

Gewinnung von adsorptiven Produkten aus Maisreststoffen

C. Krotscheck, R. Nievoll, S. Kromus

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

22/2003

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Nedergasse 23, 1190 Wien

Email: versand@projektfabrik.at

Gewinnung von adsorptiven Produkten aus Maisreststoffen

DI Dr. Christian Krotscheck,
Mag. Regina Nievoll, DI Dr. Stefan Kromus

Kornberg Institut

Feldbach, Juli 2003

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Projektleiter Dipl.-Ing. Dr. techn. Christian <u>Krotscheck</u> Kornberg Institut für nachhaltige Regionalentwicklung und angewandte Forschung, Steirisches Vulkanland Regionalentwicklung GmbH Haus der Region, Dörfel 2, A-8330 Feldbach Tel.: 03152/8575-330 (Fax: 8575-335), ckrotscheck@imzentrum.at
Projektmitarbeiter Wissenschaft Mag. Regina <u>Nievoll</u>
DI Dr. techn. Stefan <u>Kromus</u>
Projektpartner Wissenschaft Ao. Univ.-Prof. Dr. Martin <u>Mittelbach</u> Institut für Chemie, Karl-Franzens-Universität Graz, A – 8010 Graz Tel.: 0316-380-5353, martin.mittelbach@kfunigraz.ac.at
Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gerhart <u>Braunegg</u> Inst. f. Biotechnologie, TU Graz Petersgasse 12, A – 8010 Graz Tel.: 0316-873-8412 braunegg@biote.tu-graz.ac.at
Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael <u>Narodoslawsky</u> Institut für Ressourcenschonende und Nachhaltige Systeme, TU-Graz Inffeldgasse 25, A – 8010 Graz Tel.: 0316-873 7465, naro@rns.tugraz.at
Kooperationspartner Wirtschaft Dipl.-Ing. Dr. techn. Edgar <u>Ahn</u> BDI Anlagenbau Ges.m.b.H. (BioDiesel International) Parkring 18, A-8074 Grambach/Graz Tel.: 0316-4009-100, bdi@biodiesel-intl.com

Kurzfassung – Teil A

Adsorptive Produkte aus Maisreststoffen – Ausgangslage und Motivation

Die Maispflanze als wichtige Kulturpflanze hat insbesondere in Ostösterreich eine weite Verbreitung. Neben der Körnerernte besitzt die Maispflanze Elemente, die besondere Strukturen besitzen und dadurch für eine Nutzung als nachwachsender Rohstoff besonders interessant sind. Die heute als Ernterückstände (Blätter, Stängel und Maisspindeln) am Feld hinterlassenen Reststoffe besitzen ein durchaus beachtliches Volumen: so blieben im Jahr 2000 allein in der **Steiermark** ca. 500.000 Tonnen ungenutzt am Feld liegen. Diese Ernterückstände stellen aber eine wertvolle, bisher ungenutzte Quelle zur Herstellung verschiedener Produkte dar und erscheinen mengenmäßig wie auch der Qualität nach außerordentlich interessant. Als erster Schritt wird in diesem Projekt des KORNBEGR INSTITUTES gemeinsame mit dem Industriepartner Biodiesel International Anlagenbau GmbH versucht, die Maisspindel einer ihrer natürlichen Struktur entsprechenden Verwertung zuzuführen.

Adsorptive Produkte aus Maisreststoffen – Inhalt und Ziele des Projekts

Das Projekt Adsorbens aus Maisreststoffen hat das Ziel, ein Verfahren zu entwickeln und zu erproben, welches es ermöglicht, aus Maiskolben, die bei der Ernte von Körnermais als Nebenprodukt anfallen, Produkte mit adsorptiven Eigenschaften herzustellen. Diese Produkte sollen dabei für folgende Einsatzbereiche optimiert werden:

- Verwendung als Ölbindemittel auf festen Untergrund im Katastrophen und Umweltschutz und in der Reinigung von verschmutzten Böden (Werkstätten etc.)
- Verwendung als Ölbindemittel für Gewässer, ebenfalls im Katastrophen- und Umweltschutz
- Verwendung als Tierhygienematerial (Katzenstreu, etc.)

Die Entwicklung dieses Verfahrens erfolgt vor dem Hintergrund einer weitreichenderen Zielsetzung. Durch die Verwertung von agrarischen Reststoffen soll einerseits die Möglichkeit zur Entwicklung einer dezentralen Prozessindustrie mit hoher Wertschöpfung geboten werden. Dies soll für viele Regionen Österreichs neue wirtschaftliche Chancen eröffnen. Andererseits soll durch die Verwertung von Reststoffen aus der Landwirtschaft den Bauern ein Zusatzeinkommen erschlossen werden. Schließlich soll mit der Entwicklung dieses Verfahrens eine Möglichkeit zur Herstellung von naturnahen, nachhaltig einsetzbaren Produkten in einem ökologisch sensiblen Bereich (dem Katastrophenschutz) geschaffen werden.

Methode der Bearbeitung und verwendete Daten

Nach erfolgter Produktauswahl, aus den möglichen Produkten auf Basis von gemahlene Maisspindeln, werden in diesem Projekt Produktionsverfahren erforscht und Produkterprobungen durchgeführt. Die Auswahl der Produkte wurde dabei nach den Gesichtspunkten (1) rasche technische Durchführbarkeit der Herstellungsverfahren, (2) ausreichend großer Marktchancen und (3) des größtmöglichen ökologischen Nutzens der Produkte durchgeführt.

Das Projekt gliedert sich methodisch in zwei Phasen (A) die Prozessentwicklungsphase und (B) die Produkterprobungsphase. Im Rahmen der **Prozessentwicklungsphase** werden die vorliegenden Erfahrungen auf dem Gebiet der Herstellung von Maiskolbengranulat technisch ausgewertet und auf die Bedürfnisse der Herstellung der drei Produktklassen hin adaptiert. Schließlich werden ein technischer Vorschlag für eine Maiskolben-Aufarbeitungsanlage, bestehend aus Aufbereitung, Mahlung und

mechanischer Trennung erarbeitet. Dieser technische Vorschlag wurde in einer Pilotanlage umgesetzt, wobei diese Anlage einerseits so flexibel ausgelegt ist, dass Feinjustierungen in den Produktqualitäten (Korngrößen, Verteilung der Korngrößen, etc.) noch vorgenommen werden können. Gleichzeitig werden in dieser Phase Laborversuche durchgeführt, die zur Bestimmung der wichtigsten Parameter der Produkte genutzt werden. Dies inkludiert die Bestimmung der Aufnahmefähigkeit für Öl und andere Schadstoffe als Funktion der Korngrößen und der Feuchtigkeit des Ausgangsstoffes, der optimalen Korngröße für Ölabscheidung in wässrigen Systemen etc. Am Ende der Prozessentwicklungsphase wurde die Pilotanlage errichtet und ein detaillierter Versuchsplan für den Betrieb dieser Pilotanlage zur Herstellung ausreichender Mengen zur Erprobung der Produkte erstellt.

In der **Produkterprobungsphase** wurden in der Pilotanlage ausreichende Mengen an Produkten erzeugt, um eine detaillierte Prüfung der Produkteigenschaften zu ermöglichen. Dazu wurde mit Nutzern der Produkte zusammengearbeitet, um neben den Tests im Labormaßstab auch ausreichend praktische Erfahrung zu sammeln. Diese Erfahrungen wurden ausgewertet und für die Weiterentwicklung der Produkte verwendet. Neben den Eigenschaften der Produkte in ihrer primären Anwendung umfasst diese Phase auch die Untersuchung der optimalen Entsorgung der Produkte nach Gebrauch. Weiters wird in dieser Phase die Qualitätssicherung für die Produkte untersucht. Dies betrifft einerseits die Sicherung der Wirksamkeit der Produkte in der Anwendung im Bereich des Katastrophen- und Umweltschutz. Andererseits betrifft es die Konstanz in Wirkung und äußerer Erscheinung für die Produkte im Bereich der Tierhygiene. Am Ende der Produkterprobungsphase stehen ein Verfahren zur (kombinierten) Herstellung von Ölbindemittel und Tierhygiene-Produkten aus Maiskolben, eine funktionierende Pilotanlage, eine Wirtschaftlichkeitsberechnung des Prozesses für eine 3.000 jato Anlage sowie in der Praxis nachgefragte Produkte.

Kurzfassung – Teil B

Ergebnisse

In diesem Projekt wurde die außergewöhnliche strukturelle Qualität der Maisspindel in Hinsicht auf Adsorption bestätigt. Auf Grund der ausgezeichneten Saugfähigkeit des Maisspindelgranulates eignen sich sämtliche Produkte als Adsorptionsmaterial für unterschiedlichste Medien (wie Wasser, Öl, Geruchs/Farbstoffe oder Kationen). Maiskolbenprodukte sind inert, untoxisch und können somit relativ unproblematisch entsorgt werden, abhängig davon mit welchen Stoffen adsorptiv beladen wurde.

Es wurde ein wirtschaftliches Verfahren entwickelt und als Pilotanlage (Durchsatz ca. 40kg Rohstoffe pro Stunde) aufgebaut, dass Maisgranulat für unterschiedliche Anwendungszwecke herstellen kann. Dabei ist die kombinierte Herstellung von Ölbindemittel und Hygienematerial (für den Einsatz z.B. als Kleintierstreu) mittels Schneidmühle und Sichtenanlage als zentrale Prozessschritte am profitabelsten. Bei einer dezentralen Anlage mit 3.000 Jahrestonnen Produktion und guter Auslastung muss der Abgabepreis für Ölbindemittel über 60 Cent und für Hygienematerial über 30 Cent pro Kilogramm liegen (ohne Vertrieb). Im Marktvergleich sind diese Preise erzielbar. Unter praktischen Bedingungen konnte nachgewiesen werden, dass adsorptives Maisgranulat zur

- Verwendung als Ölbindemittel auf festem Untergrund im Katastrophen und Umweltschutz und in der Reinigung von verschmutzten Böden (Werkstätten etc.) **gut geeignet** ist (Granulatfraktion 0,3 bis 2mm, Ölbindemittel Typ III R, Adsorptionsfähigkeit 0,70 bis 0,9 kg Öl pro kg Granulat)
- Verwendung als Ölbindemittel für Gewässer, ebenfalls im Katastrophen- und Umweltschutz, **nicht geeignet** ist, da mit keinem Hydrophobiervorgang die geforderte Schwimmfähigkeit (vgl. Typ I/II R) erreicht werden konnte
- Verwendung als Tierhygiene-Material (Katzenstreu, etc.) **sehr gut geeignet** ist (Granulatfraktion z.B. Kleinnager 2 bis 3,5mm oder Katzen 3,5 bis 8mm; Adsorptionsfähigkeit ca. 1,0 bis 1,3 kg Wasser pro kg Granulat)

Schlussfolgerungen

Die Nutzung der Maiserntereste eröffnet auf einigen Ebenen wirtschaftliche Chancen. Für innovative landwirtschaftliche Betriebe bewirkt die Spindelnutzung ein Zusatzeinkommen von +22% zur Körnermaisernte. Der ländliche Raum kann durch dezentrale Verarbeitungsbetriebe wirtschaftlich gestärkt werden (bei einer 3.000 t/ja Anlage 1,4 Mio. € im Jahr Wertschöpfung), eine kleinräumige Prozessindustrie entwickeln und die Basis nachhaltiger Technologien zur langfristigen Nutzung vorhandener Rohstoffe legen.

Die Nutzung von Maisreststoffen hat nach wie vor interessante aber unterentwickelte Anwendungsgebiete, die in tiefergehenden Projekten weiterentwickelt werden sollten. Dazu zählen die Feststofffermentation des Stroh, Spezialanwendungen von Spindelgranulat (Reinigung, Trägerstoff, Immobilisierung – z.B. von Lipasen) und die Produktion von Formteilen. Das Arbeiten mit NAWARO-Systemen erfordert ein anderes Denken durch Multiprodukt- und –rohstoffanlagen, wo heute auf betrieblicher Ebene nach wie vor die größten Defizite liegen.

Im Sinne der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ stellt die Technologie zur Herstellung von Ölbindern und Hygienematerial den Basisprozess für weitere innovative Nutzungen von Maisreststoffen dar. Die konsequente Weiterentwicklung von Kompetenz in dieser Linie wird zur wirtschaftlichen Umsetzung dieser dezentralen Technologie zur Nutzung nachwachsender Rohstoffe führen.

Abstract – Part A

Adsorbents from maize – Starting Point and Motivation

Maize is an ubiquitous agricultural plant especially in the eastern part of Austria. Although the corn is the main product, the plant offers other parts that can be of major interest for industrial utilization. Those parts, that are usually not removed from the fields, come in considerable mass: leaves, stalks and cobs left on fields alone amounted to more than 500.000 metric tons in the state of Styria. This up till now not utilized material offers an interesting and valuable source for the production of various manufactured goods. As a first step, the KORNBERG INSTITUT together with its industrial partner, Biodiesel International Inc. tried to utilize maize cobs in a way that take advantage from their natural structure.

Adsorbents from maize – Content and Targets of the Project

The goal of the project is the development and practical testing of a process to utilize corn cobs for the production of adsorptive materials. These materials are subsequently optimized for the following functions:

- ❖ adsorptive agent for oil on solid ground and soil in disaster control and cleaning applications
- ❖ adsorptive agent for oil on water in disaster control
- ❖ adsorptive agent in hygienic applications, especially for pets

Utilization of agrarian residues like corn cobs offers on the one hand possibilities for the development of a decentralized process industry. This is important for many regions in Austria and elsewhere, that are in need for new stimuli for their economic development. On the other hand utilization of up till now not utilized side products from agriculture offer farmers new channels of income. Finally the development of products for ecologically sensitive applications (e.g. in disaster control) from renewable resources offer advantages in terms of reduced pressures on the environment.

Methods and Data

In a first step, a product screening according to a) quick technological implementation potential, b) sufficient market potential and c) highest possible ecological advantage, forms the base for further development. The second step consists of technological process development and product testing for the chosen product applications.

The project may be divided into two phases: A) the process development phase. In this phase all existing experiences with technical utilization of corn cobs are collected, analyzed and adapted with the goal to propose processes for the production of the chosen goods. This ends in the proposal of a corn cob processing plant, consisting of conditioning, grinding and mechanical separation steps. This scheme is subsequently realized in a pilot plant that allows for fine tuning of product quality (especially particle size distributions, etc.). In parallel to the process development, laboratory experiments (concerning adsorptive capacity for oil and other pollutants, optimal particle distributions, etc) are carried out to guide the pilot plant experiments.

In phase B) products are tested in their respective applications. For these tests, sufficient volumes of corn cob granulate are produced in the pilot plant. This testing phase is carried out in close co-operation with the subsequent users of the products. In this practical testing phase, problems of product quality and handling, but also of environmentally

friendly disposal are addressed. Besides testing, a thorough economical analysis (based on a 3,000 t/a plant) is realized in this phase.

Abstract – Part B

Results

The extraordinary adsorptive capacity of corn cob granulate with respect to oil adsorption could be confirmed by the results of this project. Products from corn cob granulate may be used as adsorptive agents for as diverse media as water, oil, dyes and odors or even cations. Corn cob granulate is inert and not toxic and can therefore be disposed off with relative ease.

Within the project, an economically feasible process has been developed and realized in the form of a 40kg/h pilot plant. This pilot plant can produce corn cob granulate for diverse applications. The most profitable process is the combined production of adsorption agent for oil for disaster control and cat litter. The process consists of a cutting mill, combined with an air separator. In a (decentralized) plant with a capacity of 3.000 t/a the price for oil adsorption material must be in exceed 0.60 €/kg and that for cat litter 0,30 €/kg. A market analysis shows that these prices are realistic.

In practical tests it could be confirmed that corn cob granulate:

- ❖ is **suitable** for utilization as oil adsorptive material in disaster control applications on solid ground and as cleaning agent for oil contaminated surfaces (e.g. in workshops). This applies to a granulate fraction from 0,3-2 mm, Type III R, with an adsorptive capacity for oil of 0,7 kg to 0,9 per kg granulate;
- ❖ is **not suitable** for disaster control applications on water surfaces, as no hydrophobia could be achieved and buoyancy is insufficient;
- ❖ is **very suitable** in pet hygienic applications (e.g. cat litter). This applies to granulate fractions of 2-3.5 mm for small rodents and 3,5 to 8 mm for cat litter. Adsorptive capacity is approximately 1 to 1,3 kg water per kg granulate.

Conclusions

Utilization of maize residues offer economical chances on several levels. For innovative farms, utilization of corn cobs can add 22% to their income from maize harvest. Rural regions can be economically strengthened (a 3.000 t/a plant would entail value added to the tune of 1,4 Mil. €) on the base of a sustainable technology utilizing existing, hitherto unused resources.

The utilization of maize residues has still applications that have not been investigated sufficiently and offer points of departure for additional projects. Cases in point are the utilization of corn straw in solid state fermentation, as well as special applications for corn cob granulate in cleaning applications, as carrier material for immobilization of biocatalysts and for the manufacturing of molded parts (e.g. in automotive applications). However utilization of renewable resources requires new technological as well as logistical approaches with multi-resource and multi-product plants at their heart. These new production systems are still not sufficiently developed.

In accordance with the goals of the project line “Fabrik der Zukunft” the here developed process for utilizing corn cob granulate in oil adsorption agents and pet hygienic applications is an example for innovative use of renewable resources. Consequent pursuit of this line of technology development will subsequently lead to realizable, decentralized and economically feasible processes on the base of renewable resources.

Inhaltsverzeichnis

KURZFASSUNG – TEIL A	3
KURZFASSUNG – TEIL B	5
ABSTRACT – PART A	6
ABSTRACT – PART B	7
ENDBERICHT	
1 EINLEITUNG	12
2 VERWENDETE METHODE UND DATEN	14
2.1 <i>Projektphasen</i>	14
2.2 <i>Material und Methoden</i>	15
2.2.1 <i>Mahlversuche</i>	15
2.2.2 <i>Methode zur Untersuchung der Adsorptionswirkung - Öl</i>	17
2.2.3 <i>Methode zur Untersuchung der Adsorptionswirkung - Wasser</i>	17
2.2.4 <i>Methode zur Untersuchung der Schwimmfähigkeit</i>	17
2.2.5 <i>Methode zur Erzeugung von Maiskolbengranulaten in der Pilotanlage</i>	18
3 ERGEBNISSE DES PROJEKTS UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	20
3.1 <i>Adsorptionsfähigkeit von Maiskolbengranulat für Öl (Ölbindemittel)</i>	20
3.2 <i>Adsorptionsfähigkeit von Maiskolbengranulat für Wasser (Hygienematerial)</i>	22
3.3 <i>Schwimmfähigkeit von Maiskolbengranulat</i>	24
3.4 <i>Gewinnung und Aufbereitung der Rohstoffe</i>	25
3.5 <i>Pilotanlage zur Maisspindelgranulat-Herstellung</i>	27
3.5.1 <i>Korngrößenverteilung und Durchsätze</i>	30
3.5.2 <i>Prüfung der Adsorptionsfähigkeit der Fraktionen aus der Pilotanlage</i>	31
3.6 <i>Ergebnisse der Produkterprobung in der Praxis</i>	33
3.6.1 <i>Ölbinder auf Verkehrsflächen und festen Untergründen</i>	33
3.6.2 <i>Hygienematerial für Katzen und Kleintiere</i>	38
3.7 <i>Auswertung der Produktanwendung durch das Tierheim des Landestierschutzvereins für Steiermark</i>	39
3.8 <i>Wirtschaftliche Bewertung</i>	42
3.8.1 <i>Rohstoff- und Energiekosten</i>	43
3.8.2 <i>Investitions- und Personalkosten</i>	44
3.8.3 <i>Produktmengen und Erlösstruktur</i>	45
3.8.4 <i>Wirtschaftlichkeit der Szenarien</i>	46
3.8.5 <i>Schlussfolgerungen</i>	49
4 EMPFEHLUNGEN	50
5 LITERATURVERZEICHNIS	56
6 ABBILDUNGSVERZEICHNIS	59
7 TABELLENVERZEICHNIS	61
ANHANG A BIS J	62
ANHANG A	63
DIE MAISPFLANZE	63
1 DIE MAISPFLANZE	63

2	INHALTSSTOFFE DER MAISPFLANZE	66
2.1	<i>Lignin</i>	67
2.2	<i>Cellulose</i>	70
2.3	<i>Hemicellulose (Polyose)</i>	72
2.3.1	Xylan	73
ANHANG B		75
TECHNOLOGISCHE NUTZUNGSMÖGLICHKEITEN DER MAISPFLANZE		75
1	ÜBERSICHT DER ANWENDUNGEN	75
2	VERWERTUNG DES MAISKOLBENS	76
2.1.1	Gemahlene Maisspindeln als Adsorbens	76
2.1.2	Trocken-Reinigungstechnologien auf der Basis gemahlener Maiskolben	81
2.1.3	Weitere Anwendungen von Maiskolbenbestandteilen	84
3	MAISSTROHVERWERTUNG	87
3.1.1	Biotechnologische Nutzung von Maisstroh	87
3.1.2	Hauptprodukte aus der biotechnischen Verwertung von Maisstroh	90
3.1.3	Weitere Produkte auf der Basis Maisstroh	92
4	NUTZUNG SPEZIELLER PFLANZENTEILE	93
5	PRODUKTAUSWAHL	94
ANHANG C		95
GEWINNUNG UND AUFBEREITUNG DER ROHSTOFFE		95
1	ERNTE UND TROCKNUNG	95
2	MECHANISCHE VERARBEITUNG	97
2.1	<i>Kugelmühlen</i>	98
2.2	<i>Hammermühlen</i>	99
2.3	<i>Walzenmühlen</i>	99
2.4	<i>Rotorprallmühlen</i>	100
2.5	<i>Stiftmühlen</i>	100
2.6	<i>Sichtermühlen</i>	101
2.7	<i>Feinprallmühlen</i>	101
2.8	<i>Schneidmühlen</i>	102
ANHANG D		104
PROZESSENTWICKLUNGSPHASE		104
1	KOOPERATION MIT DER FEUERWEHRSCHULE LEBRING	104
2	MAHLVERSUCHE	106
2.1	<i>Methode</i>	106
2.2	<i>Ergebnisse der Mahlversuche</i>	107
2.2.1	Massenflüsse der Sorte Benicia (Be I)	108
2.2.2	Massenflüsse der Sorte Saatmaisproduktion Wollsdorf (Wo I)	110
ANHANG E		113
ADSORPTIONSUNTERSCHIEDE VON MAISKOLBENGRANULAT		113
1	UNTERSUCHUNG DER ADSORPTIONSWIRKUNG – HEIZÖL EXTRALEICHT (HÖEL)	113
1.1	<i>Methode</i>	113
1.2	<i>Versuchsergebnisse</i>	115
1.3	<i>Vergleich der Sorte Benicia mit Ölbindemittel der Feuerwehrscheule Lebring</i>	119
2	UNTERSUCHUNG DER ADSORPTIONSWIRKUNG – WASSER ALS ÄQUIVALENT ZU KATZENURIN	120
2.1	<i>Methode</i>	120

2.2	<i>Versuchsergebnisse</i>	121
2.2.1	Vergleich eigener Produkte mit zwei Sorten Katzenstreu aus Maiskolbengranulat 125	
ANHANG F		126
ADSORPTIONSVERSUCHE MIT GETROCKNETEN UND UNGETROCKNETEN MAISKOLBEN		126
1	ADSORPTIONSVERSUCHE MIT GETROCKNETEN UND UNGETROCKNETEN MAISKOLBEN	126
ANHANG G		128
UNTERSUCHUNG DER SCHWIMMFÄHIGKEIT DES MAISGRANULATS ZUR ANWENDUNG AUF GEWÄSSEROBERFLÄCHEN		128
1	SCHWIMMFÄHIGKEITSUNTERSUCHUNGEN	128
2	ZENTRIFUGIERVERSUCHE	130
3	HYDROPHOBIERVERSUCHE	133
3.1	<i>Silylierung</i>	133
3.2	<i>Acetylierung</i>	133
3.3	<i>Hydrophobierung mit Rapsöl</i>	134
4	RUTSCHFESTIGKEITSUNTERSUCHUNGEN, EIGNUNG DES ÖLBINDERS FÜR VERKEHRSLÄCHEN	134
ANHANG H		137
PILOTANLAGE ZUR ERZEUGUNG VON MAISKOLBENGRANULAT		137
1	AUSWAHL UND TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN	137
1.1	<i>Lager und Behältnisse</i>	137
1.2	<i>Mühle und deren Steuerung</i>	137
1.3	<i>Sichtanlage</i>	141
2	AUFBAU UND VERSUCHSPLAN	142
3	ERGEBNISSE DER TESTPRODUKTIONEN	145
3.1	<i>Korngrößenverteilung und Durchsätze</i>	145
3.2	<i>Schaltungsvarianten der Anlage</i>	148
3.3	<i>Prüfung der Adsorptionsfähigkeit der Fraktionen aus der Pilotanlage</i>	150
ANHANG I		156
WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG UND PRODUKTERPROBUNGSPHASE		156
1	WIRTSCHAFTLICHE BEWERTUNG	156
1.1	<i>Kosten der Rohstoffe und Energiepreise</i>	156
1.2	<i>Investitions- und Personalkosten</i>	157
1.3	<i>Produktmengen und Erlösstruktur</i>	158
1.4	<i>Wirtschaftlichkeit der Szenarien</i>	159
2	GRUNDLAGEN UND ERGEBNISSE DER VERSUCHSDURCHFÜHRUNG IM BEREICH ÖLBINDEMITTEL	163
2.1	<i>Praxis der Produktanwendung auf Verkehrsflächen</i>	163
2.2	<i>Anwendungsstrategien für Ölbinder aus Maisgranulat</i>	168
2.3	<i>Auswertung der Produktanwendung durch die Feuerwehr der Stadt Graz</i>	172
3	GRUNDLAGEN UND ERGEBNISSE DER VERSUCHSDURCHFÜHRUNG IM BEREICH HYGIENEMITTEL	174
3.1	<i>Katzenstreu</i>	174
3.1.1	Mineralische Katzenstreu	174
3.1.2	Pflanzliche Katzenstreu	174
3.1.3	Katzenstreu mit und ohne Klumpenbildung	175

3.2	<i>Auswertung der Produktanwendung durch das Tierheim des Landestierschutzvereins für Steiermark</i>	176
3.3	<i>Kleintierstreu (Nagetiere, Vögel, etc.)</i>	178
3.4	<i>Schlussfolgerungen</i>	179
ANHANG J		180
ERHEBUNGSBÖGEN, TABELLEN UND TECHN. SPEZIFIKATIONEN		180
1	ERHEBUNGSBÖGEN DER PRODUKTERPROBUNGSPHASE	180
2	TABELLEN UND TECHNISCHE SPEZIFIKATIONEN	188

1 Einleitung

Das Projekt **Adsorbens aus Maisreststoffen** hat das Ziel ein Verfahren zu entwickeln und zu erproben, welches es ermöglicht, aus Maiskolben, die bei der Ernte von Körnermais als Nebenprodukt anfallen, Produkte mit adsorptiven Eigenschaften herzustellen. Diese Produkte sollen dabei für folgende Einsatzbereiche optimiert werden:

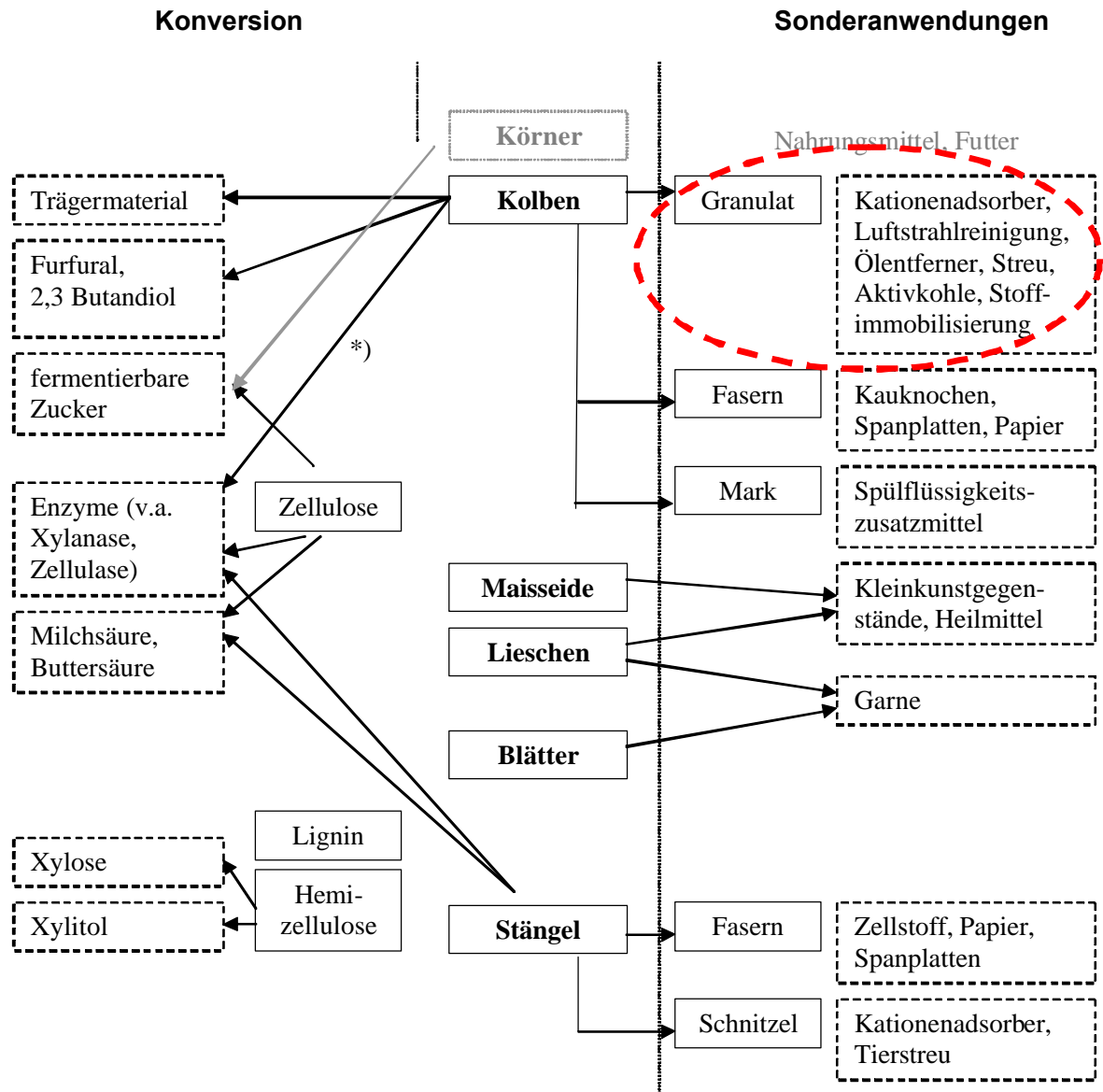
- Verwendung als Ölbindemittel auf festen Untergrund im Katastrophen und Umweltschutz und in der Reinigung von verschmutzten Böden (Werkstätten etc.)
- Verwendung als Ölbindemittel für Gewässer, ebenfalls im Katastrophen- und Umweltschutz
- Verwendung als Tierhygiene-Material (Katzenstreu, etc.)

Die Entwicklung dieses Verfahrens erfolgt vor dem Hintergrund einer weitreichenderen Zielsetzung. Durch die Verwertung von agrarischen Reststoffen soll einerseits die Möglichkeit zur Entwicklung einer dezentralen Prozessindustrie mit hoher Wertschöpfung geboten werden. Dies soll für viele Regionen Österreichs neue wirtschaftliche Chancen eröffnen, die nachhaltig genutzt werden können. Andererseits soll durch die Verwertung von Reststoffen aus der Landwirtschaft den Bauern ein Zusatzeinkommen erschlossen werden.

In der **Steiermark** wurden im Jahr 2000 auf einer Fläche von 56.900 ha 520.870 t Körnermais produziert (Statistik Austria, Statistisches Jahrbuch 2001). Bei einem durchschnittlichen ha-Ertrag von 9.160 kg fallen etwa 6.000 bis 8.000 kg Erntereste an, daraus ergeben sich Ernterückstände (Blätter, Stängel und Maiskolben) von ca. 500.000 t pro Jahr, die derzeit wirtschaftlich ungenutzt am Feld liegen bleiben.

Diese Ernterückstände stellen aber eine wertvolle, bisher ungenutzte Quelle zur Herstellung verschiedener Produkte dar und erscheinen mengenmäßig wie auch der Qualität nach außerordentlich interessant, vor allem die Maisspindel könnte eine bemerkenswerte Rohstoffquelle sein.

Schließlich soll mit der Entwicklung eines Verfahrens die Möglichkeit zur Herstellung von naturnahen, nachhaltig einsetzbaren Produkten in einem ökologisch sensiblen Bereich (dem Katastrophenschutz) geschaffen werden.



Stammbaum der stofflichen Nutzung der Maispflanze nach der Kornreife

*) Kolben, Blätter und Stängel können in Zellulose, Lignin und Hemizellulosen gespalten werden; in der Graphik sind nur die wichtigen direkten Konversionswege angezeigt

Abb. 1: Übersicht der technischen Mais-Ganzpflanzennutzung; Projektschwerpunkt: Nutzung von Maiskolbengranulat

2 Verwendete Methode und Daten

2.1 Projektphasen

Das Projekt gliederte sich in zwei Phasen:

- Die Prozessentwicklungsphase und
- die Produkterprobungsphase

Im Rahmen der Prozessentwicklungsphase wurden die vorliegenden Erfahrungen auf dem Gebiet der Herstellung von Maiskolbengranulat technisch ausgewertet und auf die Bedürfnisse der Herstellung der drei Produktklassen hin adaptiert. Schließlich wurde ein technischer Vorschlag für eine Maiskolben-Aufarbeitungsanlage, bestehend aus Aufbereitung, Mahlung und mechanischer Trennung erarbeitet.

Dieser technische Vorschlag wurde in einer Pilotanlage umgesetzt, wobei diese Anlage einerseits so flexibel ausgelegt wurde, dass Feinjustierungen in den Produktqualitäten (Korngrößen, Verteilung der Korngrößen, etc.) noch vorgenommen werden können. Andererseits erreicht diese Pilotanlage eine ausreichende Kapazität, um die Produkterprobung in der Praxis zu unterstützen.

Gleichzeitig und in enger Abstimmung mit den konstruktiven Überlegungen wurden in dieser Phase auch Laborversuche durchgeführt, die zur Bestimmung der wichtigsten Parameter der Produkte genutzt werden sollen. Dies inkludiert die Bestimmung der Aufnahmefähigkeit für Öl und andere Schadstoffe als Funktion der Korngrößen und der Feuchtigkeit des Ausgangsstoffes, der optimalen Korngröße für Ölabscheidung in wässrigen Systemen u.a.m.

Am Ende der Prozessentwicklungsphase stand die Errichtung der Pilotanlage. Ein weiteres Produkt dieser Phase ist ein Versuchsplan für den Betrieb dieser Pilotanlage zur Herstellung ausreichender Mengen zur Erprobung der Produkte.

In der Produkterprobungsphase wurden in der Pilotanlage ausreichende Mengen an Produkten erzeugt, um eine detaillierte Prüfung der Produkteigenschaften zu ermöglichen. Dazu wurde die Zusammenarbeit mit Nutzern der Produkte gesucht, um neben den Tests im Labormaßstab auch ausreichend praktische Erfahrung zu sammeln. Diese Erfahrungen sollen dazu ausgenutzt werden, die Produkte weiterzuentwickeln und marktfähig zu machen.

Neben den Eigenschaften der Produkte in ihrer primären Anwendung diene diese Phase auch der Untersuchung der optimalen Entsorgung der Produkte nach Gebrauch. Alle Produkte erfordern nach ihrem Einsatz die direkte Entsorgung. Es ist aus diesem Grund wichtig, bereits vor der Vermarktung der Produkte diesen Aspekt zu untersuchen und die Produkte gegebenenfalls dahingehend zu verändern, dass der Entsorgungsschritt so Mitwelt schonend als möglich erfolgen kann. Weiters ist in dieser Phase auch die Qualitätssicherung für die Produkte zu untersuchen. Dies betrifft einerseits die Sicherung der Wirksamkeit der Produkte in der Anwendung im Bereich des Katastrophen- und Umweltschutz. Andererseits betrifft es die Konstanz in Wirkung und äußerer Erscheinung für die Produkte im Bereich der Tierhygiene.

Am Ende der Produkterprobungsphase stehen nun:

- ein Verfahren zur (kombinierten) Herstellung von Ölbindemittel und Tierhygiene-Produkten aus Maiskolben,
- eine funktionierende Pilotanlage und
- optimierte, marktfähige Produkte für den praktischen Einsatz.

2.2 **Material und Methoden**

2.2.1 **Mahlversuche**

Erste Mahlversuche wurden mit einer Schlagkreuzmühle durchgeführt. Mit dieser Mühle wurde kein befriedigendes Ergebnis erzielt. Das erhaltene Granulat war zu grob und hatte eine zu glatte Oberfläche, dadurch waren die adsorptiven Eigenschaften wesentlich niedriger als erwartet.



Bei weiteren Mahlversuchen mit einer Mikrofeinmühle mit Schneidmahlkopf (Abb. 2) konnte eine zufrieden stellende Qualität erreicht werden, allerdings mussten die Maiskolben händisch vorzerkleinert werden. Um die Korngröße des Granulates zu variieren und den Staubanteil zu verringern wurden diese Versuche mit verschiedenen Einsätzen (3mm, 2mm und 1mm Rundloch) durchgeführt.

Abb. 2: Mikrofeinmühle mit Schneidmahlkopf

Tab. 1 Technische Daten der verwendeten Mikrofeinmühle

Mühle:	230 V 50/60 Hz 1000W 3000...6500 1/min IP22
--------	---

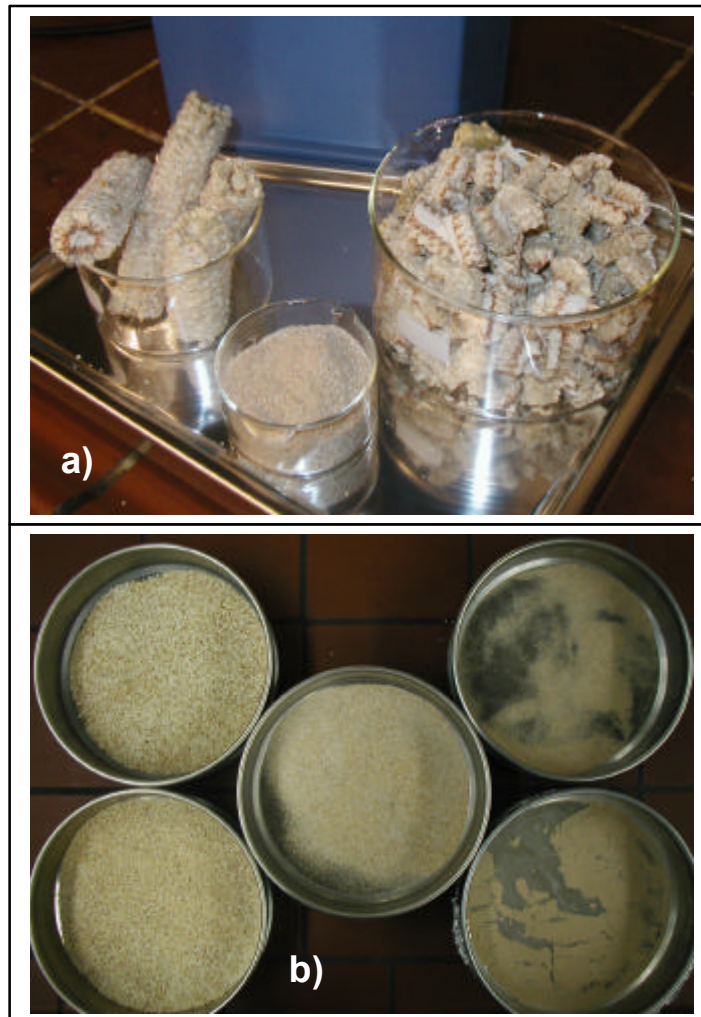


Abb. 3: a) Vom Maiskolben bis zum Granulat; b) Fraktionen der Siebe 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm und 0,063 mm

Vor allem der holzige Ring weist besonders gute adsorptive Eigenschaften auf. Um das Granulat in dieser Hinsicht zu fraktionieren wurde das Mahlgut mit Sieben bei 1mm, 0,5mm, 0,25mm, 0,125mm und 0,063mm getrennt. Dabei hat sich gezeigt, dass sich in den jeweiligen Fraktionen sowohl Teile der Spelzen, des Markes und auch des holzigen

Ringes befinden. Um ein möglichst saugfähiges Granulat zu erhalten wurden Mark und Spelzen ausgeblasen.

2.2.2 Methode zur Untersuchung der Adsorptionswirkung - Öl

In Anlehnung an ein Testverfahren des Materialprüfamt in Nordrheinwestfalen (Anhang E, Kap. 1), das die verschiedensten Ölbindemittel auf ihre Eigenschaften laut "Anforderungen an Ölbindemittel", BMU -12.03.1990 - WA I3-20374/18 untersucht, wurde folgender Vorgang gewählt: Das Granulat wird eine Stunde in Heizöl Extra Leicht eingeweicht und danach über ein Sieb 24 Stunden abgetropft. Das Granulat wird vor und nach der Adsorption abgewogen, die Gewichts Differenz ist ein Maß für die Adsorptionsfähigkeit des Stoffes.

2.2.3 Methode zur Untersuchung der Adsorptionswirkung - Wasser

Hier wurde wieder die gleiche Untersuchungsmethode, in Anlehnung an das Testverfahren des Materialprüfamt in Nordrheinwestfalen, wie bei der Untersuchung der Adsorptionsfähigkeit mit Heizöl Extra Leicht, gewählt (Anhang E, Kap. 2): Das Granulat wird eine Stunde in Wasser eingeweicht und danach über ein Sieb 24 Stunden abgetropft. Das Granulat wird vor und nach der Adsorption abgewogen, die Gewichts Differenz ist ein Maß für die Adsorptionsfähigkeit des Stoffes.

Diese Adsorptionsuntersuchungen für Öl und Wasser wurden mit verschiedenen Maiskolbensorten und mit verschiedenen Korngrößen durchgeführt. Folgende Sorten und Korngrößen wurden untersucht:

- Benicia,
- Raissa,
- Ribera,
- eine Mischung aus Ribera/Benicia und
- Maiskolben aus der Saatmaisproduktion Wollsdorf in den Korngrößen 1 mm, 0,5 mm und 0,25 mm sowie
- EU-Grit

2.2.4 Methode zur Untersuchung der Schwimmfähigkeit

Diese Untersuchungen wurden mit Heizöl Extra Leicht und mit Rapsöl durchgeführt. 200 ml Wasser wurden mit 10 ml Öl versetzt und danach wurde das Granulat hinzugegeben (Anhang F, Kap. 1). Der Erlenmeyerkolben wurde mehrere Stunden stehen gelassen und

immer wieder leicht geschüttelt, da die Schwimmfähigkeit auch in turbulenten Gewässern bestehen muss.

Anforderungen an Typ 1 - einsetzbar auch in turbulenten Gewässern

Schwimmfähigkeit ohne Öl $\geq 95\%$
mit Öl $\geq 95\%$

Anforderungen an Typ 2 - kurzfristig max. für ein paar Tage auf leicht bewegten Gewässern einsetzbar

Schwimmfähigkeit ohne Öl $\geq 80\%$
mit Öl $\geq 95\%$

2.2.5 Methode zur Erzeugung von Maiskolbengranulaten in der Pilotanlage

Zur Produktion der Testmaterialien für die Produkterprobungsphase wurde eine Pilotanlage mit folgender Zusammensetzung eingesetzt: Lagerung mittels Speichercontainer, Vorlagetrichter und Zuführband, Mühle und Sammelbehälter sowie der Sichtenanlage (Siebböden, Gebläse zur Fraktionierung der Leichtfraktion) mit Sackabfüllung und Verwägung.

Rohstoffe und Lagerung: Die Maisspindeln aus der Saatmaisproduktion Wollsdorf (Fa. Steirerkraft) wurden mit einem Sattelzug angeliefert und in Kleincontainer mittels Stapler umgefüllt. Die Rohware konnte so trocken und geschützt in der Halle gestapelt werden. Die selben Container wurden auch als Zwischenspeicher unter der Mühle benutzt, da der Mühlendurchsatz bei weitem geringer ist als jener der angemieteten Sichtenanlage. Das fertige Produkt für die Praxistests wurde in 3-schichtige Papiersäcke zu je 100l abgefüllt und abgenäht. Diese wurden auf Paletten gestapelt und ebenfalls trocken in einer unbeheizten Halle gelagert.

Mühle und deren Steuerung: Aufgrund der Untersuchungen im Labor und den Erfahrungen aus den Mahlversuchen wurde als Mühlentyp die Schneidmühle gewählt. Der Durchsatz der Anlage wurde so gestaltet, dass die Mengen der Praxisversuche in 5 bis 8 Wochen Testbetrieb produziert werden konnten. Die technische Ausschreibung umfasste folgenden Lieferumfang: aufeinander abgestimmte Kleinanlage, bestehend aus einer Schneidmühle mit Stahlgestell und dem Aufgabesystem. Die Entscheidung fiel schlussendlich auf die Gebrauchmaschine der Herbold Meckseim GmbH des Typs Romatec 20/26 mit 4 KW elektrischer Leistung.

Sichtanlage: Durch die Kooperation mit der PSO Buchgraber in 8330 Auersbach konnte eine hochprofessionelle Sieb- und Sichtanlage mit einer hohen Stundenleistung für das Projekt gemietet und benutzt werden (KWA Anlagenbau GmbH). Vor der Gutaufgabe ist eine Bürststation vorhanden, in der rotierende Bürsten das Gut schonend reinigen können. Dieses System wurde zur optischen Aufbesserung des Hygienestreus mit Erfolg eingesetzt. Die Funktionsweise des Sichters ist folgendermaßen: nach Aufgabe des Mahlgutes in den Vorlagetrichter wird der Maisspindelgrieß über ein Austragsband vordosiert und über einen schonenden Becherelevator in die Gutaufgabe am Kopf der Maschine geführt. Von dort aus gelangt es auf das Rüttelsieb (mit gewünschter Lochung), das gleichzeitig von unten mit Luft durchströmt wird. Der Luftzug trennt die leichten Teile (Mark, Blättchen der Spelzen, Staub) vom Mahlgut ab, die in einem Zyklon abgeschieden werden und über eine Schnecke in den Reststoffcontainer gelangen. Je nach Sieblochung (Fraktionierung) kann die Anlage das Obersiebmaterial (z.B. über 7mm), das Produkt (z.B. 4,5 bis 7mm) und das Untersiebmaterial (z.B. 0 bis 4,5mm) getrennt auswerfen. Alle Teilströme wurden in separaten Containern gesammelt und verwogen, um die Massenbilanz überprüfen zu können.

3 Ergebnisse des Projekts und Schlussfolgerungen

In diesem Projekt wurde die außergewöhnliche strukturelle Qualität der Maisspindel in Hinsicht auf Adsorption untersucht und bestätigt. Auf Grund der ausgezeichneten Saugfähigkeit des Maisspindelgranulates eignen sich sämtliche Produkte als Adsorptionsmaterial für unterschiedlichste Medien (wie Wasser, Öl, Geruchs/Farbstoffe oder Kationen). Maiskolbenprodukte sind inert, untoxisch und können somit relativ unproblematisch entsorgt werden, abhängig davon, mit welchen Stoffen sie beladen wurde. In diesem Abschnitt ist das wesentliche Datenmaterial des Forschungsprojektes zusammengefasst und dargestellt. Details können den Anhängen A bis J entnommen werden.

3.1 Adsorptionsfähigkeit von Maiskolbengranulat für Öl (Ölbindemittel)

Die Adsorptionsuntersuchungen im Labor wurden mit verschiedenen Maiskolbensorten und mit verschiedenen Korngrößen durchgeführt. Folgende Sorten wurden in den Korngrößen 1mm, 0,5mm und 0,25mm untersucht: Benicia (Be), Raissa (Ra), Ribera (Ri), eine Mischung aus Ribera/Benicia (Ri/Be) und Maiskolben aus der Saatmaisproduktion Wollsdorf (Wo) sowie EU-Grit (geschützte Handelsmarke, FRA, seit 2001 am Markt).

Beim Vergleich der verschiedenen Sorten hat sich gezeigt, dass die Sorte Benicia besonders gute adsorptive Eigenschaften aufweist. Außerdem zeigte sich, dass das Adsorptionsverhalten sehr stark von der Korngröße abhängt. Das Granulat mit geringerer Korngröße hat wesentlich bessere bindende Eigenschaften, da hier wesentlich mehr Oberfläche zur raschen Adsorption zugänglich ist. Trotzdem ist die Feinheit des Materials bei der Anwendung als Ölbinde nach unten begrenzt, da es beim Einsatz in der Praxis durch Windeinfluss zu Verwehungen sowie durch den Feinanteil zum „Schmierer“ (Verschlechterung der Rutschfestigkeit) kommt.

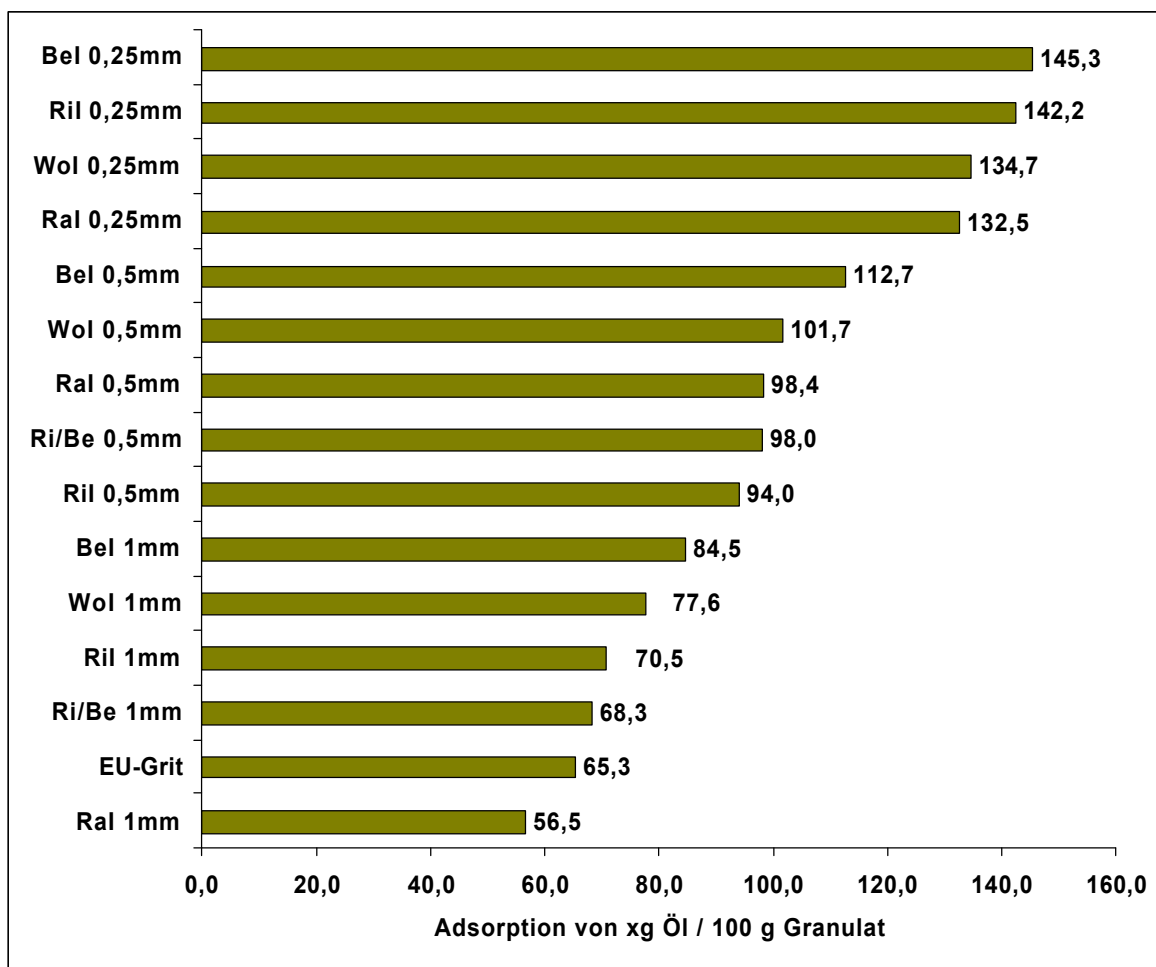


Abb. 4: Adsorption von Heizöl Extra Leicht pro 100 g Maisgranulat – geordnet nach Adsorptionsmenge [g/100 g Granulat]

Aus der Grafik (Abb. 4) ist ersichtlich, dass auf Grund des Adsorptionsverhalten das Granulat der Sorte Benicia mit der Korngröße 0,25 mm als Ölbindemittel zu bevorzugen wäre. Allerdings bildet dieses Granulat nach der Öladsorption eine schmierige Schicht und ist daher schwieriger zu entfernen als das Granulat mit der Korngröße 0,5 mm. Dieses Granulat hat zusätzlich den Vorteil, dass sich das Adsorptionsverhalten zum Granulat mit der Korngröße 1 mm nur gering unterscheidet und beide daher mischbar sind, ohne dass sich die Adsorptionsfähigkeit wesentlich ändert.

Die Labortests zeigten, dass die optimale Siebgröße zur Erzeugung der Fraktion 0,5 bis 1 zwischen 2 und 3mm Rundloch liegt. Aus diesem Grund wurde für die Pilotanlage eine Lochung von 2,5 für den Bereich Ölbinde gewählt. Zu kleine Lochungen verursachen in Schneidmühlen einen übermäßigen Staubanteil, der nicht unmittelbar im Produkt genutzt werden kann.

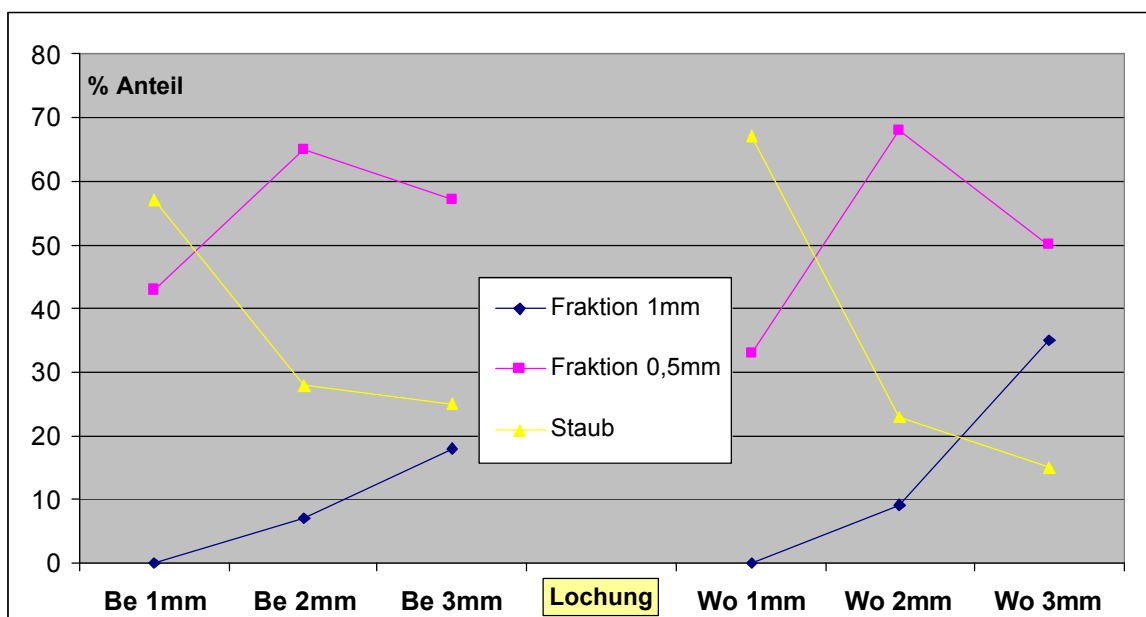


Abb. 5: Zusammenfassung der Verteilung der Fraktionen bei verschiedenen Sieblochgrößen der Sorten Benicia und Wollsdorf

Aus der Abbildung 5 erkennt man darüber hinaus, dass die getrocknete Ware aus Wollsdorf eine bessere Ausbeute an verwendbaren Material hat. Für die Versuche in der Pilotanlage wurden ausschließlich die Kolben der Saatmaisproduktion Wollsdorf herangezogen (vgl. Anhang H), da die Verfügbarkeit auch über das Jahr gegeben und die Reinheit des Materials herausragend ist.

3.2 Adsorptionsfähigkeit von Maiskolbengranulat für Wasser (Hygienematerial)

Beim Vergleich der verschiedenen Sorten im Labor in Bezug auf Adsorptionsfähigkeit für Wasser (Abb. 6) hat sich wieder gezeigt, dass die Sorte Benicia besonders gute adsorptive Eigenschaften aufweist. Auch die Abhängigkeit des Adsorptionsverhalten von der Korngröße wurde bei diesen Untersuchungen bestätigt. Am schlechtesten schneidet immer die Sorte Raissa ab. In der Praxis wird man deshalb vornehmlich Spindeln von Benicia und Ribera Sorten verwenden.

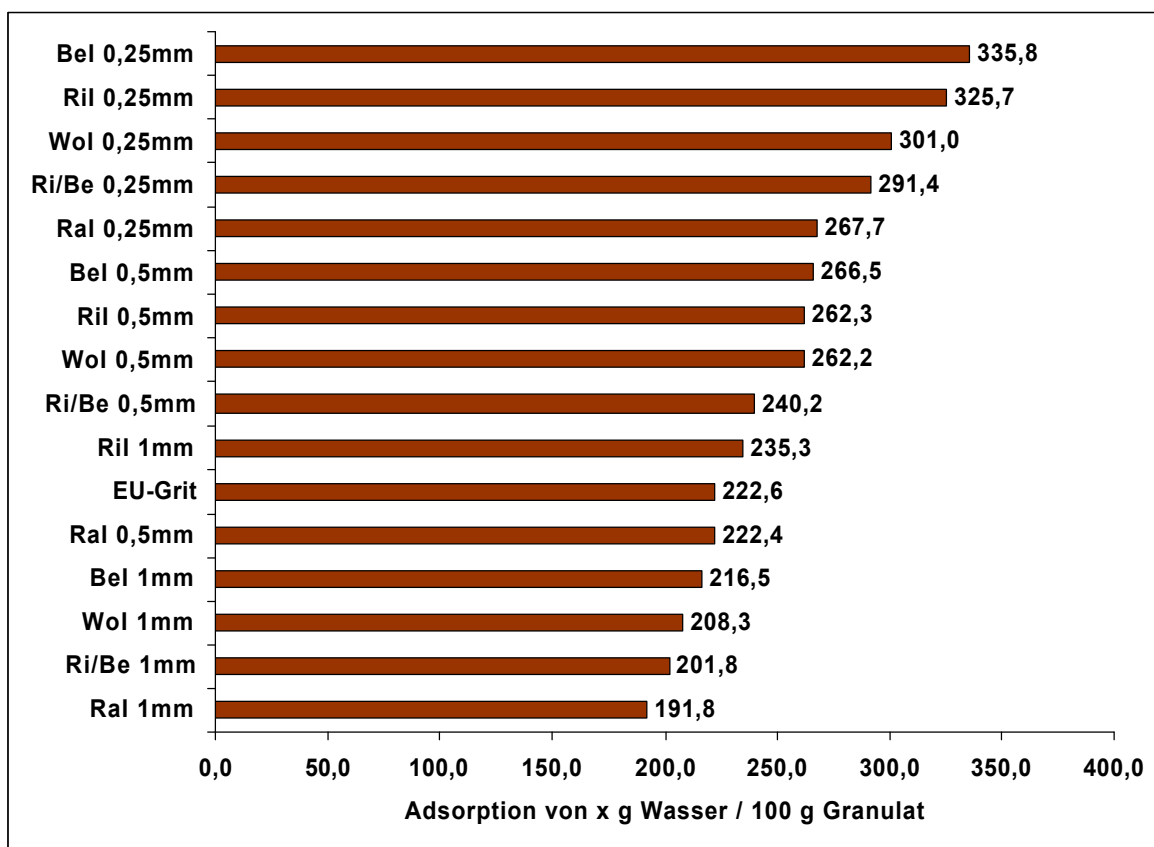


Abb. 6: Adsorption von Wasser an Maisgranulat unterschiedlicher Korngröße (0,25, 0,5 und 1 mm) inkl. dem Referenzprodukt EU-Grit [g Wasser/g Granulat]

Auch der Vergleich mit zwei bereits am Markt befindlichen groben **Katzenstreuorten** aus Maiskolbengranulat (Fa. Allco, Fa. FEX GmbH) mit einer **Korngröße von ca. 4 mm** brachte gegenüber dem selbst produzierten größeren Granulat (Wo 4,5mm) durchaus vergleichbare Werte um 100 g Wasser pro 100g Hygienematerial.

