



# MITTEILUNGEN

DER

SCHWEIZERISCHEN ANSTALT FÜR  
DAS FORSTLICHE VERSUCHSWESEN

ANNALES DE  
L'INSTITUT FÉDÉRAL DE RECHERCHES FORESTIÈRES

HERAUSGEGEBEN  
VON DIREKTOR H. BURGER

XIX. BAND, 1. HEFT

ZÜRICH 1935  
KOMMISSIONSVERLAG VON BEER & CIE., BUCHHANDLUNG

ig über die Licht- und  
w, livraison 12/13, 1931.

tralbl. 1907, S. 205.

ften nach anatomischen  
(1934).

e of the leaves of the  
, 517 (1934).

## Holz, Blattmenge und Zuwachs.

II. MITTEILUNG.

Die Douglasie.

Von Hans Burger.

### Einleitung.

Seit dem Erscheinen der „Mitteilung“ des *Verfassers* über „Holz, Blattmenge und Zuwachs der Weymouthsföhre“ (11) im Jahre 1929 sind zahlreiche Holzuntersuchungen veröffentlicht worden, auf die hier im einzelnen nicht eingegangen werden kann. Was insbesondere die Douglasie anbetrifft, so sei auf die Arbeiten von *Fabricius* (14), *Monnin* (30), *Paul* (34), *Podhorsky* (36), *Ros* (40), *Ryska* (42), *Schulz* (46), *Trendelenburg* (53) usw. verwiesen. Man vergleiche das Literaturverzeichnis am Schluß dieser Mitteilung.

Da das Baugewerbe und die übrige holzverarbeitende Industrie immer größere Ansprüche an die Qualität des Holzes stellt, so ist es sehr zu begrüßen, daß sich unsere Kenntnisse über die Eigenschaften dieses Stoffes in den letzten Jahren in mancher Hinsicht wesentlich erweitert haben.

Bezüglich des Verhältnisses der Blattmenge zum Zuwachs, dessen Kenntnis pflanzenphysiologisch und waldbaulich eine sehr beachtenswerte Grundlage darstellt, ist dagegen in den letzten Jahren wenig Neues bekannt geworden.

Der ersten Publikation des *Verfassers* in der schweizerischen Zeitschrift für Forstwesen im Jahre 1925 folgte im Jahre 1927 eine Veröffentlichung von *Tirén* (52) „Ueber die Größe der Nadelfläche einiger Kiefernbestände“. Er gibt an, daß ein Kilo frischer Nadeln der Föhre eine Oberfläche von 6 bis 7 m<sup>2</sup> besitze und daß in Föhrenbeständen Schwedens pro ha mit einer totalen Nadeloberfläche von 7 bis 10 ha zu rechnen sei.

In der Arbeit des *Verfassers* über „Holz, Blattmenge und Zuwachs der Weymouthsföhre“ von 1929 konnte gezeigt werden, daß die Stroben-

nadeln pro kg Frischgewicht eine Oberfläche von 7 bis 11 m<sup>2</sup> aufweisen, und daß die Nadeloberfläche eines Strobenbestandes pro ha 14—17 ha betrage. Es konnte ferner dargelegt werden, daß es im Mittel ca. 1000 bis 1100 kg frische Nadeln brauche, um pro Jahr einen Kubikmeter Holz zu produzieren, oder im Mittel 1,3 kg absolut trockene Nadeln, um pro Jahr ein Kilo Holztrockensubstanz zu schaffen usw.

Im Jahr 1930 gab *Busse* (10) seine Untersuchungen bekannt über „Baumkrone und Schaftzuwachs“. Er hat an 9 Probestämmen einer Fichtenversuchsfläche das Verhältnis zwischen Nadelmenge und Zuwachs bestimmt und hat dabei recht interessante Resultate erhalten. Er weist besonders auch auf die individuelle Wuchsenenergie der Stämme hin, die derartige Untersuchungen erheblich erschwere.

In einer sehr beachtenswerten Arbeit „The Formation of Spring and Summer Wood in Ash and Douglas Fir“ hat *Chalk* (12) unter anderem nachgewiesen, daß 1 g trockene Douglasiennadeln pro Jahr ca. 1,5—2,5 g Holztrockengewicht erzeugen. Es sei hier vorausgeschickt, daß das Verhältnis zwischen Nadelmenge und Zuwachs bei den Douglasien auf unseren Standorten, wie wir später sehen werden, nicht ganz so günstig ist.

In hohem Maße erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang auch die Veröffentlichungen von *Boysen-Jensen* und *Müller* (6) „Ueber die Stoffproduktion in jungen Beständen von Esche und Rotbuche“. Die Verfasser zeigen z. B., daß die Größe der Blattoberfläche undurchforsteter und durchforsteter Bestände junger Buchen und Eschen pro ha 9—11 ha beträgt. Sie weisen auch nach, daß die reduzierte Blattfläche nach einer Durchforstung größeren Zuwachs leisten könne als die größere Blattfläche eines undurchforsteten Vergleichsbestandes.

Schon dieser kurze Ueberblick läßt erkennen, daß es sich hier um Probleme handelt, mit denen sich schon *Duhamel*, *Hartig*, *Ebermayer* u. a. beschäftigt haben, ohne eine befriedigende Lösung zu finden. Die Fragestellung ist zwar klar und einfach, aber die Untersuchung nur eines einzelnen Baumes erfordert eine solche Unmenge von Kleinarbeit, daß die meisten Forscher davor zurückschrecken.

Man hat dem Verfasser bei der ersten Mitteilung den Vorwurf gemacht, es wäre verdienstlicher gewesen, sich mit wichtigen einheimischen Holzarten zu beschäftigen, statt mit „Exoten“, denen doch immerhin geringere Bedeutung beizumessen sei. Zugegeben, aber einmal sind gerade Weymouthsföhre und Douglasie zwei Holzarten, deren Anbauwürdigkeit in Europa viel umstritten ist, und sodann darf man es wagen, auf Grund relativ weniger Untersuchungen für diese Holzarten einen Ueberblick über Holz, Blattmenge und Zuwachs zu geben,

weil diese Exoten wenigstens bei uns in der Schweiz nicht auf besonders extremen Standorten angebaut worden sind.

Bei unserer Fichte z. B. müßten die diesbezüglichen Verhältnisse studiert werden, nicht nur für verschieden alte Bestände, sondern auch für verschiedene Standorte nach Boden und Meereshöhe usw. und endlich auch für gleichaltrige Bestände und für Plenterwälder. Will man hier nicht nur eine vage Uebersicht geben über die in Frage kommenden Probleme, so braucht es ein sehr großes Material, das wir noch lange nicht vollständig beieinander haben.

Ich benutze hier gerne den Anlaß, um allen zu danken, die bei der Beschaffung und der Verarbeitung des Untersuchungsmaterials mitgeholfen haben. Insbesondere sei der gewissenhaften Mitarbeit unseres Personals gedacht.

## A. Untersuchungsmethode und Untersuchungsmaterial.

### I. Die Untersuchungsmethode.

Die Untersuchungsmethode, die im einzelnen sehr einfach ist, ist in der ersten Mitteilung über „Holz, Blattmenge und Zuwachs“ eingehend beschrieben worden, so daß es hier genügen möge, darauf hinzuweisen.

### II. Das Untersuchungsmaterial.

Tabelle 1 gibt eine Uebersicht über das Grundlagenmaterial. Es wurden 22 Probestämme von 6 Beständen auf 4 verschiedenen Standorten analysiert. Eine Beschreibung der Versuchsflächen findet man bei *Badoux* (4).

Die zur Untersuchung verwendeten Probestämme standen in einem Alter von 20 bis 45 Jahren, besaßen Brusthöhendurchmesser von 6 bis 46 cm und Höhen von 9 bis 30 m. Von jedem Stamm wurden eine Anzahl Holzproben entnommen, vom kleinsten Stamm als Minimum 6, vom größten Stamm als Maximum 39 Proben. Total gelangten 450 Holzproben zur Untersuchung, an denen der Wassergehalt, das spezifische Gewicht, das Schwindvolumen und die Kernbildung in verschiedenen Stammteilen untersucht wurden.

An rund 150 Stammscheiben wurden die nötigen Messungen an 12 Radien ausgeführt zur Bestimmung des Zuwachses der Einzelstämme. Endlich wurden Untersuchungen angestellt an zahlreichen Ast- und Nadelproben.

Es scheint also ein ansehnliches Grundlagenmaterial vorzuliegen, und doch ist es recht unvollständig. Es fehlen z. B. Untersuchungen von

## Beschreibung des Grundlagenmaterials.

Tabelle 1

Standort			Probestämme									
Ort und Datum der Untersuchung	Meereshöhe und Exposition	Geologische Unterlagen	Alter Jahre	Durchmesser in 1,3 cm	Höhe		Gröfite Kronenradien m				Baumklasse	Anzahl Holzproben
					Total m	Bis grüne Krone m	1 m	2 m	3 m	4 m		
Risch Kt. Zug 19. Mai 1930	490 m S. 15°	Moräne auf Meeresmolasse	20	6,2	9,4	5,0	0,6	0,7	0,6	0,6	b s	6
			20	9,2	11,8	3,8	1,2	1,1	1,1	1,0	m s	8
			20	11,3	13,2	5,0	1,2	1,5	1,1	0,8	m p	9
			20	13,3	14,8	6,4	1,5	1,5	0,9	1,5	d p	14
Beringen Kt. Schaffh. 19. Mai 1931	570 m O. S. O. 7°	Moräne auf Malm	24	8,6	11,8	5,8	1,3	0,8	0,8	1,2	u o	9
			24	10,7	14,4	8,0	1,2	1,0	1,3	1,0	b p	16
			24	13,8	15,4	8,0	1,5	1,4	1,6	1,7	m p	19
			24	18,1	19,0	9,2	2,0	1,6	1,4	1,6	d p	27
Biel, Kt. Bern 13. Okt. 1925	600 m	Oberer Jura	36	20,4	22,2	12,4	2,3	1,0	1,8	0,9	m p	19
			36	23,0	24,4	15,6	1,8	1,2	1,2	1,4	m p	19
Küßnacht Kt. Schwyz 27. Juni 1925	630 m kleiner Grat 3° nach S W	Moräne auf Süßwassermolasse	41	17,2	22,4	15,0	—	—	—	—	b s	23
			41	22,4	22,2	13,8	—	—	—	—	b p	29
			41	23,1	25,0	17,8	—	—	—	—	m p	29
			41	25,2	25,8	15,0	2,2	1,8	1,5	1,7	m p	27
			41	28,1	28,2	17,8	2,2	2,2	2,3	2,6	m p	29
41	46,3	30,0	10,0	5,8	4,5	3,5	2,4	d o	39			
Risch Kt. Zug 18. Mai 1930	490 m W. 3°	Moräne auf Meeresmolasse	42	18,3	22,6	12,4	2,3	1,0	1,4	1,5	b o	19
			42	23,2	24,0	12,2	2,4	1,6	1,3	1,8	m o	21
			42	28,4	27,0	13,8	2,7	2,7	1,8	2,0	m o	23
			42	33,5	28,4	15,0	1,4	2,4	2,2	2,7	d o	29
Biel, Kt. Bern 13. Okt. 1925	620 m S. O. 2°	Oberer Jura	45	20,5	21,6	12,0	0,8	1,2	1,8	1,5	m s	19
			45	24,3	23,0	14,2	2,0	1,2	1,0	1,3	m p	19

Beständen mit ausgesprochenen Standortsdifferenzen. Es fehlen auch genügend vollständige Reihen von Probestämmen verschieden alter Bestände, vom völlig unterdrückten bis zum fast freistehenden Baum. Da die Versuchsanstalt keinen Wald besitzt, so bietet es immer gewisse Schwierigkeiten, Waldbesitzer zu finden, die das Zerschneiden einiger Stämme gestatten und die damit verbundene Entwertung des Holzes als Opfer für die Wissenschaft auf sich nehmen. Es sei deshalb hier den Herren Oberförstern *Haag* in Biel, *Hitz* in Schaffhausen, *Mettler* in Zug und den Familien *Räber* in Küßnacht der verbindlichste Dank aus-

gesprochen, daß sie uns erlaubten, je eine Anzahl Probestämme beliebig zu zerschneiden.

### B. Stammholzuntersuchungen.

An 450 Stammholzproben von 22 Douglasien sind folgende Bestimmungen ausgeführt worden:

- I. Das spezifische Frisch- und Trockengewicht.
- II. Wassergehalt, bezogen auf Frischgewicht, Trockengewicht und Frischvolumen.
- III. Die organische Substanz in Prozenten des Frischvolumens.
- IV. Das Schwindvolumen in Prozenten des Frischvolumens.

Um einen besseren Einblick zu gewähren in die Entstehung und die Zuverlässigkeit der Mittelwerte, wird immer auf die Verschiedenheiten hingewiesen, die bedingt sind durch die Herkunft der einzelnen Proben aus den verschiedenen Stammteilen.

#### I. Das spezifische Gewicht.

Bezüglich des spezifischen Gewichts haben wir hauptsächlich zu unterscheiden das spezifische Gewicht des frischen, lebenden Holzes einerseits und das des absolut trockenen Holzes andererseits.

Die Technik wünscht darüber hinaus noch Angaben über lufttrockenes Holz. Da es aber keine „absolute“ Lufttrockenheit gibt, da diese abhängig ist von der Dauer und der Art der Lagerung und vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft, so sind spezifische Gewichtsangaben über lufttrockenes Holz stets mit einigem Mißtrauen zu betrachten, da Holz vom Handwerker als lufttrocken bezeichnet wird, das je nach Umständen 10—20% Wasser enthalten kann. Wissenschaftliche Vergleiche dürfen nur vorgenommen werden auf Grund des absoluten Trockengewichtes.

#### 1. Das spezifische Frischgewicht.

Das spezifische Frischgewicht, für sich allein betrachtet, ist keine wissenschaftliche Größe, da es nur zum kleineren Teil von der Dichte des Stoffes, zum größten Teil aber vom zufälligen Wassergehalt beherrscht ist. Das spezifische Frischgewicht besitzt aber praktische Bedeutung für Fragen des Transportes, da Holz zwar nach Volumeneinheiten gekauft wird, aber bei Eisenbahntransporten nach Gewicht tarifiert wird.

Betrachtet man zunächst das spezifische Frischgewicht an einzelnen Stämmen der Douglasie, so erkennt man, wie es bei allen Querschnitten aus verschiedenen Teilen des Stammes vom Kern zum Splint stark zu-

5.

ame				
2 n	Größe enradien m		Baum- klasse	Anzahl Holz- proben
	3 m	4 m		
0,7	0,6	0,6	b s	6
1,1	1,1	1,0	m s	8
0,5	1,1	0,8	m p	9
0,5	0,9	1,5	d p	14
0,8	0,8	1,2	u o	9
1,0	1,3	1,0	b p	16
1,4	1,6	1,7	m p	19
1,6	1,4	1,6	d p	27
1,0	1,8	0,9	m p	19
1,2	1,2	1,4	m p	19
—	—	—	b s	23
—	—	—	b p	29
—	—	—	m p	29
8	1,5	1,7	m p	27
2	2,3	2,6	m p	29
5	3,5	2,4	d o	39
0	1,4	1,5	b o	19
6	1,3	1,8	m o	21
7	1,8	2,0	m o	23
1	2,2	2,7	d o	29
2	1,8	1,5	m s	19
2	1,0	1,3	m p	19

Es fehlen auch  
hiedien alter Be-  
ehenden Baum.  
immer gewisse  
hneiden einiger  
ung des Holzes  
ei deshalb hier  
usen, Mettler in  
hste Dank aus-

nimmt. Der Uebergang geschieht nicht allmählich, sondern es besteht ein scharfer Unterschied zwischen dem gefärbten Kern und dem ungefärbten Splint.

### Spezifisches Frischgewicht und — absolutes Trockengewicht

Tabelle 2 einer Douglasie von Küßnacht am Rigi.

Standort Stamm-Nummer Stammteil	Ganzer Quer- schnitt	Proben rein Splint		Teils Splint, teils Kern		Proben rein Kern	
		oben	unten	oben	unten	oben	unten
<b>Küßnacht am Rigi</b>							
<b>Douglasie Nr. 1</b>							
<b>Spezifisches Frischgewicht</b>							
1,0 m über Boden	0,78	1,04	1,04	0,57	0,58	0,54	0,53
5,0 " " "	0,80	1,08	1,06	0,75	0,73	0,50	0,51
9,0 " " "	0,82	1,08	1,10	0,85	0,82	0,48	0,49
13,0 " " "	0,88	1,08	1,10	0,95	0,94	0,51	0,50
17,0 " " "	0,92	1,07	1,10	0,92	0,97	0,53	0,54
21,0 " " "	0,95	1,06	1,06	0,90	0,99	0,58	0,53
25,0 " " "	0,99	1,00	0,98	—	—	—	—
Mitte Gipfel	1,02	—	—	—	—	—	—
Ganzer Schaft	0,85	1,06	1,06	0,80	0,79	0,51	0,51
Derbholz	0,85						
<b>Douglasie Nr. 1</b>							
<b>Spezifisches Absoluttrockengewicht</b>							
1,0 m über Boden	0,49	0,52	0,53	0,46	0,47	0,40	0,44
5,0 " " "	0,46	0,50	0,52	0,45	0,46	0,41	0,42
9,0 " " "	0,45	0,49	0,51	0,43	0,46	0,39	0,41
13,0 " " "	0,45	0,49	0,49	0,43	0,44	0,41	0,41
17,0 " " "	0,43	0,43	0,44	0,42	0,41	0,43	0,45
21,0 " " "	0,42	0,40	0,41	0,43	0,42	0,45	0,41
25,0 " " "	0,40	0,40	0,41	—	—	—	—
Mitte Gipfel	0,40	—	—	—	—	—	—
Ganzer Schaft	0,45	0,47	0,48	0,44	0,45	0,42	0,42

Wie wir später sehen werden, ist dieser scharfe Wechsel des spezifischen Gewichtes vom Splint zum Kern weder bedingt durch die Dichte des Holzes noch durch die Kernfarbe, sondern durch den verschiedenen Wassergehalt von Splint und Kern, den alle unsere Nadelhölzer aufweisen, gleichgültig, ob es sich um Kernhölzer (mit gefärbtem Kern) oder um Reifhölzer (ohne Farbkern) handle. Die Kernstücke unserer Douglasie von Küßnacht zeigen im geometrischen Mittel ein spezifisches Frischgewicht von nur 0,51, die Splintproben aber von 1,06. Die

Volumeneinheit frischen Splintholzes ist also doppelt so schwer wie Kernholz.

Im Einzelstamm nimmt mit steigender Höhe über Boden das spezifische Frischgewicht zu, weil mit zunehmender Höhe über Boden der prozentuale Anteil des Splintes am Gesamtquerschnitt immer größer wird.

Vergleicht man in Tabelle 3 zuerst die spezifischen Frischgewichte der einzelnen Stämme miteinander, so fällt besonders auf, wie stark die Werte von Baum zu Baum, selbst bei gleichem Alter und gleichem Standort, schwanken. Bei der Douglasie zeigt sich bis zum Alter von 45 Jahren noch kein eindeutiger Einfluß des Alters auf das spezifische Frischgewicht. Bei älteren Stämmen müßte das spezifische Frischgewicht naturgemäß abnehmen, weil sich mit zunehmendem Alter das Verhältnis von Splint und Kern immer mehr zugunsten des trockeneren Kerns verschiebt.

Selbstverständlich bedingen aber auch die Jahreszeit und individuelle Eigenschaften eines Baumes dessen Saftgehalt und damit sein spezifisches Frischgewicht. Es ist im Einzelfall kaum möglich, bestimmt nachzuweisen, welcher Faktor ein außergewöhnlich hohes oder niedriges spezifisches Frischgewicht bedingt.

Im Mittel aller untersuchten Stämme ergibt sich für die Douglasie ein spezifisches Frischgewicht von 0,80, also gleichviel wie nach den Untersuchungen des Verfassers bei der Strobe. Da nun aber bei der Strobe, wie wir sehen werden, das spezifische Trockengewicht wesentlich kleiner ist als bei der Douglasie, so muß bei ersterer notwendigerweise der Wassergehalt größer sein als bei letzterer.

## 2. Das spezifische Trockengewicht.

Tabelle 2 zeigt uns die Verhältnisse an einer 41jährigen Douglasie. Es läßt sich feststellen, daß in den unteren Partien des Stammes das spezifische Trockengewicht im Kern am kleinsten ist und über die Mitte nach dem Splint stark zunimmt. In den oberen Stammteilen ist dieser Unterschied nicht so scharf ausgesprochen. Im Gesamtmittel beträgt das spezifische Trockengewicht dieses Stammes im Kern nur 0,42, im Splint dagegen 0,48.

