

Berichte / Mitteilungen

(Aus dem Institut für Landtechnik und Energiewirtschaft der Universität für Bodenkultur,
Vorstand: ao. Univ.-Prof. Dr. A. Zaussinger, Abteilung Landmaschinen und Arbeitstechnik,
Leiter: o. Univ.-Prof. Dr. H. Rossrucker)

Bedeutung und Ursachen von Haarrissen im Maiskorn

Von H. GREMME

(Mit 2 Abbildungen)

1. Einleitung

Haarrisse, in der Fachliteratur als „stress cracks“ bezeichnet, sind feine Risse im Endosperm des Kornes, welche hauptsächlich bei Mais und Reis von großer Bedeutung sind und schon relativ lange, vor allem in den USA, auf ihre Ursachen und negativen Auswirkungen untersucht werden. Mit dem Beginn einer Cornflakesproduktion durch die Österreichische-Agrar-Industrie Ges.m.b.H. bekam dieses in Österreich bisher kaum beachtete Qualitätsmerkmal bei Mais große Bedeutung. Dies war Anlaß für eine Diplomarbeit (GREMME 1989), in der folgende Fragen untersucht wurden:

1. Welche Ursache hat die Haarrißbildung und wie kann sie vermieden werden?
2. Gibt es bei den ausgewählten Sorten wesentliche Unterschiede in der Haarrißanfälligkeit?

2. Grundlagen

2.1 Bedeutung der Haarrisse

Wie auch bei anderen Materialien wirken Risse als Sollbruchstellen, wodurch die Körner eine erhöhte Bruchanfälligkeit aufweisen. Diese bewirkt bei normaler Manipulation (Umlagerung, Transport usw.) einen erhöhten Gehalt an Bruchmaterial, der als ein wichtiges Qualitätskriterium den Marktwert wesentlich verringern kann (GUNASEKARAN und Ma. 1985). Bei der Verarbeitung zu Cornflakes werden die Maiskörner grob vermahlen, um Grits mittlerer Größe zu erhalten, aus denen dann durch Auswalzen der gekochten Grits Cornflakes entsprechender Größe entstehen. Die Vermahlung von haarrißgeschädigten Körnern erhöht die Fraktion von unbrauchbar kleinen Grits wesentlich, wodurch die Ausbeute erheblich verringert wird.

Neben den technologischen Problemen gibt es auch einen Einfluß im Bereich des Pflanzenschutzes. Hier kann es durch die Haarrisse zu einem verstärkten Schädlings- und Pilzbefall kommen, der die Keimfähigkeit beeinträchtigt (LITCHFIELD und OKOS 1988).

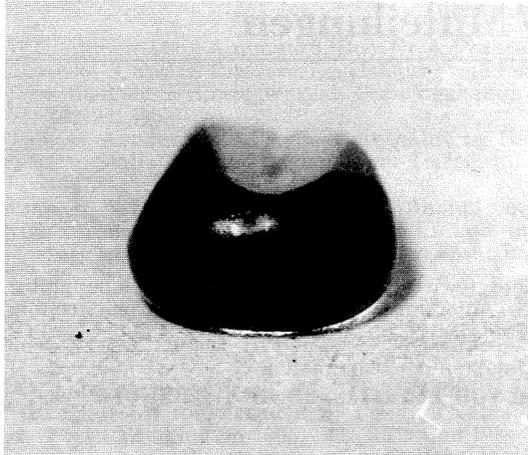


Abb. 1: Haarrißgeschädigtes Maiskorn.

2.2 Kennzeichen der Haarrisse

„Stress cracks“ sind mit freiem Auge am leichtesten bei Durchleuchtung zu sehen und können nach dem Ausmaß der Schädigung in Einfachsprünge und Mehrfachsprünge, die sogenannten „single cracks“ und „multiple cracks“ unterteilt werden.

„Single cracks“ entwickeln sich unter leichten Streßbedingungen und sind meist die ersten Anzeichen eines Trocknungsstresses. Sie breiten sich gewöhnlich von der Kornspitze zur Krone hin aus und sind auf der dem Keimling abgewandten Seite sichtbar. Bei starkem Streß entwickeln sich die „multiple cracks“, die dem Korn ein zersprungenes Aussehen (Abb. 1) geben und in der Literatur meist als „checked or crazed appearance“ beschrieben werden (THOMPSON und FOSTER 1963).

