

Über die Samenmorphologie der
gemeinen Kiefer
(*Pinus silvestris* L.)

*On the seed morphology of the scots pine (*Pinus silvestris* L.)*

von

MILAN ŠIMÁK

MEDDELANDEN FRÅN
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT
BAND 43 · NR 2

INHALT

	Seite
Einleitung und Problemstellung	3
Untersuchungsmaterial	3
Methodik	4
a. Wahl der Samenprobe	6
b. Photographie	9
c. Messung	11
Ergebnisse	12
a. Samenausformung voller und tauber Samen	12
b. Einfluss der Zapfengrösse auf die Samenausformung	13
c. Einfluss der Samenlage im Zapfen auf die Samenausformung	16
d. Einfluss der verschiedenen äusseren Entwicklungsbedingungen auf die Samenausformung	19
e. Zusammenfassung der besprochenen Einflüsse auf die Samenbeson- derheiten	22
Diskussion	24
Zusammenfassung	27
Summary	29
Sammanfattning	29
Literaturverzeichnis	30

Einleitung und Problemstellung

Die Samenausformung der Coniferen dürfte im Wesentlichen vom Mutterbaum bestimmt werden (WETTSTEIN 1911). Es wäre darum von Bedeutung zu wissen, inwieweit die Morphologie der Samen eines Baumes spezifisch ist und als Hilfsmittel der genetischen Analyse benutzt werden kann. Um diese Frage klarlegen zu können, ist es notwendig die Merkmale, welche die Samenausformung bestimmen, zu analysieren.

Für die morphologische Charakterisierung der Samen wird folgende Einteilung der Merkmale zugrundegelegt:

1. Samengrösse, bestimmt durch die absoluten Grössen, z. B. die Länge der Samen,
2. Samenform, bestimmt durch das Verhältniss der einzelnen absoluten Grössen zueinander, z. B. Verhältniszahl zwischen Breite und Länge der Samen,
3. Samenbesonderheiten, bestimmt durch die morphologischen Spezifitäten der Samen, z. B. Spitzenbeugung.

Das Verhalten dieser Merkmale bei den Samen eines Einzelbaumes wird in vier folgenden Versuchsserien untersucht:

- a. Samenausformung voller und tauber Samen,
- b. Einfluss der Zapfengrösse auf die Samenausformung,
- c. Einfluss der Samenlage im Zapfen auf die Samenausformung,
- d. Einfluss der verschiedenen äusseren Entwicklungsbedingungen auf die Samenausformung.

Damit soll das Problem des Einflusses der auffallendsten Milieufaktoren beleuchtet werden.

Untersuchungsmaterial

Das Samenmaterial zur vorliegenden Untersuchung stammt von verschiedenen Kieferneinzelstämmen aus ganz Schweden. Es ist Samenmaterial vom letzten Kiefernprovenienzversuch und von Kreuzungsversuchen der genetischen Abteilung, sowie von der Forstabteilung der Schwedischen Forstlichen Versuchsanstalt angewandt worden. Die wichtigsten Angaben über die Herkunft der Proben kann man der Tab. 1 entnehmen.

Tabelle 1. **Angaben über die Herkunft der angewandten Proben.**
Description of the used material.

Bestand Stand	Baum Tree	Län oder Land District or country	Ort Locality	Breiten- grad Degree of latitude	Höhe ü.M. Altitude m	Erntejahr Year of harvest
82	8	Kristianstad	Vittskövle	55°51'	30	1948
104	21	Kalmar	Öland-Böda	57°18'	6	1949
62	13	Södermanl.	St. Malm	58°58'	50	1949
—	VIII: 1	Östergötland	Boxholm	58°07'	180	1951
—	VIII: 2	Östergötland	Boxholm	58°07'	180	1951
—	VIII: 46	Östergötland	Boxholm	58°07'	180	1951
4243*	1	Stockholm	Hackbol	60°15'	40	1951
4274*	1	Värmland	Sövasberget	60°22'	260	1951
45	24	Kopparberg	Gränjesåsvallen	61°54'	850	1949
4189*	1	Gävleborg	Årskogen	62°	80	1951
27	1	Västerbotten	Vännäs	63°55'	105	1949
21	32	Västerbotten	Byske	64°57'	20	1948
33	9	Västerbotten	Svartliden	64°08'	475	1948
17	11	Västerbotten	Ammarnäs	66°02'	540	1949
17	25	Västerbotten	Ammarnäs	66°02'	540	1948-49-50
18	3	Västerbotten	Ammarnäs	66°02'	650	1948-49-50
18	4	Västerbotten	Ammarnäs	66°02'	650	1948
—	E 67	Norrbottn	Vuollerim	66°25'	110	1951
12	18	Norrbottn	Tjämotis	66°56'	580	1950
6	12	Norrbottn	Kitkiöjoki	67°45'	225	1949
7	28	Norrbottn	Jukkasjärvi	67°51'	355	1950
7	31	Norrbottn	Jukkasjärvi	67°51'	355	1950
8	8	Norrbottn	Nokutusvaara	67°51'	48	1948-49-50
8	24	Norrbottn	Nokutusvaara	67°51'	48	1948-49-50
4	8	Norwegen	Målselv, Moen	69°07'	(100)	1948
4	24	Norwegen	Målselv, Moen	69°07'	(100)	1951
1	18	Norwegen	Gargialia	69°48'	415	1948
1	26	Norwegen	Gargialia	69°48'	415	1948

* Analysennummer der, von der Forstabeilung stammenden, Samenproben.

Methodik

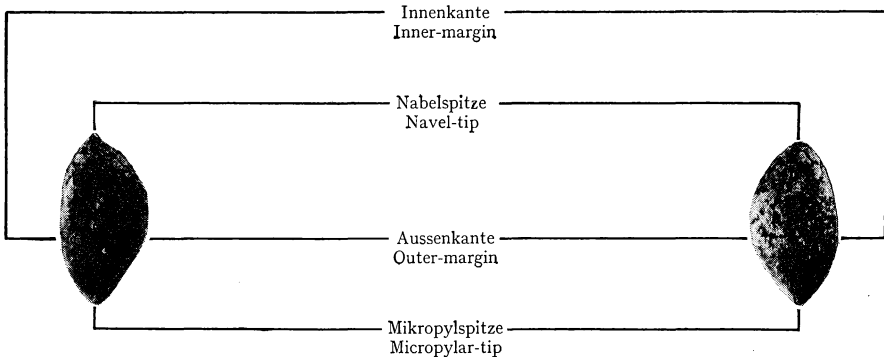
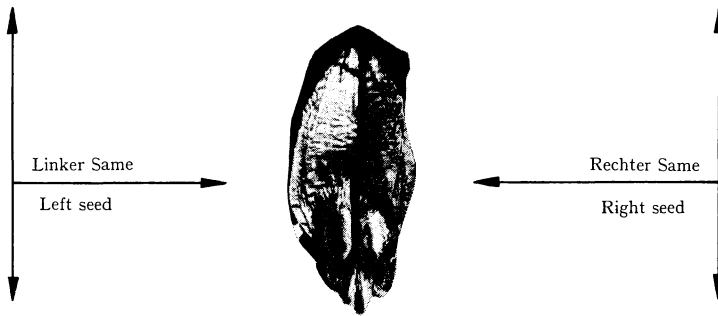
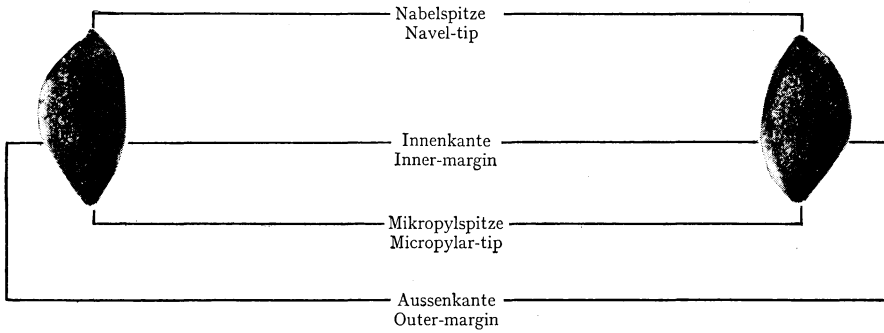
Die im Text verwendete Bezeichnung der Samenteile ist in Fig. 1 erklärt.

Die charakteristischen absoluten Werte für die Samenausformung ersieht man aus der Beilage A. Sie sind definierbar als Koordinaten zu bestimmten Punkten auf dem Rande des Schattenbildes. Zur Festlegung der die Samenausformung charakterisierenden Größen sind viele Einzelmessungen notwendig. Darum wird ein zuverlässiges, zeitsparendes Verfahren gesucht, mit dem man eine grössere Anzahl von Samen rasch und möglichst genau messen kann. Diese Forderung wird durch eine photographische Methode zufriedenstellend erfüllt. Der Arbeitsvorgang ist folgender:

- a. Wahl der Samenprobe,
- b. Photographie,
- c. Messung.

Linker Same mit der
Glanzseite nach oben.
Left seed with the
glossy side up.

Rechter Same mit der
Glanzseite nach oben.
Right seed with the
glossy side up.



Linker Same mit der
Mattseite nach oben.
Left seed with the
matt side up.

Rechter Same mit der
Mattseite nach oben.
Right seed with the
matt side up.

Fig. 1. In Bildmitte rechter und linker Samen an der Fruchtschuppe in natürlicher Lage mit »Glanzseite« nach oben. Mit Hilfe dieser Seite und der typischen Flügelausformung sind rechte und linke Samen zu erkennen. Die Bezeichnungen der Samenteile ersieht man aus den Einzelphotographien der Samen. Beachte die typische Ausformung der Aussen- und Innenkante.

In the middle of the picture is a right and a left seed photographed in natural position at the ovuliferous scale with the glossy side up. Right and left seeds can be distinguished with aid of the glossy side and the typical wing-form. The terms of different parts of the seed can be seen from the single photographs of the seeds.

Zur statistischen Bearbeitung wird in Fällen, bei denen es um die Bestätigung eines klaren Unterschiedes geht, oder wenn es zu bekräftigen gilt, dass der Unterschied zweier Gruppen im Verhältnis zur Zufallsvariation unbedeutend ist, einen Preliminärtest angewandt (Symboltest, Streuungszerlegung von ungewägten Mittelwerten in einem Material mit verschiedener Klassenfrequenz).

a. Wahl der Samenprobe

Für eine einwandfreie Messung und Berechnung der Samenausformung ist die Erkennung der Aussen- und Innenkante des Samens unbedingt notwendig. Normalerweise sind auf dem Schattenbild beide Kanten durch ihre typische Gestalt leicht zu erkennen (Fig. 1). Hier kann man die Samenprobe direkt dem entflügelten Samenmaterial entnehmen.

Seltener verschwinden bei Samen, die mehr oder minder symmetrisch sind, diese Unterschiede zwischen den Kanten. Die Samenprobe muss dann von nicht entflügeltem Samenmaterial gewählt werden. Diese Samen werden mit Hilfe ihrer Flügelform leicht in rechte und linke aufgeteilt, entflügelt und getrennt für sich weiter bearbeitet.

Für die Wahl der Probe werden zwei verschiedene Auswahlverfahren angewendet; die Stichprobe und die Auswahlprobe.

Eine Stichprobe enthält Samen, die zufallsgemäss aus maschinell geklengtem und dann geblasenem Samenmaterial entnommen worden sind. Das Stichprobeverfahren wird für die Bestimmung der Samenausformung angewandt, weil gerade maschinell und von tauben Samen befreites Material am meisten zur Verfügung steht.