Die Douglasie bildet also in räumlichen Kulturen zuerst in der Jugend breite Jahrringe mit geringem spezifischem Gewicht. Wird der Stamm höher und die Krone größer, so erhöht sich an der Stammbasis die Beanspruchung auf Zug und Druck, und zugleich erfordert die größere Krone vermehrte Wasserzufuhr aus dem Boden. Der Stamm reagiert auf diese Erfordernisse durch vermehrten Zuwachs und durch

ndern es besteht  
und dem unge-

### ngewicht

t,	Proben rein Kern	
	oben	unten
icht		
8	0,54	0,53
3	0,50	0,51
2	0,48	0,49
4	0,51	0,50
7	0,53	0,54
9	0,58	0,53
.	—	—
.	—	—
9	0,51	0,51
ngewicht		
7	0,40	0,44
6	0,41	0,42
6	0,39	0,41
4	0,41	0,41
1	0,43	0,45
2	0,45	0,41
.	—	—
.	—	—
5	0,42	0,42

echsel des spezi-  
durch die Dichte  
n verschiedenen  
adelhölzer auf-  
gefärbtem Kern)  
nstücke unserer  
ein spezifisches  
von 1,06. Die

die Bildung von spezifisch schwererem Holze im untern Stammteil. Noch 1 m über Boden besitzt unser Stamm ein spezifisches Gewicht von 0,49, in der Krone aber nur von 0,40.

### Spezifisches Frischgewicht und spezifisches Absoluttrockengewicht.

Tabelle 3 Mittelwerte aus allen Proben je eines Stammes.

Standort und Datum	Alter Jahre	Stamm-durch-messer in 1,3 m cm	Spezifisches Frischgewicht				Spez. Absoluttrockengewicht			
			Ganzer Baum Derbholz	Splint	Teils Splint teils Kern	Kern	Ganzer Baum Derbholz	Splint	Teils Splint teils Kern	Kern
Risch Kt. Zug 19. Mai 1930	20	6,2	0,81	0,81	—	—	0,50	0,50	—	—
	20	9,2	0,86	0,86	—	—	0,51	0,51	—	—
	20	11,3	0,79	0,79	—	—	0,45	0,45	—	—
	20	13,3	0,82	0,82	—	—	0,47	0,47	—	—
Beringen Kt. Schaffhausen 19. Mai 1931	24	8,6	0,68	0,68	—	—	0,45	0,45	—	—
	24	10,7	0,73	0,75	—	0,48	0,45	0,46	—	0,42
	24	13,8	0,83	0,89	—	0,49	0,45	0,46	—	0,42
	24	18,1	0,92	0,98	—	0,59	0,49	0,50	—	0,48
Biel, Kt. Bern 13. Oktober 1925	36	20,4	0,81	0,94	—	0,58	0,51	0,52	—	0,49
	36	23,0	0,80	0,95	—	0,55	0,49	0,51	—	0,46
Küßnacht Kt. Schwyz 27. Juni 1925	41	17,2	0,79	0,93	0,68	0,57	0,53	0,55	0,56	0,48
	41	22,4	0,78	1,00	0,67	0,60	0,53	0,54	0,55	0,51
	41	23,1	0,80	1,00	0,68	0,58	0,52	0,54	0,54	0,48
	41	25,2	0,78	1,05	0,66	0,55	0,49	0,51	0,50	0,46
	41	28,1	0,74	0,95	0,58	0,49	0,44	0,46	0,44	0,41
	41	46,3	0,85	1,06	0,80	0,51	0,45	0,47	0,45	0,42
Risch Kt. Zug 18. Mai 1930	42	18,3	0,75	0,87	—	0,60	0,52	0,52	—	0,52
	42	23,2	0,82	0,92	—	0,60	0,50	0,49	—	0,52
	42	28,4	0,81	0,94	—	0,52	0,46	0,48	—	0,44
	42	33,5	0,81	0,99	0,59	0,53	0,47	0,46	0,48	0,46
Biel, Kt. Bern 13. Oktober 1925	45	20,5	0,73	0,89	—	0,48	0,42	0,44	—	0,39
	45	24,3	0,79	0,96	—	0,53	0,48	0,49	—	0,45
Mittel: Douglasie Strobus	—	—	0,80	0,91	0,67	0,54	0,48	0,49	0,50	0,46
	—	—	0,80	1,01	0,67	0,60	0,36	0,36	0,37	0,34

Vergleicht man in Tabelle 3 zuerst die spezifischen Trockengewichte der einzelnen Stämme des gleichen Standortes und Alters und sodann die Probestämme verschiedenen Alters und Standortes miteinander, so erkennt man überall, daß das spezifische Gewicht des Kerns geringer

**Verhältnis zwischen Jahrringbreite und Spezifischem Trockengewicht bei Douglasien.**

Tabelle 4

Herkunft Nummer und Stammteil	Ganzer Querschnitt		Rein Splint				Teils Kern, teils Splint				Rein Kern			
			Süd		Nord		Süd		Nord		Süd		Nord	
	Jahr- ring- breite mm	Spez. Gewicht	Jahr- ring- breite mm	Spez. Gewicht	Jahr- ring- breite mm	Spez. Gewicht	Jahr- ring- breite mm	Spez. Gewicht	Jahr- ring- breite mm	Spez. Gewicht	Jahr- ring- breite mm	Spez. Gewicht	Jahr- ring- breite mm	Spez. Gewicht
<b>Küßnacht Nr. 1</b>														
1,0 m über Boden	5,4	0,49	3,1	0,52	2,8	0,53	6,7	0,46	5,5	0,47	8,3	0,40	10,0	0,44
5,0 " " "	5,4	0,46	3,9	0,50	3,3	0,52	4,8	0,45	4,0	0,46	9,1	0,41	10,0	0,42
9,0 " " "	5,4	0,45	3,4	0,49	3,7	0,51	4,8	0,43	5,0	0,46	8,3	0,39	7,2	0,41
13,0 " " "	5,6	0,45	4,0	0,49	4,2	0,49	5,5	0,43	5,5	0,44	6,7	0,41	6,3	0,41
17,0 " " "	6,4	0,43	4,8	0,43	5,3	0,44	5,9	0,42	6,3	0,41	7,1	0,43	7,1	0,45
21,0 " " "	5,8	0,42	6,3	0,40	6,2	0,41	6,3	0,43	6,7	0,42	6,7	0,48	4,2	0,41
25,0 " " "	4,5	0,40	4,5	0,40	4,3	0,41	—	—	—	—	—	—	—	—
Mitte Gipfel	3,2	0,43	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	5,4	0,45	4,3	0,47	4,3	0,48	5,7	0,44	5,5	0,45	7,7	0,42	7,5	0,42
<b>Küßnacht Nr. 18</b>														
1,0 m über Boden	2,7	0,55	1,1	0,57	1,1	0,60	3,1	0,56	3,3	0,57	5,6	0,51	5,3	0,51
5,0 " " "	2,6	0,53	1,0	0,55	1,1	0,55	2,6	0,55	3,3	0,55	5,0	0,48	5,3	0,50
9,0 " " "	2,6	0,54	1,3	0,53	1,1	0,53	4,0	0,55	3,4	0,56	4,3	0,52	4,3	0,53
13,0 " " "	2,6	0,52	1,2	0,51	1,6	0,54	—	—	—	—	3,4	0,52	4,5	0,51
17,0 " " "	3,1	0,55	2,6	0,56	2,9	0,55	—	—	—	—	3,8	0,51	3,7	0,53
21,0 " " "	2,9	0,50	2,9	0,51	2,9	0,50	—	—	—	—	—	—	—	—
Mitte Gipfel	2,6	0,48	2,6	0,48	2,6	0,48	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	2,7	0,54	1,7	0,54	1,8	0,55	3,2	0,55	3,3	0,56	4,4	0,51	4,6	0,51
Küßnacht Nr. 2	3,6	0,44	2,5	0,46	2,6	0,46	3,2	0,44	3,1	0,43	5,3	0,41	5,9	0,40
" Nr. 3	3,3	0,49	1,6	0,52	1,9	0,50	3,1	0,50	3,0	0,50	5,2	0,46	5,7	0,45
Risch Nr. 3	4,8	0,47	4,8	0,47	4,2	0,45	3,8	0,49	3,3	0,47	5,6	0,47	5,0	0,46
Biel Nr. 1	3,2	0,49	2,4	0,52	2,1	0,49	—	—	—	—	4,8	0,47	4,5	0,45
" Nr. 4	3,2	0,48	2,4	0,49	2,3	0,49	—	—	—	—	4,8	0,45	4,4	0,44
" Nr. 5	3,1	0,42	2,6	0,46	2,1	0,43	—	—	—	—	4,6	0,39	4,4	0,39

ist als das des Splintes. Im Mittel aller Stämme ergibt sich für jüngere Douglasien ein spezifisches Absoluttrockengewicht von 0,48, 0,49 im Splint, nur 0,46 im Kern. Bei der Strobe beträgt das spezifische Trockengewicht nach unseren Bestimmungen nur 0,36 im Splint und 0,34 im Kern.

Das Material, das uns zur Verfügung steht, genügt nicht, um den Einfluß des Alters der Bäume und des Standortes auf das spezifische Trockengewicht sicher nachzuweisen. Es ist auch als wahrscheinlich anzunehmen, daß sich Stämme, die aus dichter, natürlicher Verjüngung

mmteil. Noch  
icht von 0,49,

ngewicht.

Absoluttrockengewicht		
Stammteil	Teils Splint teils Kern	Kern
0	—	—
1	—	—
5	—	—
7	—	—
15	—	—
16	—	0,42
16	—	0,42
30	—	0,48
12	—	0,49
11	—	0,46
15	0,56	0,48
14	0,55	0,51
14	0,54	0,48
11	0,50	0,46
16	0,44	0,41
17	0,45	0,42
12	—	0,52
19	—	0,52
18	—	0,44
16	0,48	0,46
14	—	0,39
19	—	0,45
19	0,50	0,46
16	0,37	0,34

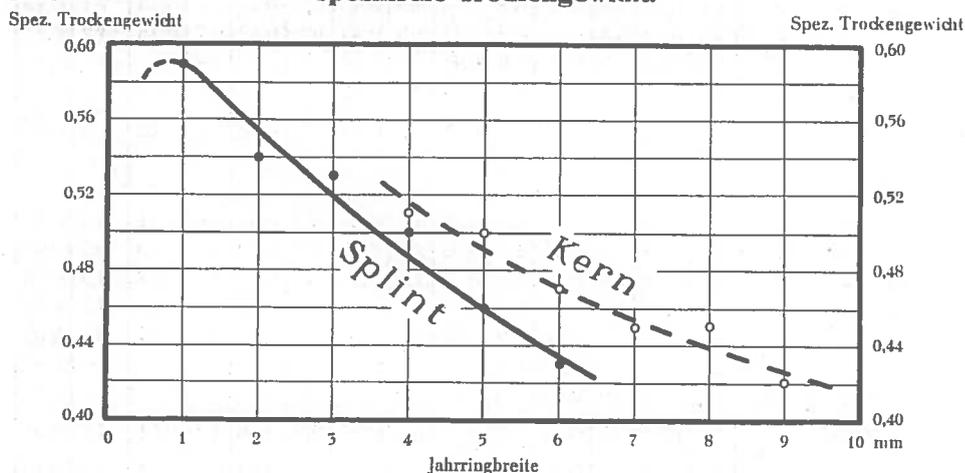
ockengewichte  
s und sodann  
iteinander, so  
erns geringer

hervorgegangen sind, bezüglich Schwere des Holzes in Kern und Splint anders verhalten würden als unsere relativ sehr jungen Douglasien, die alle weitständigen Kulturen entstammen.

Bekanntlich ist das spezifische Trockengewicht in weitgehendem Maße bedingt durch die Jahrringbreite. Tabelle 4 illustriert für einige Douglasien die diesbezüglichen Zusammenhänge. Im allgemeinen läßt sich daraus die Regel ableiten, daß mit abnehmender Jahrringbreite das Trockengewicht zunehme. So entspricht z. B. beim Stamm Nr. 1 von Küßnacht einer Jahrringbreite von 7,6 mm im Mittel im Kern ein spezifisches Trockengewicht von nur 0,42, im Splint aber einer Jahr-

#### Einfluß der Jahrringbreite des Douglasienholzes auf das spezifische Trockengewicht.

Bild 1



ringbreite von nur 4,3 mm ein spezifisches Gewicht von 0,48. Beim Stamm Nr. 18 von Küßnacht ergaben sich folgende Verhältnisse:

	Jahrringbreite	Spezifisches Trockengewicht
Kern	4,6 mm	0,51
Splint	1,8 mm	0,55

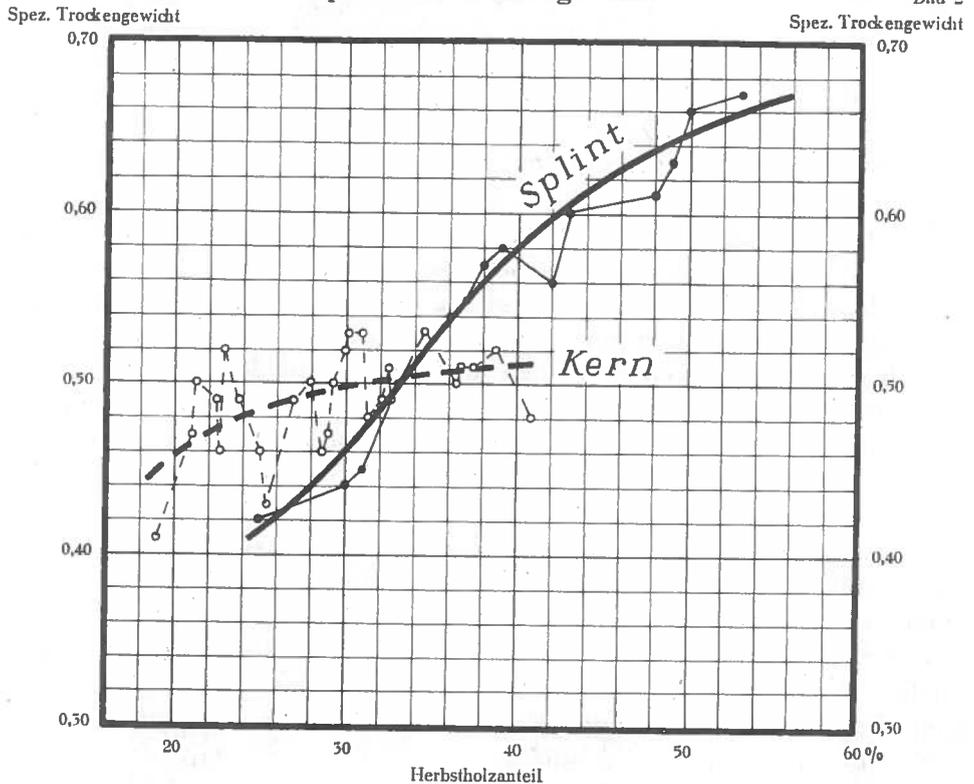
Gruppiert man die Proben mit verschiedenen Jahrringbreiten in Stufen zunehmender Breite von 1 zu 1 mm, gesondert nach Splint und Kern, so läßt sich nach Bild 1 zeigen, wie sowohl im Splint als im Kern mit zunehmender Jahrringbreite das spezifische Gewicht kleiner wird. Dabei zeigt der Kern bei gleicher Jahrringbreite ein etwas höheres spezifisches Gewicht als der Splint. Mit der Einlagerung der Kernfarbe scheint also eine Gewichtserhöhung verbunden zu sein.

In zwei Richtungen erweist sich unser Material als ungenügend. Einmal sind die Kernringe hauptsächlich die breiteren, die Splintringe

die schmalen. Nur die Jahrringbreiten von 4–6 mm sind direkt vergleichbar. Sodann besaßen unsere untersuchten Stämme kein Holz mit Jahrringbreiten unter 1 mm. Es ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß bei Jahrringbreiten unter 1 mm das spezifische Gewicht wieder abnimmt, weil sich solches Holz, wie Untersuchungen bei anderen Holzarten zeigen, hauptsächlich aus weiflumigem Wasserleitungs-, also Frühjahrsholz zusammensetzt.

**Einfluß des Herbstholzanteiles des Douglasienholzes auf das spezifische Trockengewicht.**

Bild 2



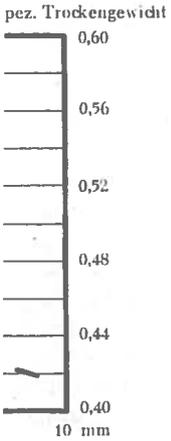
Das spezifische Trockengewicht ist aber in besonders weitgehendem Maße auch abhängig vom Verhältnis zwischen Herbstholz und Frühjahrsholz. Auch verhältnismäßig breitringiges Holz kann schwer sein, wenn das Sommer- und Herbstholz stark vertreten ist; schmalringiges Holz kann umgekehrt spezifisch leicht sein, wenn es vorwiegend aus Frühjahrsholz besteht.

Wir haben versucht, für unsere Douglasienproben auch diese Frage abzuklären. Das Resultat zeigt Bild 2. Man erkennt daraus, daß das spezifische Gewicht wirklich steigt mit zunehmendem Herbstholzanteil.

und Splint  
glasien, die

mitgehendem  
t für einige  
meinen läßt  
ngbreite das  
m Nr. 1 von  
n Kern ein  
einer Jahr-

das



0,48. Beim  
tnisse:  
gewicht

ngbreiten in  
h Splint und  
als im Kern  
kleiner wird.  
was höheres  
er Kernfarbe

ungenügend.  
e Splintringe

Beim Splintholz kommen die Zusammenhänge klar zum Ausdruck. Bei 25% Herbstholzanteil beträgt das spezifische Trockengewicht nur 0,42, bei 50% Herbstholz aber schon 0,64. Bei den Kernholzproben tritt das Gesetz weniger scharf in Erscheinung.

Es ist schwierig, das Verhältnis zwischen Frühjahrsholz und Herbstholz des gleichen Jahrrings genau zu bestimmen, da in den meisten Fällen und besonders beim Nadelholz Früh- und Herbstholz allmählich ineinander übergehen. Die Bestimmung des prozentualen Anteils von Früh- und Spätholz ist deshalb mehr eine gutachtliche Schätzung als eine wissenschaftliche Messung.

Unser Mikroskopiker, Herr *Nägeli*, hat versucht, genauere Messungen auszuführen. Das Resultat hat nicht ganz der großen Mühe der sehr gewissenhaft vorgenommenen Messungen mit dem Mikroskop entsprochen. Durch die Vergrößerung wird der Uebergang von Splint zu Kern noch aufgelöster. Herr *Nägeli* hat auch die Anzahl Tracheiden bestimmt, die in radialer Richtung pro 1 mm im Herbst- und Frühholz vorhanden sind. Im Mittel von 480 Messungen fand er im Frühholz 27 Tracheiden, im Herbstholz aber 48 Tracheiden pro 1 mm Radius. Auch diese Messungen konnten aber nicht alle Rätsel des spezifischen Trockengewichtes abklären, weil es weniger auf den Tracheidendurchmesser als auf die Wanddicke ankommt. Um das Problem auch hier noch weiter zu verfolgen, fehlte es uns an Zeit. Auch ist zu vermuten, daß wir endlich beim Chemismus der Tracheidenwände gelandet wären.

Wir haben auch das spezifische Trockengewicht bestimmt von einigen Proben von in Amerika erwachsenen Douglasien, die wir z. T. durch liebenswürdige Vermittlung von Herrn Prof. *J. H. Lutz* in New-Haven in verdankenswerter Weise von Herrn Prof. *Fritz* aus Kalifornien erhalten haben. 3 Proben stammen von im Handel käuflichen amerikanischen Douglasienriemen für Täfer. Herr Prof. *Fritz* berichtet, daß der Keil, den er uns schickte, von einer Douglasie stamme, die nicht ganz 200 Jahre alt gewesen sei und in Brusthöhe einen Durchmesser von rund 60 cm aufgewiesen habe. Er habe einen Baum ausgelesen mit mittlerem Zuwachs und ziemlich normal abnehmender Jahrringbreite vom Mark gegen die Rinde. Er macht auch darauf aufmerksam, daß das Douglasienholz selbst am gleichen Stamm sehr stark wechsle, so daß für den Handel eine genaue Sortierung notwendig sei. Die Handelsbretter, die wir untersuchten, stammen dem ganzen Aussehen nach von Urwaldbäumen. Vergl. Bild 3.

