

DIE BEDEUTUNG DES LICHTFAKTORS  
BEI NATURVERJÜNGUNGEN

Untersuchungen im montanen Fichtenwald

von

Robert EXNER

Institut für Waldbau

Herstellung und Druck

Forstliche Bundesversuchsanstalt  
A-1131 WIEN

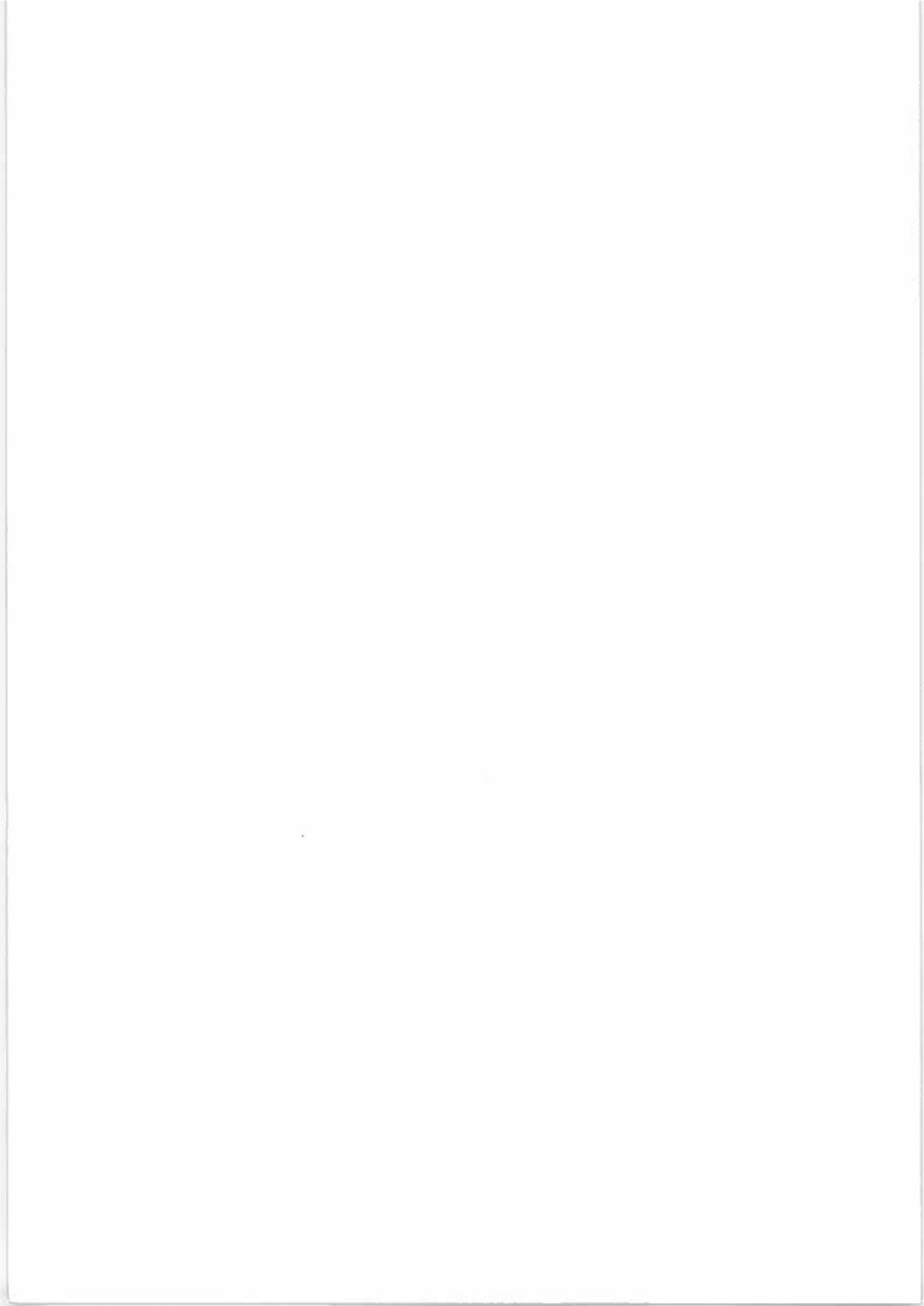
Copyright by  
Forstliche Bundesversuchsanstalt  
A-1131 WIEN

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	5 - 8
Fläche I    Absäumung-Bestandesrand-geschlossener Bestand	9 - 22
Tagesgang der Helligkeit an den einzelnen Meßstellen	
Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen	
Tagessummen, relative Bestandeshelligkeit in %	
Zusammenhänge zwischen dem Lichtfaktor und dem Wachstum der Fichten in der Naturverjüngung	
Fläche II    Kleine Bestandeslücke	23 - 32
Tagesgang der Helligkeit an den einzelnen Meßstellen	
Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen	
Tagessummen, relative Bestandeshelligkeit in %	
Zusammenhänge zwischen dem Lichtfaktor und dem Wachstum der Fichten in der Naturverjüngung	
Fläche III    Große Bestandeslücke	33 - 44
Tagesgang der Helligkeit an den einzelnen Meßstellen	
Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen	
Tagessummen, relative Bestandeshelligkeit in %	
Zusammenhänge zwischen dem Lichtfaktor und dem Wachstum der Fichten in der Naturverjüngung	
Zusammenfassung	45 - 48



## Die Bedeutung des Lichtfaktors bei Naturverjüngungen

### Einleitung

Im Rahmen des Projektes I/6 (Untersuchungen über den Einfluß des Mikroklimas auf das Wachstum von Sämlingen in Naturverjüngungen) werden seit dem Ende der 50er-Jahre insbesondere die Zusammenhänge zwischen dem Faktor Licht (wechselnde Lichtverhältnisse) und der Entwicklung von Koniferensämlingen in Naturverjüngungen untersucht. Das geschieht überwiegend auf Waldstandorten bzw. auf Versuchsflächen, die bei anderen Projekten des Waldbauinstitutes bearbeitet werden (Ergebnisse z. B. in Mitt. FBVA 58/1961 "Julbach", Mitt. FBVA 62/1963 "Rothwald", Mitt. FBVA 90/1970 "Litschau" und auch in verschiedenen Exkursionsführern).

Zuletzt wurden einschlägige Arbeiten ergänzend zum Projekt I/1 (Ableitung optimaler Bestandesformen, Rachoy, Informationsdienst der FBVA 187/1979/ "Standorts- und ertragsbezogener Waldbau") bei dem Teilprojekt "Steyr/DÖ" und nach einer mehrjährigen Unterbrechung (Erneuerung der Meßanlagen) bei dem Teilprojekt "Radstadt/Sbg" durchgeführt.

Alle Auswertungsdaten bestätigen zwar prinzipiell die bekannte Tatsache, daß der Lichtfaktor bei Fragen zur Naturverjüngung eine zentrale Bedeutung hat. Für den konkreten Standort und Bestand jedoch sind die zur Erzielung einer erwünschten Naturverjüngung entsprechenden waldbaulichen Handlungsmodelle zur Regulierung der Lichtverhältnisse (Stärke und Dauer) zumeist nur an Ort und Stelle zu erarbeiten. Besonders im Hinblick auf die derzeitige Waldschadenssituation ("Waldsterben") sind neben anderen waldbaulichen Maßnahmen alle Anstrengungen zu unternehmen, die Naturverjüngung zu fördern und alle Möglichkeiten dazu konsequent auszunützen, um die Vorteile, wie allmähliche Jugendentwicklung, standortsangepaßtes Material bzw. Anpassung an die örtlichen Gegebenheiten, vor allem ungestörte Entwicklung eines gesunden Wurzelsystems, dahingehend zu nützen, gesunde, vitale Bäume und stabile Bestände zu erziehen, um die Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. Eine wesentliche Einflußgröße auf das Wachstum der Pflanze stellt neben vielen anderen Faktoren, wie Grundgestein, Gründigkeit und Nährstoffhaushalt des Bodens, Niederschlag, Temperatur, Luftfeuchtigkeit usw. die Sonneneinstrahlung, also das Licht dar, und zwar besonders in den ersten Lebensjahren der Waldbäume, da sie in diesem Entwicklungsstadium einen wesentlich engeren, ökologischen Spielraum besitzen, als ältere Bäume. Dem Forstmann ist es möglich, durch Eingriffe in den Bestand die Lichtintensität zu steuern, und er nimmt somit wesentlichen Einfluß auf die Lebensbedingungen der jungen Pflanzen.

Die Lichtmessungen und die Ermittlung morphologischer Daten der Verjüngungspflanzen wurden auf drei Beispielsflächen bei unterschiedlichen ökologischen Bedingungen durchgeführt. Und zwar von einer Absäumungsfläche beginnend in

Richtung Bestandesrand und anschließenden Bestand bei verschieden starken Auflichtungsgraden, in einer kleinen und in einer großen Bestandeslücke. Als Untersuchungsraum wurde das Quarzphyllitgebiet um Radstadt (Forstverwaltung Radstadt der ÖBF) gewählt. Es handelt sich hier um das zwischenalpine Fichten-Tannengebiet (Wuchsgebiet I/3 nach TSCHERMAK) mit einheitlichem, bodensaurem Grundsubstrat im Übergangsbereich von der mittelmontanen zur hochmontanen Höhenstufe (1000 - 1200 m) mit einem mäßig feuchten, subkontinental-subozeanischen Übergangsklima.

#### Erhebung der Meßdaten für die Beleuchtungsstärke (Helligkeit)

Erfaßt wurde dabei nur der Wellenbereich des Lichtes, der vom Auge wahrgenommen wird. Als Maßeinheit gilt das Lux. Die Aufzeichnung der Werte erfolgte durch einen batteriebetriebenen Kompensationsschreiber (Sechsfarbenschreiber), verbunden mit Sensoren (Silizium-Kugelnzellen). Das Prinzip der Messung beruht auf der Lichtempfindlichkeit der Zelle. Der bei Lichteinwirkung auf die Zelle erzeugte elektrische Strom wird durch einen Fallbügel in 20 Sekunden-Intervallen auf einem Registrierstreifen angezeigt. Die Zelle hat eine ähnliche spektrale Empfindlichkeit wie das Menschaugenauge und erfaßt somit jenen Strahlenbereich, der für die Assimilationstätigkeit der Pflanzen besonders wichtig ist. Dieses System der Datenermittlung bietet gegenüber Punktmessungen mit Handluxmetern die Möglichkeit die Strahlungsverhältnisse über einen längeren Zeitraum zu erfassen. Im gegenständlichen Fall betrug der Zeitraum 2 - 5 Wochen (genauere Meßdaten werden bei der Beschreibung der Meßflächen angeführt) und zwar in den Sommermonaten der Jahre 1977 und 1978. Für exaktere Untersuchungen wäre es jedoch sicher erforderlich, die Aufnahmen über die gesamte Vegetationsperiode auszudehnen. Es sollten hier jedoch nur allgemeine Tendenzen aufgezeigt werden, inwieweit der Lichteinfluß sich auf das Wachstum der Pflanzen auswirkt. Für jede Fläche wurden als Beispiele zwei Sonnentage und zwei bewölkte Tage ausgewertet. Es hat sich gezeigt, daß Tage mit möglichst ungestörter Sonneneinstrahlung nur selten waren. Von großer ökologischer Bedeutung sind jedoch ohnehin Perioden, in denen der Himmel mehr oder weniger von Wolken bedeckt ist, wobei im wesentlichen diffuses Tageslicht vorherrscht und diesem somit für das Pflanzenwachstum eine wesentliche Rolle zukommt. Die Fichtennaturverjüngung ist hauptsächlich dem diffusen Licht angepaßt. Bei der Auswertung der Registrierstreifen für die Zellen im Bestand zeigten sich, hervorgerufen durch wandernde Lichtflecke, steile Spitzen im Kurvenverlauf. Sind diese nur kurzzeitig aufgetreten, blieben sie bei der Auswertung unberücksichtigt. Auf Grund bisheriger Untersuchungen (NÄGELI, 1940\*) darf angenommen werden, daß "Lichtspitzen" assimilatorisch nur bedingt wirksam sind. Die Bodenvegetation (auch Verjün-

\* zitiert bei "Naturverjüngung im Mischwald. Bestandesumbau sekundärer Kiefernwälder", Mitteilungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Band 90, 1970, S 98



Klimatische Verhältnisse (Jahrbücher der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik Wien, Jahrgang 1973-1978, Abschnitt 8, S 21-24, Station Radstadt)

Die Tabelle zeigt für die Jahre 1973-78 folgende Werte (für die Monate der Vegetationszeit und für das gesamte Jahr):

Jahr	Monat	Luft- temp. °C Mittel	Nieder- schlag mm	Zahl der Tage		
				heiter * -2/10	trüb 8/10+	w.bewölkt 2/10-8/10
1978	M	8,8	85	0	18	13
	J	12,6	81	2	13	15
	J	13,9	154	2	13	16
	A	13,5	90	2	12	17
	S	10,3	194	2	16	12
			604	8	72	73
		i.J.	999	% 5	47	48
1977	M	10,8	99	3	14	14
	J	14,0	124	1	10	19
	J	15,2	182	3	11	17
	A	14,0	103	1	15	15
	S	10,2	74	2	14	14
			582	10	64	79
		i.J.	1.090	% 6	42	52
1976	M	10,2	133	4	12	15
	J	14,0	95	5	6	19
	J	15,3	152	5	12	14
	A	12,3	132	2	15	14
	S	9,7	100	1	13	16
			612	17	58	78
		i.J.	984	% 11	38	51
1975	M	11,0	128	2	12	17
	J	12,0	214	1	16	13
	J	15,0	183	2	8	21
	A	15,1	126	2	11	18
	S	13,5	57	2	6	22
			708	9	53	91
		i.J.	1.071	% 6	35	59
1974	M	9,0	110	2	16	13
	J	11,4	180	1	15	14
	J	14,4	159	3	13	15
	A	15,9	136	5	9	17
	S	11,0	133	2	6	22
			718	13	59	81
		i.J.	1.296	% 8	39	53
1973	M	10,6	84	4	9	18
	J	13,7	176	1	15	14
	J	14,6	85	1	13	17
	A	15,7	96	9 !	9	13
	S	11,5	113	7 !	9	14
			554	22 !	55	76
		i.J.	1.077	% 14	36	50

Tab. 1

\* Anteil der bewölkten Fläche zur gesamten, sichtbaren Himmelsfläche in Zehntel.



Fläche I      Absäumung - Bestandesrand - geschlossener Bestand (Abb. 1)

Lage: FVW Radstadt, FDB Untertauern Mord, U.Abtlg. 160 m

Seehöhe: 1.030 m      Exposition: NNO      Hangneigung: 22°

Von Ost nach West gesehen ergibt sich folgende Situation:

Fichtenbestand (Jugend II), Baumhöhen bis ca. 4 m, Brusthöhendurchmesser bis 10 cm. An die Jugend II schließt eine etwa 15 m breite Absäumungsfläche an, bestockt mit Fi-Verjüngung (Jugend I). Die Absäumung wurde im Jahre 1972 durchgeführt. Anschließend erstreckt sich ein Fi-Ta(Lä)-Altholzbestand, der im Jahre 1973 vom Rand her in einem Bereich von ca. 40 m in den Bestand hinein aufgelichtet wurde.

Zellenstandorte: Die Zelle 1 für die Ermittlung der Freilandhelligkeit wurde über dem Kronendach der Jugend II montiert, 25 m vom Bestandesrand des Altholzes entfernt. Spätnachmittags ergab sich durch diesen Bestand eine Schatteneinwirkung, die eine Störung des Kurvenverlaufs der Helligkeit zur Folge hatte. Die registrierten Werte der letzten Tagesstunden mußten aus diesem Grunde etwas ausgeglichen werden. Zelle 2 wurde auf der Absäumungsfläche, ca. 5 m vom Bestandesrand entfernt, Zelle 3 ca. 15 m vom Bestandesrand entfernt im Bestandesinneren (Bereich des aufgelichteten Bestandes) und die Zellen 4 und 5 im Bestandesbereich mit dichterem Kronenschluß (50 -65 m vom Bestandesrand entfernt) montiert.

#### Beschreibung des Altholzbestandes

Größe der aufgenommenen Fläche:  $33 \times 80 \text{ m} = 2.640 \text{ m}^2$  (0,26 ha).

Holzartenverteilung: 85 % Fichte, 14 % Tanne, 1 % Lärche. Mittlere Baumhöhe 32,5 m. 90 % aller Bäume befinden sich in einem Höhenrahmen von 30 bis 36 m. Der mittlere Stammdurchmesser (BHD) beträgt 36,8 cm. Das durchschnittliche Alter liegt bei 120 Jahren. Ein Nebenbestand ist nicht vorhanden.

Bestandesgrundfläche je ha: 38,56 m<sup>2</sup>      Baumzahl je ha: 353

Bestandesgefüge: Einschichtiger Aufbau. Von gruppenweise lockerem bis geschlossenem Kronenschluß.

#### Verteilung nach Wuchsklassen

Baumholz I (20,5-35,4 cm)      46 %      (92 % Fichte, 6 % Tanne, 2 % Lärche)

Baumholz II (35,5-50,4 cm)      54 %      (80 % Fichte, 20 % Tanne)

Die Wuchsklassen Stangenholz (10,5-20,4 cm) und Starkholz (über 50,5 cm) sind nicht vertreten.