Beim Vergleich zwischen **getrockneten und nicht getrockneten Maiskolben** zeigt sich, dass bei getrockneten Maiskolben die Mahlzeit deutlich verkürzt wird und somit die Mahlergie abnimmt. Auch die Ausbeute wird durch die Trocknung erhöht. Die Adsorptionsfähigkeit für Öl und Wasser nimmt durch die Trocknung zwischen 7 und 10% zu. Aufgrund dieser Fakten und der geringeren Mahlergie ist die Trocknung der Spindeln vor der Vermahlung ein notwendiger Prozessschritt, der wirtschaftlich nachgewiesen werden konnte.

3.3 Schwimmfähigkeit von Maiskolbengranulat

Die Schwimmfähigkeit von Maiskolbengranulat als Anforderung an Ölbindemittel des Typs I und II konnte in keiner der Entwicklungsanstrengungen erfolgreich gelöst werden.



Abb. 7: Schwimmversuch Heizöl Extra Leicht und Wasser, nach 4 Stunden

Wie am Foto deutlich zu erkennen ist, sind weder die Anforderungen an Typ I noch an Typ II von der Gesamtheit des Granulates erfüllt, darum ist dieses Ölbindemittel aus Maiskolbengranulat dem Typ III R zuzuordnen. An und für sich ergaben alle Experimente, dass die Typen I und II auch durch eine tiefergehende Fraktionierung (vgl. Zentrifugierversuche) nicht erreicht werden können. Das Mark allein kann die Anforderungen an Ölbindemittel des Typs I und II nur in Verbindung mit einer Ölschicht auf der Wasseroberflächen erfüllen. Auf Wasseroberflächen, die keine Ölschicht aufweisen, sinkt das Mark. Grund dafür ist die schnellere Adsorption von Wasser.

Auch Verfahren und Möglichkeiten zur Hydrophobierung wurden untersucht, um das Mark auch auf ölfreien Wasseroberflächen über einen längeren Zeitraum schwimmfähig zu machen.

Silylierung: Bezeichnung für die Einführung von (meist org. substituierten) Silyl-Gruppen in organischen Verbindungen, wofür eine Reihe von Reagenzien zur Verfügung stehen: z.B. N,O-Bis-(trimethylsilyl)-acetamid (BSA), 1,1,1,3,3,3-Hexamethyldisilazan (HMDS), Iodtrimethylsilan, Trimethylsilyl-azid oder -imidazol (TSIM), N-Methyl-N-(trimethyl-silyl)-trifluoracetamid (MSTFA), Trimethylsilyl-bromid, -iodid oder -cyanid. Beurteilung: Dieses Verfahren scheint nicht wirtschaftlich zu sein, da alle angeführten Reagenzien, die für eine

Hydrophobierung des Markes benötigt werden, zu teuer im Verhältnis zum Marktwert des Binders sind.

Acetylierung: Bezeichnung für die Einführung der Acetylgruppe in organische Verbindungen, die OH-, SH- od. NH₂-Gruppen enthalten. Die niederländische Stiftung Holzforschung versucht durch ein spezielles Verfahren, Weichholz zu Hartholz zu machen: Durch Acetylieren soll die Molekularstruktur von Weichhölzern verändert werden. Fäulniserregende Bakterien und Pilze greifen natürliche Hydroxylgruppen an, die in den Zellwänden von Holz enthalten sind. Diese Hydroxylgruppen nehmen darüber hinaus Wasser auf und sind damit für das Quellen und Schrumpfen von Holz unter verschiedenen Feuchtigkeitsbedingungen verantwortlich. Versetzt man das Holz mit Essigsäure-Anhydrid, werden aus Hydroxylgruppen wasserabweisende Acetylgruppen. Dieses Acetylieren senkt aber nicht nur den Feuchtigkeitsgehalt des Holzes dauerhaft und macht es damit maßhaltiger: Es bewirkt außerdem, dass die Enzymsysteme von Pilzen das Holz nicht mehr als Nahrung erkennen. Der Befall durch holzerstörende Pilze wird damit unterbunden. Beurteilung: Dieses Verfahren scheint von den entstehenden Kosten her gesehen durchaus geeignet zu sein und müsste aber in weiteren Untersuchungen auf die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit hin überprüft werden. (Palstek, 2002)

Hydrophobierung mit Rapsöl: Die günstigste Möglichkeit scheint das Vorbehandeln von Mark mit Rapsöl zu sein. Dazu wurden folgende Untersuchungen mit Maiskolbengranulat durchgeführt. 0,1g Rapsöl wurde in 50 ml Petrolether gelöst, 10 g Granulat (Be 0,5mm) wurde zugegeben und kurz geschüttelt. Danach wurde der Petrolether abrotiert und mit dem getrockneten Granulat wurden weitere Schwimmversuche, wie in Kapitel 1 beschrieben, durchgeführt. Weiters wurde 0,5g und 1g Rapsöl gelöst, weitere Vorgehensweise wie zuvor beschrieben. Bei den Schwimmversuchen zeigten sich keine Unterschiede zum nicht behandelten Granulat, alle Schwimmversuche waren negativ. Es konnte nachgewiesen werden, dass das Mark neben der größten Aufnahmefähigkeit auch die beste Schwimmfähigkeit besitzt.

3.4 Gewinnung und Aufbereitung der Rohstoffe

Der **Mähdrescher** ist heute die Standarderntemaschine für alle dreschbaren Körnerfrüchte. Bei diesem Verfahren, dem Mähdrusch, werden alle anfallenden Erntearbeiten in einem Arbeitsgang zusammengefasst. Die Absonderung der Spindel (= ausgedroschene Kolben) von den Körnern und vom Maisstroh kann entweder für eine

reine Spindelfraktion über zusätzliche Siebe oder für eine Fraktion mit Lieschen- und Körnerresten durch eine Austragvorrichtung nach der Dreschtrommel erfolgen. Aufgrund des großen Volumens empfiehlt es sich nicht den Mähdrescher mit einem Zweikammersystem auszustatten. Vielmehr fährt während der Ernte ein Traktor mit Anhänger neben der Erntemaschine, auf dem die Maisspindeln getrennt gesammelt werden. Bei einer Dichte von ca. 210 kg/m³ benötigt man für die erntefrischen Spindeln ca. 1,2 Erntewagen pro Hektar für die Spindeln. Das Maisstroh verbleibt wie bisher zu Dünge Zwecken am Feld. Sollte das Maisstroh benötigt werden, so könnte es ebenso getrennt gesammelt werden.

Die Untersuchungen und Mahlversuche im Labormaßstab ergaben, dass Maisspindeln in **Schneidmühlen** mit hoher Betriebssicherheit zerkleinert werden können. Bei Schneidmühlen wird das Gut über 2 Mechanismen zerkleinert: einerseits zerschneidet ein mit Messern bestückter Rotor das Gut an Statormesser und andererseits wird das Gut durch ein Lochsieb gerieben und dabei durch die Scherbewegung gemahlen. Die Lochung des Siebes definiert bei der Mühle die Feinheit des Mahlproduktes. Die Abbildung 20 zeigt den Aufbau einer Schneidmühle am Beispiel einer Labormühle.

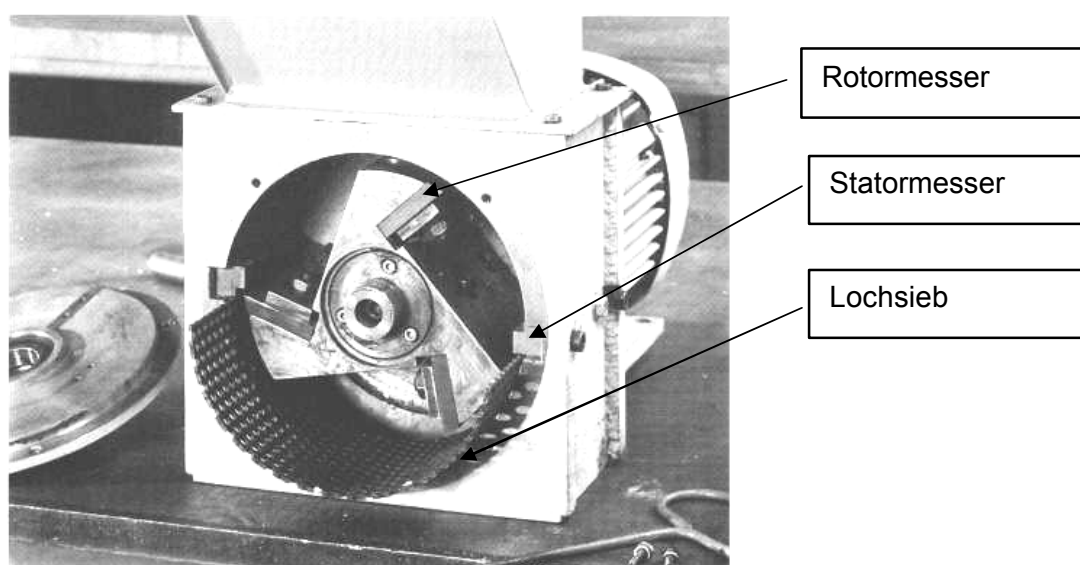


Abb. 8: Aufbau einer Schneidmühle, Quelle: Fa. Herbold GmbH
<http://www.herbold.com/deutsch/Infos/16/Info16-1-D.htm>

Bei großen Mühlen werden die Messer versetzt angeordnet, um die stoßweise Belastungen aufzufangen. Dies ist durch Doppelschrägschnitt-Bauweise in Verbindung mit nur einem Statormesser besonders gut realisierbar. Dadurch kann auch der Lärmpegel der Maschinen reduziert werden. Die Schrägstellung der Messer reduziert

auch den Kraftbedarf der Maschine selbst bei Zerkleinerung mit sehr feiner Sieblochung. Die Feinzerkleinerung bewirkt gute Rieselfähigkeit und hohes Schüttgewicht, was die Weiterverarbeitung deutlich erleichtert. Die Mühlen werden je nach geforderter Durchsatzleistung in unterschiedlichen Baugrößen geliefert, für Flachfolienanlagen ab 7,5 kW Antriebsleistung (z.B. Anwendungen bei Kunststoffrecycling) bis zu Hackanlagen mit 160 kW Antriebsleistung oder darüber. Nachdem die Mühle sehr anfällig auf Störstoffe (Steine, Metall) ist, muss ein Metall- und Steinabscheider vor der Zufuhr eingebaut werden. Schneidmühlen sind wartungsfreundlich und auch der Umbau zu anderen Siebgrößen ist einfach.

3.5 Pilotanlage zur Maisspindelgranulat-Herstellung

Die Pilotanlage zur Herstellung des Testmaterials für die Produkterprobung besteht aus folgenden Elementen: Lager- und Zwischenspeichercontainer, Vorlagetrichter mit Förderband und Schneidmühle (4 kW Nennleistung, Romatec 20/26, Herbold GmbH) sowie der Sichtanlage mit Sackabfüllung.

Die **Mahlanlage** wurde in derselben Halle, in der die angemietete Sichtanlage steht, aufgebaut. Auf der Abbildung 9 befindet sich rechts der Vorratstrichter, aus dem mittels Bandförderung das Gut zur Mühle transportiert wird.



Abb. 9: Mühlenpilotanlage im Vollbetrieb; Befüllung über Stapler mit Drehkranz

Die Inbetriebnahme erfolgte im Dezember 2002 unter extrem kalten Bedingungen. Bei Sieblochung über 4mm funktionierte die lastabhängige Steuerung der Mühle nach der Feineinstellung gut. Unter 4mm traten immer wieder Steuerungsprobleme auf, da durch die kleine Lochung die Mühle immer knapp an der Lastgrenze fuhr. In der Abbildung 9 erkennt man die Steuereinheit und den Mühlenkasten, auf dem der Motor direkt angeflanscht ist. Hauptschalter, Kontrollanzeigen und der Notschalter sind darauf angebracht. Für alle technischen Details siehe Anhang J.



Abb. 10: Befüllung des Vorlagetrichters und Zufuhr des Mahlgutes mittels Bandförderer mit Stegen

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen die Befüllung des Vorlagetrichters mittels Gabelstapler mit Drehkranz. Danach fördert das Förderband (mit Stegen, um ein Rückrutschen zu vermeiden) die Spindeln in den Mühlenrichter. Nach unten fällt das Mahlgut in einen Container. Aus den Sammelcontainern unter der Mühle wurde dann die Sichtenanlage befüllt, nachdem ca. 3 Container fertig gemahlen waren.

Durch die Kooperation mit der PSO Buchgraber in 8330 Auersbach konnte eine hochprofessionelle **Sieb- und Sichtenanlage** mit einer hohen Stundenleistung für das Projekt gemietet und benutzt werden. Die Anlage wurde von der KWA Anlagenbau GmbH (Fürstenfeld) nach dem Vorbild dänischer Sämereisortieranlagen gebaut.

Vor der Gutaufgabe ist auch eine Bürststation vorhanden, in der rotierende Bürsten das Gut schonend reinigen können. Dieses System wurde zur optischen Aufbesserung des Hygienestreus mit Erfolg eingesetzt.

Abb. 11: Frontansicht der Sichtanlage der PSO Buchgraber in Auersbach (Gutaufgabe oben, darunter 2 Siebbehälter und die Rohrleitungen für das Gebläse)



Die Funktionsweise des Sichters ist folgendermaßen: nach Aufgabe des Mahlgutes in den Vorlagetrichter wird der Maisspindelgrieß über ein Austragsband vordosiert und über einen schonenden Becherelevator in die Gutaufgabe am Kopf der Maschine geführt. Von dort aus gelangt es auf das Rüttelsieb (mit gewünschter Lochung), das gleichzeitig von unten mit Luft durchströmt wird. Der Luftzug trennt die leichten Teile (Mark, Blättchen der Spelzen, Staub) vom Mahlgut ab, die in einem Zyklon abgeschieden werden und über eine Schnecke in den Reststoffcontainer gelangen. Je nach Sieblochung (Fraktionierung) kann die Anlage das Obersiebmaterial (z.B. über 7mm), das Produkt (z.B. 4,5 bis 7mm) und das Untersiebmaterial (z.B. 0 bis 4,5mm) getrennt auswerfen. Alle Teilströme wurden in separaten Containern gesammelt und verwogen, um Massenbilanzen zu erstellen.



Je nach Aufgabenstellung kann diese Anlage bis zu 2.000 kg pro Stunde an Gut bei einer Leistung von 90 KW elektrisch verarbeiten. Dieser Durchsatz wurde beim Hygienematerial erreicht, bei Ölbinder konnte nur 60% der Leistung gefahren werden. Die Anlage erwies sich für den Anwendungsfall als bestens geeignet.

Abb. 12: Absackstation mit Wägvorrichtung zur präzisen Gewichtsabfüllung der Fertigware

3.5.1 Korngrößenverteilung und Durchsätze

Man erkennt in Abbildung 13, dass die Schneidmühle ein breites Spektrum an Korngrößen liefert, dass umso unspezifischer ist, je größer die Lochung ist.

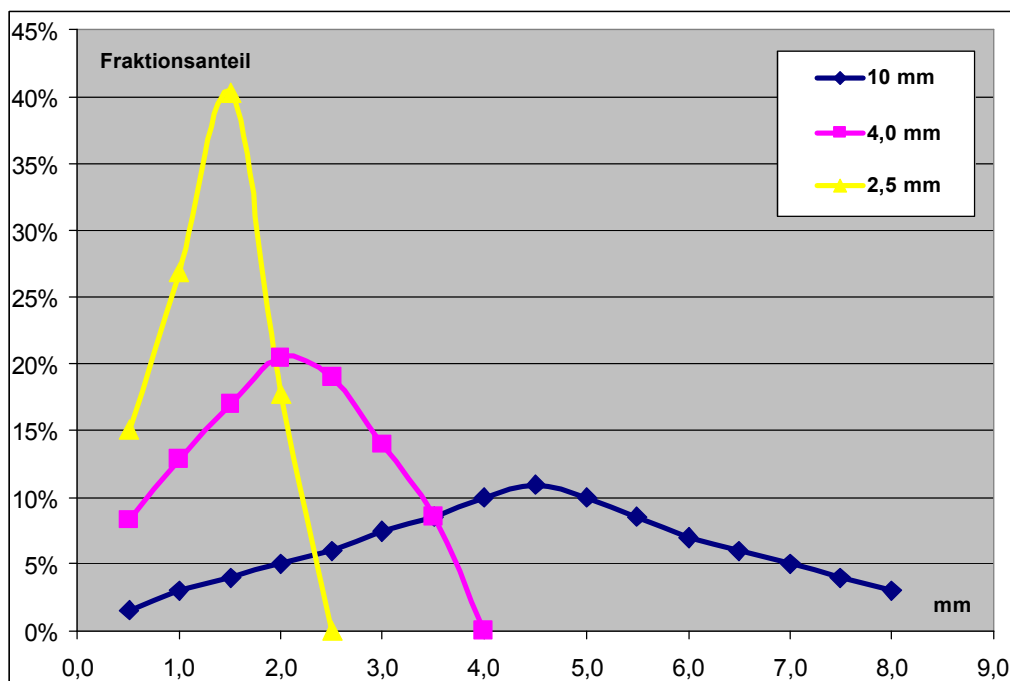


Abb. 13: Korngrößenverteilung des Mahlproduktes bei verschiedenen Sieblochungen

Wie bei den Laborergebnissen zeigt sich, dass auch in der Pilotanlage das 2,5mm Rundloch das beste Ergebnis für Ölbinder liefert (Granulatmaximum zwischen 0,5 und 1,5 mm). Für Hygienematerial bringt das 10mm Rundloch gute Ergebnisse: die Fraktion 3,5 bis 8mm, die durch langhaarige Haustiere nicht verschleppt wird, wird mit hohem Anteil produziert. Als Faustformel gilt damit für die Schneidmühle, dass das Fraktionsmaximum ca. beim halben Lochdurchmesser liegt.

Durch den höheren Zerkleinerungsenergiebedarf sinkt naturgemäß der Durchsatz bei kleinerer Sieblochung. Nach den Herstellerangaben liegt der Normdurchsatz bei 11 kg Rohstoff pro KW Nennleistung. Für den Fall von Maisspindeln würde dieser Durchsatz real bei einer Sieblochung von 6mm erreicht werden. Die Durchsatzleistungen der Pilotmühle bei Maisspindeln war für das 10mm Rundlochsieb 84 kg/h, bei 4mm 28 kg/h und bei 2,5mm nur noch 10,5kg/h. Bei Vormahlung des Granulates mit 4mm brachte das 2,5mm Rundlochsieb eine Leistung von 19,5 kg/h.

Die Auswertung der Stoffbilanzen liefert die Aussage, dass nicht die gesamte brauchbare Korngröße nach der Mühle ins Produkt – nach Sichtung - gelangt, da Dichteunterschiede (durch Mark- und Spelzenreste) den Austrag von zu leichten Körnern verursachen.

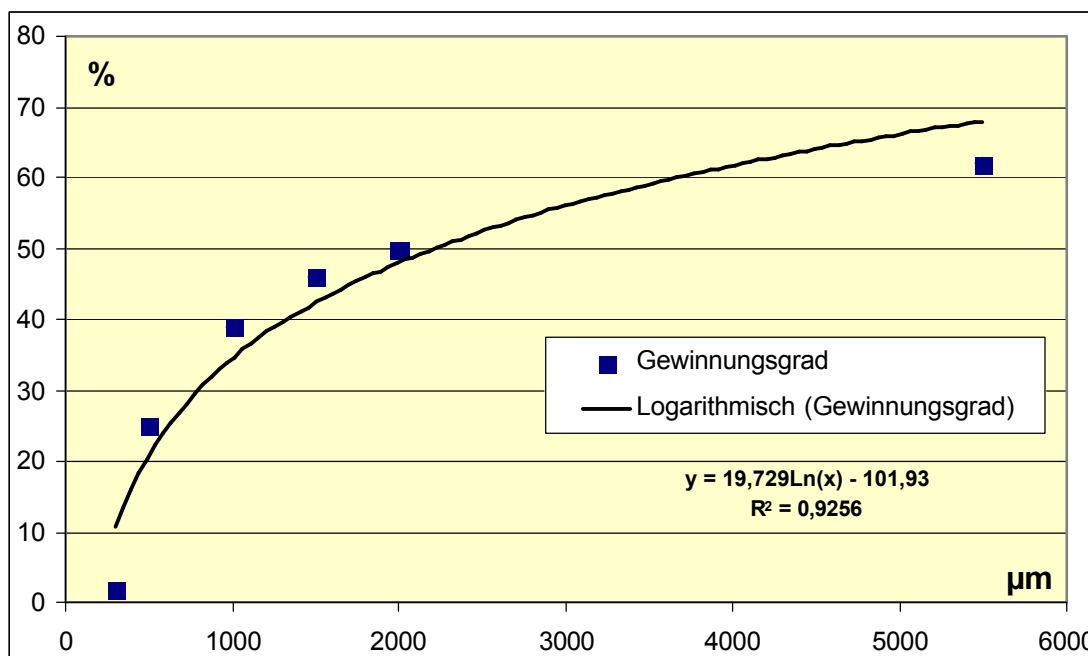


Abb. 14: Gewinnungsgrad als Verhältnis der Produktmenge nach Sichtung zur theoretischen Produktmenge nach Mahlung

Die Abbildung 14 zeigt, dass der praktische Gewinnungsgrad in der Sichtanlage mit der Kornfeinheit deutlich abnimmt. Das bedeutet, dass insbesondere für Ölbinder eine Feineinstellung der Anlage vorgenommen und die Luftstromführung sehr gleichmäßig bewerkstelligt werden muss. Bei der Pilotanlage gelang es nicht, Körner unter 0,3mm ins Produkt zu bringen.

3.5.2 Prüfung der Adsorptionsfähigkeit der Fraktionen aus der Pilotanlage

Nach der in Anhang E beschriebene Methode wurde das Material (MAG für MaisAdsorbensGranulat) aus der Pilotanlage einer Adsorptionsprüfung unterzogen. Dabei ergab sich folgendes Bild:

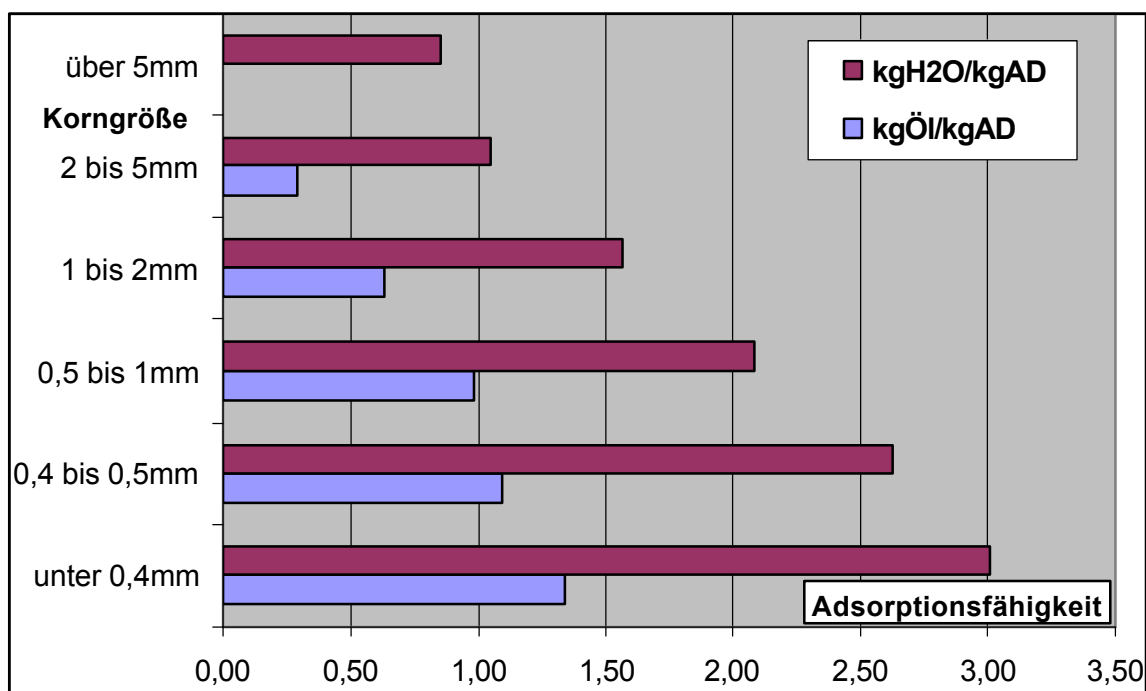


Abb. 15: Adsorptionsfähigkeit diverser Korngrößen von MAG aus der Pilotanlage

Die Untersuchungen zeigten, dass man mit diesen Werten die Adsorptionsfähigkeit für beliebige Mischungen mit einem Fehler von +/- 10% im voraus berechnen kann. So ergab sich z.B. für den Ölbinder (Pilotanlagenprodukt MAG 0/20) ein Wert von 0,7 kg Öl gebunden pro kg Granulat und für das Produkt Hygienematerial (HY 35/80) ein Wert von 0,95 kg Wasser pro kg Material. Die Ergebnisse des Materials aus der Pilotanlagen liegen damit in der Adsorptionswirkung etwas schlechter als im Labormaßstab. Dies dürfte vor allem auf die rauere Oberfläche des Labormaterials sowie auf Reste von Spelzen und Mark zurückzuführen sein.

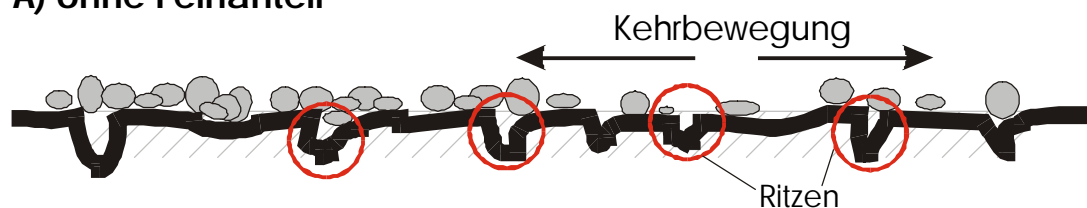
3.6 Ergebnisse der Produkterprobung in der Praxis

Nachdem alle Anstrengungen ein schwimmfähiges Material zu erzeugen scheiterten, wird in diesem Abschnitt die Anwendung auf festen Untergründen auf Straßen und als Hygienematerial beschrieben.

3.6.1 Ölbinder auf Verkehrsflächen und festen Untergründen

Verkehrsflächen haben in der Regel raue, poröse Oberflächen, die mitunter auch bei langen Einwirkzeiten ölige Flüssigkeiten aufsaugen können. Asphalt, der gängigste Straßenwerkstoff ist lipophil, sodass Öl auch in feine Ritzen eindringt. Der Ölbinder hat aus diesen Gründen die Aufgabe, den Ölüberstand aufzunehmen, die Ritzen auszusaugen und gegebenenfalls auch das oberflächennahe Öl aus der Deckschicht zu re-adsorbieren.

A) ohne Feinanteil



B) mit Feinanteil

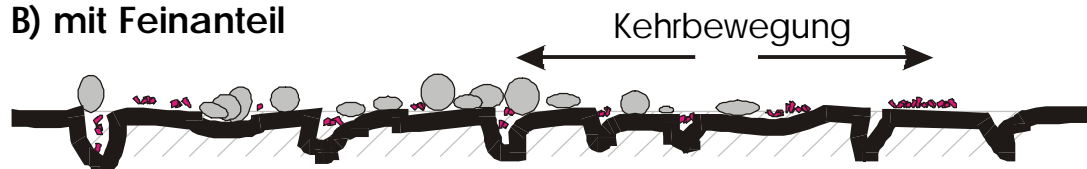


Abb. 16: Wirkung von Ölbinder auf rauem, festen Untergrund

Die Abbildung 16 zeigt, dass Ölbinder ohne Feinanteil das in den Ritzen gestaute Öl nicht aufnehmen können. Mit Feinanteil wird Ölbindemittel gut verteilt und gelangt auch in die kleinen Zwischenräume.

Um Verwehungen und Staubemissionen bei der Aufbringung des Ölbinders zu vermeiden, darf der Feinanteil des Binders nicht zu leicht sein. Bei Maiskolbengranulat war dieser Effekt unter 0,3mm Korngröße deutlich zu beobachten. Es muss daher eine Lösung gefunden werden, die einerseits von klimatischen Bedingungen unabhängig ist und andererseits genug Feinanteil besitzt, um in die Ritzen zu gelangen. Zur Verdeutlichung dieser Problemstellung in der Praxis ist die Ausbringung von MAG 0/20 und einem mineralischen Ölbinder im Detail dargestellt.



Abb. 17: Praxiseinsatz mit MAG 0/20 auf festem Untergrund

In der Abbildung 17 erkennt man die Wirkung des MAG 0/20: das Granulat (a) wird auf den Ölfleck (b) aufgestreut (c). Beim Einstreuen darf es zu keiner Staubentwicklung kommen (Arbeitsschutz, Verwehung). Nach einer Einwirkphase (d, ca. 20 Sekunden) wird das Material eingekehrt (e). Durch diese Bewegung sättigt sich das Material zusätzlich und die Durchmischung stellt sicher, dass das gesamte Material genutzt wird. Ist die Adsorptionsfähigkeit des Ölbinders erreicht, wird dieser abgekehrt (f). In der Regel wird mehr Material verwendet als aufgrund der Ölmenge notwendig wäre. Zusätzlich, um die Rutschfestigkeit zu erhöhen, wird der Vorgang (c) bis (f) zweimal durchgeführt. Auch nach

einmaliger Anwendung zeigt MAG 0/20 eine gute Rutschfestigkeit (g) in derkehr- und in der Schlussphase.

Wichtige Eigenschaften der Granulate für den Katastrophenschutz (MAG 0/20) waren in diesem Fall: einwandfrei riesel- und streufähig, das Material war leicht wegkehrbar; keine Verklumpung, ausreichende Rutschfestigkeit bei „Überrollen“ und nach Abkehren, gute Sauggeschwindigkeit, ausreichende Saugfähigkeit; negativ fiel die schlechte Ritzengängigkeit auf (siehe Bild f – nach wie vor Dunkelfärbung des Asphalts). Auch das geringere Gewicht wurde positiv gegenüber mineralischen Bindern gewertet.



Abb. 18: Praxiseinsatz mit mineralischem Ölbinder auf festem Untergrund

In der Abbildung 18 wurde als Vergleich die Wirkung des von der Straßenmeisterei Feldbach bisher benutzten mineralischen Ölbinder („Tarco-EP“) dargestellt: das sehr feine Granulat (a) wird auf den Ölfleck (b) aufgestreut (c). Beim Einstreuen kommt es zu keiner Staubeentwicklung. Nach einer Einwirkphase (d, ca. 20 Sekunden) wird das Material ein- und abgekehrt (e). Man erkennt beim ersten Durchgang den gleichen Effekt wie beim MAG 0/20. Danach wurde eine 2. Charge aufgebracht und eingekehrt (f). Dadurch, dass das mineralische Material durch die Scherbewegung beim Kehren zermahlen wird und zu Staub zerfällt, gelangt es in jede Ritze und trocknet auch das Öl aus den Poren, was durch die Hellfärbung des Asphaltes in (g) gut erkennbar ist. Dieser Effekt der totalen Trocknung und damit des Erreichens der ursprünglichen Rutschfestigkeit kann durch MAG nicht erreicht werden, es sei denn, dass Staubanteile im Material vorliegen.

Auf **glatten Oberflächen** (z.B. Werkstattböden) erwies sich der mineralische Ölbinder als schlechter entfernbar und schmieriger als der MAG 0/20. D.h., dass insbesondere dort wo keine porösen Untergründe vorhanden sind das Maisgranulat deutliche Vorteile hat.

Im Gegensatz zur Straßenmeisterei, werden Ölbindemittel durch die Feuerwehr primär für kleinere verschmutzte Flächen angewandt. Die häufigsten Anwendungsfälle sind Unfälle bzw. defekte LKWs (z.B. Hydrauliköl). Bei Unfällen sind nach Auskunft der Feuerwehr insbesondere zwei Kriterien ausschlaggebend:

1. sehr kurze Einwirkzeit bei allen Wetterlagen (Wind, Regen, etc.)
2. Rutschfestigkeit nach Beendigung der Aufräumarbeiten (Kurven, Tunnels, etc.)

Die Auswertung zeigt deutlich, dass das Maisgranulat als angenehmes Material empfunden wird, und in der Ausbringung trotz des geringeren Schüttgewichts keine Probleme bereitet. Die Saugfähigkeit wurde allerdings nur mit "Genügend" bewertet. Die Rutschsicherheit wurde in den Kommentaren beurteilt. In den Kommentaren wurde besonders auf zwei wesentliche Nachteile des Maisgranulats im Vergleich mit "Absolyt" (einem mineralischen Ölbinder) hingewiesen.

1. Die Saugfähigkeit ist eingeschränkt – besonders Benzin wird nicht gut absorbiert.
2. Die Rutschsicherheit während der Anwendung für einspurige Fahrzeuge ist nicht gegeben

Bezüglich der Rutschsicherheit ist folgendes anzumerken: Die Entfernung von Öl bzw. Benzinkontaminationen wird in zwei Schritten durchgeführt. Zunächst wird das Öl mit Bindemittel aufgesaugt und weggekehrt. Danach wird ein weiteres mal Ölbindemittel (im Falle der Feuerwehr "Absolyt“) aufgebracht und zerrieben, um die Rutschfestigkeit

herzustellen. Da das Maisgranulat allerdings sehr beständig ist, kann es für die zweite Aufgabe nicht herangezogen werden. Dadurch wäre es erforderlich, wie bei den Versuchen durch die Straßenmeisterei beschrieben, beide Mittel einzusetzen. Dies wird allerdings aufgrund des erhöhten logistischen und verwaltungstechnischen Aufwandes von der Feuerwehr derzeit abgelehnt. Allerdings besteht bei der Feuerwehr der Stadt Graz hohe Sensibilität für ökologische Produkte. Daher würde ein pflanzliches Produkt mit verbesserten Eigenschaften, trotz höherem Preis sofort eingesetzt werden.

Aus den bisherigen Erfahrungen der Praxis ergibt sich daher folgende Anwendungsstrategie auf porösem Untergrund, wenn hohe Rutschfestigkeit gefordert ist:

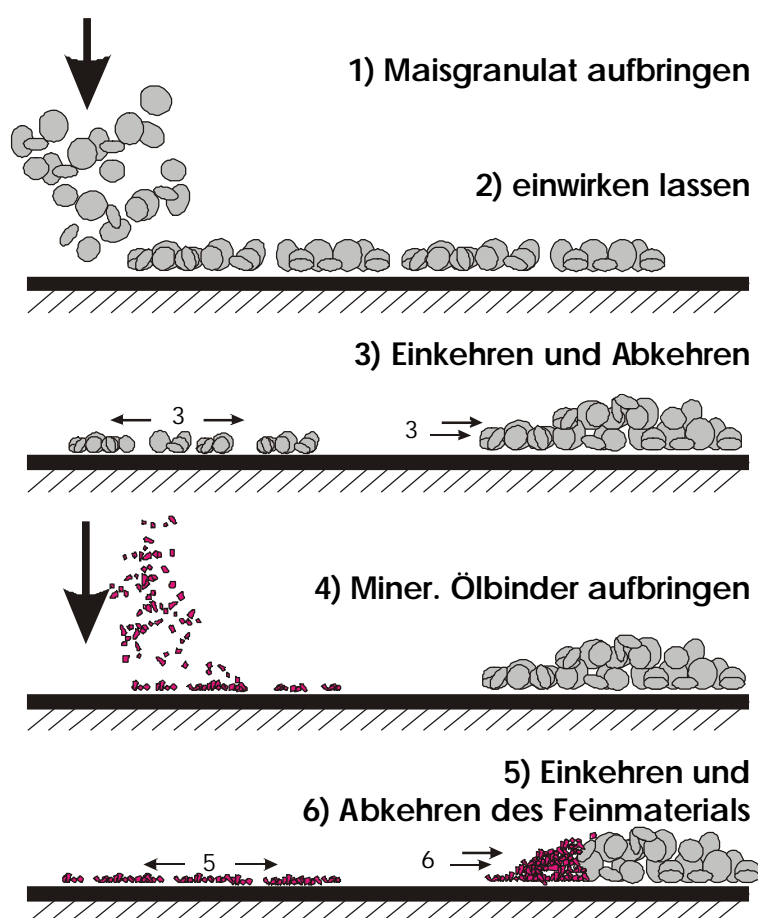


Abb. 19: Nutzung eines mineralischen Binders zur Nachtrocknung

Zuerst wird die Hauptmasse des Öls mittels MAG adsorbiert und danach im zweiten Durchgang mit mineralischem Ölbinder nachgereinigt. Diese Vorgangsweise hat den Nachteil, dass 2 verschiedene Bindemittel im Einsatz mitgeführt werden müssen und dass durch die Vermischung keine getrennte Entsorgung stattfinden kann. Die getrennte Entsorgung hätte auch nur bei pflanzlichen Ölen Sinn, denn hier kann MAG mit dem Öl kompostiert oder in einer Biogasanlage entsorgt werden. Ansonsten sind für den

Transport und die Entsorgung des angesaugten Adsorbens die einschlägigen gesetzlichen Vorschriften zu beachten, die für den gebundenen Stoff gelten.

3.6.2 Hygienematerial für Katzen und Kleintiere

Wer eine Katze hat, braucht ein Katzenkistchen, in dem gezielt die Exkremente des Haustieres gesammelt werden. Es gibt zwei grundsätzliche Arten von Katzenstreu:

- ✓ mineralische Katzenstreu auf Bentonit- oder Sepiolithbasis und
- ✓ pflanzliche Katzenstreu aus Stroh oder Pflanzenfasern.

Neuerdings existiert auch ein Katzenstreu, das aus Silikatkügelchen (ähnlich Silikagel) besteht.

Mineralische Katzenstreu besteht aus Mineralen, die im Tagebau unter starker Beeinträchtigung der Umwelt gewonnen werden. In Folge des eingeschränkten Vorkommens von Bentonit und Sepiolith konzentriert sich der Abbau dieser Minerale auf wenige Länder (z.B. Spanien, Kanada, Nordamerika, etc.), wodurch die Schäden der Tagebau-Förderung verstärkt sichtbar werden. Bei der Entsorgung müssen die verbleibenden mineralischen Rückstände fachgerecht entsorgt werden.

Pflanzliche Katzenstreu, wird aus Pflanzenfasern hergestellt: Stroh, Holzfasern, andere Pflanzenteile. Bei pflanzlichen Rohstoffen kommt die Kapillarwirkung der Pflanzenfasern zur Wirkung. Die Fasern saugen die Flüssigkeit sehr wirksam auf und speichern sie samt den unangenehmen Gerüchen im Innern. Dank nachwachsender Rohstoffbasis finden keine nachhaltigen Eingriffe in die Natur statt. Katzenstreu aus Pflanzenfasern ist zudem wesentlich leichter und handlicher als mineralische Katzenstreu. Der Grund dafür liegt im niedrigen Schüttgewicht pflanzlicher Streu (ca. 350 bis 480 g/l). Pflanzliche Streus bauen sich durch natürliche Verrottungsprozesse fast vollständig ab. Allerdings gehören Fäkalien aufgrund der Keimgefahr nicht auf den Kompost. Ökologische Katzenstreu auf pflanzlicher Basis orientieren sich am Kreislaufprozess der Natur. Kein Einsatz von künstlichen Zusatzstoffen oder Bestandteilen.

Funktionsunterschiede zwischen mineralischer und pflanzlicher Katzenstreu:

- ✓ Mineralische Klumpstreu enthält wasserlösliche Anteile, d.h. sobald die Streu mit Flüssigkeit in Kontakt kommt, löst sich ein Teil der Minerale auf, wodurch die einzelnen Körnchen miteinander verschmelzen und Klumpen bilden. Flüssigkeiten und Geruch werden von den Mineralen gebunden, wozu jedoch häufig zusätzliche Veredelungsstoffe wie z.B. Montmorillonit verwendet werden.

- ✓ Pflanzliche Klumpstreu, z.B. CAT's BEST ÖkoPlus, enthält Anteile eines Bohnenmehls, welches aufquillt, sobald es mit Feuchtigkeit in Berührung kommt. Dadurch bilden sich dann Klumpen, ohne dass der Ersatz von nichtpflanzlichen Stoffen notwendig wird. Das Kapillarsystem und der niedrige pH – Wert der Pflanzenfasern binden das Katzensekret optimal ein. Nur durch diese nachhaltige Einbindung kann dem Entstehen von unangenehmen Geruch erfolgreich entgegengewirkt werden. Dieser entsteht unter anderem durch Bakterien, die den Urin zu Ammoniak zersetzen. Allerdings wird den Bakterien durch die rasche Flüssigkeitseinbindung der ihnen zur Vermehrung notwendige, feuchte Lebensraum entzogen, wodurch ihr Wachstum wiederum stark gehemmt wird. Ein Eindringen der Bakterien in das Kapillarsystem ist aufgrund des geringen Durchmessers der Kapillare nicht möglich. Die zu großen Bakterien bleiben sozusagen außen vor. Dadurch ist bereits ein erster Schritt in Richtung Geruchsminderung getan. Zusätzlich kann Ammoniak aufgrund seines sehr hohen pH – Werts und seiner Wasserlöslichkeit durch den niedrigen pH – Wert der Pflanzenfasern teilweise neutralisiert werden, Eine fast vollständige Geruchsminderung ist also gewährleistet.
- ✓ Nicht – klumpende Streu auf pflanzlicher Basis ist grundsätzlich nicht wasserlöslich. Die Flüssigkeit wird durch die einzelnen Mineralkörnchen aufgenommen, ohne dass diese miteinander verschmelzen.
- ✓ Nicht – klumpende Streu auf pflanzlicher Basis erfüllt seine Aufgabe in gleicher Weise wie pflanzliches Klumpstreu; allerdings entfällt die Zugabe von Bohnenmehl zur Klumpenbildung.

3.7 Auswertung der Produktanwendung durch das Tierheim des Landestierschutzvereins für Steiermark

Katzenstreu

Bei Maisgranulat handelt es sich eindeutig um nicht klumpendes pflanzliches (ökologisches) Streu. Um die Eignung auch im "Heavy Duty" Bereich zu testen wurde entsprechendes Material (Korngröße 3,5 bis 8,0 mm) im Tierheim – Grabnerstraße, 8010 Graz des Landestierschutzvereins für Steiermark getestet. Der Leiterin der Station wurden ca. 80 kg Granulat zur Verfügung gestellt. Mit dieser Menge konnten über mehrere Wochen unterschiedliche Praxisversuche durchgeführt werden. Es kamen zwei Settings zur Anwendung:

1. fünf Einzelkäfig (im Vergleich zu Zeitungspapier)

2. zwei Gemeinschaftskäfige (im Vergleich zu Tierell Cat – Klumpstreu auf Bentonitbasis)

In allen Käfigen wurde das Katzenstreu mehrere Tage im Käfig belassen. Bei klumpenden Streus werden die Fäkalklumpen täglich entfernt. Dies war beim Maisgranulat nicht möglich. Daher wurde bei stärkerer Belastung ein Aufschwimmen (geringes Schüttgewicht) des Granulats beobachtet, wobei die Toilette von den Katzen nur noch bedingt akzeptiert wurde. Wie erwartet, musste demnach das gesamte "Kistchen" entleert und wieder befüllt werden. Es wurde daher die mangelnde Saugfähigkeit des Maisgranulats bemängelt.

Positiv fiel auf, dass das Granulat im Gegensatz zu den Bentonit Produkten praktisch staubfrei ist. Außerdem wurde der natürliche Pflanzengeruch als sehr angenehm bewertet. Besonders gut wurde das Maisgranulat auch in Hinblick auf seine Geruchsbindung bewertet. Allerdings muss betont werden, dass diese positiven Kriterien die fehlende Klumpbildung nicht kompensieren können. Es wurde auch die Befürchtung ausgedrückt, dass durch den Gesamtwechsel der Einstreu höhere Kosten entstehen würden. Durch die hervorragende Geruchsbindung ist es aber vorstellbar, dass das Maisgranulat dort eingesetzt wird, wo z.B. nur eine Katze wohnt und die Bereitschaft besteht die Toilette häufig neu zu befüllen.

Es ist daher davon auszugehen, dass das Maisgranulat, trotz prinzipieller Eignung als Katzenstreu, primär im Kleintierbereich (Korngröße 2,0 bis 3,5 mm) eingesetzt werden kann.

Tab. 2 Vergleichsfragebogen zu den bisherigen Produkten (Zeitungspapier und Tierell CATI)

Katzenstreu aus Maiskolben			
Annahme durch Katzen im Vergleich zu bisher			
	besser	gleich	schlechter
alle Käfige		gut	
Geruchsbelästigung im Vergleich zu bisher			
	besser	gleich	schlechter
alle Käfige	x		
Haftung an Fell und Pfoten im Vergleich zu bisher			
	weniger	gleich	mehr
alle Käfige	x		
Saugfähigkeit im Vergleich zu bisher (Klumpen)			
	besser	gleich	schlechter
alle Käfige			x
Staubentwicklung im Vergleich zu bisher ?			
	besser	gleich	schlechter
alle Käfige	x		

Kleintierstreu (Nagetiere, Vögel, etc.)

Für Einstreu aus Maiskolbengranulat im Bereich Kleintierstreu spricht jedenfalls die Staubarmut, die nicht Schädlichkeit bei Verzehr und die hohe Geruchsbindungskapazität. Besonders für Allergiker ist damit die Reinigung des Käfigs wesentlich weniger belastend. Allerdings wird öfter bemängelt, dass bei Billigprodukten das scharfkantige und harte Material zu Wunden an den Füßen von Meerschweinchen oder Ratten führt. Durch **das Bürsten des Granulats** in der Sieb- und Sichtenanlage kann diese Gefahr jedoch wesentlich reduziert werden.

Als neue Anwendung wird demnächst auch Maisgranulat mit natürlichen Duftstoffen (z.B. Zitronenöl od. andere ätherische Öle) in Österreich auf den Markt kommen. Hier sind besonders im gut saugenden Korngrößenbereich (2,0 mm bis 3,5 mm) große Chancen zu sehen. Auch ist durchaus vorstellbar, dass Einstreumischungen durchaus auch als eine Art Aromatherapie für Kleintiere fungieren.

Auf Basis der umfangreichen Versuche und Gespräche mit ExpertInnen und TierhalterInnen ist daher davon auszugehen, dass besonders im Bereich Hygienestreu für Kleintiere große wirtschaftliche Chancen zu sehen sind. Besonders die Kombination von hochwertiger Verarbeitung (keine scharfen Kanten) und eventuell Beaufschlagung mit natürlichen Duftstoffen schein hier vom Erlöspotenzial besonders interessant zu sein. Als Korngröße wird der Bereich von 2,0 bis 3,5 mm empfohlen. Im Bereich Katzenstreu haben sich in den letzten Jahren eindeutig die Klumpstreu durchgesetzt. D.h. trotz sehr guter Geruchsbindungskapazität wird es schwierig sein einen entsprechenden Markt aufzubauen.

3.8 Wirtschaftliche Bewertung

Die wirtschaftliche Bewertung der Produkte und Verfahren wurde auf Basis einer (fiktiven) dezentralen Anlage durchgeführt, die 3.000 Tonnen Maisspindeln im Jahr verarbeitet. Das entspricht in etwa 430 Hektar Anbauflächen. Für die in diesem Projekt untersuchten Produkte hat diese Anlage eine durchaus ausreichende Dimension. Für die Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Anlage wurden verschiedene Prozessvarianten durchbilanziert. Jede Variante ergibt andere Produktmengenverteilungen und –arten. In der Abbildung 20 wird gezeigt, wie man durch die Schaltung von 2 Schneidmühlen die Produktmengenverteilung dem Markt anpassen und austarieren kann.

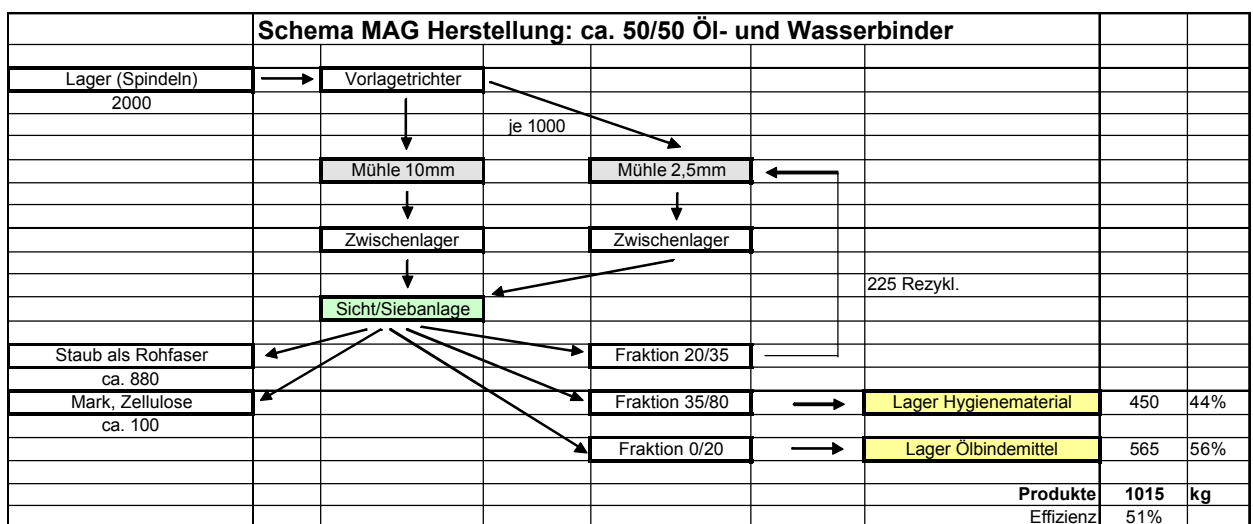


Abb. 20: Nutzung eines mineralischen Binders zur Nachtrocknung

Es wurde von folgenden Basisvarianten ausgegangen, mit denen man alle möglichen Prozessvarianten bewerten kann (% beziehen sich auf Produktanteil in kg):

HK 4: 75% Hygienematerial für Kleinnager und 25% Ölbinder

HY 10: Variante mit 72% Hygienematerial (grob), 16% Hygienematerial für Kleinnager und 12% Ölbindemittel

HÖ 1:1 Variante mit 56% Hygienematerial (grob) und 44% Ölbindemittel

ÖL 2,5: 100% Ölbindemittel

BRST: Verwertung des Materials als Brennstoff zu 100%

Das BRST Szenario stellt den unteren Vergleichswert der Varianten dar. Bringt eine mögliche Schaltung eine schlechtere Kosten/Nutzen Relation, so ist es sinnlos diese wirtschaftlich umzusetzen.

3.8.1 Rohstoff- und Energiekosten

Bei der Saatmaisproduktion fallen Maisspindeln als Nebenprodukt an. Diese sind sauber, sortenrein, steinfrei, getrocknet und haben dadurch eine ausgezeichnete Qualität zur Produktion von adsorptiven Materialien. Bisher werden die Spindel als Energieträger genutzt, um die Trocknungswärme aus dem Prozess heraus bereit zu stellen. Rechnet man den Heizwert und die Energiekosten um, so ist der Basispreis für diese Spindeln mit 16 Cent anzusetzen. Nachdem das Gut bereits getrocknet wurde kann man die Trocknungskosten aus Sicht der Saatproduzenten dazu zählen. Mit dem Manipulationsaufwand zur Verlieferung ergab sich ein Einkaufspreis für die Spindeln zu 22 Cent netto, der aus der Sicht der bereits vorhandenen Nutzung und Qualität gerechtfertigt ist.

Tab. 3 Rohstoffkosten für 2 Bringungsarten

	Saatmaisspindeln €/kg Rohstoff	Spindeln bei Ernte €/kg Rohstoff
Spindeln	0,220	0,019
Anlieferung	0,038	0,015
Trocknung	0,000	0,048
Entsteinung, Magnetabscheidung	0,000	0,002
Lieschen- und Entsteinverlust	0,000	0,007
<i>Summe frei Anlage</i>	<i>0,258</i>	<i>0,090</i>

Daneben besteht jedoch die Möglichkeit, wie im Anhang C beschrieben, Maisspindeln durch eine umgebaute Erntemaschine auf einem Ladewagen zu sammeln. Der Landwirt bekommt für Spindeln und Lieferung in Summe 3,4 Cent (wobei ihm ca. 1/3 davon als Kosten anfallen), was einen zusätzlichen Deckungsbeitrag pro Hektar von ca. 240 €

bedeutet. Diese Kostensituation ist durchaus lukrativ und könnte ohne weiteres umgesetzt werden (+22% Erlöse pro Hektar). Bevor diese Rohstoffart in der Anlage verarbeitet werden kann, muss sie getrocknet und von Fremdstoffen sowie Lieschen befreit werden. Dazu kann man vorhandenen Technologien einsetzen. In Summe (vgl. Tab. 3) ergibt sich trotzdem für Rohstoffe aus der normalen Ernte ein mehr als deutlicher Preisvorteil von -65%.

Bei den *Energiekosten* werden heutige Standardpreise angesetzt. Für 1 kWh elektrisch 15 Cent und für 1 kWh thermisch 4,2 Cent. Energie wird beim Trocknen der Spindeln sowie für den Antrieb aller Maschinen eingesetzt.

3.8.2 Investitions- und Personalkosten

Die Investitionskosten von Schneidmühlen sind mit zunehmender Leistung degressiv. In Abbildung 21 sind die Investitionskosten gegen die Nennleistung der Mühle aufgetragen. Für Zubehör und Fördertechnik müssen zusätzlich 58% Aufschlag berücksichtigt werden.

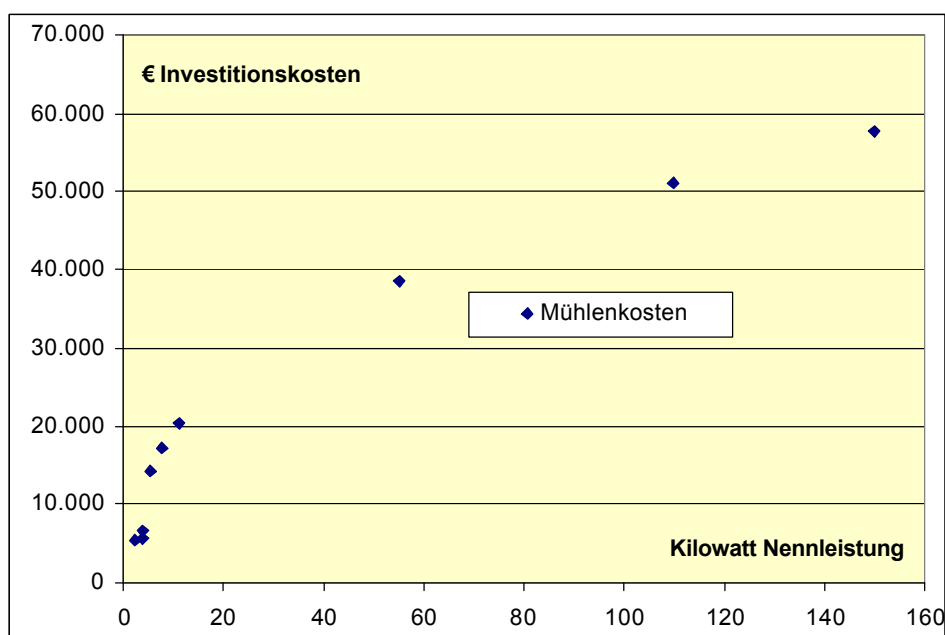


Abb. 21: Investitionskosten von Schneidmühlen

Die Größe der Mühle ergab sich aus der Durchsatzleistung und dem Bedarf an der jeweiligen Produktgruppe. Folgende Eckdaten wurden bei der Errechnung der Gebäude, Maschinen- und Anlagenkosten verwendet:

- Anlagengröße: 3.000 jato, Betriebszeit 210 Tage im Jahr
- Betriebsstunden der Mühle (vollautomatisiert): 5.040 h/a, Durchsatz 595 kg/h
- Betriebsstunden der Sichtung (teilautomatisiert): 1.680 h/a, Durchsatz 1.786 kg/h

- Abschreibung der Bauwerke: 25 Jahre, Zinssatz 5,2%
- Abschreibung der Maschinen- und Anlagen: 8 Jahre, Zinssatz 5,2%

Die Sichtenanlage des hier berechneten Verfahrens entspricht damit der Größe der real im Pilotbetrieb angemieteten Anlage. Die Investitionskosten der Anlage liegen bei 320.000 Euro, jene der Gebäude bei ca. 86.000 Euro (ohne Lager, Aufschließung und Verkehrsflächen). Es wird angenommen, dass die Anlage an einen bestehenden Betrieb angeschlossen wird, da für eine allein stehende Einheit die Kosten der Basisinfrastruktur zu hoch wären.

Auch für die *Personalkosten* wurde angenommen, dass die Anlage an einen bestehenden Betrieb angeschlossen ist, und so von einer Person betreut werden kann. Hier wird nur die Produktion und Organisation der Rohwaren berücksichtigt nicht die Vertriebsseinheit.

3.8.3 Produktmengen und Erlösstruktur

Wie bereits dargestellt können durch verschiedene Schaltungen und Sieblochgrößen verschiedene Produktarten und –mengen erzeugt werden. Die Abbildung 22 zeigt diese graphisch.

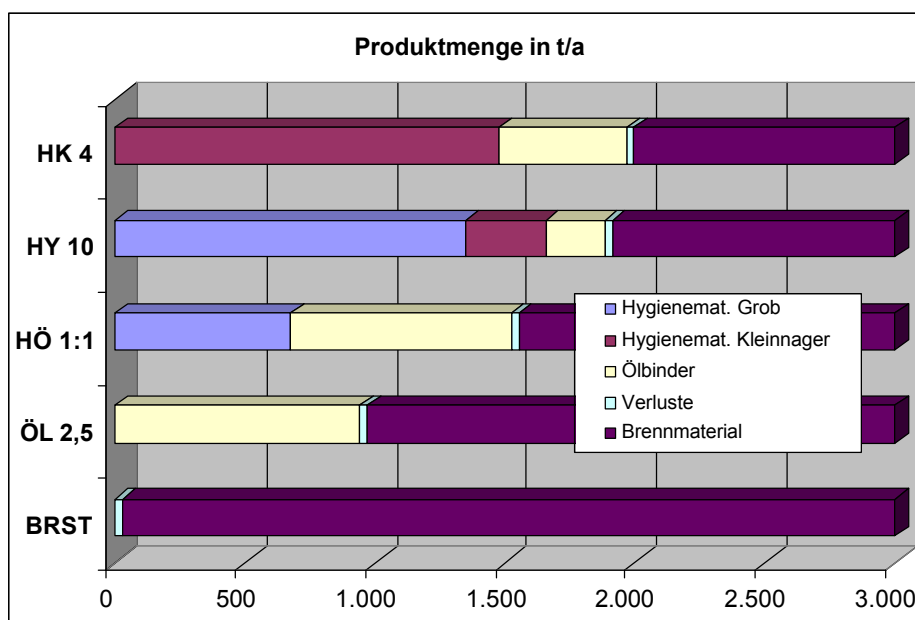


Abb. 22: Produktmengen der 5 Szenarien der Spindelverwertung

Nach der heutigen Marktsituation ergeben sich für die Produkte folgende Erlöse pro Kilogramm:

Tab. 4 Produkterlöse in €/kg netto ab Anlage

Produkte	2003 €/kg	Ziel €/kg
Hygienematerial grob	0,29	0,35
Hygienematerial Kleinnager	0,36	0,40
Ölbinder	1,17	1,70
Verluste	0,00	0,00
Brennmaterial	0,15	0,21

Zusätzlich ist dargestellt, welche Zielerlöse zu realisieren wären, wenn die Produkte durch (ökologisches) Image emotional am Markt aufgewertet werden. In der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsrechnung wird jedoch von der Situation „2003“ ausgegangen.

