

## Zur Homogenisierung chemisch konservierter Kartoffeln im Lagerbehälter<sup>1</sup>

Dr.-Ing. M. TSCHIRSCHKE\*

Bei dem im Oskar-Kellner-Institut des Forschungszentrums für Tierproduktion Dummerstorf-Rostock entwickelten Verfahren, das den nachfolgenden technischen Ausführungen zugrunde liegt, handelt es sich um die Aufbereitung, Einlagerung, Auslagerung und Nachbereitung von Futterkartoffeln, aus denen vorzugsweise Schweinemastfutter mit fließfähiger Konsistenz zubereitet wird. Die Besonderheit besteht darin, daß die Konservierung nicht wie bisher üblich und bekannt durch Dämpfen und Einsilieren der Kartoffeln in Flachbehältern erfolgt, sondern eine Zerkleinerung der rohen Kartoffeln, eine anschließende chemische Konservierung durch Zusatz eines Konservierungsmittels, vorzugsweise Alkali-Metabisulfit, und eine Einlagerung des pumpfähigen Gutes in gasdichten Lagertanks vorgenommen wird <sup>1/2/3/</sup>.

Das Verfahren hat gegenüber dem bekannten Verfahren den Vorteil, daß in der Kampagne nur die Annahme-, Zerkleinerungs- und Fördereinrichtungen mit hoher Leistung erforderlich sind, während das Dämpfen ganzjährig erfolgt. Weiterhin kann das Verfahren vollautomatisiert werden.

### Produktionsteilverfahren Lagerung und Maschinenkette

Das Teilverfahren zur Lagerung der chemisch konservierten Kartoffeln mit den unmittelbar zugeordneten technischen Einrichtungen besteht aus:

- Pumpe, Rohrleitung und Armaturen zur Befüllung des Lagerbehälters,
- gasdichtem Lagertank mit Homogenisierungseinrichtung, Heizung, Wärmeisolierung, korrosionsfestem Schutzanstrich und Schutzgaseinrichtung,
- Rohrleitung, Pumpe und Armaturen zur Entnahme des Gutes aus dem Lagerbehälter.

Die Behältergröße wird entsprechend der Größe der Schweineproduktionsanlage so ausgewählt, daß mindestens zwei Behälter je Anlage zur Sicherung einer Futterreserve während der Erntezeit bei Möglichkeit der vollständigen Entleerung eines Behälters zu Inspektions- und Reparaturzwecken vorhanden sind.

### Forschungsprobleme, besonders die Homogenisierung im Behälter

Um eine Anlage zu projektieren, müssen

- die Notwendigkeit des Einsatzes von Schutzgas,
- wirksame Maßnahmen zum Korrosionsschutz der Behälterwände und der Armaturen,
- das optimale Verhältnis zwischen Heizleistung und Behälterisolation,
- wirksame Maßnahmen zur Homogenisierung des Lagergutes erforscht werden.

Hierbei stellt die Homogenisierung des Lagergutes das zentrale, kostenwirksamste Problem der Lagerung dar und ist alleiniger Gegenstand der weiteren Betrachtungen.

Bei der Lagerung des Gutes tritt eine Entmischung ein, wodurch ein Teil des Gutes nicht mehr pumpfähig ist und das Gut bei der Auslagerung je nach Zeitpunkt und Füllungs-

grad des Behälters verschiedene rheologische Eigenschaften und unterschiedliche Nährstoffgehalte aufweist. Gefordert wird jedoch ein ständig pumpfähiges Gut mit möglichst geringen Nährstoffunterschieden, was eine Homogenisierung vor der Entnahme von Teilmengen erfordert. Außerdem muß eine vollständige Behälterentleerung möglich sein.

Diese Entmischung des Gutes durch die Schwerkraft ist in etwa 10 Tagen beendet. Es zeigen sich bei dem bisher für die Praxis am günstigsten erscheinenden Konservierungsmittel (Bisulfit) folgende Horizonte (Bild 1):

Am Boden befindet sich eine niedrige Schicht, die stark mit freier wasserunlöslicher Stärke angereichert ist ( $\approx 2$  Prozent der Höhe). Darüber liegt ein Gemisch aus zerkleinerten Kartoffeln und Flüssigkeit, dessen Dichte nach oben abnimmt, jedoch stets größer als 1 ist ( $\approx 65$  Prozent der Höhe). Oben sammelt sich die flüssige Phase ( $\approx 33$  Prozent der Höhe). Eine Schwimmschicht bildet sich nicht aus.

