

Maisstärke –  
vielfältiger Rohstoff

# mais

DIE FACHZEITSCHRIFT FÜR DEN MAISANBAUER • 3/2008



# Die Stärken der Stärke

Meinolf G. Lindhauer, Detmold

Noch nicht lange ist es her, da wurden Bemühungen, die Produkte der belebten Natur, insbesondere die der Land- und Forstwirtschaft, Nachwachsende Rohstoffe also – verstärkt in die stoffliche, chemisch-technische Nutzung zu nehmen, zwar zur Kenntnis genommen. Doch trotz der sich mehrenden Hinweise auf die Endlichkeit fossiler Rohstoffe, die der westlichen Zivilisation ein Jahrhundert nie gekannter Mobilität und Lebensqualität durch eine explosionsartige Verwendung in Vielfalt und Menge beschert haben, wurde dieser Tatbestand gern ins Unterbewusstsein verdrängt. So reichten die Reaktionen von überzeugter Zustimmung Weitsichtiger in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik über wohlwollende Distanz bis hin zur Ablehnung mit dem unterstellten Verdacht der Öffnung eines neuen Subventionsfasses für die Landwirtschaft.

Welch ein Wandel in allerjüngster Zeit! Ein Anstieg der Preise für Rohstoffe und Energie auf ein bisher unvorstellbares Niveau – Ende nicht abzusehen – hat mittlerweile jedem den Ernst der Lage vor Augen geführt und die vorausschauenden Mahner der 1970er-, 1980er- und 1990er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts rehabilitiert.

Alternativen müssen her! Und was für die Energieversorgung gilt, gilt gleichermaßen für die Rohstoffe der chemisch-technischen Industrie! Insofern erweist es sich als Glücksfall, dass inzwischen mehr als drei Jahrzehnte verstärkter Forschung mannigfaltige Wege zur (alternativen) Nutzung pflanzlicher und tierischer Produkte aufgezeigt und zu qualitativ hochwertigen Gebrauchsmaterialien und -Gegenständen geführt haben. Einer der potentesten „Global Player“ unter den Alternativen ist die Stärke. Pflanzliche Stärke ist nach Cellulose das mengenmäßig zweitbedeutendste Biopolymer in der Biosphäre der Erde und in der industriellen Nutzung das wichtigste Polysaccharid. Stärke dient vielen Pflanzen als Reservestoff in den Speicherorganen, darunter sind so bedeutsame Kulturpflanzen wie der Mais.

Stärke lässt sich – je nach Rohstoff – vergleichsweise leicht in sogenannten Nassverfahren aus der Matrix gewinnen und hat eine lange Tradition in vielfältigster Anwendung in der Lebensmittel- und chemisch-technischen Industrie. Schon aus ägyptischen Quellen aus der Zeit um 3500 v. Chr. darf auf die Verwendung von Stärke als technischem Hilfsstoff bei der Herstellung von Papyrusblättern geschlossen werden. Heute werden weltweit etwa 50 Mio. t Stärke von der einschlägigen Industrie erzeugt, wobei der Mais etwa Dreiviertel des Rohstoffes stellt. Mit etwa 50 Prozent Anteil



„Ohne zu übertreiben darf man

behaupten, Stärke ist ein phantastischer

Rohstoff, dessen Stärken in vieler

Hinsicht noch bei Weitem nicht

ausgeschöpft sind.“

sind die USA der bedeutendste Stärkelieferant; und in den USA ist Stärke als Synonym für Maisstärke zu verwenden.

Nach den jüngsten verfügbaren Daten für Europa betrug die Stärkegewinnung 2005 9,6 Mio. t, davon 46 Prozent aus Mais. Der Umsatz der europäischen Stärkeindustrie darf mit etwa sieben Mrd. Euro/Jahr veranschlagt werden.

Was jedoch erklärt die extreme Vielfalt von Stärke und Stärkeprodukten in der Anwendung? Man schätzt die Zahl der gegenwärtigen Anwendungen auf über 600, weitere Entwicklungen nicht ausgeschlossen.

Das Geheimnis liegt im molekularen und übermolekularen Aufbau der Stärke. Ausgehend vom Grundmolekül Glucose synthetisiert die Pflanze in bestimmten Mengenverhältnissen (in der Regel etwa 25 : 75 Prozent) ein kaum verzweigtes lineares Molekül, die Amylose, und ein sehr großes hochverzweigtes, komplex räumlich strukturiertes Molekül, das Amylopektin. Beide Molekülformen sind nach bestimmten Ordnungsprinzipien zu

Stärkekörnern rohstoffspezifischer Charakteristik zusammengefügt.

Stärken können so, wie sie als Körner gewonnen werden, also als native Stärken, verwendet werden, sie lassen sich chemisch und physikalisch modifizieren, durch Säuren oder (heute meist) durch Enzyme definiert zu sogenannten Verzuckerungsprodukten abbauen, die ihrerseits wieder Rohstoffe einer weiten Palette der Anwendung bzw. Weiterverarbeitung darstellen.

Eine der wohl wichtigsten Eigenschaften von Stärke ist ihre Fähigkeit, im wässrigen Medium unter Energiezufuhr ab einer bestimmten Temperatur zu quellen und zu verkleistern, z. B. einen Kleister bestimmter Konsistenz zu bilden, wobei auf Vorgang und Ergebnis durch Modifikation mannigfaltig Einfluss genommen werden kann.

2005 wurden in Deutschland etwa 30 Prozent der Stärke als native, 18 Prozent als modifizierte und 52 Prozent als Verzuckerungsprodukte eingesetzt, wobei in der Summe etwa 57 Prozent auf die Lebensmittel- und 43 Prozent auf die Non-Food-Industrie entfielen.

Wussten Sie, dass unsere Getränke- und Süßwarenindustrie ohne Süßungs- oder Säuerungsmittel, aus Stärke gewonnen, nicht annähernd die vertraute Vielfalt an Produkten bereitstellen könnte? Wussten Sie, dass der Stoff, den Sie gerade in der Hand halten, Papier nämlich, in hohem Maße Spezialstärken enthält, ohne die die heutige Papierqualität nicht erreichbar wäre? Hätten Sie erwartet, dass beim Bohren nach Erdöl Spezialstärken eingesetzt werden?

Diese wenigen Beispiele machen Sie hoffentlich neugierig, mehr über Stärke zu erfahren.

Wirtschaftlich betrachtet ist in der Konkurrenz der Rohstoffe untereinander der Mais der günstigste, wegen der verfahrenstechnischen Gewinnbarkeit sowie der wertschöpfenden Vermarktbarkeit der Nebenprodukte (Protein, Keimöl, etc.).

Ohne zu übertreiben darf man behaupten, Stärke ist ein phantastischer Rohstoff, dessen Stärken in vieler Hinsicht noch bei Weitem nicht ausgeschöpft sind. Die Natur bietet uns Alternativen zu fossilen Rohstoffen. Strengen wir uns an, sie umfassender einzusetzen und intelligenten Anwendungen zuzuführen, denn gerade Stärken haben ihre Stärken.

