

- [ 16 ] *Radajewski, W., P. Jolly u. G.Y. Abawi:* Grain drying in a continuous flow drier supplemented with a microwave heating system. Journal of Agricultural Research Bd. 41 (1988) S. 211/25.
- [ 17 ] *Dorn, F.:* Physik. Hannover: Schroedel-Verlag 1975.
- [ 18 ] *Euler, G.:* Mikrowellenanwendungen für die Industrie. Hamburg: Handbuch der Fa. Valvo 1971.
- [ 19 ] *Püschner, H.:* Wärme durch Mikrowellen. Eindhoven: Technische Bibliothek der Fa. Philips 1964.
- [ 20 ] *N.N.:* Dauerstrichmagnetrons. Hamburg: Datenbuch der Fa. Valvo 1985, modifiziert nach: *Euler, G.:* Messungen und Entwicklungsgesichtspunkte für Mikrowellengeräte mit Dauerstrichmagnetrons. Hamburg: Handbuch der Fa. Valvo 1978.
- [ 21 ] *Schlegel, H.G.:* Allgemeine Mikrobiologie. Stuttgart: Thieme-Verlag 1981.

## Beurteilung nicht quantifizierbarer Verfahrensparameter von Feuchtgetreidekonservierungsverfahren mit der Nutzwertanalyse

Von Thomas Jungbluth, Stuttgart-Hohenheim\*)

DK 664.8.032:664.8.035.7:330.133

In der Bundesrepublik Deutschland werden je nach Klimaregion zwischen 50 und 85 % der gesamten Getreidemenge in einem Zustand geerntet, der vor der Lagerung eine Konservierung notwendig macht. Berücksichtigt man zusätzlich, daß mehr als 50 % des geernteten Getreides in der tierischen Produktion veredelt werden, so ist zu erwarten, daß die sogenannten Feuchtkonservierungsverfahren zunehmend Bedeutung erlangen werden. Es war daher notwendig, die bekannten Verfahren zu beurteilen. An diesem Beispiel wird das Einbeziehen nicht direkt quantifizierbarer Parameter mittels einer Nutzwertanalyse vorgestellt.

### 1. Einleitung

Am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim wurden langjährige Untersuchungen zur Beurteilung von Konservierungsverfahren für Feuchtgetreide und CCM durchgeführt. Es sollten bekannte Verfahren überprüft werden und aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse ggf. neue Verfahren entwickelt werden. Ziel und Gliederung der Untersuchung sind in **Bild 1** dargestellt. Die Ergebnisse der Versuche im Labor, halbtechnischen und technischen Maßstab sowie der Fütterungsversuche wurden bereits veröffentlicht [1, 2, 3, 4].

Zur ökonomischen Einordnung der Verfahren wurde, aufbauend auf den Ergebnissen der eigenen Untersuchungen, eine Kostenvergleichsrechnung durchgeführt, deren Ergebnisse in **Tafel 1** zusammengefaßt sind [5].

### 2. Aufgabenstellung

Bei reiner Kostenvergleichsrechnung ist von funktionsgleichen Anlagen auszugehen [6]. Da dies bei den betrachteten Verfahren nicht uneingeschränkt der Fall ist, sollen neben dem Ziel der Kostenminimierung auch weitere Ziele mit berücksichtigt werden, die jedoch zu einem großen Teil nicht quantifizierbar sind, sondern als qualitative Werturteile formuliert sind.

Die Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert, der an dieser Stelle gedankt sei.

\*) Prof. Dr. T. Jungbluth und Prof. Dr. Th. Bischoff leiten am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim das Fachgebiet "Verfahrenstechnik in der Tierproduktion und landwirtschaftliches Bauwesen".

ZIEL: Beurteilung von Feuchtgetreidekonservierungsverfahren

#### Erweiterung des Kenntnisstandes

Bestimmung optimaler Verfahrensparameter (Laborversuch)

- Vermahlungsgrad
- Gutfeuchte
- aerobe Stabilität

Überprüfung der Verfahren (technischer Maßstab)

- Konservierungsverlauf
- Fütterungsversuche

#### Verfahrensbeurteilung

- Kostenvergleichsrechnung
- Nutzwertanalyse

**Bild 1.** Ziel und Gliederung der Untersuchungen zur Beurteilung von Verfahren der Feuchtgetreidekonservierung.

Verfahren		Konservierungskosten (DM/dt) bei Lagerkapazität von ...		
		200 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>	600 m <sup>3</sup>
Hochsilo, gasdicht	A 1	6,26	4,16	3,47
Flüssigkonservierung	A 2	10,53	6,82	6,19 <sup>*)</sup>
Flachsilo				
o. Propions., Eigenbau	A 3	6,93	5,78	5,41
" " Unternehmer		7,45	6,22	5,80
m. Propions., Eigenbau	A 4	8,90	7,39	6,90
" " Unternehmer		9,42	7,83	7,29
Hochsilo, nichtgasd.	A 5	6,37	4,19	3,48