Die Berechnung, der für eine Stichprobe erforderlichen Samenanzahl, um signifikative Differenzen zwischen Bäumen nachweisen zu können, wird wie folgt durchgeführt:

Von 10 Einzelstämmen werden je 10 Samen als Stichprobe ausgewählt. An diesen werden folgende Merkmale bestimmt:

$l, b, d, Ax, Ay, Ix, Iy, b/l, Ay/l, Iy/l, Ax/b, d/b$ (vergl. Beilage A).

Betrachten wir x_{in} als Wert für eins von den oben angeführten Merkmalen bei dem n -ten Samen des i -ten Baumes, kann man diese Rechnungen ausführen:

$$\delta_i = \text{Max } x_{in} - \text{Min } x_{in} \quad 1$$

$$s_i = 0,3249 \cdot 1/10 \sum_{i=1}^{10} \delta_i \quad 2$$

$$s_m^2 = 1/9 \cdot \sum_{i=1}^{10} (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \quad 3$$

δ_i = Variationsbreite.

s_i = Mittlere Abweichung der 10 Samen eines Baumes.

s_m = Mittlere Abweichung von 10 Samen zehn verschiedener Bäume.

\bar{x} = Durchschnitt aller Samen.

\bar{x}_i = Durchschnitt für 10 Samen des i -ten Baumes.

Weiter kann man folgende Ermittlungen durchführen:

σ_i = Mittlere Abweichung zwischen allen Samen eines Baumes.

σ_m = Mittlere Abweichung zwischen den Durchschnitten aller Samen verschiedener Bäume.

σ_i wird mit Hilfe s_i ermittelt. Zur Vereinfachung wird dies hier aus der Variationsbreite δ_i zwischen Samen eines Baumes nach der Formel 2 (Duncan 1952) berechnet.

σ_m wird mit Hilfe der Formel $\sqrt{s_m^2 - \frac{s_i^2}{10}}$ ermittelt.

Die Differenz der Durchschnitte zweier Bäume sei als σ_m angenommen und wenn die mittlere Abweichung der Differenz zweier empirischer Durchschnitte (n Samen pro Baum)

$\sigma_i \sqrt{\frac{2}{n}}$ ist, so besteht die Forderung:

$$\sigma_m > 3 \sigma_i \sqrt{\frac{2}{n}}$$

und die erforderliche Samenanzahl

$$n > 18 \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_m} \right)^2 \quad \text{oder} \quad n > 18 k^2$$

wenn erforderlich $\sigma_m > 2 \sigma_i \sqrt{\frac{2}{n}}$, reicht die Formel

$$n > 8 k^2$$

Damit hat man ziemlich gute Möglichkeit die Unterschiede zwischen Proben zweier Bäume festzuhalten und bekommt zugleich einen Hinweis, welche Minimalanzahl Samen pro Baum notwendig ist.

Tabelle 2.

Merkmale Characters		Bestand/Baum					Stand/Tree					σ_i	σ_m	n [18 k^2 + 1]	n [8 k^2 + 1]
		$\frac{45}{24}$	$\frac{82}{8}$	$\frac{18}{4}$	$\frac{1}{18}$	$\frac{62}{13}$	$\frac{12}{18}$	$\frac{6}{12}$	$\frac{4}{24}$	$\frac{1}{26}$	$\frac{33}{9}$				
absolute in MM*	<i>l</i>	19,6	20,6	18,9	21,2	14,7	23,5	22,5	15,6	20,1	19,8	1,170	2,722	4	2
	<i>b</i>	11,8	11,1	10,5	12,0	9,6	11,9	12,0	11,2	11,3	12,7	0,682	0,854	12	6
	<i>d</i>	7,6	8,3	7,2	7,4	6,9	8,6	7,7	7,7	8,2	9,3	0,357	0,707	5	2
	<i>Ax</i>	6,9	6,3	6,8	6,9	5,7	6,8	7,0	6,5	6,0	8,0	0,487	1,058	4	2
	<i>Ay</i>	11,5	11,7	11,2	10,6	8,2	11,9	12,9	8,7	11,5	10,9	0,812	1,418	6	3
	<i>Ix</i>	4,9	4,8	3,7	5,1	3,9	5,1	5,0	4,7	5,3	4,7	0,487	0,500	17	8
	<i>Iy</i>	10,2	10,1	9,7	8,9	7,8	11,9	10,3	7,4	10,7	9,1	1,040	1,311	12	5
relative in %	<i>b/l</i>	60,2	53,9	55,6	56,6	65,3	50,6	53,3	71,8	56,2	64,1	3,886	5,257	7	3
	<i>Ay/l</i>	58,7	56,8	59,3	50,0	55,8	50,6	57,3	55,8	57,2	55,1	3,428	2,910	26	12
	<i>Iy/l</i>	52,0	49,0	51,3	42,0	53,1	50,6	45,8	47,4	53,2	46,0	4,938	3,338	40	18
	<i>Ax/b</i>	58,5	56,8	64,8	57,5	59,4	57,1	58,3	58,0	53,1	63,0	3,632	3,055	26	12
	<i>d/b</i>	64,4	74,8	68,6	61,7	71,9	72,3	64,2	68,8	72,6	73,2	4,942	3,105	26	12

Die Tabelle 2 gibt ein instruktives Bild über die Variabilität der verschiedenen Samenmerkmale.

* In dieser Arbeit ist MM = 0,2 mm (5× Vergrößerung).

Bei der Auswahlprobe handelt es sich um eine Samenprobe in der alle tauben und vollen Samen einer ausgewählten Anzahl Zapfen von einem Einzelstamme enthalten sind, da es von theoretischer Bedeutung ist, die Ausformung aller Samen eines Zapfens zu beobachten. Die 15 Zapfen der Probe Nr. 4247 sind nach Grössenklassen ausgewählt worden (a, b, c, in Tab. 7), d. h. 5 kleine, 5 mittlere und 5 grosse. Um alle Samen zu erhalten sind die Zapfen mit der Hand geklenzt worden. Hierbei ist für jeden Samen der Abstand zwischen Zapfenbasis und Mikropylspitze des Samens gemessen und später in einem relativen Wert (Abstand : Zapfenlänge in %) ausgedrückt worden (Fig. 2).

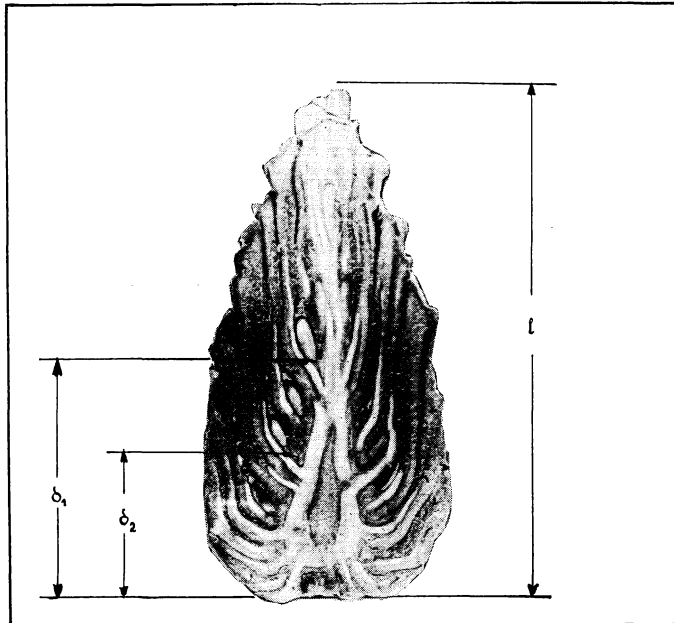


Fig. 2. Längsschnitt durch einen Zapfen mit Samen. Samen mit Mikropylspitze zur Zapfenbasis zeigend. Der Abstand der Samen von der Zapfenbasis wird in mm gemessen und ist in ein procentuelles Verhältnis zur Zapfenlänge gesetzt $\left(\frac{\delta}{l} \cdot 100\right)$.

Longitudinal section of a cone with seeds.

Die Samen können nun entsprechend ihrer Lage in den Zapfen auf 10 verschiedene %-Klassen oder Sektionen verteilt werden (Fig. 3). Die vollen und tauben Samen im Zapfen sind durch Wägung getrennt worden.

Aus der obigen Darstellung kann man ersehen, dass die Mengenverteilung der vollen und tauben Samen einen charakteristischen Verlauf nimmt. Vor allem fallen die Sektionen auf, wo das Prozentmaximum der vollen bzw. tauben

Samen liegt. Um eine Bestätigung dieser Mengenverteilung zu erhalten, sind weitere »30 Zapfen« von verschiedensten Stämmen der gleichen Bearbeitung unterworfen worden. Das Ergebnis dieser Untersuchungen stimmt vollständig mit den oben erwähnten Beobachtungen überein (Fig. 3).

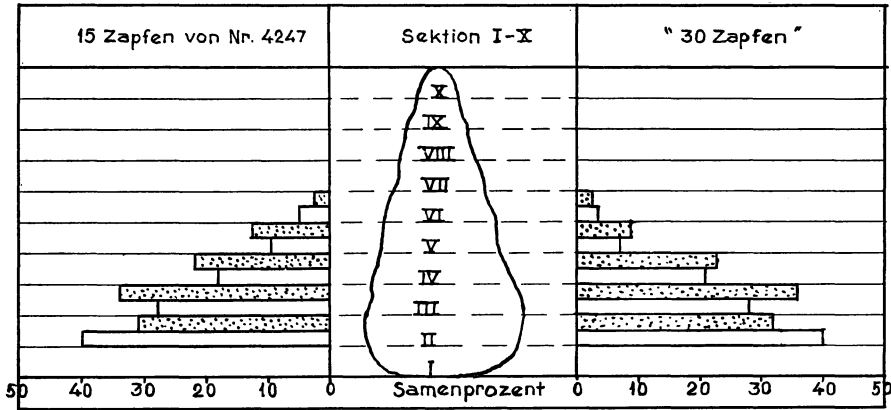






Fig. 3. Sektionsmässige Aufteilung eines Zapfens und Verteilung der vollen  und tauben  Samen auf die Sektionen. Angabe in Prozent zur Gesamtmenge der vollen, bzw. leeren Samen in den Zapfen.

Distribution of full  and empty  seeds in different sections within one cone; values in % of the total amount of full resp. empty seeds.

b. Photographie

Zuerst werden die Samen mit der Innenkante auf einem, durch Kartonrahmen verstärktem, durchsichtigem Klebband befestigt. Dieses Samenpräparat wird an Stelle des Negativrahmens in einen Vergrößerungsapparat gelegt und direkt auf das Photopapier projiziert. Man erhält so ein Schattenbild der Samen im Seitenriss. Unter Wahrung der Reihenfolge werden die Samen dann auf demselben Klebband mit einer Pinzette gekehrt und ein Aufrissbild gewonnen (vergl. Beilage A). Die Gefahr, das oft wertvolle Samenmaterial dabei zu beschädigen, besteht hier nicht.

Als Grössenmass fotografiert man gleichzeitig einen 10 mm langen, durchsichtigen Masstab mit (vergl. Beilage B). Das Klebband, in dem Kartonrahmen, kann nach Bedarf sehr leicht gewechselt werden.

Bei der Photographie können vor allem zwei Fehlerquellen auftreten. So kann eine ungenaue Auflage des Samens ein falsches Schattenbild des Seitenrisses verursachen. Der Samen muss deshalb mit seiner Aufrissebene senkrecht zur Unterlage stehen. Bei sorgfältiger Arbeit treten keine nennenswerten Fehler auf. Zum Beweis dafür sind zwei Samenserien (10 Samen) in der gleichen

Folge von je vier verschiedenen Personen unabhängig von einander ausgelegt worden. Die Messungsergebnisse der Schattenbilder sind in der Tab. 3 verzeichnet.

