

Bestimmung der optimalen Trocknungslufttemperaturen bei zur Fütterung bestimmtem Körnermais

Von Arno Strehler, Weihenstephan*)

DK 633.15:664.8.047:631.365.036

Bei der Körner Trocknung ist mit Schäden am Korn zu rechnen, wenn das Trocknungsgut zu hohe Temperaturen annimmt. Andererseits aber sinken die Trocknungskosten bei Anwendung höherer Temperaturen. Mit Hilfe von Tierversuchen und über Aminosäureanalysen wurde bestimmt, wie groß der bei verschiedenen Trocknungsbedingungen auftretende Abfall im Futterwert von Mais ist. Die Kosten für den Ausgleich dieses Abfalls im Futterwert und die Trocknungskosten werden in einer Modellrechnung verwendet, um die optimale Trocknungstemperatur zu bestimmen. Die günstigsten Temperaturen liegen beim Satzrockner zwischen 70 und 97 °C, beim Querstromdurchlaufrockner zwischen 98 und 125 °C.

1. Einleitung

Die optimalen Trocknungslufttemperaturen sollten durch Gegenüberstellung der Kosteneinsparung durch höhere Trocknungslufttemperaturen und deren Schädigung ermittelt werden. Die Kostenrechnung wurde anhand von Modellen durchgeführt, zur Ermittlung der Schädigung wurden umfangreiche Tierversuche angestellt und Analysen einer großen Zahl von Chargen angefertigt.

2. Tierversuche

Zur Bestimmung der Schädigung höherer Trocknungslufttemperaturen wurden etwa 200 Maischargen mit dem Versuchrockner der Landtechnik Weihenstephan und mit Anlagen der Trocknungspraxis unter verschiedenen Bedingungen getrocknet.

Acht Proben mit weitgestaffelten Trocknungslufttemperaturen (zwischen 60 °C und 140 °C) wurden in 2 Schweinemastversuchen an der Landesanstalt für Tierzucht in Grub an in Einzelfütterung stehende Tiere verabreicht. Trocknungslufttemperaturen über 80 °C zeigten eine deutliche Senkung der Tierleistung.

25 verschieden getrocknete Chargen wurden in Kleintierversuchen (Hühnerküken, Ratten und bevorzugt Wachtelküken – höchste Reaktion auf Proteinschädigung [1]) untersucht. Es zeigte sich eine deutliche Abnahme der Tierleistung bei Trocknungslufttemperaturen über 70 °C.

Die trockenungstechnischen Untersuchungen und die Erstellung der Versuchchargen für Fütterungsversuche und Analysen wurden im Rahmen eines Forschungsauftrages der Deutschen Forschungsgemeinschaft am Institut für Landtechnik, Weihenstephan im Zeitraum von 1966 bis 1972 durchgeführt. Die zugehörigen Tierversuche wurden an der Landesanstalt für Tierzucht in Grub und am Institut für Tierphysiologie (Prof. *Brüggmann*) der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität München angestellt. Die chemischen Analysen zur Bewertung der Schädigung höherer Trocknungslufttemperaturen wurden an der Hauptversuchsanstalt in Weihenstephan und am Institut für Tierphysiologie der Universität München durchgeführt.

*) Landwirtschaftsrat Dr. agr. Arno Strehler ist Abteilungsleiter bei der Landesanstalt für Landtechnik, Weihenstephan.

3. Analysen

Um ein klares Bild über das Schädigungsmaß verschiedener Trocknungslufttemperaturen bei Berücksichtigung der einzelnen Trocknungsbedingungen wie Anfangsfeuchtegehalt U_1 , Schichthöhe h , Trocknungsdauer t und Luftgeschwindigkeit w zu bekommen, mußte eine sehr große Zahl von Trocknungschargen untersucht werden. Diese Untersuchung war über Tierversuche nicht möglich, da diese zu kostenaufwendig geworden wären.