3.8.4 Wirtschaftlichkeit der Szenarien

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Betriebsszenarien unter der Bedingung, dass die Produktion als Rohstoff die Spindeln der Saatmaisherstellung verwertet führte zu folgendem Ergebnis: die teuren Spindeln machen inklusive der Anlieferung ca. 64% der Gesamtherstellungskosten aus. Unter dieser Situation ist es verständlich, dass Prozesse mit möglichst wenig Verlust gut abschneiden, da die Ressourcen der bestimmende Faktor sind. Das BRST Szenario ist in diesem Fall stark unwirtschaftlich. Die Szenarien HK4, HÖ 1:1 und ÖL 2,5 hingegen zeigen sogar unter diesen Bedingungen eine positive Gewinnmarge.

Um die Vermarktung des Reststoffes als Energieträger realistisch einzuschätzen wurde angenommen, dass dieser pelletiert wird. Dadurch entsteht ein verkaufsfähiges Produkt, dass ähnlich Holzpellets gefördert, transportiert und gelagert werden kann. Man erkennt im Vergleich, dass sich die hohe Rohstoffausnutzung und der hohe Anteil an Ölbinderprodukt des Szenarios HÖ 1:1 besonders bezahlt macht. Aufgrund der Produktpalette und des eher kleinen Marktes an Ölbinder ist es auch jenes Szenario, dass man in der Umsetzung ins Auge fassen sollte. Szenarien mit wenig Ölbinder als Produkt (HY 10, BRST) können in diesem Fall wirtschaftlich nicht punkten, da die Rohstoffe zu teuer sind. In der Tabelle 5 ist die Wirtschaftlichkeit mit den billigen Rohstoffen von der Körnermaisernte berechnet. Alle Kostendaten wurden auf € pro Kilogramm eingesetzten Rohstoff bezogen. Die Zeile „Gewinn/Verlust“ wurde in % der Kosten ab Werk angegeben.

Tab. 5 Wirtschaftlichkeit der Prozessvarianten mit Spindeln aus der Körnermaisernte

Prozessvariante	HK 4	HY 10	HÖ 1:1	ÖL 2,5	BRST
Rohstoffe/Energie	€/kg R	€/kg R	€/kg R	€/kg R	€/kg R
Anlieferung	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Rohstoff	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Lagerung	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Strom Mühle, Beleuchtung	0,008	0,003	0,015	0,020	
Strom Sichtung	0,004	0,004	0,004	0,004	
Anlagenkosten					
System Schneidmühle	0,004	0,003	0,006	0,005	
System Fraktionierung	0,017	0,017	0,017	0,017	
Gebäude, Infrastruktur	0,004	0,004	0,004	0,004	
Wartung, Versicherung	0,006	0,006	0,006	0,006	
Personal	0,018	0,018	0,018	0,018	0,005
Verpackung					
Sackung, Palettierung	0,011	0,010	0,008	0,005	
Produktlager	0,004	0,004	0,004	0,004	
Pelletierung Brst.	0,018	0,020	0,026	0,036	
Sonstiges	0,020	0,020	0,020	0,020	
Kosten ab Werk netto (K)	0,216	0,211	0,231	0,242	0,107
Produkterlöse					
Hygienemat. Grob	0,000	0,129	0,064	0,000	0,000
Hygienemat. Kleinnager	0,176	0,037	0,000	0,000	0,000
Ölbinder	0,192	0,088	0,330	0,368	0,000
Verluste	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Brennmaterial	0,050	0,054	0,072	0,101	0,149
Erlössumme (E)	0,418	0,307	0,467	0,469	0,149
E-K	0,201	0,096	0,236	0,227	0,042
Gewinn/Verlust	93%	45%	102%	94%	39%

In diesem Fall (Tab. 5) der Rohstoffbasis ist sogar die Nutzung als Brennstoff wirtschaftlich, obwohl man zur Verbrennung der ganzen Spindel eine eigene Kesseltechnologie (die am Markt verfügbar ist) benötigt. In diesem Fall ist auch das HY 10 im positivem Bereich. Von der Reihung ergeben sich keine Unterschiede zum Szenario Saatmaisspindeln, jedoch ist HK 4 deutlich näher an ÖL 2,5 gerückt. Dies aus dem Grund, als bei ÖL 2,5 ein großer Aufwand zur Pelletierung getrieben werden muss und weil die Anlagen durch die komplexere Schaltung teurer sind.

Auch bei so billigen Rohstoffen, wie das Nebenprodukt Maisspindel bei der Körnerernte, zeigt die Kostenstruktur, dass die Rohstoffe den Löwenanteil bei der Herstellung ausmachen. Die economy of scale bei den Anlagen- und Maschinenkosten ist schon bei

dieser Anlagengröße fast ausgereizt, da aufgrund der großen Rohstoffvolumina sonst die Zulieferkosten steigen. Im Bereich der Verpackung und den unerwarteten Kosten ist sicherlich ein gewisser Spielraum vorhanden, um die Margen zu verbessern. Darüber hinaus kann bei der Optimierung des Mühlen-Sichtersystems wahrscheinlich die Effizienz um 10% erhöht werden, insbesondere wenn der Gewinnungsgrad gesteigert wird.

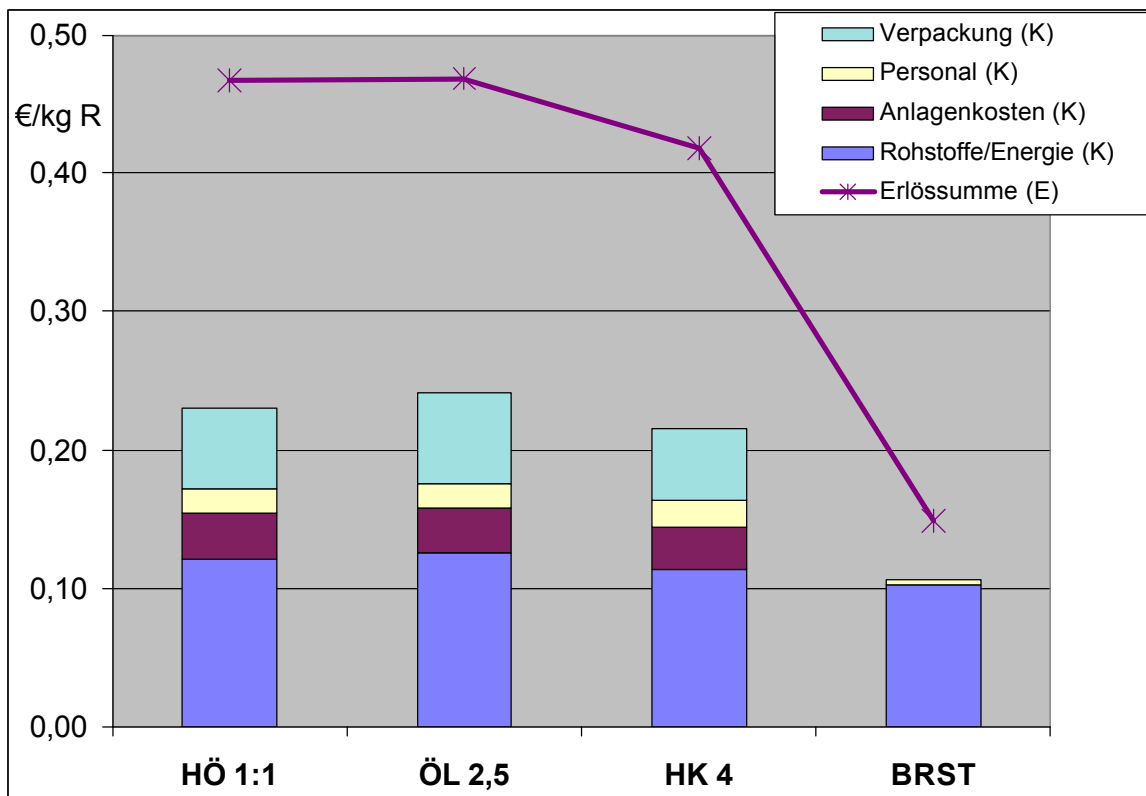


Abb. 23: Kostenstruktur und Erlössumme bei der Produktion von Maisadsorbens

Alles in allem kann man zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit sagen, dass genug Spielraum zur Umsetzung und Produkteinführung besteht. Natürlich muss in Design und Anwendungsoptimierung bei der Marktüberleitung weiter investiert werden, hier kann jedoch die Aussage getroffen werden, dass dieses System wirtschaftlich betrieben werden kann.

3.8.5 Schlussfolgerungen

Es konnte im Projekt „Adsorptive Produkte aus Maisreststoffen“ ein wirtschaftliches Verfahren entwickelt und als Pilotanlage (Durchsatz ca. 40kg Rohstoffe pro Stunde) aufgebaut, dass Maisgranulat für unterschiedliche Anwendungszwecke herstellen kann. Dabei ist die kombinierte Herstellung von Ölbindemittel und Hygienematerial (für den Einsatz z.B. als Kleintierstreu) mittels Schneidmühle und Sichtanlage als zentrale Prozessschritte am profitabelsten. Bei einer dezentralen Anlage mit 3.000 Jahrestonnen Produktion und guter Auslastung muss der Abgabepreis für Ölbindemittel über 60 Cent und für Hygienematerial über 30 Cent pro Kilogramm liegen (ohne Vertrieb). Im Marktvergleich sind diese Preise erzielbar. Unter praktischen Bedingungen konnte nachgewiesen werden, dass adsorptives Maisgranulat zur

- Verwendung als Ölbindemittel auf festen Untergrund im Katastrophen und Umweltschutz und in der Reinigung von verschmutzten Böden (Werkstätten etc.) **gut geeignet** ist (Granulatfraktion 0,3 bis 2mm, Typ III R, Adsorptionsfähigkeit 0,70 bis 0,90 kg Öl pro kg Granulat)
- Verwendung als Ölbindemittel für Gewässer, ebenfalls im Katastrophen- und Umweltschutz, **nicht geeignet** ist, da mit keinem Hydrophobierverfahren die geforderte Schwimmfähigkeit (vgl. Typ I/II R) erreicht werden konnte
- Verwendung als Tierhygiene-Material (Kleinnager, Katzenstreu, etc.) **sehr gut geeignet** ist (Granulatfraktion z.B. Kleinnager 2 bis 3,5mm oder Katzen 3,5 bis 8mm; Adsorptionsfähigkeit ca. 1,0 bis 1,3 kg Wasser pro kg Granulat)

Der ländliche Raum kann durch dezentrale Verarbeitungsbetriebe dieser Art wirtschaftlich gestärkt werden (bei einer 3.000 jato Anlage 1,4 Mio. € im Jahr Wertschöpfung), eine kleinräumige Prozessindustrie entwickeln und die Basis nachhaltiger Technologien zur langfristigen Nutzung vorhandener Rohstoffe legen.

4 Empfehlungen

Die Nutzung von Maisreststoffen hat nach wie vor interessante aber unterentwickelte Anwendungsgebiete, die in tiefergehenden Projekten weiterentwickelt werden sollten. Dazu zählen die Feststofffermentation des Stroh, Spezialanwendungen von Spindelgranulat (Reinigung, Trägerstoff, Immobilisierung – z.B. von Lipasen) und die Produktion von Formteilen.

Im Sinne der Programmlinie „Fabrik der Zukunft“ stellt die Technologie zur Herstellung von Ölbindern und Hygienematerial den Basisprozess für weitere innovative Nutzungen von Maisreststoffen dar. Die konsequente Weiterentwickeln von Kompetenz in dieser Linie wird zur wirtschaftlichen Umsetzung dieser dezentralen Technologie führen. Dass der Basisprozess nach einem professionellen Marktaufbau bereits wirtschaftlich selbsttragend ist, ist in dieser Hinsicht stark förderlich.

Das Arbeiten mit NAWARO-Systemen erfordert ein anderes Denken durch Multiprodukt- und –rohstoffanlagen, wo heute auf betrieblicher Ebene nach wie vor die größten Defizite liegen, da ein breites Vermarktungsnetz ohne deutliche Spezialisierung einzelne Unternehmen überfordert. Die Recherchen des Projektes haben eindrucksvoll gezeigt, dass *die Ernterückstände von Mais nicht wertloser Abfall sind sondern eine brachliegende Ressource darstellen*. Es ist aus diesem Blickwinkel mehr als erstaunlich, dass bisher offensichtlich noch nirgends auf der Welt Anstrengungen unternommen wurden, diese brachliegende Ressource umfassend zu nutzen. Es ist jedoch anzunehmen, dass dieser Zustand international nicht mehr lange bestehen bleibt und es gibt konkrete Vorzeichen dafür, dass in anderen Ländern (insbesondere in den USA) bereits konkrete Ansätze zur Nutzung von Mais-Ernterückständen verfolgt werden. Die Situation ergibt daher für Österreich ein eingeschränktes Zeitfenster für Aktionen. *Diese Chancen dürfen nicht ungenutzt bleiben!* Die Nutzung von Ernteresten von Mais ergibt Chancen auf mehreren Ebenen.

▪ Die Landwirtschafts-Chance

Die Verwertung von Ernteresten, die bisher nicht genutzt werden, ergibt eine offensichtliche Chance auf *Zusatzeinkommen für die Landwirtschaft*. Gerade im Hinblick auf die relativ kleinräumig strukturierte Landwirtschaft ist dieses Zusatzeinkommen ein potentiell wichtiger Faktor für die Erhaltung wirtschaftlicher Betriebe. Dies umso mehr, als

gerade dieser Sektor (Maisanbau und Veredelung) unter starkem wirtschaftlichem Druck ist, der durch die Osterweiterung der EU noch zunehmen wird. Es handelt sich hier um einen Zusatznutzen, der mit geringem Aufwand lukriert werden kann und damit zur Erholung der landwirtschaftlichen Struktur (und in weiterer Folge der Kulturlandschaft) beitragen kann. In diesem Sinne sollten Gespräche mit dem „Lebensministerium“ geführt werden.

▪ **Die Wirtschaftschance für den ländlichen Raum**

Aus logistischen Gründen muss die Verarbeitung der Erntereste dezentral erfolgen. Dies erfordert die Gründung von Firmen im ländlichen Raum. Dabei können die Firmen auf eine auch langfristig gesicherte Rohstoffbasis zurückgreifen und Produkte mit hoher Wertschöpfung erzeugen. Dies trägt zur wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des ländlichen Raumes bei und erzeugt „stay options“ für die Menschen in sonst eher schwachen wirtschaftlichen Gebieten.

▪ **Die Prozesstechnik-Chance**

Die Nutzung der Maiserntereste, vor Allem durch biotechnologische Verfahren, eröffnet die Möglichkeit zum Aufbau einer dezentralen Prozesstechnik. Gerade dieser wirtschaftliche Sektor ist in den letzten Jahrzehnten in der Steiermark (wie auch in ganz Österreich) zurückgegangen. Der nachhaltige Charakter der auf der Basis von Ernteresten aufgebauten Technologie sowie die sichere einheimische Rohstoffbasis sind Faktoren dafür, dass diese Prozessindustrie zukunftsfähig ist. Damit können einerseits hochqualifizierte Arbeitsplätze in wirtschaftlich schwachen Gebieten geschaffen werden und andererseits der heimischen Anlagenbauindustrie wertvolle Impulse und Referenzanlagen geboten werden.

▪ **Die Technologieentwicklungschance**

Viele der hier vorgestellten Technologien sind exportierbar. Gelingt es am Anlassfall der Mais-Gesamtnutzung Technologien zur Marktreife zu entwickeln, so entsteht für die heimische Anlagenbauindustrie ebenso wie für die Planungsfirmen auf dem Gebiet der Verfahrenstechnik eine wichtige Exportchance. Weiters bildet die Entwicklung dieser Technologien eine willkommene Chance, das Wissen der Forschungseinrichtungen für diese Firmen nutzbar zu machen und damit Top-Technologie für den Zukunftsmarkt der Nutzung nachwachsender Rohstoffe zu schaffen.

Gegenüber den hier dargestellten Chancen *erscheinen die Risiken* der Verfolgung einer Nutzung von Maisernteresten vergleichsweise *gering*:

- Keine der hier dargestellten Nutzungsschienen gefährdet die bisherige Nutzung des Mais. Sie erfordern auch nur geringe Umstellungen im landwirtschaftlichen Bereich (Erntetechnologie).
- Keine der hier dargestellten Technologien verlangt hohe Investitionskosten.
- Die Nutzungsschienen sind aus der Sicht der Produkte außerordentlich divers. Es besteht kaum das Risiko in Märkte eindringen zu müssen, die bereits gesättigt sind.

Für alle hier genannten Chancen gilt, dass sie umso größer sind, je besser die „First Mover“ Chance genutzt wird. Nur wenn rasch und umfassend die Nutzung der Maiserntereste angegangen wird, können die hier dargestellten Chancen im vollen Umfang für die österreichische Wirtschaft und F&E Landschaft genutzt werden.

- **Strategieempfehlung für die technologische Weiterentwicklung und den Aufbau einer Basisproduktionsanlage**

Es erscheint uns sinnvoll zur zügigen Weiterentwicklung der Technologien ein **Maisreststoff Verwertungszentrum (MVZ)** zu schaffen. Dieses Zentrum sollte die Form einer „public-private-partnership“ haben und von Anfang an die öffentliche Hand, Forschungseinrichtungen und private, wirtschaftsorientierte Firmen vereinigen und als erste Ausbaustufe die Basisproduktionsanlage beherbergt. Die am Projekt beteiligten Partner erklären ausdrücklich ihre Bereitschaft, an diesem Zentrum mitzuwirken. *Ziel des Zentrums ist es:*

- Technologieentwicklung, Produktentwicklung und Markterschließung für Verfahren auf der Basis von Maisernteresten zu koordinieren,
- gemeinschaftliche Technologieentwicklung zwischen Firmen und Forschungseinrichtungen zu ermöglichen,
- Forschungsinfrastruktur für diese Entwicklung bereitzustellen,
- Rohstoffe für den Betrieb der Technikumsanlagen bereitzustellen,
- die beteiligten Partner bei Technologietransfer und Technologievermarktung zu unterstützen und
- Wissen über die Nutzung von Mais-Ernterückständen zu akkumulieren.

Mit diesem Zentrum soll die notwendige „Kritische Masse“ für erfolgreiche Technologieentwicklung geschaffen werden. Gleichzeitig soll das Zentrum die reibungslose Umsetzung von technologischer Forschung in industrielles Know-how ermöglichen. Der Aufbau dieses Zentrums kann schrittweise erfolgen, wobei folgende Elemente von Anfang an in dem Zentrum beheimatet sein müssen:

- eine Basisproduktionsanlage im Maßstab 3.000 t/a zur Mahlung und Sichtung von Maiskolben und
- eine Grundausstattung für die Entwicklung von Feststoff-Fermentatoren.

Je nach Fortschritt der Entwicklung soll dann die weitere Ausstattung des Zentrums erfolgen, wobei sowohl die öffentliche Hand (z.B. Regionalentwicklung, Lebensministerium, bm:vit, Länder), als auch die beteiligten Firmen in gerechtem Maße zur Finanzierung beitragen sollen. Das Zentrum soll als erste Aufgabe die konsequente Verfolgung

- jener Technologien, die mit hoher Priorität eingestuft wurden und
- der Entwicklung geeigneter Verfahren zur Feststofffermentation von Mais-Ernterückständen

wahrnehmen. In weiterer Folge kann das Zentrum auch andere Aufgaben im Bereich nachwachsender Rohstoffe im Allgemeinen verfolgen.

Mit der Einrichtung dieses Maisverwertungszentrums kann ein Weg beschritten werden, der den „First Mover“ Vorteil voll ausnutzt und gleichzeitig eine innovative Zusammenarbeit zwischen Forschung und Wirtschaft darstellt. Durch die Bildung einer „kritischen Masse“ aus Forschungseinrichtungen und Firmen ist für die notwendige Dynamik gesorgt. Die Konzeption des Zentrums als "public-private-partnership" garantiert darüber hinaus den effizienten Einsatz öffentlicher Mittel. Die direkte Einbeziehung der (interessierten) Unternehmen hält den Reibungsverlust im Wissenstransfer zwischen Forschung und Wirtschaft so gering wie möglich. Mit dieser Strategie kann auf der Basis einer bisher als „Abfall“ behandelten Ressource eine wichtige Entwicklung für die Zukunft von Wirtschaft, Landwirtschaft und Forschung in Österreich eingeleitet werden.

▪ **Umsetzung der Projektergebnisse – Einführung am Markt**

Nachdem im Projekt „Gewinnung von adsorptiven Produkten aus Maisreststoffen“ die technologische und wirtschaftliche Machbarkeit für Ölbinder auf festem Untergrund und

Hygienematerial (Kleintiere) nachgewiesen werden konnte, werden folgende Schritte zur weiteren Realisierung unternommen:

- a) **Vertiefung F&E:** auf Ebene der F&E wird mit Partnern an der Erweiterung des Anwendungshorizontes kooperiert; im Konkreten sind dies Prof. Martin Mittelbach (KF-Uni Graz) im Bereich Immobilisierung von Enzymen und Dr. Herbert Böchzelt (Joanneum Research) im Bereich Trockenreinigungstechnik; sollte es gelingen einen Unternehmenspartner im Bereich SSF zu finden, werden wir auch diesen Bereich der Maisstrohnutzung weiterverfolgen (die weitere Beforschung dieses Bereiches könnte im Rahmen der Programmlinie Fabrik der Zukunft durchgeführt werden, um diese umfassende Nutzungsschiene als „Leuchtturm-Projekt“ auszubauen); zur Pelletierung und Nutzung als Brennstoff wird mit der KWB GmbH (Dr. Erwin Stubenschrott, St. Margarethen a.d. Raab) Kontakt aufgenommen.
- b) **Private Realisierung:** auf unternehmerischer Ebene führen wir Gespräche mit potenziellen Investoren, bei denen Maisgranulatprodukte ins Portfolio passen; es sind dies aus unserer Sicht die Firmen Agrarunion Südost, Öko&More Josef Trummer GmbH&CoKEG, Biowärme Gnas, Steirerkraft Wollsdorf, Saubermacher Dienstleistungs-AG und Vitaform Pöllersdorf; vorausgesetzt es gelingt der Schritt der Anlagenrealisierung durch einen privaten Wirtschaftspartner, werden im Bereich Landwirtschaft Betriebe zur Produktion der Spindeln ausgewählt und qualifiziert. Weder die Steirisches Vulkanland Regionalentwicklung GmbH als Antragsteller, noch der Firmenpartner BDI GmbH streben allein eine gewerbliche Produktion und Markteinführung an, da die Geschäftsfelder im Know-howbereich und in der Anlagenplanung liegen. Produktion und Markteinführung liegen daher im Aufgabenfeld jenes Unternehmens (oder jener Partner des Verwertungszentrums), deren Produktportfolio und Marktzugänge darauf ausgerichtet sind.
- c) **PPP Verwertungszentrum:** als mögliche Alternative wird (wie in der Strategieempfehlung für die technologische Weiterentwicklung und den Aufbau einer Basisproduktionsanlage beschrieben) die Aktivierung eines „Maisreststoff Verwertungszentrums“ (MVZ) in Form einer „public-private-partnership“ empfohlen (die von Anfang an die öffentliche Hand, Forschungseinrichtungen und private, wirtschaftsorientierte Firmen vereinigt und als erste Ausbaustufe die Basisproduktionsanlage beherbergt). Die Vorbereitung dieser Alternative bedarf jedoch eines hohen Arbeitseinsatzes, der aus diesem Projekt nicht geleistet werden kann. Die am Projekt beteiligten Partner erklärten ausdrücklich ihre

Bereitschaft, an diesem Zentrum mitzuwirken, sofern ein Budget zu dessen Projektentwicklung aufgestellt werden kann. Ein entsprechender Antrag für die 3. Ausschreibung der Programmlinie *Fabrik der Zukunft* wird vorbereitet.

- d) Die **Pilotanlage** wird weiterhin genutzt, um Material für neue F&E Projekte herzustellen und um zusätzliche Versuche (z.B. für das Immobilisierungsprojekt, Prof. Martin Mittelbach, FdZ 2. Ausschreibung) durchzuführen. Darüber hinaus werden wir die Pilotanlage in F&E Projekten einsetzen, in denen es um die Zerkleinerung trockener NAWAROs geht. Natürlich steht die Anlage auch dritten Forschungsinstitutionen, die darauf Versuche fahren wollen, zur Verfügung. In all diesen Bereichen haben wir uns verpflichtet, keine Kosten für die Anlageninvestition zu verrechnen. Natürlich entstehen durch die Nutzung direkte Kosten für Wartung und Reparaturen, sowie für Manipulationsflächen, Personal und Lager, die wir nicht entgeltfrei tragen können. Dieses Angebot der Nutzung halten wir insgesamt 5 Jahre aufrecht, sodass wir Ende 2006 die gebrauchte Anlage verschrotten. Kann in der Zwischenzeit das Maisreststoff Verwertungszentrum (MVZ) eingerichtet werden, werden wir die Anlage kostenfrei in das PPP-Modell einbringen.

5 Literaturverzeichnis

Agricultural Residues; <http://www.rethinkpaper.org/content/agres.cfm>

Alsing, I., 1995. Lexikon der Landwirtschaft, Union Agrarverlag, München, 3. Auflage

Arroy, M., J.M. Moreno, J.V. Sinisterra. Immobilization Stabilization on Different Hydroxylic Support of Lipase from *Candida-Rugosa*; Journal of Molecular Catalysis 83(1-2) (1993) 261-271.

Azikiwe, N., 1994. Lignocellulose and Sugar Compositions of some Agro-Waste Materials. Bioresource Technology, 47/3, 283-284

Brown, A., 1992. Method for Removing Oil Spills Using a Natural, Recyclable Absorbent. WO 9,222,501

Dickey P.C. and M. Gerling, 1999. Absorbant Animal Bedding. U.S. 5,878,696

Donnelly, B.J., J.L. Helm and H.A. Lee, 1973. The Carbohydrate Composition of Corn Cob Hemicelluloses. Cereal Chemists, 50/5, 548-552

Falbe, J. und M. Regitz, 1995. CD Römpf-Chemielexikon, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 9. Auflage, Version 1.0

Franke, W., 1997. Nutzpflanzenkunde: nutzbare Gewächse der gemäßigten Breiten, Subtropen und Tropen, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 6. Auflage

GREEN PRODUCTS, Iowa 50621 USA; <http://www.greenprodukts.com>

a) Gruber, E., 1999. Einführung in die Chemie, Ökologie und Ökonomie der Nachwachsenden Rohstoffe, Manuskript einer an der technischen Universität Darmstadt gehaltenen Vorlesung, WS 1999/2000

b.) Gruber, E., 1999. Chemische Technologie des Zellstoffs und Papiers, Manuskript einer an der technischen Universität Darmstadt gehaltenen Vorlesung für Studierende des Papieringenieurwesens

Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen (1998), 44287 Dortmund; Prüfung nach BMU (Deutschland) WA I 3 – 23074/22 im GMBI S. 312 ff

Musimba, N.K.R., 1981. Chemical Composition of Maize Stover, Rice Straw and Wheat Straw Treated with Sodium Hydroxide (NaOH). Workshop on Utilization of low quality roughages in Africa; 18-22 Jan.

Narodoslawsky, M., C. Krotscheck et. al (2000) Technologische Vorstudie zum Thema „MAIS UND MEHR“. Im Auftrag der Abteilung für Wissenschaft und Forschung, Land Steiermark, 8010 Graz

Nievoll, R. (2000). MAIS ALS NACHWACHSENDER ROHSTOFF. Diplomarbeit am Institut für Organische Chemie, Karl Franzens Universität Graz, 8010 Graz

PALSTEK; Technisches Wassersport-Journal 6/02

Petschacher, B. (2001). Verwertung von Maisernterückständen über Hydrolyse der

Cellulose und Hemicellulose. Diplomarbeit am Institut für Biotechnologie, TU Graz, Petersgasse 12/I, 8010 Graz

Sanchez-Montero, J.M., J.V.Sinisterra. Immobilization of Nucleases on Corn Cob; Journal of Molecular Catalysis 84(Oct.1) (1993) 391-398.

Schmalz, A., 1995. Binder for Absorbing Oil and Process for Manufacturing it. EP 0,681,015

Shimada, Y., Y. Watanabe, T. Samukawa, A. Sugihara, H. Noda, H. Fukuda Y. Tominaga; Conversion of vegetable Oil to Biodiesel Using Immobilized Candida Antactica Lipase; Journal of the American Oil Chemists` Society 76(7) (1999) 789-793.

Tölderer, S. (2001). Direkte fermentative Verwertung von Mais-Ernterückständen. Diplomarbeit am Institut für Biotechnologie, TU Graz, Petersgasse 12/I, 8010 Graz

Tsai, W.T., C.Y. Chang und S.L. Lee, 1998. Low Cost Adsorbent from Agricultural Waste Corn Cob by Zinc Chloride Activation. Bioresource Technology, 64, 211-217

Ullmann`s Enzyklopädie of Industrial Chemistry, 1997. Fifth edition on CD-Rom, Wiley-VCH, D-69451, Weinheim Germany

Umweltbundesamt Deutschland (1999) LTWS-Nr. 27: Anforderungen an Ölbinder, Merkblatt zu Ölbindern

Watanabe, Y., Y. Shimada, A. Sugihara, H. Noda, H. Fukuda, Y. Tominaga; Continuous Production of Biodiesel Fuel from Vegetable Oil Using Immobilized Candida Antarctica Lipase; Journal of the American Oil Chemists` Society 77(4) (2000) 355-360.

Weiterführende biotechnologische Literatur (Konversion der Maisganzpflanze)

Xylanase

Influence of growth conditions on the production of Xylanolytic enzymes by aspergillus flavus; Marques de Souza, Girardo, Costa, Peralta, J.Basic Microbiol. 39 (1999) 3, 155-160

Xylanase Production by Aspergillus tamaraii , Kadowaki, Souza, Sim? o, Perlata Appl.Biochem.Biotechn. 66 (1997), 97-106

Production of xylanolytic enzymes by A. tamaraii in solid state fermentation Ferreira, Boer, Peralta, FEMS Microbiology letters 173 (1999) 335-339

Production, Characterization, and Application of the Cellulase-free Xylanase from Aspergillus niger; Yinbo, Peiji, Dong, Xin, Xiao, Appl.Biochem.Biotechn., Vol.57/58 (1996), 375-381

Production, partial characterization and use of fungal cellulase-free xylanases in pulp bleaching; Christov, Szakacs, Balakrishnan Process Biochemistry 34 (1999), 511-517

Production of a high level of cellulase-free xylanase by the thermophilic fungus Thermomyces lanuginosus in the laboratory and pilot scales using ligno-cellulosic materials Gomes, Purkarthofer, Hayn, Kapplmüller, Sinner, Steiner, Appl.Microbiol.Biotechnol. 39(1993):700-707

Cellulase-free xylanase from *Thermomyces lanuginosus*: Optimization of production in submerged and solid-state culture
Purkharthofer, Sinner, Steiner, , *Enzyme Microb. Technol.*, vol.15, August 1993, 677-682

Production of xylanases, mannanases, and pectinases by the thermophilic fungus *Thermomyces lanuginosus*
Puchart, Katapodis, Biely, Kremnický, Christakopoulos, Vrsanská, Kekos, Macris, Mahalingeshwara, *Enzyme Microb. Technol.* vol 24(1999), 355-361

Cellulase-free Xylanase by thermophilic fungi: a comparison of Xylanase production by two *thermomyces lanuginosus* strains

Hoq, Deckwer, *Appl Microbiol Biotechnol* 43(1995):604-609

Xylanase activity of *Phanerochaete chrysosporium*

Szakács Dobozi, Szakács, Bruschi *Appl. Environ. Microbiol.*, Nov. 1992, 3466-3471

Biomasse

Production of Bacterial and Yeast Biomass in ground Corn Cob and Ground Corn Stalk Media

Fields, Tantratian, Baldwin, *J. Food Protection*, Vol 54, No.2,(Feb 1991), 117-120

Production of yeast SCP from corn stover hydrolysates

Gonzalez-Valdes, Moo-Young, *Biotechnol. Letters* Vol.3 No.3 148-153 (1981)

Protein Production and growth characteristics of *Chaetomium cellulolyticum* during solid state fermentation of corn stover

Chahal, Moo-Young, Vlach, *Mycologia*, 75(4), 1983, 597-603

Zellulase

Cellulase and Hemicellulase Formation by Fungi using Corn Stover as the Substrate
Elshafei, Vega, Klasson, Clausen, Gaddy, *Biological wastes* 32 (1990) 209-218

Cellulolytic Enzyme Production by Three Fungi Grown in a Ground Corn Cob Medium
Guo-Sui Ye, Fields, *J Food Protection*, Vol 52, No.4, 248-251 (April 1989)

Production of Cellulolytic Enzymes by *Neurospora sitophila* Grown on Cellulosic Materials
Oguntimein, Vlach, moo-Young, *Bioresource Technology* 39 (1992) 277-283

Volatile organic acids

Acidogenic fermentation of corn stover

Rathin Datta, *Biotechnol Bioengineering* Vol 23, 61-77 (1981)

Production of 2,3 Butandiol from pretreated Corn Cob by *Klebsiella oxytoca* in the Presence of Fungal Cellulase

Cao, Xia, Gong, Tsao, *Appl Biochem Biotechnol*, Vol 63-65, 1997, 129-139

Milchsäure

Lactic acid production in a cell retention continuous culture using lignocellulosic hydrolysate as a substrate

Melzoch, Votruba, Hábová, Rychtera, *J. Biotechnol.* 56 (1997) 25-31

Batch lactic acid fermentation on lignocellulosic hydrolysate: identification of physiological model

Melzoch, Votruba, Hábová, Rychtera, *Food Sciences*, 14, 1996, 1-11

Kinetics of simultaneous saccharification and lactic acid fermentation process

Luo, Xia, Lin, Cen, *Biotechnol. Prog.*, 1997, 13, 762-767

6 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Übersicht der technischen Mais-Ganzpflanzennutzung; Projektschwerpunkt: Nutzung von Maiskolbengranulat	13
Abb. 2:	Mikrofeinmühle mit Schneidmahlkopf	15
Abb. 3:	a) Vom Maiskolben bis zum Granulat; b) Fraktionen der Siebe 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm und 0,063 mm	16
Abb. 4:	Adsorption von Heizöl Extra Leicht pro 100 g Maisgranulat – geordnet nach Adsorptionsmenge [g/100 g Granulat]	21
Abb. 5:	Zusammenfassung der Verteilung der Fraktionen bei verschiedenen Sieblochgrößen der Sorten Benicia und Wollsdorf	22
Abb. 6:	Adsorption von Wasser an Maisgranulat unterschiedlicher Korngröße (0,25, 0,5 und 1 mm) inkl. dem Referenzprodukt EU-Grit [g Wasser/g Granulat]	23
Abb. 7:	Schwimmversuch Heizöl Extra Leicht und Wasser, nach 4 Stunden	24
Abb. 8:	Aufbau einer Schneidmühle, Quelle: Fa. Herbold GmbH http://www.herbold.com/deutsch/Infos/16/Info16-1-D.htm	26
Abb. 9:	Mühlenpilotanlage im Vollbetrieb; Befüllung über Stapler mit Drehkranz	27
Abb. 10:	Befüllung des Vorlagetrichters und Zufuhr des Mahlgutes mittels Bandförderer mit Stegen	28
Abb. 11:	Frontansicht der Sichtenanlage der PSO Buchgraber in Auersbach (Gutaufgabe oben, darunter 2 Siebbehälter und die Rohrleitungen für das Gebläse)	29
Abb. 12:	Absackstation mit Wägvorrichtung zur präzisen Gewichtsabfüllung der Fertigware	29
Abb. 13:	Korngrößenverteilung des Mahlproduktes bei verschiedenen Sieblochungen	30
Abb. 14:	Gewinnungsgrad als Verhältnis der Produktmenge nach Sichtung zur theoretischen Produktmenge nach Mahlung	31
Abb. 15:	Adsorptionsfähigkeit diverser Korngrößen von MAG aus der Pilotanlage	32
Abb. 16:	Wirkung von Ölbinder auf rauem, festen Untergrund	33
Abb. 17:	Praxiseinsatz mit MAG 0/20 auf festem Untergrund	34
Abb. 18:	Praxiseinsatz mit mineralischem Ölbinder auf festem Untergrund	35
Abb. 19:	Nutzung eines mineralischen Binders zur Nachtrocknung	37
Abb. 20:	Nutzung eines mineralischen Binders zur Nachtrocknung	42
Abb. 21:	Investitionskosten von Schneidmühlen	44
Abb. 22:	Produktmengen der 5 Szenarien der Spindelverwertung	45
Abb. 23:	Kostenstruktur und Erlössumme bei der Produktion von Maisadsorbens	48
Abb. 24:	Maispflanze mit Haupt- und Zweitkolben (Schema)	66
Abb. 25:	Grundbauteile des Lignins	68
Abb. 26:	Strukturmodell von Fichtenholzlignin	69
Abb. 27:	Cellulosestruktur – 1-4-Verknüpfung aus β -Glucose	70
Abb. 28:	Cellulose	71
Abb. 29:	Zuckerderivate in Polyosen	72
Abb. 30:	Ausschnitt aus einem typischen Hartholz-Xylanmolekül	73
Abb. 31:	Ausschnitt aus einem typischen Weichholz-Xylanmolekül	74
Abb. 32:	Übersicht der technischen Mais-Ganzpflanzennutzung; Projektschwerpunkt: Nutzung von Maiskolbengranulat	75
Abb. 33:	Maiskolben nach der Körnerernte der Sorte Benicia	76
Abb. 34:	Querschnitt eines Maiskolbens	77
Abb. 35:	Untersuchungen zur Entfärbungswirkung von Färbereiabwässern a) Basische Farbstoffe: Bezacryl Rot GRL 180 b) Basische Farbstoffe: Bezacryl Blau GRL 300	78
Abb. 36:	Schematische Darstellung eines Mähdreschers	96
Abb. 37:	Grundriss einer Kugelmühle	98
Abb. 38:	Hammermühle der Firma IVA	99
Abb. 39:	Stiftmühle Serie SM der Firma IVA	100

Abb. 40:	Sichtermühle Serie CLM der Firma IVA	101
Abb. 41:	Laborschneidmühle, Quelle: Firma Herbold http://www.herbold.com/deutsch/Infos/16/Info16-1-D.htm	102
Abb. 42:	Mikrofeinmühle mit Schneidmahlkopf	106
Abb. 43:	a) Vom Maiskolben bis zu Granulat; b) Fraktionen der Siebe 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm und 0,063 mm	107
Abb. 44:	Vergleich der Ausbeute mit den Sieben 3 mm, 2 mm und 1 mm (Sorte Benicia)	109
Abb. 45:	Vergleich der Ausbeute mit den Sieben 3 mm, 2 mm und 1 mm (Sorte Saatmaisproduktion Wollsdorf)	110
Abb. 46:	Zusammenfassung der Verteilung der Fraktionen bei verschiedenen Sieblochgrößen der Sorten Benicia und Wollsdorf	111
Abb. 47:	Adsorptionsunterschiede mit Heizöl Extra Leicht	116
Abb. 48:	Adsorption von Heizöl Extra Leicht pro 100 g Maisgranulat – geordnet nach Adsorptionsmenge [g/100 g Granulat]	117
Abb. 49:	Lineare und Logarithmische Trendlinie mit Bestimmtheitsmaß (R^2) des Adsorptionsverhaltens von Maisgranulat verschiedener Korngrößen (1000, 500 und 250 μm) mit HÖEL (= Heizöl Extra Leicht)	118
Abb. 50:	Adsorptionsunterschiede verschiedener Ölbindemittel in Gramm pro 100g Binder	119
Abb. 51:	Adsorptionsunterschiede der Kolbengranulate mit Wasser	122
Abb. 52:	Adsorption von Wasser an Maisgranulat unterschiedlicher Korngröße (0,25, 0,5 und 1 mm) inkl. dem Referenzprodukt EU-Grit [g Wasser/g Granulat]	123
Abb. 53:	Lineare und Logarithmische Trendlinie mit Bestimmtheitsmaß (R^2) des Adsorptionsverhaltens von Maisgranulat verschiedener Korngrößen (1000, 500 und 250 μm) mit Wasser	124
Abb. 54:	Adsorptionsunterschiede verschiedener Katzenstreu	125
Abb. 55:	Start des Schwimmversuchs mit Wasser und Heizöl Extra Leicht	128
Abb. 56:	Schwimmversuch Heizöl Extra Leicht und Wasser, nach 4 Stunden	129
Abb. 57:	Eppendorf Zentrifuge	130
Abb. 58:	a) Zentrifugenröhrchen (Be I 1 mm) b) Zentrifugenröhrchen (Be I 0.5 mm)	131
Abb. 59:	Schalt- und Steuerkasten sowie Motor der Schneidmühle Romatec 20/26	140
Abb. 60:	Frontansicht der Sichtenanlage der PSO Buchgraber in Auersbach (Gutaufgabe oben, darunter 2 Siebbehälter und die Rohrleitungen für das Gebläse)	141
Abb. 61:	Absackstation mit Wägvorrichtung zur präzisen Gewichtsabfüllung der Fertigware	142
Abb. 62:	Aufbau und Ansicht der Mühlenpilotanlage	142
Abb. 63:	Befüllung des Vorlagetrichters und Zufuhr des Mahlgutes mittels Bandförderer mit Stegen	143
Abb. 64:	Mühlenpilotanlage im Vollbetrieb; Befüllung über Stapler mit Drehkranz	144
Abb. 65:	Korngrößenverteilung des Mahlproduktes bei verschiedenen Sieblochungen	145
Abb. 66:	Mühlendurchsatzleistung in der Pilotanlage (4KW Nennleistung)	146
Abb. 67:	Gewinnungsgrad als Verhältnis der Produktmenge nach Sichtung zur theoretischen Produktmenge nach Mahlung	147
Abb. 68:	Flussschema und Massenbilanz für 3 Siebgrößen und einfacher Schaltung	148
Abb. 69:	Flussschema und Massenbilanz für 2 Siebgrößen und zwei parallelen Mühlen zur gezielten Produktmengensteuerung	149
Abb. 70:	Adsorptionsfähigkeit diverser Korngrößen von MAG aus der Pilotanlage	150
Abb. 71:	Investitionskosten von Schneidmühlen	157
Abb. 72:	Produktmengen der 5 Szenarien der Spindelverwertung	159
Abb. 73:	Kostenstruktur bei der Produktion von Maisadsorbens	162
Abb. 74:	Wirkung von Ölbindern auf rauem, festem Untergrund	163
Abb. 75:	Verwehungen beim Aufbringen des Ölbinders auf festem Untergrund	164
Abb. 76:	Praxiseinsatz mit MAG 0/20 auf festem Untergrund	165

Abb. 77:	Praxiseinsatz mit MAG 20/35: auch sehr schnelle Saugfähigkeit	166
Abb. 78:	Zweiter Auftrag von Ölbinder MAG 0/20	166
Abb. 79:	Praxiseinsatz mit mineralischem Ölbinder auf festem Untergrund	167
Abb. 80:	Fall A – Nutzung von Pellets aus Spindelstaub zur Nachtrocknung	168
Abb. 81:	Fall B – Nutzung eines mineralischen Binders zur Nachtrocknung	169
Abb. 82:	Fall B – mineralischer Ölbinder wird nach MAG 0/20 eingekehrt	170
Abb. 83:	Versuch mit einer Mischung aus 10% mineralischer Ölbinder und 90% MAG 0/20	171
Abb. 84:	Das Team der Straßenmeisterei, 8330 Feldbach	171

7 Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Technische Daten der verwendeten Mikrofeinmühle	16
Tab. 2	Vergleichsfragebogen zu den bisherigen Produkten (Zeitungspapier und Tierell CATI)	41
Tab. 3	Rohstoffkosten für 2 Bringungsarten	43
Tab. 4	Produkterlöse in €/kg netto ab Anlage	46
Tab. 5	Wirtschaftlichkeit der Prozessvarianten mit Spindeln aus der Körnermaisernte	47
Tab. 6	Produktionsmengen von Mais (FAO 2001)	64
Tab. 7	Bestandteile der Zellwand von behandeltem und unbehandeltem Mais-Stover (TS = Trockensubstanz)	67
Tab. 8	Übersicht über die möglichen Produkte durch direkte Fermentation von Maisstroh	89
Tab. 9	Anforderungen an die Schwimmfähigkeit	104
Tab. 10	Technische Daten der verwendeten Mikrofeinmühle	106
Tab. 11	Mahlunterschiede der Sorten Be I bei 2mmM und Wo I bei 2mmM	112
Tab. 12	Ergebnisse der einzelnen Adsorptionsmessungen mit Heizöl Extraleicht (HÖEL)	115
Tab. 13	Ergebnisse der einzelnen Adsorptionsmessungen mit Wasser	121
Tab. 14	Vergleich getrocknete – nicht getrocknete Maiskolben	126
Tab. 15	Ergebnisse der Zentrifugiersuche	132
Tab. 16	Grunddaten der Schneidmühlen nach der Ausschreibung	139
Tab. 17	Verteilung der Siebfraktionen bei 10mm	146
Tab. 18	Vergleichsmatrix verschiedener Ölbindemittel zur wirtschaftlichen Bewertung des Maisgranulats (3 Seiten)	151
Tab. 19	Vergleichsmatrix verschiedener Hygienestreu (Kleintier u. Katzen) zur wirtschaftlichen Bewertung des Maisgranulats (2 Seiten)	154
Tab. 20	Rohstoffkosten für 2 Bringungsarten	156
Tab. 21	Wirtschaftlichkeit der Prozessvarianten mit Rohstoff Saatmaisspindeln	160
Tab. 22	Wirtschaftlichkeit der Prozessvarianten mit Spindeln aus der Körnermaisernte	161
Tab. 23	Auswertung der Fragebögen – Maisgranulat im Praxisversuch bei der Feuerwehr der Stadt Graz	173
Tab. 24	Vergleichsfragebogen zu den bisherigen Produkten (Zeitungspapier und Tierell CATI)	178

Anhang A bis J

Gewinnung von adsorptiven Produkten aus Maisreststoffen

Kornberg Institut für nachhaltige Regionalentwicklung und angewandte Forschung

Steirisches Vulkanland Regionalentwicklung GmbH
Haus der Region, Dörfel 2, A-8330 Feldbach
Tel.: 03152/8575-330 (Fax: 8575-335), ckrotscheck@imzentrum.at

Anhang A Die Maispflanze

1 Die Maispflanze

Ihre Heimat liegt vermutlich zwischen Mexiko und Peru, Reste eines primitiven Wildmaises sind in Höhlen Südmexikos gefunden und auf die Zeit von 5000 bis 3400 v. Chr. datiert worden. Der Mais ist schon sehr früh von den dort ansässigen Ureinwohnern kultiviert worden und er hat bei ihnen in Mythologie und Religion eine vielfach bezeugte Rolle gespielt. Bewohner der karibischen Inseln nannten ihn „mahiz“ und die Spanier übernahmen diesen Namen. Sie brachten den Mais schon kurz nach 1500 nach Europa, wo er als Besonderheit zunächst bestaunt, aber erst im 17. Jahrhundert angebaut wurde. Über Italien, den Balkan und Russland gelangte er schließlich nach Indien und China. Seit dem Zweiten Weltkrieg wird er zunehmend in aller Welt kultiviert, doch dient er wie in den USA und anderen Industrieländern, bevorzugt als Viehfutter.

Mais zählt neben Weizen und Reis zu den wichtigsten Getreidepflanzen der Welt. Er unterscheidet sich von anderen Getreidearten durch einhäusige Getrenntgeschlechtigkeit und ist ein einjähriges, nicht bestockendes Gras, dessen markerfüllter Halm bis 2,5 m hoch und bis 5 cm dick wird. Da die männlichen Blüten vor den weiblichen der gleichen Pflanze reifen, ist Fremdbestäubung durch Wind die Regel.

Der Sortenreichtum ist dank jahrtausendlanger Kultur groß. Folgende Hauptsorten werden unterschieden:

- *Zea mays convar. mays* (= *convar vulgaris*) KOERN.; Hart oder Hornmais (flint corn); erste in Europa gebaute Form
- *Zea mays convar. dentiformis* KOERN.; Zahnmais (dent corn); wird vor allem in USA kultiviert
- *Zea mays convar. amylacea* (STURT.) GREBENŠC.; Weich- und Stärkemais (soft corn, flour corn); meist in Südamerika angebaut
- *Zea mays convar. saccharata* KOERN.; Zuckermais (sweet corn); neben der Verwendung als gutem Viehfutter werden nicht voll ausgereifte Körner in den USA und in Europa als Gemüse („Kukuruz“) genossen
- *Zea mays convar. microsperma* KOERN.; Puff-, Knall- oder Flockenmais (pop corn);

- *Zea mays convar. ceratina* KULESH., Wachsmais; wird in den USA und in Ostasien angebaut

Die Weltproduktion betrug im Jahr 2000 ca. 590 Millionen t. Hauptproduzent waren dabei die USA (44%), gefolgt von China, Brasilien, Mexiko, Frankreich, Argentinien, Indien, und Südafrika; in der BRD wurden im Jahr 2000 3.241.000 t Mais erzeugt, in **Österreich** betrug die Produktion im Jahr 2000 ca. 1.860.000 t.

Tab. 6 Produktionsmengen von Mais (FAO 2001)

Land	Produktion in 1000 t			Erträge in dt/ha		
	1979/81	1994	2000	1979/81	1994	2000
USA	192 084	250 629	253 208	64,7	87,0	86,0
China	60 720	103 550	105 274	30,4	50,3	46,7
Brasilien	19 265	32 305	32 038	16,8	31,1	27,4
Mexiko	11 866	19 193	18 761	17,2	24,4	21,7
Frankreich	9 627	13 040	16 395	54,6	78,3	90,6
Argentinien	9 333	10 246	16 000	31,6	42,3	53,8
Indien	6 486	10 500	11 500	11,0	17,5	17,7
Südafrika	11 322	11 811	10 584	26,4	30,3	27,4
Italien	6 590	7 661	10 207	68,9	83,6	93,9
Indonesien	4 035	6 617	9 169	14,6	21,8	26,9
Kanada	5 904	7 043	6 827	56,8	73,8	62,7
Ungarn	7 022	4 920	5 000	55,4	38,9	41,0
Philippinen	3 174	5 400	4 643	9,7	17,3	17,2
Rumänien	10 218	9 300	4 200	31,6	31,1	15,6
BRD	753	2 357	3 241	61,7	68,2	71,8
Österreich	1 374	1 421	1 860	72,7	79,2	95,8
Welt	420 408	569 557	589 355	33,45	43,3	42,6

Eine große Ertragssteigerung gelang mit einer neuen Züchtungstechnik, die ab 1910 erstmals bei Mais praktiziert wurde, der Hybridzüchtung. Dabei werden zuerst durch mehrmalige künstliche Selbstbefruchtung Inzuchtlinien mit ausgeprägten Merkmalen erzeugt, bestimmte Inzuchtlinien werden dann miteinander zu „Hybriden“ gekreuzt. Diese Hybridsorten wachsen schnell und liefern hohen Kornerträge, sind jedoch wegen ihrer schmalen genetischen Basis sehr anfällig gegen Schädlinge und Krankheitserreger. Außerdem müssen sie stets als Saatgut neu gekauft werden, da ohne besondere Anbaumaßnahmen ein erheblicher Leistungsabfall eintritt.

Obwohl Mais eine Pflanze der Tropen und Subtropen ist, vermag sie mit einigen Sorten auch in gemäßigten Breiten zu gedeihen. Durch Frost wird die Maispflanze zerstört, das Temperaturoptimum liegt bei 30°C. 500 bis 700 mm Niederschlag reichen zur Entwicklung aus, da Mais hinsichtlich der Wasserversorgung genügsam ist, auch die Bodenansprüche sind bescheiden.

In den Länder der gemäßigten Zone liefert Mais, außer am Balkan und in Italien, wo z.B. „Polenta“ ein beliebter Maisbrei ist, hauptsächlich Viehfutter, das in Körnerform, als Grünfutter oder Silage angeboten wird.

Nur 9% der Maisernte werden in den USA in der Lebensmittelindustrie zu Stärke (Maizena, Mondamin), Cornflakes, Sirup, Zucker und Maismehl verarbeitet, aus den fettreichen Maiskeimen gewinnt man das vitaminreiche Maiskeimöl.

Der Maisanbau hat in Österreich, insbesondere auch in der Steiermark erhebliche Bedeutung für Landwirtschaft, Futtermittel- und Lebensmittelindustrie und betrifft somit direkt die Interessen von Teilen der Bevölkerung

Wie aus der Tabelle zu entnehmen ist, liegt Österreich bei den ha-Erträgen an der Spitze der Maisproduzenten. Dies deshalb, da sich der Anbau von Körnermais auf ausgesprochenen Gunstlagen konzentriert, so z.B. die Oststeiermark, das Burgenland und Teile Niederösterreichs. Die Kehrseiten des konzentrierten Maisanbaues (Grundwasserproblematik, erhöhte Pestizidbelastung des Bodens, Erosion bzw. teilweise Versteppung) müssen jedoch in diesem Zusammenhang genannt werden.

Auf Grund der Kleinheit des österreichischen Marktes und der Tatsache, dass ein Großteil des Körnermaises in der heimischen Tiermast Verwendung findet, ist der Mais insofern von Bedeutung als dadurch der Import von Futtermitteln reduziert wird und sich vor allem auf eiweißhaltige Futtermittel - Sojabohnen, Fischmehl beschränkt.

Darstellung der Maispflanze:

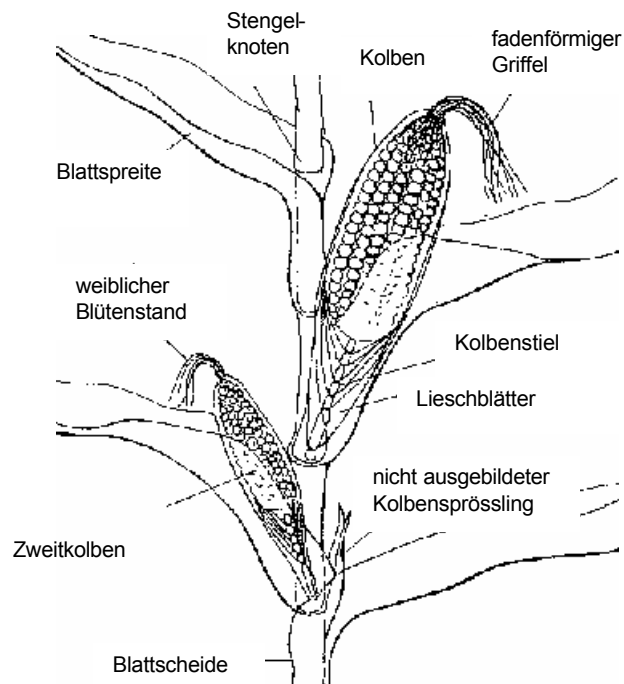


Abb. 24: Maispflanze mit Haupt- und Zweitkolben (Schema)

2 Inhaltsstoffe der Maispflanze

Die Maispflanze besteht aus folgenden Hauptbestandteilen:

- **Lignin**
- *Holocellulose* - ein Gemisch von **Cellulose** und **Hemicellulose** (Polyosen); im Maiskolben beträgt der Holocelluloseanteil je nach Maissorte zwischen 80 und 88%.

Mit Lignocellulose bezeichnet man Lignin und sämtliche Cellulosearten (Cellulose, Hemicellulose A und B), welche für den Aufbau der Pflanzenzellwände verantwortlich sind.

Die Zellwandbeschaffenheit von unbehandeltem Mais-Stover (gesamte Maispflanze ohne Körner) beträgt etwa:

- 23,6% Hemicellulose
- 42,5% Cellulose
- 7,0% Lignin

Der Gesamtlignocelluloseanteil beträgt somit 73,1% (Tab. 7). Zusätzlich sind etwa 5% unlösliche Siliziumverbindungen (Asche) enthalten. Weitere Komponenten der Pflanzenzellwände sind Pektine, Eiweiß, Glykoproteine und Nukleinsäuren. Diese sind verantwortlich für die Lebensvorgänge einer Zelle wie Zellteilung, Wachstum, Entwicklung, Steuerung und Synthese.

Tab. 7 Bestandteile der Zellwand von behandeltem und unbehandeltem Mais-Stover (TS = Trockensubstanz)

% NaOH auf TS Basis	Hemicellulose % TS	Cellulose % TS	Lignin % TS	Total Ligno-Cellulose %TS
unbehandelt	23,60	42,52	6,98	73,10
2,5	25,63	41,49	5,65	72,77
5,0	20,79	40,66	6,19	67,64
6,5	18,95	40,75	4,36	64,09
8,0	13,29	40,49	4,40	58,18

2.1 Lignin

Lignin ist nach Cellulose der zweithäufigste Naturstoff der Biosphäre und kommt in großen Mengen in nachwachsenden Rohstoffen vor: Bäume, Gräser, landwirtschaftliche Nutzpflanzen. Lignin füllt in verholzenden Pflanzen die Räume zwischen den Zellmembranen aus und verleiht so der Pflanze Festigkeit und Flexibilität und ist somit eine wichtige Komponente für die Zellwände der Pflanzen.

Lignin hat in den Pflanzengeweben drei Aufgaben:

- Aufnahme von Druckbelastungen
- Schutz gegen das Eindringen von Wasser
- Bildung eines festen, starren Verbundes zwischen den Zellen

Lignin wirkt also als starre hydrophobe Kitt- und Panzersubstanz, die große Druckkräfte aufnehmen kann und das Gewebe gegen hydrolytischen und biologischen Abbau schützt.

Lignin ist ein sehr komplexes, natürliches, dreidimensionales Netzwerk aus unterschiedlichen Monomeren (Abb. 25), wobei das Verhältnis von der natürlichen Quelle abhängt. Eigentlich ist es als höhermolekularer Abkömmling des Phenylpropan aufzufassen und je nach Holzart bzw. Pflanzenart ist der Phenyl-Ring mit ein bis zwei Methoxygruppen und die Propaneinheit mit Hydroxy-Gruppen substituiert.

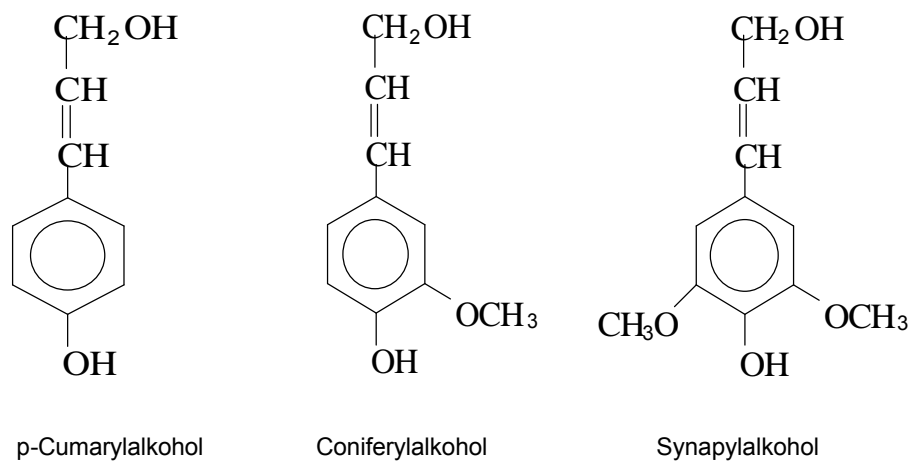


Abb. 25: Grundbauteile des Lignins

Lignin ist ein Nebenprodukt in der Zellstoffgewinnung und stellte im Abwasser von Zellstofffabriken lange ein Entsorgungsproblem dar. Bei der Zellstoffgewinnung ist Lignin unbrauchbar, da es zu einem stark gelb gefärbtem Papier führt. Jährlich werden weltweit etwa 20 Millionen Tonnen Lignin aus dem Sulfatverfahren und etwa 10 Millionen Tonnen Ligninsulfonat aus dem Sulfidverfahren gewonnen, allerdings nur 6% werden davon industriell weiterverarbeitet.