#### Vegetation

Auf der vom Altholz bestockten Fläche hat sich im wesentlichen ein Heidelbeer-Drahtschmieletyp ausgebildet. Plätzweise wird der Boden von einigen Moosarten (Etagen-, Torf-, Widertonmoos) bedeckt. An feuchteren Stellen finden sich noch Haingilbweiderich, Wald-Schachtelhalm, Rasenschmiele (*Deschampsia caespitosa*) und Vergißmeinnicht ein. Das starke Aufkommen der Heidelbeere, insbesondere im Halbschatten (Bereich des aufgelichteten Altholzbestandes), zeigt eine Boden-

versauerung an. Bei weiterer Rohhumusanhäufung und einer zunehmenden Versauerung besteht die Gefahr, daß der bestehende Heidelbeer-Drahtschmieletyp in einen Torfmoos-Heidelbeer-Drahtschmieletyp übergeht. Außerhalb des Bestandes auf der Freifläche (Jugend I) finden sich noch Himbeere, Walderdbeere, Hanfnessel und Preiselbeere ein.

#### Naturverjüngung auf der Gesamtfläche

Diese besteht im wesentlichen nur aus Fichte. Die Verbreitung und das Wachstum der Fichte, besonders im Keimlingsstadium, wird durch die Heidelbeere stellenweise stark behindert. Die Tanne, obwohl im Mutterbestand zu 14 % vertreten, findet man nur sporadisch im Keimlingsstadium bei den Zellenstandorten 4 und 5 (dichtes Bestandesgefüge). Ihr Aufkommen wird durch die starke Konkurrenz der Fichte, der Heidelbeere und durch Wildverbiss verhindert. Die erhobenen Meßdaten beziehen sich also nur auf die Fichte.

#### Überschirmungsgrad bei den Zellen

Um den Grad der Überschirmung durch den Altholzbestand im unmittelbaren Bereich jeder Zelle feststellen zu können, wurde um jede Zelle eine Probekreisfläche mit einem Durchmesser von 18 m (ergibt eine Kreisfläche von 254 m<sup>2</sup>) eingemessen und ausgewertet. Bei Zelle 2 beträgt der Grad der Überschirmung 12 %, bei Zelle 3 38 %, bei Zelle 4 64 % und bei Zelle 5 90 %.

#### Zeitraum der Lichtmessungen

Die Registrierung der Lichtwerte erfolgte in der Zeit vom 6. Juli bis 20. Juli 1977 über einen Zeitraum von 15 Tagen. Davon waren 3 Tage sonnig, 9 bewölkt und 3 stark bewölkt.

Für die Ermittlung der Einstrahlungsintensität, den Verlauf der Helligkeit und die Einstrahlungsdauer wird als Beispiel für die Zellenstandorte 2 - 5 (bei den Flächen II und III jeweils für die Zellenstandorte 1 - 6) ein sonniger Tag grafisch dargestellt.

#### Tagesgang der Helligkeit an den einzelnen Meßstellen am 7. Juli 1977 (sonnig)

(Abb. 2)

##### Zelle 2

Der Grad der Überschirmung durch das Altholz beträgt bei diesem Zellenstandort 12 %. Es muß in Betracht gezogen werden, daß sich der Einfluß des Altholzes nicht nur durch die direkte Überschirmung, sondern auch durch Bildung eines Teilschattens auswirkt. Die Reichweite und Intensität des Schattens sind sowohl von der Bestandeshöhe als auch von der Tages- und Jahreszeit abhängig. Die gesamte Einstrahlungsdauer beträgt etwa 15 1/2 Stunden. Der Kurvenverlauf zeigt, um 1/2 5 Uhr beginnend, bereits in den ersten Morgenstunden einen starken Anstieg, erreicht Werte bis 100.000 Lux und fällt, abgesehen von einigen kurzzeitigen Störungen, um 13 Uhr auf etwa 25.000 Lux ab. In weiterer Folge ist im wesentlichen ein kontinuierliches Absinken der Werte zu erkennen. Über

eine Tageshälfte herrscht somit volle Sonneneinstrahlung, in der zweiten Tageshälfte wirkt sich die Schattenwirkung des Altholzes voll aus.

#### Zelle 3

Der Grad der Überschirmung durch das Altholz beträgt 38 %. Die lichtökologische Situation wird nicht nur allein durch die direkte Schatteneinwirkung der Bäume auf der Kreisfläche beeinflusst (im Umkreis von 9 m um die Zelle), es sind auch die Bäume des umgebenden Bestandes in Betracht zu ziehen. Dies gilt natürlich auch für alle übrigen Zellenstandorte.

Die gesamte Einstrahlungsdauer beträgt 15 Stunden. Es zeigt sich von den Morgenstunden an ein kontinuierlich steil ansteigender Kurvenverlauf bis 10 Uhr vormittag (Höchstwerte 90.000 Lux), in weiterer Folge tritt ein Absinken auf ca. 25.000 Lux ein. Bis 1/2 4 Uhr nachmittag bleiben die Werte zwischen 10.000 und 20.000 Lux (von einigen Lichtspitzen unterbrochen) und sinken dann kontinuierlich ab.

#### Zelle 4

Der Grad der Überschirmung durch das Altholz beträgt 64 %. Es tritt bereits eine wesentliche Reduzierung der Einstrahlungsintensität ein. Über einen großen Bereich der Tageslänge liegen die Werte bei 10.000 Lux und werden nur durch einige kurzzeitig auftretende Lichtspitzen überschritten. Im Laufe des Nachmittags bis zum Abend gehen die Werte auf 5.000 Lux zurück. Die Grundhelligkeit \* liegt bei ca. 5.000 - 10.000 Lux.

#### Zelle 5

Der Grad der Überschirmung durch das Altholz beträgt 90 %. Zum überwiegenden Teil der Tageslänge bleiben die Strahlungswerte unter 5.000 Lux, nur unterbrochen von einigen Lichtspitzen um 9 Uhr vormittag und um die Mittagsstunden. Die Grundhelligkeit liegt bei etwa 3.000 bis 4.000 Lux.

#### Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen (Abb. 3, Tab. 2)

Vergleich zwischen den Werten der Freilandzelle (immer Zelle 1) mit den übrigen Zellen und zwischen einem sonnigen und einem bewölkten Tag. Der Optimalbereich für die Fichte liegt nach den Ergebnissen von MILLER (1959\*\*) für die Schattenform (im Bestand) bei etwa 10.000 Lux, für die Lichtform bei 30.000 - 40.000 Lux. Für das Pflanzenwachstum ist nicht nur die Höhe der Lichtwerte wesentlich, sondern auch die Zeitdauer, in der diese auf die Pflanzen einwirken.

\* Grundhelligkeit (NÄGELI, 1940): Ist ein Schwellenwert, der überall vom Morgen bis zum Mittag etwas ansteigt, um dann gegen Abend wieder abzufallen. Dieses Ansteigen und Abfallen ist zur Hauptsache auf die gleichsinnige Veränderung der Freilandhelligkeit zurückzuführen. Die Grundhelligkeit entspricht ziemlich genau dem diffusen Licht.

\*\* zitiert bei "Naturverjüngung im Mischwald. Bestandesumbau sekundärer Kiefernwälder", Mitteilungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt, Band 90, 1970, S 99

Weiters ist auch in Betracht zu ziehen, daß die bewölkten Tage von großer ökologischer Bedeutung sind, da diese im Jahresdurchschnitt (z.B. für den Raum Radstadt von 1973-78: 80 % aller Tage) am häufigsten vorkommen.

#### Zelle 2

Die Verjüngungspflanzen bei diesem Zellenstandort (Bestandesrand - Freifläche) könnte man einer Zwischenform von Schatten- und Lichtform zuordnen. Dies würde bedeuten, daß der Optimalbereich zwischen 10.000 - 30.000 Lux liegt. An einem sonnigen Tag (Tagessumme ca. 978.000 Lux) werden diese Werte über einen Zeitraum von beinahe 13 Stunden (oder 83 % der gesamten Tageslänge), an einem bewölkten Tag (Tagessumme ca. 143.500 Lux) über 4 Stunden (oder 27 % der gesamten Tageslänge) erreicht.

#### Zelle 3

Die Zeitdauer, in der Luxwerte in den höheren Bereichen erreicht werden, ist im Vergleich zum Zellenstandort 2 wesentlich kürzer. Der Bereich 10.000 - 30.000 Lux wird am sonnigen Tag über eine Zeitdauer von ca. 11 Stunden (70 % der gesamten Tageslänge) erreicht. Am bewölkten Tag werden Werte über 10.000 Lux nicht mehr erreicht. Über 3 1/2 Stunden wirken noch 5.000 - 10.000 Lux und über 12 Stunden 1.000 - 5.000 Lux. Der Optimalbereich um 10.000 Lux (für den Schattentyp) ist somit nur mehr in geringerem Ausmaß vertreten.

#### Zelle 4

Der Bereich um 10.000 Lux bzw. bis 30.000 Lux wird am sonnigen Tag zwar noch mit 25 % der Einstrahlungsdauer erreicht, am bewölkten Tag fällt er jedoch zur Gänze aus.

#### Zelle 5

Es tritt eine weitere Verminderung der Strahlungswerte ein. Am bewölkten Tag wird wie bei Zelle 4 nur mehr der Bereich bis 5.000 Lux erreicht, und zwar über 5 1/2 Stunden (36 % der Tageslänge).

#### Tagessummen, relative Bestandeshelligkeit in %, Durchschnittswerte (Tab.3)

Für jede Fläche und Zelle wurden die Tagessummen von zwei sonnigen und zwei bewölkten Tagen und deren Durchschnittswerte ermittelt. Als bewölkte Tage wurden nur jene in Betracht gezogen, an denen die Außenhelligkeit im wesentlichen nicht über 30.000 Lux anstieg. Die Ermittlung der Tagessummen wurde folgendermaßen durchgeführt: 1.) Addition der Luxwerte (pro Zelle wird jede zweite Minute vom Meßgerät ein Helligkeitswert aufgezeichnet); für halbe Stunden, dividiert durch 15, ergibt das Mittel je 1/2 Stunde. 2.) Berechnung der Stundenmittelwerte. 3.) Addition der Stundenmittelwerte.

#### Zelle 1

Tagessumme im Mittel zweier Sonnentage: ca. 983.000 Lux (100 %) und Tagessumme im Mittel zweier bewölkter Tage: ca. 182.000 Lux (100 %).

#### Zelle 2

Tagessumme im Mittel zweier Sonnentage: ca. 700.000 Lux, relative Bestandeshelligkeit \* 71 %. Tagessumme im Mittel zweier bewölkter Tage: ca. 135.000 Lux, relative Bestandeshelligkeit 74 %. Es zeigt sich, daß an Tagen mit Bewölkung die relative Bestandeshelligkeit auf dem Zellenstandort prozentuell höher liegt als an sonnigen Tagen (erhöhter diffuser Lichtanteil). Durch die Bewölkung verringert sich die Tagessumme um 81 %. Dieser Prozentsatz erscheint sehr hoch, fällt jedoch hinsichtlich des Pflanzenwachstums nicht so ins Gewicht, da die hohen Werte (über 30.000 Lux) von den Pflanzen assimilatorisch ohnehin nicht in vollem Umfang verwertet werden (NÄGELI, 1940).

#### Zelle 3

An Tagen mit Bewölkung verringert sich die Tagessumme um 83 %, etwa gleich wie bei Zelle 2. Die relative Bestandeshelligkeit liegt zwischen 48 und 44 % und hat sich bei geringeren Tagessummen nicht wie bei Zelle 2 erhöht, sondern verringert. Diese Situation ist nur bei diesem Zellenstandort eingetreten.

#### Zelle 4

An Tagen mit Bewölkung verringert sich die Tagessumme um 78 %. Die relative Bestandeshelligkeit ist bereits auf 17 - 19 % abgesunken.

#### Zelle 5

Die Tagessumme an den bewölkten Tagen hat hier mit 17.000 Lux gegenüber allen übrigen Zellenstandorten den tiefsten Wert erreicht, das gilt auch für die Werte der relativen Bestandeshelligkeit.

#### Zusammenhänge zwischen dem Lichtfaktor und dem Wachstum der Fichten in der Naturverjüngung (Abb. 4,5, Tab. 4)

Bei Erhebung der Meßdaten für die Naturverjüngung wurden die Pflanzen für jeden Zellenstandort gesondert in eine Ober-, Mittel- und Unterschicht eingeteilt. In erster Linie sind jedoch die Werte der Pflanzen aus der Oberschicht in Betracht zu ziehen, nachdem voraussichtlich überwiegend diese den zukünftigen Bestand begründen werden, und auch hier werden noch durch Konkurrenzkampf viele Individuen ausscheiden. Zur Vervollständigung werden Meßdaten der Pflanzen, die der Mittel- und Unterschicht zuzuordnen sind, in der Tabelle 4 angegeben.

Es wurden bei sämtlichen Pflanzen aus der Ober-, Mittel- und Unterschicht die jährlichen Höhenzuwächse der letzten 5 Jahre (1973-1977, bei den Pflanzen aus der Unterschicht konnte der Höhenzuwachs nur im letzten Jahr genau gemessen werden) und die Gesamthöhen gemessen und deren Durchschnittswerte ermittelt. Für die Altersermittlung wurden aus jeder Schicht drei Pflanzen ausgewählt (die größte, eine mittlere und die kleinste) und aus diesen Meßergebnissen ebenfalls die Durchschnittswerte errechnet. Die Ermittlung der Daten Alter, Höhen-

\* Relative Bestandeshelligkeit ist das Verhältnis der Helligkeit im Bestand zur jeweiligen Freilandhelligkeit und wird in Prozent angegeben.

zuwächse und Gesamthöhen für die Flächen II und III erfolgten in gleicher Weise wie hier auf Fläche I.

#### Zelle 2

16 % (15 Stk.) der Gesamtanzahl der Pflanzen sind der Oberschicht zuzuordnen. Sie haben eine Höhe von 83 - 130 cm ( $\bar{x}$  96 cm), bei einem durchschnittlichen Alter von 15 Jahren. Der Höhenzuwachs der letzten 5 Jahre liegt bei 66 cm, dies ergibt einen durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von etwa 13 cm. Bis zum Jahre 1972 betrug die Gesamthöhe 30 cm, im Jahre 1977 (Meßjahr), also 5 Jahre nach Räumung des Altholzes bzw. 4 Jahre nach Auflichtung des angrenzenden Bestandes, bereits 96 cm. Diese Ergebnisse zeigen, daß sich ein erhöhtes Lichtangebot (neben erhöhter Wärmezufuhr, größere Niederschlagsmenge usw.) wesentlich auf das Pflanzenwachstum auswirkt. Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß die Naturverjüngung in der Anwuchsphase oftmals in einem harten Konkurrenzkampf mit der übrigen Vegetation (Heidelbeere) steht, und das Wachstum in den ersten Lebensjahren infolge geringerer Nadelmasse (Assimilationsmasse) an und für sich geringer ist. Der hohe Prozentsatz an Zuwachssteiigerung läßt sich demnach nicht nur dem erhöhten Lichtfaktor zuordnen. Es zeigt sich jedoch durch die günstigere Lichtsituation eine eindeutige Tendenz zu besserem Wachstum. Die Pflanzen, bis zum Jahre 1972 in einer Wartephase, sind nach Durchführung des Absäumungshiebes in eine Wuchsphase eingetreten.

#### Zelle 3

19 % (13 Stück) der Gesamtanzahl der Pflanzen sind der Oberschicht zuzuordnen. Sie haben eine Höhe von 40 - 75 cm ( $\bar{x}$  52 cm) bei einem durchschnittlichen Alter von 18 Jahren. Das Wuchsverhalten der Pflanzen bis zum Jahre 1972 ist jenem bei Zelle 2 gleichzusetzen. Es kann also angenommen werden, daß bis zu diesem Zeitpunkt die lichtökologische Situation auf beiden Zellenstandorten sehr ähnlich war. Der Höhenzuwachs in den letzten 5 Jahren betrug im Durchschnitt jährlich ca. 4 cm, das sind etwa um 70 % weniger als bei den Pflanzen auf der Absäumungsfläche. Nach dem Auflichtungshieb im Jahre 1973 zeigen die Pflanzen in ihrem Wuchsverhalten in den zwei darauffolgenden Jahren nur eine unwesentliche Steigerung, ab 1975 ist bereits eine beginnende Zuwachssteiigerung zu erkennen. Die Pflanzen gehen von einer Warte- in eine beginnende Wuchsphase über.

#### Zelle 4

10 % (4 Stück) der Gesamtanzahl der Pflanzen sind der Oberschicht zuzuordnen. Bei einem Alter von 22 Jahren beträgt die Gesamthöhe im Durchschnitt erst 53 cm, der durchschnittliche jährliche Zuwachs in den letzten 5 Jahren 2,5 cm. Diese Daten unterstreichen die Tatsache, daß die Verjüngung bereits 2 Jahrzehnte lang in einer Wartephase steht. Den Pflanzen steht gerade noch soviel Licht zur Verfügung, als sie für ein Überleben benötigen.

Zelle 5

39 % (9 Stück) der Gesamtanzahl der Pflanzen sind der Oberschicht zuzuordnen. Die im Durchschnitt 14 Jahre alten Pflanzen, mit einer Gesamthöhe von 24 cm und einem durchschnittlichen jährlichen Zuwachs von 1,6 cm in den letzten 5 Jahren, befinden sich ganz eindeutig in einer Wartephase. Hinzu kommt noch der Konkurrenzkampf mit der übrigen Vegetation (Heidelbeere). Welch große Zuwachsverluste hier bereits eingetreten sind, erkennt man, wenn man einen Vergleich mit den Pflanzen auf der Absäumungsfläche (Zelle 2) anstellt. Diese weisen - bei im Durchschnitt gleichem Alter - in den letzten 5 Jahren einen Zuwachs auf, der um das 8-fache höher ist.