Während die flüssige Phase als Newtonsche Flüssigkeit eine dynamische Viskosität von maximal  $10 \text{ cP}^2$  aufweist und damit hydromechanisch keine Schwierigkeiten bereitet, zeigt die untere Schicht Strukturviskosität und eine niedrigste Viskosität von  $\approx 500 \text{ cP}$  bei einem Schergefälle von mehr als  $15 \text{ s}^{-1}$ . Die Stärkeschicht weist darüber hinaus eine quantitativ noch nicht erfaßte Strukturfestigkeit auf.

Eine Verhinderung der Entmischung durch bestimmte Spezialbehandlungen des Gutes (z. B. durch intensivere Zerkleinerung, sehr starke Durchmischung vor der Einlagerung, Anwendung anderer Konservierungsmittel oder chemischer Zusätze) ist zur Zeit nicht möglich.

Deshalb muß in die Lagerbehälter eine technische Einrichtung zur Homogenisierung eingebaut werden.

### Analyse des Problems der Homogenisierung im zylindrischen stehenden Behälter

Im Interesse der raschen Realisierung des Verfahrens muß man Behälter verwenden, die im Behälter-Bauprogramm der DDR-Hersteller liegen. Hiernach kommen nur zylindrische Stahl- oder Stahlbetonbehälter mit senkrechter Symmetrieachse in Größen von  $\approx 2500$  bis  $30\,000 \text{ m}^3$  Fassungsvermögen in Frage. Alle Behälter weisen aus Gründen der Fertigungskosten einen flachen Boden mit maximal  $5^\circ$  Neigung auf. Dabei ist die zentral oder seitlich angebrachte

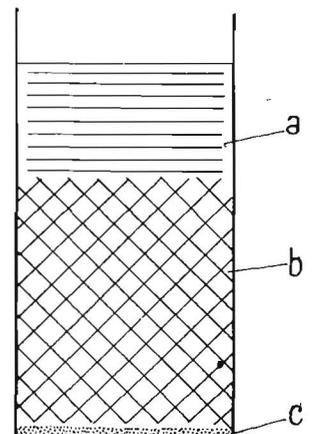


Bild 1. Schematische Darstellung der entmischten chemisch konservierten Kartoffeln  
a flüssige Phase (Fruchtwasser), b dicke Phase (Kartoffelmasse), c dicke Phase, die stark mit freier wasserunlöslicher Stärke angereichert ist

\* Institut für Mechanisierung der Landwirtschaft Potsdam-Bornim  
(Direktor: Obering. O. BOSTELMANN)

<sup>1</sup> Referat auf der Vortragstagung des IML am 14. und 15. Oktober 1970

<sup>2</sup>  $1 \text{ cP} = 10^{-2} \text{P} = 10^{-3} \text{Ns/m}^2$

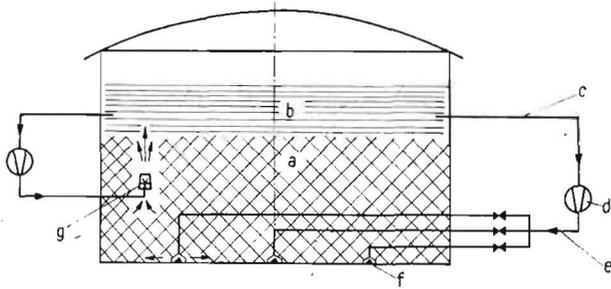


Bild 2. Schematische Anordnung von Spülköpfen und zusätzlichen Strahldüsen zur Homogenisierung; a dicke Phase, b flüssige Phase, c Saugleitung, d Pumpe, e Druckleitung, f Spülkopf, g Strahldüse

Abflußöffnung im Verhältnis zum Behälterdurchmesser mit  $D/d > 50$  sehr klein.

Das Durchmesser-Höhenverhältnis ist in allen Fällen  $> 1$ . Somit muß eine über die gesamte Behältergrundfläche gleichmäßig wirkende Homogenisierungseinrichtung, die zusätzlich als Austragehilfe wirkt, eingebaut werden.