Untersuchungen von GUNASEKARAN und Ma. (1985) ergaben, daß die „stress cracks“ im Korninneren entstehen, sich radial nach außen ausbreiten und in vielen Fällen, wahrscheinlich durch die starke Aleuronschicht bedingt, unter dem Pericarp enden. Es war daher bei vielen Untersuchungen nicht möglich Sprünge, die mit dem freien Auge zu beobachten waren, mit dem Elektronenmikroskop zu sehen. Die Weite des typischen „corn kernel stress crack“ ist an seiner weitesten Stelle $58 \pm 14 \mu\text{m}$, wobei Variationen in der Breite des Sprunges in den inneren Kornteilen durch die unterschiedlichen hydrostatischen Expansionskoeffizienten bzw. Kontraktionskoeffizienten des mehligem und des hornigen Endosperms entstehen können. Außerdem konnte bei vier untersuchten Maisgenotypen festgestellt werden, daß die Dimensionen der Haarrisse vom Genotyp und vom Anteil an haarrißgeschädigten Körnern in der Probe unabhängig waren.

3. Durchgeführte Untersuchungen und deren Ergebnisse

3.1 Erfassung des Auftretens von Haarrissen bei österreichischem Körnermais für die Cornflakeserzeugung

Für die Bestimmung der Schädigung durch Haarrisse bei Ernte, Transport und Trocknung wurden Kornproben vor und nach der Ernte sowie nach der Trocknung entnommen. Zur Erfassung von Unterschieden in der Haarrißanfäll-

lichkeit aufgrund des Sorteneinflusses wurden sieben verschiedene Sorten (Ass, Brick, Dea, DK 250, LG 11, Monarch und Mutin) geprüft.

Um möglichst praxisnahe Daten zu erhalten, wurde die tatsächlich zur Cornflakesproduktion bestimmte Ware untersucht, wodurch die zu untersuchenden Sorten und ihre Standorte durch den Rohstoffaufbringungsplan 1988 der Österreichischen-Agrar-Industrie vorgegeben waren.

Die Prüfung der Körner auf Haarrisse erfolgte mit dem freien Auge, wobei die Körner auf einer Glasplatte lagen und von unten beleuchtet wurden.

Diese Untersuchung zeigte folgendes Ergebnis:

Der Verlauf und das Ausmaß der Schädigung waren für alle Sorten bei den in der Praxis üblichen Ernte- und Trocknungsbedingungen weitgehend gleich. Im Durchschnitt waren folgende Werte zu beobachten:

Tabelle 1

Veränderung des Anteils an unbeschädigten und geschädigten Körnern

	unbeschädigt (%)	haarrißgeschädigt (%)	gebrochen (%)
Vor der Ernte:	100,0	0,0	0,0
Nach der Ernte:	70,4	21,4	8,3
Nach der Trocknung:	1,8	86,1	12,1

3.2 Trocknungsversuch im Labor

Mit dem Ziel, die Bereiche der Temperatur, ab denen es zu einer Haarrißschädigung des Kornes kommt, abzugrenzen, und die zeitabhängige Entwicklung der Haarrisse grob zu erfassen, wurde ein einfacher Trocknungsversuch durchgeführt. Haarrißfreie Körner mit gleicher Kornform und ca. 29 % Feuchtigkeitsgehalt wurden in flachen Glasschalen bei verschiedenen Temperaturen und Trocknungszeiten (Tabelle 2) auf durchschnittlich 11,4 % Feuchtigkeit getrocknet. Nach einer ersten Auskühlungszeit von 6 Stunden wurden die Körner in Zeitintervallen von 3 bis 6 Stunden auf Haarrisse untersucht.

Tabelle 2

Trocknungsbedingungen im Laborversuch

Temp. (° C)	Zeit (h)
30	36
35	35
40	24
45	12

Das Ergebnis (Abb. 2) zeigt eine starke Haarrißentwicklung bei noch relativ geringen Lufttemperaturen. Wahrscheinlich wurde dies durch die geringe Luftfeuchtigkeit während und nach der Trocknung verursacht.

