

- [9] *Matthies, H.J. u. H. Petersen:* Ausbau eines Verfahrens zur Berechnung des Strömungswiderstandes ruhender kornförmiger Schüttgüter. *Grundl. Landtechnik* Bd. 23 (1973) Nr. 2, S. 50/53.
- [10] *Wagner, W.:* Eine mathematisch-statistische Methode zum Aufstellen thermodynamischer Gleichungen — gezeigt am Beispiel reiner fluider Stoffe. *Fortschr.-Ber. VDI-Z.* Reihe 3, Nr. 39, Düsseldorf: VDI-Verlag 1974.
- [11] *Internationale Vorschriften zur Prüfung von Saatgut 1976.* *Seed Science and Technology* Bd. 4 (1976) Nr. 3, S. 358/550.
- [12] *Müller, H.-M. et al.:* Propionsäure als Konservierungsmittel für Feuchtmals. *Landw. Forschung* Bd. 32 (1976) S. 118/25.
- [13] *Schmidt, H.L.:* Über Vorkommen und Häufigkeit von hohen Pilzkeimgehalten sowie einzelner Pilzarten in Futtermitteln. *Landw. Forschung* Bd. 28 (1975) S. 224/34.
- [14] *Mühlbauer, W.:* Energietechnische und energiewirtschaftliche Untersuchungen zur Reduzierung des Energiebedarfs und der Energiekosten bei der Konservierung von Körnerfrüchten. *Forschungsbericht ET 5319 A "Musterhof Liebenau"* des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, Bonn, 1980.
- [15] • *Gesetz über den Verkehr mit Saatgut.* Hannover: Alfred Strothe Verlag 1975.
- [16] *Gedek, B.:* Futtermittelverderb durch Bakterien und Pilze und seine nachteiligen Folgen. *Übersichten zur Tierernährung* Jg. 1 (1973) Nr. 1, S. 45/66.

Voruntersuchungen zur Körnerkonservierung in Salzlösung

Von Theo Bischoff, Udo Elsner und Karl Johannes von Oy, Stuttgart-Hohenheim*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 — Landtechnik "Verfahrenstechnik der Körnerfruchtproduktion" der Universität Hohenheim

DK 633.15:664.8.035:636.084

In zunehmendem Maße werden Körnerfrüchte für Futterzwecke feucht konserviert. Die Solekonservierung — das Einlagern von ganzen Körnern in eine Kochsalzlösung — hat sich als prinzipiell geeignetes Konservierungsverfahren herausgestellt. Gegenüber den bisherigen Feuchtkonservierungsverfahren scheint dieses neue Verfahren insbesondere bei kleineren Konservierungsmengen Kostenvorteile zu haben. Der Konservierungsprozeß verläuft ähnlich wie bei der Haltbarmachung von Lebensmitteln. Die Verfütterung der kochsalzhaltigen Körner an Mastschweine ist aus physiologischen Gründen problematisch. Die Konservierungsversuche gehen von diesem Sachverhalt aus und stellen Ausgangspunkte für zukünftige konservierungs- und verfahrenstechnische Untersuchungen fest.

1. Einleitung

Der Bereich der Körnerfruchtkonservierung ist einerseits durch steigende Energiepreise und andererseits durch eine Zunahme der innerbetrieblichen Verwertung von Körnerfrüchten in der Schweinemast geprägt. Beide Tendenzen vermehren die Bedeutung der Feuchtkonservierung von Körnerfrüchten. Zur Konservierung von Ährengetreide und Körnermais für Futterzwecke bieten sich neben der Trocknung und Kühlung die gasdichte Lagerung und die Propionsäurekonservierung an. Diese Verfahren sind gekennzeichnet durch hohe fixe Kosten (gasdichte Lagerung) bzw. hohe variable Kosten (Propionsäurekonservierung) [1]. Es bedarf deshalb alternativer Feuchtkonservierungsverfahren, die auch für kleinere Betriebe bzw. Konservierungsmengen ökonomisch sinnvoll sind.

*) Prof. Dr. Th. Bischoff ist Leiter des Fachgebietes Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim. Dipl.-Ing. agr. U. Elsner und Dipl.-Ing. agr. K.J. von Oy waren Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 — Landtechnik. Dipl.-Ing. agr. K.J. von Oy ist wissenschaftlicher Angestellter beim genannten Fachgebiet.

Albrecht [1] konservierte erstmals Körnerfrüchte in Salzlösung. Die Anregung dazu gab der Umstand, daß Futtergetreide bei der Verwertung durch Tiere letztlich immer mit Wasser versetzt werden muß, sei es bei der Aufbereitung zu Flüssigfutter oder durch die Wasseraufnahme der Tiere, und daß Salz als Konservierungsmittel bei Lebensmitteln verwandt wird. *Albrecht* lagerte frisch geerntete, ganze Körner bis zur Verfütterung in einer 3–5%igen Kochsalzlösung; eine Schwimmschicht aus hoch gereinigtem Mineralöl (technisches Weißöl) auf der Sole diente als Luftabschluß. In ersten Konservierungs- und Fütterungsversuchen konnte er die prinzipielle Eignung dieser sogenannten Solekonservierung — auch Tauchkonservierung genannt — für Futtergetreide nachweisen [1]. Bild 1 zeigt Vorschläge zur Verfahrensgestaltung.

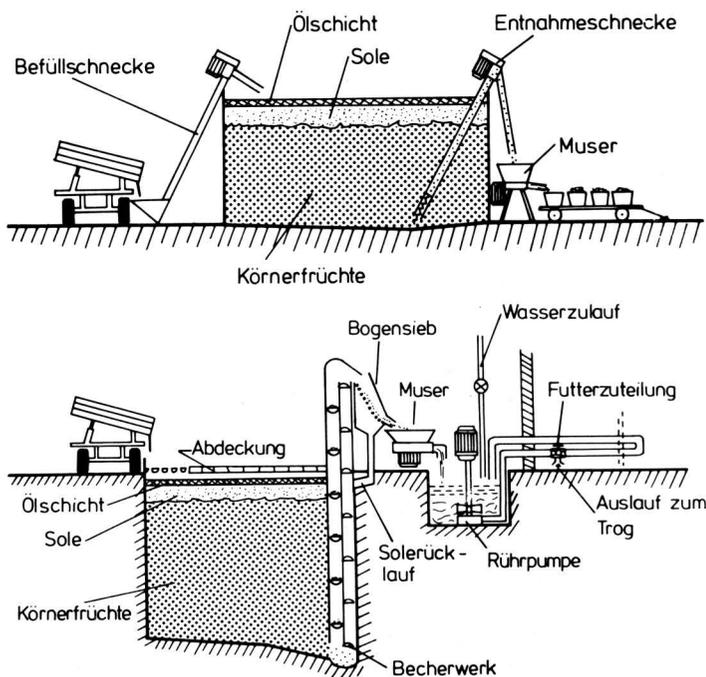


Bild 1. Vorschläge zur verfahrenstechnischen Gestaltung der Solekonservierung, nach *Albrecht* [1].

