



NACHRICHTENBLATT FÜR DEN DEUTSCHEN PFLANZENSCHUTZDIENST

Herausgegeben von der Biologischen Zentralanstalt für Land- und Forstwirtschaft

Nadelmassen der Fichte und Kiefer, sowie kritische Ei-, Falter- und Kotzahlen der Nonne (*Lymantria monacha* L.).

Von Hellmuth Gäbler, Tharandt.

Mit 1 Abbildung und 14 Tabellen.

- I. Einleitung
- II. Literaturüberblick
- III. Methoden
- IV. Nadelmassenbestimmungen
 1. Nadelmassen der Fichte
 - a) Nadelzahl der Fichte
 - b) Nadelgewicht der Fichte
 - c) Oberflächen der Fichtennadeln
 - d) Grundlagen zur Feststellung der Nadelmasse auf Grund der Reisigmasse und des Zuwachses
 2. Nadelmassen der Kiefer
 - a) Nadelzahl der Kiefer
 - b) Nadelgewicht der Kiefer
 - c) Oberflächen der Kiefernadeln
 - d) Grundlagen zur Feststellung der Kiefernadelmasse auf Grund der Reisigmasse
- V. Auswertung der Ergebnisse der Nadelmassenuntersuchungen unter Berücksichtigung des Stammdurchmessers
- VI. Nahrungsbedarf der Nonnenraupe
 1. Nahrungsbedarf der Nonnenraupe an Fichte
 2. Nahrungsbedarf der Nonnenraupe an Kiefer
- VII. Kritische Eizahlen der Nonne.
- VIII. Kritische Falterzahlen der Nonne
- IX. Kritische Kotzahlen der Nonne
- X. Zusammenfassung
Schrifttum

I. Einleitung

Für die Festlegung kritischer Ei- und Falter- bzw. Puppenzahlen unserer forstlichen Insekten benötigt man außer der durchschnittlichen Nahrungsmenge, die ein Tier im Laufe seiner Entwicklung verzehrt, in erster Linie möglichst umfangreiche Unterlagen über die Blatt- bzw. Nadelmassen der Bäume verschiedenen Alters und von verschiedenen Standorten. Weil die Nadelhölzer im Gegensatz zu den Laubhölzern bei sehr starkem Fraßschaden meist absterben, sollen in vorliegender Mitteilung nur diese behandelt werden. Da aber eine genaue Bestimmung der Nadelmasse eines Baumes, besonders bei Kiefer, wie wir sehen werden, und wie bereits anderweit erwähnt wurde, umständlich, sehr zeitraubend und

demnach auch kostspielig ist, empfiehlt es sich, alle bisher bekanntgewordenen Nadelmassenbestimmungen, ganz gleich zu welchem Zweck sie durchgeführt wurden, zusammenzustellen und als Unterlagen vorliegender Berechnungen zu verwenden. Seit der letzten Veröffentlichung des Verfassers über dieses Gebiet sind noch weitere einschlägige Untersuchungen hinzugekommen, die auch, wie sich zeigen wird, noch weitgehender auswertbar sind. Vor allem sollen aber hier einige Angaben gebracht werden, die eine Nadelmassenberechnung, wenigstens näherungsweise, aus dem Reisig und dem Zuwachs ermöglichen. Das ist vor allem deshalb erwünscht, weil in der Praxis genaue Nadelmassenbestimmungen in dem meist notwendigen, beträchtlichen Umfang nicht durchführbar

sind. Die Nadelmassenbestimmung spielt aber nicht nur im vorliegenden Fall sondern auch für die Festsetzung der Giftmenge bei Bestäubungen eine gewisse Rolle.

Um nun während des Fraßes die Zahl der pro Baum vorhandenen Raupen feststellen zu können, muß man auch über die pro Raupe produzierten Kotmengen Bescheid wissen, da sonst eine Auswertung der Kotfallkontrollen, die mittels Kottafeln oder Tüchern durchgeführt werden, nicht möglich ist. Die Größe des Kotes der verschiedenen Larvenstadien ist u. U. ebenfalls von Interesse, um sich ein Bild über den Anteil der Altersstufen der fressenden Raupen machen zu können. Ebenso läßt die Kotmenge auch Schlüsse auf die verzehrte Nadelmenge zu. Endlich wird kurz auf die Veröffentlichungen verwiesen, auf Grund deren man Schätzungen über die Raupensterblichkeit anstellen kann, die ja in diesem Zusammenhang von großem Interesse sind.

II. Literaturüberblick

Nadelmassenbestimmungen an Fichte wurden in einer Arbeit über die Transpiration von A. Schubert unter B. Hubers Leitung in Tharandt durchgeführt. Im Hinblick auf die kritischen Eizahlen der Nonne hat der Verfasser Nadelmengen an einigen Fichten und Kiefern bestimmt, die bereits veröffentlicht wurden. Weitere Untersuchungen verdanken wir an Fichte, Kiefer, Tanne, Douglasie und Weymouthskiefer H. Burger, der seine Beobachtungen hauptsächlich im Hinblick auf den Wasserverbrauch und den Zuwachs der Bestände angestellt hat. Besonders wertvoll für unsere Untersuchungen sind auch seine Veröffentlichungen über den Kronenaufbau von Nadelbäumen und die Reisigmengen. Auch Hubers Untersuchungen über das Wasserleitungssystem der Pflanzen müssen in diesem Zusammenhang erwähnt werden. Zu ganz ähnlichen Ergebnissen kamen Wislicenus und Binder, die das Nadelgewicht der einzelnen Triebe in Beziehung zum Triebgewicht brachten. Ihre Untersuchungen wurden im Hinblick auf die Erkennung von Rauchschäden angestellt. Außerdem lassen sich Nadelmassen u. a. aus den kritischen Zahlen anderer Schadinsekten errechnen, so z. B. aus solchen Angaben Schwardtfegers über kritische Eizahlen der Kieferneule und des Kiefernspanners. Ferner finden sich Unterlagen für Kiefer bei Lebedev und Savenko, die Kiefernspinneruntersuchungen anstellten. Weitere Mitteilungen über Nadelmassen werden im Verlauf dieser Arbeit Erwähnung finden.

Für die Ermittlung kritischer Ei-, Falter- bzw. Puppen- und Kotzahlen sind, wie bereits erwähnt, Untersuchungen über die durchschnittliche Fraßmenge und Koterzeugung einzelner Nonnenraupen nötig. An Fichte wurden solche Versuche durchgeführt von Escherich, Baer, K. Eckstein, Frydrychewicz und dem Verfasser, der auch an Kiefer Fütterungsbeobachtungen machte. Schon früher wurde der Nahrungsverbrauch des Kiefernspinners von Ratzeburg, Eckstein und Lebedev und Savenko festgestellt.

Kritische Raupenzahlen versuchte zuerst bei der Nonne Sedlaczek zu bestimmen. Zur Feststellung der kritischen Falterzahlen sei ferner auf diejenigen Angaben Eidmanns, Wellensteins und des Verfassers verwiesen, die sich auf die je Falter produzierten Eizahlen beziehen. Endlich hat Wel-

lenstein alle diese Fragen erörtert, wobei eine erfreuliche Übereinstimmung seiner kritischen Eizahlen mit den früher veröffentlichten Ergebnissen des Verfassers zu finden ist. Auf die Einzelheiten der hier erwähnten Arbeiten soll im Laufe dieser Mitteilung näher eingegangen werden.

III. Methoden

Zu einer raschen, wenigstens näherungsweise Bestimmung von Nadelmassen, die in vielen Fällen in der Praxis genügen wird, läßt sich die Wägung des gesamten Reisigs verwenden. Ihre Verwendbarkeit und ihre rechnerischen Grundlagen sollen weiter unten erörtert werden. Wellenstein ließ ferner Nadelmassenvergleiche anstellen, indem er von den vom Stamm abgetrennten grünen Zweigen die Wasserverdrängung bestimmte, um danach die Giftdosierung für Bestäubungen festsetzen zu können. In welchem Verhältnis die Gift- zur Nadelmenge stehen muß, ist aber noch nicht ganz geklärt. Wahrscheinlich nimmt sie nicht einfach proportional der Nadelmenge zu und ist auch wesentlich von der Kronenform abhängig. Eine genaue Nadelmassenbestimmung läßt sich jedoch nur durch Wägung der Nadeln selbst durchführen. Dabei kann man aber das Nadelfrischgewicht eines ganzen Baumes nicht direkt feststellen, sondern nur errechnen, da die Nadeln bei Kiefer abgepflückt werden müssen, und dies so zeitraubend ist, daß dieselben während dieser Zeit bereits viel Feuchtigkeit und damit Gewicht verlieren. Wollte man die Fichtennadeln ebenfalls abpflücken, so wäre dies noch viel beschwerlicher. Aus diesem Grunde ist es hier das einfachste, die Zweige trocknen zu lassen, und so die Nadeln zum Abfallen zu bringen. Um nun neben dem Trockengewicht auch das Frischgewicht ermitteln zu können, muß gleich nach dem Fällen des Baumes eine bestimmte Nadelmenge gewogen werden. Stellt man dann auch deren Trockengewicht fest, so erhält man den prozentualen Gewichtsverlust der Nadeln und kann auf diese Weise das Frischgewicht der gesamten Nadelmasse des Baumes berechnen. Ebenso kann man durch Wägen einer bestimmten Anzahl Nadeln in frischem oder trockenem Zustand auch die Nadelzahl annähernd ermitteln, wenn man dabei die Menge der Licht- und Schattennadeln berücksichtigt. Für die Wägung der abgezählten Nadeln wurde vom Verfasser eine analytische Waage verwendet.