Prof. Dr. Meinolf G. Lindhauer, Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Institut für Sicherheit und Qualität bei Getreide, 32756 Detmold, Tel.: 05231/741-420, Fax: 05231/741-300, E-Mail: meinolf.lindhauer@mri.bund.de ■



# Mais und seine „Kunststoff“-Seite

## Maisstärke als nachwachsender Rohstoff für innovative Biokunststoffe

Albert Otten, Wolfsburg

Die Zusammensetzung der Stärke ist von der betrachteten Kulturpflanze abhängig, die wiederum das physikalische und chemische Verhalten der Stärke beeinflusst. Sie kann kostengünstig aufbereitet und wieder in den natürlichen Kreislauf zurückgeführt werden. Für die spätere Verwendung wird die Stärke in der Regel in eine andere Modifikation überführt. Jede Änderung der natürlich vorkommenden Stärke (Modifikation oder Derivatisierung) kann durch chemische, physikalische und enzymatische Behandlungen erfolgen. Ziel der Derivatisierung ist es, natürliche Eigenschaften der Stärke zu verändern oder auch neue einzuführen, um so die Verwendbarkeit der Stärke in den unterschiedlichsten Anwendungen zu ermöglichen.



Abb. 2: Qualitätskennzeichen („Keimling“) für zertifizierte, d. h. nachweislich kompostierbare Biokunststoff-Produkte  
(Quelle: European Bioplastics, Foto: Biota)

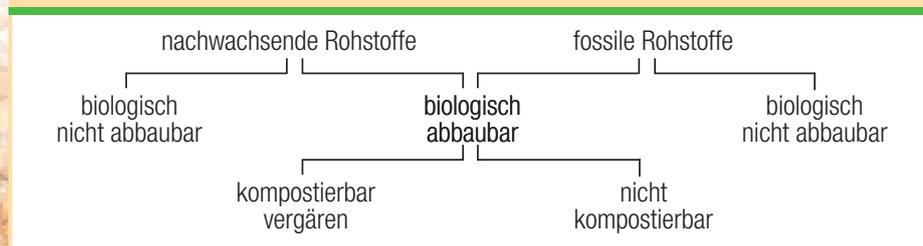
**M**ais besteht zu circa 70 Prozent aus Stärke, zu circa acht Prozent aus Protein und zu circa vier Prozent aus Fett. Der Rest setzt sich aus Wasser, Fasern, Zucker und verschiedenen Mineralstoffen zusammen. Stärke ist nach Cellulose der bedeutendste organisch-chemische Rohstoff und in der Natur als Reserve- bzw. Speicherstoff weit verbreitet.

Wird Stärke mittels biotechnologischer Prozesse abgebaut, dient sie als Grundbausteinquelle für die Synthese von Polymeren (Kunststoffen). Darüber hinaus werden ihre spezifischen Eigenschaften als Zusatzstoff genutzt. Stärke wird eingesetzt u. a. als Zusatzstoff in der Papierindustrie und für Wasch- und Reinigungsmittel, zur Herstellung chemischer Grundstoffe (z. B. Tenside, Stabilisatoren, organische Säuren), als Bindemittel, in Klebstoffen, zur Herstellung von Biokunststoffen (Polymilch-

säure, PLA), als Füllstoff und für Schäume (z. B. Verpackungsindustrie) sowie in Pharmazeutika. Der bei Weitem größte Stärkeverbraucher in der EU ist die Papier-, Pappe- und Wellpappen-Industrie mit einem Anteil von fast 30 Prozent. Andere wichtige Anwendungsfelder von Stärke sind die Industriezweige Textil, Kosmetik, Pharmazie, Bau und Farben. Mittel- bis längerfristig wird Stärke zunehmend eine bedeutende Rolle im Bereich „nachwachsende Rohstoffe“ einnehmen, wobei Stärke z. B. zu biologisch abbaubaren Kunststoffen (Biokunststoffen) umgesetzt wird und als Verpackungsmaterial oder in Formkörpern Verwendung findet. Biokunststoffe sind ausschließlich oder anteilig aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellte Polymere, die in relativ kurzer Zeit biologisch abbaubar sind. Stärke ist der wichtigste nachwachsende Rohstoff für die Herstellung von Biokunststoff-



Abb. 1: Abbaumöglichkeiten von Produkten aus nachwachsenden und fossilen Rohstoffen



fen. Eingesetzt werden zumeist Stärkeblends (Kunststoffmischungen). Stärke und Stärkeblends machen derzeit etwa 85 Prozent bezogen auf den gesamten Biokunststoffmarkt aus. Der oftmals aus Maisstärke gewonnene Biokunststoff kommt nicht nur als Einkaufstüte, sondern auch als Abdeckplane im Gemüseanbau und als Cateringzubehör zum Einsatz. So wird Maisstärke sogar in dem von Goodyear und Novamont entwickelten „BioTred“-Reifen als Zuschlagstoff verwendet.

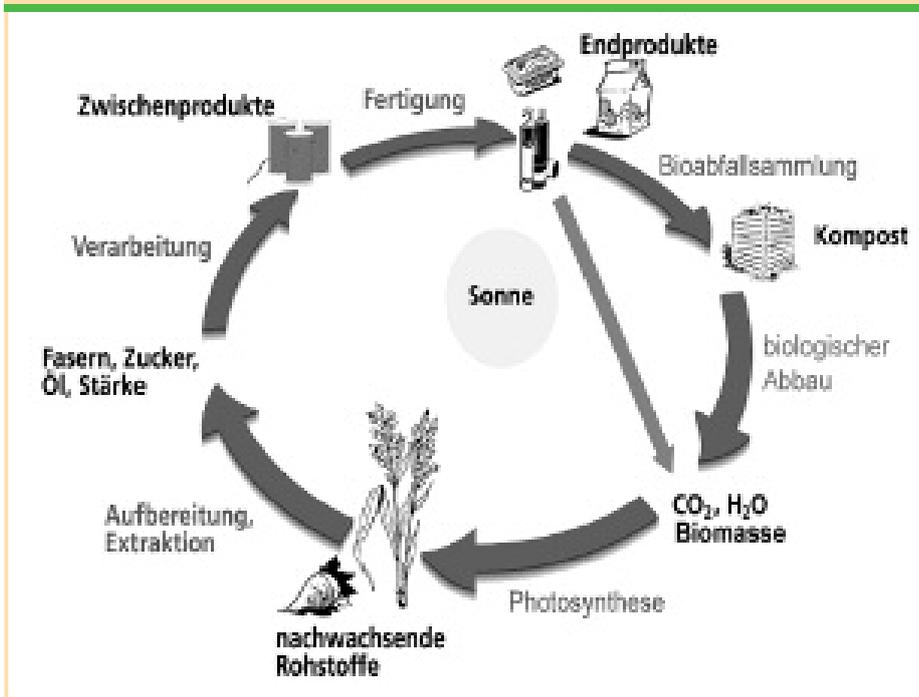
Dadurch verringert sich das Gewicht des Reifens (um fünf Prozent bei Ersatz von 20 Gewichtsprozent Ruß oder Silikat) und ebenso sein Rollwiderstand, sodass das Fahrzeug weniger Sprit verbraucht. Außerdem verbessert diese Mischung das Bremsverhalten des Reifens auf nasser Fahrbahn.