2. Aufgabenstellung

Die Solekonservierung befindet sich im Versuchsstadium. An den Anfang einer systematischen verfahrenstechnischen Weiterentwicklung dieses neuen Körnerkonservierungsverfahrens müssen einige Voruntersuchungen gestellt werden. Zunächst wird geprüft, ob die Solekonservierung ökonomische Vorteile gegenüber den herkömmlichen Konservierungsverfahren hat, da andernfalls jede weitere Untersuchung in Frage gestellt würde. Im weiteren wird anhand der Literatur aus dem Gebiet der Lebensmitteltechnologie und der Tierernährung die Wirkungsweise des Kochsalzes als Konservierungsmittel und als Futterbestandteil dargelegt. Daraus ergeben sich unmittelbar Fragestellungen, denen in Konservierungsversuchen nachgegangen wird: Es werden die Wasser- und Kochsalzaufnahme der Körner bei der Lagerung in Salzlösung untersucht und der Konservierungsverlauf beobachtet. Anhand der Ergebnisse dieser Voruntersuchungen sollen Hinweise für zukünftige Untersuchungen zur Weiterentwicklung dieses Konservierungsverfahrens gegeben werden.

3. Ökonomische Einschätzung der Solekonservierung

Tafel 1 gibt die bei den verschiedenen Konservierungsverfahren eingesetzten Geräte und Anlagen an, Tafel 2 die für die einzelnen Teilverfahren erforderlichen Betriebsmittel. Aus der Gegenüberstellung der eingesetzten Geräte und Anlagen geht hervor, daß große Unterschiede zwischen den verschiedenen Konservierungsverfahren in den Teilverfahren Konservierung und Lagerung bestehen. Diese Teilverfahren stellen zudem gegenüber den anderen Teilverfahren den weitaus größten Kostenanteil [2]. Aus diesen Gründen beschränkt sich der ökonomische Vergleich der Konservierungsverfahren auf die Betrachtung der Teilverfahren Konservierung und Lagerung.

	Tauchkonservierung	gasdichte Lagerung	Propionsäurekonservierung	Trocknung
Übernahme	Annahmewanne	Annahmewanne Körnersumpf	Annahmewanne	Annahmewanne Körnersumpf
Förderung	mech. Förderer	pneum. Förderer mech. Förderer	mech. Förderer	mech. Förderer pneum. Förderer
Konservierung	Silo	gasdichtetes Silo	Säure-Dosiergerät	Trockner
Förderung	—	—	mech. Förderer	mech. Förderer pneum. Förderer
Lagerung	Silo	gasdichtetes Silo	Flachlager	Silo, Flachlager
Entnahme	mech. Förderer	mech. Förderer	von Hand Mobilförderer	mech. Förderer von Hand Mobilförderer

Tafel 1. Geräte und Anlagen bei verschiedenen Verfahren der Körnerkonservierung.

Tafel 3 zeigt den Investitionsbedarf für die Teilverfahren Konservierung und Lagerung der verschiedenen Konservierungsverfahren. Für die Solekonservierung wurde als Lagerbehälter ein Holzhochbehälter angenommen. Ein derartiger Behälter hat sich für die Solalagerung bewährt; unter gewissen Bedingungen ist auch die Lagerung im Betonbehälter möglich [3]. Zum Investitionsbedarf hinzugerechnet wird das Öl der Schwimmschicht, das als mehrmals verwendbar angenommen wird. Der Investitionsbedarf der übrigen Konservierungsverfahren ergibt sich entsprechend aus den Preisen für gasdichte Silos bzw. Propionsäuredosiergeräte bzw. Trockner und Silos. Gegenüber der gasdichten Lagerung und der Trocknung zeigt die Solekonservierung deutliche Vorteile. Bei

	Tauchkonservierung	gasdichte Lagerung	Propionsäurekonservierung	Trocknung
Übernahme	—	—	—	—
Förderung	el. Energie	el. Energ. Dieselöl	el. Energie	el. Energie
Konservierung	Salz Wasser	—	Propionsäure el. Energie	Heizöl od. Gas el. Energie
Förderung	—	—	el. Energie	el. Energie
Lagerung	—	—	—	—
Entnahme	el. Energie	ei. Energ.	el. Energie od. Dieselöl	el. Energie od. Dieselöl

Tafel 2. Betriebsmittel bei verschiedenen Verfahren der Körnerkonservierung.

Erntemenge dt/Jahr	Tauchkonservierung	gasdichte Lagerung	Propionsäurekonservierung ¹⁾	Trocknung
500 G KM	7500	30600	7200	14200 S 24700 S
1000 G KM	12500	36500	7200	19500 S 26000 S
1500 G KM	16300	45500	7200	22000 S 35000 S
2000 G KM	20900	53000	7200	24400 S 55100 D

S Satz Trocknung G Gerste
D Durchlauftrocknung KM Körnermais
1) ohne Lagerkosten

Tafel 3. Investitionsbedarf (DM) für die Teilverfahren Konservierung und Lagerung bei verschiedenen Konservierungsverfahren.

kleinen Erntemengen liegt der Investitionsbedarf ähnlich günstig wie bei der Propionsäurekonservierung; mit steigender Erntemenge wird die Solekonservierung vergleichsweise ungünstiger.

Tafel 4 zeigt die variablen Kosten der Verfahren. Bei Konservierung von Gerste liegen die variablen Kosten der Solekonservierung nur geringfügig und bei Körnermais erheblich unter denen der Propionsäurekonservierung.

	Tauchkonservierung ¹⁾	gasdichte Lagerung	Propionsäurekonservierung ²⁾	Trocknung ³⁾
Gerste	1,05	—	1,20	0,58 S
Körnermais	1,05	—	3,40	2,82 S 2,36 D

S Satz Trocknung, D Durchlauftrocknung
1) 5%ige Kochsalzlösung; Kochsalz 200 DM/t, Wasser 2,— DM/m³
2) Propionsäure 2,40 DM/kg, elektr. Energie 0,12 DM/kWh
3) Heizöl 0,65 DM/kg, elektr. Energie 0,12 DM/kWh

Tafel 4. Variable Kosten (DM/dt) für die Teilverfahren Konservierung und Lagerung bei verschiedenen Konservierungsverfahren.

