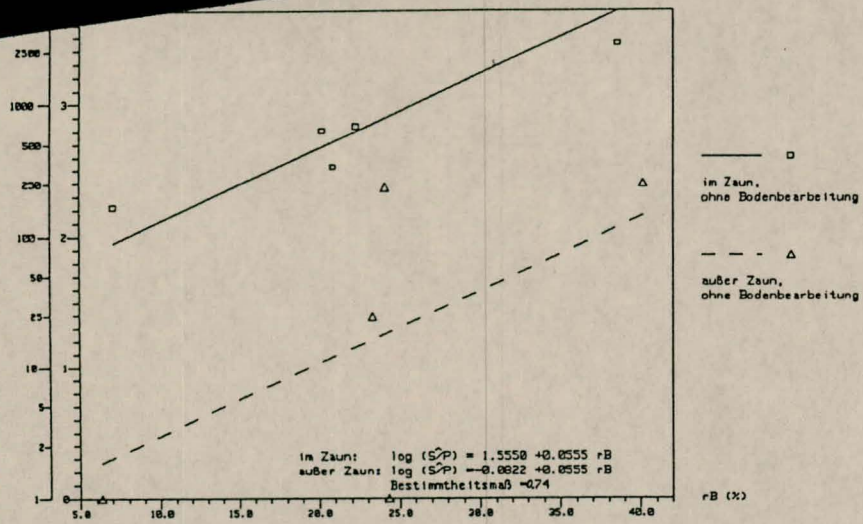


Abb. 46: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge vor 1977) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

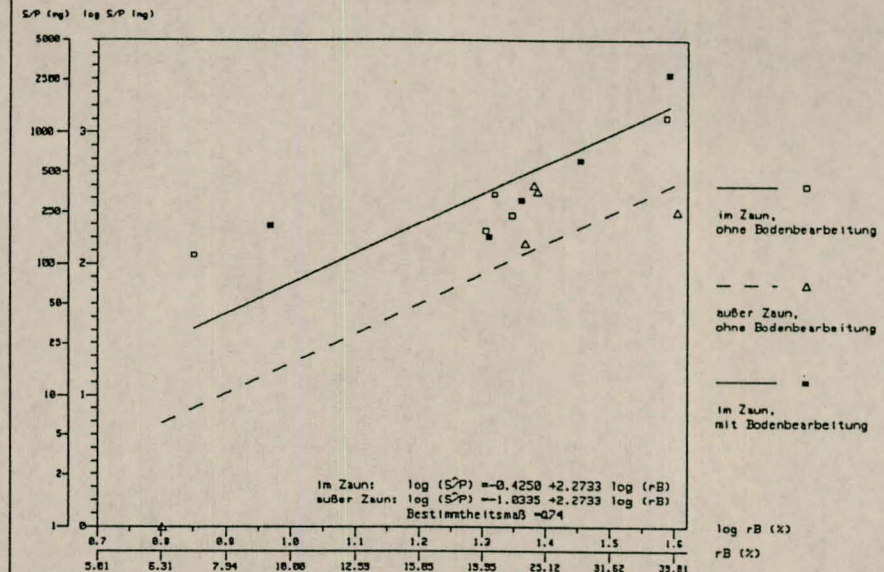


Abb. 47: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1977) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

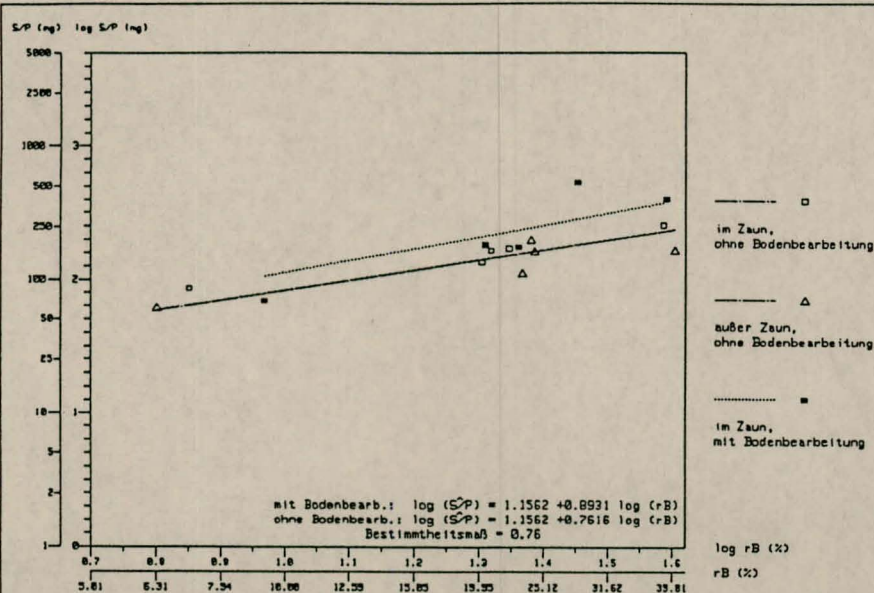


Abb. 48: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

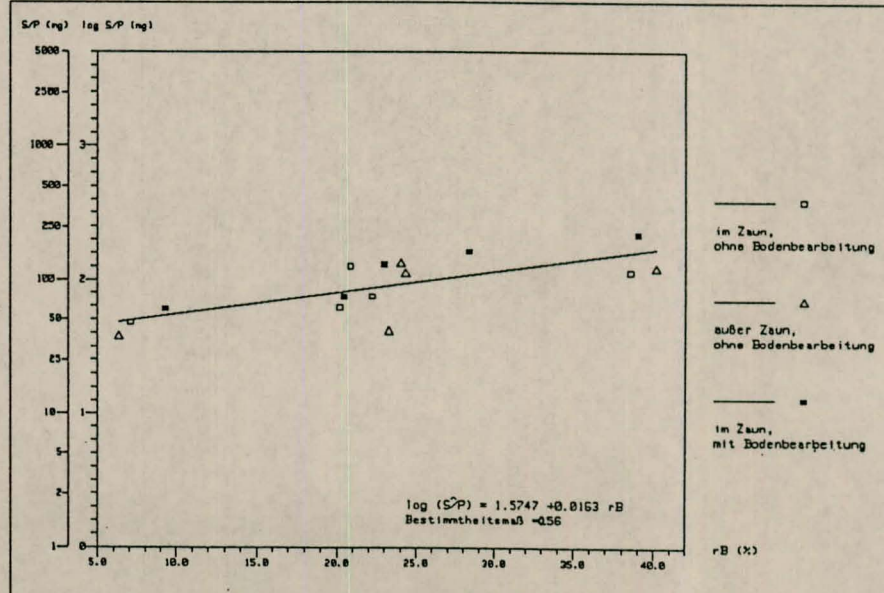


Abb. 49: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1981) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

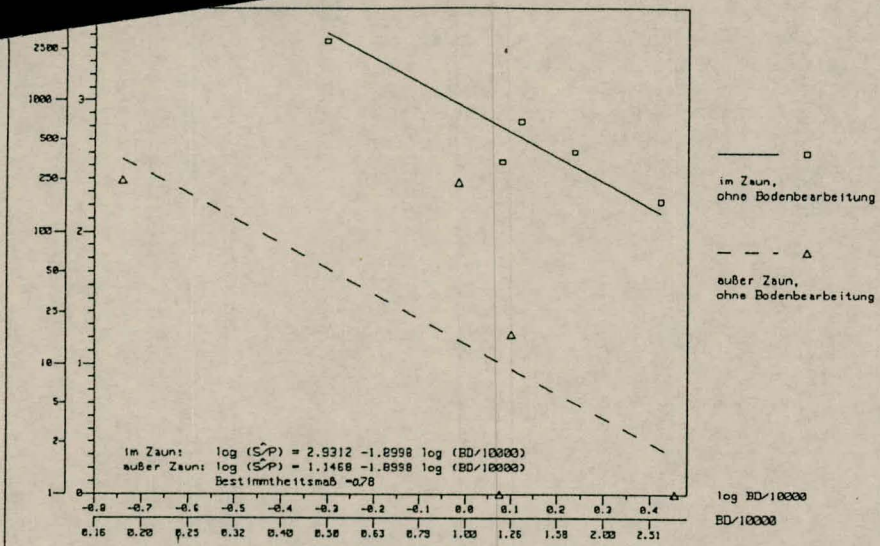


Abb. 50: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge vor 1977) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

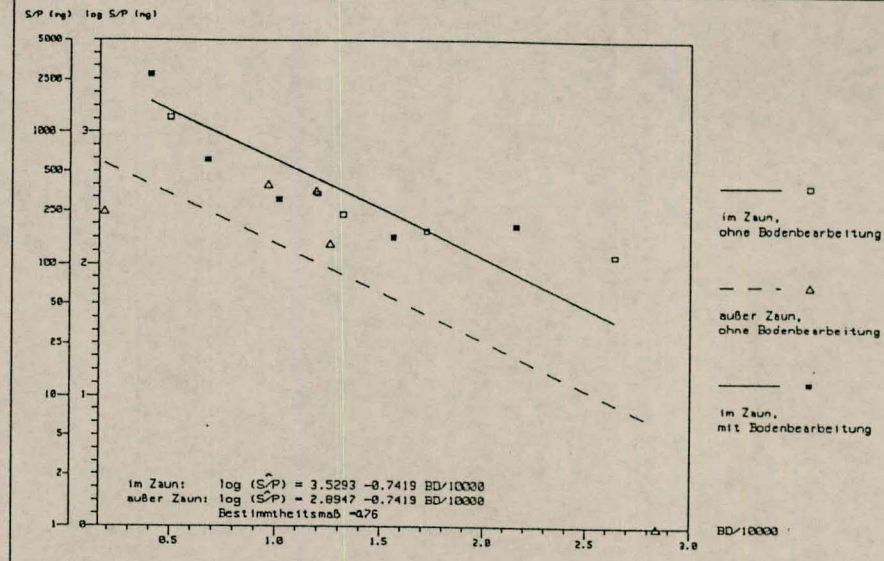


Abb. 51: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1977) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

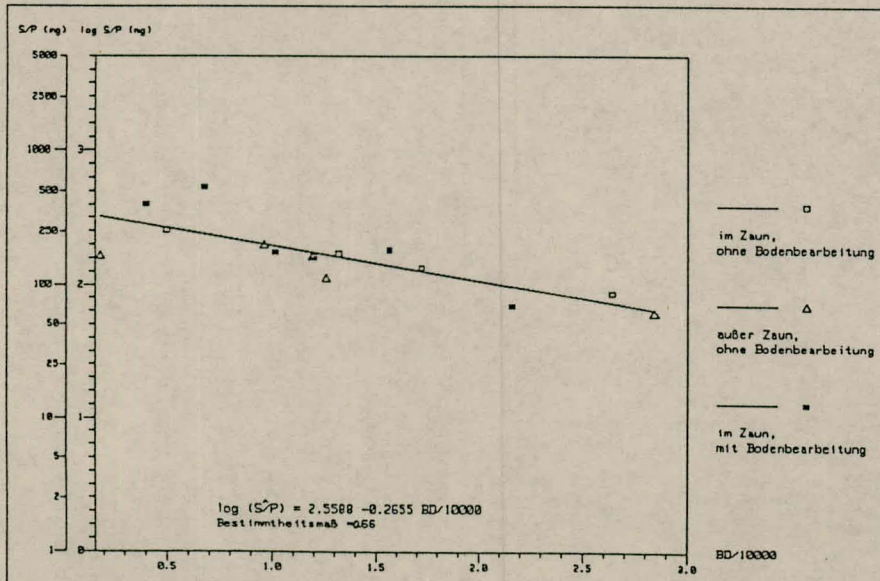


Abb. 52: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

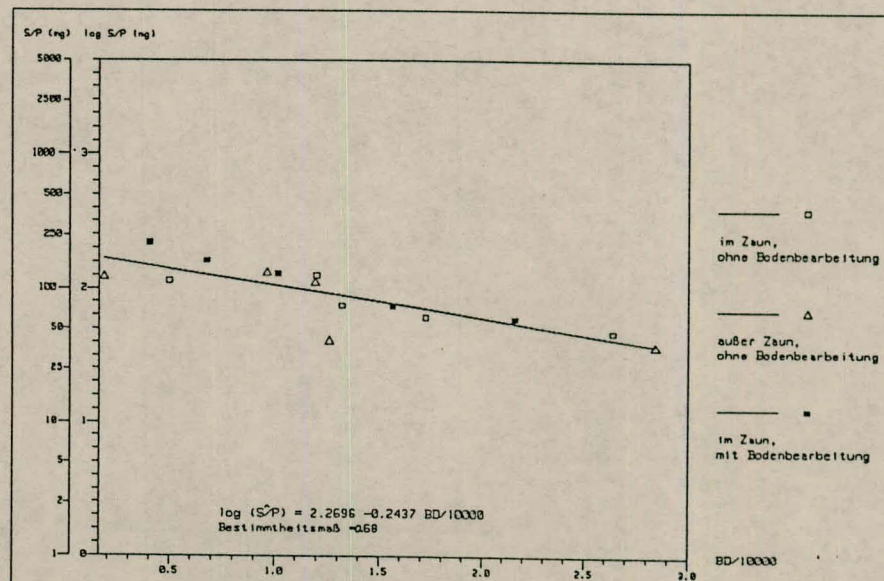


Abb. 53: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1981) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

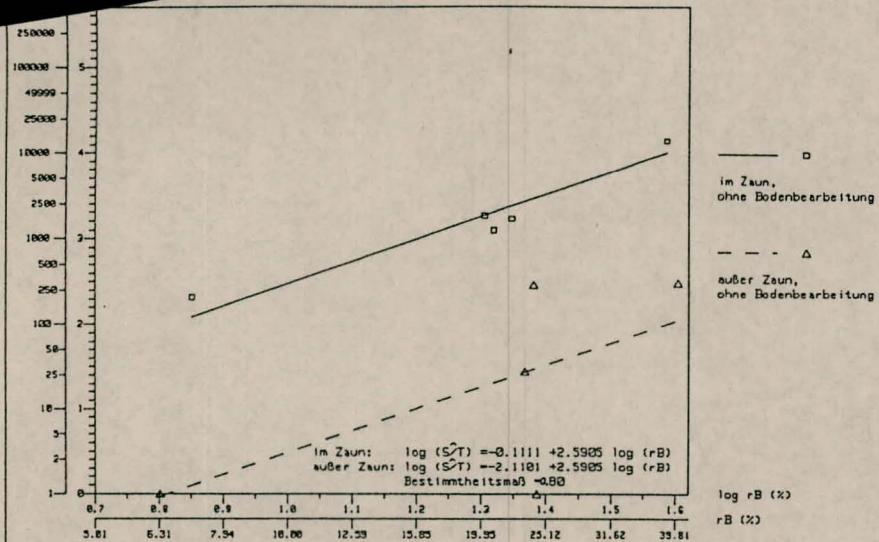


Abb. 54: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgänge vor 1977) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

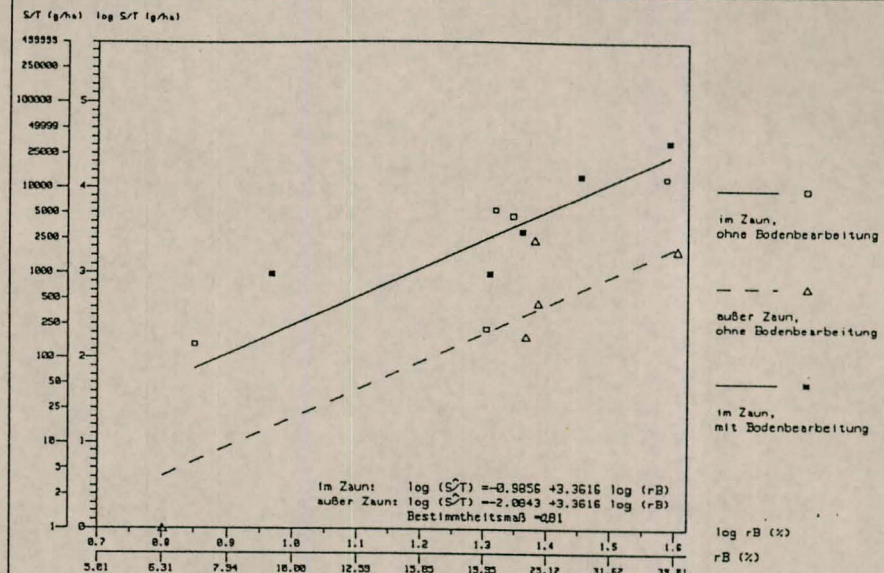


Abb. 55: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgang 1977) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

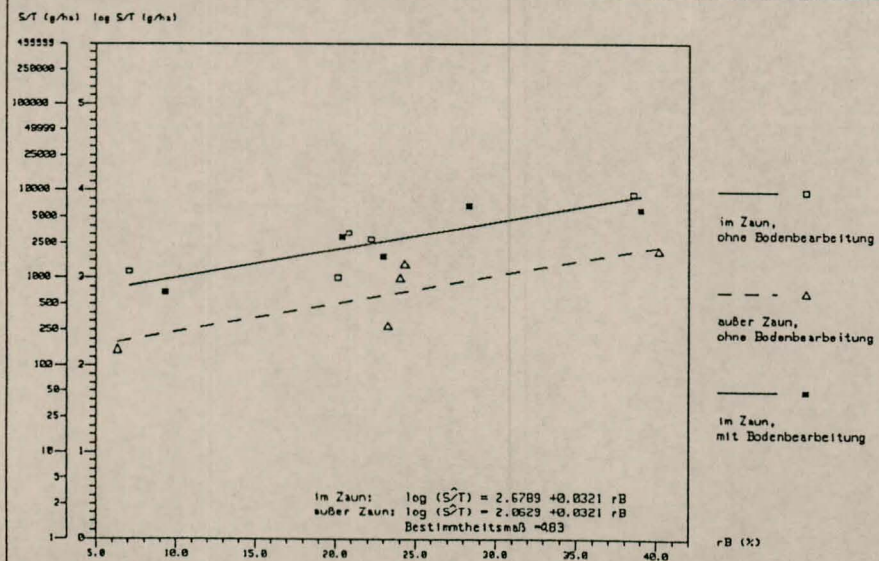


Abb. 56: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

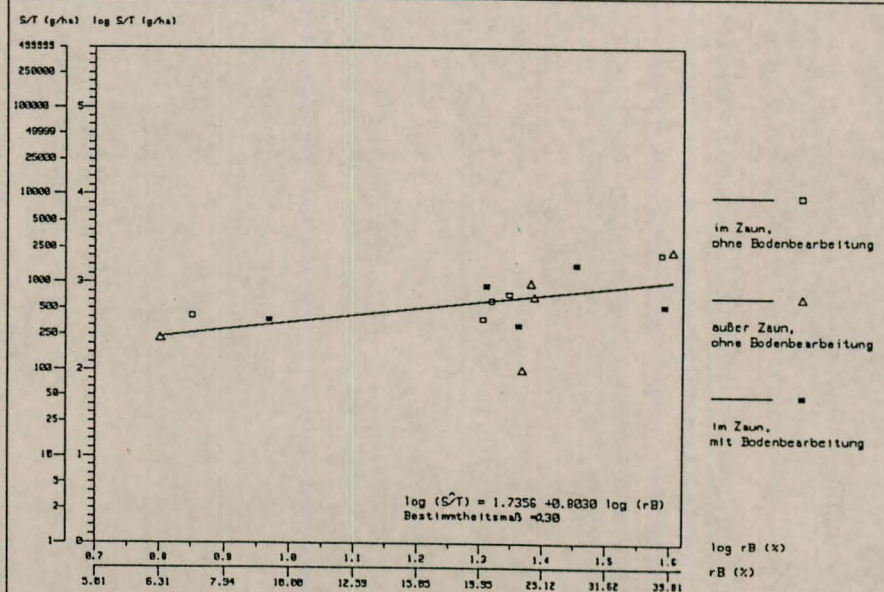


Abb. 57: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgang 1981) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

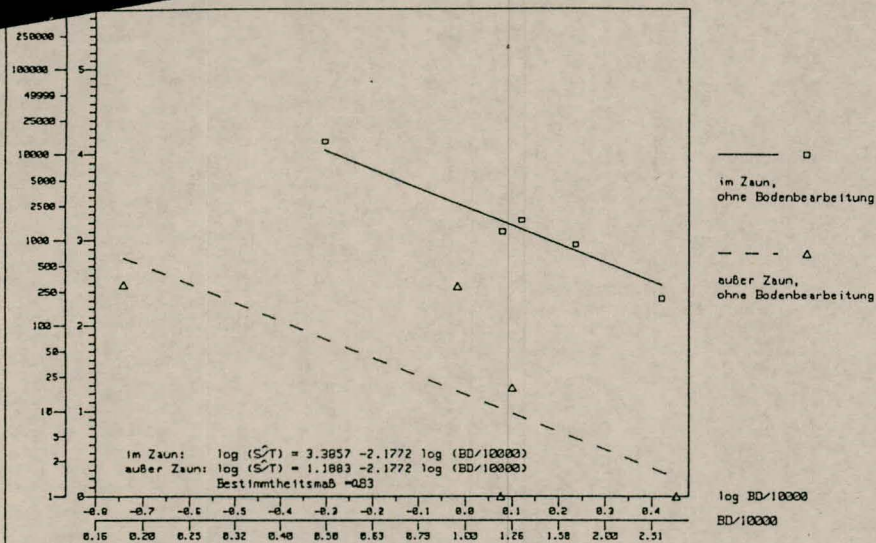


Abb. 58: Gesamtes Sproßstreckengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgänge vor 1977) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

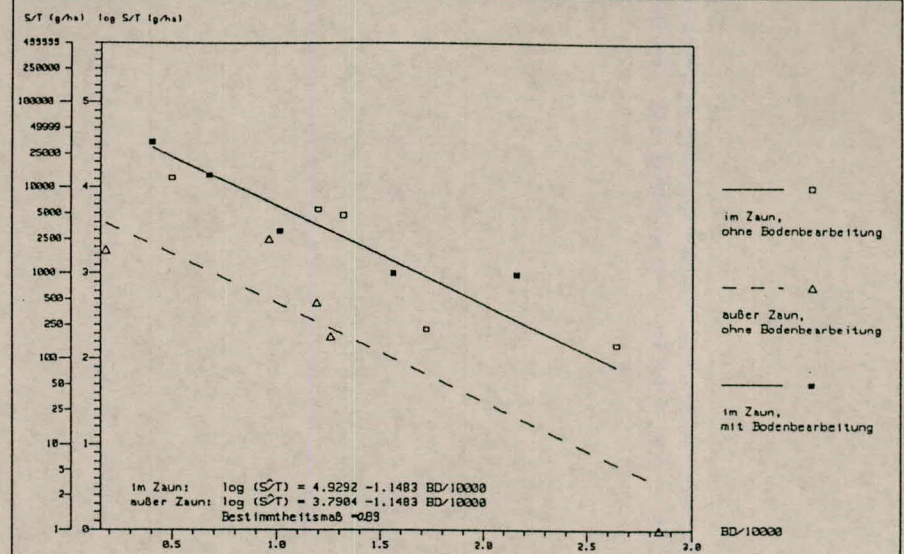


Abb. 59: Gesamtes Sproßstreckengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgang 1977) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

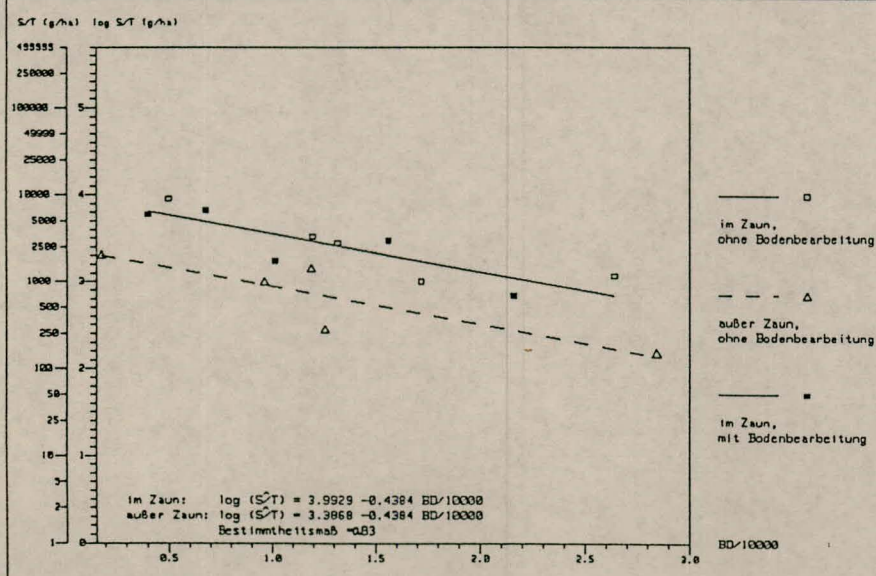


Abb. 60: Gesamtes Sproßstreckengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

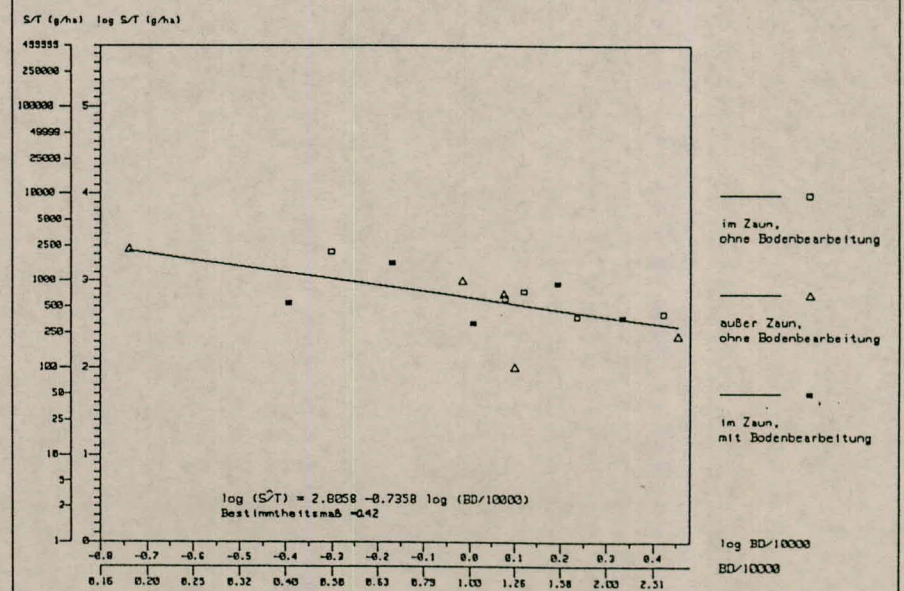


Abb. 61: Gesamtes Sproßstreckengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgang 1981) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

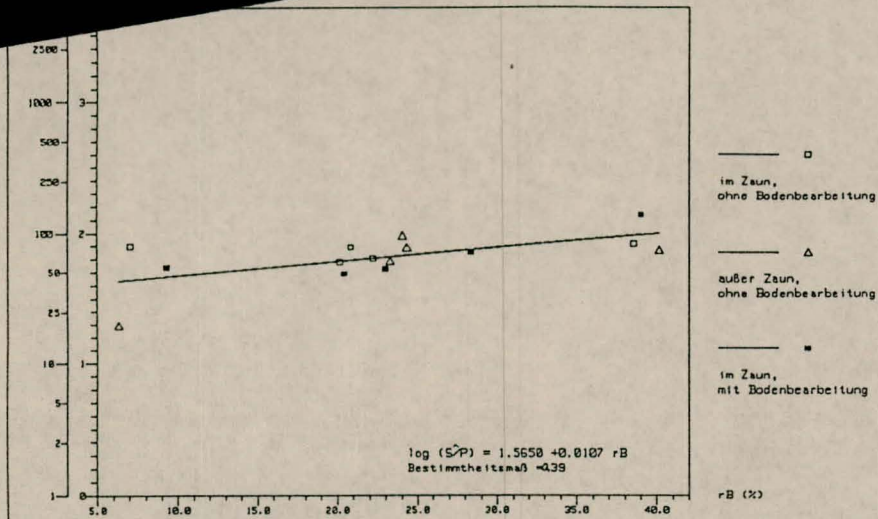


Abb. 62: Durchschnittliches Sproßrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1983) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

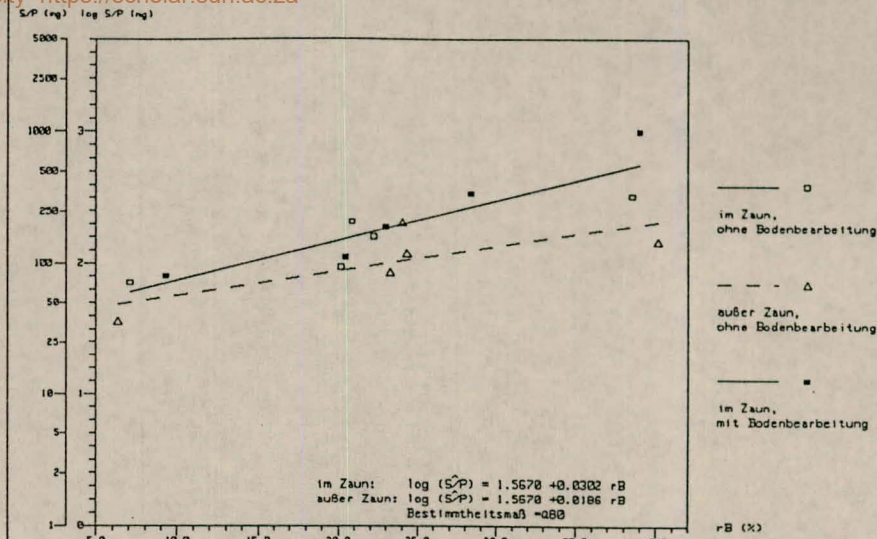


Abb. 63: Durchschnittliches Sproßrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

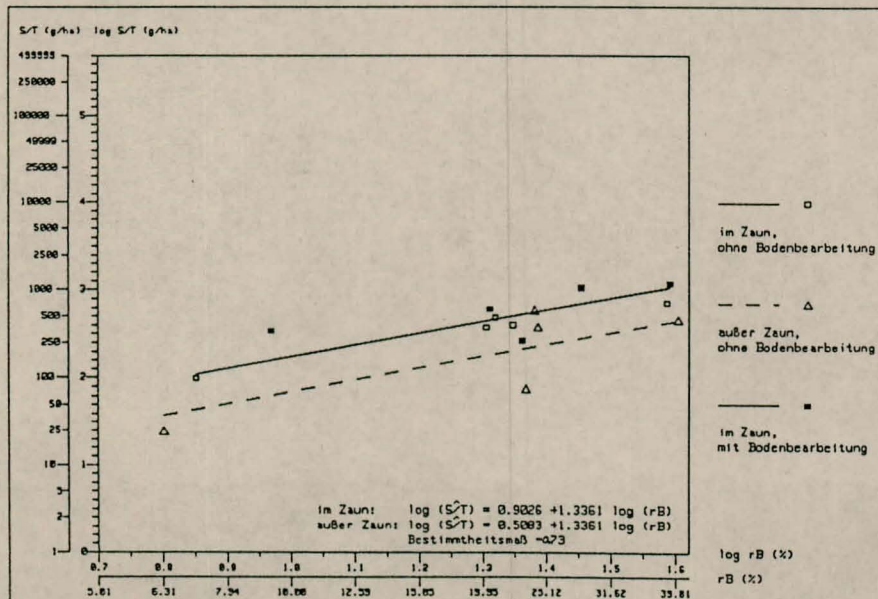


Abb. 64: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgang 1983) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

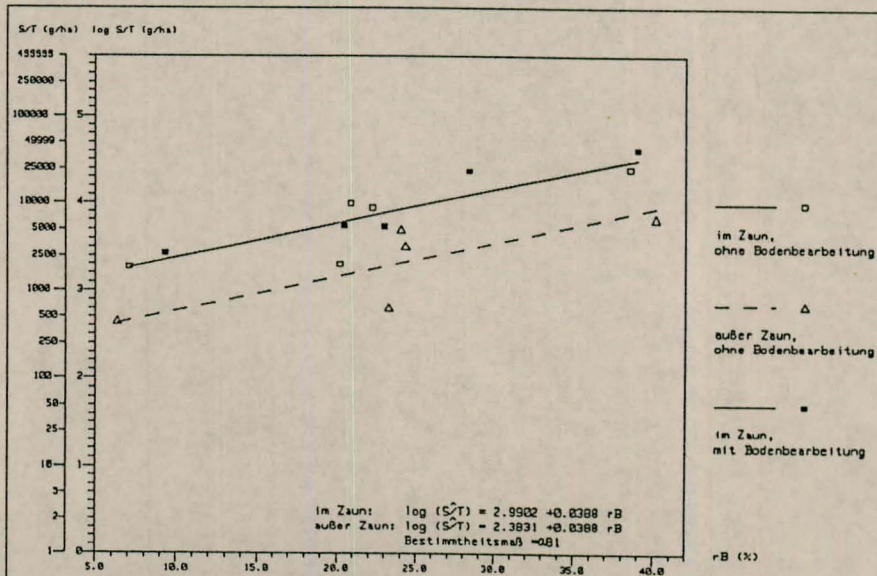


Abb. 65: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

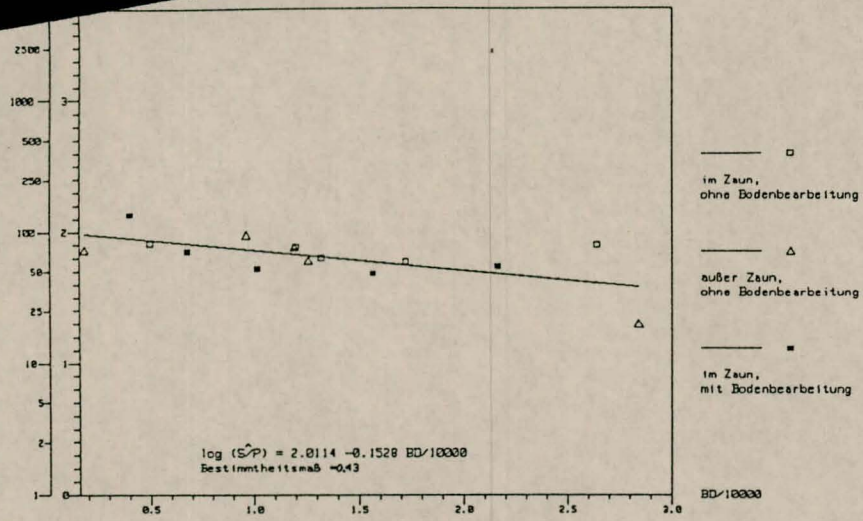


Abb. 66: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1983) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

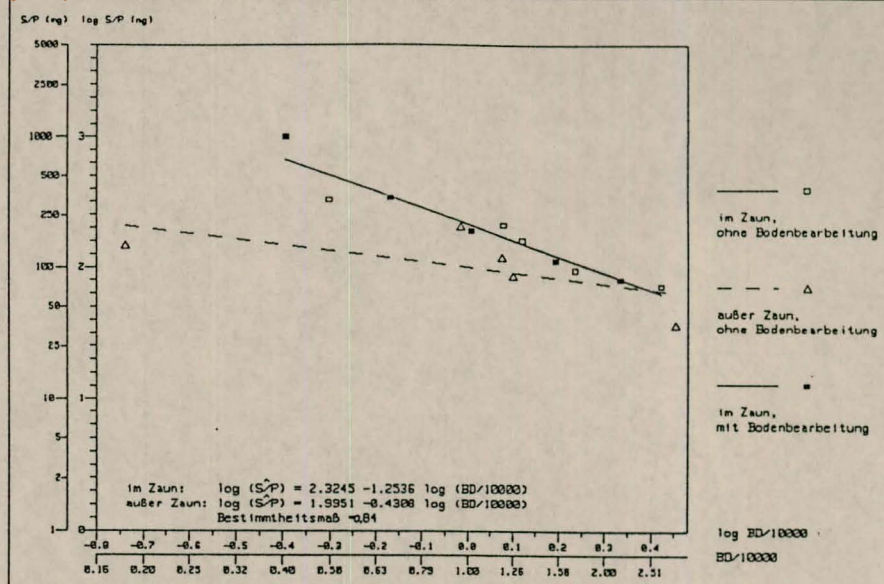


Abb. 67: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

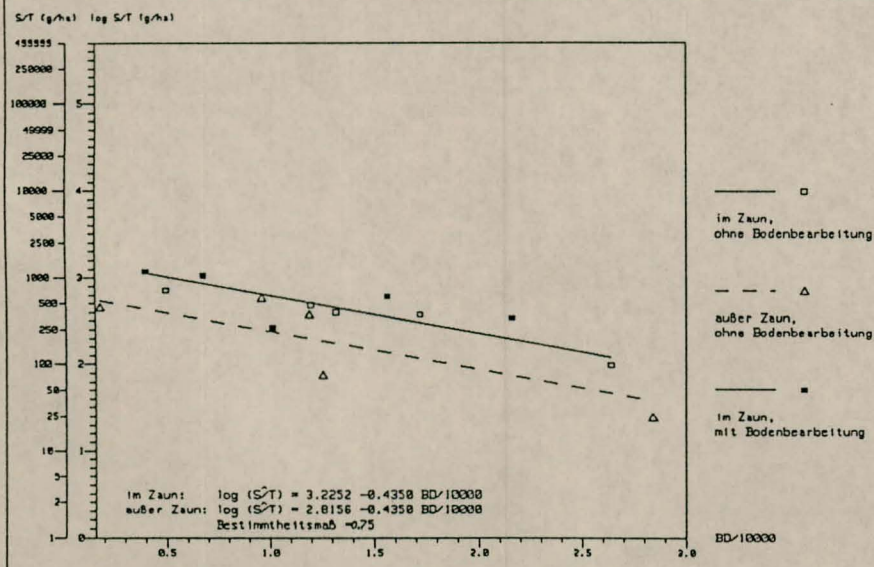


Abb. 68: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgang 1983) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

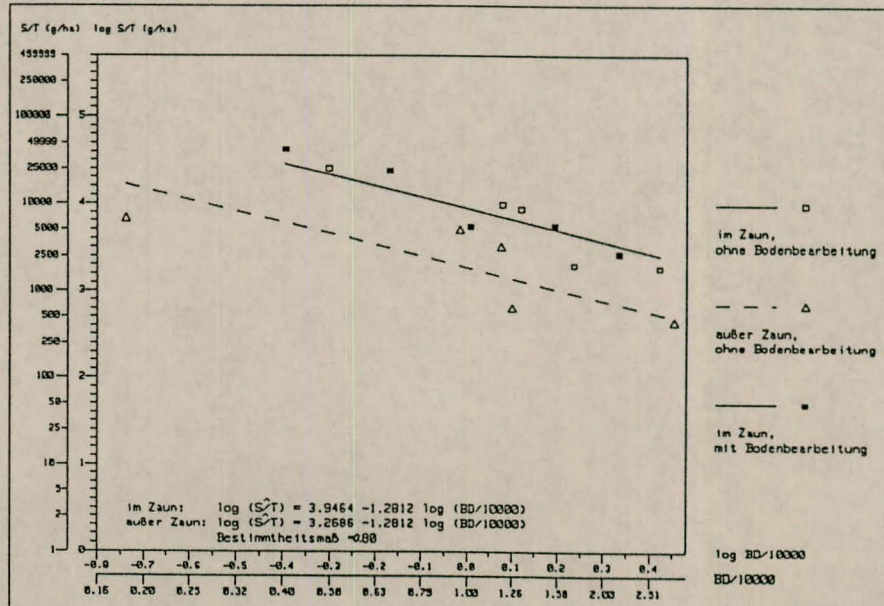


Abb. 69: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

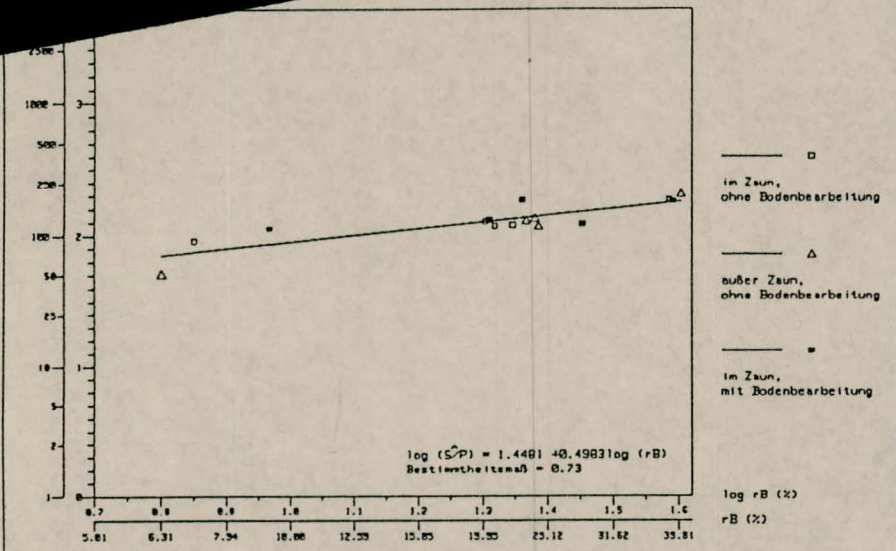


Abb. 70 : Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze ($\overline{S/P}$) 1985 in mg (Buche Keimjahrgang 1985) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