Die Untersuchung der Beziehungen zwischen Jahrringbreite, Herbstholzprozent und spezifischem Trockengewicht hat folgendes ergeben:

Ausdruck. Bei  
wicht nur 0,42,  
olzproben tritt

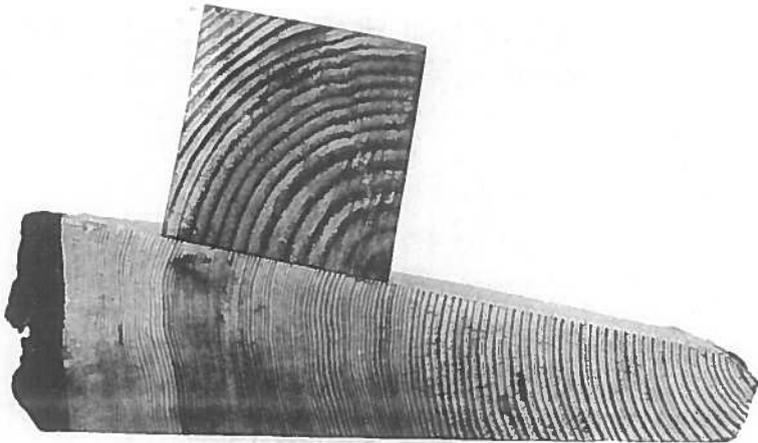
olz und Herbst-  
n den meisten  
holz allmählich  
en Anteils von  
Schätzung als

genauere Mes-  
ößen Mühe der  
Mikroskop ent-  
von Splint zu  
ahl Tracheiden  
und Frühholz  
r im Frühholz  
1 Radius. Auch  
ischen Trocken-  
urchmesser als  
er noch weiter  
uten, daß wir  
t wären.

bestimmt von  
1, die wir z. T.  
. Lutz in New-  
us Kalifornien  
ichen amerika-  
richtet, daß der  
die nicht ganz  
urchmesser von  
ausgelesen mit  
Jahrringbreite  
merksam, daß  
rk wechsele, so  
i. Die Handels-  
ehen nach von

Jahrringbreite,  
hat folgendes

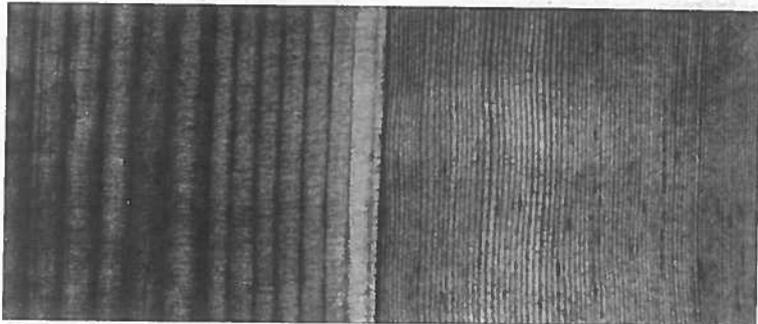
Bild 5



Phot. H. Burger

Oben: Douglasienholz vom Schlittenried bei Küßnacht, Kt. Schwyz.  
Unten: Douglasienkeil aus Amerika, vermittelt von Prof. Fritz.

3 mal verkleinert.

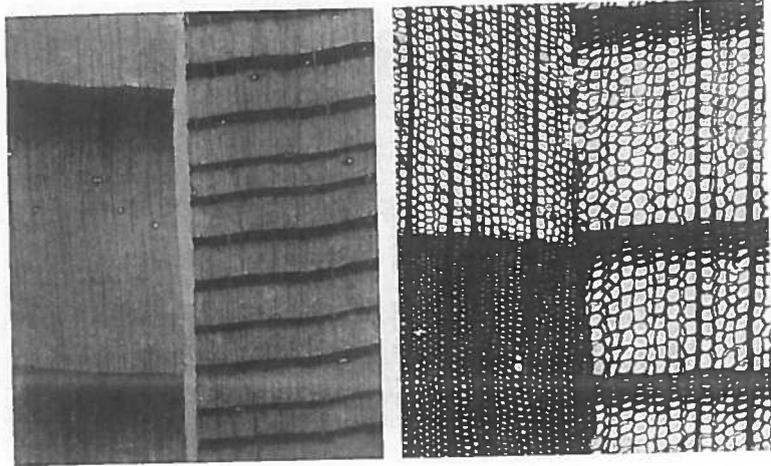


Phot. H. Burger

Links: Radialschnitt des Holzes vom Schlittenried.  
Rechts: Radialschnitt eines amerikan. Tägerriemens.

3 mal verkleinert.

Bild 4



Phot. W. Nügeli

Links: Holz vom Schlittenried.

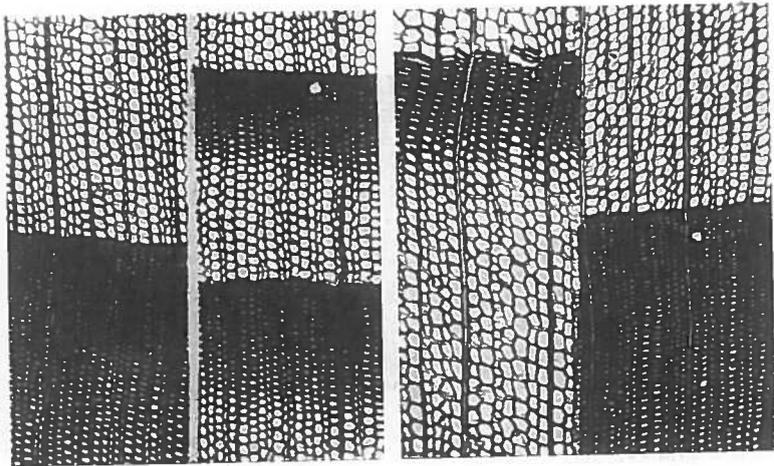
Links: Holz vom Schlittenried,  
breitringig, aber englumig.

Rechts: Amerikanisches Täferbrett.

Rechts: Amerikanisches Täferbrett,  
schmalringig, aber weillumig.

6 mal vergrößert.

37 mal vergrößert.



Phot. W. Nügeli

Links: Breitringiges Kernholz  
aus Amerika.

Links: Schmalringiges, aber  
weillumiges Splintholz.

Rechts: Engringiger Splint vom  
Schlittenried.

Rechts: Breitringiges, aber  
englumiges Kernholz.

Beide Proben aus dem amerikan. Keil

37 mal vergrößert.

37 mal vergrößert.

	Jahrring- breite	Herbstholz- prozent	Spez. Trocken- gewicht
Handelsbretter	1,04 mm	22%	0,46
Keil von Prof. Fritz: Splint	1,16 mm	17%	0,39
Außerer Kern	1,07 mm	18%	0,43
Mittlerer Kern	2,07 mm	20%	0,44
Innerster Kern	3,57 mm	19%	0,45
Mittel	1,82 mm	18%	0,43

Wenn man diese Werte des spezifischen Trockengewichtes von amerikanischem Douglasienholz vergleicht mit den Untersuchungsergebnissen von schweizerischem Douglasienholz in Tabelle 3, so zeigt es sich, daß das spezifische Gewicht des amerikanischen Holzes eher geringer ist. Das mag nun allerdings zum Teil Zufall sein, verursacht durch die wenigen amerikanischen Proben. Aber da die amerikanischen Proben immerhin Qualitätsholz darstellen, so kann die stets betonte geringere Qualität des europäischen Douglasienholzes nicht von der Dichte abhängen.

Betrachtet man noch den Keil von Prof. Fritz etwas näher, so sieht man, daß, wie bei unseren Schweizerproben bei gleicher Jahrringbreite und gleichem Herbstholzprozent, das spezifische Trockengewicht stark zunimmt mit der Verkernung. Sodann fällt aber besonders auf, daß im Kern das spezifische Gewicht gegen das Mark zu weiter zunimmt, trotzdem das Herbstholzprozent annähernd gleich bleibt und die Jahrringbreite sogar größer wird. Die genaue Untersuchung des Holzes unter dem Mikroskop durch Herrn Nägeli zeigte, daß die breiteren inneren Jahrringe Holzelemente aufweisen, mit geringeren Querschnitten und bedeutend kleineren Lumina, als die engen äußeren Jahrringe. Vergleiche Bild 4. Selbst die breitesten Jahrringe des in der Schweiz erwachsenen Douglasienholzes besitzen ein dichteres Frühjahrsholz als die engen Jahrringe des von Prof. Fritz aus Kalifornien gesandten Douglasienkeils.

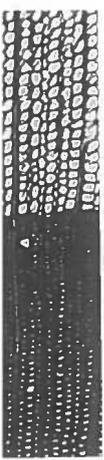
Dem Praktiker diene noch als Anhaltspunkt, daß das spezifische Lufttrockengewicht eingeschätzt werden kann, indem man die spezifischen Absoluttrockengewichte in der zweiten Stelle nach dem Komma um 2—4 Einheiten erhöht.

## II. Der Wassergehalt.

Der Wassergehalt der Holzproben kann ausgedrückt werden in Prozenten des Frischgewichtes, des Frischvolumens und des absoluten Trockengewichtes.



W. Nägeli  
nried,  
englumig.  
äferbrett,  
r weillumig.



st. W. Nägeli  
aber  
lintholz.  
ber  
rnholz.  
amerikan. Keil

### 1. Wassergehalt in Prozenten des Frischgewichts.

Da Angaben über den Wassergehalt in Prozenten des Frischgewichtes in der Praxis noch üblich sind, so habe ich diese Werte in die Tabellen 5 und 6 aufgenommen. Wissenschaftlichen Wert besitzen sie aber nicht, und es wird deshalb darauf verzichtet, die Ergebnisse im Detail zu besprechen.

### 2. Wassergehalt in Prozenten des absoluten Trockengewichts.

Aus den Einzelangaben über die Douglasie Nr. 1 von Küßnacht in Tabelle 5 erkennt man zunächst die große Differenz des Wassergehaltes zwischen Splint- und Kernholz. Bei allen untersuchten Proben erweist sich der Wassergehalt im reinen Splint 3—5mal größer als im Kern. Sodann steigt der Wassergehalt von der Basis des Stammes aufwärts stark an. Oft nimmt der Feuchtigkeitsgehalt zu bis zum Gipfel, oft auch nur bis zum Kronenansatz und innerhalb der Krone wieder ab. Das reine Kernholz dieses Stammes von Küßnacht enthält 37% Wasser, das Splintholz 158%, der ganze Schaft im Mittel 116% des absoluten Trockengewichts.

Die Angaben in Tabelle 6 bestätigen zunächst, daß auch bei allen anderen Stämmen der Wassergehalt im Kern 3—4mal kleiner ist als im Splint. Man sieht aber auch, daß von Stamm zu Stamm große Wassergehaltsunterschiede vorkommen, die man versucht wäre, durch Jahreszeit oder Standort zu erklären, wenn nicht Stämme vom gleichen Standort und dem gleichen Tag der Untersuchung ebenfalls große Unterschiede zeigen würden.

Unsere Ergebnisse vermitteln den Eindruck, daß herrschende, wuchskräftige Bäume einen höhern Wassergehalt im Holz aufweisen als unterdrückte und beherrschte oder sonst in der Lebenstätigkeit gehemmte Bäume. Der Wassergehalt des Kernholzes der verschiedenen alten Douglasien, von verschiedenen Standorten und aus verschiedenen Fällungszeiten stammend, ist durchgehends annähernd gleich groß. Die großen Differenzen liegen beim Splintholz. So besitzt z. B. der Splint des kleinsten Probestammes von Küßnacht nur 99% Wasser, der des größten aber 158%. Bei den Stämmen der Standorte Risch und Beringen liegen ganz ähnliche Verhältnisse vor.

Im Mittel aller Douglasien und verglichen mit der Strobe ergeben sich folgende Wassergehalte:

Holzart	Ganzer Schaft	Splint	Kern
Douglasie	89%	114%	33%
Strobe	147%	209%	91%

### Wassergehalt in Prozenten des Frischgewichtes und des absoluten Trockengewichtes

einer Douglasie von Kùßnacht vom 27. Juni 1925.

Tabelle 5

Standort Stamm-Nummer Stammteil	Ganzer Quer- schnitt	Proben rein Splint		Teils Splint, teils Kern		Proben rein Kern	
		oben	unten	oben	unten	oben	unten
<b>Kùßnacht am Rigi</b>							
<b>Douglasie Nr. 1</b>							
<b>Wassergehalt in Prozenten des Frischgewichtes</b>							
1,0 m über Boden	45,5	57,2	56,9	28,6	28,6	27,6	27,4
5,0 " " "	49,4	60,3	58,9	47,1	44,6	25,8	27,6
9,0 " " "	52,2	61,4	60,1	55,9	51,7	27,2	26,1
13,0 " " "	55,3	61,6	61,8	60,2	59,3	27,5	26,4
17,0 " " "	59,0	64,6	64,6	60,6	62,3	27,0	25,8
21,0 " " "	61,1	67,1	66,4	58,2	62,0	28,6	29,2
25,0 " " "	64,1	64,6	63,5	—	—	—	—
Mitte Gipfel	66,1	—	—	—	—	—	—
Ganzer Schaft	53,4	61,5	61,0	51,7	50,3	27,1	26,9
Derbholz	53,3						
<b>Douglasie Nr. 1</b>							
<b>Wassergehalt in Prozenten des Trockengewichtes</b>							
1,0 m über Boden	83,3	133,6	131,8	40,1	40,0	38,2	37,8
5,0 " " "	97,6	152,0	143,3	89,2	80,5	34,8	38,1
9,0 " " "	109,1	158,9	150,3	126,5	107,0	37,5	35,4
13,0 " " "	123,9	160,2	162,0	150,9	145,7	38,0	35,9
17,0 " " "	143,7	182,6	182,7	153,6	165,6	37,0	34,7
21,0 " " "	156,8	204,2	197,3	139,5	163,3	40,0	41,2
25,0 " " "	178,3	182,3	174,2	—	—	—	—
Mitte Gipfel	195,2	—	—	—	—	—	—
Ganzer Schaft	116,0	159,4	156,5	107,2	101,4	37,2	36,8
Derbholz	114,0						

Die lebende Strobe enthält also, auf Trockengewicht bezogen, im Kern rund dreimal, im Splint fast zweimal so viel Wasser wie die Douglasie, und zwar trotzdem die untersuchten Douglasien im Mittel jünger sind als die damit verglichenen Stroben. Zum Teil ist dieser Unterschied bedingt durch das höhere Trockengewicht des Douglasienholzes, zum Teil ist aber auch absolut im frischen Douglasienholz weniger Wasser enthalten als im Strobenholz, wie der nächste Abschnitt zeigt.

### 3. Wassergehalt in Prozenten des Frischvolumens.

Fast alles Nutzholz wird nach Volumen verkauft und gekauft. Es hat schon deshalb eine Berechtigung, den Wassergehalt auf das Frisch-

Kern  
33%  
91%

**Wassergehalt in Prozenten des Frischgewichtes und des absoluten Trockengewichtes.**

Mittelwerte aus allen Proben je einer Douglasie.

Tabelle 6

Standort und Datum	Alter Jahre	Stamm- durch- messer in 1,5 m cm	Saftgehalt in Prozenten des Frischgewichtes				Saftgehalt in Prozenten des absoluten Trockengewichtes			
			Ganzer Baum Derb- holz	Splint	Teils Splint teils Kern	Kern	Ganzer Baum Derb- holz	Splint	Teils Splint teils Kern	Kern
<b>Risch</b>	20	6,2	45,5	45,5	—	—	83,6	83,6	—	—
Kt. Zug	20	9,2	48,4	48,4	—	—	93,7	93,7	—	—
19. Mai 1930	20	11,3	49,7	49,7	—	—	98,8	98,8	—	—
	20	13,3	50,7	50,7	—	—	102,6	102,6	—	—
<b>Beringen</b>	24	8,6	40,2	40,2	—	—	67,5	67,5	—	—
Kt. Schaffhausen	24	10,7	44,5	46,2	—	20,9	80,5	85,9	—	26,5
19. Mai 1931	24	13,8	52,0	55,0	—	21,6	108,4	123,6	—	27,5
	24	18,1	52,7	56,2	—	27,0	111,3	128,5	—	37,0
<b>Biel, Kt. Bern</b>	36	20,4	44,6	51,5	—	24,0	80,4	106,3	—	31,5
13. Oktober 1925	36	23,0	45,8	53,2	—	24,6	84,7	113,8	—	32,5
<b>Küßnacht</b>	41	17,2	43,2	50,5	29,0	27,8	76,1	99,8	40,9	38,6
Kt. Schwyz	41	22,4	44,1	53,8	32,8	28,4	79,0	116,6	48,7	39,7
27. Juni 1925	41	23,1	41,0	53,4	28,1	25,1	69,4	114,6	38,9	33,6
	41	25,2	44,1	58,1	31,5	24,3	78,9	138,6	45,2	32,0
	41	28,1	47,6	58,3	31,9	24,8	90,9	139,6	46,9	33,2
	41	46,3	53,3	61,3	51,0	27,0	114,0	158,0	104,3	37,0
<b>Risch</b>	42	18,3	39,6	47,9	—	23,6	65,6	92,1	—	30,9
Kt. Zug	42	23,2	47,1	53,6	—	24,0	89,0	115,5	—	31,6
18. Mai 1930	42	28,4	49,8	56,3	—	24,8	99,4	128,6	—	33,0
	42	33,5	50,3	60,3	28,6	24,8	101,3	151,7	40,2	32,8
<b>Biel, Kt. Bern</b>	45	20,5	47,9	55,5	—	25,2	92,0	125,0	—	33,6
13. Oktober 1925	45	24,3	46,3	54,7	—	24,2	86,2	120,9	—	31,9
<b>Mittel: Douglasie</b>	—	—	46,7	52,7	33,3	24,8	88,8	113,9	52,2	33,1
Strobe	—	—	59,6	67,7	49,8	47,8	147,5	209,4	99,1	91,4

volumen zu beziehen. Will man ferner zeigen, in welcher Weise der lebende Baum aus Luft, Wasser und organischer Substanz zusammengesetzt ist, so kann nur das Frischvolumen als Vergleichsgrundlage dienen.

Der Wassergehalt in Prozenten des Frischvolumens beträgt also bei jüngeren Douglasien- und Strobenstämmen im Mittel:

## absoluten

Holzart	Ganzer Schaft	Splint	Kern
Douglasie	37%	48%	14%
Strobe	48%	68%	28%

Ein Volumen frischen Douglasienholzes enthält also im Kern nur die Hälfte, im Splint rund  $\frac{2}{3}$  des Wassers eines gleichen Volumens Strobenholz.

**Organische Substanz und Wassergehalt in Prozenten des Frischvolumens**  
einer Douglasie von Kùßnacht am 27. Juni 1925. Tabelle 7

Standort Stamm-Nummer Stammteil	Ganzer Quer- schnitt	Proben rein Splint		Teils Splint, teils Kern		Proben rein Kern	
		oben	unten	oben	unten	oben	unten
<b>Kùßnacht am Rigi</b>							
<b>Organische Substanz in Prozenten des Frischvolumens</b>							
Douglasie Nr. 1							
1,0 m über Boden	27,2	28,6	28,8	26,3	26,8	25,1	24,6
5,0 " " "	26,0	27,5	28,2	25,6	25,8	23,8	23,8
9,0 " " "	25,1	26,9	27,9	24,0	25,5	22,0	23,6
13,0 " " "	25,1	26,6	27,2	24,2	24,3	23,9	23,6
17,0 " " "	24,2	24,2	25,0	23,3	23,6	24,4	25,2
21,0 " " "	23,7	22,7	22,6	24,1	24,3	26,4	24,4
25,0 " " "	23,0	23,0	23,1	—	—	—	—
Mitte Gipfel	24,6	—	—	—	—	—	—
Ganzer Schaft	25,4	26,2	26,6	24,8	25,3	23,9	24,0
Derbholz	25,4						
<b>Wassergehalt in Prozenten des Frischvolumens</b>							
Douglasie Nr. 1							
1,0 m über Boden	35,4	59,5	59,4	16,4	16,7	14,9	14,7
5,0 " " "	39,6	65,5	63,2	35,4	32,4	12,9	14,2
9,0 " " "	42,7	66,3	65,9	47,7	42,3	13,0	12,9
13,0 " " "	48,4	66,8	68,3	56,9	55,5	14,1	13,2
17,0 " " "	54,3	69,2	70,9	55,6	60,6	14,3	13,8
21,0 " " "	57,9	71,4	70,2	52,3	61,4	16,7	15,6
25,0 " " "	63,6	64,8	62,3	—	—	—	—
Mitte Gipfel	64,3	—	—	—	—	—	—
Ganzer Schaft	45,2	65,2	64,9	41,4	40,0	13,9	14,5
Derbholz	45,1						

### III. Physikalische Zusammensetzung lebenden Holzes.

Auf einfache Weise läßt sich direkt nur der Wassergehalt bestimmen. Das Volumen der organischen Substanz haben wir berechnet mit Hilfe des von *Rumford und Hartig* bestimmten absoluten spezifischen Gewichtes der organischen Substanz (1,56) und des absoluten

It in Prozenten n Trockengewichtes		
nt	Teils Splint teils Kern	Kern
,6	—	—
,7	—	—
,8	—	—
,6	—	—
,5	—	—
,9	—	26,5
,6	—	27,5
,5	—	37,0
,3	—	31,5
,8	—	32,5
,8	40,9	38,6
,6	48,7	39,7
,6	38,9	33,6
,6	45,2	32,0
,6	46,9	33,2
0	104,3	37,0
1	—	30,9
5	—	31,6
6	—	33,0
7	40,2	32,8
0	—	33,6
9	—	31,9
9	52,2	33,1
4	99,1	91,4

er Weise der  
z zusammen-  
chungsgrundlage

beträgt also

Trockengewichts der Proben. Der Luftgehalt ergibt sich durch die Ergänzung des Volumens von organischer Substanz plus Wasser auf Frischvolumen.

#### 1. Das Volumen der organischen Substanz.

Das absolute Volumen der organischen Substanz, in Prozenten des Frischvolumens ausgedrückt, ist die einzige Größe, durch die die Dichte lebenden Holzes verschiedener Arten miteinander verglichen werden kann.

Tabelle 7 zeigt, daß bei der Douglasie Nr. 1 von Küßnacht vom Gesamtvolumen nur 25% feste Substanz sind, 24% im Kern, 26% im Splint. Tabelle 8 läßt erkennen, daß das Volumen der organischen Substanz bei den verschiedenen Stämmen schwankt zwischen 24—30%.

Im Gesamtmittel, und wiederum verglichen mit der Strobe, ergaben sich folgende Werte für die feste Substanz:

Holzart	Ganzer Schaft	Splint	Kern
Douglasie	27%	27%	26%
Strobe	21%	21%	20%

Ein gegebenes Volumen frischen Douglasienholzes enthält also rund 6% mehr organische Substanz als das gleiche Volumen Strobenholz. Es sei noch angedeutet, daß das Volumen der festen Substanz der Douglasie den Werten von Föhre und Lärche nahekommmt.