\*) 500 m<sup>3</sup>

**Tafel 1.** Gesamtkosten verschiedener Verfahren zur Feuchtgetreidekonservierung bei unterschiedlicher Lagerkapazität.

### 3. Methodische Grundlagen

Methoden zur Beurteilung solcher Alternativen beruhen auf deren Vergleich in einer Matrix [7, 8] und versuchen qualitative und quantitative Aussagen – wie z.B. zur Wirtschaftlichkeit – zu einer Gesamtaussage zu verbinden. Ein sehr weit entwickeltes Instrument zur Zusammenfassung solcher Teilziele stellt die Nutzwertanalyse dar.

”Die Nutzwertanalyse ist die Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend der Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung dieser Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen.” (Zangemeister [9]).

Die Nutzwertanalyse dient damit als Hilfsmittel zur Beurteilung und Erhöhung der Transparenz von Entscheidungen, nicht zur Entscheidungsfindung selbst (Kunze u.a. [10]). Die Kriterien zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit können als ein Zielkriterium eingearbeitet sein. In der industriellen Praxis erfolgt jedoch in letzter Zeit meist eine getrennte Betrachtung.

Die Nutzwertanalyse hat aufgrund ihrer vielseitigen Einsatzmöglichkeit Anwendung bei der Planung großer Investitionsprogramme [11] sowie bei der Raum- und Städteplanung [10, 12] gefunden. Aus dem Bereich der Landwirtschaft, speziell der Verfahrenstechnik in der Tierproduktion, liegen Arbeiten von Bendull u. Dahse [13], Lorenz [14] und Jungbluth [15] vor.

Der Grundgedanke der Nutzwertanalyse beruht auf dem Prinzip der Bewertung. Es gilt die Annahme, daß jeder Entscheidungsträger jederzeit eine Anzahl von Handlungsmöglichkeiten, die sogenannten Alternativen, besitzt. Diese Alternativen verursachen nach ihrer Durchführung ”Konsequenzen”, die beurteilt bzw. bewertet werden sollen. Das Ergebnis der Bewertung spiegelt den Wert wider, den die Konsequenzen für den Entscheidungsträger besitzen. Der sogenannte Nutzen stellt also eine Art des ”Wertvoll-Seins” für den Entscheidungsträger dar [10].

Die Nutzwertanalyse erfolgt in fünf Schritten:

1. Alternativenvorauswahl
2. Definition des Zielsystems und Bestimmung der Zielkriterien
3. Zielkriteriengewichtung
4. Nutzwertermittlung
5. Ergebnisbeurteilung,

wobei im 5. Schritt lediglich eine Beurteilung vorgenommen und keine Entscheidung getroffen wird. Die Entscheidung für eine Alternative ist nicht mehr Bestandteil der Nutzwertanalyse.

### 4. Durchführung einer Nutzwertanalyse

#### 4.1 Alternativenvorauswahl

Für die Prüfung mittels Nutzwertanalyse müssen aus der Vielzahl der denkbaren Lösungsmöglichkeiten geeignete Alternativen gewählt werden. Diese müssen grundsätzlich realisierbare Lösungen für die gleiche Zielsetzung darstellen. Alternativen sind dabei als Handlungsmöglichkeiten zu verstehen. Bestehen seitens des Entscheidungsträgers bereits Präferenzen für eine oder mehrere Alternativen, so besteht die Möglichkeit der Alternativenvorgewichtung.

Im vorliegenden konkreten Fall stehen einem landwirtschaftlichen Unternehmer zur Erzeugung von Futter für die Mastschweinehaltung folgende Alternativen der Feuchtreisdekonserverung zur Verfügung:

- A 1 – Konservierung ganzer Körner im gasdichten Stahlhochsilo
- A 2 – Konservierung von geschrotetem Getreide unter Wasserzusatz im Stahlhochsilo
- A 3 – Konservierung von geschrotetem Getreide im Fahrsilo
- A 4 – Konservierung von geschrotetem Getreide im Fahrsilo mit Propionsäurezusatz
- A 5 – Konservierung von geschrotetem Getreide im nicht-gasdichten Holzhochsilo.