## Das Entsorgungsproblem von Verpackungen

Mehrere Milliarden Kunststoff-Verpackungen verbraucht allein die deutsche Bevölkerung



**Abb. 3: Geschlossener Kohlenstoffkreislauf für biologisch abbaubare Kunststoffe auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen**  
(Quelle: European Bioplastics, Foto: Biota)



Jahr für Jahr. Viele davon haben nur ein kurzes Leben. Tüten, Beutel, Schalen und Getränkeflaschen landen in der Regel nach Wochen, Tagen oder gar Stunden im Müll. Im vergangenen Jahr hat durchschnittlich jeder Bundesbürger knapp 28 Kilogramm dieser Leichtverpackungen in eine Gelbe Tonne geworfen, deren Inhalt danach mit viel Aufwand sortiert werden muss. Demgegenüber steht ein Kunststoff für Verpackungen, der kein Öl mehr verbraucht, sondern der aus Pflanzen hergestellt wird und nach Gebrauch umweltfreundlich verrottet. Diese Materialien sind bereits in unterschiedlichen Varianten und Marken auf dem Markt und finden sich in verschiedenen Anwendungen. Jedoch spielen Bio-Verpackungen bis heute nur eine Nebenrolle. Für den mäßigen Erfolg gibt es mehrere Gründe.

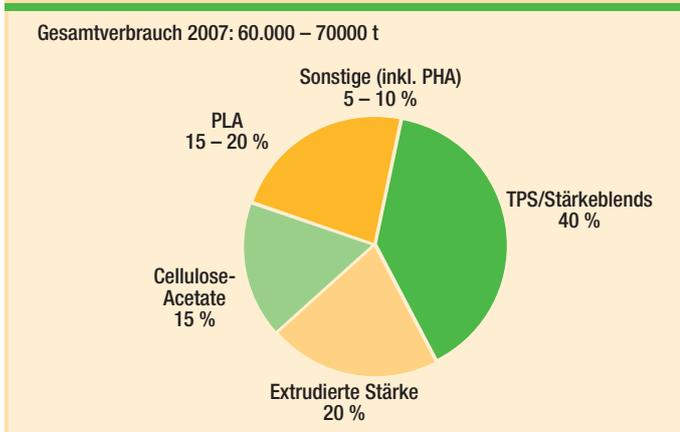
Biologisch abbaubare Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen sind derzeit noch zwei- bis viermal so teuer wie herkömmliche Polymere aus Rohöl. „Erdölbasierte Kunststoffe haben sich aber in den letzten Monaten um bis zu 80 Prozent verteuert“, stellte kürzlich der Interessenverband European Bioplastics in Berlin fest. Plötzlich werden für die Chemieunternehmen biotechnologische Verfahren lukrativ, bei denen Bakterien, Pilze und Enzyme aus nachwachsenden Rohstoffen wie Stärke und Cellulose neue Kunststoffe erzeugen.

Eine weitere Hürde hat der Gesetzgeber mit der Verpackungsverordnung, verantwortlich für die Rücknahmepflicht und der Düngemittelverordnung, verantwortlich für den Kompost, aufgestellt.

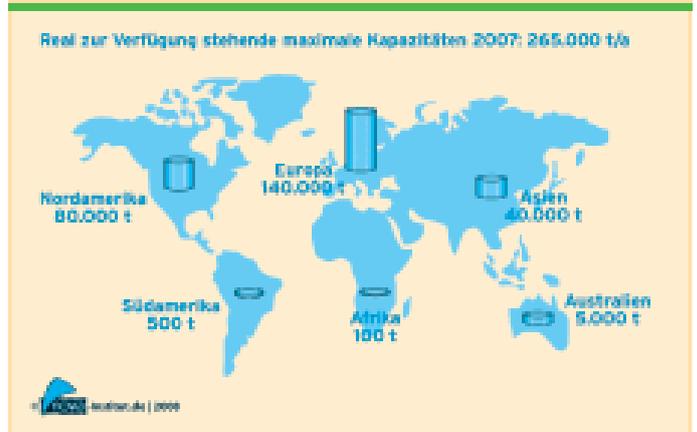
Wie Abbildung 1 zeigt, sind nicht alle Polymere aus nachwachsenden Rohstoffen automatisch biologisch abbaubar und nicht alle polymeren Produkte aus fossilen Rohstoffen nicht biologisch abbaubar. Auch ist „biologisch abbaubar“ nicht mit „kompostierbar“ gleichzusetzen. Somit wird jeder neu auf den Markt kommende Biokunststoff bzw. Composite auf seine biologische Abbaubarkeit und Kompostierbarkeit geprüft. Die biologische Abbaubarkeit wird entsprechend der Standard-Testmethoden internationaler Organisationen (DIN, ISO, CEN, ASTM) geprüft.

Unabhängige Organisationen wie DIN Certco oder AIB Vincotte (Belgien) zertifizieren dann die Kompostierbarkeit gemäß der international anerkannten Norm DIN EN 13432. Werden die Anforderungen erfüllt, kann das eigens für die Kompostierung entwickelte Logo (Abb. 2) genutzt werden. Der große Vorteil der biologisch abbaubaren Kunststoffe auf der Basis von nachwachsenden Rohstoffen gegenüber den erdölbasierten Kunststoffen liegt vornehmlich im dem geschlossenen Kohlenstoffkreislauf (Abb. 3).

**Abb. 4: Verbrauch und Marktanteile biologisch abbaubarer Kunststoffe in Westeuropa**  
Quelle: nova-Institut



**Abb. 5: Weltweite reale Produktionskapazitäten von biologisch abbaubaren Kunststoffen**  
Quelle: nova-Institut



## Biologisch abbaubare Kunststoffe im Weltmarkt

Nach einer Erhebung des nova-Instituts lag der Verbrauch an biologisch abbaubaren Kunststoffen in Westeuropa, der derzeit wichtigste Markt für Biokunststoffe, im Jahr 2007 bei circa 60.000 bis 70.000 Tonnen. Die Wachstumsraten sind jedoch zweistellig und erreichen in einigen Bereichen bis zu 50 Prozent pro Jahr, heißt es weiter in der Studie. Thermoplastische Stärken (TPS) bzw. Stärkeblends, extrudierte Stärke, Cellulose-Acetate und Polymilchsäure-Polymere (PLA) sind gemäß ihrer Marktanteile dabei die wichtigsten Biokunststoffe. Biokunststoffe wie Polyhydroxyalkanoate (PHA) machen dagegen zusammen weniger als fünf Prozent aus (Abb. 4). Ebenso ermittelte das nova-Institut die weltweiten Produktionskapazitäten für biologisch abbaubare Kunststoffe. Diese lagen im Jahr 2007 bei circa 265.000 t (Abb. 5). Nordamerika besitzt mit dem weltweit führenden Produzenten von PLA (Nature Works) die größten Produktionskapazitäten. Jedoch liegt laut Marktanalyse Europa mit 140.000 t Produktionskapazität vor Nordamerika mit 80.000 t. Denn wegen technischer Probleme werden in den USA derzeit nicht die gesamten Produktionskapazitäten ausgeschöpft, somit sind die größten realen Produktionsmengen in Westeuropa vorhanden, so das nova-Institut. Die Produktionskapazität von 265.000 t, die sich auf circa 100 Unternehmen aufteilt (mit Nature Works, Novamont, Biotec als die größten Vertreter), genügt laut Studie nicht, um die wachsende Nachfrage zu befriedigen. Die zuweilen begrenzte Verfügbarkeit von Biokunststoffen ist nicht nur bei den eigentlichen Biokunststoff-Produzenten, sondern auch bei notwendigen Additiven aus der Chemischen In-

dustrie zu suchen. Der Biokunststoffgesamtmarkt wird dennoch nach der von der Firma Reifenhäuser initiierten Studie des nova-Instituts in den nächsten Jahren wie erwähnt zweistellig wachsen. Die Produktionskapazitäten werden sich laut European Bioplastics bis 2009 verdreifachen und danach nochmals bis 2011 voraussichtlich verdoppeln.