Tabelle 3. Länge, Breite und Dicke zweier Samenserien von vier Personen unabhängig in gleicher Reihenfolge ausgelegt. Es sind lediglich die grössten und kleinsten Werte angegeben (in MM).

Length, width and thickness in two series of seed laid in the same order by four persons independently. Only the biggest and smallest figures are given (in MM).

Bestand Nr Baum Nr Stand Tree		$\frac{7}{28}$			$\frac{7}{31}$		
Samen Seed Nr.	Variations- breite Range of variation	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>l</i>	<i>b</i>	<i>d</i>
1	Max.....	19	11	7	15	10	8
	Min.....	19	11	7	15	10	8
2	Max.....	19	11	7	16	10	8
	Min.....	19	11	7	16	10	8
3	Max.....	20	10	7	16	11	8
	Min.....	20	9	6	15	10	8
4	Max.....	18	10	6	18	12	8
	Min.....	18	10	6	18	12	8
5	Max.....	19	11	6	18	12	8
	Min.....	19	11	6	18	11	8
6	Max.....	20	11	6	18	12	8
	Min.....	20	10	6	18	12	8
7	Max.....	19	10	6	17	11	8
	Min.....	19	10	6	16	10	8
8	Max.....	18	10	6	18	12	8
	Min.....	18	10	6	18	12	8
9	Max.....	19	11	7	16	12	9
	Min.....	19	11	7	16	11	8
10	Max.....	19	10	7	19	11	8
	Min.....	19	10	7	19	11	8

Ein weiterer Fehler kann entstehen durch schiefe Projektion, wenn der Samen stark excentrisch im Lichtfeld des Projektionsapparates liegt. Hier spielt selbstverständlich die Optik und Konstruktion des Vergrößerungsapparates eine Rolle. Für jeden Apparat ist es aber leicht die gestatteten Grenzen für die Auslage der Samen um das Zentrum des Lichtfeldes herum zu finden. Diese Fläche reicht meist aus um mindestens 15—20 Samen, ohne obengenannte Gefahr, photographieren zu können.

c. Messung

Zur Messung der absoluten Grössen legt man durchsichtiges Millimeterpapier mit eingezeichnetem Koordinatensystem auf das Schattenbild des Samens (Fig. 4). Das Koordinatensystem soll dabei so orientiert sein, dass der oo-Punkt an der Mikropylspitze liegt und die y -Achse durch den von der Mikropylspitze entferntesten Punkt geht. Letzterer ist im Aufriss zumeist identisch mit dem Nabel. Als Masseinheiten dienen die 1 mm-Quadrate des Millimeterpapiers, hier MM genannt, als Unterschied zum mm-Masses der Natur. Bei $5\times$ Vergrößerung entsprechen also 5 MM 1 mm der Natur.

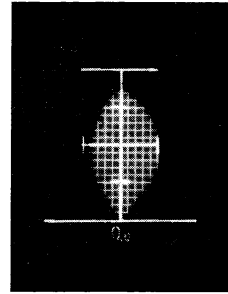


Fig. 4.
Auf das Schattenbild aufgelegte Schablone.
Model laid on the silhouette of the seed.

Tabelle 4. Die Abweichungen der Messungen (in MM), die von vier Personen unabhängig voneinander an demselben Samenmaterial in gleicher Reihenfolge ausgeführt worden sind. Es sind lediglich die grössten und kleinsten Werte angegeben.

Deviations of the measurements, performed by four persons independently on the same seed material. Only the biggest and smallest figures are given.

Samen Seed Nr.	Variations- breite Range of variation	Merkmale Characters					
		l	b	d	Ax	Ay	Iy
1	Max.	20	12	8	7	11	10
	Min.	20	12	8	7	11	9
2	Max.	20	12	7	7	12	10
	Min.	20	12	7	7	12	10
3	Max.	20	12	7	7	12	11
	Min.	20	12	7	7	12	10
4	Max.	23	12	8	6	14	13
	Min.	22	11	8	6	13	12
5	Max.	19	12	7	8	12	11
	Min.	19	12	7	7	12	10
6	Max.	18	11	8	8	10	11
	Min.	18	11	8	7	10	10
7	Max.	19	12	8	7	11	10
	Min.	19	12	7	7	10	10
8	Max.	20	12	8	8	12	11
	Min.	20	12	7	7	12	10
9	Max.	18	12	8	7	10	10
	Min.	18	11	7	7	10	10
10	Max.	20	11	8	8	12	10
	Min.	19	11	8	7	11	8

Beim Aufriss des Samens misst man zunächst die Koordinate Ny (= Samenlänge), die auf der y -Achse abzulesen ist. Der durch die x - und y -Koordinaten gegebene Punkt A liegt auf dem Berührungspunkt zwischen Aussenkante und der zur y -Achse parallel laufenden Tangente. Entsprechendes gilt auch für den auf der Innenkante des Samens liegenden Punkt I . Die Breite des Samens (b) erhält man durch Addition: $b = Ax + Ix$. Die Dicke des Samens misst man auf dem Seitenriss (Beilage B).

Bei der angewandten Messmethode sind die subjektivbedingten Abweichungen gering. Von vier Personen ist unabhängig dieselbe Samenserie ohne nennenswerte Differenz gemessen worden. Die Ergebnisse sind in Tab. 4 zusammengestellt.

Ergebnisse

Das Verhalten der Samengrösse und Samenform wird in vier besonderen Kapiteln behandelt, die den in der Einleitung erwähnten Versuchsserien (a—d) entsprechen. Die Samenbesonderheiten werden zum Schluss in einem gemeinsamen Abschnitt (e) besprochen.

a. Samenausformung voller und tauber Samen

Die Samengrösse. Zu den Werten, welche die Samengrösse sehr gut charakterisieren, gehört die Länge. In der Auswahlprobe Nr. 4247 betrug die mittlere Länge der vollen Samen $\bar{x}_v = 21,4$ MM, die der tauben Samen $\bar{x}_t = 20,8$ MM. Der Unterschied der Länge ist mit $t = 3,55^{**}$ gesichert¹. Wenn auch dieser Unterschied nicht sehr gross erscheint, so verdient er doch Beachtung.

Zum Vergleich ist die Samengrösse der vollen und tauben Samen in einigen Stichproben aus verschiedenen Bäumen untersucht worden (Tab. 5).

Man sieht, dass die in der Auswahlprobe gefundenen Unterschiede der Samengrösse in der Stichprobe nicht immer erfasst werden können.

Die Samenform. An demselben Samenmaterial ist auch die Form der Samen nach ähnlichen Gesichtspunkten geprüft worden. Bei keiner der Relationszahlen, b/l , d/b , Ay/l , Ax/b und Iy/l konnte eine Differenz zwischen tauben und vollen Samen gefunden werden (Tab. 6).

¹ Wenn $n_1 \neq n_2$ so $t = (\bar{x}_v - \bar{x}_t) \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{(n_1 + n_2) Sx^2}}$, wenn $n_1 = n_2$ so

$$t = (\bar{x}_v - \bar{x}_t) \sqrt{\frac{n(n-1)}{Sx^2}}; t \text{ ist der Test für Prüfung der Unterschiede zwischen zwei}$$

Mittelwerten $\bar{x}_v - \bar{x}_t$. n bedeutet die Anzahl der Freiheitsgrade und $Sx^2 = S(x - \bar{x})^2$. Nicht gesicherte Werte der statistischen Prüfwerte werden mit $^{\circ}$ ($P > 0,05$), schwach gesicherte mit * ($P = 0,05$) und stark gesicherte mit ** ($P = 0,01$) bezeichnet (vergl. Snedecor 1950).

Tabelle 5.

Bestand Baum Stand Tree	Mittlere Samenlänge in MM Mean length of seeds in MM	
	volle full	taube empty
	$\frac{21}{32}$	$18,0 \pm 0,2$ $n = 23$
$\frac{27}{1}$	$20,5 \pm 0,3$ $n = 24$	$20,0 \pm 0,2$ $n = 24$
$\frac{6}{22}$	$17,4 \pm 0,3$ $n = 24$	$17,0 \pm 0,2$ $n = 21$
$\frac{17}{1}$	$17,3 \pm 0,2$ $n = 20$	$16,2 \pm 0,2$ $n = 24$

Bei der Auswahlprobe dieses Einzelbaumes haben also die tauben und vollen Samen die gleiche Form, was bereits bei den oben angeführten Stichproben zutrifft.

Tabelle 6. Die Samenform der Auswahlprobe Nr. 4247. Vergleich von vollen und tauben Samen.

Seed-form of the selection-sample No. 4247.
Comparison of full and empty seeds.

Merkmal Character %	volle Samen full seeds $n_1 = 333$	taube Samen empty seeds $n_2 = 115$
b/l	$49,7 \pm 0,2$	$49,6 \pm 0,6$
d/b	$62,6 \pm 0,3$	$62,1 \pm 0,6$
Ay/l	$57,4 \pm 0,3$	$57,4 \pm 0,3$
Ax/b	$58,4 \pm 0,2$	$58,0 \pm 0,4$
Iy/l	$53,9 \pm 0,2$	$54,2 \pm 0,4$

b. Einfluss der Zapfengröße auf die Samenausformung

Unter Berücksichtigung der vollen und tauben Samen in der Auswahlprobe Nr. 4247 sind Samengröße und Samenform zwischen den verschiedenen Größenklassen der Zapfen verglichen worden.

Die Samengröße. Aus der Tabelle 7 ist eine Tendenz ersichtlich, dass bei den meisten Zapfen die vollen Samen eine grössere Durchschnittslänge als die tauben besitzen. Eine Analyse nach FISHER (1941) («The Combination of Probabilities from Tests of Significance») für alle P -Werte aus Tab. 7 hat dagegen keinen signifikativen Unterschied ergeben ($0,20 > P > 0,10$).

Beim Vergleich der Samenlänge sind trotzdem vorsichtshalber volle und taube Samen gesondert betrachtet worden. Die mittleren Längen der vollen

Tabelle 7. Angaben über 15 Zapfen der Auswahlprobe Nr. 4247.
Data of the 15 cones of the selection sample.

Zapfen Cone			Samenanzahl Number of seeds		Mittlere Samenlänge in MM Mean length of seeds in MM			
Größen- klasse Size-class	Nr.	Länge Length mm	volle full	taube empty	volle full	taube empty	<i>t</i> -Test	<i>P</i>
a	1	30	11	9	20,5	20,4	0,199	0,8—0,9
	2	30	11	5	20,3	20,4	0,161	0,8—0,9
	3	30	17	5	20,5	19,8	1,166	0,2—0,3
	4	31	12	3	20,8	20,3	0,569	0,5—0,6
	5	30	15	8	19,4	19,2	0,309	0,7—0,8
b	1	36	22	14	20,5	20,4	0,321	0,7—0,8
	2	37	22	4	22,9	22,0	0,964	0,3—0,4
	3	38	20	6	21,0	21,0	0,096	> 0,9
	4	37	22	10	19,9	19,6	0,691	0,4—0,5
	5	37	31	11	19,7	19,2	1,320	0,1—0,2
c	1	43	22	9	22,1	22,1	0,017	> 0,9
	2	44	31	5	24,0	22,2	2,470	0,01—0,02
	3	45	28	11	21,6	21,9	0,698	0,4—0,5
	4	46	29	10	22,1	21,8	0,702	0,4—0,5
	5	43	40	6	22,0	22,3	0,581	0,5—0,6

Streuungszerlegung zur Tabelle 7.

