

Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Körnerfrüchten bei der Warmlufttrocknung

Von Arno Strehler, Rupert Schäfer, Hans Fuchs und Helmut Scheller, Freising und München*)

DK 664.8.047:633.1

Bei der Warmlufttrocknung von Körnerfrüchten ist die Wahl der Trocknungslufttemperatur für eine schonende Trocknung des Gutes einerseits und für den kostengünstigen Einsatz der Trocknungsanlage andererseits von Bedeutung. Durch die unterschiedlichen Angaben im Schrifttum über die bei der Saatgut-trocknung maximal zulässigen Temperaturen und die in der Praxis herrschende Unsicherheit sahen sich die Verfasser veranlaßt, die tatsächliche Schädigung der Keimfähigkeit für verschiedene Körnerfrüchte in praktischen Versuchen mit verschiedenen Trocknungslufttemperaturen zu ermitteln. Dabei zeigte sich, daß Raps und Rüben eine Trocknungslufttemperatur von 50 °C, Getreidearten eine Temperatur von 55 °C ohne Schädigung der Keimfähigkeit überstehen.

1. Problemstellung

Zur Trocknung von Körnerfrüchten setzte sich die leistungsfähige Warmlufttrocknung gegenüber der Belüftungstrocknung mit kalter oder vorgewärmter Luft (Anwärmung um 5–10 K) durch. Bei der Wahl der Temperatur der Trocknungsluft herrscht in der breiten Praxis eine große Unsicherheit. Auf der einen Seite stehen die Vorteile höherer Temperaturen wie:

- größere Leistungsfähigkeit des Trockners durch gesteigerte Wasseraufnahmefähigkeit
- Senkung des spezifischen Wärmeaufwandes durch Erhöhung des Wirkungsgrades
- Senkung des Kapitalaufwandes für den Trocknungsbehälter durch Verringerung der Gutsverweilzeit im Trocknungsbereich.

Diesen Vorteilen, die sich letztlich in einer Verringerung von Energie- und Kapitalkosten auswirken, steht die Gefahr der Qualitätsminderung des Trocknungsgutes durch überhöhte Temperaturen gegenüber. Bei Futtergetreide kann durch überhöhte Temperaturen der Futterwert durch Abfallen der Verdaulichkeit verschiedener Aminosäuren gesenkt werden, *Strehler* [1].

*) LR Dr. Arno Strehler ist der Leiter der Abteilung Getreideaufbereitung, Energie in der Landwirtschaft und Technik in der Außenwirtschaft der Bayer. Landesanstalt für Landtechnik; cand. agr. Rupert Schäfer ist Hilfsassistent an der Landtechnik Weißenstephan; LOR Dr. Hans Fuchs ist Leiter des Sachgebietes Saatgutuntersuchung an der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau München; LD Dr. Helmut Scheller ist der Leiter des Sachgebietes Futterpflanzen und Grünland an der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau in Freising.

Bei Mahlgetreide wird durch überhöhte Trocknungslufttemperaturen die Backfähigkeit beeinträchtigt. Bei Saatgut und Braugerste tritt bereits dann eine Qualitätsschädigung ein, wenn die Keimfähigkeit und die Keimkraft reduziert werden.

Letztlich sind die Korntemperaturen in Abhängigkeit vom Feuchtegehalt und der Einwirkungszeit der höheren Temperaturen entscheidend für die Guttschädigung. Sie erfolgt über chemische und biologische Reaktionen im Korn. Daher nennen viele Autoren die zulässigen Korntemperaturen als Hinweis für die Trocknereinstellung. Nur nutzt dem Betreiber eines Trockners die Kenntnis einer zulässigen Korntemperatur wenig, denn er kann nur die Trocknungslufttemperatur einstellen, die von der Korntemperatur je nach Feuchtegehalt, Trocknungsdauer und Trocknerbauart erheblich abweichen kann [1]. Die Angaben im Schrifttum bezüglich der zulässigen Temperaturen zur Erhaltung der Keimfähigkeit bei Saatgut und Braugerste sind, wie nachfolgend gezeigt wird, sehr unterschiedlich. So berichten *Aufhammer* und *Fischbeck* [2], daß feuchtes Getreide nach einer Erhitzung auf 50 °C an Keimfähigkeit verliert. Übertrocknetes Getreide mit 7–8 % Feuchtegehalt war jedoch nach mehreren Stunden im Trockenschrank bei 100 °C immer noch keimfähig. Andere Autoren [3, 4] empfehlen, die Trocknungslufttemperatur je nach Anfangsfeuchtegehalt im Korn auf Werte zwischen 49 und 30 °C einzustellen. Eine geringere Spanne, nämlich 36 bis 45 °C empfiehlt *Rietz* [5]. *Fuchs* [6] und *Wenner* [7] sehen die obere Grenze für die Trocknungslufttemperatur bei 40 bis 50 °C. Im amerikanischen Schrifttum [8, 9] wird die maximal zulässige Temperatur zur Saatgut-trocknung mit 43 °C angegeben.