## Geplante Ausdehnung der Produktionsstätten

Nicht zuletzt deshalb planen US-Unternehmen bereits Produktionsstätten für neue Bio-

**Die erste PLA-Flasche mit Mineralwasser wird seit Ende 2004 in den USA verkauft**  
(Quelle: European Bioplastics, Foto: Biota)



kunststoffe. Ein Konsortium aus dem Landwirtschaftskonzern Archer Daniels Midland und der Biotechnik-Firma Metabolix will in Clinton (Iowa) eine Fabrik bauen, um jährlich 50.000 t des Biokunststoffs aus Polyhydroxyalkanoaten (PHA) aus Getreidestärke herzustellen. Die BIOP AG produziert nach einem in Dresden entwickelten Verfahren das sogenannte BIOPAR®-Granulat. Dafür werden hauptsächlich nachwachsende Rohstoffe wie Kartoffelstärke eingesetzt. Aus dem Granulat werden verschiedenste Folien hergestellt und unter anderem für Tragetaschen und Beutel, Verpackungen sowie als Agrarfolien genutzt. Mit der Inbetriebnahme der Produktionshalle stehen derzeit rund 17.000 Tonnen pro Jahr dem Markt zur Verfügung. Zwei weitere geplante Bauabschnitte können die gesamte Produktionskapazität bis auf 100.000 Tonnen pro Jahr erhöhen.

Auch die BASF wird ihre Anlage zur Herstellung des biologisch abbaubaren Kunststoffes Ecoflex am Standort Ludwigshafen erweitern. Damit erhöht sie die Produktionskapazität für Ecoflex von bislang 14.000 Jahrestonnen um 60.000 Jahrestonnen. Die Anlagenerweiterung soll im dritten Quartal 2010 die Produktion aufnehmen. Ecoflex ist ein Kunststoff auf petrochemischer Basis, der Eigenschaften des klassischen Polyethylen aufweist, jedoch unter industriellen Kompostierbedingungen gemäß DIN EN 13432 vollständig biologisch abbaubar ist. Gleichzeitig wird die Produktionskapazität für das neu entwickelte Produkt Ecovio erhöht. Ecovio, ein Veredelungsprodukt von Ecoflex, besteht zu 45 Prozent aus Polymilchsäure (PLA), sodass dieser biologisch abbaubare Kunststoff zu einem erheblichen Teil biobasiert ist. Bei Polymilchsäure handelt es sich um ein Material, das aus dem nachwachsenden Rohstoff Maisstärke gewonnen wird. Nature Works

(USA) produziert im Jahr circa 80.000 Tonnen PLA aus Maisstärke und exportiert das Produkt in alle Welt.

Den Weg geht auch der US-Chemiekonzern DuPont. Ab Mitte des Jahres will er den Plastik-Grundstoff PDO (1,3-Propandiol) aus Maisstärke herstellen. Bio-PDO soll als Baustein für zwei DuPont-Kunststoffe dienen. Laut DuPont ist die Biovariante eines dieser Kunststoffe elastischer als sein auf Erdölbasis hergestelltes Gegenstück. Er soll für Rohre und Schläuche oder Airbag-Abdeckungen genutzt werden.

Das auf Biokunststoffe spezialisierte Chemieunternehmen Novamont SpA will die Kapazität in den Produktionsanlagen von Terni auf 60.000 Tonnen verdreifachen. In dem Werk wird das biologisch abbaufähige „Mater-Bi“ hergestellt. Mater-Bi-Besteck und/oder Geschirr wurden bereits auf vielen regionalen Volksfesten aber auch auf Großveranstaltungen wie den Olympischen Spielen in Sydney, den olympischen Winterspielen in Turin (Becher) und auf dem Weltjugendtag 2005 in Köln (Becher) eingesetzt. Auch die allseits bekannten Tragetaschen werden in erheblichen Mengen aus MaterBi hergestellt.

## Ausblick

Harald Káb, Vorstandsvorsitzender beim Herstellerverband European Bioplastics in Berlin, glaubt, dass abbaubare Verpackungen vor einem Boom stehen. In Frankreich sollen von 2010 an Supermarkttüten nur noch aus abbaubarem Material erlaubt sein. Die britische Lebensmittelkette Sainsburys will 500 Produkte in kompostierbaren Folien und Schalen anbieten. Was den Boom zusätzlich anfachen könnte, ist die Tatsache, dass normale Kunststoffe wegen der hohen Rohölkosten ständig teurer

**Fruchtschale aus NatureWorks® Polymilchsäure (PLA). PLA wird aus landwirtschaftlichen Rohstoffen wie Maisstärke oder Zucker gewonnen**  
(Quelle: European Bioplastics, Foto: NatureWorks LLC)



## Beispiele für kurzlebige Produkte, die zu den „etablierten“ Anwendungsgebieten für Biokunststoffe zählen

### Verpackungen

- Trays, Netze, Beutel,.. (z. B. für Obst- und Gemüse)
- „Bioverpackung“ im Bereich ökologisch erzeugter Lebensmittel („Wo Bio drin ist, soll auch Bio drum herum sein“)
- Tragetaschen (Zweitnutzen als Bioabfallsammelbeutel)
- Kioskprodukte (Serviceverpackungen für Take-Away)
- Verpackungschips (z. B. Farm-Fill der Fa. Loick)
- Getränkeverpackung (PLA-Flasche)

### Cateringartikel (Großveranstaltungen, Feiern,...)

- Teller, Tassen, Becher, Besteck, Trays usw. (komplettes Sortiment verfügbar)

### Landwirtschaft und Gartenbau

- Bioabbaubare Mulchfolien für Sonderkulturen (Gemüse, Ökolandbau, etc.)
- Erntebindegarne, Befestigungstechnik im Gartenbau
- Pflanztöpfe, Pheromonfallen, Spezialprodukte



**Biologisch abbaubare Mulchfolien können nach Gebrauch einfach untergepflügt werden**  
(Quelle: European Bioplastics, Foto: BASF)

werden. Mit Blick auf die steigenden Ölpreise bieten Biokunststoffe langfristig interessante wirtschaftliche Vorteile. So ist es nicht verwunderlich, dass Biokunststoffe neben den etablierten Einsatzfeldern, sofern man das angesichts der Mengen sagen kann, auch bei langlebigen Anwendungen in Automobilen, als Gehäuse für Elektroartikel, Kleidung, in Teppichen, etc. zusehends neue Möglichkeiten finden.

Zahlreiche weitere Möglichkeiten für das sich ausweitende Einsatzfeld der Biokunststoffe zeigen sich in den folgenden Beispielen:

So realisierte die deutsche Drogeriekette „Ihr Platz“ im Jahr 2006 ein Pilotprojekt, PLA-Flaschen für eine Reihe von Wellness-Getränken einzusetzen. Das Projekt wurde jedoch nicht weitergeführt. Dennoch sind die Biokunststoffe in der Getränkeindustrie längst angekommen. Die Studie „Drinks Biopackaging 2007“ von Zenith International weist aus, dass sich der Markt für biologisch abbaubare Flaschen (PLA) im Jahr 2006 um 150 Prozent gesteigert hat. Für Westeuropa und die USA sehen die Experten eine Verfünfachung des Marktes für biologisch abbaubare Flaschen auf 135 Millionen Liter bis 2011 vorher.