Um möglichst viele Chargen bei tragbaren Kosten untersuchen zu können, wurde daher versucht, anhand von Analysen eine mögliche Schädigung von Aminosäuren festzustellen, die evtl. mit der in Tierversuchen gefundenen Schädigung korrelierte. Es wurde eine enge Beziehung zwischen dem Abfall des Lysingehaltes und der Minderung der Leistung von Kleintieren festgestellt [2], so daß der Abfall des Lysingehaltes als Bewertungsmaßstab für die Schädigung herangezogen werden kann. Der Lysingehalt wurde nach dem Ionenaustauschverfahren mit einer Apparatur zur Kurzzeitchromatographie ermittelt [2].

4. Quantifizierung der Schädigung

4.1 Bestimmung der Schädigung über Schweinemastversuche

Die aus den Schweinemastversuchen errechnete Schädigung über den notwendigen Eiweißausgleich lag beim Versuch 1 bei der höchsten Trocknungslufttemperatur von 135 °C, einer Anfangsschichthöhe von $h = 0,30$ m, bei einer Luftgeschwindigkeit von $w = 0,45$ m/s und einem Anfangsfeuchtegehalt von $U_1 = 34,5$ % mit einer daraus resultierenden Trocknungszeit von $t = 1,37$ h bei 1,37 DM/dt Trockenmais.

Im Schweinemastversuch 2 ergab sich bei einer Trocknungslufttemperatur von 140 °C, $h = 0,38$ m; $w = 0,5$ m/s; $U_1 = 51$ %; $t = 2,7$ h eine Schädigung von 2,53 DM/dt [2]. Niedrigere Trocknungslufttemperaturen führten zu entsprechend geringeren Schäden.

4.2 Bestimmung der Schädigung über den Abfall des Lysingehalts

108 verschieden getrocknete Proben (Trocknungslufttemperaturen von 58 °C bis 300 °C, Schichthöhen von Einzelkornschichten bis $h = 46$ cm, Verweilzeiten von $t = 2,5$ min bis $t = 810$ min) ergaben die für die Modellrechnung geltende Lysingehaltssenkung, die in **Bild 1** für verschiedene Schichthöhen und die genannten Trocknungsbedingungen angegeben ist. Trocknungslufttemperaturen über 70 °C führen bereits zu deutlichen Senkungen des Lysingehalts. Der Abfall im Lysingehalt vergrößert sich mit zunehmender Gutsschichthöhe infolge der notwendigen längeren Verweilzeit des Gutes im Trockner.

Die monetäre Bewertung der Schädigung erfolgt über den Aminosäureausgleich, der entsprechende Kostenmaßstab ist in **Bild 1** auf der Ordinate rechts angegeben. Folgende Überlegungen und Berechnungen führten mit dem Maß der Lysingehaltssenkung zur Bewertung der Schädigung in DM/dt Trockenmais.

Die Kleinterversuche hatten bereits gezeigt, daß die Proteinschädigung durch Ergänzung mit Sojaschrot voll ausgeglichen werden kann, wenn der ursprüngliche Lysingehalt damit wiederhergestellt ist. Sojaschrot enthält nach Kirchgeßner [3] 2,9 % Lysin, 1,1 % Histidin und 3,2 % Arginin. Der Preis von Sojaschrot schwankt in weiten Grenzen. Für die nachfolgende Berechnung werden 65 DM/dt unterstellt. Bezieht man den Sojaschrotpreis auf das Lysin, dann kosten 2,9 kg Lysin 65 DM bzw. 1 kg Lysin 22,40 DM. Bei einem Maisproteingehalt von 10 % und einem Lysingehalt von 3,3 % des ungeschädigten Maisproteins enthält 1 dt Trockenmais 0,33 kg Lysin. Über den oben errechneten Wert des Lysins ergibt sich für das Lysin im Maisprotein ein Wert von $0,33 \times 22,40 = 7,39$ DM/dt. Wird beispielsweise der Lysingehalt durch Hitzeeinwirkung um 10 % gesenkt, so bedeutet das eine Schädigung von 0,74 DM/dt, da um diesen Betrag Sojaschrot ergänzt werden muß, um den ursprünglichen Futterwert des Maises wiederherzustellen. Auf dieser Berechnungsbasis beruht die Angabe der Schädigung in DM/dt Trockenmais in Bild 1.