Situationsplan  
Fläche I

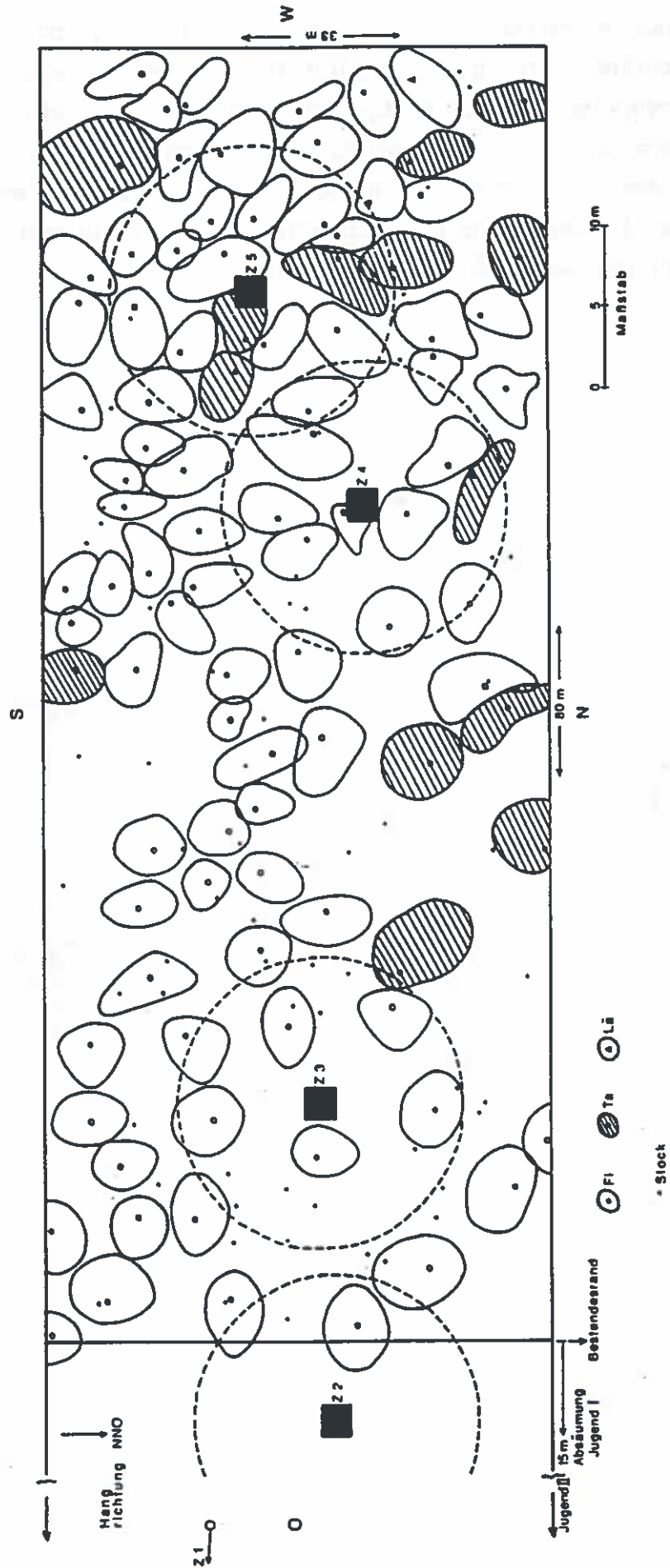
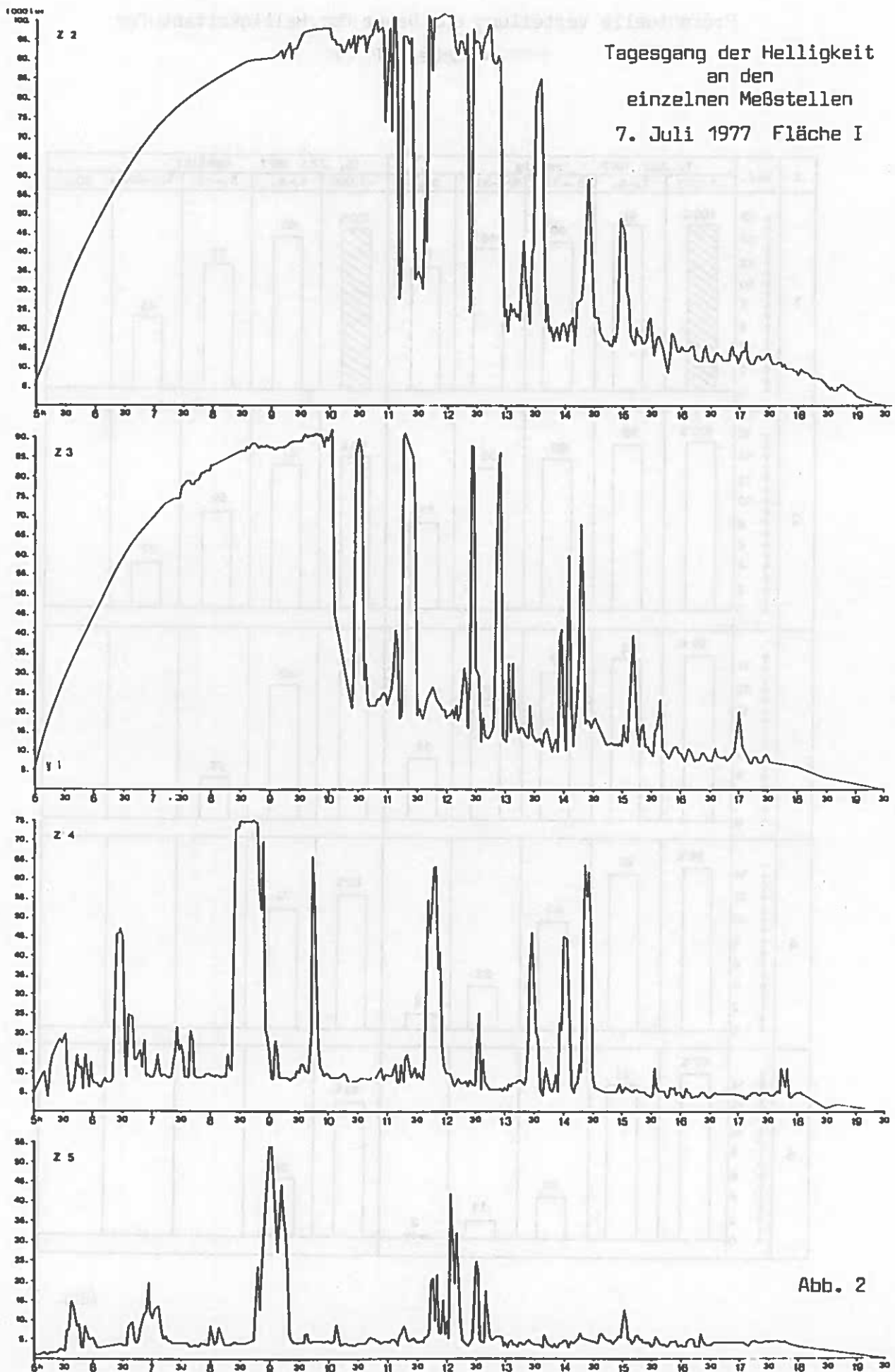


Abb. 1





# Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen

Fläche I

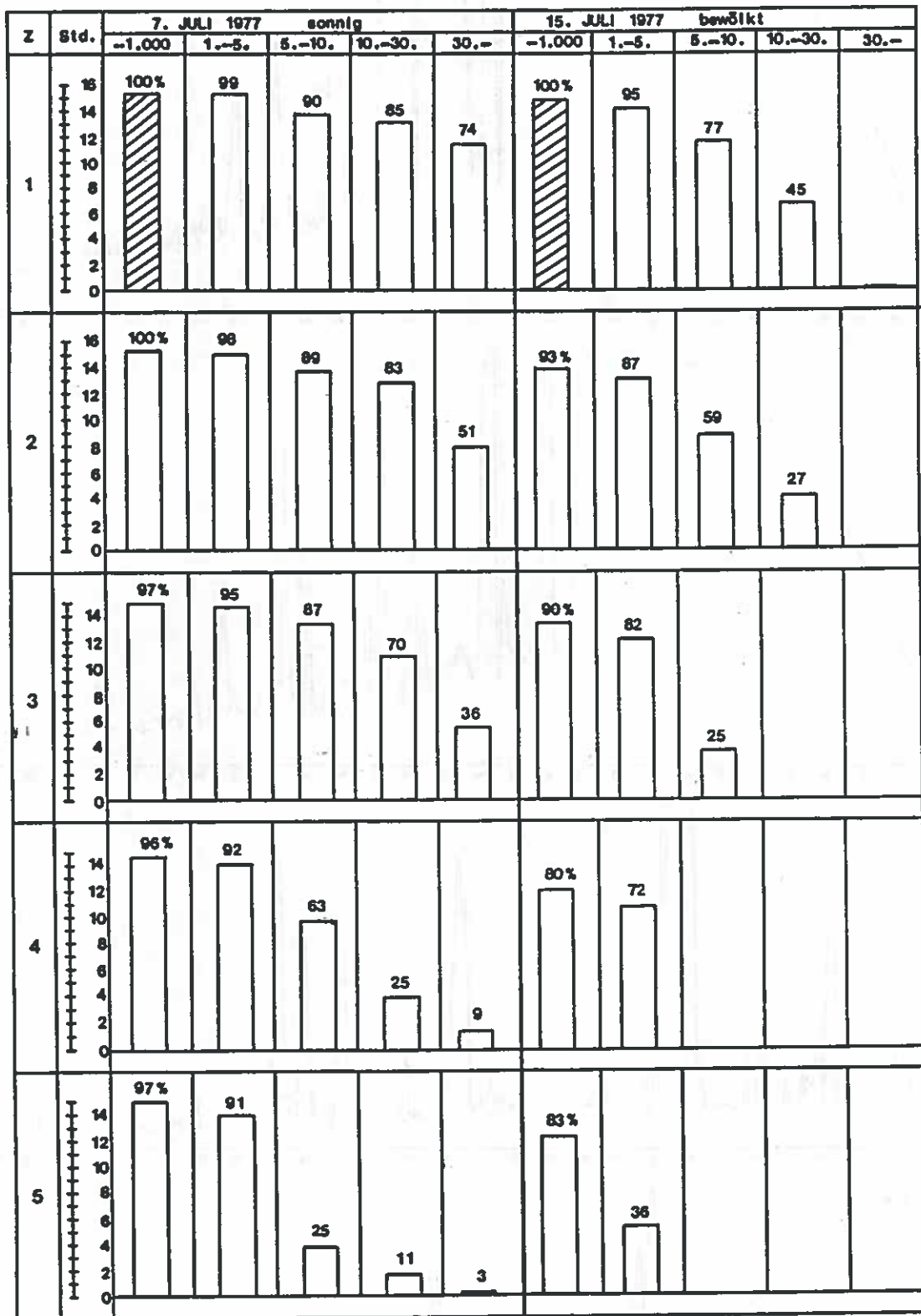


Abb. 3

Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen  
Fläche I

	Sonniger Tag ( 7. Juli )		Bewölkter Tag (15. Juli)	
Lux	%	Zeitdauer h min	%	Zeitdauer h min
<u>Zelle 2</u>				
- 1.000	100	15 22	93	13 48
1. - 5.000	98	15 8	87	13 -
5. - 10.000	89	13 44	59	8 42
10. - 30.000	83	12 48	27	4 2
30. -	51	7 48	-	- -
<u>Zelle 3</u>				
- 1.000	97	14 58	90	13 26
1. - 5.000	95	14 40	82	12 10
5. - 10.000	87	13 20	25	3 49
10. - 30.000	70	10 50	-	- -
30. -	36	5 34	-	- -
<u>Zelle 4</u>				
- 1.000	96	14 48	80	11 54
1. - 5.000	92	14 8	72	10 44
5. - 10.000	63	9 44	-	- -
10. - 30.000	25	3 50	-	- -
30. -	9	1 24	-	- -
<u>Zelle 5</u>				
- 1.000	97	14 56	83	12 20
1. - 5.000	91	14 -	36	5 24
5. - 10.000	25	3 48	-	- -
10. - 30.000	11	1 40	-	- -
30. -	3	24	-	- -

Tab. 2

Tagessummen, relative Bestandeshelligkeit in %, Ø Werte  
Fläche I

Tag	Z 1 (Freiland)		2		3		4		5	
	Lux	%	Lux	%	Lux	%	Lux	%	Lux	%
6. Juli sonnig	988.620	100	685.570	69,3	437.610	44,3	152.430	15,4	82.610	8,4
7. Juli sonnig	978.280	100	712.890	72,9	502.380	51,4	181.820	18,6	88.140	9,0
Ø sonnig	983.450	100	699.230	71,0	470.000	47,7	167.130	17,0	85.380	8,7

15. Juli bewölkt	143.510	100	107.040	74,6	52.500	36,6	26.220	18,3	13.220	9,2
17. Juli bewölkt	221.380	100	163.360	73,7	109.550	49,4	43.050	19,4	21.610	9,7
Ø bewölkt	182.450	100	135.200	74,1	81.030	44,4	34.640	19,0	17.420	9,5

		Z 1		2		3		4		5	
			%		%		%		%		%
sonnig	%		100		100		100		100		100
bewölkt	%	(-81,4)	18,6	(-80,7)	19,3	(-82,8)	17,2	(-78,1)	21,9	(-79,6)	20,4

Tab. 3

Zeitpunkt der Ankeimung, Gesamthöhe und Jahreszuwächse in  
den letzten 5 Jahren der Pflanzen aus der Oberschicht  
Fläche I

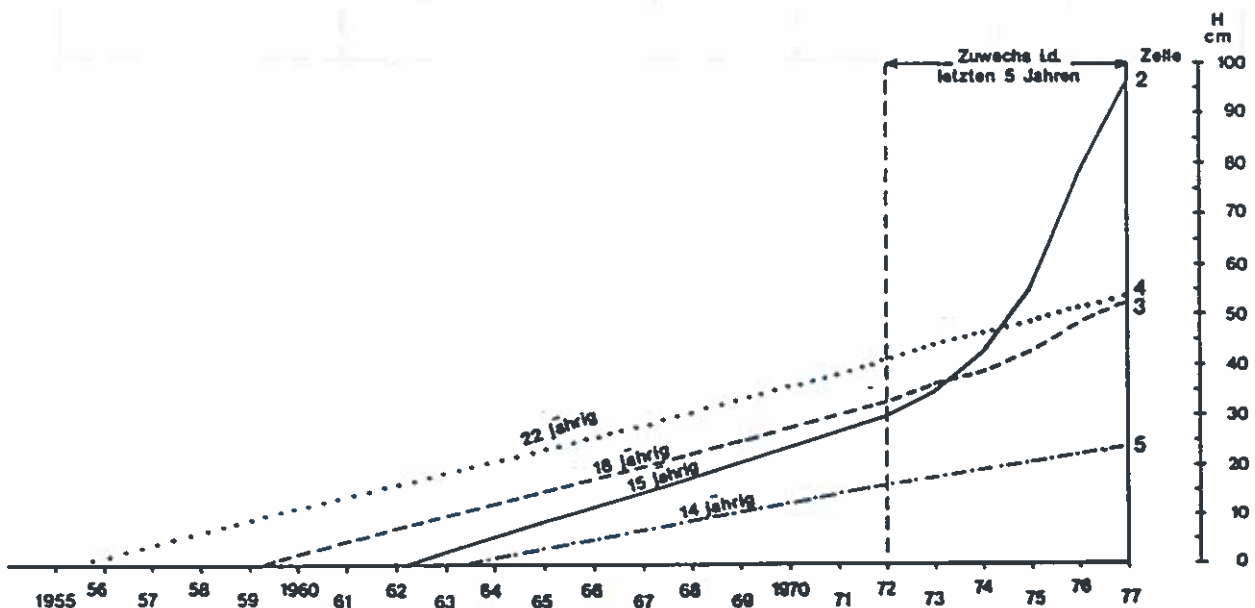


Abb. 4

Prozentuelle Verteilung der Pflanzenanzahl nach Ober-Mittel-Unterschicht  
Höhenverteilung und Mittelhöhen.  
(Größe der aufgenommenen Jungwuchsflächen 4 m<sup>2</sup>)

