

# Technologische Prinziplösung zur Erhöhung des Futterwertes von Getreidestroh durch alkalischen Naßaufschluß

Dr. agr. M. Mietz, Institut für Futterproduktion Paulinenaue der AdL der DDR

## 1. Volkswirtschaftliche Bedeutung des Strohaufschlusses

Getreidestroh stellt weltweit eine große, jedoch weitgehend unzureichend genutzte Energiereserve für die Fütterung von Wiederkäuern dar. In der DDR werden jährlich etwa 10 Mill. Tonnen Getreidestroh erzeugt. Allein für die Fütterung beträgt der Bedarf etwa 2,5 bis 3,0 Mill. Tonnen Stroh je Jahr. Wenn die potentielle Futterenergie des Getreidestrohs mit vertretbarem Aufwand für die Wiederkäuer tatsächlich verfügbar gemacht werden könnte, wäre die begrenzt zur Verfügung stehende landwirtschaftliche Nutzfläche verstärkt für den erweiterten Anbau volkswirtschaftlich wichtiger Kulturen, vornehmlich von eiweißreichen Konzentraten, aber auch von Obst, Gemüse oder Getreide, nutzbar. Bei einer Steigerung der Energiekonzentration von 350 auf 450 EFr/kg TS ergibt sich bei Substitution von 100 t TS Welksilage (520 EFr/kg TS) eine Flächeneinsparung gegenüber dem Einsatz von Rohstroh plus Getreide von 7,2 ha bzw. 52%. Wird eine Erhöhung der Energiekonzentration um 150 EFr/kg TS erreicht, wie dies für die untersuchte Prinziplösung nachgewiesen ist, so bindet die Getreideproduktion nur noch 17% der sonst notwendigen Futterfläche. Muß künftig die Anbaufläche für Körnerfutterleguminosen drastisch erhöht werden, ist auch die Ackerfutterfläche weiter zu reduzieren. Neben der Ertragssteigerung in der Futterproduktion kommt dann dem erhöhten Stroeinsatz in grünlandarmen Gebieten ein neuer Stellenwert zu. Dann wird der Einsatz von Aufschlußstroh zwingend notwendig.

## 2. Technisch-technologische Aspekte des alkalischen Naßaufschlusses

Um die Vorteile des Stroeinsatzes nutzen zu können, ist die Anwendung effektiver Strohaufschlußverfahren erforderlich. In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von Verfahrensvarianten von der Laborforschung bis hin zur technischen Realisierung untersucht. Hinsichtlich der Verbesserung des Futterwertes von Getreidestroh erwies sich das Prinzip des alkalischen Naßaufschlusses mit Natronlauge als am effektivsten. Das Stroh wird dabei eine gewisse Zeit in wäßriger Natronlauge niedriger Konzentration eingetaucht und anschließend zur Verbesserung der Verträglichkeit für die Tiere teilentlaugt.

Im Jahr 1988 wurden gemeinsame Grundlagenforschungen des Instituts für Futterproduktion Paulinenaue und des Instituts für Polymerchemie Teltow zur Optimierung technologischer Parameter des alkalischen Naßaufschlusses, wie Laugenkonzentration, Behandlungsdauer, Anzahl und Dauer der Spülgänge u. a. m., erfolgreich abgeschlossen. Ziel waren ein maximaler Aufschlußeffekt bei geringstem Materialeinsatz und Restalkaligehalt im Endprodukt sowie die Erarbeitung einer umweltfreundlichen Technologie, wobei die Hemizellulose des Strohs

weitgehend geschont, der Ligningehalt jedoch wesentlich gesenkt werden sollten.

Die technische Gestaltung der für die Untersuchungen benutzten Pilotanlage ist im Bild 1 dargestellt. Das in sich geschlossene System besteht aus 4 Aufschlußbehältern I bis IV und einem Zwischenbehälter Z zum Umpumpen der Lauge, die untereinander durch je eine Saug- und Druckleitung verbunden sind. Dieses Behältersystem ist an eine 2-Kolben-Dosierpumpe gekoppelt. In das Rohrleitungssystem ist darüber hinaus je ein Vorratsbehälter für Wasser und konzentrierte Natronlauge eingebunden.

Das Prinzip der Prozeßführung besteht in einer stufenweisen Behandlung des Strohs mit zunächst steigender, dann wieder fallender Natronlaugekonzentration. Während der gesamten Behandlungsdauer verbleibt das Stroh in ein und demselben Aufschlußbehälter und durchläuft nacheinander die im Bild 2 dargestellten Phasen.

