

<b>Zeitschrift:</b>	Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft = Bulletin de la Société Botanique Suisse
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Botanische Gesellschaft
<b>Band:</b>	41 (1932)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Ueber die Keimung von Pinus Strobus unter besonderer Berücksichtigung der Herkunft des Samens
<b>Autor:</b>	Koblet, Rudolf
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-27752">https://doi.org/10.5169/seals-27752</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 04.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Ueber die Keimung von *Pinus Strobus* unter besonderer Berücksichtigung der Herkunft des Samens.

Von Rudolf Koblet.

(Aus der Eidg. Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt Oerlikon-Zürich, Abteilung Samenkontrolle, und dem Institut für spezielle Botanik der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich.)

Eingegangen am 17. August 1932.

Inhalt.	Seite
Einleitung . . . . .	199
I. Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Temperaturen auf die Keimung der Weymouthskiefernsamen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Herkunft . . . . .	201
1. Methodisches . . . . .	201
2. Die Keimung bei verschiedenen konstanten Temperaturen . . . . .	205
3. Die fördernde Wirkung einer kühlen Vorbehandlung . . . . .	218
4. Die Wirkung einer warmen und darauffolgenden kühlen Vorbehandlung . . . . .	229
5. Der Einfluss eines täglichen Temperaturwechsels . . . . .	234
6. Das Verhalten der Samen verschiedener Herkunft . . . . .	236
7. Der Einfluss der beim Ausreifen und während der Lagerung herrschenden Bedingungen . . . . .	243
II. Untersuchungen über die inneren Veränderungen der im Keimbett liegenden Samen . . . . .	250
1. Die Umwandlung der Reservestoffe . . . . .	254
2. Die Veränderung der wasserhaltenden Kraft . . . . .	267
3. Die Veränderung der Azidität . . . . .	269
4. Die Veränderung der Katalaseaktivität . . . . .	270
III. Zusammenfassung . . . . .	278
Literatur . . . . .	281

## Einleitung.

Schon früh ist von Gärtnern die Beobachtung gemacht worden, dass die Keimung vieler Samen durch einen vorausgehenden Aufenthalt bei tiefen Temperaturen gefördert wird. Der Praktiker weiss, dass die Samen mancher Sträucher und Bäume nicht einfach im Frühjahr gesät werden können, dass sie vielmehr erst stratifiziert, d. h. in feuchtem Sand oder Torfmull dem Frost ausgesetzt werden müssen.

Die Wirkung von tiefen Temperaturen auf die Keimung ist in den letzten zwei Jahrzehnten namentlich von amerikanischen Forschern untersucht worden. Wir verweisen auf die Arbeiten von Davis und Rose 1912, Eckerson 1913, Crocker 1916 und 1930, Crocker und Harrington 1918, Rose 1919, Jones 1920, Pack 1921,

Harrington und Hite 1923, O. H. Davis 1927, W. E. Davis 1930, Barton 1930 und Flemion 1931. Aus diesen Untersuchungen, auf die wir später zurückkommen werden, geht hervor, dass die Samen vieler Arten zur Beseitigung von Keimungshemmungen tiefgreifende Veränderungen durchmachen müssen und dass diese Veränderungen bei Temperaturen vor sich gehen, die unter dem Wachstumsoptimum liegen. Für eine grosse Zahl von Arten hat Kinzel 1913 eine günstige Wirkung des Frostes festgestellt. Von seiten der Samenkontrolle ist die Arbeit von Grisch und Lakan 1923 zu erwähnen, welche die an der Versuchsanstalt Oerlikon für die Keimprüfung der Weymouthskiefern samen angewendete « Kellermethode » eingehend beschreibt. Nach dieser Untersuchung keimen die Samen von *Pinus Strobus* häufig schlecht, wenn sie sofort in einen Thermostaten von beispielsweise 25° C gestellt werden; sie keimen hingegen rasch und vollständig aus, wenn sie vorher 30 Tage in gequollenem Zustand bei 8—10° verweilt haben. Die meisten Proben reagieren auf den Kühlauftenthalt gut; andere keimen indessen auch ohne Vorbehandlung vollständig aus.

Die vorliegende Arbeit soll neben einem eingehenden Studium des Temperatureinflusses namentlich zur Lösung folgender zwei Fragen beitragen :

1. Hängen die ungleichen Temperaturansprüche, welche bei verschiedenen Proben von *Pinus Strobus* beobachtet worden sind, irgendwie mit den klimatischen Verhältnissen des Standortes der Mutterpflanzen zusammen ?

2. Lassen sich in den Samen Veränderungen nachweisen, welche die günstige Wirkung der tiefen Temperaturen zu erklären vermögen ?

Um die erste Frage auf etwas breiterer Grundlage verfolgen zu können, wurden neben *Pinus Strobus* noch *Molinia coerulea*, *Amelanchier ovalis* und *Eryngium alpinum* in die Untersuchung einbezogen. *Molinia coerulea* weist ähnlich wie *Pinus Strobus* häufig eine unvollständige und in die Länge gezogene Keimung auf; durch eine kühle Vorbehandlung kann nach noch unveröffentlichten Versuchen von Grisch auch bei dieser Art meistens eine deutliche Förderung erzielt werden. Da die einzelnen Proben von *Molinia coerulea* ebenfalls ungleich auf die tiefen Temperaturen reagieren, schien auch diese Pflanze für die Lösung der gestellten Fragen geeignet zu sein. Bei *Amelanchier ovalis* und *Eryngium alpinum* war es von Interesse festzustellen, wie sich die in verschiedenen Höhenlagen gewachsenen Samen bei der Keimung verhalten.

Die vorliegende Arbeit wurde an der Abteilung Samenkontrolle der Eidgenössischen Landwirtschaftlichen Versuchsanstalt in Oerlikon-Zürich begonnen und nach Eröffnung des neuen Gewächshauses des Institutes für Spezielle Botanik der E. T. H. an diesem Institut weiter-

geführt. Die chemischen Analysen sind sämtliche in der erstgenannten Anstalt durchgeführt worden. Herrn Prof. Dr. G ä u m a n n spreche ich für die wertvolle Unterstützung und die Ueberlassung der Einrichtungen seines Institutes meinen besten Dank aus. Ebenso danke ich Herrn Dr. W a h l e n , Vorstand der Eidg. Landw. Versuchsanstalt Oerlikon, und insbesondere Herrn Dr. G r i s c h , Leiter der Abteilung Samenkontrolle dieser Anstalt, welch letzterer durch seine mannigfachen Anregungen starken Anteil an der Untersuchung genommen hat.

Zur Beschaffung des Samenmaterials musste die Hilfe folgender Herren und Amtsstellen in Anspruch genommen werden, denen allen hiermit bestens gedankt sei :

Prof. Dr. K n u c h e l , E. T. H. Zürich;  
Dr. H. B u r g e r , Zürich;  
Oberförster S c h w a r z , Zofingen;  
Oberförster D e c k , Lenzburg;  
Staatsförster Z o l l i n g e r , Rüti (Zch.);  
Staatsbannwart K ü p f e r , Schiffmatt;  
K. F r i k a r t , Stäfa;  
H. Th ö n i , Novaggio;  
Gebr. B ü r g i , Zeihen;  
Gebr. M e r t e n s , Zürich;  
Prof. Dr. V a n s e l o w , Giessen;  
Forstamt Michelstadt, Hessen;  
Forstamt Büdingen, Oberhessen;  
Forstamt Trippstadt, Pfalz;  
Forstamt Waldaschaff, Bayern;  
Fürsterei Niederscheidweiler, Bezirk  
Trier;  
Freiherrliche V i n c k e 'sche Verwal-  
tung, Ostenwalde;

H a a g e und S c h m i d t , Erfurt;  
H. K e l l e r , Darmstadt;  
Prof. G u i n i e r , Nancy;  
L. P a r d é , Directeur, Nogent-sur-  
Vernisson (Loiret);  
M. d'A l v e r n y , Briançon (Hautes-  
Alpes);  
l'Inspecteur des Forêts à Saverne;  
M. H i c k e l , Versailles;  
Dr. T o o l e , Washington DC;  
A. H. L a r s o n , St. Paul, Minn.;  
H. L. S h i r l e y , St. Paul, Minn.;  
H. H o p k i n s , Chippewa National  
Forest, Minn. U. S. A.;  
M. A. A d a m s o n , Midhurst, Anten  
Mills, Ontario;  
I. S. N e w m a n , Saint Williams,  
Ont., Canada.

## I. Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Temperaturen auf die Keimung der Weymouthskiefernsamen unter besonderer Berücksichtigung ihrer Herkunft.

### 1. Methodisches.

Die zur Untersuchung verwendeten Weymouthskiefernsamen wurden in der Hauptsache direkt von Forstämtern und privaten Forstleuten bezogen. Die erhaltenen Zapfen wurden im Dachraum der Versuchsanstalt Oerlikon zur Trocknung ausgebreitet und nach 2—3 Wochen ein erstes Mal geklengt. Ein zweites Ausklingen erfolgte etwa 1—2 Monate später, d. h. zu einem Zeitpunkt, in dem eine möglichst gute Ausbeute erzielt werden konnte. Das beim 1. und 2. Ausklingen erhaltenen Material wurde in der Regel getrennt untersucht. Es muss hervorgehoben werden, dass unser Vorgehen bei der Samengewinnung ein anderes war als das an den Klenganstalten übliche Verfahren, wo gewöhnlich hohe Temperaturen zur Anwendung gelangen. Neben dem

direkt bezogenen Material wurden auch eine Anzahl Handelsproben untersucht, deren Vorgeschichte nicht näher bekannt war.

Die Samen wurden vor dem Anlegen der Versuche während 30 Minuten in 0.1 %iger Formaldehydlösung gebeizt. Diese Vorbehandlung hatte sich im Vergleich mit verschiedenen andern Mitteln ( $HgCl_2$ ,  $AgNO_3$ ,  $NaClO$ , Uspulun) am besten bewährt; es konnte so eine genügende Sterilisation erreicht werden, ohne das spätere Keimverhalten merklich zu beeinflussen. Zu einer vollständigen Sterilisation genügte die Formaldehydbeize allerdings nicht, und es war besonders bei schlecht keimfähigen Proben nötig, die im Verlauf der Versuche auftretenden verschimmelten Körner regelmässig zu entfernen und das Filtrierpapier von Zeit zu Zeit zu erneuern.

Die gebeizten Samen wurden während 24 Stunden in destilliertem Wasser vorgequellt und in Filtrierpapier zur Keimung angesetzt. Als Anfang des Versuches wurde der Beginn der Vorquellung betrachtet. Die meisten Versuche wurden in den Thermostaten des Institutes für Spezielle Botanik ausgeführt, die eine durchschnittliche Temperaturschwankung von  $\pm 0.4^\circ$  aufwiesen. Für diese Versuche sind angesichts dieser kleinen Schwankungen nur die Durchschnittstemperaturen angegeben. Die Keimschränke, die für die in Oerlikon durchgeföhrten Versuche benützt wurden, wiesen grössere Temperaturschwankungen auf; anderseits war hier die Lufterneuerung etwas gründlicher. Bei diesen Versuchen sind neben den mittleren Temperaturen auch die Schwankungen angeführt. Diese stärkeren Schwankungen haben aber die Keimung der untersuchten Weymouthskiefernproben nicht wesentlich beeinflusst; vielmehr stimmten die Keimresultate derjenigen Proben, die gleichzeitig sowohl in Oerlikon als auch am Institut für Spezielle Botanik zur Keimung angesetzt wurden, innerhalb der Fehlergrenzen miteinander überein.

Bei *Molinia coerulea* wurden ausser den in verschiedenen Gegenden der Schweiz gesammelten Samen auch eine Anzahl Handelsproben verwendet. Als Keimmedium dienten hier Schalen aus porösem Ton, wie sie an der Versuchsanstalt Oerlikon für die Keimprüfung vieler Arten gebräuchlich sind. Diese Schalen eignen sich für Keimversuche mit Grassämereien im allgemeinen recht gut, weil das für die Quellung und den Keimungsvorgang erforderliche Wasser fortwährend von unten nachgesogen wird, während von oben her ein guter Luftzutritt möglich ist. Die in dieser Arbeit beschriebenen Versuche mit *Molinia coerulea* sind durchwegs in den Thermostaten des Institutes für Spezielle Botanik durchgeföhrte worden.<sup>1</sup> Da sämtliche in dieser Arbeit beschrie-

<sup>1</sup> Einige Proben, die vergleichsweise an der Versuchsanstalt Oerlikon zur Keimung angesetzt wurden, ergaben durchwegs höhere Resultate; insbesondere zeigten sich hier bei längerer Beobachtung immer wieder vereinzelte Nachkeimungen, während bei den im Institut für Spezielle Botanik durchgeföhrten Ver-

benen Versuche mit *Molinia* in Thermostaten von gleichem Bau durchgeführt wurden, sind sie, auch wenn die Bedingungen nicht als optimal bezeichnet werden können, doch unter sich vergleichbar. Indessen ist zu beachten, dass die beim Vergleich der einzelnen Temperaturen festgestellten Unterschiede in den Keimergebnissen unter anderen Bedingungen möglicherweise anders ausfallen würden.

Für die Versuche mit *Eryngium alpinum* und *Amelanchier ovalis* wurde als Keimmedium Filtrerpapier verwendet. Die Samen dieser Arten wurden im Gegensatz zu denjenigen von *Pinus Strobus* ohne Vorquellung zur Keimung angesetzt.

Die Versuche sind in der Regel mit  $5 \times 100$  Samen durchgeführt worden; in einzelnen Fällen mussten wir uns wegen Mangel an Material auf  $6 \times 50$  oder  $5 \times 50$  Samen beschränken. Es war indessen recht bezeichnend, wie sich diese Reduktion sofort in einer Erhöhung der mittleren Fehler auswirkte. Wenn ausnahmsweise mit weniger als fünf Wiederholungen gearbeitet wurde, so ist die Zahl der verwendeten Samen jeweils angegeben. Die Auszählung der Keimlinge erfolgte in der Regel in Zeitabständen von fünf Tagen. Aus den erhaltenen Daten wurden die in einer bestimmten Zeit erzielten Keimprozente, deren mittlere Fehler und teilweise auch die mittlere Keimdauer berechnet. Unter mittlerer Keimdauer verstehen wir die Zeit, während welcher die Samen bis zum Eintreten der Keimung durchschnittlich im Keimbett liegen (vgl. Gassner 1915). Diese Grösse gibt ein gewisses Mass für die Geschwindigkeit des Keimverlaufes bei verschiedenen Proben und unter verschiedenen Bedingungen. Sie ist aber in vielen Fällen mit Vorsicht auszuwerten, besonders dann, wenn beim Abschluss der Versuche noch gesunde Samen im Keimbett vorhanden sind, weil für diese die Keimdauer noch unbestimmt ist. Was die Feststellung der mittleren Fehler betrifft, sind wir uns wohl bewusst, dass dieselbe bei nur fünf Wiederholungen, vom mathematischen Standpunkt aus betrachtet, nicht ganz einwandfrei ist. Der mittlere Fehler ist aber doch ein einfacher Ausdruck für die Schwankungen, die als Folge der Variabilität der Proben und gewisser nicht näher bestimmbarer Versuchsfehler auftreten, und soll auch in unserer Arbeit in erster Linie als solcher aufgefasst werden.

Eine zusammenfassende Betrachtung der in der vorliegenden Untersuchung gewonnenen Einzelresultate gibt uns die Möglichkeit,

---

suchen nach etwa  $1\frac{1}{2}$  Monaten so gut wie gar keine Keimlinge mehr beobachtet wurden. Die Thermostaten dieses Institutes scheinen daher für die Keimung von *Molinia* keine so guten Vorbedingungen zu bieten wie diejenigen der Versuchsanstalt Oerlikon. Ob das geringere Keimergebnis im Institut für Spezielle Botanik auf das Fehlen grösserer Temperaturschwankungen zurückzuführen ist, kann nicht ohne weiteres entschieden werden, da die beiden Typen von Thermostaten auch noch in anderer Hinsicht, so beispielsweise in bezug auf die Luftzirkulation, voneinander abweichen.

festzustellen, wie weit die zwischen den einzelnen Wiederholungen beobachteten Schwankungen auf Zufälligkeiten beruhen und in welchem Ausmasse Unvollkommenheiten der Versuchstechnik mit hineinspielen. Wir gehen dabei von folgenden Ueberlegungen aus. Bei Keimprüfungen kommen die durch den Zufall bestimmten Fehler dadurch zustande, dass bei der Abzählung von beispielsweise 100 Körnern aus einer Samenprobe keimfähige und nicht keimfähige Samen in wechselnder Kombination erfasst werden. Es handelt sich hier um dieselben gesetzmässigen Schwankungen, welche dann zutage treten, wenn — im Schulbeispiel der Wahrscheinlichkeitsrechnung — einem Reservoir von schwarzen und weissen Kugeln wiederholt eine bestimmte Anzahl Kugeln entnommen wird. Der auf der Probeziehung beruhende mittlere Fehler lässt sich — ideale Mischung vorausgesetzt — theoretisch berechnen; er beträgt nach dem Satz von Bernoulli (vgl. F u e t e r 1926, S. 246)  $m = \sqrt{s \cdot p (1-p)}$ , wo  $s$  die Anzahl der für den Einzelversuch verwendeten Körner,  $p$  die als Dezimalbruch ausgedrückte Keimfähigkeit bedeutet.

Es handelt sich nun darum, die theoretischen Werte mit den beobachteten zu vergleichen. Die tatsächlichen mittleren Fehler könnten in der Weise ermittelt werden, dass ein und dieselbe Probe in vielen Wiederholungen unter den gleichen Bedingungen zur Keimung angesetzt würde. Aus den Abweichungen liesse sich der mittlere Fehler

des Einzelwertes nach der Formel  $m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}$  berechnen, wo  $[v^2]$

die Summe der Quadrate der Abweichungen und  $n$  die Zahl der Wiederholungen bedeutet. Die Berechnung lässt sich aber auch in unserem Fall, wo die Ergebnisse einer grossen Zahl von Proben und verschiedenen Behandlungsarten, aber von wenigen Wiederholungen vorliegen, durchführen, und zwar kann dies in Anlehnung an R o d e w a l d 1898 folgendermassen geschehen. Die Versuche werden nach der Höhe ihrer Keimprozente in Klassen eingeteilt, für jeden Einzelversuch die Quadrate der Abweichungen vom zugehörigen Mittelwert bestimmt und hernach die Summe der Quadrate der Abweichungen für die ganze Keimfähigkeitsklasse gebildet. Hieraus berechnet sich der mittlere Fehler der Einzelbestimmung für jede Klasse nach der Formel  $m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-u}}$ ,

wo  $[v^2]$  die Summe der Fehlerquadrate,  $u$  die Zahl der Versuche,  $n$  die Zahl der Einzelbestimmungen (in unserem Fall ist  $n = 5u$ ) bedeutet (vgl. F u e t e r 1926, S. 242). Diese Berechnung ist unter Einbeziehung sämtlicher von uns an *Pinus Strobus* ermittelten Keimresultate, soweit sie sich auf  $5 \times 100$  Samen stützen, durchgeführt worden. Die Ergebnisse sind in folgender Uebersicht zusammengestellt :

Keimfähigkeitsklasse	Zahl der Versuche (= u)	Durchschnittliches Keimergebnis jeder Klasse %	Mittlere Fehler der Einzelbeobachtung (je 100 Samen)	
			beobachtet	berechnet
0— 5	42	2.1	1.52	1.43
5— 10	29	7.6	2.70	2.65
10— 20	76	15.1	3.81	3.57
20— 30	66	24.05	4.27	4.27
30— 40	58	35.2	4.92	4.78
40— 50	72	44.6	5.46	4.97
50— 60	78	55.3	5.18	4.97
60— 70	36	65.2	5.02	4.76
70— 80	48	74.5	4.52	4.36
80— 90	58	84.6	4.36	3.61
90— 95	16	93.0	3.18	2.55
95—100	6	98.0	1.77	1.40

Die beobachteten Fehler weisen, wie nach der Theorie zu erwarten ist, bei den zwischen 40 % und 60 % liegenden Keimergebnissen ein ausgesprochenes Maximum auf; sie sind im allgemeinen nur wenig höher als die theoretisch ermittelten. Diese Feststellung berechtigt zum Schluss, dass die zwischen den einzelnen Wiederholungen beobachteten Unterschiede zum grössten Teil aus den unvermeidlichen Zufälligkeiten der Probeziehung erklärt werden können und dass die unkontrollierbaren Verschiedenheiten der die einzelnen Wiederholungen treffenden Bedingungen die Keimung nicht wesentlich zu beeinflussen vermochten. Es muss aber betont werden, dass die Wiederholungen stets gleichzeitig und im gleichen Thermostaten durchgeführt wurden und dass allfällige Unterschiede zwischen den in den einzelnen Thermostaten herrschenden Bedingungen in ihrer Wirkung nicht erfasst wurden.

## 2. Die Keimung bei verschiedenen konstanten Temperaturen.

Wir beginnen mit der Darstellung der bei *Pinus Strobus* gemachten Beobachtungen, und zwar soll zunächst der Keimungsvorgang, wie er äusserlich sichtbar ist, kurz skizziert werden. Als erstes wahrnehmbares Zeichen des beginnenden Keimprozesses betrachten wir die Spaltung der Samenschale, welche an der Spitze (Radiculaseite) des Samens beginnt und sich längs der zwei Seitenkanten nach hinten fortpflanzt. Ist diese erfolgt, so wird normalerweise die Spitze des Knospenkerns mit dem aufsitzenden dunkeln Höckerchen vorgestülpt. Der nächste Schritt ist das Durchbrechen des Wurzelchens. Bei rasch keimenden

Samen gehen die Spaltung der Samenschale und die erste Verlängerung des Keimlings fast gleichzeitig vor sich. Anders verhalten sich die Samen, die aus irgendeinem Grunde (z. B. infolge ungünstiger Bedingungen) langsam keimen. So konnte ich beobachten, dass Samen, die bei 20—30° in den ersten Monaten nicht zur Keimung gelangten, sich nur allmählich zu spalten begannen, während die eigentliche Keimung, d. h. die Verlängerung des Würzelchens, in diesem Falle oft erst viele Wochen oder sogar Monate nach dem Beginn des Auseinander spreizens der Samenschalenhälften eintrat. Um diese Erscheinung etwas besser zum Ausdruck zu bringen, wurde die Zahl der gespaltenen aber noch ungekeimten Körner in bestimmten Zeitabständen ermittelt und zu den bis zum betreffenden Zeitpunkt festgestellten Keimprozenten addiert. Die so erhaltene Summe, welche das Total der gespaltenen Samen darstellt, ist zusammen mit dem prozentualen Keimergebnis in den Tabellen 2 und 3 und den Figuren 1, 3, 4 und 5 eingetragen worden.

Betrachten wir nun an Hand der nachstehenden Figuren zunächst den Einfluss verschiedener konstanter Temperaturen auf die Keimung der Weymouthskiefernprobe Zofingen 1929 I. Bei den tiefsten angewendeten Temperaturen, d. h. bei 0° und 3.6°, ist während der ganzen Dauer des Versuches keine Keimung eingetreten (siehe Fig. 1).<sup>1</sup> Bei 5.8°, 9.1° und 11.9° keimten anfänglich nur vereinzelte Körner. Nach 6 Monaten setzte aber bei der konstanten Temperatur von 11.9° der Keimungsvorgang kräftig ein. In kurzer Zeit wurde hier ein Keimergebnis von 90 % erreicht. Die den Temperaturen 9.1° und 5.8° entsprechenden Kurven zeigen ebenfalls ein deutliches, wenn auch langsameres Ansteigen.

Bei der konstanten Temperatur von 5.8° haben, wie aus Tab. 1 und Fig. 2 ersichtlich, auch die andern untersuchten Proben ähnliche Resultate gezeigt wie die Probe Zofingen 1929 I.

Auch hier zeigte sich die auffallende Erscheinung, dass die Samen nach monatelangem Liegen im Keimbett ziemlich unvermittelt zu keimen begannen und in verhältnismässig kurzer Zeit ein hohes Ergebnis lieferten. Man kann sich nun fragen, ob diese plötzliche, relativ rasche Keimung auf einen *Einfluss der Jahreszeit* zurückzuführen ist. Die Ergebnisse unserer Versuche sprechen gegen eine solche Annahme.

<sup>1</sup> Da beim Abschluss des Versuches auch die bei 3.6° gehaltenen Samen einen ansehnlichen Prozentsatz an gespaltenen Körnern aufwiesen, wurden diese noch etwas längere Zeit beobachtet. Es zeigte sich nun, dass die untersuchte Probe bei 3.6° nach etwa 11 Monaten zu keimen begann und nach 14 Monaten ein Keimergebnis von  $22.3 \pm 2.4\%$ , nach 17 Monaten ein solches von  $49.0 \pm 2.4\%$  lieferte. Bei den unter diesen Bedingungen sich entwickelnden Keimlingen machte sich nach anfänglich normalem Wachstum häufig eine Verbräunung und Zersetzung der Wurzelspitze bemerkbar; wurden die Keimlinge rechtzeitig in eine höhere Temperatur übertragen, so liess sich auch nach eingetretener Verbräunung noch ein normales Wachstum erzielen.

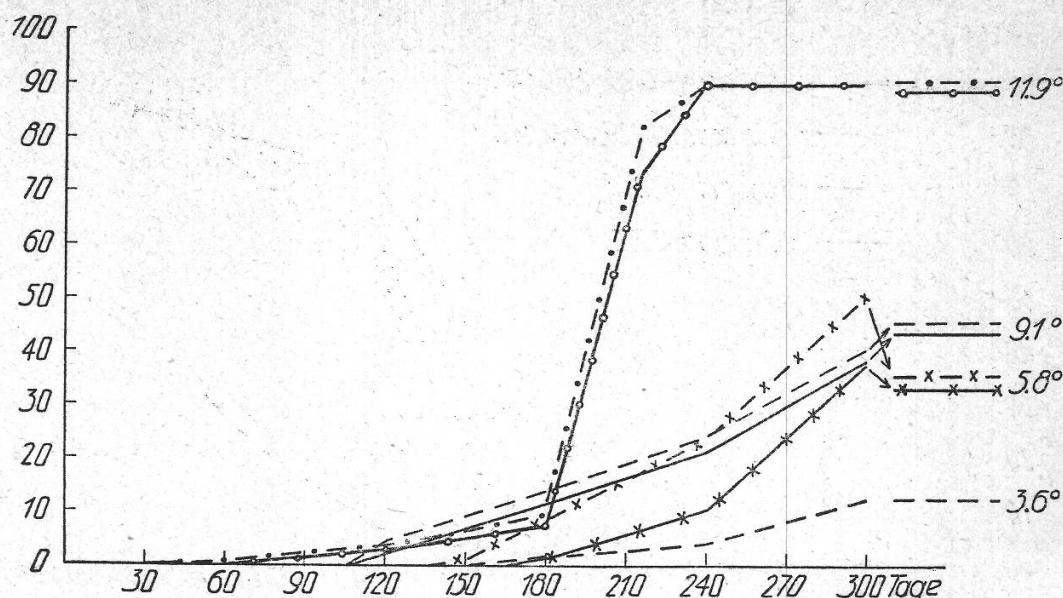


Fig. 1.

Keimverlauf von *Pinus Strobus* bei 3°—12°. (Probe Zofingen 1929 I.) Die ausgezogenen Linien ——— stellen die Keimprozente, die unterbrochenen Linien - - - den Prozentsatz der gekeimten + gespaltenen Samen dar.

Tabelle 1.

#### Keimverlauf verschiedener Weymouthskiefernproben bei 5.8°.

(Das Datum des Versuchsbeginns ist bei den einzelnen Proben in Klammern beigefügt.)

Anzahl Tage	Bünzen 1930 (13. Februar 1931)	Lenzburg 1929 1. Ausklingen (18. Februar 1931)	Lenzburg 1929 2. Ausklingen (18. Februar 1931)	Zofingen 1929 I (6. März 1931)
	%	%	%	%
120	0.5 ± 0.5	0	0	0
150	8.0 ± 0.7	0.8 ± 0.5	0.2 ± 0.2	0
180	39.0 ± 2.6	15.2 ± 2.2	11.2 ± 1.6	1.3 ± 0.8
218	—	—	—	5.0 ± 1.1
222	70.5 ± 2.6	63.2 ± 3.4	56.0 ± 5.3	—
270	76.5 ± 2.7	75.2 ± 4.0	71.0 ± 5.5	22.0 ± 1.7
300	80.5 ± 2.9	86.4 ± 3.3	80.2 ± 4.9	37.7 ± 1.4
330	84.0 ± 3.5	93.2 ± 1.3	85.8 ± 5.1	46.7 ± 1.2

In dem mit der Probe Zofingen 1929 I durchgeföhrten Versuch (Fig. 1) setzte die intensive Keimung je nach der Temperatur zu verschiedenen Jahreszeiten ein; bei 12° keimte die grösste Zahl der Samen im September, bei 5.8° dagegen erst in den Monaten Dezember und Januar. Auch Tab. 1 und Fig. 2 zeigen, dass der Keimverlauf bei *Pinus Strobus* nicht von der Jahreszeit abhängig ist. So setzte die Keimung trotz nahezu gleichzeitigem Beginn der Versuche bei der Probe Bünzen 1930

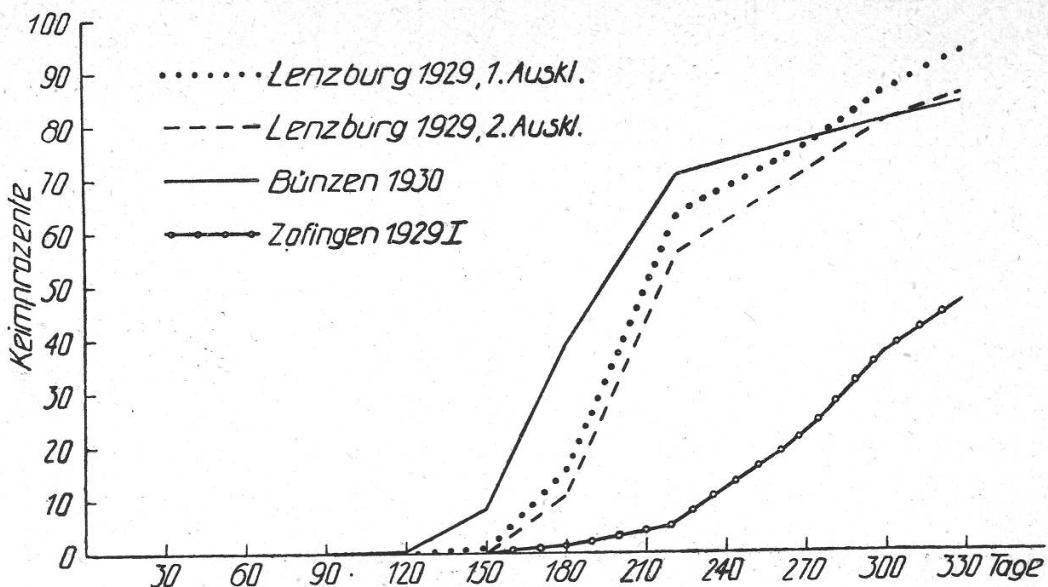


Fig. 2.  
Keimverlauf verschiedener Weymouthskiefernproben bei 5.8°.

nach 4 Monaten, bei den beiden von Lenzburg stammenden Proben nach 5 Monaten kräftig ein, während die Probe Zofingen erst nach etwa 6 Monaten langsam zu keimen begann.

Der in obiger Figur zum Ausdruck kommende eigentümliche Keimverlauf bei konstanten tiefen Temperaturen dürfte mit der später zu besprechenden Tatsache im Zusammenhang stehen, dass ein Aufenthalt bei tiefen Temperaturen die nachherige Keimung bei einer höheren Temperatur um so günstiger beeinflusst, je länger die kühle Vorbehandlung gedauert hat. Wenn die Samen längere Zeit bei den tiefen Temperaturen verbleiben, wie dies bei den in Fig. 1 und 2 dargestellten Versuchen der Fall war, so wird die Keimbereitschaft allmählich so weit gefördert, dass das Auskeimen schliesslich auch bei Temperaturen erfolgen kann, die weit unter derjenigen liegen, die gewöhnlich als optimale Keimungstemperatur betrachtet wird.

Man kann sich nun fragen, ob die Keimung der Samen anderer Arten bei tiefen konstanten Temperaturen in ähnlicher Weise vor sich geht wie bei *Pinus Strobus*. Insbesondere dürfte es von Interesse sein zu wissen, wie sich die Samen von *Molinia coerulea*, die ebenfalls auf eine kühle Vorbehandlung reagieren, in dieser Hinsicht verhalten. Bei dieser Art liess sich im Gegensatz zu *Pinus Strobus* bei der konstanten Temperatur von 6° C keine Keimung feststellen. Dagegen reagierten *Eryngium alpinum* und *Amelanchier ovalis*, von denen zur Ergänzung der mit *Pinus Strobus* gemachten Provenienzversuche verschiedene aus ungleichen Höhenlagen stammende Proben untersucht worden sind, verhältnismässig gut auf tiefe Keimungstemperaturen (vgl. Tab. 26 und 27, S. 242 und 243). Bei *Amelanchier* wurden in 360 Tagen die höchsten Keimergebnisse bei konstant 9° C erzielt. *Eryngium* keimte

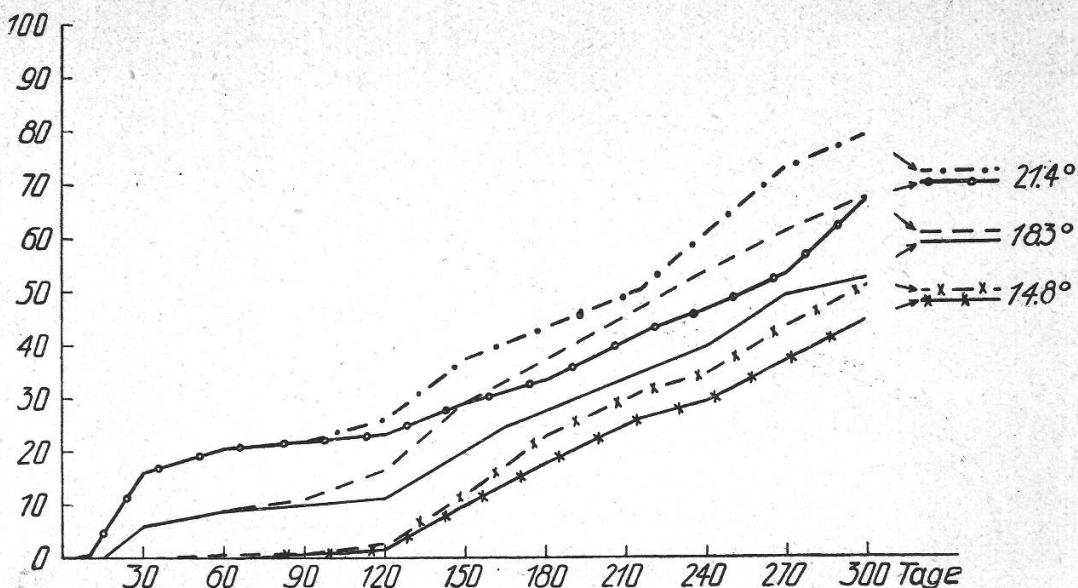


Fig. 3.