Lignin selbst weist keine adsorptiven Eigenschaften auf, ist jedoch insofern von Bedeutung, als es zur räumlichen Struktur beiträgt und somit dem Maiskolbengranulat mechanische Festigkeit verleiht.

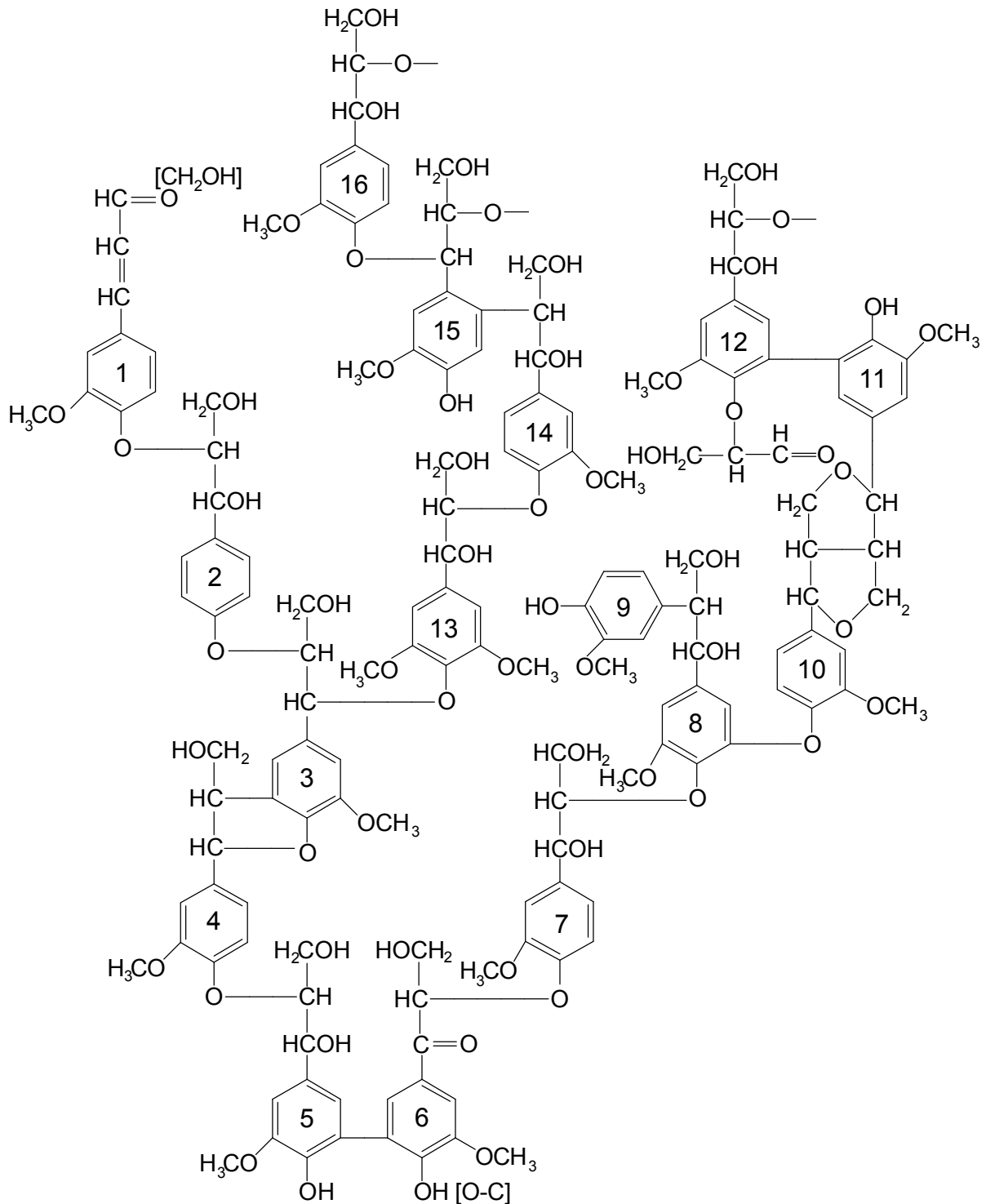


Abb. 26: Strukturmodell von Fichtenholzlignin

2.2 Cellulose

Cellulose ist sowohl von der Menge als auch von ihrer Verbreitung her das häufigste und bedeutendste Biopolymer in der Natur. Sie ist der natürliche Baustoff, den Pflanzen zur Bildung ihrer Zellwände benötigen. Cellulose wird verwendet, um zugfeste Gewebe aufzubauen. Baumwolle ist fast reine Cellulose (98%), Flachs etwa zu 80% und Holz zwischen 40 und 50%, hier ist die Cellulose mit anderen Stoffen, wie Lignin und Hemicellulose verbunden. Als nachwachsender Rohstoff hat Cellulose größte Bedeutung. Die Weltjahresproduktion durch Photosynthese der Pflanzen wird auf $1,3 \cdot 10^9$ t geschätzt. Ein Baum bildet im Durchschnitt ca. 14 g Cellulose täglich.

Cellulose (Abb. 27) ist ein wasserunlösliches Polysaccharid der formalen Bruttozusammensetzung $(C_6H_{10}O_5)_n$, sie wird durch fortgesetzte 1-4-Verknüpfungen aus β -Glucose (Abb.5) aufgebaut. Ca. 500 bis 5.000 Glucoseeinheiten sind kettenförmig unverzweigt miteinander verknüpft, daraus ergibt sich eine durchschnittliche Molmasse von 50.000 bis 500.000.

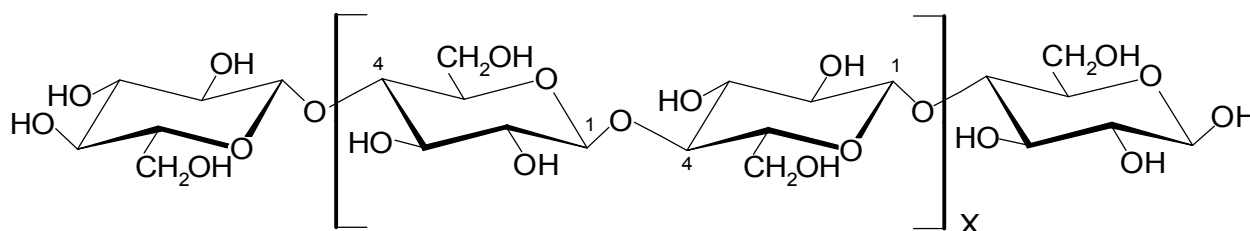


Abb. 27: Cellulosestruktur – 1-4-Verknüpfung aus β -Glucose

Durch die unverzweigten glycosidischen Bindungen werden lange Ketten gebildet, die zusätzlich durch intermolekulare Wasserstoff-Brücken an der freien Drehbarkeit gehindert und somit versteift werden.

Dies führt zu den charakteristischen Mikrofibrillen. Aus den Fibrillen (Makrofibrillen) wird die tragende Substanz der Pflanzenzellwand aufgebaut, die dickwandigen Zellen weisen einen mehrschichtigen Bau auf. Diese intensive Wasserstoffbrückenbildung und β -Konformation macht die Cellulosefasern sehr widerstandsfähig gegenüber NaOH-Lösungen.

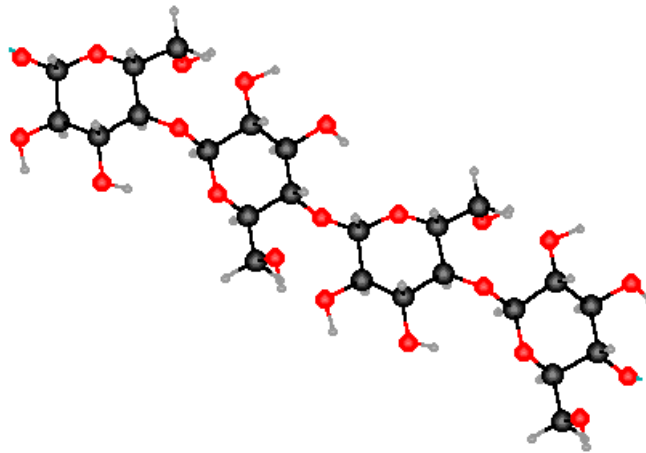


Abb. 28: Cellulose



Verwendungsmöglichkeiten für Cellulose:

Die in der Natur gebildeten Polysaccharide (Cellulose, Hemicellulose) können in vielfältiger Weise genutzt werden:

- Verwendung in Form der natürlichen Fasern
- Herstellung von Regeneratcellulose durch Auflösen der Polysaccharide und Ausfällung in einer neuen gewünschten Form
- chemische Modifikation der Makromoleküle (durch chemische oder enzymatische Substitution, Addition, Oxidation, Reduktion)
- Abbau durch chemische oder enzymatische Oxidation oder Hydrolyse

In Verbindung mit Lignin ergibt sich eine Substanz von geringem spezifischen Gewicht, welche trotzdem eine beträchtliche Härte und somit Festigkeit aufweist. Die adsorbierende Wirkung des Maiskolbengranulates wird durch die große und aktive Oberfläche der Cellulose bestimmt.

2.3 Hemicellulose (Polyose)

Polyosen können ebenfalls zu den Gerüstmaterialien gerechnet werden, sie haben allerdings nur unterstützende Funktion für Cellulose und Lignin. Polyosen bilden die flexibilisierende Kittsubstanz der Zellwand.

Sie sind eine Gruppe von Biopolymeren, die ebenfalls aus Zuckermolekülen aufgebaut sind, aber im Unterschied zur Cellulose aus verschiedenen Zuckern bestehen, zusätzliche funktionelle Gruppen aufweisen und auch verzweigte und weniger lange Moleküle haben können. Grundsätzlich ist der Polymerisationsgrad niedriger als bei Cellulose. Als Monomere finden sich Hexosen (Galactose, Glucose, Mannose) und Pentosen (Arabinose, Xylose).

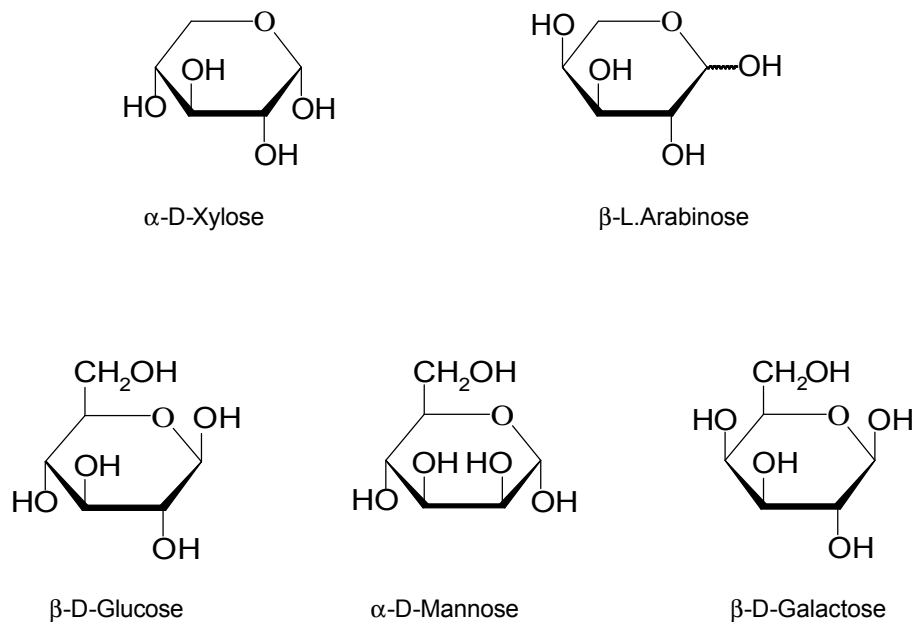


Abb. 29: Zuckerderivate in Polyosen

Verwendungsmöglichkeiten der Hemicellulose:

Die heutigen Aufschlussverfahren sind kaum dazu geeignet, Hemicellulose in größeren Mengen zu gewinnen. Unter alkalischen Aufschlussbedingungen werden die Hemicellulosen vor allem zu Hydroxycarbonsäuren abgebaut, die schwer zu isolieren sind. Bei den sauren Aufschlussverfahren werden sie vorwiegend zu oligomeren Zuckern, zu Monosacchariden oder zu Furfural abgebaut.

Hemicellulose findet Anwendung als Verdickungs- und Viskositätsmittel, zur Herstellung von thermoplastische Kunststoffen, als Waschmittelzusatz, als Grundstoff für Pharmazeutika und im Lebensmittelbereich, zur Produktion von Bleichenzymen und zusammen mit Lignin als Kleb- und Füllstoffe.

2.3.1 Xylan

Xylane stellen eine wichtige Gruppe von Polyosen dar und bauen sich vorwiegend aus Xylosemolekülen auf, die über β -1,4-glycosidische Bindungen verknüpft sind. Xylane kommen im Holz vieler Bäume, in Getreidestroh- und -Spelzen, Kleie, Pektin, Tragant, allgemein in Landpflanzen vor, meist in Form von Heteroxylanen. Xylane in Weichholz und Hartholz unterscheiden sich in ihrer Struktur, Hartholzxytan enthält noch 3-Acetylxylose und Methylglucuronsäure, Weichholzxytan fehlt in der Regel die Acetylgruppe, hat dafür vereinzelt eine glycosidische Bindung zu einem Arabinosemolekül.

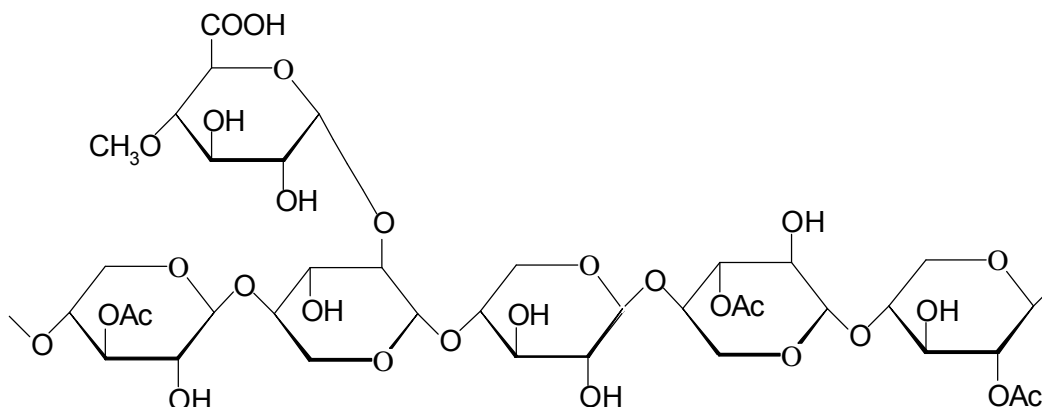


Abb. 30: Ausschnitt aus einem typischen Hartholz-Xylanmolekül

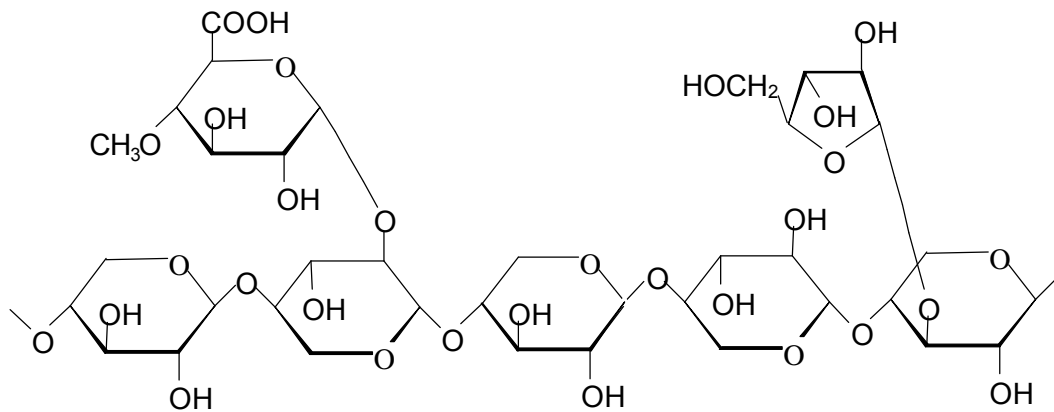


Abb. 31: Ausschnitt aus einem typischen Weichholz-Xylanmolekül

Durch Xylanasen werden Xylane zu Xylose und anderen Pentosen hydrolysiert, solche Xylanasen werden von Pilzen gebildet. Xylane können relativ leicht aus Maisspindeln gewonnen werden. Die Extraktion von Xylanen aus einjährigen Pflanzen bzw. Ernterückständen ist auf Grund des geringeren Ligningehaltes leichter als aus Holz. Quellen für die Extraktion sind z.B. Maiskolben, Sonnenblumenschalen, Bambusgräser, Flachs und Weizenstroh. Mittels Alkali-Verfahren können durch einen mehrstufigen chemisch-mechanischen Prozess unter Verwendung von Ultraschall die Xylane gewonnen werden.

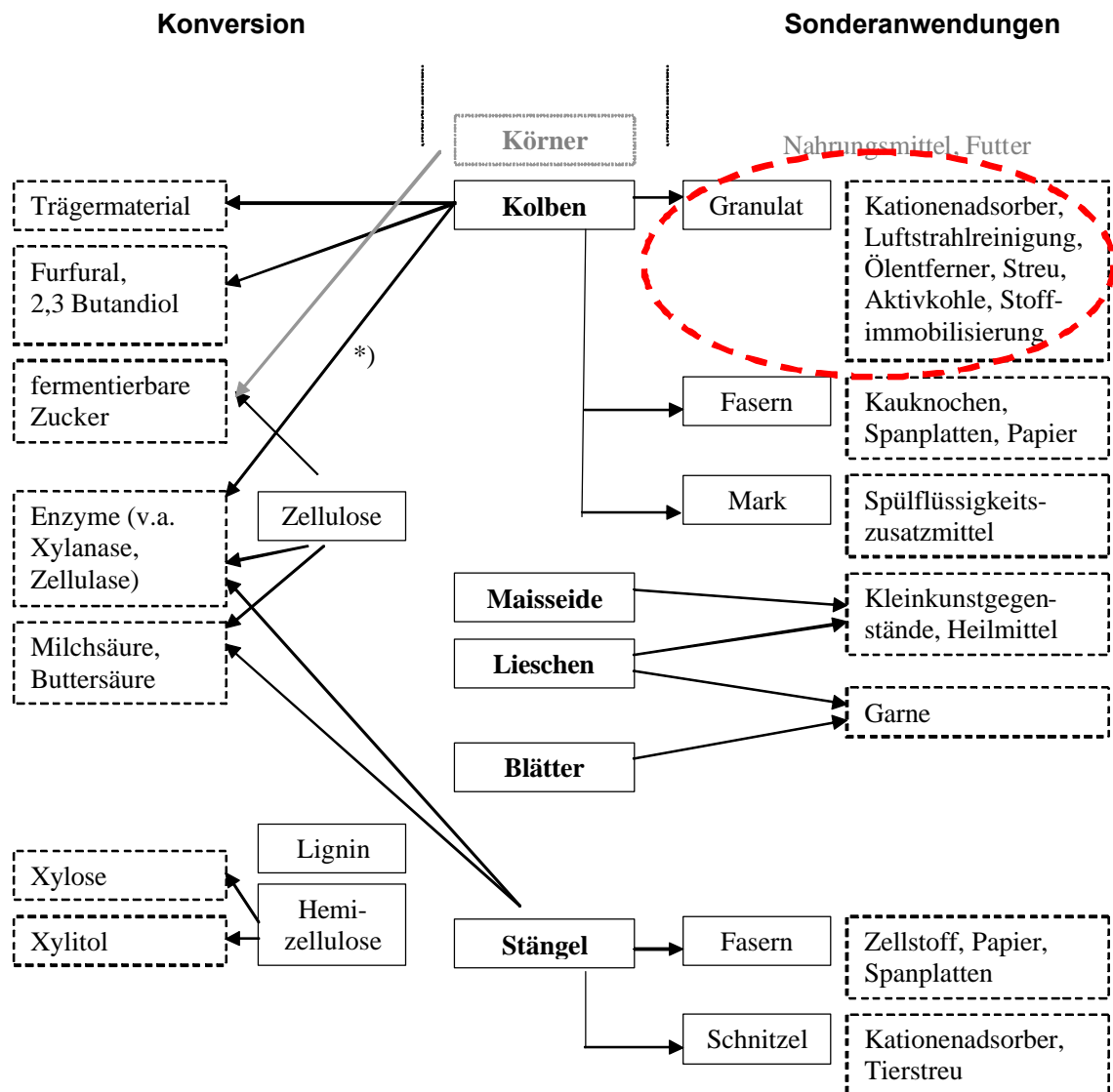
Polyosen weisen die gleichen adsorptiven Eigenschaften wie Cellulose auf, jedoch wird durch die verzweigte Struktur die Oberfläche vergrößert, und so die Kapillarwirkung des Granulates insgesamt erhöht.

Auf Grund der ausgezeichneten Saugfähigkeit des Maiskolbengranulates eignen sich sämtliche Produkte als Adsorptionsmaterial für unterschiedlichste Medien (Wasser, Öl, Geruchsstoffe, Kationen,...). Maiskolbenprodukte sind inert, untoxisch und können somit relativ unproblematisch entsorgt werden.



Anhang B Technologische Nutzungsmöglichkeiten der Maispflanze

1 Übersicht der Anwendungen



Stammbaum der stofflichen Nutzung der Maispflanze nach der Kornreife

*) Kolben, Blätter und Stängel können in Zellulose, Lignin und Hemizellulosen gespalten werden; in der Graphik sind nur die wichtigen direkten Konversionswege angezeigt

Abb. 32: Übersicht der technischen Mais-Ganzpflanzennutzung; Projektschwerpunkt: Nutzung von Maiskolbengranulat

2 Verwertung des Maiskolbens

Unter den Ernterückständen des Mais nehmen die Maiskolben (Maisspindeln) eine gewisse Sonderstellung ein. Sie verfügen über holzige wie auch weiche Teile und lassen sich nach Mahlung relativ einfach in verschiedene Produkte weiterverarbeiten. Der Maiskolben stellt auch insofern einen Sonderfall dar, als bei keiner anderen ähnlich verbreiteten Kulturpflanze ein Pflanzenteil anfällt, der ähnliche Eigenschaften aufweist.

Dieser Ausgangslage entsprechend liegt der Schwerpunkt der hier dargestellten Verwertungstechnologien auch in Verfahren mit geringer Eingriffstiefe. Dies bedeutet, dass für die Verarbeitung dieser Fraktion der Ernterückstände vor Allem solche Technologien vorteilhaft erscheinen, die die vorhandene Materialstruktur des Maiskolbens ausnutzen. Diese Verfahren sind auch deshalb von großem Interesse, da der technologische Aufwand zur Erzeugung verkaufbarer Produkte relativ gering ist. Dies würde einer dezentralen Nutzung mit hoher Wertschöpfung, die ja ein wesentliches Ziel dieses Projektes darstellt, entgegen kommen.

2.1.1 Gemahlene Maisspindeln als Adsorbens

Eine der interessantesten Eigenschaften von gemahlene Maiskolben ist ihre hervorragende adsorptive Wirkung, die durch die große und aktive Oberfläche bestimmt wird. Auf diese Eigenschaft bauen eine Reihe von Produkten auf, die heute bereits teilweise am Markt eingeführt sind. Ein wesentlicher Vorteil beruht darauf, dass meist nur ein Mahlschritt eventuell (gefolgt von einem mechanischen Trennschritt wie Siebung oder Sichtung) zur Herstellung der Produkte erforderlich ist.



Abb. 33: Maiskolben nach der Körnerernte der Sorte Benicia

Der Maiskolben besteht näherungsweise aus drei Schichten (Abb. 34): Spelzen, Mark und einem holzigen Ring. Besondere adsorptive Eigenschaften besitzen vor allem der holzige Ring und die Spelzen.

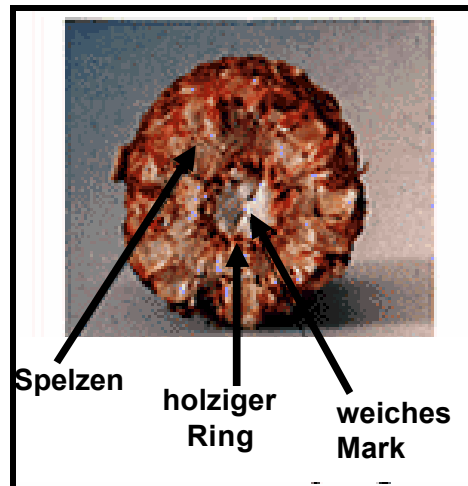


Abb. 34: Querschnitt eines Maiskolbens

Ölbindemittel aus gemahlene Maiskolben

Eine interessante Anwendung für gemahlene Maiskolben stellt der Einsatz als Ölbindemittel dar, die zentraler Projektinhalt ist. Produkte dieser Art befinden sich bereits auf dem Markt, sodass hier ein sehr konkreter Ansatz zur Nutzung von Maiskolben besteht. Die Technologie ist einfach, sie besteht in der Mahlung und Klassierung des Mahlgutes, sowie einer zweckmäßigen Verpackung. Das Gut ist nach dem Einsatz vollständig thermisch entsorgbar.

Adsorbens für Farben u.ä.

In vielen Industriesparten fallen Farben in Abwässern und Lösungsmitteln an (Textilindustrie, Druckereien, etc.). Die Reinigung dieser Abwässer ist oft aufwendig und teuer, wobei häufig Aktivkohle zum Einsatz kommt. Hier kann Maiskolbenmehl aufgrund seiner starken adsorptiven Eigenschaften ebenfalls eingesetzt werden. Wieder ist das Gut nach Gebrauch einfach thermisch zu entsorgen, das Ausgangsmaterial ist ausreichen verfügbar (vorausgesetzt, die Kapazität zur Mahlung und Sichtung ist vorhanden) und kann preislich mit den jetzt vorhandenen Alternativen (insbesondere Aktivkohle) konkurrieren.

In der Textilindustrie werden heute verschiedenste Farbstoffe verwendet. Diese besitzen sehr komplexe Strukturen und sind nur sehr schwer aus Abwässern zu entfernen, da sie auch durch oxidierende Substanzen nur schwer abzubauen sind. Die unbehandelten Abwässer aus der Textilindustrie sind sehr toxisch, da sie eine große Anzahl von Cr- und Co- Komplexen beinhalten. Bisher hat man versucht, diese Komplexe mit Aktivkohle zu entfernen.

Eine billige Alternative ist die Verwendung von Maiskolbengranulat, wodurch im Labor bei Konzentrationen von etwa 500 [mg/l] eine 75%ige Entfernung der Farbkomplexe erreicht werden konnte. Für erste Untersuchungen der Entfärbungswirkung von Maisspindelgrieß dienten uns die 16 Farbstoffe aus 6 verschiedenen Farbstoffgruppen der Firma Bezema aus der Schweiz. Es handelt sich hierbei um Farbstoffe der Farbstoffgruppen: Reaktivfarbstoffe, Küppenfarbstoffe, Direktfarbstoffe, basische Farbstoffe, Säurefarbstoffe und Metallkomplex-Farbstoffe.

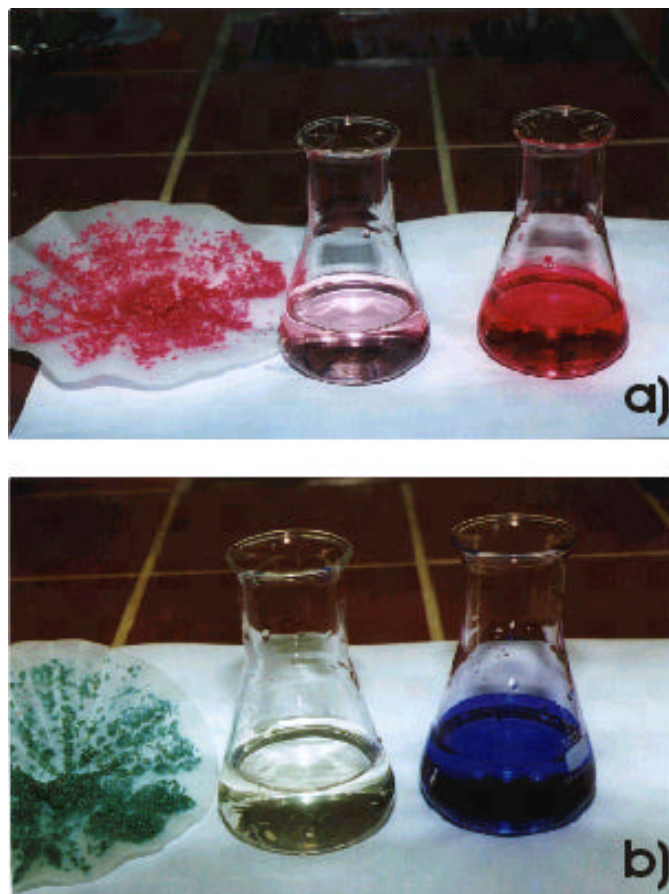


Abb. 35: Untersuchungen zur Entfärbungswirkung von Färbereiabwässern
a) Basische Farbstoffe: Bezacryl Rot GRL 180
b) Basische Farbstoffe: Bezacryl Blau GRL 300

In der Abbildung 35 erkennt man links den Schüttelkolben mit dem Ausgangszustand einer hoch verdünnten Farbstofflösung. Der rechte Kolben zeigt das Ergebnis nach dem Schüttelversuch mit Maiskolbengrieß. Daneben ist Filterpapier mit den abgetrennten (und eingefärbten) Maisgranulat zu sehen. Ergebnisse der Versuche: Sehr gute Entfärbung wurde bei den Gruppen Direktfarbstoffe, basische Farbstoffe, Säurefarbstoffe u. Metallkomplex-Farbstoffe erreicht. Bei den Reaktivfarbstoffen konnte ein Farbstoff entfärbt werden. Bei der Gruppe der Küpenfarbstoffe wurde keine Entfärbung erreicht.

Anders als bei der Nutzung als Ölbindemittel gibt es derzeit noch keinen wirtschaftlichen Einsatz dieser Technologie. Auch ist das Anwendungsgebiet weiter als beim Einsatz als Ölbindemittel. Daraus folgt, dass diese Nutzungsschiene nur dann erfolgreich beschritten werden kann, wenn technische Entwicklungsarbeit geleistet wird. Diese muss folgende Schritte umfassen:

- generelle (Labor-)Versuche, um die grundsätzliche Eignung von gemahlene Maiskolben für diesen Einsatz zu klären und um optimale Bedingungen (Korngröße etc.) festzulegen.
- bei grundsätzlicher Eignung Einbau in bestehende Anlagen im Textil- und Druckbereich im Pilotmaßstab. Dies könnte insbesondere im Rahmen von Cleaner Production Maßnahmen erfolgen, wobei hier die Verbreitung der Technologie durch Beratungsfirmen erfolgen kann.
- Entwicklung einer Reinigungstechnologie (inklusive Ver- und Entsorgungslogistik), die an wechselnde Ansprüche angepasst werden kann.
- Vernetzung der Anwender und Hersteller dieser Technologie mit den Anlagenbauern, um Wissen zu aktualisieren und die Technologie weiter zu verbessern.

Die Umsetzung dieser Nutzung hängt eng mit dem Einsatz von gemahlene Maiskolben als Ölbindemittel zusammen. Die Grundvoraussetzung bildet die Einrichtung einer Mahl- und Sichtungsanlage (und der entsprechenden Logistik vom Feld bis zur Anlage) dar. Es ist weiters notwendig, Anwender wie Drucker und Textilverarbeiter in den Entwicklungsprozess einzubinden, um zu praxisbezogenen Ergebnissen zu gelangen.

Aus der Sicht der Prioritätensetzung erscheint diese Nutzung als eine logische Folgeentwicklung der Nutzung von gemahlene Maiskolben als Ölbindemittel für einen engeren Markt. Entsprechend der notwendigen technischen Entwicklung ist diese Nutzungsschiene mittelfristig zu sehen, wobei der zusätzliche Nutzen (als Basis einer „Cleaner Production Technologie“, die ihrerseits durchaus Marktchancen aufweist) einen

wichtigen Grund für die konsequente Verfolgung dieser Anwendung von Maiskolben darstellt.

Tierstreu

Eine weitere zentrale Anwendung in diesem Projekt stellt die Verwendung von gemahlene Maiskolben als Kleintierstreu (Katzenstreu) dar. Dabei können auch andere Stoffe (etwa Geruchsstoffe) zugefügt werden. Maiskolbenmehl weist eine hohe Saugfähigkeit auf und bildet Klumpen, die selektiv ausgetragen werden können. Auch im Bereich der Nutztiere können Mais-Ernterückstände (hier vor allem aber gehäckseltes Stroh nach Konditionierung mit Desinfektionsmitteln) eingesetzt werden. Hier sind jedoch noch technische Schwierigkeiten (Brennbarkeit, hoher Feuchtegehalt) zu überwinden.



Grundsätzlich ist der Markt für Kleintierpflege aus der Sicht der Wertschöpfung attraktiv. Er erfordert aber entsprechende Vermarktungsanstrengungen (Werbung, etc.). Um auf diesem Markt erfolgreich zu sein, ist daher eine gründliche Produktentwicklung, eine ausreichende Produktbereitstellung und ein entsprechendes Vertriebsnetz notwendig. Als Maßnahmen zur Umsetzung sind daher vorzusehen:

- Produktentwicklung in Zusammenarbeit mit Veterinären und (möglicherweise) Naturstoffchemikern (zur Entwicklung entsprechender Duftstoffe). Ziel ist ein anwendungsfreundliches, preislich konkurrenzfähiges Produkt, das als Zusatznutzen biologische Abbaubarkeit und ökologische Verträglichkeit (durch Nutzung nachwachsender Rohstoffe) bietet. Dabei ist zu bedenken, dass durch konstruktive Maßnahmen (Austragung oder Aussiebung des verbrauchten Materials in Klumpen) sowohl sparsamer Verbrauch als auch hygienische Vorteile konkret werden können. Damit würde nicht nur ein „Material“, sondern das ganze Pflegesystem „Öko-Katzenklo“ verkauft.
- Nach erfolgreicher Produktentwicklung in diesem Projekt sollte unter Einbeziehung entsprechender Anbieter eine Vertriebslogistik aufgebaut werden und gleichzeitig die Bereitstellung des Produktes (Verarbeitungskapazität, Logistik Feld-Verarbeitungsanlage) gesichert werden.

Die hohe Wertschöpfung lässt diese Produktschiene besonders attraktiv erscheinen, wobei die abzusetzenden Mengen durch den expandierenden Kleintiermarkt zunehmen.

Weitere Anwendungen von Spindelgranulaten

Neben den hier näher ausgeführten Technologien wurden auch andere Nutzungen in der Literatur erwähnt. Hier reicht der Bogen vom

- Einsatz als Trägermaterial für Enzyme bis zu
- Anwendungen als Medien zur zeitlich kontrollierten Abgabe von Pestiziden und Düngern.

Diesen Anwendungen ist grundsätzlich gemeinsam, dass sie hohe Marktchancen aufweisen, jedoch noch wesentlichen Forschungs- und Entwicklungsaufwand benötigen. Eine konsequente Beforschung wäre hier notwendig, um langfristig neue Absatzchancen für Maiskolbengranulat zu eröffnen.

2.1.2 Trocken-Reinigungstechnologien auf der Basis gemahlener Maiskolben

Eine weitere Anwendung von Maiskolbengranulat ist Reinigung. Auch hier sind in Spezialbereichen (Reinigung von Hochspannungsisolatoren) bereits marktreife Technologie bekannt. Gerade im Bereich der Trocken-Reinigungstechnologien (als Alternative zu Sandstrahlen) ist heute eine wesentliche Nachfrage gegeben, da andere Reinigungsarten oft zu massivem Wasserverbrauch (und damit auch Abwasserproblemen) bzw. zu Problemen mit Lösungsmittel führen können.

Bei den Nassreinigungstechniken könnte die Kombination von Maisgranulat und Biodiesel eine interessante Kombination ergeben, da Biodiesel als Lösungsmittel für Reinigungszwecke in Österreich bereits Anwender gefunden hat.

Ähnlich wie bei der Verwendung als Ölbindemittel kann die Verwendungsschiene der Reinigungstechnologien weitere Innovationen begünstigen. Die Verfügbarkeit eines bioabbaubaren, effizienten Trockenreinigungsmittels kann in vielen Bereichen zu tief greifenden Verfahrensänderungen führen. Nicht nur durch die Verwertung der Ernterückstände, sondern auch durch Verminderung von Umweltproblemen der herkömmlichen Verfahren können diese neuen Technologien einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung leisten.

Reinigung von Beton und Fassaden

Derzeit existieren eine Reihe von Patenten für trockene Reinigungstechnologien mit Anwendungen auf Beton und keramischen Oberflächen. Grundsätzlich arbeiten diese Technologien ähnlich wie Sandstrahlen oder Hochdruckreinigung auf Wasserbasis. Dabei ist Maiskolbengranulat entweder das alleinige Reinigungsmittel (bei Reinigung mit Luftstrahl) oder Hauptbestandteil einer Mischung (bei Hochdruckreinigung). Bei der Reinigung mit Luftstrahl hat sich Maiskolbengranulat eindeutig als überlegen gegenüber anderen biogenen Materialien erwiesen.

Gemahlene Maiskolben wurden bisher nur in Sonderanwendungen zur nassen und trockenen Reinigung eingesetzt. In diesen Anwendungen haben sie sich generell gut bewährt. Dies bedeutet jedoch, dass in diesem Bereich noch wesentliche technische Entwicklungsarbeit zu leisten ist. Um in diesem Anwendungsgebiet zu erfolgreichen Technologien zu gelangen müssen daher folgende Schritte unternommen werden:

- Versuche der Anwendung von Maiskolbengranulat als Zusatz zu nassem Reinigungsverfahren bei Fassaden und Betonbauten;
- Versuche zur Anwendung von trockenen Reinigungsverfahren bei empfindlichen Oberflächen (Monumente, etc.)
- Optimierung der Technologien in Bezug auf Mengenverhältnisse der Beimengung, etwaige Zusatzstoffe und Korngrößen des eingesetzten Granulats.

Diese Schritte machen die Zusammenarbeit von Technologen (und Firmen) aus dem Bereich der Oberflächenreinigung und von Werkstoffwissenschaftlern notwendig.



Bei der hier dargestellten Nutzungsvariante handelt es sich (ähnlich wie im Falle der Ölbindemittel) um Verwertungsschienen mit großer Mengenkapazität. Eine konsequente Verfolgung dieser Technologien hat daher hohe Priorität, um mittelfristig den Absatz von Maiskolbengranulat zu sichern.

Reinigung metallischer Oberflächen

Neben dem Einsatz als Reinigungsmittel in nassen und trockenen Verfahren für Beton und Fassaden bietet sich naturgemäß auch die Verwendung als Reinigungsmittel für metallische Oberflächen an. Dabei kann Maiskolbengranulat in trockenen Verfahren ähnlich wie Sand einem Luftstrom beigemischt werden, der die Oberfläche abrasiv reinigt.

Die großen Vorteile, die durch diese Verfahren ermöglicht werden, sind insbesondere die schonende Oberflächenbehandlung und die Verwendung eines bioabbaubaren (und brennbaren) Reinigungsmittels. Diese Vorteile können vor allem auch in der Anwendung sauberer Technologien bei metallverarbeitenden Betrieben genutzt werden. Damit können Entfettung und Oberflächenvorbereitung lösungsmittel- und abwasserfrei gehalten werden, was zu wesentlichen Verbesserungen der Umweltsituation derartiger Betriebe beitragen kann.

Als umweltfreundliches Lösungsmittel wird heute vor allem Biodiesel in der metallverarbeitenden Industrie eingesetzt. Für Nassverfahren in der Metallreinigung könnte daher die Kombinationen von Biodiesel und Mais hochinteressant sein. Eine Anwendung von Maiskolbengranulat für die Reinigung metallischer Oberflächen wird, einigen Informationen entsprechend, in den USA bereits praktisch umgesetzt.

Für die Umsetzung dieser Nutzungsschiene ergeben sich idente Voraussetzungen und Vorgangsweisen, wie sie für den Einsatz als Reinigungsmittel für Beton, Fassaden und keramische Oberflächen dargestellt wurden. Zusätzlich jedoch muss hier auch noch der Aspekt der „Cleaner Production Technologie“ beachtet werden: Der Einsatz von Maiskolbengranulat muss in den Fertigungsablauf metallverarbeitender Betriebe eingepasst werden, wobei auf die Erfahrungen aus den USA wenn möglich zurückgegriffen werden soll. Damit kommen als zusätzliche Akteure Beratungseinrichtungen für Cleaner Production in der Entwicklung hinzu.

Auch für diese Nutzungsschiene gilt eine relativ hohe Mengenkapazität, die mittelfristig erreicht werden kann. Es gilt hier ebenfalls, sogar im verstärkten Ausmaß im Vergleich mit Technologien zur Reinigung von Beton und Fassaden, dass ein gesamtes „Technologiepaket“ angeboten werden kann. Darüber hinaus ist der positive Umweltaspekt für metallverarbeitende Betriebe zu nennen, die in der Steiermark einen nachhaltigen Beitrag zur Wirtschaft leisten. Dies bedingt insgesamt eine hohe Priorität für die Entwicklung dieser Technologie, wobei mit mittelfristiger Umsetzung zu rechnen ist.

Weitere Reinigungsanwendungen

In der analysierten Literatur wird auch die Verwendung von Maiskolbengranulat im Haushalt (in Form von Putzlappen) vorgeschlagen. Dabei wird das Granulat als Füllung von (Textil-) Lappen zur Entfettung von Töpfen verwendet. Auch diese Technologie hat sowohl positive Umweltauswirkungen, als auch mittlere Marktpotentiale. Allerdings muss hier der Aufwand für den Vertrieb (Werbung, etc.) und die notwendige technische Entwicklung bedacht werden. Auch muss hier noch der Aufbau des Vertriebsweges selbst (etwa über Einzelhandelsketten) berücksichtigt werden. Aus diesen Gründen kann diese Technologie nur als mittelfristige Ergänzung verfolgt werden.

2.1.3 Weitere Anwendungen von Maiskolbenbestandteilen

Neben den hier bereits beschriebenen Anwendungen als Adsorbens und als Reinigungsmedium konnten im Rahmen des Projektes auch noch andere potentiell interessante Nutzungsmöglichkeiten für Maiskolben gefunden werden. In diesem Abschnitt werden die wichtigsten davon kurz beschrieben.

Herstellung von weichen, festen, biologisch abbaubaren Folien

Eine, insbesondere im österreichischen Kontext interessante, Technologie besteht in der Herstellung bioabbaubarer Folien. Dabei wird aus den Maiskolben mit Hilfe einer basischen Lösung die Hemicellulose (vor allem aus dem Mark) abgetrennt. Nach Trennung der Lösung von festen Bestandteilen wird aus der flüssigen Phase die Hemicellulose niedergeschlagen, dieser Niederschlag in der Folge heiß gelöst und auf eine Fläche aufgebracht. Nach der Trocknung ist die Folie gebrauchsfähig.

Das Verfahren ist Gegenstand eines europäischen Patentes. Eine Abklärung der Patentrechte ist daher notwendig. Ebenso muss die Einsetzbarkeit dieser Folien untersucht werden, wobei einschlägige Untersuchungseinrichtungen in der Obersteiermark bestehen. Schließlich muss das Verfahren als solches zur technischen Reife gebracht werden.

Verbundmaterialien aus Maiskolben

In der Literatur werden eine Reihe von Verfahren dargestellt, in denen Maiskolben (bzw. Maiskolbengranulat) einen wesentlichen Bestandteil von Verbundwerkstoffen darstellen. Aus diesen Anwendungen sind vor Allem zwei als besonders interessant einzustufen:

- a) Haltbare, witterungsbeständige Beschichtung von Schwimmkörpern
- b) Feuerfestes Isoliermaterial für Bauanwendungen.

Ad a) Hier wird Maiskolbengranulat (aus dem holzigen Teil des Kolbens) auf poröse (Polystyrol) Formkörper aufgebracht und mit Epoxydharz (oder Polyester) gebunden und versiegelt. Die Beschichtung erweist sich als witterungsbeständig. Eine ähnliche Anwendung, ebenfalls in Verbindung mit Polyestern oder Wachsen, führt zu nicht-saugfähigem Granulat.

Ad b) Hier wird Polyphenolharz (mit Katalysator und Treibmittel) mit Fasermaterial aus getrockneten Maiskolben vermischt und in Plattenform vergossen. Das Ergebnis ist ein widerstandsfähiges, unbrennbares, feuerfestes und leichtes Material (Dichte 280-590 kg/m³).

Alle hier genannten Anwendungen sind Gegenstand von US-amerikanischen bzw. Europäischen Patenten. Eine Abklärung der Rechte ist daher erforderlich. Grundsätzlich müssen in allen Fällen noch eingehende Untersuchungen bezüglich der Materialeigenschaften und, zumindest im Falle der witterungsbeständigen Beschichtung, auch noch weitere Untersuchungen bezüglich der möglichen Anwendungsfelder folgen. Ergeben diese Untersuchungen positive Ergebnisse, so muss die weitere technische Ausreifung der Verfahren in Angriff genommen werden.

Sowohl die witterungsfeste Beschichtung als auch die Anwendung als feuerfestes Isoliermaterial eröffnen interessante Märkte. In allen Fällen ist jedoch noch Entwicklungsarbeit notwendig, um zu marktfähigen Produkten zu gelangen, wobei dieser Aufwand im Bereich der witterungsbeständigen Beschichtungen umfangreicher erscheint. Die Arbeiten müssen im Labor- bzw. Technikumsmaßstab erfolgen, wobei die Zusammenarbeit von Chemikern, Verfahrenstechnikern und Werkstoffprüfern erforderlich ist. Eine möglichst frühe Einbindung entsprechender Industriebetriebe, die als Nutzer dieser Produkte in Frage kommen ist notwendig und soll zu einem Zeitpunkt erfolgen, wo die Eigenschaften, aber auch die wirtschaftlichen Randbedingungen der Produktion abgeschätzt werden können. Beide Anwendungslinien eignen sich für mittlere Betriebsstrukturen. Dies lässt eine Anbindung an bereits bestehende Industriebetriebe als vorteilhaft erscheinen und erfordert eine genaue Optimierung der Logistik.

Die hier dargestellten Technologien stellen längerfristige Nutzungskonzepte mit interessantem Marktpotential aber auch großem und grundlegendem technischen Entwicklungsaufwand dar. Die Markteinführung hängt wesentlich von den vorhandenen technischen Möglichkeiten der Weiterverarbeiter ab. Beispiele dafür sind die heimische Baustoffindustrie, die Faserplattenindustrie (im Falle der Isoliermaterialien); aber auch

Hersteller von Möbeln im Außenbereich und möglicherweise die Automobil-Zulieferindustrie (im Falle der witterungs- und feuchtigkeitsbeständigen Beschichtungen).

Weitere bekannte stoffliche Anwendungen des Kolbens

Im Rahmen der Erhebungen konnten noch eine Reihe weiterer Verfahren und Produkte auf der Basis von Maiskolben gefunden werden, über die Informationen in der Literatur oder auf dem Internet existieren. Darunter fallen

- Pressteile und Verbundstoffe für den Innenausbau von Automobilen (Armaturenbrett, Türverkleidung, u.ä.)
- Beimengung zu Spülflüssigkeiten bei Gesteinsbohrungen (auch als Anwendung für Maisstängel)
- Kauknochen für Haustiere
- Verwendung als Kationentauscher
- Entfernung von Cu bzw. Cd-Ionen aus Abwässern
- Herstellung von Aktivkohle
- Zusatz zu Tierfutter (mit Tylosin)

Diese Anwendungen sind durchaus interessant, stellen aber nach Meinung des Projektteams Wege mit geringer Priorität dar, teilweise weil der erforderliche Entwicklungsaufwand zu hoch, teilweise weil die Marktsituation als unsicher eingeschätzt wurde oder weil entsprechende Abnehmer im österreichischen Kontext (noch) nicht ausgemacht werden können. Dies soll jedoch nicht bedeuten, dass diese Wege nicht verfolgt werden können. Es ist vielmehr erforderlich, in einer umfassenden Nutzungsstrategie für Mais-Ernterückstände auch diese Nischen im Auge zu behalten. Ist die Nutzung dieser Rückstände erst einmal etabliert, werden auch diese Wege langfristig interessant.

3 Maisstrohverwertung

Im Gegensatz zur Verwertung des Maiskolbens steht hier die biotechnologische Umwandlung im Zentrum des Interesses. Im österreichischen Kontext ist dabei besonders darauf hinzuweisen, dass gerade auf diesem Gebiet eine solide wissenschaftliche Basis an den Universitäten besteht, die zur weiteren Entwicklung von Verfahren herangezogen werden kann.

Maisstroh besteht zu mindestens 60% aus den Kohlenhydratpolymeren Cellulose und Hemicellulose. Cellulose wird aus Glucose aufgebaut, Hemicellulose im Fall des Mais zum überwiegenden Teil aus Xylose. Der dritte Hauptbestandteil des Maisstrohs ist Lignin, Maisstroh ist also ein lignocellulärer Rohstoff. Für die Verwertung von Maisstroh stehen eine Fülle von Möglichkeiten zur Verfügung. Eine mögliche Verwertung für Maisstroh ist die saure oder enzymatische Hydrolyse der Cellulose und Hemicellulose zur Gewinnung von Zuckerlösungen, die dann weiter verarbeitet werden können.

Grundsätzlich lässt sich mit Hilfe der Biotechnologie eine entscheidende Werterhöhung der Produkte erreichen. Damit wird auf dem „Abfallprodukt“ Maisstroh eine interessante Wertschöpfungskette aufgebaut. Allerdings ergeben sich gerade hier wesentliche logistische Herausforderungen, die jene bei der Nutzung von Maiskolben noch weit übertreffen: Lassen die oft direkten Nutzungen der Maiskolben noch einen entsprechenden Transport gerechtfertigt erscheinen, so ist *die Nutzung von Maisstroh nur dann sinnvoll, wenn dezentrale Technologien eingesetzt werden*. Damit wird neben der direkten technologischen Entwicklung auch die Entwicklung von Netzwerken von dezentraler Produktion und zentralen Anlagen zur Aufarbeitung, Reinigung und Standardisierung der Produkte notwendig (vgl. auch dazu die Ergebnisse der Grünen Bioraffinerie Forschung in Österreich). Diese Entwicklungen müssen Hand in Hand erfolgen.

Neben der biotechnologischen Nutzung ergeben sich auch noch weitere Verwertungsschienen, die im Anschluss an der Abschnitt über die biotechnologischen Verwertungsmöglichkeiten noch kurz beschrieben werden.

3.1.1 Biotechnologische Nutzung von Maisstroh

Die meisten der hier genannten Produkte können grundsätzlich sowohl mit Maisstroh als auch mit Maiskolben oder mit dem bei der konventionellen Ernte anfallenden Gemisch

(also den gesamten Ernterückständen) erzeugt werden. Eine Trennung ist jedoch aus der Sicht der breiten Verwertungspalette der Maiskolben jedenfalls sinnvoll.

Aus Gründen der klaren Darstellung wird hier auf eine detaillierte Behandlung der einzelnen Verfahren verzichtet. Vielmehr wird generell auf die Frage der aussichtsreichsten Technologie eingegangen, die in ihren Grundzügen für die Herstellung aller Produkte ähnliche Aspekte aufweist. Es werden dann die möglichen Produkte kurz aufgelistet, wobei spezifische Fragen der Durchsetzung auf dem Markt mit besprochen werden.

Angepasste Biotechnologie

Die heute häufigste Form der (industriellen) Biotechnologie stellt die Produktion in Submerskulturen dar. Dabei wird eine wässrige Lösung der Rohstoffe in diskontinuierlich oder kontinuierlich betriebenen Bioreaktoren mit Hilfe von Mikroorganismen verarbeitet. Diese Form der Biotechnologie erfordert relativ hohe Invest- und Betriebskosten für die Reaktoren und die Abtrennung der Produkte aus den (oft verdünnten) Reaktionsbrühe. Für den Aufbau einer dezentralen Verwertung von landwirtschaftlichen Reststoffen erscheint diese Technologie nur bedingt geeignet.

Einen Ausweg stellt die Weiterentwicklung der Feststoff-Biotechnologie dar. Dabei wird der Rohstoff in fester (feuchter) Form in entsprechende Behälter eingebracht und von Mikroorganismen verarbeitet.

Grundsätzlich sind die Verweilzeiten in Feststoffreaktoren länger als in Submersreaktoren, womit diese üblicherweise größer bauen. Betriebskosten und teilweise auch die Kosten für die Abtrennung der Produkte sind hingegen deutlich kleiner. Auch können die Funktionen Produktion und Lagerung häufig gemeinsam erfüllt werden, *ein wichtiger Faktor in der Nutzung dezentral anfallender Rohstoffe*. Entsprechend der heute bestehenden Präferenz für Submerskulturen ist die Entwicklung von Feststoffbioreaktoren bisher noch nicht so weit fortgeschritten wie die von Submersreaktoren. Gerade für „billige“ und dezentral anfallende Rohstoffe, wie sie organische Rohstoffe im Allgemeinen darstellen, bilden Feststoffreaktoren aber eine wichtige Alternative. Dabei ist auch zu beachten, dass der Faktor Standfläche, der naturgemäß bei industriellen Anlagen eine wichtige Rolle spielt, bei dezentralen Anwendungen (etwa im Rahmen eines landwirtschaftlichen Betriebes) wesentlich geringer zu Buche schlägt. Dies zeigt sich auch in der Tatsache, dass bisher Feststofffermentation hauptsächlich im organischen Bereich (etwa in der Silierung oder der Kompostierung) Verwendung findet.

Im Rahmen der Arbeit am Projekt ist das Projektteam zur Auffassung gelangt, dass die Entwicklung einfacher und effizienter Feststoff-Fermentationen eine Grundlage zur Nutzung von Maisstroh darstellt. Diese Technologie bietet folgende Vorteile für die Maisstrohverwertung:

- Geringe Transportwege vom Feld zur Verarbeitung durch dezentrale Produktionsstätten;
- Geringe Betriebskosten und vertretbare Investkosten;
- Möglichkeit zur Verbindung von Lagerung und Produktion;
- Einfache Entsorgungslogistik für Produktionsreste (durch Aufbringung auf die Felder).

Neben diesen Vorteilen, die eine wirtschaftliche Nutzung der Erntereste ermöglichen, ergeben sich noch weitere Vorteile für die Wirtschaft, insbesondere die Entwicklung einer exportfähigen Technologie mit breitem Anwendungsspektrum: *Eine zur technischen Reife geführte Feststoff-Fermentertechnologie würde Planungs- und Anlagenbaufirmen einen wichtigen Wettbewerbsvorteil für viele Verfahren der Nutzung nachwachsender Rohstoffe verschaffen.*

Die Verfolgung dieses technologischen Weges erfordert aber nicht nur die Einrichtung dezentraler Feststofffermentation. Sie erfordert auch (zumindest für die Produktion einiger Produkte) zentrale Einrichtungen, in denen die dezentral hergestellten Roh- und Halbprodukte weiterverarbeitet werden. Damit würde ein Netzwerk einer neuartigen Prozessindustrie entstehen, die wesentlich zur Wirtschaftsentwicklung der NAWAROs beitragen kann.

Tab. 8 Übersicht über die möglichen Produkte durch direkte Fermentation von Maisstroh

Enzyme	Zellulase
	Xylanase
	Laccase
organische Lösungsmittel	2,3 Butandiol
organische Säuren	Milchsäure
	kurzkettige organische Säuren (Essig-, Butter-, Propion-, Valerian- und Hexansäure)
Protein	(geringer Anteil)

3.1.2 Hauptprodukte aus der biotechnischen Verwertung von Maisstroh

Xylanase

Xylanase ist ein Enzym, das insbesondere in der Papierindustrie (Biopulping) Verwendung findet. Die Feststofffermentation von Maisstroh kann eine wirtschaftlich attraktive Alternative zur Produktion dieses Enzyms darstellen. Um zu einer entsprechenden Vermarktung zu gelangen, muss die heimische Zellstoffindustrie in die Entwicklung eingebunden werden. Dabei ist zu klären:

- Welche Bereitschaft besteht, Biopulping-Verfahren einzusetzen?
- Welche wirtschaftlichen Rahmenbedingungen bestehen für die Abnahme von Xylan?
- Ist eine alternative „Logistik des kurzen Weges“ für die Zellstoffindustrie denkbar, wobei eine Xylanlösung, die möglichst direkt (oder mit geringem Reinigungs- und Standardisierungsaufwand) aus der Feststofffermentation gewonnen werden kann, zur Anwendung kommt?

Zellulase

Zellulase ist ein Enzym, das insbesondere für den Abbau von Zellulose zu Zuckern verwendet wird. Neben der direkten Vermarktung dieses Enzyms kann es auch in anderen Verfahren der Verwertung von Maisstroh eingesetzt werden, die auf der Basis der im Stroh vorhandenen Zellulose Massenchemikalien wie Milchsäure, andere organische Säuren oder Butandiol herstellen (siehe unten). Damit kann die Herstellung dieses Enzyms eine wichtige Funktion zur Effizienzsteigerung der gesamten Nutzungskette der Strohverwertung spielen.

In der Literatur wird auch beschrieben, dass beim Herstellungsverfahren für Zellulase, quasi als Restprodukt, Protein für die Tierfütterung anfällt. Damit könnte ein direkt in der regionalen Landwirtschaft verwertbares Produkt hergestellt werden, das zur Wirtschaftlichkeit dieses Verfahrens beiträgt.

Milchsäure

Milchsäure stellt das wichtigste Fermentationsprodukt aus Maisernteresten dar. Milchsäure ist eine Grundchemikalie, für die einerseits ein aufnahmefähiger Massenmarkt besteht und die andererseits den Rohstoff für eine große Anzahl von chemikalischen Produkten, von Polymeren (Polylactaten) bis zu Lösungsmitteln darstellt. Dieser Stoff kann daher sowohl direkt vermarktet werden, als auch die Grundlage für eine diverse Prozessindustrie mit hoher Wertschöpfung bilden (vgl. dazu das Projekt Fabrik der Zukunft, 804 141, Grüne Bioaffinerie Milchsäuregewinnung). Erste

Forschungsergebnisse sprechen von einer Ausbeute von 250 bis 300 g Milchsäure pro kg Kolben (Ausgangsmaterial).

Milchsäure wird bereits heute in Feststofffermentation hergestellt. Die Silierung stellt ja nichts anderes als eine Milchsäuregärung dar, wobei Milchsäure hier als „Nebenprodukt“ anfällt und ihre konservierende Funktion genutzt wird. Dies geschieht auch in vielen anderen Lebensmitteln wie etwa Joghurt und Sauerkraut, um nur einige zu nennen.

Um die Herstellung von Milchsäure aus Maisrückständen effizient und wirtschaftlich zu gestalten, ist eine möglichst hohe Ausnutzung der Rohstoffe notwendig. Dies kann einerseits durch Zugabe von Zellulase (siehe oben) erreicht werden, andererseits durch den Einsatz geeigneter Mischkulturen, die sowohl Zellulase bilden, als auch Zellulosen und Hemicellulosen abbauen. Die Optimierung der Verfahren in dieser Hinsicht stellt eine wesentliche Grundvoraussetzung für den wirtschaftlichen Betrieb dar.