Da die Festigkeit der Bodenschicht gegenüber den darüberliegenden Schichten sehr hoch ist, ist zunächst die Bodenschicht aufzuwirbeln und danach der gesamte Behälterinhalt durch zusätzlich eingebrachte Kräfte, die vor allem senkrecht von unten nach oben wirken, durchzumischen.

#### Technische Lösungen mit Bewertung der Realisierungsmöglichkeit

Denkbar sind mechanische, hydraulische, pneumatische und elektrische (direkte Einwirkung durch elektrische Felder) Prinzipien und deren Kombinationen.

Über die Anwendungsmöglichkeiten elektrischer Felder für den vorliegenden Fall sind weder wissenschaftliche Angaben, noch technische Realisierungsmöglichkeiten bekannt. Sie scheiden deshalb für die weiteren Betrachtungen aus.

Pneumatische Einrichtungen sind denkbar, wenn man Schutzgas (z. B.  $CO_2$ ) über dem Flüssigkeitsspiegel absaugt und durch einen Siebboden gleichmäßig verteilt in den Behälter einbringt. Für die Anwendung dieses Prinzips ergeben sich aufgrund vorliegender Erfahrungen folgende Nachteile:

- Der Siebboden ist teuer und schwierig herzustellen. Er muß sehr viele und kleine Öffnungen aufweisen, die jedoch leicht zu Verstopfungen neigen.
- Vorversuche haben gezeigt, daß sich die Gasbläschen nicht an die freien Stärkekörner der Bodenschicht anlagern, so daß eine Vermischung nur durch den Staudruck, nicht aber durch den Auftrieb stattfinden kann. Deshalb wäre ein großer Gasdurchsatz erforderlich, der, wie weitere Versuche gezeigt haben, zu starker Schaumbildung auf der Flüssigkeitsoberfläche /4/ führt. Bei vollem Behälter dringt der Schaum in die Gasausgleichventile ein und verstopft den Kompressor. Entschäumungsmittel führten bisher zu keinem Erfolg.

Bei den mechanischen Prinzipien haben grundsätzlich die Rotationsbewegungen den Vorzug. An einer senkrechten zentralen Welle werden entweder langsamlaufende Gitter-, Blatt- bzw. Ankerrührwerke oder schnelllaufende Propeller- rührwerke angebracht.

Die langsamlaufenden Rührwerkzeuge sind dabei so auszubilden, daß damit jeder geometrische Ort des Behälters erreicht wird. Die Werkzeugflächen werden so ange stellt, daß eine senkrechte Kraftkomponente entsteht.

Die verhältnismäßig schnelllaufenden Rührpropeller sollten entsprechend den vorliegenden Erfahrungen für die zähen Suspensionen mindestens den halben Behälterdurchmesser bestreichen. Weiterhin müssen wegen des flachen Einfluß- ellipsoids mehrere Propeller übereinander auf der Welle angeordnet werden. Bei kleinerem Propellerdurchmesser und

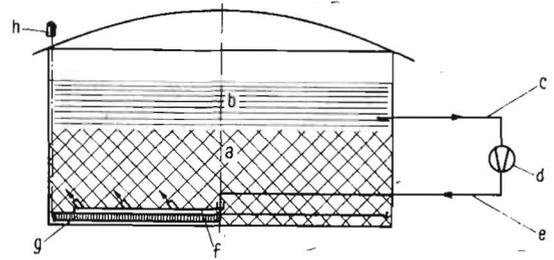


Bild 3. Schema einer Homogenisierungseinrichtung, bestehend aus umlaufendem Rührer und umlaufenden Düsen; a . . . e s. Bild 2, f umlaufende Strahldüsen, g mechanischer, umlaufender Rührer, h Rührerantrieb

entsprechender Erhöhung der Drehzahl werden die Radialkräfte weit größer als die Axialkräfte und hierdurch das Einflußellipsoid noch flacher.

Anstelle eines zentralen Rührwerkes können auch Stchrührwerke waagrecht oder schräg in die Behälterwand in mehreren Höhen eingebaut werden.

Die kleinen Propellerührwerke können außerdem auf einer Brücke umlaufen.