Keimverlauf von *Pinus Strobus* bei 15°—21° (Probe Zofingen 1929 I)  
Die ausgezogenen Linien — stellen die Keimprozente, die unterbrochenen Linien - - - den Prozentsatz der gekeimten + gespaltenen Samen dar.

zum Teil bei 3° am besten; zum Teil stimmten die bei 3° und 6° erhaltenen Resultate miteinander überein. Die untersuchten Proben dieser Arten entsprachen also denjenigen von *Pinus Strobus* insofern, als auch sie bei verhältnismässig tiefer Temperatur keimten. Bei ihnen trat aber schon bei konstant 12° keine Keimung mehr ein.

Bei den Temperaturen von 18—30° nahm die Keimung der Weymouthskiefernprobe Zofingen 1929 I, wie Fig. 3 und 4 zeigen, einen wesentlich andern Verlauf als bei den tieferen Temperaturen. Nach einem anfänglich raschen Anstieg schritt die Keimung hier sehr langsam weiter. Bei den später keimenden Samen ist, wie schon einleitend bemerkt, zunächst nur eine Spaltung der Samenschale zu beobachten. Das langsame Wachstum des Keimlings kommt in den erwähnten Figuren darin zum Ausdruck, dass die Kurve, die den Verlauf der Spaltung der Samenschale darstellt, der eigentlichen Keimungskurve deutlich vorausseilt. Aus dem horizontal gemessenen Abstand der beiden Kurven lässt sich ungefähr feststellen, wie lange ein gespaltener Samen durchschnittlich im Keimbett gelegen hat, bis die Verlängerung des Wurzelchens begann. Bei 21.4° waren beispielsweise bis zum 180. Tag 43 % der Samen gespalten; bis das Keimprozent denselben Wert erreichte, waren weitere 40 Tage erforderlich. Es sei ausdrücklich bemerkt, dass die Keimung vom Moment an, wo das Wachstum der Radicula einsetzte, in allen Fällen normal verlief.

Die Wirkung der konstanten Temperatur von 21° ist bei einer grösseren Anzahl Proben verschiedener Herkunft untersucht worden.

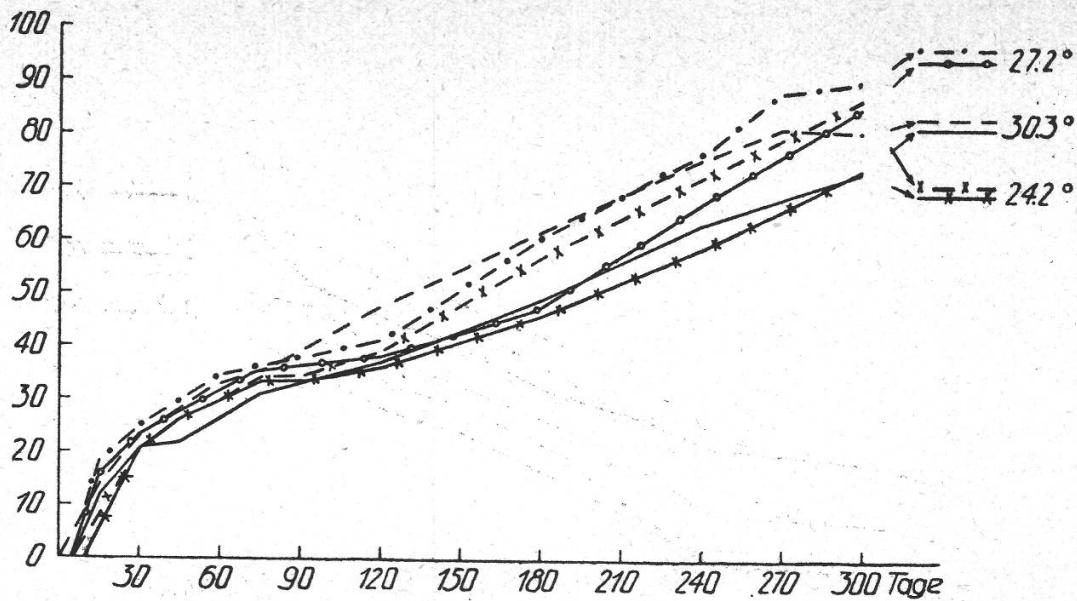


Fig. 4.

Keimverlauf von *Pinus Strobus* bei 24°—30° (Probe Zofingen 1929 I). Die ausgezogenen Linien ——— stellen die Keimprozente, die unterbrochenen Linien - - - den Prozentsatz der gekeimten + gespaltenen Samen dar.

Die Ergebnisse finden sich in den Tabellen 2 und 3. Besonders interessant sind die in der Zusammenstellung 3 a und b angeführten Resultate eines Versuches, der so lange weitergeführt wurde, bis alle Samen entweder gekeimt hatten oder in Zersetzung übergegangen waren.<sup>1</sup> Es zeigte sich hier, dass sämtliche untersuchten Proben nach anfänglich rascher Keimung langsam weiterkeimten, um schliesslich annähernd dasselbe Resultat zu liefern, wie es nach 30tägiger Kühlbehandlung in 60 Tagen erreicht wurde. Zwischen den einzelnen Proben zeigten sich in bezug auf den Verlauf der Spaltung und der Keimung bedeutende Unterschiede. So war bei den Proben Bünzen 1929 II, 1. und 2. Ausklingen der Spaltungsvorgang der eigentlichen Keimung nur wenig voraus (grösste Differenz nach 420 Tagen mit 3.8 % bzw. 3.2 %), während bei Chippewa 1929 II die Spaltung schon nach 150 Tagen ein-

<sup>1</sup> Dieser Versuch ist in Oerlikon, also bei etwas stärkeren Temperaturschwankungen durchgeführt worden. Zum Vergleich sind die nach einem 30tägigen Kühlauftenthalt erhaltenen Ergebnisse beigefügt, weil diese, wie schon einleitend bemerkt, in der Regel einen guten Maßstab für die Keimfähigkeit einer Probe darstellen. Die Anzahl der gespaltenen Körner ist zu Beginn des Versuches, wo die Spaltung der eigentlichen Keimung nur wenig voraus ist, nicht festgestellt worden. Die Summe der gekeimten + gespaltenen Samen nimmt gegen Ende des Versuches ab, weil ein Teil der gespaltenen Körner nachträglich in Zersetzung überging, während bei der Kontrolle der Keimversuche immer nur die gesunden gespaltenen Körner notiert wurden. Auf gleiche Weise kommt übrigens das in Figur 5 sichtbare Abfallen der den Temperaturen 33°, 35.5° und 39.4° entsprechenden Kurven zustande.

Tabelle 2.

Keimverlauf verschiedener Weymouthskiefernproben bei 21.4° C.  
Versuchsbeginn 13. resp. 18. Februar 1931.

Anzahl Tage	Lenzburg 1929 1. Ausklingen		Lenzburg 1929 2. Ausklingen		Bünzen 1930		Lenzburg 1930	
	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %
30	10.1 ± 0.7	10.9 ± 0.8	12.2 ± 1.2	13.6 ± 0.9	26.0 ± 1.8	26.8 ± 1.2	15.2 ± 2.2	15.6 ± 2.3
60	14.1 ± 0.8	15.0 ± 1.0	15.2 ± 1.2	16.0 ± 1.3	31.2 ± 2.0	31.6 ± 2.3	17.6 ± 2.1	18.0 ± 1.8
90	15.6 ± 0.8	17.9 ± 1.3	16.0 ± 0.9	17.2 ± 1.1	32.0 ± 2.3	32.8 ± 2.2	18.8 ± 1.8	19.6 ± 1.7
120	18.2 ± 1.0	21.3 ± 2.3	16.8 ± 1.0	23.6 ± 1.8	32.8 ± 2.1	36.8 ± 1.4	20.8 ± 1.4	24.0 ± 2.7
150	23.0 ± 1.3	29.5 ± 2.1	19.8 ± 1.5	32.6 ± 2.7	34.0 ± 1.8	49.2 ± 1.0	22.8 ± 2.2	28.4 ± 3.1
180	29.4 ± 1.7	46.0 ± 3.1	26.2 ± 2.3	47.8 ± 2.7	38.8 ± 1.4	62.4 ± 2.8	26.4 ± 2.6	34.4 ± 3.1
222	36.7 ± 2.8	67.5 ± 3.2	39.0 ± 2.1	82.0 ± 2.0	—	—	—	—
227	—	—	—	42.4 ± 2.3	74.4 ± 2.9	31.2 ± 2.7	48.4 ± 2.9	48.4 ± 2.7
270	72.8 ± 2.9	94.8 ± 2.1	74.6 ± 1.9	92.6 ± 1.2	56.0 ± 2.8	88.4 ± 3.5	43.2 ± 4.4	69.6 ± 4.2
300	79.8 ± 2.3	94.8 ± 2.1	78.8 ± 1.6	94.4 ± 0.9	62.4 ± 3.7	88.8 ± 3.3	52.8 ± 4.5	72.0 ± 5.6

Tabelle 3a.

**Keimverlauf verschiedener Weymouthskiefernproben bei 21°.**Versuchsbeginn 13. März 1930; mittlere Temperaturschwankung  $\pm 1.3^\circ$ .

(Diejenigen Daten, die den grössten Unterschied zwischen dem Prozentsatz der gekeimten und der gekeimt + gespaltenen Samen aufweisen, sind durch Fettdruck hervorgehoben.)

Anzahl Tage	Bünzen 1929 I 1. Ausklingen			Bünzen 1929 II 1. Ausklingen			Bünzen 1929 II 2. Ausklingen		
	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	
30	45.8 $\pm$ 1.9	—	—	53.8 $\pm$ 2.5	—	—	56.4 $\pm$ 2.1	44.6 $\pm$ 1.4	—
60	52.2 $\pm$ 1.2	—	—	58.8 $\pm$ 2.2	—	—	69.6 $\pm$ 1.5	56.2 $\pm$ 2.7	—
90	55.0 $\pm$ 1.5	—	—	61.8 $\pm$ 2.2	—	—	71.6 $\pm$ 1.5	59.8 $\pm$ 2.3	—
120	60.4 $\pm$ 0.5	—	—	63.2 $\pm$ 2.4	—	—	72.2 $\pm$ 1.5	62.0 $\pm$ 2.4	—
150	64.8 $\pm$ 1.2	68.6 $\pm$ 1.2	64.4 $\pm$ 2.5	69.4 $\pm$ 2.0	73.4 $\pm$ 2.6	75.0 $\pm$ 1.9	73.8 $\pm$ 1.8	64.0 $\pm$ 2.4	64.0 $\pm$ 2.4
180	68.0 $\pm$ 1.2	72.8 $\pm$ 1.0	67.8 $\pm$ 2.7	72.4 $\pm$ 3.0	78.6 $\pm$ 2.5	76.8 $\pm$ 1.8	75.4 $\pm$ 1.9	65.4 $\pm$ 2.0	65.8 $\pm$ 1.9
225	73.4 $\pm$ 1.0	79.8 $\pm$ 1.3	72.4 $\pm$ 3.0	72.4 $\pm$ 3.0	78.6 $\pm$ 2.5	76.8 $\pm$ 1.8	78.6 $\pm$ 2.2	67.6 $\pm$ 1.7	68.0 $\pm$ 2.1
315	76.8 $\pm$ 0.6	86.2 $\pm$ 1.8	75.8 $\pm$ 2.8	82.6 $\pm$ 2.6	82.6 $\pm$ 2.6	78.8 $\pm$ 2.1	81.8 $\pm$ 2.0	69.4 $\pm$ 1.8	71.4 $\pm$ 2.0
360	80.2 $\pm$ 1.4	91.0 $\pm$ 1.3	79.0 $\pm$ 2.8	88.4 $\pm$ 1.6	88.4 $\pm$ 1.6	81.0 $\pm$ 1.4	84.6 $\pm$ 1.9	71.8 $\pm$ 2.4	74.4 $\pm$ 2.6
420	84.4 $\pm$ 1.6	95.7 $\pm$ 1.2	81.6 $\pm$ 2.1	91.4 $\pm$ 1.5	91.4 $\pm$ 1.5	83.8 $\pm$ 1.2	87.6 $\pm$ 1.4	75.2 $\pm$ 2.3	78.4 $\pm$ 2.3
480	89.4 $\pm$ 1.5	96.6 $\pm$ 1.1	86.4 $\pm$ 1.6	93.0 $\pm$ 1.8	93.0 $\pm$ 1.8	87.8 $\pm$ 1.2	89.8 $\pm$ 1.5	79.0 $\pm$ 1.8	80.8 $\pm$ 1.6
540	91.0 $\pm$ 1.3	96.6 $\pm$ 1.1	88.8 $\pm$ 1.5	94.0 $\pm$ 1.4	94.0 $\pm$ 1.4	88.4 $\pm$ 1.1	91.4 $\pm$ 1.7	80.4 $\pm$ 2.1	81.6 $\pm$ 2.1
600	93.8 $\pm$ 1.2	94.6 $\pm$ 1.1	91.4 $\pm$ 1.5	92.6 $\pm$ 2.0	90.6 $\pm$ 1.3	91.2 $\pm$ 1.2	81.4 $\pm$ 2.3	81.6 $\pm$ 2.4	81.6 $\pm$ 2.4
660	94.0 $\pm$ 1.3	94.0 $\pm$ 1.3	91.8 $\pm$ 1.6	91.8 $\pm$ 1.6	90.8 $\pm$ 1.2	90.8 $\pm$ 1.2	81.6 $\pm$ 2.2	81.8 $\pm$ 2.1	81.8 $\pm$ 2.2
30 Tage bei 6°, dann 30		Tage b21° C (nur je 2×100 Samen)		97.5	98.5	—	—	90.5	—
				93.5	—				

Tabelle 3 b.

Keimverlauf verschiedener Weymouthskiefernproben bei 21°.

Versuchsbeginn 13. März 1930; mittlere Temperaturschwankung  $\pm 1.3^\circ$ .

(Diejenigen Daten, die den grössten Unterschied zwischen dem Prozentsatz der gekeimten und der gekeimten + gespaltenen Samen aufweisen, sind durch Fettdruck hervorgehoben.)

Anzahl Tage	Bünzen 1929 III		Zofingen 1929 I		Chippewa 1929 II		Ontario 1929	
	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %	gekeimt %	gekeimt + gespalten %
30	26.8 $\pm$ 2.0	—	56.4 $\pm$ 2.2	—	25.6 $\pm$ 1.2	—	28.4 $\pm$ 2.7	—
60	42.4 $\pm$ 1.6	—	58.2 $\pm$ 2.5	—	29.6 $\pm$ 1.6	—	32.4 $\pm$ 2.1	—
90	44.8 $\pm$ 2.1	—	58.8 $\pm$ 2.7	—	33.4 $\pm$ 1.8	—	36.0 $\pm$ 2.1	—
120	47.2 $\pm$ 2.4	—	59.8 $\pm$ 2.8	—	43.0 $\pm$ 2.2	—	40.8 $\pm$ 1.4	—
150	51.2 $\pm$ 2.6	57.2 $\pm$ 2.9	60.4 $\pm$ 2.9	64.2 $\pm$ 3.0	52.6 $\pm$ 1.7	69.6 $\pm$ 0.3	45.2 $\pm$ 2.1	55.2 $\pm$ 2.9
180	55.2 $\pm$ 2.2	66.6 $\pm$ 1.3	60.6 $\pm$ 3.0	71.8 $\pm$ 2.0	57.8 $\pm$ 1.7	83.2 $\pm$ 1.2	48.4 $\pm$ 2.4	59.6 $\pm$ 2.8
255	61.6 $\pm$ 2.0	81.0 $\pm$ 2.0	65.6 $\pm$ 3.6	81.8 $\pm$ 1.6	69.0 $\pm$ 1.4	89.8 $\pm$ 1.4	55.6 $\pm$ 1.7	75.2 $\pm$ 2.1
315	69.0 $\pm$ 2.0	88.4 $\pm$ 1.7	69.2 $\pm$ 4.0	91.6 $\pm$ 1.5	74.0 $\pm$ 1.4	90.4 $\pm$ 1.4	62.6 $\pm$ 1.5	78.0 $\pm$ 2.2
360	75.2 $\pm$ 1.9	90.8 $\pm$ 1.9	74.4 $\pm$ 2.5	94.6 $\pm$ 1.6	78.0 $\pm$ 1.3	91.0 $\pm$ 1.2	68.8 $\pm$ 1.5	76.8 $\pm$ 2.0
420	81.2 $\pm$ 2.5	92.2 $\pm$ 1.9	79.0 $\pm$ 3.0	94.4 $\pm$ 1.2	81.8 $\pm$ 1.2	90.8 $\pm$ 1.1	71.6 $\pm$ 1.0	77.6 $\pm$ 2.1
480	88.0 $\pm$ 2.4	93.2 $\pm$ 1.2	84.0 $\pm$ 3.2	95.0 $\pm$ 1.6	86.2 $\pm$ 1.9	90.2 $\pm$ 1.7	73.6 $\pm$ 1.2	76.0 $\pm$ 1.5
540	89.8 $\pm$ 1.5	92.4 $\pm$ 1.4	87.6 $\pm$ 2.8	95.0 $\pm$ 1.6	87.0 $\pm$ 1.9	90.0 $\pm$ 1.8	74.8 $\pm$ 1.4	75.2 $\pm$ 1.5
600	90.8 $\pm$ 1.7	91.8 $\pm$ 1.7	92.4 $\pm$ 1.9	93.2 $\pm$ 2.2	88.0 $\pm$ 2.1	88.4 $\pm$ 1.8	—	—
660	91.0 $\pm$ 1.9	91.0 $\pm$ 1.9	92.6 $\pm$ 2.0	92.6 $\pm$ 2.0	88.0 $\pm$ 2.1	88.0 $\pm$ 2.1	—	—
30 Tage bei 6°, dann 30 Tage b. 21° C		96.5	—	91.0	—	—	86.0	—
(nur je 2 $\times$ 100) Samen)		89.0	—	—	—	—	—	—

30 Tage bei  
6°, dann 30  
Tage b. 21° C  
(nur je 2  $\times$  100)  
Samen)

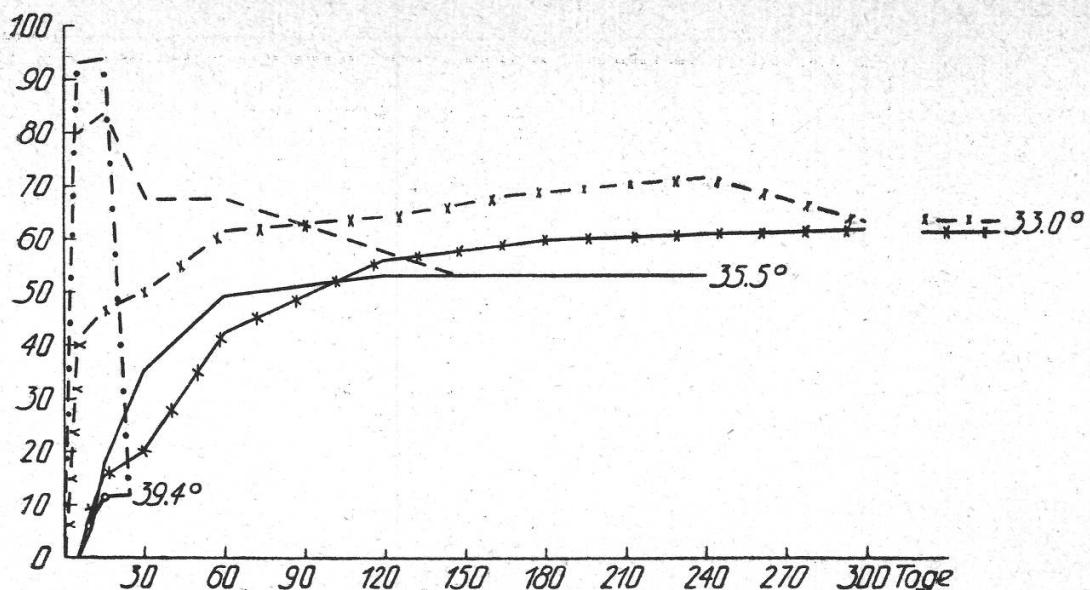


Fig. 5.

Keimverlauf von *Pinus Strobus* bei 33°—39° (Probe Zofingen 1929 I). Die ausgezogenen Linien — stellen die Keimprozente, die unterbrochenen Linien - - - den Prozentsatz der gekeimten + gespaltenen Samen dar.

setzte und nach 180 Tagen die Keimung um 25.4 % übertraf. Aehnlich wie Chippewa 1929 II verhielten sich auch Bünzen 1929 III, Zofingen 1929 I, Ontario 1929 und (Tab. 2) Lenzburg 1929. Bemerkenswert ist, dass Proben ähnlicher Herkunft — so z. B. die schweizerischen Proben, welche alle aus dem Kanton Aargau stammten — sich bei dieser Temperatur ganz verschieden verhielten, während anderseits Samen verschiedener Herkunft in ihrem Keimverlauf zum Teil weitgehend übereinstimmten.

Bei den Temperaturen von 33—39° hat sich bei der Weymouthskiefernprobe Zofingen 1929 I die Samenschale schon in den ersten Tagen bei einem grossen Teil der Samen gespalten. So spalteten sich unter dem Einfluss der Temperatur von 39.4° in 5 Tagen 93 % der Samen. Bei 33° und 35.5° wurden anfänglich verhältnismässig hohe Keimergebnisse erzielt; der Keimungsvorgang kam hier aber ziemlich bald zum Stillstand. Die übrig bleibenden Samen gingen bei diesen Temperaturen langsam, bei 39.4° dagegen rasch in Zersetzung über. Die Temperaturen von 33—35.5° haben somit die Keimkraft dieser Probe geschädigt, trotzdem sie den Keimungsprozess anfänglich beschleunigten.

Bei der Temperatur von 33° C hat auch ein Teil der andern untersuchten Proben anfänglich verhältnismässig hohe Keimergebnisse geliefert; vielfach machte sich aber hier schon von Anfang an eine schädigende Wirkung bemerkbar. Dies geht unter anderm aus den in Tab. 4 angeführten Zahlen hervor, welche die bei verschiedenen Proben unter verschiedenen konstanten Temperaturen in 60 Tagen erreichten

Tabelle 4.

Keimergebnisse verschiedener Provenienzen von *Pinus Strobus*  
bei konstanten Temperaturen.

Versuchsdauer 60 Tage.

Mittlere Keimungs-temperatur	Bünzen 1929 II 1. Ausklingen %	Bünzen 1929 II 2. Ausklingen %	Benzenschwil 1930 %	Wisconsin 1929 %	Zofingen 1929 I %
9.1°	0	0	0	0	0
11.9°	0.2 ± 0.2	0	5.6 ± 1.0	0.6 ± 0.2	0
14.8°	21.2 ± 3.2	18.4 ± 2.9	21.4 ± 1.2	3.8 ± 0.7	0.3 ± 0.3
18.3°	65.8 ± 3.0	48.4 ± 5.1	54.0 ± 2.0	7.2 ± 1.0	8.7 ± 2.1
21.4°	67.4 ± 2.1	54.0 ± 2.6	58.6 ± 1.1	11.0 ± 1.3	20.3 ± 1.7
24.2°	59.8 ± 1.8	52.6 ± 1.1	62.0 ± 1.8	14.4 ± 1.5	30.0 ± 1.9
27.2°	53.4 ± 1.7	35.6 ± 2.4	51.0 ± 2.1	—	31.7 ± 2.1
30.3°	42.2 ± 1.8	20.4 ± 1.7	42.6 ± 1.8	11.0 ± 1.1	30.3 ± 2.9
33.0°	31.2 ± 1.2	18.0 ± 1.3	35.0 ± 2.1	—	42.3 ± 2.9
35.5°	13.8 ± 1.8	9.6 ± 1.0	43.6 ± 4.3	1.2 ± 0.4	49.0 ± 3.6
39.4°	0.2 ± 0.2	0.2 ± 0.2	0.6 ± 0.2	0	12.0 ± 4.6
30 Tage bei 9.1°, dann 30 Tage bei 21.4°	94.8 ± 0.9	88.0 ± 1.4	95.2 ± 1.0	34.8 ± 1.9	92.6 ± 0.7

Keimprozente darstellen. Hier ergab nur eine Probe bei 33—35.5° C ein höheres Resultat, während die übrigen bei 18—24° C am raschesten keimten. Es zeigt sich also hier die auffallende Erscheinung, dass die optimale Keimungstemperatur bei einzelnen Proben ein und derselben Art eine ganz verschiedene sein kann. Es fragt sich nun, ob eine ähnliche Erscheinung auch bei andern Arten zu beobachten ist, so besonders bei den Samen von *Molinia coerulea*, die hinsichtlich ihres Verhaltens zur kühlen Vorbehandlung weitgehend mit den Weymouthskiefern samen übereinstimmen. Wie aus Tab. 5 ersichtlich, sind alle untersuchten Proben von *Molinia* durch die verschiedenen konstanten Temperaturen in ähnlicher Weise beeinflusst worden, d. h. es wurden hier bei den Temperaturen von 33—39° durchwegs verhältnismässig hohe Resultate erzielt.

Die bei *Pinus Strobus* wahrgenommene Erscheinung, dass einzelne Proben bei den konstanten Temperaturen von 33—36° anfänglich sehr rasch keimten und verhältnismässig hohe Resultate ergaben, ist für diese Art um so auffallender, als ein Teil der Weymouthskiefern samen bei diesen Temperaturen verhältnismässig rasch in Zersetzung überging. Entsprechend der raschen Keimung spaltete sich auch die Samenschale bei diesen Temperaturen auffallend frühzeitig. Diese rasche

Tabelle 5.

Keimergebnisse verschiedener Handelsproben von *Molinia coerulea*  
bei verschiedenen konstanten Temperaturen.

Versuchsdauer 45 Tage.

Mittlere Keimungstemperatur	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
	%	%	%	%
12.1°	0	0	0	0
14.8°	0.4 ± 0.2	0.2 ± 0.2	1.4 ± 0.1	0
18.1°	1.8 ± 0.6	0.8 ± 0.2	2.2 ± 0.7	0.2 ± 0.2
21.3°	2.2 ± 0.8	0.8 ± 0.6	3.6 ± 0.4	0.6 ± 0.6
24.0°	3.4 ± 0.8	4.2 ± 1.0	5.2 ± 0.3	3.8 ± 1.4
27.1°	9.4 ± 1.5	6.0 ± 1.2	8.0 ± 0.3	6.2 ± 1.4
30.3°	23.6 ± 2.5	16.8 ± 2.3	10.8 ± 1.1	9.4 ± 2.2
32.9°	34.0 ± 3.0	21.2 ± 2.1	24.6 ± 3.7	9.4 ± 1.4
35.6°	32.4 ± 2.8	21.8 ± 1.7	28.6 ± 1.6	7.0 ± 1.1
39.2°	28.8 ± 4.4	26.2 ± 1.7	37.2 ± 1.9	8.0 ± 1.5
30 Tage 5.8°, dann 30.3°	64.4 ± 4.1	57.8 ± 2.1	—	—
30 „ 5.8°, „ 32.9°	—	—	68.0 ± 1.9	29.6 ± 1.7

Spaltung machte sich auch bei der konstanten Temperatur von 45° C und bei der Temperatur des siedenden Wassers bemerkbar. Die für 11 Proben verschiedener Herkunft und verschiedener Reifestadien bei 21° und 33° erzielten Keimergebnisse, sowie die Zahl der bei 33° und bei 98° festgestellten gespaltenen Samen sind in Tabelle 6 zusammengestellt.

Tabelle 6.

Herkunft	Keimergebnis in 60 Tagen		Gespaltene Samen	
	bei 21.4° %	bei 33.0° %	bei 33.0° in 10 Tagen %	bei 98° in 2 Stunden %
Bünzen 1929 II, 1. Ausklengen . . .	67.4 ± 2.5	31.2 ± 1.2	5.8 ± 1.1	0.2 ± 0.2
„ 1929 II, 2. Ausklengen . . .	54.0 ± 2.6	18.0 ± 1.3	2.4 ± 1.0	0.4 ± 0.4
Benzenschwil 1930 . . . . .	58.6 ± 1.1	35.0 ± 2.1	35.8 ± 3.3	83.2 ± 2.7
Handelssaat von Bürgi, Zeihen . . .	53.8 ± 1.6	34.6 ± 3.4	25.6 ± 1.7	28.8 ± 2.0
“ “ Keller, Darmstadt . .	49.0 ± 2.1	35.8 ± 2.8	31.0 ± 1.9	44.2 ± 0.7
Lenzburg 1929 . . . . .	15.2 ± 1.2	21.2 ± 3.0	41.2 ± 4.2	48.4 ± 2.0
Zofingen 1929 I, 1. Ausklengen . . .	20.3 ± 1.7	42.3 ± 2.9	43.0 ± 5.4	95.0 ± 0.7
“ 1929 I, 2. ” . . .	11.2 ± 1.4	19.8 ± 2.3	35.8 ± 3.6	66.0 ± 1.4
“ 1929 II . . . . .	13.6 ± 2.7	33.4 ± 3.0	33.8 ± 2.5	21.0 ± 1.8
Chippewa 1929 I . . . . .	8.6 ± 0.2	27.8 ± 0.7	43.8 ± 1.5	8.0 ± 1.4
“ 1929 II . . . . .	5.6 ± 0.6	34.4 ± 1.5	82.2 ± 1.2	47.0 ± 3.4

Die 11 untersuchten Proben lassen sich in zwei Gruppen einteilen. Die fünf ersten, welche bei mittleren Temperaturen ziemlich gut keimten, haben bei 21.4° ein höheres Ergebnis geliefert als bei 33°, und zwar sowohl bei den Proben, die bei 33° C und nach einer zweistündigen Behandlung im siedenden Wasserbad einen grossen, als auch bei denjenigen, die unter den gleichen Bedingungen nur einen kleinen Prozentsatz an gespaltenen Körnern aufwiesen. Wesentlich anders verhielten sich die übrigen Proben, die bei normalen Temperaturen nur eine geringe Keimfähigkeit zeigten. Diese ergaben bei 33° ein höheres Keimresultat. Innerhalb dieser Gruppe, in der sowohl schweizerische als auch amerikanische Herkünfte vertreten sind, scheint nun ein gewisser Zusammenhang mit den bei 33° in den ersten 10 Tagen beobachteten Spaltungen zu bestehen. Letztere traten bei allen diesen Proben in ziemlich bedeutendem Masse ein, besonders deutlich aber bei den Proben Chippewa I und II, deren Keimung durch die Temperatur von 33° am stärksten gefördert wurde.

Tabelle 7.

Herkunft	Behandlung	Keimergebnis in % in 60 Tagen
Zofingen 1929 I . . .	dauernd 24.2° . . . . .	18.4 ± 1.8
	» 33.0° . . . . .	19.8 ± 2.3
	20 Tage 33.0° dann 24.2° . .	50.6 ± 1.2
Zofingen 1929 II . . .	dauernd 23.6° . . . . .	16.8 ± 2.1
	» 33.0° . . . . .	33.4 ± 3.0
	20 Tage 33.0° dann 23.6° . .	35.8 ± 3.0
Chippewa 1929 II . . .	dauernd 24.2° . . . . .	21.8 ± 2.3
	» 33.1° . . . . .	34.4 ± 1.5
	10 Tage 33.1° dann 24.2° . .	42.7 ± 1.5

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, dass, wie aus Tab. 7 ersichtlich, durch eine kürzere Einwirkung der Temperatur von 33° C teilweise noch höhere Ergebnisse erzielt werden konnten, als dies bei dauernder Anwendung dieser Temperatur der Fall war. Diese Feststellung deutet zusammen mit der Beobachtung, dass bei 33° C meistens ein Teil der Samen in Zersetzung überging, darauf hin, dass diese Temperatur auch für diejenigen Proben nicht als optimal betrachtet werden darf, die bei 33° anfänglich höhere Resultate ergaben als bei 21°. Anderseits steht aber fest, dass die Temperatur von 33° C bei verschiedenen Proben eine frühzeitige Spaltung der Samenschale und Hand in Hand damit ein rasches Keimen bewirkte. Dabei bleibe dahingestellt, ob das höhere Keimergebnis lediglich auf die durch die hohe

Temperatur bewirkte Spaltung der Samenschale oder auf andere Ursachen zurückzuführen ist.<sup>1</sup>

Aus den bis jetzt besprochenen Versuchen geht hervor, dass die Keimung von *Pinus Strobus* bei Anwendung konstanter Temperaturen in einem weiten Temperaturbereich möglich ist. Die höchsten Ergebnisse wurden bei den konstanten Temperaturen im Intervall von 6—12° C erzielt. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Keimung bei diesen Temperaturen erst nach verhältnismässig langer Zeit einsetzte. Für viele Samen von *Pinus Strobus* bieten die mittleren Temperaturen günstige Keimungsbedingungen, während ein gewisser, bei den einzelnen Proben wechselnder Prozentsatz erst nach längerer Zeit und äusserst langsam keimt. Bei sehr hohen Temperaturen, beispielsweise 33°, ergaben viele Proben in kurzer Zeit verhältnismässig hohe Keimergebnisse; bei dieser Temperatur war aber in der Mehrzahl der Fälle bereits eine Schädigung der Keimkraft zu beobachten.

### 3. Die fördernde Wirkung einer kühlen Vorbehandlung.

Wir haben im vorigen Abschnitt gesehen, dass die Samen von *Pinus Strobus* bei andauernd tiefen Temperaturen erst nach Monaten zu keimen beginnen, um dann verhältnismässig rasch und vollständig auszukeimen. Es fragt sich nun, wie die Keimung der Weymouthskiefernsamen beeinflusst wird, wenn diese nach einem kürzeren Aufenthalt bei niedriger Temperatur in eine höhere übertragen werden. Die Wirkung einer derartigen Behandlung ist, wie schon in der Einleitung bemerkt, bereits bei einer grösseren Zahl von Arten untersucht worden. Für die Weymouthskiefernsamen wurde festgestellt, dass durch eine

<sup>1</sup> Eine Beschleunigung der Keimung konnte auch durch Verletzung der Samenschale erzielt werden. Auffällend war dabei, dass die Keimung durch eine im trockenen Zustand vorgenommene Verletzung in der Regel stärker gefördert wurde, als wenn letztere an gequollenem Material erfolgte. Da diese Beobachtung noch einer näheren Prüfung bedarf, begnügen wir uns mit der Bekanntgabe nachstehender Versuchsergebnisse, welche die Wirkung eines seitlichen Anschneidens der Samenschale auf die Keimung von *Pinus Strobus* betreffen.