Ein wesentliches Kriterium bei der Beurteilung dieser Aussagen ist die Tatsache, daß sich die deutschsprachigen Autoren auf Ergebnisse von *Sprenger* [10] stützen, die aus Versuchen mit dem Trockenschrank oder auch mit geschlossenen Behältern gewonnen wurden. Der bei dieser Versuchsanstellung gegebene geringe Unterschied zwischen Korntemperatur und Trocknungslufttemperatur sowie die geringe Trocknungsgeschwindigkeit durch die gegenüber der üblichen Trocknung erheblich reduzierte Luftbewegung entsprechen nicht den Bedingungen, die bei der Warmluftkonvektionstrocknung vorliegen.

Die Korntemperatur bleibt nach Untersuchungen von *Brückner* [11] und eigenen Versuchen [1] bei der Warmlufttrocknung auf Grund der Kornabkühlung durch die Wasserverdampfung gegenüber der Lufttemperatur zurück. Erst mit sinkendem Feuchtegehalt der Körner und mit der damit verbundenen Verringerung der Temperaturempfindlichkeit sinkt diese Temperaturdifferenz; Korntemperatur und Trocknungslufttemperatur nähern sich dann etwa dem gleichen Wert, *Strehler* [1], *Schäfer* u. *Altrogge* [12].

Aus den obigen Angaben kann man folgern, daß bei der Trocknung von Saatgetreide die Temperaturen der Trocknungsluft wesentlich höher als die angegebenen Korntemperaturen sein dürfen. *Brückner* [11] verweist in diesem Zusammenhang auf eine Untersuchung von *Rohrlich* (1955), der bei einem Kornfeuchtegehalt von 22 % und einer Trocknungslufttemperatur von 65 °C noch keine Beeinträchtigung der Keimfähigkeit und bei einer Kornfeuchtigkeit von 18 % und einer Behandlungstemperatur von 80 °C nur eine um 25 % geringere Keimfähigkeit ermittelte.

Da aus dem Schrifttum keine klaren Schlußfolgerungen auf die tatsächlich zulässigen Trocknungslufttemperaturen zu ziehen sind, sahen sich die Autoren veranlaßt, die tatsächliche Schädigung der Keimfähigkeit in Trocknungsversuchen zu ermitteln, die der üblichen Trocknungspraxis entsprechen.

2. Untersuchungsmethoden und Versuchsdurchführung

2.1 Art der Trocknungsgüter

Von den landwirtschaftlichen Körnerfrüchten wurden in die Untersuchungen einbezogen:

Winterraps und Winterrüben	Weizen
Wintergerste	Hafer
Sommergerste	Ackerbohnen.

2.2 Variierte Trocknungsbedingungen

Bei der Trocknung von Raps, Rüben und Getreide wurden folgende Einflußfaktoren geändert:

- Trocknungslufttemperatur (Stufen von 5 K)
- Trocknungsluftgeschwindigkeit
- Trocknungsdauer.

Diese Parameter können jedoch nicht isoliert voneinander betrachtet werden, da sie miteinander verknüpft sind. So führen beispielsweise höhere Trocknungslufttemperaturen und größere Luftgeschwindigkeiten zur Verkürzung der Trocknungsdauer. Für die Trocknung von Ackerbohnen, die den anderen Versuchen vorausging, wurden noch mehr Parameter verändert:

- Trocknungslufttemperatur
- Trocknungsluftgeschwindigkeit
- Endfeuchtegehalt
- Lagerdauer (Keimfähigkeitsuntersuchungen sofort und 1/2 Jahr nach der Trocknung)
- Schichtlage (Abstand der Körner zum Warmlufttritt im Satzrockner).