Bild 2 und Bild 3 zeigen für Gerste und Körnermais die Gesamtkosten der Teilverfahren Konservierung und Lagerung. Die Solekonservierung stellt sich hier als das durchweg kostengünstigste Konservierungsverfahren dar. Bei kleinen Erntemengen beispielsweise liegt die Kostendifferenz gegenüber der gasdichten Lagerung bei bis zu 4,- DM/dt.

Es muß darauf hingewiesen werden, daß es sich bei diesen Ergebnissen lediglich um eine Schätzung handelt; eine detailliertere Kostenberechnung ist zur Zeit noch nicht möglich, da die Verfahrenstechnik der Solekonservierung im einzelnen noch nicht bekannt ist; insbesondere fehlen Kenntnisse über die Aufwandmengen an Sole und über die Entnahme- und Aufbereitungstechnik. Dennoch kann schon jetzt gesagt werden, daß bei kleineren Konservierungsmengen die Solekonservierung ökonomische Vorteile gegenüber den bisherigen Konservierungsverfahren aufzuweisen scheint. Bei der Konservierung von Körnermais sind diese Vorteile größer als bei der Ährengetreidekonservierung.

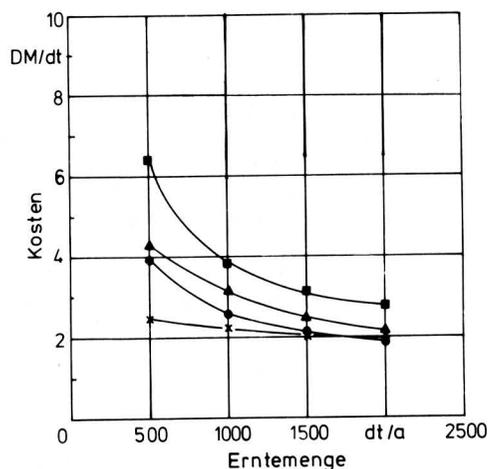


Bild 2. Kosten der Gerstekonservierung, Teilverfahren Konservierung und Lagerung; ohne Lohnkosten, Erntefeuchte $U = 20\%$.

x Solekonservierung
 o Propionsäurekonservierung (ohne Lagerkosten)
 ■ gasdichte Lagerung
 ▲ Satz Trocknung

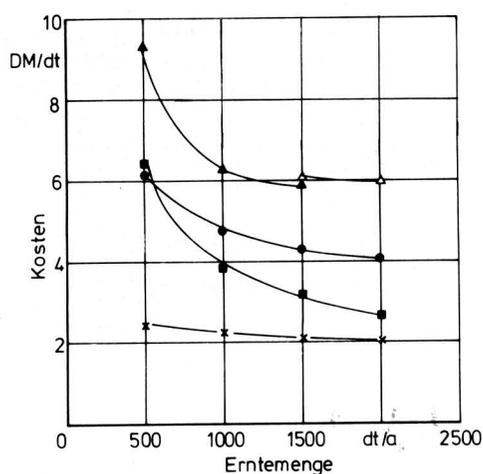


Bild 3. Kosten der Körnermaiskonservierung, Teilverfahren Konservierung und Lagerung; ohne Lohnkosten, Erntefeuchte $U = 35\%$.

x Solekonservierung
 o Propionsäurekonservierung (ohne Lagerkosten)
 ■ gasdichte Lagerung
 ▲ Satz Trocknung
 △ Durchlauf Trocknung

4. Kochsalz zur Konservierung von Körnerfrüchten

4.1 Bisheriger Kenntnisstand

4.1.1 Kochsalz als Konservierungsmittel

Die Haltbarmachung von Lebensmitteln mittels Kochsalz ist ein schon seit Jahrtausenden bekanntes Konservierungsverfahren [4]. Früher der wohl wichtigste Konservierungsstoff, wird Kochsalz heute vorwiegend in Kombination mit anderen Konservierungsstoffen und -verfahren angewandt [4, 5]. Besondere Bedeutung hat Kochsalz als Zusatz bei der Einsäuerung verschiedener Lebensmittel [5, 6].

Das Kochsalz hat bei der Konservierung folgende Wirkung [7]:

1. Es verursacht hohen osmotischen Druck und damit Plasmolysierung von Zellen.
2. Es dehydratisiert die Zellen sowohl von Mikroorganismen als auch von Lebensmitteln.
3. Es liefert beim Dissoziieren Chlor-Ionen, die Organismen schädigen.
4. Es reduziert die Löslichkeit von Sauerstoff in der Flüssigkeit.
5. Es macht Zellen gegenüber Kohlendioxid empfindlich.
6. Es beeinträchtigt die Wirkung von proteolytischen Enzymen.

Die Effektivität von Kochsalz ändert sich direkt mit dessen Konzentration und der Wirkungstemperatur; je nach zugegebener Menge wird Mikroorganismen-Wachstum unterbunden, gehemmt oder der Ablauf einer Milchsäuregärung gestattet [7].

Die selektive Wirkung von Kochsalz beruht auf dem unterschiedlichen Verhalten von Mikroorganismen, das mit zahlreichen Zwischenstufen von salztolerant bis salztolerant reicht [8]. Unter aeroben Bedingungen können halophile Mikroorganismen bis zu höchsten Salzkonzentrationen existieren. Unter anaeroben Bedingungen bei mäßiger Salzkonzentration überwiegen Milchsäurebildner, deren Tätigkeit eine Senkung des pH-Wertes bewirkt und dadurch eine stabilere und sicherere Lagerung gewährleistet, als es durch das Kochsalz allein möglich wäre. Das Kochsalz hat lediglich die Aufgabe, die Entwicklung von Gärschädlingen solange zu unterbinden, bis die Milchsäurebakterienflora überwiegt.

Eine besondere Bedeutung kommt dem luftdichten Abschluß zu, da bei Luftzutritt auch bei größerer Kochsalzzugabe Schimmel und Hefen wachsen, die die Gärsäure abbauen [8, 9]. Der Gärprozeß wird eingeleitet durch heterofermentative Säurebildner, die neben Milchsäure auch Essigsäure, Alkohol und vor allem Gas bilden; später überwiegen dann ausschließlich Milchsäure bildende, homofermentative Arten [6].