Herkunft	Mittlere Keimungs-temperatur	Keimergebnis in % in 60 Tagen		
		unbehandelt	trocken angeschnitten	nach eintägiger Quellung angeschnitten
Zofingen 1929 I . .	24.2°	18.4 ± 1.8	45.6 ± 4.0	30.8 ± 3.7
" 1929 II . .	23.6°	16.8 ± 2.1	55.6 ± 3.2	32.8 ± 1.6
Bünzen 1930 . . .	23.6°	45.6 ± 1.5	50.4 ± 4.4	53.2 ± 1.9

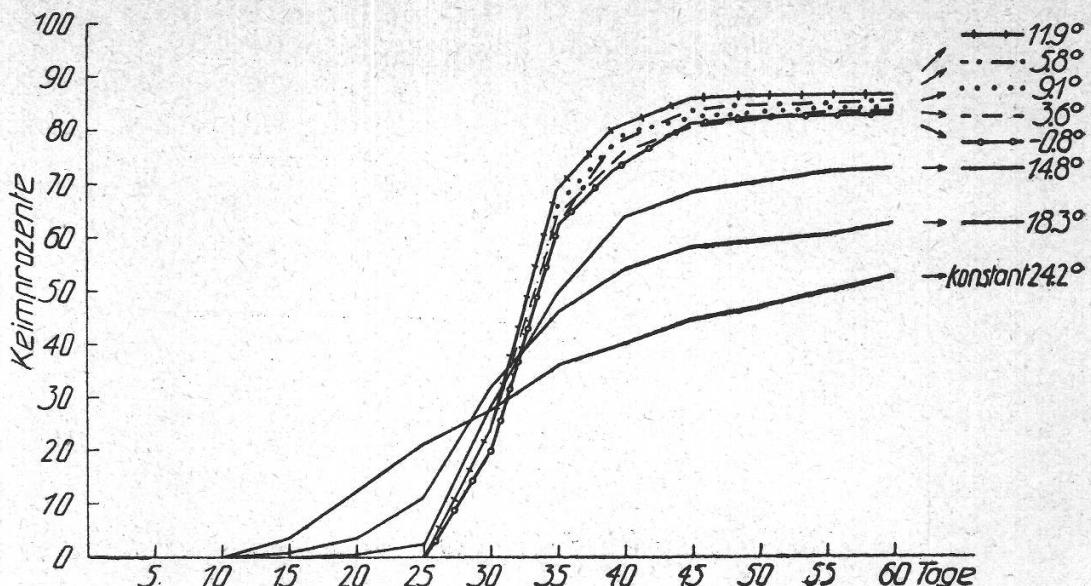


Fig. 6.

Keimverlauf der Weymouthskiefern Samen von Bünzen 1929 II nach einer 20tägigen Vorbehandlung bei  $-0.8^{\circ}$  bis  $18.3^{\circ}$  C. Mittlere Keimungstemperatur  $24.2^{\circ}$  C.

30tägige kühle Vorbehandlung und einen darauffolgenden 60tägigen Aufenthalt bei höherer Temperatur ein praktisch vollständiges Auskeimen erzielt werden kann (Grisch und Lakan 1923), während bei Anwendung konstanter Temperatur hierzu oft wesentlich längere Zeit erforderlich ist. Durch unsere Versuche sollte in erster Linie festgestellt werden, wie der Keimverlauf bei *Pinus Strobus* beeinflusst wird, wenn die eingekömmten Samen während kürzerer oder längerer Zeit verschiedenen tiefen Temperaturen ausgesetzt werden.

In Fig. 6 ist der Keimverlauf einer während 20 Tagen bei verschiedenen Temperaturen vorbehandelten Probe von *Pinus Strobus* dargestellt. Die den Temperaturen  $-0.8^{\circ}$  bis  $11.9^{\circ}$  entsprechenden Kurven fallen annähernd zusammen; sie zeigen, dass die Keimung etwa 5 Tage nach der Uebertragung in die Temperatur von  $24.2^{\circ}$  einsetzte, um in kurzer Zeit das bei dauernd  $24.2^{\circ}$  erreichte Resultat zu überholen. Bei  $14.8^{\circ}$  und  $18.3^{\circ}$  traten schon während der Vorbehandlung vereinzelte Keimlinge auf; auch hier setzte die Keimung nach erfolgter Uebertragung in die höhere Temperatur rasch ein. Das Schlussergebnis blieb aber hinter demjenigen zurück, das nach einer Vorbehandlung bei tieferen Temperaturen ( $0$ — $12^{\circ}$  C) erreicht wurde.

Fig. 7 veranschaulicht die Wirkung einer verschieden langen kühlen Vorbehandlung. Die Keimung ist bei dieser Probe schon durch ein 5tägiges Verweilen bei  $5.8^{\circ}$  gefördert worden. Mit zunehmender Dauer der Einwirkung dieser Temperatur wurden Keimergebnis und Keimungsgeschwindigkeit weiter gesteigert, was in unserer graphischen Darstellung deutlich zum Ausdruck kommt.

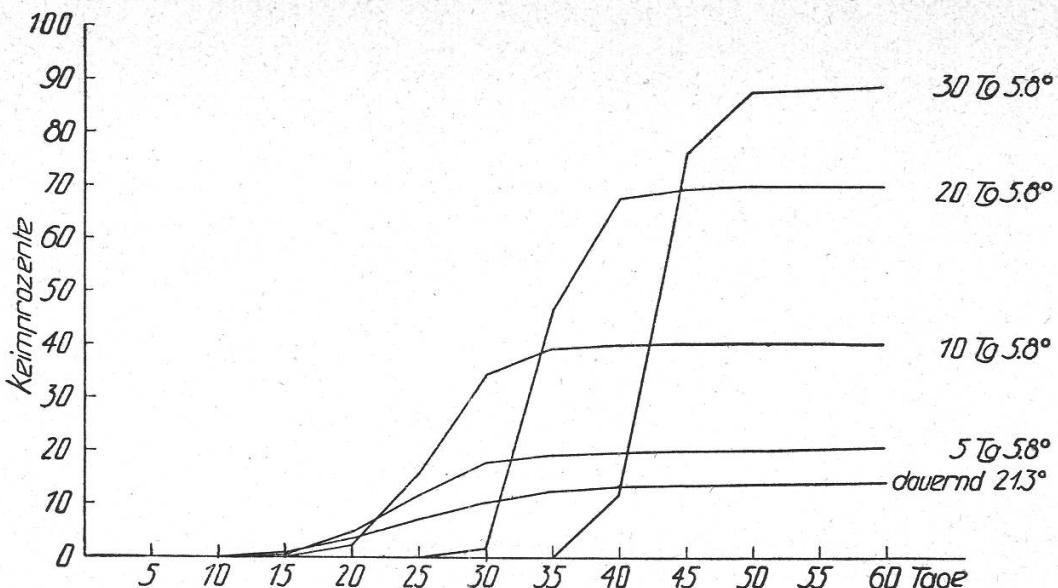


Fig. 7.

Keimverlauf der Weymouthskiefern samen von Lenzburg 1929 nach 5- bis 30tägigem Aufenthalt bei 5.8° C. Durchschnittliche Keimungs temperatur 21.4° C.

Bevor wir auf die weiteren Versuche mit verschiedener kühler Vorbehandlung näher eintreten, soll noch klargestellt werden, ob die bereits erwähnte Förderung der Keimung durch die kühle Vorbehandlung vielleicht teilweise auf dem schroffen Uebergang von der tiefen zur höheren Temperatur beruht. Zur Lösung dieser Frage wurden verschiedene bei 9° vorbehandelte Proben zunächst während 2 Tagen bei 12°, hierauf je zwei Tage lang bei 15°, 18° und 21° belassen und erst dann in den Thermostaten von 24° übertragen. Die Ergebnisse sind aus den Tabellen 8 und 9 ersichtlich.

Tabelle 8.

Herkunft	Vorbehandlung	Keimergebnis in % in 60 Tagen
Chippewa 1929 I .	20 Tage 9.1°, dann 23.6° . . . . . 20 Tage 9.1°, hierauf je 2 Tage 12.3°, 14.6°, 17.7°, 21.1°, dann 23.6° . . . . . 30 Tage 9.1°, dann 23.6° . . . . .	44.2 ± 1.8 51.0 ± 1.0 59.4 ± 1.0
Zofingen 1929 II .	20 Tage 9.1°, dann 23.6° . . . . . 12 Tage 9.1°, dann je 2 Tage 12.3°, 14.6°, 17.7°, 21.1°, dann 23.6° . . . . .	72.8 ± 2.8 71.4 ± 1.3

Die bei schrittweiser Uebertragung von der tiefen in die höhere Temperatur erhaltenen Resultate stimmen ziemlich gut mit den bei plötzlichem Uebergang erzielten Ergebnissen überein. Es kann hier

also dem raschen Temperaturwechsel als solchem keine keimungs-fördernde Wirkung zugeschrieben werden.

Tabelle 9.

## Wirkung einer Vorbehandlung bei 9° auf die Keimung von *Pinus Strobus*.

Versuchsbeginn 22. Juli 1931.

Durchschnittliche Keimungstemperatur 24.2°.

Betrachten wir nun die weiteren Versuche mit verschiedener kühler Vorbehandlung. Der besseren Uebersicht halber sind in den folgenden Tabellen nur das Endergebnis und die mittlere Keimdauer, berechnet auf Grund der innert 30 Tagen nach erfolgter Uebertragung in die höhere Temperatur festgestellten Keimung, angeführt. Ausser dem Keimergebnis nach 30 Tagen sind dort in der Regel auch die in den ersten 60 Tagen nach Beginn des Keimversuchs erzielten Resultate angegeben.<sup>1</sup>

Die Ergebnisse der Versuche über die Wirkung der Vorbehandlung bei verschiedenen Temperaturen sind in den Tabellen 10, 11 und 12 zusammengestellt (vgl. ferner die bei zwei weiteren Proben in anderem Zusammenhang festgestellten Resultate der Tabellen 34 a

<sup>1</sup> Bei den Versuchen mit länger dauernder Vorbehandlung ist die Keimung nach 30tägigem Aufenthalt bei 21° resp. 24° bei den meisten Proben ziemlich abgeschlossen. Bei kurzem oder fehlendem Kühlaufenthalt vollzieht sich die Keimung langsamer und gelangt erst nach 2 Monaten (inkl. Vorbehandlung) zu einem gewissen Abschluss. Wir haben daher in den meisten Fällen die in den beiden genannten Zeitabschnitten erreichten Keimprozente angegeben. Die Zahlen für die mittlere Keimdauer sind, wie schon früher bemerkt, mit Vorsicht auszuwerten; sie dürfen auf jeden Fall nur dann miteinander verglichen werden, wenn die Keimprozente gleich sind. Ferner ist zu bemerken, dass die bei hohen Temperaturen vorbehandelten Proben (von 15° aufwärts) hinsichtlich der mittleren Keimdauer deshalb keine vergleichbaren Werte liefern, weil bei ihnen schon vor der Uebertragung in das Keimbett von 21° bzw. 24° vereinzelte Körner keimten. Für diese Temperaturen sind die Zahlen für die mittlere Keimdauer in Klammern beigefügt.

Tabelle 10.

Keimverhalten der Weymouthskiefernprobe Wisconsin 1929  
nach verschiedener Vorbehandlung.

Versuchsbeginn 30. Januar 1931, Keimungstemperatur 24.2° C.

Dauer des Aufenthaltes bei 24.2° : 30 Tage.

	Vor-behandlung bei	Dauer der Vorbehandlung			
		15 Tage	30 Tage	45 Tage	60 Tage
Keimergebnis in 30 Tagen in % (vom Tage der Uebertragung zu 24.2° an gerechnet)	—0.8°	20.6 ± 0.6	30.6 ± 1.0	38.0 ± 2.8	41.4 ± 3.8
	3.5°	22.8 ± 1.7	32.8 ± 1.7	33.8 ± 1.9	38.4 ± 2.5
	5.7°	18.6 ± 1.9	32.4 ± 1.7	43.0 ± 1.0	47.8 ± 2.1
	9.1°	17.2 ± 2.3	35.4 ± 2.6	44.8 ± 1.9	46.0 ± 3.0
	12.0°	20.6 ± 1.3	40.6 ± 3.7	43.6 ± 1.9	48.0 ± 1.8
	14.7°	14.8 ± 0.7	23.2 ± 2.0	32.8 ± 2.1	36.6 ± 1.8
	18.5°	12.0 ± 0.8	15.4 ± 0.9	15.6 ± 2.7	16.4 ± 1.4
	24.2° <sup>1</sup>	11.0 ± 1.3	14.4 ± 1.5	15.6 ± 1.6	16.4 ± 1.7
Mittlere Keimdauer in Tagen	—0.8°	17.4 ± 0.9	15.2 ± 0.5	16.1 ± 0.3	15.0 ± 0.4
	3.5°	17.6 ± 0.4	15.9 ± 0.5	14.0 ± 0.3	13.8 ± 0.1
	5.7°	16.1 ± 0.3	14.6 ± 0.4	13.9 ± 0.4	13.2 ± 0.4
	9.1°	16.3 ± 0.7	14.0 ± 0.4	13.2 ± 0.4	12.3 ± 0.4
	12.0°	15.6 ± 0.4	14.1 ± 0.2	13.6 ± 0.3	(12.6 ± 0.2)
	14.7°	16.4 ± 1.1	(14.1 ± 0.5)	(13.1 ± 0.3)	(12.4 ± 0.9)
	18.5°	(13.0 ± 1.3)	(15.4 ± 0.6)	(14.2 ± 0.9)	(16.2 ± 0.5)

<sup>1</sup> Die in dieser Zeile angeführten Zahlen stellen die bei konstant 24.2° in 45, 60, 75 bzw. 90 Tagen erzielten Keimergebnisse dar.

Tabelle 12.

Wirkung einer Vorbehandlung bei verschiedenen Temperaturen  
auf die Keimung von *Pinus Strobus*.

Versuchsdauer 60 Tage. Dauer der Vorbehandlung 20 Tage.

Mittlere Keimungstemperatur 23.9°.

Vor-behandlung bei	Bünzen 1929 II		Chippewa 1929 I	
	Keimergebnisse in % in total 60 Tagen	Mittlere Keimdauer in Tagen	Keimergebnisse in % in total 60 Tagen	Mittlere Keimdauer in Tagen
—0.8°	82.8 ± 2.6	13.3 ± 0.4	46.6 ± 2.0	16.1 ± 0.3
3.6°	83.4 ± 2.2	12.6 ± 0.4	42.0 ± 1.0	16.0 ± 0.4
5.8°	85.2 ± 3.0	12.9 ± 0.4	42.4 ± 2.5	14.6 ± 0.5
9.1°	84.0 ± 1.2	12.6 ± 0.2	44.2 ± 1.8	15.9 ± 0.5
11.9°	86.0 ± 1.7	12.4 ± 0.1	43.6 ± 1.8	15.5 ± 0.3
18.3°	62.6 ± 2.5	(10.5 ± 0.4)	27.0 ± 1.6	(12.9 ± 0.3)
24.2°	52.6 ± 1.1	—	21.0 ± 1.3	—

Tabelle 11.

Keimverhalten der Weymouthskiefernsamen von Nordost-New Hampshire  
1929 nach verschiedener Vorbehandlung.

Versuchsbeginn 26. Okt. 1931. Mittlere Keimungstemperatur 21.1°.

	Mittlere Vor-behandlungs-temperatur	Dauer der Vorbehandlung			
		5 Tage	10 Tage	20 Tage	30 Tage
Keimergebnisse in 30 Ta- gen in % (vom Tage der Uebertragung zu 21° an gerechnet)	0.1°	14.2 ± 0.7	17.2 ± 2.8	34.8 ± 1.7	44.6 ± 1.8
	2.7°	13.6 ± 1.1	16.8 ± 2.3	34.4 ± 2.1	46.2 ± 1.5
	5.9°	14.4 ± 0.8	17.6 ± 1.4	34.0 ± 3.4	50.4 ± 2.6
	9.1°	15.0 ± 1.0	21.0 ± 1.0	38.4 ± 1.1	59.4 ± 1.6
	12.3°	13.2 ± 2.1	15.8 ± 2.0	36.0 ± 1.5	57.8 ± 3.4
	14.6°	12.0 ± 1.9	14.8 ± 1.5	23.0 ± 2.6	36.2 ± 2.0
	21.1° <sup>1</sup>	8.8 ± 1.0	11.0 ± 0.5	14.2 ± 1.5	15.8 ± 1.6
Keimergebnisse in % in total 60 Tagen	0.1°	19.4 ± 1.1	24.2 ± 3.2	37.8 ± 2.0	44.6 ± 1.8
	2.7°	20.4 ± 0.7	21.2 ± 2.5	37.2 ± 2.1	46.2 ± 1.5
	5.9°	21.0 ± 0.8	24.8 ± 1.2	36.4 ± 3.2	50.4 ± 2.6
	9.1°	20.2 ± 0.5	26.0 ± 1.3	43.0 ± 1.0	59.4 ± 1.6
	12.3°	19.2 ± 2.3	22.2 ± 1.5	39.0 ± 1.5	57.8 ± 3.4
	14.6°	18.0 ± 2.7	20.6 ± 1.4	26.0 ± 2.2	36.2 ± 2.0
	21.1° <sup>1</sup>	15.8 ± 1.6	15.8 ± 1.6	15.8 ± 1.6	15.8 ± 1.6
Mittlere Keimdauer in Tagen	0.1°	18.7 ± 0.7	19.3 ± 0.5	17.6 ± 0.5	17.7 ± 0.2
	2.7°	19.2 ± 0.4	18.6 ± 0.5	17.9 ± 0.4	18.1 ± 0.5
	5.9°	20.2 ± 0.6	19.2 ± 0.4	18.3 ± 0.4	17.4 ± 0.4
	9.1°	20.1 ± 0.9	19.1 ± 0.4	18.4 ± 0.4	17.2 ± 0.2
	12.3°	20.1 ± 0.7	18.6 ± 0.5	17.7 ± 0.1	16.5 ± 0.2
	14.6°	(19.7 ± 0.4)	(16.8 ± 0.3)	(15.0 ± 0.3)	(14.6 ± 0.4)

<sup>1</sup> Die in dieser Zeile angeführten Zahlen stellen die bei konstant 21° in den entsprechenden Zeitabschnitten erzielten Keimergebnisse dar.

Anmerkung. Für die Temperatur 9.1° sind nebst den oben angegebenen Daten noch einige weitere Ergebnisse ermittelt worden:

Vorbehandlung	Keimergebnisse in %		Mittlere Keimdauer in Tagen
	in 30 Tagen	in total 60 Tagen	
15 Tage 9.1° . .	29.0 ± 1.5	33.8 ± 1.4	17.7 ± 0.4
25 " 9.1° . .	48.2 ± 2.1	49.6 ± 2.1	17.0 ± 0.3
40 " 9.1° . .	66.6 ± 2.0	—	16.2 ± 0.1

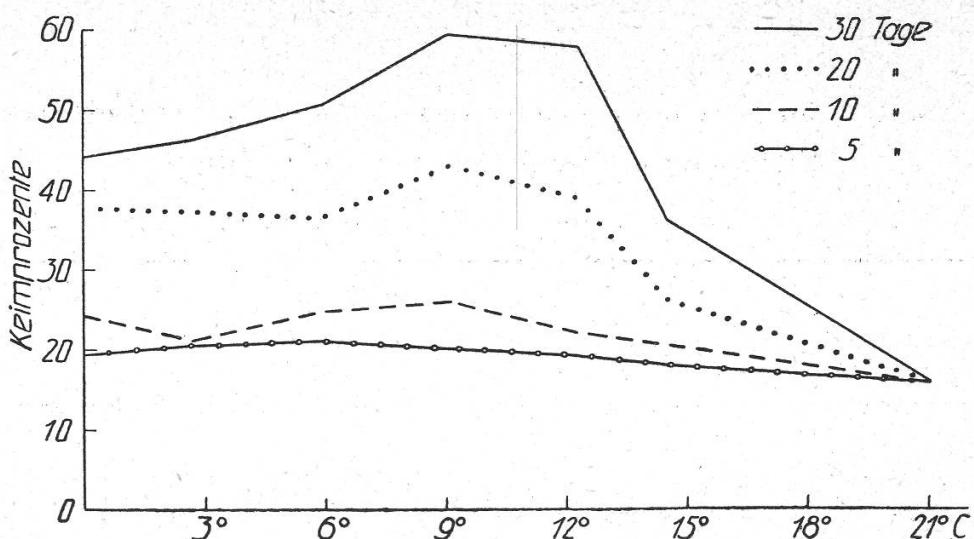


Fig. 8.

Keimergebnisse der Weymouthskiefern Samen von Nordost-New Hampshire 1929 nach 5- bis 30tägiger Vorbehandlung bei verschiedenen Temperaturen.

und 44, S. 258 und 269). Bei den Proben Bünzen 1929 II und Chippewa 1929 I haben alle Temperaturen zwischen 0° und 12° die Keimung in gleicher Weise gefördert. Bei den Proben Chippewa II und III (Tab. 34 a und 44) stimmen die für 3.7° und 11.8° festgestellten Zahlen ebenfalls miteinander überein. Anders verhielten sich hingegen die Proben Wisconsin und New Hampshire, die zum vollständigen Auskeimen eine verhältnismässig lange Kühlbehandlung benötigten und deren Keimung bei längerer Einwirkungsdauer durch die Vorbehandlung bei 6—12° bzw. 9—12° C stärker gefördert wurde als bei Anwendung der Temperaturen von 0° und 3° C. Näheren Aufschluss hierüber gibt die graphische Darstellung (Fig. 8). Bemerkenswert ist, dass zwischen den genannten Temperaturgruppen bei kurzer Einwirkungsdauer auch hier kein Unterschied hinsichtlich ihrer Wirkung auf den Keimverlauf festzustellen ist. Die Keimung der schon auf kurze Vorbehandlung reagierenden Samen scheint demnach bei allen Temperaturen zwischen 0° und 12° in annähernd gleicher Weise gefördert zu werden. Bei denjenigen, die eine längere Vorbehandlung erfordern, wirkten hingegen die Temperaturen von etwa 9—12° am besten. Als wesentlich weniger günstig erwies sich die Vorbehandlung bei 15°; immerhin wurden dabei höhere Ergebnisse erzielt als bei der konstanten Temperatur von 21° resp. 24° C. Die Vorbehandlung bei 18° hatte nur eine geringe oder gar keine Erhöhung der Keimprozente zur Folge.

Wie die Weymouthskiefern Samen, so scheinen nach den Ergebnissen unserer Versuche (siehe Tabellen 13 und 14) auch die Samen von *Molinia caerulea* durch eine Vorbehandlung bei Temperaturen unter 15° C am meisten in ihrer Keimung gefördert zu werden. Bei

Tabelle 13.

Keimergebnisse der Molinia-Probe Buttisholz (Luzern)  
nach einer Vorbehandlung bei tiefen Temperaturen.

Mittlere Keimungstemperatur 30.1°.

Die Zahlen stellen die in 15 Tagen (vom Tage der Uebertragung in die Temperatur von 30.1° C an gerechnet) erhaltenen Keimprozente dar.

Vorbehandlungs-temperatur	Dauer der Vorbehandlung		
	15 Tage	30 Tage	45 Tage
	%	%	%
-0.8°	21.6 ± 2.4	71.8 ± 1.2	71.8 ± 3.6
3.5°	<b>73.0 ± 1.4</b>	<b>75.8 ± 2.4</b>	<b>76.2 ± 2.4</b>
5.7°	68.4 ± 2.5	66.6 ± 2.2	68.0 ± 1.1
9.1°	55.2 ± 1.1	62.2 ± 2.7	52.0 ± 0.7
12.0°	35.8 ± 1.4	31.0 ± 2.4	44.4 ± 1.8

Keimergebnis bei konstant 30.1° : 9.2 ± 1.2 %.

Tabelle 14.

Die Wirkung tiefer Temperaturen auf die Keimung verschiedener Handelsproben von *Molinia coerulea*.

Die Zahlen stellen die in 15 Tagen (vom Tag der Uebertragung in die höhere Temperatur an gerechnet) erhaltenen Keimprozente dar. Mittlere Keimungstemperatur bei den Proben Nr. 1 und 2 30.3°, bei Nr. 3 und 4 32.9°.

Temperatur und Dauer der Vorbehandlung	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4
	%	%	%	%
20 Tage -0.1°	51.8 ± 2.6	44.0 ± 2.9	66.4 ± 2.0	19.4 ± 1.4
20 " 3.3°	<b>62.4 ± 5.5</b>	<b>65.4 ± 1.8</b>	<b>69.2 ± 3.8</b>	28.6 ± 1.6
20 " 5.8°	59.4 ± 4.1	60.8 ± 1.9	68.2 ± 2.5	24.8 ± 2.0
20 " 9.1°	59.2 ± 3.2	60.2 ± 2.0	66.6 ± 0.2	29.6 ± 1.8
20 " 12.1°	53.8 ± 2.1	51.4 ± 2.4	48.2 ± 1.4	<b>30.2 ± 2.5</b>
20 " 14.8°	30.2 ± 2.4	26.0 ± 1.1	—	29.2 ± 2.0
5 Tage 5.8°	41.8 ± 2.7	34.0 ± 2.4	33.4 ± 1.8	21.2 ± 2.2
10 " 5.8°	55.6 ± 1.8	52.6 ± 2.6	66.8 ± 0.7	26.8 ± 1.1
20 " 5.8°	59.4 ± 4.1	60.8 ± 1.9	68.2 ± 2.5	24.8 ± 2.0
30 " 5.8°	64.4 ± 4.1	57.8 ± 2.1	68.0 ± 1.9	29.6 ± 1.7
60 " 5.8°	—	62.2 ± 1.7	—	30.6 ± 2.3
dauernd 30.3°	23.6 ± 2.5	16.8 ± 2.3	10.8 ± 1.1	9.4 ± 2.2
dauernd 32.9°	34.0 ± 3.0	21.2 ± 2.1	24.6 ± 3.7	9.4 ± 1.4

*Molinia* haben die Temperaturen von 3—9° C die spätere Keimung im allgemeinen am günstigsten beeinflusst. Aehnliches dürfte auch für andere Samenarten zutreffen. Damit im Zusammenhang steht wohl auch die von Crocker 1930 festgestellte Tatsache, dass die Tempe-

turen zwischen 0° und 10° C für die Stratifikation der Samen einer grossen Zahl von Bäumen und Sträuchern wirksam sind.

Nachdem es sich herausgestellt hat, dass die Vorbehandlung bei den Temperaturen von 0—12° für die Keimung der Weymouthskiefernsamen im allgemeinen vorteilhaft ist, fragt es sich noch, in welcher Weise die Keimung dieser Samenart durch eine verschieden lange Dauer der kühlen Vorbehandlung beeinflusst wird. Die Resultate unserer diesbezüglichen Versuche sind zum Teil in den bereits besprochenen Tabellen 9, 10 und 11 enthalten. Die Ergebnisse einiger weiterer Versuche finden sich in Tabelle 14 a (vgl. ferner Tab. 35 und 39 b, S. 260 und 263).

Tabelle 14 a.

Wirkung der verschiedenen Dauer der kühlen Vorbehandlung auf die Keimung von *Pinus Strobus*.

Herkunft der Proben	Mittlere Keimungs-temperatur	Temperatur während der Vorbehandlung	Dauer der Vorbehandlung in Tagen	Keimergebnis in 30 Tagen (vom Tag der Uebertragung an gerechnet) %	Keimergebnis in total 60 Tagen %	Mittlere Keimdauer in Tagen
Benzenschwil 1930	21.1°	9.1°	0	55.6 ± 1.1	58.6 ± 1.1	16.2 ± 0.2
			6	70.0 ± 2.5	72.0 ± 2.0	14.4 ± 0.2
			10	82.2 ± 1.6	84.0 ± 1.8	13.6 ± 0.3
			20	90.4 ± 0.9	90.6 ± 0.9	12.3 ± 0.3
			70	95.8 ± 1.0	—	7.6 ± 0.2
Bünzen 1929 II	24.2°	9.1°	0	27.6 ± 1.0	52.6 ± 1.1	20.2 ± 0.8
			5	44.2 ± 2.7	56.6 ± 2.4	15.8 ± 0.3
			10	68.6 ± 1.2	73.8 ± 2.1	13.5 ± 0.3
			20	83.2 ± 1.5	84.0 ± 1.2	12.6 ± 0.2
			30	92.8 ± 1.0	92.8 ± 1.0	11.3 ± 0.2
			60	91.8 ± 0.9	—	7.8 ± 0.3
Lenzburg 1929	21.3°	5.8°	0	10.1 ± 0.7	14.1 ± 0.8	20.9 ± 0.6
			5	19.4 ± 1.0	20.8 ± 1.0	18.5 ± 0.4
			10	40.0 ± 2.4	40.2 ± 2.5	15.6 ± 0.5
			20	70.0 ± 5.4	70.0 ± 5.4	14.2 ± 0.5
			30	88.8 ± 2.3	88.8 ± 2.3	12.7 ± 0.4
			60	97.4 ± 1.4	—	9.9 ± 0.2
Chippewa 1929 I	23.9°	9.1°	0	13.2 ± 1.2	21.0 ± 1.3	13.4 ± 0.8
			6	15.6 ± 2.2	20.0 ± 2.3	16.1 ± 0.4
			10	26.4 ± 1.3	29.4 ± 1.4	16.0 ± 0.1
			20	43.4 ± 1.9	44.2 ± 1.8	15.9 ± 0.5
			30	59.4 ± 1.0	59.4 ± 1.0	14.1 ± 0.3
			60	81.6 ± 2.1	—	13.6 ± 0.5

Die einzelnen Proben von *Pinus Strobus* haben auf die verschieden lang dauernde Einwirkung tiefer Temperaturen recht ungleich reagiert.

Die Probe Benzenschwil 1930, die bei einer konstanten Temperatur von  $21^{\circ}$  in 60 Tagen zu 58.6 % keimte, zeitigte mit einer 10tägigen kühlen Vorbehandlung in der gleichen Zeit bereits ein Ergebnis von 84 %. Aehnlich verhielt sich auch die Weymouthskiefernprobe Bünzen 1929 II, wenn auch eine grössere Anzahl Samen dieser Probe erst auf eine 20—30 Tage dauernde Kältewirkung reagierte. Eine zweite Gruppe bilden die Proben Lenzburg 1929 (Tab. 14 a), Lenzburg 1930, Zofingen 1929 I (Tab. 9) und Ontario 1929 (Tab. 39 b, S. 263). Ohne Vorbehandlung keimten diese Herkünfte verhältnismässig schlecht; sie wurden aber durch einen 30tägigen Aufenthalt bei niederer Temperatur derart verändert, dass sie hernach rasch und annähernd vollständig auskeimten. Aehnlich verhielt sich auch die Probe Midhurst 1930 (siehe Tabelle 43, S. 268), von der bei  $21^{\circ}$  in 60 Tagen nur 2.6 % keimten, während die gleiche Probe nach einer 30tägigen Vorbehandlung bei  $9.1^{\circ}$  in der gleichen Zeit eine Keimfähigkeit von 82.0 % ergab. Beim Abschluss des Versuches war hier eine ansehnliche Zahl von Körnern (10.2 %) noch gesund. Diese Probe leitet über zu den Herkünften Wisconsin 1929 (Tab. 10), Nordost-New Hampshire 1929 (Tab. 11) und Chippewa 1929 I (Tab. 14 a), die nach einer 30tägigen kühlen Vorbehandlung am 60. Tag eine grosse Anzahl frischer, noch ungekeimter Körner aufwiesen und bei denen durch eine längere Einwirkung der tiefen Temperaturen wesentlich höhere Keimresultate erzielt werden konnten. Bei der Probe Wisconsin sind nach einer 60tägigen Vorbehandlung bei  $12^{\circ}$  und dem darauffolgenden 30tägigen Aufenthalt bei  $24^{\circ}$  noch 8 % gesunde Samen übrig geblieben.

Es zeigt sich also, dass die einzelnen Samen und Samenproben auf die Kühlbehandlung verschieden reagieren. *Es gibt Weymouthskiefern samen, die ohne vorausgehende Einwirkung tiefer Temperaturen keimen, während bei andern der Keimverzug selbst durch die zwei Monate dauernde Vorbehandlung nicht behoben wird.* Das innert einer bestimmten Zeit und bei bestimmten Bedingungen festgestellte Keimergebnis einer Samenprobe wird durch das Mengenverhältnis bestimmt, in dem die verschieden reagierenden Samen vertreten sind. Die beiden extremsten Typen sind soeben genannt worden; zwischen ihnen findet sich meistens eine starke Mittelgruppe, die auf eine kürzere Kühlbehandlung reagiert. Bei konstanter Temperatur von  $24.2^{\circ}$  zeitigte z. B. die Probe Zofingen 1929 I (siehe Tabelle 9, S. 221) in 50 Tagen ein Keimergebnis von 14.0 %; nach einem 12tägigen Aufenthalt bei  $9.1^{\circ}$  haben in der gleichen Zeit 67.2 %, also 53.2 % mehr gekeimt, während auf eine noch länger dauernde Einwirkung der tiefen Temperatur (12—30 Tage) nur noch 12.6 % reagierten. Bei andern Proben, beispielsweise Nordost-New Hampshire 1929 (Tab. 11), waren diejenigen Individuen stärker vertreten, die eine längere Vorbehandlung benötigten.

Die Wirkung der kühlen Vorbehandlung machte sich nicht nur in einer Erhöhung der Keimergebnisse, sondern auch in einem rascheren Auskeimen bemerkbar. Die durchschnittliche Keimdauer, d. h. die Zeit, während welcher die Samen einer Probe bis zum Eintritt der Keimung durchschnittlich im Keimbett liegen, war um so kürzer, je länger die Vorbehandlung bei tiefen Temperaturen gedauert hatte. Die zum Auskeimen durchschnittlich benötigte Zeit wurde auch bei einem länger als 30 Tage dauernden Kühlaufenthalt weiter verkürzt, trotzdem sich das Schlussergebnis des Keimversuchs bei den meisten Proben nicht mehr wesentlich erhöhte. Durch die kühle Vorbehandlung wird also nicht nur die Keimung angeregt, sondern zugleich eine Beschleunigung des Keimungsprozesses als solchem bewirkt. Dies tritt um so deutlicher in Erscheinung, je länger die Vorbehandlung gedauert hat.