Analysis of variance to table 7.

volle Samen ¹ full seeds		<i>n</i>	<i>SQ</i>	<i>DQ</i>	<i>F</i>
a	Größenklasse..... Size-class	2	11,55	5,775	6,170**
b	Rest..... Error	12	11,23	0,936	
S	Summe..... Total	14	22,78	—	

Samen in den drei Zapfengrößenklassen *a*, *b*, *c*, haben untereinander signifikative Unterschiede gezeigt ($F_{a/b} = 6,170^{**}$). Entsprechende Ergebnisse sind auch bei den tauben Samen erzielt worden ($F_{a/b} = 11,142^{**}$).

Aus der Tabelle 7 kann man weiter die Tendenz entnehmen, dass die Länge sowohl der vollen Samen, wie auch der tauben, mit der Zapfenlänge steigt.

Die Samenform. Dieselben Ueberlegungen sind der Prüfung der Samenform zu Grunde gelegt worden.

Zwischen vollen und tauben Samen der einzelnen Zapfen konnten in dieser Hinsicht keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden ($M_v - M_t$ in der

¹ *n* bedeutet die Anzahl Freiheitsgrade (degrees of freedom), *SQ* die Quadratsumme der Streuung (sum of square), *F* der Verhältnis der Streuungen (the variance ratio), *P* siehe Seite 12 (v. p. 12).

Tabelle 8. Auswahlprobe Nr. 4247. Vergleich der Form zwischen vollen und tauben Samen verschiedener Zapfengrößen.
 Selection sample No. 4247. Comparison of form between full and empty seeds and between seeds from cones different in size.

Zapfen Cone		Merkmal Character									
		b/l		Ay/l		Ax/b		d/b		Iy/l	
Größen- klasse Size-class	Nr.	$M_v - M_t$	t -Test $M_{(v+t)}$	$M_v - M_t$	t -Test $M_{(v+t)}$	$M_v - M_t$	t -Test $M_{(v+t)}$	$M_v - M_t$	t -Test $M_{(v+t)}$	$M_v - M_t$	t -Test $M_{(v+t)}$
a	1	+ 0,6	0,378° 49,8	- 0,7	0,491° 55,4	+ 2,3	1,173° 57,3	+ 1,6	0,802° 61,0	- 0,6	0,306° 52,4
	2	+ 3,5	1,788° 51,8	- 1,3	0,735° 55,9	+ 3,3	1,327° 56,3	- 0,3	0,010° 63,8	+ 3,0	1,175° 53,6
	3	- 2,5	1,433° 49,8	+ 1,4	0,791° 55,5	+ 0,9	0,397° 57,6	+ 3,2	1,631° 61,3	+ 2,7	1,329° 51,5
	4	- 0,3	0,113° 49,2	+ 1,9	1,648° 57,2	- 1,4	1,024° 58,9	- 3,8	1,133° 60,3	- 1,3	0,550° 56,2
	5	- 0,2	0,195° 48,6	+ 2,2	1,504° 56,0	+ 0,2	0,645° 57,3	+ 1,2	0,614° 65,0	+ 0,3	0,151° 52,2
	\bar{x}_a			49,8		56,0		57,5		62,3	
b	1	+ 2,5	2,028° 50,5	- 0,3	0,203° 57,0	- 1,5	1,045° 57,2	+ 0,2	0,093° 63,0	+ 1,2	0,885° 52,3
	2	- 1,8	0,850° 48,0	- 0,7	0,327° 54,7	+ 0,9	0,442° 58,9	+ 0,2	0,061° 65,1	- 0,6	0,281° 53,0
	3	+ 3,9	2,174* 52,0	+ 1,8	1,155° 56,8	- 1,9	0,959° 56,9	- 2,8	0,913° 60,0	- 0,3	0,131° 53,7
	4	- 0,7	0,433° 52,0	+ 1,8	1,527° 59,9	+ 2,9	1,768° 58,5	+ 0,4	0,134° 63,7	- 0,5	0,356° 57,7
	5	- 0,5	0,316° 51,8	- 1,1	0,851° 59,0	+ 0,9	0,627° 59,7	- 0,1	0,043° 64,0	- 2,8	2,026* 56,2
	\bar{x}_b			50,9		57,5		58,2		63,2	
c	1	+ 0,9	0,743° 48,2	- 1,0	0,884° 56,2	- 1,7	1,000° 58,2	+ 1,6	0,674° 63,0	- 2,0	1,055° 51,9
	2	- 3,0	1,369° 47,9	- 0,2	0,041° 54,7	+ 0,7	0,396° 58,8	+ 4,3	1,586° 62,6	+ 0,2	0,126° 53,4
	3	+ 1,8	1,385° 50,8	+ 0,8	0,710° 58,7	- 0,8	0,452° 59,5	- 1,9	1,037° 61,2	- 1,7	1,389° 53,6
	4	- 1,0	0,601° 52,2	- 2,4	1,772° 58,3	+ 1,6	0,940° 58,8	+ 3,1	1,620° 59,6	- 1,0	0,729° 56,9
	5	- 0,5	0,298° 50,6	- 1,3	1,517° 58,9	- 1,7	0,988° 58,1	+ 3,6	1,617° 62,8	- 0,5	0,340° 53,5
	\bar{x}_c			49,9		57,4		58,7		61,8	
F	Größenklasse Size-class Rest Error		0,611°		1,263°		2,150°		0,691°		0,612°

Erklärung zur Tabelle: M_v = Mittelwert der vollen Samen eines Zapfens (mean of full seeds of a cone).
 M_t = Mittelwert der tauben Samen eines Zapfens (mean of empty seeds of a cone).
 $M_v - M_t$ = Differenz zwischen den Mittelwerten der vollen und tauben Samen eines Zapfens

Explanation of the table: (difference between mean values of full and empty seeds of a cone).
 $M_{(v+t)}$ = Mittelwert voller und tauber Samen eines Zapfens (mean of full and empty seeds of a cone).

Tab. 8). Die Form der vollen und tauben Samen eines Zapfens dürfte also gleich sein. Dieses erübrigt eine Aufteilung des Samenmaterials in volle und taube Samen beim Vergleich der Form in den verschiedenen Grössenklassen der Zapfen. Die durchschnittlichen Samenformquoten in den einzelnen Zapfen ($M_{(v+l)}$ in der Tab. 8) zeigen, dass die Form der Samen ungeachtet der Zapfengrösse konstant zu sein scheint ($\bar{x}_a, \bar{x}_b, \bar{x}_c$).

c. Einfluss der Samenlage im Zapfen auf die Samenausformung

Der morphologisch unterschiedliche Bau eines Zapfens (Beilage C) lässt vermuten, dass auch die Samenausformung in den einzelnen Teilen des Zapfens variiert. Um diese Ansicht zu überprüfen, sind die Samen der 15 Zapfen von Auswahlprobe Nr. 4247 in den 10 verschiedenen Sektionen untersucht worden (vergl. Fig. 3). Die Klassen V und VI werden wegen ihrer kleinen Samenanzahl zusammengezogen. Die Fig. 5 a zeigt, dass das geringe Gewicht der VI. Klasse den gemeinsamen Mittelwert nur unbedeutend beeinflusst.

Zapfen a 1 enthält in der Sektion IV keine Samen. Zur Wahrung einer orthogonalen Verteilung des Versuchsmaterials wird ein neutraler, theoretisch mittlerer Wert berechnet (COCHRAN—COX 1950).

Die Samengrösse. Um die Samenlänge verschiedener Sektionen vergleichen zu können, wird zunächst untersucht, ob sich innerhalb einer Sektion

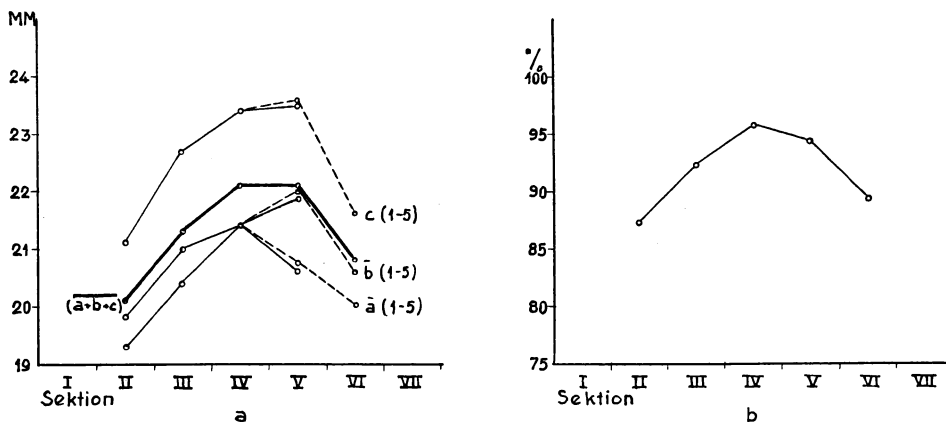


Fig. 5. a. Auswahlprobe Nr. 4247. Durchschnittliche Samenlänge in den verschiedenen Zapfensektionen der Grössenklassen a, b, c. Bei der vollauszogenen Kurve enthält die V. Sektion auch die geringe Anzahl Samen der VI. Sektion. Die gestrichelte Linie zeigt die Aufgliederung der Samen in der V. und VI. Sektion. Die stark ausgezogene Kurve stellt die Mittelwerte für die gesamte Probe dar.

b. »30-Zapfen-Probe«. Der relative Verlauf der Samenlänge in den verschiedenen Zapfensektionen.

a. Selection sample no. 4247. Mean seed-length in different cone-sections of size-classes a, b, c. The entire line in section V contains also the small number of seed in section VI. The broken line shows the behavior of sections V and VI. The strongly out-drawn line gives the mean-values for the whole sample.

b. "30-cones-sample". The relative distribution of seed-length in different cone-sections.

eine Längendifferenz zwischen vollen und tauben Samen findet. Leider enthalten einige Sektionen nur volle oder nur taube Samen. Dadurch ist natürlich ein Vergleich zwischen vollen und tauben Samen ausgeschlossen. Bei anderen Sektionen stützen sich die Beobachtungen nur auf einen Einzelwert und verhindern so einwandfreie Rückschlüsse. So scheint es zweckmässig dieses Material vorläufig nur auf einfache rechnerische Weise zu bearbeiten. Es wird die durchschnittliche Länge der vollen und tauben Samen miteinander verglichen. Die Differenz der beiden Mittelwerte ist durch + oder — symbolisiert, jenachdem, ob die vollen oder tauben Samen grösser sind. Bei gleichen Mittelwerten wird als Symbol O verwandt. Das auf diese Weise erhaltene Verhältnis, + : — : O = 22 : 18 : 4, weist keinen Unterschied zwischen tauben und vollen Samen innerhalb einer Sektion auf. Eine eingehende statistische Untersuchung würde wohl ein ähnliches Bild geben. Für die weitere Bearbeitung kann man also volle und taube Samen jeder Sektion zusammenschlagen. Mit Hilfe dieses so vermehrten Samenmaterials wird an die eigentliche Fragestellung herangetreten. Haben die Samen in den verschiedenen Teilen eines Zapfens eine unterschiedliche Grösse?

Bei dieser Untersuchung müssen nach vorher erhaltenen Ergebnissen die Grössenklassen der Zapfen gesondert betrachtet werden. Eine nach diesem Gesichtspunkt angelegte Streuungserlegung ergibt folgende Resultate:

Tabelle 9. **Auswahlprobe Nr 4247. Durchschnittliche Samenlänge in MM in den einzelnen Zapfensektionen.**

Selection-sample No 4247. Mean-seed-length in MM in the individual cone-sections.