Literaturauswertungen und Konsultationen ergaben, daß aus energetischen Gründen bei großen Behältern die Laminarströmung und folglich das langsamlaufende Gitterrührwerk oder das langsamlaufende Propellerührwerk mit großem Propellerdurchmesser zu bevorzugen sind /5/. Ungünstig ist allerdings bei diesen rein mechanischen Lösungen mit ihren geringen Drehzahlen und der daraus folgenden geringen Strömungsgeschwindigkeit im Behälter, daß die Feststoffteilchen der Suspension durch ununterbrochenen Betrieb ständig in Schwebelage gehalten werden müssen und abgesetzte Stärke erfahrungsgemäß nicht mehr aufgerührt werden kann.

Bei allen hydraulischen Homogenisierungseinrichtungen ist die Wirkkomponente der Staudruck, der durch Einpumpen einer Flüssigkeit, am günstigsten der niedrig viskosen oberen Flüssigkeitsschicht, erzeugt wird.

Am gebräuchlichsten sind Strahldüsen mit kreisrundem Querschnitt. In der Erdölindustrie verwendet man zum Aufspülen der Paraffinschicht auf dem Behälterboden Spülköpfe mit Rundumaustritt eines flachen Flüssigkeitsstrahls /6/. Die Düsen werden entweder fest in den Behälter eingebaut oder laufen an speziellen Einrichtungen um.

Grundsätzlich sollten bei Strahldüsen an der Austrittsfläche und an der Grenzfläche zwischen Flüssigkeitsstrahl und ruhender Flüssigkeit möglichst wenig Randwirbel entstehen. Das bedeutet, daß man auch bei Strahldüsen möglichst im Laminar- und Übergangsbereich arbeiten und Behälterflächen, z. B. den Behälterboden oder zusätzliche Einbauten, zur Führung des Strahles benutzen sollte.

Der Wirkungsbereich einer einzelnen Strahldüse stellt bei freier Abstrahlung in die Flüssigkeit ein Ellipsoid ähnlich dem Einflußbereich eines Propellerührwerkes dar.

Bei der geometrischen Anordnung der Düsen im Behälter ist darauf zu achten, daß sich die Einflußbereiche überdecken.

Eine tangentielle Anordnung von mehreren Strahldüsen, die den Behälterinhalt in eine zusätzliche kreisende Bewegung versetzen und dadurch den Mischeffekt erhöhen soll, bringt nicht den gewünschten Effekt, weil sich in der Behältermitte das Gut am Boden ablagert.

Aus den Überlegungen geht hervor, daß

- man generell mit geringen Strömungsgeschwindigkeiten und bei Rührwerken mit günstigen Profilen arbeiten sollte, um möglichst viel Energie in Druck - vorzugsweise von unten nach oben - umzusetzen;
- man im unteren Bereich des Behälters sehr intensiv aufrühren muß;

- vorzugsweise kombiniert, d. h. mit umlaufenden mechanischen Elementen, deren Wirkung durch zusätzlich eingebaute Spüldüsen erhöht wird, zu arbeiten ist;
- jedoch bei ausschließlicher Verwendung fester Einbauten nur hydraulische Strahldüsen in Frage kommen.

### Wirksamkeit realisierbarer technischer Lösungen

Für eine Vorausberechnung der Homogenisierungseinrichtungen reichen die vorhandenen Kenntnisse nicht aus. Es sind deshalb gezielte Versuche nötig.

Neben speziellen Versuchen zur genaueren Bestimmung der Gutseigenschaften und der Wechselwirkung zwischen Rührwerken oder Düsen einerseits und dem Behälter und dem Lagergut andererseits, wurden aufgrund der von Spezialisten mit ähnlichen Medien gewonnenen Erfahrungen verschiedene technische Lösungen näher betrachtet. Hierbei zeigte sich, daß die stationäre Variante (Bild 2) oder die Variante mit umlaufendem Räumler und Zusatzdüsen (Bild 3) sowohl von energetischer Seite, als auch besonders aufgrund des technischen Aufwandes und des zu erwartenden geringen Pflege- und Wartungsaufwandes sowie der relativ hohen Unempfindlichkeit gegen Störungen am günstigsten sind. Dabei wird die oberste Schicht als Spülflüssigkeit benutzt und das Spülsystem so ausgelegt, daß es bis zur vollständigen Homogenisierung trotz ständig steigender Viskosität der Spülflüssigkeit funktionsfähig bleibt. Die technischen Untersuchungen an diesen beiden Varianten stellen deshalb den Schwerpunkt bei den weiteren Untersuchungen dar.