Ähnliches scheint auch bei der Einlagerung von ganzen Körnerfrüchten in Kochsalzlösung abzulaufen. In einem früheren Versuch der Solekonservierung konnten in Gerste und Körnermais 0,4 % Milchsäure und 0,1 % bzw. 0,2 % Essigsäure nachgewiesen werden.

Bei der Einsäuerung von Gemüse und Früchten dient der durch Einsalzen und Einstampfen austretende Zellsaft als Nährmedium der für die Gärung verantwortlichen Mikroorganismen; bedeckt der Sickersaft nicht den gesamten Gutstapel, so ist er durch Kochsalzlösung zu ergänzen [6, 9].

Bei der Solekonservierung von Körnern ist infolge des vergleichsweise geringen Wassergehaltes des Gutes die gesamte zur Überstauung benötigte Flüssigkeitsmenge zuzugeben. Der erforderliche Luftabschluß wird durch die Schwimmschicht aus Öl erreicht.

Bei der Gemüsekonservierung durch Einsäuerung werden Kochsalzkonzentrationen von 1–6 % verwendet [6]. Höhere Konzentrationen von 15–25 % werden für die vorübergehende Haltbarmachung und Zwischenlagerung von Frischmaterial benutzt und wenn keine Milchsäuregärung erfolgen soll [4, 5, 6]. Während der Lagerung nehmen die kochsalzkonservierten Lebensmittel Salz auf. Bei wasserreichen Produkten erfolgt die Salzaufnahme innerhalb weniger Tage. Bei den vergleichsweise trockenen Körnerfrüchten ist bei der Solekonservierung zunächst mit einer Wasseraufnahme und erst später nach Zerstörung der semipermeablen

Zellmembranen mit einer Natrium- bzw. Chloridionenaufnahme in größerem Ausmaß zu rechnen.

4.1.2 Kochsalz in der Tierernährung

Die innerbetriebliche Verwertung von Körnerfrüchten erfolgt hauptsächlich in der Schweinemast; Körnerfrüchte werden hier praktisch als Alleinfutter eingesetzt. Die Betrachtung beschränkt sich deshalb zunächst auf die Mastschweinefütterung.

Bei Mastschweinen besteht zur Aufrechterhaltung einiger Körperfunktionen ein bestimmter Bedarf an Natrium und Chlor [10]. Der Natriumgehalt vieler Futtermischungen reicht zur Bedarfsdeckung nicht aus; eine Natriumergänzung erfolgt im wesentlichen durch Zugabe von Viehsalz. Als Natriumbedarf des Mastschweines von 20 bis 100 kg Lebendgewicht wird 1,5 bis 2,5 g je Tier und Tag angegeben [10], dies entspricht einem Kochsalzbedarf von 3,75 bis 6,25 g je Tier und Tag. Eine neuere Untersuchung ermittelte eine optimale Futtermittelverwertung und maximale tägliche Zunahmen bei 0,2 %iger Kochsalzergänzung der Futtermischung [11]. Das entspricht bei ad-libitum-Fütterung einer Kochsalzgabe von 2,6 bis 8 g je Tier und Tag im Gewichtsabschnitt von 20 bis 100 kg.

Bei Verfütterung von solekonservierten Körnerfrüchten ist mit Kochsalzmengen im Futter zu rechnen, die weit über dem Bedarf der Tiere liegen. Es ist deshalb die Frage der Kochsalzverträglichkeit von Mastschweinen zu untersuchen.

Zur Kochsalzvergiftung bei Schweinen gibt es zahlreiche Untersuchungen. Sie zeigen, daß es offenbar keinen absoluten Grenzwert für die schädigende oder tödliche Wirkung von Kochsalz in der Futtermischung gibt. Vielmehr besteht ein enger Zusammenhang zwischen Kochsalzaufnahme und der Wasserversorgung der Schweine. Als schädigend hat sich das Natrium-Ion herausgestellt. Bei ausreichendem Wasserangebot führt hohe Kochsalzaufnahme zu einer drastischen Erhöhung der Natrium-Ausscheidung im Kot und vor allem im Harn bei Vervielfachung des Urinvolumens [12, 13]. Bei Wasserdefizit verursacht das resorbierte Salz im Blut eine Abnahme der intrazellulären und Zunahme der extrazellulären Körperflüssigkeit, dem folgt eine Verringerung der Wasserausscheidung über die Niere, die Salzengen werden nicht aus dem Körper entfernt, die Salzkonzentration in der extrazellulären Flüssigkeit steigt weiter an, und letztlich führt dies zu starker Gewebeschädigung und zum Tod [14]. Bereits eine geringe Kochsalzaufnahme führt bei Wasserrestriktion zu Schädigungen [15, 16]. Größere Salzengen werden nur bei entsprechend hoher Wasseraufnahme und damit Urinausscheidung vertragen [12, 17], die Futteraufnahme ist gehemmt [12, 18, 19]. Versuche aus den Jahren 1936–1938 ergaben keine signifikanten Unterschiede bezüglich täglicher Zunahme, Wassergehalt im Muskelfleisch und Ausschachtung und keine Schädigungen bei verabreichten Kochsalzmengen von bis zu 73 g je Tier und Tag. Allerdings nahm mit steigendem Salzgehalt die Futtermittelverwertung ab [20]. Neuere Untersuchungen mit gezielter Fragestellung zur Kochsalzverträglichkeit und Wasseraufnahme bei Mastschweinen sind nicht bekannt.

4.2 Konservierungsversuche

Die von *Albrecht* [1] angestellten Versuche der Solekonservierung von Gerste und Körnermais und die anschließenden Fütterungsversuche haben gezeigt, daß eine 3–5 %ige Sole für die Konservierung ausreichend ist und durch die Konservierung keine Nährstoffschädigungen und Verdaulichkeitsbeeinträchtigungen eintreten. Der Einfluß des hohen Kochsalzgehaltes bei der Verfütterung wurde nicht untersucht. In Konservierungsversuchen im Labormaßstab sollte zunächst untersucht werden, wie groß die Kochsalzaufnahme der Körner ist. Dazu werden der NaCl-Gehalt und der Feuchtegehalt der Körner in Abhängigkeit von Solekonzentration und Lagerdauer untersucht. Ferner sollte der Verlauf der Konservierung und Lagerung beobachtet werden, um weitere konservierungstechnische Erfahrungen zu sammeln.