Zapfen Cone		Sektion Section				Summe Total
Grössenklasse Size-class	Nr	II	III	IV	V	
a	1	19,6	20,4	21,7	(20,8)	408,8
	2	19,6	20,5	22,0	21,0	
	3	18,8	20,5	21,4	20,3	
	4	20,0	20,7	21,5	22,0	
	5	18,6	19,9	20,5	19,0	
b	1	19,1	20,4	21,4	20,8	419,6
	2	21,1	22,7	23,6	25,0	
	3	20,0	20,8	21,2	21,8	
	4	20,7	20,2	20,7	19,8	
	5	18,3	20,9	20,2	20,9	
c	1	20,8	22,6	23,8	23,0	453,4
	2	22,5	24,2	24,2	26,0	
	3	20,5	22,2	22,7	23,3	
	4	21,1	22,4	23,2	22,3	
	5	20,7	22,2	23,0	22,7	
Summe Total		301,4	320,6	331,1	328,7	1 281,8

Streuungszerlegung zur Tabelle 9.

Analysis of variance to table 9.

Streuung Variance		n	SQ	DQ	F
a	Sektion S..... Section S	3	36,29	12,097	11,108**
b	Grössenklasse G... Size-class G	2	54,14	27,070	24,858**
c	$S \times G$	6	2,39	0,398	< 1
d	Rest..... Error	47	55,34	1,177	
e	Rest c + d..... Error c + d	53	57,73	1,089	
S	Summe Total	58	148,16	—	

Wert a 1 — Sektion V berechnet (20,8), deshalb Summe der Freiheitsgrade = 58.

Value a 1 — section V is calculated (20,8), thus total of degree of freedom = 58.

- Die mittlere Samenlänge in den einzelnen Sektionen eines Zapfens ist verschieden ($F a/e = 11,108^{**}$).
- Die Unterschiede der mittleren Samenlänge für bestimmte Sektionen verschiedener Grössenklassen der Zapfen sind gesichert ($F b/e = 24,858^{**}$).
- Der relative Verlauf der Samenlänge zwischen den einzelnen Sektionen für alle drei Grössenklassen der Zapfen ist gleich ($F c/d < 1$).

Eine Darstellung der Beobachtungen bietet die Fig. 5 a.

Das hier gefundene Ergebnis, wonach innerhalb einer Sektion volle und taube Samen gleich lang sind, scheint zu der vorher gefundenen Differenz zwischen vollen und tauben Samen derselben Auswahlprobe im Gegensatz zu stehen (vergl. Seite 12). Eine Erklärung dieser Feststellung findet man bei einem Vergleich der mengenmässigen Verteilung von vollen und tauben Samen in den Sektionen eines Zapfens, mit den in diesen Sektionen herrschenden Samenlängen. Nach Fig. 3 liegt das Mengenmaximum der tauben Samen in der II. Sektion, das der vollen in der III. Wie bereits gezeigt, ist die Samenlänge der II. Sektion kleiner als die der III und IV. So verursacht diese Verteilung der vollen und tauben Samen auf die Sektionen die vorher besprochene Differenz der Länge innerhalb der gesamten Probe und innerhalb der einzelnen Zapfen dieser Probe. Im letzten Falle können diese Unterschiede oft verwischt sein, da das in einzelnen Zapfen vorkommende Samenmaterial eine zu kleine Untersuchungseinheit darstellt.

Dies Ergebnis scheint allgemeine Gültigkeit zu besitzen, was die gleiche Untersuchung an 30 Zapfen von Bäumen verschiedener schwedischer Herkunft bestätigt (Fig. 3 und 5 b).

Die Samenform. Innerhalb der Sektionen eines Zapfens weisen volle und taube Samen gleiche Form auf. Die (+ : — : O)-Verhältnisse, die nach einem ähnlichen Prinzip wie vorher für die Samenlänge berechnet werden, sind:

$$\begin{array}{ll} b/l = 24 : 17 : 3 & Ax/b = 25 : 16 : 3 \\ d/b = 24 : 16 : 4 & Ay/l = 17 : 26 : 1 \\ & Iy/l = 16 : 25 : 3 \end{array}$$

Vergleicht man die betreffenden Mittelwerte, der wiederum zusammengesetzten vollen und tauben Samen, in den einzelnen Sektionen, so sieht man:

1. Iy verhält sich zu l in allen Sektionen \pm gleich ($P > 0,05$).
2. Das Verhältnis Samendicke zu Samenbreite (d/b) ergibt für Samen der Basissektionen grössere Werte als für die Spitzensektionen ($P = 0,001$).
3. Die Assymetrie der Samen Ax/b nimmt von Zapfenbasis zur Zapfenspitze zu ($P = 0,001$).
4. Für die Verhältnisse Ay/l und b/l werden starke Variationen gefunden. Wie die Fig. 6 zeigt steigt der erste ($P = 0,001$) und sinkt der zweite Wert ($P = 0,001$) mit dem Samenabstand von der Zapfenbasis.

Bei den entsprechenden Streuungserlegungen brauchen die verschiedenen Grössenklassen der Zapfen nicht berücksichtigt zu werden; denn wie vorher gezeigt, beeinflusst die Zapfengrösse nicht die Form der Samen.

Im Zusammenhang mit diesen Beobachtungen kann man nun auch zum Teil die grosse Streuung, der die Form bestimmenden Werte, innerhalb einer Auswahlprobe erklären. Sie beruht auf der besprochenen Formvariation der Samen zwischen den Zapfensektionen.

d. Einfluss der verschiedenen äusseren Entwicklungsbedingungen auf die Samenausformung

Vor allem sind die Witterungsverhältnisse mehrerer Jahre für die Samenentwicklung von Bedeutung. Die grossen Schwankungen des 1000-Korngewichtes der Samen desselben Baumes im Laufe der Jahre legt dies nahe. So war zu erwarten, dass sich auch die Samengrösse entsprechend den Gewichtsschwankungen ändert. Das Samenmaterial von vier Bäumen der Jahre 1948, 1949, 1950 ist daraufhin untersucht worden.

Die Samengrösse. In einer Stichprobe von 10 Samen pro Baum und Untersuchungsjahr ist die Länge der Samen gemessen worden.

Die Witterungsschwankungen der drei Jahre haben einen starken Einfluss auf die Samengrösse ausgeübt ($P < 0,001$). Obwohl die Samenlänge bei vier Bäumen in den einzelnen Jahren verschieden gewesen ist ($P < 0,001$), hat sie

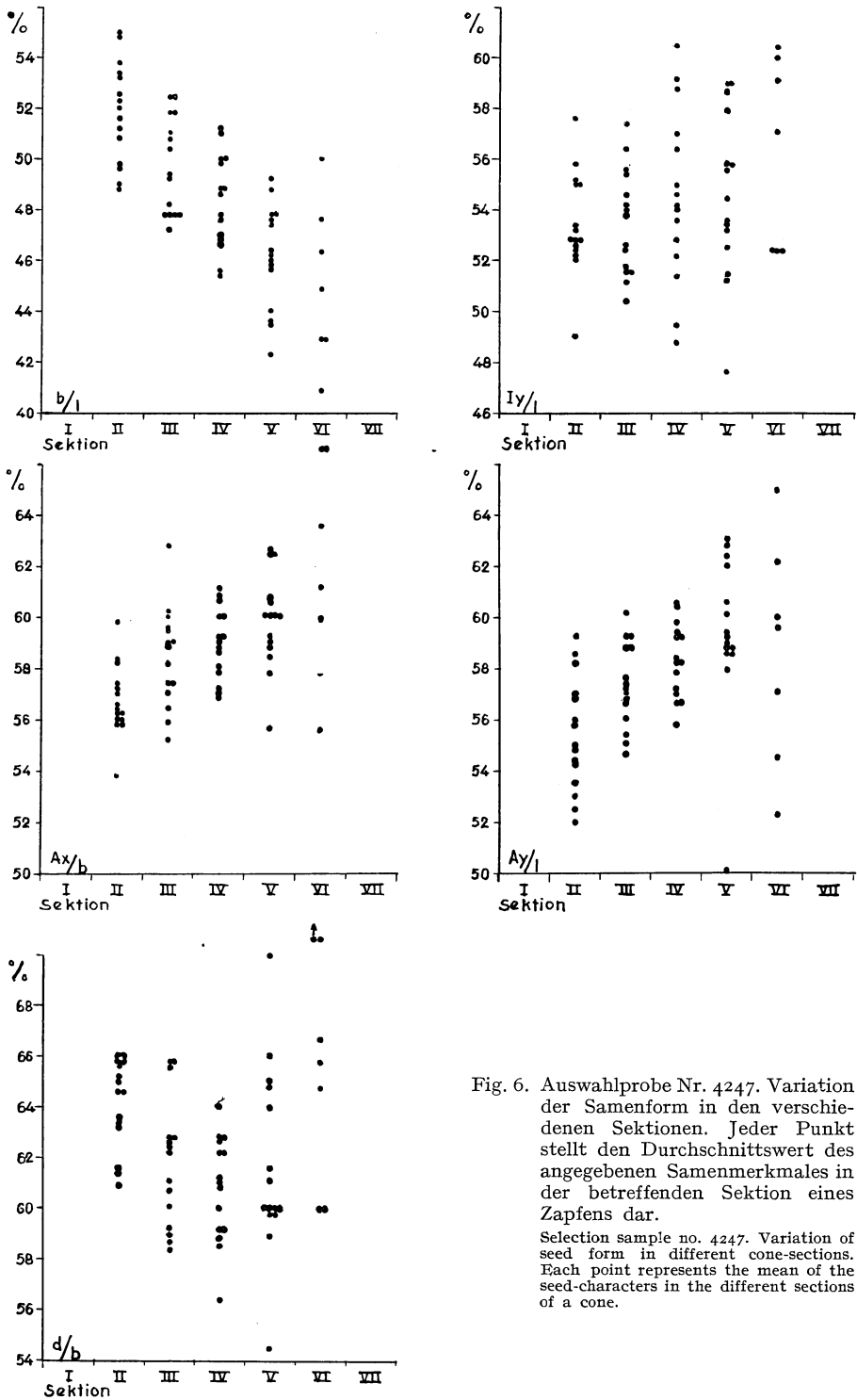


Fig. 6. Auswahlprobe Nr. 4247. Variation der Samenform in den verschiedenen Sektionen. Jeder Punkt stellt den Durchschnittswert des angegebenen Samenmerkmals in der betreffenden Sektion eines Zapfens dar.

Selection sample no. 4247. Variation of seed form in different cone-sections. Each point represents the mean of the seed-characters in the different sections of a cone.

Tabelle 10. Einfluss von verschiedenen Witterungsverhältnissen in den Jahren 1948, 1949 und 1950 auf die Samenlänge (l) und Samenform (b/l) bei 4 verschiedenen Bäumen. Die angegebene Länge und b/l ist der Durchschnittswert von 10 Samen in mm, resp. %.

Influence of different climatic conditions in the years 1948, 1949, and 1950 on seed-length (l) and seed-form (b/l) in 4 different trees. The given value in length and b/l is a mean of 10 seeds (mm, resp. %).

Bestand Baum Stand Tree	l			b/l		
	1948	1949	1950	1948	1949	1950
8/8	4,3	3,5	3,9	55,8	58,1	57,0
8/24	3,5	2,9	3,2	63,3	64,0	62,8
17/25	3,9	3,5	3,9	53,9	56,3	56,7
18/3	3,5	3,2	3,3	61,5	63,4	65,5

innerhalb der drei Jahre einen relativ gleichen Verlauf ($P > 0,05$). Die Streuungszerlegung ist ähnlich wie in Tab. 9 durchgeführt worden.