#### 2. Feste Substanz, Wasser und Luft.

Das lebende Douglasienholz enthält nach Tabelle 8 im Mittel im Volumen 27% feste Substanz, und 73% sind Poren, d. h. Hohlräume, die zum Teil mit Wasser, zum Teil mit Luft erfüllt sind. Folgende Zahlen vermitteln eine Vorstellung über die diesbezüglichen Zusammenhänge:

Holzart	Holzteil	Organische Substanz	Wasser	Luft
<i>Douglasie</i>	Splint	27%	48%	25%
	Kern	26%	14%	60%
	Mittel	27%	37%	36%
<i>Strobe</i>	Splint	21%	68%	11%
	Kern	20%	28%	52%
	Mittel	21%	48%	31%

Das Kernholz der Douglasie enthält also nur 14 Volumenprocente Wasser, aber 60% des Gesamtvolumens Luft. Im Splint bedingt der

## Organische Substanz und Wassergehalt in Prozenten des Frischvolumens.

Mittelwerte aus allen Proben je einer Douglasie.

Tabelle 8

Standort und Datum	Alter Jahre	Stamm- durch- messer in 1,5 m cm	Organische Substanz in Prozent des Frischvolumens				Wassergehalt in Prozenten des Frischvolumens			
			Ganzer Baum Derb- holz	Splint	Teils Splint teils Kern	Kern	Ganzer Baum Derb- holz	Splint	Teils Splint teils Kern	Kern
<b>Risch</b>	20	6,2	28,1	28,1	—	—	36,7	36,7	—	—
Kt. Zug	20	9,2	28,4	28,4	—	—	41,6	41,6	—	—
19. Mai 1930	20	11,3	25,3	25,3	—	—	39,0	39,0	—	—
	20	13,3	25,8	25,8	—	—	41,4	41,4	—	—
<b>Beringen</b>	24	8,6	26,1	26,1	—	—	28,7	28,7	—	—
Kt. Schaffhausen	24	10,7	25,9	26,1	—	24,0	32,7	35,0	—	10,0
19. Mai 1931	24	13,8	25,4	25,5	—	24,8	43,1	49,3	—	10,6
	24	18,1	27,5	27,5	—	27,7	47,8	55,1	—	16,0
<b>Biel, Kt. Bern</b>	36	20,4	28,9	29,2	—	28,3	36,2	48,4	—	14,0
13. Oktober 1925	36	23,0	27,8	28,4	—	26,5	37,1	50,4	—	13,5
<b>Küßnacht</b>	41	17,2	28,9	29,9	30,7	26,6	34,3	47,2	19,6	16,0
Kt. Schwyz	41	22,4	29,6	29,7	30,7	28,7	32,1	53,1	18,7	15,1
27. Juni 1925	41	23,1	28,7	29,5	22,5	26,7	35,3	53,7	22,5	16,5
	41	25,2	27,8	28,3	28,8	26,5	34,3	61,4	20,8	13,2
	41	28,1	24,9	25,4	25,4	23,6	35,2	55,3	18,6	12,2
	41	46,3	25,4	26,4	25,0	24,0	45,1	65,1	40,7	14,2
<b>Risch</b>	42	18,3	29,1	28,9	—	29,4	29,8	41,4	—	14,1
Kt. Zug	42	23,2	27,7	27,2	—	28,9	38,5	48,8	—	14,3
18. Mai 1930	42	28,4	25,9	26,3	—	25,0	40,2	52,8	—	12,9
	42	33,5	25,7	25,2	26,9	26,0	40,6	59,6	16,8	13,3
<b>Biel, Kt. Bern</b>	45	20,5	24,4	25,3	—	23,0	35,1	49,4	—	12,0
13. Oktober 1925	45	24,3	27,2	28,0	—	26,2	36,6	52,7	—	13,0
<b>Mittel: Douglasie</b>	—	—	27,0	27,3	27,1	26,2	37,3	48,5	22,5	13,6
Strobe	—	—	20,8	20,9	21,4	20,0	47,9	68,3	33,1	28,5

wesentlich größeren Wassergehalt von 48% den geringeren Luftgehalt von nur 25%. Das Douglasienholz ist wasserärmer und luftreicher als das Strobenholz.

Aus Bild 5 erkennt man, daß sich bei einer 42jährigen Douglasie der Gehalt an fester Substanz mit der Stammhöhe wenig ändert. Der Wassergehalt nimmt dagegen mit der Höhe über Boden zu, der Luftgehalt ab, weil der luftreiche, trockenere Kernholzanteil immer kleiner wird.

urch die Er-  
Wasser auf

rozent des  
e die Dichte  
hen werden

fnacht vom  
ern, 26% im  
ischen Sub-  
—30%.

obe, ergaben

Kern

26%

20%

ilt also rund  
Strobenholz.  
iz der Doug-

m Mittel im  
Hohlräume,  
d. Folgende  
Zusammen-

Luft

25%

60%

36%

11%

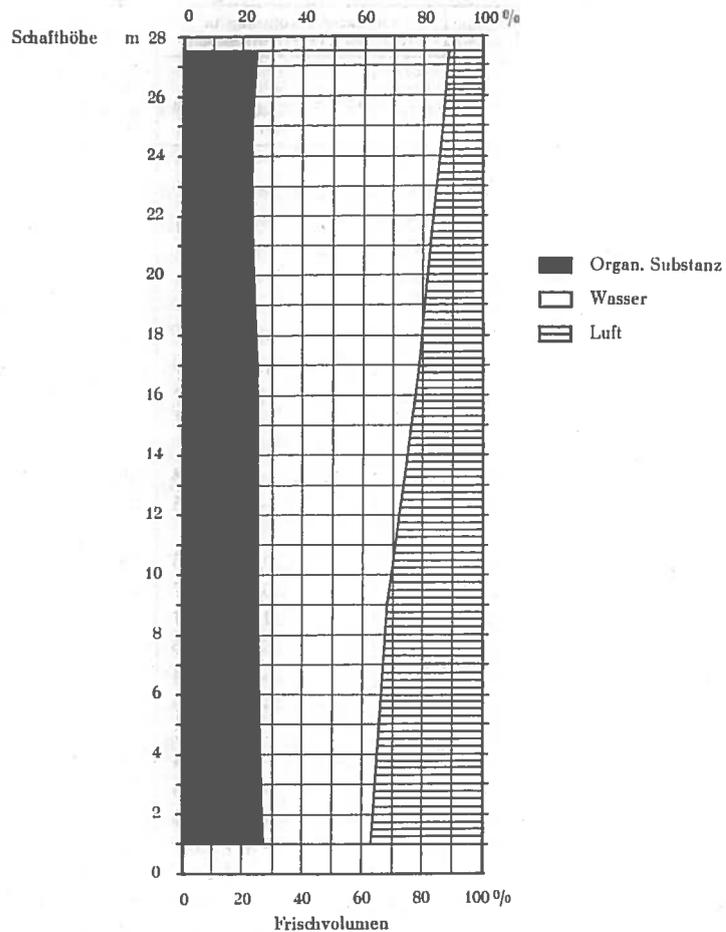
52%

31%

menprozente  
bedingt der

### Organische Substanz, Wasser und Luft in Prozenten des Frischvolumens einer 42-jährigen Douglasie.

Bild 5



#### IV. Das Schwinden des Holzes.

Die Tabellen 9 und 10 zeigen die Schwindung des Douglasienholzes in Volumenprozenten einmal vom frischen zum lufttrockenen Zustand und sodann die maximal mögliche Schwindung vom lebenden zum absolut trockenen Holz. Das Douglasienholz verliert bei der Trocknung in geheizten Räumen (ca. 18—20°) 8,5% des Frischvolumens, 9% im Splint, 7% im Kern. Die maximal mögliche Schwindung vom frischen bis zum absolut trockenen Zustand beträgt aber im Mittel 12%, 13% im Splint, aber nur 11% im Kern.

Das Schwindvolumen des Douglasienholzes mit 12% ist im Mittel schon erheblich höher als bei der Strobe mit rund 9%. Die Douglasie

### Schwindvolumen in Prozenten des Frischvolumens

einer Douglasie von Küßnacht am Rigi.

Tabelle 9

Standort Stamm-Nummer Stammteil	Ganzer Quer- schnitt	Proben rein Splint		Teils Splint, teils Kern		Proben rein Kern	
		oben	unten	oben	unten	oben	unten
<b>Küßnacht am Rigi</b>							
Douglasie Nr. 1							
Schwindung von frisch bis absolut trocken							
1,0 m über Boden	12,6	13,8	14,3	11,2	11,6	11,8	10,9
5,0 " " "	12,3	13,1	15,3	10,9	12,4	10,0	10,8
9,0 " " "	13,3	14,6	14,1	13,0	12,4	12,0	11,4
13,0 " " "	12,3	14,8	13,6	11,7	13,8	9,4	10,8
17,0 " " "	12,0	12,7	12,7	13,4	12,6	10,9	10,6
21,0 " " "	12,5	12,2	13,5	13,0	11,4	12,5	8,9
25,0 " " "	11,5	11,1	12,7	—	—	—	—
Mitte Gipfel	13,1	—	—	—	—	—	—
Ganzer Schaft	12,5	13,4	13,8	12,0	12,2	11,0	10,9
Derbholz	12,5						
Douglasie Nr. 1							
Schwindung von frisch bis lufttrocken							
1,0 m über Boden	8,7	9,5	9,9	7,8	7,9	8,2	8,1
5,0 " " "	8,3	9,5	11,5	6,8	8,7	5,8	6,4
9,0 " " "	8,8	9,7	10,0	8,3	9,5	7,1	7,6
13,0 " " "	8,2	11,1	9,1	7,8	8,5	5,2	6,6
17,0 " " "	7,3	8,4	8,6	7,3	6,7	5,9	4,9
21,0 " " "	6,9	7,4	8,2	8,3	6,7	1,4	2,2
25,0 " " "	7,4	7,0	7,7	—	—	—	—
Mitte Gipfel	8,2	—	—	—	—	—	—
Ganzer Schaft	8,2	9,1	9,4	7,7	8,1	6,1	6,7
Derbholz	8,2						

verhält sich bezüglich des Schwindens und Wachsens des Holzes ähnlich wie Lärche und Föhre, aber viel günstiger als z. B. Buche mit 15 bis 17% Schwindvolumen.

Vergleicht man die Untersuchungsergebnisse der verschiedenen Proben des Einzelstammes, sowie auch die Mittelwerte der verschiedenen Bäume miteinander, so fällt auf, daß bei unseren Stämmen überall der Splint stärker schwindet als der Kern, und daß von Stamm zu Stamm starke individuelle Unterschiede vorliegen. Vergleicht man endlich die Schwindprozentage der Tabellen 9 und 10 mit den spezifischen Trockengewichten der Tabellen 2 und 3 je für Splint und Kern für sich, so zeigt sich eine gute Relation zwischen der Schwere oder Dichte des Holzes und dem Schwinden.

### Schwindvolumen in Prozenten des Frischvolumens.

Mittelwerte aus allen Proben je einer Douglasie.

Tabelle 10

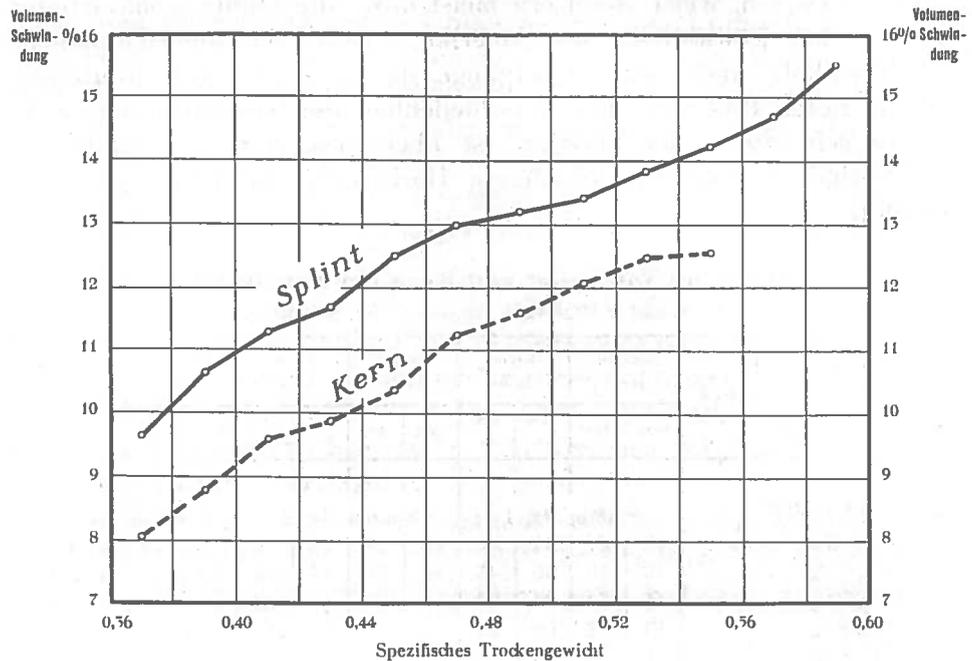
Standort und Datum	Alter Jahre	Stamm- durch- messer in 1,5 m cm	Schwindprozent von frisch bis lufttrocken				Schwindprozent von frisch bis absolut trocken			
			Ganzer Baum Derb- holz	Splint	Teils Splint teils Kern	Kern	Ganzer Baum Derb- holz	Splint	Teils Splint teils Kern	Kern
<b>Risch</b>	20	6,2	9,0	9,0	—	—	13,1	13,1	—	—
Kt. Zug	20	9,2	8,4	8,4	—	—	12,8	12,8	—	—
19. Mai 1930	20	11,3	8,3	8,3	—	—	12,0	12,0	—	—
	20	13,3	10,2	10,2	—	—	14,5	14,5	—	—
<b>Beringen</b>	24	8,6	7,1	7,2	—	—	9,7	9,6	—	—
Kt. Schaffhausen	24	10,7	9,2	9,3	—	8,4	10,6	11,1	—	8,7
19. Mai 1931	24	13,8	8,6	9,0	—	6,8	11,8	12,3	—	8,7
	24	18,1	9,4	10,3	—	6,2	13,8	14,6	—	10,4
<b>Biel, Kt. Bern</b>	36	20,4	7,5	8,1	—	6,4	10,8	11,8	—	8,8
13. Oktober 1925	36	23,0	8,6	9,3	—	7,6	11,4	12,3	—	10,0
<b>Küßnacht</b>	41	17,2	10,0	10,1	10,3	9,7	14,4	15,0	14,5	13,2
Kt. Schwyz	41	22,4	7,8	9,0	8,4	6,0	13,5	14,6	13,8	12,1
27. Juni 1925	41	23,1	10,0	10,6	10,2	8,7	13,9	14,4	14,4	12,7
	41	25,2	6,7	8,9	6,2	4,6	11,3	13,4	10,5	9,6
	41	28,1	8,3	9,9	6,5	7,0	11,4	13,4	9,7	9,3
	41	46,3	8,2	9,3	7,9	6,4	12,5	13,6	12,1	11,0
<b>Risch</b>	42	18,3	7,5	8,1	—	7,5	12,5	12,7	—	12,3
Kt. Zug	42	23,2	8,4	8,9	—	7,2	13,4	13,8	—	12,3
18. Mai 1930	42	28,4	8,3	8,8	—	7,3	13,0	13,3	—	12,2
	42	33,5	9,8	10,6	8,6	8,6	14,2	15,0	13,0	12,9
<b>Biel, Kt. Bern</b>	45	20,5	7,7	8,5	—	6,4	10,2	11,3	—	8,6
13. Oktober 1925	45	24,3	8,0	8,7	—	7,1	10,7	11,8	—	9,2
<b>Mittel: Douglasie</b>	—	—	8,5	9,1	8,3	7,2	12,3	13,0	12,6	10,7
Strobe	—	—	5,8	7,0	5,2	4,3	8,8	9,8	8,4	7,5

Um diese Verhältnisse abzuklären, habe ich die Schwindvolumenprozentage zusammengestellt, gesondert nach Splint und Kern und für spezifische Gewichtsstufen von 0,02 zu 0,02. Die daraus errechneten Mittelwerte ergaben Bild 6. Die Einzelwerte der spezifischen Trockengewichte schwanken von 0,37 bis 0,59. Die Amplitude der Schwindvolumina geht von rund 8% bis 15,5%. Bild 6 zeigt einwandfrei, wie mit zunehmendem spezifischem Trockengewicht die Schwindvolumenprozentage höher werden, und zwar gilt die Regel für Splint und Kern. Bei

### Schwindvolumen von Splint- und Kernholz der Douglasie bei verschiedenen spezifischen Gewichten.

(Vom frischen — zum absolut trockenen Zustand).

Bild 6



gleichem spezifischem Gewicht schwindet aber das Splintholz rund 2% mehr als das Kernholz.

Die Verkernung des Holzes vermindert also, wie ich es schon für die Strobe nachgewiesen habe, das Arbeiten, also Schwinden und Wachsen. In welcher Weise die Kernbildung das Arbeiten des Holzes herabsetzt, ob durch eine gewisse Imprägnierung überhaupt oder durch eine Herabsetzung der Aufnahmefähigkeit der Holzelemente für Wasser, läßt sich nach dem heutigen Stand des Wissens noch nicht erklären, da die Vorgänge bei der Verkernung noch ungenügend bekannt sind.

Es wäre eine sehr interessante und auch praktisch bedeutungsvolle Aufgabe, das Verkernungsproblem zu verfolgen. Bei den Kernhölzern, z. B. bei Eiche und Föhre, ist der Preis des Holzes weitgehend vom Verhältnis zwischen Kern und Splint abhängig. Sodann gibt es unabhängig vom langsameren oder rascheren Wachstum der Einzelbäume Standorte, auf denen die Kernbildung auch bei alten Bäumen immer ungünstiger ist als auf anderen Standorten. Welche Standortsfaktoren bedingen diese Unterschiede?

Volumen-Schwindung	
Teils Splint	Kern
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	8,7
—	8,7
—	10,4
—	—
—	8,8
—	10,0
14,5	13,2
13,8	12,1
14,4	12,7
10,5	9,6
9,7	9,3
12,1	11,0
—	12,3
—	12,3
—	12,2
13,0	12,9
—	8,6
—	9,2
12,6	10,7
8,4	7,5

indvolumen-  
ern und für  
s errechneten  
hen Trocken-  
der Schwind-  
lfrei, wie mit  
imenprozente  
d Kern. Bei

## V. Die Kernbildung.

Bei den noch verhältnismäßig jungen Douglasien, die wir in der Schweiz besitzen, weist der Kern meist nicht die Dunkelsienafärbung auf wie bei Urwaldholz aus Amerika. Auch bei amerikanischem Douglasienholz findet man Uebergänge der Kernfarbe von graubraun bis zum tiefen Rotbraun. Die Verschiedenheit der Kernfarbe mag z. T. bedingt sein durch den Standort, ist aber auch weitgehend abhängig vom Verhältnis zwischen dunklerem Herbstholz und hellerem Frühjahrholz.

## Verhältnis von Splint und Kern bei Douglasien

Tabelle 11. von Küßnacht a. Rigi und Beringen, Kt. Schaffhausen.

Standort und Höhe des Querschnittes am Stamm	Anzahl Jahre		Kreis- fläche		Anzahl Jahre		Kreis- fläche		Anzahl Jahre		Kreis- fläche	
	Splint	Kern	Splint o/n	Kern o/n	Splint	Kern	Splint o/o	Kern o/o	Splint	Kern	Splint o/n	Kern o/o
<b>Küßnacht a. Rigi</b>	<b>Stamm Nr. 1</b>				<b>Stamm Nr. 2</b>				<b>Stamm Nr. 3</b>			
1,0 m über Boden	16	21	44	56	18	20	42	58	17	19	30	70
5,0 " " "	16	16	55	45	16	16	42	58	15	17	33	67
9,0 " " "	15	13	61	39	14	14	48	52	12	14	40	60
13,0 " " "	13	12	66	34	12	12	58	42	11	9	55	45
17,0 " " "	11	9	75	25	11	7	73	27	9	5	80	20
21,0 " " "	11	5	86	14	9	4	93	7	—	—	—	—
Mittel	—	—	60	40	—	—	53	47	—	—	43	57
	<b>Stamm Nr. 4</b>				<b>Stamm Nr. 5</b>				<b>Stamm Nr. 6</b>			
1,0 m über Boden	15	21	29	71	17	19	29	71	18	18	41	59
5,0 " " "	15	15	40	60	15	15	35	65	17	12	50	50
9,0 " " "	14	12	45	55	12	13	36	64	15	10	59	41
13,0 " " "	12	9	58	42	10	10	45	55	14	7	75	25
17,0 " " "	10	8	75	25	8	7	74	26	11	7	92	8
Mittel	—	—	47	53	—	—	39	61	—	—	55	45
<b>Beringen, Kt. Schaffh.</b>	<b>Stamm Nr. 1</b>				<b>Stamm Nr. 2</b>				<b>Stamm Nr. 3</b>			
1,0 m über Boden	11	8	68	32	9	6	61	39	9	5	62	38
3,0 " " "	10	7	68	32	8	5	72	28	8	5	63	37
5,0 " " "	9	6	74	26	8	4	80	20	7	4	78	22
7,0 " " "	8	6	74	26	6	4	81	19	5	3	80	20
9,0 " " "	8	4	89	11	5	2	91	9	—	—	96	4
11,0 " " "	7	3	95	5	—	—	100	0	—	—	100	0
13,0 " " "	6	1	98	2	—	—	—	—	—	—	—	—
Mittel	—	—	77	23	—	—	75	25	—	—	73	27

Aus Tabelle 11 ergibt sich die von *Büsgen-Münch* schon für andere Holzarten erwähnte Tatsache, daß in allen Stämmen die Anzahl unverkernter Jahrringe an der Basis des Stammes am größten ist und mit der Höhe über Boden abnimmt. Bei Stamm Nr. 2 von Küßnacht sind 1,0 m über Boden noch 18 Jahrringe unverkernt, 21 m über Boden aber nur noch 9 Jahrringe. Aehnliche Verhältnisse zeigen alle untersuchten Stämme.