Weitere Nadelmassen wurden aus den kritischen Eizahlen der Kieferneule errechnet, indem die von Schwardtfeger angegebenen Zahlen mit der durchschnittlichen Fraßmenge einer Kieferneuleraupe multipliziert wurden. Ein großer Teil der Nadelmassenwerte konnte entweder direkt den Arbeiten anderer Autoren entnommen werden oder mußte aus Angaben derselben errechnet werden. Die hier verwendeten Untersuchungen waren zur Klärung anderer Fragen, wie der Transpiration, des Zuwachses, der Rauchschäden usw. angestellt worden. Deshalb fanden sich dort Angaben über die Nadeloberfläche u. a., die erst in Nadelzahl oder -gewicht umgerechnet werden mußten. Auf diese Weise ließen sie sich aber gut für unsere Zwecke verwenden.

Die durchschnittliche Fraßmenge einer Nonnenraupe wurde durch Fütterung einer größeren Anzahl einzeln gehaltener Raupen mit Fichte und Kiefer ermittelt, wobei auch die anfallende Kotmenge unter-

sucht werden konnte. Näheres hierüber wurde vom Verfasser bereits in seiner Arbeit über „Nahrungsverbrauch, Kotproduktion und kritische Eizahlen der Nonne *L. monacha* an Kiefer und Fichte“ veröffentlicht, so daß sich hier genauere Angaben erübrigen. Selbstverständlich müssen hierbei nicht nur die tatsächlich gefressenen Nadelmassen sondern auch die als Abfälle zu Boden fallenden Nadelstückchen, die dem Baum ja ebenfalls verloren gehen, berücksichtigt werden.

Bei der Feststellung der pro Falter produzierten Eizahl muß erstens darauf geachtet werden, daß die Falter bis zu ihrem natürlichen Tod gehalten werden, da ja während des Falterlebens eine größere Anzahl Eier nachreifen, und ferner empfiehlt es sich, die toten Falter noch auf Eier zu untersuchen, damit auch die noch nicht abgelegten Eier berücksichtigt werden können.

Zur Ermittlung der kritischen Raupenzahlen haben Wiehl, Heskens und Sedlaczek eine bestimmte Zahl Eiräupchen an Fichten gesetzt und den Fraßgrad ermittelt. Wenn dieses Verfahren auch zweifellos den natürlichen Verhältnissen fast vollkommen entspricht, so hat sich doch gezeigt, daß es für unsere Zwecke keine brauchbaren Ergebnisse liefert, da die Raupensterblichkeit, Verluste durch Abwehen besonders von Eiräupchen usw. zu große, veränderliche und unkontrollierbare Fehlerquellen darstellen. Aus diesem Grunde wurde der bereits erwähnte Weg des Laboratoriumsversuchs beschritten, da so jedes einzelne Tier genau in seiner Entwicklung verfolgt werden konnte. Daß die Ergebnisse eines Laboratoriumsversuchs nicht auch für das Freiland in vollem Umfang zutreffen brauchen, ist selbstverständlich. Deshalb wurden auch von der Forschungsstelle für Nonnenbekämpfung Tharaud Versuche über Nahrungsverbrauch und Kotproduktion der Nonnenaube mittels in den Baumkronen aufgehängter Freilandzwinger eingeleitet, die leider wegen hoher Sterblichkeit der Versuchstiere keine ausreichenden Ergebnisse lieferten. Es ist zu verstehen, wenn Wellenstein den Laboratoriumsversuchen des Verfassers aus diesem Grunde mit einer gewissen Skepsis begegnet. Da derselbe aber festgestellt hat, daß meine auf Grund dieser Laboratoriumsversuche gewonnenen kritischen Eizahlen gut mit den von ihm gefundenen übereinstimmen, so werden auch die Fütterungsergebnisse, soweit man dies bei der noch nicht besonders breiten Basis verlangen kann, den natürlichen Verhältnissen nahekommen. Freilandversuche auf diesem Gebiete sind aber natürlich sehr erwünscht.

IV. Nadelmassenbestimmungen

Nadelmassenbestimmungen werden zu den verschiedensten Zwecken durchgeführt. In erster Linie werden sie benötigt für Transpirationsuntersuchungen, aber auch bei Zuwachsbeobachtungen, Rauchschädenuntersuchungen und endlich in der Forstentomologie zur Berechnung kritischer Ei- oder Falter- bzw. Puppenzahlen und zur Bestimmung der benötigten Giftstaubmengen bei Bestäubungen. Entsprechend dieser verschiedenen Probleme oder praktischen Anforderungen, für welche die Nadelmengen Interesse haben, sind die Unterlagen auch in verschiedener Form vorhanden. So findet man Angaben über die Nadelzahl, das Frischgewicht, das Trockengewicht oder die Nadeloberfläche. Diese Werte

lassen sich aber natürlich alle je nach Bedarf umrechnen, so daß sie für vorliegende Zwecke zu verwenden sind. Das ist deshalb wichtig, weil diese Untersuchungen keineswegs so zahlreich sind, wie man annehmen sollte, da ja eigentlich recht vielfaches Interesse an Nadelbestimmungen besteht. Das liegt aber wohl daran, daß solche Versuche sehr zeitraubend und kostspielig sind. Wir müssen diese Unterlagen möglichst auf die Nadelzahl und das Nadelgewicht umrechnen.

1. Nadelmassen der Fichte

Die meisten Unterlagen sind hier nicht im Hinblick auf forstentomologische Untersuchungen sondern im Zusammenhang mit Transpirations- und Zuwachsversuchen geschaffen worden. Vom forstzoologischen Standpunkte wurden nur im Rahmen von Nonnenversuchen von K. Eckstein und dem Verfasser Nadelmassenbestimmungen bei Fichte durchgeführt. Es sollen hier aber nicht nur diese beschrieben werden, sondern es sollen vor allem die übrigen im Schrifttum vorhandenen Unterlagen für unsere Zwecke ausgewertet und, soweit dies nötig, umgerechnet werden.

a) Nadelzahl der Fichte

Zu Beginn sei auf Grund der Burgerschen Untersuchungen einiges über die Lebensdauer der Fichtennadeln erwähnt. Diese nimmt im allgemeinen mit der Höhe über N.N. zu und ist auch am Schaft und an den Seitenästen verschieden. Bis 300 m Höhe fanden sich bei Burgers Versuchen am Schaft 4–5, an den Seitenästen 5–7 benadelte Jahrestriebe, in 1600–2000 m dagegen 9–10 bzw. 11–12. Ferner nimmt die Zahl der benadelten Jahrestriebe von der Spitze zur größten Kronenbreite zu und von da bis zum Kronenansatz hin wieder ab. Das Nadelalter schwankt aber auch individuell bei den einzelnen Stämmen eines Bestandes. Diese Abweichungen sind im Gebirge am größten. Am ältesten werden die Nadeln an schwach mitherrschenden, etwas beschatteten, aber lebenskräftigen Fichten, dagegen haben die wenigsten benadelten Triebe stark beherrschte, unterdrückte Stämme. Desgleichen üben die verschiedenen Klimazonen und die Hangrichtung einen gewissen Einfluß hierauf aus, wogegen die Provenienz des Saatgutes nur eine geringe Rolle spielt. Ob „günstige“ oder „ungünstige“ Jahre auch einen Einfluß auf die Zahl der benadelten Jahrestriebe haben, ist noch nicht geklärt. Zur Erreichung der Höchstzahl benadelter Triebe müssen die Bäume erst ein gewisses Alter überschritten haben.

Vorerst sei noch erwähnt, daß die einwandfreiesten Unterlagen für unsere Zwecke das Gewicht der Nadeln (Frisch- oder Trockengewicht) liefert, während die Nadelzahl kein genaues Bild ergibt, da ja die Größe bzw. das Gewicht derselben je nach Standort, Licht- oder Schattennadeln verschieden ist. Trotzdem sollen die Nadelzahlen, soweit zugänglich, mit angegeben werden, da sie sich im Schrifttum häufig finden.