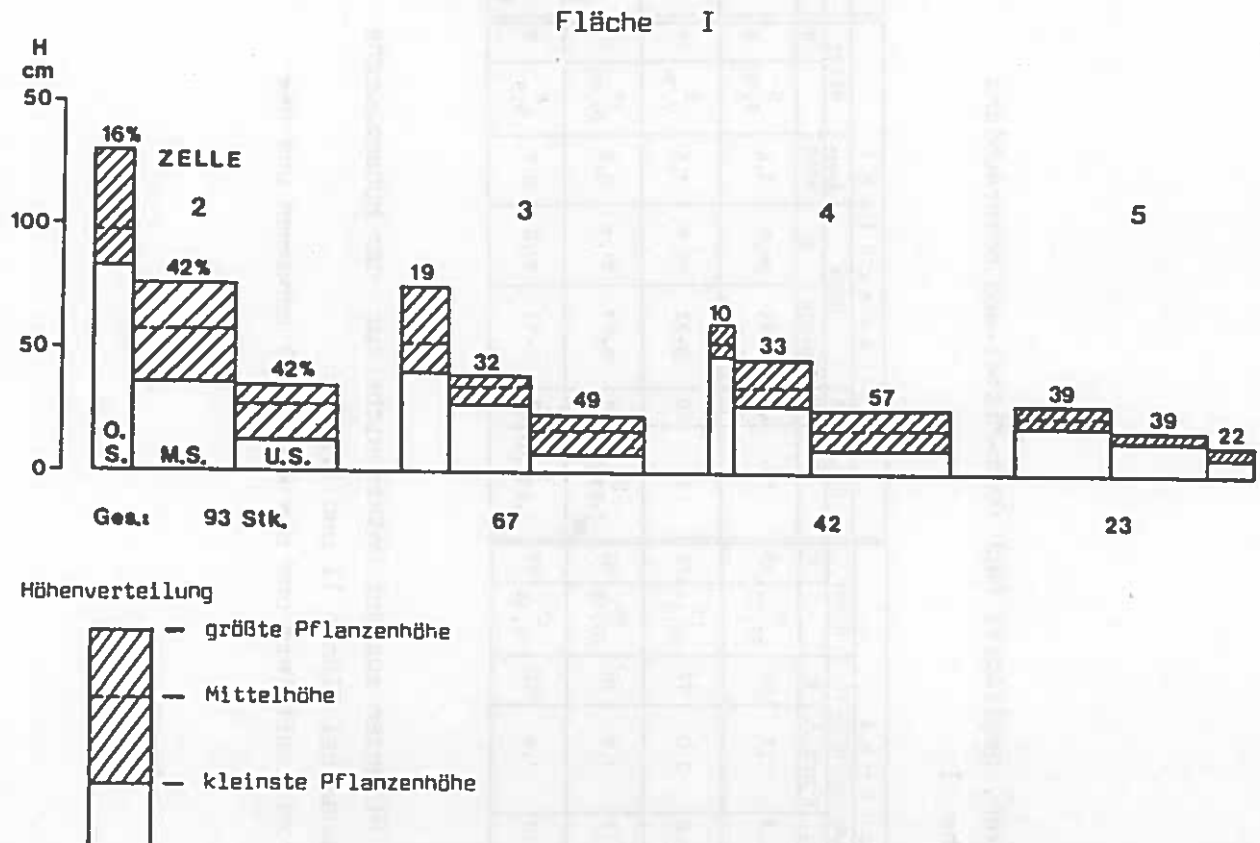


Abb. 5

Höhe, Jahreszuwächse 1973-77 und Alter der Pflanzen, gegliedert nach Ober-Mittel- und Unterschicht  
Fläche I

O b e r s c h i c h t										M i t t e l s c h i c h t										U n t e r s c h i c h t										G e s a m t																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Z	Stk.	%	Höhe	▲	Zuwächse 1973-77		Alter	▲	%	Stk.	%	Höhe	Zuwächse 1973-77		Alter	%	Stk.	%	Höhe	von-bis	Ø	Zuw.	1977	Alter	%	Stk.	%	Höhe	von-bis	Ø	Zuw.	1977	Alter	%	Stk.	%																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
					Ren.	Ø pro J.							Ren.	Ø pro J.																							Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.	Ø pro J.	Ren.

Tab. 4

- Ta (Keimlingsgröße), wurden nicht gemessen
- ▲ Die Pflanzenhöhen und Zuwächse der letzten 5 Jahre (bei den Pflanzen aus der Unterschicht nur der Höhenzuwachs des letzten Jahres) wurden bei allen Pflanzen ermittelt (ebenso bei Fläche II und III)
- Aus jeder Schicht wurden jeweils drei Pflanzen (die größte, eine mittlere und die kleinste) genommen und das Alter bestimmt (ebenso bei den Flächen II und III)

Fläche II

Kleine Bestandeslücke (Abb. 6)

Lage: FVW Radstadt, FDB Untertauern Nord, U.Abtlg. 58 a

Seehöhe: 1.140 m

Exposition: NNW

Hangneigung: 9 - 13°

Die Bestandeslücke, mit einem Durchmesser von ca. 13 m und einer Fläche von 133 m<sup>2</sup>, entstand durch Schneebruch in den Jahren um 1950. Auf Grund der Altersermittlung der Naturverjüngungspflanzen dürfte sich ab dem Jahre 1954 die erste Ansamung eingestellt haben.

Zellenstandorte: Die Zelle 1 für die Ermittlung der Freilandhelligkeit wurde auf einer von der Lücke ca. 50 m entfernt stehenden 35 m hohen Fichte (Bestandesrand) montiert. Dadurch konnten die Tagesgänge der Helligkeit störungsfrei aufgezeichnet werden. Zelle 2 wurde im Zentrum der Lücke, die Zellen 3, 4 und 5 wurden im Randbereich Lücke-Altholzbestand und Zelle 6 im Bestand montiert.

Beschreibung des umgebenden Altholzbestandes

Größe der aufgenommenen Fläche: 37 x 40 m = 1.480 m<sup>2</sup> (0,148 ha).

Hauptbestand: Baumhöhen von 24 - 35 m (60 % aller Stämme), bestehend aus 70 % Fichte, 28 % Tanne und 2 % Lärche. Mittlere Baumhöhe 31,1 m, mittlerer Stammdurchmesser (BHD) 40,7 cm. Alter 150 - 170 Jahre.

Nebenbestand: Baumhöhen von 4 - 20 m, bestehend aus 80 % Tanne und 20 % Fichte. Mittlere Baumhöhe 13,4 m, mittlerer Stammdurchmesser (BHD) 20,0 cm. Alter: Nach Auswertung der Bohrspäne zeigte sich, daß die Fichten und Tannen im Nebenbestand ein ähnlich hohes Alter aufwiesen wie diese im Hauptbestand, z.B. Tanne mit 10 m Höhe/155 Jahre, Fichte 33 m Höhe/156 Jahre. Ca. 60 % aller Tannen konnten nicht in den Hauptbestand umsetzen.

Bestandesgrundfläche je ha: 46,74 m<sup>2</sup> Baumzahl je ha: 475

Bestandesgefüge: Gruppenweise geschlossen.

Verteilung nach Wuchsklassen (Gesamtbestand):

Stangenholz	(10,5-20,4 cm)	16 %	(100 % Ta)
Baumholz I	(20,5-35,4 cm)	36 %	(50 % Fi, 50 % Ta)
Baumholz II	(35,5-50,4 cm)	38 %	(80 % Fi, 20 % Ta)
Starkholz	(über 50,5 cm)	10 %	(85 % Ta, 15 % Lä)

1974 wurde eine schwache Niederdurchforstung durchgeführt.

Vegetation

Bedingt durch gruppenweisen Dichtstand des Altholzes und Aufkommen von Naturverjüngungen in den aufgelockerten Bestandesteilen ist eine Bodenvegetation nur spärlich vorhanden (Sauerklee, Schattenblümchen, Drahtschmiele und Buchenfarn).

Zeitraum der Lichtmessungen

Die Registrierung der Lichtwerte erfolgte in den Monaten Juli und August 1977 über einen Zeitraum von 33 Tagen. Davon waren 2 Tage sonnig, 9 gering bewölkt, 13 bewölkt und 9 stark bewölkt (mit Niederschlägen).

Tagesgang der Helligkeit an den einzelnen Meßstellen am 4. August 1977 (sonnig)

(Abb. 7)

Zelle 1 (Freiland)

Der Beginn der Einstrahlung liegt bei 4<sup>h</sup>30 und das Ende bei 19<sup>h</sup>30, dies ergibt eine Einstrahlungsdauer von 15 Stunden. Bereits in den Morgenstunden zeigt sich ein steiler Anstieg der Helligkeitswerte, die um die Mittagszeit mit 100.000 Lux ihren Höchststand erreichen. Zwischen 13 Uhr und 15<sup>h</sup>30 wird der kontinuierliche Verlauf der Helligkeitskurve durch Bewölkung gestört, es treten kurzzeitig geringere Einstrahlungswerte auf. In weiterer Folge ist ein gleichmäßiges Absinken der Werte festzustellen.

Bei den Zellen 2 - 6 liegt der Beginn der Einstrahlung bei etwa 5 Uhr und das Ende bei 18<sup>h</sup>30, dies ergibt eine Einstrahlungsdauer von 13 1/2 Stunden, um 1 1/2 Stunden kürzer als im Freiland. Sämtliche Werte liegen unter 20.000 Lux. Kurzzeitig werden maximal 17.000 Lux erreicht, im Vergleich zur Freilandhelligkeit mit bis zu 100.000 Lux äußerst geringe Werte. Bei Betrachtung der auftretenden "Lichtspitzen" hinsichtlich ihrer Zeitdauer bzw. Häufigkeit über die gesamte Tageslänge sind summenmäßig zwischen den Zellen 2 - 5 nur geringe Unterschiede zu erkennen, es ergeben sich somit keine Unterschiede zwischen der Bestandeslücke und dem Bestand. Die Grundhelligkeit liegt bei den Zellen 2 - 4 bei etwa 2.500 Lux, bei den Zellen 5 und 6 bei 1.500 Lux.

Die Einstrahlungsdauer verringert sich an Tagen mit starker Bewölkung je nach Zellenstandort um 1 1/2 bis 2 Stunden.

Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen (Abb. 8, Tab. 5)

Am 4. August, ein Tag mit voller Sonneneinstrahlung (Tagessumme ca. 1,115.000 Lux), wirkte die Helligkeitsstufe - 1.000 Lux beinahe die gesamte Tageslänge auf alle Zellen, die Stufe 1.000 - 5.000 Lux zwischen 79 und 46 %, die Stufe 5.000 - 10.000 Lux zwischen 19 und 4 % und die Stufe 10.000 - 30.000 Lux zwischen 10 und 7 % (mit Ausnahme der Zelle 6 mit 0 %). Werte über 30.000 Lux wurden bei keiner Zelle erreicht.

Bei bewölktem Himmel (31. Juli, Tagessumme 131.800 Lux) wurden die Werte - 1.000 Lux bei allen Zellen über 90 % der Tageslänge registriert. 1.000 - 5.000 Lux bei den Zellen 2 und 3 von 52 bis 59 %, bei den Zellen 4 und 5 ca. 20 % und bei Zelle 6 nur mehr 5 % der Tageslänge. Werte über 5.000 Lux wurden nicht mehr erreicht.

Die für ein günstiges Pflanzenwachstum erforderlichen Mindestbereiche 5.000-10.000 bzw. 10.000 - 30.000 Lux sind bei allen Zellen an einem sonnigen Tag nur zwischen 4 bis 19 % (1/2 - 2 1/2 Stunden) der gesamten Tageslänge vertreten, an einem bewölkten Tag fallen beide Bereiche zur Gänze aus.

Tagessummen, relative Bestandeshelligkeit in %, Durchschnittswerte (Tab. 6)

Ein Vergleich der durchschnittlichen Tagessummen für einen sonnigen und einen



bewölkten Tag zeigt, daß die Einstrahlungssumme bei bedecktem Himmel im Freiland um ca. 90 % und bei den Zellen in der Bestandeslücke und im Bestand im Durchschnitt um etwa 80 % verringert wird. Die Reduktion der Einstrahlungssumme ist im Bestand geringer, der diffuse Lichtanteil ist demnach hier etwas höher als im Freiland. Dieser Trend ist noch deutlicher bei den Werten der relativen Bestandeshelligkeit zu erkennen. An Tagen mit vorwiegend diffusem Lichtanteil sind die Prozentwerte der relativen Bestandeshelligkeit bei den Zellen 2, 3 und 6 doppelt so hoch wie an Tagen mit geringer bis keiner Bewölkung (bis maximal 2/10 der gesamten, sichtbaren Himmelsfläche ist mit Wolken bedeckt). Die relative Bestandeshelligkeit nimmt von der Mitte der Bestandeslücke zum Lückenrand und Bestand hin ab. Die Werte bei allen Zellenstandorten sind sehr gering (maximal 11 %) und reichen für ein günstiges Pflanzenwachstum (Wuchsphase) sicher nicht aus.

Zusammenhänge zwischen dem Lichtfaktor und dem Wachstum der Fichten in der Naturverjüngung (Abb. 9, 10, Tab. 7)

Die Meßergebnisse weisen auf schlechteste Wuchsbedingungen hin. Die Pflanzen (bezogen auf die Oberschicht) in der Bestandeslücke und am Lückenrand (Zellen 2 - 4) erreichen mit einem Alter von 21 - 23 Jahren erst eine Gesamthöhe von 50 - 120 cm. Im Zentrum der Lücke erreichen die Pflanzen gegenüber jenen am Lückenrand bei gleichem Alter die zweifache Höhe, dies weist darauf hin, daß die Lichtsituation in den Jahren der Entstehung der Verjüngung sicher günstiger war, als zum Zeitpunkt der Aufnahme (Lichtwerte im Jahre 1977 bei den Zellen 2 und 3 gleich). Die Gesamtzuwächse in den letzten 5 Vegetationsperioden liegen bei etwa 15 cm, das ergibt eine durchschnittliche Jahrestrieblänge von 3 cm. Die Situation bei den Zellen 5 und 6 ist ähnlich schlecht, die Zuwachswerte sind noch geringer, bedingt durch eine noch geringere Lichteinstrahlung. Die Pflanzen sind zwar um 10 Jahre jünger, man kann jedoch annehmen, daß bei gleichbleibender Lichtsituation die Zuwächse auch nach weiteren 10 Jahren nicht günstiger werden. Die Gesamtstückzahl zeigt vom Zentrum der Bestandeslücke (hier ist der Konkurrenzkampf der wüchsigen Pflanzen gegenüber dem umliegenden Bereich bereits entschieden) zum angrenzenden Bestand hin den Trend einer Zunahme. Bei Zelle 5 wurde die größte Anzahl von Fichtenpflanzen, nämlich über 200 Stück (4 m<sup>2</sup>), gezählt. Mit einem Alter von 11 Jahren erreichen sie nur eine Gesamthöhe von 23 cm. Dies weist darauf hin, daß unter den gegebenen Lichtverhältnissen die Fichte wohl ankeimt, aber anschließend sofort in eine Wartephase (Reservestellung) übergeht.

Ausgenommen bei Zelle 2, wurden auf allen übrigen Zellenstandorten in geringer Anzahl Tannen vorgefunden, die im Durchschnitt 9-jährig nur Keimlingsgröße erreichten und Schäden durch Wildverbiss aufwiesen. Die Entwicklung geht zwar in Richtung Fi/Ta-Verjüngung, die Tanne konnte jedoch bis zum Zeitpunkt der Aufnahme nicht in die Mittel- und Oberschicht einwachsen. Da die Tanne im um-

liegenden Altholzbestand im Haupt- und Nebenbestand vertreten ist, kann man annehmen, daß nach Entstehung der Bestandeslücke mit der Fichte auch die Tanne angekeimt ist. Durch Wildverbiß und den Konkurrenzkampf mit der Fichte hat die Tanne, wie die Situation zum Meßzeitpunkt zeigt, kaum eine Chance zu überleben. In Zukunft werden sich die Wuchsbedingungen durch ein weiteres Ausbreiten des Kronendaches des Altholzbestandes (noch geringeres Lichtangebot durch allmähliches Schließen der Bestandeslücke) noch verschlechtern.

Die Wuchsbedingungen sämtlicher Pflanzen, sowohl in der kleinen Bestandeslücke als auch unter der anschließenden dichten Überschildung, sind gleich schlecht. In einer Bestandeslücke mit einem Durchmesser von etwa 13 m in einem geschlossenen, ca. 30 m hohen Altholzbestand, bei einer relativen Bestandeshelligkeit von 4 - 11 % und Einstrahlungswerten bis 2.500 Lux (Grundhelligkeit) ist es den Naturverjüngungspflanzen nicht möglich in eine Wuchsphase einzutreten, sie verbleiben in der Wartephase.