Die Verkernung schreitet also im gleichen Jahrring oder, besser gesagt, im gleichen Jahreszuwachsmantel von oben nach unten fort. Es ist also zu vermuten, daß die Kernbildung nicht erfolgt durch Mineralstoffe, die mit dem Saft aufwärts transportiert werden, sondern eher durch Produkte, die aus den Assimilationsorganen stammen.

Aus Tabelle 11 läßt sich auch erkennen, daß der Standort ganz offensichtlich einen Einfluß auf die raschere oder langsamere Verkernung des Splintholzes ausübt. Während bei den 41jährigen Douglasien von Küßnacht im Mittel noch 13—15 Jahrringe nicht verkernt sind, sind es bei den erst 24jährigen Douglasien von Beringen, Kt. Schaffhausen, nur 7—8 unverkernte Jahrringe.

Das Splintholzprozent der Gesamtkreisfläche nimmt von der Basis des Stammes gegen oben rasch zu. Daß die 41jährigen Douglasien von Küßnacht mit 40—60% schon wesentlich mehr Kernholz aufweisen als die 24jährigen Douglasien von Beringen mit 23—27%, ist selbstverständlich. Es läßt sich aber auch feststellen, daß bei gleichalten Stämmen vom gleichen Standort nicht der größte, also am raschesten gewachsene Stamm prozentual am meisten Kernholz aufweist, sondern der schwachbeherrschte Stamm Nr. 5, weil bei rasch wachsenden Stämmen der größere Splintring sich im Flächenverhältnis stark geltend macht. *Cieslar* (13) fand bei 30jährigen Douglasien in ganzen Stämmen 18 bis 51% Kernholz, was mit unseren Resultaten von Beringen gut übereinstimmt.

Bild 7 veranschaulicht für den größten Stamm von Küßnacht das Kreisflächenverhältnis von Splint und Kern in verschiedener Höhe des Schaftes. Besonders auffallend tritt in Erscheinung, wie rasch mit der Höhe über Boden die saftleitende Splintringfläche abnimmt. Man erkennt aus Tabelle 12 deutlich, daß immer der am freiesten stehende, also im gleichalterigen Wald meistens der am raschesten wachsende Baum notwendigerweise auch die größte wasserleitende Splintfläche besitzt. So ist die Splintfläche des unbedingt herrschenden Baumes Nr. 1 von Küßnacht rund achtmal größer als beim stark beherrschten Stamm Nr. 6 des gleichen Alters und Standortes. Wie wir später sehen werden, zeigen die beiden Bäume ungefähr das gleiche Verhältnis bezüglich des Zuwachses.

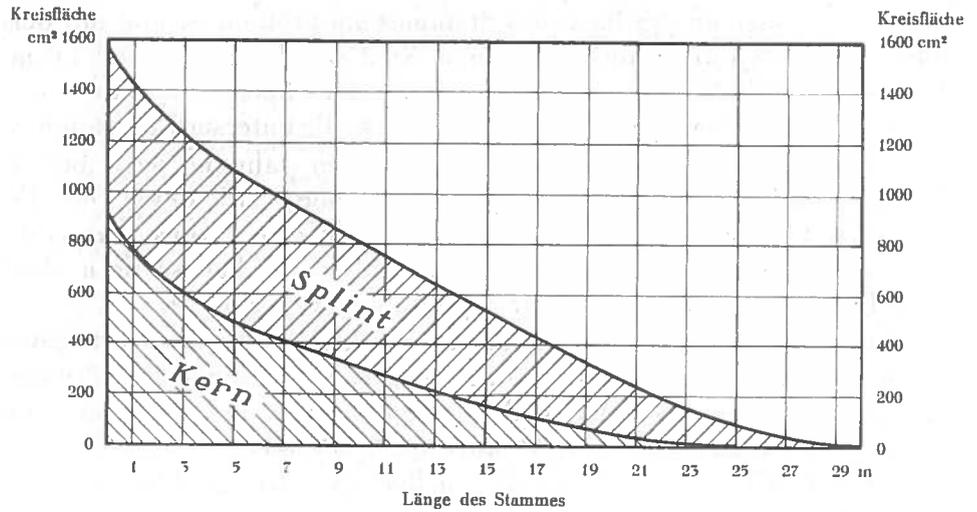
wir in der  
ienafärbung  
rikanischem  
t graubraun  
e mag z. T.  
nd abhängig  
erem Früh-

Höhe m	Kreis- fläche	
	Splint %	Kern %
Stamm Nr. 3		
19	30	70
17	33	67
14	40	60
9	55	45
5	80	20
—	—	—
—	43	57
Stamm Nr. 6		
18	41	59
12	50	50
10	59	41
7	75	25
7	92	8
—	55	45
Stamm Nr. 3		
5	62	38
5	63	37
4	78	22
3	80	20
—	96	4
—	100	0
—	—	—
—	73	27

### Verteilung von Splint und Kern in cm<sup>2</sup>, in verschiedener Schafthöhe.

Bild 7

(41 jährige Douglasie von Küßnacht.)

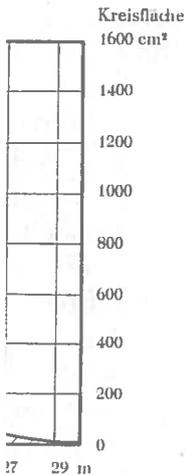


### Fläche des Splintringes in verschiedenen Stammhöhen bei Douglasien von Küßnacht und von Beringen.

Tabelle 12

Standort Höhe des Schnittes über Boden	Fläche des Splintringes in Quadratzentimetern					
	Stamm Nr. 1 cm <sup>2</sup>	Stamm Nr. 2 cm <sup>2</sup>	Stamm Nr. 3 cm <sup>2</sup>	Stamm Nr. 4 cm <sup>2</sup>	Stamm Nr. 5 cm <sup>2</sup>	Stamm Nr. 6 cm <sup>2</sup>
<b>Küßnacht a. Rigi</b>						
1,0 m über Boden	623	210	122	112	92	78
5,0 " " "	592	168	106	116	85	68
9,0 " " "	527	151	93	101	64	59
13,0 " " "	417	136	87	94	54	48
17,0 " " "	324	121	72	77	50	24
21,0 " " "	203	84	34	44	11	2
<b>Beringen, Kt. Schaffhausen</b>						
1,0 m über Boden	122	69	42	32	—	—
3,0 " " "	102	78	39	23	—	—
5,0 " " "	99	66	42	22	—	—
7,0 " " "	94	58	32	18	—	—
9,0 " " "	93	39	22	—	—	—
11,0 " " "	73	20	14	—	—	—
13,0 " " "	47	—	—	—	—	—

## Schafthöhe.



## Douglasien

Zentimetern	
Stamm Nr. 5 cm²	Stamm Nr. 6 cm²
92	78
85	68
64	59
54	48
50	24
11	2
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—
—	—

## C. Derbholz, Aeste und Blattmasse.

Auf Grund unserer Untersuchungen kann gezeigt werden, in welchem Verhältnis das totale Frischgewicht lebender Douglasien sich auf Derbholz, Aeste und Nadelmenge verteilt. Ferner wurde der Wassergehalt der einzelnen Baumteile bestimmt, und endlich bieten die Untersuchungen eine Möglichkeit, die transpirierenden und assimilierenden Oberflächen der Nadeln pro Gewichtseinheit für ganze Bäume und Bestände zu berechnen.

## I. Derbholz, Aeste und Nadeln in Prozenten des Frischgewichtes.

Da alle Probestämme in 2 m Sektionen vermessen worden sind, so ist es möglich, deren Volumen genügend genau zu berechnen. Das Gewicht des Derbholzes ergibt sich dann aus dem Volumen durch Multiplikation mit dem bestimmten spezifischen Frischgewicht. Das Gewicht des Gesamtreisigs, also der Aeste mit den Nadeln, wird direkt sofort nach der Fällung der Probestämme ermittelt. Im Laboratorium werden Aeste und Nadeln voneinander getrennt und mit Hilfe von bei der Fällung entnommenen Frischproben auf Frischgewicht umgerechnet.

Da die Douglasiennadeln beim Trocknen nicht von selbst von den Aesten und Zweigen fallen, wie z. B. die Nadeln von Fichte und Lärche, so müssen sie abgezupft werden, wie z. B. bei Tanne und Föhre. Douglasiennadeln sind aber sehr klein, und die Trennung der Nadeln von den Aesten stellt deshalb eine so große Geduldsarbeit dar, daß man es begreifen muß, daß wir die Nadelmengenbestimmungen auf 23 Douglasien beschränkten.

Die Douglasie trägt auf unseren Standorten meistens 2—5 Jahrgänge Nadeln, fast immer an den Aesten einen Jahrgang mehr als am Schaft. Im Mittel sind 4 Jahrestriebe benadelt. Da in jedem Winter der älteste Nadeljahrgang abfällt, so tragen die Douglasien etwa vom Dezember an bis zum Austreiben im Frühjahr einen Jahrgang weniger Nadeln als während der Vegetationszeit.

Will man später tiefer in den Zusammenhang zwischen Blattmenge und Zuwachs eindringen, so wird es nötig sein, methodische Untersuchungen anzustellen über die Arbeitsleistung verschieden alter Nadeln. Man bekäme dann wohl eine Erklärung dafür, warum die Zuwachsverluste bei Erkrankungen nur der älteren Nadeljahrgänge meist nicht so groß sind, wie man nach dem äußern Krankheitsbild vermuten würde.

Aus Tabelle 13 erkennt man zunächst, daß die konventionelle Derbholzgrenze von 7 cm Durchmesser immer gewisse Unzukömmlichkeiten mit sich bringt. Der kleinste Probestamm mit nur 6,2 cm Durchmesser

**Derbholz, Aeste und Nadeln in Prozenten des Frischgewichtes und Wassergehaltes von Derbholz, Reisig und Nadeln in Prozenten des Trockengewichtes.**

Tabelle 15

Standort Alter Datum	Probestämme				Verteilung von Derbholz, Aesten und Nadeln			Anteil der Nadeln am Reisig- gewicht %	Wassergehalt in Pro- zenten des absoluten Trockengewichtes			
	Durch- messer in 1,3 m cm	Baum- höhe in m	Baum- klasse	Frisch- gewicht der ganzen Bäume kg	Derb- holz %	Aeste %	Nadeln %		Derbholz		Aeste %	Nadeln %
									Total %	Spilnt %		
Risch, Kt. Zug 20jährig 19. Mai 1930	6,2	9,4	b	15	0	93	7	7	—	—	135	144
	9,2	11,8	m	48	52	36	12	25	94	94	149	150
	11,3	13,2	m	70	73	17	10	36	99	99	132	150
	13,3	14,8	d	103	73	18	9	33	103	103	129	150
Beringen, Kt. Schaffh. 24jährig 19. Mai 1931	8,6	11,8	u	29	49	39	12	24	68	68	115	148
	10,7	14,4	b	60	71	21	8	29	81	86	120	145
	13,8	15,4	m	116	76	14	10	40	108	124	129	145
	18,1	19,0	d	247	78	12	10	44	111	129	117	144
Biel, Kt. Bern 36jährig 13. Oktober 1925	17,5	22,2	m	221	89	7	4	37	75	99	152	193
	20,4	22,2	m	319	84	9	7	43	80	106	142	161
	23,0	24,4	m	407	90	6	5	45	85	114	133	156
Küßnacht a. Rigi 41jährig 27. Juni 1925	17,2	22,4	b	170	86	9	5	38	76	100	—	—
	22,4	22,2	b	309	85	8	7	44	79	117	—	—
	23,1	25,0	m	405	86	8	6	40	69	115	124	164
	25,2	25,8	m	407	87	8	5	38	79	139	121	160
	28,1	28,2	m	555	84	10	6	39	91	140	120	163
Risch, Kt. Zug 42jährig 18. Mai 1930	46,3	30,0	d	1859	78	14	7	33	114	158	115	156
	18,3	22,6	b	235	84	12	5	28	66	92	136	118
	23,2	24,0	m	427	84	10	6	37	89	116	138	143
	28,4	27,0	m	764	85	11	4	28	99	129	133	170
Biel, Kt. Bern 45jährig 13. Oktober 1925	33,5	28,4	d	1105	82	11	7	38	101	152	138	182
	20,5	21,6	m	269	90	6	4	39	92	125	139	145
	24,3	23,0	m	427	90	6	4	42	86	121	144	140

in Brusthöhe besitzt noch kein Derbholz, dafür 93% Aeste und nur 7% Nadeln. Der nächst größere Probestamm mit nur 8,6 cm Durchmesser in Brusthöhe weist bereits 49 Gewichtsprozent Derbholz, 39% Aeste und 12% Nadeln auf. Der Derbholzanteil am Gesamtgewicht der Bäume wächst zuerst mit dem Alter, hängt aber in den meisten Fällen hauptsächlich vom Wuchsraum der Bäume und der damit verbundenen Kronenentwicklung ab. Das Reisigprozent, das bei jungen

Bäumen 100% beträgt, bevor sie in die Derbholzgrenze einwachsen, nimmt nachher mit dem Alter zuerst sehr rasch ab, ist aber schon im Alter von 30—40 Jahren mehr bedingt durch den Standraum als durch das Alter. Bei 40jährigen Douglasien beträgt das Reisigprozent nur noch 12—20%.

Der Anteil der frischen Nadeln am Gesamtgewicht von Douglasien erreicht bei Bäumen unter 10 Jahren recht hohe Prozente, sinkt dann zuerst rasch, bis zum Alter von 20 Jahren schon auf rund 10%, nimmt nachher langsam ab, so daß er bei 40jährigen Bäumen je nach der Stellung des Baumes im Bestand noch 4—7% beträgt. Bei 100- und mehrjährigen Bäumen des geschlossenen Hochwaldes dürfte das Nadelgewicht in Prozenten des gesamten Frischgewichtes allmählich auf 1% und darunter sinken.

Eine etwas konstantere Relation ergibt sich, wenn man das Gewicht der frischen Nadeln ausdrückt in Prozenten des Reisigs. Sieht man ab von Stämmen unter 7 cm in Brusthöhe, so schwankt für einzelne Bäume dieses Nadelprozent auch immer noch zwischen 24—44%, wobei meistens die wuchskräftigen Bäume absolut und relativ mehr Nadeln aufweisen als stark beherrschte Bäume. Andererseits zeigt der etwas weitständige Bestand von Küßnacht, daß freistehende Bäume starke und schwere Aeste bilden, wodurch das Nadelgewicht in Prozenten des Gesamtreisigs wieder sinken kann. Für ganze Bestände jüngerer Douglasien beträgt das Nadelgewicht, ausgedrückt in Prozenten des frischen Gesamtreisigs, rund 30—40%.

Da bei unseren Versuchsflächen das Probestammreisig direkt gewogen und auf Flächeneinheit umgerechnet wurde, so läßt sich mit Hilfe der ermittelten Nadelprozente das angenäherte Totalgewicht der Nadeln eines Douglasienbestandes pro ha berechnen, z. B.

Risch, 20jährig: 85 000 kg Reisig  $\times$  32% = 27 000 kg Nadeln  
 Biel, 36 „ : 97 400 kg „  $\times$  41% = 40 000 kg „  
 Küßnacht, 41 „ : 111 900 kg „  $\times$  39% = 44 000 kg „

Die Nadelmenge pro ha nimmt also bei der Douglasie, ähnlich wie es früher schon für die Strobe gezeigt werden konnte, mit dem Alter zu, solange noch kräftiges Höhenwachstum für die Verlängerung der grünen Krone sorgt. Der 20jährige Bestand von Risch besitzt eine 7 m lange grüne Krone, beim 36jährigen Bestand von Biel ist sie schon 9 m lang und beim 41jährigen Bestand von Küßnacht 13 m. Es ist wahrscheinlich, daß in alten, gleichalterigen Beständen die Nadelmenge pro ha wieder etwas sinkt, mit unserem Material läßt es sich aber nicht beweisen.

## ites und ozenten

ergehalt in Pro-  
ten des absoluten  
rockengewichtes

Holz	Nadeln	
	Aeste %	Nadeln %
—	135	144
94	149	150
99	132	150
103	129	150
68	115	148
86	120	145
124	129	145
129	117	144
99	152	193
106	142	161
114	133	156
100	—	—
117	—	—
115	124	164
139	121	160
140	120	163
158	115	156
92	136	118
116	138	143
129	133	170
152	138	182
125	139	145
121	144	140

este und nur  
6 cm Durch-  
ite Derbholz,  
esamtgewicht  
den meisten  
er damit ver-  
s bei jungen

## II. Wassergehalt von Derbholz, Reisig und Nadeln.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 zusammengestellt. Bezüglich des Wassergehaltes des Derbholzes vergleiche man die Ausführungen in Abschnitt A. Es sei nur wiederholt, daß meistens der wuchskräftigste Stamm auch den größten Wassergehalt besitzt.

Der Wassergehalt der Aeste ohne Nadeln in Prozenten des Trockengewichts schwankt bei einzelnen Bäumen von 115—152%. Die Schwankungen bei den einzelnen Bäumen des gleichen Standortes, die zu gleicher Zeit untersucht worden sind, sind wesentlich geringer. Ein Einfluß der Jahreszeit läßt sich aber nur andeutungsweise erkennen. Die Aeste von Biel vom Oktober, nach Abschluß der Vegetation, und die von Risch, zu Beginn des Austreibens, zeigen etwas mehr Wassergehalt als die von Küßnacht, die zur Zeit lebhafter Transpiration und Assimilation Ende Juni untersucht worden sind.

Daß hier aber höchst wahrscheinlich auch die vorausgegangene Witterung und eventuell auch der Standort eine Rolle spielen, läßt sich aus den Untersuchungen von Beringen vermuten. Die im Mai 1930 gewonnenen Aeste von Risch enthalten bei beiden Beständen rund 135% Wasser, die im gleichen Monat des Jahres 1931 untersuchten Stämme von Beringen aber nur rund 120%.

Der Wassergehalt der Nadeln schwankt bei den einzelnen Bäumen von 120—190%. Unser Material über die Douglasie ist zu unvollkommen, um den Einfluß der Jahreszeit auf den Wassergehalt der Nadeln nachweisen zu können. Man vergleiche dagegen die Publikation des *Verfassers* (11) über die Strobe.

Vergleicht man endlich den Wassergehalt von Splintholz, von Aesten und Nadeln miteinander, so zeigt sich, daß mit Ausnahme der Bäume von Küßnacht fast durchwegs der Wassergehalt im Splintholz am kleinsten ist, etwas größer im Astholz und am größten in den Nadeln. Wir erkennen also ziemlich genau das umgekehrte Verhalten, wie früher bei der Strobe. Es zeigen sich hier individuelle Eigenschaften der Holzarten, für die uns vorläufig keine Erklärung möglich ist.

Es sei hier noch darauf aufmerksam gemacht, daß ein Waldbestand im Stammholz, in den Aesten und Nadeln, je nach Alter und Vorrat einen Wasservorrat enthält, der einem Niederschlag von 10—50 mm entsprechen kann.

## III. Anzahl und Oberfläche frischer Nadeln pro Kilogramm, für ganze Bäume und Bestände.

Tabelle 14 gibt einen Ueberblick über die diesbezüglichen Untersuchungsergebnisse. Da man bei solchen Bestimmungen immer genötigt

Nadelzahl und -oberfläche pro 1 kg frische Nadeln und an ganzen Bäumen der Douglasien.