Es liegen u. a. einige Versuche mit nur wenige Jahre alten Fichten vor, die uns zwar hier weniger interessieren, die aber der Vollständigkeit halber mit erwähnt seien. So zählte Büsgen 6577 Nadeln an einem Bäumchen von 4 Jahren. 5–6jährige im Topf gezogene Sonnenfichten (70 cm hoch) trugen in v. Höhnel's Versuchen 32000 Nadeln. Nun wurden sowohl von Knuchel als auch von Burger

Tabelle I

Fichten im Plenterwald in Biglén		unter- drückt	be- herrscht	mitherr- schend	mitherr- schend	herr- schend	herr- schend
Stammdurchmesser in 1,3 m Höhe	cm	6,6	13,6	22,5	37,4	44,6	71,2
Baumhöhe	m	6,6	14,6	23,8	30,6	33,4	34,0
Frische Nadeln je Baum	kg	2,5	7,6	24,8	49,6	93,5	298,6
Nadelzahl*)	i. 1000	481	1461	4769	9538	17 981	57 423

*) vom Verfasser errechnet

Tabelle II (nach Knuchel)

	Alter Jahr	Nadeln in Millionen	Nadel- ober- fläche m ²	Durch- messer in 1,30 m Höhe cm	Baum- höhe m	Kronen- länge m	Nadel- frisch- gew. *) kg	Kronen- durch- messer m	Bemer- kungen
Plenterwald	117	20,043	702	61	38,4	17,3	104,2	9,8	vorherrsch.
	135	9,036	316	42	32,6	22,7	47	5,8	"
	116	4,195	147	25	24,4	16,5	21,8	4,4	mitherrsch.
	48	1,499	52	11	10,6	5,0	7,8	2,8	unterdrückt
Fichtenrein- bestand	55	11,720	351	34	28,4	16,8	60,9	5,6	vorherrsch.
	55	5,327	160	24	23,0	9,6	27,7	3,2	mitherrsch.
	55	0,896	27	14	17,4	5,5	4,7	2,6	—

*) vom Verfasser errechnet

Nadelmassenbestimmungen im Plenterwald an verschieden starken Fichten durchgeführt. Ersterer fand an einer Fichte von 10 cm Durchmesser 1 Million, an einer solchen von 40 cm Durchmesser 10—20 Millionen und von 60—70 cm 30—40 Millionen Nadeln. Burgers Zahlen sind in Tabelle I wiedergegeben.

Die Ergebnisse dieser beiden Autoren stimmen gut überein. Auf Burgers Untersuchungen muß später in anderem Zusammenhang nochmals eingegangen werden. Die Werte in Tabelle I sind im Plenterwald gewonnen, sind also nicht ohne weiteres mit

den Verhältnissen im Fichtenreinbestand gleichzusetzen.

Knuchel hat nun außerdem einen 55jährigen Fichtenreinbestand untersucht. Eine Gegenüberstellung seiner Ergebnisse erfolgt in Tabelle II.

Ferner sei auch auf die Knuchel'schen Plenterwaldergebnisse an einer 116-, 117- und 135 jährigen Fichte in Tabelle II hingewiesen. Für einen 40—42-jährigen Stamm auf Diluvialsand II./III. Bonität bestimmte Counciler eine Nadelzahl von 2 992 000 Nadeln. Schubert stellte an einer 37jährigen

Tabelle III

Alter Jahr	Baum- höhe m	Kronen- länge m	Kronen- breite m	Stamm- durch- messer in 1,30 m Höhe cm	Nadel- frisch- gewicht kg	Nadel- trocken- gewicht kg	Nadel- zahl i. 1000	Krit. Eizahl i. 1000	Bemerkungen
Fichte									
90—100	17,5	7,5	6	23	32,040	14,172	6161,7	5,4	herrschend
90—100	14	6	4	17	17,447	7,764	3258	2,8	unterdrückt
70	14	6	5	18	23,905	10,562	4346,5	3,8	herrschend
55—60	13	7	5	14	13,645	6,071	2688	2,2	"
55—60	11	6	4	10	8,384	3,732	1615	1,3	unterdrückt
Kiefer									
100	17,5	5	6	35	19,633	9,629	693	2,2	herrschend
41	11	3,5	4	12	7,225	3,540	289	0,8	Mittelstamm

Tabelle IV (nach Burger)

		Winterthur 550 m	Adlisberg 670 m ü. M.		Pilatus 1000 m ü. M.		Lenzer Heide 1600 m ü. M.	Engadin 1900 m ü. M.	
		herrschend	herrschend	beherrscht	beherrscht	herrschend	herrschend	herrschend	herrschend
Baumdurchmesser in 1,3 m Höhe	cm	8,3	9,2	6,2	6,2	7,7	7,5	5,2	5,4
Baumhöhe	m	8,4	8,2	7,6	6,4	7,0	6,8	4,8	5,2
Kronenlänge	m	6,4	6,6	6,6	6,2	5,2	6,7	3,7	3,4
Nadelgewicht/Baum	kg	7,8	10,6	4,6	4,5	4,9	5,4	3,2	3,6
Nadeloberfläche/kg	m ²	6,6	6,2	6,1	6,2	6,6	6,3	6,9	6,5
Nadeloberfläche/Baum	m ²	51	66	28	28	32	34	22	23
Nadelzahl/kg i. 1000 Stck.		162	208	210	206	200	175	266	225
Nadelzahl/Baum i. 1000 Stck.		1260	2200	966	927	980	945	851	810
Zuwachstrockengewicht pro kg Nadelrockengew.		0,38	0,34	0,28	0,28	0,31	0,31	0,25	0,21

Fichte von 9,90 m Höhe und 5,20 m Kronenlänge eine Nadelmenge von 2074 000 Stück fest. Diese letzten beiden Ergebnisse stimmen gut überein.

Nun wurden auch Nadelbestimmungen vom Verfasser ausgeführt, um sich selbst ein Bild von der Lage der Dinge machen zu können. Die untersuchten Bäume stammten aus Fichtenreinbeständen IV. Bonität des Tharandter Waldes. In einem 55-60 jährigen und einem 90-100 jährigen Bestande wurde je ein herrschender und ein unterdrückter Stamm ausgewählt. Dazu wurde noch ein 70 jähriger herrschender Stamm gefällt. Wie die Tabelle III zeigt, haben die unterdrückten Stämme hier nur wenig mehr als die Hälfte der Nadeln herrschender Bäume. Ähnliches läßt sich auch aus Knuchels Tabelle entnehmen. Auch alle übrigen Werte können aus Tabelle III entnommen werden. Ferner hat Burger 24 jährige Fichten, die aus Samen verschiedener Herkunft im Versuchsgarten Adlisberg (670 m Seehöhe) gezogen worden waren, untersucht und das in Tabelle IV angegebene Ergebnis gefunden. Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit

interessieren dabei vorwiegend Nadelzahl, -gewicht und -oberfläche, weniger die Unterschiede, welche die Fichten verschiedener Herkunft zeigen. Nur haben die Hochgebirgsfichten durchschnittlich etwas kleinere Nadeln als die der tiefen Lagen, die Beeinflussung durch äußere Faktoren ist aber größer. Die Zahlenangaben für im selben Versuchsgarten erzeugene 25 jährige Fichten aus Winterthur, Malans und Ponte sind in Tabelle V zusammengestellt.

Endlich sei eine weitere Burgersche Tabelle (Tabelle VI) über 53 jährige Fichten angeführt, die uns weitere Unterlagen liefert. Die übrigen Burgerschen Ergebnisse sollen, da sie die Nadelgewichte aufführen, nicht erst in Nadelzahlen umgerechnet werden, sondern nur im nächsten Kapitel erwähnt werden.

Für einen 100 jährigen Fichtenbestand II. Bonität in Gebirgslage gibt Burger je Hektar ein Nadelgewicht von 28 000 kg an, das einer Nadelzahl von ungefähr 3 733 333 000 Stück entsprechen würde, und Knuchel berechnete für einen 55 jährigen Fichtenbestand von 790 Stämmen/ha 4 128 000 000 Na-

Tabelle V (nach Burger)

		Winterthur 550 m ü. M.		Malans 600 m ü. M.		Ponte 1900 m ü. M.	
		herrschend	beherrscht	herrschend	beherrscht	herrschend	beherrscht
Baumdurchmesser in 1,3 m Höhe	cm	8,3	5,7	8,2	6,1	7,2	4,5
Baumhöhe	m	8,8	6,0	8,4	7,4	5,9	4,5
Kronenlänge	m	5,7	3,8	4,4	3,4	3,3	2,4
Nadelgewicht/Baum	kg	7,8	3,7	7,9	5,0	6,6	2,5
Nadeloberfläche/kg	m ²	6,3	6,2	5,5	5,8	6,0	5,9
Nadeloberfläche/Baum	m ²	49	23	43	29	42	15
Nadelzahl/kg i. 1000 Stck.		190	269	141	180	206	237
Nadelzahl/Baum i. 1000 Stck.		1482	995	1139	900	1360	593
Trockene Nadeln/Baum	kg	3,7	1,6	3,8	2,4	3,1	1,2
Trockenzuwachs/kg trock. Nadeln		0,37	0,35	0,30	0,28	0,24	0,21

Tabelle VI (nach Burger)

53jährige Fichten von Olten		Baumklassen				
		unter- drückt	be- herrscht	mit- herrschend	mit- herrschend	herrschend
Durchmesser in 1,3 m Höhe	cm	11,0	13,4	19,4	20,4	27,8
Baumhöhe	m	16,4	19,2	21,4	21,8	23,4
frische Nadeln/Baum	kg	3,7	8,6	18,6	35,7	67,7
Nadelzahl/Baum*)	i. 1000 Stck.	711	1654	3577	6865	13 019

*) vom Verfasser errechnet

deln pro Hektar. Die Nadelzahl pro Hektar nimmt also, wie auch aus Versuchen in Kiefernrevieren hervorgeht, meist mit dem Alter ab.