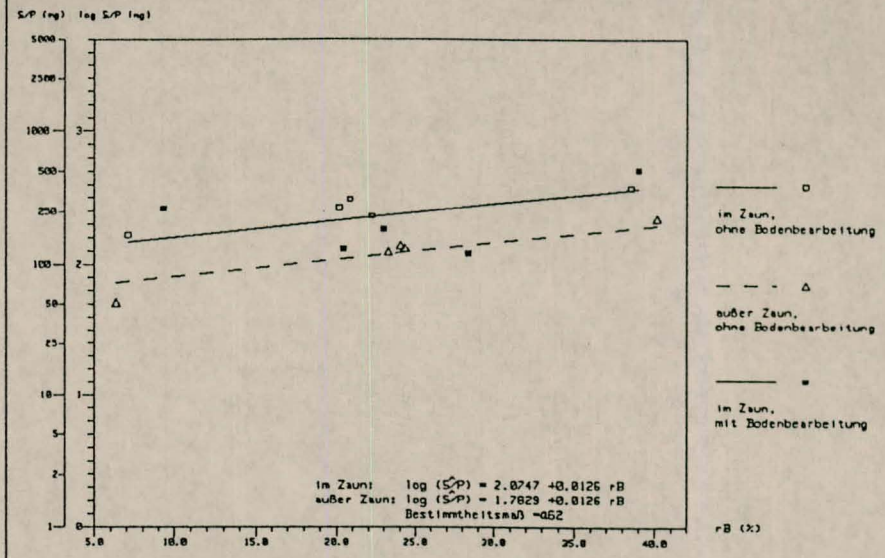


Abb. 71 : Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze ($\overline{S/P}$) 1986 in mg (Buche Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

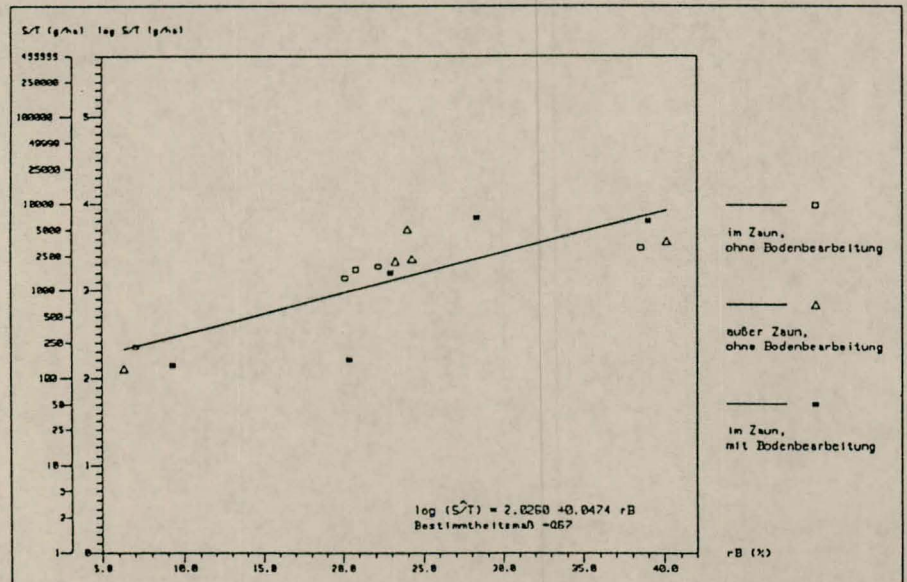


Abb. 72 : Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle ($\overline{S/T}$) 1986 in g/ha (Buche Keimjahrgang 1985) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

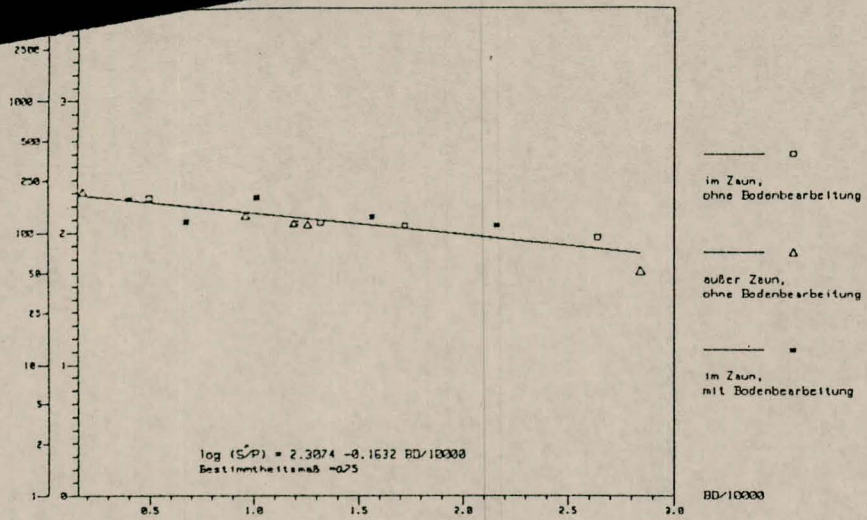


Abb. 73 : Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Buche Keimjahrgang 1985) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

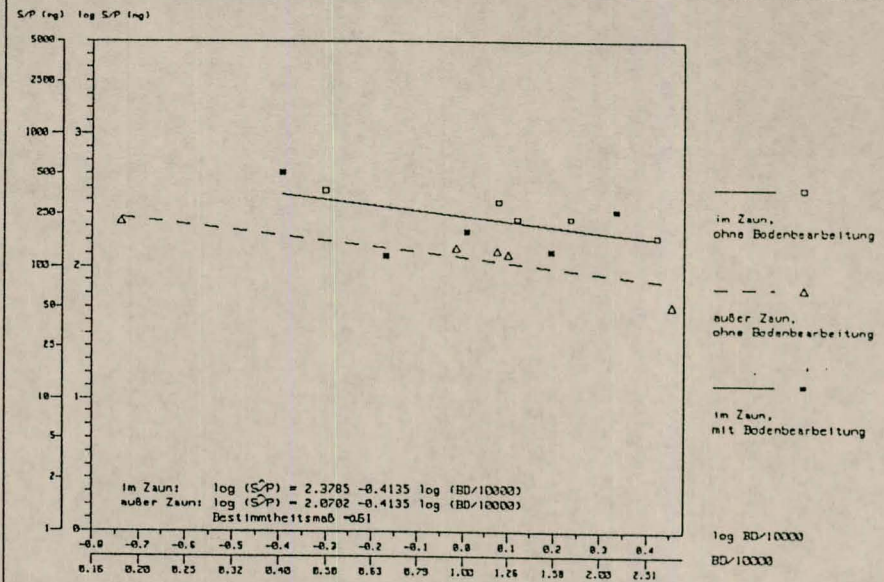


Abb. 74 : Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Buche Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

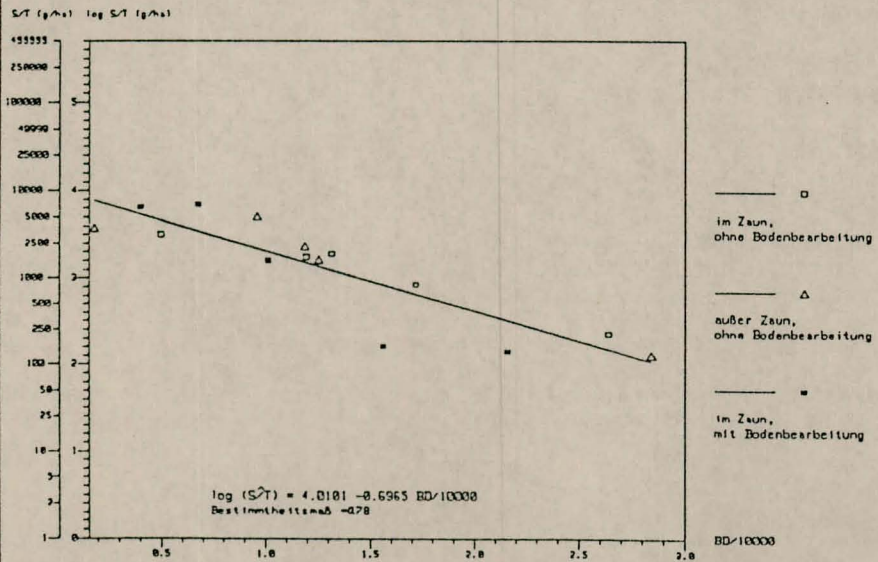


Abb. 75 : Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Buche Keimjahrgang 1985) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

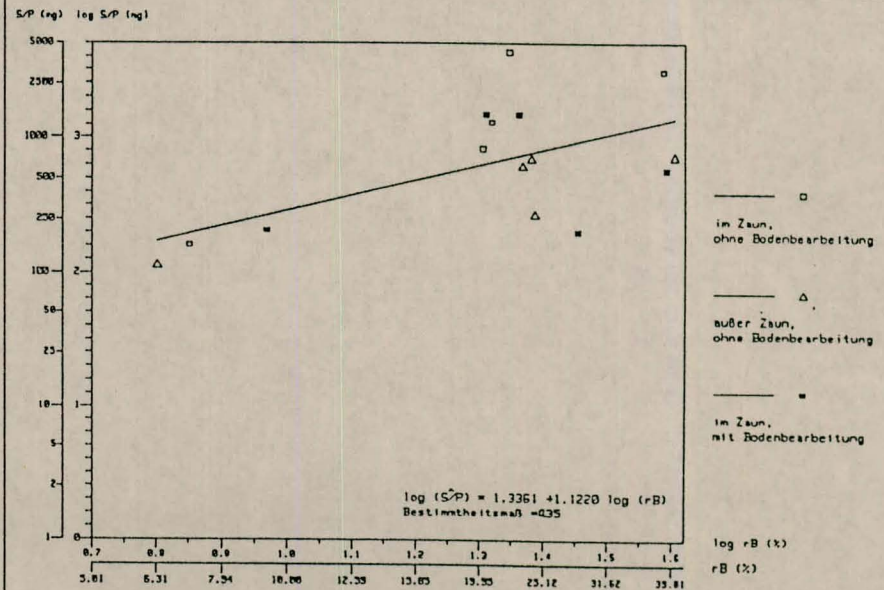
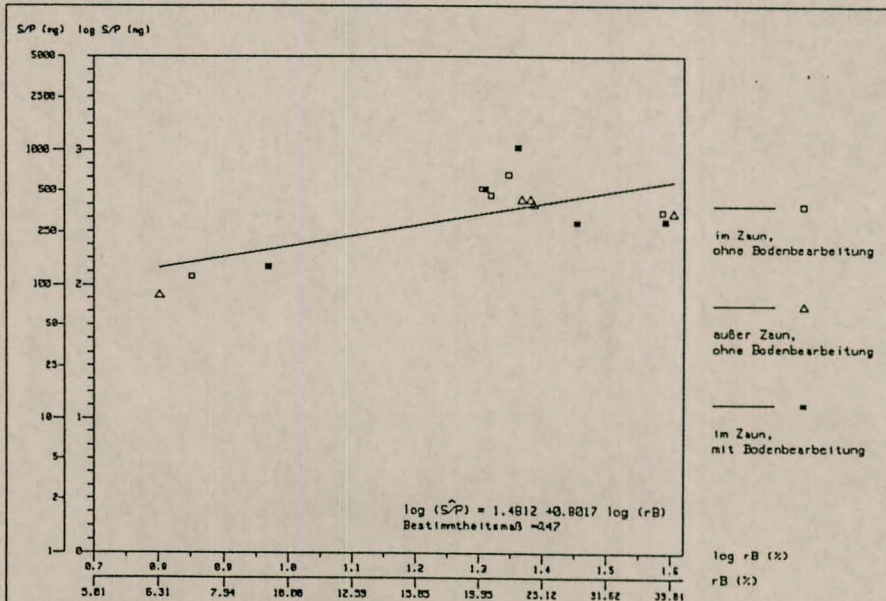
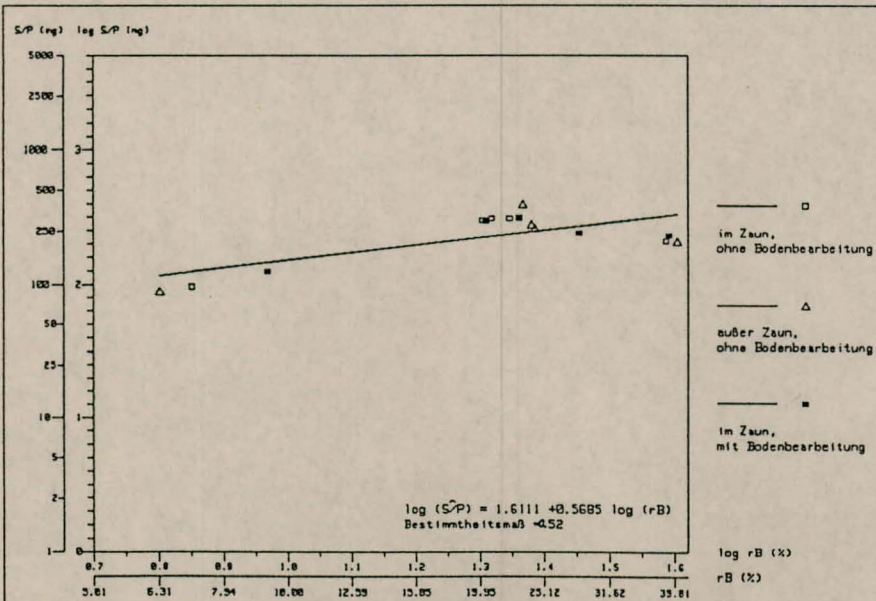
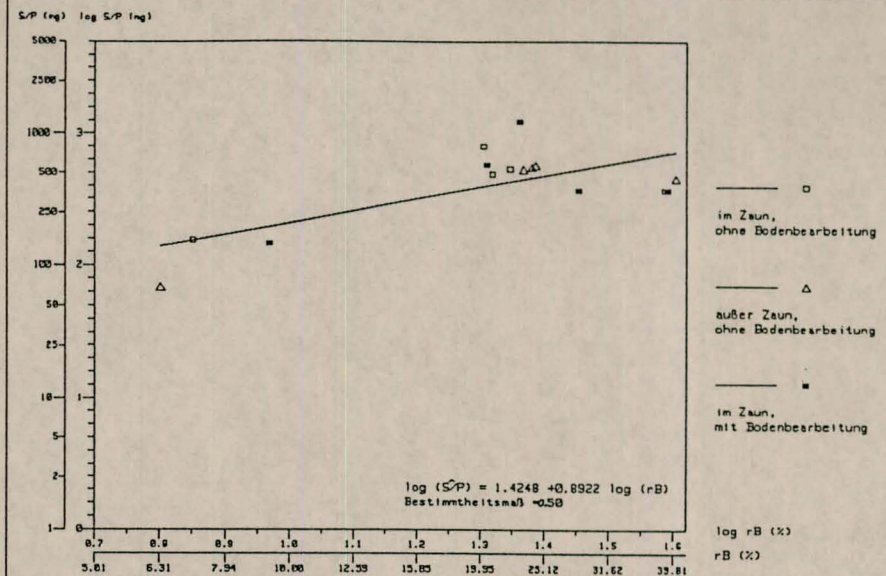
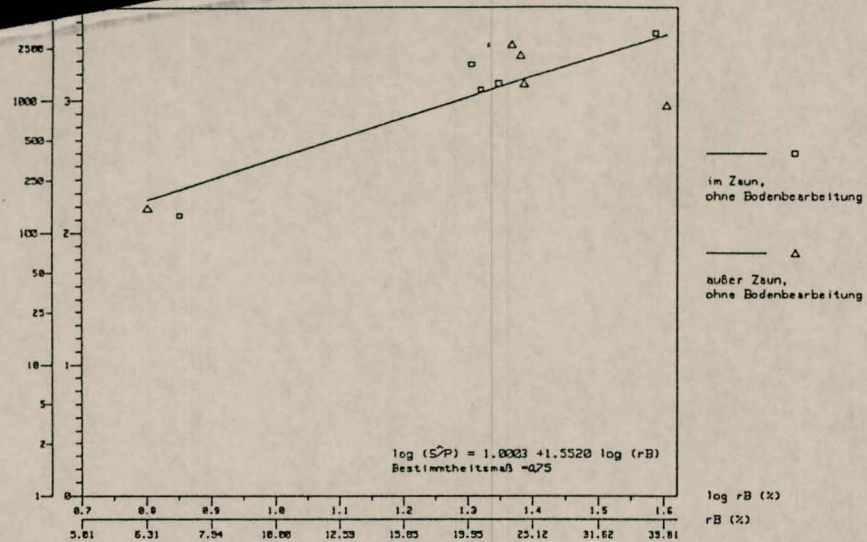


Abb. 76 : Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Florn Keimjahrgang 1978) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %



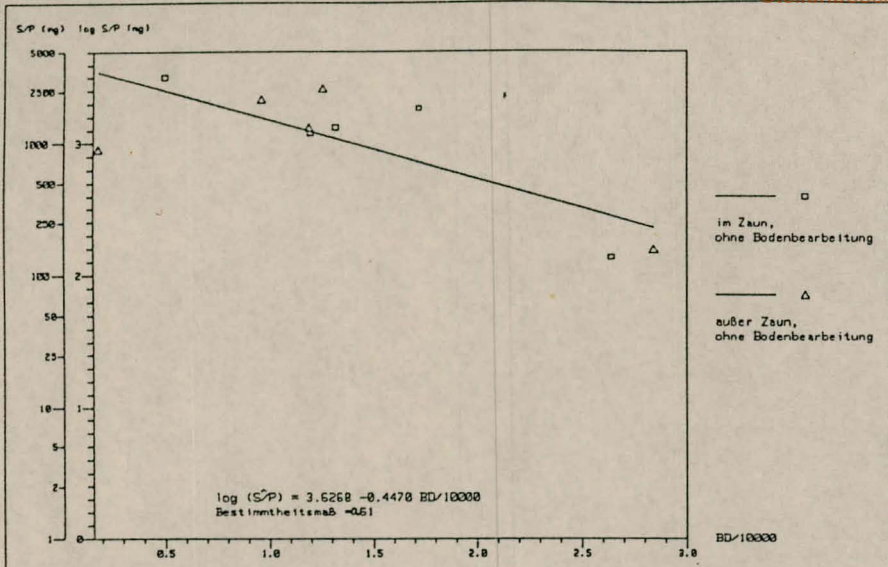


Abb. 81: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Ahorn Keimjahrgänge vor 1977) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

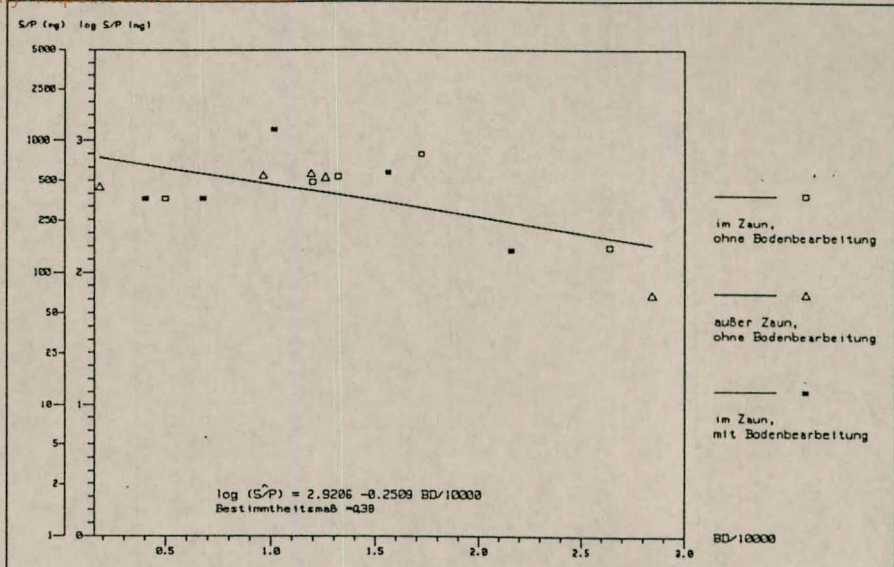


Abb. 82: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Ahorn Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

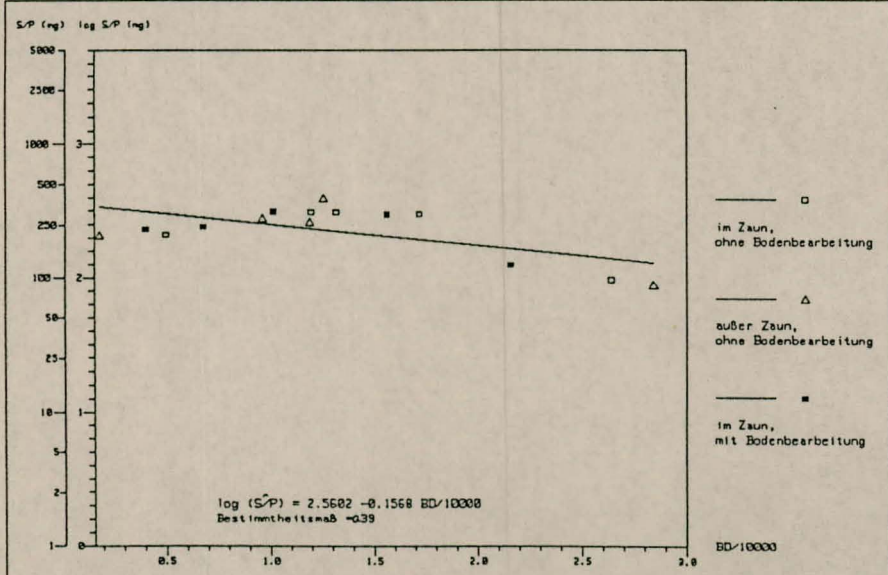


Abb. 83: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Ahorn Keimjahrgang 1982) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

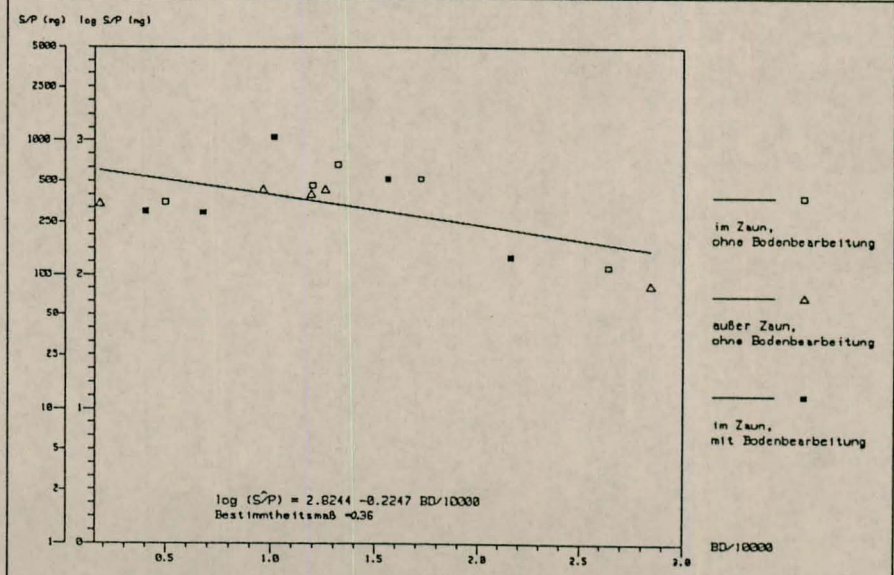


Abb. 84: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Ahorn Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

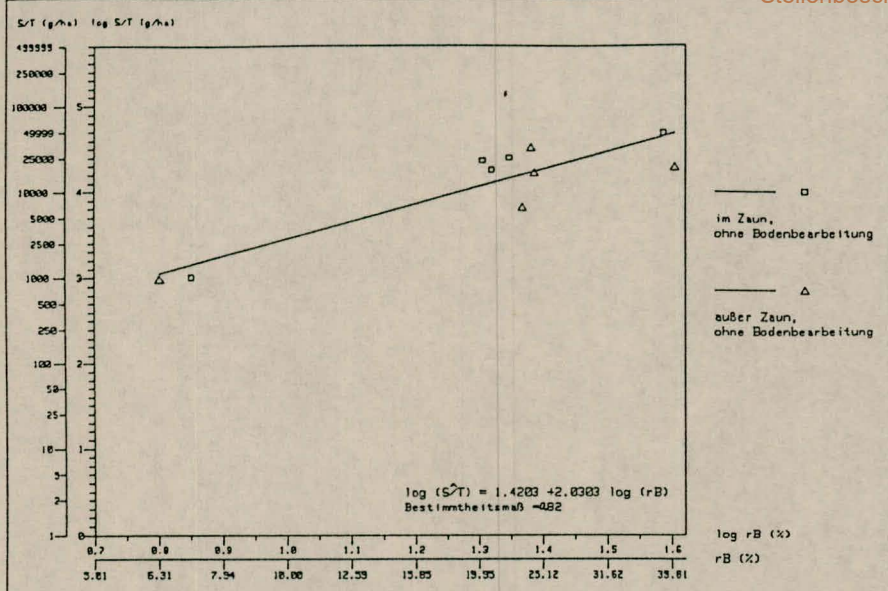


Abb. 85: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Rhorn Keimjahrgänge vor 1977) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

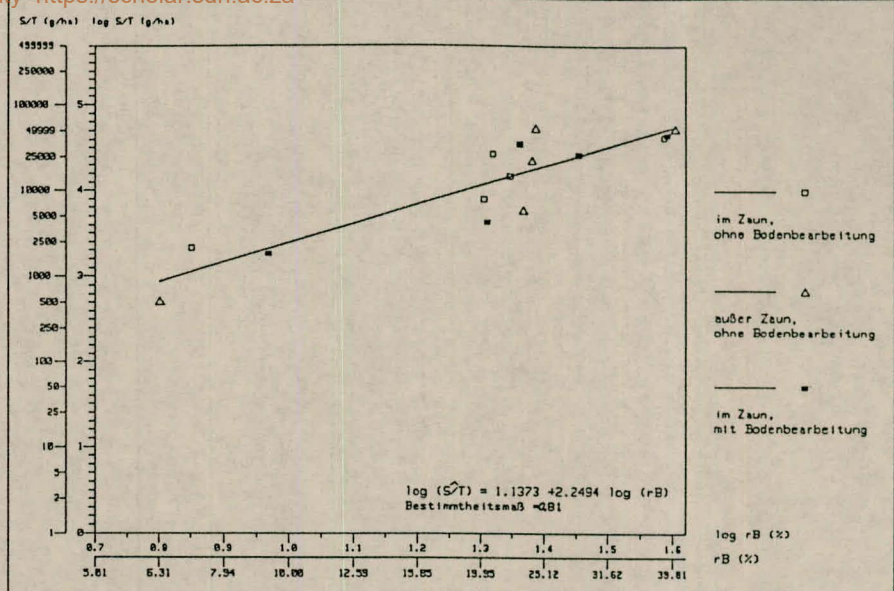


Abb. 86: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Rhorn Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

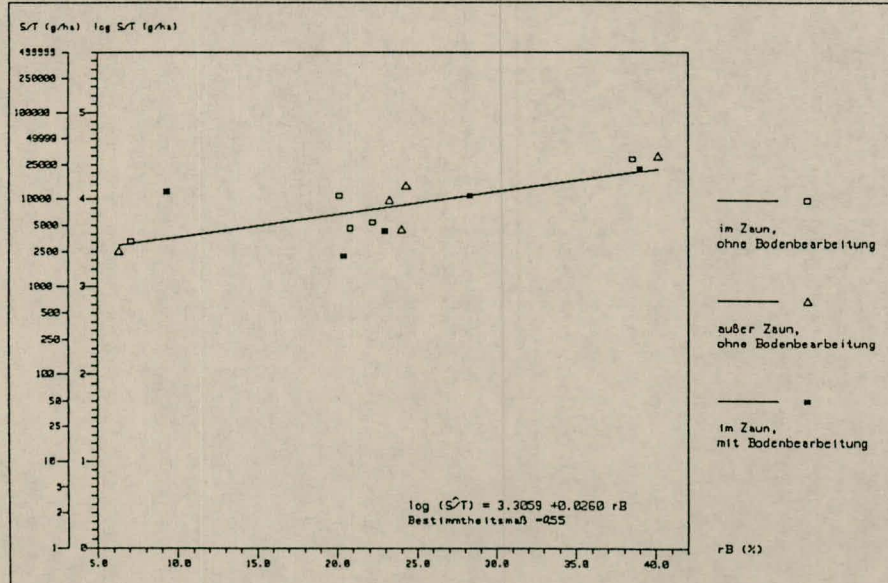


Abb. 87: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Rhorn Keimjahrgang 1982) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

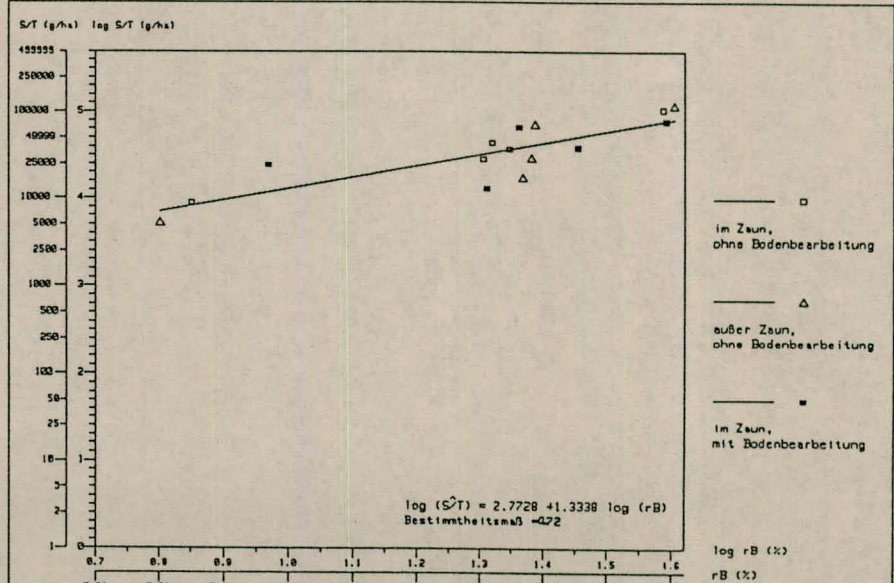


Abb. 88: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Rhorn Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

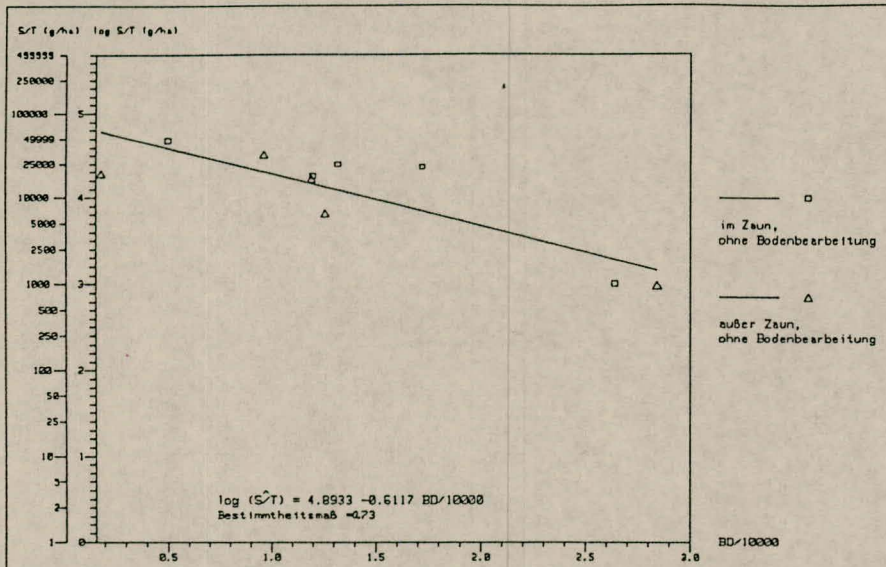


Abb. 89 : Gesamtes Sproßstrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Rhorn Keimjahrgänge vor 1977) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

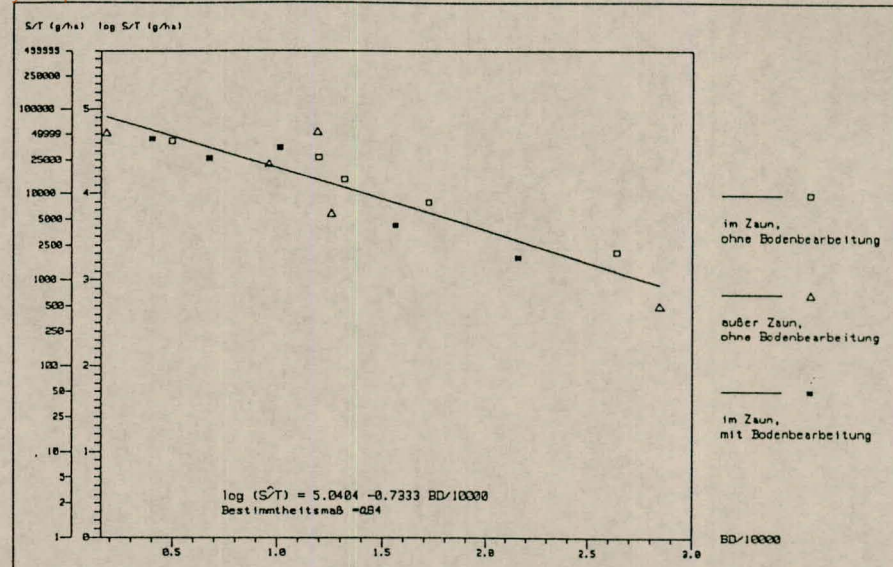


Abb. 90 : Gesamtes Sproßstrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1985 in g/ha (Rhorn Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

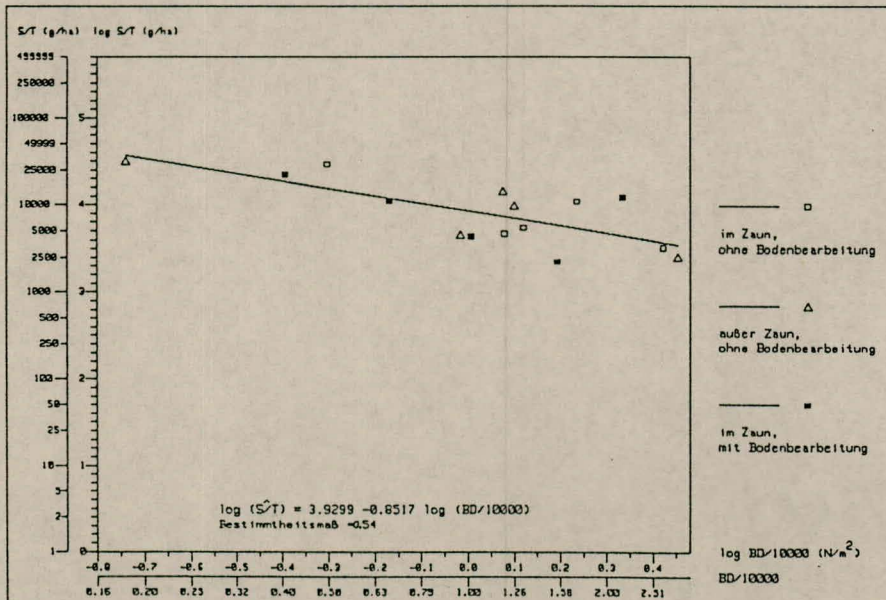


Abb. 91 : Gesamtes Sproßstrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Rhorn Keimjahrgang 1982) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

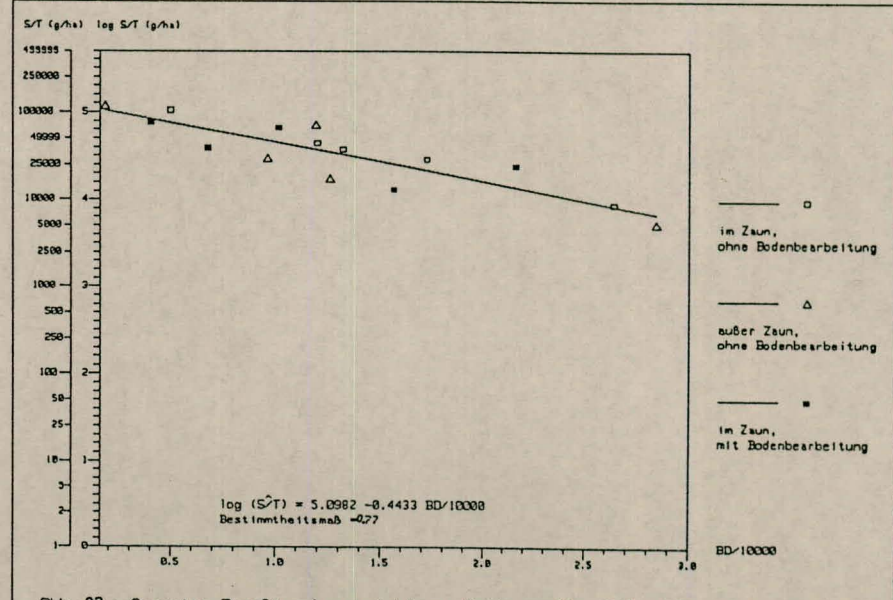


Abb. 92 : Gesamtes Sproßstrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Rhorn Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