Tabelle 14

Standort und Datum der Untersuchung	Probestämme			Anzahl Nadeln		Oberfläche der Nadeln			
	Alter Jahre	Durchmesser in 1,3 m cm	Baumklasse	Frische Nadeln pro Baum kg	im kg frische Nadeln Stück	am ganzen Baum Stück	1 Stück frisch cm <sup>2</sup>	1 kg frisch m <sup>2</sup>	am ganzen Baum m <sup>2</sup>
<b>Risch</b> 19. Mai 1930	20	6,2	b	1,1	225 000	248 000	0,35	7,9	9
	20	9,2	m	5,8	125 000	725 000	0,52	6,5	38
	20	11,3	m	6,9	145 000	1 001 000	0,48	7,0	48
	20	13,3	d	9,1	120 000	1 092 000	0,57	6,8	62
<b>Beringen</b> 19. Mai 1931	24	8,6	u	3,5	141 000	494 000	0,57	8,0	28
	24	10,7	b	5,0	130 000	650 000	0,50	6,5	33
	24	13,8	m	11,5	102 000	1 173 000	0,54	5,5	63
	24	18,1	d	24,0	100 000	2 400 000	0,55	5,5	132
<b>Biel</b> 13. Oktober 1925	36	17,5	m	9,6	163 000	1 565 000	0,41	6,7	64
	36	20,4	m	19,1	128 000	2 445 000	0,51	6,5	124
	36	23,0	m	21,8	110 000	2 398 000	0,54	5,9	129
<b>Küßnacht</b> 27. Juni 1925	41	23,1	m	19,8	181 000	3 584 000	0,40	7,2	143
	41	25,2	m	22,8	144 000	3 283 000	0,48	6,9	157
	41	28,1	m	34,0	112 000	3 808 000	0,53	5,9	201
	41	46,3	d	122,8	117 000	14 368 000	0,53	6,2	761
<b>Risch</b> 18. Mai 1930	42	18,3	b	10,6	171 000	1 813 000	0,39	6,7	71
	42	23,2	m	25,5	131 000	3 341 000	0,49	6,4	163
	42	28,4	m	32,3	144 000	4 651 000	0,46	6,6	213
	42	33,5	d	73,6	138 000	10 157 000	0,47	6,5	478
<b>Biel</b> 13. Oktober 1925	45	20,5	m	13,6	130 000	1 768 000	0,50	6,5	88
	45	24,3	m	18,6	124 000	2 306 000	0,52	6,4	119

ist, von einer kleineren, wirklich analysierten Probe ins Große zu schließen, so habe ich durch Abrundung der Resultate angedeutet, wie weit etwa der Genauigkeitsgrad reichen möchte.

Die Anzahl frischer Nadeln im Kilogramm schwankt bei der Douglasie von 100 000 bis 200 000 Stück. Die einzelne Nadel besitzt also ein um etwa die Hälfte kleineres Gewicht als bei der Strobe. Im allgemeinen besitzen beherrschte Stämme durchschnittlich leichtere Nadeln als herrschende Bäume. Mit andern Worten ausgedrückt, die Schattennadeln sind dünner und daher leichter als die derberen Sonnennadeln.

Schon der kleinste Baum von Risch mit 6 cm Brusthöhdendurchmesser

war mit 250 000 Nadeln bekleidet, den größten Baum von Küßnacht mit 46 cm Durchmesser bedeckten aber 14 Millionen Nadeln.

Nach unseren Untersuchungen zeigt 1 kg frischer Douglasiennadeln bei verschiedenen Bäumen eine Oberfläche von 5,5—8,0 m<sup>2</sup>. Sehr deutlich tritt auch hier in Erscheinung, daß die Nadeln unterdrückter und beherrschter Stämme pro Gewichtseinheit größere Oberflächen aufweisen als die Nadeln herrschender Bäume. Die Schattennadeln besitzen also im Verhältnis zum Gewicht eine bedeutend größere Oberfläche als die Sonnennadeln.

Daß im übrigen bei den einzelnen Bäumen auch individuelle Eigenschaften und Rassenverschiedenheiten in Frage kommen können, läßt sich wohl vermuten, auf Grund unseres Materials aber nicht sicher beweisen.

Die beidseitige Nadeloberfläche beträgt beim kleinsten Baum mit 6 cm Brusthöhendurchmesser und 4,4 m Kronenlänge immerhin schon 9 m<sup>2</sup>, beim größten Probestamm mit 46 cm Durchmesser und 20 m Kronenlänge aber 760 m<sup>2</sup>. Die transpirierende und assimilierende Nadeloberfläche dieses größten Probestammes ist rund 15mal größer als seine vertikale Kronenprojektion.

Sucht man sich endlich eine Vorstellung zu machen über die Nadeloberfläche ganzer Bestände, so ergibt sich pro ha folgendes:

1. Risch,	20 jähr.	: 27 000 kg Ndn.	× 6,8 m <sup>2</sup>	= 184 000 m <sup>2</sup> Oberfl.
2. Biel,	36 „	: 40 000 kg „	× 6,3 m <sup>2</sup>	= 252 000 m <sup>2</sup> „
3. Küßnacht,	41 „	: 44 000 kg „	× 6,3 m <sup>2</sup>	= 277 000 m <sup>2</sup> „

Wenn man bedenkt, daß diese drei Bestände bezüglich Alter und Standort noch recht ähnliche Bedingungen aufweisen, so darf man wohl annehmen, daß einigermaßen geschlossene Douglasienbestände eine transpirierende und assimilierende Nadeloberfläche aufweisen von 150 000—300 000 m<sup>2</sup>. Das heißt also, die Nadeloberfläche eines Douglasienbestandes kann 15—30mal größer sein als die Bodenfläche, auf der er stockt.

Während sich bei der Lichtholzart Strobe die Nadeloberfläche der wirklich untersuchten Bestände nur zwischen 140 000—170 000 m<sup>2</sup> bewegt, fanden wir bei der Halbschattenholzart Douglasie schon 180 000 bis 270 000 m<sup>2</sup>, also schon ungefähr ein Drittel mehr.

#### D. Nadelmenge und Zuwachs.

Es ist praktisch mit einiger Sicherheit nur möglich, den Zuwachs an Schaftholz zu berechnen, nicht aber den der Aeste. Ferner ist es kaum mit genügender Genauigkeit möglich, den Schaftholzzuwachs für ein

einzelnes Jahr direkt zu ermitteln. Man bestimmt deshalb den Derbholzzuwachs je nach der Breite der Jahrringe für 3—5jährige Perioden und rechnet daraus das Mittel. Wenn man nun bedenkt, daß innerhalb von 3—5 Jahren sich namentlich bei jungen Bäumen und Beständen die Kronen noch ziemlich stark vergrößern, so muß notwendigerweise unser Vergleich zwischen Zuwachs und Nadelmenge, der auf der Endnadelmenge basiert, bei jungen Beständen ein etwas zu ungünstiges Verhältnis ergeben. Wir werden aber später sehen, daß der Fehler nicht sehr groß ist.

#### I. Nadelmenge und Zuwachs bei einzelnen Bäumen.

Aus Tabelle 15 läßt sich feststellen, daß der Zuwachs an Einzelstämmen in Holz oder organischer Substanz ohne Ausnahme zunimmt mit zunehmender Nadelmenge der Bäume. Während z. B. der kleinste Baum mit 1,1 kg frischen Nadeln nur 0,0012 m<sup>3</sup> Holz pro Jahr erzeugt, schaffen die 123 kg Nadeln des größten Baumes zu gleicher Zeit immerhin 0,088 m<sup>3</sup> Holz.

Jüngere, kleinere Douglasien produzieren also pro 1 kg frischer Nadeln rund 1 dm<sup>3</sup> oder 1 Liter frisches Holz. Werden die Kronen größer und dichter benadelt, so gestaltet sich das Verhältnis zwischen Nadelgewicht und Zuwachs ungünstiger. Schon bei ca. 70 kg Nadeln pro Baum schafft 1 kg Nadeln nur noch etwa 0,7 dm<sup>3</sup> Holzzuwachs. Mit zunehmender Größe und Dichte der Krone nimmt also wohl bis zu einer gewissen Grenze der Zuwachs absolut zu, die einzelnen Nadeln arbeiten aber relativ weniger, weil Belichtung und wohl auch die Kohlensäureaufnahme ungünstiger werden, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß individuelle Eigenschaften einzelner Bäume immer Ausnahmen bedingen und daß wir vorläufig unsere Ausführungen auf verhältnismäßig junge Bäume aus gut durchforsteten, gleichalterigen Beständen beschränken müssen.

Die diesbezüglichen Zusammenhänge treten noch deutlicher hervor, wenn man vergleicht, wie viele Kilogramm frischer Nadeln nötig sind, um pro Jahr einen Kubikmeter Holz zu schaffen. Es zeigt sich, daß bei zwar beherrschten, aber noch lebenskräftigen Bäumen fast immer die Nadeln relativ intensiver arbeiten als bei ganz herrschenden Bäumen, eine Tatsache, die der *Verfasser* schon für die Strobe und *Busse* (10) fast zu gleicher Zeit für die Fichte nachgewiesen hat.

Es gibt Bäume, bei denen schon 900 kg Nadeln genügen, um pro Jahr einen Kubikmeter Holz zu erzeugen, es gibt aber auch Bäume, die dazu über 1500 kg Nadeln brauchen. In einzelnen Beständen sind 1200—1450 kg Nadeln erforderlich, um einen Kubikmeter Holz zu

Tabelle 15 **Zuwachs und Nadelmenge bei der Douglasie.**

Standort und Datum der Untersuchung	Probestämme					Derbholz-Zuwachs in den letzten 5 Jahren		Es braucht kg frische Nadeln zur jährlichen Erzeugung von:	
	Alter Jahre	Durch- messer in 1,7 m cm	Baum- höhe m	Baum- klasse	Frische Nadeln pro Baum kg	Holz pro Jahr m <sup>3</sup>	Organ. Substanz pro Jahr m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup>
								Holz	Organ. Substanz
<b>Risch</b> 19. Mai 1930	20	6,2	9,4	b	1,1	0,0012	0,0003	920	3700
	20	9,2	11,8	m	5,8	0,0038	0,0011	1530	5300
	20	11,3	13,2	m	6,9	0,0058	0,0015	1190	4600
	20	13,3	14,8	d	9,1	0,0084	0,0022	1080	4100
<b>Beringen</b> 19. Mai 1931	24	8,6	11,8	u	3,5	0,0036	0,0009	970	3900
	24	10,7	14,4	b	5,0	0,0056	0,0015	890	3300
	24	13,8	15,4	m	11,5	0,0090	0,0023	1280	5000
	24	18,1	19,0	d	24,0	0,0178	0,0050	1350	4800
<b>Biel</b> 13. Oktober 1925	36	17,5	22,2	m	9,6	0,0070	0,0020	1370	4800
	36	20,4	22,2	m	19,1	0,0124	0,0036	1540	5300
	36	23,0	24,4	m	21,8	0,0149	0,0042	1450	5100
<b>Küßnacht</b> 27. Juni 1925	41	23,1	25,0	m	19,8	0,0129	0,0039	1540	5100
	41	25,2	25,8	m	22,8	0,0156	0,0044	1460	5200
	41	28,1	28,2	m	34,0	0,0262	0,0066	1300	5200
	41	46,3	30,0	d	122,8	0,0880	0,0229	1400	5300
<b>Risch</b> 18. Mai 1930	42	18,3	22,6	b	10,6	0,0096	0,0028	1100	3800
	42	23,2	24,0	m	25,5	0,0214	0,0058	1200	4400
	42	28,4	27,0	m	32,3	0,0298	0,0077	1090	4200
	42	33,5	28,4	d	73,6	0,0558	0,0140	1320	5300
<b>Biel</b> 13. Oktober 1925	45	20,5	21,6	m	13,6	0,0124	0,0031	1100	4400
	45	24,3	23,0	m	18,6	0,0134	0,0037	1410	5000

erzeugen. Im Mittel braucht es also in jüngeren Douglasienbeständen rund 1300 kg Nadeln, mit einer Oberfläche von 8500 m<sup>2</sup>, zur Erzeugung eines Kubikmeters Holz pro Jahr.

## II. Nadelmenge und Zuwachs bei Beständen.

Der mittlere laufende Zuwachs ganzer Bestände läßt sich auch in Versuchsflächen nur mit größerer Genauigkeit bestimmen, wenn mehrmalige periodische Aufnahmen zeigen, daß Zufälligkeiten der Einzelaufnahme ausgeschlossen sind.

Mehrmalige Aufnahmen in Abständen von 3—5 Jahren liegen nur vor für die jüngere Versuchsfläche von Biel und für den Bestand von

Küßnacht. Hier liegt also die Möglichkeit vor, den durch zwei aufeinanderfolgende Inventare ermittelten Zuwachs zu vergleichen mit dem Zuwachs, der sich berechnen läßt mit Hilfe der von mir bestimmten Nadelmengen, die notwendig sind, um einen Festmeter Holz zu erzeugen.

Der 36jährige Douglasienbestand von Biel besitzt eine frische Nadelmenge von 40 000 kg pro ha. Im Mittel der drei analysierten Probestämme braucht es 1470 kg Nadeln, um pro Jahr einen Kubikmeter Schaftholz zu schaffen. Der Zuwachs des Bestandes sollte also  $40\,000\text{ kg} : 1470\text{ kg} = 27\text{ m}^3$  sein. Der direkt ermittelte Derbholzzuwachs ist in Wirklichkeit  $34\text{ m}^3$  pro Jahr. Beim 41jährigen Bestand von Küßnacht ergibt die indirekte Berechnung:  $44\,000\text{ kg} : 1400\text{ kg} = 31\text{ m}^3$  Zuwachs pro Jahr. Die Zuwachsbestimmung aus den Inventaren ergab  $34\text{ m}^3$ .

Der Unterschied der beiden vollständig unabhängig voneinander berechneten Zuwachsgrößen ist verhältnismäßig groß. Wenn man aber bedenkt, daß beim Bestand von Biel nur drei Probestämme, in Küßnacht nur vier Probestämme auf Zuwachs und Nadelmenge analysiert worden sind, und daß auch bei allen Einzelanalysen immer vom Kleinen ins Große geschlossen werden mußte, so darf die Uebereinstimmung als sehr gut bezeichnet werden, besonders wenn man bedenkt, daß auch die Zuwachsbestimmung aus zwei aufeinanderfolgenden Inventaren  $1\text{--}2\text{ m}^3$  zu hoch sein könnte; es braucht dazu bei einer fünfjährigen Periode nur einen Fehler der Vorratsbestimmung von  $5\text{--}10\text{ m}^3$  pro ha.

Man darf also mindestens sagen, daß unsere Verhältniszahlen zwischen Nadelmenge und Zuwachs der Wirklichkeit sehr nahe kommen.

### III. Nadelrockengewicht und Zuwachsrockengewicht.

Da das gleiche Volumen frischen Douglasienholzes nicht bei allen Bäumen gleiches Trockengewicht aufweist und da ferner frische Nadeln nicht immer den gleichen Wassergehalt zeigen, so darf wissenschaftlich nur das Nadelrockengewicht mit dem Zuwachsrockengewicht verglichen werden.

Auf Grund unserer Analysen braucht es zur Erzeugung von 100 kg absolut trockenem Holz pro Jahr folgende Mengen trockener Nadeln:

1. Risch, 20jährig	100 kg	4. Küßnacht, 41jährig	110 kg
2. Beringen, 24 „	108 kg	5. Risch, 42 „	106 kg
3. Biel, 36 „	104 kg	6. Biel, 45 „	102 kg

Die trockene Nadelmenge unserer jüngeren Douglasienbestände ist also fast direkt proportional dem Zuwachs. Es braucht im Mittel 105 kg trockene Nadeln, um pro Jahr 100 kg Derbholzsubstanz zu erzeugen.

e.

hs	Es braucht kg frische Nadeln zur jährlichen Erzeugung von:	
	1 m <sup>3</sup> Holz	1 m <sup>3</sup> Organ. Substanz
08	920	3700
11	1530	5300
15	1190	4600
22	1080	4100
09	970	3900
15	890	3300
23	1280	5000
50	1350	4800
20	1370	4800
36	1540	5300
42	1450	5100
39	1540	5100
44	1460	5200
66	1300	5200
29	1400	5300
28	1100	3800
58	1200	4400
77	1090	4200
40	1320	5300
31	1100	4400
37	1410	5000

glasienbeständen  
², zur Erzeugung

m.

läßt sich auch in  
ten, wenn mehr-  
eiten der Einzel-

ahren liegen nur  
den Bestand von

**Verhältnis zwischen Zuwadstrockengewicht und Nadelrockengewicht  
bei der Douglasie.**

Tabelle 16

Standort und Datum der Untersuchung	Probestämme				Trockene Nadeln pro Baum kg	Zuwachs pro Jahr in Litera dm <sup>3</sup>	Spez. absolutes Trocken- gewicht	Zuwachs in kg Trockengewicht	
	Alter Jahre	Durch- messer in 1,3 m cm	Baum- höhe m	Baum- klasse				Total kg	pro 1 kg trockene Nadeln kg
<b>Risch</b> 19. Mai 1930	20	6,2	9,4	b	0,5	1,2	0,50	0,6	1,20
	20	9,2	11,8	m	2,2	3,8	0,51	1,9	0,86
	20	11,3	13,2	m	2,9	5,8	0,45	2,6	0,90
	20	13,3	14,8	d	3,5	8,4	0,47	3,9	1,11
<b>Beringen</b> 19. Mai 1931	24	8,6	11,8	u	1,4	3,6	0,45	1,6	1,14
	24	10,7	14,4	b	2,1	5,6	0,46	2,6	1,24
	24	13,8	15,4	m	4,7	9,0	0,46	4,1	0,87
	24	18,1	19,0	d	9,9	17,8	0,50	8,9	0,90
<b>Biel</b> 13. Oktober 1925	36	17,5	22,2	m	3,6	7,0	0,52	3,6	1,00
	36	20,4	22,2	m	6,7	12,4	0,52	6,4	0,96
	36	23,0	24,4	m	8,2	15,0	0,51	7,7	0,94
<b>Küßnacht</b> 27. Juni 1925	41	23,1	25,0	m	7,6	12,9	0,54	7,0	0,92
	41	25,2	25,8	m	8,6	15,6	0,51	8,0	0,93
	41	28,1	28,2	m	12,9	26,2	0,46	12,1	0,94
	41	46,3	30,0	d	47,9	88,0	0,47	41,4	0,86
<b>Risch</b> 18. Mai 1930	42	18,3	22,6	b	4,5	9,6	0,52	5,0	1,11
	42	23,2	24,0	m	10,8	21,4	0,49	10,5	0,97
	42	28,4	27,0	m	13,8	29,6	0,48	14,2	1,03
	42	33,5	28,4	d	31,2	55,8	0,46	25,7	0,82
<b>Biel</b> 13. Oktober 1925	45	20,5	21,6	m	5,5	12,4	0,49	6,1	1,10
	45	24,3	23,0	m	6,8	13,2	0,44	5,8	0,85

Bei der Strobe braucht es rund 130 kg Nadeln, was den Schluß erlaubt, daß die Douglasienadeln im Mittel intensiver arbeiten als Strobennadeln.

Bild 8 zeigt uns das Verhältnis zwischen dem Nadelrockengewicht der einzelnen Bäume und deren Zuwachs an Trockengewicht. Man vergleiche Tabelle 16. Für größere Kronen sind leider etwas wenig Werte vorhanden, so daß es etwas gewagt erscheint, eine Mittelkurve zu ziehen. Die Ziehung ergab sich aber recht ungezwungen zwischen den Punkten der Einzelbaumwerte. Zum Vergleich wurde auch die im Jahre 1929 veröffentlichte Strobenkurve in Bild 8 eingetragen.

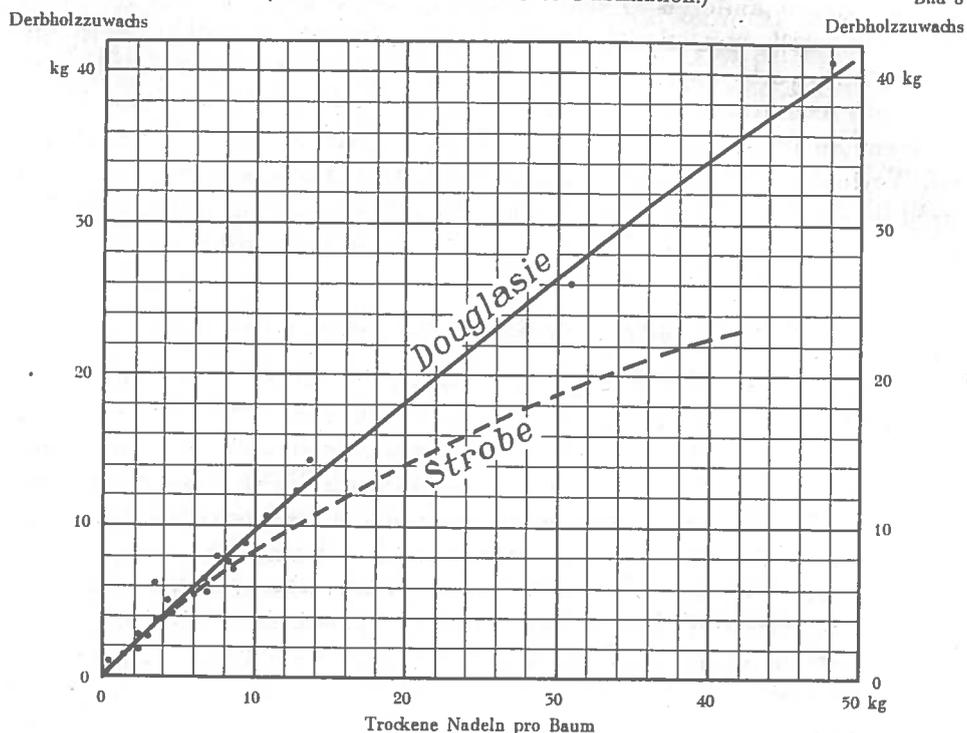
Man erkennt, daß zwischen Zuwachs und Nadelgewicht, besonders bei kleineren Bäumen des gleichalterigen Hochwaldes, fast direkte

ngewicht

### Verhältnis zwischen Nadelrockengewicht pro Baum der Douglasie und dem Schaftzuwachsrockengewicht pro Jahr.

(Strobenkurve aus früherer Publikation.)