Weitere Fermentationsprodukte

Neben den hier beschriebenen Produkten können noch eine Fülle weiterer Produkte fermentativ aus Maisstroh gewonnen werden. Darunter fallen unter anderem:

- weitere Enzyme wie lignolytische Enzyme
- 2,3 Butandiol (als Lösungsmittel)
- Furfural, Xylose, Xylitol
- andere organische Säuren (Buttersäure)
- Ethanol

Information über die Verfahren zur Herstellung dieser Produkte können den Diplomarbeiten

1. Petschacher, Barbara (2001). Verwertung von Maisernterückständen über Hydrolyse der Cellulose und Hemicellulose. Diplomarbeit am Institut für Biotechnologie, TU Graz, Petersgasse 12/I, 8010 Graz
2. Tölderer, Selina (2001). Direkte fermentative Verwertung von Mais-Ernterückständen. Diplomarbeit am Institut für Biotechnologie, TU Graz, Petersgasse 12/I, 8010 Graz

entnommen werden.

3.1.3 Weitere Produkte auf der Basis Maisstroh

Spanplatten

Kurzbeschreibung: Ein US Patent beschreibt die Verwendung von Maisstängelfasern (und/oder Maiskolbenfasern) als Grundlage der Herstellung von Spanplatten. Dabei werden diese Fasern sandwichartig auf eine thermoplastische Kernschicht aufgebracht und verpresst. Diese Platten sollen über bessere mechanische Eigenschaften verfügen als herkömmliche Weichfaserplatten.

Da diese Technologie durch ein Patent geschützt ist, muss eine Abklärung der Rechte erfolgen. Grundsätzlich ist diese Verwertungsschiene in Bezug auf den Markt durchaus attraktiv und es existieren auch steirische Anbieter von Spanplatten, die in die Produktentwicklung eingebunden werden können. Eine Grundsätzliche wirtschaftliche Aktivierung und eine Abklärung der Herstellungsverfahren sowie der Eigenschaften der Platten erscheint hier notwendig.

Diese Technologie stellt eine interessante, direkt verfolgbare Verwertung von Maisstroh (und auch Kolben) dar und hat damit hohe Priorität. Die Umsetzung erfordert die Einbindung von existierenden Spanplatten-Herstellern, wobei die Logistik zu überprüfen ist. Eine gemeinschaftliche Technologieentwicklung mit Verfahrenstechnikern, Werkstoffprüfeinrichtungen und Plattenherstellern ist notwendig, wobei diese Nutzungsschiene mittelfristig von großem Interesse ist.

4 Nutzung spezieller Pflanzenteile

Garn aus Maisfasern

Eine besonders interessante Anwendung wird durch ein US Patent beschrieben. Es handelt sich dabei um die Herstellung von Garnen aus Maisblättern und Kolbenhüllen. Diese Pflanzenteile werden in einer Natronlaugenlösung über mehrere Tage angesetzt und dabei die Faser von der übrigen Masse getrennt. Diese Fasern können dann direkt versponnen werden.

Mit dieser Technologie kann direkt und in einfacher Weise ein Produkt hergestellt werden, das in der Landschaft wieder eingesetzt werden kann. Die Einfachheit des Verfahrens und die direkte Einsetzbarkeit in der Landwirtschaft machen diese Technologie besonders attraktiv.

Nach Abklärung der Patentrechte könnte auch hier eine technische Entwicklung erfolgen, wobei zusätzlich die Frage anderer Einsatzbereiche (Verpackung etc.) zu klären ist. Das Verfahren hat wegen seiner Einfachheit und der einfach lösbaren Vermarktung (etwa über Maschinenringe) hohe Priorität und kann kurzfristig zum Erfolg führen. Dabei sollten vorerst Betriebe angesprochen werden, die Maissämerei betreiben, da in diesen Betrieben Kolbenhüllen direkt anfallen. Damit kann ein Pilotbetrieb aufgebaut werden. Bewährt sich das Produkt in weiterem Umfang, muss an eine Änderung der Erntetechnologie gedacht werden, die Blätter getrennt erfasst. Ähnlich wie bei der Verwendung von Kolbengranulat als Ölbindemittel kann daher diese Technologie als „Pioniertechnologie“ für eine weitere Verwertung von Maisernteresten angesehen werden.

5 Produktauswahl

Aus den möglichen Produkten auf der Basis von Maiskolben, sollten in diesem Projekt die folgenden Produktionsverfahren erforscht und Produkterprobungen durchgeführt werden:

- Ölbindemittel für den Einsatz auf festem Untergrund
- Ölbindemittel für den Einsatz auf Gewässern
- Tierhygiene Material, insbesondere Kleintierstreu

Die Auswahl wurde dabei nach den Gesichtspunkten

- möglichst rascher technische Durchführbarkeit der Herstellungsverfahren,
- ausreichend großer Marktchancen (Wertschöpfungshöhe) und des
- größtmöglichen ökologischen Nutzens der Produkte

durchgeführt. Damit sollte erreicht werden, dass die Umsetzung der im Rahmen des vorgeschlagenen Vorhabens erarbeiteten Technologien rasch und erfolgreich durchgeführt werden können. Ist erst einmal eine Technologie der Nutzung von Mais-Ernterückständen eingeführt und marktfähig, so ist es sowohl logistisch als auch psychologisch einfacher, Technologie zur Nutzung anderer agrarischer Reststoffe (etwa des Strohanteils der Maisrückstände) einzuführen. Die Auswahl von mehreren Produkten erhöht die interne Flexibilität in der Produktion, so dass die Produktion der jeweiligen Marktsituation entsprechend geführt werden kann. Dies ist deshalb möglich, da die Produkte teilweise sehr verschiedene Märkte bedienen.

Anhang C

Gewinnung und Aufbereitung der Rohstoffe

1 Ernte und Trocknung

Obwohl Mais ein sehr effizienter Produzent von Biomasse ist, verbleibt diese zur Zeit nach der Körnerernte ungenutzt auf dem Feld. Zur weiteren Verwendung als industrieller Rohstoff ist es erforderlich, diese möglichst billig in einer für die weitere Verarbeitung geeigneten Form aufzubereiten. Bei der herkömmlichen Körnermaisgewinnung fallen die Rückstände unsortiert und grob zerkleinert als einheitliche Masse und zwar Stängel vermischt mit Blätter, Lieschen und Kolben an.

Um eine wirtschaftlichere Gewinnung der Maiskolben zu erreichen, wäre es sinnvoll, bereits bei der herkömmlichen Ernte von Körnermais die gedroschenen Maiskolben von Maisstroh zu trennen. Dies müsste in einem Arbeitsschritt erfolgen, wobei an derzeit eingesetzten Mähdreschern nur geringe technische Abänderungen erforderlich wären.

Die Absonderung der Spindel (= ausgedroschene Kolben) von den Körnern und vom Maisstroh kann entweder für eine reine Spindelfraktion über zusätzliche Siebe oder für eine Fraktion mit Lieschen- und Körnerresten durch eine Austragvorrichtung nach der Dreschtrommel erfolgen. Aufgrund des großen Volumens empfiehlt es sich nicht den Mähdrescher mit einem Zweikammersystem auszustatten. Vielmehr fährt während der Ernte ein Traktor mit Anhänger neben der Erntemaschine, auf dem die Maisspindeln getrennt gesammelt werden. Bei einer Dichte von ca. 210 kg/m³ benötigt man für die erntefrischen Spindeln ca. 1,2 Erntewagen pro Hektar für die Spindeln. Das Maisstroh verbleibt wie bisher zu Dünge Zwecken am Feld. Sollte das Maisstroh benötigt werden, so könnte es ebenso getrennt gesammelt werden.

Es ist nicht wirtschaftlich, die Maiskolben bzw. das Stroh nach dem Dreschen in einem weiteren Arbeitsgang zu sammeln und voneinander zu trennen sowie anschließend zu trocknen.

Der Mähdrescher ist heute die Standarderntemaschine für alle dreschbaren Körnerfrüchte. Bei diesem Verfahren, dem Mähdrusch, werden alle anfallenden Erntearbeiten in einem Arbeitsgang zusammengefasst. Voraussetzung für den

erfolgreichen Mähdrusch sind ausfall- und wuchssichere sowie standfeste Sorten und der richtige Erntezeitpunkt.

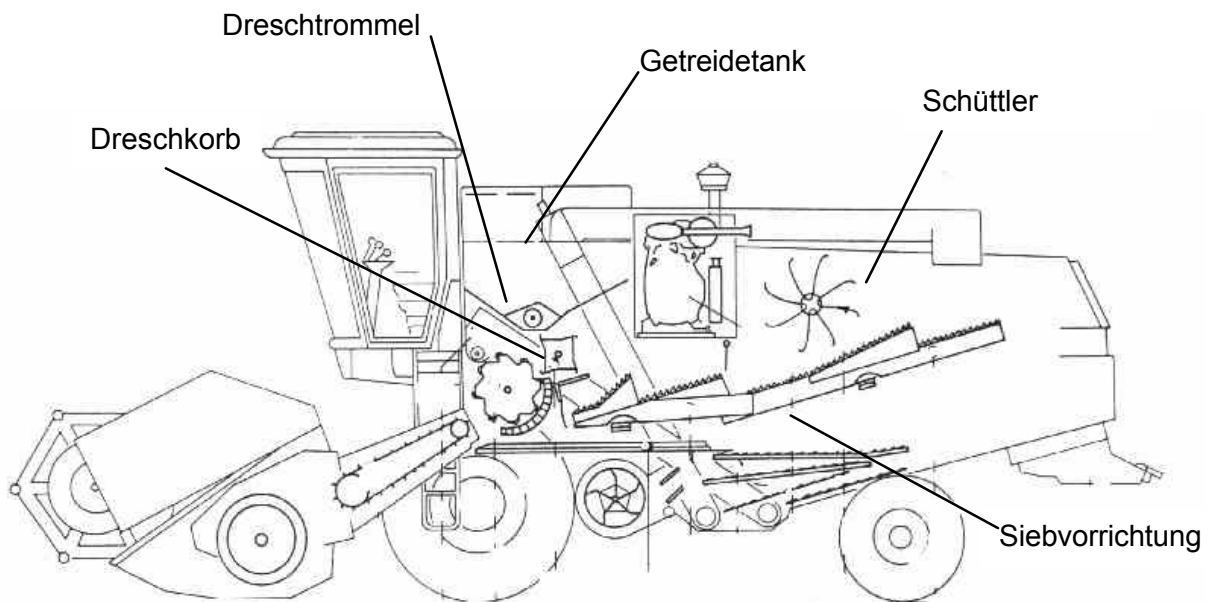


Abb. 36: Schematische Darstellung eines Mähdreschers

Das Schneidwerk mäht das Getreide und führt es über die Einzugswalze und den Schrägförderer den Dreschorganen zu. Zwischen der Dreschtrommel und dem Dreschkorb werden die Ähren gedroschen. Ca. 80-90% der Körner fallen durch den Dreschkorb und gelangen über den Stufenboden (Vorbereitungsboden) zur Reinigung. Die restlichen Körner werden auf den Schüttlern vom Stroh getrennt. Das Stroh gelangt weiter zum Strohauslauf. In der Siebdruckwindrichtung werden die Spreu und die Strohteile abgeschieden. Die Körner fallen durch die Siebe in die Körner- Förderorgane und werden im Korntank gesammelt. Nach der Ernte müssen die Maiskolben noch getrocknet werden um eine weitere Verarbeitung und Lagerung zu ermöglichen.

Ein spezieller Fall zur Gewinnung von Maiskolben ist die Saatmaisproduktion, hier werden die Maiskolben mit adaptierten Mähdreschern im Ganzen gepflückt, danach schonend in Horden getrocknet und anschließend in einem aufwendigen Verfahren entliescht und gerebelt. Dabei fallen Lieschen und Spindeln sortenrein an. Derzeit werden die Lieschen am Feld kompostiert und die Spindeln als Brennstoff in der Trocknung eingesetzt.

Für die Saatmaisproduktion kann ein Maispflückvorsatz verwendet werden. Das so genannte „Maisgebiss“ erntet die Kolben: die gegenläufigen, schnell rotierenden

Reißwalzen ziehen die Maisstängel nach unten, dabei werden die Kolben durch Pflückplatten an feststehenden Schienen abgetrennt, ohne gequetscht zu werden.

Da hier die Maiskolben relativ früh geerntet werden, weisen sie noch einen relativ hohen Feuchtigkeitsgehalt (30 - 40%) unmittelbar nach der Ernte auf. Daher ist eine sofortige Weiterverarbeitung erforderlich, da eine längere Lagerung ohne Trocknung bzw. chemische Behandlung nicht möglich ist.

Nach vollständiger Trocknung werden die Körner gerebelt (vom Kolben getrennt). Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass die trockenen Kolben als Nebenprodukt anfallen und weiter verarbeitet werden können. Da an Saatgut sehr hohe Qualitätsansprüche gestellt werden, ist eine möglichst schonende Verarbeitung erforderlich. Die Lagerung der getrockneten Maiskolben kann aufgrund des sehr niedrigen Feuchtigkeitsgehalt ohne weiteres auch über einen längeren Zeitraum ohne Beeinträchtigung erfolgen.

2 Mechanische Verarbeitung

Sowohl Blätter als auch Kolben müssen praktisch für alle weiteren Anwendungen zunächst mechanisch zerkleinert werden. Dies kann durch Zerschneiden bzw. Häckseln erfolgen, bei entsprechend geringem Feuchtigkeitsgehalt kann die Biomasse weiter vermahlen werden.

Zum Mahlen von Biomasse stehen verschiedene Mühlen zur Verfügung, wobei die Auswahl der Mühle von der Aufgabengröße des Produktes und der geforderten Endfeinheit abhängig ist. Folgende Mühlentypen kommen industriell zum Einsatz:

- Kugelmühlen
- Hammermühlen
- Walzenmühlen
- Rotorprallmühle
- Stiftmühlen
- Sichter­mühlen
- Feinprallmühle
- Schneidmühle

2.1 Kugelmühlen

Das Mahlgut wird gemeinsam mit den Mahlkugeln in einer Trommel gedreht und durch das Aufeinanderschlagen der Kugeln gemahlen. Das Mahlen mit einer Kugelmühle ist eine effektive Mahlmethode zur Aufbereitung der Biomasse, da außer der Partikelverkleinerung auch die kristalline Struktur zerstört und die chemischen Bindungen langer Kettenmoleküle gebrochen werden. Eine weitere Verbesserung des Resultats bringt die Verwendung von vibrierenden Kugelmühlen, die vibrieren statt sich zu drehen.

Trotz der guten Ergebnisse durch die Verwendung einer Kugelmühle ist die Wirtschaftlichkeit in Frage zu stellen, da durch die relativ lange Behandlungszeit entsprechende Prozesskosten entstehen.



Abb. 37: Grundriss einer Kugelmühle

2.2 **Hammermühlen**

Bei Hammermühlen streichen hammerartige Werkzeuge mit großer Geschwindigkeit dicht an Pralleisten vorbei und zerschlagen das Mahlgut. Der Schrot kann dabei unterschiedliche Feinheit haben, je nach Sieblochung des Siebmantels, den er passieren muss.

Diese Mühlen sind die Standardbauart für große Mahl- und Mischanlagen, sind wenig stör anfällig und nicht leerlaufempfindlich, ihre Sogwirkung erleichtert den Einbau von Fremdkörperabscheidern.

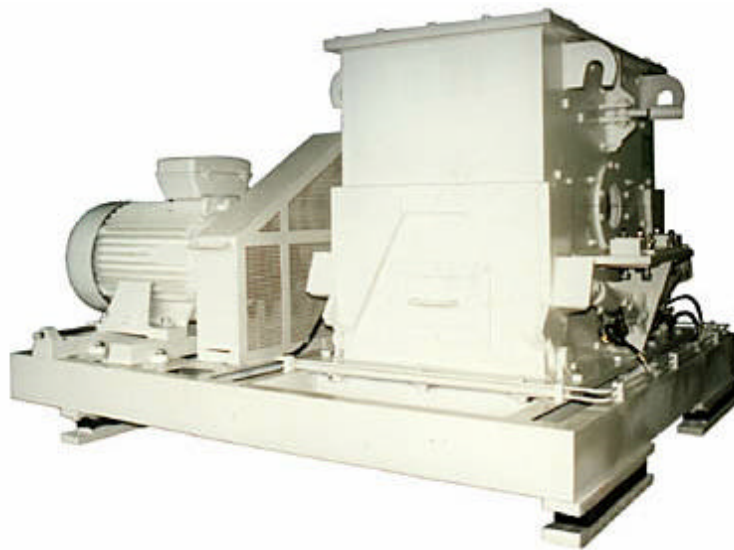


Abb. 38: Hammermühle der Firma IVA

2.3 **Walzenmühlen**

Walzenmühlen arbeiten mit zwei gegenläufigen, geriffelten Walzen, deren Abstand voneinander ja nach Bedarf eingestellt werden kann. Diese Walzen werden unterschiedlich schnell angetrieben, wodurch dieser schnittähnliche Vorgang das Mahlgut hart und griesig mit geringem Staubanteil werden lässt. Walzenmühlen sind aber stör anfällig bei schlechter Leerlaufeinstellung und somit ungeeignet für automatische Mahl- und Mischanlagen.

2.4 Rotorprallmühlen

Die Prallzerkleinerung stellt eine Beanspruchung der Partikel an einer Fläche dar. Sie eignet sich für die Zerkleinerung mittelharter Stoffe. Der Partikelgrößenbereich der Produkte erstreckt sich von der Grobzerkleinerung in Prallbrechern bis zur Feinstzerkleinerung unterhalb 10 µm in Rotorprall- oder Strahlmühlen. Rotorprallmühlen besitzen mit Pralleisten bzw. Hämmern bestückte Rotoren, die mit Geschwindigkeiten oberhalb 60 m/s umlaufen. Die Zerkleinerung findet an den Pralleisten und einem konzentrisch um den Rotoraußenumfang angeordneten geschlossenen oder durchbrochenen Stator statt. Die Herstellung feiner bis feinsten Partikel stellt besondere Ansprüche an die Festigkeit der Rotoren, da in vielen Fällen Umfangsgeschwindigkeiten oberhalb von 120 m/s erforderlich sind. Strahlmühlen besitzen keine bewegten Elemente, die Zerkleinerung wird durch gegenseitige Partikelstöße in einer beschleunigten Gasströmung erzielt.

2.5 Stiftmühlen

Das Produkt wird auf der Gehäuseseite aufgegeben. Von dort gelangt es zwischen zwei gegenläufige Stiftscheiben und wird dort zwischen den Mahlstiften durch Prallwirkung zerkleinert. Das Feingut fällt anschließend unten aus der Mühle.

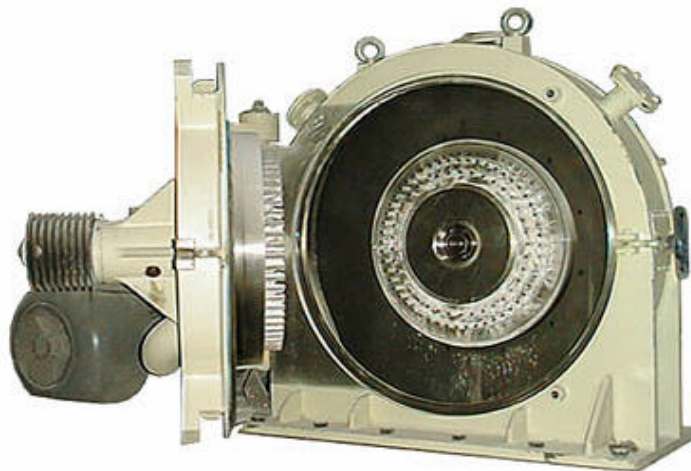


Abb. 39: Stiftmühle Serie SM der Firma IVA

2.6 **Sichtermühlen**

Das Aufgabegut wird durch den Ansaugkanal eingeschleust und zur ersten Mahlzone geführt. Das vorgemahlene Produkt strömt von der ersten Mahlstufe durch Ringsiebe in die Statoranordnung und wird von dort in den Sichterotor befördert. Die Partikel werden gesichtet durch die Interaktion der Zentripetalkraft und der Luftwiderstände innerhalb der Zwangsluftführung mit dem Sichterotor.

Die Trennschicht wird durch die Rotordrehzahl festgelegt. Die Partikel unterhalb der Trenngröße strömen durch den Rotor und treten durch die Führungsluftleitung aus. Grobpartikel oberhalb der Trenngröße werden vom Rotor abgewiesen und direkt in die zweite Mahlzone geleitet. Dort findet eine weitere Vermahlung in einer Kreuzstromanordnung statt und das Material wird dann zur ersten Mahlkammer zurückgeführt. Durch einen sekundären Ansaugkanal im Gehäuse ist die Regelung des Luftdurchsatzes möglich.

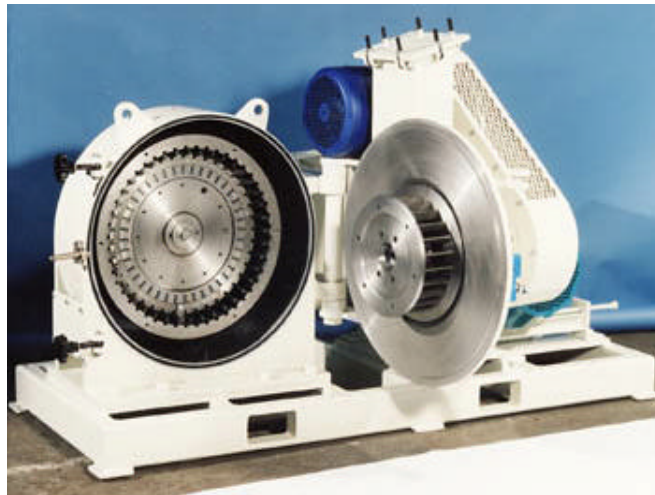


Abb. 40: Sichtermühle Serie CLM der Firma IVA

2.7 **Feinprallmühlen**

Eine Feinprallmühle zerkleinert das Gut durch einen harten Schlag und durch Reiben auf einem Siebeinsatz. Ein rotierendes Schlägerwerk im Inneren der Mühle trifft das Aufgabengut und zerkleinert es. Das gemahlene Gut kann die Mühle nur durch ein unten angeordnetes Sieb verlassen, wo das rotierende Schlägerwerk stets darüber streicht.

2.8 Schneidmühlen

In Schneidmühlen wird das Gut über 2 Mechanismen zerkleinert: einerseits zerschneidet ein mit Messern bestückter Rotor das Gut an Statormesser und andererseits wird das Gut durch ein Lochsieb gerieben und dabei durch die Scherbewegung gemahlen. Die Lochung des Siebes definiert bei der Mühle die Feinheit des Mahlproduktes. Die Abbildung 20 zeigt den Aufbau einer Schneidmühle am Beispiel einer Labormühle.

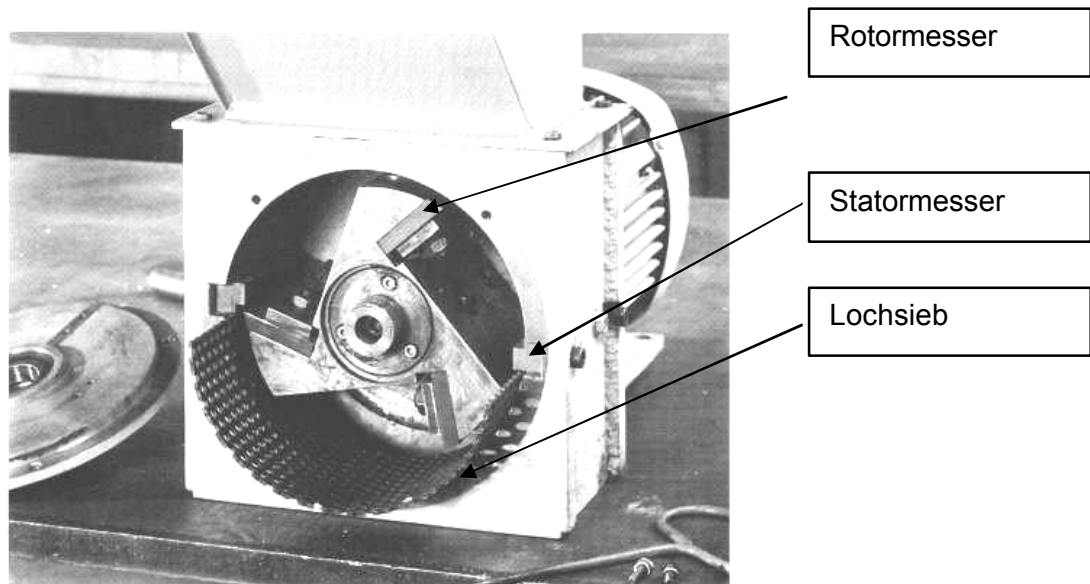


Abb. 41: Laborschneidmühle, Quelle: Firma Herbold
<http://www.herbold.com/deutsch/Infos/16/Info16-1-D.htm>

Bei großen Mühlen werden die Messer versetzt angeordnet, um die stoßweise Belastungen aufzufangen. Dies ist durch Doppelschrägschnitt-Bauweise in Verbindung mit nur einem Statormesser besonders gut realisierbar. Dadurch kann auch der Lärmpegel der Maschinen reduziert werden.



Die Schrägstellung der Messer reduziert auch den Kraftbedarf der Maschine selbst bei Zerkleinerung mit sehr feiner Sieblochung. Diese Feinzerkleinerung bewirkt gute Rieselfähigkeit und hohes Schüttgewicht, was die Weiterverarbeitung deutlich erleichtert.

Die Mühlen werden je nach geforderter Durchsatzleistung in unterschiedlichen Baugrößen geliefert, für Flachfolienanlagen mit 7,5 kW Antriebsleistung (z.B. Anwendungen bei Kunststoffrecycling) bis zu Hackanlagen mit 160 kW Antriebsleistung oder darüber. Die Mühlen sind nachrüstbar mit einer zusätzlichen Schwungscheibe, wenn hohe Stoßbelastungen (z.B. Brückenbildung) aufgefangen werden müssen.

Die Staubemission von Schneidmühlen ist nicht unbeträchtlich. Aus diesem Grund werden Zyklonabscheider an der Mühle nachgeschalteten Förderanlage direkt auf den Einlauf nachfolgender Maschinen montiert.

Nachdem die Mühle sehr anfällig auf Störstoffe (Steine, Metall) ist, muss ein Metall- und Steinabscheider vor der Zufuhr eingebaut werden. Schneidmühlen sind wartungsfreundlich und auch der Umbau zu anderen Siebgrößen ist einfach.

Anhang D Prozessentwicklungsphase

1 Kooperation mit der Feuerwehrschnule Lebring

Ein wichtiger Punkt im Projekt Adsorbens aus Maisreststoffe ist die Entwicklung eines Ölbindemittels in Zusammenarbeit mit der Feuerwehr, da besonders die Feuerwehren aber auch die Straßenmeistereien die Hauptabnehmer solcher Produkte sind und über die Anforderungen an Ölbindemittel in der Praxis Bescheid wissen. Die Feuerwehren unterscheiden vier Kategorien von Ölbindemittel:

- Typ I: Ölbinders mit besonderer Eignung für den Einsatz auf Gewässern. An diesen Typ werden besonders hohe Anforderungen hinsichtlich Schwimmfähigkeit gestellt.
- Typ II: Ölbinders für den allgemeinen Einsatz auf dem Land und kleineren Gewässern. Ölbindemittel für den kurzzeitigen Einsatz auf kleineren Gewässern sowie auf festem Land, auch für Gewerbe und Industrie. An die Schwimmfähigkeit und das Ölbindevermögen werden geringere Anforderungen gestellt als an Typ I.
- Typ III: Ölbinders für besonderen Bedarf, insbesondere für Einsatz auf festem Untergrund und Verkehrsflächen, auch für Gewerbe und Industrie. Diese Ölbinders müssen nicht wasserabweisend oder schwimmfähig sein
- Typ IV: Ölbinders mit besonderer Eignung für den Einsatz auf Gewässern, mit besonderer Form, welche nach den Einsatz die vollständige Bergung des ausgebrachten Ölbindemittels erleichtert oder für vorbeugende Maßnahmen, zum Beispiel die Verhinderung von Ausbreitung auslaufender Öle, besonders geeignet ist. Ölbinders dieses Typs bestehen aus Materialien, deren Ölbindevermögen der des Typs I entspricht.

Tab. 9 Anforderungen an die Schwimmfähigkeit

Ölbinder		schwimmfähiger Anteil (Vol.%)
Typ I	ohne Öl	≥95%
	mit Öl	≥95%
Typ II	ohne Öl	≥80%
	mit Öl	≥95%
Typ III		entfällt
Typ IV		≥99% des Inhalts

Weitere wichtige Eigenschaften der Granulate für den Katastrophenschutz:

- Material muss riesel- und streufähig sein
- Material muss leicht wegkehrbar sein
- Material darf nicht verklumpen
- Material muss beständig sein.

Besonders wichtig erscheint eine möglichst billige Entsorgung des benutzten Ölbindemittels. Die Entsorgung erfolgt als Sonderabfall (entsprechend dem aufgenommenen Stoff – wie Öl oder Chemikalien). Laut Abfallkatalog ÖNORM S 2100 ist auch gebrauchtes Ölbindemittel auf Maiskolbengranulatbasis als Sondermüll zu entsorgen. In der Steiermark wurden im Jahr 1999 148.129 kg Ölbindemittel als Primärabfallmasse entsorgt, Österreichweit wurden im Jahr 1999 etwa 1,327.474 kg als Primärabfallmasse und 2,505.170 kg als Sekundärabfallmasse entsorgt.

Primärabfälle sind definiert als gefährliche Abfälle, die vom jeweiligen Abfallbesitzer mit der Erzeugernummer "1" auf dem Begleitschein zur externen Behandlung übergeben wurden. Vom Erzeuger innerbetrieblich behandelte Abfälle werden nicht zu den Primärabfällen gerechnet. Primärabfälle sind also erstmals erzeugte, extern entsorgte gefährliche Abfälle.

Sekundärabfälle sind gefährliche Abfälle, die von den Abfallbesitzern mit der Behandlernummer "3" auf dem Begleitschein weitergegeben werden. Diese gefährlichen Abfälle sind keine "erstmalig erzeugten Abfälle", sondern Produkte einer vorgeschalteten Abfallbehandlung gefährlicher Abfälle.

Da mit fossilem Mineralöl verschmutzte Bindemittel als Sondermüll entsorgt werden müssen, kann man aus den Daten der Entsorgung direkt auf den Bedarf an Ölbindemittel schließen, d.h. in Österreich wurde im Jahr 1999 etwa 3,832.644 kg Ölbindemittel entsorgt, bei einer durchschnittlichen Adsorption 100g Öl/100g Granulat wurden daher rund 1,916 322 kg reines Ölbindemittel verwendet.

2 Mahlversuche

2.1 Methode

Erste Mahlversuche wurden mit einer Schlagkreuzmühle durchgeführt. Mit dieser Mühle wurde kein befriedigendes Ergebnis erzielt. Das erhaltene Granulat war zu grob und hatte eine zu glatte Oberfläche. Dadurch waren die adsorptiven Eigenschaften niedriger als erwartet.



Bei weiteren Mahlversuchen mit einer Mikrofeinmühle mit Schneidmahlkopf (Abb. 42) konnte eine zufrieden stellende Qualität erreicht werden. Allerdings mussten die Maiskolben händisch vorzerkleinert werden. Um die Korngröße des Granulates zu variieren und den Staubanteil zu verringern wurden diese Versuche mit verschiedenen Einsätzen (3mm, 2mm und 1mm Rundloch) durchgeführt.

Abb. 42: Mikrofeinmühle mit Schneidmahlkopf

Tab. 10 Technische Daten der verwendeten Mikrofeinmühle

Mühle:	230 V 50/60 Hz 1000W 3000...6500 1/min IP22
--------	---

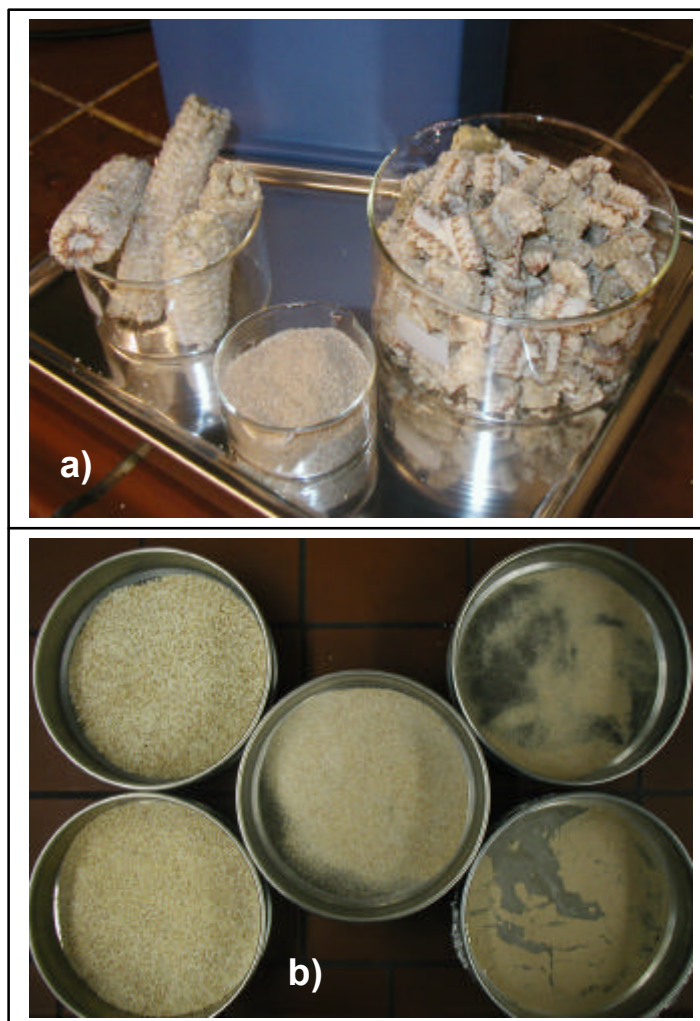


Abb. 43: a) Vom Maiskolben bis zu Granulat; b) Fraktionen der Siebe 1 mm, 0,5 mm, 0,25 mm, 0,125 mm und 0,063 mm

Vor allem der holzige Ring weist besonders gute adsorptive Eigenschaften auf. Um das Granulat in dieser Hinsicht zu fraktionieren wurde das Mahlgut mit Sieben bei 1mm, 0,5mm, 0,25mm, 0,125mm und 0,063mm getrennt. Dabei hat sich gezeigt, dass sich in den jeweiligen Fraktionen sowohl Teile der Spelzen, des Markes und auch des Holzigen Ringes befinden. Um ein möglichst saugfähiges Granulat zu erhalten wurden Mark und Spelzen im Laborversuch ausgeblasen.

2.2 Ergebnisse der Mahlversuche

Beim Mahlen mit dem 1mm Sieb in der Mikrofeinmühle fällt ein wesentlich höherer Anteil an Granulat <0,5mm an. Wie später (in Anhang E) noch dargestellt, ist für die ÖladSORPTION die 0,5mm Fraktion die eigentlich interessante Fraktion.

Untersucht wurden die Maissorten Benicia, Raissa, Ribera (der Firma Pioneer), eine Mischung aus Ribera und Benicia und Maiskolben aus der Saatmaisproduktion Wollsdorf, wobei sich allerdings kein wesentlicher Unterschied zwischen den verschiedenen Sorten zeigte.

2.2.1 Massenflüsse der Sorte Benicia (Be I)

Be I gemahlen mit 3 mm Rundloch

Sieb 1mm: ~18%
Sieb 0,5mm ~57%
Sieb <0,5mm ~25%

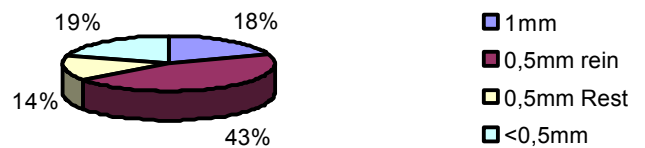
nach Ausblasen der 0,5mm Fraktion

→Ausbeute: **1000 g** Maiskolben / **426 g**

0,5 mm Granulat

~42,6%

Bel 3mm (M)



Be I gemahlen mit 2 mm Rundloch

Sieb 1 mm: ~7%
Sieb 0,5 mm: ~65%
Sieb <0,5 mm: ~28%

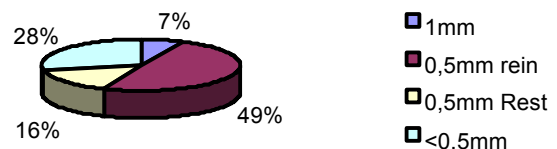
nach Ausblasen der 0,5 mm Fraktion

→Ausbeute: **1000 g** Maiskolben /

490 g 0,5 mm Granulat

~49,0%

Bel 2mm (M)



Be I gemahlen mit 1 mm Rundloch

Sieb 1 mm: ~0%

Sieb 0,5 mm: ~43%

Sieb <0,5 mm: ~57%

nach Ausblasen der 0,5 mm Fraktion

→ Ausbeute: **1000 g** Maiskolben /

307 g 0,5 mm Granulat

~**30,7%**

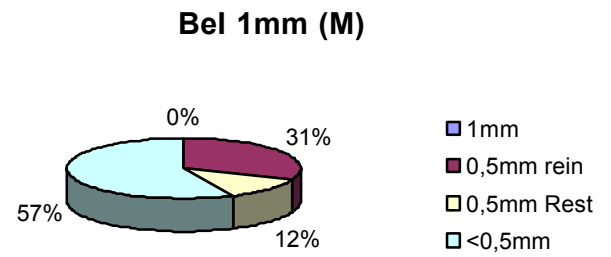


Abb. 44: Vergleich der Ausbeute mit den Sieben 3 mm, 2 mm und 1 mm (Sorte Benicia)

2.2.2 Massenflüsse der Sorte Saatmaisproduktion Wollsdorf (Wo I)

Wo I gemahlen mit 3 mm Rundloch

Sieb 1 mm: ~35%

Sieb 0,5 mm ~50%

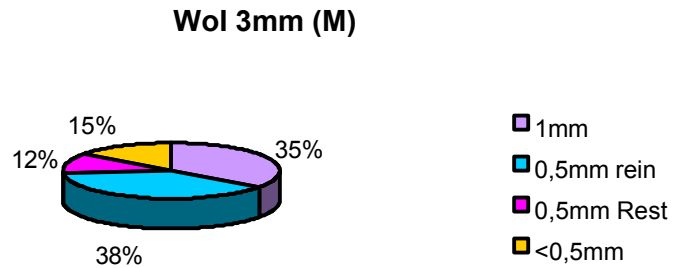
Sieb <0,5 mm ~15%

nach Ausblasen der 0,5 mm Fraktion

Ausbeute: **1000 g** Maiskolben/

383 g 0,5 mm Granulat

~**38,3%**



Wo I gemahlen mit 2 mm Rundloch

Sieb 1 mm: ~9%

Sieb 0,5 mm: ~68%

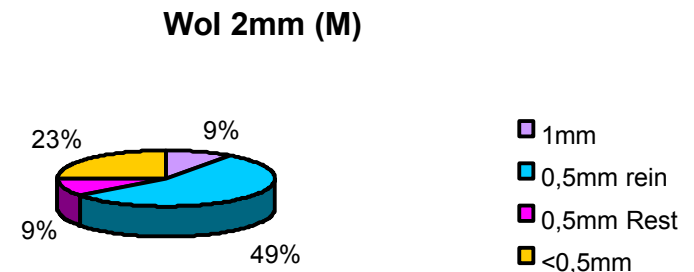
Sieb <0,5 mm: ~23%

nach Ausblasen der 0,5 mm Fraktion

→ Ausbeute: **1000 g** Maiskolben /

491 g 0,5 mm Granulat

~**49,1%**



Wo I gemahlen mit 1 mm Rundloch

Sieb 1 mm: ~0%

Sieb 0,5 mm: ~33%

Sieb <0,5 mm: ~67%

nach Ausblasen der 0,5 mm Fraktion

→ Ausbeute: **1000 g** Maiskolben /

247 g 0,5 mm Granulat

~**24,7%**

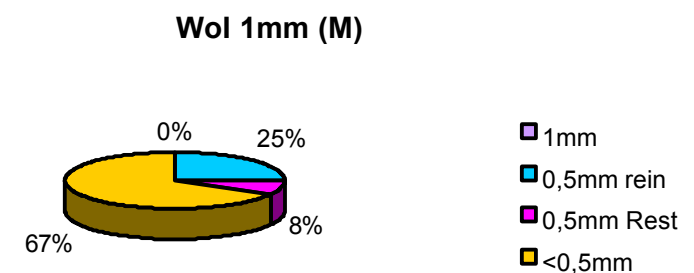


Abb. 45: Vergleich der Ausbeute mit den Sieben 3 mm, 2 mm und 1 mm (Sorte Saatmaisproduktion Wollsdorf)

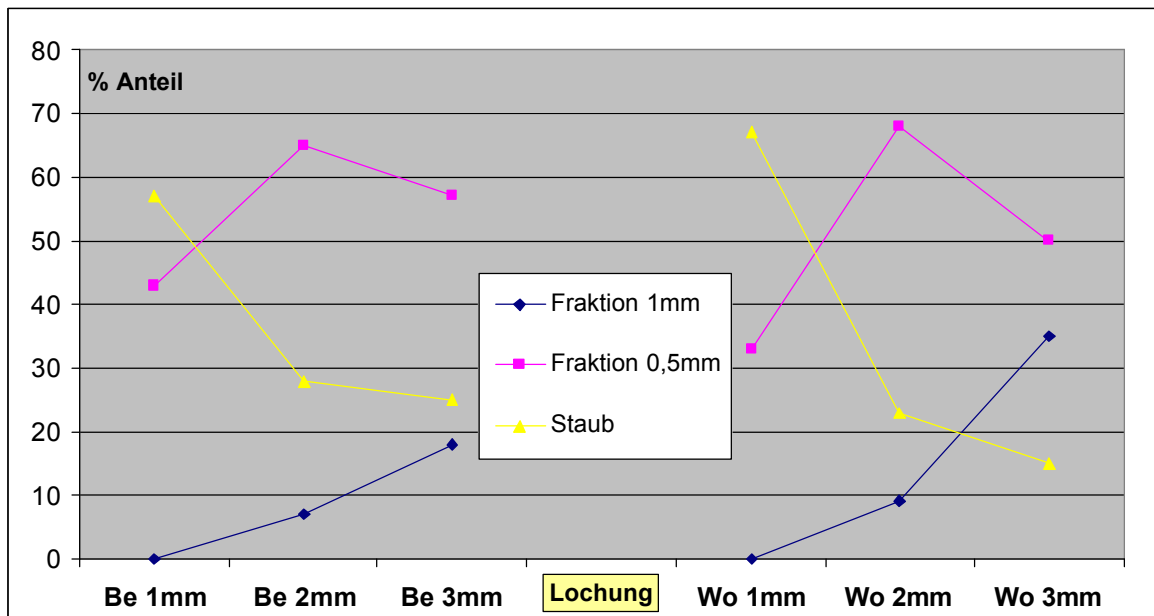


Abb. 46: Zusammenfassung der Verteilung der Fraktionen bei verschiedenen Sieblochgrößen der Sorten Benicia und Wollsdorf

Die Labortests zeigten, dass die optimale Siebgröße zur Erzeugung der Fraktion 0,5 bis 1 zwischen 2 und 3mm Rundloch liegt. Aus diesem Grund wurde für die Pilotanlage eine Lochung von 2,5 für den Bereich Ölbinder gewählt. Zu kleine Lochungen verursachen in Schneidmühlen einen übermäßigen Staubanteil, der nicht unmittelbar im Produkt genutzt werden kann. Aus der Abbildung erkennt man darüber hinaus, dass die getrocknete Ware aus Wollsdorf eine bessere Ausbeute an verwendbaren Material hat.

Tab. 11 Mahlunterschiede der Sorten Be I bei 2mmM und Wo I bei 2mmM

Be I 2mmM		Wo I 2mmM	
18 min	Mahlzeit	17 min	
Gewicht vor dem Mahlen		nach dem Mahlen	
215,6 g	→	211,33 g	→ 210,77 g
Sieb-Fraktion			
1 mm	14,20 g	→	9,22 g
0,5 mm	139,52 g	→	105,72 g
0,25 mm	34,90 g		
0,125 mm	11,51 g		
0,063 mm	10,19 g		
	<u>210,34 g</u>		<u>208,19 g</u>
Ausbeute 0,5mm: x = 490,00 g/ 1000 g Kolben		Ausbeute 0,5mm: x = 490,68 g/ 1000g Kolben	
	49,0%		49,1%

Es zeigten sich keine wesentlichen Mahlunterschiede bei den verschiedenen Sorten. Aus diesen Mahluntersuchungen ist zu schließen, dass für eine maximale Ausbeute an 0,5mm Granulat das 2mm Sieb beim Mahlen zu verwenden ist. Darüber hinaus war die Mahlzeit beim 1mm Sieb wesentlich höher. In Mahlenergie ausgedrückt wurden beim 2mm Einsatz rund 1,4kWh und beim 1mm Sieb rund 3kWh pro kg im Laborbetrieb für Maiskolben benötigt.

Anhang E

Adsorptionsunterschiede von Maiskolbengranulat

1 Untersuchung der Adsorptionswirkung – Heizöl Extraleicht (HÖEL)

1.1 Methode

In Anlehnung an ein Testverfahren des Materialprüfamt in Nordrheinwestfalen, das die verschiedensten Ölbindemittel auf ihre Eigenschaften laut "Anforderungen an Ölbindemittel", BMU -12.03.1990 - WA I3-20374/18 untersucht, wurde folgender Vorgang gewählt: Das Granulat wird eine Stunde in Heizöl Extra Leicht eingeweicht und danach über ein Sieb 24 Stunden abgetropft. Das Granulat wird vor und nach der Adsorption abgewogen, die Gewichts Differenz ist ein Maß für die Adsorptionsfähigkeit des Stoffes.

Test in Nordrheinwestfalen:

benötigte Geräte:

- 1 Kunststoff-Messzylinder oder Scheidetrichter mit Graduierung (1l Inhalt)
- 1 Kunststoffflasche (2l Inhalt) mit Siebboden (Maschenweite 0,05mm) und ein über den Schraubverschluss aufgeklebter Auslauf
- 2 Stative mit Klammer und Ringen
- 1 Silikonschlauch

Durchführung: Der Messzylinder oder Scheidetrichter wird an einer Stativstange fest angebracht, die umgebaute Kunststoffflasche am zweiten Stativ so angebracht, dass sie leicht auf und ab beweglich ist. Beide Gefäße sind durch einen Silikonschlauch geeigneter Länge miteinander verbunden. Das Gefäß und der Schlauch dienen zur Aufnahme des Öls, das Gefäß zur Aufnahme von 100g-200g Ölbinde. Die Anordnung erlaubt es bei entsprechender Verwendung, den Ölbinde mit Öl zu durchtränken, das nicht aufgenommenen Öl wieder ablaufen zu lassen und das nicht aufgenommenen Öl volumetrisch zu bestimmen.

Die Einwirkzeit des Öls auf den Ölbinde beträgt 1 Stunde, die Auslaufzeit 24 Stunden, wobei das Ende des Ölauslaufs durch Zwischenablesungen zu kontrollieren ist. Bei neuem oder gründlich gereinigtem Gefäß sind die Wände zuvor mit Öl zu benetzen.

Für eine genauere Darstellung der Adsorption wurde nicht die volumetrische Bestimmung herangezogen, sondern wurde die Adsorption mittels Gewichts-differenz des Granulates bestimmt. Dazu wurde das Gewicht des Granulates vor der Adsorption und nach der Adsorption gemessen, die Differenz berechnet und auf 100g Bindemittel umgerechnet.

$$AD = \frac{AW - EW}{EW} \times 100 [\%]$$

AD = Adsorption [x g Öl/100 g Granulat]

AW = Auswaage [g]

EW = Einwaage [g]

Diese Adsorptionsuntersuchungen wurden mit verschiedenen Maiskolbensorten und mit verschiedenen Korngrößen durchgeführt. Folgende Sorten und Korngrößen wurden untersucht: Benicia, Raissa, Ribera, eine Mischung aus Ribera/Benicia und Maiskolben aus der Saatmaisproduktion Wollsdorf in den Korngrößen 1mm, 0,5mm und 0,25mm sowie EU-Grit (geschützte Handelsmarke). EU-Grit ist ein Maiskolbengranulat aus Frankreich, das etwa seit 2001 auf dem Markt ist.

Beim Vergleich der verschiedenen Sorten hat sich gezeigt, dass die Sorte Benicia besonders gute adsorptive Eigenschaften aufweist. Außerdem zeigte sich, dass das Adsorptionsverhalten sehr stark von der Korngröße abhängt - das Granulat mit geringerer Korngröße hat wesentlich bessere bindende Eigenschaften, da hier wesentlich mehr Oberfläche zur Adsorption zugänglich ist.

Trotzdem ist die Feinheit des Materials bei den Anwendungen als Ölbinder nach unten begrenzt, da es beim Einsatz in der Praxis durch Windeinfluss zu Verwehungen sowie durch den Feinanteil zum „Schmierer“ (Verschlechterung der Rutschfestigkeit) kommt.

1.2 Versuchsergebnisse

Tab. 12 Ergebnisse der einzelnen Adsorptionsmessungen mit Heizöl Extraleicht (HÖEL)

HÖEL	Xg ÖL/100g Granulat	Xg ÖL/100g Granulat	Xg ÖL/100g Granulat	Mittelwert
Bel 1mm	82,5	87,6	83,4	84,5
Bel 0,5mm	117,2	108,9	111,9	112,7
Bel 0,25mm	151,1	143,4	141,3	145,3
Ral 1mm	54,0	55,6	59,8	56,5
Ral 0,5mm	98,6	102,3	94,2	98,4
Ral 0,25mm	129,7	137,3	130,5	132,5
Ril 1mm	73,9	71,4	66,3	70,5
Ril 0,5mm	96,3	94,1	91,7	94,0
Ril 0,25mm	145,1	140,5	141,0	142,2
Wol 1mm	83,9	73,6	75,4	77,6
Wol 0,5mm	99,4	106,9	98,7	101,7
Wol 0,25mm	131,1	132,7	140,3	134,7
Ri/Be 1mm	67,5	71,9	65,5	68,3
Ri/Be 0,5mm	103,2	98,4	92,5	98,0
EU-Grit	67,8	61,3	66,9	65,3

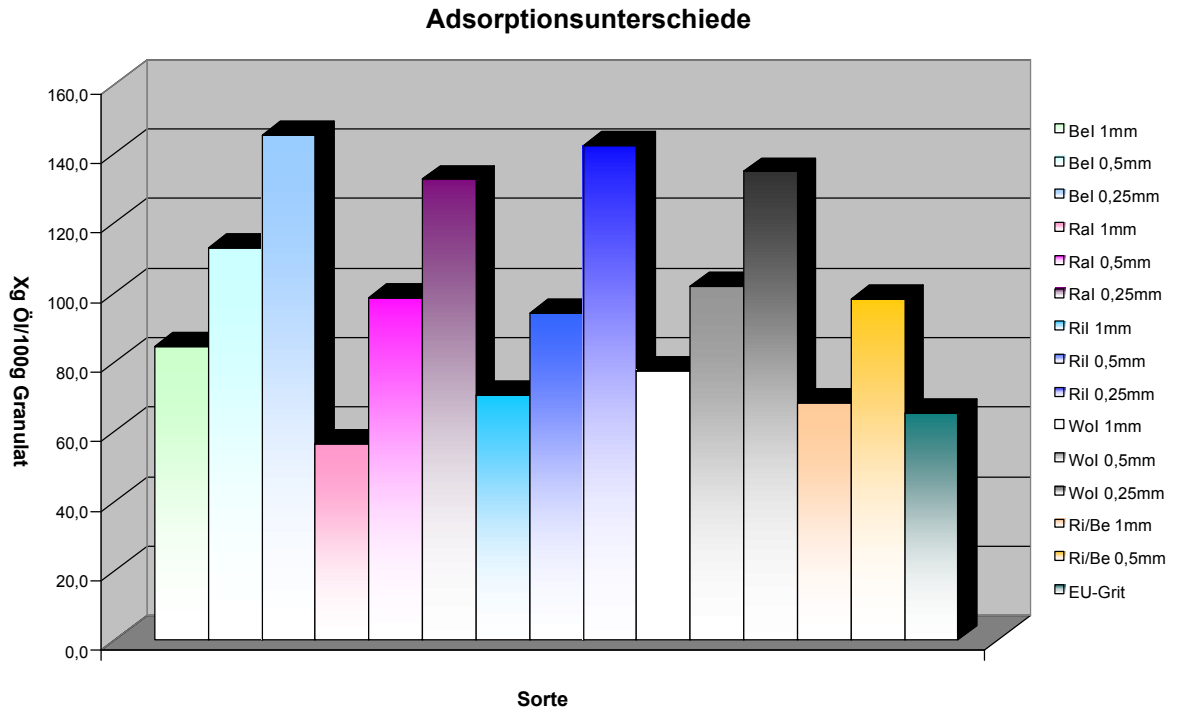


Abb. 47: Adsorptionsunterschiede mit Heizöl Extra Leicht

Aus der Grafik (Abb. 47 und Abb. 48) ist ersichtlich, dass auf Grund des Adsorptionsverhalten das Granulat der Sorte Benicia mit der Korngröße 0,25 mm als Ölbindemittel zu bevorzugen wäre. Allerdings bildet dieses Granulat nach der Öladsorption eine schmierige Schicht und ist daher schwieriger zu entfernen als das Granulat mit der Korngröße 0,5 mm. Dieses Granulat hat zusätzlich den Vorteil, dass sich das Adsorptionsverhalten zum Granulat mit der Korngröße 1 mm nur gering unterscheidet und beide daher mischbar sind, ohne dass sich die Adsorptionsfähigkeit wesentlich ändert.

Auffallend ist, dass alle Sorten deutlich bessere adsorptive Eigenschaften aufweisen als die Marke EU-Grit. Auf Grund dieser Untersuchungen wurden weitere Untersuchungen mit dem Granulat der Sorte Benicia 0,5 mm durchgeführt.

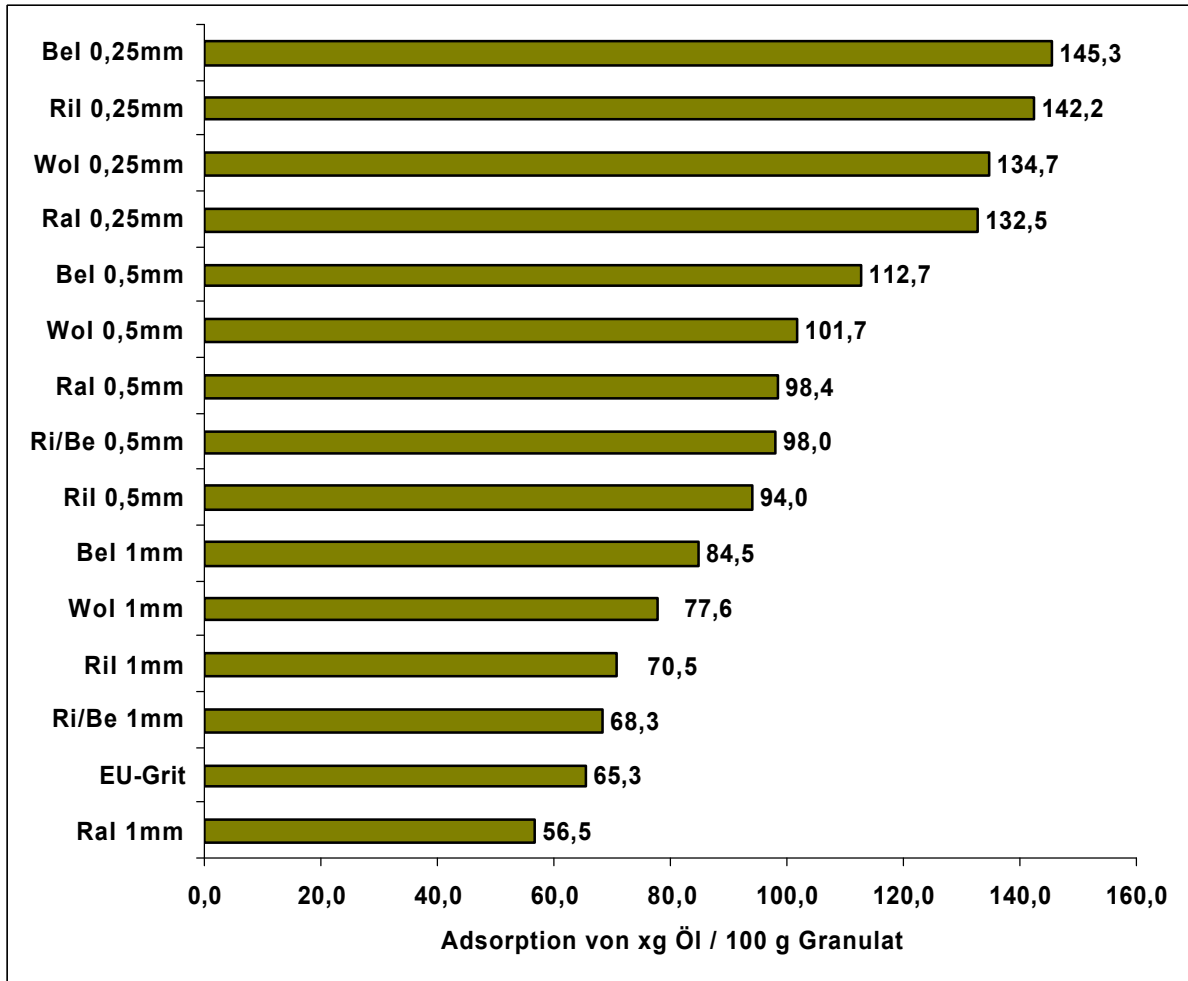


Abb. 48: Adsorption von Heizöl Extra Leicht pro 100 g Maisgranulat – geordnet nach Adsorptionsmenge [g/100 g Granulat]

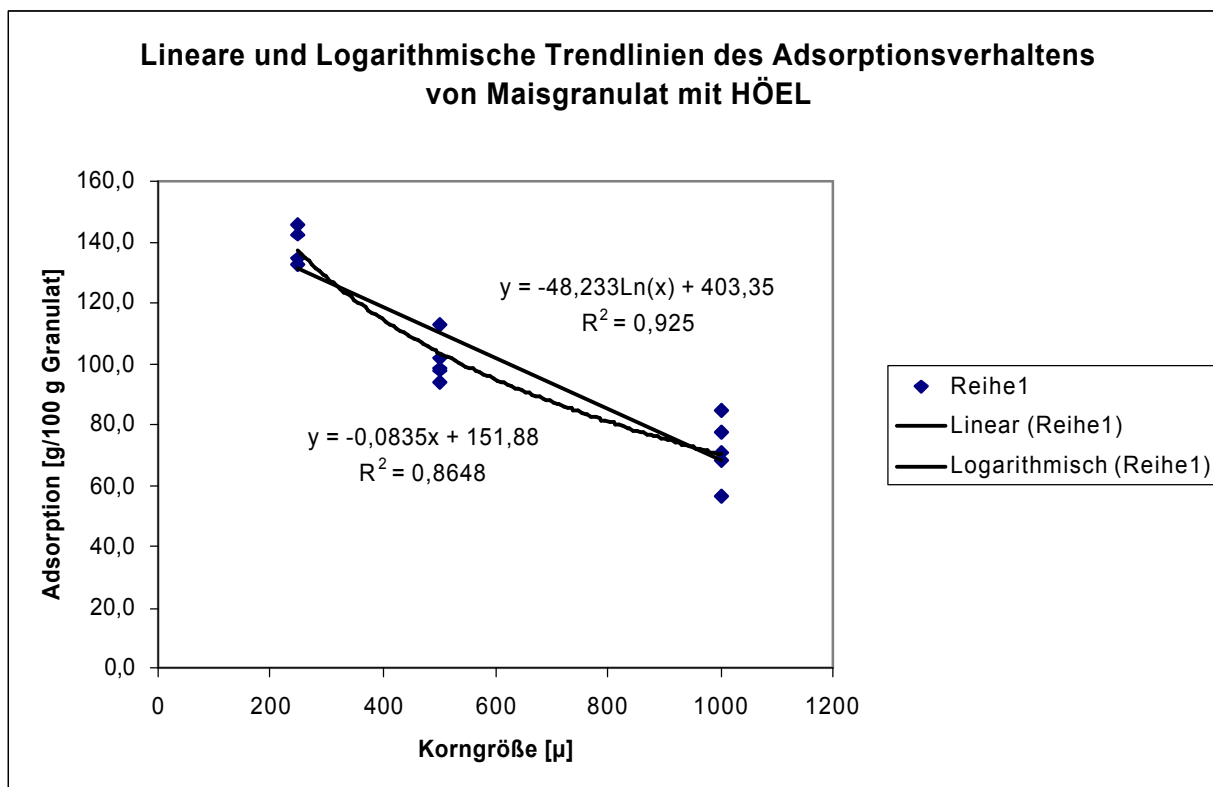


Abb. 49: Lineare und Logarithmische Trendlinie mit Bestimmtheitsmaß (R^2) des Adsorptionsverhaltens von Maisgranulat verschiedener Korngrößen (1000, 500 und 250 µm) mit HÖEL (= Heizöl Extra Leicht)

Die Daten aus Tab. 12 wurden herangezogen, um die Trendlinien (lineare und logarithmische Regression) zu berechnen. Die logarithmische Trendlinie zeigt ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,925. Es ist daher davon auszugehen, dass die Werte für unterschiedliche Sorten, aber auch Mühlen interpolierbar bzw. extrapolierbar sind.