„NEC baut Handys aus Mais“, lautete kürzlich eine Meldung. Der japanische Elektronikkonzern NEC hat einen auf Mais basierten Biokunststoff entwickelt, der Hitze besonders effektiv ableitet. NEC hat angekündigt, 2008 die Massenproduktion zu starten und mit dem neuen Biokunststoff bisher verbaute Plastikteile in

Laptops, Handys sowie anderen mobilen Endgeräten zu ersetzen. NEC plant, bis 2010 zehn Prozent aller bislang verwendeten Kunststoffteile in seinen Geräten mit dem neuen Material zu ersetzen.

Der „Laptop aus Maisstärke“ von Fujitsu (Biblo PC) ist ein ganz normaler Laptop, aber die Außenhülle besteht zu circa 50 Prozent aus Maisstärke. Bis zu 15 Prozent Kohlendioxid lassen sich bei der Herstellung einsparen, erklärt Hersteller Fujitsu stolz. Er ist nicht teurer als normale Laptops, auch wenn die Herstellung der kompostierbaren Variante letztlich teurer kommt. Doch leider ist der PC nur in Japan zu haben.

## Fazit

Die Chancen von Biopolymeren liegen in ihrem sehr hohen wirtschaftlichen Potenzial. In Anbetracht ständig steigender Rohstoffpreise der petrochemischen Industrie wird sich nach und nach die Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von Biopolymeren verbessern. Da die bedeutendsten Biokunststoffe im Wesentlichen auf Stärke basieren, wird sich das langfristig auch auf dem Stärkemarkt bemerkbar machen. Es bleiben aber noch einige technologische und auch rechtliche Fragestellungen zu klären.

Dr. rer. nat. Albert Otten, FH Braunschweig/Wolfenbüttel, Institut für Recycling (IFR), 38440 Wolfsburg, E-Mail: a.otten@fh-wolfenbuettel.de ■

# Maisstärke

## Gewinnung, Eigenschaften, Anwendung

Waltraud Vorwerg und Sylvia Radosta, Potsdam

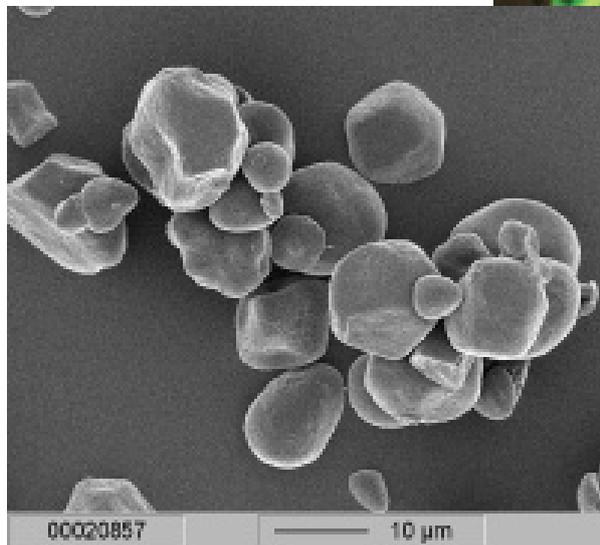
Stärke gehört zu den unverzichtbaren Rohstoffen mit einer sehr langen Tradition vielfältiger Nutzung. Weltweit sind für ihre industrielle Gewinnung die Pflanzen Mais, Weizen, Kartoffel, Tapioka/Cassava, Sago und Reis von Bedeutung. Die Maisstärke dominiert mit einem Anteil von etwa 75 Prozent.

Von der Industrie werden jährlich etwa 50 Mio. t Stärke zur Verfügung gestellt. Die größten Stärkeproduzenten befinden sich in den USA, die etwa 50 Prozent dieses Rohstoffes erzeugen. Die EU-Länder haben an der Weltstärkeproduktion einen Anteil von 17 Prozent. Die Stärkeindustrie in Deutschland stellt jährlich eine Menge von etwa 1,51 Mio. t her, davon sind 27 Prozent Maisstärke, 44 Prozent Kartoffelstärke und 29 Prozent Weizenstärke. In den EU-Ländern wird ein Anteil von 55 Prozent der Stärke und Stärkeprodukte im Lebensmittel- Süßwaren- und Getränkebereich verarbeitet. Weitere Hauptanwendungsgebiete betreffen die Herstellung von Papier (25 Prozent) und Wellpappe (6 Prozent). Etwa 12 Prozent der Stärke kommen in der chemischen Industrie zur Anwendung. (Abb. 1).

### Gewinnung

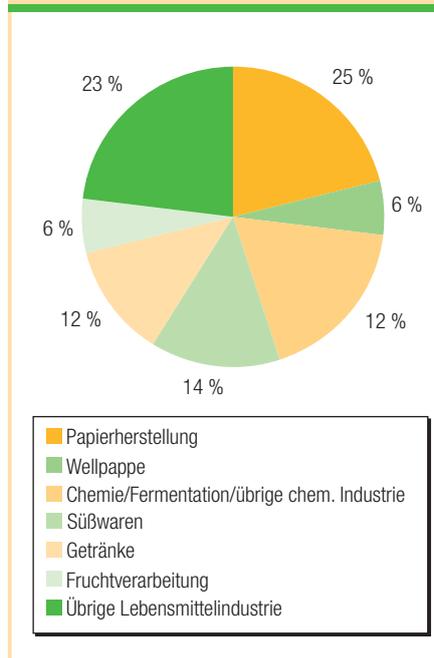
Das industrielle Gewinnungsprinzip ist in einem Schema in Abb. 2 dargestellt. Für die Verarbeitung von einer Tonne Mais werden bei Anwendung des geschlossenen Kreislaufprozesses 1,4 bis 1,7 m<sup>3</sup> Frischwasser benötigt. In die Maisquellung gelangen 1,1 bis 1,4 m<sup>3</sup> Prozesswasser, wovon 0,4 bis 0,7 m<sup>3</sup> als Brüdenkondensat abgezogen werden. Die Differenzmenge verbleibt in den Produkten.

Der Mais wird bei 50 °Celsius unter Zusatz von Natriumbisulfid etwa 40 Stunden lang in Quellbottichen behandelt. Das Quellwasser, welches lösliche Bestandteile des Maiskornes enthält, wird in Verdampfern zu sogenanntem „schweren Quellwasser“ verarbeitet. Das „schwere Quellwasser“ kann den Maisschalen für die Zubereitung von Maisglutenfutter beige-mischt oder als Substrat zur Herstellung von Antibiotika genutzt werden. Der gequollene



REM-Aufnahme von Maisstärke (Fotos: Autorinnen, Werkbild)

Abb. 1: Einsatz der Stärke für verschiedene Anwendungen



Mais muss im ersten Schritt einer Entkeimung unterzogen werden. Zur Freilegung der Keime wird er einer Grobmühle zugeführt und geht als Suspension in Hydrozyklone, worin durch Dichteunterschiede der ölhaltigen Keime und der anderen Kornbestandteile die Keime im Oberlauf entfernt werden.

Die Keimmasse wird gewaschen, getrocknet und kann nachfolgend durch eine Ölextraktion mit Raffination des Öles aufgearbeitet werden. Die Masse der anderen Kornbestandteile erhält zur Isolierung der Stärke eine Feinvermahlung. Die Faseranteile werden durch ein mehrstufiges Siebssystem entfernt, gewaschen und anschließend getrocknet.