### Zusammenfassung

Die funktionssichere ökonomische Lösung des Problems der Homogenisierung stellt das zentrale technische Problem für

die Projektierung von Anlagen und damit für die Realisierung des Verfahrens zur chemischen Konservierung roher zerkleinerter Kartoffeln dar. Die Entscheidung über den Mindestaufwand an Investitionen, den Anschlußwert und Energieaufwand für Großbehälter kann nur durch praktische Versuche erfolgen.

Da diese Versuche sehr aufwendig und zeitraubend sind, wurde aufgrund vorliegender Erfahrungen eine Vorauswahl getroffen, wonach zwei Varianten, eine hydraulische und eine mechanisch-hydraulische Ausführung, näher zu untersuchen sind.

Aufgrund der vorhandenen Probleme kann das Verfahren zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht in die landwirtschaftliche Praxis eingeführt werden.

### Literatur

- [1] Weißbach, F., u. a.: Naturwissenschaftliche und technologische Grundlagen eines Verfahrens zur chemischen Konservierung von Futterbackfrüchten. Forschungsbericht aus dem OKI Rostock, 1969, unveröffentlicht.
- [2] Weißbach, F., u. a.: Verfahren zur Herstellung einer Kartoffelsilomasse für Futterzwecke. WP 59 682, Kl. 53 g, Gr. 5/02.
- [3] Weißbach, F., u. a.: Ein neues Verfahren zur Konservierung und Aufbereitung von Kartoffeln für die Schweinefütterung. Feldwirtschaft, Berlin 9 (1968), H. 8, S. 360 bis 363.
- [4] Schulz, D., und Weißbach, F.: Ergebnisse der Prüfung der Pilotanlage zur chemischen Konservierung von Futterbackfrüchten in den Jahren 1968/69. Teilabschlussbericht aus dem OKI Rostock, 1969, unveröffentlicht.
- [5] —: Einschätzung der Brauchbarkeit möglicher technischer Lösungen zur Homogenisierung chemisch konservierter zerkleinerter Kartoffeln. Zwischenbericht aus dem IML Potsdam-Bornim, 1970, unveröffentlicht.
- [6] Freitag, H.: Homogenisierung von Kartoffelrohsilage. Zwischenbericht aus dem IML Potsdam-Bornim, 1969, unveröffentlicht.

A 8087

## Nicht einwandfreies Gerüstmaterial führt zu erheblichen Arbeitsunfällen und gefährdet Menschenleben

Besonders in der letzten Zeit häufen sich Meldungen von Arbeitsunfällen im Bauwesen, die durch Bruch von Belagbohlen bzw. Gerüstmaterial hervorgerufen werden.

So ereignete sich am 11. September 1969 ein schwerer Arbeitsunfall beim Baugeschäft Schröder, Annaburg, als beim Verlegen eines Fenstersturzes plötzlich eine Belagbohle brach und der Brigadier O. in die Tiefe fiel. Durch den Sturz zog er sich Rippenbrüche und Prellungen am Oberschenkel zu. Die Ursache war ein quer durch die Bohle verlaufender Flügelast. Bei der Beachtung der Arbeitsschutzanordnung (ASAO) 331/1 § 22:

... Das Gerüstmaterial, wie Stangen-, Kant- und Rundhölzer, Bohlen, Verbindungsmittel usw., muß unbeschädigt und zweckmäßig sein. Es sind ständig, insbesondere vor jedem Gerüstaufbau, Überprüfungen der Brauchbarkeit des Materials durchzuführen ..."

sowie der TGL 118/4420 - Gerüstordnung - unter 4.1.1.:

... Bei allen Arbeiten dürfen nur gute zweckentsprechende Gerüstbaustoffe, Geräte und Werkzeuge verwendet werden. Sie sind laufend durch Fachleute auf ihre Brauchbarkeit zu prüfen ..." und 4.1.2.:

... Das Gerüstholz muß den geforderten Güteklassen für Bauholz entsprechen ..."

hätte diese Belagbohle gar nicht erst für den Gerüstbau Verwendung finden dürfen.