Da sich gelegentlich auch Angaben über Nadel-längen in der Literatur finden, sei kurz hierauf eingegangen. Nach v. Höhn el beträgt die durchschnittliche Länge einer Fichtennadel 1,547 cm, und auch der Verfasser erhielt einen Durchschnittswert von ca. 1½ cm.

b) Nadelgewicht der Fichte

Es soll nun genauer auf das Nadelgewicht ver-schieden alter Fichten eingegangen werden, da dieses die für uns brauchbaren Unterlagen liefert. v. Höhn el bestimmte das Durchschnittsgewicht von 100 Fichtennadeln frisch mit 0,750 g und das Lufttrockengewicht mit 0,337 g (Durchschnittsnadel-länge 1,547 cm). Es stimmt auch mit Schuberts und unseren eigenen Ergebnissen überein, daß das Trockengewicht ca. 44,4% des Frischgewichtes be-trägt. Nach v. Höhn el wiegt die Nadelmasse einer 5—6 jährigen Fichtentopfpflanze von 70 cm Höhe ca. 90 g (Frischgewicht). Bei einer 40—42 jährigen Fichte fand Counciler 22,44 kg an Nadelgewicht und Schubert bei einer 37 jährigen Fichte von 9,9 m Höhe und 5,2 m Kronenlänge 15,65 kg. Der Verfasser untersuchte, wie bereits früher berichtet, je zwei

55—60 jährige und 90—100 jährige sowie eine 70 jäh-rige Fichte IV. Bonität. Wie Tabelle III zeigt, fand sich bei einer 55—60 jährigen Fichte mit 10 cm Stammdurchmesser (in 1,30 m Höhe) ein Nadelfrisch-gewicht von 8,384 kg und bei einer ebenso alten mit 14 cm Stammdurchmesser 13,645 kg, bei der 70 jäh-rigen von 18 cm Durchmesser wurde ein Nadelfrisch-gewicht von 23,905 kg festgestellt und die beiden 90—100 jährigen mit Stammdurchmessern von 17 und 23 cm hatten ein Nadelfrischgewicht von 17,447 und 32,040 kg. Aus Tabelle I (Burgers Plenterwald-versuche in Biglén) geht hervor, daß je eine Fichte mit 6,6; 13,6; 22,5; 37,4; 44,6 und 71,2 cm Stamm-durchmesser Frischnadelgewichte von 2,5; 7,6; 24,8; 49,6; 93,5 und 298,6 kg aufwiesen. Aus Knuchels Tabelle (siehe Tabelle II) errechnete der Ver-fasser folgende Frischnadelgewichte: bei einem Stammdurchmesser von 61 cm ergaben sich 104,224 kg, bei 42 cm 46,987 kg, bei 25 cm 21,814 kg, bei 11 cm 7,795 kg, bei 34 cm 60,944 kg, bei 24 cm 27,700 kg und bei 14 cm 4,659 kg. Einen weiteren Beitrag zu dieser Frage lieferte Bur-ger (Tabelle IV). Ohne Berücksichtigung der übrigen Ergebnisse, die aus der Tabelle entnommen werden können, ergaben Fichten, die in 1,3 m Höhe einen Stammdurchmesser von 8,3 cm hatten, ein Nadelfrischgewicht von 7,8 kg, von 9,2 cm 10,6 kg,

Tabelle VII (nach Burger)

Durch-messer in 1,3 m Höhe cm	Kronengewicht pro Baum		Nadeln pro Baum			pro Kronenraummeter		
	Gesamt-reisig kg	Ast-reisig kg	Gewicht kg	in Prozenten		Reisiggewicht		
				des Gesamt-reisigs	des Ast-reisigs	Gesamt kg	Ast kg	Nadeln kg
4	8,0	1,8	1,1	14	61	1,5	0,3	0,2
5	11,2	2,2	1,3	12	59	1,8	0,4	0,2
6	15,5	3,0	1,7	11	57	2,3	0,4	0,3
7	15,1	4,1	2,4	16	59	2,0	0,6	0,3
8	16,0	6,2	3,6	22	58	2,0	0,8	0,4
9	17,5	8,9	5,2	30	59	1,9	1,0	0,6
10	19,0	11,7	6,9	37	59	1,9	1,1	0,7
12	25,5	19,5	11,5	45	59	1,9	1,4	0,9
14	33,5	28,4	16,4	49	58	1,9	1,6	0,9
16	42,5	37,9	22,0	52	58	1,9	1,7	1,0
18	54,0	49,8	29,0	53	58	1,9	1,7	1,0
20	67,0	63,0	35,0	52	56	1,9	1,8	1,0
22	81,0	77,2	42,0	42	54	1,9	1,8	1,0
24	97,0	92,3	50,0	52	54	1,9	1,8	1,0
26	113,0	109,4	58,0	51	54	1,9	1,9	1,0
28	131,0	127,5	65,0	50	51	1,9	1,9	0,9
30	150,0	146,6	72,0	48	49	1,9	1,9	0,9

Tabelle VIII (nach Burger)

Durchmesser in 1,3 m Höhe cm	Fichte					Tanne				
	Kronengewichte pro Baum			pro Kronen- raummeter		Kronengewichte pro Baum			pro Kronen- raummeter	
	total kg	Nadeln		Reisig total kg	Nadeln total kg	total kg	Nadeln		Reisig total kg	Nadeln total kg
		%	kg				%	kg		
8	11	15	1,7	2,4	0,4	11	15	1,7	2,4	0,4
10	17	27	4,6	2,1	0,6	15	24	3,6	2,2	0,5
12	24	37	8,8	2,0	0,7	21	32	6,7	2,3	0,7
14	31	44	14	2,0	0,9	29	38	11	2,4	0,9
16	39	48	19	2,0	1,0	37	43	16	2,3	1,0
18	49	49	24	2,0	1,0	46	45	21	2,2	1,0
20	61	50	30	2,0	1,0	57	45	26	2,1	1,0
22	73	49	36	2,0	1,0	69	45	31	2,0	0,9
24	88	49	43	1,9	0,9	83	44	36	1,9	0,8
26	102	48	49	1,9	0,9	97	43	42	1,8	0,8
28	119	47	56	1,8	0,9	113	42	48	1,7	0,7
30	140	46	64	1,8	0,8	131	41	54	1,7	0,7
32	163	45	73	1,8	0,8	151	40	60	1,6	0,6
34	—	—	—	—	—	174	37	65	1,6	0,6
36	—	—	—	—	—	203	35	71	1,6	0,5

von 6,2 cm 4,6 kg bzw. 4,5 kg, von 7,7 cm 4,9 kg, von 7,5 cm 5,4 kg, von 5,2 cm 3,2 kg und 5,4 cm 3,6 kg. Dabei ist zu erwähnen, daß der Baum mit 7,5 cm Durchmesser und 5,4 kg Nadelgewicht 1,5 m mehr Kronenlänge besaß, als derjenige mit 7,7 cm Stammdurchmesser, welcher nur ein Nadelgewicht von 4,9 kg aufwies. In Tabelle V finden sich Angaben desselben Autors über 25 jährige Fichten, die bei einem Stammdurchmesser von 8,3 cm 7,8 kg, von 5,7 cm 3,7 kg, von 8,2 cm 7,9 kg, von 6,1 cm 5 kg, von 7,2 cm 6,6 kg und von 4,5 cm 2,5 kg Nadelgewicht aufwiesen. 53 jährige Fichten ergaben nach Burger'schen Versuchen (Tabelle VI) für 11,0 cm Durchmesser 3,7 kg, 13,4 cm 8,6 kg, 19,4 cm 18,6 kg, 20,4 cm 35,7 kg und 27,8 cm 67,7 kg Frischnadeln. Nun hat Burger aber noch Unterlagen veröffentlicht, die uns noch weitergehende Schlüsse ermöglichen (Tabellen VII und VIII). Vorerst sei aber nur auf die hier erörterten Maße bzw. Gewichte eingegangen. 35 jährige Fichten, die einem Bestand mit 93% Nadelholz (Fichten mit vereinzelt Tannen und Lärchen) und 7% Buchen (vereinzelt Birken) entstammten, hatten (Tabelle VII) bei Durchmessern von 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28 und 30 cm Frischnadelgewichte von 1,1, 1,3, 1,7, 2,4, 3,6, 5,2, 6,9, 11,5, 16,4, 22, 29, 35, 42, 50, 58, 65 und 72 kg.