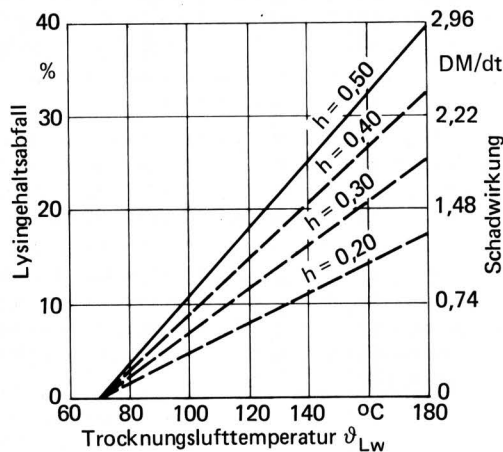


Bild 1. Abfall des Lysingehalts und Schädigung bei Mais in Abhängigkeit von der Trocknungslufttemperatur ϑ_{Lw} .

Parameter: verschiedene Anfangsschichthöhen h
Trocknungsbedingungen: $w = 0,5$ m/s; $U_1 = 40$ %; $U_2 = 14$ %

Für eine Schichthöhe von $h = 50$ cm erstreckt sich die Schädigung im Temperaturbereich von 70 °C bis 180 °C von 0 bis 2,90 DM/dt. Wenn durch Verringerung der Schichthöhe die Beheizungszeit verkürzt werden kann, dann tritt eine entsprechend geringere Schädigung auf. Eine Korrelationsrechnung zwischen Lysingehaltsabfall und Beheizungszeit [2] erlaubt die Festlegung der Schädigung bei verschiedenen Schichthöhen.

Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß mit einer sehr starken Reduzierung der Schichthöhe der spezifische Wärmeverbrauch merklich steigt, da bei geringeren Schichthöhen eine schlechtere Abluft sättigung und somit eine schlechtere Wärmeausnutzung der Trocknungsluft vorliegt. Für weitere Überlegungen wird unterstellt, daß der spezifische Wärmeverbrauch bei einer Reduzierung der Anfangsschichthöhe von 50 cm auf 20 cm um 15 % ansteigt.

Tafel 1 gibt die Schädigung einer bestimmten Trocknungslufttemperatur bei verschiedenen Anfangsschichthöhen unter Berücksichtigung unterschiedlicher Beheizungszeiten und verschiedener Wirkungsgrade wieder [2]. Aus diesen Werten wurden die einzelnen Schädigungsgeraden in Bild 1 eingetragen. Ein Vergleich der oben gezeigten Schädigung über den Lysingehaltsabfall mit den Schweinemastversuchen gibt folgendes Bild :

Im Schweinemastversuch 1 wurde die Schädigung neben dem Mehrverbrauch an Gesamtnährstoffen auch über den Mehrverbrauch an Eiweiß bestimmt. Über den Mehrverbrauch an Eiweiß ergab sich für eine Trocknungslufttemperatur von 85 °C eine Schädigung von 0,45 DM/dt. Bei einer Trocknungslufttemperatur von 135 °C errechnete sich über den Schweinemastversuch eine Schädigung von

1,37 DM/dt. Die Versuchscharge mit 85 °C würde nach der Lysingehaltsbestimmung eine nur geringfügig unter 0,45 DM/dt liegende Schädigung ergeben, während die Probe mit 135 °C nach Bild 1 eine Schädigung von 1,25 DM/dt mit sich bringen würde. Die Differenz von 0,12 DM/dt kann als unwesentlich angesehen werden.