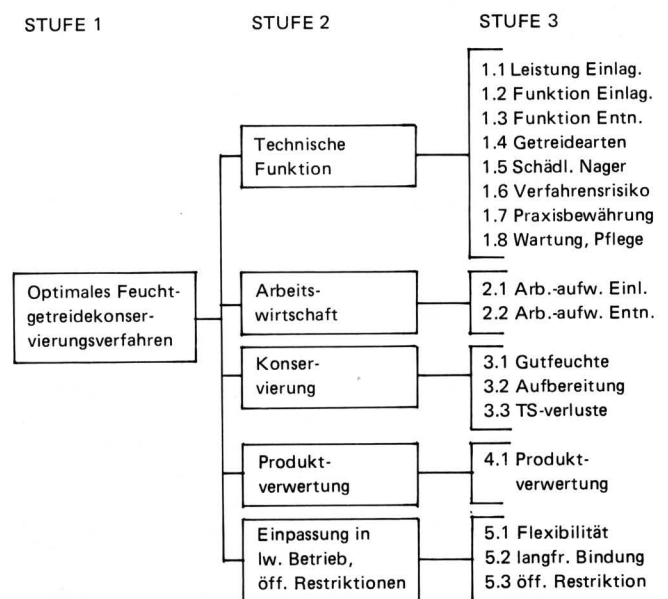
Die aufgeführten Alternativen erfüllen die Ansprüche an Vergleichbarkeit und Realisierbarkeit. Sie können daher einer nutzwertanalytischen Beurteilung unterzogen werden. Es wird unterstellt, daß keine Präferenzen bzgl. einer oder mehrerer Alternativen bestehen.

#### 4.2 Definition des Zielsystems und Bestimmung der Zielkriterien

Die sachgerechte Definition und Auswahl des Zielsystems stellt die Voraussetzung für die Durchführung der Nutzwertanalyse dar. Dabei besteht das Zielsystem nach Zangemeister [9] ”... aus der geordneten Menge aller handlungsbestimmenden Ziele, die bei der Ableitung einer rationalen Entscheidungsempfehlung zu berücksichtigen sind.” Dabei ist die Auswahl des richtigen Zielsystems Voraussetzung für die Erstellung des korrekten Lösungsansatzes. ”Es ist infolgedessen eine grundlegende Aufgabe der praktischen Nutzwertanalyse, Ziele aufzufinden und diese systematisch so zu ordnen, daß der Bewertung ein situationsgerechtes und modellgerechtes Zielsystem zugrunde gelegt werden kann. Ein Zielsystem ist situationsgerecht, wenn es vollständig ist, so daß keine wesentlichen Gesichtspunkte bei der Bewertung unberücksichtigt bleiben. Modellgerecht ist ein Zielsystem in diesem Zusammenhang dagegen, wenn die der Bewertung einzeln zugrunde gelegten Ziele so definiert werden, daß die Annahme ihrer bedingten Nutzenunabhängigkeit gerechtfertigt ist,” [9]. Bedingte Nutzenunabhängigkeit liegt vor, wenn die Zielerreichungsgrade auf ein entscheidungsrelevantes Intervall beschränkt werden und dann zwischen zwei Kriterien Nutzenunabhängigkeit besteht [6]. Eine vollkommene Nutzenunabhängigkeit ist nicht erreichbar [9].

Des weiteren sei in diesem Zusammenhang auf die Vermeidung von Mehrfachbeurteilungen durch unscharf gewählte Kriterien hingewiesen. Mehrfachbeurteilungen lassen sich durch Zusammenfassen von Zielkriterien vermeiden oder, falls die Zielkriterien substitutiv sind, durch Elimination aller Kriterien bis auf eines.

Für das Entscheidungsproblem ”Ermittlung des optimalen Feuchtreisdekonserverungsverfahrens für die Schweinemast” ist in **Tafel 2** ein dreistufiges Zielsystem mit den Zielkriterien dargestellt. Dabei wird von vollständiger Zielhierarchie entsprechend der Mittel-Zweck-Beziehung ausgegangen. Ein Oberziel ist danach dann erreicht, wenn sämtliche direkt untergeordneten Unterziele erreicht werden. Die Bewertung der Alternativen erfolgt daher auf der untersten Ebene der Zielhierarchie anhand der dort definierten Zielkriterien [9].