In einem Fichten-Tannenbestand bei St. Gallen, in dem die Fichte 36 jährig, die Tanne dagegen 61 jährig war, standen 71% Fichten und 29% Tannen. Die genauen Maße sind aus Tabelle VIII zu ersehen. Bei Stammdurchmessern in 1,3 m Höhe von 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 und 32 cm ergaben sich Fichtennadelgewichte von 1,7, 4,6, 8,8, 14, 19, 24, 30, 36, 43, 49, 56, 64 und 73 kg. Zur oberflächlichen Orientierung sei noch mitgeteilt, daß Engler auf Grund von Burger'schen Versuchen Beziehungen zwischen Nadelgewicht und Gesamtfrischgewicht der oberirdischen Pflanzenteile mitteilte. Danach hat eine 4 jährige Fichte 60%, eine

50 jährige 6% und eine 100 jährige 3,5% des Gesamtgewichtes an Nadeln, woraus Burger für einen 100 jährigen Bestand (II. Bonität) pro ha 28 000 kg Frischnadelgewicht berechnet. Aus seinen weiteren Angaben über einen 98 jährigen Fichtenbestand von Tablat errechnet sich ein Nadelfrischgewicht von 33 700 kg. Aus den Burger'schen Tabellen, von denen nur einige gekürzt angeführt werden können, lassen sich noch weitere Nadelgewichte pro Hektar berechnen. Das soll aber im vorliegenden Fall unterbleiben, da es für unsere Ausführungen geringeres Interesse hat. Dafür soll im Folgenden eine weitere Methode zur Bestimmung der Nadelmassen besprochen werden.

c) Oberfläche der Fichtennadeln

Da die Oberflächen der Nadeln zwar für Transpirationsuntersuchungen wichtig sind, im Rahmen der vorliegenden Erörterungen aber nur als Unterlagen für die Umrechnung in Nadelgewichte und evtl. Nadelzahl dienen sollen, wird hier nur kurz das wichtigste erwähnt. Aus den Knu ch e l'schen Untersuchungen (Tabelle II) gehen auch die Beziehungen zwischen Nadelzahl und Oberfläche hervor. So hatten u. a. 20 043 000 Nadeln einer 117 jährigen Fichte 702 m² Oberfläche, während 9 036 000 Stück einer 135 jährigen Fichte 316 m² hatten. Weitere Werte sind aus der Tabelle zu ersehen. Die Oberflächen der Einzelnadeln sollen hier nicht berechnet werden. Ein 55 jähriger Bestand mit 790 Stämmen/ha hatte bei einer Nadelzahl von 4128 Millionen Stck. je ha eine Gesamtnadeloberfläche von 12,8 ha. Für unsere Untersuchungen ist das Verhältnis der Oberfläche zum Nadelgewicht wichtiger. Nach Burger hat ein Kilogramm frischer Fichtennadeln eine Oberfläche von 4—7 m² und nach Schubert 5,5 m². Diese Beziehungen lassen sich auch aus Tabelle II entnehmen, nachdem der Verfasser aus den Knu ch e l'schen Unterlagen auch die Nadelgewichte errechnet hat. Der 117 jährige Baum in Tabelle II ergibt bei

104,224 kg Nadelgewicht 702 m² Oberfläche, d. h. pro kg 6,75 m², ein 55-jähriger Baum mit 4,659 kg Nadelgewicht und 27 m² Nadeloberfläche hätte pro 1 kg Nadeln 5,79 m² Oberfläche. Besonders sei aber in diesem Zusammenhang auf Tabellen IV und V verwiesen, aus denen einerseits die Nadeloberfläche pro kg als auch die Oberfläche pro Baum hervorgeht. Sie schwanken hier auf das Kilogramm berechnet nur zwischen 6,1 und 6,6 m².

d) Grundlagen zur Feststellung der Nadelmasse auf Grund der Reisigmasse und des Zuwachses

Bevor das eigentliche Thema erörtert wird, soll besonders unter Zugrundelegen der Burger'schen Untersuchungen auf die einzelnen Kronenteile und ihre Benadelung eingegangen werden. Wenn dabei

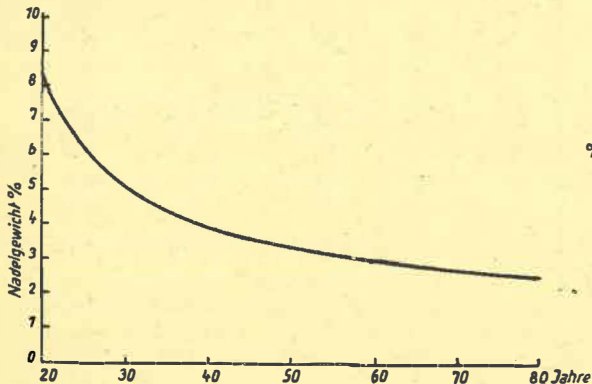


Abb. 1. Prozentualer Anteil der Nadeln am Gewicht der Gesamtmasse eines Weymouthkiefernbestandes (nach Burger).

u. a. auch Dinge erklärt werden, die jedem Forstmann geläufig sind, so bitte ich dies zu entschuldigen. Es geschieht dies, um Mißverständnisse bei den weiteren Erörterungen zu vermeiden, da ja nicht forstlich gebildeten Entomologen sonst der oder jener Ausdruck nicht ganz klar sein dürfte.

Die Fichtenkrone stellt zwar im wesentlichen die Form eines Kegels dar, aber nur bei freistehend erzeugten Bäumen ist dies meist vollkommen der Fall. Hier befinden sich die am weitesten ausladenden Äste am Kronenansatz. Die Kronen der im engeren Verband gewachsenen Fichten haben ihre größte Breite ein mehr oder weniger großes Stück über dem Kronenansatz. Burger bezeichnet den Teil der Krone, der sich über dieser breitesten Stelle befindet, als Lichtkrone, den darunter liegenden als Schattenkrone. Allerdings muß, wie er auch selbst ausführt, die Schattenkrone keineswegs immer im Schatten und die Lichtkrone im Lichte liegen, trotzdem wollen wir uns auch hier dieser Bezeichnungen bedienen, brauchen aber nicht näher auf die Kronenformen und ihre Berechnungen einzugehen. Dagegen spielen für unsere Zwecke die Kronenlängen eine Rolle, da auf ihnen (siehe Wellenstein) häufig kritische Falterzahlen usw. forstschädlicher Schmetterlinge berechnet werden. Sie wurden deshalb in einem Teil der beigefügten Tabellen mit aufgeführt. Die Schirmflächenbestimmungen der Kronen spielen vor allem für die Auswertung von Kottafeln eine Rolle. Sie werden auf verschiedene Weise festge-

stellt. So bestimmte Wohlfahrt die mittleren Berührungspunkte der Kronen, während Burger 8 Radien bis zu den äußersten Astspitzen bestimmen ließ. Die Schirmflächen, die bei unterdrückten Fichten sehr klein sein können, nehmen mit dem Durchmesser erst langsam, dann rasch zu. So kann die Schirmfläche einer herrschenden Fichte von 30 cm Stammdurchmesser 7—8mal größer sein, als diejenige einer 4 cm starken Fichte. Es wurde die Schirmfläche eines 35-jährigen Fichtenbestandes zu 80% vom Oberstand, d. h. den herrschenden und mitherrschenden Fichten, und nur zu 20% vom Unterstand, den beherrschten und unterdrückten Bäumen gebildet.

An der Krone läßt sich nun unterscheiden der benadelte Kronenmantel und der weitgehend unbenadelte Kronenkern. Genaue Werte über das Verhältnis von Kronenkern zu Kronenmantel und von

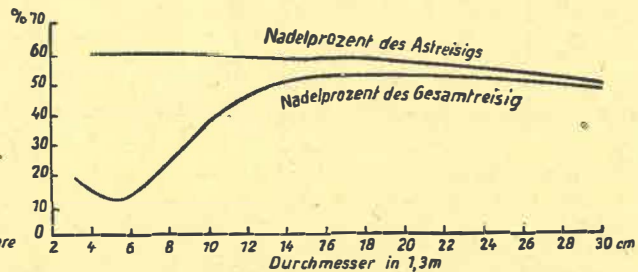


Abb. 1. Anteil der Nadeln am Frischgewicht des Astreisigs und des Gesamtreisigs bei Bäumen verschiedenen Durchmessers, im 35-jährigen Fichtenbestand v. Chanéaz (nach Burger).

Licht- und Schattenkrone können bei Burger nachgelesen werden. Sie sollen hier nicht näher behandelt werden. Dagegen müssen wir uns näher mit dem Reisig befassen. Wir unterscheiden dabei das Gesamtreisig, also alle Teile des Baumes, die mehr als 7 cm Durchmesser besitzen, das Schaft- oder Gipfelreisig, d. h. also der entastete Gipfel unter 7 cm Durchmesser, und das Astreisig, zu dem alles übrige Reisig gehört. Es fällt also bei Bäumen mit weniger als 6 cm Brusthöhenstammdurchmesser der gesamte Stamm unter das Schaft- oder Gipfelreisig. Deshalb nimmt das Gewicht des Schaftreisigs anfangs rasch zu, um nach Überschreitung des 6 cm Brusthöhen-durchmessers rasch abzusinken. Bei zunehmender Stammstärke (über 15 cm) nimmt es dann nur langsam weiter ab.