2.3 Art der Trocknung

Die Trocknung wurde im elektrisch beheizbaren Versuchssatzrockner der Landtechnik Weihenstephan durchgeführt. Die Trocknungslufttemperatur und die Trocknungsluftgeschwindigkeit (bezogen auf den freien Behälterquerschnitt) können an diesem Versuchsgerät genau eingestellt werden. Die vorgewählte Temperatur der Trocknungsluft regelt sich automatisch auf ± 2 K des Sollwertes ein.

2.4 Keimfähigkeitsuntersuchungen

Die Keimprüfung wurde an der Bayer. Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau in Freising und München nach den "Internationalen Vorschriften für die Prüfung von Saatgut" (ISTA-Rules 1976) durchgeführt.

Es wurden verschiedene Untersuchungsmethoden angewendet, um festzustellen, ob sich bei einer der Testmethoden Hitzeschäden deutlicher zeigen.

Je nach Fruchtart wurden geprüft: Jacobsenschrank, Karton, Sand-ungebeizt, Sand-gebeizt, Ziegelgrus-ungebeizt, Ziegelgrus-gebeizt, Kalttest-ungebeizt, Kalttest-gebeizt. In der Auswertung zeigte sich, daß alle geprüften Verfahren hinsichtlich der Schädigung der Körner durch die Trocknungstemperatur die gleichen Ergebnisse brachten.

2.5 Methode der Versuchsauswertung

Mit Hilfe der multiplen Regression wurde versucht, den Einfluß der Parameter Trocknungslufttemperatur, Luftgeschwindigkeit und Trocknungsdauer quantitativ zu erfassen. Dabei zeigte sich, daß nur die Temperatur einen gesicherten Einfluß auf die Keimfähigkeit ausübt. Zur Auswertung der Ergebnisse wurde die Stichprobe mit der niedrigsten Trocknungslufttemperatur als Nullprobe aufgefaßt und mit den anderen Stichproben höherer Temperatur verglichen. Zur Ermittlung der signifikanten Unterschiede wurde der t-Test nach vorausgehendem F-Test zum Vergleich der Varianz verwendet.

3. Ergebnisse

3.1 Winterraps und Winterrüben

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wird im folgenden die Keimfähigkeit mit Mittelwert (Kreise) und Standardabweichung (durch die waagerechten Striche markierter Bereich) über der Trocknungslufttemperatur aufgetragen. Bild 1 zeigt die Keimfähigkeit des Winterrapses *Rapol*, der mit 30 % Feuchtegehalt zu früh gedroschen wurde und demzufolge eine geringe Keimfähigkeit ausweist. Obwohl feuchtes, also temperaturempfindliches Gut vorlag, ergab die Trocknungslufttemperatur 55 °C noch keine signifikante Schädigung. Ab 60 °C liegt eine starke Abnahme der Keimfähigkeit vor.

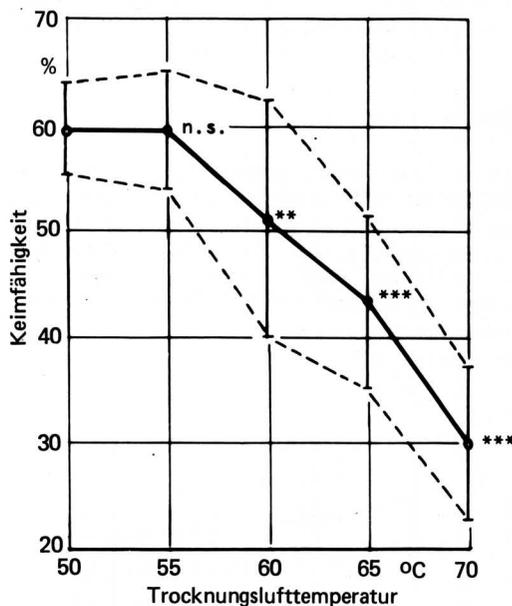


Bild 1. Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Saatgut (Winterraps *Rapol*, $U_1 = 30$ %, $U_2 = 7$ %).