Die im Schweinemastversuch 2 bei einer Trocknungslufttemperatur von 140 °C errechnete Schädigung über den erhöhten Eiweißbedarf liegt bei 2,53 DM/dt. Über die Lysingehaltsbestimmungsmethode würde sich jedoch nach Bild 1 nur eine Schädigung von 1,40 DM/dt ergeben. Dieser große Unterschied läßt sich auf den wesentlich höheren Anfangsfeuchtegehalt des für den Schweinemastversuch 2 verwendeten Materials mit $U_1 = 48,5$ % gegenüber $U_1 = 40$ % (Bild 1) erklären. Der höhere Anfangsfeuchtegehalt verursachte eine Trocknungszeit von 150 min, während der Berechnung mit der Lysingehaltsbestimmungsmethode nur eine Trocknungszeit von 100 min zugrunde liegt. Bringt man die um 50 min längere Trocknungszeit der Charge des Schweinemastversuches 2 in Ansatz, so ergibt sich bei der Lysingehaltsbestimmungsmethode eine Schädigung von ca. 2,10 DM/dt. Nach dieser Korrektur verringert sich der Abstand der Schädigung zwischen beiden Bestimmungsmethoden auf 0,43 DM/dt. Damit kann festgestellt werden, daß die in den Schweinemastversuchen herausgefundene Schädigung geringfügig über der mittels Lysingehaltsbestimmung gefundenen Schädigung liegt.

Anfangsschichthöhe h_1 cm	Q_{spez} kcal/kg (kJ/kg)	Beheizungszeit t min	Schädigung DM/dt
50	1197 (5012)	123	1,33
40	1257 (5263)	103	1,12
30	1317 (5514)	81	0,88
20	1377 (5765)	57	0,61

Tafel 1. Spez. Wärmeverbrauch, Beheizungszeit und Schädigung in DM/dt bei einer Trocknungslufttemperatur von 120 °C für verschiedene Anfangsschichthöhen.

5. Bestimmung der optimalen Trocknungslufttemperaturen für Satz- und Durchlauf-trockner

In einer umfangreichen Kostenrechnung wurden die Gesamtkosten K_{ges} für 2 Auslastungsstufen (200 h/a und 400 h/a) für Satz- und Durchlauf-trockner bestimmt [2]. Dabei zeigte sich, daß die Kostendegression durch Anhebung der Trocknungslufttemperatur sehr stark ist. Das erklärt sich in erster Linie aus der höheren Durchsatzleistung des Trockners bei zunehmenden Trocknungslufttemperaturen, wobei sich die Anschaffungskosten nur unwesentlich erhöhen, weil lediglich die Heizleistung zu steigern ist. Außerdem sinken mit zunehmenden Trocknungslufttemperaturen die Energiekosten, da der Wirkungsgrad der Anlage steigt.

Die Gesamtkosten der Satz- und Durchlauf-trockner sind in den Bildern 2 und 3 für jeweils 2 Auslastungsstufen in durchgezogenen Linien angegeben. Die Kostenlinie für die Anlage mit 400 h/a ist mit $K_{ges} 400$ markiert, die Gesamtkostenlinie der Anlage mit 200 h/a wurde mit $K_{ges} 200$ markiert. Im unteren Bereich der Bilder 2 und 3 sind jeweils 2 Geraden für die Schädigung in Abhängigkeit von der Trocknungslufttemperatur angegeben. Die höhere Schädigung mit der durchgezogenen Linie bezieht sich auf eine Anfangsschichthöhe von $h = 50$ cm, die unterbrochene Linie für die geringere Schädigung auf eine Anfangsschichthöhe von $h = 30$ cm. Durch Superposition der Werte der Geraden mit den Gesamtkostenkurven ergeben sich die Gesamtkosten einschließlich

der Schädigung; so teilt sich jede Kostenlinie ab einer Trocknungslufttemperatur von 70 °C in 2 durchgezogene Zweige, wobei jeweils der obere Zweig die Gesamtkosten einschließlich Schädigung wiedergibt.