4.2.1 Versuchsaufbau und -durchführung

Als Konservierungsbehälter dienten glasklare Kunststoffbecher mit einem Fassungsvermögen von 1 000 ml, **Bild 4**. In einer Versuchsreihe wurde Sommergerste der Sorte Aramin mit einer Erntefeuchte von 21 %, in der zweiten Körnermais der Sorte Brilliant mit einer Erntefeuchte von 38 % solekonserviert. Die Konservierung erfolgte jeweils in 2-, 3-, 4- und 5 %iger Sole. Die Bestimmung der Kochsalz- und Wassergehalte der Körnerfrüchte wurde nach 2, 6, 10, 14, 19, 24, 35, 64, 128 und 238 Tagen Lagerdauer durchgeführt. Zu Beginn der Lagerung ist mit einer schnelleren Kochsalz- und Wasseraufnahme zu rechnen, so daß in dieser Zeit die Proben in kürzeren Abständen untersucht wurden. Da aus technischen Gründen einem Konservierungsbehälter nicht mehrere Proben zu verschiedenen Zeitpunkten entnommen werden konnten, wurde für jede vorgesehene Probe ein Konservierungsbehälter angesetzt, dessen gesamte Kornmenge zur Kochsalz- und Wassergehaltsbestimmung herangezogen wurde. Um das Risiko von Zufallsergebnissen zu mindern, wurden jeweils drei Parallelproben angesetzt. So wurden sowohl für Gerste wie für Körnermais 120 Konservierungsbehälter angesetzt. Damit stand auch eine genügend große Anzahl von Behältern zur Beobachtung des Konservierungsverlaufes zur Verfügung.

In die 1 000 ml-Behälter wurden 500 ml der kurz zuvor geernteten Körnerfrüchte unzerkleinert eingebracht und mit der entsprechenden Kochsalzlösung auf 1 000 ml aufgefüllt, so daß die eingebrachten Körner sicher überstaut waren. Abschließend wurde zum Luftabschluß eine 12 mm dicke Schwimmschicht aus technischem Weißöl aufgebracht. Die Sole wurde aus Siede-Raffinadesalz, das sich rückstandsfrei löst, und aus Leitungswasser hergestellt. Zur jeweiligen Probenahme wurde das Öl abgeschöpft und die Sole durch einfaches Dekantieren von den Körnern getrennt.

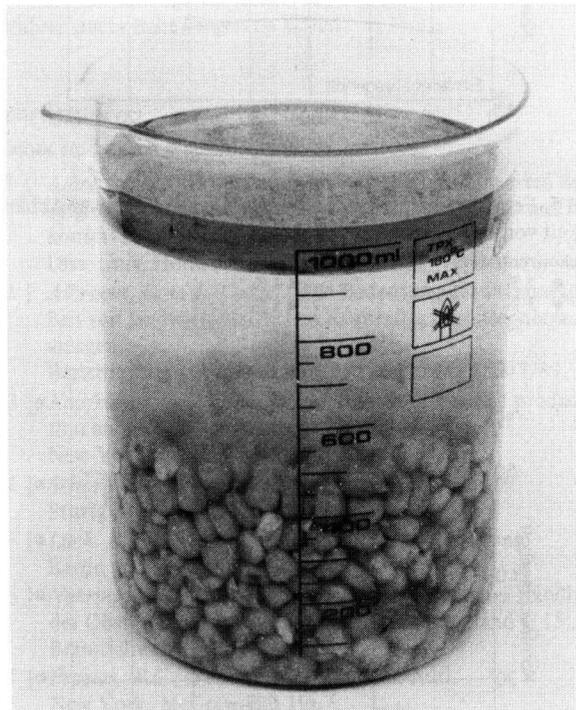


Bild 4. Solekonservierung im Versuchsbehälter; Körnermais in Salzlösung, Abschluß durch Schwimmschicht aus hochreinem Mineralöl.

4.2.2 Versuchsergebnisse

Die nachfolgend dargestellten Ergebnisse der Kochsalz- und Feuchtegehaltsbestimmung sind Mittelwerte aus den jeweils drei Parallelproben, deren Schwankungsbreite durchweg sehr gering

ist. Die Konservierungsversuche mit Körnermais wurden aus verschiedenen Gründen bereits nach 128 Tagen Lagerdauer beendet. Die Ergebnisse zeigen, daß danach keine wesentliche Änderung des Konservierungsverlaufes zu erwarten ist und hinsichtlich des Kochsalz- und Wassergehaltes sich ein nahezu statischer Zustand eingestellt hat.

Bild 5 und Bild 6 zeigen den Verlauf der Kornfeuchte über der Lagerdauer. Beide Gutarten nehmen in den ersten 30 Tagen der Lagerung relativ viel Wasser auf, während sich danach der Feuchtegehalt nur noch geringfügig ändert und je nach Solekonzentration und Gut und scheinbar unabhängig von der Einlagerungsfeuchte asymptotisch einem Grenzwert um etwa 50 % nähert. Gerste nimmt relativ viel Wasser auf, von $U = 21\%$ auf $U = 50$ bis 55% , und Körnermais entsprechend weniger, von $U = 38\%$ auf $45-50\%$. Bei Gerste wurde in den ersten Wochen der Lagerung eine starke Quellung der Körner, bei Körnermais nur eine sehr geringe beobachtet. Bei niedrigerer Solekonzentration wird entsprechend mehr Wasser aufgenommen. Beim Körnermais verläuft die Wasseraufnahme stetiger als bei Gerste, vermutlich bedingt durch dessen schon hohe Anfangsfeuchte und die geringere Änderung der Zellstruktur.

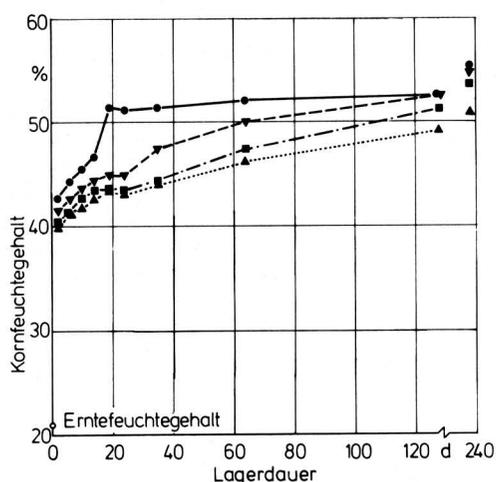


Bild 5. Feuchtegehalt solekonservierter Gerstenkörner in Abhängigkeit von Lagerdauer und Solekonzentration.