Für die Versuche in der Pilotanlage wurden ausschließlich die Kolben der Saatmaisproduktion Wollsdorf herangezogen (vgl. Anhang H), da die Verfügbarkeit auch über das Jahr gegeben und die Reinheit des Materials herausragend ist.

1.3 Vergleich der Sorte Benicia mit Ölbindemittel der Feuerwehrschule Lebring

Für diese Untersuchungen wurde das Maiskolbengranulat mit zwei gebräuchlichen Ölbindemitteln der Feuerwehrschule Lebring verglichen.

1) Ölbindemittel FAYENCIT TYPE WB 83 TYI I+II (Kautschukbasis):

Kurzbeschreibung: Trockenölbinder, nicht staubend, rieselfähig, wasserabweisend, schwimmfähig auch bei bewegter Wasseroberfläche. Adsorptionsvermögen 400-500% des Eigengewichtes, Schüttgewicht ca. 300g/l. Anwendungsbereich: auf stehenden und fließenden Gewässern, auf festem Boden bei Tankwagenunfällen, in der Industrie und zur Grundwassereinigung.

2) Oil.Dri US-Spezial (Tonerdebasis)

Kurzbeschreibung: Bindet viele Chemikalien, Öle, Fette, Kraftstoffe und andere ausgelaufene Flüssigkeiten sicher, schnell und zuverlässig. Verhindert Brandgefahr, reduziert Gerüche und schafft sichere Arbeitsbedingungen. Oil.Dri ca. 1cm dick auf verschmutzte Stellen streuen und einwirken lassen. Erst nach Dunkelfärbung sind die Granulate gesättigt. Auch nach Sättigung bleiben die Granulate hart und trittfest.

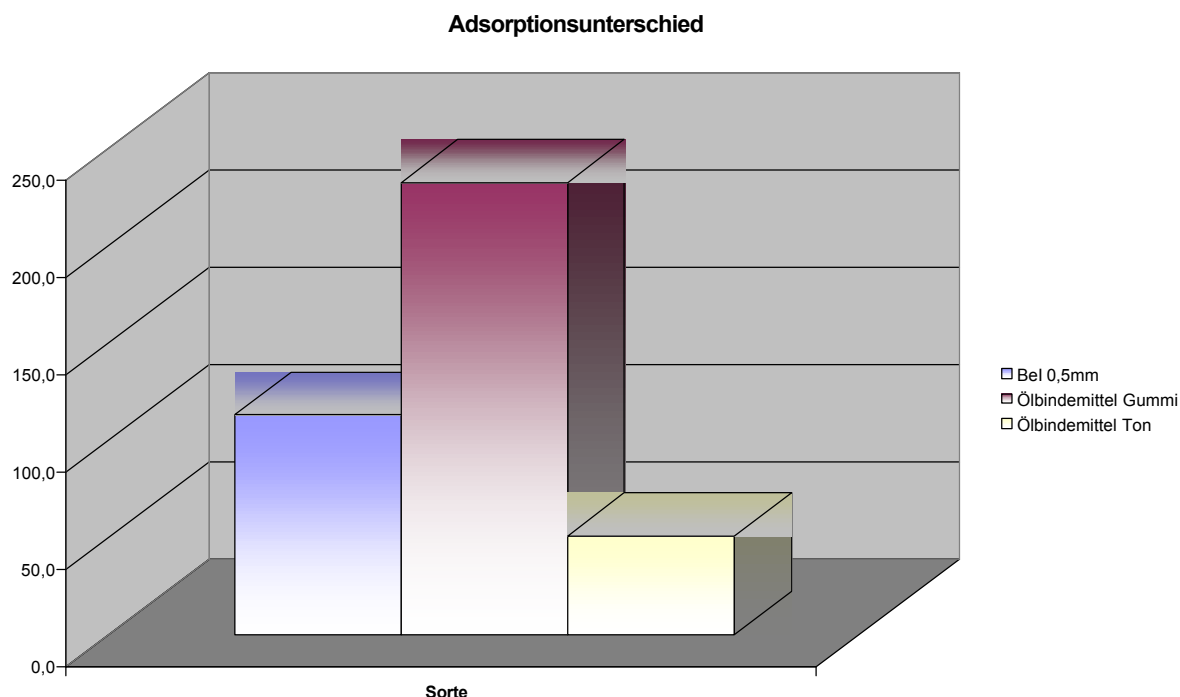


Abb. 50: Adsorptionsunterschiede verschiedener Ölbindemittel in Gramm pro 100g Binder

Im Vergleich zum Ölbindemittel auf Tonerdebasis war die Ölbindefähigkeit des Maiskolbengranulates deutlich besser. Jedoch zeigte sich im Vergleich zum Ölbindemittel auf Kautschukbasis eine wesentlich geringere Adsorptionsfähigkeit. Hier dürfte das Maiskolbengranulat allerdings den Vorteil haben, dass es bei weitem nicht so schmierig wird, wie das Material aus Kautschuk, es ist somit wesentlich leichter von festen Untergründen entfernbar.

2 Untersuchung der Adsorptionswirkung – Wasser als Äquivalent zu Katzenurin

2.1 Methode

Hier wurde die gleiche Untersuchungsmethode, in Anlehnung an das Testverfahren des Materialprüfamt in Nordrheinwestfalen, wie bei der Untersuchung der Adsorptionsfähigkeit mit Heizöl Extra Leicht, gewählt: Das Granulat wird eine Stunde in Wasser eingeweicht und danach über ein Sieb 24 Stunden abgetropft. Das Granulat wird vor und nach der Adsorption abgewogen, die Gewichts Differenz ist ein Maß für die Adsorptionsfähigkeit des Stoffes.

Diese Adsorptionsuntersuchungen wurden mit verschiedenen Maiskolbensorten und mit verschiedenen Korngrößen durchgeführt.

Folgende Sorten und Korngrößen wurden untersucht:

- Benicia (Be),
- Raissa (Ra),
- Ribera (Ri),
- eine Mischung aus Ribera/Benicia (Ri/Be) und
- Maiskolben aus der Saatmaisproduktion Wollsdorf (Wo) in den Korngrößen 1mm, 0,5mm und 0,25mm sowie
- EU-Grit.

2.2 Versuchsergebnisse

Tab. 13 Ergebnisse der einzelnen Adsorptionsmessungen mit Wasser

Wasser	Xg ÖL/100g Granulat	Xg ÖL/100g Granulat	Xg ÖL/100g Granulat	Mittelwert
Bel 1mm	221,4	218,6	209,4	216,5
Bel 0,5mm	274,4	260,3	264,8	266,5
Bel 0,25mm	329,8	345,9	331,7	335,8
Ral 1mm	190,2	198,6	186,5	191,8
Ral 0,5mm	221,9	228,0	217,2	222,4
Ral 0,25mm	265,9	263,3	273,8	267,7
Ril 1mm	245,1	232,5	228,3	235,3
Ril 0,5mm	257,0	259,1	270,8	262,3
Ril 0,25mm	333,2	326,5	317,3	325,7
Wol 1mm	199,5	216,2	209,1	208,3
Wol 0,5mm	271,0	251,6	264,1	262,2
Wol 0,25mm	292,1	301,4	309,6	301,0
Ri/Be 1mm	210,3	200,3	194,9	201,8
Ri/Be 0,5mm	248,7	237,3	234,5	240,2
Ri/Be 0,25mm	298,7	290,1	285,3	291,4
EU-Grit	216,9	227,0	223,8	222,6

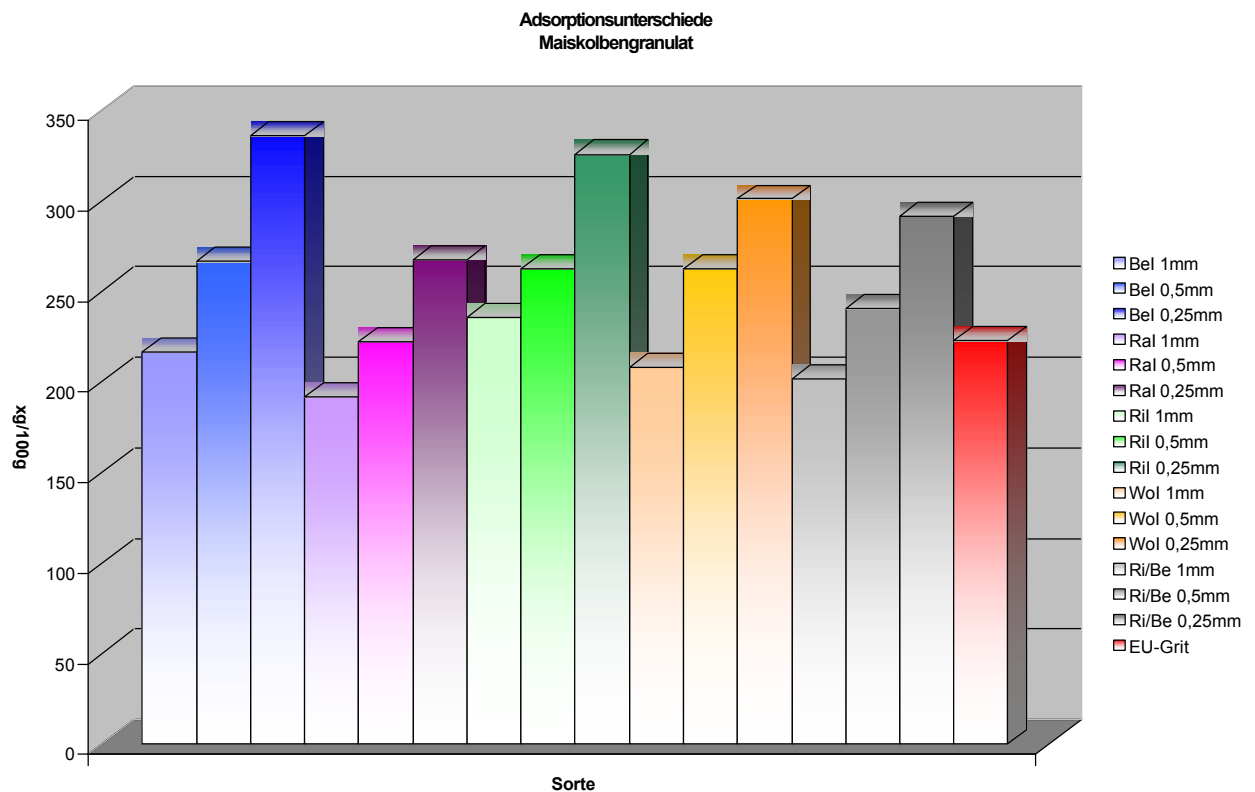


Abb. 51: Adsorptionsunterschiede der Kolbengranulate mit Wasser

Beim Vergleich der verschiedenen Sorten (Abb. 51 und 52) hat sich wieder gezeigt, dass die Sorte Benicia besonders gute adsorptive Eigenschaften aufweist. Auch die Abhängigkeit des Adsorptionsverhalten von der Korngröße wurde bei diesen Untersuchungen bestätigt, d.h. das Granulat mit der geringeren Korngröße hat wesentlich bessere adsorptive Eigenschaften.

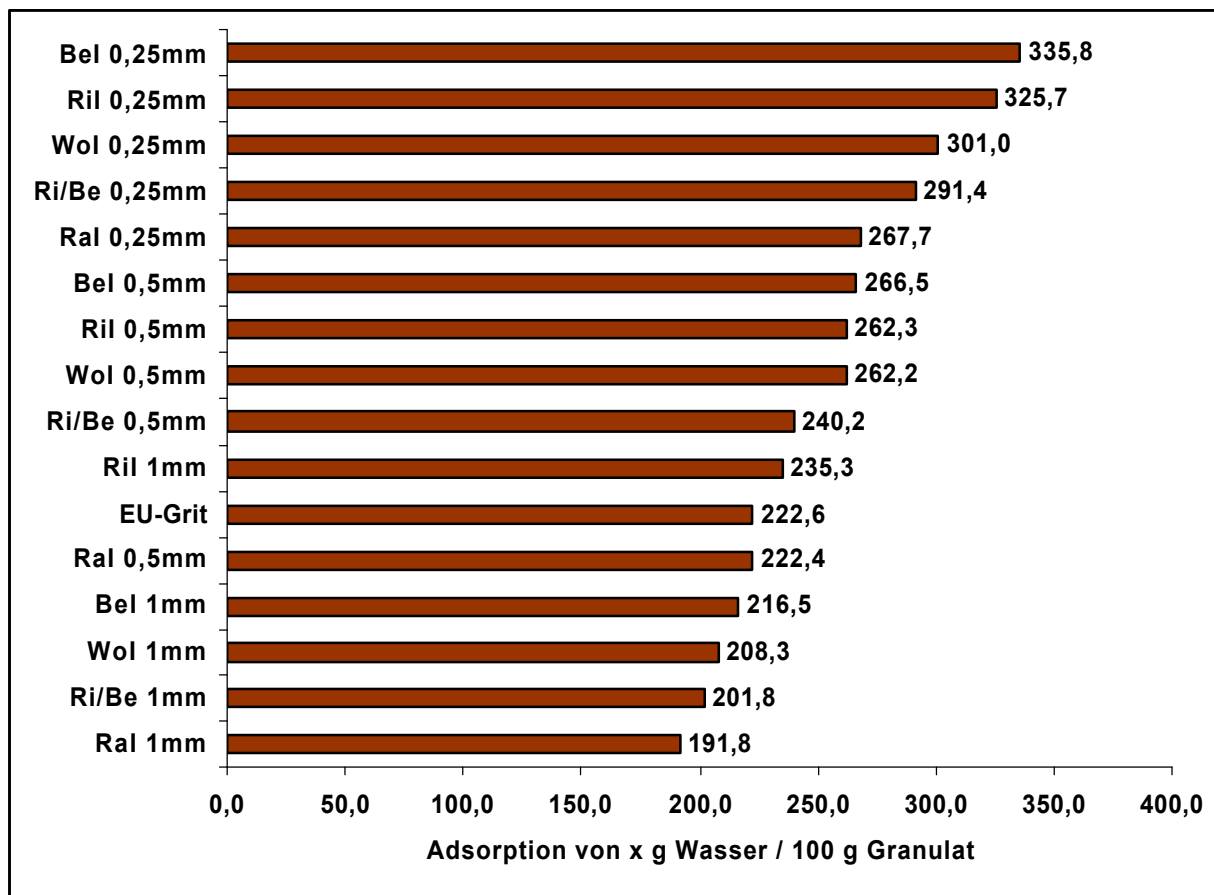


Abb. 52: Adsorption von Wasser an Maisgranulat unterschiedlicher Korngröße (0,25, 0,5 und 1 mm) inkl. dem Referenzprodukt EU-Grit [g Wasser/g Granulat]

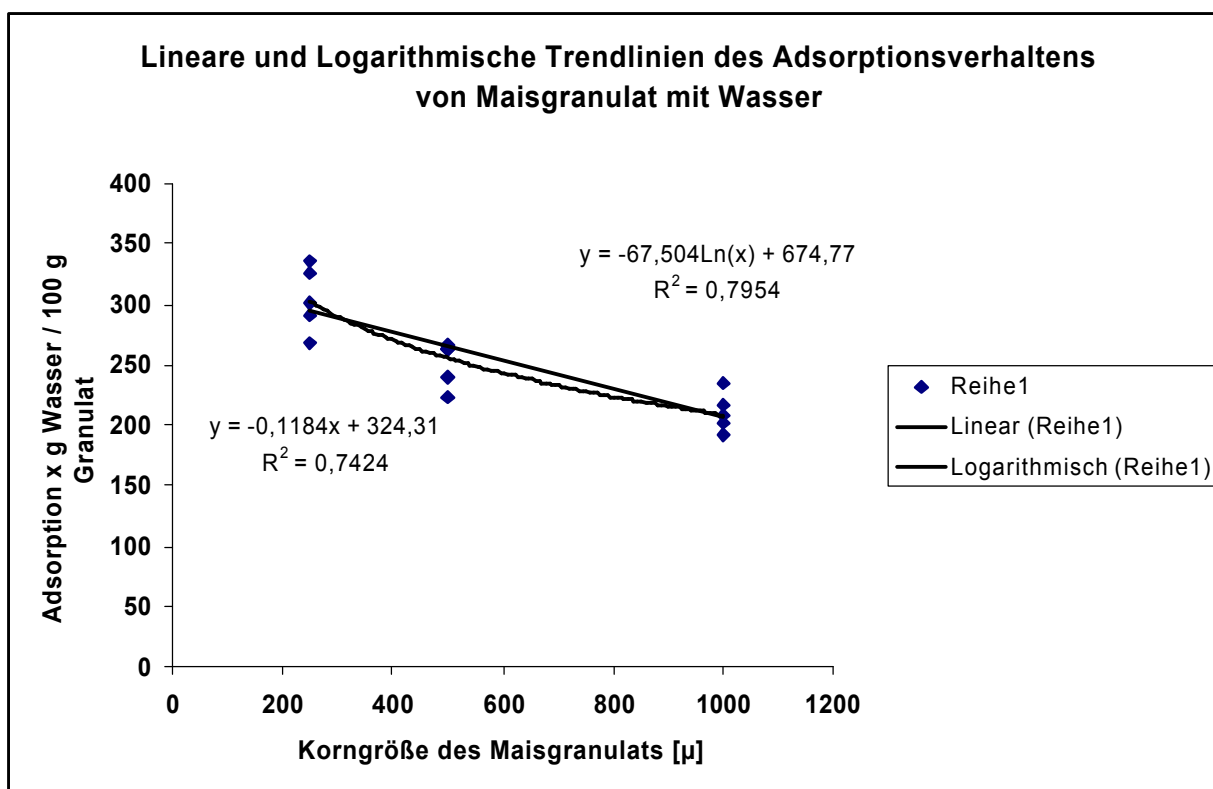


Abb. 53: Lineare und Logarithmische Trendlinie mit Bestimmtheitsmaß (R^2) des Adsorptionsverhaltens von Maisgranulat verschiedener Korngrößen (1000, 500 und 250 µm) mit Wasser

Die Daten aus den Abbildungen wurden herangezogen, um die Trendlinien (lineare und logarithmische Regression) zu berechnen. Die logarithmische Trendlinie zeigt ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,7954. Es ist daher davon auszugehen, dass die Werte für unterschiedliche Sorten, aber auch Mühlen interpolierbar bzw. extrapolierbar sind.

Für die Versuche in der Pilotanlage wurden, wie oben, ausschließlich die Kolben der Saatmaisproduktion Wollsdorf herangezogen (vgl. Anhang H).

2.2.1 Vergleich eigener Produkte mit zwei Sorten Katzenstreu aus Maiskolbengranulat

Für die vergleichenden Untersuchungen wurde die Sorte Benicia, 0,5 mm mit zwei sich bereits am Markt befindlichen Katzenstreuarten aus Maiskolbengranulat verglichen. Es handelt sich hierbei um ein Granulat aus Deutschland (Fa. Allco) und ein in der Slowakei (wird über die österreichische Firma FEX GmbH, NÖ vertrieben) produziertes Granulat. Beide unterscheiden sich sehr deutlich in der Korngröße vom Granulat 0,5 mm, d.h. es handelt sich hier um ein Granulat der Korngröße ca. 4 mm.

Es erfolgen im gegenständlichen Projekt noch weitere Recherchen bzw. Untersuchungen, welche Granulatgröße als Katzenstreu einsetzbar ist, um wirklich die optimalen Bedingungen für die Verwendung als Katzestreu zu erreichen. Dabei muss eine Körnung zwischen 3 und 7mm verwendet werden. Je größer die Körnung, desto weniger wird von den Kleintieren in der Wohnung vertragen, desto schlechter ist aber auch die Saugfähigkeit.

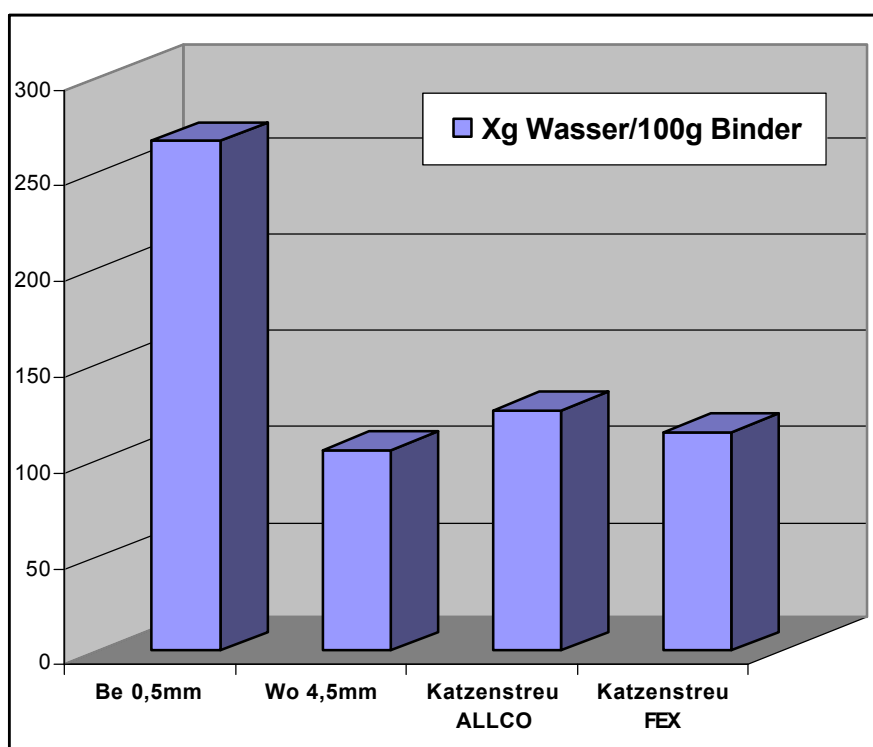


Abb. 54: Adsorptionsunterschiede verschiedener Katzenstreu

Das Granulat der Sorte Benicia weist durch die kleine Körnung wesentlich bessere adsorptive Eigenschaften auf, als die beiden anderen Katzenstreuarten. Das für Katzenstreu bevorzugte gröbere Granulat (Wo 4,5mm) ist durchaus vergleichbar.

Anhang F

Adsorptionsversuche mit getrockneten und ungetrockneten Maiskolben

1 Adsorptionsversuche mit getrockneten und ungetrockneten Maiskolben

Die Maiskolben der Sorte Ribera/Benicia wurden im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet, danach mit den Sieben 2mm und 1mm in der Mirkofeinhühle gemahlen und mit den Sieben 1mm, 0,5mm, 0,25mm, 0,125mm und 0,063mm fraktioniert:

Tab. 14 Vergleich getrocknete – nicht getrocknete Maiskolben

Sorte: Ribera/Benicia	2mm n. getr.	1mm n. getr.	2mm getr.	1mm getr.
Mahlzeit [min]	20	47	17	32
Mahlenergie [kWh/kg]	1,3	3,1	1,1	2,1
gemahlen [g]	250,1	250,3	256,4	250,3
Mahlverlust [g]	4,8	25*	0,3	6,9
1mm Sieb [%]	12,7	/	11,3	/
0,5mm Sieb [%]	64,8	43,7	64,3	50,1
0,25mm Sieb [%]	12,2	29,9	14,5	29,9
0,125mm Sieb [%]	4,5	9,1	6,7	13,2
0,063mm Sieb [%]	3,0	6,4	2,4	4,0
gesamt [g]	243,1	223	254,2	240,7
Ausbeute/0,5mm Granulat [%]	40,4	30,1	41,6	40,6
Schüttgewicht [g/l]	420	530	390	480
Adsorption [x g Öl/100g Granulat]	85,9	77,2	92,0	84,8
*) Mühle heiß und am Rand durch Staub verklebt				

Beim Vergleich zwischen getrockneten und nicht getrockneten Maiskolben zeigt sich, dass bei getrockneten Maiskolben die Mahlzeit deutlich verkürzt wird und somit die Mahlenergie abnimmt. Jedoch ist dieser Unterschied beim 2mm Sieb wesentlich geringer, als der Unterschied beim 1mm Sieb.

Auch die Ausbeute wird durch die Trocknung erhöht, jedoch ist der Unterschied beim 2mm Sieb wieder wesentlich geringer als beim 1mm Sieb, um ca. 8% wird auch die Adsorptionsfähigkeit des Granulates erhöht.

Die Adsorption nimmt durch die Trocknung zwischen 7 und 10% zu. Nimmt man den Mittelwert (98g Öl/100g Granulat) aus Abschnitt 1.2 erkennt man, dass der Adsorptionsunterschied durch die Trocknung sogar um bis zu 14% gesteigert werden kann. Aufgrund dieser Fakten und der geringeren Mahlenergie ist die Trocknung der Spindeln vor der Vermahlung ein notwendiger Prozessschritt.

Anhang G

Untersuchung der Schwimmfähigkeit des Maisgranulats zur Anwendung auf Gewässeroberflächen

1 Schwimmfähigkeitsuntersuchungen

Wie schon in Anhang D erwähnt, unterscheidet man 4 Kategorien von Ölbindemittel, wobei die beiden ersten Kategorien für die weiteren Untersuchungen von Bedeutung sind:

Anforderungen an Typ I

Schwimmfähigkeit ohne Öl $\geq 95\%$
mit Öl $\geq 95\%$
einsetzbar auch in turbulenten Gewässern.

Anforderungen an Typ II

Schwimmfähigkeit ohne Öl $\geq 80\%$
mit Öl $\geq 95\%$
kurzfristig max. für ein paar Tage auf leicht bewegten Gewässern einsetzbar.

Diese Untersuchungen wurden mit Heizöl Extra Leicht und mit Rapsöl durchgeführt. 200ml Wasser wurden mit 10ml Öl versetzt und danach wurde das Granulat hinzugegeben.

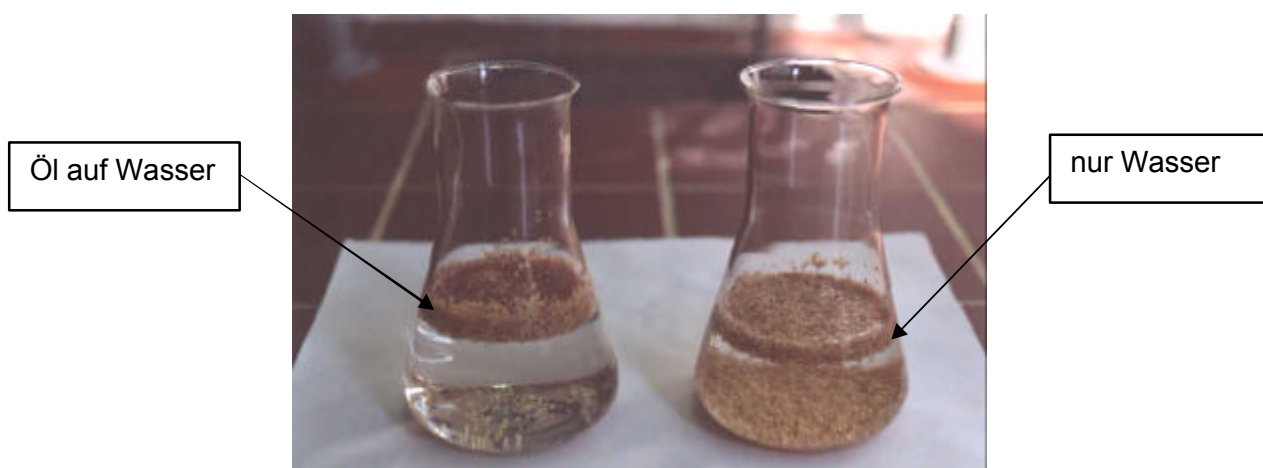


Abb. 55: Start des Schwimmversuchs mit Wasser und Heizöl Extra Leicht

Im linken Erlenmeyerkolben (Abb. 55) wurde das Öl hinzugegeben, im rechten Kolben befindet sich zum Vergleich nur Wasser. Der Erlenmeyerkolben wurde mehrere Stunden

stehen gelassen und immer wieder geschüttelt, da die Schwimmfähigkeit auch in turbulenten Gewässern bestehen muss.



Abb. 56: Schwimmversuch Heizöl Extra Leicht und Wasser, nach 4 Stunden

Wie am Foto deutlich zu erkennen ist, sind weder die Anforderungen an Typ I noch an Typ II von der Gesamtheit des Granulates erfüllt, darum ist dieses Ölbindemittel aus Maiskolbengranulat dem Typ III zuzuordnen. Es muss tiefer gehend erforscht werden, welche Bestandteile und Körnungen schwimmen und sich langfristig mit dem Öl verbinden und welche bald zu Boden sinken. An und für sich ergaben alle Experimente, dass die Typen I und II auch durch eine tiefergehende Fraktionierung nicht erreicht werden können. Diese Ergebnisse wurden in der Pilotanlage bestätigt.

2 Zentrifugerversuche

Um Materialdichteunterschiede zwischen Maiskolbengranulat, Wasser und HÖEL bzw. Rapsöl und somit die Schwimmfähigkeit genauer zu bestimmen wurden verschiedene Zentrifugerversuche mit der Zentrifuge Eppendorf Zentrifuge 5702 durchgeführt.

- Zentrifugiert wurde 6 Minuten mit 3500 U/min.



Abb. 57: Eppendorf Zentrifuge

Dazu wurde zuerst in ein Zentrifugenröhrchen jeweils 30ml Wasser und 1g Mark gegeben. Jeweils zwei Röhrchen wurden miteinander verglichen. Bei einem der beiden Röhrchen betrug die Einwirkzeit 1 Stunde, das zweite wurde ohne Einwirkzeit zentrifugiert. Danach wurden weitere Versuche nach derselben Vorgehensweise durchgeführt, lediglich wurde zusätzlich 1ml HÖEL bzw. Rapsöl zugegeben.

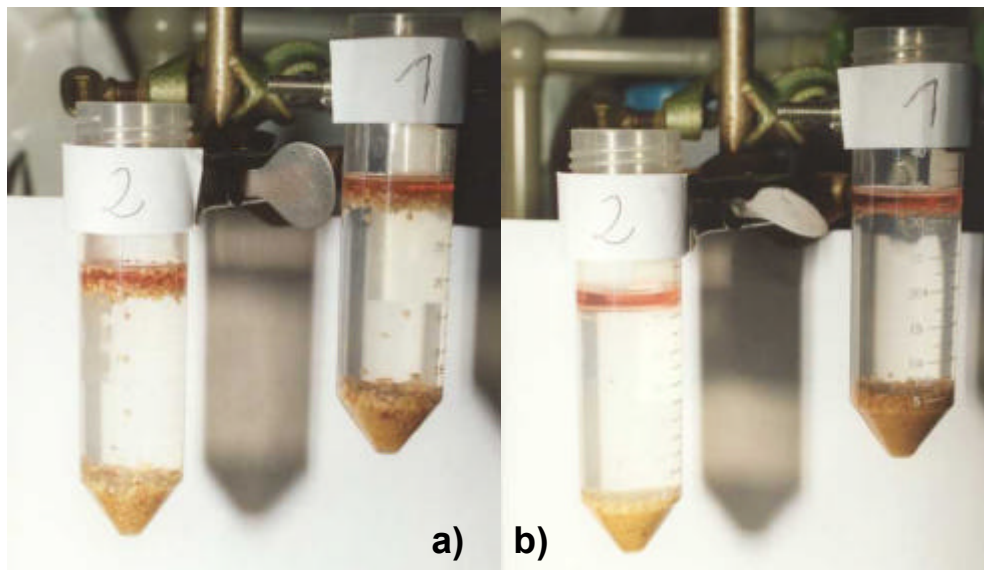


Abb. 58: a) Zentrifugenröhrchen (Be I 1 mm)

b) Zentrifugenröhrchen (Be I 0.5 mm)

Zentrifugenröhrchen 1 → 1h Einwirkzeit

Zentrifugenröhrchen 2 → ohne Einwirkzeit

Wie in Abb. 58 deutlich zu erkennen ist, schwimmt nur ein kleiner Teil des Maiskolbengranulates. Deutlich zu erkennen ist auch das an der Oberfläche schwimmende Öl, daraus lässt sich schließen, dass kaum Öl adsorbiert wurde.

Bei dem Maiskolbengranulat der Sorte Be I 0,5 mm schwimmt kein Granulat an der Oberfläche. Dieses Ergebnis zeigte sich auch bei allen anderen Untersuchungen. Aus diesen Untersuchungen lässt sich schließen, dass das Maiskolbengranulat auf Grund des Dichtunterschiedes nicht als Ölbindemittel des Typs I und II eingesetzt werden kann.

Tab. 15 Ergebnisse der Zentrifugerversuche

Sorte	Fraktion [mm]	Granulat [g]/Wasser [ml]	Einwirkzeit [h]	Ergebnis
Be I	1	1/30	1	1/3 des Granulates schwimmt
Be I	1	1/30	0	1/3 des Granulates schwimmt
Be I	1	1/30 +1ml HÖEL	1	Öl schwimmt+1/3 Granulat schwimmt
Be I	1	1/30 +1ml HÖEL	0	Öl schwimmt+1/3 Granulat schwimmt
Be I	0,5	1/30	1	kein Granulat schwimmt
Be I	0,5	1/30	0	kein Granulat schwimmt
Be I	0,5	1/30 +1ml HÖEL	1	kein Granulat schwimmt
Be I	0,5	1/30 +1ml HÖEL	0	kein Granulat schwimmt
Be I	0,25	1/30	1	kein Granulat schwimmt
Be I	0,25	1/30	0	kein Granulat schwimmt
Be I	0,25	1/30 +1ml HÖEL	1	kein Granulat schwimmt
Be I	0,25	1/30 +1ml HÖEL	0	kein Granulat schwimmt
EU-Grit		1/30	1	kein Granulat schwimmt
EU-Grit		1/30	0	kein Granulat schwimmt
EU-Grit		1/30 +1ml HÖEL	1	kein Granulat schwimmt
EU-Grit		1/30 +1ml HÖEL	0	kein Granulat schwimmt
Be I	1	1/30	1	1/3 des Granulates schwimmt
Be I	1	1/30	0	1/3 des Granulates schwimmt
Be I	1	1/30 +1ml Rapsöl	1	1/3 des Granulates schwimmt
Be I	1	1/30 +1ml Rapsöl	0	1/3 des Granulates schwimmt
Be I	0,5	1/30	1	kein Granulat schwimmt
Be I	0,5	1/30	0	kein Granulat schwimmt
Be I	0,5	1/30 +1ml Rapsöl	1	kein Granulat schwimmt
Be I	0,5	1/30 +1ml Rapsöl	0	kein Granulat schwimmt
Be I	0,25	1/30	1	kein Granulat schwimmt
Be I	0,25	1/30	0	kein Granulat schwimmt
Be I	0,25	1/30 +1ml Rapsöl	1	kein Granulat schwimmt
Be I	0,25	1/30 +1ml Rapsöl	0	kein Granulat schwimmt
EU-Grit		1/30	1	kein Granulat schwimmt
EU-Grit		1/30	0	kein Granulat schwimmt
EU-Grit		1/30 +1ml Rapsöl	1	kein Granulat schwimmt
EU-Grit		1/30 +1ml Rapsöl	0	kein Granulat schwimmt

3 Hydrophobierversuche

Untersuchungen zur Schwimmfähigkeit haben gezeigt, dass das Mark die Anforderungen an Ölbindemittel des Typs I und II nur in Verbindung mit einer Ölschicht auf der Wasseroberflächen erfüllen kann. Auf Wasseroberflächen, die keine Ölschicht aufweisen, sinkt das Mark. Grund dafür dürfte die große Adsorption von Wasser sein.

Ziel dieser Recherche war es, ein kostengünstiges Verfahren zu finden, welches ermöglicht, das Mark auch auf ölfreien Wasseroberflächen über einen längeren Zeitraum schwimmfähig zu machen.

3.1 Silylierung

Bezeichnung für die Einführung von (meist org. substituierten) Silyl-Gruppen in organischen Verbindungen, wofür eine Reihe von Reagenzien zur Verfügung stehen:

z.B. N,O-Bis-(trimethylsilyl)-acetamid (BSA), 1,1,1,3,3,3-Hexamethyldisilazan (HMDS), Iodtrimethylsilan, Trimethylsilyl-azid oder -imidazol (TSIM), N-Methyl-N-(trimethyl-silyl)-trifluoracetamid (MSTFA), Trimethylsilyl-bromid, -iodid oder -cyanid.

Beurteilung: Dieses Verfahren scheint nicht wirtschaftlich zu sein, da alle angeführten Reagenzien, die für eine Hydrophobierung des Markes benötigt werden, zu teuer im Verhältnis zum Marktwert des Binders sind.

3.2 Acetylierung

Bezeichnung für die Einführung der Acetylgruppe in organische Verbindungen, die OH-, SH- od. NH₂-Gruppen enthalten. Die niederländische Stiftung Holzforschung versucht durch ein spezielles Verfahren, Weichholz zu Hartholz zu machen: Durch Acetylieren soll die Molekularstruktur von Weichhölzern verändert werden. Fäulniserregende Bakterien und Pilze greifen natürliche Hydroxylgruppen an, die in den Zellwänden von Holz enthalten sind. Diese Hydroxylgruppen nehmen darüber hinaus Wasser auf und sind damit für das Quellen und Schrumpfen von Holz unter verschiedenen Feuchtigkeitsbedingungen verantwortlich.

Versetzt man das Holz mit Essigsäure-Anhydrid, werden aus Hydroxylgruppen wasserabweisende Acetylgruppen. Dieses Acetylieren senkt aber nicht nur den Feuchtigkeitsgehalt des Holzes dauerhaft und macht es damit maßhaltiger: Es bewirkt

außerdem, dass die Enzymsysteme von Pilzen das Holz nicht mehr als Nahrung erkennen. Der Befall durch holzerstörende Pilze wird damit unterbunden.

Beurteilung: Dieses Verfahren scheint von den entstehenden Kosten her gesehen durchaus geeignet zu sein und müsste aber in weiteren Untersuchungen auf die Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit hin überprüft werden. (Palstek, 2002)

3.3 Hydrophobierung mit Rapsöl

Die günstigste Möglichkeit scheint das *Vorbehandeln von Mark mit Rapsöl* zu sein. Dazu wurden folgende Untersuchungen mit Maiskolbengranulat durchgeführt.

0,1g Rapsöl wurde in 50 ml Petrolether gelöst, 10 g Granulat (Be 0,5mm) wurde zugegeben und kurz geschüttelt. Danach wurde der Petrolether abrotiert und mit dem getrockneten Granulat wurden weitere Schwimmversuche, wie in Kapitel 1 beschrieben, durchgeführt.

Weiters wurde 0,5g und 1g Rapsöl gelöst, weitere Vorgehensweise wie zuvor beschrieben. Bei den Schwimmversuchen zeigten sich keine Unterschiede zum nicht behandelten Granulat, alle Schwimmversuche waren negativ. Es konnte nachgewiesen werden, dass das Mark neben der größten Aufnahmefähigkeit auch die beste Schwimmfähigkeit besitzt.

4 Rutschfestigkeitsuntersuchungen, Eignung des Ölbinders für Verkehrsflächen

Für die Prüfung der Rutschfestigkeit nach Anwendung von Ölbindern auf Verkehrsflächen wurde ein Test bei MPA in Nordrhein-Westfalen entwickelt. Die Methode funktioniert folgendermaßen:

Geräte

Zur Prüfung der Ölbinders für den Einsatz auf Verkehrsflächen wird das SRT-Gerät (Portable Skid Resistance Tester) verwendet. Die „Anweisung für kombinierte Griffigkeits- und Rauheitsmessungen mit dem Pendelgerät und dem Ausflussmesser“ der „Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen“ ist bei der Prüfung zu beachten.

Probekörper

Zur Prüfung sind Bohrkern aus bituminösen Straßendecken nach folgenden Anforderungen zu verwenden.

Asphaltbeton: 0/11 mm Diabas-Edelsplitt (kein Kalksplitt). Bindemittel B 65, Durchmesser 200 mm mit Markierung der Fahrtrichtung.

Ausflusszeit: 10-25 s (als Mittelwert aus 4 Messungen im möglichen Gleitbereich). Ausgangswert (SRT-Wert im nassen Zustand): 48-60 Einheiten (als Mittelwert gem. Prüfvorschrift). Probekörper und Gleitkörper dürfen nur für eine Versuchsreihe verwendet werden.

Prüföl

Prüfgemisch A 20/NP II der Firma Haltermann, Hamburg (im folgenden kurz „Öl“ genannt).

Prüfklima

Bei der Prüfung muss die Temperatur des Raums, des Geräts und sämtlicher verwendeten Stoffe zwischen 20 und 25° C liegen.

Messung der SRT-Werte

Bei allen Messungen entspricht die Schwingrichtung des Pendels der Fahrtrichtungsmarkierung des Bohrkerns. Es werden nur Nassmessungen durchgeführt, dabei wird die Probenoberfläche vor jedem Einzelversuch im Überschuss genässt. Nach dem Einspannen des Probekörpers und Ausrichten des Pendels mit dem Reiblängenmaßstab werden 6 Pendelwerte ermittelt. Der erste Wert wird verworfen, aus den folgenden wird das arithmetische Mittel gebildet und auf volle Einheiten gerundet. Eine weitere Berücksichtigung von Toleranzen erfolgt nicht. Anschließend wird der Probekörper bei Raumtemperatur gelagert, bis er lufttrocken ist.

Ölbehandlung und Reinigung

Der Bohrkern wird mit einer Blechmanschette versehen, welche die zu prüfende Fläche um etwa 40 mm überragt. Anschließend wird der Bohrkern so gelagert, dass seine Oberfläche waagrecht liegt. Auf die lufttrockene Oberfläche werden dann 20 ml Öl aus einer Mensur innerhalb von 5 Sekunden gleichmäßig aufgegossen. Nach einer Einwirkzeit von 30 Minuten wird der zu untersuchende Ölbinder - z.B. aus einem Becherglas - zügig so auf die Oberfläche geschüttet, dass sich eine Schichtdicke von etwa 2 cm ausbilden

kann. Anschließend sowie nach 5, 10 und 15 Minuten Einwirkzeit wird der Ölbinder mit einem harten Pinsel gründlich durchmischt und auf der Prüffläche eingearbeitet. Unmittelbar nach dem letzten Durchmischen (nach 15 Minuten Einwirkzeit) wird der Ölbinder zügig abgekehrt und danach frischer Ölbinder in gleicher Art und Menge aufgebracht. Sofort nach dem Aufbringen und nach 5 Minuten wird – wie oben beschrieben - durchmischt und anschließend erneut abgekehrt. Dann werden 40 ml einer 1%igen Netzmittellösung (z.B. Pril) aufgegossen. Diese Lösung wird nach einer Einwirkzeit von 5 Minuten mit etwa 4 l Wasser abgespült.

Auswertung

Aus den Mittelwerten vor und nach der Behandlung wird die Differenz in SRT-Einheiten und der prozentuale Abfall angegeben. Dieser ist ein Wert ist ein Maß der für die Gleitreduktion des Ölbinders.

Anhang H

Pilotanlage zur Erzeugung von Maiskolbengranulat

1 Auswahl und technische Spezifikationen

Auf Basis der technischen Recherchen und der Ergebnisse aus den Laborversuchen wurden die technischen Spezifikationen der Pilotanlage definiert. Die Pilotanlage umfasst folgende Bereiche: Lagerung mittels Speichercontainer, Vorlagetrichter und Zuführband, Mühle und Sammelbehälter sowie die Sichtenanlage (Siebböden, Gebläse zur Fraktionierung der Leichtfraktion) mit Sackabfüllung und Verwägung.

1.1 Lager und Behältnisse

Die Maisspindeln aus der Saatmaisproduktion Wollsdorf (Fa. Steirerkraft) wurden mittels Sattelzug angeliefert und in Kleincontainer mittels Stapler umgefüllt. Die Container waren am Betriebsgelände der Firma PSO Buchgraber mit den Abmessungen 1,7x1,0x1,4 Meter (Breite-Tiefe-Höhe) in ausreichender Stückzahl vorhanden. Die Rohware konnte so trocken und geschützt in der Halle gestapelt werden. Die selben Container wurden auch als Zwischenspeicher unter der Mühle benutzt, da der Mühlendurchsatz bei weitem geringer ist als jener der angemieteten Sichtenanlage.

Das fertige Produkt für die Praxistests wurde in 3-schichtige Papiersäcke zu je 100l abgefüllt und abgenäht. Diese wurden auf Paletten gestapelt und ebenfalls trocken in einer unbeheizten Halle gelagert. Die Wiederaufnahme von Wasser während der Lagerphase war minimal und veränderte die Produkteigenschaften nicht nachweisbar. Man kann daher davon ausgehen, dass das Produkt nahezu unbegrenzt ohne Wertverlust lagerfähig ist.

1.2 Mühle und deren Steuerung

Aufgrund der Untersuchungen im Labor und den Erfahrungen aus den Mahlversuchen wurde als Mühlentyp die Schneidmühle gewählt, nachdem die Härte und Zähigkeit der Maisspindeln an Duroplaste erinnert und es positive großtechnische Erfahrungen aus dem Kunststoffrecycling gibt. Der Durchsatz der Anlage sollte so gestaltet sein, dass die Mengen der Praxisversuche in 5 bis 8 Wochen Testbetrieb produziert werden können. Bei einer Sollmenge von ca. 500kg für diesen Zeitraum, ergab sich der Bedarf an einer Mühle von der Leistungsgröße um 5 KW, die laut Angaben der Hersteller je nach Sieblochung um die 30 bis 50 kg Rohstoff in der Stunde verarbeiten kann. Die technische

Ausschreibung umfasste folgenden Lieferumfang: aufeinander abgestimmte Kleinanlage, bestehend aus einer Schneidmühle mit Stahlgestell und dem Aufgabesystem.

1. *Gestell*

Die Schneidmühle ist auf einem vorne offenen Gestell so anzubringen, dass der Granulatbehälter (mit den Maßen LxBxH = 170x104x140) ohne zusätzliche Fördereinrichtung befüllt werden kann. Der Granulatauslass der Mühle ist ca. in der Höhe 150 cm über dem Boden vorzusehen. Seitlich hat der Abstand des Granulatauslasses mindestens 50cm von der Behälterkante (oder ca. 60 cm von der Gestellinnenkante) zu betragen. Das Gestell ist stabil und verstrebt als Stahlkonstruktion auszuführen, um einen problemlosen Betrieb sicherzustellen. Das Gestell muss vom Granulatauslasses an der Rückseite noch ca. 55 cm entfernt sein, um den Behälter gleichmäßig zu füllen. Die Befüllung des Vorratstrichters und die Entleerung des Granulatbehälters erfolgt von der gleichen Seite mittels Stapler.

2. *Schneidmühle*

Die Schneidmühle ist zur Zerkleinerung von getrockneten Maisspindeln vorgesehen, die ganz oder teilweise gebrochen der Mühle zugeführt werden. Die Spindeln haben eine maximale Länge von 30cm und einen Durchmesser von 4,5cm (auf einer Seite). Das Schüttgewicht der Rohware ist maximal 400 kg/m³.

- o Durchsatz: mindestens 30kg/h bei einer Sieblochung von 4mm (Rundloch)
- o Antrieb: 4 bis 5,5 (7,5) KW Nennleistung
- o Siebeinlage: 2,5mm, 4 und 10mm Rundloch
- o Werkstoffe: Maschinengehäuse Guss oder gleichwertig, Scheidwerkzeuge Spezialmesserstahl, Bleche St. 1203 oder gleichwertig
- o Dem Angebot ist ein Satz Verschleißteile (Rotor- und Statormesser) anzuschließen.

Die Sicherheitsstandards (Schutzschalter, Eingriffssicherung, Schallemission, etc.) sind nachzuweisen.

3. *Dosierung und Aufgabesystem*

Die Zufuhr der Spindeln zur Mühle soll halb-automatisch erfolgen. Ein Vorratstrichter ist herzustellen, aus dem mittels Förderband die Spindeln in die Mühle transportiert werden.

- o Durchsatzregelung, um unterschiedliche Betriebszustände zu ermöglichen (zwischen 10 und 120 kg/h)
- o Förderstopp des Bandes bei Überlastungsgefahr des Motors (z.B. Steuerung der Bandgeschwindigkeit oder Ein/Aus über die Motorbelastung)

- o Maximale Höhe zur Befüllung des Vorratstrichters (Vorderkante) 260cm über Boden (Raumhöhe 400cm)
- o Ca. 1m³ Volumen des Vorratstrichters

Das System sollte mit dem Mühlenaufbau eine Gesamtbreite von 2 Meter und eine Gesamtlänge von 5,6 Meter nicht überschreiten. Das Schrägförderband ist für stationäre Ausführung mit Unterstützungsgestell und Seitenleisten auszuführen (Motorleistung > 150 Watt). Gurtbreite nach Bedarf (Stege erforderlich). Wenn auf Grund einer niederen Mühlenbauart der Vorratstrichter über der Mühle montiert und eine geeignete Zufuhrregelung eingebaut werden kann, so ist auch diese Variante erwünscht. Es können auch gebrauchte Geräte angeboten werden, deren vortrefflicher Zustand garantiert werden kann.

Die Ausschreibung ergab 5 Angebote, von denen 4 brauchbar waren und denen detaillierte Verhandlungen folgten.

Tab. 16 Grunddaten der Schneidmühlen nach der Ausschreibung

	Firma	Tel.	Kontakt	Anbot	Typ	Preis netto Euro	Leistung KW	Durchsatz kg/h	Messer Stück
A	MHG Hombak GmbH	0049-6332-9138-50	Walter Weber	ja	MZ SV 35-50	20.300	11	150	2, 6
					Ro 32/40	11.440	7,5	80	3, 4
B	Hellweg-MB GmbH&CoKG	0049-2471-4254	Norbert Heinen	ja	MG 240/180	16.208	5,5	80	2, 3
D	Herbold Mecksheim GmbH	0049-6226-932-0	Markus Zimmermann		SML-LS 35-42	k.A.	7,5		2, 21
				ja	AG-MZ-15167	5.520	2,2	50	2, 15
		gebraucht			Romatec ZSML 20-26	5.645	4	50	24, 2
C	Hosokawa Alpine (Rotoplex)	0049-821-5906-250	Herr Seiter	ja	ALPINE Ro 20/12	6.580	4	30	3, 2
					ALPINE Ro 28/28	17.310	7,5	55	3, 2

Die Herstellerangaben für den Durchsatz lagen in den Offerten deutlich über den tatsächlichen Leistungen. Die Leistungen wurden dann auch deutlich darunter garantiert, nachdem praktische Versuche durch die Lieferanten gefahren wurden. Neben den in Tabelle 16 angeführten Mühlenkosten wurden Ersatzteile und die Zuführeinheit mit Steuerung angeboten. In der Regel waren diese Einheiten im selben Kostenvolumen wie die Mühle selbst.

Die Entscheidung fiel schlussendlich auf die Gebrauchmaschine der Herbold Meckenheim GmbH, mit folgenden Rahmenbedingungen:

- gut durchdachter Spezialbehälter als Vorlagetrichter (Gefahr der Brückenbildung)
- annehmbare Zahlungsbedingungen sowie eigene Montage und Inbetriebnahme durch Vorfertigung möglich
- gebrauchte Romatec 20/26 Maschine dem Budgetpreis für die Technikumsanlage angepasst; Durchsatzangabe OK, aber fraglich ob bei 2,5 mm Lochung erreichbar; Mühle - Motor direkt verbunden (kein Riemen), Öffnung Zufuhr ca. 200x260; Lärmschutz durch Langsamläufer (auch weniger Staubentwicklung), 4 KW Nennleistung
- einfach zu öffnen/reinigen, ausreichender Förderbandmotor, Maschine ist energieeffizient (viele/versetzte Rotor-Messer)

Die Angebotsverhandlungen und die Einigung auf einen Liefervertrag dauerten länger als vorgesehen, sodass man bei Projekten mit Pilotanlagen auf diesem Gebiet einen großen Zeitraum einplanen sollte. Mit Ausschreibung (2 Wochen), Verhandlungen (4-6 Wochen) und einer Lieferzeit von 10 bis 12 Wochen (und länger bei Schwierigkeiten) muss man mit einer Zeitspanne von ca. 5 Monaten in Summe rechnen. Dieser Umstand bewirkte vor allen anderen den verzögerten Projektabschluss.



Abb. 59: Schalt- und Steuerkasten sowie Motor der Schneidmühle Romatec 20/26

In der Abbildung erkennt man die Steuereinheit und den Mühlenkasten, auf dem der Motor direkt angeflanscht ist. Hauptschalter, Kontrollanzeigen und der Notschalter sind darauf angebracht. Für alle technischen Details siehe Anhang J.

1.3 Sichtanlage

Durch die Kooperation mit der PSO Buchgraber in 8330 Auersbach konnte eine hochprofessionelle Sieb- und Sichtanlage mit einer hohen Stundenleistung für das Projekt gemietet und benutzt werden. Die Anlage wurde von der KWA Anlagenbau GmbH (Fürstenfeld) nach dem Vorbild dänischer Sämereisortieranlagen gebaut. Die PSO verwendet die Anlage hauptsächlich zur Reinigung und Sortierung von Saatgut (Grassamen).



Vor der Gutaufgabe ist auch eine Bürststation vorhanden, in der rotierende Bürsten das Gut schonend reinigen können. Dieses System wurde zur optischen Aufbesserung des Hygienestaus mit Erfolg eingesetzt.

Abb. 60: Frontansicht der Sichtanlage der PSO Buchgraber in Auersbach (Gutaufgabe oben, darunter 2 Siebbehälter und die Rohrleitungen für das Gebläse)

Die Funktionsweise des Sichters ist folgendermaßen: nach Aufgabe des Mahlgutes in den Vorlagetrichter wird der Maisspindelgrieß über ein Austragsband vordosiert und über einen schonenden Becherelevator in die Gutaufgabe am Kopf der Maschine geführt. Von dort aus gelangt es auf das Rüttelsieb (mit gewünschter Lochung), das gleichzeitig von unten mit Luft durchströmt wird. Der Luftzug trennt die leichten Teile (Mark, Blättchen der Spelzen, Staub) vom Mahlgut ab, die in einem Zyklon abgeschieden werden und über eine Schnecke in den Reststoffcontainer gelangen. Je nach Sieblochung (Fraktionierung) kann die Anlage das Obersiebmaterial (z.B. über 7mm), das Produkt (z.B. 4,5 bis 7mm) und das Untersiebmaterial (z.B. 0 bis 4,5mm) getrennt auswerfen. Alle Teilströme wurden in separaten Containern gesammelt und verwogen, um die Massenbilanz überprüfen zu können.



Je nach Aufgabenstellung kann diese Anlage bis zu 2.000 kg pro Stunde an Gut bei einer Leistung von 90 KW elektrisch verarbeiten. Dieser Durchsatz wurde beim Hygienematerial erreicht, bei Ölbinder konnte nur 60% der Leistung gefahren werden. Die Anlage erwies sich für den Anwendungsfall als bestens geeignet.

Abb. 61: Absackstation mit Wägvorrichtung zur präzisen Gewichtsabfüllung der Fertigware

2 Aufbau und Versuchsplan

Die Mahlanlage wurde in derselben Halle, in der die Sichtenanlage steht, aufgebaut. Auf der Abbildung 62 befindet sich rechts der Vorratstrichter, aus dem mittels Bandförderung das Gut zur Mühle transportiert wird.



Abb. 62: Aufbau und Ansicht der Mühlenpilotanlage

Der Trichter, das Förderband sowie die am Gestell montierte Mühle waren so vorgefertigt, dass wir die Aufstellung ohne Probleme durchführen konnten. Die Inbetriebnahme erfolgte im Dezember 2002 unter extrem kalten Bedingungen. Bei Sieblochung über 4mm funktionierte die lastabhängige Steuerung der Mühle nach der Feineinstellung gut. Unter 4mm traten immer wieder Steuerungsprobleme auf, da durch die kleine Lochung die Mühle immer knapp an der Lastgrenze fuhr. Aus diesem Steuerungsproblem lernt man, dass insbesondere Motoren von Mühlen, die mit kleiner Lochung arbeiten, etwas überdimensioniert werden sollten. Dadurch ist der Abstand zur Lastgrenze groß genug und die Automatisierung funktioniert mit höherer Sicherheit. Andere Steuerungsmechanismen, wie Photozellen oder Füllstandsmesser, sind aufgrund der Staubentwicklung und der unterschiedlichen Materialeigenschaften riskant einzusetzen.



Abb. 63: Befüllung des Vorlagetrichters und Zufuhr des Mahlgutes mittels Bandförderer mit Stegen

Die Abbildung 63 zeigt die Befüllung des Vorlagetrichters mittel Gabelstapler mit Drehkranz. Danach fördert das Förderband (mit Stegen, um ein Rückrutschen zu vermeiden) die Spindeln in den Mühltrenner. Nach unten fällt das Mahlgut in einen Container. Die größte Staubemission führt über den Mühltrenner hinaus. Mittels einfachem Zyklon mit leichtem Unterdruckgebläse kann der Staub vermieden werden.



Abb. 64: Mühlenpilotanlage im Vollbetrieb; Befüllung über Stapler mit Drehkranz

Aus den Sammelcontainern unter der Mühle wurde dann die Sichtanlage befüllt, nachdem ca. 3 Container gemahlen waren. Dabei wurden folgende **Versuche und Testläufe** gefahren:

Mühle

1. Mahlen von Spindeln mit 10mm, 4mm und 2,5mm Rundloch
2. Bestimmung der Durchsatzleistung bei den 3 Lochungen
3. Bestimmung der Korngrößenverteilung
4. Mahlen der Restfraktion „2 bis 3,5mm“ (20/35) mittels 2,5mm Rundloch; Bestimmung des Durchsatzes und der Korngrößenverteilung

Sichtanlage

5. Sichtung der Fraktion 3,5 bis 8mm für Hygienematerial mit und ohne Bürstung
6. Sichtung der Fraktion 0 bis 2mm für Ölbinder mit Bürstung
7. Sichtung der Restfraktion 2 bis 3,5mm

Labor

8. Bestimmung der adsorptiven Eigenschaften der gewonnenen Fraktionen im Labor

Praxistests

9. Praxistests bei der Straßenmeisterei, 8330 Feldbach (Ölbinder, Versuchsleiter Mag. Brandstätter)
10. Praxistests bei der Feuerwehr der Stadt Graz, 8020 Graz (Versuchsleiter: BOK Ing. D. Pilat)
11. Tests des Hygienematerials Landestierschutzverein für Steiermark – Tierheim Grabnerstraße, 8010 Graz (Versuchsleiterin: Frau Schuster)

3 Ergebnisse der Testproduktionen

In diesem Abschnitt sind die Ergebnisse aus den Produktionsläufen der Pilotanlage dargestellt und zusammengefasst.