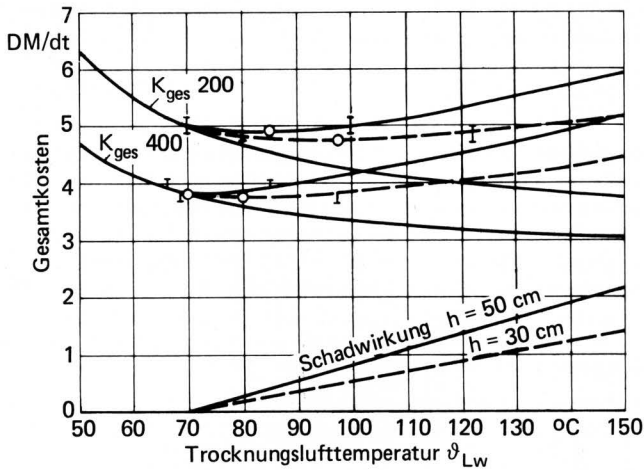


Bild 2. Gesamtkosten beim Satzrockner mit und ohne Berücksichtigung der Schädigung.

○ Temperaturoptimum = Kostenminimum
 ┆ günstige Kostenspanne = Optimum + 0,10 DM/dt

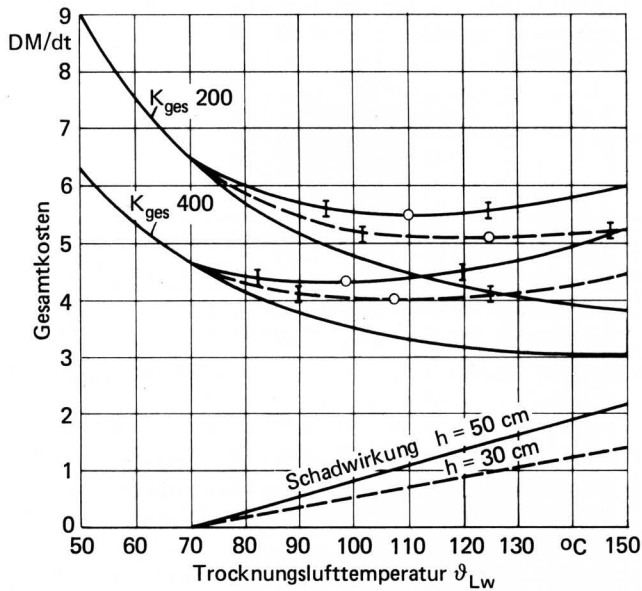


Bild 3. Gesamtkosten beim Durchlaufrockner mit und ohne Berücksichtigung der Schädigung.

○ Temperaturoptimum = Kostenminimum
 ┆ günstige Kostenspanne = Optimum + 0,10 DM/dt

Die Werte für das Kostenminimum wurden durch die Kreise markiert. Sie geben zugleich die Optimaltemperatur an. Der Bereich, der von diesem Kostenminimum nur um 0,10 DM/dt abweicht, wurde als günstige Kostenspanne bzw. günstige Temperaturspanne durch senkrecht eingezogene Striche markiert.

Der Satzrockner mit der geringen Auslastung (200 h/a) zeigt bei Unterstellung der hohen Schädigung eine optimale Trocknungslufttemperatur von 85 °C. Die günstige Temperaturspanne erstreckt sich von 70 bis 100 °C. Muß aufgrund höherer Anfangsfeuchtegehalte oder größerer Schichthöhen eine stärkere Schädigung angenommen werden, so kann die optimale Trocknungslufttemperatur auf 70 °C zurückgehen. Verfügt der Satzrockner über geringere Schichthöhen, wodurch die Trocknungszeit verkürzt wird, dann sind höhere Trocknungslufttemperaturen zulässig. Für den Fall einer Schichthöhe von 30 cm liegt dann die optimale Trocknungs-

lufttemperatur bei 97,5 °C. Die günstige Temperaturspanne überstreicht einen sehr weiten Bereich von 80 °C bis 122,5 °C.