Ein weiterer Arbeitsunfall ereignete sich am 15. Oktober 1969 im Betrieb Doil und Sohn, wo ein Bauarbeiter vom zu erstellenden Gerüst fiel, weil ebenfalls eine Belagbohle brach. Auch hier waren die Folgen Rippenbrüche und Verletzungen am Kopf.

Die Ursache lag hier bei der Verwendung von Belagbohlen minderer Qualität. Hierbei kann es sich auch um Holz aus Windbruchgebieten, das zu Bauschnittholz bzw. Gerüstmaterial eingeschnitten wurde, handeln.

Um diesen Gefahren und Arbeitsunfällen vorzubeugen und Menschen vor erheblichen Schäden zu schützen, ist es dringend erforderlich, daß sämtliche Baubetriebe, Zwischengenossenschaftliche Bauorganisationen, LPG-Baubrigaden, Feierabendbrigaden usw. sofort in ihren Bereichen überprüfen, wie

...unter Beachtung der vom Minister für Bauwesen erlassenen Rahmenordnung der Materialwirtschaft auf Baustellen vom 1. Januar 1965, Abschn. IV, Ziffer 3 (Verfügung und Mitteilung des Ministeriums für Bauwesen Nr. 4/1965), angeliefertes Gerüstholz sowie Bauholz für tragende Konstruktionssteile einer ordnungsgemäßen Prüfung unterzogen werden, um Holzmaterial, das Stauchungserscheinungen im Faserverlauf

aufweist, auszusortieren und eine Mängelrüge beim Lieferbetrieb geltend zu machen."

Die gesetzlichen Grundlagen hierfür bilden die Gütebedingungen der TGL 117-0767 - Bauschnittholz - sowie die TGL 118-4420 Punkt 4.1.2. Faserstauchungen, die eine Festigkeitsminderung verursachen, sind bei Gütekontrolle nicht zuzulassen.

Bei Unklarheiten, Beurteilung oder Begutachtung ist das Institut für Forstwissenschaften Eberswalde zu konsultieren.

In diesem Zusammenhang wird auch gleichzeitig auf die neue Arbeitsschutzanordnung (ASAO) 331/2 - Hochbau, Tiefbau und Ausbauarbeiten - vom 15. Juli 1969 verwiesen, die ab 1. Januar 1970 in Kraft ist und im § 34 ebenfalls den Gerüstauf- und -abbau regelt.

Das Hauptproblem liegt in der unbedingten Einhaltung aller Maßnahmen, die sich aus der TGL 118-4420 ergeben sowie der konkreten Festlegungen aus der ASAO 331/2:

„Der Auf- und Abbau der Gerüste darf nur unter fachmännischer Aufsicht erfolgen. Sämtliche Gerüstelemente sind von dem leitenden Mitarbeiter vor Verwendung auf ihre Beschaffenheit zu überprüfen. Beschädigte oder verformte Gerüstelemente sind zu reparieren oder von der Verwendung auszuschließen; sie sind entsprechend zu kennzeichnen.“

Bei folgenden Gerüstbauarbeiten sind zusätzliche Sicherungsmaßnahmen zu treffen:

- Beim Aufstocken von Ständern, Ständerrahmen und Leitern.
- bei Entgegennahme des Gerüstmaterials an der Außenkante,
- beim Verlegen der ersten Standfläche über 2 m Höhe,
- bei der Anbringung der Trag- und Unterkonstruktion und des Schutzgeländers von Hänge- und Auslegergerüsten,
- beim Anbringen der Längsverstrebungen des Gerüsts.

Gerüste dürfen nicht benutzt werden, bevor sie fertiggestellt und freigegeben sind. Veränderungen an Gerüsten dürfen nach der Freigabe nur durch den Hersteller bzw. im Einvernehmen mit dem Hersteller durchgeführt werden.

Die Gerüste sind laufend vom Benutzer zu überwachen.

... Das Beheben der Schäden und Mängel sowie die Wiederfreigabe der Gerüste erfolgt durch den Gerüsthersteller ..."

Die Beachtung und Durchsetzung dieser konkreten Maßnahmen wird wesentlich zur Beseitigung von Arbeitsunfällen auch im ländlichen Bauwesen beitragen.

Ing. oec. H. ODER

A 7867