Solekonzentration
 —●— 2% - - - ■ 4%
 - - ▽ 3% ····· ▲ 5%

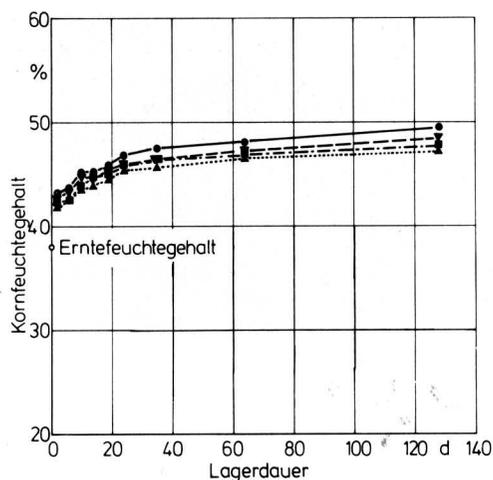


Bild 6. Feuchtegehalt solekonservierter Maiskörner in Abhängigkeit von Lagerdauer und Solekonzentration.

Solekonzentration
 —●— 2% - - - ■ 4%
 - - ▽ 3% ····· ▲ 5%

Der Verlauf der Kochsalzaufnahme ist in **Bild 7 und Bild 8** dargestellt. Auch hier zeigt sich zu Beginn der Lagerung eine rasche, im Vergleich zur Wasseraufnahme wie vermutet verzögerte Kochsalzaufnahme des Gutes. Mit zunehmender Lagerdauer nähert sich auch der Kochsalzgehalt asymptotisch bestimmten Grenzwerten, die im Gegensatz zur Wasseraufnahme entscheidend von der Konzentration der Sole abhängig sind. So nimmt beispielsweise der Körnermais bei Lagerung in 5 %iger Sole etwa doppelt so viel Salz auf wie bei Lagerung in 2 %iger Sole. Je nach Solekonzentration und Gut steigt durch die Lagerung in Sole der Kochsalzgehalt in der Korntrockensubstanz von unter 0,01 % bei Frischgut auf etwa 2 bis 4 %. Ähnlich wie bei der Wasseraufnahme verläuft die Salzaufnahme bei Körnermais gleichmäßiger als bei Gerste. Das scheint die Vermutung zu bestätigen, daß bei den zu Beginn relativ trockenen Gerstenkörnern eine stärkere Änderung der Zellstruktur stattfindet; im Zusammenhang damit ist auch die durchweg größere Salzaufnahme der Gerstenkörner gegenüber dem Körnermais zu sehen.

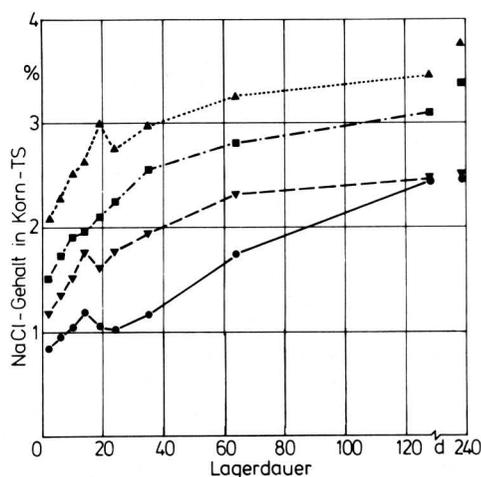


Bild 7. Kochsalzgehalt solekonservierter Gerstenkörner in Abhängigkeit von Lagerdauer und Solekonzentration.

Solekonzentration
 —●— 2% - - - ■ 4%
 - - ▽ 3% ····· ▲ 5%

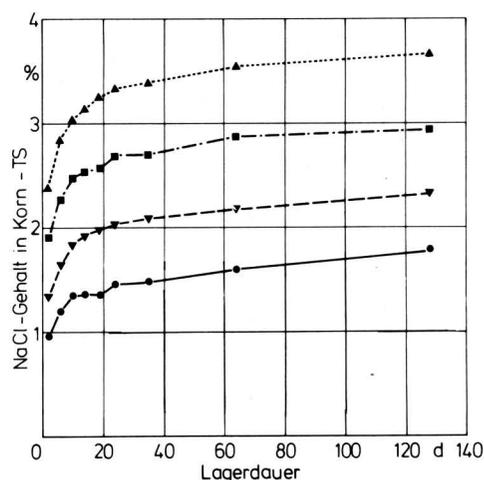


Bild 8. Kochsalzgehalt solekonservierter Maiskörner in Abhängigkeit von Lagerdauer und Solekonzentration.

Solekonzentration
 —●— 2% - - - ■ 4%
 - - ▽ 3% ····· ▲ 5%

Beim Einfüllen der Salzlösung in die mit Körnern befüllten Behälter erfuhren die Gerstenkörner einen Auftrieb und damit eine Verminderung der Lagerungsdichte; verstärkt wurde dies durch das Quellen der Gerstenkörner. Beim Körnermais konnte ein solches Auftreiben nicht beobachtet werden. Während der ersten 6 Tage der Lagerung in Sole wurde eine Gasentwicklung beobachtet. Das verstärkt die Vermutung, daß bei der Solekonservierung von Körnerfrüchten ein ähnlicher Gärprozeß, wie aus der Lebensmittelkonservierung bekannt, abläuft. Je niedriger die Solekonzentration war, um so stärker war die Gasbildung. Starke Gasentwicklung bei der mit schwach konzentrierter Sole konservierten Gerste führte dazu, daß einzelne Körner mitgerissen wurden und durch die Schwimmschicht aus Öl an die Oberfläche gelangten. Durch einsetzende Schimmelbildung kam es dann zu Verderberscheinungen. Beim Körnermais war die Gasentwicklung auch bei geringer Solekonzentration relativ schwach, führte nicht zum Auftreiben einzelner Körner und somit auch nicht zu Verderb von Körnern. Die solekonservierten Körnerfrüchte mit Ausnahme der durch den beschriebenen Sachverhalt verdorbenen rochen aromatisch frisch und leicht säuerlich bis alkoholisch. Geruch und Aussehen deuten auf den vermuteten und gewünschten Gärprozeß hin.

5. Diskussion der Ergebnisse und Schlußfolgerungen

Werden in 5 %iger Sole lagernde Körnerfrüchte zur Verfütterung aus dem Lagerbehälter entnommen und, abgesehen von Eiweiß- und Mineralstoffergänzung, ohne Zumischung anderweitig konservierter Körnerfrüchte als Mastschweinefutter eingesetzt, so werden im Gewichtsabschnitt von 20 bis 100 kg Lebendgewicht der Schweine etwa 30 bis 90 g NaCl pro Tier und Tag verfüttert. Dabei kommt es nach den bisherigen Kenntnissen bei uneingeschränkter Wasseraufnahmemöglichkeit zwar nicht zu Kochsalzvergiftungen oder Schädigungen, aber es ist mit hohem Wasserverbrauch und starker Urinausscheidung, mit einer Hemmung der Futteraufnahme und mit einer Verschlechterung der Futterverwertung zu rechnen.