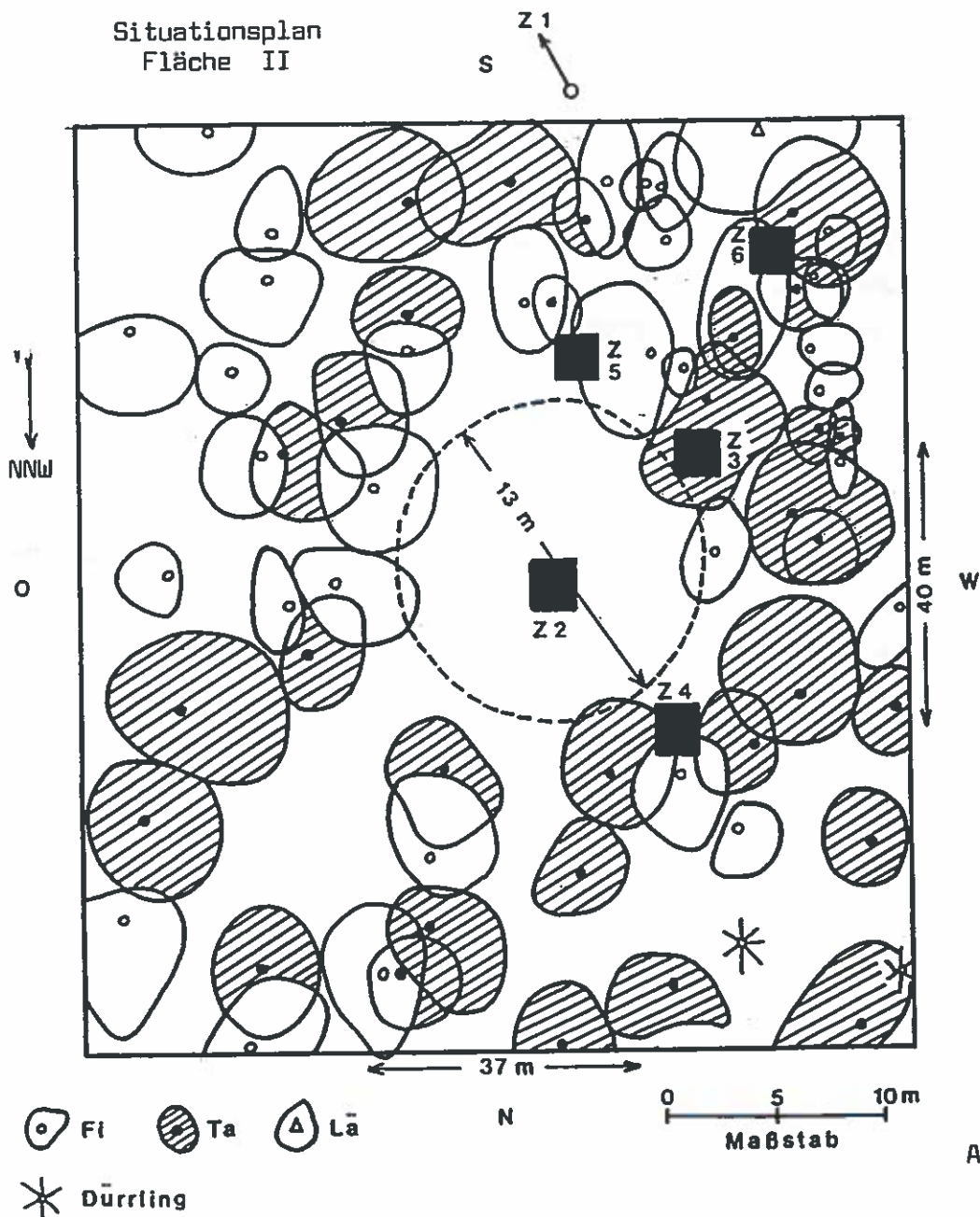


Abb. 6

# Tagesgang der Helligkeit an den einzelnen Meßstellen

4. August 1977 Fläche II

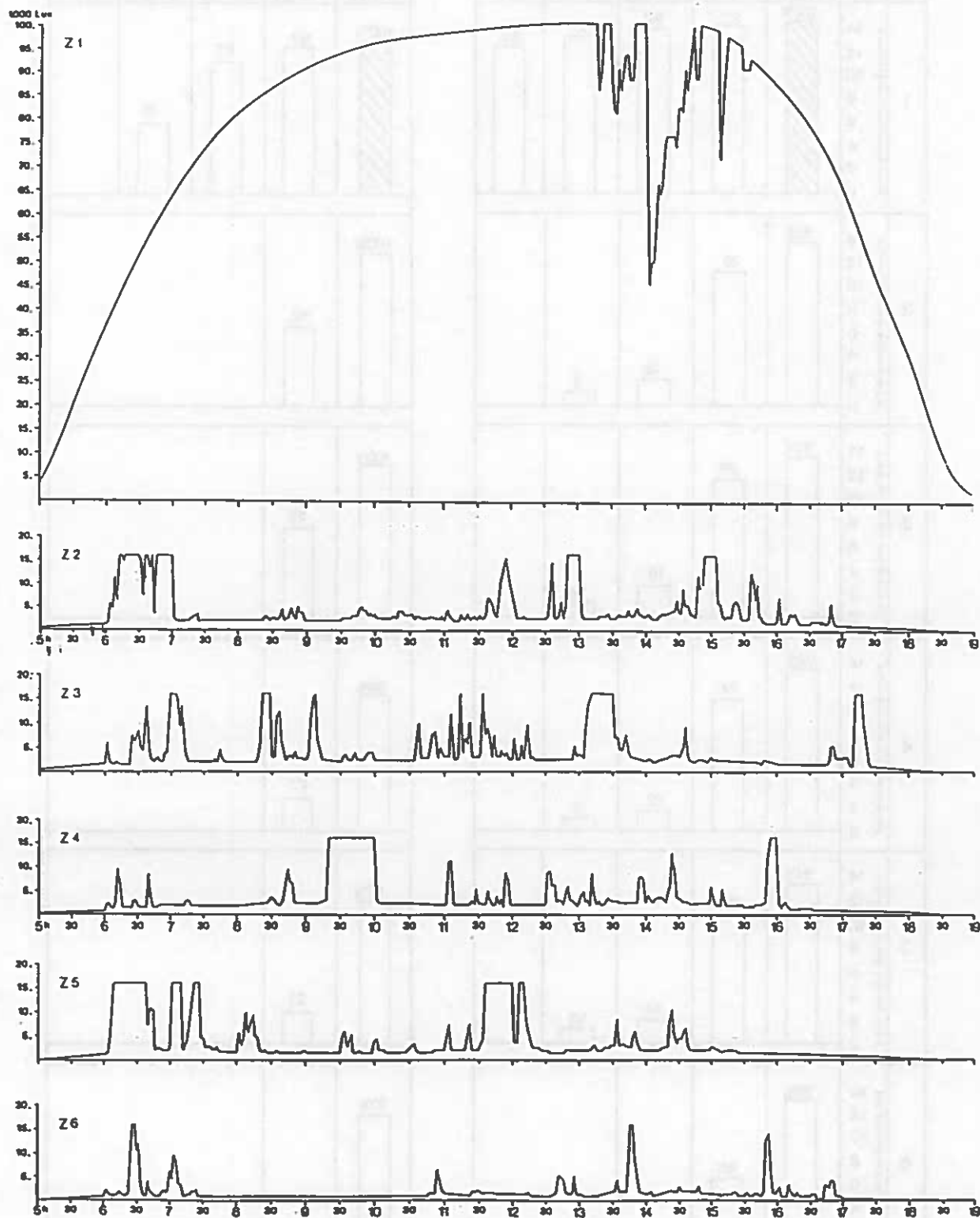


Abb. 7

Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen  
Fläche II

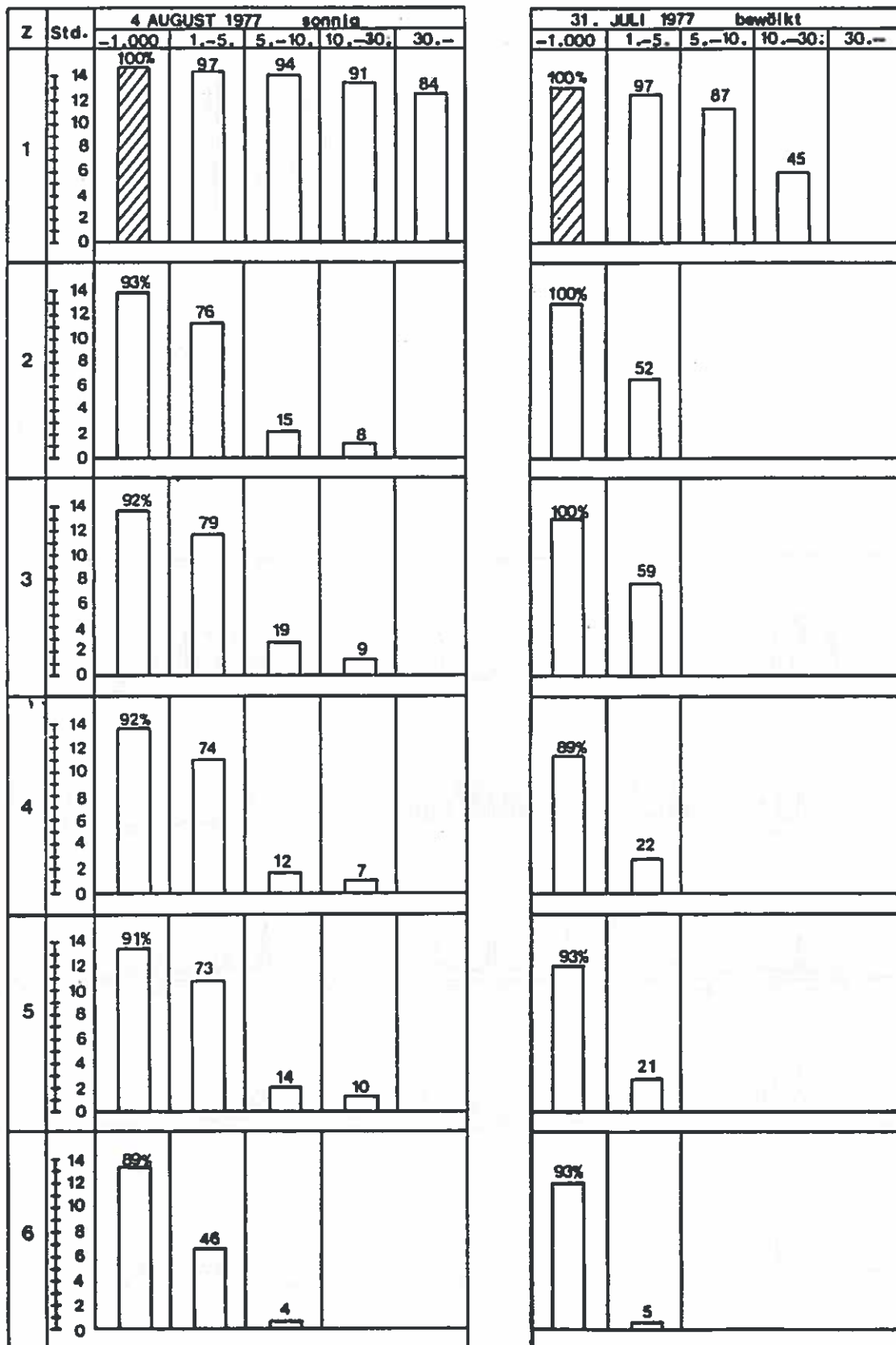


Abb. 8

Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen

Fläche II

	Sonniger Tag (4. August)		Bewölkter Tag (31. Juli)	
Lux	%	Zeitdauer h min	%	Zeitdauer h min
<u>Zelle 2</u>				
- 1.000	93	13 50	100	12 54
1. - 5.000	76	11 14	52	6 46
5. - 10.000	15	2 10	-	-
10. - 30.000	8	1 14	-	-
<u>Zelle 3</u>				
- 1.000	92	13 40	100	12 54
1. - 5.000	79	11 40	59	7 35
5. - 10.000	19	2 46	-	-
10. - 30.000	9	1 16	-	-
<u>Zelle 4</u>				
- 1.000	92	13 40	89	11 26
1. - 5.000	74	11 0	22	2 48
5. - 10.000	12	1 44	-	-
10. - 30.000	7	0 58	-	-
<u>Zelle 5</u>				
- 1.000	91	13 30	93	11 56
1. - 5.000	73	10 50	21	2 46
5. - 10.000	14	2 4	-	-
10. - 30.000	10	1 26	-	-
<u>Zelle 6</u>				
- 1.000	89	13 10	93	11 56
1. - 5.000	46	6 50	5	0 36
5. - 10.000	4	0 38	-	-
10. - 30.000	-	-	-	-

Tab. 5

Tagessummen, relative Bestandesheilligkeit in %, Ø Werte

Fläche II

Tag	Z 1 (Freiland)		2		3		4		5		6	
	Lux	%	Lux	%	Lux	%	Lux	%	Lux	%	Lux	%
4. August sonnig	1,115.370	100	51.850	4,6	45.970	4,1	42.650	3,8	46.890	4,2	22.610	2,0
6. August sonnig	1,036.490	100	57.090	5,5	56.230	5,4	54.330	5,2	50.180	4,8	21.340	2,1
Ø sonnig	1,075.930	100	54.470	5,1	51.100	4,7	48.490	4,5	48.535	4,5	21.975	2,0

31. Juli bewölkt	131.830	100	14.820	11,2	15.990	12,1	8.420	6,4	8.510	6,5	5.630	4,3
1. August bewölkt	102.890	100	11.050	10,7	10.010	9,7	6.360	6,2	7.560	7,3	3.890	3,8
Ø bewölkt	117.360	100	12.935	11,0	13.000	11,1	7.390	6,3	8.035	6,8	4.760	4,1

		Z	1	2	3	4	5	6					
sonnig	%	100		100	100	100	100	100					
bewölkt	%	(-89,1)	10,9	(-76,3)	23,7	(-74,6)	25,4	(-84,8)	15,2	(-83,4)	16,6	(-78,3)	21,7

Tab. 6

Zeitpunkt der Ankeimung, Gesamthöhe und Jahreszuwächse in  
den letzten 5 Jahren der Pflanzen aus der Oberschicht  
Fläche II

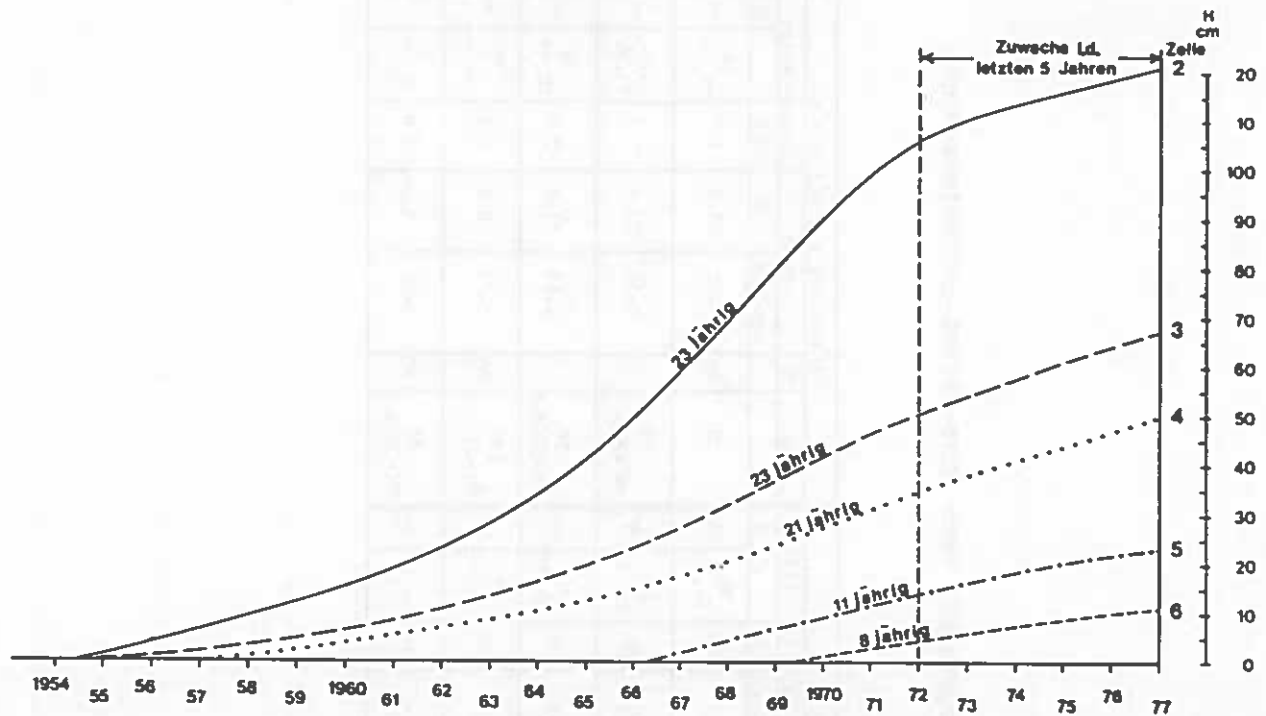


Abb. 9

Prozentuelle Verteilung der Pflanzenanzahl nach Ober-Mittel-Unterschicht  
Höhenverteilung und Mittelhöhen.

(Größe der aufgenommenen Jungwuchsflächen 4 m<sup>2</sup>)

Fläche II

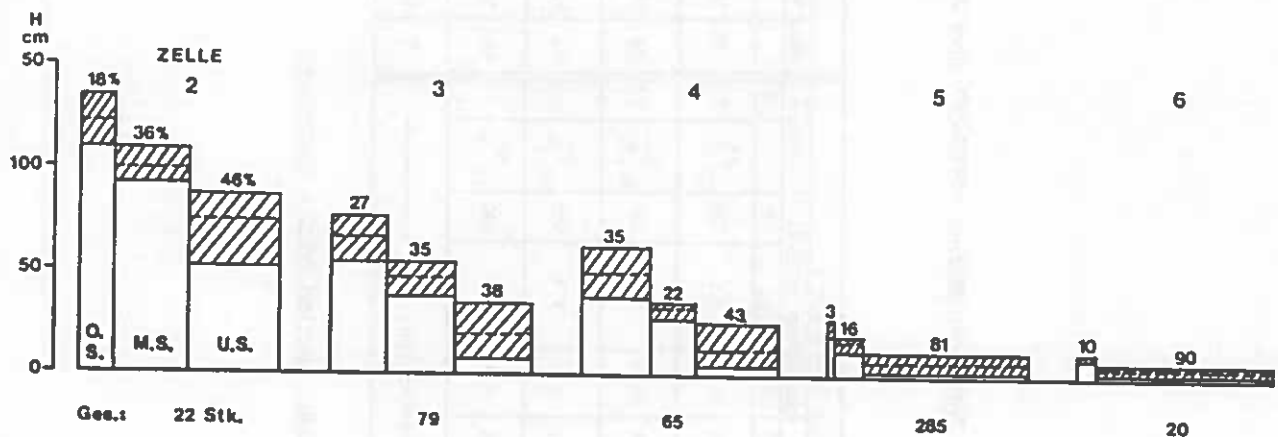


Abb. 10

Höhe, Jahreszuwächse 1973-77 und Alter der Pflanzen, gegliedert nach Ober-Mittel- und Unterschicht  
Fläche II

Z	Oberschicht						Mittelschicht						Unterschicht						Gesamt								
	Stk.	%	Höhe von-bis	Zuwächse 1973-77		Alter	Stk.	%	Höhe von-bis	Zuwächse 1973-77		Alter	Stk.	%	Höhe von-bis	Zuw.	Alter	Stk.	%								
				Ges.	Ø pro J.					Ges.	Ø pro J.									Ø	Ø	Ø					
2	4	18	109-134	120,8	14,8	3,0	100	23	8	36	92-108	100,3	17,2	3,4	113	24	23	10	46	52-88	73,9	1,7	24	17,15	19	22	100
3	21	27	55-77	66,8	16,7	3,3	100	23	28	35	37-54	48,1	13,7	2,7	82	20	19	30	38	8-35	20,4	1,1	14	11,14	13	79	100
4	23	35	38-63	49,6	15,6	3,1	100	21	14	22	28-37	36,0	13,7	2,7	87	15	17	28	43	6-27	13,8	1,4	8	10,11	10	65	100
5	8	3	21-27	22,8	9,5	1,9	100	11	44	16	13-20	16,7	7,5	1,5	79	10	11	233	81	3-12	8,2	1,2	9	9,10	9	285	100
6	Obersch. + Mittelschicht →						2	10	10-11	10,3	6,4	1,3	37	6,9	8	18	90	3-8	5,6	1,0	7	6,7	7	20	100		

● Ta (Keimlingsgröße), wurden nicht gemessen

Tab. 7



Fläche III

Große Bestandeslücke

(Abb. 11)

Lage: FVW Radstadt, FDB Zauch, U.Abtlg. 112 f

Seehöhe: 1.240 m    Exposition: NNW    Hangneigung: 26°

Dem Alter der Verjüngung im Zentrum der Lücke (24 Jahre) nach zu schließen, müßte die Bestandeslücke um die Jahre 1950 - 1954 entstanden sein. Sie befindet sich in einem gruppenweise geschlossenen Fi/Lä/Ta-Altholzbestand und hat einen Durchmesser von 26 m, das entspricht einer Flächengröße von 530 m<sup>2</sup>.