Zur Realisierung des stufenweisen Behandlungsprozesses werden die in den Aufschlußbehältern befindlichen Flüssigkeiten unterschiedlicher Konzentration nach einem vorgegebenen Zeitregime unter Einbeziehung des Zwischenbehälters gegeneinander ausgetauscht. Dabei wird beim Umpumpen der Prozeßflüssigkeit aus Phase 2 des einen Behälters in Phase 5 des anderen Behälters die 4fache Menge Frischwasser – bezogen auf die im Behälter befindliche Rohstrohmenge – zugesetzt. Beim Umpumpen der Prozeßflüssigkeit aus Phase 4 des einen Behälters in Phase 3 des anderen Behälters wird soviel konzentrierte Natronlauge zugesetzt, daß eine Laugenkonzentration von 1% NaOH entsteht.

Durch diese Vorgehensweise werden der durch den Aufschlußprozeß eintretende Konzentrations- und Volumenverlust der Prozeßflüssigkeit ausgeglichen und eine Wiederverwendung der Lauge für einen nächsten Zyklus möglich, so daß keine Ablauge entsteht.

Das beschriebene Prinzip der Prozeßführung gewährleistet, daß bei einer Gesamtbehandlungsdauer von 8 h das Stroh in 3 Stufen mit aufsteigender Laugenkonzentration und in 2 Stufen mit absteigender Laugenkonzentration ohne gesonderten Waschvorgang behandelt wird.

## 3. Chemische und morphologische Veränderungen des Strohs

Infolge der mit erheblicher Quellung verbundenen Teilidelignifizierung und Herauslösung eines Teils der Hemizellulose des Strohs kommt es zu einer deutlichen Verschiebung seiner chemischen Zusammensetzung (Tafel 1). Sie zeigt sich am deutlichsten in der Abnahme des Gehalts an N-freien Extraktstoffen (NFE) sowie im Anstieg des Na-, Rohasche- (RA-) und Rohfaser- (RFa-) Gehalts.

Daß der erhöhte RFa-Gehalt im Gegensatz zu anderen Grobfutterstoffen nicht mit einem verminderten Futterwert verbunden ist, zeigen die im Tierversuch ermittelten Ergeb-

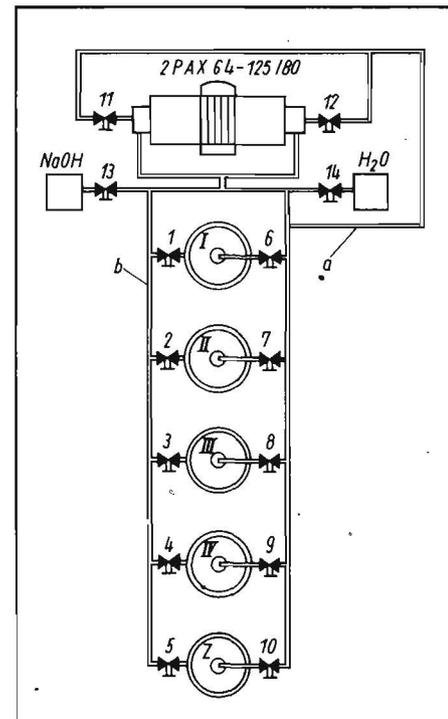


Bild 1. Prinzipskizze der technischen Lösung zum alkalischen Naßaufschluß von Stroh; I bis IV Aufschlußbehälter, Z Zwischenbehälter, a Druckleitung, b Saugleitung, 1 bis 14 Absperrventile

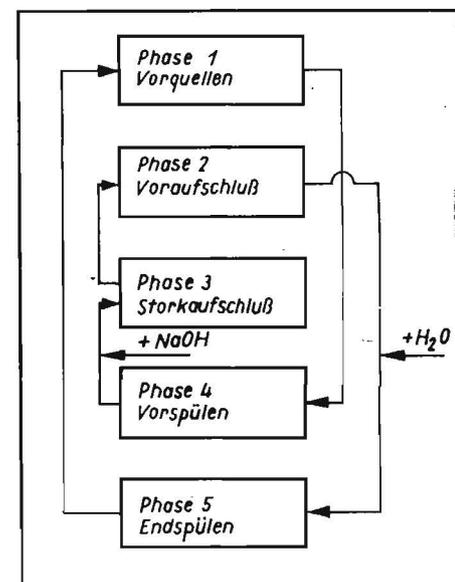


Bild 2. Phasensequenz der Lauge beim diffusiven alkalischen Naßaufschluß von Stroh

nisse zur Verdaulichkeit der Rohnährstoffe und der Energiekonzentration (Tafel 2). Die Steigerung der Energiekonzentration um 180 EFr/kg TS bzw. rd. 45% geht entscheidend auf die verbesserte Verdaulichkeit der RFa um fast 45% zurück. Die verbesserte Verdaulichkeit der NFE um rd. 65% unterstreicht die Forderung nach einer hemizelluloseschonenden Prozeßführung beim alkalischen Naßaufschluß.