Für unsere Untersuchungen ist uns aber das Verhältnis vom Reisiggewicht zum Nadelgewicht besonders wichtig, da seine Kenntnis eine Nadelmassenbestimmung wesentlich erleichtert. Aus diesem Grunde seien in Abb. 1 Burger's Kurven über die Nadelprozentanteile (des Ast- und Gesamtreisigs) wiedergegeben. Diese Prozente wurden auf die Stammdurchmesser in 1,30 m Höhe bezogen. Weitere Untersuchungen unter den verschiedensten Umständen müssen diese Unterlagen möglichst noch ergänzen und auf eine noch breitere Basis stellen, denn wir brauchen auf Grund dieser Ergebnisse nur noch den Stammdurchmesser und das Gesamt- oder Astreisiggewicht eines Baumes zu bestimmen und können dann

Tabelle IX (nach Burger)

		Bestand	Baumklassen			
			herrschende Bäume	mit-herrschende Bäume	beherrschte Bäume	unterdrückte Bäume
Nadelgewicht	kg	34 530	13 660	12 660	1 830	1 380
	%	100	54	37	5	4
Nadelgew.: Gesamtreisig	%	43	51	42	26	17
Nadelgew.: Astreisig	%	58	57	59	58	57

aus den Kurven ablesen, welcher Prozentsatz des festgestellten Gewichtes auf die Nadeln fällt und können so das Nadelgewicht berechnen, eine Methode, welche die Nadelmassenbestimmung ganz wesentlich beschleunigt und ihre praktische Anwendung ermöglicht. Bei Berücksichtigung des Gesamtreisigs haben schwache Fichten ein hohes Nadelprozent, das rasch bis zu Bäumen mit 6 cm Durchmesser sinkt, dann aber rasch wieder ansteigt (Ausscheiden des Derbholzes), um bei herrschenden Bäumen langsam wieder zu sinken. Klarere Beziehungen finden sich beim Astreisig, indem 4 cm starke Fichten ein Nadelprozent von 61 und solche von 30 cm von 49 haben. Weitere Werte können aus Tab. VII und VIII und Abb. 1 entnommen werden. Mit Hinweis auf Tabelle VII sei noch ergänzend erwähnt, daß im Kubikmeter Kronenraum nur 0,2–1 kg Nadeln vorhanden sind. Diese Nadelmenge nimmt anfangs mit dem Stammdurchmesser zu, dann aber bei den größten herrschenden Bäumen wieder ab. Schließlich sei in Tabelle IX das Nadelfrischgewicht und die Nadelprozentage ganzer Baumklassen eines 35-jährigen Fichtenbestandes je Hektar angeführt. Dabei beträgt das Nadelgewicht des Oberstandes 91% und das des Unterstandes nur 9% des Gesamtnadelgewichtes.

Man kann zur Orientierung über die vorhandene Nadelmasse pro Hektar aber auch noch den Ertrag eines Bestandes zu Hilfe nehmen (siehe Ertragstafel von Schwappach). Nach Rubner ist die Transpirationszahl für Fichte 361. Das bedeutet, daß zur Produktion einer Einheit an Trockengewicht ca. 360 Einheiten Transpirationswasser nötig sind. Es sind dies natürlich Durchschnittswerte, wie u. a. Burgers Untersuchungen gezeigt haben. Auf Grund der Ertragstafeln läßt sich der laufende Zuwachs pro Jahr und Hektar eines Bestandes ermitteln. Er würde u. a. für einen 100-jährigen Bestand II. Bonität für Fichte 12,2 m³ betragen. Das spezifische Lufttrockengewicht ist nach Geyer-Fabricius 0,47. Der Jahreszuwachs obigen Bestandes beträgt also ca. 5700 kg/ha an Trockensubstanz. Da nun aber durch zahlreiche Untersuchungen Burgers auch bekannt ist, welcher Zuwachs von 1 kg Nadelmasse erzeugt wird, läßt sich die Gesamtnadelmasse je Hektar aus dem Zuwachs errechnen. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, daß dieses Verhältnis sich selbstverständlich je nach Standort, Standortsrasse usw. ändert. Wir können also auch hier nur Näherungswerte erwarten. Der Trockenzuwachs für 1 kg trockener Nadeln schwankte bei den Burgerischen Versuchen (Tabellen IV und V) zwischen 0,21 und 0,38 und betrug im Durchschnitt 0,3. Danach würde obiger Bestand eine Trockennadelmenge von 19 000 kg oder, wenn wir das Frischgewicht unge-

fähr mit dem doppelten Gewicht annehmen, 38 000 kg/ha aufweisen. Burger hat, wie schon erwähnt, nur 28 000 kg/ha berechnet. Es beruht dies zweifellos darauf, welchen Wert man für den Trockenzuwachs pro 1 kg trockener Nadeln annimmt. Wenn man z. B. den hier aufgeführten Höchstwert von 0,38 nimmt, so errechnen sich 15 000 kg Trocken- bzw. 30 000 kg Frischnadeln pro Hektar. Dieses eine Beispiel soll genügen, um die Möglichkeit zu geben, weitere Werte zu berechnen.

Ferner läßt sich die Nadelmasse desselben Bestandes näherungsweise auf Grund des Derbholz- und Reisigvorrates nach Burger folgendermaßen bestimmen. Bei 100-jährigen Fichten beträgt das Frischnadelgewicht 3,5% des oberirdischen Pflanzenteils. Die Derbholz- und Reisigmasse beträgt in diesem Fall 1000 m³, bei einem spezifischen Frischgewicht von 0,8 pro Hektar 800 000 kg. Davon sind 3,5% also 28 000 kg frische Fichtennadeln. Bei einem Feuchtigkeitsgehalt der Nadeln von 55% ergibt sich ein absolutes Nadel Trockengewicht von 12 600 kg, das Lufttrockengewicht beträgt dann nach Burger 14 000 kg.

Burger hat aber auch bei Weymouthskiefer Versuche über das Verhältnis von Derbholz und Reisig zur Nadelmenge gemacht (Mitt. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchsw. XV, 1929, S. 276 Tabelle). Es wird auf diese Tabelle verwiesen.

2. Nadelmassen der Kiefer

Bei der Kiefer lagen in der Literatur auch einige Angaben über Nadelmassen vor, die im Rahmen forstentomologischer Untersuchungen gewonnen worden waren. Dazu gehören u. a. diejenigen von Lebedev und Savenko, die im Zusammenhang mit Kiefernspinneruntersuchungen durchgeführt wurden. Auch Schwerdtfeger hat aus Anlaß eines Kiefernspannerfraßes und der Verfasser im Zusammenhang mit einer Nonnenvermehrung einige Nadelmengenuntersuchungen angestellt. Aber auch bei Kiefer sind die meisten Bestimmungen dieser Art im Zusammenhang mit Transpirations-, Zuwachs- u. ä. Untersuchungen durchgeführt worden.

a) Nadelzahl der Kiefer

Die Nadelmassenbestimmung an Kiefer ist deshalb sehr zeitraubend, da die Zweige beim Eintrocknen die Nadeln nicht abwerfen, sondern dieselben einzeln abgepflückt werden müssen.

v. Höhnel fand an 6–7-jährigen Topfpflanzen (Sonnenpflanzen), die 70 cm hoch waren, 3416 Nadeln, eine Schwarzkiefer hatte unter denselben Umständen 1964 Nadeln. Eine 60-jährige Kiefer hatte nach Feststellung von Schwerdtfeger 450 000

Tabelle X (nach Burger)

23—27 jährige Föhren in Eglisau		Vor Durchforstung 1929/30		Nach Durchforstung 1933/34	
		Königsbrück 48° 50'	Norwegen 60° 26'	Königsbrück 48° 50'	Norwegen 60° 50'
Frische Nadeln/Baum	kg	3,77	3,29	4,21	2,11
Frische Nadeln/1 m ³ jährlicher Schaftzuwachs	kg	802	1265	714	1055
Nadelrockengewicht	kg	1,43	1,33	1,57	0,76
Nadelzahl/Baum*)	Stck.	152 100	132 800	170 000	85 200

*) vom Verfasser berechnet

Nadeln. Die von Lebedev und Savenko wieder-gegebene, vom Verfasser etwas gekürzte Tabelle (F.w. Ctrbl. 63, S. 174) Sidorenkos gibt eine gute Übersicht über die Nadelzahl der verschiedenen Altersklassen. Ferner hat Hartig bei 60 jährigen Kiefern 1. Klasse: 826 800 Nadeln, 2. Klasse: 436 800 Nadeln, 3. Klasse: 312 000 Nadeln und 4. Klasse 93 600 Stück bestimmt. Die bereits anderweit veröffentlichten Ergebnisse des Verfassers erbrachten bei einer 96—100 jährigen herrschenden Kiefer von 5,20 m Kronenlänge und 35 cm Brusthöhdurchmesser 693 200 Nadeln, eine 41 jährige Kiefer (IV. Bonität 3,5 m Kronenlänge und 12 cm Brusthöhdurchmesser) 289 000 Stück. In Tabelle X wurde ein Teil der Burgerschen Ergebnisse, die vom Verfasser durch Berechnung der Nadelzahlen ergänzt wurden, aufgeführt.