Zellenstandorte: Die Zelle 1 für die Ermittlung der Freilandhelligkeit wurde ca. 150 m von der Lücke entfernt auf einer Schlagfläche montiert. Die Aufzeichnung der Strahlungswerte wurde kurzzeitig durch Schattenbildung des in Richtung W bis NW liegenden Bestandes gestört, eine völlig störungsfreie Aufzeichnung der Freiland-Lichtwerte war demnach nicht möglich. Bei der Auswertung wurden diese Störbereiche rechnerisch ausgeglichen. Die Zellen 2 und 4 wurden im Zentrum, Zelle 3 am unteren Rand der Lücke, die Zellen 5 und 6 im Bereich des angrenzenden Bestandes montiert.

Beschreibung des umgebenden Altholzbestandes

Größe der aufgenommenen Fläche: 37 x 40 m = 1.480 m<sup>2</sup> (0,148 ha). Der Bestand ist im wesentlichen einschichtig aufgebaut. Holzartenverteilung: 78 % Fichte, 16 % Lärche und 6 % Tanne. 80 % aller Baumhöhen liegen in einem Bereich von 34 - 38 m. Alter: Im Durchschnitt 150 Jahre. Mittlerer Stammdurchmesser (BHD) 38,6 cm. Bestandesgrundfläche je ha: 65,50 m<sup>2</sup>    Baumzahl je ha: 536

Verteilung nach Wuchsklassen

10,5 - 20,4 cm BHD Stangenholz	6 %	(67 % Fichte, 33 % Tanne)
20,5 - 35,4 cm " Baumholz I	27 %	(78 % Fichte, 14 % Lärche, 8 % Tanne)
35,5 - 50,4 cm " Baumholz II	58 %	(80 % Fichte, 17 % Lärche, 3 % Tanne)
50,5 -        cm " Starkholz	9 %	(75 % Fichte, 25 % Lärche)

Fichte und Lärche sind bestandesbildend, die Tanne ist mit 6 % nur sehr gering vertreten und ist außerdem hinsichtlich ihrer soziologischen Stellung als "beherrscht" einzustufen.

Vegetation

Astmoos-Heidelbeere-Drahtschmiele-Typ.

Zeitraum der Lichtmessungen

Die Aufnahmen erfolgten in der Zeit vom 1. - 13. August 1978. An 2 Tagen herrschte überwiegend sonniges Wetter, an 8 wechselnde und an 3 Tagen starke Bewölkung.

Tagesgang der Helligkeit an den einzelnen Meßstellen am 6. August 1978 (sonnig)

(Abb.12)

Es konnte während des gesamten Zeitraumes der Lichtmessungen kein ungestörter sonniger Tag aufgezeichnet werden. Der 6. August bot sich noch als günstigstes Beispiel an.

Zelle 1 (Freiland)

Der Beginn der Einstrahlung liegt bei 4<sup>h</sup><sub>30</sub> und das Ende bei 19<sup>h</sup><sub>30</sub>, dies ergibt eine Einstrahlungsdauer von 15 Stunden. Die Helligkeitswerte steigen während des Vormittags, kurzzeitig des öfteren durch geringe Bewölkung unterbrochen (dies gilt für den gesamten Tagesablauf), an und erreichen um die Mittagsstunden bis zum frühen Nachmittag 90.000 bis 95.000 Lux. In der Zeit von 15 bis 17 Uhr treten, hervorgerufen durch Schattenbildung des in Richtung W bis NW liegenden Bestandes, größere Unterbrechungen des Kurvenverlaufes auf (diese Situation konnte auch bei allen übrigen Tagesgängen bei der Freilandzelle beobachtet werden). Ab 17<sup>h</sup><sub>30</sub> sinken die Werte gleichmäßig ab.

Zellen 2 und 4 (Zentrum der Bestandeslücke)

Die Einstrahlungsintensität ist bei beiden Zellen sehr ähnlich, die Werte bewegen sich im wesentlichen im Bereich zwischen 5.000 bis 10.000 Lux. Hohe Einstrahlungswerte, bis etwa 85.000 Lux, treten über einen Zeitraum von 4 Stunden bei der Zelle 2 um die Mittags- und frühen Nachmittagsstunden und bei Zelle 4 um etwa 3 Stunden später in den Nachmittagsstunden auf. Die Einstrahlungsdauer über die gesamte Tageslänge beträgt 14 Stunden.

Zelle 3 (Randbereich der Bestandeslücke)

Die Helligkeitskurve steigt in den Vormittagsstunden sehr langsam an, ab 10 Uhr steigen die Werte über 5.000 Lux an und erreichen um die Mittagszeit über einen Zeitbereich von 2 1/2 Stunden Höchstwerte bis 75.000 Lux. In den Nachmittagsstunden pendeln sich die Werte zwischen 5.000 und 10.000 Lux ein und sinken ab 16 Uhr wieder unter die 5.000 Lux-Grenze. Die Einstrahlungsdauer über die gesamte Tageslänge beträgt 13 1/2 Stunden.

Zelle 5 (Bestand)

Die Werte liegen über den gesamten Tagesablauf im wesentlichen bei der 5.000 Lux-Grenze (Grundhelligkeit), werden jedoch in den Vormittagsstunden und um die Mittagszeit des öfteren von Lichtspitzen bis 75.000 Lux unterbrochen. Die Einstrahlungsdauer über die gesamte Tageslänge beträgt 12 1/2 Stunden (gilt auch für Zelle 6).

Zelle 6 (Bestand)

Bei diesem Zellenstandort werden die geringsten Helligkeitswerte verzeichnet. Die Grundhelligkeit verläuft im wesentlichen bei 2.500 Lux, kurzzeitig unterbrochen durch einige Lichtspitzen.

Im Bestand ist die Einstrahlungsdauer gegenüber jener in der Lücke um 1 1/2 Stunden geringer. An einem bewölkten Tag (z.B. 4. August) verringerte sich die

Einstrahlungsdauer bei allen Zellen um etwa 1/2 Stunde.

Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen (Abb. 13, Tab. 8)

Am 6. August, ein Tag mit geringer Bewölkung (Tagessumme 850.000 Lux), werden die Helligkeitsstufen bis 5.000 Lux bei allen Zellen beinahe über die gesamte Tageslänge erreicht. 5.000 - 10.000 Lux wirken im Zentrum der Bestandeslücke (Zellen 2 und 4) durchschnittlich über 75 % der Tageslänge bzw. 10 1/2 Stunden, bei Zelle 3 noch über 40 % bzw. 5 1/2 Stunden und bei den Zellen 5 und 6 sinken die Werte auf 30 - 20 % (4 - 1 1/2 Stunden) ab. Der Bereich 10.000 - 30.000 Lux wirkt bei den Zellen 2 und 4 über 39-49 % (5 1/2-6 1/2 Stunden), die Zellen 3 und 5 liegen ungefähr gleich bei 20 % (2 3/4 Stunden) und bei Zelle 6 sinkt der Wert auf 10 % (1 1/2 Stunden) ab. Hinsichtlich des Bereiches über 30.000 Lux ist zu bemerken, daß dieser, ausgenommen bei Zelle 6, bei allen Zellen durchschnittlich bei 14 % (ca. 2 Stunden) der Tageslänge einwirkt. Bei stark bewölktem Himmel (4. August, Tagessumme 237.000 Lux) werden die Bereiche bis 5.000 Lux ebenfalls bei allen Zellen beinahe über die gesamte Tageslänge erreicht. Der Bereich 5.000 - 10.000 Lux zeigt eine günstige Verteilung bei den Zellen 2 und 4 mit 48 - 60 %, und fällt bei den Zellen 3, 5 und 6 auf etwa 16 - 18 % zurück. Der für das Pflanzenwachstum wichtige Helligkeitsbereich 10.000 - 30.000 Lux wird bei den Zellen 2 und 4 mit 14 - 20 % (2 - 3 Stunden), und bei Zelle 3 mit 4 % (1/2 Stunde) erreicht. Bei den Zellen im Bestand fällt dieser Bereich zur Gänze aus.

Tagessummen, relative Bestandeshelligkeit in %, Durchschnittswerte (Tab.9)

Ein Vergleich der durchschnittlichen Tagessummen für einen sonnigen und einen bewölkten Tag zeigt, daß die Einstrahlungssumme im Freiland um 54 % verringert wird. Die Prozentwerte bei den Zellen zeigen, daß der diffuse Lichtanteil gegenüber dem Freiland bei den Zellen 2 und 3 etwas tiefer, bei den Zellen 4 und 5 etwas höher liegt. Im dichtesten Bestandesteil, bei Zelle 6, beträgt die Verringerung der Strahlungssumme nur 17 %. Die relative Bestandeshelligkeit beträgt im Zentrum der Bestandeslücke (Zellen 2 und 4) im Mittel der zwei sonnigen Tage 32 % und ist somit gleich hoch wie an den bewölkten Tagen. Im Vergleich mit den Werten bei der kleinen Bestandeslücke (Zelle 2) zeigt sich hier (große Bestandeslücke) infolge des geringeren Unterschiedes bei den Tagessummen (sonnig bzw. bewölkt) und einer bereits freilandähnlichen Situation in der großen Bestandeslücke keine Zunahme der relativen Bestandeshelligkeit bei Bewölkung. Bei den Zellen 4, 5 und 6 erfolgt bereits wieder eine Zunahme der Relativwerte, der Anteil von diffusem Licht erhöht sich bei Bewölkung.

Im Durchschnitt liegt die relative Bestandeshelligkeit in der Bestandeslücke bei 30 %, am unteren Rand der Lücke bei 20 % und im Bestand zwischen 8 und 17 %.

Vergleich der relativen Bestandeshelligkeit zwischen der kleinen und der großen Bestandeslücke:

	Sonnige Tage	Verhältnis	Bewölkte Tage	Verhältnis
Im Zentrum der kleinen Bestandeslücke	5,1 %	1 : 6	11 %	1 : 3
großen Bestandeslücke	32,1 %		32,3 %	

Die Werte im Zentrum der großen Bestandeslücke sind an sonnigen Tagen um das 6-fache und an bewölkten Tagen um das 3-fache höher als in der kleinen Bestandeslücke. Diese Ergebnisse sind jedoch mit der Einschränkung zu betrachten, daß die Tagessummen auf beiden Bestandeslücken natürlich nicht genau gleich hoch waren (wäre nur bei gleichzeitiger Messung möglich gewesen). Es zeigt sich auf jeden Fall der Trend zu einer wesentlich höheren relativen Bestandeshelligkeit in der großen Bestandeslücke.

Zusammenhänge zwischen dem Lichtfaktor und dem Wachstum der Fichten in der Naturverjüngung (Abb. 14, 15, Tab. 10)

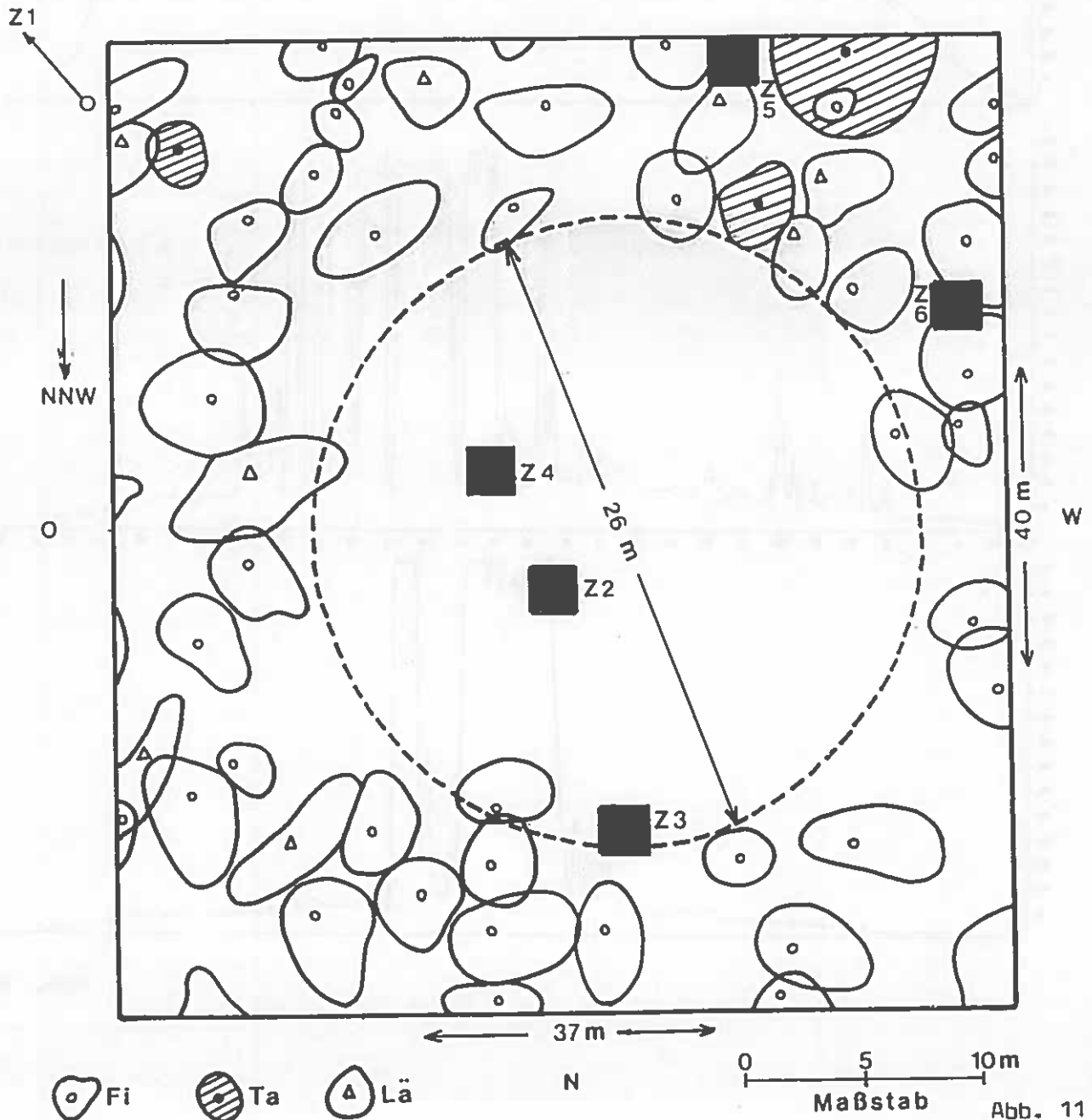
Im Zentrum der großen Bestandeslücke (Zellen 2 und 4) zeigen die Meßwerte, daß sich hier die Naturverjüngungspflanzen in einer optimalen Wuchsphase befinden. Die Pflanzen aus der Oberschicht haben einen Höhenzuwachs in den letzten 5 Vegetationsperioden von 150 cm, das entspricht einem durchschnittlichen Jahreszuwachs von 30 cm. Bedingt durch erhöhtes Lichtangebot ergibt sich hier eine zufriedenstellende Pflanzenentwicklung, eine kontinuierliche Entwicklung des Nachfolgebestandes ist gesichert. Die Pflanzen am Außensaum des Verjüngungskegels (Randbereich der Lücke, Zelle 3) weisen bereits beträchtlich ungünstigere Wuchsergebnisse auf. Bei einem Alter von etwa 17 Jahren erreichen sie eine Gesamthöhe von nur 80 cm, der durchschnittliche jährliche Höhenzuwachs liegt bei 6 cm. Ergebnisse, die auf eine Warte-/beginnende Wuchsphase der Pflanzen hinweisen. Die Verjüngung ist zwar gut angewachsen und eine große Anzahl von Pflanzen bedeckt die Fläche (132 Stück/4 m<sup>2</sup>), ihr Lichtbedarf steigt jedoch mit zunehmender Größe bzw. Nadelmasse. Da das Lichtangebot durch die wesentlich höheren Pflanzen im Zentrum der Lücke und den Randbereich des Kronendauchs des Altholzbestandes verringert wird, tritt eine Wachstumsverzögerung ein. Die Pflanzen bilden eine Verjüngungsreserve.