Es folgt danach die Abtrennung des Maisglutens durch Separatoren. Das erhaltene hochkonzentrierte Gluten wird in Vakuumfiltern oder Dekantern entwässert und getrocknet oder zur Gewinnung des Maisproteins eingesetzt. Die erhaltene Stärkemilch wird durch Anwendung einer weiteren Hydrozyklonanlage gereinigt und über Saugfilter und Zentrifugen ent-

wässert. Je nach Produktionsstruktur der Stärkefabrik wird ein Teil der Stärke in eine Trocknungs- und Sichtunganlage geleitet, der andere Teil wird direkt in die Zuckerkonversion eingebracht, wobei nach Bedarf Zuckersirup oder durch Einbeziehung eines Zuckerraffinations- und Kristallisationsprozesses das Produkt Dextrose gewonnen werden kann. Die Bilanz der Produkte einer Maisstärkefabrik bei Anwendung des geschlossenen Kreislaufprozesses ist in Tabelle 1 dargestellt.

## Zusammensetzung und Struktur

Stärke wird in der Pflanze in granulärer Form gebildet. Die Stärken unterschiedlicher Genotypen unterscheiden sich bereits in ihrer Morphologie. Allgemein weisen die Stärken Korngrößen von 1 bis 150 µm auf. Aufgrund ihrer Teilkristallinität sind sie bei Raumtempera-

**Tab. 1: Ausbeutebilanz zur Gewinnung von Maisstärke (Gesamtsumme etwa 99 Prozent)**

Bestandteile	Anteil [% w/w]
Stärke	66
Quellwasserrückstand	6,5
Fasern	11,5
Entölte Keime	4
Maisbruch	3
Gluten	5
Öl	3

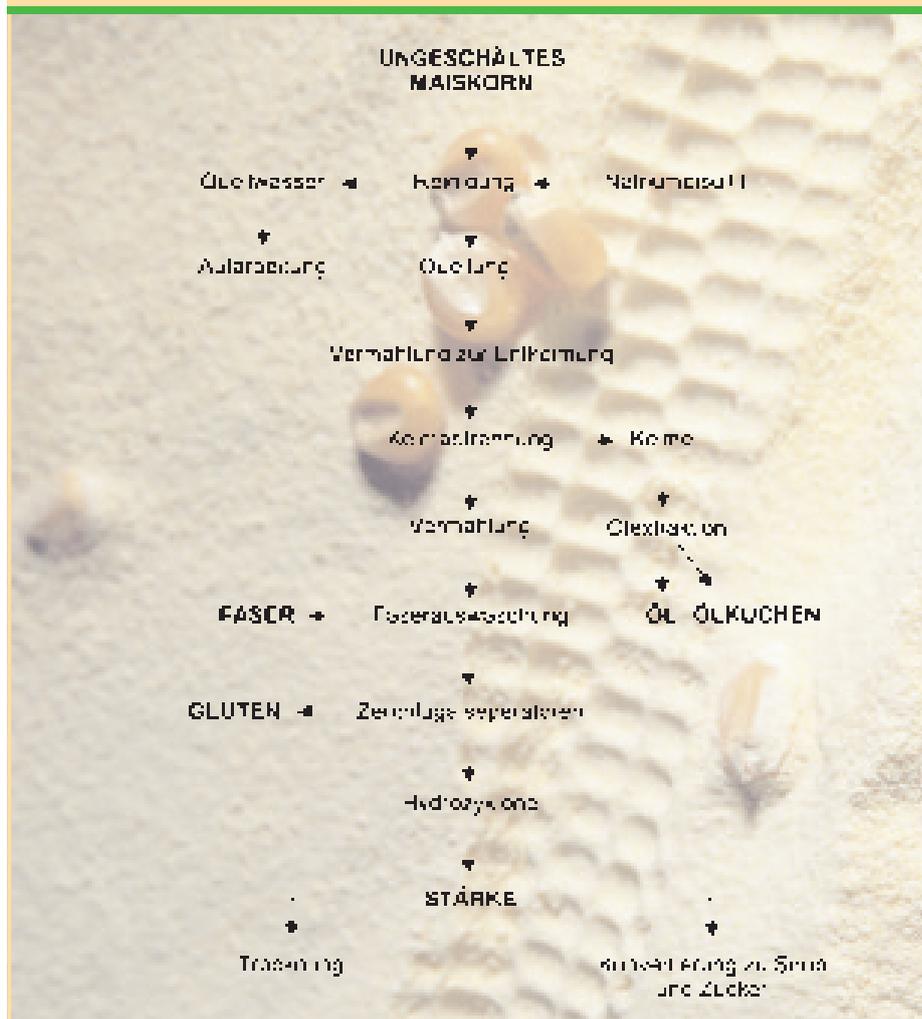
tur wasserunlöslich. Vergleichende Angaben zum Stärke- und Amylosegehalt (bezogen auf die Trockensubstanz), zur Korngröße und Kornform wurden in Tabelle 2 zusammengestellt.

Für native Stärkekörner werden Kristallinitätsgrade zwischen 25 und 48 Prozent angegeben. Die Stärken zeigen, je nach botanischer Herkunft, verschiedene Röntgenbeugungsmuster. Man unterscheidet zwischen den drei polymorphen Modifikationen: A (Getreidestärke), B (Knollenstärke und amylosearme Stärken) und C (Leguminosenstärke).

Die Hauptkomponenten der Stärke sind Amylose und Amylopektin. Amylose besteht aus Anhydroglucose-Einheiten, die vorwiegend durch 1,4- $\alpha$ -D-Bindungen miteinander verknüpft sind. Teilweise kommen auch 1,6- $\alpha$ -D-Bindungen als Verzweigungen vor (Abbildung 3).

Die linearen Kettenabschnitte des Amylopektins sind ebenso aufgebaut und tragen über 1,6- $\alpha$ -D-Bindungen eine Vielzahl von Verzwei-

**Abb. 2: Industrielle Gewinnung von Maisstärke**



gungen. Beim verzweigten Amylopektin trägt nur die Hauptkette eine reduzierende Endgruppe, alle anderen Endgruppen sind nichtreduzierend. Die Hydroxylgruppen verleihen der Stärke einen hydrophilen Charakter. Die Molekülgröße der Stärkepolysaccharide ist im Vergleich zu anderen natürlichen und synthetischen Polymeren extrem hoch.

## Eigenschaften

Eine der wichtigsten Stärkekorneigenschaften ist ihre Fähigkeit, in wässrigem Medium bei

erhöhten Temperaturen zu quellen und zu verkleistern. Während des Aufheizens einer verdünnten Stärkekornsuspension bleiben die Stärkekornform und die optischen Eigenschaften bis zu einer bestimmten, für jede Stärkeart typischen Temperatur erhalten.

Bei dieser Quellungsanfangstemperatur TA, die etwa zwischen 45 und 60 °Celsius liegt, beginnt die irreversible Veränderung der Stärkekörner. Die Körner quellen zunächst unter Erhalt der Stärkekorn Grenzen sehr stark, verlieren ihre Doppelbrechung und die semikristalline Ordnung der Stärkekörner löst sich auf, wobei die Doppelbrechung einige Grad früher ver-

**Tab. 2: Stärkegehalt, Stärkekornform und -größe, Amylosegehalt**

Botanischer Ursprung	Stärkegehalt [% der Trockensubstanz]	Form [µm]	Durchmesser [% der trockenen Stärke]	Amylosegehalt
Mais	71.0 – 74.0	polyedrisch	5 – 25	25 – 28
Wachsmais	–	polyedrisch	–	< 1
Amylomais	–	–	–	52 – 80
Weizen	67.2 – 68.4	linsenförmig, polyedrisch	2 – 38	25 – 31

schwindet als die Kristallinität. Über einen Temperaturbereich von circa 10 °Celsius zeigen alle Körner dieses Verhalten und „verkleistern“ oder gelatinisieren.