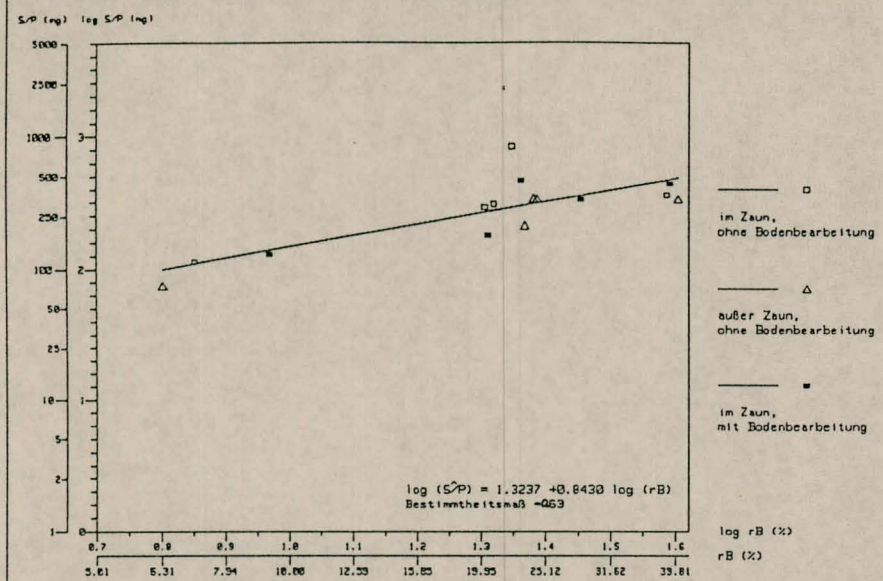


Abb. 93: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

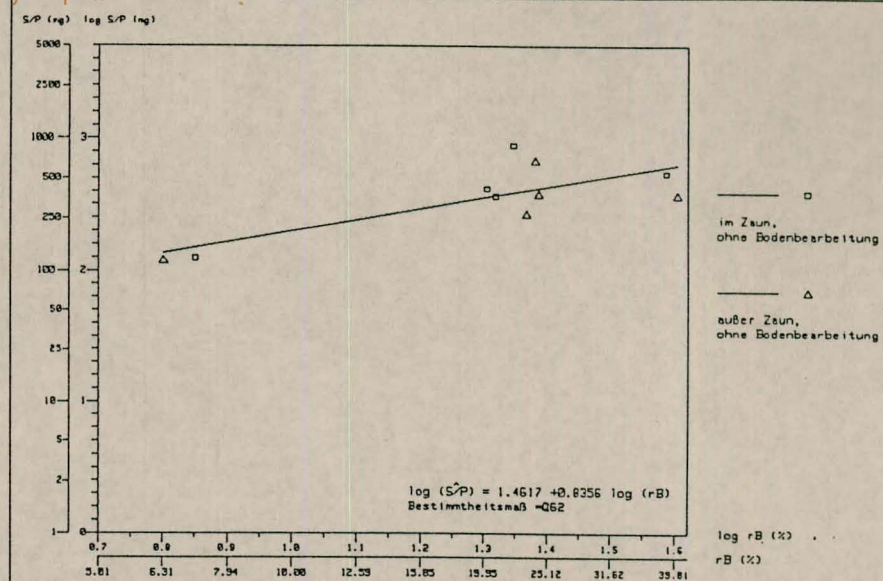


Abb. 94: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge vor 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

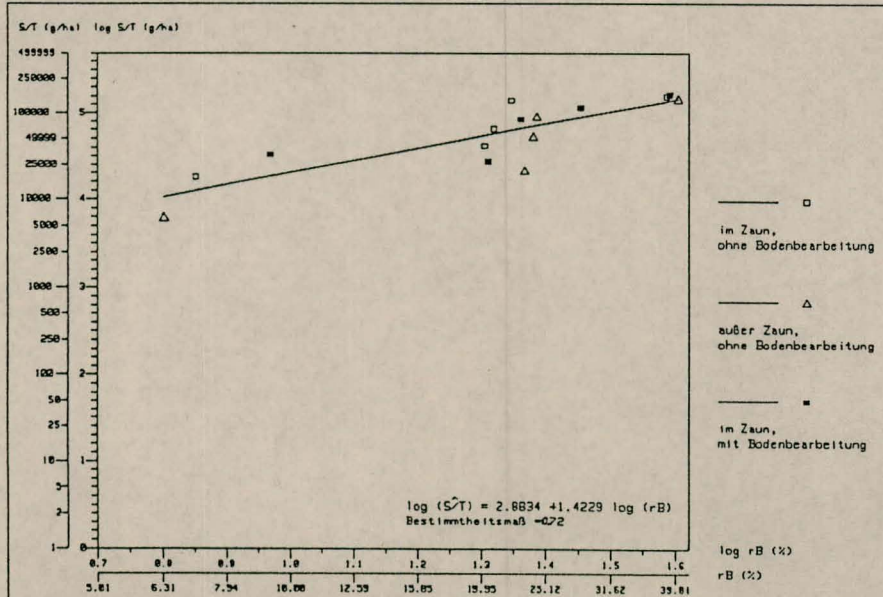


Abb. 95: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

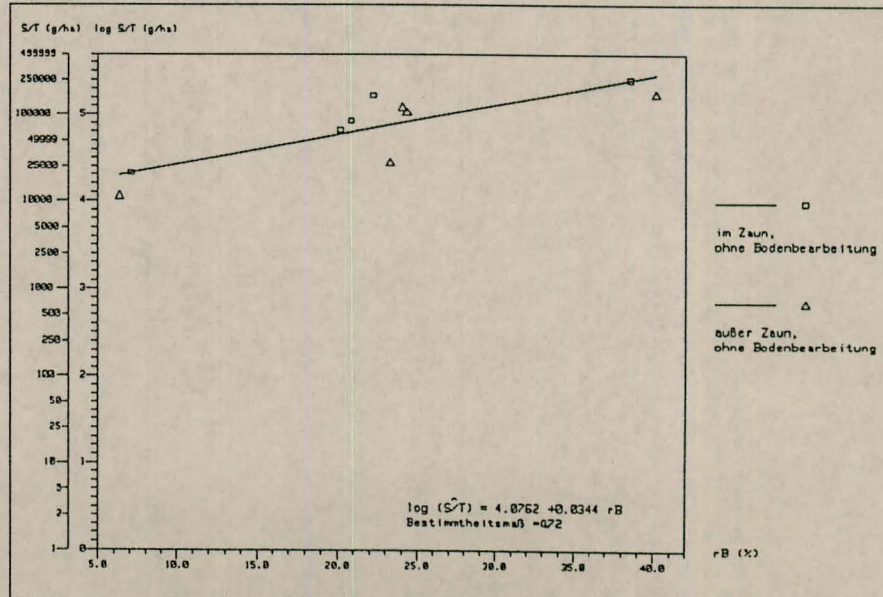


Abb. 96: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge vor 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in %

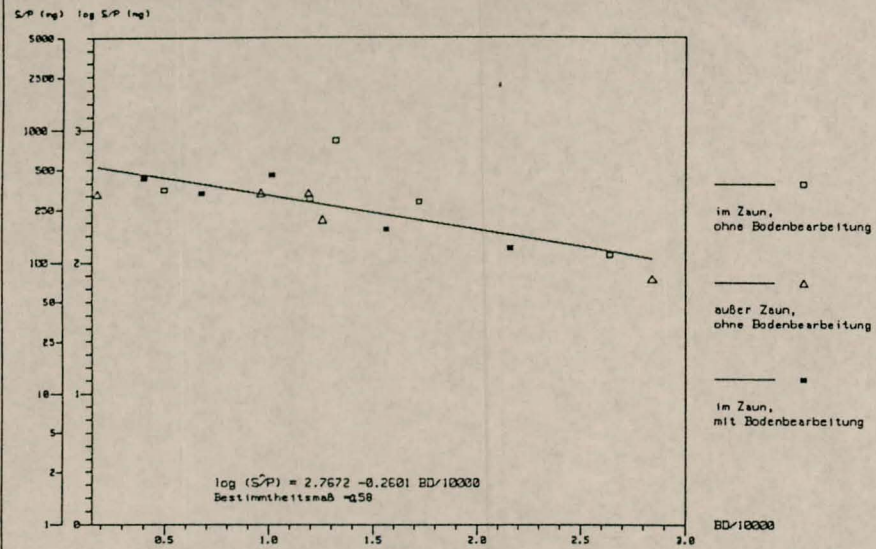


Abb. 97: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

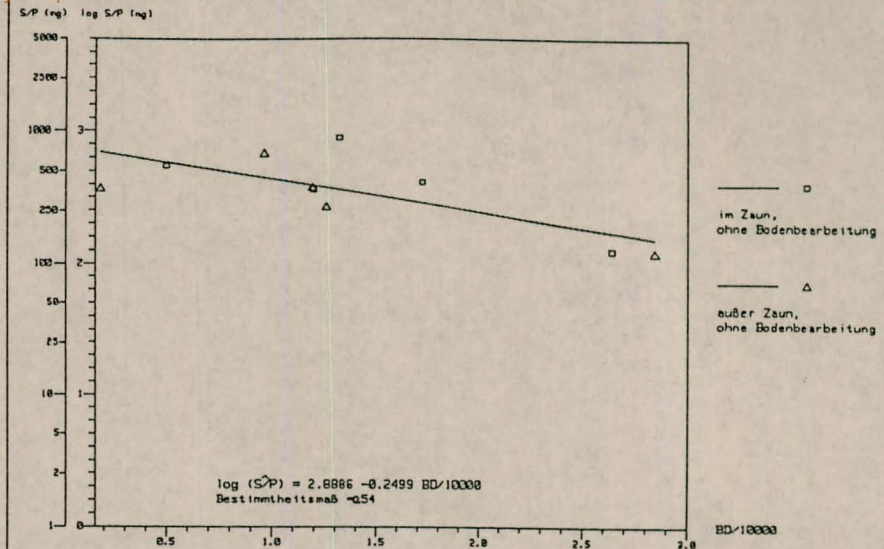


Abb. 98: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge vor 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

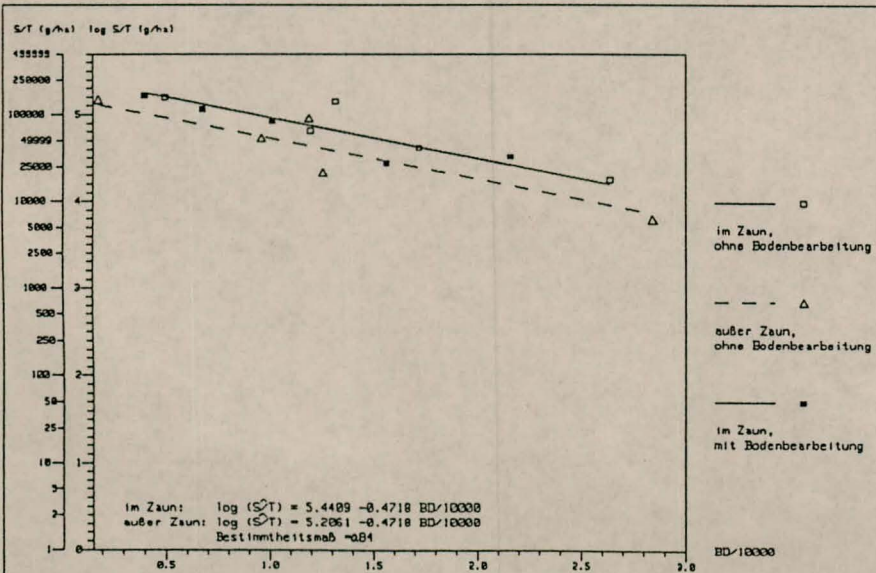


Abb. 99: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

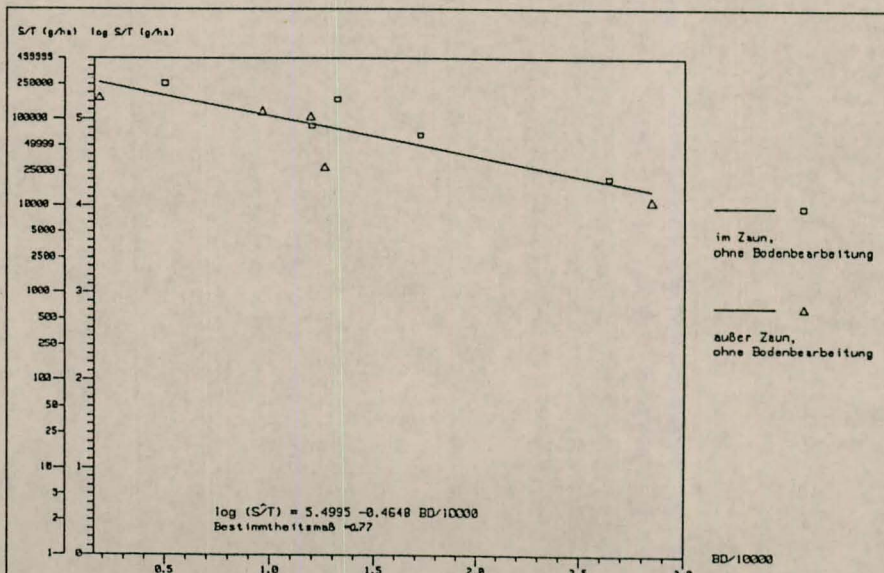


Abb. 100: Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge vor 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD= Stammzahl / mittlere Grundfläche) 1976

Tab. 21 : Ergebnisse der ausgewählten Modelle

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

Y= durchschnittliches Sproßtrockengewicht / Pflanze (mg)

X= relative Beleuchtungsstärke in %

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		F-Test und Signifikanzniveau					Bestimmtheitsmaß	adjust. Bestimmtheitsmaß	Shapiro-Wilk Test		
			F Global	partielle F								
	Y	X		X	Z1	X.Z1	Z2			X.Z2	\hat{W}	P<W
Fichte 77	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.71	0.69	0.954	0.57
Fichte 78	log(Y)	log(X)	***	***	*	-	-	-	0.89	0.87	0.975	0.90
Fichte 81	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.88	0.87	0.967	0.77
Fichte 77-86	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.88	0.87	0.856	0.02
Tanne vor 77	log(Y)	(X)	**	*	**	-	-	-	0.74	0.67	0.901	0.29
Tanne 77	log(Y)	log(X)	***	***	*	-	-	-	0.74	0.69	0.939	0.41
Tanne 80	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	*	0.76	0.73	0.953	0.55
Tanne 81	log(Y)	(X)	**	**	-	-	-	-	0.56	0.52	0.922	0.27
Tanne 83	log(Y)	(X)	*	*	-	-	-	-	0.39	0.34	0.966	0.75
Tanne 77-86	log(Y)	(X)	***	***	-	**	-	-	0.80	0.76	0.954	0.56
Buche 85	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.73	0.71	0.982	0.96
Buche 77-86	log(Y)	(X)	**	**	***	-	-	-	0.62	0.55	0.924	0.29
Ahorn vor 77	log(Y)	log(X)	**	**	-	-	-	-	0.75	0.72	0.905	0.31
Ahorn 78	log(Y)	log(X)	*	*	-	-	-	-	0.35	0.30	0.977	0.92
Ahorn 80	log(Y)	log(X)	**	**	-	-	-	-	0.50	0.46	0.935	0.38
Ahorn 82	log(Y)	log(X)	**	**	-	-	-	-	0.52	0.49	0.917	0.23
Ahorn 77-86	log(Y)	log(X)	**	**	-	-	-	-	0.47	0.43	0.943	0.44
Summe 77-86	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.63	0.60	0.833	<0.01
Summe vor 77-86	log(Y)	log(X)	**	**	-	-	-	-	0.62	0.57	0.916	0.37

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P<W = P(W<\hat{W})$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 22: Ergebnisse der ausgewählten Modelle

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei $Y =$ durchschnittliches Sproßrockengewicht / Pflanze (mg) $X =$ Altbestandsdichte (BD) $Z1 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun $X.Z1 =$ Wechselwirkung $X.Z1$ $Z2 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung $X.Z2 =$ Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	adjust. Bestimmtheitsmaß	Shapiro-Wilk Test	
			F Global	partielle F							\hat{W}	P<W
	Y	X		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2				
Fichte 77	log(Y)	(X)	***	***	-	***	-	-	0.92	0.91	0.956	0.60
Fichte 78	log(Y)	(X)	***	***	*	-	-	-	0.89	0.87	0.962	0.70
Fichte 81	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.86	0.85	0.937	0.40
Fichte 77-86	log(Y)	log(X)	***	***	**	-	-	-	0.94	0.93	0.942	0.44
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	**	*	**	-	-	-	0.78	0.72	0.900	0.28
Tanne 77	log(Y)	(X)	***	***	*	-	-	-	0.76	0.72	0.958	0.64
Tanne 80	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.66	0.63	0.944	0.45
Tanne 81	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.68	0.66	0.901	0.10
Tanne 83	log(Y)	(X)	**	**	-	-	-	-	0.43	0.39	0.982	0.96
Tanne 77-86	log(Y)	log(X)	***	***	**	**	-	-	0.84	0.79	0.975	0.89
Buche 85	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.75	0.73	0.968	0.79
Buche 77-86	log(Y)	log(X)	**	**	**	-	-	-	0.61	0.54	0.891	0.08
Ahorn vor 77	log(Y)	(X)	**	**	-	-	-	-	0.61	0.56	0.951	0.66
Ahorn 80	log(Y)	(X)	*	*	-	-	-	-	0.38	0.34	0.933	0.36
Ahorn 82	log(Y)	(X)	*	*	-	-	-	-	0.39	0.34	0.901	0.10
Ahorn 77-86	log(Y)	(X)	*	*	-	-	-	-	0.36	0.31	0.891	0.08
Summe 77-86	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.58	0.55	0.840	0.01
Summe vor 77-86	log(Y)	(X)	*	*	-	-	-	-	0.54	0.48	0.940	0.52

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: $W =$ W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P < W = P(W < \hat{W})$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 23: Ergebnisse der ausgewählten Modelle

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

Y= gesamtes Sproßrockengewicht (kg/ha)

X= relative Beleuchtungsstärke in %

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		F-Test und Signifikanzniveau					Bestimmtheitsmaß	adjust. Bestimmtheitsmaß	Shapiro-Wilk Test		
	Y	X	F Global	partielle F						Ŵ	P<W	
				X	Z1	X.Z1	Z2					X.Z2
Fichte 77	log(Y)	log(X)	***	***	**	-	-	-	0.88	0.86	0.933	0.36
Fichte 78	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.87	0.86	0.971	0.83
Fichte 81	log(Y)	log(X)	**	**	-	-	-	-	0.54	0.51	0.961	0.67
Fichte 77-86	log(Y)	log(X)	***	***	**	-	-	-	0.90	0.89	0.957	0.60
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	**	*	**	-	-	-	0.80	0.74	0.856	0.08
Tanne 77	log(Y)	log(X)	***	***	**	-	-	-	0.81	0.78	0.974	0.88
Tanne 80	log(Y)	(X)	***	***	***	-	-	-	0.83	0.80	0.955	0.59
Tanne 81	log(Y)	log(X)	*	*	-	-	-	-	0.30	0.25	0.879	0.05
Tanne 83	log(Y)	log(X)	***	***	*	-	-	-	0.73	0.68	0.992	1.00
Tanne 77-86	log(Y)	(X)	***	***	**	-	-	-	0.81	0.77	0.935	0.38
Buche 85	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.67	0.64	0.952	0.53
Ahorn vor 77	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.82	0.80	0.911	0.34
Ahorn 80	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.81	0.79	0.959	0.65
Ahorn 82	log(Y)	(X)	**	**	-	-	-	-	0.55	0.51	0.980	0.95
Ahorn 77-86	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.72	0.69	0.959	0.65
Summe 77-86	log(Y)	log(X)	***	***	-	-	-	-	0.72	0.70	0.945	0.46
Summe vor 77-86	log(Y)	(X)	**	**	-	-	-	-	0.72	0.69	0.967	0.84

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P<W = P(W<\hat{W})$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 24: Ergebnisse der ausgewählten Modelle

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

Y= gesamtes Sproßtrockengewicht (kg/ha)

X= Altbestandsdichte (BD)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	adjust. Bestimmtheitsmaß	Shapiro-Wilk Test	
	Y	X	F Global	partielle F							Ŵ	P<Ŵ
				X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2				
Fichte 77	log(Y)	(X)	***	***	***	-	-	-	0.94	0.93	0.957	0.61
Fichte 78	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.87	0.86	0.869	0.04
Fichte 81	log(Y)	(X)	***	**	-	*	-	-	0.69	0.64	0.965	0.74
Fichte 77-86	log(Y)	(X)	***	***	***	-	-	-	0.96	0.95	0.957	0.61
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	**	**	**	-	-	-	0.83	0.78	0.894	0.25
Tanne 77	log(Y)	(X)	***	***	***	-	-	-	0.89	0.87	0.979	0.94
Tanne 80	log(Y)	(X)	***	***	***	-	-	-	0.83	0.80	0.937	0.40
Tanne 81	log(Y)	log(X)	**	**	-	-	-	-	0.42	0.37	0.884	0.06
Tanne 83	log(Y)	(X)	***	***	**	-	-	-	0.75	0.71	0.968	0.79
Tanne 77-86	log(Y)	log(X)	***	***	***	-	-	-	0.80	0.77	0.959	0.65
Buche 85	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.78	0.77	0.895	0.09
Ahorn vor 77	log(Y)	(X)	**	**	-	-	-	-	0.73	0.70	0.974	0.92
Ahorn 80	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.84	0.83	0.949	0.49
Ahorn 82	log(Y)	log(X)	**	**	-	-	-	-	0.54	0.50	0.962	0.69
Ahorn 77-86	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.77	0.75	0.942	0.43
Summe 77-86	log(Y)	(X)	***	***	*	-	-	-	0.84	0.82	0.892	0.08
Summe vor 77-86	log(Y)	(X)	***	***	-	-	-	-	0.77	0.74	0.937	0.49

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<Ŵ) wenn die Nullhypothese zutrifft

Die Überschirmung

Als Ausdruck für die Überschirmung bzw. den waldbaulichen Eingriff in den Altbestand dienen die zwei stetigen Variablen relative Beleuchtungsstärke und Altbestandsdichte. Die Sproßtrockengewichte zeigten dabei eine sehr straffe Beziehung zur Überschirmung; bei Zunahme der relativen Beleuchtungsstärke bzw. Abnahme der Altbestandsdichte nehmen die Sproßtrockengewichte der Verjüngungspflanzen zu, und zwar ohne Ausnahme bei allen beteiligten Baumarten. Dies gilt sowohl für das mittlere Sproßtrockengewicht pro Pflanze als auch für die gesamte Trockensubstanz der Sprosse pro Hektar. Dabei ist es wichtig anzumerken, daß auch eine geringe Zunahme in der Belichtung zu einer Steigerung der Sproßtrockengewichte führte. Der Zusammenhang zwischen dem Sproßgewicht und dem Regressor X (r_B oder BD) zeigte, daß entweder der geschätzte Parameter b_1 oder X als Exponent in der Regressionsgleichung war ($\hat{Y} = b_0 X^{b_1}$ oder $\hat{Y} = b_0 b_1^X$).

Der Einfluß der Überschirmung auf die verschiedenen Keimjahrgänge des Ahorns war in einigen Fällen nicht signifikant gesichert. Ein Rückblick auf die nicht ausgewählten Gleichungen und auf die Regressionsmodelle, die eine Verletzung der Modellannahme aufwiesen, zeigt, daß es sich dabei fast ausschließlich um Ahornpflanzen handelt. Wie aus den Tab. 21 - 24 zu entnehmen ist, weisen die Ahorne besonders bei den Durchschnittswerten pro Pflanze niedrige Bestimmtheitsmaße auf. Die zugehörigen graphischen Darstellungen in Abb. 76 - 84 zeigen, mit Ausnahme der Pflanzen, die vor Versuchsbeginn vorhanden waren (Keimjahrgang vor 1977), daß die höchsten mittleren Sproßtrockengewichte/Pflanze nicht auf den stark aufgelichteten Parzellen registriert wurden. Dies gilt auch für die mittleren Sproßtrockengewichte aller Baumarten, wie aus den Abb. 93, 94, 97 und 98 zu entnehmen ist, was auf den hohen Ahornanteil von 56% an der gesamten Zahl der geernteten Pflanzen zurückzuführen ist. Diese beim Ahorn eigentlich überraschenden Ergebnisse sind mit großer Wahrscheinlichkeit auf zweierlei Gründe zurückzuführen: erstens auf die hohen Schäden im Jahre 1986, insbesondere auf den Hagel, der überwiegend die größeren Pflanzen auf den Versuchspartellen beschädigte, wovon am stärksten der Ahorn betroffen war; zweitens auf den Konkurrenzdruck durch Bodenvegetation, die insbesondere auf den starken Schirmhiebparzellen Einfluß auf die Entwicklung derjenigen Jungpflanzen ausübte, die erst ankamen, nachdem sich bereits Bodenvegetation entwickelt hatte. Darauf wird in Kap. 4.221.1 weiter eingegangen.

Die Ergebnisse aus den Tab. 21 - 24 lassen auch erkennen, daß der Zusammenhang zwischen den Sproßtrockengewichten verschieden alter Pflanzen und der Überschirmung signifikant ist. Die jüngeren Pflanzen zeigten eine Reaktion auf die waldbaulichen Eingriffe in den Altbestand, jedoch nicht in demselben Ausmaß wie die älteren Pflanzen. Obwohl die unterschiedlichen Transformationen keine direkten Vergleiche - z.B. bei den geschätzten Parametern - der verschiedenen Keimjahrgänge zuließen, geben jedoch die graphischen Darstellungen eine Vorstellung von der unterschiedlichen Reaktion verschieden alter Pflanzen auf die Überschirmung. Direkte Vergleiche können nur in wenigen Fällen erfolgen, bei denen die gleiche Transformation durchgeführt wurde; die Tanne, Keimjahrgang 77, zeigt z.B. eine stärkere Reaktion auf die Überschirmung als die der Keimjahrgänge 80 und 81, deren Reaktion wiederum stärker ist als bei Tanne, Keimjahrgang 83 (s. dazu Abb. 51, 52, 53 und 66). Darauf wird weiter in Kap. 4.221.1 eingegangen.

Die Zäunung und deren Wechselwirkung mit der Überschirmung

Die Befunde zu diesen Einflußfaktoren können aus den Tab. 21 - 24 entnommen werden. Sie lassen erkennen, daß der Zauneffekt für die zwei Zielgrößen unterschiedlich ist. Das Sproßtrockengewicht/ha umfaßt das Sproßtrockengewicht/Pflanze und die Pflanzendichte. Danach können hier Aussagen über den Einfluß des Verbisses auf die Pflanzendichte gemacht werden; wenn z.B. keine Unterschiede zwischen den durchschnittlichen Sproßtrockengewichten/Pflanze innerhalb und außerhalb der Zäune bestehen, wohl aber in den Sproßtrockengewichten/ha, dann ist dies auf die unterschiedlichen Pflanzendichten innerhalb und außerhalb der Zäune zurückzuführen (Beispiel: Fichte Keimjahrgang 1977). Bei diesem Keimjahrgang ist aber die Wechselwirkung für den Durchschnittswert/Pflanze signifikant, wenn der Regressor BD ist (s. Tab. 22). Das lag an dem außerhalb des Zaunes beobachteten Wert der Parzelle 1.0 (s. Abb. 34), auf der alle Fichten ausfielen und die als einflußreiche Beobachtung identifiziert wurde. Deshalb wurde eine nochmalige Analyse ohne diese Beobachtung durchgeführt. Danach zeigten die Ergebnisse des Reduktionstestes, daß nur die BD signifikant gesichert war und das Bestimmtheitsmaß 0.74 betrug.

Bei der Fichte, Keimjahrgang 1978, ist der Zauneffekt signifikant für die durchschnittlichen Sproßtrockengewicht/Pflanze. Beim Keimjahrgang 1981, wenn $Y = \text{Sproßtrockengewicht/ha}$ und $X = \text{BD}$, ist die Wechselwirkung ($\text{BD} \times \text{Zaun}$) signifikant (s. Tab. 24). Hier führte auch der niedrige Beobachtungswert der Parzelle 1.0 außerhalb des Zaunes zu dieser signifikanten Wechselwirkung; im Gegensatz zum Keimjahrgang 1977 konnte hier keine einflußreiche Beobachtung identifiziert werden. Der ungezäunte Teil der Kontrollparzelle 1.0 liegt in einem Überschirmungsbereich, wo wegen des Lichtmangels nur wenige Fichten Fuß fassen können. Das heißt, der Unterschied auf dieser Parzelle zwischen dem gezäunten und ungezäunten Teil ist nicht nur auf den Zauneffekt, sondern auch auf den Lichtmangel zurückzuführen.

Die Fichte, Keimjahrgänge 1977 - 1986 zeigt für beide Zielgrößen signifikante Unterschiede zwischen den Sproßtrockengewichten innerhalb und außerhalb der Zäune. Dies gilt jedoch nicht, wenn die relative Beleuchtung als unabhängige und das durchschnittliche Sproßgewicht/Pflanze als abhängige Variable definiert wird.

Der dramatische Einfluß des Schalenwildes auf die Entwicklung der Tanne ist sehr deutlich erkennbar. Die Unterschiede in den Sproßtrockengewichten/ha zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen sind für alle Keimjahrgänge, ausgenommen des Keimjahrganges 81, signifikant (Tab. 23 - 24 und Abb. 54 - 61, 64, 65, 68, 69). Auch die durchschnittlichen Sproßtrockengewichte/Pflanze zeigen den gleichen Trend, jedoch waren die Unterschiede bei den Keimjahrgängen 80 und 83 nicht gesichert. Das bedeutet, daß für diese zwei Keimjahrgänge die Unterschiede zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen in erster Linie auf die Pflanzenzahl zurückzuführen sind. Dabei ist die Reduzierung der Pflanzenzahl außerhalb der Zäune durch den Verbiß verursacht worden.

Für das durchschnittliche Sproßtrockengewicht aller Tannen der Keimjahrgänge 1977 - 1986 ist die Wechselwirkung signifikant; mit Abnahme der Überschirmung nehmen die Unterschiede im durchschnittlichen Sproßtrockengewicht/Pflanze zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen zu (s. Abb. 63 und 67), das heißt, auf den gezäunten Parzellen ist der Überschirmungseffekt sehr deutlich ausgeprägt (der Wert der Parzelle 2.2 von 99 g beträgt das 14-fache der Parzelle 1.0 von 7 g), während auf den ungezäunten Parzellen dies zwar immer noch erkennbar war, aber bei weitem nicht so deutlich (der Wert der Parzelle 2.2 von 15 g beträgt nur ca. das 4-fache der Parzelle 1.0 von 4 g).

Die Tab. 25 - 28 zeigen die Bestimmtheitsmaße der einzelnen Schritte des Reduktionstestes, wenn mehr als eine erklärende Variable in die ausgewählten Modelle aufgenommen wurde. Der Einfluß der Zäunung auf die Sproßtrockengewichte der Tanne kommt hier deutlich zum Ausdruck. Die Bestimmtheitsmaße wurden bis teilweise 0.40 erhöht, wenn die Dummy-Variable Z1 (mit der Kodierung 0 = im Zaun und 1 = außer Zaun) als zweite Variable in die Regressionsmodelle aufgenommen wurde.

Außerdem zeigen die Tab. 25 - 28, daß die Überschilderung (ausgedrückt in dem Regressor rB oder BD) der entscheidende Einflußfaktor zur Erklärung der Variabilität in den Sproßtrockengewichten ist. Tannen die vor Versuchsbeginn vorhanden waren (Keimjahrgang vor 1977) zeigen aber, daß der Zauneffekt der entscheidende Faktor war; die Dummy-Variable Z1 wurde hier als erste erklärende Variable in die Regressionsmodelle aufgenommen. Ebenso wurde für die durchschnittlichen Sproßtrockengewichte der Buche Keimjahrgang 1977 - 1986 verfahren; die Abb. 71 und 74 zeigen jedoch, daß die Unterschiede zwischen der gezäunten und ungezäunten Teilparzelle nicht so deutlich ausgeprägt sind wie bei der Tanne vor 1977. An der Summe der Keimjahrgänge der Buche 1977 - 1986 waren nur zwei Keimjahrgänge (1978, 1985) vertreten, wobei der Keimjahrgang 1978 sehr stark von den Mäuseschäden in diesem Jahr beeinflußt war, so daß hier möglicherweise ein verzerrtes Bild von der Reaktion auf die Einflußfaktoren besteht.

Die Ahornpflanzen waren sehr stark von den hohen Schäden im Jahre 1986, insbesondere dem Hagelschaden, beeinflußt, so daß sogar die Unterschiede zwischen den gezäunten und ungezäunten Parzellen weitgehend verwischt werden. Aufgrund der hohen Beteiligung der Ahorne an der gesamten Anzahl aller Baumarten konnte deshalb auch bei den Summen aller Baumarten der Zauneffekt nicht für gesichert erklärt werden. Lediglich bei den Sproßtrockengewichten/ha der Keimjahrgänge 1977 - 1986, wenn der Regressor BD ist, zeigten die gezäunten Teilparzellen einen signifikanten Unterschied zu den ungezäunten (s. Abb. 99).

Insgesamt kann gesagt werden, daß die Verbißwirkung an den beteiligten Baumarten erkennbar ist. Beim Ahorn konnte dies jedoch aufgrund des hohen Hagelschadens nicht statistisch gesichert werden. Die Tanne ist am stärksten von den Verbißschäden betroffen. Sogar Pflanzen mit wenigen Zentimetern Höhe (kleiner

Tab. 25: Bestimmtheitsmaße der einzelnen Schritte des Reduktionstestes (zum 5 % Niveau) für die ausgewählten Modelle mit mehr als einem Regressor

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

$Y =$ durchschnittliches Sproßrockengewicht / Pflanze (mg)

$X =$ relative Beleuchtungsstärke in %

$Z1 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

$X.Z1 =$ Wechselwirkung $X.Z1$

$Z2 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

$X.Z2 =$ Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		SCHRITT 1		SCHRITT 2		SCHRITT 3	
	Y	X	Variable	Bestimmtheitsmaß	Variable	Bestimmtheitsmaß	Variable	Bestimmtheitsmaß
Fichte 78	log(Y)	log(X)	X	0.84	Z1 X	0.89		
Tanne vor 77	log(Y)	(X)	Z1	0.48	X Z1	0.74		
Tanne 77	log(Y)	log(X)	X	0.58	Z1 X	0.74		
Tanne 80	log(Y)	log(X)	X	0.65	X.Z2 X	0.76		
Tanne 77-86	log(Y)	(X)	X	0.62	X.Z1 X	0.80		
Buche 77-86	log(Y)	(X)	Z1	0.32	X Z1	0.62		

Tab. 26: Bestimmtheitsmaße der einzelnen Schritte des Reduktionstestes (zum 5 % Niveau) für die ausgewählten Modelle mit mehr als einem Regressor

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

$Y =$ durchschnittliches Sproßrockengewicht / Pflanze (mg)

$X =$ Altbestandsdichte (BD)

$Z1 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

$X.Z1 =$ Wechselwirkung $X.Z1$

$Z2 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

$X.Z2 =$ Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		SCHRITT 1		SCHRITT 2		SCHRITT 3	
	Y	X	Variable	Bestimmtheitsmaß	Variable	Bestimmtheitsmaß	Variable	Bestimmtheitsmaß
Fichte 77	log(Y)	(X)	X	0.77	X.Z1 X	0.92		
Fichte 78	log(Y)	(X)	X	0.84	Z1 X	0.89		
Fichte 77-86	log(Y)	log(X)	X	0.88	Z1 X	0.94		
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	Z1	0.47	X Z1	0.78		
Tanne 77	log(Y)	(X)	X	0.58	Z1 X	0.76		
Tanne 77-86	log(Y)	log(X)	X	0.49	Z1 X	0.69	X.Z1 X.Z1	0.84
Buche 77-86	log(Y)	log(X)	Z1	0.31	X Z1	0.61		

Tab. 27 : Bestimmtheitsmaße der einzelnen Schritte des Reduktionstestes (zum 5 % Niveau) für die ausgewählten Modelle mit mehr als einem Regressor

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

$Y =$ gesamtes Sproßstrockengewicht (kg/ha)

$X =$ relative Beleuchtungsstärke in %

$Z1 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

$X.Z1 =$ Wechselwirkung $X.Z1$

$Z2 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

$X.Z2 =$ Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		SCHRITT 1		SCHRITT 2		SCHRITT 3	
	Y	X	Variable	Bestimmtheitsmaß	Variable	Bestimmtheitsmaß	Variable	Bestimmtheitsmaß
Fichte 77	log(Y)	Log(X)	X	0.73	Z1 X	0.88		
Fichte 77-86	log(Y)	log(X)	X	0.81	Z1 X	0.90		
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	Z1	0.54	X Z1	0.80		
Tanne 77	log(Y)	log(X)	X	0.57	Z1 X	0.81		
Tanne 80	log(Y)	(X)	X	0.45	Z1 X	0.83		
Tanne 83	log(Y)	log(X)	X	0.55	Z1 X	0.73		
Tanne 77-86	log(Y)	(X)	X	0.52	Z1 X	0.81		

Tab. 28: Bestimmtheitsmaße der einzelnen Schritte des Reduktionstestes (zum 5 % Niveau) für die ausgewählten Modelle mit mehr als einem Regressor

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

$Y =$ gesamtes Sproßstrockengewicht (kg/ha)

$X =$ Altbestandsdichte (BD)

$Z1 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

$X.Z1 =$ Wechselwirkung $X.Z1$

$Z2 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

$X.Z2 =$ Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		SCHRITT 1		SCHRITT 2		SCHRITT 3	
	Y	X	Variable	Bestimmtheitsmaß	Variable	Bestimmtheitsmaß	Variable	Bestimmtheitsmaß
Fichte 77	log(Y)	(X)	X	0.78	Z1 X	0.94		
Fichte 81	log(Y)	(X)	X	0.53	X.Z1 X	0.69		
Fichte 77-86	log(Y)	(X)	X	0.85	Z1 X	0.96		
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	Z1	0.54	X Z1	0.83		
Tanne 77	log(Y)	(X)	X	0.63	Z1 X	0.89		
Tanne 80	log(Y)	(X)	X	0.47	Z1 X	0.83		
Tanne 83	log(Y)	(X)	X	0.55	Z1 X	0.75		
Tanne 77-86	log(Y)	log(X)	X	0.45	Z1 X	0.80		
Summe 77-86	log(Y)	(X)	X	0.77	Z1 X	0.84		

als 10 cm), wie bei den Keimjahrgängen 1980 und 1983, ist die Verbißwirkung deutlich zu erkennen. Auf den Einfluß des Zaun-
schutzes auf die Verjüngungspflanzen wird weiter in Kap. 4.22
eingegangen.

Die Bodenbearbeitung und deren Wechselwirkung mit der Über- schirmung

Hier waren die Ergebnisse aller Baumarten und Keimjahrgänge
einheitlich. Die bei Versuchsbeginn durchgeführte Bodenbearbei-
tung zeigte nach zehn Jahren keinen Einfluß auf die Sproßtrock-
kengewichte, gleichgültig ob es sich um die Mittelwerte/Pflanze
oder um die Summen/Hektar handelte. Auch bei der Tanne, Keim-
jahrgang 1980 war dies der Fall, obwohl die Wechselwirkung "re-
lative Beleuchtungsstärke x Bodenbearbeitung" für das durch-
schnittliche Sproßtrockengewicht/Pflanze signifikant war (s.
Tab. 21). Bei der Betrachtung der Beobachtungswerte der Tanne
80 (Abb. 48) läßt sich erkennen, daß der ermittelte Wert auf
dem bodenbearbeiteten Teil der Parzelle 1.2 sehr stark von den
anderen Parzellenwerten abweicht, er wurde auch als einfluß-
reiche Beobachtung identifiziert. Wurde dieser Wert aus der
mehrfachen Regressionsanalyse herausgenommen, dann zeigte der
Reduktionstest, daß nur die relative Beleuchtung, nicht aber
die Wechselwirkung signifikant war, wobei das Bestimmtheitsmaß
0.77 betrug.