Im Gegensatz zu *Pinus Strobus* hat sich bei den untersuchten Proben von *Molinia coerulea* durch eine mehr als 30 Tage dauernde Kühlbehandlung keine weitere Förderung der Keimung bemerkbar gemacht (siehe Tabellen 13 und 14). Damit in Uebereinstimmung stehen auch folgende bei der *Molinia*-Probe Buttisholz ermittelten Resultate (siehe Tabelle 15).

Tabelle 15.

Keimverhalten der *Molinia*-Probe von Buttisholz nach  
der Vorbehandlung bei 5.7° C  
(mittlere Keimungstemperatur nach erfolgter Kühlbehandlung 30.1° C).

Anzahl Tage bei 5.7°	Keimergebnisse in %	Mittlere Keimdauer in Tagen
0	8.8 ± 1.2	6.6 ± 0.3
15	68.4 ± 2.5	3.3 ± 0.2
30	66.6 ± 2.2	3.5 ± 0.1
45	68.0 ± 1.1	3.1 ± 0.2
273	72.6 ± 0.6	3.6 ± 0.2

Bei dieser Probe ist nach einem 273tägigen Aufenthalt bei 5.7° ungefähr das gleiche Keimergebnis erzielt worden wie nach einer 15-tägigen Vorbehandlung; auch die durchschnittliche Keimdauer ist unter Berücksichtigung der zulässigen Fehlergrenze in beiden Fällen dieselbe.

Noch anders verhielten sich *Amelanchier ovalis* und *Eryngium alpinum*. Wenn die Samen dieser beiden Arten nach einer 4 Monate dauernden Vorbehandlung bei 0°, 3° bzw. 6° in eine höhere Temperatur (12°, 18°, 21°) übertragen wurden, so resultierten niedrigere Keimergebnisse, als dies bei andauerndem Verweilen bei 3° oder 6° der Fall war. Im Gegensatz zu *Pinus Strobus* scheinen bei *Amelanchier* und *Eryngium* die tiefen Temperaturen nicht nur für die Einleitung des Keimungsprozesses, sondern auch für die Keimung selbst förderlich zu

sein. Aehnliche Beobachtungen sind übrigens schon bei anderen Arten gemacht worden; so keimen nach P a c k 1921 die Samen von *Juniperus* am besten bei einer konstanten Temperatur von 5° C.

Interessanterweise zeigte sich die günstige Wirkung einer kühlen Vorbehandlung bei *Pinus Strobus* selbst dann, wenn diese bei Ausschluss des Luftsauerstoffes erfolgte. So ergaben Samen, die ohne Vorquellung in nasses Filtrierpapier gebracht und über einem Gemisch von Pyrogallussäure und Kalilauge in einem luftdicht verschlossenen Gefäss der Temperatur von 9.1° C ausgesetzt worden waren, die in Tabelle 15 a angeführten Resultate.

Tabelle 15 a.

Herkunft der Proben	Dauer der Vorbehandlung bei 9.1° in Tagen	Mittlere Keimungs-temperatur nach Abschluss der Vorbehandlung	Keimergebnisse in % nach total 50 Tagen		
			Vorbehandlung unter Ausschluss des Sauerstoffs	Vorbehandlung bei Sauerstoffzutritt	Ohne Vorbehandlung
Zofingen 1929 I . .	8	23.6°	35.4 ± 2.6	48.4 ± 3.3	14.0 ± 1.9
" 1929 II . .	20	23.6°	50.4 ± 4.0	72.0 ± 2.6	15.4 ± 2.0
New Hampshire 1929	10	21.1°	23.0 ± 2.4	24.4 ± 1.6	14.2 ± 1.5

Aus den Versuchen über die Wirkung der kühlen Vorbehandlung ergibt sich, dass die Keimung der Weymouthskiefern Samen in einem ziemlich weiten Bereich von Temperaturen eine Förderung erfährt. Bei der Mehrzahl der Proben hat die Vorbehandlung bei den Temperaturen von 0—12° in annähernd gleicher Weise gewirkt; bei einzelnen Proben wurde allerdings die Keimung durch die Temperaturen von 9—12° stärker gefördert als durch die Temperaturen von 0° und 3°. Durch eine 30tägige Vorbehandlung wurde meistens ein annähernd vollständiges Auskeimen innert 60 Tagen erzielt. Eine verlängerte Vorbehandlung bei tiefen Temperaturen hatte in allen Fällen eine Beschleunigung des Keimungsprozesses zur Folge. Bei den Samen von *Pinus Strobus* wurde die Keimung auch dann gefördert, wenn die kühle Vorbehandlung unter Ausschluss des Luftsauerstoffs erfolgte.

#### 4. Die Wirkung einer warmen und darauffolgenden kühlen Vorbehandlung.

Nachdem auch unsere Untersuchungen ergeben haben, dass viele Weymouthskiefernproben bei konstanter warmer Temperatur nur sehr langsam und unvollständig keimen, ihre Keimung durch eine kühle Vorbehandlung aber wesentlich gefördert wird, schien es uns wünschenswert, noch zu untersuchen, wie die Samen von *Pinus Strobus*, die während einer bestimmten Zeit im warmen Keimbett gelegen haben,

durch eine darauffolgende Kühlbehandlung beeinflusst werden. Insbesondere sollte ermittelt werden, ob die Kühlbehandlung in diesem Falle die Keimung in gleicher Weise fördert, wie wenn die Samen von Anfang an tiefen Temperaturen ausgesetzt werden. Die Lösung dieser Frage schien uns um so notwendiger, als schon wiederholt festgestellt worden ist, dass Samen, die längere Zeit unter nicht zusagenden Bedingungen im Keimbett gelegen haben, nachher selbst unter günstigen Verhältnissen nur schwer oder gar nicht mehr auskeimen.

Wie die Weymouthskiefernprobe Zofingen 1929 I durch eine verschieden lange warme und darauffolgende 20tägige kühle Vorbehandlung beeinflusst wurde, ersehen wir aus Tabelle 16 und der graphischen Darstellung 9.

Tabelle 16.

Keimergebnisse bei *Pinus Strobus* nach einer warmen und darauffolgenden kühlen Vorbehandlung.

Art der Vorbehandlung	Zofingen 1929 I	Bünzen 1929 II
	%	%
Dauernd 24.2°, in 60 Tagen . . . . .	18.4 ± 1.8	52.6 ± 1.1
20 Tage 9.1°, dann 30 Tage 24.2° . . . . .	78.4 ± 1.6	83.2 ± 1.5
10 Tage 24.2°, dann 20 Tage 9.1°, dann 30 Tage 24.2°	81.0 ± 1.4	88.2 ± 1.7
20 " 24.2°, " 20 " 9.1°, " 30 " 24.2°	69.8 ± 2.4	89.4 ± 1.7
30 " 24.2°, " 20 " 9.1°, " 30 " 24.2°	72.6 ± 2.5	87.8 ± 0.9
60 " 24.2°, " 20 " 9.1°, " 30 " 24.2°	58.2 ± 2.3	79.8 ± 1.7
175 " 21.1°, " 20 " 9.1°, " 30 " 24.2°	35.0 ± 3.9	74.4 ± 1.5
20 Tage 33.0°, dann 20 Tage 9.1°, dann 30 Tage 24.2°	85.4 ± 1.9	83.0 ± 0.9
60 " 33.0°, " 20 " 9.1°, " 30 " 24.2°	83.0 ± 3.2	84.2 ± 2.3

Diese Probe ergab, wie wir in Tabelle 9, S. 221 gesehen haben, nach einer 20tägigen kühlen Vorbehandlung in 50 Tagen eine Keimfähigkeit von 78.4 %. Das Keimergebnis war ungefähr dasselbe, wenn die Samen zunächst bei 24.2° eingekimmt und erst nach 10 Tagen der 20tägigen Kühlbehandlung unterworfen wurden. Liess man die Samen längere Zeit bei der höheren Temperatur, so war die Wirkung der Kühlbehandlung eine geringere; eine besonders starke Depression der Keimergebnisse machte sich bei den Samen geltend, die 6 Monate lang bei 21.4° verweilt hatten. Die untersuchte Probe ist demnach durch das längere Liegen im Keimbett von 21° und 24° so verändert worden, dass die fördernde Wirkung der 20tägigen kühlen Vorbehandlung nicht mehr voll zur Geltung kommen konnte. Die bei 33° eingekimten Samen derselben Probe zeigten hingegen keine derartigen Veränderungen; die 20tägige Einwirkung von 9° C war hier noch ebenso wirksam, wie wenn sie von Anfang an zur Anwendung gelangt.

Aehnliche Versuche wie der soeben beschriebene wurden auch mit andern Proben durchgeführt. Die Resultate sind in den Tabellen 16

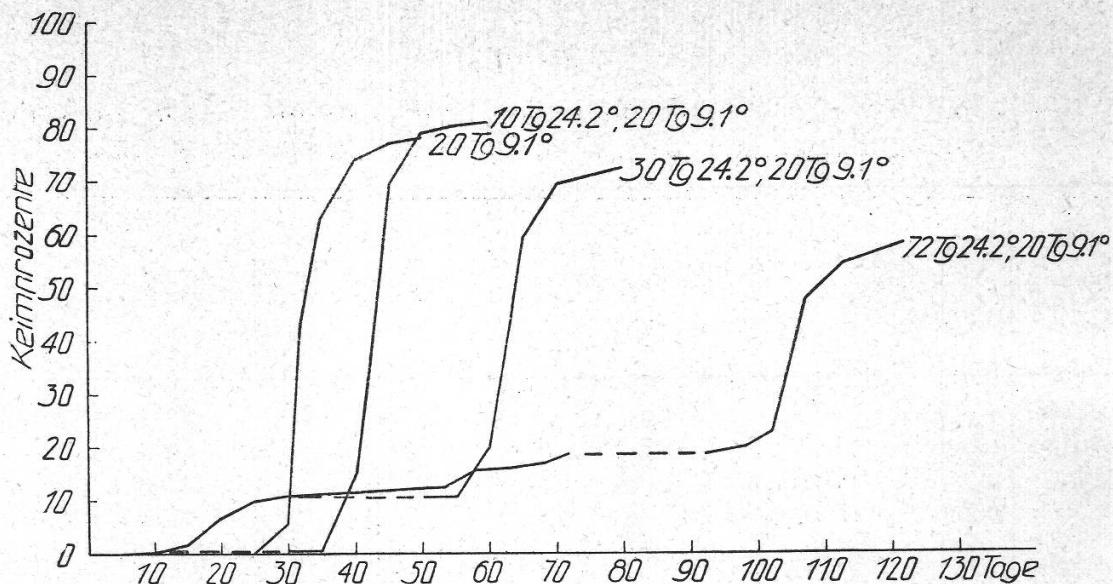


Fig. 9.

Keimverlauf der Weymouthskiefernprobe Zofingen 1929 I, nach einer warmen und darauffolgenden kühlen Vorbehandlung.

Die ausgezogene Linie ————— stellt den Keimverlauf während der Zeit der Einwirkung der Temperatur von 24.2° dar; die unterbrochene Linie - - - markiert die Zeitdauer des Aufenthaltes bei 9.1° C.

und 17 zusammengestellt. Die einzelnen Proben verhielten sich dabei recht verschieden. Bei den Proben Lenzburg 1929 und Benzenschwil 1930 ist ähnlich wie bei der oben besprochenen als Folge des 60tägigen Aufenthaltes bei 21° eine deutliche Depression der Keimergebnisse eingetreten, während letztere durch die Vorbehandlung bei 33° nicht oder nur wenig beeinflusst worden sind. Bei der Probe Chippewa 1929 II wurden hingegen nach längerem Verweilen im Keimbett von 21° resp. 24° und der darauffolgenden Kühlbehandlung höhere Keimergebnisse festgestellt, als dies bei sofortiger Anwendung der tiefen Temperatur der Fall war. Anderseits war hier das Resultat nach der Vorbehandlung bei 33° wesentlich geringer. Die Proben Bünzen 1929 II und Zofingen 1929 II reagierten nach einem 60tägigen Aufenthalt im Keimbett von 24° und 33° ungefähr ebensogut auf die tiefe Temperatur, wie wenn letztere ohne weitere Behandlung zur Anwendung gelangte.

Die auffallende Erscheinung, dass verschiedene Proben derselben Art durch einen längeren Aufenthalt im warmen Keimbett ganz verschieden beeinflusst wurden, liess sich, wie Tabelle 18 zeigt, auch bei *Molinia coerulea* beobachten. Bei der erstangeführten Probe hat ein 15tägiger Aufenthalt bei 3.5° die Keimung der während 30 Tagen bei 24° bzw. 30° gehaltenen Samen nur verhältnismässig wenig gefördert; nach einer 45tägigen Kühlbehandlung wurde indessen ein ebenso hohes Ergebnis festgestellt wie bei den nicht warm vorbehandelten Samen. Probe Nr. 2 ergab nach einer 45tägigen warmen und darauffolgenden 20tägigen kühlen Vorbehandlung ein bedeutend niedrigeres Resultat

Tabelle 17.

Wirkung einer langen warmen und darauffolgenden kurzen kühlen Vorbehandlung auf die Keimung von *Pinus Strobus*.

Herkunft	Behandlung	Keimergebnisse	Bei Abschluss des Versuches noch frisch
Lenzburg 1929	dauernd 21.4°, in 60 Tagen . . . . .	15.2 ± 1.2	—
	20 Tage 9.1°, dann 30 Tage 21.1° . . . . .	65.6 ± 3.6	26.0 ± 3.1
	60 Tage 21.1°, dann 20 Tage 9.1°, dann 30 Tage 20.1°	46.2 ± 2.9	39.0 ± 2.9
	60 " 32.8°, " 20 " 9.1°, " 30 " 20.1°	68.5 ± 3.6	2.4 ± 1.4
Benzenschwil 1930.	dauernd 21.1°, in 60 Tagen . . . . .	58.6 ± 1.1	35.2 ± 1.7
	10 Tage 9.1°, dann 30 Tage 21.1° . . . . .	82.2 ± 1.6	—
	60 Tage 21.1°, dann 10 Tage 9.1°, dann 30 Tage 20.1°	63.8 ± 1.5	30.0 ± 1.6
	60 " 32.8°, " 10 " 9.1°, " 30 " 20.1°	72.8 ± 1.6	22.0 ± 1.9
Zofingen 1929 II	dauernd 23.6°, in 60 Tagen . . . . .	16.8 ± 2.1	74.2 ± 3.9
	20 Tage 9.1° dann 30 Tage 23.6° . . . . .	72.0 ± 2.6	11.6 ± 1.5
	60 Tage 23.6°, dann 20 Tage 9.1°, dann 30 Tage 20.1°	75.2 ± 0.7	15.8 ± 2.1
	60 " 32.8°, " 20 " 9.1°, " 30 " 20.1°	86.6 ± 1.3	0.8 ± 0.4
Chippewa 1929 I	dauernd 23.6°, in 60 Tagen . . . . .	21.0 ± 1.3	63.6 ± 2.6
	20 Tage 9.1°, dann 30 Tage 23.6° . . . . .	43.4 ± 1.9	43.6 ± 2.1
	60 " 9.1°, " 30 " 23.6° . . . . .	81.6 ± 2.1	5.8 ± 1.7
	60 Tage 23.6°, dann 20 Tage 9.1°, dann 30 Tage 20.1°	67.8 ± 1.8	16.8 ± 0.7
	60 " 32.8°, " 20 " 9.1°, " 30 " 20.1°	59.0 ± 1.0	3.8 ± 1.0
Chippewa 1929 II	dauernd 24.2°, in 60 Tagen . . . . .	21.8 ± 2.3	62.6 ± 2.6
	37 Tage 3.7°, dann 30 Tage 24.2° . . . . .	72.0 ± 1.8	14.0 ± 1.1
	76 Tage 24.2°, dann 37 Tage 3.7°, dann 30 Tage 23.6°	80.2 ± 1.7	4.2 ± 0.7
	76 " 33.1°, " 37 " 3.7°, " 30 " 23.6°	44.0 ± 1.0	0.0
	171 " 21.4°, " 37 " 3.7°, " 30 " 23.6°	79.4 ± 2.5	8.4 ± 0.8

als bei sofortiger Anwendung der Kühlbehandlung. Im Gegensatz dazu hat eine 20tägige Kühlbehandlung die Samen der Probe Nr. 3 nach längerem Verweilen im warmen Keimbett noch sehr günstig beeinflusst.

Die Tatsache, dass die Keimung einzelner Proben von *Pinus Strobus* durch einen längeren Aufenthalt bei 21° resp. 24° ungünstig beeinflusst wurde, während bei andern eine Vorbehandlung bei 33° die Keimergebnisse herabsetzte, lässt sich etwas besser verstehen, wenn man zu der Zahl der gekeimten Samen auch die Zahl der beim Abschluss der Versuche noch vorhandenen frischen Körner berücksichtigt. Der Prozentsatz an frischen Körnern ist, soweit er durch die Schnittprobe ermittelt wurde, in Tabelle 17 ebenfalls enthalten. Es geht aus diesen Zahlen hervor, dass von den Samen, die nach einem 60tägigen Verweilen bei 33° einer Kühlbehandlung und nachher wieder einer

Tabelle 18.

Wirkung einer warmen und darauffolgenden kühlen Vorbehandlung auf die Keimung von *Molinia coerulea*.

Herkunft	Behandlung	Keimergebnisse in %
Probe Buttisholz	dauernd 30 1°, in 45 Tagen . . . . .	9.2 ± 1.2
	15 Tage 3.5°, dann 15 Tage 30.1° . . . . .	73.0 ± 1.4
	45 " 3.5°, " 15 " 30.1° . . . . .	76.2 ± 2.4
	30 Tage 24 2°, dann 15 Tage 3.5°, dann 15 Tage 30.1°	38.0 ± 0.8
	30 " 24.2°, " 45 " 3.5°, " 15 " 30.1°	71.0 ± 3.0
	30 " 30.1°, " 15 " 3.5°, " 15 " 30.1°	33.6 ± 2.5
	30 " 30.1°, " 45 " 3.5°, " 15 " 30.1°	69.0 ± 2.5
Handelsprobe Nr. 2	dauernd 30.3°, in 45 Tagen . . . . .	16.8 ± 2.3
	20 Tage 5 8°, dann 15 Tage 30.3° . . . . .	60.8 ± 1.9
	45 Tage 30.3°, dann 20 Tage 5.8°, dann 15 Tage 30 3°	28.2 ± 2.6
	45 " 30.3°, " 47 " 5.8°, " 15 " 30.3°	40.0 ± 2.1
	45 " 24 0°, " 20 " 5 8°, " 15 " 30.3°	21.0 ± 2.0
	45 " 35.6°, " 20 " 5.8°, " 15 " 30.3°	28.8 ± 1.9
Handelsprobe Nr. 3	dauernd 32.9°, in 45 Tagen . . . . .	24.6 ± 3.7
	20 Tage 5.7°, dann 15 Tage 32.9° . . . . .	68.2 ± 2.5
	30 " 5.7°, " 15 " 32.9° . . . . .	68.0 ± 1.9
	5 Tage 32.9°, dann 20 Tage 5.7°, dann 15 Tage 32.9°	65.8 ± 1.7
	10 " 32.9°, " 20 " 5.7°, " 15 " 32.9°	60.2 ± 2.7
	20 " 32.9°, " 20 " 5.7°, " 15 " 32.9°	58.8 ± 2.3
	30 " 32.9°, " 20 " 5.7°, " 15 " 32.9°	63.0 ± 1.4
	188 " 32.9°, " 30 " 5.7°, " 15 " 32.9°	70.2 ± 2.8

hohen Temperatur ausgesetzt wurden, zur Zeit des Abschlusses des Versuches nur noch wenige gesunde vorhanden waren. Wenn bei dieser Behandlung in einzelnen Fällen eine Verminderung der Keimergebnisse eintrat, so hängt dies damit zusammen, dass ein Teil der Samen verhältnismässig rasch in Zersetzung überging.

Anders verhält es sich aber in den Fällen, wo sich nach längerem Verweilen im Keimbett von 21° resp. 24° eine Hemmung der Keimung geltend machte. Hier war nämlich beim Abschluss des Versuches eine entsprechend grössere Zahl gesunder Samen zurückgeblieben, die in den entsprechenden Parallelversuchen bei sofortiger Anwendung der tiefen Temperatur zur Keimung angeregt wurden. Während die Vorbehandlung bei 33° C bei vielen Samen zum völligen Erlöschen der Keimkraft führte, hatten die Temperaturen 21° und 24° höchstens eine verzögernde Wirkung zur Folge, die aber durch einen verlängerten Aufenthalt bei tiefer Temperatur oder durch Ausdehnung des Keimversuches wettgemacht werden konnte. Wenn einzelne Proben von *Pinus Strobus* nach längerem Verweilen im warmen Keimbett noch sehr gut auf die tiefen Temperaturen reagierten, andere dagegen nicht,

so ist dies eine Erscheinung, die mit der bei Weymouthskiefernsamen auch in anderer Hinsicht festgestellten grossen Variabilität im Einklang steht.

### 5. Der Einfluss des täglichen Temperaturwechsels.

Nach den bisherigen Versuchen wird die Keimbereitschaft der Weymouthskiefernsamen durch die Temperaturen von 0—12° gefördert, ohne dass zunächst eine Keimung eintritt. Der sofortige rasche Keimungsvorgang stellt sich in der Regel erst bei höherer Temperatur und vorausgegangener längerer Kühlbehandlung ein. Es fragt sich nun, ob durch einen täglichen Wechsel von tiefen und hohen Temperaturen eine ähnliche Wirkung erzielt werden kann, wie dies bei einer längeren, einmaligen kühlen Vorbehandlung und nachherigem dauern dem Verweilen bei der höheren Temperatur der Fall ist. In Tabelle 19 sind die Ergebnisse einer Versuchsreihe zusammengestellt, in der die Samen der Probe Wisconsin 1929 täglich während 18 Stunden *tiefen* und sechs Stunden lang *höheren* Temperaturen ausgesetzt wurden. Für zwei Temperaturkombinationen wurde auch die Wirkung bei umgekehrtem Zeitverhältnis geprüft.

Tabelle 19.  
Wirkung eines täglichen Temperaturwechsels  
auf die Weymouthskiefernsamen von Wisconsin 1929.

Temperaturwechsel					Temperatur- mittel	Keimergebnisse in %	
18 Stunden	5.7°, 6	Stunden	18 5°	.		unter der Einwirkung des Temperatur- wechsels in 45 Tagen	nach darauf- folgendem 30tägigem Aufenthalt bei 24.2°
18	5.7°, 6	"	24.2°	.	8.9°	0	44.0 ± 1.4
18	"	5.7°, 6	"	30.1°	10.3°	1.0 ± 0.4	41.2 ± 2.2
18	"	5.7°, 6	"	18 5°	11.8°	0.6 ± 0.2	31.2 ± 2.3
18	"	12.0°, 6	"	18 5°	13.6°	0.8 ± 0.2	45.0 ± 2.0
18	"	12.0°, 6	"	24.2°	15.0°	1.2 ± 0.3	42.0 ± 2.4
18	"	12 0°, 6	"	30.1°	16.5°	4.6 ± 1.3	38.0 ± 1.4
18	"	18.5°, 6	"	24 2°	19.9°	5.6 ± 1.0	20.6 ± 1.5
18	"	18.5°, 6	"	30 1°	21.4°	5.8 ± 1.1	15.2 ± 0.7
18	"	24.2°, 6	"	12.0°	21.2°	9.6 ± 1.0	14.4 ± 1.5
18	"	30.1°, 6	"	18.5°	27.2°	12.8 ± 0.7	14.6 ± 0.7
dauernd 24.2°						11.0 ± 1.3	15.6 ± 1.6
45 Tage 9.1°, dann 24.2°						—	44.8 ± 1.9

Vergleichen wir die unter dem Einfluss des täglichen Temperaturwechsels (Kolonne 3) erreichten Keimprozente dieser Probe mit dem bei 24.2° (konstant) erzielten Resultat, so ergibt sich, dass letzteres nur bei den zwei Kombinationen mit längerer Einwirkung der höheren

Temperatur (18 Std. 30°/6 Std. 18°, sowie 18 Std. 24°/6 Std. 12°) erreicht worden ist. Im übrigen waren die Keimprozente um so niedriger, je tiefer die durchschnittliche tägliche Temperatur lag. Der Temperaturwechsel als solcher hatte demnach bei dieser Probe keine Beschleunigung des Keimungsvorgangs zur Folge.

Wurden die während 45 Tagen dem täglichen Temperaturwechsel ausgesetzten Samen nachträglich weitere 30 Tage bei 24.2° belassen, so setzte gerade bei den Behandlungsarten, die bis anhin nur eine geringe Zahl von Keimlingen geliefert hatten, die Keimung kräftig ein. Die Temperaturkombinationen 6°/18° und 12°/18° ergaben dabei das gleiche Resultat wie die gleich lang dauernde Vorbehandlung bei 9° C. Fast ebenso günstig wirkten die Kombinationen 6°/24° und 12°/24°, während die intermittierenden Temperaturen von 12°/30° und 6°/30°, namentlich aber diejenigen von 18°/24° und 18°/30° die spätere Keimung bei 24° (konstant) schwächer beeinflussten. Die keimungsfördernde Wirkung der Kühlbehandlung ist demnach bei dieser Probe auch dann eingetreten, wenn sie nicht kontinuierlich, sondern nur einen Teil des Tages der tiefen Temperatur ausgesetzt wurde.

Der Einfluss der Kombinationen 12°/24° und 6°/24° ist noch an vier weiteren Proben von *Pinus Strobus* untersucht worden. Die Versuchsbedingungen wurden dabei in der Weise variiert, dass die Samen während 14 Stunden der tiefen und während 10 Stunden der höheren Temperatur ausgesetzt waren. Diese Versuche ergaben die in Tab. 20 zusammengestellten Resultate.

Tabelle 20.

Wirkung eines täglichen Temperaturwechsels auf die Keimung verschiedener Proben von *Pinus Strobus*.

Herkunft	Keimergebnis in 60 Tagen			Keimergebnis in 90 Tagen	
	14 Std. 10 „	5.9° 23.6°	14 Std. 10 „	12.3° 23.6°	dauernd 23.6°
	%	%	%	%	%
Zofingen 1929 I . .	0.6 ± 0.4	8.4 ± 0.9	18.4 ± 1.8	24.6 ± 2.2	24.8 ± 1.0
" 1929 II . .	3.6 ± 1.2	19.4 ± 0.7	16.8 ± 2.1	38.0 ± 2.0	46.4 ± 2.6
Bünzen 1930 . . .	2.6 ± 0.5	33.6 ± 1.7	45.6 ± 1.5	27.0 ± 1.5	53.8 ± 2.7
Chippewa 1929 I . .	3.4 ± 0.7	8.8 ± 0.7	21.0 ± 1.3	31.2 ± 2.6	28.2 ± 1.8

Die Wechseltemperaturen wirkten im allgemeinen auch bei diesen Proben weniger günstig als die höhere konstante Temperatur. Eine Ausnahme macht nur die Probe Zofingen 1929 II. Wenn die Kombination 12°/24° hier etwas höhere Ergebnisse liefert hat als im ersten Versuch, so beruht dies wohl auf der verlängerten Einwirkung der höheren Temperatur. Anderseits ist die spätere Keimung bei einer

konstanten Temperatur von  $23.6^{\circ}$  durch die täglich 14 Stunden einwirkende tiefe Temperatur nur in schwächerem Masse bzw. gar nicht gefördert worden.

*Die untersuchten Weymouthskiefernproben haben demnach unter dem Einfluss eines täglichen Wechsels zwischen tiefen und hohen Temperaturen im allgemeinen geringere Keimergebnisse geliefert als bei konstanter Einwirkung der höheren Temperatur. Ein derartiger Wechsel vermochte hier die Wirkung einer einmaligen längeren kühlen Vorbehandlung in keiner Weise zu ersetzen. Bei einem Wechsel mit längerer täglicher Einwirkung der tiefen Temperaturen konnte wohl eine Förderung der Keimbereitschaft beobachtet werden; diese trat aber erst dann in Erscheinung, wenn die Samen nachträglich einer konstanten höheren Temperatur ausgesetzt wurden.*

#### *6. Das Verhalten der Samen verschiedener Herkunft.*

Es konnte schon bei der Besprechung der bisherigen Versuche wiederholt darauf hingewiesen werden, dass die einzelnen Weymouthskiefernproben auf äussere Einflüsse oft ungleich reagieren. Besonders deutliche Unterschiede zeigten sich einerseits in bezug auf den Keimverlauf bei verschiedenen konstanten Temperaturen, anderseits in der Art und Weise, wie die Keimung durch eine kühle Vorbehandlung beeinflusst wurde. Wir haben daher an Hand eines umfangreicherens Materials untersucht, ob dieses ungleiche Verhalten etwa mit dem Klima der Herkunftsgebiete in Beziehung steht. Zur Lösung dieser Frage wurden die aus verschiedenen Gegenden stammenden Proben sowohl bei einer konstanten Temperatur ( $21.3^{\circ}$ ), als auch unter Anwendung einer kühlen Vorbehandlung (30 Tage bei  $9.1^{\circ}$ ) auf ihre Keimkraft geprüft. Die Resultate dieser Versuche sind in den Tabellen 21 und 22 zusammengestellt. Leider war im Jahre 1930 der Zapfenansatz vielerorts gering, so dass wir uns mit bedeutend weniger Proben begnügen mussten, als ursprünglich beabsichtigt war. Wir haben daher den genannten, im Frühjahr 1931 ermittelten Resultaten noch die Ergebnisse eines im November 1929 durchgeföhrten ähnlichen Versuches beigefügt, der aber infolge Materialmangels mit einer verhältnismässig geringen Zahl von Samen durchgeföhrt werden musste (Tabelle 23).

Die früher erwähnten Verschiedenheiten machten sich schon bei den schweizerischen Herkünften der Ernte 1930 geltend (siehe Tab. 21). Während die nach einem 30tägigen Aufenthalt bei  $9.1^{\circ}$  sich ergebende Keimfähigkeit ziemlich gleichmässig hoch war, schwankte das bei  $21.3^{\circ}$  konstanter Temperatur in 90 Tagen erreichte Ergebnis zwischen 18.8 % und 73.4 %. Bei den deutschen Herkünften des gleichen Jahrganges variieren die entsprechenden Zahlen zwischen 25.3 % und 56.5 %. Die Proben Trippstadt und Niederscheidweiler reagierten schwach, bzw. gar nicht auf die kühle Vorbehandlung, während die Keimung der Her-

Tabelle 21.

Keimergebnisse der Weymouthskiefernproben verschiedener Herkunft  
der Ernte 1930.

Versuchsbeginn 13. Februar/18. März 1931.

Mittlere Keimungstemperatur 21.3°.

Herkunft	dauernd 21.3°				30 Tage 9.1° dann 35 Tage 21.3°
	15 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	
<i>Schweiz:</i>					
Bünzen (Aarg.), 1. Ausklengen	4.0 ± 0.6	26.0 ± 1.8	31.2 ± 2.0	32.0 ± 2.3	88.4 ± 1.7
" 2.	9.2 ± 1.5	39.0 ± 2.6	44.3 ± 2.5	44.8 ± 2.5	81.6 ± 3.9
Benzenschwil (Aarg.), 1. Auskl.	25.8 ± 2.2	44.6 ± 1.7	46.0 ± 1.6	46.0 ± 1.6	89.2 ± 1.6
" 2.	44.8 ± 4.4	72.0 ± 2.3	73.2 ± 2.2	73.4 ± 2.2	95.2 ± 1.0
Lenzburg (Aarg.), 1. Auskl. .	0.8 ± 0.5	15.2 ± 2.2	17.6 ± 2.1	18.8 ± 1.8	81.2 ± 6.4
" 2. , .	7.4 ± 1.1	25.2 ± 2.4	26.4 ± 2.3	27.0 ± 2.4	82.4 ± 2.3
<i>Deutschland:</i>					
Michelstadt (Hessen), 1. Auskl.	11.6 ± 1.1	45.0 ± 3.0	50.6 ± 2.4	51.6 ± 2.4	83.6 ± 1.3
" 2. "	16.4 ± 2.6	38.8 ± 3.8	41.6 ± 4.1	42.2 ± 4.2	84.8 ± 1.5
Trippstadt (Pfalz) . . . .	3.8 ± 0.2	29.4 ± 1.7	49.2 ± 1.7	51.2 ± 2.3	59.8 ± 2.3
Büdingen (Oberhessen) I <sup>1</sup> . .	8.7 ± 0.7	21.3 ± 3.3	24.0 ± 3.1	25.3 ± 2.4	73.0 ± 3.0
" II <sup>1</sup> .	16.7 ± 1.8	51.3 ± 2.7	51.3 ± 2.7	51.3 ± 2.7	72.5 ± 3.0
" III <sup>1</sup> .	30.2 ± 2.4	54.1 ± 7.6	55.8 ± 7.3	56.5 ± 6.7	82.4 ± 4.0
Niederscheidweiler (Bez.Trier)	9.0 ± 1.8	37.8 ± 2.4	51.6 ± 4.5	52.6 ± 4.5	53.0 ± 4.0
<i>Kanada:</i>					
Angus (Ontario) . . . . .	27.0 ± 1.0	46.2 ± 2.7	52.2 ± 3.2	54.4 ± 2.7	61.8 ± 3.1
Midhurst (Ontario) . . . . .	0.0	1.2 ± 0.5	2.6 ± 0.5	3.4 ± 0.5	83.6 ± 1.6

<sup>1</sup> Bei dieser Provenienz waren pro Versuch nur 3×50 Samen verfügbar.

künfte Büdingen I und Michelstadt dadurch verhältnismässig günstig beeinflusst wurde. Ganz ungleich verhielten sich auch die beiden aus der Provinz Ontario (Kanada) stammenden Proben Angus und Midhurst. Erstere ergab nach beiden Methoden annähernd dasselbe Resultat; bei letzterer traten bei 21° in den ersten 90 Tagen nur ganz vereinzelte Keimlinge auf.

Die zu gleicher Zeit ermittelten Keimergebnisse der Weymouthskiefernproben der Ernte 1929 (Tabelle 22) weisen ebenfalls grosse Unterschiede auf; es lässt sich aber auch hier kein bestimmter Zusammenhang zwischen der Herkunft und dem Keimverhalten der Samen erkennen. Aehnlich sind die Ergebnisse der unmittelbar nach der Ernte untersuchten Proben des gleichen Jahrganges (Tabelle 23). Es finden sich auch hier bei den deutschen und schweizerischen Herkünften rasch keimende neben solchen, die bei 21° C in 50 Tagen nur wenig keimten. Besonders auffällig ist das gegensätzliche Verhalten der von zwei benachbarten Bäumen der Staatsförsterei Rüti stammenden Proben, von denen die eine bei 21° ein Keimergebnis von 73 %, die andere ein

Tabelle 22.