**Tafel 2.** Zielsystem zur Ermittlung eines optimalen Verfahrens zur Feuchtreisdekonserverung für die Schweinemast.

### 4.3 Zielkriteriengewichtung

Die einzelnen Zielkriterien haben für den Entscheidungsträger nicht jeweils die gleiche Bedeutung. Daher werden sowohl die Einzelkriterien (Stufe 3) als auch die auf der Ebene von Stufe 2 als Kriteriengruppen zusammengefaßten Zwischenziele einer Gewichtung unterzogen. Hier stehen als Verfahren die

- direkte Intervallskalierung,
  - indirekte Intervallskalierung und
  - Verhältnisskalierung (Methode der sukzessiven Vergleiche)
- zur Verfügung [6, 9].

Im vorliegenden Fall wurden die Zwischenziele untereinander mit der Methode der sukzessiven Vergleiche vorgewichtet, um eine Verhältnisskalierung in Abhängigkeit von den Prämissen des Entscheidungsträgers zu erreichen. Innerhalb der Gruppen auf Stufe 3 wurde nach dem Prinzip der Intervallskalierung ein 100-Punkte-Vorrat auf die einzelnen Teilkriterien nach der vom Entscheidungsträger erachteten Wichtigkeit verteilt, **Tafel 3**. Der Gewichtungsfaktor ist jeweils das Produkt aus Gruppengewicht und Kriteriengewicht. Bei der Durchführung der Gewichtung der Gruppen wurde die technische Funktion am höchsten bewertet. Auch innerhalb dieser Gruppe erhielten die Kriterien, die diese Funktion direkt beschreiben, die höchste Gewichtung. Ebenfalls von großer Bedeutung ist der arbeitswirtschaftliche Aspekt, da zum einen während der Ernte eine Arbeitsspitze zu bewältigen ist, zum anderen die Entnahme von Futter täglich durchzuführen ist. Die Kriteriengruppen "Konservierungsverlauf", "Produktverwertung" und "Einpassung in den landwirtschaftlichen Betrieb und öffentliche Restriktionen" wurden weniger stark gewichtet, da sie in ihrer Wirkung vom Anlagenbetreiber durch geeignete Maßnahmen mitgesteuert werden können.

Kriterien	Gruppengewicht	Kriteriengewicht	Gewichtungsfaktor
<b>1 Technische Funktion</b>	0,43		
1.1 Leistung Einlagerung		10	4,3
1.2 Funktion Einlagerung		20	8,6
1.3 Funktion Entnahme		20	8,6
1.4 Getreidearten		10	4,3
1.5 Schädli. Nager		10	4,3
1.6 Verfahrensrisiko		20	8,6
1.7 Praxisbewährung		5	2,15
1.8 Wartung, Pflege		5	2,15
<b>2 Arbeitswirtschaft</b>	0,30		
2.1 Arb.-aufw. Einlagerung		50	15,0
2.2 Arb.-aufw. Entnahme		50	15,0
<b>3 Konservierungsverlauf</b>	0,11		
3.1 Gutfeuchte		20	2,2
3.2 Aufbereitung		20	2,2
3.3 TS-verluste		60	6,6
<b>4 Produktverwertung</b>	0,07		
4.1 Produktverwertung		100	7,0
<b>5 Einpassung in lw. Betrieb u. öffentl. Restriktionen</b>	0,09		
5.1 Flexibilität		50	4,5
5.2 langfr. Bindung		20	1,8
5.3 öffentl. Restriktion		30	2,7
<b>Summe</b>	<b>1,0</b>		<b>100</b>

**Tafel 3.** Gewichtung der Gruppen und der einzelnen Kriterien für die Bewertung der Konservierungsverfahren.

Die Kriteriengewichtung wurde aufgrund der eigenen Untersuchungen sowie der Kenntnis des Entscheidungsträgers über zahlreiche Anlagen in der landwirtschaftlichen Praxis vorgenommen.

Zusätzlich wurde eine Abstimmung mit einem Expertenteam vorgenommen, das über langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Feuchtgetreidekonservierung verfügt.