Bei Zellenstandort 5, unter dichter Überschildung, ist die Situation noch schlechter (20-jährig - 70 cm Gesamthöhe) als am Lückenrand. Die Werte hin-

sichtlich der Zuwächse und Gesamthöhe sind sehr gering, zusätzlich tritt noch eine starke Verringerung der Stückzahl ein. Die Pflanzen befinden sich in einer Wartephase. Bei Zellenstandort 6, ebenfalls unter dichter Überschirmung, erreichen die Pflanzen mit einem Alter von 11 Jahren eine Gesamthöhe von nur 18 cm und einen durchschnittlichen Zuwachs pro Jahr unter 2 cm (Wartephase). In diesem Stadium der Pflanzenhöhe wirkt die übrige Vegetation (Heidelbeere, Vergrasung) noch zusätzlich konkurrenzierend. Die Tanne ist bei Zelle 4 in der Unterschicht hinsichtlich der Stückzahl stärker vertreten als die Fichte (bei gleichem Alter), bei Zelle 5 nur sporadisch. Sie wird jedoch auch in Zukunft durch die starke Konkurrenz der Fichte und durch Wildverbiß kaum eine Überlebenschance haben.

Situationsplan  
Fläche III

S



# Tagesgang der Helligkeit an den einzelnen Meßstellen

6. August 1978 Fläche III

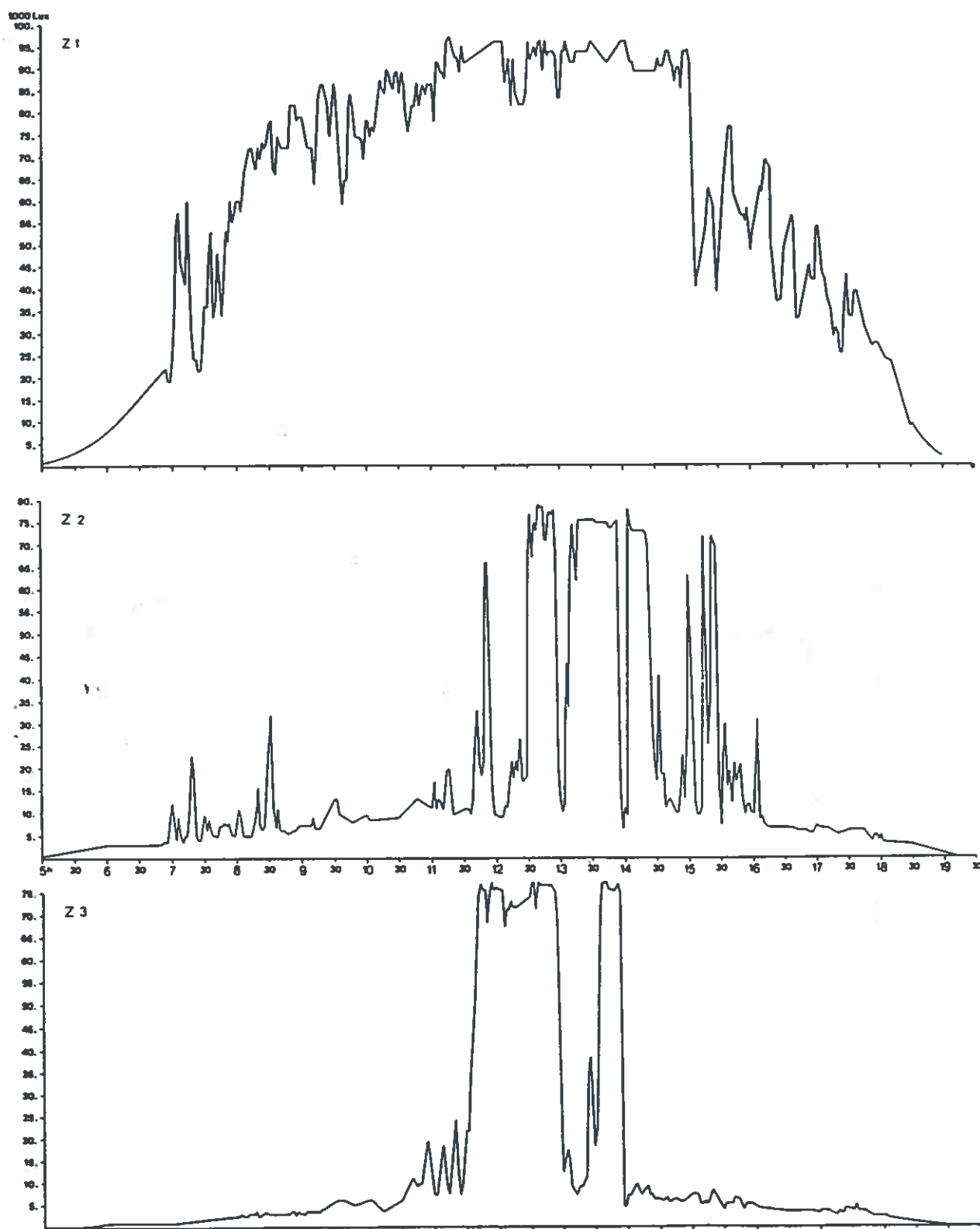


Abb. 12

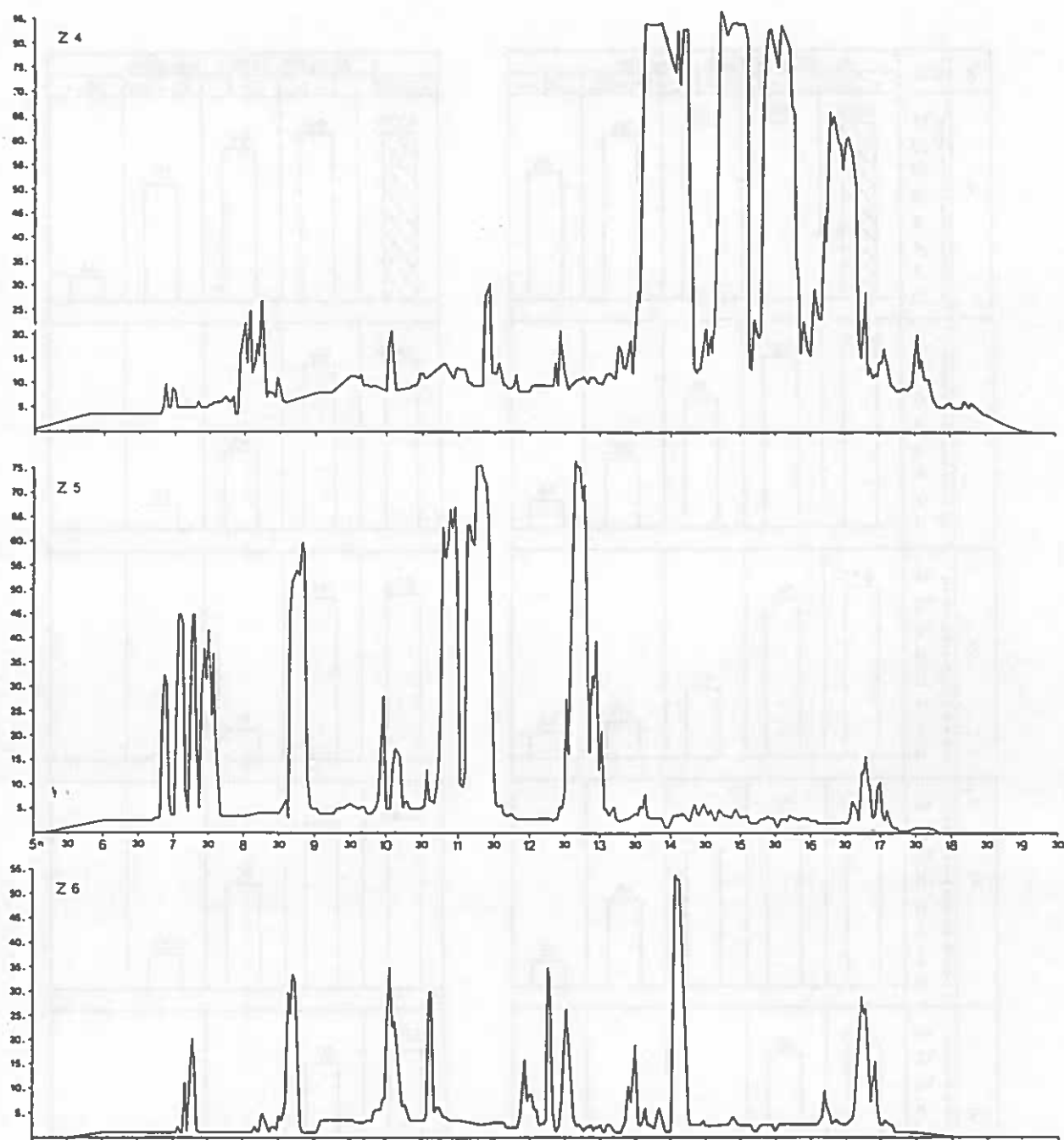


Abb. 12

Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen  
Fläche III

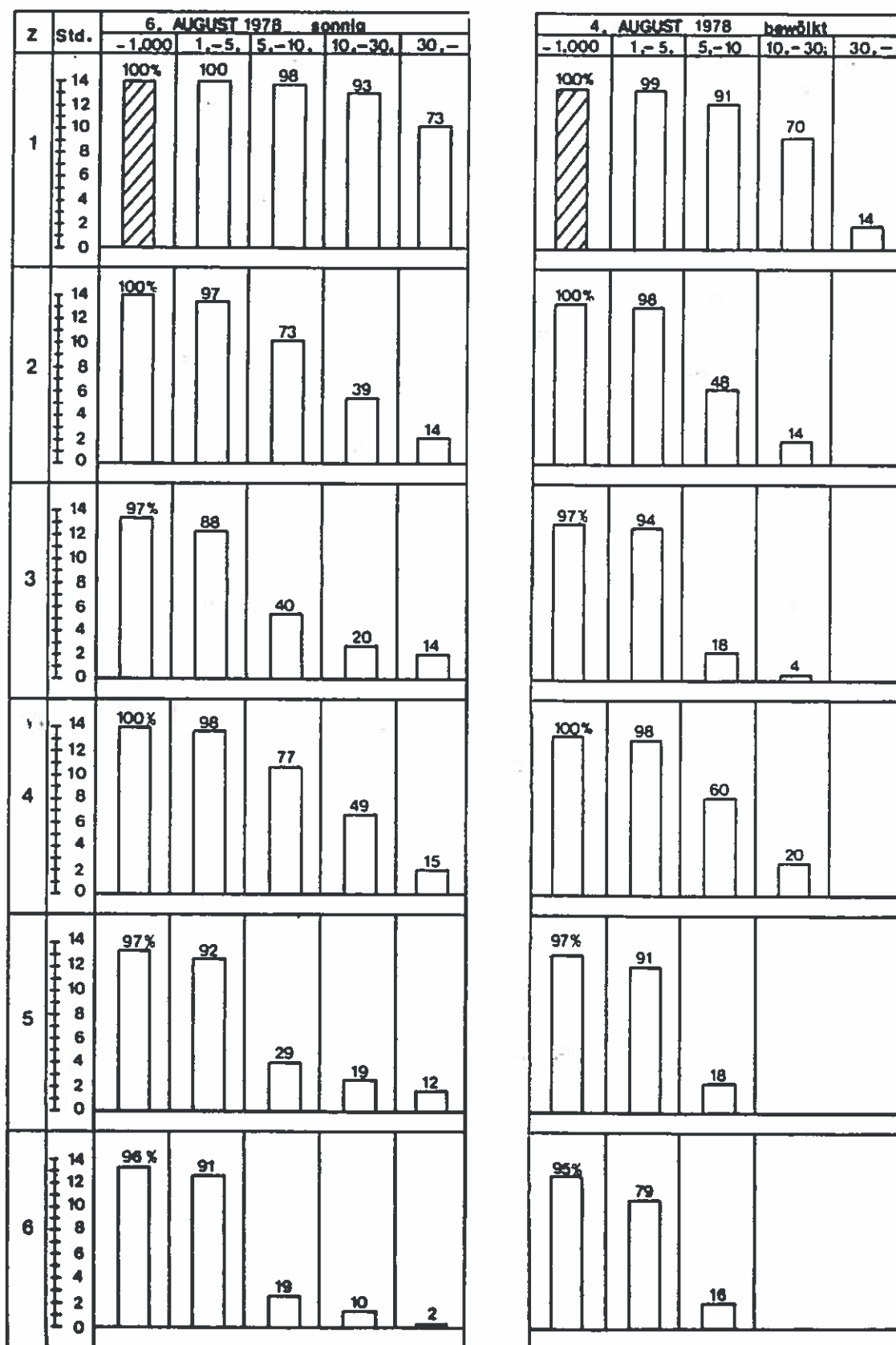


Abb. 13



Prozentuelle Verteilung und Dauer der Helligkeitsstufen  
Fläche III

Lux	Sonniger Tag (6. August)		Bewölkter Tag (4. August)	
	%	Zeitdauer h min	%	Zeitdauer h min
<u>Zelle 2</u>				
- 1.000	100	13 56	100	13 26
1. - 5.000	97	13 34	98	13 6
5. - 10.000	73	10 12	48	6 28
10. - 30.000	39	5 28	14	1 54
30.000 -	14	2 14	-	-
<u>Zelle 3</u>				
- 1.000	97	13 37	97	13 4
1. - 5.000	88	12 16	94	12 38
5. - 10.000	40	5 32	18	2 24
10. - 30.000	20	2 50	4	- 34
30.000 -	14	1 56	-	-
<u>Zelle 4</u>				
- 1.000	100	13 56	100	13 26
1. - 5.000	98	13 40	98	13 8
5. - 10.000	77	10 46	60	8 6
10. - 30.000	49	6 46	20	2 44
30.000 -	15	2 6	-	-
<u>Zelle 5</u>				
- 1.000	97	13 34	97	13 4
1. - 5.000	92	12 50	91	12 10
5. - 10.000	29	4 4	18	2 22
10. - 30.000	19	2 38	-	- 12
30.000 -	12	1 38	-	-
<u>Zelle 6</u>				
- 1.000	96	13 24	95	12 49
1. - 5.000	91	12 41	79	10 38
5. - 10.000	19	2 35	16	2 6
10. - 30.000	10	1 25	-	-
30.000 -	2	- 20	-	-

Tab. 8

Zeitpunkt der Ankeimung, Gesamthöhe und Jahreszuwächse in  
den letzten 5 Jahren der Pflanzen aus der Oberschicht  
Fläche III

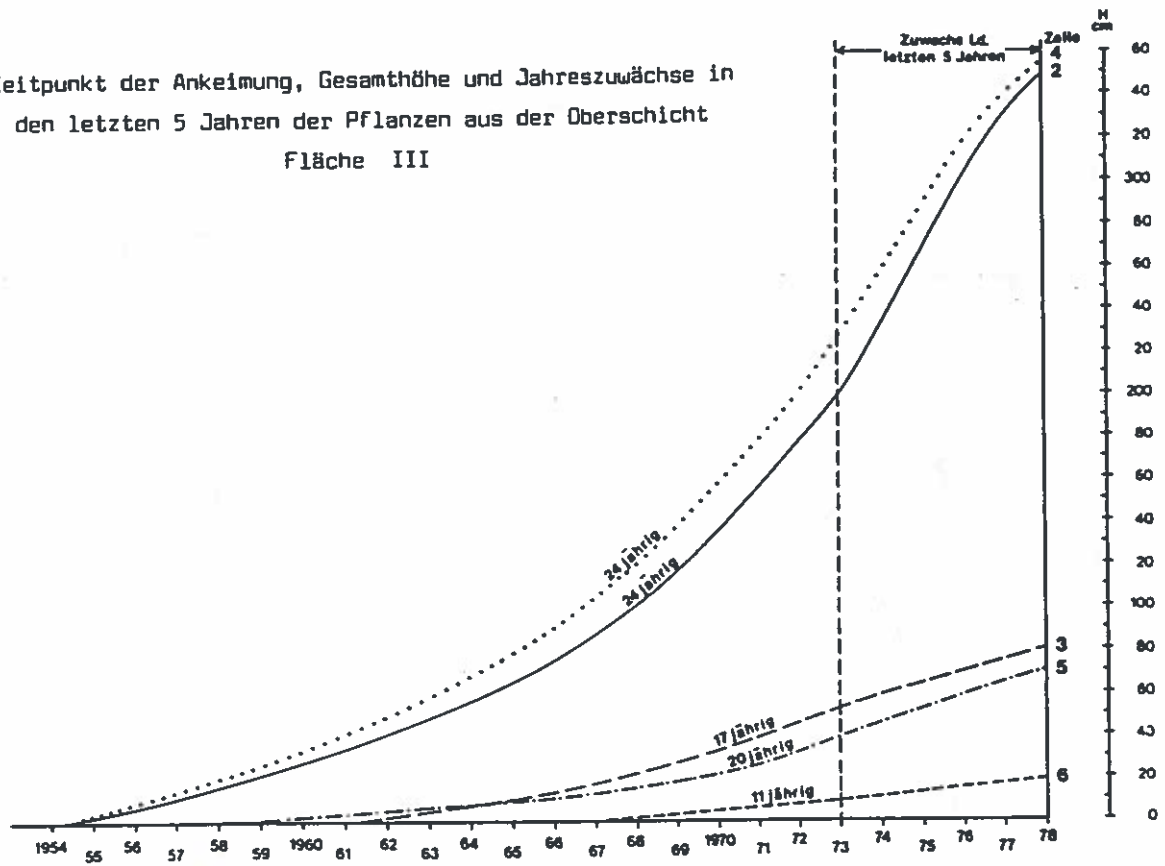


Abb. 14

Prozentuelle Verteilung der Pflanzenanzahl nach Ober-Mittel-Unterschicht  
Höhenverteilung und Mittelhöhen.  
(Größe der aufgenommenen Jungwuchsflächen 4 m<sup>2</sup>)