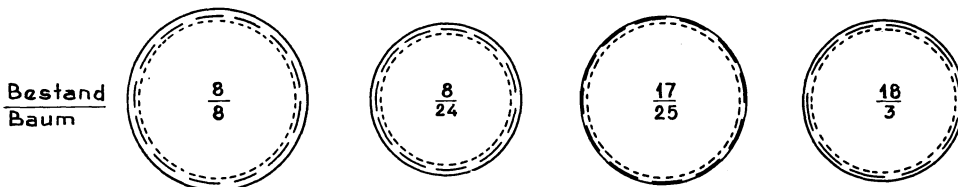


Fig. 7. Flächenvergleich der Aufrissbilder unter dem Einfluss der Witterung in den Jahren 1948, 1949, 1950. Die Flächen der Samenbilder sind für 4 Bäume ineinander gezeichnet (1948 ———, 1949 , 1950 - - - -). Comparison of the areas of the broad-side-view pictures under the influence of the climate in 1948, 1949, 1950. The areas of the seed pictures of four different trees are drawn concentrically within one another (1948 ———, 1949 , 1950 - - - -).

In der Fig. 7 zeigen die Flächen der Aufrissbilder, der vier erwähnten Bäume, in den Jahren 1948, 1949, 1950 gleichsinnige Schwankungen.

Die Samenform. Die Witterungsunterschiede der drei Jahre haben dagegen keinen Einfluss auf die Samenform (b/l) ($P > 0,05$).

Die Höhe des Zapfens in der Krone, seine Exposition, oder sein Abstand vom Stamm kann auch von Einfluss sein. In dieser Hinsicht ist ein kleiner Orientierungsversuch durchgeführt worden, indem man Samen von Zapfen der Nord- und Südseite eines Einzelstammes miteinander verglichen hat. Als Untersuchungsmaterial sind je 15 Samen der Nord- und Südseite als Stichprobe aus dem Samenmaterial Nr. 4189 entnommen worden. Die Fläche des Schattenbildes im Aufriss zeigt beim Vergleich, dass die Samen der Südseite etwas grösser sind als die der Nordseite. Bei demselben Samenmaterial ist auch die Form (b/l) untersucht worden. Es hat sich gezeigt, dass die Samenform durch verschiedene Expositionsverhältnisse nicht beeinflusst wird. Das Ergebnis einer Probe genügt natürlich nicht um etwas Definitives über den Einfluss der Exposition auf die







Samenentwicklung auszusagen. Vielmehr soll dies als Anregung dienen, um im Einzelnen, die Abhängigkeit der Samenausbildung von der Zapfenlage innerhalb einer Krone zu untersuchen.

e. Zusammenfassung der besprochenen Einflüsse auf die Samenbesonderheiten.

Die Konstanz der morphologischen Besonderheiten ist unter verschiedenen Bedingungen geprüft worden.

Tabelle 11. Analyse der Samenbesonderheiten unter dem Einfluss verschiedener Bedingungen.

Analysis of seed-details in respect to influence of different conditions.

Mutterbaum Mother-tree	Untersuchte Bedingungen Analysed conditions	Anzahl Samen Number of seeds		Samenbesonderheit Seed-details	Schema Outline
		gesamt total	davon mit typischem Samenbesonderheiten with typical seed-details		
6/22	volle Samen full seeds taube Samen empty seeds	24 21	23 20	Im Seitenriss Nabel seitlich Narrow-side view navel aside	
4243	Zapfenlänge Cone length mm 31 34 36	24 19 21	19 18 21	Im Aufriss Mikro- pylspitze ausge- zogen und abge- stutzt. Broad-side view micro- pyl-tip drawn out and cut.	
E 67	ZapfensektionII Cone-section III IV V VI	10 9 9 4 2	9 8 9 4 2	Im Seitenriss Mik- ropylspitze abge- rundet. Narrow-side view mi- cro-pyl-tip rounded.	
8/8	Jahr Year 1948 1949 1950	10 10 10	10 10 10	Im Aufriss Mikro- pylspitze breit ab- gerundet. Broad-side view micro- pyl-tip broadly rounded.	
VIII: 2	Pollen, freie Bestäubung open pollinated × VIII: 2 × VIII: 1 × VIII: 46	20 6 20 20	15 6 14 20	Im Seitenriss Mik- ropylspitze haken- förmig. Harrow-side view mi- cro-pyl-tip bent to a hook.	
VIII: 1	Pollen, freie Bestäubung open pollinated × VIII: 2 × VIII: 1 × VIII: 46	20 20 20 20	18 20 17 18	Im Seitenriss Mik- ropylspitze gerade, schmal zugespitzt. Narrow-side view mi- cro-pyl-tip straight and narrow sharpened.	

Die in der Tab. 11 als nicht typisch ausgeprägt angesprochenen Samenbesonderheiten (z. B. VIII: 2 \times VIII: 1 — Mikropylspitze hakenförmig), fallen jedoch beim Vergleich mit Besonderheiten anderer Proben auf (z. B. E 67 — Mikropylspitze abgerundet).

Die Stetigkeit solcher Merkmale, sowohl bei den vollen wie auch bei den tauben Samen eines Einzelstammes, ist erstaunlich. Diese Merkmale scheinen von Zapfengröße, Lage der Samen im Zapfen, Witterungsverhältnissen, ver-

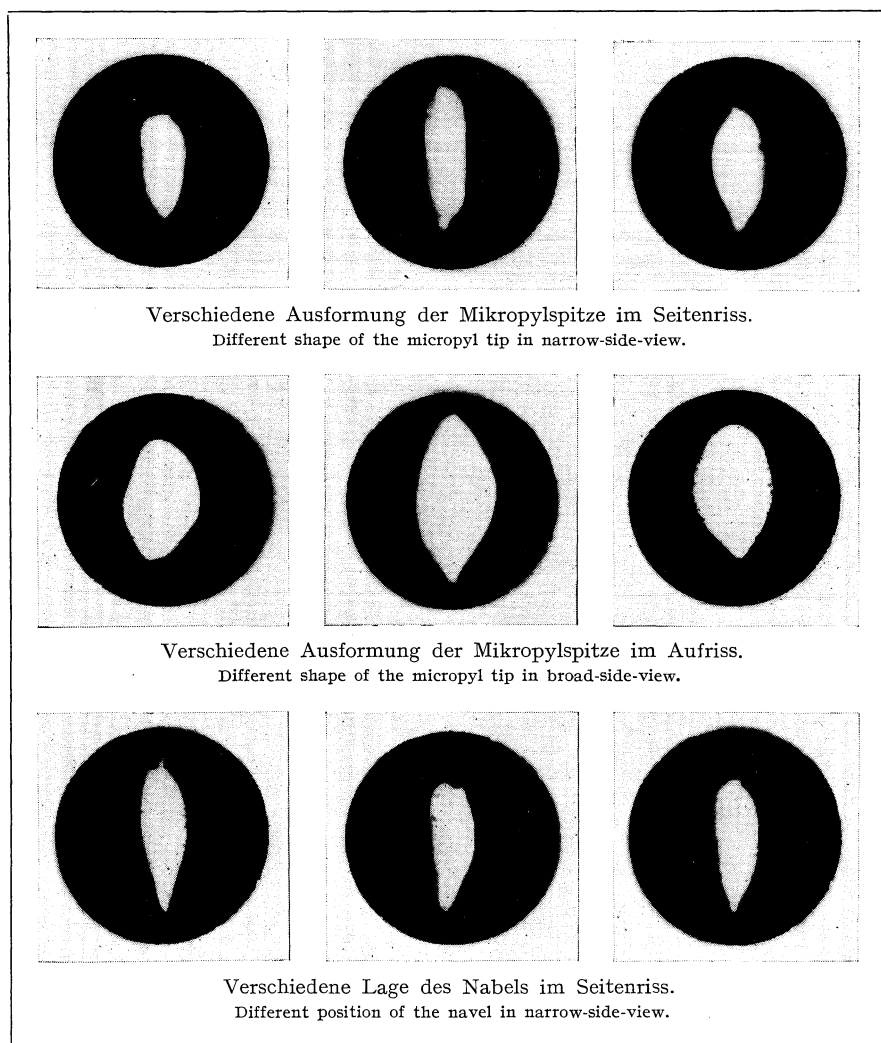


Fig. 8. Samenbesonderheiten. Alle Samen, die von 9 verschiedenen Bäumen stammen, sind in gleicher Vergrößerung dargestellt (1 MM = 0,2 mm).

Seed-details. The seeds which originate from 9 different trees, are all reproduced at the same enlargement (1 MM = 0,2 mm).

schiedenen Kreuzungen und anderen äusseren Einflüssen nicht abhängig zu sein. Aus den Ergebnissen kann man schliessen, abgesehen von möglichen Samendeformationen, dass es sich um genotypisch durch den Mutterbaum bedingte Merkmale handelt.

Die Mannigfaltigkeit der Samenbesonderheiten ist sehr gross. Einige Beispiele dafür seien in Fig. 8 angegeben.

Diskussion

KURDIANI (1908) hat beobachtet, »dass Kiefern bäume streng ausgeprägte individuelle Eigenschaften besitzen, welche sich an ihren Samen äussern. Samen die von verschiedenen Bäumen stammen, unterscheiden sich nach ihrer Form, Grösse und Färbung. Man konnte längliche, rundliche und eckige Samen unterscheiden und dabei die Beobachtung machen, dass die Form der Samen für jeden einzelnen Baum eine gewisse Konstanz besitzt.« Aehnlich weist ROHMEDEK (1939) bei seinen Untersuchungen an Fichte darauf hin, dass Zapfenform, Grösse und Farbe, wie auch die Form und Farbe des Samenflügels nur vom Genotypus des Mutterstammes bestimmt wird.

Was die Samenausformung der Kiefer angeht, hat man bereits die geringe Variabilität bestimmter Merkmale ein und desselben Individuums nachgewiesen und die Brauchbarkeit der Merkmale für die Charakterisierung der Samenausformung eines Baumes gezeigt.

Methodik. — Bei der Beurteilung der hier angewandten photographischen Methode zur Bestimmung der Samenausformung ergeben sich mehrere Vorteile: Durch das Aufkleben des Samens wird eine einfache und schnelle Photoaufnahme des sonst schwer zugänglichen Samenseitenrisses gestattet. Die Projektion des Samens ermöglicht durch die Bildvergrösserung eine genauere Auswertung des Schattenbildes, als beispielsweise durch das Kontaktbild. Durch Messung des Schattenbildes erhält man objektive Werte, so dass eine Schätzung der Samenausformung nicht nötig ist.

Es ist durchaus möglich, dass man bei weiteren Versuchen die Arbeitstechnik, hauptsächlich aber das Messungsverfahren, vervollständigen kann. Die Untersuchungen über die Genauigkeit des Verfahrens zeigen, dass die Methodik zufriedenstellend ist.

Samengrösse. — *In der Auswahlprobe Nr. 4247 besitzen die vollen Samen eine grössere mittlere Länge als die tauben.* Diese Feststellung will aber nicht sagen, dass die Samenschale bei tauben Samen weniger entwickelt ist, als bei vollen.

Nach der sektionsmässigen Untersuchung der Zapfen liegt der grösste Anteil der tauben Samen in der II. Sektion. Die vollen Samen befinden sich dagegen mit dem grössten Anteil in der III. Sektion, in welcher die Samen länger, als die der II. Sektion, sind. Diese, auch von VINCENT (1930) beobachtet, unter-ete

schiedliche Mengenverteilung der vollen und tauben Samen in den Zapfensektionen, wirkt sich mit verschiedenem Uebergewicht in den betreffenden Längenmittelwerten der ganzen Auswahlprobe aus, auch wenn die vollen und tauben Samen in einzelnen Sektionen sich voneinander nicht unterscheiden. In einer Stichprobe dagegen findet man nicht immer solche Unterschiede (Tab. 5). Das Samenmaterial der Stichproben stammt nämlich von maschinell geklengten Zapfen. Beim Klengen öffnen sich gewöhnlich die Fruchtschuppen der I. und II. Sektion sehr schwer, wodurch ein grosser Teil der tauben Samen in diesen Sektionen zurückbleibt. Die Mengenverteilung der vollen und tauben Samen auf die Sektionen wird damit relativ mehr oder minder gleich und somit werden die Unterschiede in den Längenmittelwerten der vollen und tauben Samen fast belanglos. Das Verhältnis der tauben und vollen Samen ist von dem Öffnungsgrad der Zapfenschuppen abhängig.