Oberhalb der Quellungsanfangstemperatur beginnt zunächst überwiegend die Diffusion der Amylose aus den Stärkekörnern. Bei Erhitzung quellen die Körner weiter und verlieren mehr und mehr ihre Form, bis sie schließlich zerplatzen.

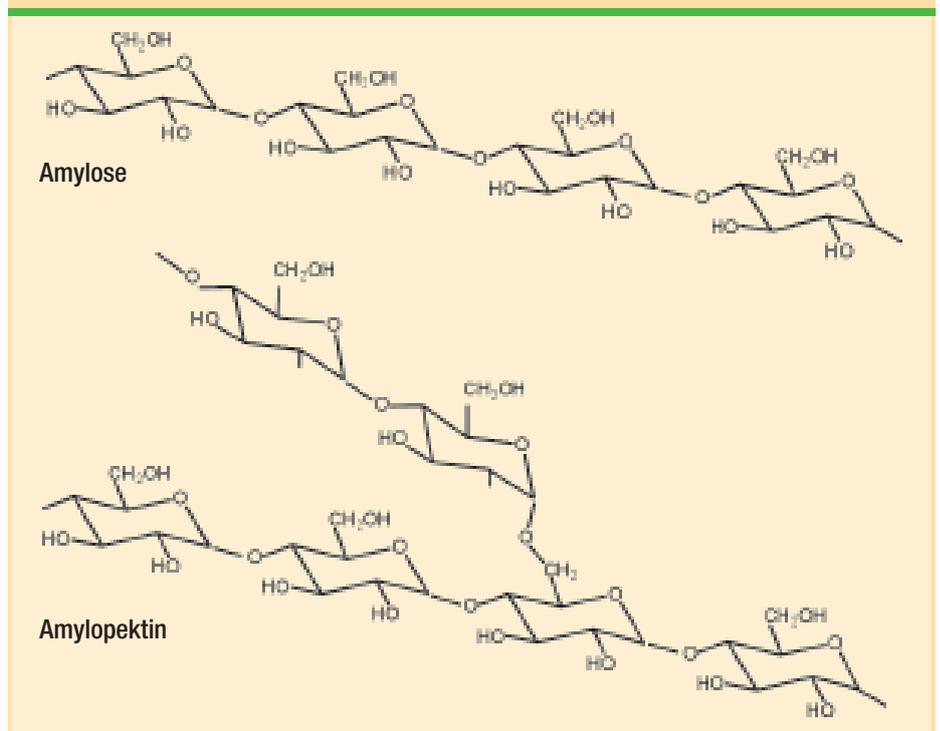
In der Suspension befinden sich nun hochgequollene Stärkekornpartikel, Stärkekornhüllen und gelöste Moleküle. Parallel mit der Erhitzung nehmen die optische Transparenz, die Löslichkeit und die Viskosität zu. Die Viskosität erreicht ein Maximum, wenn die Stärke ihr größtes Quellvolumen erreicht hat. Bei weiterer Erhitzung auf Temperaturen über 100 °Celsius werden die hochgequollenen Partikel in kleinere Strukturen aufgebrochen, wobei die Viskosität stark abnimmt.

Für die vollständige Auflösung der Stärkekornstruktur ist eine Druckkochung bei Temperaturen oberhalb von 120 °Celsius erforderlich. Eine schematische Darstellung der Vorgänge bei der Quellung und Verkleisterung von Stärkekörnern ist in Abbildung 4 dargestellt.

Im Verlauf der Abkühlung und Lagerung einer frisch gelatinisierten Stärke findet ein Vorgang statt, der als Retrogradation bezeichnet wird.

Unter ihm werden die Veränderungen verstanden, die durch eine intensive Wechselwir-

**Abb. 3: Ausschnitt aus der Strukturformel der Amylose und des Amylopektins**



kung und Bildung von Überstrukturen der gelösten Stärkepolysaccharide hervorgerufen werden. Dazu gehören beispielsweise die Ausflockung einer Stärkelösung, die Gelbildung einer Stärkepaste, Synärese von Pasten oder Gelen sowie die Alterung von Stärkefilmen oder Lebensmitteln wie Brot.

## Modifizierung der Maisstärke

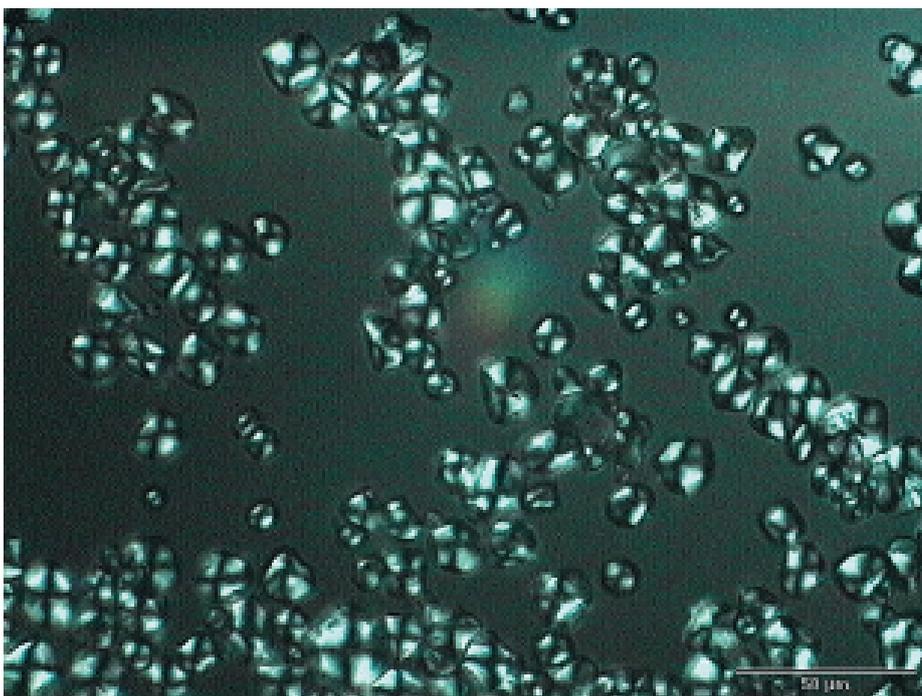
Der polymere Charakter der Hauptkomponenten, das Vermögen der Stärke zur Wasserbindung und Quellbarkeit, die Viskositätsbildung, die Filmbildungseigenschaften als auch die vielfältigen Möglichkeiten zur Modifizierung gehören zu den Vorteilen dieses Rohstoffes. Nachteile für die Anwendung bestehen aufgrund der Teilkristallinität des Stärkekorns, der relativ hohen Viskosität gelatinisierter Stärke, der Instabilität wässriger Dispersionen oder Lösungen, der Hydrophilie von Stärkeprodukten sowie der Inkompatibilität mit anderen Polymeren.