Klasse	I	II	III	IV	V
Teilnutzen	5	4	3	2	1
<b>1 Technische Funktion</b>					
1.1 Ist Einlagerungstechnik mit ausreichender Leistung verfügbar?	>10 t/h	8-10 t/h	6-8 t/h	4-6 t/h	<4 t/h
1.2 Ist die Funktionssicherheit der Einlagerungstechnik gewährleistet?	voll funktionsf.	Störungen selten	durchschnittl.	häufig Störungen	regelmäßig Störungen
1.3 Ist die Funktionssicherheit der Entnahmetechnik gewährleistet?	voll funktionsf.	Störungen selten	durchschnittl.	häufig Störungen	regelmäßig Störungen
1.4 Ist das Verfahren für alle Getreidearten geeignet?	uneingeschränkt	eingeschränkt	möglich	kaum möglich	nicht möglich
1.5 Besteht Gefahr für Verluste durch Nagetiere und bestehen Abhilfemöglichkeiten?	keine	kaum	normal	häufig	sehr oft
1.6 Wie hoch ist das Verfahrensrisiko?	kein	geringes	normal	hoch	sehr hoch
1.7 Ist die Verfahrenskette praxisbewährt?	vielfältig eingesetzt	relativ häufig	durchschnittl.	noch kaum	gar nicht
1.8 Wie hoch ist der Aufwand für Wartung und Pflege?	keiner	gering	durchschnittl.	relativ hoch	sehr hoch
<b>2 Arbeitswirtschaft</b>					
2.1 Wie hoch ist der Arbeitsaufwand bei der Einlagerung?	sehr niedrig	niedrig	normal	hoch	sehr hoch
2.2 Wie hoch ist der Arbeitsaufwand bei der Entnahme?	sehr niedrig	niedrig	normal	hoch	sehr hoch
<b>3 Konservierungsverlauf</b>					
3.1 Ist der Konservierungsverlauf von der Gutfeuchte abhängig?	keine Abhängigkeit	kaum abhängig	Abhängigkeit weniger hoch	Abhängigkeit hoch	bestimmte F. unabdingbar
3.2 Ist der Konservierungsverlauf von der Aufbereitung abhängig?	keine Abhängigkeit	kaum abhängig	Abhängigkeit weniger hoch	Abhängigkeit hoch	bestimmte A. unabdingbar
3.3 Wie hoch sind die Trockensubstanzverluste?	≤2 %	>2-≤5 %	>5-≤8 %	>8-≤10 %	>10 %
<b>4 Produktverwertung</b>					
4.1 Sind Mast- und Schlachtleistungen mit denjenigen von Trockenge treide vergleichbar?	besser als Trockengetreide	entspricht Trockengetreide	geringer als Trockengetreide	wesentlich geringer	Futter wird teilw. nicht verwertet
<b>5 Einpassung in den landw. Betrieb und öffentliche Restriktionen</b>					
5.1 Ist eine alternative Verwendung des Lagerraumes möglich?	sehr gut	gut	unter Aufwand	unter hohem Aufwand	nicht möglich
5.2 Wie stark ist die langfristige Bindung an das Produktionsverfahren?	keine	kaum	mäßig	weniger hoch	hoch
5.3 Sind Restriktionen beim Genehmigungsverfahren zu erwarten?	nicht möglich	nicht zu erwarten	kaum zu erwarten	häufig zu erwarten	regelmäßig zu erwarten

**Tafel 4.** Definition der Zielerreichungsklassen in bezug auf die Teilnutzenwerte.

#### 4.4 Nutzwertermittlung

In **Tafel 4** sind für die aus der Zielstruktur abgeleiteten Kriterien die Zielerreichungsklassen definiert und den Teilnutzenwerten (Zeile 2) zugeordnet. In **Tafel 5** sind für die alternativen Konservierungsverfahren die Teilnutzenwerte nach **Tafel 4** und der jeweilige gewichtete Teilnutzen aufgeführt.

Die Definition der Zielerreichungsklassen und die Einordnung der Verfahren wurden wiederum im Expertenteam abgestimmt.