Die notwendige Senkung des Kochsalzgehaltes der Futtermation könnte durch Zumischung anderweitig konservierter Körnerfrüchte und/oder durch Verwendung einer weniger konzentrierten Sole bei der Konservierung erreicht werden. Bei alleiniger Verfütterung von in 2 %iger Sole konservierten Körnern werden noch je nach Tiergewicht 20 bis 60 g NaCl je Tier und Tag verfüttert. Bei Konservierung von Ährengetreide mit niedrig konzentrierter Sole tritt infolge starker Gasentwicklung ein Auftreiben einzelner Körner und damit Verderb auf.

Für weitere Untersuchungen sind folgende Aufgaben zu nennen: Es muß eine andere Soleabdeckung, eine Auffangvorrichtung für die Körner, beispielsweise in Form eines Netzes unterhalb der Flüssigkeitsoberfläche, oder eine andere Maßnahme zur Verhinderung des Auftreibens und Verderbens von Körnern geprüft werden. Bei entsprechend verbesserter Konservierungstechnik ist die Solekonservierung mit Konzentrationen unter 2 % zu untersuchen, um den Salzgehalt des Futters weiter zu senken. Parallel dazu müssen genauere Kenntnisse über die Verfütterung von kochsalzhaltigem Futter und deren Folgeerscheinungen gewonnen werden. Neben der eigentlichen Konservierungstechnik sind auch die möglichen Verfahren im gesamten Ablauf der Solekonservierung, insbesondere für die Teilverfahren Entnahme und Aufbereitung, zu untersuchen. Die ermittelten Kornfeuchten zeigen, daß für eine mechanisierte Verfahrenskette nur die Flüssigfuturaufbereitung in Frage kommt. Besondere Beachtung verdient bei der Entnahme die Soleabscheidung. Weiterhin sind Fragen zur Beseitigung bzw. Wiederverwendung der Konservierungsflüssigkeit zu klären.

Die ökonomische Einschätzung zeigt die Vorzüge dieses Verfahrens für kleine bis mittlere Konservierungsmengen. Bei Anwendung von 2 %iger Sole würden die variablen Kosten auf etwa 0,50 DM/dt, bei mehrmaliger Verwendung der Sole noch weiter

reduziert. Aus den bisherigen Voruntersuchungen läßt sich schließen, daß es sich lohnt, die Solekonservierung weiter zu untersuchen.

6. Zusammenfassung

In Anbetracht steigender Heizölpreise werden Ährengetreide und Körnermais für Futterzwecke zunehmend feucht konserviert. Die gasdichte Lagerung und die Propionsäurekonservierung erfordern hohe fixe bzw. variable Kosten. Auf der Suche nach kostengünstigeren Verfahren wurde die Solekonservierung entwickelt: Die frisch geernteten, unzerkleinerten Körner werden bis zur Verfütterung in einer Kochsalzlösung gelagert.

Eine überschlägige Kostenberechnung zeigt, daß dieses Verfahren gegenüber den herkömmlichen Feuchtkonservierungsverfahren Kostenvorteile, insbesondere bei kleinen bis mittleren Konservierungsmengen, erwarten läßt.

Das Einlagern in Kochsalzlösung zur Haltbarmachung von Lebensmitteln über einen längeren Zeitraum ist seit Jahrhunderten bekannt. Das Kochsalz dient dabei der Einleitung und Unterstützung eines Gärprozesses, bei dem konservierende Milch- und Essigsäure gebildet wird. Beobachtungen zeigen, daß bei der Solekonservierung von Körnerfrüchten Ähnliches abläuft.

Die Kochsalzverträglichkeit bei Mastschweinen ist relativ gering; ausreichende Kenntnisse über die Auswirkungen kochsalzhaltigen Futters liegen bisher nicht vor.

Konservierungsversuche im Labormaßstab zeigen, daß bei der Lagerung in 2–5 %iger Sole die Körner in den ersten Wochen relativ viel Kochsalz und Wasser aufnehmen. Zukünftig muß bei gleichzeitiger Verbesserung der Konservierungstechnik die Lagerung in Sole mit einer Konzentration von weniger als 2 % untersucht werden. Daneben sind zur Weiterentwicklung der Solekonservierung verfahrenstechnische Fragen zu klären.

Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [1] *Albrecht, D.*: Ermittlung von Verfahrenskennwerten und vergleichende Beurteilung landwirtschaftlicher Körnerfrucht-konservierungsverfahren. Diss. Univ. Hohenheim, Stuttgart 1981.
- [2] *Albrecht, D. u. L. Gekle*: Die Bedeutung der Planungsgrößen von landwirtschaftlichen Körnerfrucht-konservierungsanlagen. Berichte über Landwirtschaft Bd. 56 (1978) S. 677/89.
- [3] ● *Kaufmann, D.W. (Hrsg.)*: Sodium chloride. The production and properties of salt and brine. New York: Reinhold Publ. Corp. 1960.
- [4] ● *Schormüller, J.*: Die Erhaltung der Lebensmittel. Stuttgart: Verlag Enke 1966.
- [5] ● *Lück, E.*: Chemische Lebensmittelkonservierung. Berlin und Heidelberg: Springer 1977.
- [6] ● *Nehring, P. u. H. Krause*: Konserventechnisches Handbuch der Obst- und Gemüseverwertungsindustrie. Band I, 15. Aufl. Braunschweig: Hempel 1969.
- [7] ● *Frazier, W.C.*: Food microbiology. 2. Aufl. New York: McGraw-Hill 1967.
- [8] *Ingram, M. u. A.G. Kitchell*: Salt as a preservative for foods. Journal of Food Technology Bd. 2 (1967) Nr. 1, S. 1/15.
- [9] ● *Eichholtz, F.*: Silage und ähnliche Gärerzeugnisse. 2. Aufl. Braunschweig: Vieweg 1960.
- [10] ● *Kirchgeßner, M.*: Tierernährung. 3. Aufl. Frankfurt am Main: DLG-Verlag 1975.
- [11] *Hagsten, I., T.R. Cline, T.W. Perry u. M.P. Plumlee*: Salt supplementation of corn-soy diets for swine. Journal of Animal Science Bd. 42 (1976) Nr. 1, S. 12/15.