- n.s. kein signifikanter Unterschied zur 1. Stichprobe (50 °C)
- * signifik. unterschiedlich, Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha_1 = 5$ %
- ** signifik. unterschiedlich, Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha_1 = 1$ %
- *** signifik. unterschiedlich, Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha_1 = 0,1$ %

Bild 2 zeigt die Ergebnisse der Winterrüben *Perko*. Der Drusch wurde bei einem Feuchtegehalt von 22 % durchgeführt. Auch dieser Feuchtegehalt ist zu hoch, so daß nur geringe Keimfähigkeitswerte selbst bei den niedrigen Trocknungslufttemperaturen erreicht wurden. Dennoch ließ sich an diesem ungünstigen Ausgangsmaterial ein klarer Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit nachweisen.

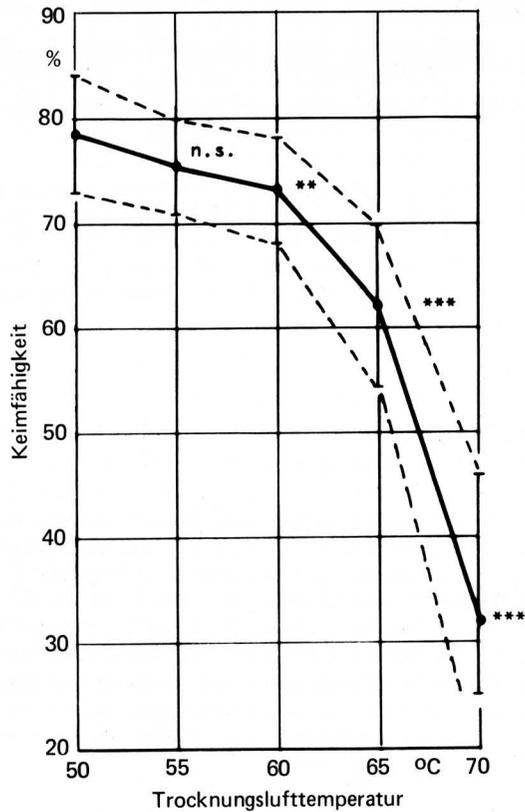


Bild 2. Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Saatgut (Winterrybsen *Perko*, $U_1 = 22\%$, $U_2 = 7\%$).

3.2 Getreide

Für die verschiedenen Getreidearten werden die Werte der Keimfähigkeit in **Bild 3 bis 6** dargestellt. Auch bei Getreide war das Ausgangsmaterial nicht gleichwertig, weder im Feuchtegehalt noch in der Keimfähigkeit des mit niedrigen Temperaturen getrockneten Materials. Die Keimfähigkeiten schwankten von 83 bis 96 %, die Anfangsfeuchtegehalte von 17 bis 20 %. Trotzdem lassen sich folgende, für alle 4 untersuchten Getreidearten gültige Aussagen machen:

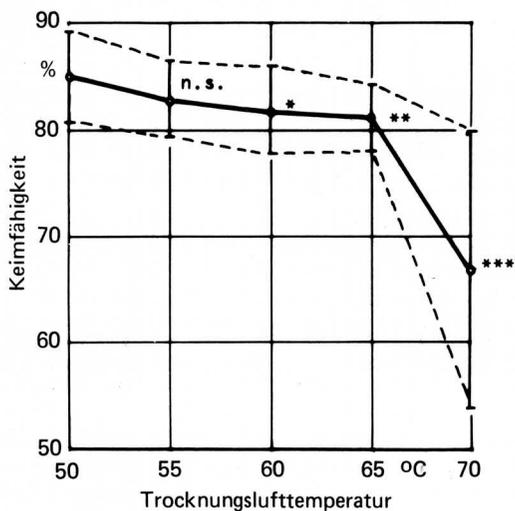


Bild 3. Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Saatgut (Hafer, $U_1 = 19\%$, $U_2 = 12\%$).