Kriterium	Gewicht	Teilnutzen					gewichteter Teilnutzen				
		A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
1.1	4,30	5	1	2	2	2	21,5	4,3	8,6	8,6	8,6
1.2	8,60	4	1	2	2	2	34,4	8,6	17,2	17,2	17,2
1.3	8,60	4	1	3	3	2	34,4	8,6	25,8	25,8	17,2
1.4	4,30	3	5	5	5	5	12,9	21,5	21,5	21,5	21,5
1.5	4,30	5	5	2	2	5	21,5	21,5	8,6	8,6	21,5
1.6	8,60	2	5	3	4	4	17,2	43,0	25,8	34,4	34,4
1.7	2,15	4	2	2	2	1	8,6	4,3	4,3	4,3	2,2
1.8	2,15	4	4	3	2	3	8,6	8,6	6,5	4,3	6,5
Zwischensumme Gr. 1 (Techn. Funktion)							159,1	120,4	118,3	124,7	129,1
2.1	15,00	5	2	1	1	2	75,0	30,0	15,0	15,0	30,0
2.2	15,00	5	5	1	1	5	75,0	75,0	15,0	15,0	75,0
Zwischensumme Gr. 2 (Arbeitswirtschaft)							150,0	105,0	30,0	30,0	105,0
3.1	2,20	5	5	1	3	1	11,0	11,0	2,2	6,6	2,2
3.2	2,20	5	1	3	3	3	11,0	2,2	6,6	6,6	6,6
3.3	6,60	4	2	1	4	2	26,4	13,2	6,6	26,4	13,2
Zwischensumme Gr. 3 (Konserv.verlauf)							48,4	26,4	15,4	39,6	22,0
4.1	7,00	4	2	4	4	4	28,0	14,0	28,0	28,0	28,0
Zwischensumme Gr. 4 (Produktverwert.)							28,0	14,0	28,0	28,0	28,0
5.1	4,50	2	3	5	5	3	9,0	13,5	22,5	22,5	13,5
5.2	1,80	1	1	5	5	4	1,8	1,8	9,0	9,0	7,2
5.3	2,70	2	2	4	4	3	5,4	5,4	10,8	10,8	8,1
Zwischensumme Gr. 5 (Einpass., Restrikt.)							16,2	20,7	42,3	42,3	28,8
Gesamtnutzen							401,7	286,5	234,0	264,6	312,9
relativer Gesamtnutzen (%)							80,3	57,3	46,8	52,9	62,6

**Tafel 5.** Bewertung der geprüften Alternativen durch Zuordnung des Teilnutzenwertes nach **Tafel 4** sowie Berechnung des gewichteten Teilnutzens und des Gesamtnutzens.

#### 4.5 Ergebnisse

Das Ergebnis der Nutzwertanalyse geben die letzten zwei Zeilen von **Tafel 5** wieder. Den höchsten Gesamtnutzen weist demnach Alternative A 1 – Konservierung ganzer Körner in gasdichten Hochsilos – auf. Dies ist insbesondere auf die Überlegenheit im Bereich der hoch bewerteten Kriteriengruppen "Technische Funktion" und "Arbeitswirtschaft" zurückzuführen.

Während im Bereich "Technische Funktion" die vier anderen Verfahren etwa gleich bewertet wurden, schneiden im Bereich der Arbeitswirtschaft die Flachsilovarianten (A 3 und A 4) erheblich schlechter ab.

In der Kriteriengruppe "Konservierungsverlauf" stellt sich wieder Alternative A 1 am günstigsten dar. Ebenfalls hoch bewertet wurde Alternative A 4 (Konservierung im Fahrsilo mit Propionsäurezusatz). Bei Alternative A 3 schlagen sich unsicherer Konservierungsverlauf bei Feuchten über 20 % sowie relativ hohe Trockensubstanzverluste nieder.

Ausgehend von der Tatsache, daß feuchtkonserviertes Getreide aus allen Verfahren praktisch gleich gut verwertet wird, mußten in der Kriteriengruppe "Produktverwertung" doch bei Alternative A 2 Abstriche gemacht werden, weil das Futter schlechter aufgenommen wird.

In der weniger stark gewichteten Kriteriengruppe "Einpassung in den landwirtschaftlichen Betrieb und öffentliche Restriktionen" haben die Flachsilo (A 3 und A 4) bezüglich Flexibilität und zu erwartender Restriktionen seitens der Baubehörden deutliche Vorteile.

Im Gesamtvergleich ist zu bemerken, daß trotz Abstrichen im technischen Bereich die automatisierbaren Alternativen A 2 und A 5 noch höher bewertet wurden als die Fahrsilovarianten.

#### 5. Gesamtbeurteilung der Verfahren

Zur Gesamtbeurteilung der Verfahren wurden in **Tafel 6** die Ergebnisse der Kostenvergleichsrechnung [5] (**Tafel 1**) und der Nutzwertanalyse (**Tafel 5**) zusammengeführt. Sollte ein Verfahren existieren, das sowohl die niedrigsten Kosten als auch den höchsten Nutzwert aufweist, ist eine eindeutige Entscheidung möglich. **Tafel 6** zeigt, daß das Verfahren der Lagerung ganzer Körner im gasdichten Hochsilo (A 1) den höchsten Nutzwert aufweist und gleichzeitig mit den niedrigsten Kosten je dt konserviertes Getreide belastet ist. Der zweithöchste Nutzwert findet sich bei der Lagerung geschroteter Körner in nichtgasdichten Hochsilos (A 5), wobei hier auch die zweitniedrigsten Kosten anzutreffen sind.