4.212.3 Vergleich der relativen Beleuchtungsstärke (rB) und der Altbestandsdichte (BD)

Die Ergebnisse der Sproßtrockengewichte in Abhängigkeit von der
relativen Beleuchtungsstärke und der Altbestandsdichte wurden
bereits graphisch (Abb. 30 - 100) und tabellarisch (Tab. 21 -
28) präsentiert. Sie werden hier in Tab. 29 zusammengefaßt.
Daraus ist ersichtlich, daß die regressionsanalytischen Berech-
nungen mit rB bzw. BD, mit wenigen Ausnahmen, die gleichen Er-
gebnisse erbrachten.

Tab. 29: Vergleich der Ergebnisse der ausgewählten Modelle zwischen der rel. Beleuchtungsstärke (rB) und der Altbestandsdichte (BD)

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

Y= entweder log (durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze) oder log (Sproßtrockengewicht/ha)

X= entweder relative Beleuchtungsstärke (rB) oder Altbestandsdichte (BD)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

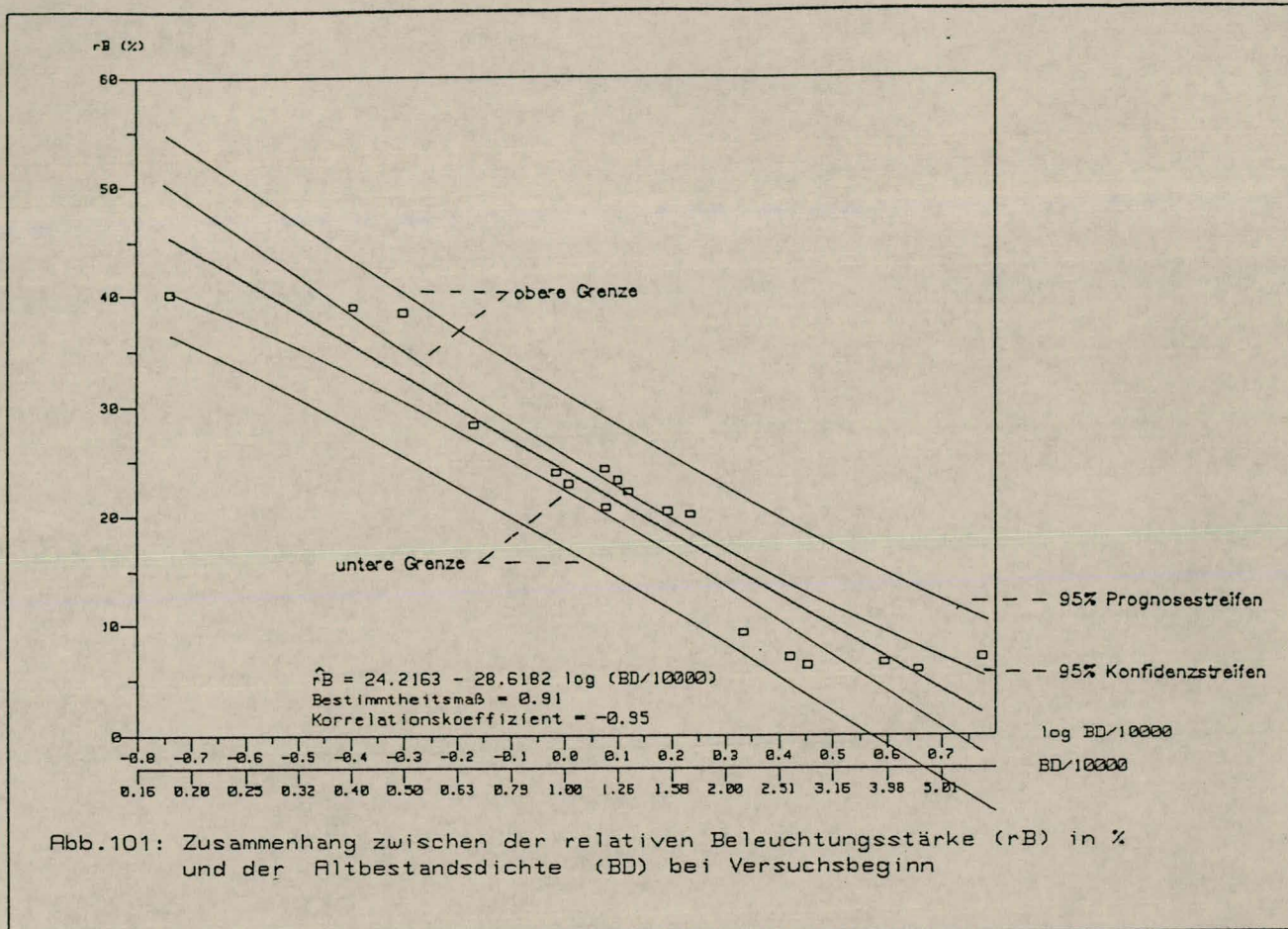
X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	durchschnittliches Sproßtrockengewicht / Pflanze											Sproßtrockengewicht / ha												
	relative Beleuchtungsstärke (rB)						Altbestandsdichte (BD)					rel. Beleuchtung. (rB)				Altbestandsdichte (BD)								
	Trans- form. X= rB	F Global	partielle F				adj. r ²	Trans- form. X= BD	F Global	partielle F			adj. r ²	Trans- form. X= rB	F Global	part. F		adj. r ²	Trans- form. X= BD	F Global	partielle F			adj. r ²
			X	Z1	X.Z1	X.Z2				X	Z1	X.Z1				X	Z1				X	Z1	X.Z1	
Fichte 77	Log(X)	***	***	-	-	-	0.69	(X)	***	***	-	***	0.91	Log(X)	***	***	**	0.86	(X)	***	***	***	-	0.93
Fichte 78	log(X)	***	***	*	-	-	0.87	(X)	***	***	*	-	0.87	log(X)	***	***	-	0.86	(X)	***	***	-	-	0.86
Fichte 81	(X)	***	***	-	-	-	0.87	log(X)	***	***	-	-	0.85	log(X)	**	**	-	0.51	(X)	***	**	-	*	0.64
Fichte 77-86	(X)	***	***	-	-	-	0.87	log(X)	***	***	**	-	0.93	log(X)	***	***	**	0.89	(X)	***	***	***	-	0.95
Tanne vor 77	(X)	**	*	**	-	-	0.67	log(X)	**	*	**	-	0.72	log(X)	**	*	**	0.74	log(X)	**	**	**	-	0.78
Tanne 77	log(X)	***	***	*	-	-	0.69	(X)	***	***	*	-	0.72	log(X)	***	***	**	0.78	(X)	***	***	***	-	0.87
Tanne 80	log(X)	***	***	-	-	*	0.73	(X)	***	***	-	-	0.63	(X)	***	***	***	0.80	(X)	***	***	***	-	0.80
Tanne 81	(X)	**	**	-	-	-	0.52	(X)	***	***	-	-	0.66	log(X)	*	*	-	0.25	log(X)	**	**	-	-	0.37
Tanne 83	(X)	*	*	-	-	-	0.34	(X)	**	**	-	-	0.39	log(X)	***	***	*	0.68	(X)	***	***	**	-	0.71
Tanne 77-86	(X)	***	***	-	**	-	0.76	log(X)	***	***	**	**	0.79	(X)	***	***	**	0.77	log(X)	***	***	***	-	0.77
Buche 85	log(X)	***	***	-	-	-	0.71	(X)	***	***	-	-	0.73	(X)	***	***	-	0.64	(X)	***	***	-	-	0.77
Buche 77-86	(X)	**	**	***	-	-	0.55	log(X)	**	**	**	-	0.54		-					-				
Ahorn vor 77	log(X)	**	**	-	-	-	0.72	(X)	**	**	-	-	0.56	log(X)	***	***	-	0.80	(X)	**	**	-	-	0.70
Ahorn 78	log(X)	*	*	-	-	-	0.30		-						-					-				
Ahorn 80	log(X)	**	**	-	-	-	0.46	(X)	*	*	-	-	0.34	log(X)	***	***	-	0.79	(X)	***	***	-	-	0.83
Ahorn 82	log(X)	**	**	-	-	-	0.49	(X)	*	*	-	-	0.34	(X)	**	**	-	0.51	log(X)	**	**	-	-	0.50
Ahorn 85		-							-						-					-				
Ahorn 77-86	log(X)	**	**	-	-	-	0.43	(X)	*	*	-	-	0.31	log(X)	***	***	-	0.69	(X)	***	***	-	-	0.75
Summe 77-86	log(X)	***	***	-	-	-	0.60	(X)	***	***	-	-	0.55	log(X)	***	***	-	0.70	(X)	***	***	*	-	0.82
Summe vor 77-86	log(X)	**	**	-	-	-	0.57	(X)	*	*	-	-	0.48	(X)	**	**	-	0.69	(X)	***	***	-	-	0.74

Signifikanzniveau bei Irrtumswahrscheinlichkeit von: 0.001= ***, 0.01= **, 0.05= *; nicht signifikant= -



Die folgenden Vergleiche werden ohne die Regressionsmodelle, die eine Abweichung von den Modellannahmen zeigten (durchschnittliches Sproßtrockengewicht des Ahornes Keimjahrgang 78, 80, 82 sowie der Σ 77 - 86), dargestellt:

- Für alle Baumarten und Keimjahrgänge sind die Befunde identisch, wenn die beiden stetigen Variablen als Ausdruck für den waldbaulichen Eingriff in den Altbestand bzw. für die Überschildung betrachtet werden. Es bestand immer ein Zusammenhang zwischen den Sproßgewichten und den beiden Größen.

- Im Hinblick auf die erklärenden Variablen, die bei einer vorgegebenen Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05 in den Regressionsgleichungen beibehalten wurden, sind mit Ausnahme von wenigen Fällen keine Unterschiede vorhanden (s. Tab. 29), wenn der Regressor (X) rB oder BD ist.

- Der Tab. 29 kann auch entnommen werden, daß insgesamt kaum ein Unterschied in den adjustierten Bestimmtheitsmaßen zwischen den Regressionsmodellen bestand, wenn der Regressand das durchschnittliche Sproßtrockengewicht/Pflanze war. Beim Sproßtrockengewicht/ha aber sind die Bestimmtheitsmaße in den meisten Fällen dann höher, in den Gleichungen mit der Altbestandsdichte als unabhängige Variable.

- Im Hinblick auf die Regressanden stellte sich die logarithmische Transformation als am besten geeignet heraus. Dies galt bei allen ausgewählten Modellen, gleichgültig ob der Regressor X die relative Beleuchtungsstärke oder die Altbestandsdichte war. Falls $X = rB$ ist sind die Regressionsfunktionen in den meisten Fällen $\hat{Y} = b_0 b_1^x$, während für $X = BD$ meist $\hat{Y} = b_0 X^{b_1}$ gilt, wobei Y eine der beiden Regressanden ist.

Diese fast einheitlichen Ergebnisse sind nicht verwunderlich aufgrund der sehr straffen Beziehung (Korrelationskoeffizient = - 0.95) zwischen der Altbestandsdichte und der relativen Beleuchtungsstärke, wie aus Abb. 101 zu entnehmen ist.

Es kann festgehalten werden, daß bei ähnlichen mehrschichtigen Beständen, wie das bei den untersuchten Parzellen der Fall ist, nicht nur die relative Beleuchtungsstärke als Ausdruck für die Überschildung betrachtet werden kann, sondern auch die Altbestandsdichte.

Außerdem können die beiden Größen zur Erklärung der Variabilität von Variablen dienen, die als Kriterien für die Entwicklung von Verjüngungspflanzen herangezogen werden.

4.22 Deskriptive Darstellung der Sproßtrockengewichte nach Versuchspartzen

Im vorhergehenden Abschnitt konnte mit Hilfe regressionsanalytischer Ansätze der Zusammenhang zwischen den untersuchten Einflußfaktoren und den Sproßtrockengewichten überprüft werden. Darüber hinaus ist für eine waldbauliche Interpretation der Befunde auch eine Betrachtung der einzelnen Partzen von Interesse. Deshalb werden im folgenden die Sproßtrockengewichte nach Versuchspartzen aufgeschlüsselt wiedergegeben. Dabei werden die Befunde der zwei Teilpartzen innerhalb des Zaunes zusammengefaßt, da sich der Bodenbearbeitungseffekt als nicht signifikant erwiesen hat. Mit aufgenommen werden die Ergebnisse der sehr dicht überschirmten Partze 2.0, die zuvor wegen der in Kap. 4.211 genannten Gründe aus den Regressionsmodellen herausgenommen wurde.

4.221 Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze

4.221.1 Vergleich der Keimjahrgänge

Die unterschiedlichen Reaktionen der verschieden alten Verjüngungspflanzen auf die verschiedenen waldbaulichen Maßnahmen konnten durch die Vorgehensweise bei den regressionsanalytischen Berechnungen nicht immer verglichen werden, da die Transformationen, die zur Auswahl der "besten" Regressionsgleichungen notwendig waren, nicht einheitlich durchgeführt wurden.

Im folgenden werden die Reaktionen der verschiedenen Keimjahrgänge der Baumarten Fichte, Tanne und Ahorn verglichen. Bei der Buche, die im Untersuchungszeitraum nur zweimal (1978 und 1985) keimfähige Bucheckern hervorbrachte, waren keine Vergleiche möglich, da die Eckern und Keimlinge des Jahrganges 1978 durch Mäuse fast vollständig vernichtet wurden (BÄUMLER und HOHENADL, 1980; HOHENADL, 1981).

Die Fichte

Die durchschnittlichen Sproßtrockengewichte pro Pflanze für die verschiedenen Keimjahrgänge der Fichte sind in Abb. 102 und 103 dargestellt. Aus deren Betrachtung lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

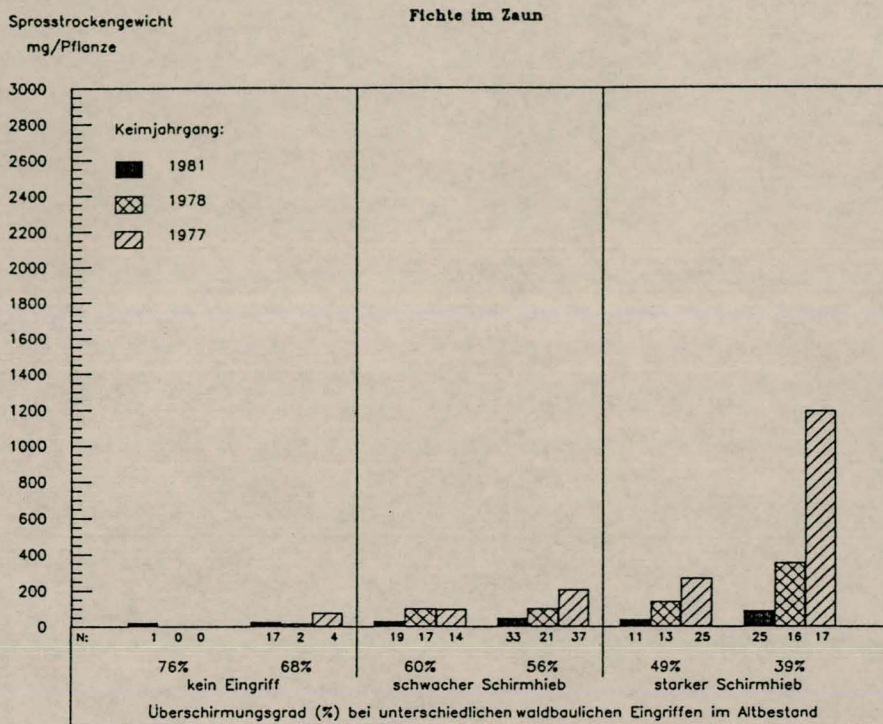


Abb. 102: Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Fichten auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986 (N= Anzahl der Pflanzen aus 16 m²)

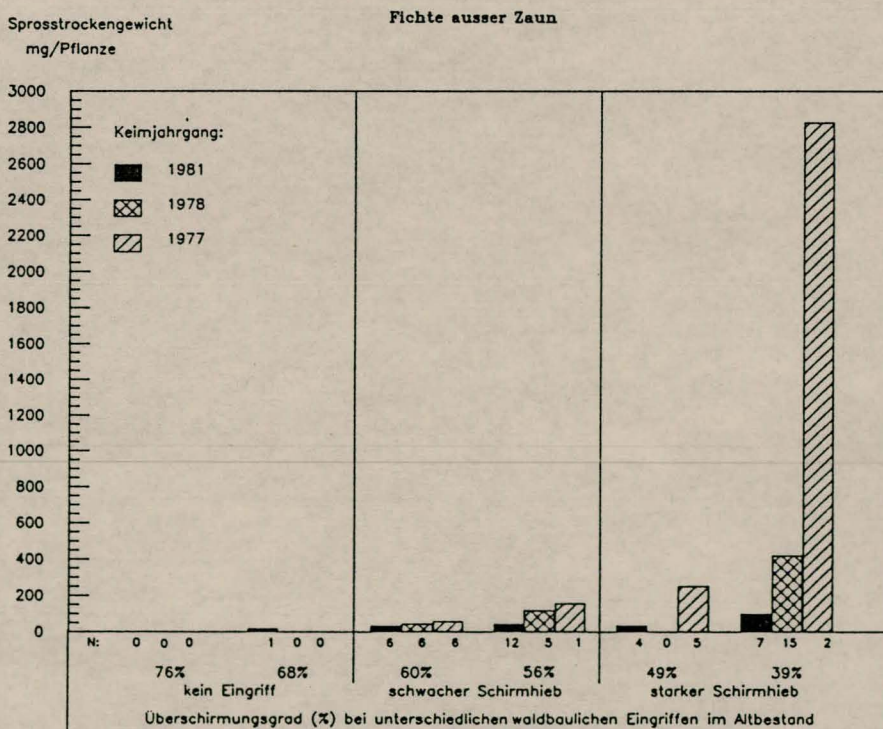


Abb. 103: Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Fichten auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986 (N= Anzahl der Pflanzen aus 8 m²)

Die drei Keimjahrgänge (1977, 1978, 1981) zeigten entsprechend der waldbaulichen Behandlung in den Altbeständen eine deutliche Reaktion. Die höchsten mittleren Sproßtrockengewichte wurden auf den starken Schirmhiebparzellen ermittelt, die niedrigsten Werte auf den Kontrollparzellen, wobei auf der sehr dicht überschirmten Parzelle 2.0 (76% Überschirmung) aufgrund des Lichtmangels fast nur Nullwerte auftraten. Wie sich die einzelnen Parzellen nach dem Lichtangebot unterscheiden, ist am Beispiel der Fichte 1977 im Zaun am deutlichsten zu erkennen: während bei 68% Überschirmung das durchschnittliche Sproßtrockengewicht/Pflanze nur 8 g ausmacht, beträgt es bei 56% Überschirmung fast das 3-fache (21 g) und sogar das 15-fache (120 g) bei 39% Überschirmung.

Eine Differenzierung des mittleren Sproßtrockengewichtes der verschieden alten Fichten ist gut ablesbar; dies gilt sowohl für die gezäunten als auch für die ungezäunten Parzellen. Insgesamt zeigt der Keimjahrgang 1977 höhere Werte als der von 1978 und der wiederum höhere als der Keimjahrgang 1981.

Auf die Öffnung des Altholzkronendaches zeigten die verschieden alten Fichten unterschiedliches Verhalten. Dabei ist die Reaktion der Fichte Keimjahrgang 1977 auf die Überschirmung deutlich stärker als die der jüngeren Keimjahrgänge. Besonders ausgeprägt ist diese Differenzierung auf der Parzelle mit 39% Überschirmung, auf der auch der höchste Bedeckungsgrad der Bodenvegetation von über 50% registriert wurde. Die Auflichtung des Kronendaches wirkt entscheidend auf die Dichte der Bodenvegetation (s. Tab. 10 in Kap. 2.7), die ihrerseits eine starke Konkurrenz für die Jungpflanzen darstellt und einen hemmenden Einfluß auf deren Entwicklung ausübt. Aus der Abb. 102 läßt sich erkennen, daß die Unterschiede zwischen den Keimjahrgängen 1977 und 1978 nicht nur aufgrund des unterschiedlichen Wachstumsverhaltens verschieden alter Fichten, sondern mit großer Wahrscheinlichkeit auf den Einfluß der Bodenvegetation zurückzuführen sind. Denn es ist nicht zu erwarten, daß die Fichten 1978 nach einer Vegetationsperiode ihr Sproßtrockengewicht von 36 g um mehr als das Dreifache steigern können, um das Gewicht der ein Jahr älteren Pflanzen (120 g) zu erreichen.

Der Einfluß des Zaunschutzes ist bei allen Keimjahrgängen und auf allen Versuchspartzen mit Ausnahme der starken Schirmhiebparzelle mit 39% Überschirmung erkennbar. Die durchschnittlichen Sproßtrockengewichte/Pflanze sind außerhalb niedriger als innerhalb der Zäune.

Die Tanne

Im Hinblick auf den Einfluß der Überschirmung reagiert die Tanne ähnlich wie die Fichte; unterschiedlich ist die Reaktion auf den Zaunschutz. Im Einzelnen können folgende Befunde aus den Abb. 104 und 105 entnommen werden:

Wie bei der Fichte sind auch bei der Tanne die höchsten mittleren Sproßtrockengewichte auf den starken Schirmhiebparzellen ermittelt worden, die niedrigsten auf den Kontrollparzellen. Auch die Tanne hat auf der dicht überschirmten Kontrollparzelle 2.0 Schwierigkeiten, sich überhaupt zu etablieren. Die Abhängigkeit der durchschnittlichen Sproßtrockengewichte vom Überschirmungsgrad ist am Beispiel des Keimjahrganges 1977 auf den gezäunten Parzellen erkennbar: auf der Kontrollparzelle mit 68% Überschirmung wurde ein Durchschnittswert von 18 g ermittelt, während fast das 2-fache (32 g) bei 56% Überschirmung und immerhin das 12-fache (208 g) bei 39% Überschirmung festgestellt wurden.

Eine Differenzierung des mittleren Sproßtrockengewichtes der verschieden alten Tannen ist nur auf den gezäunten Parzellen deutlich zu erkennen.

Die unterschiedlichen Reaktionen der verschiedenen Keimjahrgänge auf den veränderten Zustand des Altbestandes sind wie bei der Fichte mit großer Wahrscheinlichkeit auf den hemmenden Einfluß der Bodenvegetation zurückzuführen. Das Verhalten der Keimjahrgänge vor 1977 ist ähnlich dem Keimjahrgang 1977, dagegen zeigen die jüngeren Tannen eine geminderte Reaktion. Wie auch bei der Fichte wird dies erst auf der Parzelle mit dem niedrigsten Überschirmungsgrad von 39% deutlich (Abb. 104). Auf der Parzelle mit 49% Überschirmung erreichte der Keimjahrgang 1980 76% des Gewichtes des Keimjahrganges 1977, während sich bei 39% Überschirmung nur 14% ergaben. Sogar das durchschnittliche Sproßtrockengewicht des Keimjahrganges 1980 war bei 49% Überschirmung höher als bei 39%. Es deutet alles darauf hin, daß auf der stark aufgelichteten Parzelle mit 39% Überschirmung nur die Pflanzen heftig auf die Belichtung reagiert haben, die bereits vorhanden waren, bevor sich die Bodenvegetation entwickelte.

Auf den ungezäunten Teilparzellen verwischt der Einfluß des Schalenwildes weitgehend den Überschirmungseffekt. Dort betrug das höchste durchschnittliche Sproßtrockengewicht/Pflanze nur 39 g, während auf den gezäunten Teilparzellen über das 7-fache des Gewichtes, nämlich 278 g, erreicht wurde.

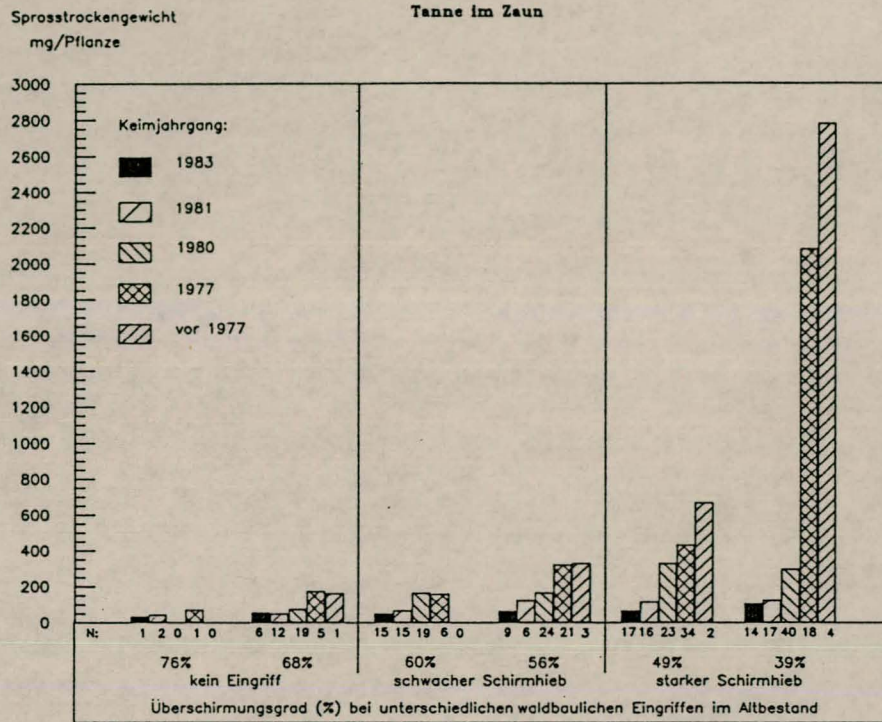


Abb.104 : Durchschnittliches Sproßrockgewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Tannen auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986
(N= Anzahl der Pflanzen aus 16 m², für die Keimjahrgänge vor 1977 wurde N aus 8 m² ermittelt)

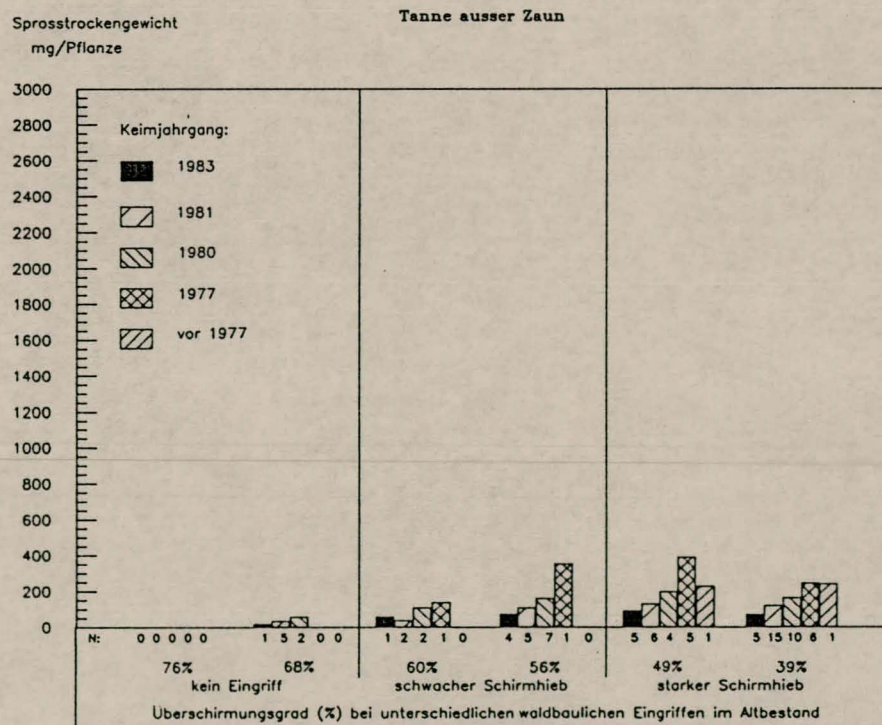


Abb.105 : Durchschnittliches Sproßrockgewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Tannen auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986
(N= Anzahl der Pflanzen aus 8 m²)

Der Ahorn

Obwohl am Altbestand mit nur 0 - 10% der Bestandesgrundfläche beteiligt, (Tab. 5), überwog der verjüngungskräftige Ahorn (höhere Keimerfolge und Überlebensraten) in der Verjüngung. Als lichtbedürftige Baumart reagierte er entsprechend auf die eingestellte Überschirmungssituation. Allerdings sind zahlreiche Ahornpflanzen vor allem durch Hagel aber auch durch Mäusefraß im Jahre 1986 geschädigt worden. Diese Schäden haben sich neben den untersuchten Einflußfaktoren auf die mittleren Sproßtrockengewichte der verschiedenen Keimjahrgänge des Ahorns stark ausgewirkt, was bei der Betrachtung der dargestellten Befunde berücksichtigt wird. Aus den Abb. 106 und 107 sind folgende Schlüsse zu ziehen:

Die Wirkung der waldbaulichen Eingriffe in die Altbestände auf die verschieden alten Ahornpflanzen ist zwar ersichtlich, jedoch ist keine eindeutige Differenzierung der durchschnittlichen Sproßtrockengewichte nach dem Überschirmungsgrad, wie bei Fichte und Tanne, zu erkennen. Die höchsten Werte der verschiedenen Keimjahrgänge wurden nicht immer auf den starken Schirmhiebparzellen registriert; allerdings waren die Pflanzen auf den behandelten Parzellen immer schwerer als auf den Kontrollparzellen. Beispielsweise erreichten die Durchschnittswerte der Pflanzen, die vor Versuchsbeginn vorhanden waren (Keimjahrgänge vor 1977), innerhalb des Zaunes der Kontrollparzelle (68% Überschirmung) 13 g Sproßtrockengewicht, bei 56% Überschirmung das 9-fache (119 g) und bei 39% Überschirmung sogar das 24-fache (318 g). Beim Keimjahrgang 1978 sind die Unterschiede nicht so deutlich, die Durchschnittswerte bei 56% und 39% Überschirmung sind fast gleich, jedoch sind bei 39% Überschirmung die Pflanzen um das 8-fache schwerer als auf der Kontrollparzelle mit 68% Überschirmung. Interessanterweise sind die wenigen Pflanzen, die auf der sehr dicht überschirmten Parzelle (76% Überschirmung) Fuß fassen konnten, in ihrem mittleren Sproßtrockengewicht schwerer als die Pflanzen auf der Parzelle mit 68% Überschirmung.

Wie auch bei Fichte und Tanne ist eine Differenzierung der mittleren Sproßtrockengewichte der Ahornpflanzen nach den verschiedenen Keimungsjahren erkennbar. Das gilt sowohl innerhalb als auch außerhalb des Zaunes.

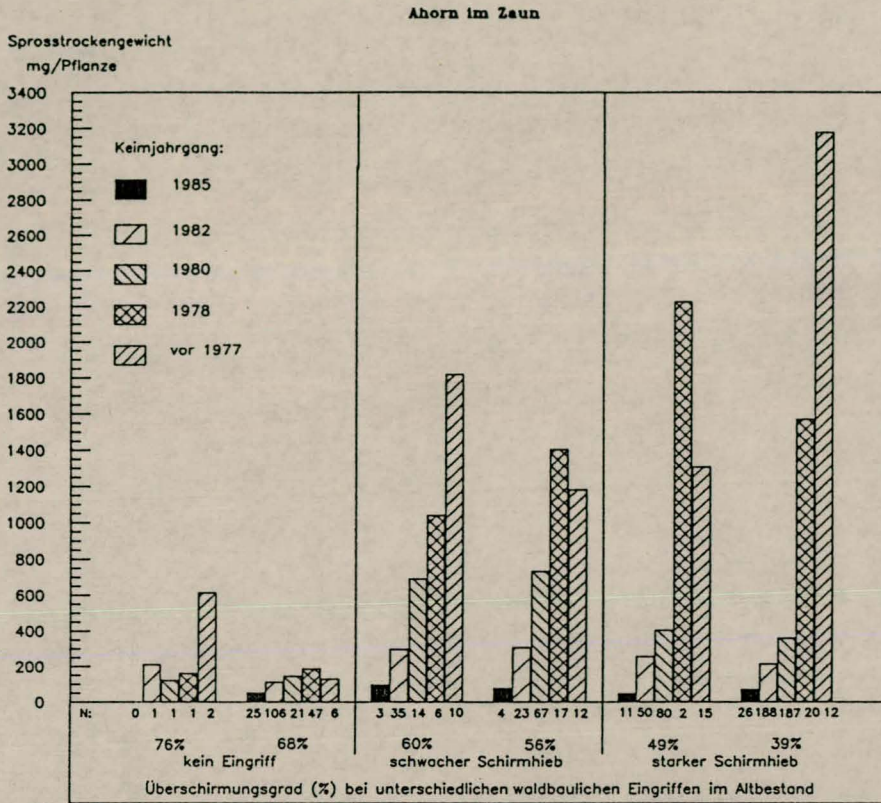


Abb. 106 : Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Ahorne auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986
 (N= Anzahl der Pflanzen aus 16 m², für die Keimjahrgänge vor 1977 wurde N aus 8 m² ermittelt)

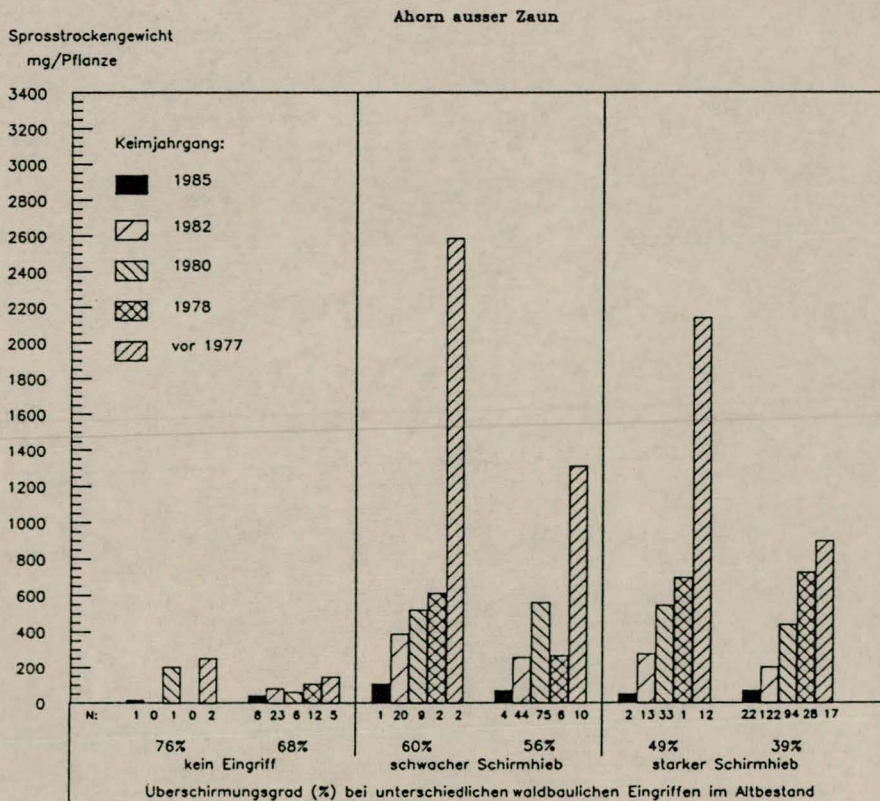


Abb. 107 : Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Ahorne auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986
 (N= Anzahl der Pflanzen aus 8 m²)

Beim lichtbedürftigen Ahorn kommt die unterschiedliche Reaktion der verschiedenen Keimjahrgänge auf die Überschirmung sehr deutlich zum Ausdruck. Dies ist wie bei Fichte und Tanne auf der stark aufgelichteten Parzelle mit 39% Überschirmung ausgeprägt. Das durchschnittliche Sproßtrockengewicht des Keimjahrganges 1978 ist bei 39% Überschirmung niedriger als bei 49% und fast gleich zu dem bei 56% Überschirmung (s. Abb. 106). Für die spät angekommenen Pflanzen ist sogar eine gehemmte Reaktion bei 49% Überschirmung ersichtlich. Aus der Abb. 106 ist zu entnehmen, daß auf den schwachen Schirmhiebparzellen die Pflanzen der Keimjahrgänge 1980, 1982 und 1985 schwerer sind als auf den starken Schirmhiebparzellen. Diese Reaktion der jüngeren Ahorne auf den starken Schirmhiebparzellen ist wie bei Fichte und Tanne höchstwahrscheinlich auf den Konkurrenzdruck durch die Bodenvegetation aber möglicherweise auch durch die älteren Pflanzen zurückzuführen.

Der Einfluß des Zaunschutzes ist deutlich, jedoch nicht so ausgeprägt wie bei der Tanne. Dabei ist allerdings zu bemerken, daß hier nicht nur die Schäden durch Wild-Weideverbiß einen Einfluß auf die dargestellten Befunde haben, sondern u.a. auch der Hagel im Jahre 1986, der vor allem die größeren Ahorne auf den Versuchspartellen beschädigte, wovon auch zahlreiche Pflanzen innerhalb des Zaunes betroffen waren. Für die Ahornpflanzen, die vor Versuchsbeginn vorhanden waren (Keimjahrgänge vor 1977), gilt es zusätzlich zu bedenken, daß diese Pflanzen zum größten Teil mit unterschiedlicher Intensität bereits verbissen waren, so daß dadurch der Einfluß des Zaunschutzes auf diese Keimjahrgänge nicht genau quantifiziert werden konnte.

4.221.2 Vergleich der Baumarten

Tab. 30 und 31 zeigen das durchschnittliche Sproßtrockengewicht gleichaltriger Baumarten auf den gezäunten und ungezäunten Partellen. Auf allen Überschirmungsvarianten ist die Buche in der frühen Phase der Verjüngung schwerer als der Ahorn, der Ahorn schwerer als die Tanne und die Tanne schwerer als die Fichte. Diese Vergleiche sind jedoch dadurch erschwert, daß es keine Jahre gab, in denen alle Baumarten fruktifiziert haben. Deshalb beschränken sich diese Befunde auf die angegebenen Keimjahrgänge.

b. 30: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze (mg) gleichaltriger Pflanzen auf den gezäunten Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand Überschirmungsgrad %		K E I M J A H R G A N G											
		vor 1977		1977		1978		1980		1981		1985	
		Tanne	Ahorn	Fichte	Tanne	Fichte	Ahorn	Tanne	Ahorn	Fichte	Tanne	Buche	Ahorn
Kein Eingriff	mg	-	618	-	74	-	165	-	126	24	46	-	-
76%	(N)	(0)	(2)	(0)	(1)	(0)	(1)	(0)	(1)	(1)	(2)	(0)	(0)
Kein Eingriff	mg	165	134	78	177	19	191	79	150	28	53	98	57
68%	(N)	(1)	(6)	(4)	(5)	(2)	(47)	(19)	(21)	(17)	(12)	(3)	(25)
Schwacher Schirmhieb	mg	-	1825	100	161	103	1044	167	695	33	70	129	100
60%	(N)	(0)	(10)	(14)	(6)	(17)	(6)	(19)	(14)	(19)	(15)	(1)	(3)
Schwacher Schirmhieb	mg	331	1186	208	323	103	1409	168	737	49	126	140	82
56%	(N)	(3)	(12)	(37)	(21)	(21)	(17)	(24)	(67)	(33)	(6)	(19)	(4)
Starker Schirmhieb	mg	670	1312	270	434	142	2230	330	409	41	118	119	52
49%	(N)	(2)	(15)	(25)	(34)	(13)	(2)	(23)	(80)	(11)	(16)	(59)	(11)
Starker Schirmhieb	mg	2780	3181	1195	2082	355	1575	299	364	91	127	179	75
39%	(N)	(4)	(12)	(17)	(18)	(16)	(20)	(40)	(187)	(25)	(17)	(43)	(26)

(N)= Anzahl der entnommenen Pflanzen, aus denen der Durchschnittswert ermittelt wurde

b. 31: Durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze (mg) gleichaltriger Pflanzen auf den ungezäunten Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand Überschirmungsgrad %		K E I M J A H R G A N G											
		vor 1977		1977		1978		1980		1981		1985	
		Tanne	Ahorn	Fichte	Tanne	Fichte	Ahorn	Tanne	Ahorn	Fichte	Tanne	Buche	Ahorn
Kein Eingriff	mg	-	259	-	-	-	-	-	210	-	-	-	25
76%	(N)	(0)	(2)	(0)	(0)	(0)	(0)	(0)	(1)	(0)	(0)	(0)	(1)
Kein Eingriff	mg	-	154	-	-	-	115	61	68	20	38	51	51
68%	(N)	(0)	(5)	(0)	(0)	(0)	(12)	(2)	(6)	(1)	(5)	(2)	(8)
Schwacher Schirmhieb	mg	-	2594	61	141	49	619	113	527	36	41	-	116
60%	(N)	(0)	(2)	(6)	(1)	(6)	(2)	(2)	(19)	(6)	(2)	(0)	(1)
Schwacher Schirmhieb	mg	-	1319	160	355	122	274	164	568	46	113	116	78
56%	(N)	(0)	(10)	(1)	(1)	(5)	(6)	(7)	(75)	(12)	(5)	(16)	(4)
Starker Schirmhieb	mg	231	2148	255	393	-	704	201	558	37	134	133	60
49%	(N)	(1)	(12)	(5)	(5)	(0)	(1)	(4)	(33)	(4)	(6)	(31)	(2)
Starker Schirmhieb	mg	243	905	2829	248	424	732	166	446	102	124	202	78
39%	(N)	(1)	(17)	(2)	(6)	(15)	(28)	(10)	(94)	(7)	(15)	(15)	(22)

(N)= Anzahl der entnommenen Pflanzen, aus denen der Durchschnittswert ermittelt wurde

Betrachtet man die schwersten Pflanzen jeder Baumart aus allen Keimjahrgängen einschließlich der Pflanzen, die vor Versuchsbeginn bereits vorhanden waren (s. Tab. 32), so ist deutlich zu erkennen, daß der Ahorn das Bild beherrscht. Der Ahorn stellt bei allen Überschirmungsvarianten die schwerste Pflanze. Lediglich einige Buchen, Eiben und sonstige Laubhölzer waren auf einzelnen Teilparzellen schwerer.