Mit zunehmender Zapfengrösse steigt auch die Samengrösse. Dies wurde in verschiedenem Zusammenhang früher beobachtet (vergl. KURDIANI (1908), HAGEM (1917), STEFANSSON (1946)). Auch dieses Ergebnis erklärt warum die Resultate einer Auswahlprobe und einer Stichprobe aus einer Gesamtprobe sich unterscheiden. In einem nach dem Zufall gesammelten Zapfenmaterial eines Einzelbaumes ist der Anteil der verschieden grossen Zapfen mehr oder weniger gemäss einer Zufallskurve verteilt. So sind die mittelgrossen Zapfen in einer Stichprobe am meisten vertreten und die Samengrösse dieser für den Durchschnittswert entscheidend. Bei der Auswahlprobe wird dagegen vom untersuchungsmethodischen Standpunkt der Anteil der kleinsten, mittelgrossen und grössten Zapfen in gleichem Verhältnis gewählt. Dadurch fällt die Samengrösse der mittelgrossen Zapfen bei der Bildung des Durchschnittswertes nicht mehr so stark ins Gewicht.

Ähnlich wirkt sich auch die steigende Samenanzahl mit zunehmender Zapfengrösse aus. Durch die Zapfenauswahl wird nämlich die proportionelle Mengenverteilung der verschieden grossen Samen in einer Auswahlprobe anders als in einer Stichprobe.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass für die Bestimmung der durchschnittlichen Samengrösse eines Einzelbaumes das Stichprobeverfahren angewendet werden soll, da dieses für die Gesamtprobe der Samen am typischsten ist.

Die Samengrösse in verschiedenen Teilen der Zapfen variiert gesetzmässig. An der Zapfenbasis sind die Samen am kleinsten, das Längenmaximum erreichen sie im unteren Drittel des Zapfens (IV. Sektion) und gegen die Spitze des Zapfens nimmt sie wieder ab. Analoge Verhältnisse findet VINCENT (1930) für das Samengewicht in verschiedenen Teilen des Kieferzapfens. Die schweren Samen liegen in der Mitte des Zapfens, die leichten in der Nähe der Zapfenbasis und der Zapfenspitze.

Die verschiedenen Jahresklimata wirken sich in der Samengrösse eines Einzel-

stammes aus. Bei allen vier untersuchten Bäumen verlaufen die Schwankungen der Samengrösse in relativ gleicher Richtung. Das muss aber nicht immer der Fall sein. So können in grossklimatisch einheitlichem Gebiet lokalklimatische Unterschiede vorkommen, die für die Samenentwicklung massgebend sein können. Eine eingehendere Untersuchung über die Klimaeinflüsse auf die Samenentwicklung, bei welcher mehrere Kiefernprovenienzen in Betracht kommen könnten, wird darüber Aufschluss geben. Auf die Samengrösseschwankungen (1000-Korngewicht) in den verschiedenen Jahren weist BÜHLER (1891) hin, der daraus auch praktische Folgerungen zieht. Bei langjährigen Untersuchungen der Jahresklimawirkung muss selbstverständlich auch der mögliche Einfluss der Alterszunahme des untersuchten Baumes berücksichtigt werden (vergl. VINCENT 1931).

Die Samengrösse eines Einzelbaumes ist sehr veränderlich und als solche für die Charakterisierung der Samenausformung nicht geeignet. Dagegen kann man durch die Veränderlichkeit der Samengrösse sehr gut die modifizierende Wirkung des Milieus auf die Samen studieren.

Samenform. — *Die tauben und vollen Samen eines Baumes haben die gleiche Form.* Zudem wird auf experimentellen Weg gezeigt, dass bei den untersuchten Bäumen die Samenform ausschliesslich vom mütterlichen Genotyp bestimmt wird.

Der Baum bildet Jahr für Jahr Samen gleicher Form. Mit Ausnahme eines möglichen Deformierungseinflusses der Fruchtschuppen machen sich alle anderen äusseren Einflüsse, wie Klima, Zapfengrösse, Zapfenlage in der Krone u. a. bei der relativen Ausformung der Samen nicht geltend. Was die Deformierungseinwirkung der Fruchtschuppen betrifft, bedingen wohl die schmaleren Schuppen in der Zapfenspitze auch schmalere Samen (vergl. Beilage C). Ähnlich bleibt auch die Kleinheit der Schuppen in der Zapfenspitze nicht ohne Bedeutung auf die Samengrösse. Wie man aus der Fig. 2 entnehmen kann, ist die Fruchtschuppe der Zapfenbasis stark gebogen, so dass auch der Samen oft in der Richtung der Längsachse gebogen wird. Dieselbe Biegung zeigt auch der in diesem Zapfenteil oft zur Seite gerichtete Samenflügel. Veränderungen im Bereich der Mikropylspitze sind die Ursache für die Längenvariationen der Samen in verschiedenen Zapfenabschnitten (siehe Variation Ay/l).

Diese, an sich nicht so grossen Variationen, machen sich vielleicht nur in einer grösseren Streuungsbreite der Einzelwerte bemerkbar. Die kleine Anzahl der Samen in den höheren Sektionen, wo die Grenzwerte der betreffenden Variationen liegen, ist für den Durchschnittswert der Probe nicht gewichtig.

Die Stetigkeit der relativen Merkmale für die Samen eines Einzelstammes ist also sehr ausgeprägt und für die Charakterisierung der Samenform von besonderer Bedeutung.

Samenbesonderheiten. — Wenn diese Merkmale sich durch den Mutterbaum bedingt erweisen lassen, so sind sie für die Charakteristik der betreffenden Samenprobe sehr wertvoll. Leider findet man nicht bei jedem Einzelstamm Samen mit morphologischen Besonderheiten.

Zusammenfassung

1. Das im methodischen Teil beschriebene photographische Verfahren gestattet eine zahlenmässige Beschreibung der Samenausformung der Kiefer.

2. Zur Charakterisierung der Samenausformung dienen folgende Merkmale:

- a. Samengrösse,
- b. Samenform,
- c. Samenbesonderheiten.

Für die Untersuchung erwies es sich als zweckmässig zwei verschiedene Probeverfahren anzuwenden; die Stichprobe (Seite 6) und die Auswahlprobe (Seite 8).

3. Bei der Auswahlprobe und tendenziös auch in einzelnen Zapfen eines Baumes haben die vollen Samen eine grössere mittlere Länge als die tauben. Eine Erklärung hierzu bietet die unterschiedliche Mengenverteilung der vollen und tauben Samen in den Zapfen, die sektionemässig gebunden, verschiedene Samenlängen aufweisen. In einer Stichprobe dagegen kommen die Unterschiede der Mengenverteilung und somit auch die der Länge der vollen und tauben Samen selten zum Ausdruck.

Für die Form zeigen die vollen und tauben Samen der Auswahlprobe in den verschieden grossen Zapfen und auch innerhalb der Zapfensektionen keine Differenz.

4. Die absolute Grösse der Samen ist sehr von äusseren Einflüssen abhängig. So steigt die Samenlänge entsprechend der Zapfengrösse. Innerhalb des Zapfens sind die Samen an der Basis am kleinsten, erreichen ihre Längenmaximum in der Mitte des Zapfens und werden in der Zapfenspitze wieder kleiner. Die Samengrösse variiert auch durch die Witterungsverhältnisse verschiedener Jahre beträchtlich. Ebenso scheint die Zapfenlage innerhalb der Krone die Samengrösse zu beeinflussen.

5. Abgesehen von kleinen Variationen einiger relativer Grössen zwischen den Zapfensektionen zeigt sich die Form der Samen von allen obengenannten Einflüssen unabhängig. Die zuweilen kleinen aber gesetzmässigen Variationen der Samenform in den Zapfensektionen kann man als eine Deformierung bedingt durch morphologische Ausformung der Fruchtschuppe erklären.

6. Die Samenbesonderheiten sind für die Samenausformung besonders charakteristisch, da sie selten vom Milieu geändert werden.

7. Die individuelle Variabilität, der die Samenausformung bestimmenden Merkmale, ist verschieden, im Grossen gesehen jedoch gering.

Ich möchte nicht versäumen Herrn Professor Dr ÅKE GUSTAFSSON für sein der Arbeit entgegenbrachtes Interesse und seiner allseitigen Förderung herzlichst Dank zu sagen.

Diskussionen mit Herrn Docent Dr. OLOF LANGLET, Frau fil. lic. CARIN EHRENBERG, Herrn Forstmeister VILHELM EICHE und Herrn cand. rer. nat. DITER von WETTSTEIN, haben viele fruchtbare Anregungen ergeben. Den mathematisch-statistischen Teil hat Herr fil. lic. BERTIL MATÉRN durchgesehen und die sprachliche Korrektur besorgte Herr Diplom-Forstwirt EBERHARD HALLER. Allen diesen sei an dieser Stelle nochmals gedankt.

Summary

On the seed morphology of the scots pine (*Pinus silvestris* L.)

The results can be summarized in the following way:

1. The photographic method described here makes the description of seed-morphology in Scots pine possible with the help of numerical terms.
2. The seed-morphology is fully characterized by the three properties:
 - a. seed-size
 - b. seed-form
 - c. seed-details

In the course of the investigation two tests different in respect to seed-selection have been applied: (1) the sample-test (p. 6) and (2) the selection-test (p. 8).

3. In the selection-test and more or less also in individual cones, the full seeds have a larger medium length than the empty ones. This difference is caused by a different distribution of full and empty seeds within the cone; the seeds having different lengths in different cone-sections. In the sample-test differences in distribution, and consequently also in length, between full and empty seeds are less marked.

No difference occurs as to seed-form between full and empty seeds in the selection-test. Neither is there any difference in this respect in seeds from large and small cones and from different cone-sections.

4. The absolute size of seeds is strongly dependent from exterior factors. The seed-length increases with increasing cone-size. Within the cone the basal seeds are smallest; the seeds are largest in about the middle of the cone and become again smaller at the cone-top. The seed-size varies also strongly with the climatic conditions of the year. The cone position in the tree crown seems to influence the seed-size, too.

5. Except for small variations in some seed proportions between the different cone-sections the seed-form is independent of all investigated outside factors. The small deviations of form in different cone-sections are caused by a deformation of the scale morphology.

6. The seed-details are the most constant characters. They are very little, if at all, influenced by outside factors.

7. The individual variability of the properties characterizing seed-morphology is different, but in general rather small.

Sammanfattning

Om fröets morfologi hos tall (*Pinus silvestris* L.)

Resultaten kan sammanfattas på följande sätt:

1. Den här angivna fotografiska metoden gör det möjligt att talmässigt beskriva fröets morfologi hos tall.
2. Fröets morfologi karakteriseras av följande egenskaper:
 - a. fröstorlek
 - b. fröform
 - c. frödetaljer.

Fröproven uttogs enligt två metoder: Stickprov (sid. 6) och urvalsprov (sid 8.)

3. I urvalsproven är de matade frönas medellängd större än de tommas. Denna skillnad orsakas av en ojämn fördelning av matade och tomma frön i kotten, som uppvisar olika fröstorlek i olika sektioner. I ett stickprov, som är annorlunda sammansatt än urvalsprovet, är däremot olikheterna i fördelning och alltså även i fröstorlek mellan matade och tomma frön mindre märkbara.