Der Satzrockner mit der hohen Auslastung (400 h/a) zeigt einen geringeren Trocknungskostenabfall mit zunehmender Trocknungslufttemperatur als der Trockner mit schlechter Auslastung. Für Temperaturen über 70 °C nehmen die Kosten bei dem gut ausgelasteten Trockner weniger ab, als die Zunahme der Schädigung durch Temperatursteigerung bei einer Schichthöhe von 50 cm ausmacht. Aus diesem Grund liegt die optimale Trocknungslufttemperatur bei 70 °C, also genau an dem Punkt, an welchem die Schädigung einsetzt. Die Spanne des günstigen Temperaturbereichs erstreckt sich von 66 °C bis 85 °C. Wird eine geringere Schädigung unterstellt, wie im Falle einer Schichthöhe von 30 cm, dann verschiebt sich die optimale Trocknungslufttemperatur auf 80 °C. Die günstige Kostenspanne erstreckt sich für diesen Anwendungsfall auf einen Bereich von 68,5 °C bis 97,5 °C.

Liegen wesentlich größere Schichtstärken und längere Einwirkungszeiten vor, letztere können beispielsweise durch wesentlich höhere Anfangsfeuchtegehalte als beim Berechnungsbeispiel mit 40 % verursacht werden, dann beträgt die optimale Trocknungslufttemperatur 70 °C, also jene Temperatur, bei der die Schädigung einsetzt.

Bei der ursprünglichen Errechnung der Gesamtkosten ohne Berücksichtigung der Schädigung in Abhängigkeit von der Trocknungslufttemperatur wurde unterstellt, daß eine bestimmte Stundenzahl pro Saison für den Trockner gegeben ist. Höhere Trocknungslufttemperaturen wurden als Möglichkeit für eine höhere Durchsatzleistung und damit eine bessere Auslastung angesehen. Dadurch kam die erhebliche Senkung der Gesamtkosten mit zunehmender Trocknungslufttemperatur zustande.

Ist diese Situation für einen Betrieb nicht gegeben, dann liegt auch der starke Kostenabfall mit zunehmender Trocknungslufttemperatur nicht vor. In diesem Fall würden beim Satzrockner die optimalen Trocknungslufttemperaturen näher an 70 °C rücken. Daraus folgt, daß nur dann über 70 °C liegende Trocknungslufttemperaturen verwendet werden dürfen, wenn damit tatsächlich eine dem Beispiel vergleichbare Kostensenkung gegeben ist. Für den einzelnen Anwendungsfall ist die mit einer Erhöhung der Trocknungslufttemperatur tatsächlich verbundene Kostensenkung zu überprüfen, bevor man eine Trocknungslufttemperatur über 70 °C verwendet, also eine gewisse Schädigung hinnimmt.

5.2 Optimale Trocknungslufttemperaturen beim Durchlaufrockner

Für den Durchlaufquerstromtrockner wurden die minimalen Kosten und somit die optimalen Trocknungslufttemperaturen auf gleiche Weise bestimmt wie bei den Satzrocknern. Sie sind in Bild 3 veranschaulicht. Über die Schädigung höherer Trocknungslufttemperaturen auf die Gutsqualität wurden wiederum graphimetrisch die endgültigen Gesamtkosten ermittelt. Für den Durchlaufrockner mit 200 h jährlicher Auslastung und hoher Schädigung ($h = 50\text{ cm}$) ergibt sich eine optimale Trocknungslufttemperatur von 110 °C. Die günstige Temperaturspanne erstreckt sich von 95 °C bis 125 °C.