Keimergebnisse der Weymouthskiefernproben verschiedener Herkunft  
der Ernte 1929.

Versuchsbeginn 18. März 1931.  
Mittlere Keimungstemperatur 21.3°.

Herkunft	dauernd 21.3°				30 Tage 9.1° dann 35 Tage 21.3°
	15 Tage	30 Tage	60 Tage	90 Tage	
<i>Schweiz:</i>					
Bünzen I (früh geerntet), 2. Auskl.	6.4 ± 0.9	36.2 ± 2.6	44.2 ± 2.3	46.6 ± 2.6	94.2 ± 1.6
" II (mittl. Reife), 1. Auskl.	4.8 ± 0.9	44.4 ± 2.1	67.4 ± 2.5	70.2 ± 2.6	94.8 ± 0.9
" II " 2. "	1.0 ± 0.4	25.0 ± 2.4	54.0 ± 2.6	59.0 ± 2.3	88.0 ± 1.4
" III (spät geerntet), 1. "	2.8 ± 0.8	29.2 ± 3.0	42.4 ± 3.0	43.8 ± 2.7	93.2 ± 1.2
Zofingen I („unreife“), 1. Auskl.	2.0 ± 0.7	16.0 ± 1.2	20.3 ± 1.7	21.7 ± 1.6	90.0 ± 3.1
" I " 2. "	0.8 ± 0.4	8.8 ± 1.2	11.2 ± 1.4	11.6 ± 1.7	81.0 ± 1.8
" II („reife“), 1. "	0.8 ± 0.6	13.0 ± 3.0	18.2 ± 2.4	21.0 ± 2.6	86.0 ± 1.4
" II " 2. "	1.8 ± 0.7	9.0 ± 2.5	13.6 ± 2.7	16.4 ± 2.7	80.8 ± 2.0
" II " 3. "	0.4 ± 0.2	7.2 ± 1.0	10.2 ± 0.2	11.0 ± 0.6	91.6 ± 1.3
Lenzburg, 1. Ausklengen . . .	1.4 ± 0.3	10.1 ± 0.7	14.1 ± 0.8	15.6 ± 0.8	88.8 ± 2.3
" . . .	2.6 ± 0.5	12.2 ± 1.2	15.2 ± 1.2	16.0 ± 0.9	88.2 ± 1.5
Handelssaat v. Bürgi, Zeihen, Ernte 1928! . . . . .	8.6 ± 1.0	33.4 ± 2.4	53.8 ± 1.6	57.6 ± 1.3	84.8 ± 2.6
<i>Deutschland:</i>					
Handelssaat v. Keller, Darm- stadt, Ernte 1928! . . .	6.8 ± 0.7	38.2 ± 2.9	49.0 ± 2.1	50.0 ± 2.2	79.6 ± 3.0
<i>Frankreich:</i>					
Saverne . . . . .	4.6 ± 0.9	35.0 ± 1.2	39.2 ± 1.2	39.6 ± 1.4	45.6 ± 3.6
<i>Nordamerika:</i>					
Wisconsin (Handelssaat) . . .	1.2 ± 0.7	3.8 ± 1.1	11.0 ± 1.3	14.2 ± 1.1	34.8 ± 1.9
Chippewa (Minnesota), „unreife“ .	0.6 ± 0.4	5.4 ± 0.9	8.6 ± 0.2	10.6 ± 0.4	63.0 ± 1.9
" " „reife“ . . .	1.6 ± 0.4	4.2 ± 0.7	5.6 ± 0.6	8.2 ± 0.2	71.2 ± 2.4
Ontario (Handelssaat) . . .	5.4 ± 1.2	14.2 ± 1.9	20.0 ± 2.1	24.0 ± 2.2	66.4 ± 2.1
Angus (Ontario) . . . . .	8.6 ± 1.4	11.6 ± 1.2	11.8 ± 1.0	11.8 ± 1.0	9.4 ± 2.2

solches von nur 18 % aufwies, obschon die nach einer 30tägigen kühlen Vorbehandlung ermittelte Keimfähigkeit bei beiden Proben recht hoch war. Wenn die aus Frankreich stammenden Samen der Jahre 1929 und 1930 durchwegs eine verhältnismässig niedrige Keimfähigkeit aufwiesen, so beruht dies wohl auf einem Zufall; wenigstens ergab eine von Epinal (Vosges) bezogene Probe der Ernte 1931 bei konstant 21.1° in 50 Tagen ein Keimresultat von  $46.0 \pm 4.4\%$ , nach einer 30tägigen Vorbehandlung bei 9.1° in der gleichen Zeit ein solches von  $76.2 \pm 4.0\%$ .

Wir haben schon bei der Betrachtung der Wirkung verschiedener konstanter Temperaturen feststellen können, dass Proben, die aus derselben Gegend stammen, ein durchaus verschiedenes Keimungsverhalten zeigen können, während anderseits Proben verschiedener Herkunft auf

Tabelle 23.

Keimergebnis verschiedener Weymouthskiefernproben der Ernte 1929.

Versuchsbeginn 14. November 1929.

Herkunft	Anzahl Samen	Keimergebnis in 50 Tagen	
		sofort 21. <sup>o</sup> <sup>1</sup>	30 Tage 6 <sup>o</sup> dann 21 <sup>o</sup>
<i>Schweiz:</i>			
Eidberg b. Winterthur, Baum Nr. 1 . . . . .	2 × 50	24	54
" " 2 . . . . .	4 × 100	20	86
Rigiviertel Zürich . . . . .	3 × 100	40	68
Rüti (Zürich), Baum Nr. 1 . . . . .	4 × 100	18	89
" " 2 . . . . .	2 × 70	73	86
Bünzen (Aargau) I („unreife“), 1. Ausklingen	4 × 100	69	98
Lenzburg (Aargau), 1. Ausklingen . . . . .	4 × 100	20	93
Novaggio (Tessin) . . . . .	2 × 50	14	56
<i>Deutschland:</i>			
Trippstadt (Pfalz) . . . . .	2 × 100	59	67
Büdingen (Oberhessen) I . . . . .	2 × 25	24	56
" " II . . . . .	3 × 100	40	80
" " III . . . . .	2 × 70	14	67
<i>Frankreich:</i>			
Département de l'Orne . . . . .	2 × 100	12	30
Nogent-sur-Vernisson (Loiret) . . . . .	2 × 100	19	56
Epinal (Vosges) . . . . .	2 × 100	4	11

<sup>1</sup> Durchschnittliche Temperaturschwankung ± 1.4°.

die gleichen Bedingungen vielfach annähernd gleich reagieren. Dieser Befund wird durch die Resultate der soeben besprochenen Versuche, in denen für eine grössere Zahl von Proben die bei konstanter Temperatur und die nach einer Kühlbehandlung sich ergebenden Keimprozente festgestellt wurden, ebenfalls bestätigt. *Die ungleichen Ansprüche, die von den verschiedenen Weymouthskiefernproben bei der Keimung an die Temperatur gestellt werden, lassen sich somit nicht aus den allgemeinen klimatischen Verhältnissen ihres Ursprungsortes erklären.*

Im Anschluss an diese Feststellung war es nun von Interesse zu wissen, ob sich bei andern Arten, deren Keimung ebenfalls durch Anwendung tiefer Temperaturen gefördert werden kann, ein Einfluss der Herkunft geltend macht. Diese Frage ist zuerst für *Molinia coerulea* untersucht worden. Diese Art weist verschiedene Formen auf; so hat man besonders zu unterscheiden zwischen der hochwachsenden und mittelhoch wachsenden Form der besseren Streuwiesen und der Waldlichtungen einerseits und der ganz niederen Form des sauren Moorböden anderseits. Um festzustellen, ob sich die beiden Rassen bei der Keimung ungleich verhalten, sind zunächst für verschiedene in der Gegend von Oerlikon gesammelte Proben sowohl die bei konstanter

Temperatur als auch die nach kühler Vorbehandlung sich ergebenden Keimprozente festgestellt worden (siehe Tabelle 24). Nach diesen Versuchen hat die kühle Vorbehandlung bei allen Proben fördernd auf die Keimung gewirkt. Wenn die Proben N<sup>n</sup> 1, 2 und 7 verhältnismässig niedrige Keimergebnisse aufwiesen, so hängt dies damit zusammen, dass sie einen grossen Prozentsatz an schlecht ausgebildeten Früchten enthielten, die im Laufe der Versuche in Zersetzung übergingen. Die vollkommen ausgebildeten Körner haben auch bei diesen Proben in ungefähr gleicher Weise reagiert wie bei den übrigen.

Tabelle 24.

Keimergebnisse verschiedener Proben von *Molinia coerulea*.

Versuchsbeginn 28. März 1931.

Nummer der Probe	Form	Anzahl Samen	Keimergebnisse in %		
			dauernd 30.1°	15 Tage 5.7°, dann 32.9°	45 Tage 5.7°, dann 32.9°
1	niedrig	5 × 100	4.0 ± 0.7	10.0 ± 1.8	30.8 ± 3.9
2	"	5 × 100	7.2 ± 1.2	27.2 ± 3.0	36.4 ± 3.3
3	mittelhoch	4 × 100	6.8 ± 1.0	64.0 ± 2.3	84.0 ± 0.9
4	hochwüchsige	5 × 100	3.2 ± 1.2	55.2 ± 2.2	72.4 ± 1.2
5	"	5 × 100	7.4 ± 1.9	51.2 ± 1.7	60.8 ± 2.9
6 <sup>1</sup>	"	2 × 50	5	34	65
7 <sup>1</sup>	"	2 × 50	2	18	27
8 <sup>1</sup>	"	2 × 40	12	38	58

<sup>1</sup> Diese Probe stellt den Ertrag einer einzelnen Pflanze dar.

Aehnliche Resultate lieferten auch die übrigen Besenriedproben, die im Herbst 1930 in verschiedenen Gegenden der Schweiz gesammelt wurden. Sie sind in Tabelle 25 zusammengestellt. Die Keimergebnisse schwanken auch hier im einzelnen ziemlich stark; sie sind bei den Samen der hochwüchsigen Form im allgemeinen wiederum höher als bei denjenigen der niedrigen Form. Die nach einer 30tägigen kühlen Vorbehandlung in 45 Tagen erzielten Keimprozente sind bei der Probe Heiterthal, niedrige Form 2 mal, bei der Probe Rothenturm 10 mal so hoch wie die bei dauernd 30° festgestellten Resultate. Bei den übrigen schwanken die nach beiden Methoden erhaltenen Ergebnisse zwischen diesen Extremen; es lässt sich aber hieraus keine sichere Beziehung zwischen Herkunft und Keimverhalten feststellen.

Neben den soeben besprochenen Versuchen mit *Pinus Strobus* und *Molinia coerulea* haben wir noch einige weitere mit *Eryngium alpinum*- und *Amelanchier ovalis*-Proben verschiedener Herkunft durchgeführt. Da, wie schon erwähnt, diese Arten in unseren Versuchen bei konstanten Temperaturen von mehr als 9° C nicht keimten, so wurde nur geprüft, wie sich hier die einzelnen Herkünfte bei verschiedenen tiefen Temperaturen verhielten.

Tabelle 25.

Keimergebnisse von *Molinia*-Proben verschiedener Herkunft.

Versuchsbeginn 2. April 1931.

Herkunft	Höhe über Meer	Form	Anzahl Samen	Keimergebnis in % in 45 Tagen	
				dauernd 30.1°	30 Tage 5.7° dann 30.1°
Gotzenwil bei Winterthur . .	540 m	hochwüchsиг	5×100	8.2 ± 1.5	77.4 ± 2.8
Mühlehalden b. Kollbrunn (Zeh.)	520 m	"	5×100	23.8 ± 1.0	75.0 ± 4.0
"	500 m	niedrig	5×100	16.8 ± 2.0	43.4 ± 2.0
Heiterthal bei Schlatt (Zürich)	540 m	hochwüchsиг	5× 50	13.2 ± 2.3	38.0 ± 1.4
"	540 m	niedrig	5×100	3.4 ± 1.1	6.0 ± 1.1
Schauenberg, Elgg (Zürich) .	800 m	hochwüchsиг	2× 50	0	14
Rothenthurm . . . . .	930 m	niedrig	4× 50	3.5 ± 1.0	36.5 ± 3.3
Kandergruen, Thun (Kt. Bern)	560 m	hochwüchsиг	5× 50	6.8 ± 1.2	52.4 ± 1.7
Buttisholz (Kt. Luzern) . . .			5×100	9.2 ± 1.2	66.6 ± 2.2

Für *Eryngium alpinum* beabsichtigten wir, für unsere Versuche mehrere Proben alpiner Standorte neben solchen der Ebene heranzuziehen. Leider war es uns aber nicht möglich, Samen dieser Art aus verschiedenen Gegenden der Alpen zu erhalten; wir mussten uns hier mit einer einzigen Probe von der Fürstenalp begnügen. Wie die einzelnen Proben reagiert und gekeimt haben, ist aus Tabelle 26 ersichtlich. Die Keimung verlief sehr langsam; immerhin sind bei einzelnen Proben nach 12 Monaten, insbesondere bei der konstanten Temperatur von 3° C, verhältnismässig hohe Resultate erzielt worden. Die fast durchwegs niedrigen Keimergebnisse der aus dem Jahre 1929 stammenden Proben hängen wahrscheinlich mit dem Alter der Samen zusammen.<sup>1</sup> Auffallend ist, dass die zwei Proben von *Eryngium alpinum*, die sowohl bei 3.3° als bei 5.8° und 9.1° untersucht wurden, durchgehend am besten bei der niedrigsten Temperatur gekeimt haben. Auch aus den Ergebnissen der übrigen Proben muss geschlossen werden, dass für die Keimung

<sup>1</sup> Einige Proben waren im Oktober 1929, also kurz nach der Ernte, im Kühlkeller der Versuchsanstalt Oerlikon (Temperatur 4—8° C) zur Keimung angesetzt worden. Dabei ergaben sich in 14 Monaten folgende Keimresultate (Mittel von je 2× 50 Samen):

Mertens, Zürich . . . . .	41 %
Frikart, Stäfa . . . . .	26 %
Fürstenalp (Graubünden) . . .	58 %

Diese Zahlen zeigen, dass diese Proben unmittelbar nach der Ernte wesentlich besser keimten als nach 1½ Jahren. Ferner geht aus diesem Versuch hervor, dass die in hohen Lagen gesammelten Samen eine ebenso gute Keimfähigkeit aufweisen können wie die aus der Ebene stammenden.

dieser Art, unbekümmert um die Herkunft des Samens, im allgemeinen die Temperaturen unter 5.8° C die günstigsten sind.

Tabelle 26.

Keimungsverlauf verschiedener Herkünfte von *Eryngium alpinum*  
bei konstanten Temperaturen.

Versuchsbeginn 3. März 1931.

Herkunft	Keimungs-temperatur	Anzahl Samen	Keimergebnis in % in Monaten					
			2	4	6	8	10	12
Haage u. Schmidt, Erfurt 1928	3.3°	4×50	0	1.5 ± 0.5	5.0 ± 1.3	5.5 ± 1.3	6.0 ± 2.0	6.0 ± 2.0
	5.8°	4×50	0	0	2.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5
Haage u. Schmidt 1929	3.3°	4×50	0	1.5 ± 0.5	2.5 ± 0.5	3.0 ± 0.6	3.5 ± 0.5	3.5 ± 0.5
	5.8°	4×50	0	0.5 ± 0.5	1.5 ± 1.0	1.5 ± 1.0	1.5 ± 1.0	1.5 ± 1.0
Haage u. Schmidt 1930	3.3°	4×50	1.0 ± 1.0	21.5 ± 3.9	36.5 ± 7.3	42.0 ± 7.0	44.5 ± 6.7	45.5 ± 6.6
	5.8°	4×50	0.5 ± 0.5	4.0 ± 0.8	12.0 ± 2.2	21.0 ± 3.7	27.0 ± 3.1	31.0 ± 3.3
	9.1°	4×50	0	0.5 ± 0.5	2.0 ± 0.0	2.5 ± 0.5	3.5 ± 1.0	4.5 ± 0.5
Frikart, Stäfa (Kt. Zch.) 1929	3.3°	2×50	1	19	19	20	20	20
	5.8°	2×50	5	9	12	16	17	17
Frikart, Stäfa 1930	3.3°	3×50	5.3 ± 1.8	21.3 ± 1.3	24.7 ± 1.8	26.0 ± 1.2	26.0 ± 1.2	26.0 ± 1.2
	5.8°	3×50	5.3 ± 1.5	16.0 ± 4.2	22.0 ± 4.6	24.7 ± 4.1	26.7 ± 4.1	26.7 ± 4.1
	9.1°	2×50	0	4	20	21	26	29
Mertens, Zürich 1929	3.3°	2×50	0	14	28	30	30	30
	5.8°	2×50	1	4	20	21	26	29
	9.1°	2×50	0	1	2	2	5	6
Fürstenalp (Kt. Graubünden) 1929	3.3°	50	0	2	2	2	2	2
	5.8°	2×50	0	0	0	0	0	0

Von *Amelanchier ovalis* wurden Samen aus dem Oberhalbstein (zirka 1400 m ü. M.), von Flims, vom Uetliberg und von Zürich untersucht. Die gesammelten Früchte wurden sofort nach der Ernte ausgekernt und die Samen hernach trocken aufbewahrt. Die aus dem Jahre 1929 stammenden Proben sind während 1½ Jahren zum Teil im Kühlkeller bei 4—8° C, zum Teil in einem während des Winters geheizten Arbeitszimmer gelagert worden. Die Ergebnisse der Keimversuche mit *Amelanchier* sind in Tabelle 27 enthalten. Wie bei *Eryngium alpinum* lassen sich auch hier zwischen dem Keimverhalten der einzelnen Herkünfte keine wesentlichen Unterschiede erkennen.

Die Ergebnisse der mit *Molinia*, *Eryngium* und *Amelanchier* durchgeföhrten ergänzenden Versuche stehen insofern mit den bei *Pinus Strobus* gefundenen Resultaten in Uebereinstimmung, als auch bei ihnen kein bestimmter Einfluss der Herkunft auf die Keimung festgestellt werden konnte. Während nun aber die untersuchten Proben von *Eryngium* und *Amelanchier* ziemlich gleich auf die gebotenen Keimungsbedingungen reagierten, machten sich bei den einzelnen Proben von

Tabelle 27.

Keimverlauf verschiedener Herkünfte von *Amelanchier ovalis*  
bei konstanten Temperaturen.

Versuchsbeginn 3. März 1931.

Herkunft	Keimungs- temperatur	Anzahl Samen	Keimergebnis in % in Monaten					
			2	4	6	8	10	12
Oberhalbstein (Graubünden) 1929, bei Zimmertem- peratur aufbewahrt	3.3°	4×50	0	1.0 ± 0.6	3.0 ± 1.0	4.5 ± 1.7	7.0 ± 1.7	10.0 ± 2.1
	5.8°	4×50	0	0.5 ± 0.5	5.5 ± 0.5	7.5 ± 1.0	12.0 ± 1.8	16.5 ± 4.5
Dito, im Kühlkeller auf- bewahrt	3.3°	4×50	0	0	0	3.5 ± 2.2	4.7 ± 3.4	5.2 ± 3.4
	5.8°	4×50	0	1.0 ± 1.0	3.0 ± 1.0	3.0 ± 1.0	5.5 ± 2.1	9.0 ± 1.7
	9.1°	4×50	0	0	2.0 ± 0.8	11.5 ± 1.5	32.0 ± 2.9	42.5 ± 3.0
Flims (Graubünden) 1930, 1100 m ü. M.	3.3°	3×50	0	5.3 ± 2.4	7.3 ± 2.9	10.0 ± 2.3	16.7 ± 2.9	19.3 ± 3.7
	5.8°	3×50	0	8.0 ± 2.3	13.3 ± 4.4	16.0 ± 4.0	21.3 ± 6.4	22.7 ± 6.7
	9.1°	2×50	0	11	29	41	61	70
Uetliberg (Zürich) 1930, 800 m ü. M.	3.3°	2×50	0	0	4	5	11	14
	5.8°	2×50	0	7	12	20	28	30
Zürich (Garten des landwirt- schaftlichen Instituts der E. T. H.) 1929, bei Zimmertem- peratur aufbewahrt	3.3°	4×50	0	0	3.7 ± 1.2	6.7 ± 2.1	7.7 ± 1.9	11.3 ± 4.0
	5.8°	4×50	0	0	16.5 ± 2.6	18.5 ± 2.6	18.5 ± 2.6	20.5 ± 2.6
Dito, im Kühlkeller auf- bewahrt	5.8°	2×50	1	1	13	17	19	21
	9.1°	30	0	0	27	77	90	93
Dito, Ernte 1930, bei Zimmertemperatur aufbewahrt	3.3°	4×50	0	0	12.0 ± 2.9	12.0 ± 2.9	13.5 ± 2.7	13.5 ± 2.7
	5.8°	4×50	0	1.5 ± 1.5	36.0 ± 2.2	38.0 ± 2.9	39.5 ± 2.9	41.0 ± 2.6

*Molinia* und insbesondere bei denjenigen von *Pinus Strobus* deutliche Unterschiede geltend. Da die Untersuchung der aus verschiedenen Klimaten stammenden Samenproben uns keinen näheren Aufschluss über das Zustandekommen dieser Verschiedenheiten zu geben vermag, soll noch geprüft werden, ob sich hier etwa ein Einfluss der beim Ausreifen und während der Lagerung herrschenden Bedingungen geltend macht.

#### 7. Der Einfluss der beim Ausreifen und während der Lagerung herrschenden Bedingungen.

Um festzustellen, wie weit die beim Ausreifen herrschenden Bedingungen, so vor allem die Temperaturverhältnisse und die Zufuhr von Wasser und Nährstoffen, die Temperaturansprüche des Samens bei der Keimung zu modifizieren vermögen, ist zunächst im Jahre 1929 ein Tastversuch ausgeführt worden. Es wurden einzelne Aeste eines

Tabelle 28.

Vorbehandlung	Beginn des Keim- versuchs	Anzahl Samen	Mittlere Keimungs- temperatur	Keimergebnisse in %			
				bei dauernd 21°		30 Tage 90° dann 30 Tage 21°	
				in 30 Tagen	in 60 Tagen		
1. Zapfen von Bünzen, anfangs September 1930 gepflückt							
a) Auf dem trockenen Dachraum ausgereift	13. Febr. 1931	5×100	21.3°	39.0 ± 2.6	44.3 ± 2.5	81.6 ± 3.9	
b) 65 Tage bei 4—7°, dann auf dem Dachraum	13. Febr. 1931	5×100	21.3°	73.2 ± 2.7	78.2 ± 2.7	88.6 ± 2.7	
2. Zweige mit Zapfen von Eidberg, am 7. September 1930 gepflückt, in Wasser eingestellt							
a) Bei Zimmertemperatur	18. März 1931	2×50	21.3°	7	7	86	
b) 69 Tage bei 4—7°, dann bei Zimmertemperatur	18. März 1931	2×50	21.3°	86	91	92	
3. Zweige mit Zapfen von Eidberg, am 30. Aug. 1931 gepflückt, in Wasser eingestellt							
a) Bei Zimmertemperatur	23. Okt. 1931	6×50	21.1°	56.0 ± 3.3	56.6 ± 3.7	96.4 ± 0.8	
b) 43 Tage bei 4.5—8°, dann bei Zimmertemperatur	23. Okt. 1931	5×100	21.1°	90.4 ± 1.6	91.4 ± 1.7	96.8 ± 0.8	

Baumes geringelt und andere bis ins Holz hinein angeschnitten. Durch die Ringelung sollte die Zufuhr von organischen Stoffen vollständig unterbunden werden, während das Anschneiden eine Erschwerung der Zufuhr des Wassers und der organischen Stoffe zum Zwecke hatte. In der Absicht, eine grössere Schwankung der Temperatur in unmittelbarer Nähe der Samen zu erzielen, wurde eine Anzahl Zweige mit Zapfen in schwarzer Leinwand eingeschlossen. Durch keinen dieser Eingriffe konnte eine wesentliche Veränderung des späteren Keimverhaltens erzielt werden. Eine deutliche Wirkung wurde hingegen festgestellt, wenn die zapfentragenden Zweige ein Monat vor der Reife gepflückt und, in Wasser eingestellt, verschiedenen Temperaturen ausgesetzt wurden. Diejenigen Samen, welche auf diese Art 1½ Monate im Kühlkeller (4—8° C) lagen, zeigten bei 21° konstant in 50 Tagen eine Keimfähigkeit von 75 %, während von den bei Zimmertemperatur gehaltenen in der gleichen Zeit nur 11 % auskeimten. Aehnliche Versuche habe ich

in den Jahren 1930 und 1931 durchgeführt. Die Resultate sind aus Tabelle 28 ersichtlich. Diejenigen Samen, die vor der Reife eine Kälteperiode durchmachten, keimten nachher bei 21° in kurzer Zeit fast vollständig aus. Diese Tatsache ist auf Grund der früheren Versuche leicht zu verstehen; sie stellt die Wirkung der tiefen Temperaturen dar, denen die Samen während der Reife ausgesetzt waren. Es ist anzunehmen, dass die Temperatur auch beim Ausreifen der Samen unter natürlichen Bedingungen einen grossen Einfluss auszuüben vermag. Dabei dürfte weniger das Durchschnittsklima eines Landes als vielmehr die lokalen Temperaturverhältnisse, die in einem gewissen Zeitpunkt auf die reifenden Samen einwirken, von wesentlicher Bedeutung sein. Es ist im vorigen Abschnitt darauf hingewiesen worden, dass aber auch die Samen zweier benachbarter Weymouthsföhren sich bei der Keimung grundverschieden verhalten können. Leider haben die Bäume, an deren Erträgen wir dies für den Jahrgang 1929 feststellen konnten, in den folgenden Jahren keine Zapfen mehr angesetzt. Es konnte daher nicht festgestellt werden, ob der an den Samen dieser zwei benachbarten Bäume festgestellte Unterschied darauf zurückzuführen ist, dass diese in einem verschiedenen Stadium durch gewisse ausschlaggebende Aussenbedingungen beeinflusst wurden, oder ob er auf einer den Samen selbst zukommenden verschiedenen erblichen Veranlagung beruht. Diese Fragen bedürfen noch einer genaueren Prüfung; es ist aber durchaus möglich, *dass die lokalen Witterungsunterschiede zusammen mit erblichen Verschiedenheiten das ungleiche Keimungsverhalten von Proben ähnlicher Herkunft bedingen.*

Der Einfluss des Zeitpunktes der Ernte oder, mit andern Worten, die Bedeutung des Reifestadiums, in dem die Ernte erfolgt, ist bei Proben verschiedener Herkunft untersucht worden. Die Ergebnisse sind in der schon früher besprochenen Tabelle 22, S. 238 enthalten. Die dort erwähnten Proben sind teilweise schon kürzere Zeit nach der Ernte geprüft worden; die dabei erzielten Resultate finden sich in Tabelle 31. Bei diesen Versuchen haben die unreif geernteten Samen — wenn auch nicht durchgehend, so doch meistens — bei konstanter Temperatur ein etwas höheres Keimergebnis geliefert. Das Verhalten des beim 1. und beim 2. Ausklingen erhaltenen Materials ist ebenfalls bei verschiedenen Proben untersucht worden (siehe Tabellen 21 und 22). Häufig zeigten die beim 1. Ausklingen ausgefallenen Samen bei 21° ein niedrigeres Keimergebnis; dies war aber auch nicht durchgehend der Fall. Da die Abgrenzung zwischen « reif » und « unreif » und zwischen den Produkten des 1. und 2. Ausklingens bei unserem Material eine recht subjektive war, sehen wir davon ab, auf die beobachteten Unterschiede näher einzugehen.

Zum Schluss wurde noch geprüft, inwieweit die Keimung der Weymouthskiefernsamen durch die Lagerung beeinflusst wird. Die

Keimergebnisse verschieden gelagerter Samen der Probe Bünzen 1929 I finden sich in Tabelle 29.

Es geht aus den in der letzten Kolonne der Tabelle angeführten Zahlen hervor, dass diese Probe während der zweijährigen Aufbewahrung bei Zimmertemperatur, im Dachraum und im Kühlkeller nur wenig an ihrer Keimkraft (ermittelt nach einer 30tägigen kühlen Vorbehandlung) eingebüsst hat. In den bei konstanten Keimungstemperaturen erhaltenen Resultaten kommt hingegen die Wirkung der ungleichen Lagerung stärker zum Ausdruck. So ergaben die gleichen Samen, bei einer Temperatur von 21° eingekimt, folgende Keimungszahlen :

Während 4 Monaten im trockenen Zimmer aufbewahrt .	49.0 %
» 4 » » Dachraum » . 52.2 %	
» 4 » » Kühlkeller » . 94.8 %	

Wenn die anfänglich kühl aufbewahrten Samen nachträglich bei Zimmertemperatur gehalten wurden, ging die Fähigkeit, bei höherer Temperatur rasch zu keimen, allmählich zurück; nach 1½jähriger Aufbewahrung bei Zimmertemperatur wurde unter den erwähnten Bedingungen nur noch ein Ergebnis von 62.6 % erzielt.

Die Resultate zweier weiterer Lagerungsversuche, die aber nur von kürzerer Dauer waren, sind in Tabelle 30 zusammengestellt. Bei diesen Versuchen wurde neben dem Einfluss der Aufbewahrung im Zimmer und im Kühlkeller auch noch der Einfluss der Feuchtigkeit etwas näher verfolgt, indem Samen von zwei Proben verschiedener Herkunft in luftdicht abgeschlossenen Gefässen einerseits über Chlorcalcium, anderseits in einer wasserdampfgesättigten Atmosphäre gehalten wurden. Die während 5 Monaten in wasserdampfgesättigter Luft bei Zimmertemperatur aufbewahrten Samen haben ihre Keimkraft fast vollständig verloren. Die übrigen Behandlungsarten haben das nach 30tägiger kühler Vorbehandlung erzielte Keimergebnis wenig beeinflusst. Deutliche Unterschiede weisen hingegen die bei dauernd 21° erreichten Zahlen auf. Die bei freiem Luftzutritt und Zimmertemperatur gelagerten Samen ergaben nach 5 Monaten ein etwas höheres Resultat als zu Beginn des Lagerungsversuches. Eine deutliche Zunahme war bei den im Kühlkeller aufbewahrten Proben zu beobachten; indessen ist hervorzuheben, dass die keimungsfördernde Wirkung der kühlen Lagerung bei diesen beiden Proben viel geringer war als bei der früher besprochenen. Die über Chlorcalcium gelagerten Samen weisen einen wesentlich verminderter Wassergehalt auf; das Keimverhalten hat sich durch diese Art der Aufbewahrung, gleichviel ob letztere bei tiefer oder bei hoher Temperatur erfolgte, nicht merklich verändert.

Bei einer weiteren Probe (Zofingen 1929 I) ist die Wirkung einer 10 Monate dauernden Lagerung im Kühlkeller ermittelt worden. Das bei 21° in 60 Tagen erzielte Keimergebnis betrug hier vor dem Aufenthalt im Kühlkeller  $20.3 \pm 1.7\%$ , nach demselben  $55.2 \pm 1.1\%$ .

Tabelle 29.

Der Einfluss der Lagerung auf die Keimung der Weymouthskiefernprobe Bünzen 1929 I, 1. Ausklemmen.  
Beginn des Lagerungsversuches 15. November 1929.

Art der Lagerung	Beginn des Keimversuchs	Mittlere Keimungstemperatur <sup>1</sup>	Keimergebnis ohne Kühlbehandlung in			Vorbehandlung	Keimergebnis nach 60 Tagen bei 30-tägiger Kühlung
			16 Tagen	30 Tagen	60 Tagen		
Im trockenen Zimmer	7. Jan. 1930	21.3°	22.0 ± 2.2	52.6 ± 1.7	56.2 ± 1.3	99.0 ± 1.0	99.5 ± 0.5
	13. März 1930	21.6°	22.8 ± 3.3	46.0 ± 1.6	49.0 ± 1.4	94.6 ± 1.4	
	29. Okt. 1931	20.5°	26.2 ± 3.3	39.8 ± 2.8	48.8 ± 2.8	94.6 ± 1.4	
Im Dachraum	7. Jan. 1930 <sup>2</sup>	21.3°	28	53	55.5	98	97.5 ± 0.5
	13. März 1930	21.6°	24.6 ± 2.8	45.8 ± 1.9	52.2 ± 1.2	93.8 ± 2.0	
	29. Okt. 1931	20.5°	20.4 ± 0.9	30.8 ± 1.2	41.8 ± 1.5	93.8 ± 2.0	
Im Kühlkeller (4—8° C)	7. Jan. 1930 <sup>2</sup>	21.3°	50.5	73	75	97.5	94.8 ± 0.4
	13. März 1930	21.6°	91.4 ± 0.9	94.6 ± 0.5	94.8 ± 0.4	97.5 ± 0.5	
	29. Okt. 1931	20.5°	86.4 ± 1.6	87.8 ± 1.7	88.0 ± 1.7	91.6 ± 1.9	
Vom 15. November 1929 bis 8. April 1930 im Kühlkeller, ab 8. April 1930 bei Zimmertemperatur							
	2. Sept. 1930	21.2°	74.4 ± 2.6	82.4 ± 1.7	84.0 ± 1.3	99.0 ± 1.0	80.6 ± 3.1
	29. Okt. 1931	20.5°	34.6 ± 2.5	59.2 ± 2.5	62.6 ± 2.6	80.6 ± 3.1	

<sup>1</sup> Schwankung ± 1.3°.<sup>2</sup> Diese Versuche sind mit je 2×100 Samen durchgeführt worden.

Tabelle 30.