Bild 8



Proportionalität besteht, indem 1 kg trockene Nadeln auch annähernd einem Kilogramm Trockensubstanzzuwachs entsprechen. Erst wenn die Kronen der Bäume mehr als 10 kg trockene Nadeln besitzen, so geht relativ der Trockenzuwachs etwas zurück, weil mit zunehmender Größe der Kronen immer mehr Nadeln in ungünstigere Belichtungsverhältnisse geraten. Die relative Abnahme der Produktion mit größer werdender Krone ist bei der Douglasie aber gering. Bei 50 kg Nadeln pro Baum beträgt der Trockenzuwachs immer noch 42 kg, also pro 1 kg Nadeln 0,85 kg Holzzuwachs.

Auffallend und sehr beachtenswert ist der verschiedene Verlauf der Strobenkurve verglichen mit der Douglasienkurve in Bild 8. Bei der Strobe nimmt mit dem Größerwerden der Kronen der Trockensubstanzzuwachs pro Nadelrockengewichtseinheit viel rascher ab als bei der Douglasie. Die Nadeln der Lichtholzart Strobe sind also gegenüber der bei größeren Kronen unvermeidlichen stärkeren gegenseitigen Beschattung viel empfindlicher als die Nadeln der „Halbschattenholzart“ Douglasie.

luß erlaubt,  
obennadeln.  
ckengewicht  
t. Man ver-  
renig Werte  
e zu ziehen.  
en Punkten  
Jahre 1929

te, besonders  
ast direkte

Absolut hat aber bei diesen verhältnismäßig jungen Douglasien der Baum mit der größten Nadelmenge auch den größten Zuwachs. Untersuchungen an anderen Holzarten haben die Vermutung als berechtigt erwiesen, daß von einer gewissen Kronengröße an aber auch der absolute Zuwachs nicht mehr steigt, auch wenn durch waldbauliche Eingriffe die Assimilationsorgane noch vermehrt werden können. Von diesem Moment an ist die weitere Vergrößerung der Krone nicht nur qualitativ ein Verlust, sondern auch produktiv, indem für die nutzlose Nadelproduktion Nährstoffe und Assimilationsprodukte aufgezehrt werden, die sonst zur Holzfabrikation verwendet worden wären.

### **E. Wert der Douglasie im Schweizerwald.**

Die Douglasie hatte bis vor wenigen Jahren in ganz Europa eine sehr gute forstliche Presse. Sie zeigte, auf richtigem Standort angebaut, besonders in der grünen Form verblüffend großen Zuwachs und schien dabei den Boden günstiger zu beeinflussen als Fichte und Tanne. Die Douglasie schien gar keine Feinde zu besitzen und wurde deshalb bei uns lebhaft begrüßt, seit die Dreyfusia der Tanne im Mittelland da und dort die Weiterexistenz zu verunmöglichen scheint, seit immer mehr Fichtenbestände der Ebene von Nematoden erheblichen Schaden an Zuwachs und Qualität erleiden und seit in gewissen Teilen der Schweiz der Blasenrost den Anbau der Weymouthsföhre fast ausschließt. Es ist auch schon mit großem Optimismus berechnet worden, was wir gewinnen würden, wenn man auch nur einen Teil der Waldfläche des Mittellandes in Douglasienbestände umwandeln würde. Es ist deshalb hier wohl am Platze, einmal objektiv den Wert der Douglasie zu prüfen.

#### **I. Qualität und Verwendbarkeit des Holzes.**

Nach den Untersuchungen von *Fabricius* (14) liegt der Heizwert des Holzes der Douglasie entsprechend dem spezifisch schweren Holz etwas höher als bei Fichte und Tanne, nahe bei Föhre und Lärche. *Schulz* (46) hat aber festgestellt, daß sich Douglasienholz nicht zur Zellstoffherzeugung eigne, einmal, weil die Entharzung unrentabel sei und sodann, weil nur minderwertiger Zellstoff erzeugt werden könne wegen zu dunkler Farbe, zu kurzer Faser usw. Schwächeres Durchforstungsmaterial der Douglasie würde demnach etwas besseres Brennholz liefern als ähnliche Sortimente von Fichte und Tanne, aber kein Papierholz, was wohl zu beachten ist.

*Trendelenburg* (53) fand, daß Holz von in Europa erwachsener Douglasie bei gleichen Voraussetzungen bezüglich spezifischem Gewicht

und Astreinheit ähnliche Festigkeitseigenschaften zeige wie das sogenannte „second growth“, d. h. das nicht im Urwald erwachsene Holz der Amerikaner. Das Douglasienholz aus dem Urwald sei nicht schwerer als das Nachwuchsholz in Amerika und Europa, aber viel astreiner. Douglasienholz liege bezüglich Festigkeit zwischen Tanne und Fichte einerseits und Lärche und Föhre andererseits.

Ros<sup>v</sup> (40), der auf Anregung von *Badoux* an der eidgen. Materialprüfungsanstalt Holz der Douglasien von Küßnacht untersucht hat, sagt: „Aus den insgesamt 306 Festigkeits- und Elastizitätsuntersuchungen, wovon sich 116 Versuche auf lufttrockenes Holz erstrecken, geht hervor, daß das Holz der Douglasie im Mittel um 12% höhere Festigkeitswerte und um ca. 10% höhere Elastizitätsmoduli aufweist, als dies bei der Weiß- und Rottanne der Fall ist. Gegenüber der Lärche sind die Festigkeitswerte im Mittel um 7% geringer.“

Es ist also unzweifelhaft richtig, auch unsere Untersuchungen über das spezifische Gewicht bestätigen es, daß Douglasie ein etwas hochwertigeres Bauholz liefert als Fichte und Tanne. Das Douglasienholz, das wir heute aus Amerika reichlich in die Schweiz einführen, wird aber in der Hauptsache gar nicht als Balkenholz verwendet, sondern vorwiegend als gutsortierte feinere Schnittwaren, besonders als Täferholz und auch gelegentlich zu Bodenbelägen. So ist z. B. in der Musterholzhaussiedelung in Winterthur viel feinringiges, dunkelrotbraunes, astfreies Douglasienholz für Täfer gebraucht worden. Auch zu Bodenbelägen sind Douglasienriemen verwendet worden, die teilweise noch etwas Splint enthielten. Im allgemeinen aber ist Douglasienholz für Bodenbeläge zu weich, in keiner Weise ein gleichwertiger Ersatz etwa für Pitch Pine.

Das in Winterthur verwendete Douglasientäferholz war nicht einmal durchwegs erstklassig, aber so engringig und rotkernig, wie wir in der Schweiz bis heute noch keines produziert haben. Das Holz, das heute aus Amerika als hochwertige Douglasienschnittware importiert wird, entstammt Urwäldern, die sehr dicht aufgewachsen sind. Jahrringe von 0,5 mm Breite sind sehr häufig, Jahrringbreiten über 3 mm selten. Dieses feinringige Holz wirkt sehr dekorativ, und wenn auch bei allzu großer Feinheit der Jahrringe spezifisches Gewicht und Festigkeit wieder etwas abnehmen, so ist das beim speziellen Verwendungszweck für Innenausstattung eher günstig als schädlich, weil mit abnehmendem spezifischem Gewicht auch das „Arbeiten“ des Holzes kleiner wird. Sehr wichtig ist, daß in den dichten Urwaldbeständen früh eine genügende Astreinigung eintrat, so daß diese mehrere 100 Jahre alten Stämme viel astreines Qualitätsmaterial liefern.



Was erzeugen dagegen unsere Douglasienkulturen, deren Zuwachslleistungen von 25—35 m<sup>3</sup> pro Jahr und ha so sehr bewundert und bestaunt werden? Sie liefern ein Holz, das, sofern es nicht zu astig ist, etwas besseres Balkenmassenprodukt darstellt, das aber wegen seiner bekannten Astigkeit als feineres Konstruktionsholz nicht gerne verwendet wird und wegen seiner Breitringigkeit im innern Kern und zufolge der unansehnlichen Kernfarbe als Schnittware für Täfer, für Möbel, für Fensterrahmen usw. überhaupt nicht zu gebrauchen ist. Benötigen wir aber ein solches Massenprodukt in einer Zeit, in der infolge der hohen Ansprüche der Technik nur noch wirkliches Qualitätsholz nutzbringend verwertet werden kann? Herr Oberförster *Jung* in Burgdorf teilt brieflich mit, daß er vor einigen Jahren einige Kubikmeter Douglasienholz an eine Parqueterie verkauft habe, daß diese aber keine brauchbaren Riemen hätte herausschneiden können.

Wenn wir mit der an sich sehr wertvollen Douglasie ein uns notwendiges Produkt erzeugen wollen, so müssen wir bei ihrer Erziehung vollständig umstellen. Wenn man bis jetzt alles tat, um das schon erblich fixierte rasche Wachstum der Douglasie am Einzelstamm noch zu steigern und dadurch die ebenfalls durch erbliche Belastung gegebene starke Beastung noch vermehrte, so müssen wir in Zukunft alles tun, um das allzu große Jugendwachstum am Einzelstamm zu verhindern, um die Kronen nicht nur zu verkleinern, sondern auch feinastiger zu gestalten.

*Olberg und Kühn* (32) bemerken in ihrer Publikation „Ueber den Zusammenhang zwischen der Holzqualität und der Jugendentwicklung der Kiefer“ folgendes: „Feinastigkeit und rasche Reinigung in der Jugend, bis die Jungkiefer einen Durchmesser von 10—12 cm erreicht hat, entscheiden die Qualität des Holzes. Die Ringbreite soll bis dahin möglichst unter 2,7 mm liegen.“ Was hier von der Föhre gesagt wird, gilt für Nadelholz überhaupt, insbesondere aber auch für die Qualitäts-holzerzeugung bei Douglasie.

*R. E. Mc Ardle u. W. H. Meyer* (28), sowie auch *Benson H. Paul* (34), *Trendelenburg* (53) u. a. zeigen, daß auch in Amerika, in der Heimat der Douglasie, die Astreinheit steigt mit der Dichte des Bestandes. Vor starken Durchforstungen in der Jugend wird gewarnt.

Auf die Frage, wie sollen wir nun eigentlich die Douglasie erziehen, gibt uns „Die Durchforstung“ von *Schädelin* (43) eine vollgültige Antwort. Richtige Jungwuchspflege, Säuberung, Ausleседurchforstung und Hege mit Hinblick auf höchste Qualitäts- und Wertproduktion ist, was auch bei der Douglasie nötig ist.

Kulturen sollten nicht auf der Kahlfläche ausgeführt werden, sondern besser unter dem leichten Schatten eines Altholzbestandes. Dadurch erreicht man erfahrungsgemäß die Ausbildung der sogenannten Halbschattenkronen mit ihren feineren Aesten, die sich später leicht zersetzen, sobald die Pflanzen in Schluß treten. Man steuert aber durch die lichte Beschattung auch dem allzu raschen Jugendwachstum. Will man einen genügend raschen Schluß erzielen, so muß die Douglasie auch viel enger gepflanzt werden, wodurch dann automatisch auch die Auslesemöglichkeit größer wird. Ähnlich wie bei der Weißtanne, sollte bei Douglasienunterpflanzungen ein Verband von 80/80 cm nicht überschritten werden; dafür dürfte man auf nicht verunkrautetem Boden ruhig unverschulte Sämlinge zur Kultur verwenden.

Solchermaßen begründete Douglasienbestände wären im Sinne *Schädelins* zu pflegen und zu hegen, bei sehr langsamer Auflockerung des Oberbestandes und weitgehender Erhaltung des hegenden Nebenbestandes. Es wird auf diese Weise möglich sein, möglichst vollholzige Douglasienstämme zu erhalten, deren Holz gleichmäßig engringig und möglichst astfrei wird und so einigermaßen der Qualität des amerikanischen Urwaldholzes nahekommen dürfte.

Wir müssen uns aber damit abfinden, daß dann in 40jährigen Beständen keine Douglasien mit 60 cm Durchmesser mehr stehen werden und daß der jährliche Zuwachs in jungen Beständen erheblich sinken muß. Sind wir dann so weit, so wird die Frage auftauchen, ob uns derartig erzogenes Qualitätsholz noch wesentlich billiger zu stehen komme als unser immerhin noch besseres einheimisches Lärchen- und Föhrenholz.

## II. Die Feinde der Douglasie.

Daß die Douglasie in gewissem Alter und in gewissen Lagen erheblich unter Schneebelastung litt, daß gelegentlich auch der Frost verderblich wirkte und daß durch das Fegen der Rehe viele jüngere Bäume beschädigt wurden, nahm man in Europa als unwesentlich in Kauf angesichts der Tatsache, daß noch vor 15 Jahren keine Pilze und keine Insekten ihr Leben zu gefährden schienen.

Vor etwa 10 Jahren hörte man aber von England her von einer Douglasienschüttekrankheit, *Rhabdocline pseudotsugae*, die ungefähr seit 1922 in Südschottland durch jährlich wiederkehrenden Nadelfall erheblichen Schaden verursachte, wie *Gäumann* (15) berichtete. Im Jahre 1950 begann die *Rhabdoclineschütte* auch in Südengland aufzutreten, schien aber das Festland noch nicht erreicht zu haben.

Nach *Gäumann* wurde eine weitere Pilzkrankheit der Douglasie ebenfalls zuerst in England entdeckt, nämlich *Phomopsis pseudotsugae*, die eine ähnliche lästige Einschnürungskrankheit verursacht wie *Phoma abietina* auf der Weißtanne. Im Jahre 1930 war diese Krankheit schon in ganz Nordeuropa verbreitet.

Im Jahre 1925 hat *Oberförster v. Greyerz* in der Umgebung von Aarberg an Douglasien eine Nadelschütte entdeckt, die ca. 20jährige Douglasien zum Absterben brachte. *Gäumann* (15) bestimmte den Urheber der „Schweizer“ Douglasienschütte als *Adelopus balsamicola*. Aehnliche Erkrankungen waren 1930 auch in England bekannt.

Heute ist die Adelopusschütte an jungen Douglasien über die ganze Schweiz verbreitet, vom Westjura bis ins St. Galler Rheintal und von Schaffhausen bis in die Zentralschweiz. Bedeutende Schäden sind z. B. gemeldet worden aus den Gegenden von Aarberg, Zofingen, Rapperswil, dem Kt. Schwyz, dem St. Galler Rheintal usw. Es ist besonders die grüne Douglasie, die bis etwa ins Alter von 25—30 Jahren stark an Adelopusschütte zu leiden hat.

Nach den Publikationen von *v. Geyer* (17), *Liese* (26), *Mündl* (31), *Rhode* (39), *Tubeuf* (54) ist der zuerst in England festgestellte Pilz *Rhabdocline pseudotsugae* wahrscheinlich schon vor 1924/25 in Nordwestdeutschland eingeschleppt worden. Nach speziellen Angaben von *Rhode* hat sich die *Rhabdoclineschütte* rasch verbreitet. Im Jahr 1934 wurden starke Schäden bereits festgestellt in ganz Norddeutschland, weit gegen Mitteldeutschland und weit hinauf ins Rheinland. Süddeutschland und die Schweiz sollen von *Rhabdocline* noch nicht verseucht sein. Der Pilz hat sich aber innerhalb von 10 Jahren so rasch ausgebreitet, daß wir ihn vielleicht bald von Basel her erwarten dürfen.

Die *Rhabdoclineschütte* befällt in Deutschland besonders 15—50jährige Douglasien der blauen und grauen Form und bringt diese vielfach zum Absterben, während die grüne Form weniger zu leiden habe. Die forstliche Bekämpfungsmaßnahme, Aushieb der befallenen Bäume und Verbrennen der Aeste, habe keinen Erfolg gezeitigt, da der Pilz bereits in Deutschland heimisch geworden sei.

So ist nun plötzlich die Douglasie in ihrem Fortbestehen in Europa fast ebenso stark gefährdet wie die Strobe. So bedauerlich das ist, so ist doch zu sagen, daß im Schweizerwald das Ausscheiden der Douglasie volkswirtschaftlich weniger schwer empfunden würde als das der Weymouthsföhre, weil wir wohl Holzarten haben, die ein ähnliches Holz wie das der Douglasie erzeugen, das Leichtholz der Strobe aber, das bereits mehrere Industriezweige als unentbehrlich betrachten, durch kein einheimisches Holz ersetzen können.

Es wäre unverantwortlich, etwas Bestimmtes voraus behaupten zu wollen, aber im Moment scheint es fast, als ob die Natur unsern Nachkommen das Exotenproblem wesentlich erleichtern wolle.

## F. Zusammenfassung.

In ähnlicher Weise wie im Jahre 1929 für die Weymouthsföhre sind hier für die Douglasie in der Schweiz die Verhältnisse bezüglich Holzqualität, Blattmenge und Zuwachs soweit möglich klargestellt worden, wobei sich folgendes ergab:

### a. Grundlagenmaterial.

1. An 450 Holzproben von 22 Douglasien im Alter von 20—45 Jahren und mit Brusthöhendurchmessern von 6—46 cm wurden bestimmt: Der Wassergehalt, das spezifische Gewicht, das Schwindvolumen und die Kernbildung.
2. An rund 150 Stammscheiben wurden durch Messung von 12 Rädien die Zuwachsverhältnisse klargestellt.
3. Zahlreiche Untersuchungen von Ast- und Nadelproben zur Feststellung der Nadelmenge, der Nadeloberfläche usw. für einzelne Bäume und ganze Bestände.

### b. Stammholzuntersuchungen.

1. *Das spezifische Frischgewicht* beträgt im Mittel: Im ganzen Schaft 0,80, im Splint 0,91, im Kern 0,54. Tab. 3.
2. *Das spezifische absolute Trockengewicht* nimmt in jüngeren Douglasienstämmen vom Kern zum Splint zu und von der Basis nach oben ab. Im Mittel aller Stämme ergibt sich als spezifisches Gewicht im Splint 0,49, im Kern 0,46. Einfluß der Jahrringbreite, des Herbstholzprozentos und des Tracheidenbaues auf spezifisches Gewicht wird nachgewiesen. Vergleiche zwischen amerikanischem und europäischem Douglasienholz.
3. *Der Wassergehalt in Prozenten des absoluten Trockengewichts* beträgt:

Holzart	Ganzer Stamm	Splint	Kern
Douglasie	89%	114%	33%
Strobe	147%	209%	91%
4. *Das Volumen-Verhältnis zwischen fester Substanz, Wasser und Luft in lebendem Douglasienholz* aus jüngeren gleichalterigen Beständen:

Douglasie	Organische Substanz	Wasser	Luft
Splint	27%	48%	25%
Kern	26%	14%	60%
Mittel	27%	37%	36%

5. *Schwindung des Holzvolumens* von frisch zu lufttrocken beträgt: 8,5% des Frischvolumens im Mittel, 9% im Splint, 7% im Kern. Maximale Schwindung bis zum Trockengewicht: im Mittel 12%, 13% im Splint, nur 11% im Kern. Schwindung ist stark abhängig vom spezifischen Trockengewicht und bei gleichem Gewicht von der Kernbildung.
6. *Die Kernbildung* bei unseren Douglasien führt zu weniger intensiver Farbe als bei Urwaldholz. Die Anzahl unverkernter Splintjahrringe ist an der Stammbasis am größten. 41jährige Douglasien können im Stamm schon bis 60% Kernholz aufweisen.

### c. Derbholz, Aeste und Blattmenge.

1. *Das Verhältnis von Derbholz zu Reisig* verschiebt sich bei jüngeren Bäumen stark mit zunehmendem Alter, wird später abhängig von Standraum und Kronenbildung.
2. *Der Anteil der Nadeln am Gesamtgewicht des frischen Reisigs* schwankt bei Bäumen über 7 cm Durchmesser zwischen 24—44%, bei ganzen Beständen zwischen 30—40%.
3. *Ganze Bestände besitzen folgende Gewichte an frischen Nadeln, je ha:*  
1. Risch, 20jährig = 27 000 kg Nadeln, 2. Biel, 36jährig = 40 000 kg und 3. Küßnacht, 41jährig = 44 000 kg Nadeln.

4. *Wassergehalt von Derbholz, von Aesten und von Nadeln in % des Trockengewichts:*

Der Wassergehalt in den Stämmen schwankt von	68—114%
„ „ „ „ Aesten	„ „ 115—152%
„ „ „ „ Nadeln	„ „ 120—190%

Ein Douglasienbestand kann im Stammholz, in den Aesten und den Nadeln, je nach Alter und Vorrat einen Niederschlag von 10 bis 50 mm speichern.

5. *Anzahl und Oberfläche frischer Nadeln pro kg.* Im Kilogramm sind 100 000—200 000 Stück frische Nadeln enthalten mit Oberflächen von 5,5—8,0 m<sup>2</sup>.
6. *Anzahl und Oberfläche frischer Nadeln pro Baum.* Die kleinste Douglasie mit 6 cm Durchmesser trug 250 000 Nadeln mit 9 m<sup>2</sup> Oberfläche, die größte bei 46 cm Durchmesser aber 14 Millionen Nadeln mit 760 m<sup>2</sup> Oberfläche.

7. *Nadeloberfläche ganzer Bestände pro ha.* 1. Risch, 20jährig = 184 000 m<sup>2</sup>, 2. Biel, 36jährig = 252 000 m<sup>2</sup>, 3. Küßnacht, 41jährig = 271 000 m<sup>2</sup>. Die assimilierende und transpirierende Nadeloberfläche ist also 18- bis 27mal größer als die Bodenfläche.