Tab. 32: Maximales Sproßtrockengewicht (mg) im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand Überschirmungsgrad %	Zaun	B A U M A R T					
		Fichte	Tanne	Eibe	Buche	Ahorn	SLH
Kein Eingriff 76%	im	24	74	-	-	829	144
	außer	-	-	-	-	312	297
Kein Eingriff 68%	im	147	322	1380	575	480	323
	außer	20	83	1402	57	258	805
Schwacher Schirmhieb 60%	im	244	632	-	129	6855	1338
	außer	105	141	-	124	4906	749
Schwacher Schirmhieb 56%	im	672	903	150	1715	5657	353
	außer	254	355	-	379	5008	3518
Starker Schirmhieb 49%	im	1392	2014	-	1660	4260	55700
	außer	994	545	-	28000	7371	3649
Starker Schirmhieb 39%	im	3946	9139	2528	9434	19186	29153
	außer	5325	461	673	594	3814	6401

Wert im Zaun: Sproßtrockengewicht der schwersten Pflanze aus 16 m²
 Wert außer Zaun: Sproßtrockengewicht der schwersten Pflanze aus 8 m²

Der Einfluß der Überschirmung auf die Sproßtrockengewichte kommt wiederum deutlich in Tab. 32 zum Ausdruck. Bei allen Baumarten ist die schwerste Pflanze auf den starken Schirmhiebparzellen zu finden.

Ebenso eindeutig belegen die Zahlen den Zauneffekt: bei allen Schirmvarianten stehen die schwersten Pflanzen auf den gezäunten Teilparzellen. Ausnahmen davon machen zum einen die Fichten auf dem ungezäunten Teil der Parzelle 2.2, auf der nur noch zwei lebende Pflanzen des Keimjahrganges 1977 vorhanden waren (s. Abb. 103), und zum anderen der schwerste Ahorn aus dem Keimjahrgang vor 1977, der auf der Parzelle 1.2 außerhalb des Zaunes zu finden war. Die dramatische Situation der Tanne kommt auch hier wieder zum Ausdruck; die schwerste Tanne auf den gezäunten Teilparzellen ist mit fast 1 kg Gewicht um das 17-fache schwerer als die schwerste Tanne auf den ungezäunten Teilparzellen mit einem Gewicht von nur 55 g.

Tab. 33 : Durchschnittliches Sproßtroekengewicht (mg) der geschädigten und ungeschädigten Pflanzen auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand		Fichte		Tanne		Eibe		Buche		Ahorn		SLH		Summe	
Überschirmungsgrad %		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit	
Kein Eingriff	mg	16	-	50	-	-	-	-	-	169	438	35	104	66	271
76%	N	3	0	4	0	0	0	0	0	3	3	3	3	13	6
Kein Eingriff	mg	34	34	71	90	221	254	200	183	127	136	188	-	127	125
68%	N	20	7	32	17	10	3	35	5	158	51	2	0	257	83
Schwacher Schirmhieb	mg	72	35	110	82	-	-	129	-	686	706	150	302	248	419
60%	N	51	7	48	9	0	0	1	0	44	30	36	25	180	71
Schwacher Schirmhieb	mg	115	144	194	246	150	-	289	123	668	836	58	142	325	614
56%	N	89	10	49	5	1	0	19	3	79	59	4	3	241	90
Starker Schirmhieb	mg	147	242	247	303	-	-	149	76	463	508	1169	3278	348	866
49%	N	49	9	68	34	0	0	57	3	86	79	22	23	282	148
Starker Schirmhieb	mg	427	509	616	752	1205	776	475	212	338	528	9809	380	469	553
39%	N	50	14	72	27	5	1	47	2	307	152	3	3	484	199

N= Anzahl der Pflanzen, aus denen der Durchschnittswert ermittelt wurde

Tab. 34 : Durchschnittliches Sproßtroekengewicht (mg) der geschädigten und ungeschädigten Pflanzen auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand		Fichte		Tanne		Eibe		Buche		Ahorn		SLH		Summe	
Überschirmungsgrad %		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit		Schaden ohne mit	
Kein Eingriff	mg	-	-	-	-	-	-	-	-	38	170	297	-	103	170
76%	N	0	0	0	0	0	0	0	0	3	6	1	0	4	6
Kein Eingriff	mg	20	-	36	36	30	637	51	-	86	100	-	510	72	206
68%	N	1	0	8	2	3	4	2	0	36	19	0	2	50	27
Schwacher Schirmhieb	mg	44	-	122	77	-	-	124	-	394	645	37	131	129	435
60%	N	21	0	1	5	0	0	1	0	11	23	12	10	46	38
Schwacher Schirmhieb	mg	46	128	106	140	-	-	132	-	325	673	95	1159	238	641
56%	N	21	4	14	8	0	0	17	0	93	60	3	8	148	80
Starker Schirmhieb	mg	187	286	112	260	-	-	1262	108	472	912	73	1330	656	713
49%	N	7	4	8	13	0	0	25	8	25	41	5	7	70	73
Starker Schirmhieb	mg	427	95	148	151	-	402	237	75	302	458	32	3393	298	474
39%	N	27	1	22	16	0	2	15	2	151	141	4	3	219	165

N= Anzahl der Pflanzen, aus denen der Durchschnittswert ermittelt wurde

Den Tab. 33 und 34 ist zu entnehmen, daß bei allen Baumarten mit Ausnahme der Buche die geschädigten Pflanzen auf fast allen Versuchspartzellen höhere mittlere Gewichte als die ungeschädigten Pflanzen zeigen, was für die gezäunten wie auch für die ungezäunten Teilparzellen (Tab. 33 und 34) zutrifft. Dies läßt sich darauf zurückführen, daß gerade die über die Bodenvegetation hinausragenden größeren Pflanzen vom Hagel besonders stark betroffen wurden; auf den ungezäunten Parzellen wurden diese Pflanzen zusätzlich stark vom Schalenwild verbissen. Insgesamt war außerdem bei allen Baumarten das Durchschnittsalter der geschädigten Pflanzen höher als das der ungeschädigten (s. Tab. 35). Daneben traten diese Unterschiede aber zum Teil auch bei gleichaltrigen Pflanzen, insbesondere beim Ahorn, auf: auch hier waren die geschädigten Pflanzen schwerer. EIBERLE (1978) weist in seiner Untersuchung, in der Wildverbiß simuliert wurde, darauf hin, daß bei vielen Laubbäumen die Ersatztriebe bei den geschädigten Pflanzen über eine höhere Wuchspotenz verfügen als die ungeschädigten Höhentriebe.

EIBERLE schrieb: "Die höhere Wuchsenergie der geschnittenen Laubbäume ist deshalb eher auf eine durch die Entfernung der Gipfelknospe ausgelöste Veränderung des Hormonhaushaltes zurückzuführen, die eine Verlagerung der korrelativen Wuchsbeziehungen in den obersten Kronenteilen zur Folge hat".

Tab. 35: Das Durchschnittsalter (Jahre) der geschädigten und ungeschädigten Pflanzen im Herbst 1986

Schaden	Fichte	Tanne	Eibe	Buche	Ahorn	SLH	alle Baumarten
ohne	7.6 (339)	6.4 (328)	5.6 (19)	4.0 (219)	5.8 (1003)	4.5 (95)	5.8 (2003)
mit	8.0 (56)	7.5 (146)	9.5 (10)	4.2 (23)	6.8 (674)	6.7 (87)	6.7 (996)

Werte in Klammer= Anzahl der Pflanzen aus denen der Durchschnittswert ermittelt wurde

4.222 Sproßtrockengewichte pro Hektar und Verbißanfälligkeit der Baumarten

Die Wirkung der untersuchten Faktoren auf das Sproßtrockengewicht/ha umfaßt deren Einfluß zum einen auf das durchschnittliche Sproßtrockengewicht/Pflanze und zum anderen auf die Pflanzendichte. Das Sproßtrockengewicht/ha ist der auf den Hektar hochgerechnete Wert des Sproßtrockengewichtes/Teilparzelle (ΣS), das aus dem mittleren Sproßtrockengewicht/Pflanze (\bar{S}) und der Pflanzenzahl/Teilparzelle (n) hergeleitet wurde ($\Sigma S = \bar{S} \cdot n$).

Die Abb. 108 und 109 zeigen die Sproßtrockengewichte/ha auf allen Versuchspartellen. Wie bei den durchschnittlichen Sproßtrockengewichten/Pflanze kommt auch hier der Einfluß von Überschildung und Zäunung auf die verschiedenen Baumarten sehr gut zum Ausdruck. Bei einem Überschildungsgrad von 39% beträgt das Sproßtrockengewicht/ha aller Baumarten weit über das 100-fache des Gewichtes bei 76% Überschildung. Dabei dominiert der Ahorn auf allen Partellen sowohl innerhalb als auch außerhalb der Zäune. Die Tanne stellt mit 13% am Gesamtgewicht aller Baumarten einen beachtlichen durchschnittlichen Anteil auf den gezäunten Teilpartellen, während sie auf den ungezäunten nur einen durchschnittlichen Anteil von 4% hat. Die Fichte ist auf den gezäunten Teilpartellen mit einem durchschnittlichen Anteil von 6%, auf den ungezäunten mit 5% beteiligt.

Die Tab. 36 und 37 verdeutlichen die Dominanz des Ahorn auf allen Versuchspartellen. Die der Tab. 36 zugrundeliegenden Werte berücksichtigen alle Keimjahrgänge, auch die vor Versuchsbeginn; Tab. 37 zeigt den Einfluß der waldbaulichen Behandlungen auf die Baumartenanteile der Sproßtrockengewichte nur für die Pflanzen, die nach Versuchsbeginn angekommen sind. Beide Tabellen zeigen überwiegend die gleichen Befunde:

- Ein Einfluß der Überschildung auf die Baumartenanteile bezogen auf das gesamte Sproßtrockengewicht konnte nicht gefunden werden. Sowohl unter dichtem wie auch unter stark aufgelichtetem Schild blieben die Baumartenanteile am gesamten Sproßtrockengewicht ähnlich. Der Ahorn zeigte die höchsten Anteile auf allen Versuchspartellen.

- Eine negative Wirkung des Verbißes ist vor allem auffällig an der Tanne. Ihr Anteil am gesamten Sproßtrockengewicht außerhalb der Zäune bleibt weit unter dem innerhalb. Eine Zunahme

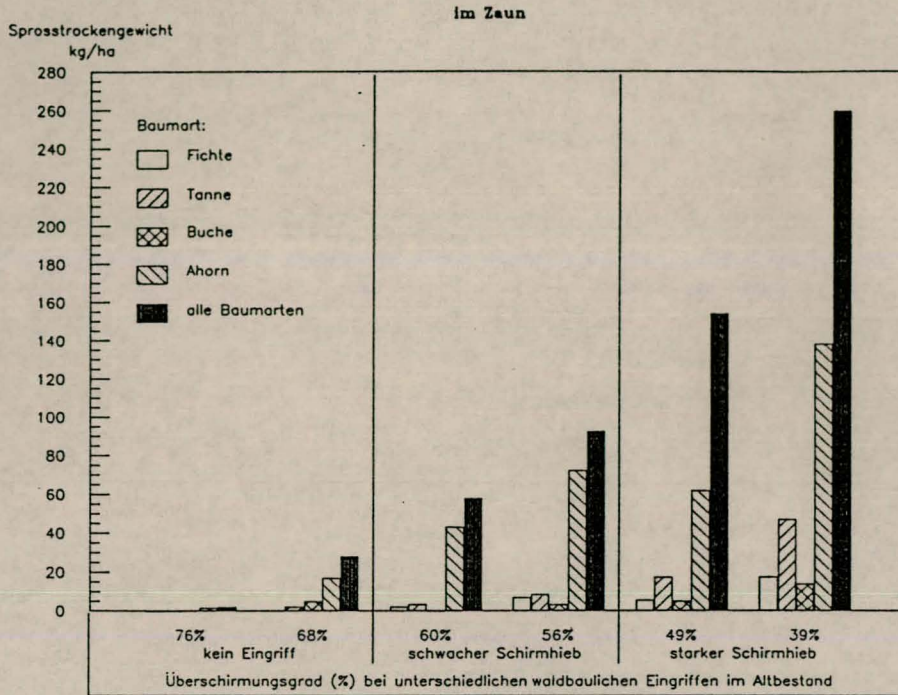


Abb. 108: Gesamtes Sproßstrockengewicht (kg/ha) aller Keimjahrgänge auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986

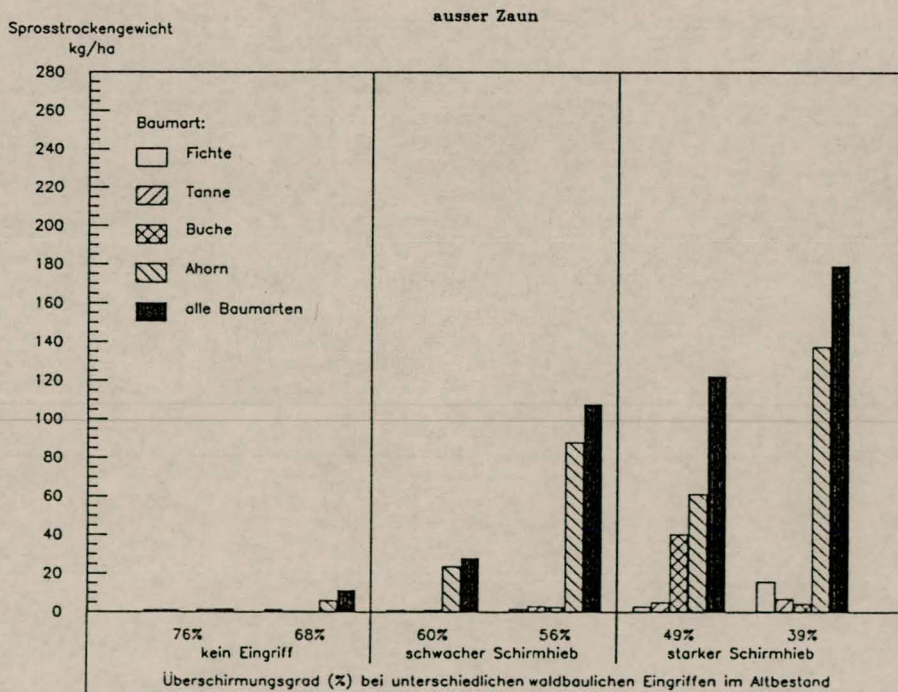


Abb. 109: Gesamtes Sproßstrockengewicht (kg/ha) aller Keimjahrgänge auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986

Tab. 36: Baumartenanteile (%) am gesamten Sproßrockengewicht (kg/ha) aller Keimjahrgänge im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand Überschirmungsgrad %	Zaun	SPROSSTROCKENGEWICHT						
		kg/ha	BAUMARTENANTEILE (%)					
			Fichte	Tanne	Eibe	Buche	Ahorn	SLH
Kein Eingriff 76%	im	2.3	1	6	0	0	82	11
	außer	1.8	0	0	0	0	79	21
Kein Eingriff 68%	im	28.4	2	9	8	19	61	1
	außer	11.5	<1	4	29	1	55	11
Schwacher Schirmhieb 60%	im	58.4	4	6	0	<1	75	15
	außer	28.1	4	2	0	1	85	8
Schwacher Schirmhieb 56%	im	93.0	8	10	<1	4	78	<1
	außer	108.0	2	3	0	2	82	11
Starker Schirmhieb 49%	im	154.4	4	11	0	4	40	41
	außer	122.5	3	4	0	33	50	10
Starker Schirmhieb 39%	im	259.8	7	18	2	6	53	14
	außer	179.4	9	4	<1	3	77	7

Tab. 37: Baumartenanteile (%) am gesamten Sproßrockengewicht (kg/ha) der Keimjahrgänge 1977 - 1986 im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand Überschirmungsgrad %	Zaun	SPROSSTROCKENGEWICHT						
		kg/ha	BAUMARTENANTEILE (%)					
			Fichte	Tanne	Eibe	Buche	Ahorn	SLH
Kein Eingriff 76%	im	0.8	4	16	0	0	47	33
	außer	0.8	0	0	0	0	100	0
Kein Eingriff 68%	im	25.3	2	9	6	18	65	<1
	außer	6.3	1	7	2	2	84	4
Schwacher Schirmhieb 60%	im	34.6	7	11	0	<1	60	22
	außer	21.6	5	3	0	1	81	10
Schwacher Schirmhieb 56%	im	74.0	10	10	<1	5	74	1
	außer	90.4	2	4	0	3	79	12
Starker Schirmhieb 49%	im	128.2	5	13	0	4	29	49
	außer	53.7	3	9	0	10	55	23
Starker Schirmhieb 39%	im	161.7	11	21	3	9	56	<1
	außer	148.7	11	4	<1	3	80	2

der Ahornanteile auf den ungezäunten Teilparzellen ist deutlich ersichtlich. Diese Aussagen weisen auf die unterschiedliche Verbißempfindlichkeit der Baumarten hin.

Aus den Abb. 102 und 103 (s. Kap. 4.221.1) geht hervor, daß die Pflanzenzahl der Fichte außerhalb des Zaunes durch Verbiß stark reduziert wurde. Die Fichte, die in ihrer jungen Phase als schwächste Baumart des Bergmischwaldes gilt, vergeht meistens nach einem Verbißschaden.

Auf allen Versuchspartzen blieben die Pflanzenzahlen aller Keimjahrgänge der Tanne auf den ungezäunten Teilparzellen weit unter denen der gezäunten (Abb. 104 und 105). Nur auf den starken Schirmhiebparzellen machten sich diese Unterschiede bei den jüngeren Keimjahrgängen (1981 und 1983) nicht bemerkbar. Jüngere Pflanzen, die im Schutz einer hohen Bodenvegetation stehen, sind weniger durch Verbiß als durch Lichtmangel belastet. Dagegen werden Pflanzen gerne durch Schalenwild verbissen, wenn sie nicht im Schutz einer hohen Bodenvegetation stehen, wie das bei den Parzellen mit 60 und 68% Überschirmung der Fall ist. Hier sind die Unterschiede in der Pflanzenzahl (s. Abb. 104 und 105) beträchtlich. Dies deutet darauf hin, daß die schwachen Tannen, meistens die jüngeren oder die, die sich auf einer dicht überschirmten Parzelle befinden, die Verbißschäden nicht überleben. Tannen, die einen vitalen Terminaltrieb ausbilden konnten, zeigen sich hingegen ein wenig robuster gegen die Verbißbelastung. Bei der Schadansprache konnten auf den Kontrollparzellen lediglich zwei Tannen gefunden werden, die einmalige Verbißschäden aufwiesen; die meisten Pflanzen waren bereits kurz nach dem Verbißschaden abgestorben. Dagegen erlitten auf den starken Schirmhiebparzellen immerhin 43% der noch lebenden Tannen Verbißschäden, etliche bis zu dreimal.

Der Ahorn ist in seiner frühen Entwicklungsphase gegenüber der Verbißbelastung die widerstandsfähigste Baumart des Bergmischwaldes. Häufig überlebten die Ahornpflanzen mehrere Schädigungen, was sich auch dahingehend auswirkte, daß es zum Teil hinsichtlich der Pflanzenzahlen (s. Abb. 106 und 107) kaum Unterschiede zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen gab. Es kam sogar vor, daß die Pflanzenzahl auf ungezäunten Teilparzellen höher war als auf den gezäunten. Zum Beispiel ist die durchschnittliche Pflanzendichte des Keimjahrganges 1978 auf dem gezäunten Teil der stark aufgelichteten Parzelle 1.3 Pfl./m² und auf dem ungezäunten 3.5 Pfl./m². Dabei waren aber

innerhalb des Zaunes 25% und außerhalb immerhin 75% der Pflanzen beschädigt. Diese hohen Schadensanteile außerhalb des Zaunes deuten darauf hin, daß Ahorne eine niedrigere Verbißempfindlichkeit als Fichte und Tanne zeigen; sie können in ihrer frühen Entwicklungsphase auch dann überleben, wenn sie mehrere Schäden erlitten haben. Dies führt dazu, daß die Unterschiede in den Sproßtrockengewichten/ha des Ahorns zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen weniger ausgeprägt sind als bei Fichte und Tanne (s. Abb. 108 und 109).

Für die Baumarten aller Versuchspartellen sind auf den gezäunten Teilparzellen die durchschnittlichen Pflanzenzahlen pro Quadratmeter höher und die Schadensanteile niedriger als auf den ungezäunten (vgl. Tab. 38). Hierbei kommt auch die Verbißempfindlichkeit der verschiedenen Baumarten zum Ausdruck.

Tab. 38: Die Pflanzendichten und die Schadensprozente auf den gezäunten und ungezäunten Partellen im Herbst 1986

Baumart:	Fichte	Tanne	Eibe	Buche	Ahorn	SLH	alle Baumarten
im Zaun: Stück/m ²	3.22	3.93	0.21	1.79	11.12	1.32	21.59
davon in % geschädigt	15%	27%	20%	8%	36%	45%	29%
außer Zaun: Stück/m ²	1.79	2.02	0.19	1.46	12.69	1.14	19.29
davon in % geschädigt	10%	45%	67%	14%	48%	55%	42%
und davon durch Wild- Weideverbiß	11%	61%	67%	10%	41%	57%	43%

Bei der Fichte ist der Schadensanteil außerhalb des Zaunes niedriger als innerhalb, jedoch ist die Pflanzenzahl außerhalb des Zaunes durch die Verbißbelastung um fast die Hälfte reduziert. Dies gilt hinsichtlich der Pflanzenzahl auch für die Tanne, wobei 45% der Tannen außerhalb des Zaunes geschädigt sind, davon immerhin fast zwei Drittel durch Schalenwildverbiß. Beim Ahorn ist der Schadensanteil außerhalb des Zaunes höher als innerhalb, jedoch immer noch ohne Einwirkung auf die Pflanzenzahl.

Die Verbißbelastung der Eibe, Buche und sonstiger Laubhölzer kann der Tab. 38 entnommen werden. Dabei ist zu bedenken, daß diese Baumarten nicht auf allen Versuchspartellen vertreten waren, so daß der Einfluß des Zaunschutzes auf deren Pflanzendichte nicht zum Ausdruck kommt. Bei Betrachtung der Tab. 39 wird aber deutlich, daß die prozentualen Anteile der geschädigten Pflanzen am Sproßtrockengewicht/ha außerhalb des Zaunes höher sind als innerhalb; dies gilt für alle beteiligten Baumarten. Die Zahlen verdeutlichen zudem die kritische Situation auf den ungezäunten Teilparzellen. Infolge der hohen Verbißbelastung ist eine erhebliche Reduzierung der Sproßtrockengewichte/ha zu verzeichnen.

Tab. 39: Das Sproßtrockengewicht (kg/ha) aller Keimjahrgänge und davon der prozentuale Anteil der geschädigten Pflanzen im Herbst 1986

Eingriff im Altbestand Überschirmungsgrad %	Zaun	Fichte		Tanne		Eibe		Buche		Ahorn		SLH		Summe	
		kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
Kein Eingriff 76%	im	0.03	0	0.13	0	0	-	0	-	1.91	83	0.26	77	2.33	77
	außer	0	-	0	-	0	-	0	-	1.42	90	0.37	0	1.79	72
Kein Eingriff 68%	im	0.57	26	2.48	43	2.24	38	5.31	11	17.37	25	0.44	0	28.41	25
	außer	0.02	0	0.45	20	3.30	97	0.13	0	6.27	38	1.27	100	11.54	61
Schwacher Schirmhieb 60%	im	2.46	6	3.76	12	0	-	0.08	0	43.49	47	8.57	61	58.36	45
	außer	1.15	0	0.64	75	0	-	0.16	0	23.98	77	2.20	75	28.12	74
Schwacher Schirmhieb 56%	im	7.28	12	8.87	29	0.09	0	3.66	6	72.69	51	0.41	66	93.00	44
	außer	1.84	35	3.25	43	0	-	2.80	0	88.18	57	11.94	97	108.02	59
Starker Schirmhieb 49%	im	5.86	23	17.75	36	0	-	5.44	3	62.27	54	63.19	75	154.51	57
	außer	3.06	47	5.34	79	0	-	40.53	3	61.48	76	12.09	96	122.50	53
Starker Schirmhieb 39%	im	17.80	25	47.35	29	4.25	12	14.23	2	138.80	53	37.32	2	259.76	36
	außer	16.04	1	7.08	43	1.01	100	4.63	4	137.74	59	12.88	99	179.39	55

Die Tab. 40a sowie die Abb. 110a zeigen am Beispiel der am häufigsten auf den Versuchspartellen vertretenen Baumarten den Einfluß des Schalenwildverbisses auf die Sproßtrockengewichte/ha. Daraus ist ersichtlich, daß die Sproßgewichte der Fichte pro Hektar mit Ausnahme der Parzelle 2.2 auf den ungezäunten Teilparzellen nicht einmal halb so hoch waren wie auf den gezäunten. Die Tanne konnte nur auf einer Versuchspartelle ein Drittel der Sproßgewichte innerhalb des Zaunes erreichen und lag ansonsten weit darunter, was auf den selektiven Verbiß durch das Schalenwild hinweist. Beim Ahorn sind die Differenzen zwar erkennbar, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß auf den verschiedenen Versuchspartellen.

Tab. 40 a: Differenzen der Sproßrockengewichte (kg/ha) aller Pflanzen zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum

Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad %	Fichte	Tanne	Ahorn	alle Baumarten
Kein Eingriff 76%	0.03	0.13	0.49	0.53
Kein Eingriff 68%	0.54	2.03	11.10	16.96
Schwacher Schirmhieb 60%	1.31	3.12	19.51	30.24
Schwacher Schirmhieb 56%	5.44	5.62	-15.49	-15.02
Starker Schirmhieb 49%	2.79	12.41	0.79	32.01
Starker Schirmhieb 39%	1.76	40.27	1.06	80.37

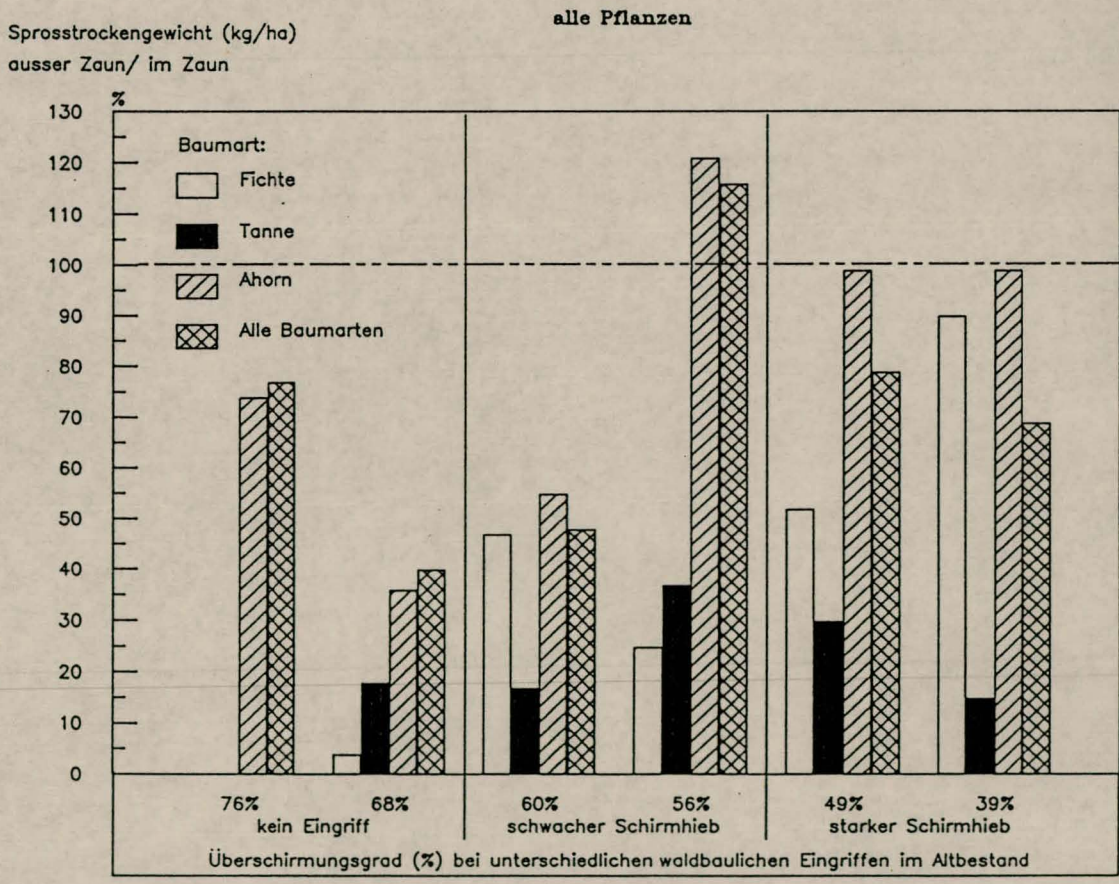


Abb. 110 a: Sproßrockengewichte (alle Pflanzen) der ungezäunten Teilparzelle als Prozentsatz der gezäunten (%) nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum (Sproßrockengewichte der gezäunten Teilparzelle= 100 %)

Tab. 40b: Differenzen der Sproßtrockengewichte (kg/ha) der ungeschädigten Pflanzen zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum

Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad %	Fichte	Tanne	Ahorn	alle Baumarten
Kein Eingriff 76%	0.03	0.13	0.18	0.02
Kein Eingriff 68%	0.39	1.06	9.07	16.84
Schwacher Schirmhieb 60%	1.16	3.14	17.72	24.76
Schwacher Schirmhieb 56%	5.17	4.45	-1.79	8.33
Starker Schirmhieb 49%	2.86	10.20	13.99	8.53
Starker Schirmhieb 39%	-2.58	29.36	8.47	84.99

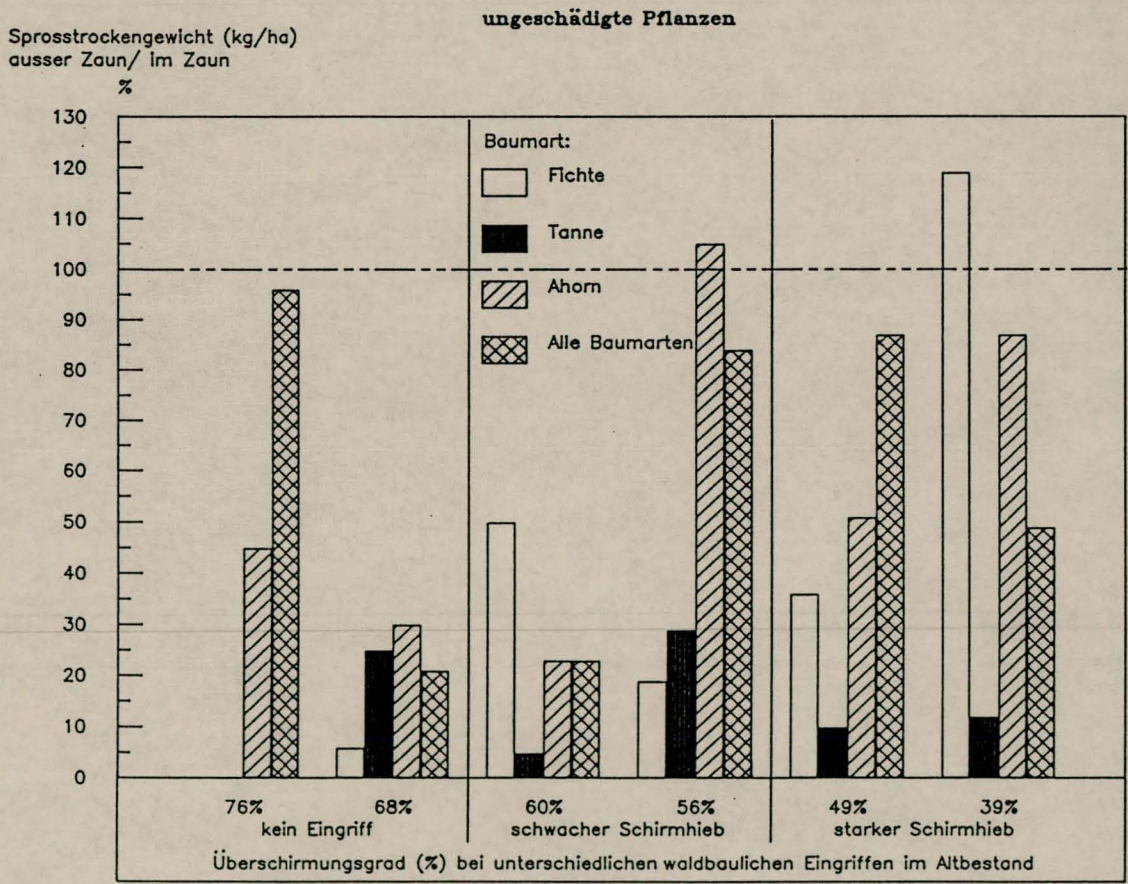


Abb. 110 b: Sproßtrockengewichte (ungeschädigte Pflanzen) der ungezäunten Teilparzelle als Prozentsatz der gezäunten (%) nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum (Sproßtrockengewichte der gezäunten Teilparzelle= 100 %)

Betrachtet man die Differenzen der Sproßtrockengewichte zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen nur für die ungeschädigten Pflanzen (s. Tab. 40b und Abb. 110b), dann vergrößern sich diese Unterschiede. Dies stellt ein weiteres, eindeutiges Indiz für die Verbißbelastung dar.

Werden alle Versuchspartellen zusammengefaßt, so können die Tab. 41a und 41b mit wenigen Zahlen die Auswirkung des Verbisses auf die weitere Verjüngungsentwicklung dokumentieren, die ohne Zaunschutz auf den Prozeß der fortschreitenden Baumartenentmischung im Bergmischwald hinausläuft.

Bei der Betrachtung der Befunde für die Buche ist zu bedenken, daß das höhere Sproßtrockengewicht auf den ungezäunten Teilparzellen auf das sehr hohe Sproßgewicht einer einzigen Parzelle (49% Überschildung) zurückzuführen ist (s. Tab. 39), so daß die in den Tabellen angegebenen Werte der Buche nicht für alle Versuchspartellen repräsentativ sind.

Tab. 41 a: Für die Sproßtrockengewichte aller Pflanzen aus allen 6 unterschiedlich überschilderten Partellen:
Durchschnittliche Differenzen (kg/ha) zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen sowie Substanzproduktion (%) der ungezäunten Teilparzelle als Prozentsatz der gezäunten, nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum

Baumart:	Fichte	Tanne	Eibe	Buche	Ahorn	SLH	Summe
kg/ha = im Zaun - außer Zaun	2.0	10.6	0.4	-3.3	2.9	11.6	24.2
% = außer Zaun * 100/im Zaun	65	20	66	168	95	37	76

Tab. 41b: Für die Sproßtrockengewichte der ungeschädigten Pflanzen aus allen 6 unterschiedlich überschilderten Partellen:
Durchschnittliche Differenzen (kg/ha) zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen sowie Substanzproduktion (%) der ungezäunten Teilparzelle als Prozentsatz der gezäunten, nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum

Baumart:	Fichte	Tanne	Eibe	Buche	Ahorn	SLH	Summe
kg/ha = im Zaun - außer Zaun	1.2	8.1	0.9	-3.3	7.9	9.1	23.9
% = außer Zaun * 100/im Zaun	74	13	2	171	71	3	58

Die Zahlen lassen zudem erkennen, daß die Verbißwirkung unterschiedliche Auswirkungen auf die Sproßproduktion der verschiedenen Baumarten hat. Dabei ist auffallend, daß die Sproßtrockengewichte der Tanne auf den ungezäunten Teilparzellen nur 20% (Tab. 41a) bzw. 13% (Tab. 41b) der Gewichte auf den gezäunten Teilparzellen betragen. Dies deutet darauf hin, daß die weitere Entwicklung der Tanne, die enorm wichtig für die Stabilität der Bergmischwälder ist, vollständig in Frage gestellt ist.

5. Diskussion

5.1 Diskussion aus statistischer Sicht

Um die Wirkung waldbaulicher Eingriffe in den Altbestand (Faktor A), Zäunung bzw. Bodenbearbeitung (Faktor B) und deren Wechselwirkungen ($A \times B$) auf die Sproßtrockengewichte zu testen, war gemäß dem Versuchsdesign zunächst das statistische Auswertungsverfahren der "Spaltanlage" vorgesehen. Mehrere hundert durchgeführte Analysen, die hier aus Platzmangel nicht dargestellt wurden, brachten keine plausiblen Ergebnisse, was jedoch aus folgenden Gründen nicht verwunderlich war:

(1) Ein typisches Merkmal der Bergmischwälder ist die Heterogenität der Bestände selbst auf kleinen Flächen, was auch für die Untersuchungsbestände gilt. Eine homogene Ausgangslage hinsichtlich der Baumartenzusammensetzung konnte durch die Hiebsmaßnahmen nicht realisiert werden. Außerdem waren die Unterschiede in der Überschirmung (Kap. 2.5) und der Bestandesstruktur (Kap. 2.4) zwischen zwei Parzellen, welche gleichen waldbaulichen Behandlungen unterworfen wurden, deutlich erkennbar. Sie können deshalb keine "Wiederholungen" im statistischen Sinn darstellen. Jede Parzelle bildet vielmehr eine eigenständige waldbauliche Behandlungseinheit.

Aus diesem Grund konnte bei der Durchführung des Verfahrens der Spaltanlage immer wieder eine hohe Fehlerstreuung festgestellt werden. Dadurch verminderte sich die Präzision der Schätzung der Parameter des Modelles. Auch die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers der 2. Art wurde größer, d.h. es wurden fälschlicherweise bestehende Unterschiede zwischen den Sproßtrockengewichten der Schirmvarianten nicht aufgedeckt.