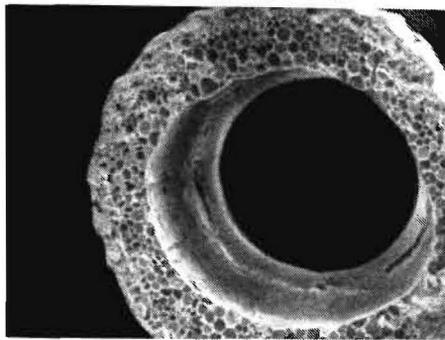


Bild 3. Querschnittsaufnahme eines intakten Halmquerschnitts

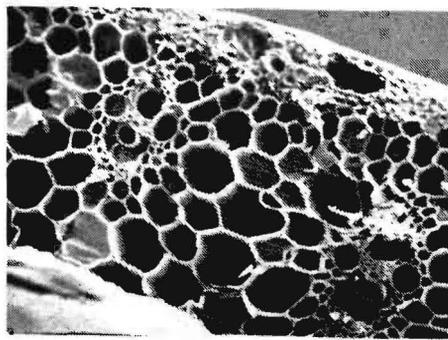


Bild 4. Zellgefüge eines Halmquerschnitts vor der Alkalibehandlung (Vergrößerung: 150fach)

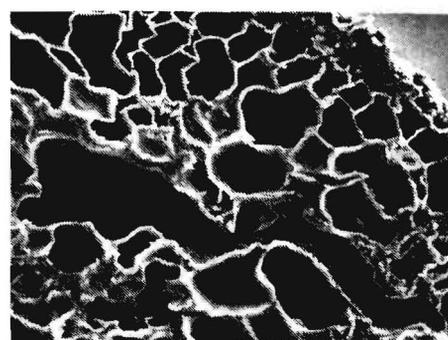


Bild 5. Zellgefüge eines Halmquerschnitts nach der Alkalibehandlung (Vergrößerung: 150fach)

Tafel 1. Rohrnährstoffgehalt von unbehandeltem und alkalisch naß aufgeschlossenem Weizenstroh

Behandlung	Rohnährstoffgehalt in g/kg TS						
	OS	RP	RF	RFa	NFE	RA	Na
unbehandelt	961	57,3	8,4	455	441	39	0,2
8 h, 1%ige NaOH in Phase 3	891	34,8	6,5	541	309	109	9,3

Tafel 2. In-vivo-Verdaulichkeit der Rohrnährstoffe und Energiekonzentration von unbehandeltem und alkalisch naß aufgeschlossenem Weizenstroh

Behandlung	Verdaulichkeit					Energiekonzentration EFr/kg TS
	OS %	RP %	RF %	RFa %	NFE %	
unbehandelt	51,4	22,9	31,8	62,9	43,0	399
8 h, 1%ige NaOH in Phase 3	80,3	7,3	47,2	90,3	71,0	579

Tafel 3. Technologischer Verfahrenvergleich

Verfahren	Chemikalienaufwand		Energiebedarf		Arbeitszeitbedarf	
	kg/t TS	kg/kEFr-Zuwachs	MJ/t TS	MJ/kEFr	AKh/t TS	AKh/MEFr
Trockenaufschluß	20	0,40	1 340	3,35	12,73	31,83
gemeinsame Silierung	–	–	19	0,04	0,60	1,50
Feuchtaufschluß mit NaOH	56	0,56	440	0,98	2,31	5,13
Feuchtstrohkonservierung mit Harnstoff	80	0,80	390	0,87	1,85	4,11
lose Futtergemische	40	0,57	366	0,87	2,50	5,95
Naßaufschluß	22	0,15	150...	0,30...	1,7...	3,4...
			250	0,50	11,1	22,2

Tafel 4. Spezifische Kosten der Aufbereitung von Stroh bei verschiedenen Verfahren