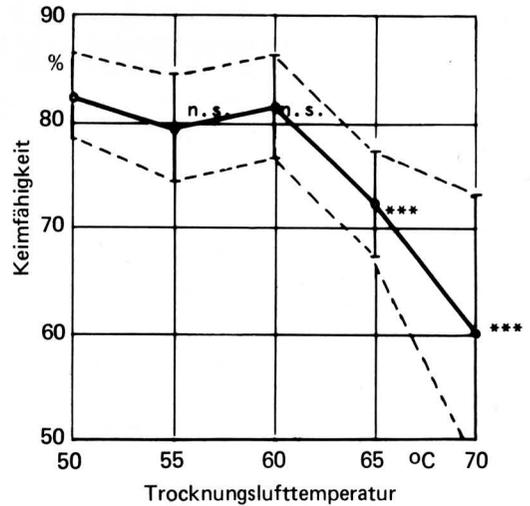


Bild 4. Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Saatgut (Weizen, $U_1 = 19,5\%$, $U_2 = 12\%$).

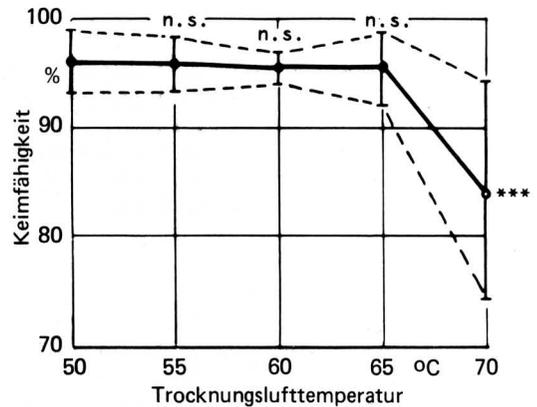


Bild 5. Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Saatgut (Wintergerste, $U_1 = 17\%$, $U_2 = 11\%$).

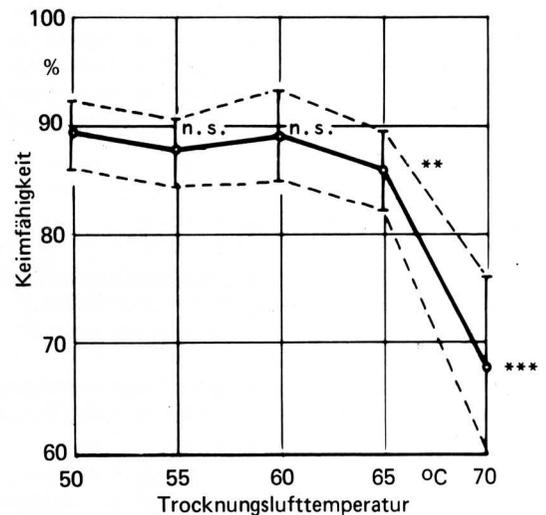


Bild 6. Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Saatgut (Sommergerste).

Eine signifikante Schädigung der Keimfähigkeit tritt bei einer Trocknungslufttemperatur bis 60 °C nicht ein. Die Wintergerste zeigt selbst bei 65 °C noch keine Schädigung. Demgegenüber tritt eine Schädigung der Keimfähigkeit der Ölfrüchte Raps und Rübsen schon bei einer Temperatur über 55 °C auf. Bild 7 enthält eine zusammenfassende Darstellung für die untersuchten Körnerfrüchte.

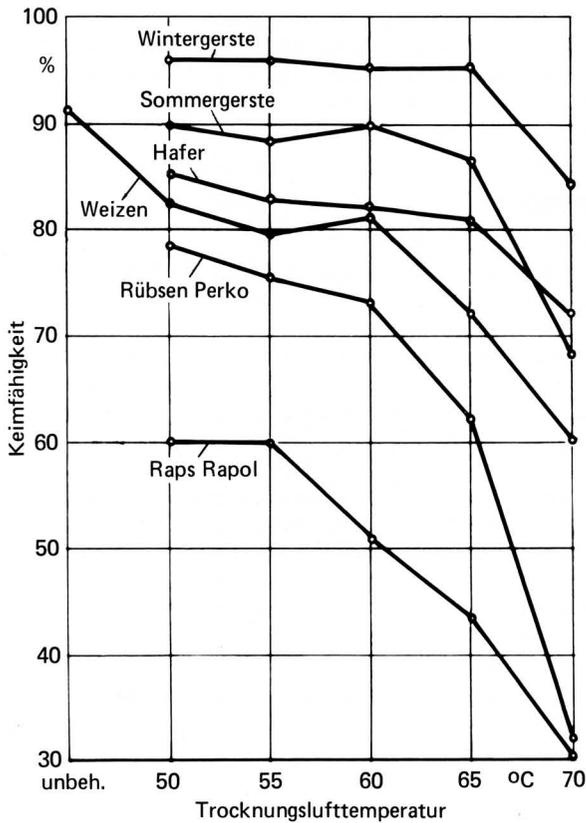


Bild 7. Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Saatgut.