Durch Modifizierung von Stärke können Eigenschaften der nativen Stärke verändert werden, wie beispielsweise die Löslichkeit, das Viskositätsverhalten, die Verkleisterungs- und Kocheigenschaften, die Säure-, Hitze- und Scherstabilität von Lösungen, die Retrogradationsneigung als auch der ionische und hydrophile Charakter der Stärke. Einige Gründe für die Modifizierung von Stärke finden hier Erwähnung:

- Veränderung der Löslichkeitseigenschaften
- Verminderung der Retrogradation
- Einflussnahme auf das Gelbildungsverhalten
- Verbessern der Gefrier-Tau-Stabilität
- Verringerung von Gelsynärese

## Maisstärke im polarisierten Licht

(Foto: Autorinnen)



- Verringerung der Trübung von Gelen und Filmen
- Verbesserung der Filmeigenschaften
- Verbesserung der Klebkraft

Hervorzuheben ist, dass die Eigenschaften der modifizierten Stärken nicht nur abhängig sind von der Art der Modifizierung, sondern auch vom Rohstoff selbst. Die Zusammensetzung des Stärkekorns, seine Teilkristallinität als auch die Gehalte von Begleitstoffen beeinflussen nicht nur physikalische Eigenschaften, sondern auch die enzymatische und chemische Modifizierbarkeit.

In der Verfahrensentwicklung zur Modifizierung der Stärke ist es möglich, sowohl vom Stärkekornzustand als auch von speziellen Quellungszuständen auszugehen. Die Modifizierung der Stärke umfasst strukturelle Veränderungen der Stärke, die auf physikalischem, enzymatischem und chemischem Wege bzw. durch Kombination verschiedener Verfahrensprinzipien erreicht werden können.

In der physikalischen Modifizierung werden Wasserstoffbrückenbindungen aufgelöst, wobei die ursprüngliche Anordnung von Amylose und Amylopektin im Stärkekorn verändert wird und andersartige übermolekulare Strukturen entstehen.

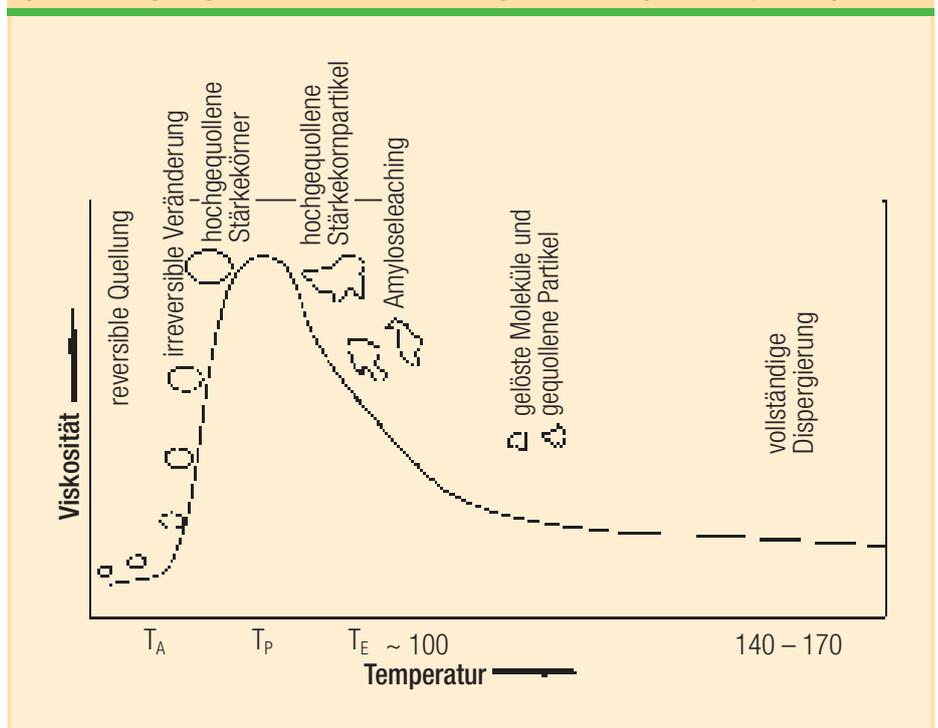
Die enzymatische Modifizierung ist gekennzeichnet durch die Anwendung hydrolysierender Enzyme, die eine Spaltung von 1,4- $\alpha$ -D-Bindungen und/oder 1,6- $\alpha$ -D-Bindungen sowohl in der Amylose als auch im Amylopektin bewirken. Es entstehen grundsätzlich molekular abgebaute Produkte.

Eine Totalhydrolyse wird zur Herstellung des Produktes Dextrose (circa 100 Prozent Glucose) durchgeführt. Eine partielle Hydrolyse der Stärke führt zur Reduzierung der Viskosität von Stärkekleistern, was auch durch Säure-Abbau, Dextrinierung oder Oxidation erzeugt werden kann. Nahezu jede gewünschte Viskosität ist einstellbar.

Vernetzte Stärken enthalten zusätzliche chemische Bindungen zwischen den Hydroxylgruppen verschiedener Monomereinheiten, die sowohl intramolekular als auch intermolekular auftreten können. Dadurch wird die Stabilität von Stärkeprodukten gegenüber Hitze, pH-Milieu und Scherung erhöht.

Vernetzte Stärken sind bedeutsam in der Lebensmittelindustrie, da Herstellungs- und Lagerbedingungen als auch Zusatzstoffe breit variiert werden. Eine Reihe von Stärkederivaten besitzt kein Gelbildungsvermögen und zeichnet sich durch andere Funktionalitäten aus. Hydroxyethyl- und Hydroxypropylstärken sind Deriva-

**Abb. 4: Schematische Darstellung der Stärkekornquellung und Verkleisterung (TA Quellungsbeginn, TP Maximale Quellung, TE Quellungsendtemperatur)**



te, die stabile klare Dispersionen oder Lösungen bilden und daher als viskositätsstabile Dichtungsmittel in Lebensmittel- und Papierherstellung eingesetzt werden. Kationische Stärken kommen in der Papierherstellung zum Einsatz, um die erforderliche Festigkeit und Bedruckbarkeit zu bewirken. Stärkeacetate werden als Schlichtemittel in der Textilherstellung und als Dichtungsmittel für Lebensmittel eingesetzt. Unter chemischer Modifizierung werden Methoden verstanden, die zur Einführung von chemischen Substituenten anstelle der Hydroxylgruppen in den Anhydroglucose-Einheiten angewendet werden. Die Substituenten können einen neutralen, ionischen oder hydrophoben Charakter haben, wodurch die Wechselwirkungen der Makromoleküle untereinander und mit Additiven verändert werden.

## Vielfältige Einsatzmöglichkeiten

Stärkeprodukte sind sehr vielfältig in ihren Eigenschaften und kommen daher in der Herstellung von Lebensmitteln, in der Pharmazie und in der Technik zum Einsatz. In folgenden Lebensmitteln sind Stärkeprodukte zu finden: Süßwaren, Gummi- und Lakritzartikel, Kartoffelerzeugnisse, Milch- und Eisprodukte, Bäckereiprodukte, Snacks, Desserts, Suppen, Soßen und andere.

Die verwendete Literatur kann bei den Autorinnen nachgefragt werden.

Dr. Waltraud Vorwerg und Dr. Sylvia Radosta, Fraunhofer-Institut für Angewandte Polymerforschung, 14476 Potsdam, Tel: 0331/568-1609; Fax: 0331/568-3163; E-Mail: waltraud.vorwerg@iap.fraunhofer.de, sylvia.radosta@iap.fraunhofer.de

## Ölbindemittel aus Maisspindelgranulat

1 Sack (20kg) EU-GRITS® 20  
Lieferung frei Haus in D

**43,87 €**  
inkl. MwSt.

[www.oelbinder.de](http://www.oelbinder.de)

Fax: 0 5295 8145  
Tel.: 0 5295 998031

weitere Verwendungen siehe [www.maisspindelgranulat.de](http://www.maisspindelgranulat.de)