## Die Veränderung des Keimverhaltens während der Lagerung.

	Beginn des Keim- versuchs	Mittlere Keimungs- temperatur <sup>1</sup>	Wasser- gehalt %	Keimergebnis in %	
				ohne Kühl- behandlung in 90 Tagen	nach 30 Tagen Kühl- behandlung in 60 Tagen
<b>1. Bünzen III 1929, 2. Ausklingen</b>					
a) Beim Beginn des Lagerungs- versuches	1. Dez. 1930	20.1°	7.15	25.6 ± 1.2	81.6 ± 2.1
b) Nach 159 tägiger Lagerung: bei Zimmertemperatur unter Luftzutritt	8. Mai 1931	21.1°	6.60	39.0 ± 2.7	86.7 ± 1.7
bei Zimmertemperatur unter Luftabschluss über Chlor- calcium	"	21.1°	3.70	32.0 ± 3.1	83.0 ± 1.1
bei Zimmertemperatur in was- serdampfgesättigter Luft im Kühlkeller (4—7° C), unter Luftzutritt	"	21.1°	13.31	0.3 ± 0.3	0
im Kühlkeller (4—7° C), unter Luftabschluss über Chlor- calcium	"	21.1°	13.95	46.0 ± 1.5	86.0 ± 2.9
	"	21.1°	4.86	33.0 ± 2.2	84.3 ± 1.6
<b>2. Chippewa 1930</b>					
a) Beim Beginn des Lagerungs- versuches	1. Dez. 1930	20.1°	7.68	31.6 ± 2.8	70.8 ± 3.4
b) Nach 159 tägiger Lagerung: bei Zimmertemperatur unter Luftzutritt	8. Mai 1931	21.1°	6.74	46.0 ± 2.4	66.7 ± 3.8
bei Zimmertemperatur unter Luftabschluss über Chlor- calcium	"	21.1°	4.74	35.3 ± 3.5	64.0 ± 2.1
bei Zimmertemperatur in was- serdampfgesättigter Luft im Kühlkeller (4—7°) unter Luftzutritt	"	21.1°	14.59	2.0 ± 0.6	1.3 ± 0.4
im Kühlkeller (4—7°) unter Luftabschluss über Chlor- calcium	"	21.1°	14.30	45.7 ± 1.2	62.7 ± 1.7
	"	21.1°	5.75	35.7 ± 2.2	71.6 ± 4.0

<sup>1</sup> Schwankung ± 1.3°.

Die für die Förderung der Keimbereitschaft wichtigen Vorgänge, die in den gequollenen Samen unter dem Einfluss der tiefen Temperaturen rasch verlaufen, haben demnach bei den untersuchten Proben in mehr oder weniger starkem Masse auch bei einem niedrigeren Feuchtigkeitsgrad stattgefunden. Es muss aber hervorgehoben werden, dass der Wassergehalt der im Kühlkeller aufbewahrten Proben sich zwischen 13 und 15 % bewegte und demnach wesentlich höher war als bei den im trockenen Zimmer gelagerten Samen (zirka 6—8 %).

Ueber den Einfluss der Lagerung bei Zimmertemperatur lassen sich aus obigen Versuchen keine bestimmten Schlüsse ziehen. Mehr besagen hierüber die in Tabelle 31 zusammengestellten Zahlen. Es handelt sich dabei allerdings um Ergebnisse, die in anderem Zusammenhang festgestellt worden sind und die nicht ohne weiteres miteinander verglichen werden dürfen, weil die Keimungsbedingungen der in den einzelnen Kolonnen erwähnten Versuche nicht ganz die gleichen waren. Die Resultate des am 18. März 1931 begonnenen Versuches sind in einem Themostaten des Institutes für spezielle Botanik ermittelt worden (vgl. Tabelle 22, S. 238), während die Zahlen vom 13. März 1930 von einem in Oerlikon bei stärkeren Temperaturschwankungen durchgeföhrten Versuch stammen. Einige Proben sind auch im Jahre 1931 nochmals in Oerlikon untersucht worden; die Ergebnisse sind in der letzten Kolonne beigefügt.

Tabelle 31.

Herkunft	Keimergebnisse in % in 60 Tagen		
	13. März 1930 bei 21.6°	18. März 1931 bei 21.3°	26. Aug. 1931 bei 20.3°
Zofingen 1929 I („unreife“), 1. Ausklingen . .	58.2 ± 2.5	20.3 ± 1.7	—
” 1929 I ” 2. ” . .	55.4 ± 2.2	11.2 ± 1.4	12.8 ± 1.9
” 1929 II („reife“), 1. Ausklingen . .	35.4 ± 2.1	18.2 ± 2.4	—
” 1929 II ” 2. ” . .	45.0 ± 2.6	13.6 ± 2.7	—
Bünzen 1929 I („unreife“), 2. Ausklingen . .	58.8 ± 2.2	44.2 ± 2.3	—
” 1929 II (mittlere Reife), 1. Ausklingen	69.6 ± 1.5	67.4 ± 2.5	65.8 ± 2.9
” 1929 II ” 2. ” . .	56.2 ± 2.7	54.0 ± 2.6	—
” 1929 III (spät geerntet) . . . . .	54.6 ± 1.7	42.4 ± 3.0	42.8 ± 3.6
Chippewa 1929 I („unreife“) . . . . .	40.4 ± 2.2	8.6 ± 0.2	—
” 1929 II („reife“) . . . . .	29.6 ± 1.6	5.6 ± 0.6	—

Es geht aus diesen Ergebnissen hervor, dass die Keimbereitschaft der vier von Zofingen stammenden Proben durch die einjährige Lagerung bei Zimmertemperatur wesentlich verändert worden ist. Bei einer Keimungstemperatur von zirka 21° sind im Frühjahr 1931 in 60 Tagen Ergebnisse von 10—20 % erzielt worden, während die entsprechenden Resultate im Vorjahr zwischen 35 und 58 % schwankten. Ein noch stärkerer Rückgang machte sich bei den Proben Chippewa I und II geltend, während die von Bünzen stammenden Samen durch die Lagerung nur sehr wenig verändert worden sind. Dass die Unterschiede in den Keimergebnissen nicht etwa auf den veränderten Keimungsbedingungen beruhen können, geht daraus hervor, dass die in der letzten Kolonne beigefügten Zahlen mit denjenigen der zweiten Kolonne, die im gleichen Jahr, aber unter etwas anderen Bedingungen ermittelt sind, gut übereinstimmen. Die nach einer 30tägigen kühlen Vorbehand-

lung festgestellte Keimfähigkeit ist, wie aus Tabelle 22, S. 238 hervorgeht, nach einjähriger Lagerung noch recht hoch gewesen.

Es haben schon Grisch und Lakan 1923 festgestellt, dass die Art der Aufbewahrung für das spätere Verhalten der Samen bei der Keimung von wesentlichem Einfluss sein kann. Diese Beobachtung wird durch unsere Untersuchungen bestätigt. *So haben, bei hoher Temperatur eingekimt, einzelne unserer Proben nach längerer Lagerung bei Zimmertemperatur wesentlich geringere Ergebnisse gezeitigt als vor der Lagerung.* Bei Anwendung der kühlen Vorbehandlung keimten aber auch diese Samen vollständig aus und ergaben dann ungefähr die gleichen Resultate wie vor der Lagerung.

## II. Untersuchungen über die inneren Veränderungen der im Keimbett liegenden Samen.

Nachdem unsere bisherigen Versuchsergebnisse gezeigt haben, dass die Samen von *Pinus Strobus* bei höherer Temperatur meistens nur langsam und unvollständig keimen, während sie durch eine Vorbehandlung bei tiefen Temperaturen eine starke Förderung erfahren, wollen wir nun untersuchen, ob sich ein kausaler Zusammenhang zwischen der Wirkung dieser Vorbehandlung und gewissen im Innern der Samen stattfindenden Veränderungen feststellen lässt.

Die Erscheinung der erschwerten Keimung von Knospen und Samen, die zur Aufhebung der Keimruhe führenden Bedingungen und die dabei in den betreffenden Organen vor sich gehenden Veränderungen sind wiederholt zum Gegenstand eingehender Untersuchungen gemacht worden.

Müller-Thurgau hat im Jahre 1885 eine Hypothese zur Erklärung der Ruheperiode der Kartoffel aufgestellt. Die Kartoffelknollen sind bekanntlich unmittelbar nach der Ernte nur schwer zum Austreiben zu bringen, während dies gegen das Frühjahr hin leicht möglich ist. Müller-Thurgau hat in seinen klassischen Versuchen festgestellt, dass in der Kartoffel die Zuckerbildung aus Stärke und die Rückbildung des Zuckers in Stärke nebeneinander vor sich gehen. Bei tiefen Temperaturen überwiegt die Zuckerbildung; bringt man die süß gewordenen Kartoffeln nachträglich in einen warmen Raum, so erfolgt eine Rückverwandlung des Zuckers in Stärke. Es hat sich weiter gezeigt, dass das Vermögen, Stärke zu bilden, mit dem Altern abnimmt. Auf diese Erscheinung basiert Müller-Thurgau seine Hypothese; er sagt, die Zuckerzufuhr zu den Augen ist so lange ungenügend, als das Stärkerückbildungsvermögen hoch ist. Mit dem Altern der Knolle sinkt diese Fähigkeit und es vermag dann soviel Zucker in die Augen zu gelangen, dass das Austreiben möglich wird. Eine Zunahme des Gesamtzuckergehaltes der Knolle liess sich nicht feststellen; derselbe war vielmehr am Anfang und am Ende der Ruheperiode gleich hoch. Aehnlich

wie die Augen der Kartoffelknolle haben auch die Knospen der meisten unserer Sträucher und Bäume eine von der Temperatur unabhängige Ruheperiode. Müller-Thurgau hat seine Hypothese auch auf diese Erscheinung übertragen. Er nimmt an, dass die Stärkebildung in den Speichergeweben dieser Pflanzen bei Beginn der Ruheperiode so intensiv ist, dass nicht genug Zucker zu den Knospen gelangen kann.

Weniger bestimmt drücken sich Müller-Thurgau und Schneider-Orelli in einer 1912 erschienenen Arbeit aus. Die beiden Autoren untersuchten die Wirkung des Warmbades auf die Stoffwechselvorgänge und das Austreiben der Rhizomknospen von *Convalaria majalis*. Die erste Wirkung des Warmbades auf die Stoffwechselvorgänge ist eine sofort wahrzunehmende Reizwirkung, die sich in einer kurzen Atmungssteigerung äussert. Zugleich verursacht das Warmbad eine Aenderung des späteren Stoffwechsels; namentlich scheint, was für die Kartoffel sicher nachgewiesen ist, eine verminderde Stärkerückbildung die Folge zu sein. Es besteht nun die Möglichkeit, dass die ersterwähnte Reizwirkung, die das Protoplasma aus dem stabilen Zustand der Ruhe bringt und der die vorübergehende starke Atmungssteigerung am ersten Tag zuzuschreiben ist, auch den Anstoss zum Wachstum gibt. Man wird aber, so schliessen die Verfasser, « vorläufig mit gleicher Berechtigung die Anschauung hegen können, dass das Wachstum erst die Folge der wegen der Reizwirkung veränderten Stoffwechselvorgänge sei und namentlich gefördert werde durch die erwähnten andauernden Aenderungen, die sich u. a. zeigen in vermehrtem Löslichwerden und verminderter Fähigkeit der Fixierung der Baustoffe ».

Es ist das Verdienst von W. Crockier und seinen Schülern, die Untersuchung der Wirkung tiefer Temperaturen auf die Samenkeimung und der dabei sich vollziehenden Umwandlungen bei einer grossen Zahl von schwerkeimenden Arten in Angriff genommen zu haben. Die Veränderungen, welche die Samen bei der tiefen Temperatur durchmachen, werden von diesen Forschern als « Nachreife » zusammengefasst und damit begrifflich von der eigentlichen Keimung unterschieden. So weisen schon Davis und Rose 1912 darauf hin, dass die Optimaltemperatur für die « Nachreife » der Samen von *Crataegus mollis* bei 5—6° C liegt, während die eigentliche Keimung besser bei etwas höherer Temperatur vor sich geht. Eckerson 1913 hat für diese Samenart die während der « Nachreife » auftretenden Umwandlungen mikrochemisch verfolgt und dabei eine Zunahme der Katalase- und Oxydasewirkung gefunden. Die Titrationsazidität und die wasserhaltende Kraft des Hypocotyls nahmen ebenfalls zu, und zwar besonders rasch kurz vor dem Durchbrechen des Wurzelchens.

Crockier und Harrington 1918 erwähnen in ihrer eingehenden Arbeit über Katalase- und Oxydaseaktivität einen Versuch mit

entschalten Pfirsichsamen. Die Keimungstemperatur von 7° C hatte ein starkes Ansteigen der Katalasewirkung zur Folge und bewirkte in 64 Tagen ein vollständiges Auskeimen. Bei 20° und 25° unterblieb die Keimung fast völlig, und die Katalasewirkung nahm bedeutend weniger zu. Bei *Tilia americana* fand Rose 1919 mit fortschreitender « Nachreife » (bei 4—6° C) eine Zunahme der Azidität (Titrationsazidität und aktuelle Wasserstoffionenkonzentration), der wasserhaltenden Kraft und der Katalaseaktivität.

Jones 1920 untersuchte quantitativ die Veränderungen, welche die gequollenen Samen von *Acer saccharum Marsh.* bei der für sie ebenfalls optimalen Temperatur von 5° C durchmachen. Die unmittelbar vor der Keimung stehenden Samen zeigten gegenüber trockenen Samen eine erhöhte Katalasewirkung, einen vermehrten Gehalt an direkt reduzierenden Zuckern, einen verminderten Gehalt an Rohrzucker; der lösliche Stickstoff blieb bis zu diesem Stadium unverändert. Die Reaktion des Hypocotyls und des ganzen Embryos war vor und nach der Nachreife basisch.

Pack 1921 verglich die chemische Zusammensetzung der Samen von *Juniperus* vor und nach einem 100tägigen Aufenthalt bei 5° C (in diesem Zeitpunkt war die Samenschale bereits gespalten und das Würzelchen im Begriff, durch den Nucellus zu stossen). Er fand eine Zunahme des Gehaltes an freien Fettsäuren, Zucker, Aminostickstoff, löslichen Proteinen und Phosphatiden, sowie eine vermehrte Katalasewirkung.

Harrington 1923 untersuchte mittels eines geschlossenen Respirometers die Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe von gequollenen Apfelsamen. Bei 19° C zeigten frische Apfelsamen einen respiratorischen Quotienten  $\left( \frac{CO_2}{O_2} \right)$ , der ungefähr der vollständigen Oxidation des Fettes (0.70) oder einer schwachen Zuckerbildung entsprach. Mit zunehmender Temperatur stieg der Quotient; die Gewebe verarmten an leicht oxydierbaren Substanzen. Bei abnehmender Temperatur wurde der Quotient kleiner; es fand demnach eine Sauerstoffspeicherung statt, welche nach der Ansicht des Autors zu einer Zunahme an Zucker und Säure führt; mit dieser Sauerstoffspeicherung bei tiefen Temperaturen ging eine Förderung der Keimbereitschaft parallel. Atmungsintensität und respiratorischer Quotient waren abhängig von der Art der Vorbehandlung; sie waren höher nach einer Behandlung, die den « Nachreife »-Prozess fördert, niedriger dagegen nach solchen Außenbedingungen, welche die Keimung erschweren.

Eine weitere Untersuchung der chemischen Veränderungen bei der « Nachreife » ist von O. H. Davis 1927 an Samen von *Cornus florida* ausgeführt worden. Er fand eine Gehaltszunahme an Aminostickstoff

und löslichen Proteinen, sowie eine vorübergehende Zunahme an Rohrzucker. Der fortschreitenden Nachreife bei tiefer Temperatur ging eine vermehrte Katalaseaktivität parallel; bei Temperaturen über 15° C nahm die Katalase ab. Für die Samen von *Ambrosia trifida* stellte W. E. Davis 1930 als Begleiterscheinung der Nachreife ein Ansteigen der Azidität und der Katalasewirkung fest. Eine starke Zunahme der Katalase hat schliesslich Flemin 1931 bei kühl stratifizierten Samen von *Sorbus aucuparia* feststellen können. Ein Vergleich verschiedener konstanter Temperaturen ergab für 5° C die höchste Katalaseaktivität, während für die Keimung die Stratifikation bei 1° C am günstigsten war.

Wenn wir die Resultate der in der Literatur erwähnten Untersuchungen über die bei der Kühlbehandlung auftretenden chemischen Veränderungen zusammenfassen, ergibt sich in den meisten Fällen eine Zunahme der Azidität, eine vermehrte Tätigkeit gewisser Enzyme und eine Anreicherung an löslichen Substanzen (Zucker, Aminostickstoff, löslichen Eiweißstoffen usw.). Dass diese Veränderungen für die Auslösung der Keimung als kausal und nicht nur als Begleiterscheinung zu betrachten sind, ist aber in keinem Falle bewiesen; denn einmal untersuchten die genannten Autoren (wenn wir von den Katalasebestimmungen absehen) nur die Umwandlungen unter den für die Nachreife günstigen Bedingungen, und sodann erfolgte die quantitative Analyse verhältnismässig spät, d. h. zu einem Zeitpunkt, in dem das Wachstum schon eingesetzt haben konnte.

Auf Grund dieser Feststellung und der Ergebnisse unserer eigenen Versuche erschien es angezeigt, besonders folgende Fragen näher zu prüfen :

1. Welche chemischen Veränderungen lassen sich nachweisen, wenn die Samen von *Pinus Strobus* einerseits bei einer tiefen, anderseits bei einer hohen Temperatur im Keimbett liegen?

2. Lässt sich aus diesen inneren Umwandlungen erklären, dass die Keimbereitschaft im ersten Fall gefördert wird, im letzteren dagegen nicht?

Die Weymouthskiefersamen schienen deswegen zur Lösung dieser Fragen geeignet, weil die tiefen Temperaturen (z. B. 6° C) bei vielen Proben dieser Art in verhältnismässig kurzer Zeit eine starke Förderung der Keimbereitschaft zu bewirken vermögen, während die eigentliche Keimung bei der Temperatur von 6° C erst nach sehr langer Zeit einsetzt (vgl. Fig. 2). Es besteht daher bei dieser Samenart die Möglichkeit, die mit der Förderung der Keimbereitschaft in Beziehung stehenden Veränderungen mehr oder weniger unbeeinflusst von Wachstumserscheinungen zu erfassen.

Eine andere Schwierigkeit besteht nun aber darin, dass alle Proben von *Pinus Strobus* einen wechselnden Prozentsatz von Samen

enthalten, welche schon ohne Kühlaufenthalt zu keimen vermögen. Diese wurden teilweise mitanalysiert, während zur Beantwortung der oben gestellten Fragen derjenige Anteil, der erst auf die kühle Vorbehandlung reagierte, für sich allein betrachtet werden sollte. Wir haben diese Fehlerquelle dadurch verringert, dass wir für diese Versuche vorzugsweise Proben auswählten, die ohne die kühle Vorbehandlung nur zu einem kleinen Prozentsatz keimten. Ferner wurden die Experimente mit mehreren Proben wiederholt und die Analysenergebnisse stets unter Berücksichtigung des gleichzeitig ermittelten Keimungsverlaufes ausgewertet. Die Untersuchung umfasste zunächst die Bestimmung des Gehaltes an Fett, freien Fettsäuren, Stärke, Zucker und Aminostickstoff; in analoger Versuchsanstellung wurden ferner die wasserhaltende Kraft, die Wasserstoffionenkonzentration und die Katalaseaktivität bestimmt.

### 1. Die Umwandlung der Reservestoffe.

#### a) Untersuchungsmethode.

Die dem Keimbett entnommenen Samen wurden zunächst in destilliertem Wasser gewaschen; hierbei ergab sich zugleich Gelegenheit, die vereinzelten tauben obenaufschwimmenden Körner zu entfernen. Die Probe wurde dann grob zerstossen und in heissen 95%igen Alkohol gelegt. Bei den Versuchen mit entschalten Samen legten wir die verschiedenen Samenteile in getrennte Alkoholfläschchen und erhitzten dieselben kurze Zeit im siedenden Wasserbad. Die Behandlung mit Alkohol hatte den Zweck, die Enzymtätigkeit zu sistieren. Der Alkohol wurde nachher eingedunstet, das gesamte Material mit ausgeglühtem Quarzsand im Porzellanmörser zerrieben und in entsprechenden Portionen Wasser und Fett bestimmt.

Die *Fettbestimmung* erfolgte im Soxhletapparat. Der Aetherextrakt wurde nach dem Wägen mit neutralem siedendem Alkohol behandelt, der Gehalt an freien Fettsäuren durch Titration ermittelt (Methods of analysis 1925) und als Oelsäure berechnet.

Der entfettete Rückstand, etwa 10 Gramm Trockensubstanz entsprechend, wurde mit 100 ccm 50%igem neutralem Alkohol eine Stunde im Wasserbad bei 50—55° C digeriert und die Flüssigkeit durch eine Büchner Nutsche dekantiert. Der Rückstand wurde noch zweimal je eine halbe Stunde mit 50 ccm Alkohol behandelt, hernach aufs Filter gebracht und auf diesem viermal mit je 25 ccm heissem Alkohol ausgewaschen. Bei dieser Prozedur ging sämtlicher Zucker in Lösung. Der Alkohol wurde bei 50—55° C abdestilliert, der zurückbleibende Sirup mit kohlensäurefreiem Wasser aufgenommen und in dieser Lösung Zucker und Aminostickstoff bestimmt. Es sei noch bemerkt, dass bei unserem Material die Lösung meistens gegen Lackmus neutral reagierte; bei einzelnen Keimungsstadien müsste etwas n/10 NaOH

zugefügt werden. Wir zogen die Auflösung in Alkohol einem wässrigen Auszug vor, weil bei letzterem mit der Lösung von Dextrinen zu rechnen ist, welche sich in der weitern Untersuchung schwer abscheiden lassen.

Zur Klärung des Auszuges diente neutrales Bleiazetat. Es ist von verschiedenen Forschern festgestellt worden, dass dieses weniger als der gewöhnlich gebrauchte Bleiessig die unangenehme Eigenschaft hat, einen Teil der Fructose niederzuschlagen (Englis und Tsang 1922). Aus der völlig klaren Lösung wurde das überschüssige Blei mit Dinatriumphosphat entfernt. Beim Klärungsprozess trat häufig eine schwach saure Reaktion auf, welche mit n/10 NaOH wieder neutralisiert wurde.

**Zucker.** Zur Bestimmung der direkt reduzierenden Zucker wurde die v. Fellenbergsche Modifikation der Fehlingschen Lösung verwendet, auf die der gleichzeitig vorhandene Rohrzucker nicht einwirkt (Fellenberg 1913). Allerdings fehlt für diese Lösung eine Tabelle, welche die Umrechnung des gebildeten Kupferoxyduls gestattet; indessen handelt es sich ja für uns weniger um absolute als um Vergleichszahlen. Die Zuckerwerte wurden aus der Tabelle von Munson und Walker (Methods of analysis 1925) abgelesen, da bei der Erhitzung des Reaktionsgemisches die Vorschrift dieser Autoren befolgt wurde (4 Minuten vorerwärmten und 2 Minuten sieden lassen).

Für die Inversion des Rohrzuckers stehen, wenn wir von der Invertasemethode absehen, zwei Methoden zur Verfügung: einmal die Behandlung mit stark verdünnter Salzsäure (nach König 3 ccm n/1 HCl pro 100 ccm Lösung) bei der Temperatur des siedenden Wassers und sodann die Anwendung einer stärkeren HCl-Lösung bei etwas niedrigerer Temperatur. Die erste Art der Inversion kann aber nicht in Frage kommen, wenn, wie dies bei unserer Vorbehandlung der Fall ist, die Lösung eine grössere Menge Puffersubstanzen enthält.<sup>1</sup> Wir verwendeten daher die andere Modifikation der Salzsäureinversion, und zwar nach dem Vorschlag der Methods of analysis der A. O. A. C. In der invertierten Flüssigkeit wurde der Zucker mit der gewöhnlichen Fehlingschen Lösung nach Soxhlet bestimmt und als Rohrzucker berechnet. Die so erhaltenen Ergebnisse sind in den Tabellen als «Gesamtzucker» aufgeführt. Möglicherweise enthalten die Samen aller-

<sup>1</sup> Durch den Zusatz von Pb-Azetat und nachherige Entbleiung mit Natriumphosphat haben wir mit der Anwesenheit von Na-Azetat und von überschüssigem  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  zu rechnen. Für eine gegebene Konzentration des  $\text{CH}_3\text{COONa}$  und der HCl lässt sich das pH angenähert berechnen (Dissociationskonstante der Essigsäure bei  $18^\circ \text{K} = 1.82 \cdot 10^{-5}$ ). Nehmen wir beispielsweise eine  $\text{CH}_3\text{COONa}$ -Konzentration von 0.04n, welche allerdings nur bei einem reichlich hohen Ueberschuss an Pb-Azetat erreicht wird, so errechnet sich ein pH von 4.27, während wir bei Vernachlässigung der Pufferwirkung gemäss unserem HCl-Zusatz ein pH von 1.52 erwarten.

dings noch Zuckerarten, die durch die gewöhnliche Salzsäureinversion nicht erfasst werden. Da wir aber feststellen konnten, dass sich auch bei etwas varierter HCl-Konzentration und bei leicht veränderter Temperatur ziemlich genau die gleichen Werte ergeben, so ist anzunehmen, dass es sich bei unserem Material in der Hauptsache um Rohrzucker handelt. Dass anderseits neben den verschiedenen Zuckerarten noch andere reduzierende Stoffe vorhanden sein dürften, geht aus einer an Samenschalen vorgenommenen Analyse hervor. Diese ergab nämlich vor der Inversion 0.05 %, nach der HCl-Inversion 0.20 % reduzierende Stoffe (als Invertzucker berechnet), welche wahrscheinlich keine Zuckerarten darstellen. Im übrigen lag es nicht in unserer Absicht, den genauen Nachweis für das Vorhandensein einzelner Zuckerarten zu erbringen, wie dies Schulze 1901, 1907 für eine Reihe von Coniferensamen getan hat.

*Aminostickstoff.* Bei einer orientierenden Untersuchung von Weymouthskiefernkeimlingen ergaben sich, auf Trockensubstanz bezogen, folgende Prozentzahlen :

Gesamt-N . . . . .	5.27 %
Wasserlöslicher N . . . . .	0.99 %
N im Filtrat nach Ausfällung der löslichen Proteine durch Bleiazetat . . .	0.65 %
Säureamid-N . . . . .	0.07 %
Amino-N nach Van Slyke . . . . .	0.17 %

In den Vorstadien der Keimung finden sich die Eiweißspaltprodukte nur in viel geringerer Menge; wir beschränkten uns daher für unsere Serienversuche auf die Bestimmung des  $\alpha$ -Aminostickstoffs nach Van Slyke 1911, 1912, welche den Stickstoff als Gas misst und daher recht kleine Mengen nachzuweisen vermag. Zudem dürfte diese Methode einen ziemlich guten Maßstab für die beim Abbau des Eiweissmoleküls gelösten Peptidbindungen abgeben, wenn auch zu beachten ist, dass bei den Säureamiden die Amidgruppe nicht erfasst wird und das Arginin, welches im Conifereneiweiss reichlich vorkommt (M o t h e s 1929), nur mit einem N-Atom an der Reaktion teilnimmt. Die Bestimmung des Aminostickstoffs erfolgte im Filtrat der Bleiazetatausfällung. Zur Kontrolle wurde eine Anzahl Van Slyke-Bestimmungen vor der Ausfällung der Proteine ausgeführt; diese Werte lagen ganz wenig höher als die im Filtrat ermittelten.

Der *Stärkegehalt* wurde im Rückstand des Alkoholauszuges nach dem direkten Jodfällungsverfahren nach v. F e l l e n b e r g 1916 bestimmt.

Um die in den verschiedenen Keimungsstadien erhaltenen Analysenergebnisse miteinander vergleichen zu können, müssen die einzelnen Werte auf eine einheitliche Grösse bezogen werden. Am nahe liegendsten ist es, sie in Prozenten der für die Analyse verwendeten

Trockensubstanz auszudrücken. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die im Keimbett liegenden Samen Substanzverluste erleiden und dass das Trockensubstanzgewicht somit keine während der ganzen Versuchsdauer konstant bleibende Grösse darstellt. Um ein Bild über das Ausmass dieser Veränderungen zu erhalten, wurde bei der Probe Lenzburg 1929 das nach 10- bis 30tägigem Verweilen im Keimbett vorhandene Trockensubstanzgewicht festgestellt und mit dem ursprünglich vorhandenen Gewicht verglichen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 32 zusammengestellt.

Tabelle 32.

	10 Tage 21°	20 Tage 21°	30 Tage 21°	10 Tage 6°	20 Tage 6°	30 Tage 6°
Trockensubstanz vor dem Einquellen g.	20.517	18.621	18.621	20.517	20.517	20.517
Trockensubstanz bei der Analyse:						
Gekeimte Samen . . . . . g.	0.594	3.855	3.864	0.0	0.0	0.0
Gesunde ungekeimte Samen . . g.	19.347	14.202	14.205	20.230	20.006	20.055
Taube und zersetzte Samen . . g.	0.552	0.495	0.318	0.224	0.330	0.389
Total g.	20.493	18.552	18.387	20.454	20.336	20.444
Trockensubstanzabnahme . . . g.	0.024	0.069	0.234	0.063	0.181	0.073
in %	0.12	0.37	1.26	0.31	0.88	0.36

Die Trockensubstanz hat sich hier nur wenig verändert. Die Gewichtsabnahme schwankt zwischen 0.12 und 1.26 %. Wir dürfen daher unsere Analysenergebnisse, die sich fast ausschliesslich auf ungekeimte Samen beziehen, ohne Bedenken in Prozenten der zur Analyse verwendeten Trockensubstanz ausdrücken. Dies ist in den im folgenden beschriebenen Versuchen geschehen. Es ist aber hervorzuheben, dass bei fortgeschrittenen Keimungsstadien, in denen mit grösseren Substanzverlusten zu rechnen ist, eine Umrechnung auf das beim Einkeimen vorhandene Trockensubstanzgewicht erfolgen sollte.<sup>1</sup>

### b) Versuchsergebnisse.

Tabelle 33 zeigt die chemische Zusammensetzung der im ungequollenen Zustand untersuchten Weymouthskiefernproben verschiedener Provenienz. Die teilweise beträchtlichen Schwankungen lassen keinerlei Zusammenhang mit dem Herkunftsklima erkennen.

<sup>1</sup> Eine solche Umrechnung ist aber mit bedeutenden methodischen Schwierigkeiten verbunden. So liessen sich beispielsweise die oben angeführten Zahlen nicht ohne weiteres verwenden. Es ist nämlich denkbar, dass diesen Verlusten möglicherweise ein Trockengewichtsgewinn durch Umwandlung der Fette in sauerstoffreichere Stoffe gegenübersteht. Zudem wissen wir nicht, welcher Anteil des festgestellten Verlustes auf die gekeimten bzw. die ungekeimten Samen entfällt.

Tabelle 33.

Chemische Zusammensetzung verschiedener Proben  
von *Pinus Strobus*.

	Aether-extrakt %	Freie Fett-säuren %	Stärke %	Direkt reduzierender Zucker %	Gesamt-Zucker %	Gesamt N %	Amino N %
Lenzburg 1929, 1. Ausklingen .	38.8	0.2	0.8	0.09	2.00	4.28	0.008
Lenzburg 1929, 2. Ausklingen .	38.9	0.2	1.2	0.05	2.16	3.53	0.005
Bünzen 1929 II . . . . .	29.9	0.4	0.8	0.08	2.31	4.78	0.019
Benzenschwil 1930 . . . . .	38.2	—	0.8	0.10	1.70	4.52	0.015
Ontario 1929 . . . . .	36.4	0.5	0.5	0.02	2.19	4.21	0.016
Chippewa 1929 II . . . . .	36.3	0.5	0.5	0.08	2.00	4.08	0.009

Wir gehen nun über zur Besprechung der Versuche, die nach der S. 253 beschriebenen Anordnung durchgeführt worden sind. In Tab. 34 a und 34 b sind die Keimergebnisse einer bei verschiedenen Temperaturen angesetzten Probe, sowie die zugehörigen Analysenwerte zusammengestellt. Die Analyse wurde deswegen nach etwas mehr als 5 Wochen vorgenommen, weil die tiefen Temperaturen in dieser Zeitdauer eine wesentliche Förderung der Keimbereitschaft bewirkten. Anderseits hatten die leichtkeimenden Samen bei 24° in dieser Zeit bereits grösstenteils gekeimt, und es war nicht zu befürchten, dass bei der Analyse, in die natürlich nur ungekeimte Samen einbezogen wurden, ein grosser Prozentsatz von Samen erfasst wurde, welche unmittelbar vor der Keimung standen (in der Zeit vom 37. bis 47. Tag keimten bei 24° nur 2.2 %). — Die bei 33° zur Keimung angesetzten Samen waren nach 37 Tagen zu etwa 40 % zersetzt. Wir haben daher von einer Analyse dieser Samen abgesehen.

Tabelle 34 a.

## Keimergebnisse der Weymouthskiefernprobe Chippewa 1929 II.

Versuchsbeginn 22. Juni 1931.

Behandlung	Keimergebnis in %		
	37 Tage	47 Tage	70 Tage
dauernd bei 11.8° . . . . .	0.0	0.0	0.0
„ „ 18.1° . . . . .	2.0 ± 1.2	3.2 ± 1.3	4.0 ± 1.2
„ „ 24.2° . . . . .	17.2 ± 1.7	19.4 ± 2.3	23.2 ± 2.2
„ „ 33.1° . . . . .	25.6 ± 1.7	29.2 ± 1.6	37.6 ± 1.5
37 Tage bei 3.7°, dann 24.2° . . . .	0.0	15.8 ± 0.9	72.0 ± 1.8
37 „ „ 11.8°, „ 24.2° . . . .	0.0	19.8 ± 1.0	70.4 ± 1.7
37 „ „ 18.1°, „ 24.2° . . . .	2.2 ± 1.0	5.2 ± 0.8	17.8 ± 1.3

Tabelle 34 b.

Die Veränderung der chemischen Zusammensetzung  
der Weymouthskiefernprobe Chippewa 1929 II.

Behandlung	Aether-extrakt	Freie Fettsäuren	Stärke	Direkt reduzierender Zucker (als Invertzucker berechnet)	Gesamtzucker (als Rohrzucker berechnet)	Amino-N
	%	%	%	%	%	%
Trockene Samen .	36.3	0.5	0.5	0.08	2.00	0.009
37 Tage bei 3.7°	35.5	0.1	0.4	0.09	1.96	0.017
37 " " 11.8°	35.3	0.2	0.8	0.20	2.10	0.016
37 " " 18.1°	34.6	0.1	0.5	0.16	2.07	0.019
37 " " 24.2°	34.7	0.3	0.5	0.26	2.15	0.023

Die chemische Zusammensetzung hat sich während der Dauer des Versuches wenig verändert. Der Fettgehalt ist etwas zurückgegangen, während der Gehalt an direkt reduzierendem Zucker, an Gesamtzucker und Aminostickstoff zugenommen hat. Die geringste Veränderung hat bei 3.7° stattgefunden, d. h. bei derjenigen Temperatur, die auf die spätere Keimung am günstigsten gewirkt hat. Bei der Temperatur von 12°, die die Keimung in ähnlicher Weise beeinflusste, hat sich der Zuckergehalt etwas vermehrt; die stärkste Zunahme war jedoch bei 24° zu beobachten, wo in der auf die Analyse folgenden Zeit nur noch vereinzelte Keimungen auftraten. Der Stärkegehalt ist mit Ausnahme des unvermittelten Anstieges bei 12° fast unverändert geblieben. Bei dieser Probe vermögen demnach *die in bezug auf die Reservestoffe festgestellten Veränderungen die günstige Wirkung der tiefen Temperaturen auf die Keimung in keiner Weise zu erklären.*

In einem schon früher in Oerlikon durchgeföhrten Versuch sind die Samen der Probe Lenzburg 1929 bei zwei verschiedenen Temperaturen zur Keimung angesetzt und in verschiedenen Zeitabständen untersucht worden (siehe Tabellen 35 und 36). Die verwendeten Keimschränke wiesen wesentlich stärkere Temperaturschwankungen auf, anderseits ist hier mit etwas besserer Lufterneuerung zu rechnen.