#### d. Nadelmenge und Zuwachs.

1. *Nadelmenge und Zuwachs bei Einzelbäumen.* Der kleinste Baum mit 1,1 kg frischen Nadeln produziert nur 0,0012 m<sup>3</sup> Holz pro Jahr, der größte mit 123 kg Nadeln aber 0,088 m<sup>3</sup>. Absolut nimmt der Zuwachs mit der Nadelmenge bis zu einer Grenze zu, relativ pro Nadelgewicht mit zunehmender Kronengröße ab.

Es können also einzelne Bäume schon mit 900 kg Nadeln einen Kubikmeter Zuwachs pro Jahr erzeugen, andere erst mit 1500 kg.

2. *Nadelmenge und Zuwachs bei Beständen.* Im Mittel braucht es rund 1300 kg Nadeln mit einer Oberfläche von 8500 m<sup>2</sup>, um pro Jahr einen Kubikmeter Derbholz zu schaffen.

3. *Nadelrockengewicht und Zuwachstrockengewicht.* Es sind im Mittel 105 kg trockene Nadeln erforderlich, um pro Jahr 100 kg Derbholztrockensubstanz zu erzeugen. Der Trockenzuwachs pro Gewichtseinheit trockener Nadeln nimmt mit dem Größerwerden der Kronen ab, weil die einzelnen Nadeln mehr und mehr beschattet werden. Diese relative Zuwachsabnahme beim Größerwerden der Kronen ist bedeutend auffallender bei der Lichtholzart Strobe als bei der Halbschattenholzart Douglasie.

#### e. Wert der Douglasie im Schweizerwald.

1. *Qualität des Holzes.* Brennholz besser als bei Tanne und Fichte. Als Papierholz schlecht. Europadouglasie ist wegen zu breiten Jahrringen und zu großer Astigkeit nur als Balkenbauholz zu gebrauchen, mit etwas besseren Festigkeitswerten als Fichte und Tanne. Douglasienholz aus Urwald mit feinen Jahrringen, dunkler Kernfarbe und wenig Aesten wird bei uns verwendet für Täfer, Möbel, Fensterrahmen usw. Wollen wir bei uns ähnliches Qualitätsholz der Douglasie erzielen, müssen wir sie ganz anders erziehen, und es wird dann fraglich, ob sie noch mit der Lärche konkurrieren kann.
2. *Feinde der Douglasie.* Im ganzen schweizerischen Mittelland werden überall bis ca. 25jährige grüne Douglasien zum Absterben gebracht durch den Pilz *Adelopus balsamicola*. In großen Teilen Deutschlands werden besonders blaue und graue Douglasien zerstört durch *Rhabdocline pseudotsugae*. Wird die Douglasie aus den Wäldern Europas wieder verschwinden?

## Résumé.

Le but de ces recherches était de déterminer, dans la limite du possible, comme cela a été fait pour le pin Weymouth en 1929, les relations entre la qualité du bois, la quantité des aiguilles et l'accroissement du douglas vert en Suisse. Les résultats obtenus peuvent être récapitulés comme suit:

### a. Matériel des recherches.

- 1) On a examiné la teneur en eau, le poids spécifique, le retrait et la formation de bois parfait de 450 éprouvettes provenant de 22 douglas âgés de 20 à 45 ans, d'un diam. à h. d. p. variant entre 6 et 46 cm.
- 2) Pour établir les conditions d'accroissement, on a mesuré 12 rayons sur quelque 150 rondelles.
- 3) De nombreux échantillons de ramilles, masse foliaire, etc. ont permis d'évaluer le nombre des aiguilles, leur développement en surface, etc., tant pour des arbres isolés que pour des peuplements.

### b. Particularités du bois de tige.

- 1) La densité à l'état frais est, en moyenne, de 0,80, pour l'ensemble, 0,91 pour l'aubier et 0,54 pour le bois de cœur. Tab. 3.
- 2) Le poids spécifique absolu va, dans de jeunes tiges de douglas, en augmentant de la moëlle vers la périphérie et en diminuant du pied vers la cime. En moyenne générale, la densité absolue est de 0,49 pour l'aubier, 0,46 pour le bois parfait. L'influence exercée par la largeur des cernes, la proportion de bois d'automne et la structure des trachéides est manifeste. Comparaison entre le bois de douglas européen et celui de provenance américaine.
- 3) La teneur en eau, exprimée en pourcents de la densité absolue, s'élève à:

Essence	Tige	Aubier	Coeur
douglas vert	89%	114%	33%
pin Weymouth	147%	209%	91%

- 4) Le rapport constaté entre la substance solide, l'eau et l'air dans le bois vert de douglas provenant de jeunes peuplements équiennes est le suivant:

	substance organique	eau	air
douglas	27%	48%	25%
aubier	26%	14%	60%
cœur	27%	37%	36%

- 5) Le retrait, depuis l'état frais jusqu'à l'état sec à l'air, est, en moyenne, de 8,5% du volume de bois vert (9% pour l'aubier, 7% pour le bois parfait). La rétractibilité totale s'élève en moyenne à 12%, 13% pour l'aubier, 11% pour le cœur. Le retrait dépend dans une très forte mesure du poids spécifique absolu et, à poids égal, de la formation de bois parfait.
- 6) La formation de bois de cœur provoque une coloration moins intense que celle qui caractérise le bois de la forêt vierge. Le nombre de cernes d'aubier est le plus élevé au pied de la tige. La proportion de bois parfait peut atteindre, pour des douglas de 41 ans, 60% déjà du volume de la tige.

#### c. Bois fort, branches et quantité des aiguilles.

- 1) Le rapport entre le bois fort et les ramilles se modifie, pour de jeunes arbres, très rapidement avec l'âge. Plus tard, cette proportion dépend de la faculté de développement de la cime.
- 2) La part qui revient aux aiguilles du poids total des ramilles à l'état vert oscille, pour des sujets de plus de 7 cm. de diam. à h. d. p., entre 24 et 44%, 30 à 40% pour des peuplements.
- 3) Les peuplements de douglas ci-dessous ont, à l'ha., un poids total d'aiguilles vertes de:
1. Risch, 20 ans, 27 000 kg.; 2. Bienne, 36 ans, 40 000 kg.; 3. Küssnacht, 41 ans, 44 000 kg.
- 4) Teneur en eau du bois fort, des branches et des aiguilles en % du poids à l'état sec:

La teneur en eau varie, pour la tige, de 68—114%  
 " " " " " " " " les branches, " 115—152%  
 " " " " " " " " les aiguilles, " 120—190%

Un peuplement de douglas peut emmagasiner, dans sa tige, ses branches et ses aiguilles, un volume d'eau qui correspond, suivant l'âge et le matériel sur pied, à une précipitation de 10—50 mm.

- 5) Quantité d'aiguilles à l'état frais par kg. et leur superficie.  
 Un kg. contient 100 000—200 000 aiguilles vertes, ce qui représente une surface de 5,5—8,0 m<sup>2</sup>.
- 6) Nombre d'aiguilles par arbre et leur surface:

Le plus petit des douglas examinés (6 cm. de diam.) était porteur de 250 000 aiguilles avec une surface de 9 m<sup>2</sup>, le plus volumineux (46 cm. de diam.), de 14 millions d'aiguilles avec une surface de 760 m<sup>2</sup>.

## 7) Surface à l'ha. des aiguilles de peuplements entiers:

1. Risch, 20 ans, 184 000 m<sup>2</sup>; 2. Bienne, 36 ans, 252 000 m<sup>2</sup>; 5. Küssnacht, 41 ans, 271 000 m<sup>2</sup>. La surface foliaire en état de transpirer et d'assimiler est donc 18—27 fois plus étendue que la superficie du sol couvert.

## d. Relation entre le nombre des aiguilles et l'accroissement.

- 1) Le plus petit des douglas examinés produisait, à l'aide de 1,1 kg. d'aiguilles vertes, 0,0012 m<sup>3</sup> de bois par an, le plus gros, porteur de 123 kg. d'aiguilles, 0,088 m<sup>3</sup>. A l'agrandissement de la surface foliaire correspond, jusqu'à une certaine limite, une augmentation de l'accroissement; par contre, le rapport entre la croissance et l'unité de poids d'aiguilles diminue au fur et à mesure que la cime s'amplifie.

Dans certains cas, 900 kg. d'aiguilles suffisent pour produire 1 m<sup>3</sup> d'accroissement annuel, alors que, dans d'autres, c'est le fait de jusqu'à 1500 kg.

- 2) Pour des peuplements entiers.

Il faut, en moyenne, 1300 kg. d'aiguilles, avec une surface de 8500 m<sup>2</sup>, pour produire un m<sup>3</sup> de bois fort par an.

- 3) Poids à l'état sec des aiguilles et de l'accroissement.

Une quantité d'aiguilles pesant 105 kg. à l'état sec produit, en moyenne et par an, 100 kg. de substance sèche de bois fort. L'accroissement en matière sèche, exprimée par rapport à l'unité de poids d'aiguilles sèches, diminue à mesure que la cime devient plus ample et plus dense; car la surface foliaire placée à l'ombre augmente et voit diminuer son activité. Cette réduction relative de l'accroissement, inhérente au développement de la cime, est beaucoup plus frappante chez le pin Weymouth, qui exige beaucoup de lumière, que chez le douglas, qui est une essence intermédiaire sous ce rapport.

## e. Valeur du douglas pour la forêt suisse.

- 1) Qualité du bois.

Le bois du douglas est un meilleur combustible que celui du sapin et de l'épicéa, mais il se prête mal à la fabrication du papier. Le douglas d'Europe ne fournit, à cause de ses larges cernes et de sa nodosité, que du bois de charpente, quelque peu plus résistant que le sapin et l'épicéa. Le douglas provenant de la forêt vierge, caractérisé par des cernes étroits, un cœur fortement coloré et peu

de nœuds, est utilisé chez nous pour des revêtements, la fabrication de meubles, de cadres de fenêtres, etc. Pour obtenir un bois de cette qualité, il faut traiter le douglas autrement que nous ne le faisons et en réduire l'accroissement. Cette restriction lui enlève ses avantages sur le mélèze et la possibilité de concurrencer avantageusement cette essence.

## 2) Les ennemis du douglas.

Le champignon *Adelopus balsamicola* provoque le dépérissement de douglas verts de moins de 25 ans dans tout le plateau suisse. Dans une grande partie de l'Allemagne, *Rhabdocline pseudotsugae* décime les peuplements de douglas bleu et gris, principalement. Les douglas sont-ils destinés à disparaître de la forêt d'Europe?

## Literaturverzeichnis.

Macht keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

1. R. Albert: „Beitrag zur Kenntnis der Standortsansprüche der grünen Douglasie“. Forstarchiv, 1932.
2. L. Anger: „Die Douglasie“. Les préce, 1928.
3. J. Augustin: „Verwertung von Douglasienholz“. Forstarchiv, 1933.
4. H. Badoux: „Observations sur le Douglas vert en Suisse“. Mitteil. d. eidgen. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen 1926 u. 1933.
5. A. Barbey: „Le Douglas bleu“. Journ. forest. suisse, 1928.
6. P. Boysen-Jensen und D. Müller: „Untersuchungen über die Stoffproduktion in jungen Beständen von Esche und Rotbuche“. Mitteil. a. d. forstl. Versuchswesen Dänemarks, 1927.
7. P. Boysen-Jensen: „Untersuchungen über die Stoffproduktion in jungen Beständen von Esche und Rotbuche“. Mitteil. a. d. forstl. Versuchsw. Dänemarks, 1930.
8. H. P. Brown und A. J. Panshin: „Das Holz“. Mikrophotographien, 1932.
9. Büsgen: „Zur Bestimmung der Holzhärte“. Zeitschr. f. F. u. J., 1904.
10. J. Busse: „Baumkrone und Schaftzuwachs“. Forstw. Zentralbl., 1930.
11. H. Burger: „Holz-, Laub- und Nadeluntersuchungen“. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen, 1925.  
Derselbe: „Holz, Blattmenge und Zuwachs“. Die Weymouthsföhre. Mitteil. der eidgen. Anstalt f. d. forstl. Versuchswesen, 1929.
12. L. Chalk: „The Formation of Spring and Summer Wood in Ash and Douglas Fir“. Oxford Forestry Memoirs, No. 10, 1930.

15. *A. Cieslar*: „Die grüne Douglastanne im Wienerwald“. Zentralbl. f. d. gesamte Forstwesen, 1920.
14. *L. Fabricius*: „Das Holz der Douglasie“. Mitteil. d. D. D. G., 1926.
15. *E. Gäumann*: „Ueber eine neue Krankheit der Douglasien“. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen, 1930.  
Derselbe: „Untersuchungen über den Einfluß der Fällungszeit auf die Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes“. Beiheft 6, Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen, 1930.
16. *Gehrhardt*: „Grüne Douglaise im Schnellwuchsbetrieb“. Deutsche Forstztg., 1931.
17. *H. v. Geyer*: „Die Douglasienschütte“. Forstarchiv, 1931 u. 1932.
18. *B. Harrer*: „Die Douglasfichte in Bayern“. Mitteil. a. d. Staatsforstverwaltung Bayerns, 1925.
19. *F. Hartmann*: „Untersuchungen über Ursachen und Gesetzmäßigkeit excentrischen Dickenwachstums“. Forstw. Zentralbl., 1932.
20. *B. Huber*: „Oekologische Probleme der Baumkrone“. Planta, 1926.  
Derselbe: „Weitere quantitative Untersuchungen über das Wasserleitungssystem der Pflanzen“. Jahrb. f. wissenschaftl. Botanik, 1928.
21. *P. Jaccard*: „Structure anatomique et valeur technique du bois“. Eidg. Materialprüfungsanstalt, Zürich, 1934.  
Derselbe: „Zuwachsschwankungen bei einheimischen Nadelhölzern“. Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen, 1934.
22. *R. Killius*: „Anbauversuche fremdländischer Holzarten“. Mitteil. a. d. forstl. Versuchswesen Badens, 1931.
25. *H. Knuchel*: „Einfluß der Fällzeit auf einige physikalische und gewerbliche Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes“. Beiheft Nr. 5, Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen 1930.  
Derselbe: „Holzfehler“. Lignum, 1934.
24. *F. Kollmann*: „Untersuchungen an Kiefern- und Fichtenholz“. Forstw. Zentralblatt, 1934.
25. *J. Lassila*: „On Influence of Forest Type on Weight of Wood“. Acta forest. fennica 36, 1930.
26. *J. Liese*: „Ueber die mechanischen Eigenschaften des Archangelsholzes“. Zeitschr. f. F. u. J., 1928.  
Derselbe: „Zur Rhabdoclinekrankheit der Douglasie“. Forstarchiv, 1931.
27. *Maltzahn*: „Ein Beitrag über die Wachstumsleistungen der grünen Douglasie“. Allgem. F. u. J. Z., 1927.
28. *R. E. McArdle* und *W. H. Meyer*: „The Yields of Douglas Fir in the Pacific Northwest“. Techn. Bull. No. 201, U. S. A. Dep. of Agricult., 1930.
29. *W. H. Meyer*: „A Study of the Relation between actual and normal Yields of immature Douglas Fir Forests“. Journ. of Agricult. Research U. S. A., 1930.
30. *Monnin*: „La qualité du bois du sapin de Douglas“. Rev. d. Eaux et Forêts, 1925.
31. *E. Münch*: „Stoffbewegungen in der Pflanze“. Jena, 1930.  
Derselbe: „Klimarassen der Douglasie“. Zentralbl. f. d. ges. Forstwesen, 1928.  
Derselbe: „Die Douglasienschütte im Rheinland“. Der deutsche Forstwirt. 1932.
32. (—) *Olberg* und (—) *Kühn*: „Ueber den Zusammenhang zwischen Holzqualität und der Jugendentwicklung der Kiefer“. Zeitschr. f. F. u. J., 1930.

- f. d. gesamte  
6.  
eiz. Zeitschr. f.  
auf die Eigen-  
z. Zeitschrift f.  
Forstztg., 1931.  
forstverwaltung  
it excentrischen  
5.  
erleitungssystem  
Eidg. Material-  
". Schweiz. Zeit-  
il. a. d. forstl.  
werbliche Eigen-  
weiz. Zeitschr. f.  
Forstw. Zentral-  
d". Acta forest.  
olzes". Zeitschr.  
hiv, 1931.  
inen Douglasie".  
ir in the Pacific  
, 1930.  
normal Yields of  
ch U.S. A., 1930.  
x et Forêts, 1925.  
rstwesen, 1928.  
e Forstwirt. 1932.  
chen Holzqualität  
J., 1930.
33. *A. Oppermann*: „Races of Douglas Fir“. Det forstl. Forsgsv. i Danmark, 1930.  
34. *B. H. Paul*: „The Application of Silviculture in Controlling the spec. Gravity of Wood“. Techn. Bull., 168, U.S. A. Dep. of Agr., 1930.  
Derselbe: „Improving the Quality of Second-Growth Douglas Fir“. Journal of Forestry, 1932.  
35. *E. Plafmann*: „Eine neue Pilzkrankheit der Douglasien“. Forstarchiv, 1931.  
36. *J. Podhorsky*: „Die Eigenschaften des Holzes der in Mitteleuropa erwachsenen Douglasie“. Allg. F. u. J. Z., 1931.  
37. *B. Polansky*: „Die Wassermenge im Stamm im Laufe des Jahres usw.“. Forstarchiv, 1932.  
38. *J. H. Priestley*: „Studies in the Physiology of Cambial Activity“. The new Phytologist, 1930.  
Derselbe: „The growing Tree“. Reprint 1932.  
39. *Th. Rhode*: Verschiedene Aufsätze über die Rhabdoclinekrankheit der Douglasien. Forstarchiv, 1932, 1933 u. 1934.  
40. *M. Roš*: „Ergebnisse der Festigkeitsuntersuchungen mit der grünen Douglasie“. Eidgen. Materialprüfungsanst. a. d. E. T. H., Zürich, 1925.  
Derselbe: „Untersuchungen über den Einfluß der Fällzeit auf die hautechnischen Eigenschaften des Fichten- und Tannenholzes“. Bericht Nr. 73 d. Eidg. Materialprüfungsanst. a. d. E. T. H., Zürich, 1933.  
41. *J. Ruzicka*: „Kann die grüne Douglasie die Lärche ersetzen?“ Forstarchiv, 1932.  
42. *K. Ryska*: „Mechanische Prüfung des Holzes, besonders der in Böhmen gewachsenen Douglastanne“. Forstarchiv, 1931.  
43. *W. Schädelin*: „Die Durchforstung“. Bern, 1934.  
44. *C. A. Schend*: „Die Douglasie“. Forstarchiv, 1931. D. deutsche Forstwirt, 1930.  
Derselbe: „Amerikanische Ertragstafeln für die Douglastanne“. Allg. Forst- u. Jagdztg., 1928.  
45. *H. Schlichting*: „Die Douglasie“. Der deutsche Forstwirt, 1928.  
46. (—) *Schulz*: „Eignet sich das Holz der Douglasie zur Zellstofferzeugung?“ Der deutsche Forstwirt, 1930 u. Forstarchiv, 1930.  
47. *H. Schwarz*: „Wuchsgebiete der Küstendouglasie in Europa“. Zentralblatt f. d. ges. Forstwesen, 1933.  
48. *F. Scott*: „Die Douglasfichte in der schottischen Forstwirtschaft“. Forstarchiv, 1931.  
49. *A. Smitt*: „Beretning om en forstlig Studiereise til Nord-Amerika“. Vestlandets forstlige Forsøksstation, 1921.  
50. *M. G. Ståhlfelt*: „Der Wasservorrat der Bäume als Assimilationsfaktor“. Verhandlungen d. intern. Kongresses forstl. Versuchsanstalten, Stockholm, 1930.  
51. *F. Taubert*: „Beiträge zur äußeren und inneren Morphologie der Licht- und Schattennadeln der Gattung Abies“. Mitteil. d. d. dendrol. Gesellsch., 1926.  
52. *L. Tirén*: „Ueber die Größe der Nadelfläche einiger Kiefernbestände“. Med. f. Statens Skogsforsöksanstalt, Stockholm, 1927.  
53. *R. Trendelenburg*: „Festigkeitsuntersuchungen an Douglasienholz“. Forstarchiv, 1931.  
Derselbe: „Ueber die Eigenschaften des Rot- oder Druckholzes“. Allgem. Forst- u. Jagdztg., 1932.  
Derselbe: „Schwankungen des Raumgewichtes wichtiger Nadelhölzer usw.“. München 1934.

54. *v. Tubeuf*: „Was zum Schutze der Douglasie not tut“. D. deutsche Forstwirt, 1934.
55. *A. Visart, Comte* und *C. Bommer*: „Le Sapin de Douglas“. Bruxelles, 1910.
56. *P. Walldén*: „Ein Charakteristikum für die Holzqualität“. Acta forest. fennica 39, 1933.
57. *F. Worschitz*: „Vergleichende Untersuchungen über das Dickenwachstum und das spez. Gewicht der Lärche“. Zentralbl. f. d. ges. Forstw., 1930.
58. *E. Wuoti*: „Ueber das Schwindmaß des Fichtenpapierholzes“. Acta forest. fennica 39, 1933.

## Nachtrag.

59. *H. P. Champion*: „The Effect of Defoliation on the Increment of Teak Saplings“. Forest. Bulletin No. 89, Delhi 1934.