4. Ursachen und Theorien der Haarrißbildung

Wie eigene Untersuchungen zeigten, wird ein beträchtlicher Teil der Haarrisse durch die Trocknung verursacht und es ist allein durch die Trocknung eine Schädigung von 100 % in Hinblick auf „stress cracks“ möglich. Dieser Effekt wird aber auch für den entgegengesetzten — von manchen Verarbeitungsprozessen benötigten — Fall der Rehydratation beschrieben (BREKKE 1968, SALTER und

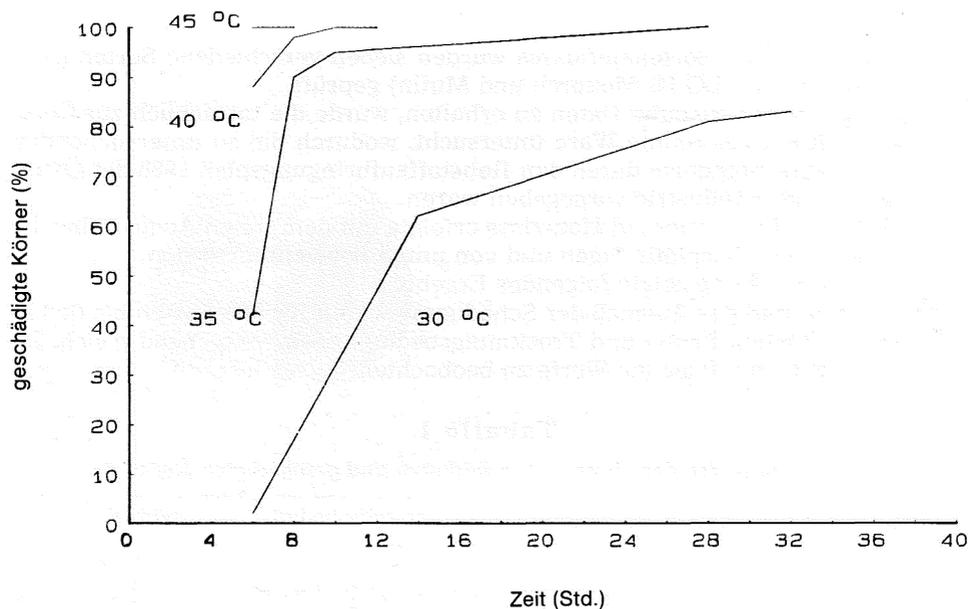


Abb. 2: Verlauf der Haarrißbildung nach dem Auskühlen

PIERCE 1988). Über diese beiden Fälle — Trocknung und Rehydratation — sind in der Literatur zahlreiche Arbeiten vorhanden.

Vor allem die bei der Trocknung ablaufenden Prozesse sind sehr komplex und dementsprechend schwierig ist es daher, die tatsächlichen Vorgänge und Ursachen der Haarrißentwicklung zu erfassen.

Nach THOMPSON und FOSTER (1963) entstehen die „stress cracks“ während und kurz nach einer raschen Trocknung mit hohen Lufttemperaturen, wobei vor allem die Trocknungsgeschwindigkeit, ausgedrückt als Feuchtigkeitsverlust in Prozenteinheiten pro Stunde, der signifikanteste Faktor für die Haarrißentwicklung ist. Dies führte zu einer allgemeinen Theorie, die besagt, daß die durch den Trocknungsvorgang entstehenden Temperatur- und Feuchtigkeitsgradienten eine Expansion und Kompression in den Kornteilchen induzieren. So entsteht ein Streßzustand, der u. a. auch von den physikalischen und rheologischen Eigenschaften des Materials abhängt (LITCHFIELD und OKOS 1988). EKSTROM und Ma. (1966) berichten, daß die Haarrisse selten nur durch den Temperaturgradienten — dazu wäre eine Temperaturdifferenz zwischen Kornzentrum und Kornoberfläche von 97° C nötig —, sondern meist durch den Feuchtigkeitsgradienten oder eine Kombination von Temperatur- und Feuchtigkeitsgradienten verursacht werden. Weitere Einflußfaktoren sind der Anfangs- und Endfeuchtigkeitsgehalt, der Luftdurchsatz und der Korntyp. Zum Beispiel bewirkt eine höhere Anfangsfeuchte einen höheren Haarrißanteil und große, runde Körner springen leichter als flache (THOMPSON und FOSTER 1963).

Der entscheidende Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit während des Trocknungsverlaufes wurde durch WESTERMANN und Ma. (1973) beobachtet, die bei Trocknung mit hoher relativer Luftfeuchte (über 50 %) eine signifikante Verringerung der Haarrißentwicklung feststellen konnten. Außerdem beobachteten sie, daß sich der „Haarrißanteil“ bei einer Erhöhung der Temperatur bis 60° C vergrößerte und bei weiterer Steigerung auf 72° C sank. Wie Untersuchungen zeigten, treten die Haarrisse aber nicht immer während der Trocknung, sondern auch eine geraume Zeit danach auf. KUNZE (1979) beschreibt für diesen Fall in

seiner Arbeit über Reis die Feuchtigkeitsaufnahme der äußeren Zellen als den wesentlichen Einflußfaktor. Diese dehnen sich dadurch aus und es kommt zu Spannungen. Dabei ist es gleichgültig, ob die Feuchtigkeit aus dem Korninneren nach außen diffundiert oder aus der Umgebung aufgenommen wird. Dies findet auch die Bestätigung im Fall der durch die Rehydratation induzierten Haarrisse.