Diese Probe wies bei 21° C in 105 Tagen eine Keimfähigkeit von 25 % auf; 19 % keimten im Zeitraum zwischen 10 und 20 Tagen. Es ist demnach das Analysenresultat « 10 Tage bei 21° » mit Vorbehalt auszuwerten, weil das in diesem Zeitpunkt ungekeimte Material einen wesentlichen Prozentsatz von Samen enthielt, die schon in den nächsten Tagen zur Keimung gelangt wären. Vielleicht beruht gerade hierauf der in diesem Zeitpunkt festgestellte höhere Stärkegehalt (1.3 %), da auch die jungen Keimlinge wesentlich mehr Stärke enthielten als die

Tabelle 35.

Keimverlauf der Weymouthskiefernprobe Lenzburg 1929.

Versuchsbeginn 19. November 1929 (je 2 × 100 Samen).

Keimungstemperatur 21° (Schwankung ± 1.4°).

Anzahl Tage bei 6°	Keimergebnis nach erfolgter Kühlbehandlung				Keimergebnis ohne Kühlbehandlung	
	Keim-% in				Anzahl Tage	Keim-%
	9 Tagen <sup>1</sup>	14 Tagen	24 Tagen	30 Tagen		
10	10	56	77	77	10	3
20	32	96	99	99	20	22
30	37	98	98	—	30	23
105	96	98	—	—	105	25

<sup>1</sup> Vom Tage der Uebertragung zu 21° an gerechnet.

Tabelle 36.

Die Veränderung der Zusammensetzung der Weymouthskiefernprobe Lenzburg 1929.

Behandlung	Aether-extrakt %	Freie Fettsäuren %	Stärke %	Gesamt-zucker (als Rohrzucker) %	Amino-N %
					%
Trockene Samen . . . . .	38.8	0.2	0.8	2.00	0.008
10 Tage im Keimbett von 21° <sup>1</sup> . .	39.0	0.2	1.3	1.69	0.011
20 " " " 21° . .	38.7	0.2	1.1	1.87	0.022
30 " " " 21° . .	38.5	0.2	0.7	1.96	0.020
105 " " " 21° . .	38.0	0.4	1.0	2.14	0.014
10 Tage im Keimbett von 6° . .	38.8	0.2	0.9	1.81	0.009
20 " " " 6° . .	39.2	0.2	0.9	1.90	0.017
30 " " " 6° . .	38.3	0.2	0.9	1.82	0.021
105 " " " 6° . .	40.2	0.9	0.5	1.99	0.015
44 Tage bei 5°, dann 6 Tage bei 21°	39.0	0.4	1.1	2.16	0.030
Keimlinge (Wurzelchen 0.5 bis 1.5 cm lang) . . . . .	34.1	0.5	1.7	1.70	0.054

<sup>1</sup> Schwankung: ± 1.4°.

trockenen Samen. Wenn wir von diesem Resultat absehen und nur die Ergebnisse der später vorgenommenen Analysen berücksichtigen, die das Verhalten der bei 21° in der Keimung gehemmten Samen rein zum Ausdruck bringen, so zeigt sich, dass die chemische Zusammensetzung sich nicht wesentlich verändert hat. Nach der am 20. Tage sichtbaren Depression des Zuckergehaltes, der eine entsprechende Zunahme an Stärke parallel geht, erfolgt bei 30 Tagen eine Annäherung

an die Gehaltszahlen der ungequollenen Samen. Nach 105 Tagen haben sowohl die freien Fettsäuren als auch der Zucker zugenommen.

Ganz ähnlich verhielten sich die bei 6° eingekimten Samen. Der anfängliche Zuckergehalt wurde erst nach 105 Tagen wieder erreicht; das einzige Zeichen eines Stoffabbaues besteht hier in einer vom 20. Tag an sichtbaren Vermehrung des Aminostickstoffes und der am 105. Tage auftretenden Zunahme der freien Fettsäuren. Die ersten 10 Tage haben überhaupt keine Zunahme an löslichen Stoffen hervorzubringen vermocht, sie haben aber genügt, um das bei 21° in 30 Tagen erzielte Keimergebnis von 23 % auf 77 % zu erhöhen. Dieser Versuch zeigt, dass auch bei dieser Probe die günstige Wirkung der tiefen Temperaturen nicht in einer Mobilisierung von Baustoffen bestehen kann. Eine solche Mobilisierung trat aber dann ein, wenn die kühl vorbehandelten Samen in eine für die Keimung günstige Temperatur übertragen wurden. So wiesen die Samen, welche 44 Tage kühl und hierauf 6 Tage warm gehalten wurden, einen vermehrten Gehalt an Zucker und Aminostickstoff auf. Diese Veränderungen sind offenbar als Begleiterscheinung beginnender Keimung aufzufassen.

In Tabellen 37 und 38 sind die Analysenergebnisse von zwei Proben anderer Herkunft zusammengestellt. Die Probe Benzenschwil 1930 zeigte bei 21.4° in 30 Tagen  $44.6 \pm 1.7\%$ , in 60 Tagen  $46.0 \pm 1.6\%$  Keimlinge, während die Keimfähigkeit nach 30tägiger Vorbehandlung bei 5.9° C  $93.0 \pm 2.4\%$  betrug. Es handelt sich also hier um eine Probe, die schon ohne Vorbehandlung verhältnismässig leicht zu keimen vermochte. Das Keimverhalten der andern Probe, welche aus Ontario stammte, ist in Tabelle 39 b dargestellt.

Tabelle 37.

Analysenergebnisse der Weymouthskiefernprobe Benzenschwil 1930.

	Aether-extrakt %	Freie Fettsäuren %	Stärke %	Direkt reduzierender Zucker (als Invertzucker) %	Gesamt-zucker (als Rohrzucker) %	Amino-N %
Trockene Samen . . .	38.2	—	0.8	0.10	1.70	0.015
30 Tage bei 5.9° . . .	39.6	0.4	0.7	0.16	1.87	0.016
30 " " 21.4° . . .	39.4	0.5	0.9	0.21	1.96	0.022
Keimlinge (0.5—2.0 cm langes Würzelchen) .	35.6	0.5	2.5	0.75	1.93	0.092

Bei beiden Proben war der Gehalt an Zucker und an Aminostickstoff bei 21° höher als bei 4.5° bzw. 5.9°, Ergebnisse, die vollkommen mit denen der beiden ersten Proben übereinstimmen. Ferner war bei

Tabelle 38.  
Analysenergebnisse der Weymouthskiefernprobe Ontario 1929.

	Aether-extrakt %	Freie Fettsäuren %	Stärke %	Direkt reduzierender Zucker (als Invertzucker) %	Gesamt-zucker (als Rohrzucker) %	Amino-N %
Trockene Samen . . .	36.4	0.5	0.5	0.02	2.19	0.016
20 Tage bei 4.5° . . .	37.6	0.5	0.9	0.11	1.83	0.014
21 " 21° . . .	36.6	0.5	0.6	0.11	2.07	0.018
Keimlinge (0.5—1.0 cm langes Würzelchen).	34.4	2.2	1.3	0.33	1.86	0.086

allen Proben der Stärke- und Aminostickstoffgehalt der jungen Keimlinge beträchtlich höher als derjenige der ungekeimten Samen.

Als wesentliches Ergebnis dieser Versuche sei hervorgehoben, dass *der Gesamtgehalt an löslichen Baustoffen bei den im Keimbett liegenden ungekeimten Samen nicht oder nur verhältnismässig wenig zugemommen hat*. Es schien uns nun wünschenswert, auch noch zu untersuchen, wie sich *die einzelnen Samenteile* in dieser Hinsicht verhalten. Die zu diesem Zwecke durchgeföhrte mikrochemische Untersuchung ergab eine deutliche Ansammlung von Stärke in der Spitze der Radicula, hauptsächlich in der Region der Wurzelhaube. Dies war bei allen untersuchten Proben der Fall. Da sich Stärke vielfach schon in der Wurzelspitze der ungequollenen Samen nachweisen lässt, ist die durch die verschiedenen Keimungsbedingungen bewirkte Zunahme des Stärkegehaltes oft schwer zu erfassen. Wir gingen daher so vor, dass wir von der Probe Ontario 1929, die in trockenem Zustand sehr wenig Stärke enthielt, jeweils 50 gesunde ungekeimte Samen auf den Stärkegehalt der Radicula untersuchten, und zwar wurde diese Untersuchung sowohl bei trockenen Samen, als auch bei solchen, die während einer bestimmten Zeit bei 4.5° bzw. 21° im Keimbette gelegen hatten, vorgenommen. Die gefundenen Stärkegehalte wurden schätzungsweise als « gering », « mittel » oder « hoch » klassifiziert. Die auf die einzelnen Klassen entfallenden Individuen sind, in Prozenten der untersuchten Samen ausgedrückt, in Tabelle 39 a enthalten. Das Keimverhalten der Probe ist in Tabelle 39 b dargestellt; die Ergebnisse sind in Prozenten der gesunden Samen ausgedrückt, weil bei dem für die mikrochemische und die quantitative Untersuchung verwendeten Material ebenfalls alle tauben und zersetzen Körner ausgeschaltet wurden.

Die achttägige Vorbehandlung bei 4.5° hat das Keimergebnis dieser Probe auf nahezu das Doppelte gesteigert (von 41.4 % auf 78.5 %); die 19 Tage dauernde Kühlbehandlung bewirkte ein annähernd voll-

Tabelle 39 a.

Behandlung	Stärkegehalt			Behandlung	Stärkegehalt		
	gering oder fehlend	mittel	hoch		gering oder fehlend	mittel	hoch
Trockene Samen . . . .	%	%	%				
8 Tage bei 4.5° . . . .	82	11	7	7 Tage bei 21°	34	30	36
14 " 4.5° . . . .	58	21	21	14 " 21°	12	22	66
22 " 4.5° . . . .	36	24	40	21 " 21°	15	4	81
28 " 4.5° . . . .	39	10	51	28 " 21°	11	5	84
42 " 4.5° . . . .	24	10	66	42 " 21°	6	6	88
60 " 4.5° . . . .	17	13	70	60 " 21°	4	6	90
19 Tg. 4.5°, dann 5 Tg. 21°	0	6	94				
	11	8	81				

Tabelle 39 b.

Keimversuch mit *Pinus Strobus Ontario* 1929.

Versuchsbeginn 10. Februar 1930; Keimungstemperatur 21°  
(Schwankung  $\pm 1.6^\circ$ ).

Keimergebnis (je 3 mal 100 Samen) in Prozenten der gesunden Samen ausgedrückt.

Anzahl Tage bei 4.5°	Mit Kühlbehandlung			Ohne Kühlbehandlung	
	Keimprozente in			Anzahl Tage	Keim-%
	9 Tagen <sup>1</sup>	14 Tagen	30 Tagen		
8	18.4	63.6	78.5	7	0.9
14	47.9	77.7	86.8	14	13.0
19	57.9	90.4	96.1	21	31.0
28	50.0	90.0	95.5	30	41.4
42	71.7	94.9	98.1	42	43.1
60	83.5	96.3	98.9	60	43.9

<sup>1</sup> Vom Tag der Uebertragung zu 21° C an gerechnet.

ständiges Auskeimen. Die Anreicherung von Stärke in der Spitze des Würzelchens nahm mit der Dauer des Aufenthaltes im Keimbett zu, und zwar bei der tiefen Temperatur bedeutend langsamer als bei 21°. Ein Zusammenhang mit der Keimbereitschaft lässt sich auch hier nicht feststellen.

Bei der gleichen Probe wurden ferner für verschiedene Keimungsstadien aus je 1500—2000 Samen Endosperm und Embryo herauspräpariert und quantitativ analysiert; teilweise wurden auch noch die Radicula- und Cotyledonhälften getrennt untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind aus Tabelle 39 c ersichtlich.

Tabelle 39 c.

Chemische Zusammensetzung der einzelnen Samenteile  
der Weymouthskiefernprobe Ontario 1929.

Material	Trockensubstanz- gewicht von 1000 Stück	Aetherextrakt	Freie Fettsäuren	Stärke	Direkt reduzierender Zucker (als Invertzucker)	Gesamtzucker (als Rohrzucker)	Amino-N
<i>Endosperme:</i>							
Trockene Samen . . . . .	8.563	52.5	0.4	0.7	0.0	2.76	0.017
20 Tage 4.5° . . . . .	8.530	54.2	0.3	1.1	0.13	2.19	0.016
21 „ 21° . . . . .	8.547	52.9	0.3	0.7	0.11	2.29	0.022
Gekeimte Samen (5–10 mm langes Würzelchen) . . . .	8.494	54.1	1.3	2.3	0.03	1.00	0.076
<i>Embryonen:</i>							
Trockene Samen . . . . .	0.828	57.9	1.0	0.9	Spuren	7.77	0.10
20 Tage 4.5° . . . . .	0.909	59.0	1.7	3.0	0.24	6.98	0.07
21 „ 21° . . . . .	0.907	56.4	2.2	2.4	0.35	9.75	0.07
Gekeimte Samen (5–10 mm langes Würzelchen) . . . .	1.782	22.5	11.1	Spuren	2.47	10.32	0.36
<i>Radiculahälften:</i>							
Trockene Samen . . . . .	0.317	58.6	1.6	0.8	Spuren	8.70	0.09
21 Tage 21° . . . . .	0.336	52.9	2.9	4.4	0.37	11.58	0.06
<i>Cotyledonhälften:</i>							
Trockene Samen . . . . .	0.511	57.5	0.6	1.0	0.0	7.2	0.10
21 Tage 21° . . . . .	0.571	58.5	1.7	1.3	0.33	8.7	0.08

In obiger Zusammenstellung fällt besonders der hohe Zuckergehalt der Embryonen auf, und zwar sowohl bei den trockenen als auch bei den eingekreimten Samen. Unter dem Einfluss der Temperatur von 4.5° C ist im Vergleich zu den trockenen Samen keine Zunahme an Zucker eingetreten; die Steigerung des Zuckergehaltes bei 21° mag zum Teil darauf beruhen, dass ein kleiner Prozentsatz von Samen mitanalysiert worden ist, der in den nächstfolgenden Tagen zur Keimung gelangt wäre (vgl. Tabelle 39 b). Die direkt reduzierenden Zuckerarten haben bei beiden angewendeten Temperaturen zugenommen, während der Aminostickstoff annähernd gleich geblieben ist. Im Endosperm machte sich bei hoher und tiefer Temperatur eine Zunahme des direkt reduzierenden Zuckers und eine Abnahme des Gesamtzuckers bemerkbar. Die Resultate dieses Versuches bestätigen die früher erwähnten Ergebnisse und ergänzen sie dahingehend, dass die günstige Wirkung der Einkeimung der Weymouthskiefern samen bei

*tiefen Temperaturen nicht die Folge einer Ansammlung leicht disponibler Nährstoffe im Embryo sein kann.* Diese Feststellung steht im Gegensatz zu der von Müller-Thurgau 1885 für die Ruheperiode der Kartoffel aufgestellten Hypothese, welche das mangelhafte Austreiben frisch geernteter Kartoffelknollen auf einen ungenügenden Zuckergehalt der Augen zurückführt.

Bei dem in Tabelle 39 c dargestellten Versuch kommt die Anreicherung von Stärke in der Radicula auch in der quantitativen Bestimmung einigermassen zum Ausdruck. Beim Beginn des Wachstums des Würzelchens verschwand die Stärke sehr rasch, woraus wohl geschlossen werden darf, dass es sich nur um eine vorübergehende Speicherung handelt. Das Auftreten von Stärke im Embryo ist bei andern keimenden Samenarten wiederholt festgestellt worden (bei Gerste z. B. von Brown und Morris 1890, bei Weizen von Choate 1921). Bemerkenswert ist in unserem Falle vor allem die Tatsache, dass diese stofflichen Umwandlungen auch unter ungünstigen Keimungsbedingungen auftraten, d. h. unter Bedingungen, die nicht oder erst nach sehr langer Zeit zur Keimung führten.

Zum Vergleich sind ausser den Embryonen und Endospermen von ungekeimten Samen auch solche von gekeimten Samen analysiert worden, und zwar wurden letztere dann in ihre Teile zerlegt, wenn der sichtbare Teil der Keimwurzel eine Länge von 5—10 mm erreicht hatte. Die Ergebnisse dieser Analysen, die ebenfalls in Tabelle 39 c enthalten sind, beziehen sich wiederum auf den Trockensubstanzgehalt zur Zeit der Untersuchung; sie sind mit den Gehaltszahlen der ungekeimten Samen nicht direkt vergleichbar, weil in einem so fortgeschrittenen Keimungsstadium schon merkliche Trockensubstanzverluste stattgefunden haben. Zudem spricht der Umstand, dass der Embryo sein Gewicht bereits verdoppelt hat, dafür, dass schon eine wesentliche Stoffwanderung vom Endosperm nach dem Embryo erfolgt ist. Die obigen Zahlen weisen aber doch deutlich darauf hin, dass im Embryo schon wesentliche Stoffumsetzungen stattgefunden haben. Das Fett ist bereits stark abgebaut, die Stärke, die sich vor dem Durchbrechen des Würzelchens angesammelt hatte, verschwunden; der Aminostickstoff hat bedeutend zugenommen. Im Gegensatz hierzu ist der Fettgehalt des Endosperms noch fast unverändert; der Zuckergehalt ist zurückgegangen, während Stärke und Aminostickstoff zugenommen haben.

Zum Schluss seien noch die Ergebnisse der chemischen Untersuchung von Samen erwähnt, welche lange Zeit ungekeimt bei höheren Temperaturen verweilt hatten. Wie schon früher bemerkt, schreitet die Keimung in solchen Fällen nur langsam weiter; einzelne Körner spalten sich; das Wachstum des Würzelchens setzt aber oft erst bedeutend später ein. Die nach 187-tägigem Aufenthalt im Keimbett von 21.4° noch ungespaltenen, bzw. gespaltenen aber noch ungekeimten

Samen der Weymouthskiefernprobe Lenzburg 1929 wiesen folgende chemische Zusammensetzung auf (siehe Tabelle 40).

Tabelle 40.

	Aether-extrakt %	Freie Fett-säuren %	Stärke %	Direkt reduzierender Zucker %	Gesamt-Zucker %	Amino-N %
ungespaltene . . . . .	38.0	0.7	0.3	0.12	2.50	0.015
gespaltene . . . . .	35.8	0.5	0.5	0.22	2.49	0.016
Keimlinge (5–10 mm langes Würzelchen) . . . . .	34.5	0.5	1.8	0.97	1.84	0.074

Diese Zahlen bilden eigentlich die Fortsetzung von Tabelle 36, S. 260. Sie werden hier deswegen gesondert aufgeführt, weil dieser Versuch etwa 15 Monate später (am 18. Februar 1931) unter etwas anderen Temperaturbedingungen durchgeführt wurde. Der Keimverlauf ist in Tabelle 2, S. 211, Kolonnen 2 und 3 dargestellt. Von den für die chemische Untersuchung vorgesehenen 1500 Samen hatten in 187 Tagen 32.3 % gekeimt, 4.6 % waren taub und zersetzt, und von den verbleibenden 63.1 % hatten 26.9 % bereits zu spalten begonnen. Die gespaltenen und ungespaltenen Samen besitzen eine ähnliche chemische Zusammensetzung; im Vergleich mit den ungequollenen Samen (vgl. Tabelle 36, S. 260, 1. Zeile) fällt bei ihnen namentlich der vermehrte Zuckergehalt auf.

Diese Zunahme des Zuckergehaltes machte sich auch in einem mit der Weymouthskiefernprobe Bünzen 1930 durchgeföhrten Versuch, bei dem Embryonen und Endosperme getrennt analysiert wurden, bemerkbar. Die Ergebnisse des dazugehörigen Keimversuches sind aus Tabelle 2, Kolonnen 6 und 7, ersichtlich. Leider standen uns für diese Analysen nur noch je zirka 250 Samen zur Verfügung, so dass die Substanzmenge einzig für die Ermittlung des Zuckergehaltes ausreichte. Die Ergebnisse sind in Tabelle 41 zusammengestellt.

Tabelle 41.

	Gesamtzucker (als Rohrzucker) in %	
	Embryonen	Endosperme
Trockene Samen . . . . .	8.5	2.1
166 Tage bei 21.4°, ungespaltene Samen . . .	11.1	2.6
166 " " 21.4°, gespaltene Samen . . .	11.6	2.8

Hier scheinen die gespaltenen Körner eher etwas mehr Zucker zu enthalten als die ungespaltenen; auf jeden Fall hat der Zuckergehalt der Embryonen im Vergleich mit den im trockenen Zustand untersuchten Samen zugenommen. Auffällig sind wiederum die hohen Zuckerkwerte der Embryonen, ein weiterer Beweis dafür, dass wohl nicht ein Mangel an Zucker für die verzögerte Keimung von Weymouthskiefern-samen verantwortlich gemacht werden kann.

## 2. Die Veränderung der wasserhaltenden Kraft.

Wie schon einleitend bemerkt, hat Eckerson 1913 als Begleiterscheinung des « Nachreifeprozesses » bei *Crataegus* eine Zunahme der wasserhaltenden Kraft des Hypocotyls feststellen können. Aus einem kleinen Vorversuch ging hervor, dass Embryo und Endosperm von Weymouthskiefern-samen, die während einiger Zeit im Keimbett von 5° bzw. 21° gelegen hatten, mehr Wasser aufzunehmen vermochten als die entsprechenden Teile trockener Samen. Eine solche Zunahme machte sich besonders dann geltend, wenn die Samen kühl vorbehandelt und hernach in einen Keimschrank von 21° C übertragen wurden. Es wurde versucht, die Veränderung dieser Eigenschaft bei Innehaltung der Seite 253 beschriebenen Versuchsanordnung etwas näher zu verfolgen.

Die Bestimmung der wasserhaltenden Kraft geschah folgendermassen :

Es wurden je 2 mal 50 Samen entschalt, in Embryo und Endosperm zerlegt und die beiden Teile getrennt während 5 Stunden in destilliertem Wasser quellen gelassen. Hernach wurden dieselben auf Filterpapier oberflächlich abgetrocknet und, nachdem sie 25 Minuten über 10 %iger H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gelegen hatten, gewogen. Dieses Gewicht stellt das Gewicht der gequollenen Samenteile dar. Letztere wurden darauf im Vakuumtrockenschrank zur Konstanz getrocknet; der Gewichtsverlust, in Prozenten des Gewichts der gequollenen Samenteile ausgedrückt, stellt ein gewisses Mass für die wasserhaltende Kraft der letzteren dar.

Während des 5stündigen Quellens nahmen die Embryonen und Endosperme noch beträchtliche Mengen Wasser auf; die einzelnen Samenteile waren demnach in den intakten Samen keineswegs voll gesättigt. Es ist anzunehmen, dass der aus diesem Defizit sich ergebende Quellungsdruck bei der Sprengung der Schale eine Rolle spielt. Wenn bei unserer Arbeitsweise die Samenteile vor der Wägung noch 25 Minuten über 10 %iger H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> belassen wurden, so geschah dies, um ein möglichst gleichmässiges Abtrocknen zu erreichen. Es sei aber betont, dass damit der Gleichgewichtszustand mit der herrschenden Dampfspannung noch lange nicht erreicht war.

Die auf diese Art ermittelten Werte finden sich in Tabelle 42. Um eine bessere Beurteilung der Genauigkeit der Methode zu ermöglichen, sind die Einzelbestimmungen detailliert angeführt. Tabellen 43 und 44 zeigen den Keimverlauf der Herkünfte Midhurst 1930 und Chippewa 1929 III, das Keimverhalten der Probe Lenzburg ist aus Tabelle 2, Kolonnen 2 und 3, ersichtlich.

Tabelle 42.  
Die Veränderung der wasserhaltenden Kraft  
von Weymouthskiefern Samen.

Herkunft der Probe	Behandlung	Wassergehalt in % des Gewichtes der gequollenen Samenteile					
		Embryonen			Endosperme		
		a	b	Mittel	a	b	Mittel
Midhurst (Kanada) 1930	40 Stunden gequollen . . . . .	53.73	52.69	53.21	43.38	43.40	43.39
	30 Tage bei 9.1° . . . . .	56.54	55.36	55.95	43.80	43.01	43.41
	30 " " 21.4° . . . . .	56.05	56.81	56.43	44.59	44.41	44.50
	173 " " 21.4° { ungespaltene Samen gespaltene "	62.60	63.47	63.04	46.04	46.42	46.23
Lenzburg 1929	24 Stunden gequollen . . . . .	52.67	50.11	51.39	40.27	41.34	40.80
	30 Tage bei 5.7° . . . . .	57.10	57.35	57.23	46.71	46.58	46.65
	30 " " 21.4° . . . . .	59.58	59.70	59.64	46.43	47.62	47.03
	190 " " 21.4° { ungespaltene Samen gespaltene "	64.93	65.19	65.06	50.17	49.89	50.03
Chippewa 1929 III	24 Stunden gequollen . . . . .	53.02	55.79	54.56	{ 46.43	45.02	46.05
		53.85	55.57		{ 47.12	45.65	
	30 Tage bei 3.7° . . . . .	55.40	54.70	55.05	48.09	46.97	47.53
	30 " " 11.8° . . . . .	57.26	60.50	58.88	45.33	48.42	46.88
	30 " " 18.1° . . . . .	59.58	59.18	59.38	46.40	47.95	47.18
	30 " " 24.2° . . . . .	58.04	60.96	59.50	48.52	50.60	49.56
	30 " " 30.5° . . . . .	60.36	63.54	61.95	47.84	51.44	49.64
	30 " " 3.7°, dann 8 Tage bei 24.2°	62.85	64.94	63.90	50.27	48.79	49.53

Tabelle 43.

Keimverlauf der Weymouthskiefernprobe Midhurst 1930 bei 21.4°.

nach Tagen	gekeimt %	gekeimt + gespalten %
30	1.2 ± 0.5	1.2 ± 0.5
60	2.6 ± 0.5	2.8 ± 0.5
90	3.4 ± 0.5	3.8 ± 0.4
120	4.2 ± 0.4	6.0 ± 0.7
150	6.4 ± 0.9	16.4 ± 1.5
173	6.6 ± 0.7	39.8 ± 1.6

Anmerkung: Nach einer 30tägigen Vorbehandlung bei 9.1° wurde in total 60 Tagen ein Keimergebnis von  $82.0 \pm 1.7\%$  erzielt.

Ein Kühlaufenthalt von 30 Tagen hat die wasserhaltende Kraft gesteigert; indessen hat sich diese Zunahme bei den hohen Temperaturen durchwegs noch stärker bemerkbar gemacht. Die etwas ein-

Tabelle 44.

Ergebnisse des Keimversuchs mit der Weymouthskiefernprobe  
Chippewa 1929 III.

Versuchsbeginn 23.VI.31.

Behandlung	Keimergebnis in %		Behandlung	Keimergebnis in %
	in 30 Tagen	in 60 Tagen		
dauernd 11.8°	0.0	0.0	30 Tage 3.7°, dann 30 Tage 24.2°	52.7 ± 2.3
" 18.1°	2.7 ± 1.0	5.3 ± 1.5	30 " 11.8°, " 30 " 24.2°	55.0 ± 1.8
" 24.2°	11.3 ± 1.5	19.3 ± 2.2	60 " 11.8°, " 30 " 24.2°	77.6 ± 3.2
" 30.5°	18.3 ± 2.8	27.7 ± 4.0	30 " 18.1°, " 30 " 24.2°	24.3 ± 2.4

gehender untersuchte Probe Chippewa III zeigte mit zunehmender Temperatur ziemlich stetig steigende Quellungszahlen. Bemerkenswert sind die hohen Werte derjenigen Samen, die nach 30tägigem Aufenthalt bei 3.7° in den Thermostaten von 24° übertragen worden waren und die daher im Zeitpunkt der Untersuchung unmittelbar vor der Keimung standen. Eine hohe wasserhaltende Kraft wiesen auch diejenigen Proben auf, welche lange Zeit bei 21° verweilt hatten, und zwar war diese Zunahme bei den bereits gespaltenen Samen in der Regel weiter vorgeschritten.

Wir fassen die Ergebnisse dieser Versuche dahin zusammen, dass die Zunahme der wasserhaltenden Kraft der Samenteile von *Pinus Strobus* eine Begleiterscheinung der Keimung darstellt, dass sie aber mit der günstigen Wirkung der tiefen Temperaturen auf die spätere Keimung in keinem erkennbaren Zusammenhang steht.

### 3. Die Veränderung der Azidität.

Zur Feststellung der Wasserstoffionenkonzentration wurden je 5 g Samen mit 20 ccm destilliertem Wasser im Porzellanmörser zermalmt und der entstehende Brei während 5½ Stunden in einem Erlenmeyerkolben stehen gelassen. Hierauf wurde das pH dieses Gemisches nach der Chinhydrongehaltsmethode bestimmt. Es liegt auf der Hand, dass man auf diese Art keineswegs die Reaktion des Plasmas als solchem erfassen kann (vgl. J. Small 1929); die erhaltenen Werte dürften aber doch einen gewissen Einblick in die unter dem Einfluss der verschiedenen Keimungstemperaturen bei Weymouthskiefern samen stattfindenden Veränderungen der Azidität gestatten.

Ein am 23. Juni 1931 mit der Probe Chippewa 1929 III angelegter Versuch ergab im Mittel von je 4 Bestimmungen die in Tabelle 45 angeführten pH-Werte (bezüglich Keimverlauf siehe Tabelle 44) :

Tabelle 45.

Vorbehandlung	pH
1. 1 Tag gequollen . . . . .	6.45 ± 0.01
2. 30 Tage bei 3.7° . . . . .	6.33 ± 0.01
3. 30 " 11.8° . . . . .	6.35 ± 0.02
4. 30 " 18.1° . . . . .	6.34 ± 0.05
5. 30 " 24.2° . . . . .	6.28 ± 0.01
6. 30 " 30.5° . . . . .	6.22 ± 0.03
7. 30 " 3.7°, dann 6 Tage bei 24.2° . . . . .	6.28 ± 0.01

Die Azidität hat bei den im Keimbett liegenden Samen durchwegs zugenommen; die Zunahme machte sich bei den Temperaturen von 24° und 30° stärker geltend als bei den tieferen Temperaturen.

Die Ergebnisse einer mit der Probe Bünzen 1929 III durchgeföhrten Versuchsreihe sind aus Tabelle 46 ersichtlich.

Tabelle 46.

Vorbehandlung	pH
1. Trocken zerrieben . . . . .	6.51 ± 0.02
2. 11 Tage bei 5° . . . . .	6.40 ± 0.03
3. 25 " 5° . . . . .	6.38 ± 0.01
4. 42 " 5° . . . . .	6.35 ± 0.01
5. 11 " 21° . . . . .	6.35 ± 0.05
6. 31 " 21° . . . . .	6.30 ± 0.07
7. 26 " 5°, dann 5 Tage bei 21° . . . . .	6.29 ± 0.02

Auch hier zeigte sich ein stärkeres Ansteigen der Azidität bei der höheren Temperatur. Bei den Samen, die während 26 Tagen im Keimbett von 5° und hierauf 5 Tage bei 21° lagen, war eine deutliche Zunahme der Wasserstoffionenkonzentration zu beobachten. Aehnlich verhielten sich im ersten Versuch die Samen, die nach einer Vorbehandlung bei tiefer Temperatur (3.7°) in den Keimschrank von 24.2° C übertragen wurden.

Die Ergebnisse dieser Versuche deuten darauf hin, dass die Wasserstoffionenkonzentration der im Keimbett liegenden Weymouthskiefern-samen bei Temperaturen über 20° rascher zunimmt als bei tieferen Temperaturen. *Die günstige Wirkung der kühlen Vorbehandlung kann daher nicht in einer Zunahme der Wasserstoffionenkonzentration gesucht werden.*

#### 4. Die Veränderung der Katalaseaktivität.

Als Maßstab für die Katalasewirkung wurde das Sauerstoffvolumen gewählt, das aus einer Wasserstoffsperoxydlösung bestimmter Konzentration in einer bestimmten Zeit ausgeschieden wird. Da bei der quantitativen Bestimmung einer Enzymwirkung die Reaktion beim

Abschluss einer jeden Einzelbestimmung gleich weit fortgeschritten sein muss, verwendeten wir für jede Untersuchung diejenige Menge Samenpulver, welche imstande war, aus 10 ccm einer eingestellten Wasserstoffsuperoxydlösung (100 ccm abspaltbarem Sauerstoff entsprechend) in 5 Minuten zirka 30 ccm Sauerstoff auszuscheiden. Die Bestimmung erfolgte folgendermassen:

Es wurden je 2 mal 50 Samen mit 4 g ausgeglühtem Quarzsand und 0.05 g gefälltem kohlensaurem Kalk im Porzellanmörser während 2½ bis 3 Minuten zerrieben. Von diesem Pulver wurden hernach je 2 Proben (also total 4 Parallelproben pro Bestimmung) abgewogen und jede derselben in einem Reaktionsgefäß mit 5 ccm destilliertem Wasser übergossen. Nachdem die Reaktionsgefässe in ein Wasserbad von 22° C gestellt und mit einer Gasburette verbunden waren, blieb die Apparatur während 15 Minuten stehen, um den Temperaturausgleich zu ermöglichen und zugleich das Samenpulver vom Wasser benetzen zu lassen. Hierauf liessen wir die 10 ccm H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Lösung (mit CaCO<sub>3</sub> neutralisiert) zufließen, um eine Viertelsminute nach Oeffnen des Hahnes mit dem Schütteln zu beginnen (5 Bewegungen pro Sekunde). Das abgespaltene O<sub>2</sub>-Volumen konnte in beliebigen Zeitabständen abgelesen werden. In unseren Tabellen sind die nach 5 Minuten festgestellten Mengen, umgerechnet auf 0° C und 760 mm Barometerstand und bezogen auf 0.1 g Trockensubstanz, eingetragen.