Verfahren		Konservierungskosten (DM/dt) bei Lagerkapazität von ...			Nutzwert
		200 m <sup>3</sup>	400 m <sup>3</sup>	600 m <sup>3</sup>	
Hochsilo, gasdicht	A 1	6,26	4,16	3,47	401,7
Flüssigkonservierung	A 2	10,53	6,82	6,19 <sup>*)</sup>	286,5
Flachsilo					
o. Propions., Eigenbau	A 3	6,93	5,78	5,41	234,0
" " Unternehmer		7,45	6,22	5,80	234,0
m. Propions., Eigenbau	A 4	8,90	7,39	6,90	264,6
" " Unternehmer		9,42	7,83	7,29	264,6
Hochsilo, nichtgasd.	A 5	6,37	4,19	3,48	312,9

<sup>\*)</sup> 500 m<sup>3</sup>

**Tafel 6.** Gesamtkosten und Nutzwert verschiedener Verfahren zur Feuchtgetreidekonservierung bei unterschiedlicher Lagerkapazität.

Die Verfahren der Flachsilolagerung – es wurde bei den Kosten zusätzlich danach unterschieden, ob der Lagerraum im Eigenbau oder durch einen Unternehmer erstellt wurde – sind bezüglich Nutzwert und Kosten deutlich ungünstiger als die Hochsilo-Verfahren A 1 und A 5. Aufgrund der niedrigen Kosten hat das selbst-erstellte Flachsilo gegenüber dem unternehmerseitig erstellten Flachsilo Vorteile. Nach den vorliegenden Daten und Erhebungen ist der Nutzwert der Varianten mit Propionsäureeinsatz um 30 höher. Dieser höhere Nutzwert, der sich vor allen Dingen auf die sichere Lagerung bei langer Lagerdauer und hohen Außentemperaturen bezieht, wird allerdings mit höheren Kosten erkauft.

Problematisch zu beurteilen ist das Verfahren der Flüssigkonservierung, das bei der Nutzwertanalyse mit 286,5 die dritte Position einnimmt. Betrachtet man die Kosten für die Konservierung je dt Getreide, so kann dieses Verfahren bei einer Lagerkapazität von 400 bzw. 600 m<sup>3</sup> bereits mit den Fahrsilovarianten mit Propionsäure konkurrieren. Allerdings sind aufgrund der hohen Trockensubstanzverluste und der schlechteren Futteraufnahme durch das Tier höhere Kosten je Mastschwein zu erwarten als bei den anderen Varianten.

## 6. Zusammenfassung

Basierend auf den Ergebnissen langjähriger Untersuchungen konnten bekannte Feuchtgetreidekonservierungsverfahren vergleichend beurteilt werden. Dabei zeigte sich neben der mit einer Kostenvergleichsrechnung [5] nachgewiesenen ökonomischen Überlegenheit der Lagerung ganzer Körner in gasdichten Hochsilos auch deren Überlegenheit hinsichtlich der Funktion, nachgewiesen durch die Nutzwertanalyse. Die Ergebnisse machen deutlich, daß die Nutzwertanalyse ein geeignetes Instrumentarium darstellt, Investitionsentscheidungen – insbesondere im landwirtschaftlichen Bauwesen – transparent zu machen.