I urvalsproven finns ingen skillnad i formen mellan matade och tomma frön, varken i olika stora kottar eller i olika kottsektioner.

4. Den absoluta fröstorleken är mycket beroende av yttre inflytande. Fröstorleken ökar med kottstorleken. Inom kotten är fröna minst vid basen, når sitt längdmaximum i kottens mitt och blir åter mindre vid spetsen. Fröstorleken varierar betydligt med klimatskillnaderna år från år. Även kottens läge i kronan tycks ha inflytande på fröstorleken.

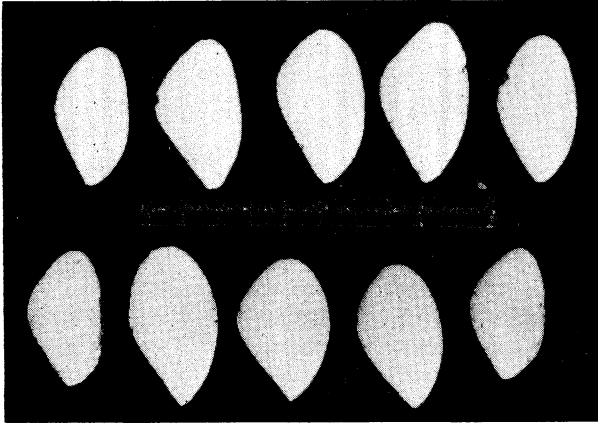
5. Med undantag för mindre variationer i fröets storleksförhållande mellan olika kottsektioner visar sig fröformen vara helt oberoende av ovan nämnda yttre inflytanden. De ibland förekommande lagbundna variationerna i fröform i enstaka kottsektioner kan förklaras som en deformation, förorsakad av kottefjällens morfologi.

6. Frödetaljerna karakteriserar väl fröets morfologi, då de sällan påverkas av miljön.

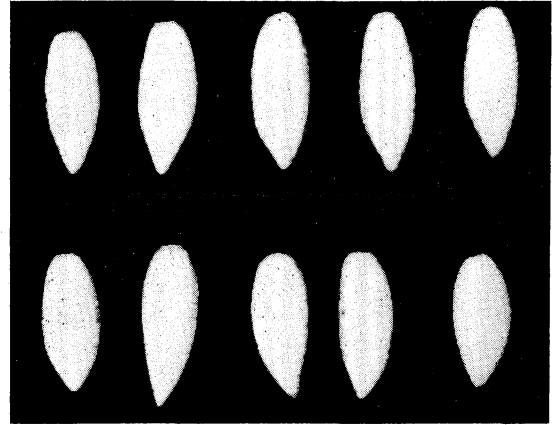
7. Den individuella variationen mellan de egenskaper, som bestämmer fröets utformning, är olika men i stort sett liten.

Literaturverzeichnis

- BÜHLER, A., 1891. Saatversuche. — Mittheilungen der Schweizerischen Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen. I. Zürich.
- COCHRAN-COX, 1950. Experimental Designs. New York.
- DUNCAN, A. J., 1952. Quality Control and Industrial Statistics. Chicago.
- FISHER, R. A., 1941. Statistical Methods for Research Workers. London.
- HAGEM, O., 1917. Furuens og granens frøsætning i Norge. — Meddelelse Nr. 2 fra Vestlandets forstlige forsøksstation. Bergen.
- KURDIANI, S., 1908. Zur Frage über die Rassen der Pinus silvestris. — Centralblatt für das gesamte Forstwesen. XXXIV. Wien.
- ROHMEDER, E., 1939. Wachstumsleistungen der aus Samen verschiedener Größenordnung entstandenen Pflanzen. — Forstwissenschaftliches Centralblatt. LXXXIII. Berlin.
- SNEDECOR, G. W., 1950. Statistical methods. Iowa.
- STEFANSSON, E., 1946. Provkängning av tallkott sorterad i storleksklasser. — Skogen 33. Stockholm.
- VINCENT, G., 1930. Rozbory šišek jehličnanů a jejich semen. I. — Sborník výzkumných ústavů zemědělských RČS. Vol. 50. No. 2. Praha.
- VINCENT, G., 1931. Rozbory šišek jehličnanů a jejich semen. II. — Sborník výzkumných ústavů zemědělských RČS. Vol. 71. No. 4. Praha.
- WETTSTEIN, R. VON, 1911. Handbuch der systematischen Botanik. Leipzig und Wien.

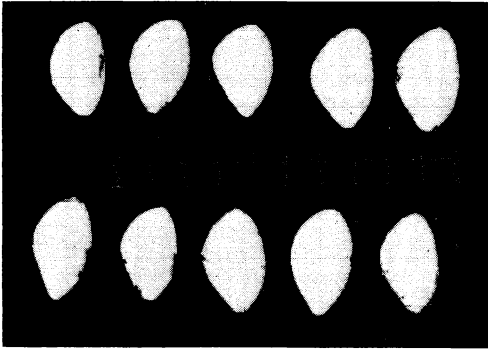


a

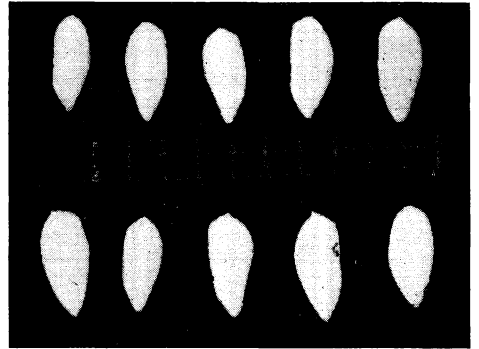


b

$\frac{4}{8}$

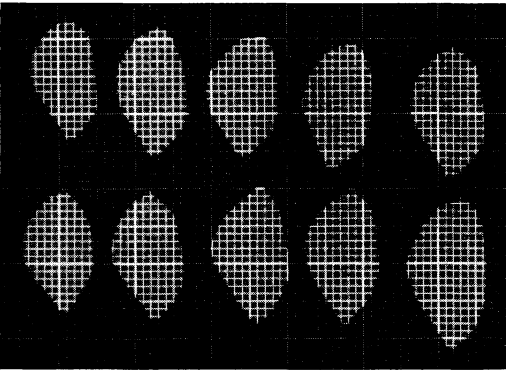


a

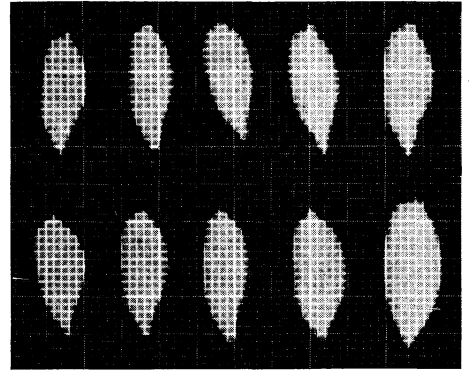


b

$\frac{17}{11}$



a

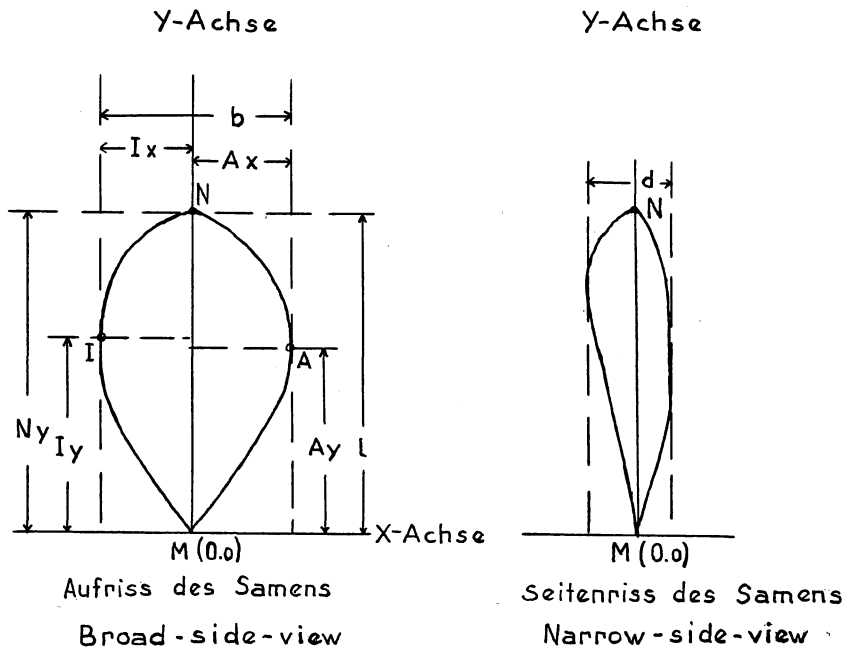


b

$\frac{104}{21}$

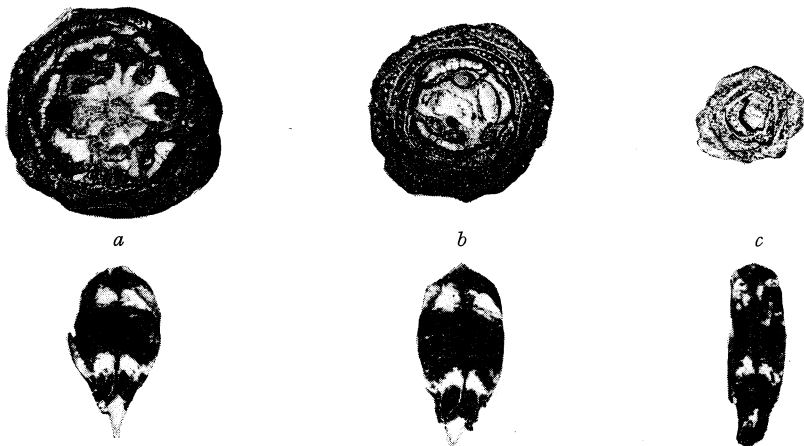
Beilage A. Stichprobe von je 10 Samen drei verschiedener Bäume, photographiert in derselben Reihenfolge im Aufriss (a) und im Seitenriss (b). Alle Photographien haben die gleiche Vergrößerung. Bei den Proben 4/8 und 17/11 entspricht ein Teil auf dem Masstab 1 mm. Bei der Stichprobe 104/21 wird das durchsichtige Papier direkt auf das Kopierpapier gelegt, auf welches der Samen projiziert wird. Ein Quadrat entspricht 1 MM² (siehe Text). Dieses Verfahren ist für die Flächenmessung des Schattenbildes gut geeignet.

Sample-test of each 10 seeds from three different trees photographed in the same sequence in broad-side-view (a) and in narrow-side-view (b). All the photos have the same enlargement. At the sample tests 4/8 and 17/11 corresponds one part of the scale to 1 mm. At the sample test 104/21, the transparent paper is put directly on the printing paper and the seeds are projected on this. One square corresponds to 1 MM² (see in text). This method is very suitable for the measuring of the area of the shadow pictures.



Beilage B. Aufriß und Seitenriß eines Samens mit den im Text verwandten absoluten Werten zur Charakterisierung des Samenausformung.

Broad- and narrow-view of a seed marked with the used absolute values characterising seed-form.



Beilage C. Die Ausformung der Fruchtschuppe in den verschiedenen Teilen des Zapfens.

Oben Querschnitt, unten die Schuppe mit den Samen

- a. in der Mitte des Drittels an der Zapfenbasis,
- b. in der Mitte des Zapfens,
- c. in der Mitte des Drittels an der Zapfenspitze.

The shape of the ovuliferous scale in the different parts of the cone. Upper row: cross section. lower row: the scale with the seeds.

- a. in the middle of the lower third of the cone,
- b. in the middle of the cone,
- c. in the middle of the upper third of the cone.