3.1 Korngrößenverteilung und Durchsätze

Mittels Analysesiebe wurden die Fraktionen nach der Mühle getrennt und verwogen (Fehler +/- 1%). Daraus ergaben sich die Anteile der jeweiligen Fraktion, die in Abbildung 65 in % dargestellt sind. Dabei wurde eine Schrittgröße von 0,5mm gewählt. Man erkennt, dass die Schneidmühle ein breites Spektrum an Korngrößen liefert, dass umso unspezifischer ist, je größer die Lochung ist. Die Verteilung erinnert an eine Gauß-Funktion, da beide Äste über und unter dem Maximum in etwa die gleiche Steigung haben.

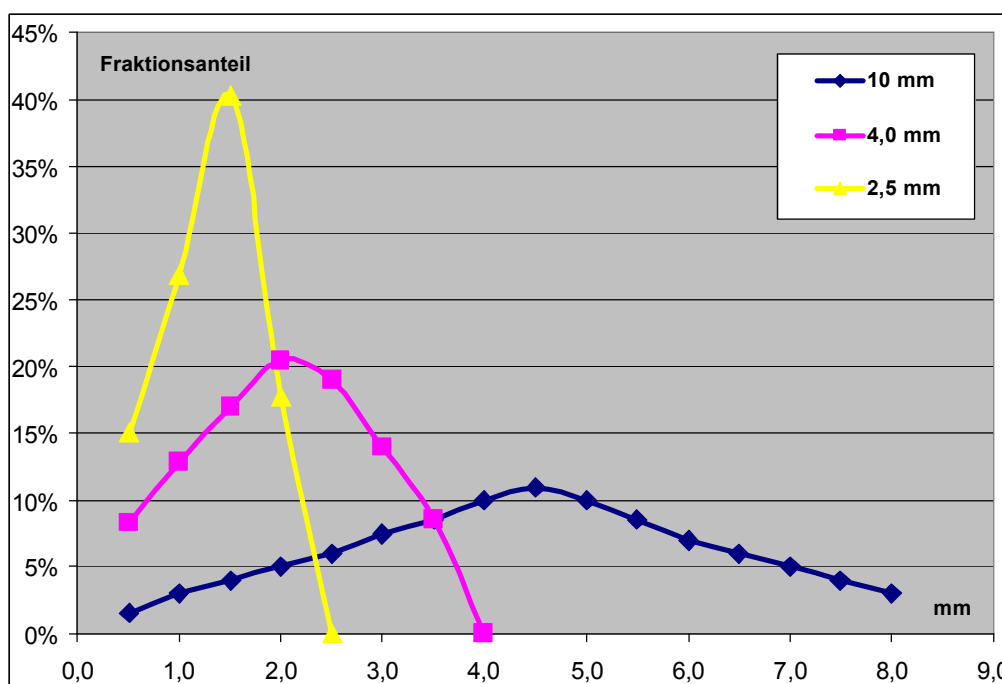


Abb. 65: Korngrößenverteilung des Mahlproduktes bei verschiedenen Sieblochungen

Wie bei den Laborergebnissen zeigt sich, dass auch in der Pilotanlage das 2,5mm Rundloch das beste Ergebnis für Ölbinder liefert (Granulatmaximum zwischen 0,5 und 1,5 mm). Für Hygienematerial bringt das 10mm Rundloch gute Ergebnisse: die Fraktion 3,5 bis 8mm, die durch langhaarige Haustiere nicht verschleppt wird, wird mit hohem Anteil produziert. Als Faustformel gilt damit für die Schneidmühle, dass das Fraktionsmaximum ca. beim halben Lochdurchmesser liegt.

Durch den höheren Zerkleinerungsenergiebedarf sinkt naturgemäß der Durchsatz bei kleinerer Sieblochung. Nach den Herstellerangaben liegt der Normdurchsatz bei 11 kg Rohstoff pro KW Nennleistung. Für den Fall von Maisspindeln würde dieser Durchsatz real bei einer Sieblochung von 6mm erreicht werden. Die Abbildung 66 zeigt die Durchsatzleistungen der Pilotmühle bei Maisspindeln, nach Ergebnissen der Herbold GmbH und den eigenen gemessenen Daten an der Pilotmaschine.

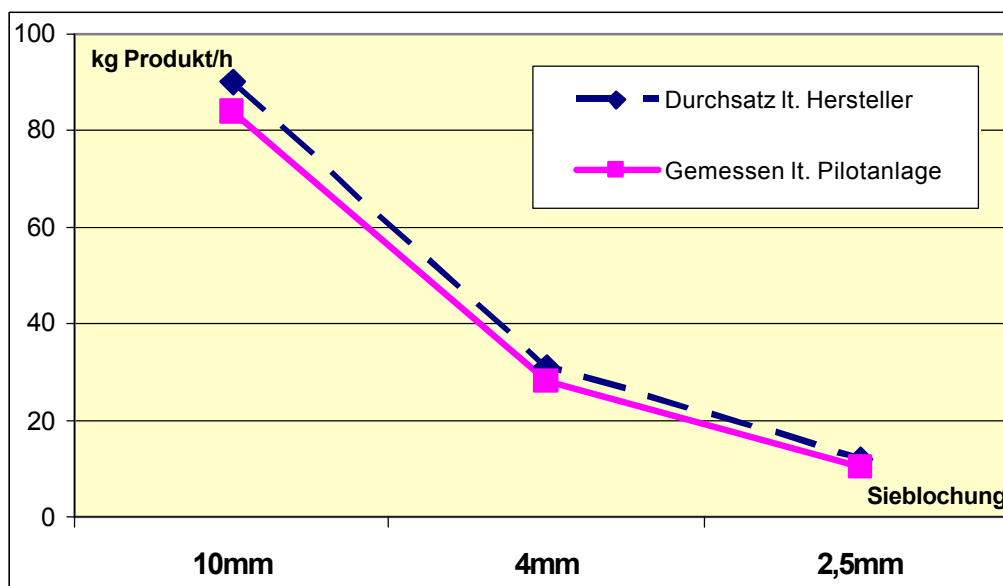


Abb. 66: Mühlendurchsatzleistung in der Pilotanlage (4KW Nennleistung)

Tab. 17 Verteilung der Siebfractionen bei 10mm

Verteilung nach Mühle	10mm	Menge kg	Wasserbinder	Menge theor.
Staub	0,24%	2,4	0%	0,0
300 µ	0,43%	4,3	0%	0,0
500 µ	1,41%	14,1	0%	0,0
1000 µ	7,44%	74,4	0%	0,0
2000 µ	46,87%	468,7	61%	288,1
5000 µ	40,69%	406,9	100%	406,9
8000 µ	2,97%	29,7	80%	23,8
Summe		1000,7	72%	718,8

In der Tabelle 17 wurden die theoretische Menge berechnet, die die Fraktionierung durch die Sichtanlage ergeben müsste. In Summe müssten von 1000kg ca. 719kg als Produkt zustande kommen.

In Summe ergab sich jedoch folgendes Bild:

Produkt: gebürsteter HY 35/80, 450 kg (45,0%)

Rest 1: Über/Untersiebfraktion, 495kg (49,5%)

Rest 2: Windsichtfraktion, 45 kg (4,5%)

Verluste: 10 kg, (1,0%)

Das Sichterprodukt liefert daher die Aussage, dass nicht die gesamte brauchbare Korngröße ins Produkt gelangt, da Dichteunterschiede (durch Mark- und Spelzenreste) den Austrag von zu leichten Körnern verursachen. In diesem Fall können nur 63% der theoretischen Produktmenge praktisch gewonnen werden.

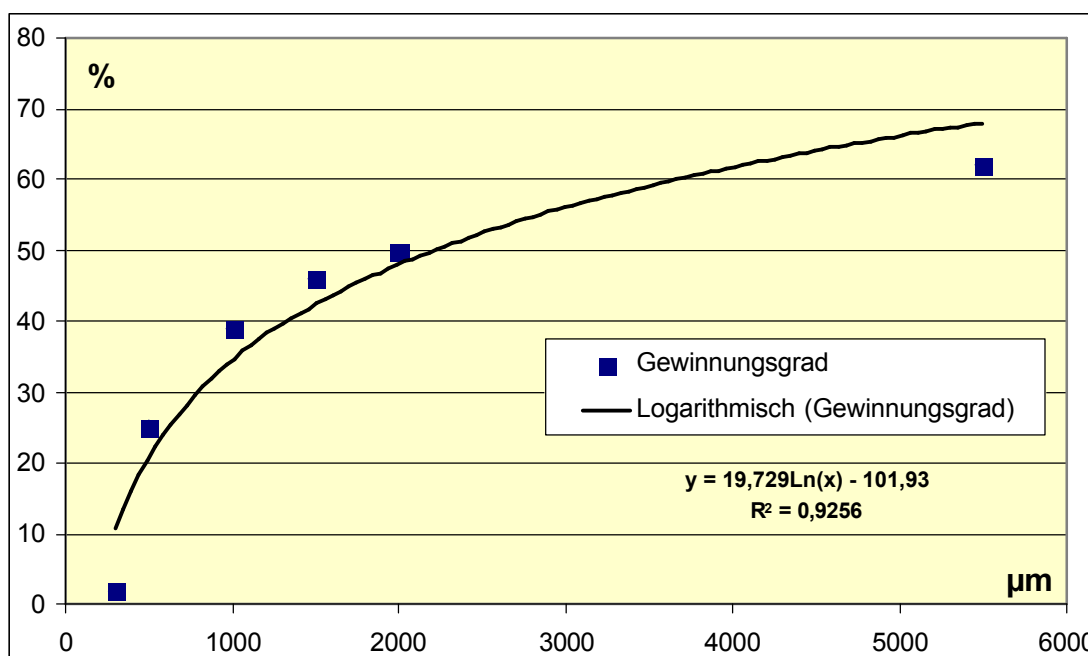


Abb. 67: Gewinnungsgrad als Verhältnis der Produktmenge nach Sichtung zur theoretischen Produktmenge nach Mahlung

Die Abbildung 67 zeigt, dass der praktische Gewinnungsgrad in der Sichtanlage mit der Kornfeinheit deutlich abnimmt. Das bedeutet, dass insbesondere für Ölbinder eine Feineinstellung der Anlage vorgenommen und die Luftstromführung sehr gleichmäßig bewerkstelligt werden muss. Bei der Pilotanlage gelang es nicht, Körner unter 0,3mm ins Produkt zu bringen.

3.2 Schaltungsvarianten der Anlage

Als Zielprodukte in diesem Projekt wurde Hygienematerial (Fraktion 35/80 für z.B. Katzen; Fraktion 20/35 für z.B. Kleinnager) und Ölbindemittel (Fraktion 0/20) gewählt. Die Bilanzen ergaben folgendes Ergebnis für 2.000 kg Rohstoff:

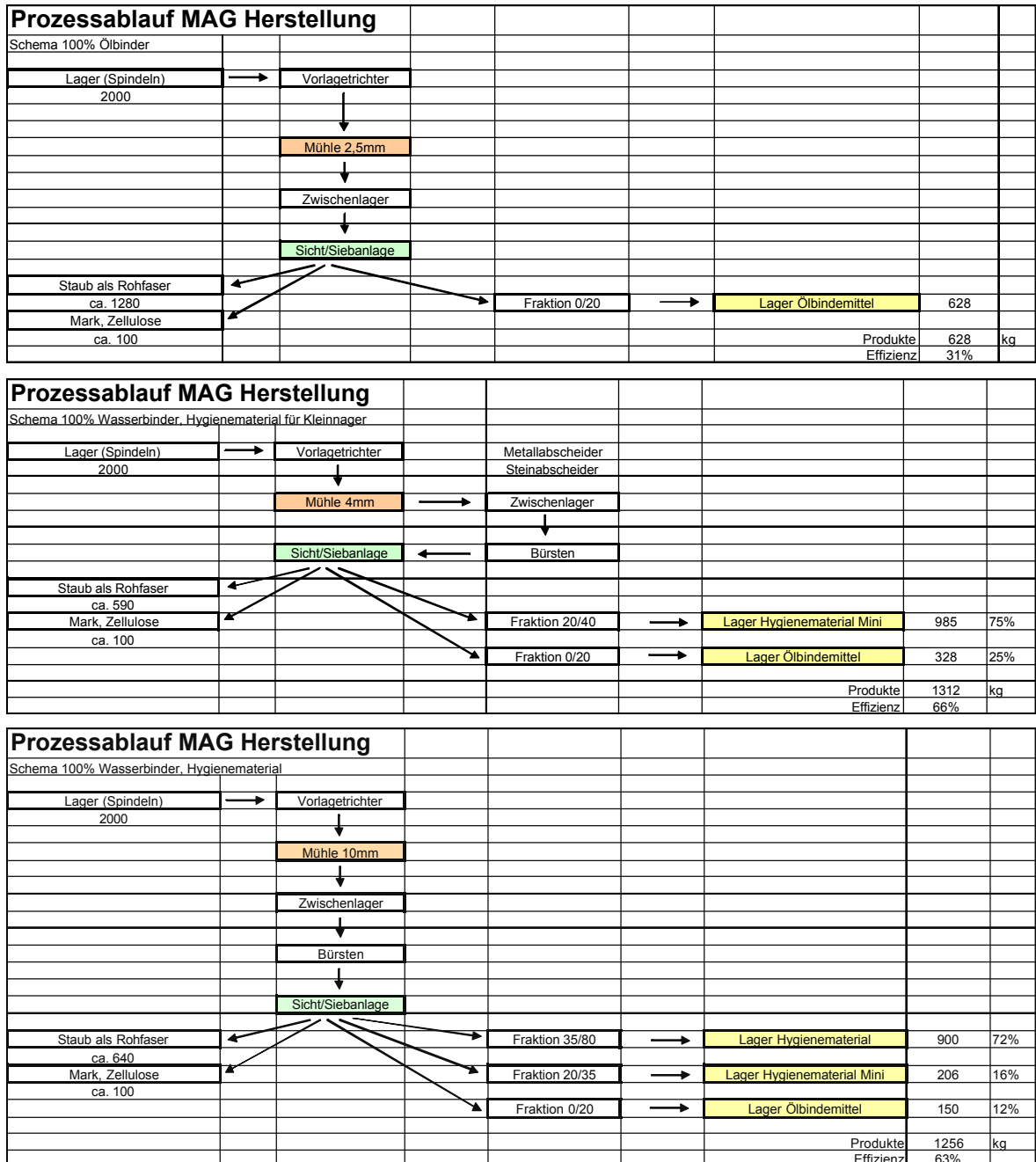


Abb. 68: Flussschema und Massenbilanz für 3 Siebgrößen und einfacher Schaltung

Für die Optimierung der Wirtschaftlichkeit der Anlage wurden verschiedene Prozessvarianten durchbilanziert. Jede Variante ergibt andere Produktmengenverteilungen und -arten. In der Abbildung 69 wird gezeigt, wie man durch

die Schaltung von 2 Schneidmühlen die Produktmengenverteilung dem Markt anpassen und austarieren kann.

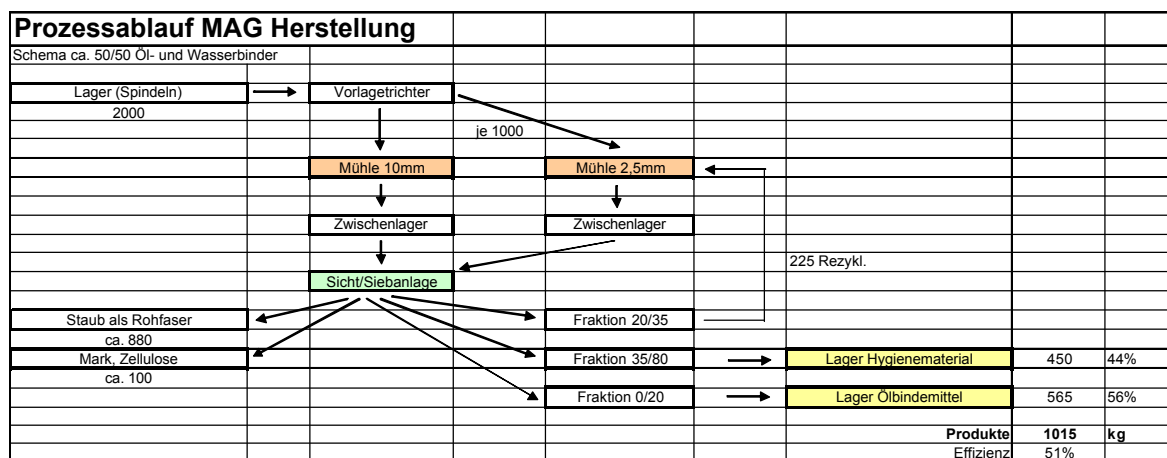


Abb. 69: Flussschema und Massenbilanz für 2 Siebgrößen und zwei parallelen Mühlen zur gezielten Produktmengensteuerung

Wie im Kapitel der Wirtschaftlichkeit näher dargestellt, kann man von folgenden Basisvarianten ausgehen, mit denen man alle Möglichkeiten ausloten kann (% beziehen sich auf Produktanteil in kg):

- HK 4:** 75% Hygienematerial für Kleinnager und 25% Öl binder
- HY 10:** Variante mit 72% Hygienematerial (grob), 16% Hygienematerial für Kleinnager und 12% Öl bindemittel
- HÖ 1:1** Variante mit 56% Hygienematerial (grob) und 44% Öl bindemittel
- ÖL 2,5:** 100% Öl bindemittel
- BRST:** Verwertung des Materials als Brennstoff zu 100%

Das BRST Szenario stellt den unteren Vergleichswert der Varianten dar. Bringt eine mögliche Schaltung eine schlechtere Kosten/Nutzen Relation, so ist es sinnlos diese wirtschaftlich umzusetzen.

3.3 Prüfung der Adsorptionsfähigkeit der Fraktionen aus der Pilotanlage

Nach der in Anhang E beschriebene Methode wurde das Material (MAG für MaisAdsorbensGranulat) aus der Pilotanlage einer Adsorptionsprüfung unterzogen. Dabei ergab sich folgendes Bild:

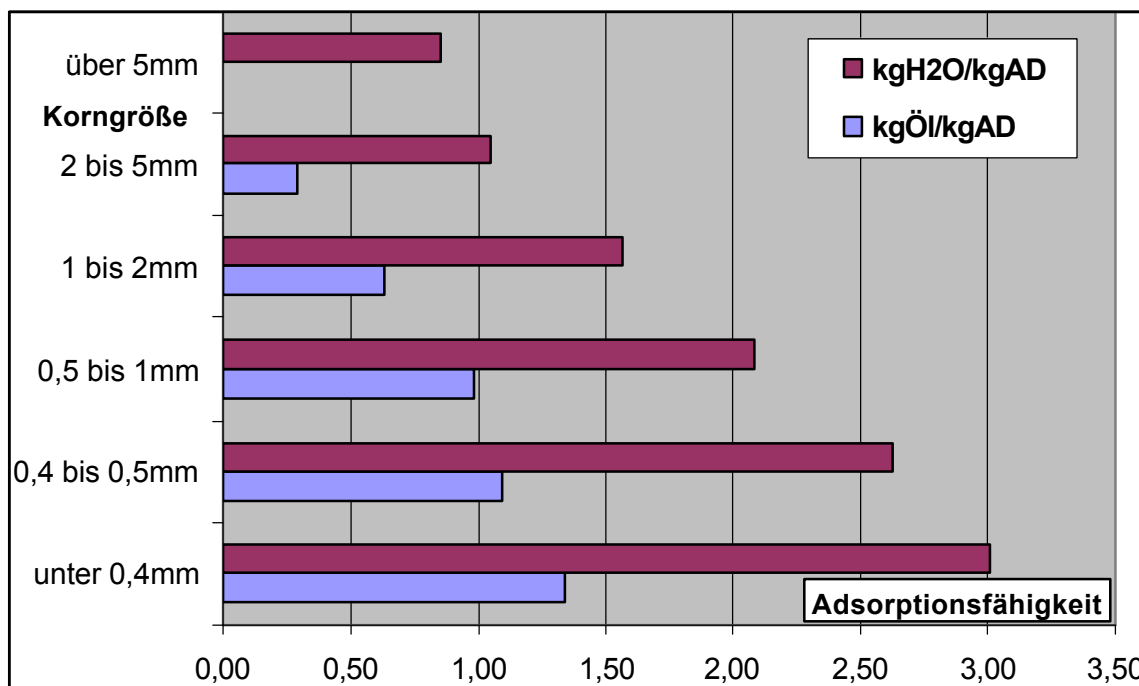


Abb. 70: Adsorptionsfähigkeit diverser Korngrößen von MAG aus der Pilotanlage

Die Untersuchungen zeigten, dass man mit diesen Werten die Adsorptionsfähigkeit für beliebige Mischungen mit einem Fehler von +/- 10% im voraus berechnen kann. So ergab sich z.B. für den Ölbinder (Pilotanlagenprodukt MAG 0/20) ein Wert von 0,70 kg Öl gebunden pro kg Granulat und für das Produkt Hygienematerial (HY 35/80) ein Wert von 1,0 kg Wasser pro kg Material. Die Ergebnisse des Materials aus der Pilotanlagen liegen damit in der Adsorptionswirkung etwas schlechter als im Labormaßstab. Dies dürfte vor allem auf die rauere Oberfläche des Labormaterials sowie auf Reste von Spelzen und Mark zurückzuführen sein

Tab. 18 Vergleichsmatrix verschiedener Ölbindemittel zur wirtschaftlichen Bewertung des Maisgranulats (3 Seiten)

	TIJOPA	ELCOSORB	Ekoperl-66	ÖCU SORB	Ekoperl-33
Trägersubstanz	spezifisch geschliffene Gummimehle	hydrophober Torf	geblähter Perlit	Polypropylen	geblähter Perlit
Konsistenz	Pulver	Fasern	Pulver	Vliesbahn	Pulver
Typ	I/II R	I/II R	I/II R	I/II SF	II R
Schüttgewicht [g/l]	295	150	80	185*	80
Korngrößenverteilung	0,125-1,5mm	zwischen 0,5-4,0mm 73,7%	0,5-2,0mm	k.A.	1,0-3,0mm
Adsorptionskapazität 1kg bindet xl Heizöl EL	2,030	2,470	3,750	3,890	3,130
Einsatzbereich	Feuerwehren, Katastrophenschutz, Gewässerschutz, Abwasserreinigung, Straßenmeistereien, Entsorgungsbetriebe, Flughäfen, Kfz-Industrie, Raffinerien, Tankstellen	Böden und Wasseroberflächen für Mineralöle, Motoröl, Dieselöl, Ölfarben, Kerosin, Benzin, Schwefelsäure,...	Bekämpfung von Ölunfällen auf Gewässern und auf Verkehrsflächen und im Gelände, sowie für die Beseitigung von Ölverschmutzungen im kommunalen und industriellen Kläranlagen, Ölabscheidern,....	Uferschutz an Flüssen, Bächen + Seen, Entfernen von Ölschlieren auf Wasseroberflächen, Ölverschmutzungen in gewerblichen Betrieben	Ölverschmutzungen auf Wasser und Böden (Industriebetriebe, Tankstellen, Raffinerien, Häfen, Kläranlagen)
Sonstiges	schwimmfähig auch im gesättigten Zustand;	hydrophob, schwimmt bis zu 72 Stunden	Grundwasserschutz durch Einbau von Ekoperl-66 als Filterschicht	hydrophob und schwimmfähig, geringes Gewicht	hydrophob und schwimmfähig
Hersteller/Vertreiber	J. u. P. Pammer Anger 3 A-5144 St. Georgen a. F.	FREIMMO INNOVATION GmbH. Postfach 16 23 48577 Gronau	Eduard Michels GmbH. Postfach 10 24 35 45024 Essen	RHONE-POULENC RHODIA AG Postfach 13 20 70013 Freiburg	Eduard Michels GmbH. Postfach 10 24 35 45024 Essen
Preis €/kg	€/l geb. Öl	€/kg	€/kg	€/kg	€/kg
	0,75	6,40	2,71	k.A.	1,93
	0,37	2,60	0,72	k.A.	0,62

SF Sonderform * Raumgewicht

TERRAPERL S Nova		TERRAPERL S Nova		EU-Grit		ELEPHANT SORB		ELEPHANT SORB Special		C4-ÖI-Ex	
Tobermorit	Tobermorit	Granulat/Grobkorn	Maiskolbengranulat	hochporöses Vulkangestein	hochporöses Vulkangestein	Granulat	Granulat	Granulat	Granulat	Chinaschliff	
III R	III R	III R	III R	III R	III R	III R	III R	III R	III R	Pulver	
425	330	330	500	330	330	330	330	320	320		
0,25-1,8mm	1,8-3,5mm		>4,0mm 4,0-0,5mm 0,5-0,125mm <0,125mm	0,3-4,0mm	0,3-4,0mm	0,3-4,0mm	0,3-1,5mm			k.A.	
1,320	1,210		0,580	0,970	0,970	0,970	1,090			2,220	
universell einsetzbar, wie Verkehrsflächen oder Industriebetriebe, Werkstätten oder Tankstellen	Einsatzbereich wo ein staubarmes Material gewünscht oder gefördert wird		Fabrik, Werkstatt, Straße für Mineralöl, Biodl, Schmieröl, Diesel, Hydrauliköl, Kühlschmiermittel, LM,...	Verkehrflächen für Öle, Lacke, Emulsionen, Laugen und Säuren	Verkehrflächen für Öle, Lacke, Emulsionen, Laugen und Säuren	Verkehrflächen für Öle, Lacke, Emulsionen, Laugen und Säuren	Universell einsetzbar für Öle, Lacke, Emulsionen, Laugen und Säuren			als Ölbindemittel und Bindemittel für Kraftstoffe, Säuren und Laugen	
abgestufter Feinkorbereich, dringt in Vertiefungen ein und saugt gefährliche Restmengen auf	leicht (anwenderfreundlich) und trotzdem nicht windanfällig		gesundheits- und kostenentlastende Eigenschaften (staubfrei, einfacher, weniger) bestimmen die Gebrauchsgüte	besonders rutschfest						Stadtwerke Wittenberg: Öbindefähigkeit auf Wasser sehr gut (Ölunfall auf Elbe 30.10.97)	
Eduard Michels GmbH. Postfach 10 24 35 45024 Essen	Eduard Michels GmbH. Postfach 10 24 35 45024 Essen		W. Freiherr v. Haxthausen Steinkuhle 16 33165 Lichtenau	Green Stuff Absorbent Products GmbH. Robert-Bosch-Straße 2, 67269 Grünstadt	Green Stuff Absorbent Products GmbH. Robert-Bosch-Straße 2, 67269 Grünstadt	Green Stuff Absorbent Products GmbH. Robert-Bosch-Straße 2, 67269 Grünstadt	Green Stuff Absorbent Products GmbH. Robert-Bosch-Straße 2, 67269 Grünstadt	JOKI Haustechnik GmbH. Weinbergstraße 1 19322 Wittenberge			
1,06	1,34	1,11	1,48-0,82	0,87	0,87	0,87	0,87	0,80		k.A.	k.A.
0,80			2,55-1,41	0,95	0,95	0,95	0,80				

Hybilat N		Universal- Ölbinder	MAG 0/20	ADM Labor	ADM Labor fein
gemahlener Bimsstein	gesintertes Mineralkorn	Maiskolbengranulat	Maiskolbengranulat	Maiskolbengranulat	Maiskolbengranulat
Granulat	Granulat	Granulat	Granulat	Granulat	Granulat
III R	III R	III R	III R	III R	III R
330	470	350	370	400	
0,3-4mm	1-3mm	0,3-2mm	0,5-1mm	0,25-0,5mm	
0,970	0,936	0,68	0,891	1,150	
geeignet für Verkehrsflächen, für Flüssigkeiten wie Öl, Bohremulsionen, Lacke, Säuren und Laugen	Industriebetrieben für Öle, Fette, Säuren; bei Unfällen auf Straßen und Autobahnen; auch verwendbar als Tierstreu und bei Winterreis als Abstumpfmittel;	Fabrik, Werkstatt, Straße für Mineralöl, Biodl, Schmieröl, Diesel, Hydrauliköl			
Blättchenstruktur, weitgehend staubfrei, rutschsicher	nicht wegschwemmbar und nicht windanfällig	biogen abbaubares Material, einfache Entfernung, gute Gebrauchsgüte			schmiert leicht, schlecht entfernbar, zu feines Material, keine Rutschhemmung bei Einsatz
Joseph Raab GmbH & CoKG Gladbacher Feld 5 56566 Neuwied	Sackfabrik u. Industrietextilien Peter Hofsummer Ommerbornstraße 31-33 51465 Bergisch-Gladbach	Pilotanlage, Kornberg Institut, Fabrik der Zukunft, Auersbach 130, 8330 Feldbach			
0,37	0,38	1,17	-	-	-
	k.A.	1,72	-	-	-
	k.A.				

Tab. 19 Vergleichsmatrix verschiedener Hygienestreus (Kleintier u. Katzen) zur wirtschaftlichen Bewertung des Maisgranulats (2 Seiten)

Bezug	Chipsi-Mais Heimtierstreu	Chipsi-Mais Citrus	Sonnenland grob	Vitaform grob	Maisstreu grob	Chipsi Streu	Chipsi Citrus
Hersteller	Hersteller J. Rettmaier + Söhne GmbH&Co. KG	Hersteller J. Rettmaier + Söhne GmbH&Co. KG	Top Zoo	Top Zoo	Top Zoo	Top Zoo	Top Zoo
Gebindegröße/Gewicht	10 l	10 l	20 l	15 l	40 l	50 l	56 l
Preis/Gebinde	1,80 €	1,98 €	4,92 €	3,83 €	9,13 €	2,12 €	2,73 €
Preis / kg (kursiv) bzw. l	0,391 €	0,430 €	0,572 €	0,590 €	0,228 €	0,042 €	0,055 €
Fabrikspreis (kursiv) bzw. Annahme	0,391 €	0,430 €	0,381 €	0,393 €	0,152 €	0,028 €	0,036 €
Material	Maisgranulat	Maisgranulat mit Zitronenöl	Maisgranulat	Maisgranulat	Maisgranulat	Weichholz	Weichholz mit Zitronenöl
Eignung	Kleintiere	Kleintiere	Kleintiere	Kleintiere	Kleintiere	Kleintiere	Kleintiere
Schüttgewicht [g/l]	460-520	460-520	430	433			
Korngröße-Hauptteil [µm]	2200-3000	2200-3000	grob	grob	grob		
Wasseraufnahme [g/100g]	200-300	200-300		min. 62			
sonstige Eigenschaften	staubfrei, bleibt nicht haften, Geruchsbindung, klumpt nicht	staubfrei, bleibt nicht haften, angenehmer Geruch, klumpt nicht		staubfrei, Geruchsbindung, haftet nicht		billig	angenehmer Geruch
Anmerkungen	Qualitätsführer , nicht für Katzen	Qualitätsführer , nicht für Katzen	Tschechien	aus Österr.	Preisführer	nicht für Katzen	nicht für Katzen
Großhändler, wenn bekannt	Junkel Theresienfeld, Vitaform, Perro, Zoohaus, Fressnapf	ab Herbst 2003 in Ö		Vitaform			

	Press Streu Little Friend	Catsan	Tierell Cati	Binaton	Bentosan	Aro Algamit	O'Lacy Cati	Cats Best Öko Plus	Super Carino	Percato
Bezug	Metro	Top Zoo	Metro	Metro	Metro	Metro	Metro	Top Zoo	Top Zoo	ZooPlus
Hersteller			Hesa Saaten Himberg			Eigenmarke		J. Reitmaier + Söhne GmbH&Co. KG	H. von Gimbern GmbH	Karlie Heimtierbedarf
Gebindegröße/Gewicht	4 kg	20 l	20 l	15 kg	10 kg	30 l	10 l	10 l	20 kg	7,2 l
Preis/Gebinde	1,89 €	7,87 €	3,69 €	4,99 €	3,63 €	5,29 €	4,59 €	6,05 €	9,08 €	6,63 €
Preis / kg (kursiv) bzw. l	0,47 €	0,47 €	0,185 €	0,33 €	0,36 €	0,176 €	0,46 €	0,61 €	0,45 €	2,07 €
Fabrikpreis (kursiv) bzw. Annahme	0,315 €	0,31 €	0,12 €	0,22 €	0,24 €	0,12 €	0,31 €	0,40 €	0,30 €	1,38 €
Material	Weichholz	Quellton	Quellton	Bentonit	Bentonit	Bentonit	Bentonit	Pflanzenfasern	Bentonit	Silikagel?
Eignung	Kleintiere	Katzen	Katzen	Katzen	Katzen	Katzen	Katzen	Katzen	Katzen	Katzen
Schüttgewicht [g/l]										444
Korngröße-Hauptteil [µm]										
Wasseraufnahme [g/100g]										
sonstige Eigenschaften	billig	klumpt	klumpt	klumpt	extra saugstark, klumpt					klumpt nicht, staubfrei, extreme Saugwirkung
Anmerkungen	nicht für Katzen	bekannt	billig			super billig		Der Testsieger		Premium bis 1 Monat im Katzenklo, Kugeln werden negativ bewertet - Granulat am Markt
Großhändler, wenn bekannt										

Anhang I

Wirtschaftliche Bewertung und Produkterprobungsphase

1 Wirtschaftliche Bewertung

Die wirtschaftliche Bewertung der Produkte und Verfahren wurde auf Basis einer (fiktiven) dezentralen Anlage durchgeführt, die 3.000 Tonnen Maisspindeln im Jahr verarbeitet. Das entspricht in etwa 430 Hektar Anbauflächen. Für die in diesem Projekt untersuchten Produkte hat diese Anlage eine durchaus ausreichende Dimension.

1.1 Kosten der Rohstoffe und Energiepreise

Bei der Saatmaisproduktion fallen Maisspindeln als Nebenprodukt an. Diese sind sauber, sortenrein, steinfrei, getrocknet und haben dadurch eine ausgezeichnete Qualität zur Produktion von adsorptiven Materialien. Bisher werden die Spindel als Energieträger genutzt, um die Trocknungswärme aus dem Prozess heraus bereit zu stellen. Rechnet man den Heizwert und die Energiekosten um, so ist der Basispreis für diese Spindeln mit 16 Cent anzusetzen. Nachdem das Gut bereits getrocknet wurde kann man die Trocknungskosten aus Sicht der Saatproduzenten dazu zählen. Mit dem Manipulationsaufwand zur Verlieferung ergab sich ein Einkaufspreis für die Spindeln zu 22 Cent netto, der aus der Sicht der bereits vorhandenen Nutzung und Qualität gerechtfertigt ist.

Tab. 20 Rohstoffkosten für 2 Bringungsarten

	Saatmaisspindeln €/kg Rohstoff	Spindeln bei Ernte €/kg Rohstoff
Spindeln	0,220	0,019
Anlieferung	0,038	0,015
Trocknung	0,000	0,048
Entsteinung, Magnetabscheidung	0,000	0,002
Lieschen- und Entsteinverlust	0,000	0,007
<i>Summe frei Anlage</i>	<i>0,258</i>	<i>0,090</i>

Daneben besteht jedoch die Möglichkeit, wie im Anhang C beschrieben, Maisspindeln durch eine umgebaute Erntemaschine auf einem Ladewagen zu sammeln. Der Landwirt bekommt für Spindeln und Lieferung in Summe 3,4 Cent (wobei ihm ca. 1/3 davon als Kosten anfallen), was einen zusätzlichen Deckungsbeitrag pro Hektar von ca. 240 € bedeutet. Diese Kostensituation ist durchaus lukrativ und könnte ohne weiteres umgesetzt werden. Bevor diese Rohstoffart in der Anlage verarbeitet werden kann, muss sie

getrocknet und von Fremdstoffen sowie Lieschen befreit werden. Dazu kann man vorhandenen Technologien einsetzen. In Summe (vgl. Tabelle 20) ergibt sich trotzdem für Rohstoffe aus der normalen Ernte ein mehr als deutlicher Preisvorteil von -65%. Nachdem die Rohstoffkosten den Löwenanteil der Produktionskosten ausmachen (siehe unten) ist der Aufbau einer hier beschriebenen Ernteorganisation während der Anlaufphase dringen erforderlich.

Bei den *Energiekosten* werden heutige Standardpreise angesetzt. Für 1 kWh elektrisch 15 Cent und für 1 kWh thermisch 4,2 Cent. Energie wird beim Trocknen der Spindeln sowie für den Antrieb aller Maschinen eingesetzt.

1.2 Investitions- und Personalkosten

Die Investitionskosten von Schneidmühlen sind mit zunehmender Leistung degressiv. In Abbildung 54 sind die Investitionskosten gegen die Nennleistung der Mühle aufgetragen. Für Zubehör und Fördertechnik wurden zusätzlich 58% Aufschlag berücksichtigt.

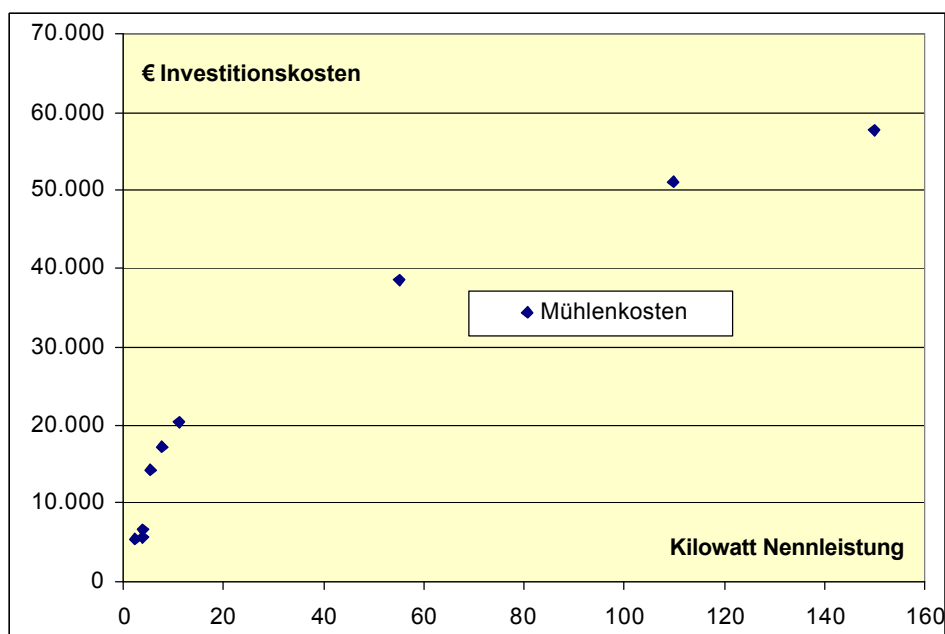


Abb. 71: Investitionskosten von Schneidmühlen

Die Größe der Mühle ergab sich aus der Durchsatzleistung und dem Bedarf an der jeweiligen Produktgruppe.

Folgende Eckdaten wurden bei der Errechnung der Gebäude, Maschinen- und Anlagenkosten verwendet:

- Anlagengröße: 3.000 t/a, Betriebszeit 210 Tage im Jahr
- Betriebsstunden der Mühle (vollautomatisiert): 5.040 h/a, Durchsatz 595 kg/h
- Betriebsstunden der Sichtung (teilautomatisiert): 1.680 h/a, Durchsatz 1.786 kg/h
- Abschreibung der Bauwerke: 25 Jahre, Zinssatz 5,2%
- Abschreibung der Maschinen- und Anlagen: 8 Jahre, Zinssatz 5,2%

Die Sichtanlage des hier berechneten Verfahrens entspricht damit der Größe der real im Pilotbetrieb angemieteten Anlage. Die Investitionskosten der Anlage liegen bei 320.000 Euro, jene der Gebäude bei ca. 86.000 Euro (ohne Lager, Aufschließung und Verkehrsflächen). Es wird angenommen, dass die Anlage an einen bestehenden Betrieb angeschlossen wird, da für eine allein stehende Einheit die Kosten der Basisinfrastruktur zu hoch wären.

Zur Berechnung der Lagergrößen wurden folgende spezifischen Raumgewichte der Materialien verwendet:

Produkte	Bez.	kg/m ³
Hygienematerial grob	HY 35/80	300
Hygienematerial Kleinnager	HK 20/35	400
Ölbinder	MAG 0/20	350
Verluste	-	420
Brennmaterial	BRST	420
Ausgangsmaterial	Spindeln	160

Auch für die *Personalkosten* wurde angenommen, dass die Anlage an einen bestehenden Betrieb angeschlossen ist, und so von einer Person betreut werden kann. Hier wird nur die Produktion und Organisation der Rohwaren berücksichtigt nicht die Vertriebseinheit.

1.3 Produktmengen und Erlösstruktur

Wie bereits in den Massenbilanzen im Anhang H dargestellt können durch verschiedene Schaltungen und Sieblochgrößen verschiedene Produktarten und –mengen erzeugt werden. Die Abbildung 72 zeigt diese graphisch.

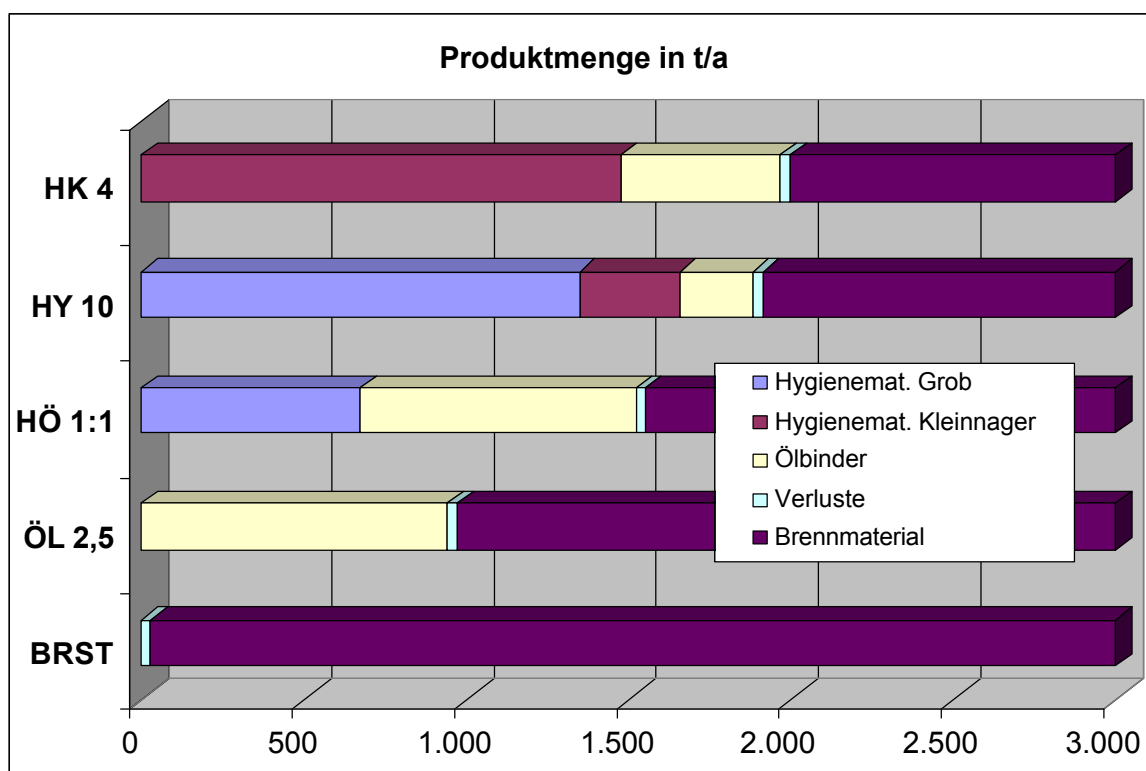


Abb. 72: Produktmengen der 5 Szenarien der Spindelverwertung

Nach der heutigen Marktsituation ergeben sich für die Produkte folgende Erlöse pro Kilogramm (ab Fabrik, ohne Vertrieb):

Produkte	2003	Ziel
	€/kg	€/kg
Hygienematerial grob	0,29	0,35
Hygienematerial Kleinnager	0,36	0,40
Ölbinder	1,17	1,70
Verluste	0,00	0,00
Brennmaterial	0,15	0,21

Zusätzlich ist dargestellt, welche Zielerlöse zu realisieren wären, wenn die Produkte durch Image emotional am Markt aufgewertet werden. In der vorliegenden Wirtschaftlichkeitsrechnung wird jedoch von der Situation „2003“ ausgegangen.

1.4 Wirtschaftlichkeit der Szenarien

Die folgende Tabelle zeigt im Vergleich die Wirtschaftlichkeit der Betriebsszenarien unter der Bedingung, dass die Produktion als Rohstoff die Spindeln der Saatmaisherstellung verwertet. Die teuren Spindeln aus der Saatmaisproduktion machen mit Anlieferung ca. 64% der Gesamtkosten aus. Unter dieser Situation ist es verständlich, dass Prozesse mit

möglichst wenig Verlust gut abschneiden, da die Ressourcen der bestimmende Faktor sind. Alle Kostendaten wurden auf € pro Kilogramm eingesetzten Rohstoff bezogen.

Tab. 21 Wirtschaftlichkeit der Prozessvarianten mit Rohstoff Saatmaisspindeln

Prozessvariante	HK 4	HY 10	HÖ 1:1	ÖL 2,5	BRST
Rohstoffe/Energie	€/kg R	€/kg R	€/kg R	€/kg R	€/kg R
Anlieferung	0,038	0,038	0,038	0,038	0,038
Rohstoff	0,220	0,220	0,220	0,220	0,220
Lagerung	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Strom Mühle, Beleuchtung	0,008	0,003	0,015	0,020	
Strom Sichtung, etc.	0,004	0,004	0,004	0,004	
Anlagenkosten					
System Schneidmühle	0,004	0,003	0,006	0,005	
System Fraktionierung	0,017	0,017	0,017	0,017	
Gebäude, Infrastruktur	0,004	0,004	0,004	0,004	
Wartung, Versicherung	0,006	0,006	0,006	0,006	
Personal	0,018	0,018	0,018	0,018	0,005
Verpackung					
Sackung, Palettierung	0,011	0,010	0,008	0,005	
Produktlager	0,004	0,004	0,004	0,004	
Pelletierung Brst.	0,018	0,020	0,026	0,036	
Sonstiges	0,020	0,020	0,020	0,020	
Kosten ab Werk netto (K)	0,384	0,379	0,399	0,410	0,274
Produkterlöse					
Hygienemat. Grob	0,000	0,129	0,064	0,000	0,000
Hygienemat. Kleinnager	0,176	0,037	0,000	0,000	0,000
Ölbinder	0,192	0,088	0,330	0,368	0,000
Verluste	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Brennmaterial	0,050	0,054	0,072	0,101	0,149
Erlössumme (E)	0,418	0,307	0,467	0,469	0,149
E-K	0,034	-0,072	0,069	0,059	-0,126
Gewinn/Verlust	9%	-19%	17%	15%	-46%

Das BRST Szenario ist in diesem Fall stark unwirtschaftlich. Die Szenarien HK4, HÖ 1:1 und ÖL 2,5 hingegen zeigen eine positive Gewinnmarge (die Zeile „Gewinn/Verlust wurde in % der Kosten ab Werk angegeben). Um die Vermarktung des Reststoffes als Energieträger realistisch einzuschätzen wurde angenommen, dass dieser pelletiert wird. Dadurch entsteht ein verkaufsfähiges Produkt, dass ähnlich Holzpellets gefördert, transportiert und gelagert werden kann. Man erkennt im Vergleich, dass sich die hohe Rohstoffausnutzung und der hohe Anteil an Ölbinderprodukt des Szenarios HÖ 1:1 besonders bezahlt macht. Aufgrund der Produktpalette und des eher kleinen Marktes an Ölbinder ist es auch jenes Szenario, dass man in der Umsetzung ins Auge fassen sollte. Szenarien mit wenig Ölbinder als Produkt (HY 10, BRST) können in diesem Fall

wirtschaftlich nicht punkten, da die Rohstoffe zu teuer sind. In der Tabelle 22 wird die Wirtschaftlichkeit mit den billigen Rohstoffen aus der Körnermaisernte gerechnet.

Tab. 22 Wirtschaftlichkeit der Prozessvarianten mit Spindeln aus der Körnermaisernte

Prozessvariante	HK 4	HY 10	HÖ 1:1	ÖL 2,5	BRST
Rohstoffe/Energie	€/kg R	€/kg R	€/kg R	€/kg R	€/kg R
Anlieferung	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
Rohstoff	0,075	0,075	0,075	0,075	0,075
Lagerung	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
Strom Mühle, Beleuchtung	0,008	0,003	0,015	0,020	
Strom Sichtung	0,004	0,004	0,004	0,004	
Anlagenkosten					
System Schneidmühle	0,004	0,003	0,006	0,005	
System Fraktionierung	0,017	0,017	0,017	0,017	
Gebäude, Infrastruktur	0,004	0,004	0,004	0,004	
Wartung, Versicherung	0,006	0,006	0,006	0,006	
Personal	0,018	0,018	0,018	0,018	0,005
Verpackung					
Sackung, Palettierung	0,011	0,010	0,008	0,005	
Produktlager	0,004	0,004	0,004	0,004	
Pelletierung Brst.	0,018	0,020	0,026	0,036	
Sonstiges	0,020	0,020	0,020	0,020	
Kosten ab Werk netto (K)	0,216	0,211	0,231	0,242	0,107
Produkterlöse					
Hygienemat. Grob	0,000	0,129	0,064	0,000	0,000
Hygienemat. Kleinnager	0,176	0,037	0,000	0,000	0,000
Ölbinder	0,192	0,088	0,330	0,368	0,000
Verluste	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Brennmaterial	0,050	0,054	0,072	0,101	0,149
Erlössumme (E)	0,418	0,307	0,467	0,469	0,149
E-K	0,201	0,096	0,236	0,227	0,042
Gewinn/Verlust	93%	45%	102%	94%	39%

In diesem Fall (Tab. 22) der Rohstoffbasis ist sogar die Nutzung als Brennstoff wirtschaftlich, obwohl man zur Verbrennung der ganzen Spindel eine eigene Kesseltechnologie (die am Markt verfügbar ist) benötigt. In diesem Fall ist auch das HY 10 im positivem Bereich. Von der Reihung ergeben sich keine Unterschiede zum Szenario Saatmaisspindeln, jedoch ist HK 4 deutlich näher an ÖL 2,5 gerückt. Dies aus dem Grund, als bei ÖL 2,5 ein großer Aufwand zur Pelletierung getrieben werden muss und weil die Anlagen durch die komplexere Schaltung teurer sind.

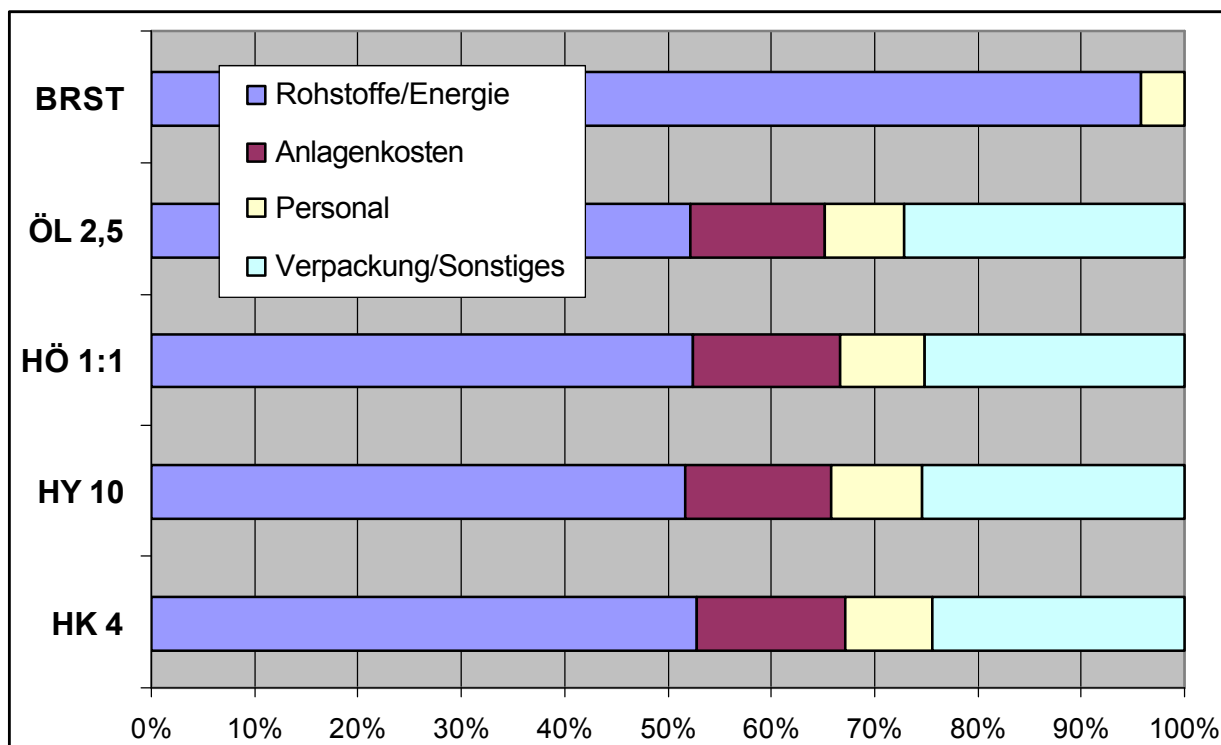


Abb. 73: Kostenstruktur bei der Produktion von Maisadsorbens

Auch bei so billigen Rohstoffen, wie das Nebenprodukt „Maisspindel bei der Körnerernte“, zeigt die Kostenstruktur, dass die Rohstoffe den Löwenanteil bei der Herstellung ausmachen. Die economy of scale bei den Anlagen- und Maschinenkosten ist schon bei dieser Anlagengröße fast ausgereizt, da aufgrund der großen Rohstoffvolumina sonst die Zulieferkosten steigen. Im Bereich der Verpackung und den unerwarteten Kosten ist sicherlich ein gewisser Spielraum vorhanden die Margen zu verbessern, darüber hinaus kann bei der Optimierung des Mühlen-Sichtersystems wahrscheinlich die Effizienz um 10% erhöht werden, insbesondere wenn der Gewinnungsgrad gesteigert wird. Alles in allem kann man zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit sagen, dass genug Spielraum zur Umsetzung und Produkteinführung besteht. Natürlich muss in Design und Anwendungsoptimierung bei der Marktüberleitung weiter investiert werden, hier kann jedoch die Aussage getroffen werden, dass dieses System wirtschaftlich betrieben werden kann. Der Abgabepreis für Ölbindemittel darf nicht unter 60 Cent pro kg fallen. Darunter ist ein wirtschaftlicher Anlagenbetrieb unter heutigen Rahmenbedingungen nicht möglich.

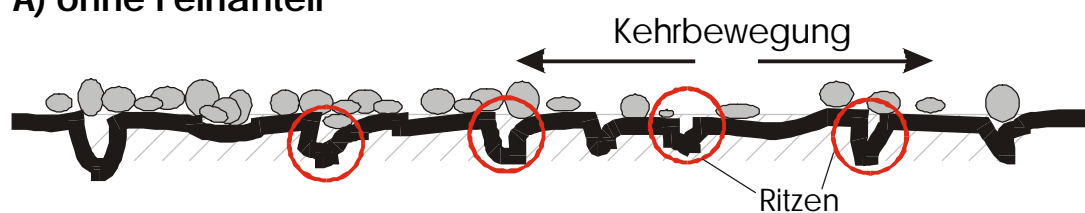
2 Grundlagen und Ergebnisse der Versuchsdurchführung im Bereich Ölbindemittel

Nachdem alle Anstrengungen ein schwimmfähiges Material zu erzeugen scheiterten, wird in diesem Abschnitt die Anwendung auf festen Untergründen auf Straßen und als Hygienematerial beschrieben.

2.1 Praxis der Produktanwendung auf Verkehrsflächen

Verkehrsflächen haben in der Regel raue, poröse Oberflächen, die mitunter auch bei langen Einwirkzeiten ölige Flüssigkeiten aufsaugen können. Asphalt, der gängigste Straßenwerkstoff ist lipophil, sodass Öl auch in feine Ritzen eindringt. Der Öl binder hat aus diesen Gründen die Aufgabe, den Ölüberstand aufzunehmen, die Ritzen auszusaugen und gegebenenfalls auch das oberflächennahe Öl aus der Deckschicht zu re-adsorbieren.

A) ohne Feinanteil



B) mit Feinanteil

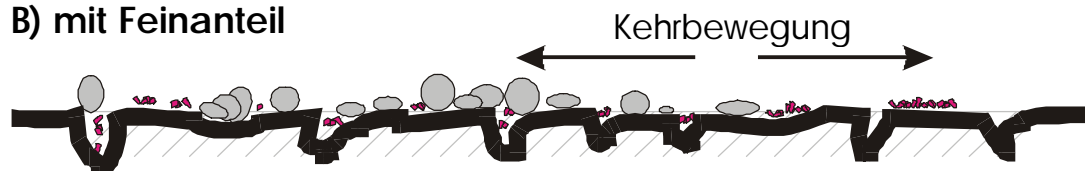


Abb. 74: Wirkung von Öl binder auf rauem, festen Untergrund

Die Abbildung 74 zeigt, dass Öl binder ohne Feinanteil das in den Ritzen gestaute Öl nicht aufnehmen können. Mit Feinanteil wird Öl bindemittel gut verteilt und gelangt auch in die kleinen Zwischenräume. Bei stark frequentierten Strassen wird der Öl binder oft durch Überrollen der Fahrzeuge (mit reduzierter Geschwindigkeit) in die Ritzen gedrückt. In dieser Hinsicht darf der Binder nicht zu leicht sein, um vom Winde verweht zu werden, nicht zu fein sein, um ein schmieren zu verhindern aber auch nicht zu grob, um auch das Öl aus den Poren zu entfernen. Bei kleinen Flächen wird der Einwirkeffekt des Binders durch eine Kehr bewegung erreicht. Nach der Ölaufnahme durch das Adsorbens klebt dieses zusammen und bildet kleine Klumpen, die dadurch leichter entfernt werden können.

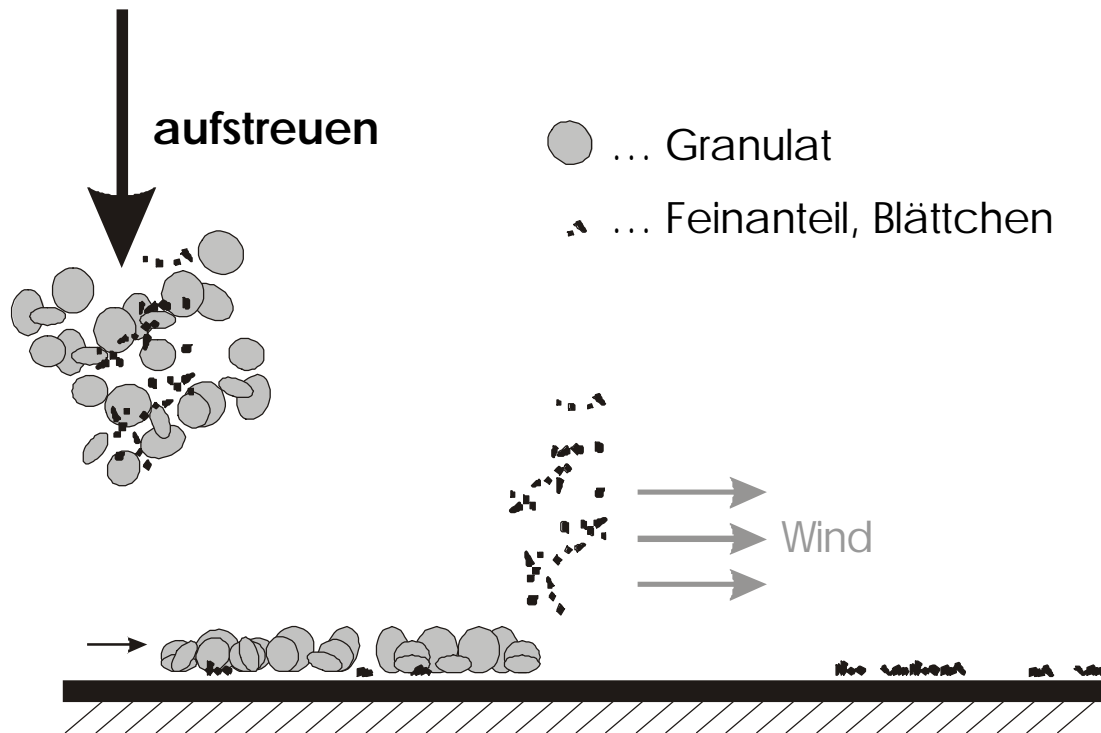


Abb. 75: Verwehungen beim Aufbringen des Ölbinders auf festem Untergrund

Um Verwehungen und Staubemissionen bei der Aufbringung des Ölbinders zu vermeiden, darf der Feinanteil des Binders nicht zu leicht sein. Bei Maiskolbengranulat war dieser Effekt unter 0,3mm Korngröße deutlich zu beobachten. Es muss daher eine Lösung gefunden werden, die einerseits von klimatischen Bedingungen unabhängig ist und andererseits genug Feinanteil besitzt, um in die Ritzen zugelingen. Zur Verdeutlichung dieser Problemstellung in der Praxis ist die Ausbringung von MAG 0/20 und einem mineralischen Ölbinders im Detail dargestellt.