Schichtstärken von 50 cm liegen allerdings nur bei Flachdurchlaufrocknern vor. Im allgemeinen weisen Durchlaufrockner Schichtstärken von 20 bis 30 cm auf. Für die damit verbundene geringe Schädigung ergibt sich nach Bild 3 eine optimale Trocknungslufttemperatur von 125 °C. Die günstige Temperaturspanne erstreckt sich in diesem Fall von 102 °C bis 147 °C. Dabei ist darauf zu achten, daß Durchlaufrockner mit geringerer Luftgeschwindigkeit (= längere Verweildauer) eine höhere Schädigung aufweisen. Bei wesentlicher Abweichung von der oben unterstellten Luftgeschwindigkeit von 0,5 m/s muß die optimale Trocknungslufttemperatur unter 125 °C liegen. Auch bei Anfangsfeuchtegehalten wesentlich über 40 % müssen die Trocknungslufttemperaturen reduziert werden, da sich mit den höheren Wasserentzugsmengen die Beheizungszeiten und damit die Gutsverweilzeiten wesentlich verlängern.

Sollte ein Trockner nicht so umfangreich, wie unterstellt, bei Mais, sondern mehr bei Getreide eingesetzt werden, dann sinken die dem Mais zurechenbaren Kapitalkosten. Dabei geht auch der Abfall der Kapitalkostenkurve durch Steigerung der Trocknungslufttemperatur zurück und das Optimum der Trocknungslufttemperatur verschiebt sich auf einen niedrigeren Wert. Auch eine höhere Trocknerauslastung bei Körnermais schiebt das Optimum der Trocknungslufttemperatur nach unten, wie aus dem Verlauf der Gesamtkostenlinie für eine Auslastung von 400 h/a aus Bild 3 hervorgeht. Im Fall der hohen Schädigung liegt die optimale Trocknungslufttemperatur bei 98 °C, die günstige Temperaturspanne erstreckt sich von 82 °C bis 115 °C. Bei der geringeren Schädigung steigt die optimale Trocknungslufttemperatur auf 107 °C an, die günstige Temperaturspanne bewegt sich dann zwischen 90 und 125 °C.

Trocknerbauart und Auslastung	Schichthöhe cm	opt. Trocknungslufttemperatur °C	günstiger Temperaturbereich °C
Satztr. 200 h/a	50	85	70 - 100
Satztr. 200 h/a	30	97,5	80 - 122,5
Satztr. 400 h/a	50	70	66 - 85
Satztr. 400 h/a	30	80	68,5 - 97,5
Durchl. 200 h/a	50	110	95 - 125
Durchl. 200 h/a	30	125	102 - 147
Durchl. 400 h/a	50	98	82 - 115
Durchl. 400 h/a	30	107	90 - 125

Tafel 2. Optimale Trocknungslufttemperaturen und günstige Temperaturbereiche bei verschiedenen Betriebsbedingungen.

Vom Berechnungsbeispiel stark abweichende Trocknungsbedingungen verändern die optimale Trocknungslufttemperatur. Unter Umständen muß diese für den Einzelfall neu bestimmt werden, die aufgezeigte Methode kann hierzu verwendet werden. Durchlaufrockner im Gleichstromprinzip erlauben wesentlich höhere Trocknungslufttemperaturen als Querstromrockner. Sie wurden bei den obigen Betrachtungen nicht berücksichtigt. Zur besseren Veranschaulichung werden in **Tafel 2** nochmals die optimalen Trocknungslufttemperaturen in Abhängigkeit von Trocknerbauart, Auslastungsstufe und Schädigung zusammengestellt.

Abschließend sei nochmals darauf hingewiesen, daß sich obige Betrachtungen nur auf die Trocknung von Körnermais beziehen, der zur Tierfütterung verwendet werden soll. Insbesondere für Saatmais, aber auch für Mais zur Vermahlung gelten andere Qualitätsnormen, die gerade bei Saatmais zu völlig anderen Trocknungslufttemperaturen führen; Saatmais wird beispielsweise bei etwa 45 °C getrocknet.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] *Gropp, J. u. H. Zucker*: Untersuchungen zum Proteinbedarf der japanischen Wachtel während der Aufzucht. Archiv für Geflügelkunde Bd. 32 (1968), S. 337.
- [2] *Strehler, A.*: Die Trocknungslufttemperatur bei der Körnermaistrocknung in ihrer Auswirkung auf Trocknungstechnik, Futterqualität und Kosten. Diss. Techn. Universität München - Landtechnik Weihenstephan (1974).
- [3] ● *Kirchgeßner, M.*: Tierernährung, Leitfaden für Praxis, Beratung und Studium. Frankfurt: DLG-Verlag 1970, S. 134/39.