3.3 Ackerbohnen

Wie bereits eingangs erwähnt, wurden bei Ackerbohnen die Parameter Trocknungslufttemperatur, Luftgeschwindigkeit, Endfeuchtegehalt, Lagerzeit zwischen Trocknung und Keimfähigkeitsuntersuchung und Schichtlage während der Trocknung hinsichtlich ihres Einflusses auf die Keimfähigkeit untersucht. Dabei ergab sich in der Auswertung, daß die zur Trocknung verwendeten Temperaturen zwischen 30 und 60 °C (nur eine Probe wurde mit 80 °C getrocknet) zu niedrig waren, um bei den Stichproben eine echte Schädigung nachweisen zu können.

3.3.1 Einfluß der Luftgeschwindigkeit

Die Luftgeschwindigkeit schied nach den ersten Auswertungen als Einflußgröße aus, da die Schädigungstemperatur auch für die hohe Luftgeschwindigkeit bei den Untersuchungen nicht erreicht wurde (Temperaturauswahl war aufgrund der Angaben im Schrifttum zu niedrig angesetzt).

3.3.2 Endfeuchtegehalt

Es wurde auf die Endfeuchtegehalte 15 und 8 % im Temperaturbereich von 30–60 °C getrocknet.

Da für die meisten Trocknungsversuche wegen der notwendigen Zuordnung der Trocknungslufttemperatur und der Gutstemperatur die Schichtdicken sehr gering gehalten wurden, wären bei Abbruch der Warmluftzufuhr bei Erreichen des Endfeuchtegehaltes von 14 % nur sehr kurze Trocknungszeiten entstanden. Die Zeiten sind aber in der Praxis wesentlich länger, da mit größeren Schichtstärken zur Erlangung einer ausreichenden Abluftsättigung gearbeitet wird. Dabei kommt es bei Satz Trocknern an der Warmlufteintrittseite zur Untertrocknung, üblicherweise auf einen Feuchtegehalt von 8–10 %. Die Schädigung der Keimfähigkeit ist am Eintritt der Warmluft eher zu erwarten, als in höher gelegenen Schichten. Um bei der Versuchsanstellung dieses Phänomen zu berücksichtigen, wurde daher ein Teil der Proben auf einen Endfeuchtegehalt von 8 % getrocknet. Im gewählten Temperaturbereich konnte bei den Stichproben zum Feuchtegehalt 15 % keine Schädigung der Keimfähigkeit beobachtet werden. Anders dagegen bei den Proben, die auf 8 % Endfeuchtegehalt getrocknet wurden. Die Ergebnisse sind in Bild 8 wiedergegeben. Die Probe mit 53 °C Trocknungslufttemperatur läßt noch keine Schädigung erkennen. Bei 60 °C Trocknungslufttemperatur zeigt jedoch ein Teil der Proben eine starke Schädigung während ein anderer Teil kaum eine Schädigung erkennen läßt. Offensichtlich tritt eine Veränderung im Grad der Schädigung im Toleranzbereich der Trocknungslufttemperatur ein, der von der Versuchsapparatur her mit ± 2 K vorgegeben wurde. Bei 80 °C getrocknete Proben zeigten in jedem Fall eine totale Schädigung der Keimfähigkeit.

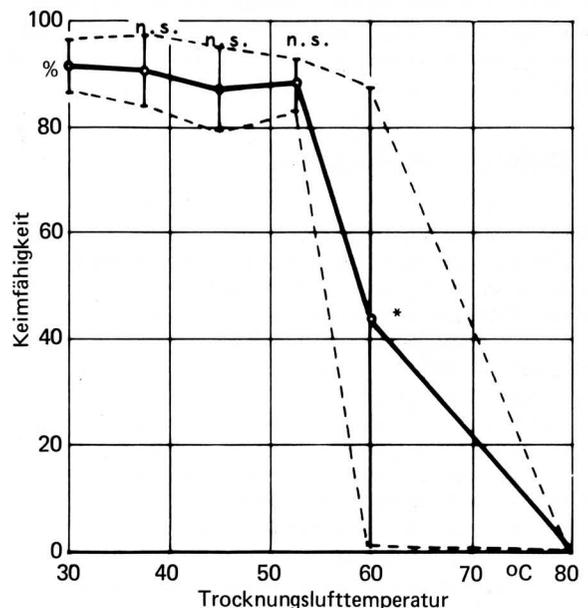


Bild 8. Einfluß der Trocknungslufttemperatur auf die Keimfähigkeit von Saatgut (Ackerbohnen) bei Trocknung auf $U_2 = 8$ %.