### Schrifttum

Bücher sind durch ● gekennzeichnet

- [ 1 ] *Fiedler, E. u. T. Jungbluth:* Vermahlener Feuchtweizen in nicht gasdichten Silos. Versuchs- und Erfahrungsbericht 1987/88 der Landesanstalt für Schweinezucht Forchheim, Kap. 6.5, S. 115/26.
- [ 2 ] *Fiedler, E. u. T. Jungbluth:* CCM- und Feuchtgetreideversuche 1983 bis 1987. Versuchs- und Erfahrungsbericht 1987/88 der Landesanstalt für Schweinezucht, Forchheim, Kap. 6.6, S. 127/33.
- [ 3 ] *Jungbluth, T.:* Beurteilung von Verfahren der Feuchtgetreidekonservierung. Habilitationsschrift, Univ. Hohenheim 1989, Forschungsbericht Agrartechnik der Max-Eyth-Gesellschaft Nr. 161.
- [ 4 ] *Jungbluth, T., G. Schneider u. E. Fiedler:* Beurteilung von neuen Futtergetreide-Feuchtkonservierungsverfahren mit biochemischem Wirkprinzip. *Grundl. Landtechnik* Bd. 38 (1988) Nr. 3, S. 93/97.
- [ 5 ] *Jungbluth, T.:* Kosten von Feuchtgetreidekonservierungsverfahren. *Landtechnik* Bd. 45 (1990) Nr. 3.
- [ 6 ] ● *Blohm, H. u. K. Lüder:* Investition; Schwachstellen im Investitionsbereich des Industriebetriebes und Wege zu ihrer Beseitigung. München: Vahlen 1988.
- [ 7 ] ● *Gäfen, G.:* Theorie der wirtschaftlichen Entscheidung. Tübingen: Mohr 1968.
- [ 8 ] ● *Heinen, E.:* Grundlagen betriebswirtschaftlicher Entscheidungen – Das Zielsystem der Unternehmung. Wiesbaden: Gabler 1971.
- [ 9 ] ● *Zangemeister, C.:* Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. München: Wittemann 1976.
- [ 10 ] *Kunze, D., H.-D. Blanek u. D. Simons:* Nutzwertanalyse als Entscheidungshilfe für Planungsträger. *KTBL-Schrift* 184 Darmstadt: KTBL 1974.
- [ 11 ] *Lagally, R., R. Lemberg u. M. Wagner:* Zur Anwendung der gekoppelten Ziel- und Nutzwertanalyse. *Structur, Zeitschr. für Planung, Entwicklung* Bd. 8 (1972) S. 177/90.
- [ 12 ] *Eekhoff, J.:* Nutzen-Kosten-Analyse und Nutzwertanalyse als vollständige Entscheidungsmodelle. *Raumforsch. und Raumordn.* Bd. 31 (1973) Nr. 2, S. 93/102.
- [ 13 ] *Bendull, K. u. F. Dahse:* Die Bewertung von Verfahren der Tierproduktion in der Phase von Forschung und Entwicklung unter Anwendung der Gebrauchswert-Kosten-Analyse. *Agrartechnik* Bd. 26 (1976) S. 386/89.
- [ 14 ] *Lorenz, J.:* Einstreulose Ferkelerzeugung. *KTBL-Schrift* 255, Darmstadt: KTBL 1981.
- [ 15 ] *Jungbluth, T.:* Die Nutzwertanalyse als Methode zur analytischen Beurteilung baulicher und technischer Einrichtungen. *Bay. landw. Jb.* Bd. 57 (1980) S. 810/16.

---

## Kontinuierliche Ammoniakmessungen in Ställen

Von Karl-Heinz Krause und Jan Janssen,  
Braunschweig-Völkenrode\*)

DK 631.22:614.71:546.171.1.08

Zur Klimagestaltung in geschlossenen Ställen gehört neben dem Wissen um die Wärmemengen, den Wasserdampfgehalt und den Kohlendioxidanteil in der Stallluft auch die Kenntnis über Ammoniakkonzentrationen. Mit Hilfe mikroelektronischer Sensoren werden kontinuierliche Konzentrationsaufzeichnungen vorgenommen. Sie sollen dazu dienen, die Anteile der verschiedenen stallinternen Emissionsquellen an der Gesamtemission aufzuschlüsseln. Darüber hinaus erlaubt die kontinuierliche Datenerfassung im Gegensatz zu den üblichen Mittelwertbetrachtungen verlässliche Aussagen über den Ausstoß von Ammoniak in die Umwelt.

---

\*) *Dr.-Ing. K.-H. Krause* ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Biosystemtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. A. Munack) und *Dr.-Ing. J. Janssen* wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technologie (Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Baader) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode.

### Einleitung

Das Thema Ammoniakmessungen und ihre Auswertung, an dem neben den Autoren mehrere Mitarbeiter des Instituts für Biosystemtechnik aus den Bereichen der Mikroelektronik und der Datenverarbeitung beteiligt sind<sup>1)</sup>, wird in 5 Schritten behandelt.

Zunächst wird in Abschnitt 1 die Aufgabenstellung umrissen. Dabei wird erläutert, vor welchem Hintergrund diese zu sehen ist. Emissionsmindernde Maßnahmen heißt das allgemeine Ziel [1], das auch für die Tierhaltung gilt. Menschliche Aktivitäten können von umweltfördernd bis umweltschädlich reichen. In der Landwirtschaft wird eine umweltverträgliche bzw. umweltschonende Bewirtschaftung angestrebt.

---

<sup>1)</sup> Unser besonderer Dank gilt Herrn Mack, Herrn Pardylla und Herrn Zielstorff sowie Herrn Hake für ihren engagierten Einsatz um die praxisgerechte Umsetzung der Sensormeßtechnik und um die Programmpflege in der Strömungssimulation stallinterner Luftbewegungen.