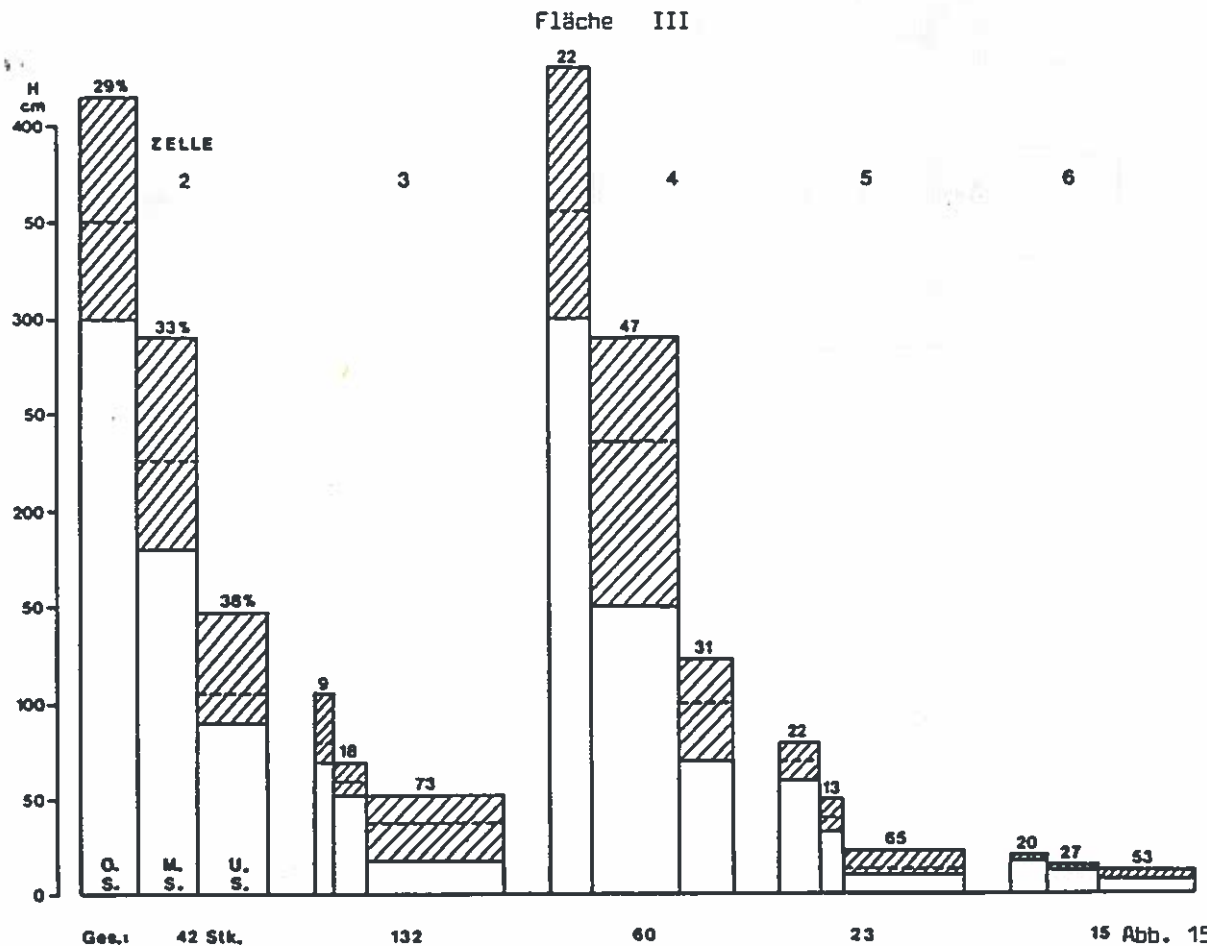


Abb. 15

Tagessummen, relative Bestandeshelligkeit in %, Ø Werte

Fläche III

Tag	Z 1 (Freiland)		2		3		4		5		6	
	Lux	%	Lux	%	Lux	%	Lux	%	Lux	%	Lux	%
5. August sonnig	728.927	100	268.480	36,8	194.440	26,7	249.070	34,1	125.270	17,1	60.570	8,3
6. August sonnig	852.860	100	243.785	28,6	188.420	22,1	254.660	29,9	139.850	16,3	61.350	7,2
Ø sonnig	790.893	100	256.132	32,4	191.430	24,2	251.870	31,8	132.560	16,7	60.960	7,7

4. August bewölkt	237.630	100	82.190	34,6	47.450	20,0	102.270	43,0	46.130	19,4	42.450	17,9
7. August bewölkt	486.670	100	125.380	25,8	81.630	16,8	158.060	32,5	80.030	16,4	58.770	12,1
Ø bewölkt	362.150	100	103.790	28,7	64.540	17,8	130.165	35,9	63.080	17,4	50.610	14,0

		Z	1	2	3	4	5	6					
sonnig	%	100		100	100	100	100	100					
bewölkt	%	(-54,2)	45,8	(-59,5)	40,5	(-66,3)	33,7	(-48,3)	51,7	(-52,4)	47,6	(-17,0)	83,0

Höhe, Jahreszuwächse 1974-78 und Alter der Pflanzen, gegliedert nach Ober-Mittel- und Unterschicht  
Fläche III

Z	Obererschicht						Mittelerschicht						Unterschicht						Gesamt	
	Stk.	%	Höhe		Zuwächse 1974-78		Stk.	%	Höhe		Zuwächse 1974-78		Stk.	%	Höhe		Zuw.	Alter	Stk.	%
			von-bis	Ø	Ges.	Ø pro J.			von-bis	Ø	Ges.	Ø pro J.			von-bis	Ø				
2	12	29	300-415	348,8	151,8	30,3	14	33	180-290	225,9	94,1	18,8	16	38	90-147	106,0	6,7	16	42	100
3	12	9	70-106	79,7	27,8	5,6	24	18	52-69	60,8	19,7	3,9	20	96	18-51	38,3	2,3	13	132	100
4	13	22	300-430	354,1	128,7	25,7	28	47	150-290	235,2	88,1	17,6	19	19	71-122	100,6	5,3	18	60	100
5	5	22	61-80	68,9	30,3	6,1	3	13	33-49	38,8	14,4	2,9	16	15	9-23	13,4	1,8	6	23	100
6	3	20	17-19	18,0	8,7	1,7	4	27	13-16	14,8	6,1	1,2	13	8	8-12	9,7	1,3	4	15	100

● Ta (Keimlingsgröße) wurden nicht gemessen

Tab. 10

## Z u s a m m e n f a s s u n g

Bietet die Natur mit ihren vielfältigen Möglichkeiten bei der Wiederverjüngung des Waldes ihre Mithilfe an und läßt sich diese zugleich auch mit dem wirtschaftlich zielorientierten Gedankengut des Menschen vereinbaren, so sollte dieses Angebot vom Forstmann angenommen werden. Es ergeben sich bekanntlich viele Vorteile bei der Naturverjüngung, wie z.B. Verbesserung des Waldinnenklimas, Erhaltung der Standortsgüte, Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung, Einsparung an Arbeit usw. Die Ansamung und in weiterer Folge die günstige Wachstumsentwicklung von jungen Pflanzen ist jedoch von zahlreichen Umweltfaktoren abhängig, von denen erwiesenermaßen der Lichtfaktor einen hohen Stellenwert einnimmt. Im Rahmen des Forschungsprojektes I/1 (Ableitung optimaler Bestandesformen, RACHOV) des Institutes für Waldbau, FBVA, wurde als Teilprojekt im Bereich der Forstverwaltung Radstadt d. ÖBF die Verjüngungsfreudigkeit der Fichte in Abhängigkeit vom Lichtgenuß untersucht. Die Erhebung von Meßdaten konnte nur in einem relativ geringen Umfang durchgeführt werden. Die Ergebnisse stellen die derzeitige Situation dar. Für exakte bzw. abgesicherte Interpretationen müßte die Erhebung der lichtökologischen Meßdaten (in Verbindung mit Temperatur und Luft-/Bodenfeuchtheitsmessung, Aufnahme pflanzenphysiologischer Kennwerte, wie z.B. Nadel- und Wurzelgewichte, Wurzel-Sproßverhältnis usw.) über einen wesentlich längeren Zeitraum durchgeführt werden.

Die Beleuchtungsstärke (Helligkeit) wurde mittels eines batteriebetriebenen Kompensationsschreibers (Sechsfarbensreiber) in Verbindung mit Silizium-Kugelnzellen über einen Zeitraum von einigen Wochen während der Sommermonate 1977 und 1978 in Luxeinheiten erhoben. Zur Auswertung kamen die Tagessummen, die relative Bestandeshelligkeit, die Verteilung und Zeitdauer bestimmter Helligkeitsstufen und die grafische Darstellung von einigen Tagesgängen. Um jede Lichtzelle wurde eine Probefläche von 4 m<sup>2</sup> eingelegt und von sämtlichen, in diesem Bereich vorkommenden Verjüngungspflanzen die Werte: Stückzahl, Gesamthöhe, Trieblänge der letzten 5 Vegetationsperioden und Alter erhoben. Weiters wurden einige ertragskundliche Kennwerte bei den Altholzbeständen erhoben und Kronenprojektionen durchgeführt.

Es wurden drei Aufnahmeflächen mit unterschiedlichen ökologischen Bedingungen für die Naturverjüngung ausgewählt und zwar: Fläche I vom geschlossenen Bereich eines Altholzbestandes über dessen aufgelockerten Innensaum zum äußeren Bestandesrand (Absäumungsfläche), Fläche II große Bestandeslücke und Fläche III kleine Bestandeslücke. Standortlich handelt es sich um ein einheitliches bodensaures Grundsubstrat auf Quarzphyllit mittleren Wasserhaushaltes, in der mittel- zur hochmontanen Höhenstufe im zwischenalpinen Fichten-Tannengebiet. Die Fi-Verjüngung ist der Konkurrenz der sich ausbreitenden Boden-

vegetation, insbesondere der Heidelbeere, ausgesetzt. Die Tanne ist in den Altholzbeständen gut vertreten, ihr Vorkommen in der Verjüngung ist jedoch nur gering. Die Ursache hierfür ist vor allem durch Wildverbiß und Konkurrenz der Fichte, die in ihrer Jugend ein rascheres Wachstum aufweist, gegeben.

In der Tabelle 11 werden die Einstrahlungs- und Pflanzenwerte für sämtliche Zellenstandorte in einer Zusammenstellung angeführt.

Die Einstrahlungswerte beziehen sich auf folgende Tagessummen (Freilandwerte, Lux):

	Sonniger Tag	Bewölkter Tag
Fläche I	978.280	143.510
Fläche II	1,115.370	131.830
Fläche III	852.860	237.630

Um einen direkten Vergleich über das Verhalten der Pflanzen hinsichtlich ihrer Gesamthöhen und Jahreszuwächse bei unterschiedlicher Lichtsituation anstellen zu können, werden diese mit annähernd gleichem Alter in Gruppen zusammengefaßt. Diesbezüglich nun ein Beispiel aus der Tabelle:

Altersgruppe 23 - 24jährig. Auf der Fläche III, Zellenstandort 2 beträgt die relative Bestandeshelligkeit an einem sonnigen Tag 28,6 %, an einem Tag mit Bewölkung 34,6 %. In weiterer Folge ist die prozentuelle Verteilung der einzelnen Helligkeitsstufen über eine Tageslänge zu ersehen. Dies zeigt, daß an einem sonnigen Tag über 30.000 Lux (14 % der Tageslänge), an einem Tag mit Bewölkung nur bis 30.000 Lux erreicht werden. Die maximale Pflanzenhöhe beträgt ca. 350 cm, der Zuwachs in den letzten 5 Jahren ca. 152 cm, das ergibt einen Jahreszuwachs in den letzten 5 Jahren von ca. 30 cm (Durchschnittswerte). Der Zellenstandort befindet sich im Zentrum der großen Bestandeslücke, die Pflanzen in einer optimalen Wuchsphase (Entwicklungsphase). --- Zum Vergleich die Meßergebnisse auf der Fläche II, Zellenstandort 3 in der letzten Zeile derselben Altersgruppe: Relative Bestandeshelligkeit 4,1 % bzw. 12,1 %, Helligkeitsstufe reicht bis 30.000 Lux bzw. nur bis 5.000 Lux. Die Pflanzenhöhe bzw. die Zuwächse sind um wesentliches niedriger als jene in dem oben erwähnten Beispiel. Der Zellenstandort befindet sich im Randbereich der kleinen Bestandeslücke, die Pflanzen in einer Wartephase.

Für die Auswertung des Tages mit Bewölkung wird jener in Betracht gezogen, an dem eine Außenhelligkeit bis maximal 30.000 Lux zu verzeichnen war. Das Pflanzenwachstum ist, wie schon einmal erwähnt, zumeist dieser Lichtsituation ausgesetzt. In der Tabelle werden diese Ergebnisse durch einen Punkteraster hervorgehoben. Die relative Bestandeshelligkeit stellt einen wesentlichen "Kennwert" dar. Bezugnehmend auf diese kann zusammenfassend festgestellt werden,

daß sich die Pflanzen ab 35 % in einer Wuchsphase, zwischen 20 und 35 % in einer beginnenden Wuchsphase und bei weniger als 20 % relativer Bestandeshelligkeit in einer Wartephase befinden. Die Meßergebnisse beziehen sich auf die Standorte des Aufnahmegebietes und sollen nur als ein Hinweis auf die bekannte Tatsache, daß der Faktor Licht ein wesentliches Kriterium für das Wachstumsverhalten einer Naturverjüngung darstellt, betrachtet werden. Der Praktiker hat es in der Hand, durch waldbauliche Maßnahmen im Bestand hier lenkend einzugreifen. Bei veränderten Lichtverhältnissen ändern sich naturgemäß auch andere ökologische Faktoren, die für das Pflanzenwachstum mitbestimmend sind (Wasserhaushalt, Wärmehaushalt usw.). Inwieweit diese Faktoren darauf Einfluß nehmen, müßten durch weitere Untersuchungen festgestellt werden.

Fl	Z	Rel. Best. heiligt.	% Verteilung der Helligkeitsstufen							Pflanzen -			Zellen - standort	Entwicklungsphase ld. 1,5 Jahren
			Lux - 1000	1-5	5-10	10-30	30- —	Höhe Gesamt/cm	Zuwachs/cm		pro Jahr			
23 — 24 jährig														
III	2	sonnig	28,6	100	97	73	39	14	348,8	161,8	30,3	Zentrum der großen Bestandeslücke	Optimale Wuchphase	
		bewölkt	34,6	100	98	48	14							
III	4		28,9	100	98	77	49	15	354,1	128,7	25,7	Zentrum der großen Bestandeslücke	Optimale Wuchphase	
			43,0	100	98	60	20							
II	2		4,6	93	76	15	8	—	120,8	14,8	3,0	Zentrum der kleinen Bestandeslücke	Wartephase	
			11,2	100	52	—	—							
II	3	↓	4,1	92	79	19	9	—	66,8	16,7	3,3	Randbereich kl. Best. lücke — Bestand	Wartephase	
			12,1	100	59	—	—							
20 — 22 jährig														
III	5		16,3	97	92	29	19	12	68,9	30,3	6,1	Bestand	Wartephase	
			19,4	97	91	18	—							
II	4		3,8	92	74	12	7	—	49,6	15,6	3,1	Randbereich kl. Best. lücke — Bestand	Wartephase	
			6,4	89	22	—	—							
I	4		18,6	96	82	63	25	9	53,4	12,6	2,5	Bestand	Wartephase	
			18,3	80	72	—	—							
17 — 18 jährig														
I	3		51,4	97	95	87	70	36	52,2	19,7	3,9	Aufgelichteter Bestand	Warte-/beginnende Wuchphase	
			36,6	98	82	25	—							
III	3		22,1	97	88	40	20	14	79,7	27,9	5,6	Randbereich gr. Best. lücke — Bestand	Warte-/beginnende Wuchphase	
			20,0	97	94	18	4							
14 — 15 jährig														
I	2		72,9	100	98	89	83	51	96,3	66,6	13,3	Abstümmung	Wuchphase	
			74,6	93	87	59	27							
I	5		9,0	97	91	25	11	3	23,7	7,9	1,6	Bestand	Wartephase	
			9,2	83	36	—	—							
11-jährig														
II	5		4,2	91	73	14	10	—	22,8	9,5	1,9	Randbereich kl. Best. lücke — Bestand	Wartephase	
			6,5	93	21	—	—							
III	6		7,2	96	91	19	10	2	18,0	8,7	1,7	Bestand	Wartephase	
			17,9	95	79	16	—							
8-jährig														
II	6		2,0	89	46	4	—	—	10,3	6,4	1,3	Bestand	Wartephase	
			4,3	93	5	—	—							

Tab. 11