3.3.3 Einfluß der Zwischenlagerzeit auf die Keimfähigkeit

Es wurde der Einfluß einer halbjährigen Zwischenlagerzeit auf die Keimfähigkeit der mit verschiedenen Temperaturen getrockneten Proben untersucht. Dazu wurden alle Stichproben, die sich nicht unterschieden, zu einer einzigen Stichprobe vereint und gegen die entsprechenden Stichproben nach einer halbjährigen Lagerung, die ebenfalls nicht unterschiedlich waren, getestet. Dabei unterschieden sich sowohl die Stichproben mit 15 % Endfeuchtegehalt als auch jene mit 8 % Endfeuchtegehalt hochsignifikant. In Tafel I werden die Werte wiedergegeben.

Zeitpunkt der Keimfähigkeitsprüfung	Keimfähigkeit in % bei Endfeuchtegehalten von	
	15 %	8 %
sofort nach der Trocknung	91,4	89,3
1/2 Jahr nach der Trocknung	73,5	73,2

Tafel 1. Keimfähigkeit von Ackerbohnen bei Trocknung auf verschiedene Endfeuchtegehalte sofort und ein halbes Jahr nach der Trocknung.

Dieses Ergebnis zeigt, daß die Lagerdauer einen erheblichen Einfluß auf die Keimfähigkeit hat. Allerdings ist festzustellen, daß zwischen der Trocknungslufttemperatur und der Keimfähigkeit nach längerer Lagerdauer keine Relation besteht. Selbst der Endfeuchtegehalt ist kaum von Einfluß. Auch bei den Proben des Schichtlagenversuches wurde die Wirkung einer 1/2jährigen Lagerung getestet. Auch hier war der Abfall der Keimfähigkeit von 90,6 % auf 81,1 % nach 1/2jähriger Lagerung hochsignifikant. Daraus folgt, daß die Lagerdauer sehr starken Einfluß auf die Keimfähigkeit des Gutes nimmt.

3.3.4 Schichtlagenversuche

Getestet wurde die Keimfähigkeit von Ackerbohnen bei 42 und 33 °C in verschiedenen Schichtlagen (42–32 cm, 32–21 cm, 10–0 cm). Die Temperaturen wurden aufgrund der Schrifttumangaben so gewählt, daß eine Schädigung der Keimfähigkeit erwartet werden konnte. Die Ergebnisse zeigten jedoch keinerlei Unterschiede in der Keimfähigkeit, woraus zu folgern ist, daß es bei einer Trocknungslufttemperatur von 42 °C in keiner Schichtlage, selbst bei starker Untertrocknung, zu einer Schädigung der Keimfähigkeit kommt.

4. Diskussion der Ergebnisse

Eine deutliche Schädigung der Keimfähigkeit von Winterrüben und Winterraps trat erst über 55 °C auf. Das gleiche Ergebnis gilt für die Ackerbohnen. Bei Getreide führten auch Temperaturen von 60 °C nicht zu einer Schädigung der Keimfähigkeit. Bei der relativ trocken geernteten Wintergerste (Feuchtegehalt bei der Ernte 17 %) führte auch die Trocknungslufttemperatur von 65 °C nicht zu einer Schädigung der Keimfähigkeit. Bedenkt man, daß in der Praxis die Thermostaten, die zur Regelung der Trocknungslufttemperaturen dienen, eine Abweichung von ± 5 K haben können, so muß zur Trocknung von Raps und Ackerbohnen eine Temperatur der Trocknungsluft von maximal 50 °C und zur Trocknung von Getreide von maximal 55 °C empfohlen werden. In diesen Angaben ist eine Sicherheitsspanne von 5 °C berücksichtigt, die nur dann entfallen kann, wenn entsprechend exakte Temperaturregelungen möglich sind.