(2) Für Spaltanlagen gilt, daß die Präzision der Schätzung des Haupteffektes A geringer ist als die der Schätzung des Faktors B und der Wechselwirkung $A \times B$ (COCHRAN und COX, 1968; VAN LAAR, 1979). Dies konnte anhand von zahlreichen Analysen bestätigt werden. Trotz eines eindeutigen Schirmeffektes konnte dieser nur in sehr wenigen Fällen abgesichert werden. Das kann als Nachteil dieses Verfahrens betrachtet werden, was auch VAN LAAR (1979) bestätigt: "Wird für die Schätzung der Hauptwirkung B und der Wechselwirkung $A \times B$ eine hohe Präzision verlangt (relativ zur Präzision der Schätzung der Wirkung A), so wäre

diese unterschiedliche Präzision als ein Vorteil der Spaltanlage zu betrachten. Wenn das jedoch nicht der Fall ist, ist diese Eigenschaft der unterschiedlichen Präzision eher als ein Nachteil aufzufassen".

Daher mußte dieses Vorgehen als nicht geeignet für unsere Zwecke betrachtet werden. Als Alternative wurde auf die mehrfache Regressionsanalyse zurückgegriffen. Der Zusammenhang zwischen den Einflußfaktoren "Überschirmung, Zäunung und Bodenbearbeitung" und den Sproßtrockengewichten verschiedener Baumarten und Keimjahrgänge wurde ermittelt. Die Analysen sind ohne Berücksichtigung der durch die Versuchsanordnung gegebenen hierarchischen Struktur durchgeführt worden. Es ging um eine Auswahl von Regressionsmodellen, die mit dieser Einschränkung möglichst keine Abweichungen von den Modellannahmen aufzeigen sollten.

Anhand von zahlreichen untersuchten Fällen wurde die Notwendigkeit der Überprüfung mehrerer Zusammenhänge (durch verschiedene Transformationen) zwischen der Zielgröße und den Einflußgrößen gezeigt. Im forstlichen Versuchswesen sind die Voraussetzungen der Regressionsanalyse (wie z.B. Normalität, Homoskedastizität und Linearität) häufig nicht gegeben. Eine geeignete Transformation kann in vielen Fällen dazu führen, diese Bedingungen zu erfüllen. "With the linear model, the assumptions of linearity, homoscedasticity, and normality are so intertwined that they often are met or violated as a set" (KLEINBAUM et al., 1988). Um Fehlschlüsse zu vermeiden wurde erst nach Überprüfung der Modelle mit verschiedenen Transformationen eine Entscheidung über die Auswahl von adäquaten Regressionsgleichungen getroffen. Denn die erzielten Ergebnisse hinsichtlich der Hypothesentestung bei Modellen mit verschiedenen Transformationen waren häufig nicht gleich (s. Kap. 4.21).

Nach ~~HARDETZKY (1978)~~, der in seiner Veröffentlichung die Anwendungsproblematik des Bestimmtheitsmaßes im forstlichen Versuchswesen darstellte, wurde es hier nicht als Kriterium zur Beurteilung der Anpassungsgüte verwendet. Vielmehr dienten neben dem Furinval-Index die graphischen Darstellungen der Schätzwerte gegenüber den Beobachtungswerten als Beurteilungskriterium für die Anpassungsgüte.

5.2 Waldbauliche Diskussion

5.21 Die relative Beleuchtungsstärke und die Altbestandsdichte

Zahlreichen Untersuchungen über die relative Beleuchtungsstärke kann entnommen werden, daß diese Größe als guter Ausdruck für die Überschirmung gilt; aussagefähige Resultate sind jedoch nur dann möglich, wenn bestimmte methodische Voraussetzungen berücksichtigt werden; außerdem sind die für die Lichtmessung meist verwendeten Selenzellen temperaturabhängig, ihr Alterungsprozeß setzt schnell ein und es können sich Unstimmigkeiten zwischen zwei Zellen zeigen (BRECHTEL, 1962; MITSCHERLICH et al., 1967; EBER, 1972; MOSANDL, 1984; DOHRENBUSCH, 1987).

Wegen dieser methodischen Schwierigkeiten wurde neben der relativen Beleuchtungsstärke der sehr einfach zu ermittelnde Index "Altbestandsdichte (BD)" zur Erklärung der Variabilität in den Sproßtrockengewichten der Verjüngungspflanzen verschiedener Schirmvarianten herangezogen.

Die Ergebnisse zeigen, daß sich die Altbestandsdichte als eine charakterisierende Größe für die Überschirmungsverhältnisse verschieden behandelter Parzellen gut wiederzugeben vermag. Gleichgültig, ob die unabhängige Variable die relative Beleuchtungsstärke oder die Altbestandsdichte war, die Ergebnisse der Regressionsanalyse waren bei fast allen untersuchten Fällen gleich. Zusätzlich wurde eine straffe Beziehung zwischen den beiden Größen festgestellt.

Bei Untersuchungen, in denen die unterschiedlichen Lichtverhältnisse auf kleinräumigen Flächen von Interesse sind, kann die Altbestandsdichte die relative Beleuchtungsstärke nicht ersetzen. Bei flächenbezogenen Fragestellungen kann aber die BD als Vergleichsgröße der ökologischen Situation von Beständen herangezogen werden. Um die Aussagekraft dieses bislang nicht verwendeten Index zu untermauern, bedarf es weiterer Untersuchungen auf mehreren Beständen verschiedener Standorte.

5.22 Die untersuchten Einflußfaktoren

5.221 Einfluß der Überschirmung

Der Einfluß der Überschirmung bzw. die Beschattungsintensitäten

auf die Entwicklung der Verjüngungspflanzen - sei es natürlich oder künstlich - wurde von zahlreichen Autoren untersucht (BURSCHEL und HUSS, 1964; BURSCHEL et al., 1964; BURSCHEL und SCHMALTZ, 1965; RÖHRIG, 1967; HUSS, 1971; PLATE, 1975; PREUHLER, 1979, 1989; MAGNUSSEN, 1980; HOHENADL, 1981; GROSSE, 1983; MOSANDL, 1984; BURSCHEL et al., 1985; HILLENBRAND, 1986; MOSANDL und EL KATEB, 1988). Sie stellen alle fest, daß das Wachstum junger Forstpflanzen vom Lichtangebot abhängig ist. Die eigenen Befunde bestätigen diese Erkenntnisse. Der Zusammenhang zwischen dem Belichtungsgrad und dem durchschnittlichen Sproßtrockengewicht/Pflanze sowie dem Sproßtrockengewicht/ha konnte nachgewiesen werden; mit zunehmender Belichtung steigern sich die Sproßtrockengewichte der Verjüngungspflanzen.

Den Ergebnissen ist zu entnehmen, daß alle untersuchten Keimjahrgänge deutlich auf die waldbaulichen Eingriffe in die Altbestände reagiert haben, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß. Eine geringe Zunahme der Belichtung führte zu einer erheblichen Steigerung der Sproßtrockengewichte derjenigen Pflanzen die bereits vorhanden waren, bevor sich eine üppige Bodenvegetation entwickelt hatte. Die geringere Reaktion der in den letzten Versuchsjahren angekommenen Keimjahrgänge, insbesondere auf den stark aufgelichteten Parzellen zeigt, daß diese Pflanzen mit hoher Wahrscheinlichkeit unter einen Überschirmungsdruck durch die Bodenvegetation, eventuell aber auch durch ältere Naturverjüngungspflanzen, gerieten.

Die unterschiedliche Reaktion verschieden alter Pflanzen auf die Bodenvegetation wurde von MOSANDL und EL KATEB (1988) am Beispiel der Ahornpflanzen auf einer Kahlfläche dargestellt, wobei für die Feststellung dieser Unterschiede die Höhenentwicklung herangezogen wurde. Obwohl für die vorliegenden Befunde diese Größe nicht verwendet wurde, deutet alles darauf hin, daß sich ebenfalls ein negativer Überschirmungseinfluß auf der starken Schirmhiebparzelle bemerkbar machte, allerdings nicht in dem Ausmaß wie auf einer Kahlfläche.

Es kann gesagt werden, daß sich der negative Einfluß der Bodenvegetation erst bei einem Überschirmungsgrad unter 45% - 50%, das entspricht einem Bedeckungsgrad am Boden von ca. 40% - 50%, bemerkbar machte. Dabei ist allerdings der positive Einfluß der Auflichtung des Altholzkronendaches auf die Entwicklung der Verjüngungspflanzen deutlich größer als der negative durch die Bodenvegetation. Diese Aussage gilt selbstverständlich nur für

die in der vorliegenden Studie untersuchten Überschirmungsbe-
reiche, da auf einer Kahlfläche der Konkurrenzfaktor Bodenvege-
tation entscheidenden Einfluß auf Ankommen und Entwicklung von
Verjüngungspflanzen hat (BURSCHEL et al., 1985; MOSANDL und EL
KATEB, 1988).

Außerdem belegen die Ergebnisse, daß die meisten Baumarten auf
den sehr dicht überschirmten Parzellen 2.0 nicht Fuß fassen
können. Die Pflanzen kommen und vergehen nach wenigen Jahren.
HOHENADL (1981) beobachtete, daß die Fichten in geschlossenen
Beständen relativ rasch wieder verschwinden.

Auf dieser Kontrollparzelle mit 76% Überschirmung waren die we-
nigen Ahornpflanzen, die Fuß fassen konnten, in ihrem durch-
schnittlichen Sproßtrockengewicht schwerer als die bei 68%
Überschirmung (Abb. 106 und 107). Auch die schwersten Ahorn-
pflanzen waren auf den Kontrollparzellen bei 76% Überschirmung
zu finden (Tab. 32). HOHENADL (1981) fand, daß Fichten-, Bu-
chen- und Ahornkeimlinge bei niedrigen relativen Beleuchtungs-
stärken das Wachstum des Hypokotyls anregten. Er stellte fest,
daß die höchsten Sproßlängen bei den einjährigen Pflanzen auf
den sehr dicht überschirmten Parzellen zu finden waren. Diesen
als Etiolment bezeichneten Effekt stellte NATHER (1961) bei Ko-
niferensämlingen und auch PLATE (1975) bei der Fichte fest. Die
Mittelwerte der Sproßlängen einjähriger Ahorne des Keimjahrgan-
ges 1978 waren auf der Teilparzelle "im Zaun ohne Bodenbearbei-
tung" bei 76% Überschirmung 89 mm, dagegen 68 mm bei 68%
(HOHENADL, 1981). Inwieweit sich dieser Effekt auf die durch-
schnittlichen Sproßgewichte ausgewirkt hat, konnte hier anhand
der wenigen vorhandenen Pflanzen nicht beantwortet werden. Nach
HOHENADL tritt bereits in der zweiten Vegetationsperiode ein
"Etiolmenteffekt" nicht mehr auf. Die eigenen Befunde beweisen,
daß auf den sehr dicht überschirmten Parzellen die Fichten,
Tannen und auch die Buchen wegen des Lichtmangels nicht Fuß
fassen konnten (sie kommen und vergehen nach wenigen Vegeta-
tionsjahren). Bei den Ahornen aber konnten bislang einige weni-
ge Pflanzen unter diesem Überschirmungsdruck überleben.

5.222 Einfluß der Bodenbearbeitung

MISHRA (1982) führte auf den Versuchsparzellen eine intensive
Untersuchung über die Böden, ihre Klassifikation und zugleich
ihre Einflüsse auf Keimung, Mortalität und Höhenwachstum der Na-

turverjüngungspflanzen durch. Er konnte keine klare Beziehung zwischen den angeführten Parametern und dem Bodenzustand nachweisen. Letzterer ist auf allen Versuchspartzen günstig für das Ankommen und die weitere Entwicklung der Verjüngungspflanzen. So war es nicht verwunderlich, daß die bei Versuchsbeginn durchgeführte Bodenbearbeitung nach zehn Jahren keinen Einfluß auf die Sproßtrockengewichte zeigte.

5.223 Einfluß des Zaunschutzes

Zahlreiche Publikationen befassen sich mit dem Einfluß des Schalenwildes und Weideviehs auf die Verjüngung (MEISTER, 1969, 1972; PLOCHMANN, 1969; BURSCHEL, 1975, 1977; BURSCHEL et al., 1977; BURSCHEL und MOSANDL, 1981; MAYER, 1972, 1975; RAUSCH, 1975; LÖW, 1975; METTIN, 1977; BURSCHEL et al., 1985; LISS, 1988, 1989). Aus diesen Arbeiten geht hervor, daß ohne Zaunschutz keinerlei Chancen bestehen, gemischte Bestände im Bergmischwald nachzuziehen. Die eigenen Befunde haben ebenfalls die kritische Situation außerhalb der Zäune gezeigt.

Sowohl die durchschnittlichen Sproßtrockengewichte/Pflanze als auch die Sproßtrockengewichte/ha waren auf den ungezäunten Partzen deutlich niedriger als auf den gezäunten. Ältere wie jüngere Keimjahrgänge blieben nicht vom Schalenwildverbiß verschont. Sogar Pflanzen in ihrer frühesten Entwicklungsphase, die nicht einmal 10 g Sproßtrockengewicht aufweisen (entspricht weit weniger als 10 cm Sproßlänge), werden verbissen.

Die in der Literatur häufig angegebene Verbißhöhe von etwa ab 20 cm kann hier nicht bestätigt werden; in erster Linie hängt dies von der Höhe der Bodenvegetation ab. Es scheint, als ob die jüngeren Pflanzen, die im Schutz der Bodenvegetation stehen, weniger durch Verbiß belastet werden, als durch Lichtmangel. Dagegen werden Pflanzen mit nur wenigen Zentimetern Sproßlänge, die nicht im Schutz einer Bodenvegetation stehen, verbissen. Die Durchschnittshöhen der Verjüngungspflanzen auf den ungezäunten Partzen schwankten zwischen 6-10 cm bei Fichte, 6-9 cm bei Tanne, 9-14 cm bei Buche und 8-14 cm beim Ahorn (LEHRSTUHL FÜR WALDBAU UND FORSTEINRICHTUNG, 1988).

METTIN (1977) kam zu den gleichen Resultaten in den Hochlagen des Werdenfelser Landes. BINDER (1982) stellt in seiner Untersuchung in den Chiemgauer Alpen fest, daß die jungen Tannen un-

ter 8 cm Höhe vom Verbiß betroffen sind. Daß HOHENADL (1981) bei seiner Arbeit auf den auch in dieser Studie untersuchten Parzellen nicht zu den gleichen Befunden kam, mag daran liegen, daß nur ungeschädigte Keimlinge für Vergleiche der Sproßlängen herangezogen wurden.

Aus den Vergleichen der Befunde der gezäunten und ungezäunten Parzellen konnten Rückschlüsse auf die Verbißempfindlichkeit von Fichte, Tanne und Ahorn in den frühen Entwicklungsphasen gezogen werden. Die Fichte vergeht meistens bald nach einem Verbißschaden; weniger ausgeprägt ist dies bei der Tanne, jedoch ist sie am stärksten durch den Verbiß belastet. Der Ahorn schließlich erweist sich am robustesten gegen die Verbißbelastung.

METTIN (1977) stellte fest, daß in der Verjüngungsschicht Tanne, Buche und Ahorn widerstandsfähiger gegenüber den Hochgebirgsbedingungen sind als die Fichte. Er fand zusätzlich, daß der Ahorn in der Verjüngungsschicht gegenüber seinem Anteil im Altbestand überrepräsentiert ist, was auch in unseren untersuchten Beständen der Fall ist. Der Ahorn dominiert inner- und außerhalb der Zäune; seine Anteile am Sproßtrockengewicht schwankten zwischen 55% und 85% auf allen Versuchsparzellen (Tab. 36). Jedoch sind auf den ungezäunten Parzellen die Anteile der Sproßtrockengewichte der geschädigten Pflanzen höher als die der ungeschädigten (Tab. 39). Auch die Unterschiede in den Sproßtrockengewichten zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen waren erkennbar. Diese konnten jedoch aufgrund des Hagel Schadens der meistens größere Ahornpflanzen traf nicht statistisch abgesichert werden. Die Schadensprozente waren aber außerhalb der Zäune höher als innerhalb; nicht wenige Ahornpflanzen waren mehrmalig durch Verbiß geschädigt.

Man kann wohl kaum davon ausgehen, daß diese Verbißschäden ohne negative Folgen auf die Weiterentwicklung der jungen Ahornpflanzen bleiben. KAMMERLANDER (1978) fand in seiner Untersuchung über Aufbau, Verjüngung und Verbißgefährdung der Plenterwälder im Raum Kufstein/Tirol, daß der Ahorn reichlich in der Verjüngung bis zu einer Höhe von 20 cm vertreten ist, allerdings über 50 cm Höhe weitgehend ausfällt.

Darüber hinaus zeigten die Ergebnisse eine außerordentlich hohe Verbißbelastung der Tanne. Eine Reduktion von 80% der Sproßtrockengewichte aufgrund des selektiven Verbisses durch das

Schalenwild wurde festgestellt. Dies wirkt sich so entscheidend auf die Entwicklung der Tanne aus, daß sogar der eindeutige Überschirmungseffekt auf den ungezäunten Parzellen nicht mehr erkennbar ist.

MITSCHERLICH (1975) bringt den negativen Einfluß des Schalenwildes in einem Satz auf folgenden Nenner: "So ist denn die Rückkehr zum Mischwald und zu ungleichaltrigen Waldaufbauformen im ganzen Gebiet Deutschlands heute keine Frage des waldbaulichen Wollens oder Könnens mehr, sondern oft allein von der Höhe der Wildbestände abhängig."

6. Zusammenfassung

Seit dem Jahre 1976 betreibt der Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München umfangreiche Untersuchungen über die Verjüngungsvorgänge im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. Aus dem groß angelegten Forschungsprojekt wurde für die vorliegende Studie ein Ausschnitt im Bereich der Kalkalpen des Forstamtes Ruhpolding ausgewählt. Sie befaßt sich mit der Wirkung der waldbaulichen Behandlungsvarianten "verschiedene Überschildungsdichten", "Zaunschutz" und "Bodenbearbeitung" auf die Sproßtrockengewichte von Naturverjüngungspflanzen. Es wurden dafür sechs Versuchspartzellen herangezogen, von denen im Jahre 1976 jeweils zwei, den folgenden waldbaulichen Eingriffen in die geschlossenen Altbestände unterworfen wurden:

Kontrolle: kein Eingriff
Schwacher Schirmhieb: Entnahme von 30% der Bestandesgrundfläche
Starker Schirmhieb: Entnahme von 50% der Bestandesgrundfläche

Jede Versuchspartzelle besteht aus einer 33 m x 33 m großen Kernfläche und ist von einem 19 m breiten Umfassungstreifen, zur Ausschaltung von Randeinflüssen umgeben. Auf jeder Kernfläche wurden 96 Probekreise von je 1 m² Größe in regelmäßiger Anordnung angelegt und dauerhaft markiert. Zwei Drittel der Kernfläche, in denen sich 64 Probekreise befinden, wurden eingezäunt. Zu Versuchsbeginn erfolgte auf 32 Probekreisen innerhalb des Zaunes eine Bodenbearbeitung. Demnach entstanden folgende drei Teilpartzellen mit jeweils 32 Probekreisen:

- im Zaun mit Bodenbearbeitung
- ~~im Zaun ohne Bodenbearbeitung~~
- außer Zaun ohne Bodenbearbeitung

Im Herbst 1986 wurden insgesamt 2999 Jungpflanzen aus 144 Probekreisen (6 Versuchspartzellen x 3 Teilpartzellen x 8 Probekreise) entnommen. An jeder Pflanze wurden Alter, Schäden und verschiedene Pflanzenparameter bestimmt. Als wichtiges Entwicklungskriterium der Verjüngungspflanzen wurde das Sproßtrockengewicht ausgewählt. Die Größen durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze und Sproßtrockengewicht/ha wurden für die verschiedenen Baumarten und Keimjahrgänge (insgesamt 20)

statistisch detailliert ausgewertet.

Die gemäß dem Versuchsdesign "Spaltanlage" ursprünglich vorgesehene varianzanalytische Berechnung wurde für die Auswertung des Datenmaterials als nicht geeignet betrachtet. Die Behandlung der Hauptfläche (Eingriff in den Altbestand) erfolgte unabhängig von den Unterschieden in den Ausgangswerten der Grundflächen. Zwischen den beiden Parzellen, die denselben waldbaulichen Eingriffen unterlagen, bestanden Unterschiede in der Überschildung und in der Bestandesstruktur. Jede Parzelle stellt für sich eine eigene waldbauliche Situation dar. Deshalb wurde zur Prüfung der Wirkung der Einflußfaktoren auf die Sproßtrockengewichte die mehrfache Regressionsanalyse eingesetzt, jedoch ohne Berücksichtigung der durch die Versuchsanordnung gegebenen hierarchischen Struktur.

Als beschreibende Größen für die Überschildungsverhältnisse der Teilparzellen wurden zwei Variablen, zum einen die relative Beleuchtungsstärke (r_B), zum anderen die Altbestandsdichte (BD), als Regressoren herangezogen. Die BD ist ein Index, der aus der Kombination Stammzahl/ha (N) und Bestandesgrundfläche (G) ermittelt wurde:

$$BD = N^2 / G = N / \bar{G}$$

wobei \bar{G} = mittlere Grundfläche pro Baum

Unter Berücksichtigung der untersuchten Einflußfaktoren lautet das Regressionsmodell:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_{1i} + \beta_3 (X \cdot Z1)_i + \beta_4 Z_{2i} + \beta_5 (X \cdot Z2)_i + \varepsilon_i$$

für $i = 1, \dots, n$, wobei

Y_i = durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze
bzw. Sproßtrockengewicht/ha

X_i = relative Beleuchtungsstärke bzw. Altbestandsdichte

Z_{1i} = Dummy-Variable mit den Kodierungen:
0 = im Zaun und 1 = außer Zaun

$(X \cdot Z1)_i$ = Wechselwirkung X_i x Z_{1i}

Z_{2i} = Dummy-Variable mit den Kodierungen:
0 = ohne Bodenbearbeitung und 1 = mit Bodenbearbeitung

$(X.Z_2)_i$ = Wechselwirkung X_i x Z_{2i}

$\beta_0 - \beta_5$ stellen die Parameter des Modelles dar und ε_i die Residualabweichung.

Verschiedene linearisierende Transformationen wurden vorgenommen um Homoskedastizität, Normalität oder Linearität zu erzielen. Bei allen Regressionsmodellen mit den verschiedenen Transformationen wurden diejenigen Regressoren eliminiert, die keinen wesentlichen zusätzlichen Beitrag zur Erklärung der Variabilität in den Sproßtrockengewichten brachten. Alle Regressionsgleichungen wurden mittels der Residualanalyse überprüft und verglichen. Danach erfolgte die Auswahl von geeigneten Regressionsgleichungen welche keine Abweichung von der Modellannahme zeigten und die beste Anpassungsgüte aufwiesen.

Neben den regressionsanalytischen Berechnungen wurde zusätzlich eine deskriptive Darstellung der Sproßtrockengewichte nach Versuchspartellen vorgenommen. Diese beiden Betrachtungsweisen führten zu folgenden Ergebnissen:

Die Altbestandsdichte bewährte sich im Rahmen dieser Untersuchung als eine charakterisierende Größe für Überschirmungsverhältnisse. Eine enge Beziehung zwischen diesem Index und der relativen Beleuchtungsstärke wurde festgestellt ($r = -0.95$).

Insgesamt reagierten alle Baumarten (Fichte, Tanne, Buche und Ahorn) eindeutig auf die waldbaulichen Behandlungen des Altbestandes. Sowohl die durchschnittlichen Sproßtrockengewichte/-Pflanze als auch die Sproßtrockengewichte/ha zeigten eine straffe Beziehung zur Überschirmung. Bei zunehmender relativer Beleuchtungsstärke bzw. abnehmender Altbestandsdichte nehmen die Sproßtrockengewichte zu. Die niedrigsten Werte wurden auf den Kontrollparzellen registriert. Dabei konnten auf einer sehr dicht überschirmten Parzelle mit 76% Überschirmung mit Ausnahme von wenigen Ahornen die Verjüngungspflanzen nicht Fuß fassen.

Auffällig war eine differenzierte Reaktion der verschieden alten Verjüngungspflanzen auf die Überschirmung, insbesondere auf der starken Schirmhiebparzelle mit 39% Überschirmung. Die

Auflichtung des Altholz-kronendaches wirkt nicht nur entscheidend auf die Entwicklung der Verjüngungspflanzen, sondern fördert auch das Ankommen und die Entwicklung der Bodenvegetation. Die älteren Keimjahrgänge, die bereits vorhanden waren, bevor sich eine üppige Bodenvegetation entwickelt hatte, reagierten heftig auf die Belichtung, die jüngeren Keimjahrgänge zeigten nur eine geringe Reaktion. Es kann davon ausgegangen werden, daß der Lichtentzug durch die Konkurrenz der Bodenvegetation und durch die älteren Pflanzen zu dieser geringen Reaktion der jüngeren Keimjahrgänge führte. Es läßt sich sagen, daß der negative Einfluß der Überschirmung durch die Bodenvegetation sich erst bemerkbar machte, als sich ein Bedeckungsgrad von ca. 40% - 50% am Boden einstellte. Insgesamt war innerhalb der untersuchten Überschirmungsbereiche bis zu einem Überschirmungsgrad von 39% der positive Einfluß der Überschirmung auf die Entwicklung der Jungpflanzen größer als der negative.

Auf die Baumartenanteile gemessen am gesamten Sproßtrockengewicht/ha hat der Auflichtungsgrad zehn Jahre nach Versuchsbeginn keine Wirkung. Der verjüngungskräftige Ahorn dominiert trotz seiner geringen Beteiligung am Altbestand auf allen Versuchspartzellen.

Der Bodenzustand des Untersuchungsgebietes ist so günstig für das Ankommen und die Weiterentwicklung der Verjüngungspflanzen, daß kein nachweisbarer Einfluß der bei Versuchsbeginn durchgeführten Bodenbearbeitung auf die Sproßtrockengewichte festgestellt werden konnte.

Die durchschnittlichen Sproßgewichte/Pflanze und die Sproßgewichte/ha wurden durch Verbiß beeinträchtigt. Weder jüngere noch ältere Keimjahrgänge sind vom Verbiß verschont geblieben. Dabei war die Tanne am stärksten betroffen. Auf allen sechs Versuchspartzellen wurde eine durchschnittliche Reduktion der Sproßtrockengewichte/ha auf den ungezäunten Teilpartzellen von 80% festgestellt. Gemischte Bestände im Bergmischwald nachzuziehen, ist derzeit nur durch Zäunung möglich.

Summary

The effect of silvicultural treatments on the shoot-weight of natural regeneration in mixed mountain forests - statistical analysis of a silvicultural trial.

In 1976, the Chair of Silviculture and Forest Management of the University of Munich initiated a comprehensive study in the mixed mountain forests of the eastern Bavarian Alps. The project embraced the in-depth study of the multiple aspects of regeneration of this forest type. The present study is restricted to the section of the research data in the forest-district of Ruhpolding in the calcareous Alps.

The main objective of the present study is to evaluate the effect of canopy density, fencing and soil scarification on the shoot-dry weight of forest species originating from natural regeneration.

The experiment is designed as a split-plot experiment with two replications. One main plot served as control, the second one was exposed to a light shelterwood cutting with 30% of the basal area being removed and the third one to a heavy shelterwood cutting, in which 50% of the basal area was removed.

The size of each main plot is 0.5 ha, but the inner plot, which is used for measuring, has a size of 0.1 ha (33 m x 33 m). Within each main plot, 96 systematically distributed sampling units with a size of 1 m² were laid out and permanently marked in order to survey natural regeneration. Each main plot is subdivided into 3 sub-plots while each sub-plot contains 32 sampling units. Two adjacent sub-plots were fenced. In the initial stage, manual hoeing was applied to the 32 sampling units of one of the sub-plot inside the fence. The other sampling units in the second sub-plot inside the fence as well as in the sub-plot outside the fence were not treated.

In autumn 1986, 2999 plants, originating from natural regeneration, were harvested - with roots - from the 144 sampling units (6 main plots x 3 sub-plots x 8 sampling units). Several

variables were measured on each plant, such as the shoot-dry weight, the year of germination and the extent of damage. The mean of the shoot-dry weight per plant and the shoot-dry weight per ha were evaluated in detail for different species and ages (total of 20 cases).

The statistical analysis was hampered by a serious shortcoming. Because the main plot-treatment was based on the initial basal area instead of basal area after release, it did not adequately differentiate between the real canopy densities after release. Each main plot characterizes rather an independent silvicultural treatment. In consequence, the normally applied analysis of variance for a split-plot experiment obscured real differences and therefore was abandoned. The existence of sub-plots within main-plots was ignored. Multiple regression analysis was applied for a large number of models to evaluate the significance of effects, although the assumption of independently distributed residuals was violated.

Two characteristics were introduced to describe the density of the canopy, namely relative illumination and the density of the mature stand (BD). The BD is an index defined as:

$$BD = N^2 / G = N / \bar{G}$$

where N = no. of trees/ha

G = basal area/ha

\bar{G} = mean basal area per tree

The regression model was:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \beta_2 Z_{1i} + \beta_3 (X \cdot Z1)_i + \beta_4 Z_{2i} + \beta_5 (X \cdot Z2)_i + \varepsilon_i$$

for $i = 1, \dots, n$, where

Y_i = either mean of the shoot-dry weight/plant or shoot-dry weight/ha

X_i = either relative illumination or BD

Z_{1i} = dummy variable, with
0 = inside fence and 1 = outside fence

$(X.Z1)_1 =$ interaction $X_1 \times Z1_1$

$Z2_1 =$ dummy variable, with
0 = no soil treatment and 1 = soil treatment

$(X.Z2)_1 =$ interaction $X_1 \times Z2_1$

and $\beta_0 - \beta_5$ the parameter of the equation and ε_1 the residual. We assume that ε_1 is normally distributed $(0, \sigma^2)$.

Various transformations were applied to stabilize the variance, to normalize the distribution of residuals or to linearize the regression model. The independent variables which were non significant were eliminated. The regression equations based on different transformations were compared and an adequate equation was selected, which showed the best fit and indicated no departure from the assumptions which underlie the regression analysis.

In addition to the calculation of the multiple regression analysis, descriptive statistics for the shoot-dry weight were also presented. The following results were obtained:

Density of the mature stand (BD) was a useful and adequate expression for canopy density. A close relationship between this index and the relative illumination was found ($r = -0.95$).

The growth of all naturally regenerated plants (norway spruce, silver fir, beech and maple) reflected the effect of light intensity. The mean of the shoot-dry weight/plant as well as the shoot-dry weight/ha increase with increasing the relative illumination or with decreasing the density of the mature stand. The shoot-weight was lowest at the two control plots, however on the one with heavily stocked stand (76% canopy density) no regeneration occurred due to lack of light with the exception of few maples.

A distinguishable reaction of the plants of different ages to light intensity was found especially in the plot exposed to the heavy shelterwood cutting with a 39% canopy density after release. Opening up the crown canopy of old stand affects the

development of the plants and in addition promotes the establishment and the development of ground vegetation. The older plants, which were already established before a lush ground vegetation developed, showed a strong reaction to light intensity as compared to the younger ones. This weak response of the younger plants was probably due to the influence of the competing ground vegetation and the older plants. Within the investigated range of the canopy density, the positive effect of the light intensity on the shoot-weight of the regenerating plants was still exceeding the negative effect of the competing vegetation.

After a study period of 10 years, it could not be shown that light conditions affect the species composition estimated from the total shoot-weight/ha. In spite of low representation of maple in the mature stands, the maple dominated during the early stage of regeneration in all plots.

The soil scarification carried out in the initial stage had no significant effect on the shoot-weight. This can be ascribed to the fact that soil conditions on all plots were favourable for the establishment and the development of regeneration.

The mean of the shoot-weight/plant as well as the shoot-weight/ha are affected by game browsing. Even the very young plants were damaged. The development of the silver fir is completely disturbed. An average reduction of 80% of the shoot-dry weight/ha of the silver fir on the sub-plots outside fence was found. At present, the natural regeneration of mixed mountain forests can only be carried out by fencing.

7. Literaturverzeichnis

- BAUMLER, W.; HOHENADL, W. (1980): Über den Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. Forstwiss. Cbl., 99: 207-221.
- BELSLEY, D.A.; KUH, E.; WELSCH, R.E. (1980): Regression Diagnostics - Identifying Influential Data and Sources of Collinearity. New York: Wiley. 292 S.
- BERTHOLD, J. (1980): Schnee im Bergmischwald. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München. 83 S.
- BINDER, F. (1982): Das Ankommen und die Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald bei dichter Bodenvegetation. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 77 S.
- BORTZ, J. (1985): Lehrbuch der Statistik für Sozialwissenschaftler. 2. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo: Springer. 898 S.
- BRECHTEL, H.M. (1962): Methodische Beiträge zur Ökologie der Überschirmung und Auflichtung einschichtiger Waldbestände. Schriftenr. Landesforstverw. Baden-Württ., 14: 94 S.
- BÜLOW, G.v. (1962): Die Sudwälder von Reichenhall. Mitt. aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, 33: 316 S.
- BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1964): Die Reaktion von Buchensämlingen auf Beschattung. Arch. Forstw., 11: 225-233.
- BURSCHEL, P.; HUSS, J.; KALBHENN, R. (1964): Die natürliche Verjüngung der Buche. Schriftenr. Forstl. Fak. Univ. Göttingen, 34: 186 S.
-
- BURSCHEL, P.; SCHMALTZ, J. (1965): Die Bedeutung des Lichtes für die Entwicklung junger Buchen. Allg. Forst- u. J.Ztg., 136: 193-210.
- BURSCHEL, P. (1975): Schalenwildbestände und Leistungsfähigkeit des Waldes als Problem der Forst- und Holzwirtschaft aus der Sicht des Waldbaus. Allg. Forstz., 30: 214-221.

- BURSCHEL, P. (1977): Zur Struktur und Bewirtschaftung der Wälder im bayerischen Alpenraum - Folgerungen für den Gebirgswaldbau. Forstwiss. Cbl., 96: 120-122.
- BURSCHEL, P.; HUSS, J. (1987): Grundriß des Waldbaus - Ein Leitfaden für Studium und Praxis. Hamburg und Berlin: Paul Parey. 352 S.
- BURSCHEL, P.; LÖW, H.; METTIN, CH. (1977): Waldbauliche Untersuchungen in Hochlagen des Werdenfelser Landes. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München, 37: 193 S.
- BURSCHEL, P.; MOSANDL, R. (1981): Nachwuchsprobleme im Bergwald. (Regeneration of mountain forests poses problems). Mitt. der Deutschen Forschungsgem., 3/81: 6-9. (Reports of the DFG, 3/81: 6-9).
- BURSCHEL, P.; EL KATEB, H.; HUSS, J.; MOSANDL, R. (1985): Die Verjüngung im Bergmischwald. Forstwiss. Cbl., 104: 65-100.
- CASPAR, W. (1962): Die Schneedecke in der Bundesrepublik Deutschland. Deutscher Wetterdienst - Zentralamt. 456 S.
- Cochran, W.G.; Cox, G.M. (1968): Experimental designs. New York: Wiley.
- DEUTSCHER WETTERDIENST - WETTERAMT MÜNCHEN (ed.) (1975): Monatliche Witterungsberichte für Südbayern.
- DOHRENBUSCH, A. (1987): Kann die "relative Beleuchtungsstärke" die Lichtverhältnisse im Wald zuverlässig charakterisieren. Forstarchiv, 28: 24-27.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. (1981): Applied regression analysis. 2nd ed. New York: Wiley. 709 S.
- EBER, W. (1972): Über das Lichtklima von Wäldern bei Göttingen und seinen Einfluß auf die Bodenvegetation. Scripta Geobotanica, 3: 150 S.
- EIBERLE, K. (1978): Folgewirkungen eines simulierten Wildverbisses auf die Entwicklung junger Waldbäume. Schweiz. Forstz., 129: 757-768.

- FURNIVAL, G.M. (1961): An index for comparing equations used in constructing volume tables. Washington: Society of American Foresters, 7: 337-341.
- GROSSE, H.-U. (1983): Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes - Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München, 55: 215 S.
- HARDETZKY, J. (1978): Das Bestimmtheitsmaß - kritische Bemerkungen zu seiner Anwendung im forstlichen Versuchswesen. Forstwiss. Cbl., 97: 168-181.
- HARTUNG, J.; ELPELT, B. (1986): Multivariate Statistik - Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 2. Aufl. München, Wien: Oldenbourg. 815 S.
- HARTUNG, J. (1987): Statistik: Lehr- und Handbuch der angewandten Statistik. 6. Aufl. München, Wien: Oldenbourg. 975 S.
- HILLENBRAND, V. (1986): Wirkung unterschiedlicher Überschirmung auf Einzelbaumparameter von fünf Baumarten im Bergmischwald unter besonderer Berücksichtigung der Biomassenproduktion. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 198 S.
- HOHENADL, W. (1981): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes - Erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 197 S.
- HUSS, J. (1971): Untersuchungen über die Wirkung von Beschattung und Düngung auf das Wachstum junger Fichten. Habil. Univ. Göttingen. 251 S.
- KAMMERLANDER, H. (1978): Aufbau, Verjüngung und Verbißgefährdung der Plenterwälder im Raum Kufstein/Tirol. Schweiz. Z. Forstw., 9: 711-726.
-
- KLEINBAUM, D.G.; KUPPER, L.L.; MULLER, K.E. (1988): Applied regression analysis and other multivariable methods. 2nd. ed. Boston: PWS-Kent. 718 S.
- KOTRU, R. (1985): Die Entwicklung der Bodenvegetation unter verschiedenen Überschirmungsvarianten im Bergmischwald. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 73 S.

- LAAR, A. van (1979): Biometrische Methoden in der Forstwissenschaft. Forschungsberichte d. Forstl. Versuchsanstalt, München, 44/I + 44/II: 702 S.
- LAAR, A. van (1980): Quantitative studies of natural regeneration in the mountain forests of Bavaria. Lehrstuhl Waldbau und Forsteinrichtung der Univ. München (ed.). 110 S.
- LAAR, A. van (1989): mündl. Mitteilung
- LEHRSTUHL FÜR WALDBAU UND FORSTEINRICHTUNG, (1987): Unveröffentlichte Daten. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Univ. München.
- LEHRSTUHL FÜR WALDBAU UND FORSTEINRICHTUNG, (1988): Bergmischwald Exkursionsführer. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Univ. München. 33 S.
- LISS, B.-M. (1988a): Versuche zur Waldweide - der Einfluß von Weidevieh und Wild auf Verjüngung, Bodenvegetation und Boden im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. Forschungsberichte d. Forstl. Versuchsanstalt München, 87: 209 S.
- LISS, B.-M. (1988b): Der Einfluß von Weidevieh und Wild auf die natürliche und künstliche Verjüngung im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. Forstwiss. Cbl., 107: 1, 14-25.
- LISS, B.-M. (1989): Die Wirkung der Weide auf den Bergwald. Forschungsberichte der Forstl. Versuchsanstalt München, 99: 106 S.
- LÖW, H. (1975): Zustand und Entwicklungsdynamik der Hochlagenwälder des Werdenfelser Landes. Diss. Forstl. Fak. Univ. München. 200 S.
- MAGNUSSEN, S. (1980): Wachstumsreaktionen junger Weiß- und Küstentannen verschiedener Herkünfte auf Beschattung. Diss. Univ. Göttingen. 153 S.
- MAYER, H. (1972): Möglichkeiten und Grenzen der Schalenwildhege im Gebirgswald. Allg. Forstz., 47: 929-930.
- MAYER, H. (1975): Der Einfluß des Schalenwildes auf die Verjüngung und Erhaltung von Naturwaldreservaten. Forstwiss. Cbl., 94: 209-224.