Tabelle XI gibt die Denglerschen Ergebnisse mit dem vom Verfasser errechneten Nadelfrischgewicht wieder.

Ergänzend sei noch auf Burgers Ergebnisse an Weymouthskiefer hingewiesen. Eine 2 jährige Kiefer dieser Art hatte 67 Nadeln, ein 21 jähriger Baum von 9 cm Brusthöhdurchmesser 190 000 Nadeln und ein 51 jähriger von 41 cm Durchmesser 6,6 Millionen Nadeln.

Aus den Burgerschen Unterlagen lassen sich u. a. für einen Kiefernbestand II. Bonität je Hektar 261 440 000 Nadeln berechnen. Nach Tirén kann man für einen Bestand von 35 Jahren (mittlerer Stammitteldurchmesser: 11,78 cm) 387 095 200, für einen 55 jährigen Bestand (Durchmesser: 15,34 cm) 494 644 800 und einen 105 jährigen mit 24,45 cm Stammdurchmesser 345 540 000 Nadeln berechnen.

b) Nadelgewicht der Kiefer

Das Nadelgewicht kann als Luftrockengewicht oder als Frischgewicht angegeben werden. Eine direkte Bestimmung des Frischgewichtes ist nicht möglich, da, wie bereits erwähnt, die Nadeln gepflückt werden müssen. Also muß das Frischgewicht aus dem Trockengewicht berechnet werden. Nach Schubert beträgt das Trockengewicht 49% des Frischgewichtes. Schwerdtfeger stellte in einem Fall für 100 Stck. Kiefernadeln 3,2 g Frischgewicht fest und v. Hönnele ein Trockengewicht von 0,5416 g pro 100 Nadeln. Auf Grund seiner weiteren Untersuchungen stellte er für 100 Nadeln ein mittleres Frischgewicht von 2,478 g fest. Eine Schwarzkiefer (Sonnenpflanze) ergab bei 100 Nadeln ein Trockengewicht von 2,266 g. Nach Burger errechnet sich ein Weymouthskiefernadelfrischgewicht für 100 Nadeln von 0,8—2 g. Für die von Schwerdtfeger erwähnte 60 jährige Kiefer errechnete sich ein Nadelfrischgewicht von 144 kg. Lebedev und Savenko gaben auf Grund von Sidorenkos Versuchen auch Gewichte für die verschiedenen Altersklassen an. Das Nadelgewicht stieg von der Altersklasse I von 8,283 kg bis auf 35,932 kg in der VI. Altersklasse. Leider fehlen bei diesen Angaben die Stammdurchmesser, die für weitere Schlüsse wichtig wären. Aus dieser Tabelle ist auch der Anteil der einjährigen Nadeln zu entnehmen, der auffällig hoch ist. Hartig hat ferner 60 jährige Kiefern untersucht, die in der I. Klasse 26,5 kg frische Nadeln aufwiesen, in der II. wurde 14,0 kg, in der III. 10,0 kg und in der IV. 3,0 kg Nadelfrischgewicht festgestellt. Nach Küper, der auf Schwerdtfegers Anregung Nadelmassenbestimmungen an Kiefer durchgeführt hat, hatte eine 100 jährige Kiefer (III./IV. Ertrags-

Tabelle XI

Alter in Jahren	Stamm- höhe m	Durchm. in 1,3 m cm	Nadelzahl Stck.	Frisch- gewicht kg	Nadel- oberfläche qm	Mittlere Nadellänge mm	Kronenprojek- tionsfläche qm
166	32,5	76,6	3 454 800	85,610	573	57,6	71
165	33,3	56,8	3 242 600	80,352	363	40,0	40
166	29,5	47,8	1 511 600	37,457	211	44,4	32
156	31,5	39,4	702 400	17,405	93	48,0	10

Tabelle XII (nach Gäbler)

	Altersklasse				
	21—40 Jahre	41—60 Jahre	61—80 Jahre	81—100 Jahre	101—120 Jahre
	g	g	g	g	g
Ertragsklasse II/III u. III	2 052	6 336	10 800	12 132	8 136
bis	3 060	6 448	8 172	14 364	15 912
„ III/IV u. IV	1 656	3 204	6 480	11 124	11 124
bis	1 440	3 564	5 580	8 640	12 528
„ IV/V u. V	756	1 800	2 484		
bis	1 008	2 628	2 412		

klasse) 10,4 kg Nadeln, eine solche von 50 Jahren 5,0 kg. Die Ergebnisse des Verfassers bei einer 96—100 jährigen mit einem Brusthöhendurchmesser von 35 cm betragen 19,633 kg Nadelfrischgewicht, bei einer 41 jährigen Kiefer IV. Bonität und 12 cm Brusthöhendurchmesser fand sich ein Frischgewicht von 7,225 kg. Die Nadelfrischgewichte der 4 Denglerschen Versuchskiefern gehen aus Tabelle XI hervor. Einige Ergebnisse Burgers sind aus Tabelle X zu ersehen. Leider fehlen auch hier Angaben über die Brusthöhendurchmesser der Stämme. Um nun aber noch weitere Unterlagen zu bekommen, wurden aus kritischen Eizahlen, die Schwardtfeger für Kieferneule und Kiefernspanner bestimmte, auf Grund der von einer Raupe dieser Schmetterlingsarten in ihrem Leben verzehrten Nadelmenge, die Nadelmassen der Tabelle XII errechnet und dadurch übersichtlich Werte nach Alters- und Ertragsklassen gewonnen.

Endlich seien aus Burgers Weymouthskieferergebnissen noch einige Nadelfrischgewichte angeführt. Nach den von ihm angegebenen Werten dürfte das Nadelfrischgewicht eines 21 jährigen 9 cm starken Stammes ca. 2,2 kg und eines 51 jährigen Baumes mit 41 cm Brusthöhendurchmesser 77,6 kg betragen haben.

Nun sei noch kurz auf das Nadelfrischgewicht pro Hektar eingegangen. Burger gibt für Kiefer II. Bonität ein Nadelfrischgewicht von 8700 kg/ha an. Auch Tirén hat sich mit dieser Frage beschäftigt. Er gibt für einen 35 jährigen Bestand 12 471 kg, für einen 55 jährigen 15 854 kg und für einen 105 jährigen 11 075 kg Nadelfrischgewicht an. Küper errechnete auf Grund seiner Ergebnisse für 1 Hektar 100 jähriger Kiefern III./IV. Ertragsklasse 5408 kg und für dieselbe Fläche eines 50 jährigen Bestandes 9000 kg. Auch aus Tabelle XI konnten, da Unterlagen über die Stammzahlen/ha vorhanden waren, weitere Nadelmengen/ha berechnet werden. Bei einem 30 jährigen Bestand III./IV. Ertragsklasse kann danach mit 7920—9108 kg, bei einem solchen von 50 Jahren mit 6835—7938 kg, einem 90 jährigen mit 6739—8676 kg und einem 110 jährigen mit 5784 bis 6514 kg gerechnet werden.

Endlich sei noch auf Grund Burger'scher Untersuchungen mitgeteilt, daß ein 21 jähriger Weymouthskieferbestand pro Hektar 16 300 kg, ein 53 jähriger 17 200 kg und ein 70 jähriger 19 800 kg Nadelfrischgewicht aufwies.

c) Oberfläche der Kiefernadeln

Einleitend sei erwähnt, daß Burger die Nadeloberfläche für 1 kg frischer Kiefernadeln mit 4 bis 7 m² und Schubert dieselbe durchschnittlich mit 5,5 m² angibt. Tirén hat hierfür 6—7 m² gefunden. Diese Werte bewegen sich also alle in ungefähr derselben Höhe. 1 kg absolut trockener Kiefernadeln soll nach letzterem 15—17,5 m² Oberfläche haben.

Die Nadeloberflächen der 4 von Dengler (Tabelle XI) untersuchten 156—166 jährigen Kiefern nahm bei Brusthöhendurchmessern von 76,6, 56,8, 47,8 und 39,4 cm von 573 über 363 und 211 auf 93 m² ab.