5. Zusammenfassung

Die Angaben im Schrifttum [1 bis 15] genügen nicht, um die Trocknungslufttemperatur optimal für verschiedene Körnerfrüchte einstellen zu können. Daher wurden Untersuchungen angestellt, um herauszufinden, bei welchen Trocknungslufttemperaturen eine Schädigung der Keimfähigkeit auftritt. Um kostengünstig trocken

zu können, ist es nötig, möglichst hohe Temperaturen zu verwenden. Allerdings muß genügend Sicherheit vor einer Schädigung der Keimfähigkeit durch überhöhte Temperaturen gewährleistet sein. Verschiedene Versuchsreihen führten zu folgenden Empfehlungen in der Wahl der Trocknungslufttemperatur:

Gutsart	höchstzulässige Trocknungslufttemperatur in °C
Ölfrüchte und Ackerbohnen	50
Getreide	55

Der Einfluß von Lagerungsart und Lagerungsdauer auf die Keimfähigkeit bedarf dringend einer eingehenden Untersuchung, da festgestellt wurde, daß schon eine halbjährige Lagerung zu einer beachtlichen Senkung der Keimfähigkeit führte.

Schrifttum

Bücher sind durch • gekennzeichnet

- [1] *Strehler, A.*: Bestimmung der optimalen Trocknungslufttemperatur bei zur Fütterung bestimmtem Körnermais. Grundlagen der Landtechnik Bd. 25 (1975) Nr. 6, S. 189/92.
- [2] • *Aufhammer, G. u. G. Fischbeck*: Getreide, Produktionstechnik und Verwertung. Frankfurt: DLG-Verlags-GmbH 1973.
- [3] *Kaiser, H. v. u. U. Riemann*: Konservierung und Lagerung von Körnerfrüchten auf dem Hof. Bauen auf dem Lande Bd. 24 (1973) H. 8, S. 210/14.
- [4] • *Maltry, W. u. E. Pötke*: Landwirtschaftliche Trocknungstechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1962.
- [5] *Rietz, S.*: Getreidetrocknung auf dem Hofe. DLG-Merkblatt 102. Frankfurt: Deutsche Landwirtschaftsgesellschaft 1973.
- [6] *Fuchs, H.*: Einflußfaktoren auf die Keimfähigkeit von Saatgetreide. Für Schule und Beratung (Bayer. Staatsministerium für ELUF) Heft 3 (1977) S. III-1/III-7.
- [7] *Dencker, H., H. Heidt, H.L. Wenner u. C. Kellermann*: Trocknung und Lagerung von Mähdruschgetreide im bäuerlichen Betrieb. KTL-Flugschrift Nr. 14 (1965).
- [8] Anonym: Drying shelled corn and small grain with heated air. U.S. Department of Agriculture leaflet Nr. 331, September 1952.
- [9] *Watson, H.*: Drying and storing grain and soybeans on Alabama farms. Circular R-1 Cooperative extension service Auburn University.
- [10] *Sprenger, J.J.*: Graandrogen en Graandrogers. Wageningen 1948.
- [11] *Brückner, G.*: Bestimmung von Hitzeschäden bei der Getreidetrocknung. Getreide und Mehl Bd. 7 (1957) H. 10, S. 81/85.
- [12] • *Schäfer, W. u. L. Altrogge*: Getreidekonditionierung, Getreidetrocknung. Detmold: Verlag Moritz Schäfer 1960.
- [13] *Bohlmann, G.*: Der Einfluß von Kornfeuchte und Trocknungstemperatur auf Keimung, Wachstum und Ertrag bei Ackerbohne (*Vicia faba* L. var. minor) und gelber Süßlupine (*Lupinus luteus* L.). Wissenschaftliche Zeitschrift der Universität Rostock Bd. 23 Math.-Naturw. Reihe, Heft 67 (1974) S. 543/53.
- [14] *Dohne, E.*: Trocknung von Getreide. Tierzüchter Bd. 20 (1968) H. 1, S. 20/23.
- [15] *Strehler, A.*: Die Trocknungslufttemperatur bei der Körnermaistrocknung in ihrer Auswirkung auf Trocknungstechnik, Futterqualität und Kosten. Diss. TU München – Landtechnik Weihenstephan 1974.