- MAYER, He. (1978): Mikroklimatische Verhältnisse im Bergmischwald bei verschiedenen Schlagverfahren. Schweiz. Meteor. Zentralanstalt, 40: 113-116.
- MAYER, He. (1979): Mikroklimatische Untersuchungen im ostbayerischen Bergmischwald. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 26: 247-262.
- MAYER, He. (1980): Schnee im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Übershirmungen. Proc. XVI. Kongr. Alpine Meteorologie. 249-254.
- MEISTER, G. (1969a): Ziele und Ergebnisse forstlicher Planung im oberbayerischen Hochgebirge. Forstwiss. Cbl., 88: 97-130.
- MEISTER, G. (1969b): Überlegungen zur künftigen Betriebsgestaltung im oberbayerischen Hochgebirge. Forstwiss. Cbl., 88: 202-230.
- MEISTER, G. (1972): Wald, Wild, Almwirtschaft in Oberbayern. Allg. Forstz., 27: 239-241.
- MENDENHALL, W. (1968): Introduction to linear models and the design and analysis of experiments. Belmont: Duxbury Press. 465 S.
- METTIN, Ch. (1977): Zustand und Dynamik der Verjüngung der Hochlagenwälder im Werdenfelser Land. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 161 S.
- MISHRA, V.K. (1982): Genesis and classifications of soils derived from Hauptdolomit (Dolomite) in Kalkalpen and effects of soil type and humus form on some features of forest natural regeneration. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 165 S.
- ~~---~~ MITSCHERLICH, G.; KÜNSTLE, E.; LANG, W. (1967): Ein Beitrag zur Frage der Beleuchtungsstärke im Bestande. Allg. Forst- u. J. Ztg., 138: 213-223.
- MITSCHERLICH, G. (1975): Wald Wachstum und Umwelt - eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. Frankfurt/Main: J.D. Sauerländer's. 352 S.

- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. (1982): Introduction to linear regression analysis. New York: Wiley. 504 S.
- MOSANDL, R. (1984): Löcherhiebe im Bergmischwald - Ein waldbau-ökologischer Beitrag zur Femelschlagverjüngung in den Chiemgauer Alpen. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München, 61: 317 S.
- MOSANDL, R.; EL KATEB, H. (1988): Die Verjüngung gemischter Bergwälder - Praktische Konsequenzen aus 10-jähriger Untersuchungsarbeit. Forstwiss. Cbl., 107: 2-13.
- MOSANDL, R. (1990): Die Steuerung von Waldökosystemen mit waldbaulichen Mitteln - dargestellt am Beispiel des Bergmischwaldes. Habil. Forstwiss. Fak. Univ. München. 246 S. (unveröffentlicht)
- NATHER, H. (1961): Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes auf die Morphologie von Koniferensämlingen. Ber.Int.Forstl. Forsch. Anst., 13. Kongreß, Wien. 5-23.
- OWEN, D.B. (1988): The starship. Dept. of Statistical Science, Dallas, Texas: M. Dekker, 17: 315-323.
- PLATE, G. (1975): Ökologische Untersuchungen zur Verjüngung der Fichte. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 200 S.
- PLOCHMANN, R. (1969): Die Waldweide im oberbayerischen Bergbauerngebiet: Lehren der Geschichte - Probleme der Zukunft. Der Almbauer 21, Heft 11+12, 163-173 und 193-198.
- PREUHSLER, T. (1979): Ertragskundliche Merkmale oberbayerischer Bergmischwald-Verjüngungsbestände auf kalkalpinen Standorten im Forstamt Kreuth. Forstl. Forschungsanst. München, 45: 372 S.
- PREUHSLER, T. (1989): Die Entwicklung von Oberstand und Naturverjüngung in Bergmischwald-Verjüngungsbeständen des Forstamtes Kreuth. Forstwiss. Cbl., 106: 23-54.
- PRUSCHA, H. (1989): Angewandte Methoden der mathematischen Statistik. Stuttgart: B.G. Teubner. 391 S.
- RASCH, D. (1987): Biometrisches Wörterbuch - Erläuterungen und Register. 3. Ausg. Berlin, DDR: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag. 764 S.

- RAUSCH, V. (1975): Untersuchungen der Verjüngungssituation in den bayerischen Alpen - Dargestellt am Beispiel der Schutzwälder in der Bergregion des Landkreises Miesbach. Diss. Univ. München. 151 S.
- RÖHRIG, E. (1967): Wachstum junger Laubholzpflanzen bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen. Allg. Forstz., 138: 224-239.
- SACHS, L. (1984): Angewandte Statistik - Anwendung statistischer Methoden. 6. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer. 552 S.
- SCHUCHARD-FICHER, C.; BACKHAUS, K.; HUMME, U.; LOHRBERG, W.; PLINKE, W.; SCHREINER, W. (1982): Multivariate Analysemethoden - Eine anwendungsorientierte Einführung. 2. Aufl. Berlin, Heidelberg, New York: Springer. 346 S.
- SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. (1965): An analysis of variance test for normality. The Biometrika Office, Univ. College London, 52: 591-611.
- UEBELHÖR, K. (1979): Die Reaktionen der Bodenvegetation auf unterschiedlich starke Überschirmung im Bergmischwald bei Ruhpolding. Diplomarbeit Forstwiss. Fak. Univ. München. 92 S.
-

8. VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN

Seite

ABBILDUNGEN

Abb. 1:	Die geographische Lage der Versuchsflächen des Bergmischwaldprojektes	2
Abb. 2:	Die Lage der Versuchsparzellen	4
Abb. 3:	Grundmuster der Kernfläche	5
Abb. 4:	Naturverjüngungsprobekreis und mobiler Aufnahmekreis mit 1 m ² Innenfläche	5
Abb. 5:	Stammzahl der verbleibenden Bestände im Herbst 1976	11
Abb. 6:	Grundfläche der verbleibenden Bestände im Herbst 1976	12
Abb. 7:	Ermittlung des Alters einer Pflanze, am Beispiel zweier Buchen der Keimjahrgänge 1978 und 1985	22
Abb. 8:	Meßstellen der erhobenen Daten einer Naturverjüngungspflanze, am Beispiel eines Ahorns des Keimjahrganges 1982	22
Abb. 9:	Beispiele für unbefriedigende Residuenverläufe	38
Abb. 10-11:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1981	46
Abb. 12-13:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgänge 1977-1986	47
Abb. 14:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgang 1981	49
Abb. 15:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1981	49

Abb. 16:	Durchschnittliches Sproßrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgang 1980) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976	50
Abb. 17:	Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976	50
Abb. 18:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Ahorn Keimjahrgang 1980	53
Abb. 19:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Ahorn Keimjahrgang 1982	53
Abb. 20:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgang 1977	54
Abb. 21:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Fichte Keimjahrgänge 1977-1986	54
Abb. 22:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1977	55
Abb. 23:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgang 1983	55
Abb. 24-25:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Buche Keimjahrgang 1985	56
Abb. 26:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Ahorn Keimjahrgang 1980	57
Abb. 27:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Ahorn Keimjahrgänge 1977-1986	57
Abb. 28:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen bei Tanne Keimjahrgänge vor 1977	58
Abb. 29:	Graphische Darstellungen der studentisierten Residuen aller Baumarten und aller Keimjahrgänge	58

- Abb. 30-33:
Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgänge 1977, 1978, 1981 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 60
- Abb. 34-37:
Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Fichte Keimjahrgänge 1977, 1978, 1981 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 61
- Abb. 38-41:
Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgänge 1977, 1978, 1981 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 62
- Abb. 42-45:
Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Fichte Keimjahrgänge 1977, 1978, 1981 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 63
- Abb. 46-49:
Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge vor 1977, 1977, 1980 und 1981) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 64
- Abb. 50-53:
Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge vor 1977, 1977, 1980 und 1981) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 65
- Abb. 54-57:
Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgänge vor 1977, 1977, 1980 und 1981) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 66

- Abb. 58-61:
Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Tanne Keimjahrgänge vor 1977, 1977, 1980 und 1981) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 67
- Abb. 62-63:
Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge 1983 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 68
- Abb. 64-65:
Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge 1983 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 68
- Abb. 66-67:
Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge vor 1983, 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 69
- Abb. 68-69:
Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in mg (Tanne Keimjahrgänge 1983 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 69
- Abb. 70-71:
Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Buche Keimjahrgänge 1985 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 70
- Abb. 72:
Gesamtes Sproßtrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in mg (Buche Keimjahrgang 1985, in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 70
- Abb. 73-74:
Durchschnittliches Sproßtrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Buche Keimjahrgänge 1985 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 71

- Abb. 75: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) in g/ha (Buche Keimjahrgang 1985) in Abhängigkeit von der Altbestandsdicke (BD) 1976 71
- Abb. 76: Durchschnittliches Sproßrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Ahorn Keimjahrgang 1978) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 71
- Abb. 77-80: Durchschnittliches Sproßrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Ahorn Keimjahrgänge vor 1977, 1980, 1982 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 72
- Abb. 81-84: Durchschnittliches Sproßrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (Ahorn Keimjahrgänge vor 1977, 1980, 1982 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdicke (BD) 1976 73
- Abb. 85-88: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Ahorn Keimjahrgänge vor 1977, 1980, 1982 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 74
- Abb. 89-92: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (Ahorn Keimjahrgänge vor 1977, 1980, 1982 und 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von Altbestandsdicke (BD) 1976 75
-
- Abb. 93-94: Durchschnittliches Sproßrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986 und vor 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 76

- Abb. 95-96: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986 und vor 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der rel. Beleuchtungsstärke (rB) 1978 in % 76
- Abb. 97-98: Durchschnittliches Sproßrockengewicht pro Pflanze (S/P) 1986 in mg (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986 und vor 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 77
- Abb. 99-100: Gesamtes Sproßrockengewicht pro Teilparzelle (S/T) 1986 in g/ha (alle Baumarten und alle Keimjahrgänge 1977 bis 1986 und vor 1977 bis 1986) in Abhängigkeit von der Altbestandsdichte (BD) 1976 77
- Abb. 101: Zusammenhang zwischen der relativen Beleuchtungsstärke (rB) in % und der Altbestandsdichte (BD) bei Versuchsbeginn 90
- Abb. 102: Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Fichten auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986 93
- Abb. 103: Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Fichten auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986 93
- Abb. 104: Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Tannen auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986 96
- ~~Abb. 105: Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Tannen auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986 96~~
- Abb. 106: Durchschnittliches Sproßrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Ahorne auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986 98

Abb. 107:	Durchschnittliches Sproßtrockengewicht (mg/Pflanze) verschieden alter Ahorne auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986	98
Abb. 108:	Gesamtes Sproßtrockengewicht (kg/ha) aller Keimjahrgänge auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986	105
Abb. 109:	Gesamtes Sproßtrockengewicht (kg/ha) aller Keimjahrgänge auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986	105
Abb. 110a:	Sproßtrockengewichte (alle Pflanzen) der ungezäunten Teilparzelle als Prozentsatz der gezäunten (%) nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum	110
Abb. 110b:	Sproßtrockengewichte (ungeschädigte Pflanzen) der ungezäunten Teilparzelle als Prozentsatz der gezäunten (%) nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum	111

TABELLEN

Tab. 1:	Mittelwerte der Klimadaten, aus nahe bei den Versuchspartzellen gelegenen, amtlichen Wetterstationen	3
Tab. 2:	Wichtige standörtliche Charakteristika der einzelnen Versuchspartzellen	7
Tab. 3:	Die Böden auf den einzelnen Versuchspartzellen	7
Tab. 4:	Der Einfluß waldbaulicher Eingriffe auf das Kleinklima der Versuchspartzellen	9
Tab. 5:	Stammzahl und Grundfläche vor und unmittelbar nach den Hiebsmaßnahmen im Herbst 1976	10
Tab. 6:	Arithmetische Mittelhöhen der Unter-, Mittel- und Oberschichten der verbleibenden Bestände bei Versuchsbeginn im Herbst 1976 und nach 10-jähriger Beobachtungszeit im Herbst 1986	14

Tab. 7:	Ertragskundliche Daten der verbleibenden Bestände auf den Versuchsparzellen im Herbst 1976 und im Herbst 1986	15
Tab. 8:	Der Überschirmungsgrad (%) nach den Hiebsmaßnahmen im Herbst 1976	17
Tab. 9:	Die relative Beleuchtungsstärke im Sommer 1978 und im Sommer 1986.	18
Tab. 10:	Der Bedeckungsgrad der Bodenvegetation auf den Teilparzellen bei Versuchsbeginn im Frühsommer 1977 und nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum im Herbst 1986.	20
Tab. 11:	Anzahl der im Herbst 1986 entnommenen Naturverjüngungspflanzen aus 144 Probekreisen auf den Versuchsparzellen: kein Eingriff, schwacher Schirmhieb, starker Schirmhieb	24
Tab. 12:	Vergleich der im Herbst 1986 ermittelten Pflanzendichten (Stück/m ² aller Baumarten und aller Keimjahrgänge aus allen 32 Probekreisen (Teilparzelle) und aus den beernteten 8	24
Tab. 13:	Die Anzahl der entnommenen Pflanzen und deren Schadensprozente im Herbst 1986	26
Tab. 14:	Die Schäden auf den Teilparzellen im Herbst 1986	26
Tab. 15:	Anzahl der durch die verschiedenen Kategorien geschädigten Pflanzen und davon die Anzahl (N) und der Anteil (%) der geschädigten Pflanzen im Jahre 1986	26
Tab. 16:	Relative Beleuchtungsstärke, Stammzahl, Grundfläche und Altbestandsdichte (BD)	31
Tab. 17-20:	Ergebnisse des Reduktionstestes	41 - 44
Tab. 21-24:	Ergebnisse der ausgewählten Modelle	78 - 81

Tab. 25-28:	Bestimmtheitsmaße der einzelnen Schritte des Reduktionstestes	86 - 87
Tab. 29:	Vergleich der Ergebnisse der ausgewählten Modelle zwischen der rel. Beleuchtungsstärke (rB) und der Altbestandsdichte (BD)	89
Tab. 30:	Durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze (mg) gleichaltriger Pflanzen auf den gezäunten Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986	100
Tab. 31:	Durchschnittliches Sproßtrockengewicht/Pflanze (mg) gleichaltriger Pflanzen auf den ungezäunten Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986	100
Tab. 32:	Maximales Sproßtrockengewicht (mg) im Herbst 1986	101
Tab. 33:	Durchschnittliches Sproßtrockengewicht (mg) der geschädigten und ungeschädigten Pflanzen auf den gezäunten Teilparzellen im Herbst 1986	102
Tab. 34:	Durchschnittliches Sproßtrockengewicht (mg) der geschädigten und ungeschädigten Pflanzen auf den ungezäunten Teilparzellen im Herbst 1986	102
Tab. 35:	Das Durchschnittsalter (Jahre) der geschädigten und ungeschädigten Pflanzen im Herbst 1986	103
Tab. 36:	Baumartenanteile (%) am gesamten Sproßtrockengewicht (kg/ha) aller Keimjahrgänge im Herbst 1986	106
Tab. 37:	Baumartenanteile (%) am gesamten Sproßtrockengewicht (kg/ha) der Keimjahrgänge 1977-1986 im Herbst 1986	106
Tab. 38:	Die Pflanzendichten und die Schadensprozentage auf den gezäunten und ungezäunten Parzellen im Herbst 1986	108

- Tab. 39: Das Sproßtrockengewicht (kg/ha) aller Keimjahrgänge und davon der prozentuale Anteil der geschädigten Pflanzen im Herbst 1986 109
- Tab. 40a: Differenzen der Sproßtrockengewichte (kg/ha) aller Pflanzen zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum 110
- Tab. 40b: Differenzen der Sproßtrockengewichte (kg/ha) der ungeschädigten Pflanzen zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum 111
- Tab. 41a: Für die Sproßtrockengewichte aller Pflanzen aus allen 6 unterschiedlich überschirmten Parzellen:
Durchschnittliche Differenzen (kg/ha) zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen sowie Substanzproduktion (%) der ungezäunten Teilparzelle als Prozentsatz der gezäunten, nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum 112
- Tab. 41b: Für die Sproßtrockengewichte der ungeschädigten Pflanzen aus allen 6 unterschiedlich überschirmten Parzellen:
Durchschnittliche Differenzen (kg/ha) zwischen den gezäunten und ungezäunten Teilparzellen sowie Substanzproduktion (%) der ungezäunten Teilparzelle als Prozentsatz der gezäunten, nach 10-jährigem Beobachtungszeitraum 112
-

Anhang

Anhang I : Veröffentlichungen des Lehrstuhles für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München im Rahmen der Forschungen zu ökologischen und waldbaulichen Fragen im Bergmischwald

- AAS, G. (1984): Vorkommen und Bedeutung von Keimlingspilzen in der natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 78 S.
- BÄUMLER, W.; HOHENADL, W. (1980): Über den Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald der Chiemgauer Alpen. Forstwiss. Cbl., 99: 207-221.
- BÄUMLER, W. (1981): Zur Verbreitung, Ernährung und Populationsdynamik der Rötelmaus (*Clethrionomys glareolus*) und der Gelbhalsmaus (*Apodemus flavicollis*) in einem Waldgebiet der Bayerischen Alpen. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz, 54: 49-53.
- BERTHOLD, J. (1980): Schnee im Bergmischwald. Diplomarbeit. Forstwiss. Fak. Univ. München. 83 S.
- BINDER, F. (1982): Das Ankommen und die Entwicklung der Naturverjüngung im Bergmischwald bei dichter Bodenvegetation. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 77 S.
- BURSCHEL, P.; LÖW, H.; METTIN, CH. (1977): Waldbauliche Untersuchungen in Hochlagen des Werdenfelser Landes. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanst. München, 37: 193 S.
- BURSCHEL, P.; MOSANDL, R. (1981): Nachwuchsprobleme im Bergwald (Regeneration of mountain forests poses problems) Mitteilungen der Deutschen Forschungsgemeinschaft, 3/81: 6-9. (Reports of the DFG, 3/81, 6-9).
- BURSCHEL, P.; EL KATEB, H.; HUSS, J.; MOSANDL, R. (1985): Die Verjüngung im Bergmischwald. Forstwiss. Cbl., 104: 65-100.
- FEULNER, T. (1979): Der Einfluß alpiner Kleinsäuger auf die Verjüngung in einem Bergmischwald bei Ruhpolding. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München.
- GROSSE, H.-U. (1983): Untersuchungen zur künstlichen Verjüngung des Bergmischwaldes. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München, 55: 215 S.
- HILLENBRAND, V. (1986): Wirkung unterschiedlicher Überschirmung auf Einzelbaumparameter von fünf Baumarten im Bergmischwald unter besonderer Berücksichtigung der Biomassenproduktion. Diplomarbeit. Forstwiss. Fak. Univ. München. 198 S.

- HOHENADL, W. (1981): Untersuchungen zur natürlichen Verjüngung des Bergmischwaldes - Erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes in den ostbayerischen Kalkalpen. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 197 S.
- HUHN, S. (1979): Wachstumsreaktionen gepflanzter Fichten, Tannen, Buchen, Ahorne und Lärchen bei unterschiedlich starker Überschirmung und Höhenlage im Bergmischwald. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 96 S.
- KOTRU, R. (1985): Die Entwicklung der Bodenvegetation unter verschiedenen Überschirmungsvarianten im Bergmischwald. Diplomarbeit. Forstwiss. Fak. Univ. München. 73 S.
- LAAR, A. van (1980): Quantitative studies of natural regeneration in the mountain forests of Bavaria. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung d. Univ. München (ed.). 110 S. natürliche und künstliche Verjüngung im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. Forstwiss. Cbl., 107: 14-25.
- LISS, B.-M. (1988): Versuche zur Waldweide - der Einfluß von Weidevieh und Wild auf Verjüngung Bodenvegetation und Boden im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München, 87: 221 S.
- LISS, B.-M. (1988): Verjüngungsprobleme im Bergmischwald unter dem Einfluß von Weidevieh und Wild. Mitteilungen aus der Wildforschung. Hrsg.: Wildbiologische Gesellschaft München, 91: 209 S.
- LISS, B.-M. (1988): Der Einfluß von Weidevieh und Wild auf die natürliche und künstliche Verjüngung im Bergmischwald der ostbayerischen Alpen. Forstwiss. Cbl., 107: 14-25.
- LISS, B.-M. (1989): Die Wirkung der Weide auf den Bergwald. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München, 99: 106 S.
-
- MAYER, He. (1978): Mikroklimatische Verhältnisse im Bergmischwald bei verschiedenen Schlagverfahren. Schweiz. Meteor. Zentralanstalt, 40: 113-116.
- MAYER, He. (1979): Mikroklimatische Untersuchungen im ostbayerischen Bergmischwald. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B. 26 S.

- MAYER, He. (1980): Schnee im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Übershirmungen. Proc. XVI. Kongr. Alpine Meteorologie. 249-254.
- MAYER, He. (1981): Globalstrahlung im ostbayerischen Bergmischwald unter verschiedenen Übershirmungen. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B, 2: 283-292.
- MISHRA, V.K. (1982): Genesis and classifications of soils derived from Hauptdolomit (Dolomite) in Kalkalpen and effects of soil type and humus form on some features of forest natural regeneration. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 165 S.
- MOSANDL, R. (1984): Löcherhiebe im Bergmischwald. Ein waldbau-ökologischer Beitrag zur Femelschlagverjüngung in den Ciemgauer Alpen. Forschungsberichte d. Forstl. Forschungsanstalt München, 61: 317 S.
- MOSANDL, R; AAS, G. (1986): Vorkommen und Bedeutung von Keimlingspilzen im Bergmischwald der ostbayerischen Kalkalpen. Der Forst- und Holzwirt, 41: 471-475.
- MOSANDL, R.; EL KATEB, H. (1988): Die Verjüngung gemischter Bergwälder - Praktische Konsequenzen aus 10-jähriger Untersuchungsarbeit. Forstwiss. Cbl., 107: 2-13.
- MOSANDL, R. (1990): Die Steuerung von Waldökosystemen mit waldbaulichen Mitteln - dargestellt am Beispiel des Bergmischwaldes. Habil. Forstwiss. Fak. Univ. München. 246 S. (unveröffentlicht)
- SCHÖRRY, R. (1980): Bodenformen und Ansamungserfolg im Bergmischwaldprojekt Ruhpolding. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 82 S.
- StÖLB, W. (1978): Das Vorkommen von Mäusen in einem Bergmischwald und deren Einfluß auf die Verjüngung der Hauptholzarten. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 73 S.
- UEBELHÖR, K. (1979): Die Reaktionen der Bodenvegetation auf unterschiedlich starke Übershirmung im Bergmischwald bei Ruhpolding. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 92 S.

VELTSISTAS, T. (1980): Untersuchungen über die natürliche Verjüngung im Bergmischwald - Die Fruktifikation in den Jahren 1976/77 und 1977/78 auf Versuchsflächen im Forstamt Ruhpolding. Diss. Forstwiss. Fak. Univ. München. 130 S.

WILKE, B.M.; MISHRA, V.K.; REHFUESS, K.E. (1984): Clay mineralogy of a soil sequence in slope deposits derived from Hauptdolomit (Dolomite) in the Bavarian Alps. Geoderma 32: 103-116.

ZWIRGLMAIER, G. (1977): Waldbauliche Charakterisierung von Eingriffen in Altbestände des Bergmischwaldes. Diplomarbeit, Forstwiss. Fak. Univ. München. 115 S.

**Anhang II : Sproßrockengewichte, Pflanzendichten und Schäden
auf den Teilparzellen**

Tab. 1a: Sproßtrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

F I C H T E K E I M J A H R G A N G 1 9 7 7						
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)	Mittleres Sproßtrockengewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßtrockengewicht (Kg/ha)		
	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff 76%	0	0	0	0.0	0.0	0.0
Kein Eingriff 68%	85	60	0	0.32	0.08	0.0
Schwacher Schirmhieb 60%	101	98	61	1.26	0.49	0.46
Schwacher Schirmhieb 56%	215	193	160	6.98	2.66	0.20
Starker Schirmhieb 49%	283	198	255	7.43	0.99	1.59
Starker Schirmhieb 39%	1267	1093	2829	15.83	9.56	7.07

Tab. 1b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

F I C H T E K E I M J A H R G A N G 1 9 7 7						
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)	Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschädigten Pflanzen (%)		
	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff 76%	0.0	0.0	0.0	-	-	-
Kein Eingriff 68%	3.75	1.25	0.0	33	0	-
Schwacher Schirmhieb 60%	12.50	5.00	7.50	20	25	0
Schwacher Schirmhieb 56%	32.50	13.75	1.25	23	9	100
Starker Schirmhieb 49%	26.25	5.00	6.25	24	0	20
Starker Schirmhieb 39%	12.50	8.75	2.50	20	43	0

Tab. 2a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

F I C H T E K E I M J A H R G A N G 1 9 7 8							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0	0	0	0.0	0.0	0.0
Kein Eingriff	68%	18	19	0	0.02	0.02	0.0
Schwacher Schirmhieb	60%	110	47	49	2.07	0.12	0.36
Schwacher Schirmhieb	56%	122	73	122	1.97	0.73	0.76
Starker Schirmhieb	49%	165	92	0	1.85	0.46	0.0
Starker Schirmhieb	39%	329	399	424	4.11	2.99	7.95

Tab. 2b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

F I C H T E K E I M J A H R G A N G 1 9 7 8							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	0.0	0.0	-	-	-
Kein Eingriff	68%	1.25	1.25	0.0	0	0	-
Schwacher Schirmhieb	60%	18.75	2.50	7.50	7	0	0
Schwacher Schirmhieb	56%	16.25	10.00	6.25	8	0	20
Starker Schirmhieb	49%	11.25	5.00	0.0	22	0	-
Starker Schirmhieb	39%	12.50	7.50	18.75	10	33	7

Tab. 3a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

F I C H T E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 1							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0	24	0	0.0	0.03	0.0
Kein Eingriff	68%	30	21	20	0.48	0.10	0.02
Schwacher Schirmhieb	60%	28	40	36	0.39	0.40	0.27
Schwacher Schirmhieb	56%	43	57	46	1.01	1.00	0.69
Starker Schirmhieb	49%	60	35	37	0.22	0.35	0.19
Starker Schirmhieb	39%	83	95	102	0.83	2.01	0.89

Tab. 3b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

F I C H T E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 1							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	1.25	0.0	-	0	-
Kein Eingriff	68%	16.25	5.00	1.25	31	25	0
Schwacher Schirmhieb	60%	13.75	10.00	7.50	9	0	0
Schwacher Schirmhieb	56%	23.75	17.50	15.00	5	0	17
Starker Schirmhieb	49%	3.75	10.00	5.00	0	13	25
Starker Schirmhieb	39%	10.00	21.25	8.75	0	35	0

Tab. 4a: Sproßtrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

F I C H T E K E I M J A H R G Ä N G E 1 9 7 7 B I S 1 9 8 6							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßtrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßtrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	12	24	0	0.03	0.03	0.0
Kein Eingriff	68%	36	27	20	0.93	0.20	0.02
Schwacher Schirmhieb	60%	76	49	44	3.82	1.11	1.15
Schwacher Schirmhieb	56%	130	97	59	10.06	4.49	1.84
Starker Schirmhieb	49%	192	89	146	9.82	1.90	1.82
Starker Schirmhieb	39%	556	347	458	20.84	14.76	16.04

Tab. 4b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

F I C H T E K E I M J A H R G Ä N G E 1 9 7 7 B I S 1 9 8 6							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	2.50	1.25	0.0	0	0	-
Kein Eingriff	68%	26.25	7.50	1.25	29	17	0
Schwacher Schirmhieb	60%	50.00	22.50	26.25	15	6	0
Schwacher Schirmhieb	56%	77.50	46.25	31.25	15	3	16
Starker Schirmhieb	49%	51.25	21.25	12.50	20	6	30
Starker Schirmhieb	39%	37.50	42.50	35.00	10	32	4

Tab. 5a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

TANNE KEIMJAHRGÄNGE VOR 1977							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Mittleres Sproßrockengewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrockengewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff	76%		0	0		0.0	0.0
Kein Eingriff	68%		165	0		0.21	0.0
Schwacher Schirmhieb	60%		0	0		0.0	0.0
Schwacher Schirmhieb	56%		331	0		1.24	0.0
Starker Schirmhieb	49%		670	231		1.68	0.29
Starker Schirmhieb	39%		2780	243		13.90	0.30

Tab. 5b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

TANNE KEIMJAHRGÄNGE VOR 1977							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschädigten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff	76%		0.0	0.0		-	-
Kein Eingriff	68%		1.25	0.0		100	-
Schwacher Schirmhieb	60%		0.0	0.0		-	-
Schwacher Schirmhieb	56%		3.75	0.0		33	-
Starker Schirmhieb	49%		2.50	1.25		0	0
Starker Schirmhieb	39%		5.00	1.25		75	100

Tab. 6a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G A N G 1 9 7 7							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0	74	0	0.0	0.09	0.0
Kein Eingriff	68%	192	114	0	0.96	0.14	0.0
Schwacher Schirmhieb	60%	158	175	141	0.99	0.22	0.18
Schwacher Schirmhieb	56%	303	336	355	3.03	5.46	0.44
Starker Schirmhieb	49%	612	233	393	13.76	4.66	2.46
Starker Schirmhieb	39%	2715	1292	248	33.94	12.92	1.86

Tab. 6b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G A N G 1 9 7 7							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	1.25	0.0	-	0	-
Kein Eingriff	68%	5.00	1.25	0.0	50	0	-
Schwacher Schirmhieb	60%	6.25	1.25	1.25	40	0	100
Schwacher Schirmhieb	56%	10.00	16.25	1.25	50	31	100
Starker Schirmhieb	49%	22.50	20.00	6.25	39	69	100
Starker Schirmhieb	39%	12.50	10.00	7.50	40	50	33

Tab. 7a: Sproßtrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 0							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßtrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßtrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0	0	0	0.0	0.0	0.0
Kein Eingriff	68%	69	86	61	0.69	1.18	0.15
Schwacher Schirmhieb	60%	182	135	113	2.96	1.01	0.28
Schwacher Schirmhieb	56%	176	165	164	1.76	3.30	1.44
Starker Schirmhieb	49%	536	171	201	6.71	2.78	1.01
Starker Schirmhieb	39%	399	257	166	5.99	8.99	2.07

Tab. 7b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 0							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	0.0	0.0	-	-	-
Kein Eingriff	68%	10.00	13.75	2.50	50	36	0
Schwacher Schirmhieb	60%	16.25	7.50	2.50	15	17	50
Schwacher Schirmhieb	56%	10.00	20.00	8.75	25	13	57
Starker Schirmhieb	49%	12.50	16.25	5.00	70	8	100
Starker Schirmhieb	39%	15.00	35.00	12.50	25	25	50

Tab. 8a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 1							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0	46	0	0.0	0.11	0.0
Kein Eingriff	68%	60	47	38	0.37	0.41	0.24
Schwacher Schirmhieb	60%	74	61	41	0.93	0.38	0.10
Schwacher Schirmhieb	56%	129	125	113	0.32	0.63	0.70
Starker Schirmhieb	49%	162	75	134	1.62	0.75	1.00
Starker Schirmhieb	39%	220	114	124	0.55	2.14	2.32

Tab. 8b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 1							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	2.50	0.0	-	0	-
Kein Eingriff	68%	6.25	8.75	6.25	0	43	40
Schwacher Schirmhieb	60%	12.50	6.25	2.50	10	0	100
Schwacher Schirmhieb	56%	2.50	5.00	6.25	0	25	20
Starker Schirmhieb	49%	10.00	10.00	7.50	25	13	50
Starker Schirmhieb	39%	2.50	18.75	18.75	50	13	40

Tab. 9a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 3							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	35	0	0	0.04	0.0	0.0
Kein Eingriff	68%	54	78	20	0.34	0.10	0.02
Schwacher Schirmhieb	60%	48	60	60	0.60	0.37	0.08
Schwacher Schirmhieb	56%	53	76	76	0.26	0.48	0.38
Starker Schirmhieb	49%	71	63	94	1.06	0.40	0.59
Starker Schirmhieb	39%	135	81	73	1.18	0.71	0.46

Tab. 9b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 3							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	1.25	0.0	0.0	0	-	-
Kein Eingriff	68%	6.25	1.25	1.25	60	0	0
Schwacher Schirmhieb	60%	12.50	6.25	1.25	20	20	100
Schwacher Schirmhieb	56%	5.00	6.25	5.00	25	0	25
Starker Schirmhieb	49%	15.00	6.25	6.25	25	0	20
Starker Schirmhieb	39%	8.75	8.75	6.25	29	14	40

Tab. 10a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G Ä N G E 1 9 7 7 B I S 1 9 8 6							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	35	55	0	0.04	0.21	0.0
Kein Eingriff	68%	79	71	36	2.68	1.87	0.45
Schwacher Schirmhieb	60%	111	93	85	5.53	1.98	0.64
Schwacher Schirmhieb	56%	188	208	118	5.39	9.86	3.25
Starker Schirmhieb	49%	335	158	202	23.48	8.67	5.05
Starker Schirmhieb	39%	988	327	146	41.98	24.92	6.78

Tab. 10b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

T A N N E K E I M J A H R G Ä N G E 1 9 7 7 B I S 1 9 8 6							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	1.25	3.75	0.0	0	0	-
Kein Eingriff	68%	33.75	26.25	12.50	33	33	20
Schwacher Schirmhieb	60%	50.00	21.25	7.50	18	12	83
Schwacher Schirmhieb	56%	28.75	47.50	27.50	30	18	36
Starker Schirmhieb	49%	70.00	55.00	25.00	36	32	65
Starker Schirmhieb	39%	42.50	76.25	46.25	29	23	41

ab. 11a: Sproßstrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

B U C H E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 5							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Mittleres Sproßstrockengewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßstrockengewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff	76%	0	0	0	0.0	0.0	0.0
Kein Eingriff	68%	111	90	51	0.14	0.23	0.13
Schwacher Schirmhieb	60%	129	0	0	0.16	0.0	0.0
Schwacher Schirmhieb	56%	182	116	116	1.59	1.74	2.33
Starker Schirmhieb	49%	120	117	133	6.89	1.91	5.15
Starker Schirmhieb	39%	177	182	202	6.43	3.19	3.79

ab. 11b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

B U C H E K E I M J A H R G A N G 1 9 8 5							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschädigten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	0.0	0.0	-	-	-
Kein Eingriff	68%	1.25	2.50	2.50	0	0	0
Schwacher Schirmhieb	60%	1.25	0.0	0.0	0	-	-
Schwacher Schirmhieb	56%	8.75	15.00	20.00	14	8	0
Starker Schirmhieb	49%	57.50	16.25	38.75	4	8	23
Starker Schirmhieb	39%	36.25	17.50	18.75	0	7	13

ab. 12a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

B U C H E K E I M J A H R G Ä N G E 1 9 7 7 B I S 1 9 8 6							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0	0	0	0.0	0.0	0.0
Kein Eingriff	68%	262	166	51	2.95	6.24	0.13
Schwacher Schirmhieb	60%	129	0	124	0.16	0.0	0.16
Schwacher Schirmhieb	56%	182	305	132	1.59	5.73	2.80
Starker Schirmhieb	49%	120	228	138	6.89	3.98	5.53
Starker Schirmhieb	39%	509	373	218	21.00	7.46	4.63

ab. 12b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

B U C H E K E I M J A H R G Ä N G E 1 9 7 7 B I S 1 9 8 6							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	0.0	0.0	-	-	-
Kein Eingriff	68%	11.25	37.50	2.50	22	10	0
Schwacher Schirmhieb	60%	1.25	0.0	1.25	0	-	0
Schwacher Schirmhieb	56%	8.75	18.75	21.25	14	13	0
Starker Schirmhieb	49%	57.50	17.50	40.00	4	7	25
Starker Schirmhieb	39%	41.25	20.00	21.25	3	6	12

ab. 13a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G Ä N G E V O R 1 9 7 7							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%		618	259		1.54	0.65
Kein Eingriff	68%		134	154		1.00	0.96
Schwacher Schirmhieb	60%		1825	2594		22.81	6.49
Schwacher Schirmhieb	56%		1186	1319		17.79	16.49
Starker Schirmhieb	49%		1312	2148		24.60	32.23
Starker Schirmhieb	39%		3181	905		47.71	19.24

ab. 13b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G Ä N G E V O R 1 9 7 7							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%		2.50	2.50		100	100
Kein Eingriff	68%		7.50	6.25		17	60
Schwacher Schirmhieb	60%		12.50	2.50		90	100
Schwacher Schirmhieb	56%		15.00	12.50		83	70
Starker Schirmhieb	49%		18.75	15.00		67	100
Starker Schirmhieb	39%		15.00	21.25		75	76

Tab. 14a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G A N G 1 9 7 8							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0	165	0	0.0	0.21	0.0
Kein Eingriff	68%	205	159	115	8.46	2.78	1.72
Schwacher Schirmhieb	60%	1489	822	619	3.72	4.11	1.55
Schwacher Schirmhieb	56%	1485	1301	274	18.57	11.38	2.06
Starker Schirmhieb	49%	200	4260	704	0.25	5.33	0.88
Starker Schirmhieb	39%	576	3073	732	8.65	30.73	25.61

Tab. 14b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G A N G 1 9 7 8							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	1.25	0.0	-	0	-
Kein Eingriff	68%	41.25	17.50	15.00	30	36	42
Schwacher Schirmhieb	60%	2.50	5.00	2.50	50	50	100
Schwacher Schirmhieb	56%	12.50	8.75	7.50	50	57	67
Starker Schirmhieb	49%	1.25	1.25	1.25	100	0	100
Starker Schirmhieb	39%	15.00	10.00	35.00	17	38	75

Tab. 15a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G A N G 1 9 8 0							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	126	0	210	0.16	0.0	0.26
Kein Eingriff	68%	145	153	68	1.82	2.11	0.51
Schwacher Schirmhieb	60%	570	788	527	4.27	7.88	5.93
Schwacher Schirmhieb	56%	1218	486	568	35.02	26.73	53.25
Starker Schirmhieb	49%	362	533	552	26.27	14.67	22.77
Starker Schirmhieb	39%	364	364	446	43.67	41.42	52.43

Tab. 15b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G A N G 1 9 8 0							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	1.25	0.0	1.25	0	-	100
Kein Eingriff	68%	12.50	13.75	7.50	20	27	50
Schwacher Schirmhieb	60%	7.50	10.00	11.25	0	25	78
Schwacher Schirmhieb	56%	28.75	55.00	93.75	43	39	40
Starker Schirmhieb	49%	72.50	27.50	41.25	45	59	61
Starker Schirmhieb	39%	120.00	113.75	117.50	42	36	50

Tab. 16a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G A N G 1 9 8 2							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßrockengewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrockengewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff	76%	215	0	0	0.27	0.0	0.0
Kein Eingriff	68%	124	96	89	12.23	3.26	2.55
Schwacher Schirmhieb	60%	300	302	395	2.25	10.95	9.87
Schwacher Schirmhieb	56%	315	310	264	4.33	4.65	14.50
Starker Schirmhieb	49%	242	311	283	10.88	5.44	4.59
Starker Schirmhieb	39%	231	210	209	22.24	29.19	31.87

Tab. 16b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G A N G 1 9 8 2							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschädigten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff	76%	1.25	0.0	0.0	0	-	-
Kein Eingriff	68%	98.75	33.75	28.75	23	22	22
Schwacher Schirmhieb	60%	7.50	36.25	25.00	50	34	60
Schwacher Schirmhieb	56%	13.75	15.00	55.00	18	50	41
Starker Schirmhieb	49%	45.00	17.50	16.25	39	50	54
Starker Schirmhieb	39%	96.25	138.75	152.50	31	24	42

Tab. 17a: Sproßtrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G A N G 1 9 8 5							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Mittleres Sproßtrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßtrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0	0	25	0.0	0.0	0.03
Kein Eingriff	68%	57	58	51	1.36	0.44	0.51
Schwacher Schirmhieb	60%	89	123	116	0.22	0.15	0.15
Schwacher Schirmhieb	56%	111	73	78	0.14	0.27	0.39
Starker Schirmhieb	49%	49	60	60	0.49	0.23	0.15
Starker Schirmhieb	39%	80	73	78	1.00	1.45	2.15

Tab. 17b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G A N G 1 9 8 5							
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	0.0	0.0	1.25	-	-	100
Kein Eingriff	68%	23.75	7.50	10.00	21	17	38
Schwacher Schirmhieb	60%	2.50	1.25	1.25	50	0	0
Schwacher Schirmhieb	56%	1.25	3.75	5.00	0	33	25
Starker Schirmhieb	49%	10.00	3.75	2.50	50	33	0
Starker Schirmhieb	39%	12.50	20.00	27.50	50	31	27

Tab. 18a: Sproßstrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G Ä N G E 1 9 7 7 B I S 1 9 8 6							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Mittleres Sproßstrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßstrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	170	123	88	0.43	0.31	0.77
Kein Eingriff	68%	135	115	85	23.97	8.77	5.31
Schwacher Schirmhieb	60%	515	518	437	12.86	28.50	17.49
Schwacher Schirmhieb	56%	1054	462	401	65.90	43.90	71.69
Starker Schirmhieb	49%	291	660	433	38.24	37.12	29.25
Starker Schirmhieb	39%	299	349	345	77.38	104.82	118.50

Tab. 18b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

A H O R N K E I M J A H R G Ä N G E 1 9 7 7 B I S 1 9 8 6							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	2.50	2.50	8.75	0	50	57
Kein Eingriff	68%	177.50	76.25	62.50	24	26	32
Schwacher Schirmhieb	60%	25.00	55.00	40.00	35	32	66
Schwacher Schirmhieb	56%	62.50	95.00	178.75	40	38	37
Starker Schirmhieb	49%	131.25	56.25	67.50	43	53	54
Starker Schirmhieb	39%	258.75	300.00	343.75	36	29	47

Tab. 19a: Sproßtrockengewichte auf den Teilparzellen, bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

ALLE BAUMARTEN UND ALLE KEIMJAHRGÄNGE 1977 BIS 1986							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Mittleres Sproßtrocken- gewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßtrocken- gewicht (Kg/ha)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	81	65	88	0.91	0.65	0.77
Kein Eingriff	68%	129	113	75	32.80	17.84	6.29
Schwacher Schirmhieb	60%	177	288	211	27.49	41.74	21.63
Schwacher Schirmhieb	56%	459	303	333	83.18	64.76	90.40
Starker Schirmhieb	49%	332	837	336	115.27	141.19	53.74
Starker Schirmhieb	39%	431	352	328	165.46	157.96	148.68

Tab. 19b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschirmung im Herbst 1986.