Ausgewählte Dissertationen

Forschungsberichte Agrartechnik des Arbeitskreises < Forschung und Lehre > der MEG

Seit Herbst 1974 gibt der Arbeitskreis Forschung und Lehre in der MEG eine Schriftenreihe unter dem Titel "Forschungsberichte Agrartechnik" heraus, in welcher Dissertationen der Landtechnischen Institute aufgenommen werden.

Bisher sind die folgenden 9 Forschungsberichte erschienen:

- 1 **Werner Mühlbauer**: Untersuchungen über die Trocknung von Körnermais unter besonderer Berücksichtigung des Gleichstromtrocknungsverfahrens. Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Landtechnik
- 2 **Abdollah Owzar**: Ein Beitrag zur Untersuchung des Schwingungsverhaltens von ungefederten luftbereiften Fahrzeugen. Technische Universität Berlin, Institut für Maschinenkonstruktion, Bereich Landtechnik und Baumaschinen.
- 3 **Ithamar Sharon**: Untersuchungen über die Schwingungseigenschaften großvolumiger Niederdruckreifen. Technische Universität Berlin, Institut für Maschinenkonstruktion, Bereich Landtechnik und Baumaschinen.
- 4 **Peter Rochell**: Untersuchungen über den Fördervorgang auf dem Schwingförderer unter besonderer Berücksichtigung der Reinigungsanlage im Mähdescher. Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Landtechnik.
- 5 **Konstantin Theißig**: Arbeitseffekte von Geräten zur Sekundärbodenbearbeitung. Universität Bonn, Institut für Landtechnik.
- 6 **Harry Knittel**: Auswirkungen der Minimalbestelltechnik auf physikalische Bodeneigenschaften. Technische Universität München-Weihenstephan, Institut für Landtechnik.

- 7 **Klemens Hemsch**: Eignung pneumatischer Mais-Einzelkornsäugeräte für die Zuckerrübensaat. Universität Bonn, Institut für Landtechnik.
- 8 **Dariusch Fatehi**: Prozeß- und produktgerechte Gestaltung von Transportverfahren in der Landwirtschaft. Universität Hohenheim, Lehrstuhl für Landtechnik
- 9 **Eckhard Zeltner**: Betriebstechnische und pflanzenbauliche Aspekte verschiedener Minimalbestellverfahren. Technische Universität München-Weihenstephan, Institut für Landtechnik

Die Berichte können von dem jeweiligen Verfasser über dessen Institutsanschrift zum Selbstkostenpreis bezogen werden.

Theoretische und experimentelle Grundlagen der mehrstufigen Klassierung körniger Stoffe

Die Arbeit behandelt das Klassieren körniger Stoffe auf übereinanderliegenden Trennflächen (Mogensen Sizer). Die experimentellen Untersuchungen in Verbindung mit einem theoretischen Ansatz bilden die Grundlage für eine mathematische Beschreibung derartiger Klassiervorgänge, deren Gültigkeit anschließend durch Vergleich von experimentellen und rechnerischen Trennergebnissen bestätigt wird. Der Vergleich mit dem konventionellen Wurf sieb ergibt eine um den Faktor 10 höhere zulässige Aufgabemenge für die betreffende mehrflächige Klassiervorrichtung.

München

Dr.-Ing. Uwe Schmidt

(Institut für Landmaschinen der TU München, 30.6.1975;

1. Bericht: Wiss. Rat u. Prof. Dr.-Ing. *Josef Wessel*; 2. Bericht: o.Prof. Dr.-Ing. *Heinrich Lüder*)