Abb. 76: Praxiseinsatz mit MAG 0/20 auf festem Untergrund

In der Abbildung 76 erkennt man die Wirkung des MAG 0/20: das Granulat (a) wird auf den Ölfleck (b) aufgestreut (c). Beim Einstreuen darf es zu keiner Staubentwicklung kommen (Arbeitsschutz, Verwehung). Nach einer Einwirkphase (d, ca. 20 Sekunden) wird das Material eingekehrt (e). Durch diese Bewegung sättigt sich das Material zusätzlich und die Durchmischung stellt sicher, dass das gesamte Material genutzt wird. Ist die Adsorptionsfähigkeit des Ölbinders erreicht, wird dieser abgekehrt (f). In der Regel wird mehr Material verwendet als aufgrund der Ölmenge notwendig wäre. Zusätzlich, um die Rutschfestigkeit zu erhöhen, wird der Vorgang (c) bis (f) zweimal durchgeführt. Auch nach

einmaliger Anwendung zeigt MAG 0/20 eine gute Rutschfestigkeit (g) in derkehr- und in der Schlussphase, wobei die Praktiker den „Schuhsolentest“ bevorzugen (anstatt dem SRT Tester) und als ausreichenden Beweis werten.



Abb. 77: Praxiseinsatz mit MAG 20/35: auch sehr schnelle Saugfähigkeit



Abb. 78: Zweiter Auftrag von Ölbinder MAG 0/20

Wichtige Eigenschaften der Granulate für den Katastrophenschutz (MAG 0/20) waren in diesem Fall: einwandfrei riesel- und streufähig, das Material war leicht wegkehrbar; keine Verklumpung, ausreichende Rutschfestigkeit bei „Überrollen“ und nach Abkehren, gute Sauggeschwindigkeit, ausreichende Saugfähigkeit; negativ fiel die schlechte

Ritzengängigkeit auf (siehe Bild f – nach wie vor Dunkelfärbung des Asphalts). Auch das geringere Gewicht wurde positiv gegenüber mineralischen Bindern gewertet.



Abb. 79: Praxiseinsatz mit mineralischem Ölbinder auf festem Untergrund

In der Abbildung 79 wurde als Vergleich die Wirkung des von der Straßenmeisterei Feldbach bisher benutzen mineralischen Ölbinder dargestellt: das sehr feine Granulat (a) wird auf den Ölfleck (b) aufgestreut (c). Beim Einstreuen kommt es zu keiner Staubentwicklung. Nach einer Einwirkphase (d, ca. 20 Sekunden) wird das Material ein- und abgekehrt (e). Man erkennt beim ersten Durchgang den gleichen Effekt wie beim MAG 0/20. Danach wurde eine 2. Charge aufgebracht und eingekehrt (f). Dadurch, dass

das mineralische Material durch die Scherbewegung beim Kehren zermahlen wird und zu Staub zerfällt, gelangt es in jede Ritze und trocknet auch das Öl aus den Poren, was durch die Hellfärbung des Asphaltes in (g) gut erkennbar ist. Dieser Effekt der totalen Trocknung und damit des Erreichens der ursprünglichen Rutschfestigkeit kann durch MAG nicht erreicht werden, es sei denn, dass Staubanteile im Material vorliegen. Aus dieser Wirkung des Zerreiben lassen sich 2 Anwendungsstrategien des MAG entwickeln:

2.2 Anwendungsstrategien für Ölbinder aus Maisgranulat

Die bisherigen Erfahrungen aus der Praxis ergeben 2 Arten der MAG Anwendung. Fall A verwendet den pelletierten Staubanteil aus der Sichtenanlage zur Nachrocknung. Dabei müssen die Pellets dergestalt sein, dass diese zwar die mechanische Beanspruchung auf Druck im Sack aushalten, jedoch bei der Scherbeanspruchung durch das Einkehren zerbröseln und den Feinanteil freigeben.

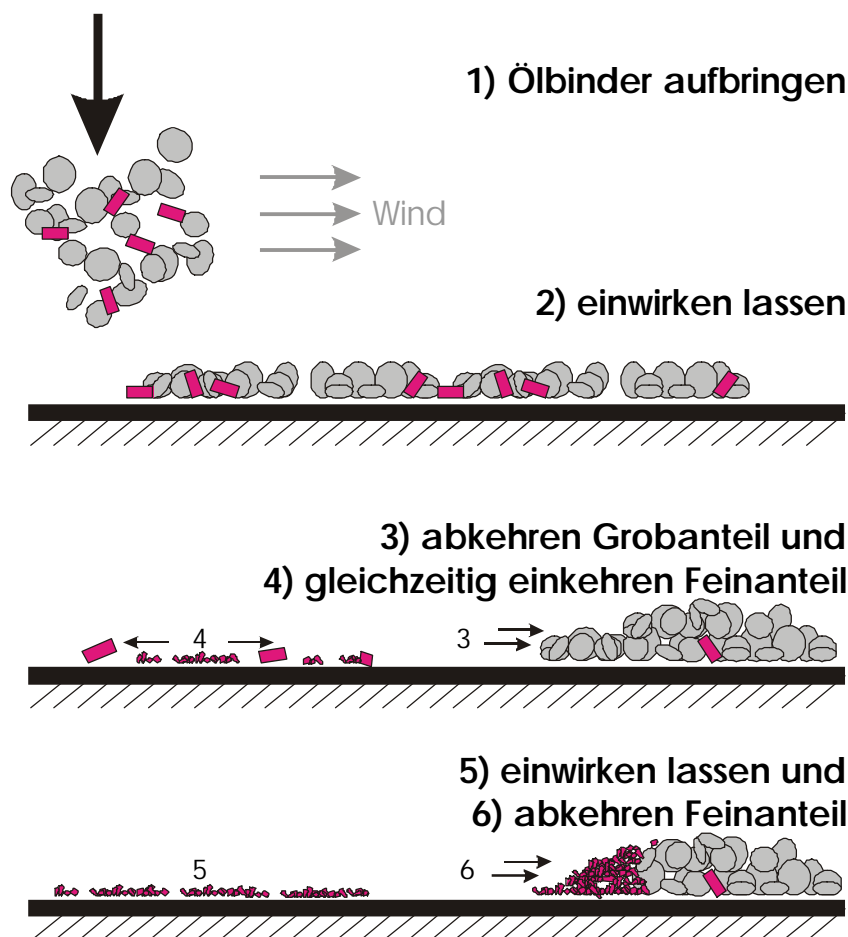


Abb. 80: Fall A – Nutzung von Pellets aus Spindelstaub zur Nachrocknung

Durch die Pelletform kommt es zu keiner Staumentwicklung während dem Ausbringen und zu keinen Verwehungen. Danach kann porentief adsorbiert werden, da die feine Körnung der aufgeriebenen Pellets auch in die Ritzen vordringt. Offen ist bei dieser Strategie die

Frage, ob die Pelletsqualität so eingestellt werden kann, dass beiden Forderungen (Haltbarkeit im Sack, beim Transport, Zerfall bei Scherbewegung) entsprochen werden kann. Das konnte im Rahmen dieses Projektes nicht verwirklicht und nachgewiesen werden.

Im Gegensatz dazu kann die 2. Strategie ohne weitere Arbeiten Anwendung finden. Im Fall B wird zuerst die Hauptmasse des Öls mittels MAG adsorbiert und danach im zweiten Durchgang mit mineralischem Ölbinder nachgereinigt.

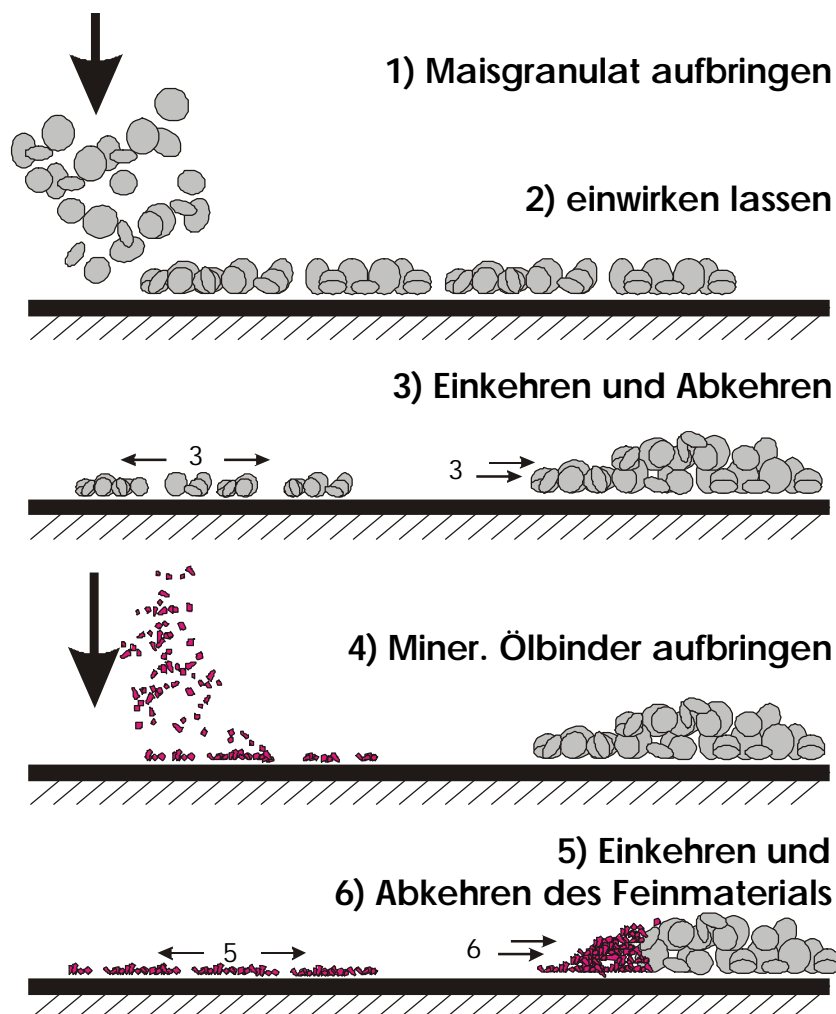


Abb. 81: Fall B – Nutzung eines mineralischen Binders zur Nachtrocknung

Dieser Fall hat den Nachteil, dass 2 verschiedene Bindemittel im Einsatz mitgeführt werden müssen und dass durch die Vermischung keine getrennte Entsorgung stattfinden kann. Die getrennte Entsorgung hätte auch nur bei pflanzlichen Ölen Sinn, denn hier kann MAG mit dem Öl kompostiert oder in einer Biogasanlage entsorgt werden. Ansonsten sind

für den Transport und die Entsorgung des angesaugten Adsorbens die einschlägigen gesetzlichen Vorschriften zu beachten, die für den gebundenen Stoff gelten.



Abb. 82: Fall B – mineralischer Ölbinder wird nach MAG 0/20 eingekehrt

Die Abbildung 82 zeigt den positiven Nachrocknungseffekt des mineralischen Ölbinders nach Anwendung von MAG 0/20. Dadurch kann ein Großteil durch MAG aufgenommen werden und die gewünschte Rutschfestigkeit durch den zerbröselten Mineralbinder erreicht werden. Ein nicht so zufrieden stellendes Ergebnis brachte die Verwendung einer Mischung aus MAG und mineralischem Binder (siehe Abb. 83).



Abb. 83: Versuch mit einer Mischung aus 10% mineralischer Ölbinder und 90% MAG 0/20

Für die selbstlose Unterstützung bei den Praxistests danken wir der Straßenmeisterei in Feldbach. Es wurden Einsätze in der Realität durchgeführt, Tests in der Werkstatt unternommen und ein Unglücksfall zum „Shooting“ inszeniert, von dem die hier veröffentlichten Bilder stammen.



Abb. 84: Das Team der Straßenmeisterei, 8330 Feldbach

2.3 Auswertung der Produktanwendung durch die Feuerwehr der Stadt Graz

Im Gegensatz zur Straßenmeisterei, werden Ölbindemittel durch die Feuerwehr primär für kleinere verschmutzte Flächen angewandt. Die häufigsten Anwendungsfälle sind Unfälle bzw. defekte LKWs (z.B. Hydrauliköl). Bei Unfällen sind nach Auskunft der Feuerwehr insbesondere zwei Kriterien ausschlaggebend:

1. sehr kurze Einwirkzeit bei allen Wetterlagen (Wind, Regen, etc.)
2. Rutschfestigkeit nach Beendigung der Aufräumarbeiten (Kurven, Tunnels, etc.)

Die Feuerwehr testete daher mit großem Interesse unter der Leitung von BOK Ing. D. PILAT zwei Korngrößenklassen des in der Pilotanlage hergestellten Maisgranulats.

1. Granulat 1: MAG 0/20 OL (Fraktion 0 bis 2 mm)
2. Granulat 2: MAG 20/35 OL (Fraktion 2 bis 3,5 mm)

Bei jedem Einsatz wurde den Einsatzkommandanten ein Versuchsprotokoll ausgehändigt, da es dem Versuchsleiter unmöglich war, bei jedem Praxistest anwesend zu sein. Nach Ausscheiden eines Ausreißers konnten sechs Testläufe in den unterschiedlichen Anwendungsbereichen ausgewertet werden. Folgende Anwendungsgebiete wurden getestet:

1. Getriebeöl auf Straße
2. Motoröl auf Straße bzw. im Plabutschtunnel
3. Öl/Benzingemisch auf Verkehrsfläche

Eine besondere Herausforderung für Bindemittel sind Gemische, wie Öl/Benzin. Das Maisgranulat wurde im Vergleich zu dem bisherigen Mittel "Absolyt" auf Ytongbasis (siehe Anhang J) erprobt. Die Testprotokolle beinhalteten folgende Fragen:

1. Material ist riesel- und streufähig?
2. Material lässt sich gut aufbringen (Wind u. Wetter)?
3. Material saugt gut und rasch?
4. Material nimmt viel Öl auf?
5. Material verklumpt?
6. Material ist leicht wegkehrbar?
7. ~~Material ist beständig ("brösel" nicht)?~~ – diese Frage wurde bei der Auswertung gestrichen, da ein gewisses Bröseln erwünscht ist.
8. Material ist in der Anwendung angenehm, sympathisch?

Die Bewertung erfolgte nach dem Schulnotensystem (1 bis 5). Besonderes Augenmerk wurde auf die Kommentare und persönlichen Eindrücke der Kommandanten gelegt. Die Versuchsprotokolle sind in Anhang J vollständig angeführt. Die Auswertung der Fragebögen ist in Tab. 23 dargestellt.

Tab. 23 Auswertung der Fragebögen – Maisgranulat im Praxisversuch bei der Feuerwehr der Stadt Graz

Einsatznummer	rieselfähig	gut aufbring en (Wind)	saugt rasch	bindet viel	verklum pt nicht	Sympathie
Granulat 1 (0/20)						
H1004	1	1	k.A.	k.A.	1	1
H983	1	1	5	5	2	3
H945	3	4	5	5	5	4
H719-Frage	2	2	2	3	2	2
Mittelwert 1	1,75	2,00	4,00	4,33	2,50	2,50
Granulat 2 (20/35)						
H918-Frage	1	1	4	5	3	1
H994-Frage	1	1	4	4	4	3
Mittelwert 2	1,00	1,00	4,00	4,50	3,50	2,00
Mittelwert gesamt	1,50	1,67	4,00	4,40	2,83	2,33
Standardabw. gesamt	0,84	1,21	1,22	0,89	1,47	1,21
Varianz gesamt	0,70	1,47	1,50	0,80	2,17	1,47

Die Auswertung zeigt deutlich, dass das Maisgranulat als angenehmes Material empfunden wird, und in der Ausbringung trotz des geringeren Schüttgewichts keine Probleme bereitet. Die Saugfähigkeit wurde allerdings nur mit "Genügend" bis "Nicht Genügend" bewertet. Die Rutschsicherheit wurde in den Kommentaren beurteilt. In den Kommentaren wurde besonders auf zwei wesentliche Nachteile des Maisgranulats im Vergleich mit "Absolyt" hingewiesen.

1. Die Saugfähigkeit ist eingeschränkt – besonders Benzin wird nicht gut absorbiert.
2. Die Rutschsicherheit ist nicht gegeben (Kommentar: "Rückstände bilden Gefahr für einspurige Kfz").

Bezüglich der Rutschsicherheit ist folgendes anzumerken: Die Entfernung von Öl bzw. Benzinkontaminationen wird in zwei Schritten durchgeführt. Zunächst wird das Öl mit Bindemittel aufgesaugt und weggekehrt. Danach wird ein weiteres mal Ölbindemittel (im Falle der Feuerwehr "Absolyt") aufgebracht und zerrieben, um die Rutschfestigkeit herzustellen. Da das Maisgranulat allerdings sehr beständig ist, kann es für diese Aufgabe nicht herangezogen werden. Dadurch wäre es erforderlich, wie bei den

Versuchen durch die Straßenmeisterei beschrieben, beide Mittel einzusetzen. Dies wird allerdings aufgrund des erhöhten logistischen und verwaltungstechnischen Aufwandes durch die Feuerwehr abgelehnt.

Allerdings besteht bei der Feuerwehr der Stadt Graz hohe Sensibilität für ökologische Produkte. Daher würde ein pflanzliches Produkt mit verbesserten Eigenschaften, trotz höherem Preis sofort eingesetzt werden.

3 Grundlagen und Ergebnisse der Versuchsdurchführung im Bereich Hygienemittel

3.1 Katzenstreu

Wer eine Katze hat, braucht auch ein Katzenkistchen. Es gibt zwei grundsätzliche Arten von Katzenstreu:

- ✓ mineralische Katzenstreu auf Bentonit- oder Sepiolithbasis und
- ✓ pflanzliche Katzenstreu aus Stroh oder Pflanzenfasern.

Neuerdings existiert auch ein Katzenstreu, das aus Silikatkügelchen (ähnlich Silikagel) besteht.

3.1.1 Mineralische Katzenstreu

Mineralische Katzenstreu besteht aus Mineralen, die im Tagebau unter starker Beeinträchtigung der Umwelt gewonnen werden. In Folge des eingeschränkten Vorkommens von Bentonit und Sepiolith konzentriert sich der Abbau dieser Minerale auf wenige Länder (z.B. Spanien, Kanada, Nordamerika, etc.), wodurch die Schäden der Tagebau-Förderung verstärkt sichtbar werden. Bei der Entsorgung müssen die verbleibenden mineralischen Rückstände fachgerecht entsorgt werden.

3.1.2 Pflanzliche Katzenstreu

Pflanzliche Katzenstreu, wird aus Pflanzenfasern hergestellt: Stroh, Holzfasern, andere Pflanzenteile. Bei pflanzlichen Rohstoffen kommt die Kapillarwirkung der Pflanzenfasern zur Wirkung. Die Fasern saugen die Flüssigkeit sehr wirksam auf und speichern sie samt den unangenehmen Gerüchen im Innern. Dank nachwachsender Rohstoffbasis finden keine nachhaltigen Eingriffe in die Natur statt. Katzenstreu aus Pflanzenfasern ist zudem wesentlich leichter und handlicher als mineralische Katzenstreu. Der Grund dafür liegt im niedrigen Schüttgewicht pflanzlicher Streu (ca. 350 bis 480 g/l). Pflanzliche Streus bauen sich durch natürliche Verrottungsprozesse fast vollständig ab. Allerdings gehören Fäkalien aufgrund der Keimgefahr nicht auf den Kompost.

Ökologische Katzenstreu auf pflanzlicher Basis orientieren sich am Kreislaufprozess der Natur. Kein Einsatz von künstlichen Zusatzstoffen oder Bestandteilen.

3.1.3 Katzenstreu mit und ohne Klumpenbildung

Früher gab es nur Streus ohne Klumpenbildung. Heute haben die Klumpstreu den nichtklumpenden eindeutig den Rang abgelaufen.

- ✓ nichtklumpende Katzenstreu besteht aus einzelnen, saugstarken Körnchen bzw. Pellets, die die anfallende Flüssigkeit aufnehmen und unangenehmen Geruch binden. Die Katzentoilette wird schließlich vollständig geleert und die Einstreu komplett erneuert.
- ✓ Klumpstreu bindet Flüssigkeit und Geruch zwar ebenso effektiv, jedoch auf eine andere Art und Weise. Kommt die Flüssigkeit mit der feinkörnigeren Einstreu in Berührung, so bilden sich Klumpen, in denen sowohl Flüssigkeit als auch Geruch eingeschlossen werden. Diese Klumpen werden täglich entfernt und entsorgt und nur die somit entnommene Menge muss wieder ersetzt werden.

Vor und Nachteile klumpender bzw. nichtklumpender Streu:

- ✓ Feinkörnige, klumpende Einstreu-Produkte sind aufgrund ihres sparsamen Verbrauchs sehr ergiebig. Außerdem sind sie sehr praktisch, da nur die Klumpen mit Hilfe einer Gitterschaufel entfernt werden müssen und die gesamte Streu erst in größeren Abständen ausgetauscht wird.
- ✓ Die Verwendung von grobkörniger, nichtklumpender Einstreu-Produkte ist sehr zeitintensiv. Schließlich muss die Streu mindestens alle drei Tage ausgetauscht und die Toilette gereinigt werden. Wenn die Streu nicht genug Saugkraft besitzt bilden sich kleine, von den Katzen gehasste Pfützen. Achtet man allerdings darauf, dass Saugkraft und Geruchsbindung gut sind, die Streu nicht staubt und die Katze gern aufs Klo geht, ist auch der grobkörnigen Variante nichts entgegenzusetzen.

Funktionsunterschiede zwischen mineralischer und pflanzlicher Katzenstreu:

- ✓ Mineralische Klumpstreu enthält wasserlösliche Anteile, d.h. sobald die Streu mit Flüssigkeit in Kontakt kommt, löst sich ein Teil der Minerale auf, wodurch die einzelnen Körnchen miteinander verschmelzen und Klumpen bilden. Flüssigkeiten und Geruch werden von den Mineralen gebunden, wozu jedoch häufig zusätzliche Veredelungsstoffe wie z.B. Montmorillonit verwendet werden.

- ✓ Pflanzliche Klumpstreu, z.B. CAT's BEST ÖkoPlus, enthält Anteile eines Bohnenmehls, welches aufquillt, sobald es mit Feuchtigkeit in Berührung kommt. Dadurch bilden sich dann Klumpen, ohne dass der Ersatz von nichtpflanzlichen Stoffen notwendig wird.

Das Kapillarsystem und der niedrige pH – Wert der Pflanzenfasern binden das Katzensekret optimal ein. Nur durch diese nachhaltige Einbindung kann dem Entstehen von unangenehmen Geruch erfolgreich entgegengewirkt werden. Dieser entsteht unter anderem durch Bakterien, die den Urin zu Ammoniak zersetzen. Allerdings wird den Bakterien durch die rasche Flüssigkeitseinbindung der ihnen zur Vermehrung notwendige, feuchte Lebensraum entzogen, wodurch ihr Wachstum wiederum stark gehemmt wird. Ein Eindringen der Bakterien in das Kapillarsystem ist aufgrund des geringen Durchmessers der Kapillare nicht möglich. Die zu großen Bakterien bleiben sozusagen außen vor. Dadurch ist bereits ein erster Schritt in Richtung Geruchsminderung getan. Zusätzlich kann Ammoniak aufgrund seines sehr hohen pH – Werts und seiner Wasserlöslichkeit durch den niedrigen pH – Wert der Pflanzenfasern teilweise neutralisiert werden, Eine fast vollständige Geruchsminderung ist also gewährleistet.

- ✓ Nicht – klumpende Streu auf pflanzlicher Basis ist grundsätzlich nicht wasserlöslich. Die Flüssigkeit wird durch die einzelnen Mineralkörnchen aufgenommen, ohne dass diese miteinander verschmelzen.
- ✓ Nicht – klumpende Streu auf pflanzlicher Basis erfüllt seine Aufgabe in gleicher Weise wie pflanzliches Klumpstreu; allerdings entfällt die Zugabe von Bohnenmehl zur Klumpenbildung.

3.2 Auswertung der Produktanwendung durch das Tierheim des Landestierschutzvereins für Steiermark

Bei Maisgranulat handelt es sich eindeutig um nicht klumpendes pflanzliches (ökologisches) Streu. Um die Eignung auch im "Heavy Duty" Bereich zu testen wurde entsprechendes Material (Korngröße 3,5 bis 8,0 mm) im Tierheim – Grabnerstraße, 8010 Graz des Landestierschutzvereins für Steiermark getestet. Frau SCHUSTER die Heimleiterin wurden ca. 80 kg Granulat zur Verfügung gestellt. Mit dieser Menge konnten über mehrere Wochen unterschiedliche Praxisversuche durchgeführt werden. Es kamen zwei Settings zur Anwendung:

- fünf Einzelkäfig (im Vergleich zu Zeitungspapier)
- zwei Gemeinschaftskäfige (im Vergleich zu Tierell Cat – Klumpstreu auf Bentonitbasis)

Es wurde mit dem Tierheim vereinbart, dass die Auswertung der Versuche durch ein abschließendes Interview erfolgt, da aus Personalmangel ein Ausfüllen von Fragebögen auf wenig Akzeptanz gestoßen wäre.

In allen Käfigen wurde das Katzenstreu mehrere Tage im Käfig belassen. Bei klumpenden Streus werden die Fäkalklumpen täglich entfernt. Dies war beim Maisgranulat nicht möglich. Daher wurde bei stärkerer Belastung ein Aufschwimmen (geringes Schüttgewicht) des Granulats beobachtet, wobei die Toilette von den Katzen nur noch bedingt akzeptiert wurde. Wie erwartet, musste demnach das gesamte "Kistchen" entleert und wieder befüllt werden. Es wurde daher die mangelnde Saugfähigkeit des Maisgranulats bemängelt.

Positiv fiel auf, dass das Granulat im Gegensatz zu den Bentonit Produkten praktisch staubfrei ist. Außerdem wurde der natürliche Pflanzengeruch als sehr angenehm bewertet. Besonders gut wurde das Maisgranulat auch in Hinblick auf seine Geruchsbindung bewertet. Allerdings muss betont werden, dass diese positiven Kriterien die fehlende Klumpbildung nicht kompensieren können. Es wurde auch die Befürchtung ausgedrückt, dass durch den Gesamtwechsel der Einstreu höhere Kosten entstehen würden. Durch die hervorragende Geruchsbindung ist es aber vorstellbar, dass das Maisgranulat dort eingesetzt wird, wo z.B. nur eine Katze wohnt und die Bereitschaft besteht die Toilette häufig neu zu befüllen.

Es ist daher davon auszugehen, dass das Maisgranulat, trotz prinzipieller Eignung als Katzenstreu, primär im Kleintierbereich (Korngröße 2,0 bis 3,5 mm) eingesetzt werden kann.

Tab. 24 Vergleichsfragebogen zu den bisherigen Produkten (Zeitungspapier und Tierell CATI)

Katzenstreu aus Maiskolben			
Bitte ankreuzen			
Frau Schuster; Landestierschutzverein für Stmk., Tierheim 5 Einzelkäfige, 2 Gemeinschaftskäfige			
Gesamtbewertung im Vergleich zu üblichem Katzenstreu			
(Zeitungsschnitzel bzw. Tierell CATI)			
Annahme durch Katzen im Vergleich zu bisher			
	besser	gleich	schlechter
alle Käfige		gut	
Geruchsbelästigung im Vergleich zu bisher			
	besser	gleich	schlechter
alle Käfige	x		
Haftung an Fell und Pfoten im Vergleich zu bisher			
	weniger	gleich	mehr
alle Käfige	x		
Saugfähigkeit im Vergleich zu bisher (Klumpen)			
	besser	gleich	schlechter
alle Käfige			x
Staubentwicklung im Vergleich zu bisher ?			
	besser	gleich	schlechter
alle Käfige	x		

3.3 Kleintierstreu (Nagetiere, Vögel, etc.)

Im Gegensatz zum Katzenstreu ist Kleintierstreu nicht klumpend. Daher wird Kleintierstreu auch primär auf Pflanzenbasis angeboten (Stroh, Holzfasern, Maisgranulat). Für Hamster wird sogar ausdrücklich vor der Verwendung von Katzenstreu (Klumpstreu) gewarnt, da das Klumpstreu eventuell gefressen und im Magen der Tiere verklumpen kann. Das normale Katzenstreu kann außerdem bei Verzehr giftig sein.

Für Einstreu aus Maiskolbengranulat spricht jedenfalls die Staubarmut und die hohe Geruchsbindungskapazität. Besonders für Allergiker ist damit die Reinigung des Käfigs wesentlich weniger belastend. Allerdings wird öfter bemängelt, dass bei Billigprodukten das scharfkantige und harte Material zu Wunden an den Füßen von Meerschweinchen

oder Ratten führt. Durch **das Bürsten des Granulats** in der Sieb- und Sichtenanlage kann diese Gefahr jedoch wesentlich reduziert werden.

Als neue Anwendung wird demnächst auch Maisgranulat mit natürlichen Duftstoffen (z.B. Zitronenöl od. andere ätherische Öle) in Österreich auf den Markt kommen. Hier sind besonders im gut saugenden Korngrößenbereich (2,0 mm bis 3,5 mm) große Chancen zu sehen. Auch ist durchaus vorstellbar, dass Einstreumischungen durchaus auch als eine Art Aromatherapie für Kleintiere fungieren.

3.4 Schlussfolgerungen

Auf Basis der umfangreichen Versuche und Gespräche mit ExpertInnen und TierhalterInnen ist daher davon auszugehen, dass besonders im Bereich Hygienestreu für Kleintiere große wirtschaftliche Chancen zu sehen sind. Besonders die Kombination von hochwertiger Verarbeitung (keine scharfen Kanten) und eventuell Beaufschlagung mit natürlichen Duftstoffen schein hier vom Erlöspotenzial besonders interessant zu sein. Als Korngröße wird der Bereich von 2,0 bis 3,5 mm empfohlen. Im Bereich Katzenstreu haben sich in den letzten Jahren eindeutig die Klumpstreu durchgesetzt. D.h. trotz sehr guter Geruchsbindungskapazität wird es schwierig sein einen entsprechenden Markt aufzubauen.

Anhang J

Erhebungsbögen, Tabellen und techn. Spezifikationen

1 Erhebungsbögen der Produkterprobungsphase

Ölbindemittel aus Maisspindeln					
Bitte ankreuzen - pro Einsatz ein Protokoll			(Schulnotensystem)		
Verwendete Type:	MAG 0/20 OL				x
Datum: 1.6.03	Einsatz Nr.: H1004				
Protokollführer Name: LH Kober					
Wetter:					
Temperatur:	25°C				
Niederschlag:	trocken				
Art der Anwendung (im Freien, unter Dach, Heizöl, etc.):					
Getriebeöl auf der Straße					
Material ist riesel- u. streufähig?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material lässt sich gut aufbringen (Wind u. Wetter)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material saugt gut und rasch ?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
zu wenig auf Fahrbahn (keine Beurteilung)					
Material nimmt viel Öl auf?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
zu wenig auf Fahrbahn (keine Beurteilung)					
Material verklumpt?					
(1 = sehr wenig)	1	2	3	4	5
	1				
Material ist leicht wegkehrbar? (nicht schmierig)					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material ist beständig ("bröseln" nicht)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
soll bröseln	1				
Material ist in der Anwendung angenehm, sympathisch?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Kommentar:					
Es ist nicht möglich eine Ölspur auf der Fahrbahn rutschfest zu machen.					
Das Material lässt sich nicht zerreiben wie Absolyt.			Rückstände bilden eine Gefahr für einspurige Fahrzeuge		

Ölbindemittel aus Maisspindeln					
Bitte ankreuzen - pro Einsatz ein Protokoll (Schulnotensystem)					
Verwendete Type:	MAG 0/20 OL		x		
	MAG 20/35 OL				
Datum: 30.5.03	Einsatz Nr.: H983				
Protokollführer Name: LH Koroschetz 1					
Wetter:					
Temperatur:	30°C				
Niederschlag:	trocken				
Art der Anwendung (im Freien, unter Dach, Heizöl, etc.): Fahrbahn Öl beseitigen					
Material ist riesel- u. streufähig?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material lässt sich gut aufbringen (Wind u. Wetter)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material saugt gut und rasch ?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
					5
Material nimmt viel Öl auf?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
					5
Material verklumpt?					
(1 = sehr wenig)	1	2	3	4	5
		2			
Material ist leicht wegkehrbar? (nicht schmierig)					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
				4	
Material ist beständig ("bröseln" nicht)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
			3		
Material ist in der Anwendung angenehm, sympathisch?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
			3		
Kommentar: Keine gute Saugfähigkeit; Absolut wurde danach aufgestreut.					

Ölbindemittel aus Maisspindeln					
Bitte ankreuzen - pro Einsatz ein Protokoll					
(Schulnotensystem)					
Verwendete Type:	MAG 0/20 OL		x		
	MAG 20/35 OL				
Datum: 25.5.03	Einsatz Nr.: H945				
Protokollführer Name: LMLJUBI					
Wetter: SONNIG					
Temperatur:	20°C				
Niederschlag:	trocken				
Art der Anwendung (im Freien, unter Dach, Heizöl, etc.):					
im Freien; Öl und Benzin					
Material ist riesel- u. streufähig?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
			3		
Material lässt sich gut aufbringen (Wind u. Wetter)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
				4	
Material saugt gut und rasch ?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
					5
Material nimmt viel Öl auf?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
					5
Material verklumpt?					
(1 = sehr wenig)	1	2	3	4	5
					5
Material ist leicht wegkehrbar? (nicht schmierig)					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
					5
Material ist beständig ("bröseln" nicht)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
				4	
Material ist in der Anwendung angenehm, sympathisch?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
				4	
Kommentar:					
Nicht vergleichbar mit Absolyt					
Nicht geeignet für Öl u. Benzin (Gemisch)					

Ölbindemittel aus Maisspindeln					
Bitte ankreuzen - pro Einsatz ein Protokoll (Schulnotensystem)					
Verwendete Type:	MAG 0/20 OL				x
	MAG 20/35 OL				
Datum: 28.04.03	Einsatz Nr.: H719				
Protokollführer Name: URDL					
Wetter: trocken, windstill					
Temperatur:	6°C				
Niederschlag:	nein				
Art der Anwendung (im Freien, unter Dach, Heizöl, etc.): im Freien; Motoröl					
Material ist riesel- u. streufähig?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
		2			
Material lässt sich gut aufbringen (Wind u. Wetter)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
		2			
Material saugt gut und rasch ?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
		2			
Material nimmt viel Öl auf?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
			3		
Material verklumpt?					
(1 = sehr wenig)	1	2	3	4	5
	1				
Material ist leicht wegkehrbar? (nicht schmierig)					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
		2			
Material ist beständig ("bröseln" nicht)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
		2			
Material ist in der Anwendung angenehm, sympathisch?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
		2			
Kommentar: Bindemittel hat keine Bodenhaftung, kann somit nicht als Rutsicherung aufgebracht werden.					

Ölbindemittel aus Maisspindeln					
Bitte ankreuzen - pro Einsatz ein Protokoll					
(Schulnotensystem)					
Verwendete Type:	MAG 0/20 OL				
	MAG 20/35 OL x				
Datum: 23.05.03	Einsatz Nr.: H918				
Protokollführer Name: KRAJNZ 2 S.					
Wetter: trocken					
Temperatur:	18°C				
Niederschlag:	nein				
Art der Anwendung (im Freien, unter Dach, Heizöl, etc.): Plabutschunnel, Motoröl					
Material ist riesel- u. streufähig?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material lässt sich gut aufbringen (Wind u. Wetter)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material saugt gut und rasch ?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
				4	
Material nimmt viel Öl auf?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
					5
Material verklumpt?					
(1 = sehr wenig)	1	2	3	4	5
			3		
Material ist leicht wegkehrbar? (nicht schmierig)					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
			3		
Material ist beständig ("bröseln" nicht)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material ist in der Anwendung angenehm, sympathisch?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Kommentar:					
Die Saugfähigkeit ist nicht zufrieden stellend					

Ölbindemittel aus Maisspindeln					
Bitte ankreuzen - pro Einsatz ein Protokoll					
(Schulnotensystem)					
Verwendete Type:	MAG 0/20 OL				
	MAG 20/35 OL x				
Datum: 31.5.03	Einsatz Nr.: H994				
Protokollführer Name: ZIMMERMANN					
Wetter: sonnig					
Temperatur:	26°C				
Niederschlag:	nein				
Art der Anwendung (im Freien, unter Dach, Heizöl, etc.):					
im Freien					
Material ist riesel- u. streufähig?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material lässt sich gut aufbringen (Wind u. Wetter)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
kein Wind	1				
Material saugt gut und rasch ?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
				4	
Material nimmt viel Öl auf?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
				4	
Material verklumpt?					
(1 = sehr wenig)	1	2	3	4	5
				4	
Material ist leicht wegkehrbar? (nicht schmierig)					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
				4	
Material ist beständig ("bröseln" nicht)?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
	1				
Material ist in der Anwendung angenehm, sympathisch?					
(1 = sehr gut)	1	2	3	4	5
			3		
Kommentar:					
keine Anmerkungen					

ABSOLYT® Ölbinder Typ III R Chemikalienbinder (Verwendung durch die FF Graz)

Lizenzgeber: YTONG AG, Hornstraße 3, D-80797 München

Alleinvertrieb: SILIKALZIT Marketing GmbH

Produktbeschreibung: ABSOLYT ist ein kugelporiges mineralisches Granulat auf der Basis von Kalziumsilikathydrat.

Mineralische Bezeichnung: TOBERMORIT (Hauptbestandteil)

spez. Oberfläche nach BET: ~ 20 - 30 m²/g

Körnung: 0,5 – 5,6 mm

Schüttdichte nach DIN 4226/3: ~ 340 kg/m³

relative Restfeuchte: ~ 4 M -% H₂O

pH-Wert (400 g / l H₂O): 9,5 – 11

Absorptionsvermögen: je nach Dichte und Konsistenz der zu absorbierenden Stoffe 80 - 120% des Eigengewichtes von ABSOLYT Wasseraufsaugung:
95 - 120 M -%

Lieferform: PE-Säcke 50 Liter, big-bag, bulk

Entsorgung nach Gebrauch: Für Entsorgungsmaßnahmen sind die einschlägigen Bestimmungen und gesetzlichen Vorschriften für den an ABSOLYT gebundenen Stoff zu beachten. Unbenutztes ABSOLYT kann auf Deponieklasse I entsorgt werden.

Prüfzeugnisse: ABSOLYT ist geprüft und zugelassen als Ölbinder Typ III R nach den Bestimmungen der Richtlinien für Ölbinder des BMU in Deutschland. ABSOLYT ist auch zugelassen für Verkehrsflächen (Straßen, Autobahnen, Plätze) aufgrund der guten Rutschfestigkeit und leichten Wiederbeseitigung. Die Prüfung von ABSOLYT auf seinen Gehalt an freier kristalliner Kieselsäure gemäß TRGS 900 (Johannesburger Konvention) durch das Institut für Gefahrstoff-Forschung der Bergbauberufsgenossenschaft am 22.07.1991 ergab, dass gemäß der Definition der TRGS 900 die Feinstäube von ABSOLYT als nicht quarzhaltig bezeichnet werden dürfen. Gemäß Prüfbericht des Bayerischen Landesinstituts für Arbeitsschutz, München, vom 26.10.1981 - Journal ST 205/81 - war bei infrarotspektroskopischen und lichtmikroskopischen Untersuchungen von ABSOLYT kein Asbest nachzuweisen. ABSOLYT ist hygienisch geprüft und zugelassen ohne Erfordernis besonderer Schutzmaßnahmen bei der Anwendung.

Gesundheitsaspekte: ABSOLYT ist nicht kanzerogen.

Funktionsbeschreibung: ABSOLYT bindet adsorptiv, adsorptiv oder chemisch organische und anorganische Verbindungen, wie:

* Öle, Altöle, Fette, Schmierstoffe

* Laugen, Farben, Lacke, Lösemittel

* gesättigte Kohlenwasserstoffe (Naphthene)

* chlor-, fluor- und schwefeloxidhaltige Verbindungen.

ABSOLYT entfernt durch Ionenaustausch u./o. Adsorption verschiedene Schwermetalle aus kontaminierten Rauch- und Abgasen. Stickoxide werden als Nitrate oder Nitrite bis zu 30% auf ABSOLYT abgeschieden. ABSOLYT neutralisiert schwache Säuren.

Anwendungsbeispiele: Konditionierung und teilweise Dekontamination von Klärschlämmen, je nach Belastungsstoff, teilweise Neutralisation von Säuren, Konditionierung von Lack-, Öl- und Bohrschlämmen, Adsorption und Bindung von Ölen, Fetten, Schmierstoffen, Reinigung von chemischen Prozesswässern, z.B. mit HCl- und Schwermetallkontamination, durch Filtration, Rauchgasfilterung (Trockensorption) in Kraftwerksanlagen (SO_x wird als Sulfat gebunden).

Gebrauchsanweisung: Speziell bei unbekanntem Flüssigkeiten oder Gemischen zunächst Eignung von ABSOLYT prüfen! Streuen Sie ABSOLYT in einer ca. 4-5 mm dicken Schicht auf die zu bindende Flüssigkeit auf. Arbeiten Sie dabei von außen nach innen um eine weitere Ausbreitung der Flüssigkeit zu verhindern. Vermeiden Sie dabei unnötige Staubentwicklung und beachten Sie bitte die einschlägigen Sicherheitshinweise für die vorhandenen Stoffe. Nach kurzer Einwirkzeit durch hin und her kehren mit einem möglichst harten Besen Kontakt von noch unbenutztem ABSOLYT mit der aufzunehmenden Flüssigkeit herstellen. Bei fast allen Flüssigkeiten ist benetztes von unbenetztem Bindemittel schon optisch zu unterscheiden. Nach Abkehren und Aufnehmen des benutzten ABSOLYT prüfen, ob die Flüssigkeit vollständig aufgenommen wurde. Gegebenenfalls Anwendung wiederholen. Insbesondere bei Verkehrsflächen Rutschfestigkeit prüfen. Für Transport und Entsorgung von benutztem ABSOLYT sind die einschlägigen und gesetzlichen Vorschriften zu beachten, die für den ABSOLYT gebundenen Stoff gelten.

TARCO-EP Ölbinder fein (Verwendung durch die Straßenmeisterei FELDBACH)

Lizenzgeber und Vertrieb: TARMANN Chemie GesmbH, Lastenstrasse 29,
Postfach 325, A-9021 KLAGENFURT

Preis: 1,80 €/kg exkl. USt (bei Abnahme von 100 kg)

Flüssigkeitsaufnahme: 120 bis 150 g/100 g

Eigenschaften: nicht schmierend, chemisch neutral, wirkt rostschützend, fäulnisverhütend, feuerhemmend (erstickt Flammen), lässt sich leicht wegkehren, keine Flüssigkeitsabgabe unter Druck

Einsatz: Mineralöle, Schmieröle, Alkohole, Dieselmotorenstoffe, Lacke, Farben, sonst. flüssige Chemikalien

Chemische Charakterisierung: Tonmineral = wasserhaltiges Magnesiumsilikat (Magnesiumsilikat 80%; CAS-Nr.: 63800-37-3; Gefahrensymbol nicht erforderlich)

Mögliche Gefahren: Das Produkt kann unangenehm störenden Staub hervorrufen (Gesamtstaub 15 mg/m³; Feinstaub 5 mg/m³)

Handhabung: Staubvermeidung während der Handhabung, für geeignete Be- und Entlüftung sorgen (eventuell Staubmaske und Sicherheitsbrille); vor Feuchtigkeit schützen

Physikalische und chemische Eigenschaften:

Form: pulverförmig; *Farbe:* hell creme-farbig; *Geruch:* geruchlos

Zustandsänderung/Siedepunkt: NA

relative Dichte (g/cm³): 2,1; *pH-Wert unverdünnt (20° C):* 8,5

Wasserlöslichkeit/Mischbarkeit mit Wasser: unlöslich

Transportvorschriften: keine

Wassergefährdungsklasse: 1 (Selbsteinstufung)

2 Tabellen und technische Spezifikationen



EG-Konformitätserklärung
 (EG-Maschinenrichtlinie 89/392/EG)

Herbold Meckesheim GmbH
 Industriestraße 33
 D-74909 Meckesheim
 Postfach 278
 D-74909 Meckesheim
 Tel. +49 / 62 26 / 8320
 Fax +49 / 62 26 / 4 05 55
 Mail: herbold@herbold.com
 Internet: www.herbold.com

Hiermit erklären wir, daß die Bauart der

Maschine : **Schneidmühle**
 Maschinentyp: **ZSM1, 20/26**
 Auftrags-Nr.: **02-17-02**
 Maschinen Nr.: **7827**

und die dazu gehörigen Aggregate

in der gelieferten Ausführung folgenden einschlägigen Bestimmungen entspricht:

EG-Maschinenrichtlinie 93/44/EWG; zuletzt geändert durch
 93/68/EWG, Anhang
 EG-Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG
 EMV-Richtlinie 89/336/EWG

Angewandte Harmonisierte Normen (Vorzugsweise C-Normen), insbesondere:
 DIN 12012-1; DIN EN 60201; DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1)

Diese EG-Konformitätserklärung verliert ihre Gültigkeit, wenn die Maschine oder die dazu gehörigen Aggregate ohne unsere Zustimmung umgebaut oder verändert werden.

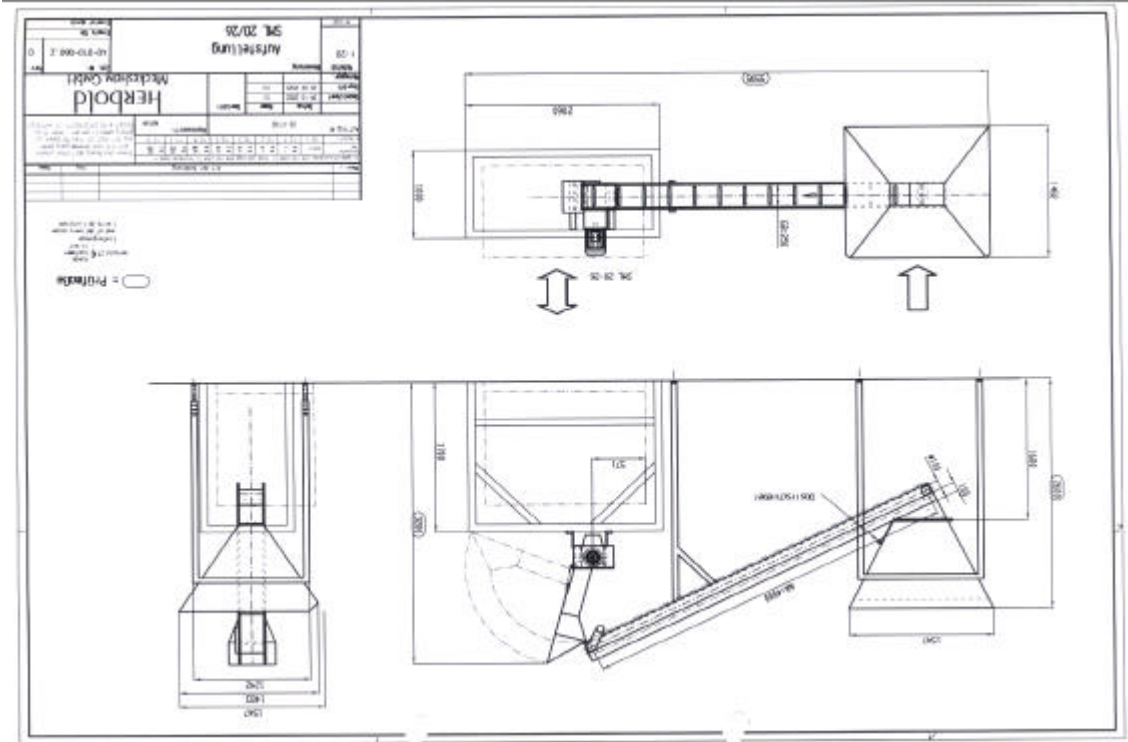
Herbold
 Meckesheim GmbH
 Industriestraße 33
 74909 Meckesheim

12.12.02

Datum

Unterschrift der Herstellers

Herbold Meckesheim GmbH
 Industriestraße 33
 74909 Meckesheim
 Telefon +49 (0) 62 26 8320
 Telefax +49 (0) 62 26 40555
 E-Mail herbold@herbold.com
 Internet www.herbold.com





3. Technische Daten (Standardausführung)		3.4 Ersatzteil Liste		Schneidmühle		ZSML 20/26		
3.1. Schneidmühle Typ: ZSM		20/14	20/20	20/26	Nr.	Stück	Benennung	Sach-Nr.
Motorchmesser	mm	200	289	266	1	16	Rotormesser	10-205-572
Rotortiefe	mm	124	166	246	2	16	Befestigungsschraube M8x25, DIN 933, 10.9	00-100-600
Aufgabefläche	mm	315x370	370x370	440x370	3	2	Statormesser	10-204-649
Abmessung d. Schneidkammer	mm	138x294	200x294	262x294	4	2	Befestigungsschraube M12x35, DIN 933, 10.9	00-100-622
Anzahl der Rotormesser	Stück	2x3	4x3	2x6	5	2	Befestigungsschraube M12x110, DIN 933, 10.9	00-100-100-
Anzahl der Statormesser	Stück	2	2	2	6	1	Sieb	4 RV 4 T 7
Rotordrehzahl	U/min	208	208*	208	1	1	Sieb	6 RV 6 T 10
Anteilbelastung (Standard)	kg	2,2	3,0	4,0	1	1	Sieb	3 RV 10 T 14
Anteilbelastung (erhöht)	kg	3,0	4,0	5,5	1	1	Sieb	2 RV 2,5 T 5
Granzulastleistung in Abhängigkeit von Material, Sieblochgröße u. Messerschärfe	kg/h	25	30	35	7	1	Motor	4 kW, 1420 min ⁻¹ , 400 V, 00-501-023 50 Hz, B5-1A
Motorausführung mit 2-poligen Motor	Stück	2x2	4x2	2x4				
Anzahl der Rotormesser	Stück	2x2	4x2	2x4				

* als Sonderausführung der getriebenen Mühle: 400 U/min

3.2 ÜBERSICHTSZEICHNUNGEN bzw PROSEKT (siehe Anlage)

3.3. SCHMIERANWEISUNGEN
3.3.1 SCHMIERANWEISUNG

für Flanschlager FC 206 und FC 208 u. Motoraufnahme

Der Schmierstoff hat die Aufgabe, die unmitttelbare metallische Berührung der Kugel mit den Laufbahnen und dem Käfig zu verhindern, sowie die Reibung der schleifenden Dichtung zu verringern. Der Schmierstoff der NBR-Gehäuselager ist sehr gering. Die werkseitig eingefüllten Fettmengen reichen bei normalen Betriebsverhältnissen für die Lebensdauer der Lager aus. Eine Nachschmierung kann in vielen Fällen erforderlich werden, insbesondere dann, wenn ungünstige Umwelteinflüsse, wie staubige oder feuchte Umgebung vorliegen. Eine Nachschmierung nach 6.000 Betriebsstunden mit "Wälzlit LT 2" wird von uns empfohlen.

3.3.2 SCHMIERANWEISUNG

für KEB Schneberg Getriebemotoren.

Die entsprechenden Anweisungen sind der Anlage zu entnehmen. (entfällt für ZSM)

-14-

3.5 AUFBAU UND WIRKUNGSWEISE

Die langsamlaufende Schneidmühle Typ ZSM1 kommt als Beistellmühle besonders für die Zerkleinerung von Ängüssen und kleinen Fehlteilen zum Einsatz. Als schnelllaufende Sonderausführung ist der Einsatz für Teile mittlerer Größe u. für größere Granulierleistung möglich.

Für die Materialbeschickung von Hand, Bandzuführung oder Handlingerät ist ein Eingabetrichter vorgesehen, der zu den Teilen optimal abgestimmt ist. Das Mahlgut wird in der Schneidkammer, zwischen Rotor- und Statormessern zerkleinert und fällt als Granulat durch das auswechselbare Siebblech in den Granulatbehälter, der als Absauganne oder aus Auslaufrichter für Sack- und Kunststoffbehälter ausgeführt ist. Eine Änderung der Einlaufrichter ist nicht erlaubt.

3.6. Elektrische Ausrüstung

**3.6.1 SCHALTTEILLISTE
 Schneidmühle Typ ZSM1**

Kurzbez.	Stück	Funktion	Bezeichnung
AL	1	AP-Gehäuse	C11-PKZM-G
01	1	Motorschuttschalter, einschl. Kompaktstarter	PKZM 1-10
	1	Unterspannungsauslöser	U-PKZM
SI, S2, S3	3	Sicherheitspositionsschalter	
M	1	Elektromotor	400 V, 50 Hz.
X1/X2	2	Anschluß-Klemmen für externe Sicherheitsschalter	

-15-

3.6.2 BESCHREIBUNG DER ELEKTRISCHEN AUSRÜSTUNG

Die Hauptbestandteile der elektrischen Ausrüstung sind:

- der Drehstrom-Motor zum Antrieb der Mühlen
- das Aufbaugeschütz mit Motorschutzschalter einschl. Kompaktstarter Schaltkulisse
- der Geräteanschlußstecker CEE 16A, 5-polig
- die Sicherheitspositionsschalter für den Personenschutz

Die Spannungsversorgung der Mühle erfolgt über eine 5-polige CEE-Kupplungsdose zum Wandgerätestecker der Anlage.

Die Mühle wird mit dem Kompaktstarter am Motorschutzschalter ein- bzw. ausgeschaltet. Der Kompaktstarter erfüllt auch die Funktion des Not-Aus-Tasters.

Zur Steuerung gehören ein Sicherheitspositionsschalter als Schutzeinrichtungen an der Abdeckung der Mühle, am Aufgabetrichter und am Granulatauffangkasten.

Im nicht vorchriftsmäßigen Zustand der Anlage unterbrechen diese Sicherheitsschalter den Steuerstromkreis und der Motor kann nicht gestartet werden oder schaltet sich aus.

Der Motorschutzschalter ist auf Motornennstrom einzustellen und schützt den Motor gegen Überlastung. Der Motorschutzschalter ist gegen Kurzschluß eigenfest.

Nach Netzspannungsausfall und wiederkehrender Spannung sowie bei Unterspannung schaltet der Schutzschalter ab und nicht wieder selbstständig ein.

-17-

-16-

Inbetriebnahme von Neumühlen

1. Mühle aus Gitterbox bzw. aus Verpackung entnehmen.
2. Mühle, Aufgabe- und Auslaufrichter säubern, dazu
 - 2.1 linke Seitenklappe öffnen
 - 2.2 Spannverschlüsse für Auslaufrichter öffnen und Auslaufrichter entnehmen
 - 2.3. Spannverschluß für Aufgabetrichter öffnen und aufgabetrichter aufschwenken.
 - 2.4 Die 4 Stück Griffschrauben der Vorderwand nach links aufdrehen, Vorderwand an den Bügelgriffen kräftig abziehen und beiseite legen.
 - 2.5 Mühle säubern.
3. Mühle in umgekehrter Reihenfolge zusammenbauen.
Hierbei bitte auf die Lagebereinstimmung von Mitnahmestift im Lagerzapfen und Mitnahmeschlitz im Lagerinnenring achten.
4. Mühle über ein 5-poligen CEE 16 Amp.Verlängerungskabel elektrisch anschließen.
5. **W i c h t i g**
Mühle kurz einschalten, Drehrichtung/Laufrichtung überprüfen. Auf rote Richtungspfeile achten !!!!
- 5.1 Zur evtl. Drehrichtungsänderung Verlängerungskabel umpolen.
6. Mühle in Betrieb nehmen.

Die Reinigung der Mühle bei Farb- bzw. Materialwechsel erfolgt wie unter Pos. 2 beschrieben, es kann jedoch zusätzlich das Siebblech entnommen werden.

Die Mühle bzw. die Messer sind eingestellt.

Zum Nachschleifen werden die Rotormesser entnommen, nur vorne nachgeschliffen und wieder eingebaut. Die zwei Stück Statormesser können 4-fach gewendet werden.

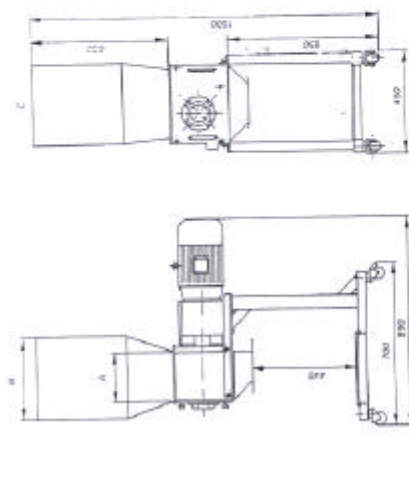
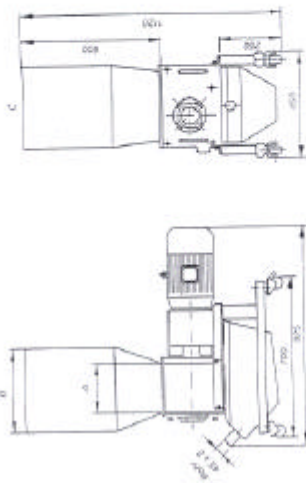
Beim Nachschleifen werden zwei Seiten der Statormesser je 0,5 mm nachgeschliffen.

Vor dem Einsetzen des nachgeschliffenen Statormessers muß auf jeder Seite 1 mitgeliefertes Beilageblech in die Aufnahme eingelegt werden..

Die Statormesser werden von außen durch Klemmschrauben befestigt.

Die Mühle ist ohne aufwendiges Messereinstellen sofort wieder betriebsbereit.

Standardführung



... mit erhöhtem Fahrgestell und Abdeckerrichtung

Merkmal und Eigenschaften

- Einsatz unmittelbar an die Spritzgallmaschine
- langgeschichtete Ausführung
- Materialgabe manuell bzw. über Angelförderer oder Förderband
- versetzter Schnitt durch mehrstufigen Scheibemotor
- kann Einsetzen des Messingrades, einfaches problemloses Nachschleifen und Wechseln der Messer
- Robor und Statormessar mit großer Nachschleifemaschine, 4-schneidige Statormessar
- leichtes und gefahrloses Öffnen von Motor und Abdecken des Aufgabebereichs
- einfaches Stelwechsel
- Entleerung des Granulatbehälters mittels Absaugbehälter oder manuell
- verschiedene Aufgabebereiche
- zwei Varianten von lenk- und verfahrbaren Fahrgestellen

Besondere Merkmale

- klein - lastungsfähig - robust
- staubdichte Roborlagerung
- einfache und schnelle Wartung
- großer Granulatauffangbehälter
- gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
- Standardausführung und Zubehör nach Absprache

Technische Daten - Typ Z5mL	Einheit	20/14	20/20	20/26
Robordurchmesser	mm	200	200	200
Roborlänge (A)	mm	138	200	262
Aufgabebefüllung (B x C)	mm	370 x 370	370 x 370	440 x 370
Abmessung der Schneidkammer	mm	138 x 294	200 x 294	262 x 294
Anzahl der Statormesser	Stück	12	18	24
Anzahl der Robormesser	Stück	2	2	2
Roborrehzahl	U/min	225	217	217
Granulatauffangbehälter	L	18	18	18
Antriebsleistung	kW	2,2	3,0	4,0