- [12] *Smith, D.L.T.*: Poisoning by sodium salt — A cause of eosinophilic meningoencephalitis in swine. American Journal of Veterinary Research Bd. 18 (1957) Nr. 69, S. 825/50.
- [13] *Mason, G.D. u. D. Scott*: Renal excretion of sodium and sodium tolerance in the pig. Quarterly Journal of Experimental Physiology Bd. 59 (1974) Nr. 2, S. 103/12.
- [14] *Medway, W. u. M.R. Kare*: The mechanism of toxicity associated with an excessive intake of sodium chloride. The Cornell Veterinarian Bd. 49 (1959) S. 241/51.
- [15] *Todd, J.R., G.H.K. Lawson u. C. Dow*: An experimental study of salt poisoning in the pig. Journal of Comparative Pathology Bd. 74 (1964) S. 331/37.
- [16] *Done, J.T., J.D.J. Harding u. M.K. Lloyd*: Meningoencephalitis eosinophilica of swine. II. Studies on the experimental reproduction of the lesions by feeding sodium chloride and urea. The Veterinary Record Bd. 71 (1959) Nr. 5, S. 92/96.
- [17] *Gwatkin, R. u. P.J.G. Plummer*: Toxicity of certain salts of sodium and potassium for swine. Canadian Journal of Comparative Medicine Bd. 10 (1946) Nr. 7, S. 183/90.
- [18] *Slavin, G. u. A.N. Worden*: Salt poisoning in pigs. The Veterinary Record Bd. 53 (1941) Nr. 48, S. 692/94;
- [19] *Bohstedt, G. u. R.H. Grummer*: Salt poisoning of pigs. Journal of Animal Science Bd. 13 (1954) S. 933/39.
- [20] *Sinclair, R.D.*: The salt requirement of growing pigs. Scientific Agriculture Bd. 20 (1939) Nr. 2, S. 109/19.

Untersuchungen zur Verbesserung der Applikationstechnik bei der Mehлтаubekämpfung im Getreidebau

Von Eberhard Moser, Friedrich Großmann,
Klaus Schmidt und Reinhard Janicke,
Stuttgart-Hohenheim*)

Mitteilung aus dem Sonderforschungsbereich 140 — Landtechnik "Verfahrenstechnik in der Körnerfruchtproduktion" der Universität Hohenheim

DK 632.9:632.981.1:632.952

Die zunehmende Intensivierung des Getreidebaues erfordert in verstärktem Maße die Anwendung von Fungiziden zur Mehлтаubekämpfung. Für eine Reduzierung des Mittelaufwandes und damit auch der Umweltbelastung ist es unabdingbar, die Mittel an den Stellen der Pflanzen zu applizieren, an denen die beste Wirkung erzielt wird.

Nachdem in Laborversuchen diese Zielorte an der Pflanze lokalisiert waren, wurden in Feldversuchen Mittel zur Mehлтаubekämpfung mit unterschiedlichen Gerätevarianten ausgebracht, die Stärke der Spritzbeläge an verschiedenen Pflanzenabschnitten ermittelt und die Wirkung auf den Mehлтаubefall und den Kornertrag bestimmt.

1. Einleitung

Als Folge der Ausdehnung und Intensivierung des Gerstenanbaues und der Entwicklung geeigneter fungizider Wirkstoffe, hat sich die Bekämpfung des Getreidemehltaus in der Gerste in befallsgefährdeten Lagen weitgehend durchgesetzt. Der Erreger, *Erysiphe graminis f. sp. hordei*, kann alle oberirdischen Organe der Gerste besiedeln, wird aber vorwiegend auf den Blättern gefunden. Durch Zerstörung der Assimilationsflächen und dadurch verminderte Photosyntheseleistung werden oft empfindliche Ertragsverluste

verursacht. In Sommergerstenbeständen kann warme Witterung, verbunden mit hoher Luftfeuchtigkeit, zu einer explosionsartigen Ausbreitung des Erregers führen. Besonders ausgeprägte Schäden verursacht starker Befall zwischen Auflauf der Saat und Ende der Bestockung, während späterer Befall die Ertragsbildung der Pflanzen weniger beeinträchtigt [1].

Bekämpfungsmaßnahmen sind daher vorwiegend im Jugendstadium der Bestände beim Auftreten erster Mehltausymptome gerechtfertigt, können bei stärkerem Befall aber auch bis zum Abschluß der Schoßphase lohnend sein. Von den verfügbaren Fungiziden ist das Präparat Bayleton durch eine gute Wirksamkeit in geringer Konzentration, systemische Eigenschaften und eine beachtliche Wirkung über die Gasphase gekennzeichnet [2, 3]. Der Wirkstoff besitzt sowohl protektive als auch kurative Wirkung und eine Wirkungsdauer von etwa 4 bis 6 Wochen. Nach Aufnahme in die Pflanze wird das Fungizid innerhalb von einigen Tagen in Richtung auf die Blattspitzen verteilt. Aufgrund seiner guten systemischen Eigenschaften und der Wirkung in der Gasphase könnten Mängel in der Applikationstechnik möglicherweise überdeckt werden. Aus diesen Gründen wurde in der vorliegenden Arbeit versucht, Ausbringungsverfahren zu erproben, die über eine verbesserte Platzierung der Spritzlösung zu vermindertem Aufwand führen können.

2. Biologisch-phytomedizinische Aspekte zur Mehлтаubekämpfung

Den "Echten Mehltau" des Getreides erkennt man an den weißlich- bis grau-braunen Belägen bzw. Überzügen auf den Sproßteilen der Pflanzen. Als typischer Ektoparasit siedelt der Pilz nur auf der Oberfläche der Pflanze und bildet Ernährungsorgane in die Pflanze hinein aus. Bei genügender Entwicklung des Vegetationskörpers setzt die Produktion von Verbreitungseinheiten, sogenannten Konidiosporen, ein, die sich ablösen und ihrerseits neue Infektionen bilden, sofern sie auf geeignete Bedingungen

*) Prof. Dr.-Ing. E. Moser ist Leiter des Fachgebiets "Verfahrenstechnik für Intensivkulturen" des Instituts für Agrartechnik der Universität Hohenheim. Dipl.-Ing. K. Schmidt ist wiss. Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 an diesem Institut. Prof. Dr. F. Großmann ist Leiter des Fachgebiets "Phytopathologie und Pflanzenschutz" des Instituts für Phytomedizin der Universität Hohenheim. Dipl.-Agr. Biol. R. Janicke ist wiss. Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich 140 an diesem Institut.