Verfahren	Aufbereitungskosten M/kEFr
Pelletierung mit Natronlauge	0,90
Feuchtaufschluß mit Natronlauge	0,46
Feuchtstrohkonservierung mit Harnstoff	0,43
lose Futtergemische mit Aufschlußstroh	0,45
gemeinsame Silierung von Stroh mit Grünfütter	0,12
alkalischer Naßaufschluß	0,55

Mit Hilfe von rasterelektronenmikroskopischen (REM-) Aufnahmen wurde nachgewiesen, wie sich die vom alkalischen Naßaufschluß hervorgerufenen chemisch-analytischen Veränderungen des Strohs auch in einer durchgreifenden Veränderung der Morphologie der Zellstruktur äußern. Bild 3 zeigt das Zellgefüge eines intakten Halmquerschnitts. Wie ein Vergleich der Bilder 4 und 5 verdeutlicht, wird durch die mit erheblicher Quellung verbundene Alkalibehandlung das Zellgefüge des Halms deformiert und teilweise zerrissen. In den ligninreichen, ursprünglich im REM-Querschnittsbild wenig strukturierten Mittellamellen zwischen den Zellen weist die nach Alkalibehandlung erkennbare morphologische Differenzierung auf die partielle Entfernung des Lignins gerade an diesen Stellen hin.

#### 4. Ökonomische Betrachtungen

Ein Vergleich der spezifischen Aufwendungen an Chemikalien, Elektroenergie und Arbeitszeit für den alkalischen Naßaufschluß und anderer in der DDR praktizierter Strohaufbereitungsverfahren (Tafel 3) zeigt, daß mit Ausnahme der gemeinsamen Silierung von Stroh mit Grünfütter die Aufwandsparameter des alkalischen Naßaufschlusses günstiger als bei allen anderen Verfahren sind.

Auch aus ökonomischer Sicht ist der alkalische Naßaufschluß positiv zu bewerten. Auf der Grundlage der in der DDR üblichen Kalkulationsgrundlagen ergeben sich bei einer unterstellten Investitionssumme von 800000 M für eine Aufschlußanlage technologische Kosten des Aufschlusses von rd. 375 M/t TS Stroh. Bei einem Aufschlußeffekt von 150 EFr/kg TS wird die im Aufschlußstroh enthaltene Futterenergie mit 0,55 M/kEFr produziert. Ein ökonomischer Vergleich der Kosten für die Aufbereitung von Stroh bei verschiedenen in der DDR praktizierten Verfahren mit Kalkulationsergebnissen für das vorgestellte Naßaufschlußverfahren (Tafel 4) verdeutlicht, daß die auf die Futterenergieeinheit bezogenen Kosten dieses Verfahrens unter dem Wert des in der DDR am stärksten verbreiteten Strohaufbereitungsverfahrens – der Strohpelletierung mit Zusatz von Natronlauge – und etwa im Bereich der Kosten für den Feuchtaufschluß von Stroh mit Natronlauge, der Feuchtstrohkonservierung mit Harnstoff und der Herstellung loser Futtergemische mit Aufschlußstroh liegen.

#### 5. Zusammenfassung

Getreidestroh stellt weltweit eine große, jedoch weitgehend unzureichend genutzte

Energiereserve für die Fütterung von Wiederkäuern dar. Der verstärkte Einsatz von aufgeschlossenem Stroh mit einer der Welksilage vergleichbaren Energiekonzentration eröffnet die Möglichkeit, Futterflächen für den erweiterten Anbau von Körnerfütterleguminosen, Getreide und anderen volkswirtschaftlich wichtigen Kulturen freizusetzen. Von den bekannten Strohaufschlußmöglichkeiten bewirkt der alkalische Naßaufschluß den höchsten Zuwachs der Energiekonzentration. Das in einem aus mehreren Kammern bestehenden Aufschlußbecken stufenweise mit zunächst steigender, dann fallender Natronlaugekonzentration behandelte Stroh erfährt eine durchgreifende morphologische Differenzierung der Zellstruktur sowie Veränderungen seiner chemisch-analytischen Zusammensetzung. Die in-vivo nachgewiesene drastische Erhöhung der Verdaulichkeit der organischen Substanz auf rd. 80 % geht einher mit einem Anstieg der Energiekonzentration um 150 EFr/kg TS. Auch die Kalkulationen zu den Aufwandsparametern weisen die Vorteile einer solchen Verfahrensentwicklung nach.