Von Interesse sind hier auch noch Tiréns Ergebnisse, der pro Hektar in einem 35 jährigen Bestande 7,14 ha, in einem 55 jährigen 10,18 ha und in einem 105 jährigen 6,62 ha Nadeloberfläche fand. Endlich seien auch hier noch Burger's Weymouthskieferergebnisse angegeben. Eine Nadel dieser Kieferart hatte eine Oberfläche von 0,7—1,4 cm², 1 kg frische Nadeln eine solche von 7—11,2 m². Ein 21 jähriger Bestand hatte pro Hektar eine Nadeloberfläche von 143 800 m², ein 53 jähriger eine solche von 166 000 m² und ein 70 jähriger eine von 188 000 m².

d) Grundlagen zur Feststellung der Kiefernadelmasse auf Grund der Reisigmasse

Leider liegen, soweit dem Verfasser bekannt, über die Beziehungen zwischen dem Reisig und der Nadelmasse, wie sie für die Fichte geschildert wurden, für die Kiefer kaum Unterlagen vor. Schubert schreibt, daß 80% des Gesamtfrischgewichtes des Zweiges auf das Nadelgewicht kommen. Falls die Grundlagen dieses Ergebnisses breit genug sind, daß es als einigermaßen gesichert gelten kann, könnte man auch hier entsprechende Berechnungen anstellen, wie wir dies bei der Fichte taten.

V. Auswertung der Ergebnisse der Nadelmassenuntersuchungen unter Berücksichtigung des Stammdurchmessers

Wenn wir die Ergebnisse der Nadelmassenbestimmungen sowohl bei Fichte als auch bei Kiefer überblicken, so sehen wir, daß die Nadelmasse eines Baumes von sehr verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Sie hängt keineswegs nur vom Alter des Baumes ab, sondern wird in viel größerem Umfang

z. B. vom Standort, d. h. also von den Bodenverhältnissen, der Höhenlage, dem Klima usw. bestimmt. Es spielt aber besonders eine ausschlaggebende Rolle, ob es sich um herrschende oder unterdrückte Bäume handelt, wie aus den verschiedenen Tabellen zu ersehen ist. Ja selbst die Samenherkunft beeinflusst, wie die Burgerschen Beobachtungen zeigen (Tabellen IV, V und X), u. U. die Nadelmasse eines Baumes. Nach dieser Feststellung müßte man annehmen, daß man von Fall zu Fall erneut die Nadelmasse feststellen muß, da ja kein Bestand dem anderen vollkommen gleicht. Für exakte wissenschaftliche Forschungen wird dies sich wohl auch nicht umgehen lassen, da die Verhältnisse zu unterschiedlich sind. Trotzdem soll versucht werden, einen leicht feststellbaren Anhaltspunkt zu finden, mit dessen Hilfe man wenigstens näherungsweise Nadelmassen berechnen kann, denn es ist in der Praxis ganz unmöglich, in jedem Fall, in dem Nadelmassenbestimmungen benötigt werden, eine genaue Wägung der Nadeln vorzunehmen, da dies viel zu zeitraubend und teuer ist. Für den Forstentomologen und praktischen Forstmann tritt z. B. ein solcher Fall ein bei Ausbruch einer Insektenmassenvermehrung, bei der er möglichst rasch Unterlagen für die Berechnung kritischer Schädlingszahlen in den meist sehr verschieden alten Beständen der Befallsfläche benötigt. Selbst die etwas leichter durchführbaren, oben aufgeführten Hilfsmethoden der Berechnung der Nadelmasse z. B. aus der Reisig- oder Gesamtmasse des Baumes ist in größerem Umfang zu zeitraubend und deshalb nur zur Kontrolle durchführbar. Es mußte also nach anderen Methoden gesucht werden. Daß das Alter der Bäume hierfür keinesfalls Unterlagen liefern kann, wurde schon erwähnt. Auch die Höhe der Bäume oder die Kronenlänge ist nicht zu brauchen. Wenn auch, wie die bisher aufgeführten Unterlagen zeigen, der Brusthöhendurchmesser des Stammes keine vollkommen einheitliche Grundlage liefert, so ist er aber zweifellos, wie auch Wellenstein aus den früheren Ergebnisse des Verfassers geschlossen hat, der Faktor, den man noch am ehesten mit der Nadelmasse in Beziehung bringen kann. Es ist dies auch durchaus verständlich, wenn man bedenkt, daß ja die vorhandene Nadelmenge eines Baumes weitgehend von der Wasser- versorgung abhängig ist, die durch den Stamm erfolgen muß, und deshalb Beziehungen zwischen beiden bestehen müssen. Doch soll hierauf erst im Zusammenhang mit den Erörterungen über die Huberschen Leitfähigkeitsuntersuchungen eingegangen werden. Zuvor sollen die vorliegenden aus der Literatur und eigenen Versuchen stammenden Unterlagen besprochen werden. Die größeren Unterschiede der gefundenen Werte erklären sich wahrscheinlich daraus, daß einige Unterlagen unter den extremsten Umständen (u. a. in den höheren Alpenlagen) gewonnen wurden. Hinzu kommen wahrscheinlich auch noch dadurch Differenzen, daß diese Werte nicht alle durch direkte Wägung der Nadelmengen gewonnen wurden, sondern oft aus verschiedenen anderen Unterlagen (Nadelzahl, Nadellänge, Nadeloberfläche usw.) errechnet wurden. Es ist jedenfalls auffällig, daß sowohl die durch Nadelmengenwägungen gewonnenen Ergebnisse des Verfassers als auch die Nadelzahlen Wellensteins, wie eine Kurve desselben zeigt, sehr gut die Abhängigkeit der Nadelmasse vom Brusthöhenstammdurchmesser zeigen. Die besonders weit aus den

anderen Ergebnissen, die unter den verschiedensten Bedingungen gewonnen wurden, herausfallenden Zahlen sind von Burger in Fichte—Tanne- und Fichte—Buche - Mischbeständen gefunden worden. Diese Werte liegen bei Stämmen mit geringerem Stammdurchmesser unter dem Durchschnitt der übrigen Ergebnisse (z. T. weit über 50%). Von ca. 12 cm Brusthöhendurchmesser an stimmen die Zahlen im allgemeinen mit den sonstigen Ergebnissen überein und scheinen in den höheren Stärkeklassen etwas zu hoch zu liegen. Ob dies darauf zurückzuführen ist, daß es sich um Mischwald handelt, oder ob andere Gründe dafür maßgebend sind, ließ sich anfangs nicht entscheiden. Jedenfalls werden wir bei Berechnung der Durchschnittswerte diese aus dem Rahmen weit herausfallenden Ergebnisse vorläufig unberücksichtigt lassen. Wir sind dazu umso mehr berechtigt, als die übrigen unter ganz verschiedenen Verhältnissen gewonnenen Ergebnisse mit ganz geringen Ausnahmen ein einheitliches Bild zeigen. Übrigens fallen auch Burgers Plenterwaldergebnisse z. T. aus dem Rahmen heraus. Bei den Stämmen mit größerem Stammdurchmesser schwanken die Ergebnisse etwas mehr, wie übrigens auch Wellensteins Resultate an 2 Stämmen mit 26 cm Durchmesser zeigen, die in Nadelgewicht (aus der Nadelzahl) umgerechnet 33,8 und 39 kg ergeben. Die stärkeren Stämme mit 37,4—71,2 cm Durchmesser entstammen übrigens auch dem Plenterwald.

Wenn auch die bisher vorliegenden Versuchsergebnisse noch nicht ermöglichen, allgemeingültige Schlüsse zu ziehen, so sollen doch auf Grund dieses Materials wenigstens einstweilige Durchschnittswerte errechnet werden, die sich mit wachsender Erkenntnis voraussichtlich im Laufe der Zeit noch etwas ändern werden. Besonders sind die Nadelmengen zu den Durchmessern über 30 cm noch nicht genügend gesichert, doch dazu später noch einige Bemerkungen.

Nun hat Huber die Wasserleitfähigkeit verschiedener Pflanzen untersucht und in diesem Zusammenhang bestimmte Beziehungen zwischen der Leitfähigkeit der Zweige bzw. des Stammes und der Blattmenge gefunden. Zum Verständnis des weiteren müssen wir das folgende wissen. Der Holzquerschnitt, der zur Versorgung von 1 g frischer Nadeln (bzw. Blätter) nötig ist, wird als relative Leitfläche (Leitfläche in mm² gemessen) bezeichnet. Diese relative Leitfläche ist je nach der Pflanzenart verschieden. So beträgt sie nach Hubers*) Untersuchungen für Fichte im Durchschnitt 0,3, bei Kiefer ca. 0,5. Wenn wir die Leitfläche mit L bezeichnen und das Frischgewicht der Nadeln eines Baumes mit G (siehe auch Huber), dann würde die relative Leitfläche = L : G sein. Umgekehrt läßt sich dann die zu einer bestimmten Leitfläche gehörige Nadelmenge ohne weiteres aus dem Stammdurchmesser berechnen, und zwar indem man den Stammquerschnitt, da der Radius ja meßbar ist mit Hilfe $r^2 \cdot \pi$ feststellt. Also das Nadelgewicht ließe sich dann nach $G = L : 0,3$ (Fichte) bzw. $0,5$ (Kiefer) berechnen. Dabei muß man natürlich erstens berücksichtigen, daß man nur den Durchmesser des Holzes einsetzt und nicht den Durchmesser mit Rinde verwendet. (Schluß folgt.)

*) Herrn Prof. Dr. Huber sei für seine Anregungen herzlichst gedankt.