Die beschriebene Methode ist in Anlehnung an die Untersuchungen von Leggett 1929, die sich fast ausschliesslich mit trockenen Samen befassen, ausgearbeitet worden. Bei gequollenem Material ist, um eine Veränderung desselben infolge Austrocknens zu vermeiden, ein rasches Arbeiten notwendig. Die Proben wurden daher sofort nach dem Zermalmen in geschlossenen Wägegläschchen abgewogen, dann in die Reaktionsgefässe gebracht und die Wägegläschchen zurückgewogen. Unter Einhaltung dieser Vorsichtsmassregel konnten im allgemeinen gut übereinstimmende Resultate erzielt werden. Etwas schwieriger zu vermeiden war das Austrocknen bei der Bestimmung der Katalaseaktivität der einzelnen Samenteile, da die Entschalung und Zerlegung der Samen längere Zeit in Anspruch nahm. Bezuglich weiterer methodischer Einzelheiten (Pufferung, Verlauf der Sauerstoffabscheidung, Vergleichbarkeit der an gequollenem und ungequollenem Material ermittelten Werte) siehe Grisch und Koblet 1931.

Bevor wir auf die Veränderung der Katalaseaktivität der im Keimbett liegenden Samen eingehen, sei noch kurz die Frage berührt, ob der Katalasegehalt der ruhenden Samen mit dem Herkunftsclima in Beziehung steht. Schmidt 1930 konnte für Samen von *Pinus silvestris* aus Gebirgsgegenden und aus Norddeutschland bei gleicher Keimfähigkeit eine höhere Katalaseaktivität feststellen als bei den aus mildem Klima stammenden Samen.<sup>1</sup> Da sich die Katalase während der Lagerung

stark verändern kann, muss bei der Prüfung eines eventuellen Einflusses der Provenienz darauf geachtet werden, dass die zu diesem Zwecke vorgesehenen Katalasebestimmungen unmittelbar nach der Ernte ausgeführt werden. Die von uns im Dezember 1930 bei verschiedenen Provenienzen von *Pinus Strobus* festgestellten Katalasewerte sind, auf Lufttrockengewicht bezogen, aus Tabelle 47 ersichtlich (der grössere Teil der bearbeiteten Proben konnte, weil aus dem Jahr 1929 stammend, zu diesem Zwecke nicht verwendet werden).

Tabelle 47.

Herkunft	Katalaseaktivität
<i>Schweiz:</i>	
Bünzen, Aargau . . . . .	37.3
Lenzburg, Aargau . . . . .	32.5
Benzenschwil, Aargau . . . . .	33.6
<i>Deutschland:</i>	
Michelstadt . . . . .	53.7
Trippstadt . . . . .	43.2
Büdingen I . . . . .	43.2
" II . . . . .	48.7
" III . . . . .	55.4
Niederscheidweiler . . . . .	57.3
<i>Kanada:</i>	
Angus, Ontario . . . . .	34.2
Midhurst, Ontario . . . . .	31.6
<i>U. S. A.:</i>	
Chippewa, Minnesota . . . . .	30.8

In Anbetracht des wenig umfangreichen Materials sehen wir davon ab, aus obigen Zahlen Schlüsse zu ziehen. Auffällig sind die niedrigen Werte der amerikanischen Herkünfte, obwohl man nach den von Schmidt für *Pinus silvestris* erzielten Resultaten bei den aus dem relativ rauen Klima von Ontario und Minnesota stammenden Proben einen hohen Katalasegehalt erwarten sollte.

<sup>1</sup> Schmidt hat auf Grund dieser Feststellung ein Verfahren zur Bestimmung bzw. Nachkontrolle der Herkunft der im Handel erscheinenden Kiefernproben auszuarbeiten versucht. Eine derartige rasche Provenienzbestimmung wäre unzweifelhaft von praktischem Interesse, da die Verwendung geeigneter Saatgutherkünfte für die Erzielung leistungsfähiger Bestände von wesentlicher Bedeutung ist (vgl. die eingehenden diesbezüglichen Untersuchungen der Schweizerischen Zentralanstalt für das forstliche Versuchswesen: Engler 1905, Burger 1931, Nägeli 1931).

Es ist von verschiedenen Autoren festgestellt worden, dass die Katalasewirkung in keimenden Samen stark zunimmt, um nach einer gewissen Zeit wieder zu sinken. Bei *Pinus Strobus* erreicht nach Schmiede 1929 die Katalaseaktivität ihr Maximum ungefähr am 18. Tag; sie stieg bei der von Schmiede untersuchten Probe bis zu diesem Zeitpunkt auf das 2½fache des im ruhenden Samen festgestellten Wertes. Nach unseren Untersuchungen kann die Katalaseaktivität bei der Keimung von *Pinus Strobus* unter Umständen noch bedeutend stärker zunehmen. So konnten wir bei der Probe Bünzen 1929 I, die infolge halbjähriger Lagerung im Kühlkeller (im ungequollenen Zustand) rasch und gleichmäßig keimte, folgende Werte feststellen (Tab. 48) :

Tabelle 48.

	Trockene Samen	nach Tagen			
		5	10	15	30
Katalaseaktivität .	19.6	45.5	133.3	245.4	106.7
Keimergebnis in %	—	0	58	90	98

Die Katalase hat hier um mehr als das 12fache zugenommen.

Es fragt sich nun, wie es sich mit der Katalaseaktivität der Weymouthskiefern samen vor Beginn der eigentlichen Keimung verhält. Um dies zu ermitteln, haben wir gleich wie in den vorhergehenden Abschnitten die noch ungekeimten Samen für sich untersucht. Die dabei erzielten Ergebnisse der Probe Bünzen 1930 sind aus den Tabellen 49 und 50 ersichtlich.

Bei einer Keimungstemperatur von 5.8° blieb die Katalaseaktivität der ganzen Samen, wie auch die der einzelnen Teile, annähernd konstant. Bei 21.4° stieg die Katalase anfänglich an, um dann später unter den Anfangszustand zu sinken. Dieses Abfallen machte sich namentlich im Endosperm geltend, während die am Embryo festgestellten Werte selbst nach 138 Tagen noch höher waren als am Anfang. Bei 30.3° C war bei Betrachtung des ganzen Samens schon beim Beginn des Versuches ein Absinken der Katalaseaktivität zu konstatieren, im Embryo nahm sie aber auch hier anfänglich zu. Die nach 120 bzw. 138 Tagen gespaltenen Samen zeigten höhere Werte als die noch ungespaltenen, und zwar bei 21° und 30° C sowohl für den Embryo wie für das Endosperm.

Die an vier weiteren Proben ermittelten Versuchsergebnisse sind in den Tabellen 51—54 zusammengestellt. Das Keimverhalten der betreffenden Proben ist aus den Tabellen 39 b (S. 263), 35 (S. 260), 43 (S. 268) und 34 a (S. 258) ersichtlich.

Tabelle 49.

## Ergebnisse der Katalasebestimmungen der Weymouthskiefernprobe Bünzen 1930.

Versuchsbeginn 13. Februar 1931.

Die Zahlen bedeuten ccm abgespaltenen Sauerstoff (bei 5 Minuten Reaktionszeit), ungerechnet auf 0.1 g. Trockensubstanz.

	nach Tagen	Katalaseaktivität			
		Ungequollene Samen	Eingekeimte Samen		
			5.8° C	21.4° C	30.3° C
Ganze Samen	0	44.0 ± 0.6	—	—	—
	14	41.3 ± 0.4	48.4 ± 1.4	42.0 ± 0.7	—
	28	43.0 ± 0.7	46.7 ± 1.5	35.5 ± 0.1	—
	60	39.1 ± 1.2	43.8 ± 2.0	30.7 ± 1.4	—
	Gesamtprobe	•	40.0 ± 0.4	37.1 ± 0.6	29.3 ± 0.5	—
	120 { ungespaltene Samen	•	—<sup>1</sup>	35.1 ± 0.4	20.7 ± 0.4	—
	gespaltene	"	—<sup>1</sup>	43.0 ± 0.5	38.6 ± 0.3	—
Embryonen	0	63.6 ± 2.8	—	—	—
	42	67.8 ± 1.1	100.8 ± 1.3	82.7 ± 4.4	—
	138 { ungespaltene Samen	•	64.8 ± 0.9 <sup>1</sup>	{ 74.9 ± 0.6	48.7 ± 2.0	—
	gespaltene "	—	{ 88.1 ± 2.9	64.2 ± 0.1	—
Endosperme	0	53.9 ± 0.8	—	—	—
	42	56.3 ± 0.7	54.6 ± 0.4	37.3 ± 0.9	—
	138 { ungespaltene Samen	•	58.2 ± 0.6 <sup>1</sup>	{ 37.1 ± 0.4	28.5 ± 0.1	—
	gespaltene "	—	{ 46.8 ± 0.2	46.9 ± 0.9	—
Samenschalen		2.9 ± 0.2	—	—	—

<sup>1</sup> Da von den bei 5.8° eingekeimten Samen nur wenige gespalten waren, konnten diese nicht getrennt untersucht werden.

Tabelle 50.

Keimverlauf der Weymouthskiefernprobe Bünzen 1930  
bei verschiedenen konstanten Temperaturen.

Versuchsbeginn 13. Februar 1931.

nach Tagen	5.8°		21.4°		30.3°	
	gekeimt	gekeimt + gespalten	gekeimt	gekeimt + gespalten	gekeimt	gekeimt + gespalten
	%	%	%	%	%	%
30	0.0	0.0	39.0 ± 2.6	41.4 ± 2.6	43.5 ± 2.2	44.7 ± 2.3
60	0.0	2.5 ± 1.5	44.3 ± 2.5	45.3 ± 2.4	48.0 ± 2.9	53.2 ± 2.5
90	0.0	4.5 ± 1.4	44.8 ± 2.5	48.2 ± 2.2	50.5 ± 2.7	63.5 ± 1.9
120	0.5 ± 0.5	6.0 ± 0.7	46.2 ± 2.6	55.6 ± 2.2	52.9 ± 2.4	72.9 ± 1.8
150	8.0 ± 0.7	22.5 ± 2.1	48.2 ± 2.7	67.0 ± 3.0	57.6 ± 2.5	83.3 ± 1.4
180	39.0 ± 2.6	64.0 ± 1.6	49.7 ± 3.2	72.5 ± 3.5	58.9 ± 2.4	85.3 ± 4.7

Tabelle 51.

Katalaseaktivität bei der Weymouthskiefernprobe Ontario 1929.

Versuchsbeginn 10. Februar 1930.

	nach Tagen	Ungequollene Samen	bei 4.5° eingekimt	bei 21° eingekimt
Ganze Samen . . . . .	0	37.3 ± 0.1	—	—
	7	—	38.1 ± 0.5	48.0 ± 1.1
	14	—	36.8 ± 0.6	51.7 ± 0.3
	29	—	38.7 ± 0.6	49.2 ± 0.9
	61	—	41.5 ± 1.2	39.1 ± 0.5
Embryonen . . . . .	0	54.1 ± 1.1	—	—
	54	—	69.2 ± 0.9	81.8 ± 0.1
Endosperme . . . . .	0	51.7 ± 2.7	—	—
	54	—	55.1 ± 3.1	52.1 ± 1.5

Tabelle 52.

Katalaseaktivität bei der *Pinus-Strobus*-Probe Lenzburg 1929.

Versuchsbeginn 19. November 1929.

Anzahl Tage	Ungequollen	bei 6°	bei 21°
0	32.5 ± 0.3	—	—
20	—	37.4 ± 1.0	42.6 ± 0.8
30	—	34.4 ± 0.9	43.0 ± 0.6
60	—	37.4 ± 0.6	39.6 ± 0.7
109	—	36.0 ± 0.4	32.9 ± 0.4

Die Ergebnisse des ersterwähnten Versuches werden durch diese Resultate im wesentlichen bestätigt. Die Proben Lenzburg 1929 und Ontario 1929 zeigen deutlich ein anfängliches Ansteigen und nach-

heriges Abfallen der Katalase bei 21° C. Bei den tiefen Temperaturen blieben auch hier die Katalasewerte niedrig; sie stiegen jedoch als Begleiterscheinung der einsetzenden Keimung rasch an, wenn die kühl behandelten Samen in eine höhere Temperatur übertragen wurden. So zeigten die Samen von Lenzburg 1929, die nach 20tägigem Aufenthalt bei 6° in den Thermostaten von 21° übertragen wurden, nach weiteren 4 Tagen eine Katalaseaktivität von 41.2, nach 8 Tagen eine solche von 62.0, während die Untersuchung der nach 9 Tagen erhaltenen Keimlinge, deren Würzelchen um 3—8 mm aus der Schale vorgedrungen waren, einen Katalasewert von 117.5 ergab.

Tabelle 53.

Katalaseaktivität bei der Weymouthskiefernprobe Midhurst 1930.

Versuchsbeginn 18. März 1931.

Ungequollen . . . . .	40.5 ± 1.1
30 Tage 9.1° . . . . .	38.2 ± 0.9
30 " 21.4° . . . . .	41.9 ± 1.0
173 " 21.4°, ungespaltene Samen . .	40.4 ± 0.7
173 " 21.4°, gespaltene " . .	44.3 ± 0.5

Geringe Ausschläge weist die Katalaseaktivität der äusserst langsam keimenden Probe Midhurst 1930 auf; immerhin ist sie bei den nach 173 Tagen gespaltenen Samen höher als bei den im betreffenden Zeitpunkt noch ungespaltenen. Die Probe Chippewa 1929 II, für die noch die Wirkung der Temperaturen von 12° und 18° C untersucht worden ist, zeigte nach 37tägigem Aufenthalt im Keimbett die höchste Katalaseaktivität bei 18°, also auffallenderweise bei derjenigen Temperatur, die sowohl bei konstanter Einwirkung als auch nach späterer Uebertragung in ein Keimbett von 24° nur ein geringes Keimergebnis lieferte (Tab. 34 a, S. 258).

Tabelle 54.

Katalasewirkung bei der Probe Chippewa 1929 II.

Versuchsbeginn 22. Juni 1931.

Ungequollen . . . . .	37.4 ± 0.4
37 Tage 3.7° . . . . .	35.8 ± 0.4
37 " 11.8° . . . . .	48.0 ± 0.7
37 " 18.1° . . . . .	56.3 ± 2.3
37 " 24.2° . . . . .	46.5 ± 0.3

Im Anschluss an diese Feststellungen über die Veränderung der Katalaseaktivität der im Keimbett liegenden Samen sei noch darauf hingewiesen, dass der Gehalt an diesem Enzym auch von der vorausgehenden Lagerung abhängig ist. So wurden für die Weymouths-

kiefernprobe Bünzen 1929 I die in Tabelle 55 angeführten Katalasewerte festgestellt (die Ergebnisse der gleichzeitig durchgeföhrten Keimkraftversuche finden sich in Tabelle 29, S. 247).

Tabelle 55.

Datum der Untersuchung	Art der Lagerung			
	im trockenen Zimmer	im Dachraum	dauernd im Kühlkeller (4—8° C)	im Kühlkeller bis 8. April 1930, dann bei Zimmer- temperatur
6./7. Juni 1930 . . . .	28.5 ± 0.7	28.9 ± 0.5	20.1 ± 0.4	—
27./29. August 1930 . . . .	40.2 ± 0.5	33.9 ± 0.4	20.8 ± 0.2	23.9 ± 0.7
9. Dezember 1930 . . . .	35.6 ± 0.4	37.9 ± 1.3	19.9 ± 0.8	26.0 ± 1.3
19./20. November 1931 . . . .	38.0 ± 0.6	42.2 ± 0.6	10.0 ± 0.3	25.0 ± 0.3

Bemerkenswert ist hier der Rückgang der Katalase bei den im Kühlkeller gelagerten Samen, also gerade bei derjenigen Aufbewahrungstemperatur, welche die spätere Keimung bei 21° C sehr günstig beeinflusst hat. Die Katalaseaktivität blieb auch dann niedrig, wenn die kühl gelagerten Samen nachträglich bei Zimmertemperatur aufbewahrt wurden. Auffallend ist bei dieser Probe die Zunahme der Katalase bei der Lagerung im Zimmer und im Dachraum, während bei anderen Samenarten und auch bei den meisten Proben von *Pinus Strobus* (vgl. auch die eingehenden Untersuchungen von Knecht 1931) unter diesen Bedingungen ein Katalaserückgang beobachtet wurde.

Wenn wir die Ergebnisse unserer Versuche mit denjenigen vergleichen, die von den amerikanischen Autoren für andere Arten erzielt wurden, so fällt in erster Linie auf, dass die Katalaseaktivität der Weymouthskiefern samen unter dem Einfluss der tiefen Keimungstemperaturen wenig oder gar nicht zugenommen hat. Zum gleichen Ergebnis haben auch die von Knecht 1931 nach anderer Methode angestellten Versuche geführt. Möglicherweise beruht diese Tatsache darauf, dass die Samen von *Pinus Strobus* unter der dauernden Einwirkung tiefer Keimungstemperaturen trotz vorhandener Keimbereitschaft erst nach sehr langer Zeit zu keimen beginnen. Das von uns beobachtete anfängliche Ansteigen und nachherige Abfallen der Katalasewirkung bei den für die Keimung ungünstigen Temperaturen ist unter andern auch von Flemion 1931 für *Sorbus aucuparia* festgestellt worden. Bei dieser letzteren Art wurde im Gegensatz zu *Pinus Strobus* der Höhepunkt der Kurve rasch erreicht. Dies steht wohl damit im Zusammenhang, dass in den Versuchen von Flemion die Temperaturen von über 5° C bei *Sorbus aucuparia* überhaupt keine Keimungen hervorzubringen vermochten. Die Samen von *Pinus Strobus* zeigten

auch insofern ein von andern Samenarten abweichendes Verhalten, als bei ihnen nach unsren Untersuchungen die Katalaseaktivität des Embryos ruhender Samen nur wenig grösser ist als die des Endosperms, während sie im Embryo des Weizens nach Knecht 1931 23 mal, nach Crocker und Harrington 1918 29 mal höher ist als im Endosperm.

Als wichtigstes Ergebnis der in diesem Abschnitt besprochenen Versuche darf festgehalten werden, dass uns *die Katalaseaktivität bei Weymouthskiefern samen keine Erklärung für die durch tiefe Temperaturen erzielte Förderung der Keimbereitschaft gibt.*<sup>1</sup>

### III. Zusammenfassung.

Die wichtigsten Ergebnisse unserer Untersuchungen lassen sich folgendermassen zusammenfassen :

1. Die Samen von *Pinus Strobus* lassen, bei *höheren konstanten* Temperaturen eingekimt, häufig eine Hemmung der Keimung erkennen. Diese äussert sich darin, dass ein gewisser, bei den einzelnen Proben wechselnder Prozentsatz von Samen unter den genannten Bedingungen erst nach langer Zeit und sehr langsam keimt.

2. Bei *tiefen konstanten* Temperaturen (6—12° C) keimten die untersuchten Weymouthskiefernproben nach längerem Liegen im Keimbett verhältnismässig rasch und annähernd vollständig aus.

3. Durch *kühle Vorbehandlung* und nachträgliche Uebertragung in ein warmes Keimbett konnte in relativ kurzer Zeit ein vollständiges Auskeimen der Samen von *Pinus Strobus* erzielt werden. Dabei wirkten die Temperaturen im Bereich von 0—12° C bei der Mehrzahl der Proben annähernd gleich. Auch machte sich die günstige Wirkung der kühlen Vorbehandlung bei allmählicher Uebertragung der Samen von der tiefen zur hohen Temperatur in gleicher Weise geltend wie bei plötzlichem Wechsel.

4. Bei längerem Liegen im Keimbett von 21° bzw. 24° C wurde ein Teil der Weymouthskiefernproben derart verändert, dass sie auf eine darauffolgende kühle Vorbehandlung schwächer reagierten als die Samen, welche von Anfang an der tiefen Temperatur ausgesetzt wurden. Durch eine verlängerte Einwirkung tiefer Temperaturen liess sich aber auch nach der Vorbehandlung bei 21° und 24° C ein vollständiges Auskeimen erzielen. Bei einzelnen der bei 33° C eingekimten Proben

<sup>1</sup> Es ist anzunehmen, dass eine genaues Studium der Atmung uns wahrscheinlich wertvollere Einblicke in die im Innern des Samens sich abspielenden Vorgänge geben könnte als die Bestimmung der Katalase. Wenn dieses Enzym, dessen Funktion noch keineswegs sichergestellt ist, so häufig bei der Bearbeitung von Keimungsproblemen berücksichtigt wurde, so war dabei anscheinend weniger seine Bedeutung für den Organismus massgebend, als vielmehr die Leichtigkeit, mit der die Katalasewirkung quantitativ bestimmt werden kann.

machte sich eine Schädigung der Keimkraft geltend, die auch durch eine verlängerte kühle Vorbehandlung nicht behoben werden konnte.

5. Bei *täglichem Wechsel* zwischen *tießen* und *hohen* Keimungstemperaturen wurden im allgemeinen niedrigere Keimergebnisse erzielt als bei dauernder Anwendung hoher Temperaturen.

6. Gegenüber der Einwirkung konstanter Temperaturen und gegenüber der kühlen Vorbehandlung verhielten sich die untersuchten Weymouthskiefernproben recht ungleich, und zwar unbekümmert darum, ob sie aus der gleichen oder aus verschiedenen Gegenden stammten. Sowohl unter den schweizerischen als auch unter den deutschen und amerikanischen Herkünften fanden sich Proben, die bei hohen konstanten Temperaturen rasch und verhältnismässig gut keimten, neben solchen, die auf die kühle Vorbehandlung ausgesprochen reagierten. Die ungleichen Ansprüche, welche von den verschiedenen Weymouthskiefernproben an die Keimungstemperatur gestellt werden, lassen sich somit *nicht aus den allgemeinen klimatischen Verhältnissen der Herkunftsgebiete erklären*.

7. Bei den Samen von *Molinia coerulea*, deren Keimung durch eine kühle Vorbehandlung ebenfalls gefördert wurde, machten sich ähnliche Unterschiede geltend wie bei *Pinus Strobus*. Auch hier reagierten die einzelnen Proben verschieden, ohne dass ein Zusammenhang des ungleichen Keimverhaltens mit der Herkunft der Samen und dem Standort der Mutterpflanzen erkennbar ist.

8. Die Samen von *Eryngium alpinum* und *Amelanchier ovalis* keimten, unbekümmert darum, ob sie aus hohen oder tiefen Lagen stammten, unter der konstanten Einwirkung verhältnismässig niedriger Temperaturen am besten.

9. Durch künstlich veränderte Temperaturbedingungen während des Ausreifens konnte das Keimverhalten der Weymouthskiefersamen in starkem Masse beeinflusst werden. Es ist möglich, dass die in einem bestimmten Reifestadium auf die Samen einwirkenden Temperaturen auch beim Ausreifen unter natürlichen Bedingungen von wesentlichem Einfluss sind und dass — abgesehen von eventuellen erblichen Verschiedenheiten — die lokalen Witterungsunterschiede das ungleiche Keimungsverhalten von Proben ähnlicher Herkunft mitbedingen.

10. Die bei tiefen Temperaturen im Keimbett liegenden Weymouthskiefersamen veränderten sich bezüglich *der Reservestoffe* nur wenig; es machte sich bei ihnen im allgemeinen nur eine schwache Zunahme des Gehaltes an direkt reduzierendem Zucker und an Aminostickstoff bemerkbar. Eine ähnliche, wenn auch in der Regel etwas stärkere Zunahme löslicher Baustoffe liess sich an den bei hoher Temperatur eingekimten Samen feststellen. Der Zuckergehalt der Embryonen, speziell der Radicula, war sowohl bei den trockenen als auch bei den im Keimbett liegenden Samen auffallend hoch. Die bei hoher

wie auch die bei tiefer Temperatur eingekreimten Samen wiesen in der Spitze der Radicula zunächst eine starke Ansammlung von Stärke auf, die aber mit dem Beginn der Verlängerung des Würzelchens wieder verschwand.

11. Die Embryonen und Endosperme der während längerer Zeit eingekreimten Samen vermochten mehr Wasser aufzunehmen als die entsprechenden Teile ungequollener oder nur während kurzer Zeit gequollener Samen. Die Zunahme der wasserhaltenden Kraft war bei höherer Temperatur stärker als bei niedriger.

12. Bei den im Keimbett liegenden Samen machte sich eine Zunahme der *Wasserstoffionenkonzentration* geltend; diese Zunahme war ebenfalls bei höheren Temperaturen stärker als bei tiefer Temperatur.

13. Unter dem Einfluss tiefer Keimungstemperaturen veränderte sich die *Katalaseaktivität* der Weymouthskiefern samen nur wenig; bei den warm eingekreimten Samen dagegen stieg die Katalasewirkung anfänglich an, um später unter den ursprünglichen Wert zu sinken.

14. Die oft sich geltend machende erschwerte Keimung von Weymouthskiefern samen kann nach den Ergebnissen unserer Untersuchungen nicht auf einem Mangel an Zucker im Embryo beruhen; auch steht die durch die Einwirkung der tiefen Temperaturen erhöhte Keimbereitschaft weder direkt mit einer Mobilisierung von Reservestoffen noch mit einer Zunahme der Azidität und der Katalaseaktivität in Beziehung. Es ist aber nicht ausgeschlossen, dass sich die Samen unter dem Einfluss der tiefen Temperatur derart verändern, dass nach erfolgter Uebertragung in die höhere Temperatur eine rasche Mobilisierung gewisser Stoffe einsetzt und die Keimung fördert. So wäre es zum Beispiel möglich, dass während der Kühlbehandlung eine Aktivierung oder eine Neubildung von stoffabbauenden Enzymen stattfindet.

15. Vermögen die bisherigen Untersuchungen über die inneren Veränderungen der im Keimbett liegenden Samen die Wirkung der kühlen Vorbehandlung in keiner Weise zu erklären, so darf anderseits auch hier, ähnlich wie Müller-Thurgau und Schneider-Orelli es für die Wirkung des Warmwasserbades auf die Rhizomknospen von *Convallaria* tun, mit der Möglichkeit gerechnet werden, dass die tiefen Temperaturen einen gewissen Reiz auf das Plasma ausüben und dadurch das Wachstum in Gang setzen. Für eine solche Reizwirkung spricht bis zu einem gewissen Grade schon die Beobachtung, dass ausser den tiefen Temperaturen noch andere Faktoren eine Förderung der Keimung von Weymouthskiefern samen bewirken können, so zum Beispiel die sehr hohen Temperaturen, die mechanische Verletzung der Samenschale und dergleichen mehr.

16. Man könnte allerdings auch vermuten, dass nicht die Kühlbehandlung als solche, sondern der Uebergang von der tiefen zur hohen

Temperatur das Plasma aus dem stabilen Gleichgewicht bringt und so den Anstoss zum Wachstum gibt. Gegen diese Vermutung spricht indessen sowohl die Beobachtung, dass sich die günstige Wirkung der kühlen Vorbehandlung bei allmählicher Uebertragung der Samen von der tiefen zur hohen Temperatur in gleicher Weise geltend macht wie bei plötzlichem Wechsel, als auch die Feststellung, dass durch eine verlängerte Einwirkung der Kälte das prozentuale Keimergebnis und die Keimungsgeschwindigkeit immer mehr gefördert werden, bis die Keimung schliesslich selbst bei der tiefen Temperatur erfolgt.

---

#### Literatur.

- Atterberg, 1907. Die Nachreife des Getreides. Landw. Versuchsstat. 67, 129—143.
- Barton, 1928. Hastening the germination of southern pine seeds. Professional Paper of the Boyce Thompson Institute for Plant Research. Nr. 9.
- 1930. Hastening the germination of some coniferous seeds. American Journal of Botany 17, 85—130.
- Brown and Morris, 1890. Researches on the germination of some of the Gramineae. Jour. Chem. Soc. London 57, 458—528, zit. nach Lehmann und Aichele, 1931, Keimungsphysiologie der Gräser.
- Burger, 1931. Einfluss der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. III. Die Föhre. Mitt. der Eidg. Zentralanstalt für das forstl. Versuchswesen 16, 153—230.
- Choate, 1921. Chemical changes in wheat during germination. Bot. Gaz. 71, 409—425.
- Crocker, 1916. Mechanics of dormancy in seeds. Amer. Journ. Bot. 3, 99—120.
- 1930. Harvesting, storage and stratification of seeds in relation to nursery practice. Prof. Pap. Boyce Thompson Inst. Nr. 15.
- Crocker and Harrington, 1918. Catalase and oxidase activity of seeds in relation to their dormancy, age, vitality and respiration. Journ. Agr. Res. 15, 137—174.
- Davis, O. H., 1927. Germination and early growth of *Cornus florida*, *Sambucus canadensis*, and *Berberis Thunberghii*. Bot. Gaz. 84, 225—263.
- Davis, W. E., 1930. Primary dormancy, after-ripening, and the development of secondary dormancy in embryos of *Ambrosia trifida*. Amer. Jour. Bot. 17, 56—76.
- 1930. The development of dormancy in seeds of cocklebur (*Xanthium*). Amer. Journ. Bot. 17, 77—87.
- Davis, W. E. and Rose, R. C., 1912. The effect of external conditions upon the after-ripening of the seeds of *Crataegus mollis*. Bot. Gaz. 54, 49—62.
- Eckerson, 1913. A physiological and chemical study of after-ripening. Bot. Gaz. 55, 286—299.
- Engler, 1905. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Mitt. der Eidg. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen 8, 81—236.
- 1913. Einfluss der Provenienz des Samens auf die Eigenschaften der forstlichen Holzgewächse. Zweite Mitteilung. Mitt. der Eidg. Zentralanstalt f. d. forstl. Versuchswesen 10, 191—386.

- Englis and Tsang, 1922. The clarification of solutions containing reducing sugars by basic lead acetate. Jour. Amer. Chem. Soc. 44, 865—867.
- Fellenberg, 1913. Die Praxis der Zuckerbestimmung nach Allihn. Mitt. aus dem Gebiet der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 4, 239—252.
- 1916. Eine direkte, allgemein verwendbare Stärkebestimmungsmethode. Mitt. aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 7, 369—383.
- Flemion, 1931. After-ripening, germination, and vitality of seeds of *Sorbus aucuparia* L. Contributions from Boyce Thompson Institute for Plant Research 3, 413—439.
- Fueter, R., 1926. Das mathematische Rüstzeug des Chemikers, Biologen und Statistikers.
- Gassner, 1915. Ueber die keimungsauslösende Wirkung der N-Salze auf lichtempfindliche Samen. Jahrb. f. wiss. Botanik 55, 259—342.
- Grisch und Lakon, 1923. Die Keimprüfung der Weymouthskiefernsamen. Landw. Jahrb. der Schweiz 37, 392—407.
- Grisch und Koblet, 1931. Zur Frage der Beurteilung der Keimkraft von Coniferensamen auf Grund der Katalasebestimmung. Comptes rendus de l'Association Internationale d'Essais de Semences 5, 60—74.
- Harrington, 1923. Respiration of apple seeds. Jour. Agr. Res. 23, 117—130.
- Harrington and Hite, 1923. After-ripening and germination of apple seeds. Jour. Agr. Res. 23, 153—161.
- Jones, 1920. Physiological study of maple seeds. Bot. Gaz. 69, 127—152.
- Kinzel, 1913. Frost und Licht als beeinflussende Kräfte der Samenkeimung. Stuttgart 1913 (Nachtrag I 1915 und Nachtrag II 1920).
- 1930. Grenzen der förderlichen Einwirkung von Frost und Licht bei der Samenkeimung. Angew. Botanik 12, 16—22.
- 1931. Höhenkeimer. Angew. Botanik 13, 338—351.
- Knecht, 1931. Ueber die Beziehung zwischen Katalaseaktivität und Vitalität in ruhenden Samen. Beih. Bot. Zentralblatt 48, Abt. I, 229—313.
- Leggatt, 1929. Catalase activity as a measure of seed viability. Scientific Agriculture 10, 73—110.
- Methods of analysis of the Ass. of Off. Agr. Chemists. Washington 1925. Second edition.
- Morgulis, Beber and Rabkin, 1926. Studies on the effect of temperature on the catalase reaction. I—IV. Jour. Biol. Chemistry 68, 521—563.
- Mothes, 1929. Physiologische Untersuchungen über das Asparagin und das Arginin in Coniferen. Ein Beitrag zur Theorie der Ammoniakentgiftung im pflanzlichen Organismus. Planta 7, 585—649.
- Müller-Thurgau, 1885. Beiträge zur Erklärung der Ruheperiode der Pflanzen. Landw. Jahrb. 14, 851—907.
- Müller-Thurgau und Schneider-Orelli, 1910 und 1912. Beiträge zur Kenntnis der Lebensvorgänge in ruhenden Pflanzenteilen. I und II. Flora 101, 309—373 und 104, 387—446.
- Nägeli, 1931. Einfluss der Herkunft des Samens auf die Eigenschaften forstlicher Holzgewächse. IV. Die Fichte. Mitt. der Eidg. Zentralanstalt für das forstl. Versuchswesen 17, 150—237.
- Pack, 1921. After-ripening and germination of *Juniperus* seeds. Bot. Gaz. 71, 32—60.
- 1921. Chemistry of after-ripening, germination and development of *Juniper* seeds. Bot. Gaz. 72, 139—150.
- Rodewald, H., 1898. Zur Methodik der Keimprüfungen. Landw. Versuchsstat. 49, 257—286.
- Rose, 1919. After-ripening and germination of seeds of *Tilia*, *Sambucus*, and *Rubus*. Bot. Gaz. 67, 281—308.

- S ch m i e d e r , 1929. Katalase und Keimung. Mitt. aus der Sächsischen Forstl. Versuchsanstalt zu Tharandt, Bd. 3, Heft 2.
- S c h m i d t , 1930. Der jetzige Stand der Samenherkunftsprüfung. Forstarchiv 1930, Heft 15.
- 1930. Die Spiegelung der Jahreszeit in der Samenaktivität. Forschungen und Fortschritte 1930, 325—326.
- S c h u l z e , 1901. Ueber die Zusammensetzung einiger Coniferensamen. Landw. Versuchsstat. 55, 267—307.
- 1907. Ueber die Bestandteile der Samen von *Pinus Cembra*. Landw. Versuchsstat. 67, 55—104.
- S m a l l , 1929. Hydrogen-ion concentration in plant cells and tissues. Proto-plasma-Monographien Bd. 2.
- V a n S l y k e , 1911. A method for quantitative determination of aliphatic amino groups. Jour. Biolog. Chemistry 9, 185—204.
- 1912. The quantitative determination of aliphatic amino groups. Jour. Biolog. Chemistry 12, 275—284.
- W e i s s , 1926. Seed germination in the gray birch, *Betula popolifera*. Amer. Jour. of Bot. 13, 737—742.