Zusammenfassung

Von der Maisernte 1988 für die Cornflakeserzeugung wurden Proben vor und nach der Ernte sowie nach der Trocknung auf Schädigung durch Haarrisse untersucht. Dabei wurden als Hauptursache für die Haarißbildung ungünstige Bedingungen während des Trocknungsprozesses wie hohe Lufttemperaturen und/oder sehr geringe relative Luftfeuchte (< 50 %) festgestellt. Ein Einfluß ist aber auch vom Anfangsfeuchtegehalt (Erntefeuchte) und Endfeuchtegehalt gegeben. Eventuelle Sortenunterschiede konnten nicht festgestellt werden. Eine völlige Vermeidung der Haarrisse wird in der Praxis nicht möglich sein, da auch bei sehr schonender Behandlung (Saatguterzeugung) Haarrisse auftreten. Eine wesentliche Verringerung des Schädigungsmaßes kann aber durch die schonende Kolbentrocknung und durch das Dryerationsverfahren (MÜHLBAUER und KUPPINGER 1975) erreicht werden.

Importance and Causes of Stress Cracks in Kernels of Maize

Summary

Samples of the maize harvest in 1988 for cornflakes-production were taken before and after the harvest as well as after drying and tested for damage caused by stress cracks. Thereby, unfavourable conditions like high temperatures and/or very low relative humidity (< 50 %) during the drying process were detected as the main reason for the formation of stress cracks. Crop moisture and the final moisture content also had an influence.

Any differences between the varieties could not be detected. In practice a complete avoidance of stress cracks is not possible since stress cracks already appear when maize kernels are being treated very carefully (seed production). A substantial decrease of damage can be achieved by drying the cobs carefully and by the dryeration-method (MÜHLBAUER und KUPPINGER 1975).

Literatur

- BREKKE, O. L.: Corn Dry Milling: Stress Crack Formation in Tempering of Low-Moisture Corn, and Effect on Degerminations Performance. *Cereal Chemistry* 45, 291—303, 1968.
- EKSTROM, G. A., J. B. LILJEDA and R. M. PEART: Thermal expansion and tensile properties of corn kernels and their relationship to cracking during drying. *Transaction of the ASAE* 9, 556—561, 1966.
- GREMMEL, H.: Erfassung des Auftretens von Haarrissen am Korn bei österreichischem Körnermais für die Cornflakes-Herstellung. Diplomarbeit Univ. f. Bodenkultur, Wien 1989.
- GUNASEKARAN, S., S. S. DESHPANDE, M. R. PAULSEN and G. C. SHOVE: Size Characterization of Stress Cracks in Corn Kernel. *Transaction of the ASAE* 28, 1665—1672, 1985.
- KUNZE, O. R.: Fissuring of the Rice Grain After Heated Air Drying. *Transactions of the ASAE* 22, 1197—1201, 1207, 1979.
- LITCHFIELD, B. J. and M. OKOS: Prediction of Corn Kernel Stress and Breakage Induced by Drying, Tempering, and Cooling. *Transaction of the ASAE* 31, 585—594, 1988.
- MÜHLBAUER, W. und H. KUPPINGER: Hohe Trocknerleistung — geringer Energiebedarf — bessere Kornqualität durch Dryeration. *Mais* 3, 17—20, 1975.
- SALTER, K. L. and R. O. PIERCE: Reducing Corn Breakage Susceptibility Through Rehydration. *Transaction of the ASAE* 31, 947—951, 1988.

THOMPSON, R. A. and G. H. FOSTER: Stress cracks and breakage in artificially dried corn. Marketing Research Bulletin No. 631, TFRD, AMS, USDA, 1963.

WESTERMANN, P. W., G. M. WHITE and I. J. ROSS: Relative Humidity Effect on the High Temperature Drying of Shelled Corn. Transaction of the ASAE 16, 1136—1139, 1973.

(Manuskript eingelangt am 6. Mai 1991, angenommen am 22. Juli 1991)

Anschrift der Verfasserin:

Dipl.-Ing. Hildegard GREMMEL, Institut für Landtechnik und Energiewirtschaft der Universität für Bodenkultur Wien, Peter-Jordan-Straße 82, A-1190 Wien