ALLE BAUMARTEN UND ALLE KEIMJAHRGÄNGE 1977 BIS 1986							
Eingriff im Altbestand und Überschirmungsgrad (%)		Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschä- digten Pflanzen (%)		
		im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.	im Zaun mit Boden- bearb.	im Zaun ohne Boden- bearb.	außer Zaun ohne Boden- bearb.
Kein Eingriff	76%	11.25	10.00	8.75	22	25	57
Kein Eingriff	68%	255.00	157.50	83.75	25	22	28
Schwacher Schirmhieb	60%	155.00	145.00	102.50	24	27	44
Schwacher Schirmhieb	56%	181.25	213.75	271.25	26	24	33
Starker Schirmhieb	49%	347.50	168.75	160.00	32	36	47
Starker Schirmhieb	39%	383.75	448.75	453.75	29	28	41

Tab. 20a: Sproßrockengewichte auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

ALLE BAUMARTEN UND ALLE KEIMJAHRGÄNGE VOR 1977 BIS 1986						
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)	Mittleres Sproßrockengewicht / Pflanze (mg)			Gesamtes Sproßrockengewicht (Kg/ha)		
	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff 76%		176	143		2.20	1.79
Kein Eingriff 68%		123	119		20.92	11.45
Schwacher Schirmhieb 60%		413	268		65.49	28.12
Schwacher Schirmhieb 56%		360	379		83.79	108.02
Starker Schirmhieb 49%		881	685		167.47	122.50
Starker Schirmhieb 39%		545	374		256.00	179.39

Tab. 20b: Pflanzendichten (1000 Stück/ha) und Schäden (%) auf den Teilparzellen bei unterschiedlicher Überschildung im Herbst 1986.

ALLE BAUMARTEN UND ALLE KEIMJAHRGÄNGE VOR 1977 BIS 1986						
Eingriff im Altbestand und Überschildungsgrad (%)	Pflanzendichte (1000 Stück/ha)			Anteil der geschädigten Pflanzen (%)		
	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.	im Zaun mit Bodenbearb.	im Zaun ohne Bodenbearb.	außer Zaun ohne Bodenbearb.
Kein Eingriff 76%		12.50	12.50		40	60
Kein Eingriff 68%		170.00	96.25		23	35
Schwacher Schirmhieb 60%		158.75	105.00		32	45
Schwacher Schirmhieb 56%		232.50	285.00		28	35
Starker Schirmhieb 49%		190.00	178.75		39	51
Starker Schirmhieb 39%		470.00	480.00		30	43

Anhang III : Ergebnisse des Reduktionstestes

Tab. 1: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

Y= gesamtes Sproßstrockengewicht (kg/ha)

X= relative Beleuchtungsstärke in %

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								N	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	-	-	-	**	0.82	2146.0	2146.0	0.957	0.62
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.62	1368.9	1368.9	0.829	<0.01
Fichte 81	*	*	-	-	-	-	0.40	409.4	409.4	0.923	0.28
Fichte 77-86	***	***	-	-	-	*	0.83	2988.2	2988.2	0.845	0.02
Tanne vor 77	-										
Tanne 77	***	-	-	-	**	***	0.73	5096.3	5096.3	0.900	0.10
Tanne 80	***	***	-	***	-	-	0.79	1269.1	1269.1	0.966	0.76
Tanne 81	**	**	-	-	-	-	0.48	506.8	506.8	0.966	0.76
Tanne 83	***	**	-	-	-	**	0.72	188.8	188.8	0.911	0.18
Tanne 77-86	***	***	-	**	-	-	0.75	6281.6	6281.6	0.968	0.78
Buche 85	**	**	-	-	-	-	0.54	1559.2	1559.2	0.879	0.05
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	**	**	-	*			0.74	8272.4	8272.4	0.825	0.04
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	***	***	-	-	-	-	0.65	11668.6	11668.6	0.935	0.37
Ahorn 82	***	***	-	-	-	-	0.62	6133.1	6133.1	0.931	0.35
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	***	***	-	-	-	-	0.71	19269.5	19269.5	0.928	0.32
Summe 77-86	***	***	-	-	-	-	0.73	29998.7	29998.7	0.924	0.29
Summe vor 77-86	**	**	-	-			0.72	44296.9	44296.9	0.958	0.74

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: N= N-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P<W = P(W<N)$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 2: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$$
, wobei

Y= gesamtes Sproßrockengewicht (kg/ha)

X= log (relative Beleuchtungsstärke in %)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	**	**	-	-	-	*	0.61	3172.6	3172.6	0.963	0.71
Fichte 78	**	**	-	-	-	-	0.42	1685.1	1685.1	0.823	<0.01
Fichte 81	*	*	-	-	-	-	0.33	432.6	432.6	0.913	0.20
Fichte 77-86	**	**	-	-	-	-	0.51	4866.5	4866.5	0.913	0.20
Tanne vor 77	-										
Tanne 77	**	-	-	-	*	**	0.57	6368.3	6368.3	0.901	0.10
Tanne 80	**	**	-	**	-	-	0.63	1697.7	1697.7	0.959	0.65
Tanne 81	*	*	-	-	-	-	0.36	564.7	564.7	0.970	0.83
Tanne 83	**	**	-	-	-	*	0.65	209.0	209.0	0.906	0.14
Tanne 77-86	**	**	-	*	-	-	0.54	8555.8	8555.8	0.934	0.37
Buche 85	**	**	-	-	-	-	0.50	1631.0	1631.0	0.891	0.07
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	*	*	-	-			0.55	10253.0	10253.0	0.979	0.96
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	**	**	-	-	-	-	0.57	12889.0	12889.0	0.969	0.80
Ahorn 82	*	*	-	-	-	-	0.40	7685.9	7685.9	0.927	0.31
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	**	**	-	-	-	-	0.56	23976.1	23976.1	0.956	0.60
Summe 77-86	***	***	-	-	-	-	0.61	36049.1	36049.1	0.960	0.65
Summe vor 77-86	**	**	-	-			0.61	52278.2	52278.2	0.987	1.00

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<W) wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 3: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

\hat{Y} = log (gesamtes Sproßrockengewicht) kg/ha)

X = relative Beleuchtungsstärke in %

$Z1$ = Dummy-Variablen mit der Kodierung 0 = im Zaun und 1 = außer Zaun

$X.Z1$ = Wechselwirkung $X.Z1$

$Z2$ = Dummy-Variablen mit der Kodierung 0 = ohne Bodenbearbeitung und 1 = mit Bodenbearbeitung

$X.Z2$ = Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	**	*	-	-	0.88	0.4260	395.1	0.925	0.30
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.77	0.5199	229.6	0.961	0.68
Fichte 81	**	**	-	-	-	-	0.48	0.3543	138.6	0.972	0.85
Fichte 77-86	***	***	**	-	-	-	0.86	0.3146	732.1	0.948	0.48
Tanne vor 77	**	*	**	-	-	-	0.81	0.6788	106.1	0.824	0.04
Tanne 77	***	**	**	-	-	-	0.76	0.5850	651.8	0.981	0.95
Tanne 80	***	***	***	-	-	-	0.83	0.2191	361.3	0.955	0.59
Tanne 81	*	*	-	-	-	-	0.36	0.3020	184.6	0.853	0.02
Tanne 83	**	**	*	-	-	-	0.67	0.2813	93.1	0.963	0.70
Tanne 77-86	***	***	**	-	-	-	0.81	0.2633	1279.0	0.935	0.38
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.67	0.3661	459.5	0.952	0.53
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	**	**	-	-	-	-	0.64	0.3818	4269.2	0.896	0.26
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	***	***	-	-	-	-	0.72	0.3408	4105.8	0.951	0.52
Ahorn 82	**	**	-	-	-	-	0.55	0.2597	2098.3	0.980	0.95
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	***	***	-	-	-	-	0.72	0.2165	7138.8	0.936	0.39
Summe 77-86	***	***	-	-	-	-	0.69	0.2391	13303.3	0.960	0.66
Summe vor 77-86	**	**	-	-	-	-	0.72	0.2488	17922.1	0.967	0.84

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W = W -Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P<W$ = $P(W<\hat{W})$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 4: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

$Y = \log(\text{gesamtes Sproßtrockengewicht; kg/ha})$

$X = \log(\text{relative Beleuchtungsstärke in \%})$

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								N	P<N
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	**	-	-	-	0.88	0.4042	374.9	0.933	0.36
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.87	0.3885	169.5	0.971	0.83
Fichte 81	**	**	-	-	-	-	0.54	0.3302	129.2	0.961	0.67
Fichte 77-86	***	***	**	-	-	-	0.90	0.2642	614.9	0.957	0.60
Tanne vor 77	**	*	**	-	-	-	0.80	0.7088	110.8	0.856	0.08
Tanne 77	***	***	**	-	-	-	0.81	0.5226	582.3	0.974	0.88
Tanne 80	***	***	***	-	-	-	0.80	0.2367	390.3	0.898	0.09
Tanne 81	*	*	-	-	-	-	0.30	0.3170	193.8	0.879	0.05
Tanne 83	***	***	*	-	-	-	0.73	0.2528	83.6	0.992	1.00
Tanne 77-86	***	***	-	**	-	-	0.76	0.2959	1437.3	0.846	0.02
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.73	0.3308	415.3	0.841	0.01
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	***	***	-	-	-	-	0.82	0.2675	2990.8	0.911	0.34
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	***	***	-	-	-	-	0.81	0.2819	3396.1	0.959	0.65
Ahorn 82	**	**	-	-	-	-	0.41	0.2960	2390.8	0.978	0.93
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	***	***	-	-	-	-	0.72	0.2172	7160.7	0.959	0.65
Summe 77-86	***	***	-	-	-	-	0.72	0.2274	12651.0	0.945	0.46
Summe vor 77-86	***	***	-	-	-	-	0.77	0.2244	16163.9	0.848	0.06

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P<N = P(N<N)$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 5: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

Y= durchschnittliches Sproßtrockengewicht / Pflanze (mg)

X= Altbestandsdichte (BD)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	**	**	-	-	-	-	0.43	591.2	591.2	0.814	<0.01
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.67	81.6	81.6	0.915	0.22
Fichte 81	***	***	-	-	-	-	0.71	14.5	14.5	0.939	0.41
Fichte 77-86	***	***	-	-	-	-	0.59	110.1	110.1	0.883	0.06
Tanne vor 77	-										
Tanne 77	*	*	-	-	-	-	0.29	599.9	599.9	0.760	<0.01
Tanne 80	**	**	-	-	-	-	0.42	99.4	99.4	0.825	<0.01
Tanne 81	***	***	-	-	-	-	0.60	33.3	33.3	0.955	0.59
Tanne 83	*	*	-	-	-	-	0.37	20.8	20.8	0.883	0.06
Tanne 77-86	*	*	-	-	-	-	0.31	199.7	199.7	0.706	<0.01
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.73	21.5	21.5	0.958	0.62
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	-										
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	-										
Ahorn 82	-										
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86											
Summe 77-86	*	*	-	-	-	-	0.27	162.7	162.7	0.637	<0.01
Summe vor 77-86											

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<W) wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 6: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$$

Y= durchschnittliches Sproßtroekengewicht / Pflanze (mg)

X= log (Altbestandsdichte; BD)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								N	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	-	-	-	-	0.79	359.9	359.9	0.946	0.47
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.87	50.7	50.7	0.900	0.10
Fichte 81	***	***	-	-	-	-	0.88	9.5	9.5	0.950	0.50
Fichte 77-86	***	***	-	-	-	-	0.81	74.3	74.3	0.850	0.02
Tanne vor 77	-										
Tanne 77	**	-	-	-	-	**	0.51	498.0	498.0	0.795	<0.01
Tanne 80	**	-	-	-	*	**	0.66	79.3	79.3	0.915	0.22
Tanne 81	***	*	-	-	*	*	0.80	25.7	25.7	0.937	0.39
Tanne 83	**	-	-	-	-	**	0.42	19.8	19.8	0.920	0.26
Tanne 77-86	***	-	-	-	*	***	0.76	121.7	121.7	0.972	0.85
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.75	20.8	20.8	0.927	0.31
Buche 77-86	*	*	*	-	-	-	0.53	86.3	86.3	0.954	0.56
Ahorn vor 77	-										
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	-										
Ahorn 82	-										
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	-										
Summe 77-86	-										
Summe vor 77-86	-										

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<W) wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 7: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1 X + b_2 Z1 + b_3 X.Z1 + b_4 Z2 + b_5 X.Z2, \text{ wobei}$$

$Y = \log(\text{durchschnittliches Sproßrockengewicht} / \text{Pflanze, mg})$

$X = \text{Altbestandsdichte (BD)}$

$Z1 = \text{Dummy-Variablen mit der Kodierung } 0 = \text{im Zaun und } 1 = \text{außer Zaun}$

$X.Z1 = \text{Wechselwirkung } X.Z1$

$Z2 = \text{Dummy-Variablen mit der Kodierung } 0 = \text{ohne Bodenbearbeitung und } 1 = \text{mit Bodenbearbeitung}$

$X.Z2 = \text{Wechselwirkung } X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	-	***	-	-	0.92	0.2376	38.2	0.956	0.60
Fichte 78	***	***	*	-	-	-	0.89	0.2405	17.7	0.962	0.70
Fichte 81	***	***	-	-	-	-	0.83	0.0923	4.0	0.935	0.37
Fichte 77-86	***	***	-	-	-	-	0.87	0.1676	16.0	0.932	0.36
Tanne vor 77	**	-	-	**			0.72	0.6595	59.8	0.905	0.31
Tanne 77	***	***	*	-	-	-	0.76	0.3961	88.1	0.958	0.64
Tanne 80	***	***	-	-	-	-	0.66	0.1535	25.0	0.944	0.45
Tanne 81	***	***	-	-	-	-	0.68	0.1348	12.0	0.901	0.10
Tanne 83	**	**	-	-	-	-	0.43	0.1416	9.2	0.982	0.96
Tanne 77-86	***	***	*	-	-	-	0.80	0.1675	25.0	0.925	0.30
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.75	0.0753	9.3	0.968	0.79
Buche 77-86	**	*	*	-	-	-	0.58	0.1683	40.0	0.905	0.14
Ahorn vor 77	**	**	-	-			0.61	0.3159	322.8	0.951	0.66
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	*	*	-	-	-	-	0.38	0.2561	100.2	0.933	0.36
Ahorn 82	*	*	-	-	-	-	0.39	0.1586	35.9	0.901	0.10
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	*	*	-	-	-	-	0.36	0.2422	82.1	0.891	0.08
Summe 77-86	***	***	-	-	-	-	0.58	0.1781	47.6	0.840	0.01
Summe vor 77-86	*	*	-	-			0.54	0.2047	71.5	0.940	0.52

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001

** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01

* bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05

- = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W = W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P < W = P(W < \hat{W})$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 8: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$$

Y= log (durchschnittliches Sproßrockengewicht / Pflanze; mg)

X= log (Altbestandsdichte; BD)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	*	-	-	-	0.81	0.3657	58.9	0.880	0.05
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.65	0.4019	29.6	0.772	<0.01
Fichte 81	***	***	-	-	-	-	0.86	0.0860	3.7	0.937	0.40
Fichte 77-86	***	***	**	-	-	-	0.94	0.1192	11.4	0.942	0.44
Tanne vor 77	**	*	**	-	-	-	0.78	0.6211	56.4	0.900	0.28
Tanne 77	**	**	*	-	-	-	0.59	0.5157	114.7	0.904	0.13
Tanne 80	**	**	-	-	-	-	0.45	0.1949	31.7	0.944	0.45
Tanne 81	**	**	-	-	-	-	0.54	0.1610	14.4	0.895	0.08
Tanne 83	*	*	-	-	-	-	0.32	0.1552	10.1	0.926	0.30
Tanne 77-86	***	***	**	**	-	-	0.84	0.1571	23.5	0.975	0.89
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.66	0.0890	11.1	0.905	0.13
Buche 77-86	**	**	**	-	-	-	0.61	0.1636	30.1	0.891	0.08
Ahorn vor 77	-										
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	-										
Ahorn 82	-										
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	-										
Summe 77-86	*	*	-	-	-	-	0.33	0.2258	60.3	0.995	0.58
Summe vor 77-86	-										

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<W) wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 9: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1 X + b_2 Z1 + b_3 X.Z1 + b_4 Z2 + b_5 X.Z2, \text{ wobei}$$

Y= gesamtes Sproßrockengewicht (kg/ha)

X= Altbestandsdichte (BD)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	**	**	-	-	-	-	0.52	3371.6	3371.6	0.908	0.16
Fichte 78	**	**	-	-	-	-	0.52	1530.5	1530.5	0.837	0.01
Fichte 81	*	*	-	-	-	-	0.34	429.3	429.3	0.910	0.18
Fichte 77-86	***	***	-	-	-	-	0.61	4357.4	4357.4	0.969	0.81
Tanne vor 77	-										
Tanne 77	*	*	-	-	-	-	0.29	7897.3	7897.3	0.824	<0.01
Tanne 80	**	***	**	*	-	-	0.75	1475.2	1475.2	0.956	0.59
Tanne 81	**	**	-	-	-	-	0.43	533.0	533.0	0.953	0.54
Tanne 83	**	**	-	-	*	-	0.63	217.1	217.1	0.914	0.20
Tanne 77-86	*	*	-	-	-	-	0.37	9587.0	9587.0	0.921	0.26
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.59	1495.9	1495.9	0.882	0.05
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	*	*	-	-			0.51	10718.4	10718.4	0.958	0.74
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	***	***	-	-	-	-	0.65	11623.8	11623.8	0.930	0.33
Ahorn 82	**	**	-	-	-	-	0.43	7436.9	7436.9	0.917	0.23
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	***	***	-	-	-	-	0.63	21895.1	21895.1	0.934	0.37
Summe 77-86	***	***	-	-	-	-	0.67	33336.1	33336.1	0.984	0.99
Summe vor 77-86	**	**	-	-			0.64	50290.9	50290.9	0.948	0.62

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<W) wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 10: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

Y= gesamtes Sproßstrockengewicht (kg/ha)

X= log (Altbestandsdichte; BD)

Z1= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

X.Z1= Wechselwirkung X.Z1

Z2= Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

X.Z2= Wechselwirkung X.Z2

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	**	**	-	-	0.89	1744.3	1744.3	0.950	0.51
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.83	906.3	906.3	0.901	0.10
Fichte 81	*	*	-	-	-	-	0.31	438.3	438.3	0.896	0.09
Fichte 77-86	***	***	**	*	-	-	0.91	2330.8	2330.8	0.942	0.43
Tanne vor 77	-										
Tanne 77	***	-	-	-	*	***	0.75	4836.7	4836.7	0.922	0.27
Tanne 80	***	***	***	**	-	-	0.82	1231.2	1231.2	0.970	0.82
Tanne 81	***	***	-	-	-	-	0.58	456.8	456.8	0.954	0.57
Tanne 83	**	**	-	-	*	-	0.57	232.5	232.5	0.929	0.33
Tanne 77-86	***	***	***	***	-	-	0.87	4715.4	4715.4	0.942	0.43
Buche 85	**	**	-	-	-	-	0.53	1595.4	1595.4	0.890	0.07
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	-										
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	***	***	-	-	-	-	0.66	11482.2	11482.2	0.812	<0.01
Ahorn 82	***	***	-	-	-	-	0.66	5742.2	5742.2	0.942	0.44
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	***	***	-	-	-	-	0.76	17608.0	17608.0	0.937	0.40
Summe 77-86	***	***	-	-	-	-	0.69	32323.9	32323.9	0.946	0.47
Summe_vor_77-86	**	**	-	-			0.58	54185.6	54185.6	0.907	0.32

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<R) wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 11: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

$Y = \log(\text{gesamtes Sproßstrockengewicht; kg/ha})$

$X = \text{Altbestandsdichte (BD)}$

$Z1 = \text{Dummy-Variablen mit der Kodierung } 0 = \text{im Zaun und } 1 = \text{außer Zaun}$

$X.Z1 = \text{Wechselwirkung } X.Z1$

$Z2 = \text{Dummy-Variablen mit der Kodierung } 0 = \text{ohne Bodenbearbeitung und } 1 = \text{mit Bodenbearbeitung}$

$X.Z2 = \text{Wechselwirkung } X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau					Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test		
	F Global	partielle F							\hat{W}	P<W	
		X	Z1	X.Z1	Z2						X.Z2
Fichte 77	***	***	***	-	-	-	0.94	0.2786	258.4	0.957	0.61
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.87	0.3900	171.1	0.869	0.04
Fichte 81	***	**	-	*	-	-	0.69	0.2838	111.0	0.965	0.74
Fichte 77-86	***	***	***	-	-	-	0.96	0.1737	404.3	0.957	0.61
Tanne vor 77	**	*	**	-	-	-	0.83	0.6401	100.0	0.845	0.06
Tanne 77	***	***	***	-	-	-	0.89	0.3998	445.5	0.979	0.94
Tanne 80	***	***	***	-	-	-	0.83	0.2168	357.6	0.937	0.40
Tanne 81	*	*	-	-	-	-	0.35	0.3045	186.2	0.859	0.03
Tanne 83	***	***	**	-	-	-	0.75	0.2439	80.7	0.968	0.79
Tanne 77-86	***	***	***	-	-	-	0.83	0.2442	1186.4	0.863	0.03
Buche 85	***	***	-	-	-	-	0.78	0.2957	371.2	0.895	0.09
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	**	**	-	-	-	-	0.73	0.3299	3688.5	0.974	0.92
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	***	***	-	-	-	-	0.84	0.2584	3112.8	0.949	0.49
Ahorn 82	**	**	-	-	-	-	0.44	0.2892	2336.1	0.960	0.66
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	***	***	-	-	-	-	0.77	0.1946	6417.0	0.942	0.43
Summe 77-86	***	***	*	-	-	-	0.84	0.1786	9935.7	0.892	0.08
Summe vor 77-86	***	***	-	-	-	-	0.77	0.2276	16398.1	0.937	0.49

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: $W = W$ -Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und $P < W = P(W < \hat{W})$ wenn die Nullhypothese zutrifft

Tab. 12: Ergebnisse des Reduktionstestes (zum 5% Niveau) ausgehend von der multiplen Regression:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2, \text{ wobei}$$

$Y = \log(\text{gesamtes Sproßstrockengewicht; kg/ha})$

$X = \log(\text{Altbestandsdichte; BD})$

$Z1 = \text{Dummy-Variablen mit der Kodierung } 0 = \text{im Zaun und } 1 = \text{außer Zaun}$

$X.Z1 = \text{Wechselwirkung } X.Z1$

$Z2 = \text{Dummy-Variablen mit der Kodierung } 0 = \text{ohne Bodenbearbeitung und } 1 = \text{mit Bodenbearbeitung}$

$X.Z2 = \text{Wechselwirkung } X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	F-Test und Signifikanzniveau						Bestimmtheitsmaß	Standardabweichung	Furnival Index	Shapiro-Wilk Test	
	F Global	partielle F								W	P<W
		X	Z1	X.Z1	Z2	X.Z2					
Fichte 77	***	***	**	-	-	-	0.80	0.5107	473.6	0.974	0.88
Fichte 78	***	***	-	-	-	-	0.66	0.6296	276.1	0.937	0.40
Fichte 81	*	*	-	-	-	-	0.37	0.3883	152.0	0.936	0.39
Fichte 77-86	***	***	**	-	-	-	0.84	0.3424	796.9	0.956	0.60
Tanne vor 77	**	**	**	-	-	-	0.83	0.6405	100.1	0.894	0.25
Tanne 77	***	***	**	-	-	-	0.74	0.6133	683.5	0.981	0.96
Tanne 80	***	***	***	-	-	-	0.80	0.2395	394.9	0.909	0.16
Tanne 81	**	**	-	-	-	-	0.42	0.2892	176.8	0.884	0.06
Tanne 83	**	**	*	-	-	-	0.62	0.3000	99.2	0.959	0.65
Tanne 77-86	***	***	***	-	-	-	0.80	0.2678	1300.9	0.959	0.65
Buche 85	***	**	-	-	-	*	0.72	0.3502	439.6	0.939	0.41
Buche 77-86	-										
Ahorn vor 77	-										
Ahorn 78	-										
Ahorn 80	***	***	-	-	-	-	0.62	0.3955	4764.4	0.989	1.00
Ahorn 82	**	**	-	-	-	-	0.54	0.2618	2114.5	0.962	0.69
Ahorn 85	-										
Ahorn 77-86	***	***	-	-	-	-	0.68	0.2318	7644.6	0.936	0.39
Summe 77-86	***	***	*	-	-	-	0.74	0.2284	12708.4	0.896	0.09
Summe vor 77-86	*	*	-	-	-	-	0.56	0.3142	22634.1	0.893	0.24

Signifikanzniveau: *** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.001
 ** bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.01
 * bei Irrtumswahrscheinlichkeit von 0.05
 - = nicht signifikant

Shapiro-Wilk Test: W= W-Teststatistik zur Überprüfung der zusammengesetzten Hypothese, daß die Residuen einer Normalverteilung entnommen wurden, und P<W= P(W<W) wenn die Nullhypothese zutrifft

Anhang IV : Achsenabschnitt und partielle Regressionskoeffizienten

Tab. 1: Achsenabschnitt (b_0) und partielle Regressionskoeffizienten (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) der ausgewählten ModelleAusgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei $Y =$ durchschnittliches Sproßtrockengewicht / Pflanze (mg) $X =$ relative Beleuchtungsstärke in % $Z1 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun $X.Z1 =$ Wechselwirkung $X.Z1$ $Z2 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung $X.Z2 =$ Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		Achsenabschnitt b_0	Regressionskoeffizienten				
	Y	X		b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Fichte 77	log(Y)	log(X)	-1.2598	2.6490				
Fichte 78	log(Y)	log(X)	-1.2019	2.4140	-0.2920			
Fichte 81	log(Y)	(X)	1.1873	0.0194				
Fichte 77-86	log(Y)	(X)	1.0757	0.0391				
Tanne vor 77	log(Y)	(X)	1.5550	0.0555	-1.6372			
Tanne 77	log(Y)	log(X)	-0.4250	2.2733	-0.6085			
Tanne 80	log(Y)	log(X)	1.1562	0.7616				0.1315
Tanne 81	log(Y)	(X)	1.5747	0.0163				
Tanne 83	log(Y)	(X)	1.5650	0.0107				
Tanne 77-86	log(Y)	(X)	1.5670	0.0302		-0.0117		
Buche 85	log(Y)	log(X)	1.4481	0.4983				
Buche 77-86	log(Y)	(X)	2.0747	0.0126	-0.2918			
Ahorn vor 77	log(Y)	log(X)	1.0003	1.5520				
Ahorn 78	log(Y)	log(X)	1.3361	1.1220				
Ahorn 80	log(Y)	log(X)	1.4248	0.8922				
Ahorn 82	log(Y)	log(X)	1.6111	0.5685				
Ahorn 77-86	log(Y)	log(X)	1.4812	0.8017				
Summe 77-86	log(Y)	log(X)	1.3237	0.8430				
Summe vor 77-86	log(Y)	log(X)	1.4617	0.8356				

Tab. 2: Achsenabschnitt (b_0) und partielle Regressionskoeffizienten (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) der ausgewählten Modelle

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

$Y =$ durchschnittliches Sproßtrockengewicht / Pflanze (mg)

$X =$ Altbestandsdichte (BD)

$Z1 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

$X.Z1 =$ Wechselwirkung $X.Z1$

$Z2 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

$X.Z2 =$ Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		Achsenabschnitt b_0	Regressionskoeffizienten				
	Y	X		b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Fichte 77	log(Y)	(X)	3.3060	-0.7052		-0.4116		
Fichte 78	log(Y)	(X)	2.9822	-0.7766	-0.2968			
Fichte 81	log(Y)	log(X)	1.6522	-0.6316				
Fichte 77-86	log(Y)	log(X)	2.0874	-1.3275	-0.2140			
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	2.9312	-1.8998	-1.7844			
Tanne 77	log(Y)	(X)	3.5293	-0.7419	-0.6346			
Tanne 80	log(Y)	(X)	2.5588	-0.2655				
Tanne 81	log(Y)	(X)	2.2696	-0.2437				
Tanne 83	log(Y)	(X)	2.0114	-0.1528				
Tanne 77-86	log(Y)	log(X)	2.3245	-1.2536	-0.3294	0.8228		
Buche 85	log(Y)	(X)	2.3074	-0.1632				
Buche 77-86	log(Y)	log(X)	2.3785	-0.4135	-0.3082			
Ahorn vor 77	log(Y)	(X)	3.6268	-0.4470				
Ahorn 80	log(Y)	(X)	2.9206	-0.2509				
Ahorn 82	log(Y)	(X)	2.5602	-0.1568				
Ahorn 77-86	log(Y)	(X)	2.8244	-0.2247				
Summe 77-86	log(Y)	(X)	2.7672	-0.2601				
Summe vor 77-86	log(Y)	(X)	2.8886	-0.2499				

Tab. 3: Achsenabschnitt (b_0) und partielle Regressionskoeffizienten (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) der ausgewählten Modelle

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

$Y =$ gesamtes Sproßrockengewicht (kg/ha)

$X =$ relative Beleuchtungsstärke in %

$Z1 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= im Zaun und 1= außer Zaun

$X.Z1 =$ Wechselwirkung $X.Z1$

$Z2 =$ Dummy-Variable mit der Kodierung 0= ohne Bodenbearbeitung und 1= mit Bodenbearbeitung

$X.Z2 =$ Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		Achsenabschnitt b_0	Regressionskoeffizienten				
	Y	X		b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Fichte 77	log(Y)	log(X)	-1.5525	3.6685	-0.8418			
Fichte 78	log(Y)	log(X)	-2.4634	3.8931				
Fichte 81	log(Y)	log(X)	0.7613	1.3994				
Fichte 77-86	log(Y)	log(X)	-0.1705	2.8284	-0.4912			
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	-0.1111	2.5905	-1.9990			
Tanne 77	log(Y)	log(X)	-0.9856	3.3616	-1.0987			
Tanne 80	log(Y)	(X)	2.6789	0.0321	-0.6160			
Tanne 81	log(Y)	log(X)	1.7356	0.8030				
Tanne 83	log(Y)	log(X)	0.9026	1.3361	-0.3943			
Tanne 77-86	log(Y)	(X)	2.9902	0.0388	-0.6071			
Buche 85	log(Y)	(X)	2.0260	0.0474				
Ahorn vor 77	log(Y)	log(X)	1.4203	2.0303				
Ahorn 80	log(Y)	log(X)	1.1373	2.2494				
Ahorn 82	log(Y)	(X)	3.3059	0.0260				
Ahorn 77-86	log(Y)	log(X)	2.7728	1.3338				
Summe 77-86	log(Y)	log(X)	2.8834	1.4229				
Summe vor 77-86	log(Y)	(X)	4.0762	0.0344				

Tab. 4: Achsenabschnitt (b_0) und partielle Regressionskoeffizienten (b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) der ausgewählten Modelle

Ausgangsmodell: $Y = b_0 + b_1X + b_2Z1 + b_3X.Z1 + b_4Z2 + b_5X.Z2$, wobei

Y = gesamtes Sproßstrockengewicht (kg/ha)

X = Altbestandsdichte (BD)

$Z1$ = Dummy-Variable mit der Kodierung 0 = im Zaun und 1 = außer Zaun

$X.Z1$ = Wechselwirkung $X.Z1$

$Z2$ = Dummy-Variable mit der Kodierung 0 = ohne Bodenbearbeitung und 1 = mit Bodenbearbeitung

$X.Z2$ = Wechselwirkung $X.Z2$

Baumart und Keimjahrgang	ausgewählte Transformation		Achsenabschnitt b_0	Regressionskoeffizienten				
	Y	X		b_1	b_2	b_3	b_4	b_5
Fichte 77	log(Y)	(X)	4.8652	-1.2250	-0.8846			
Fichte 78	log(Y)	(X)	4.2760	-1.2487				
Fichte 81	log(Y)	(X)	3.1354	-0.3309		-0.2560		
Fichte 77-86	log(Y)	(X)	4.7662	-0.9359	-0.5239			
Tanne vor 77	log(Y)	log(X)	3.3857	-2.1772	-2.1974			
Tanne 77	log(Y)	(X)	4.9292	-1.1483	-1.1388			
Tanne 80	log(Y)	(X)	3.9929	-0.4384	-0.6061			
Tanne 81	log(Y)	log(X)	2.8058	-0.7358				
Tanne 83	log(Y)	(X)	3.2252	-0.4350	-0.4096			
Tanne 77-86	log(Y)	log(X)	3.9464	-1.2812	-0.6778			
Buche 85	log(Y)	(X)	4.0101	-0.6965				
Ahorn vor 77	log(Y)	(X)	4.8933	-0.6117				
Ahorn 80	log(Y)	(X)	5.0404	-0.7333				
Ahorn 82	log(Y)	log(X)	3.9299	-0.8517				
Ahorn 77-86	log(Y)	(X)	5.0982	-0.4433				
Summe 77-86	log(Y)	(X)	5.4409	-0.4718	-0.2348			
Summe vor 77-86	log(Y)	(X)	5.4995	-0.4648				

Anhang V : Aufnahmeformulare

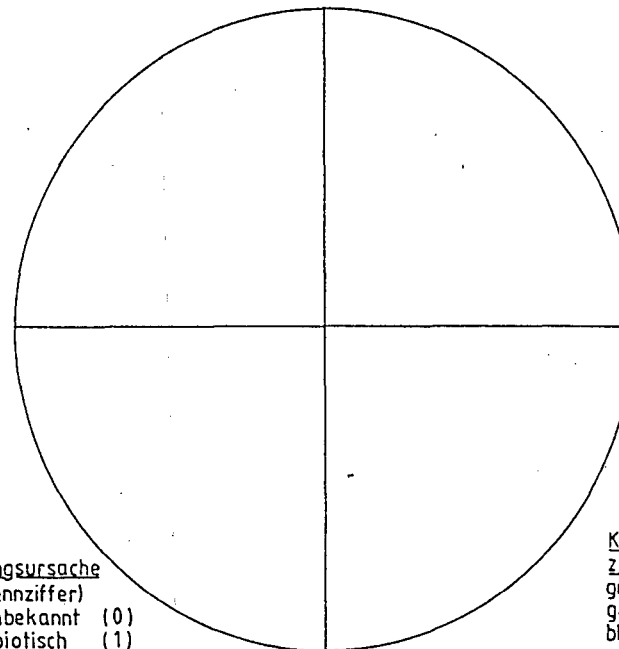
BERGMISCHWALD (RUHPOLDING-SIEGSDORF)-AUFNAHME DER NVJ IM HERBST 1986

AUFN-ART: 1,2 3,4,5 7 KREIS-NR: 9,10 () VEGI: 12,13,14 16,VEGI

FL. NR.: 3,4,5 7 BEH. 9,10 KREIS NR. ()

JAHR GANG	BAUM- ART	STAND		U	STAND	SCHADEN							HÖCHSTEF HÖHE(cm)						
		85	86			ab.1	bio.2	Pilz.3	Fraß.4	F.1	F.2	F.3	21	25					
1,2	4	6	10	1	2	4	16	7	8	20	2	14	16	18	130	21	35		
8 6	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
8 5	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
8 4	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
8 3	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
8 2	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
8 1	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
8 0	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
7 9	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
7 8	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
7 7	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		
7 6	FILLA 1																		
	TAEI 2																		
	BU 3																		
	AHIS 4																		

HÖHE DER HÖCHSTEN PFLANZEN IN [CM]																			
1,2	12	5	6	9	20	3	4	7	8	30	1	2	5	6	9	20	3	4	47
0	6																		



U = Abgangsursache
(Kennziffer)
x unbekannt (0)
/ abiotisch (1)
\ biotisch (2)
- Pilz (3)

Keimlings-
zeichen
grau 1976
gelb 1977
blau 1978
grün 1979
rot 1980
braun 1981
schwarz 1982
o blau 1983
o grün 1984
o schwarz 1985
o rot 1986

Schäden

ab.1 = abiotischer Schaden (z.B. Trockenheit, Frost, Auswaschung)
bio.2 = biotischer Schaden (außer Pilzschaden und Wild/Weideviehverbiß)
Pilz.3 = Pilzschaden
Fraß.4 = Summe der durch Wild /Weideviehverbiß geschädigten Pflanzen F.1+F.2+F.3
F.1 = neuer Verbiß am Gipfeltrieb
F.2 = alter Verbiß " "
F.3 = neuer + alter Verbiß am Gipfeltrieb

Baumarten

F = Fichte T = Tanne B = Buche A = Ahorn
L = Lärche Ei = Eibe V = Vogelbeere Es = Esche
M = Mehlbeere Ul = Ulme S = SLH

