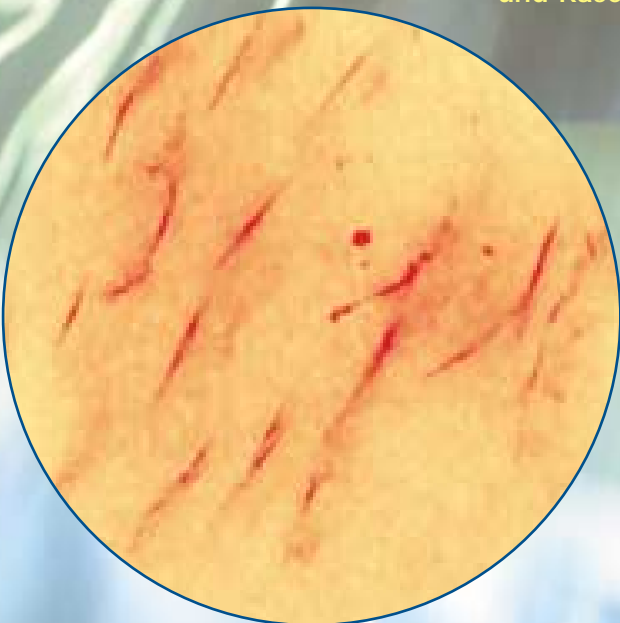


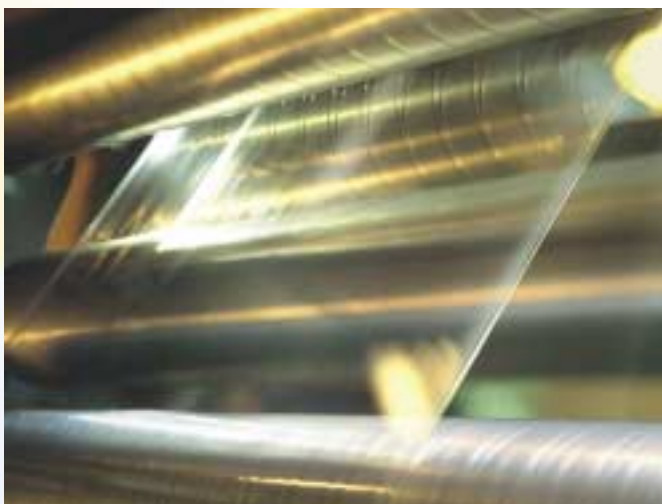
Nanoteilchen machen Durethan®-Folien dicht und glänzend

# Sicher umhüllt

Lebensmittelfolien sollen ihren Inhalt vor allem vor Feuchtigkeit, Austrocknung und Sauerstoff schützen. Mittels neuartiger Nanopartikel machen Forscher von Bayer Polymers Kunststoffverpackungen jetzt noch dichter. Die winzigen Barrieren verhindern, dass flüssige oder gasförmige Substanzen eindringen: Wurst, Fleisch und Käse bleiben länger frisch.

Qualitätskontrolle: Dipl.-Ing. Wolfram Littek prüft die Kunststofffolien, denn selbst kleinste Ungleichmäßigkeiten in der Verteilung der Nanoteilchen (kleines Bild) würden die Funktion beeinträchtigen.





Hauchdünn: Kunststofffolien werden nach der Herstellung (Extrusion) über Umlenkrollen geleitet, bevor man sie aufwickelt.

Was die Haltbarkeit von Käse und Wurst mit Nanopartikeln zu tun hat, ist auf den ersten Blick nicht ganz ersichtlich. Dringt man tiefer in die Welt der Moleküle ein, wird der Zusammenhang schnell deutlich: Richtig gemixt mit einem Kunststoff, helfen winzige Silikatplättchen einer Verpackungsfolie, ihre Fähigkeiten entscheidend zu verbessern. Luftdicht verschweißt verhindern sie, dass sich im Kühlregal der Geruch von Emmentaler mit dem von Salami mischt, und schützen Lebensmittel davor, dass sie ranzig werden. Forscher von Bayer Polymers haben jetzt einen Kunststoff entwickelt, ein so genanntes Hybridsystem, das angereichert ist mit einer riesigen Zahl von solchen Nanopartikeln aus Silikat. Verarbeitet zu hauchdünnen Folien, soll der Kunststoff unsere Lebensmittel im Kühlregal besser vor dem Verderben bewahren.

Eigentlich sehen Verpackungsfolien alle gleich aus, aber: So verschieden wie die Anforderungen an sie, so unterschiedlich sind ihre Innenleben. „Jede Folie ist speziell auf ihre Anwendung und den zu verpackenden Inhalt abgestimmt“, sagt Dr. Ralph Ulrich aus der Polyamid-Forschung bei Bayer Polymers. Die Verpackungshersteller nutzen die Vorzüge unterschiedlichster Kunststoffe und fügen sie in Mehrschichtsystemen zusammen: dreilagige Folien für einfache Anwendungen, fünf, sieben oder noch mehr Lagen für höhere Ansprüche. Als Barriere für Wasserdampf gilt Polyethylen als der Kunststoff der Wahl. Er bedeckt häufig die

Innenseiten von Lebensmittelfolien. So kann Feuchtigkeit weder entweichen und etwa Käse und Wurst austrocknen lassen noch von außen eindringen und die Nahrungsmittel durchweichen.

### Verpackungsfolie mit eingebauter Sauerstoff-Barriere

Unter Ingenieuren für Lebensmittelverpackungen besonders gefürchtet ist Sauerstoff. Er verdirbt Fette in Wurst und Käse und lässt deren Farbe verblassen. Um solche ungewollten Reaktionen zu verhindern, standen bisher zwei Kunststoffe zur Verfügung. Einerseits das kostengünstige, aber etwas durchlässigere Polyamid 6 für weniger empfindliche Nahrungsmittel und andererseits der teure, aber dafür dichtere Poly-Ethylen-Vinyl-Alkohol (EVOH) für sensible Waren. „Die verschiedenen Barrierekunststoffe können die Folienhersteller nach Bedarf kombinieren“, erklärt Dipl.-Ing. Wolfram Littek, Business Development von Bayer Polymers. Der neue Folienwerkstoff mit den Nanopartikeln verbindet die Vorteile dieser beiden bisher gebräuchlichen Kunststoffe miteinander: Er ist kostengünstig und hält trotzdem sehr dicht – zwar nicht ganz so gut wie EVOH, aber wesentlich besser als reines Polyamid 6.

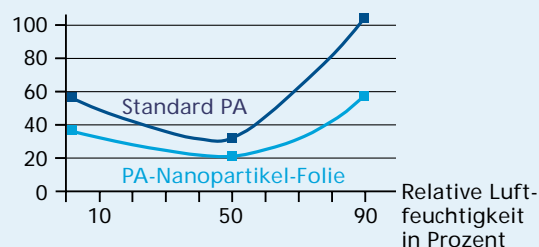
Die eingelagerten Teilchen, nur einige wenige Nanometer dick, verhindern, dass Gase durch die Folie eindringen oder Feuchtigkeit austritt. Labyrinthartig im Kunststoff angeordnet, wirken sie als Barriere und erschweren so bei-

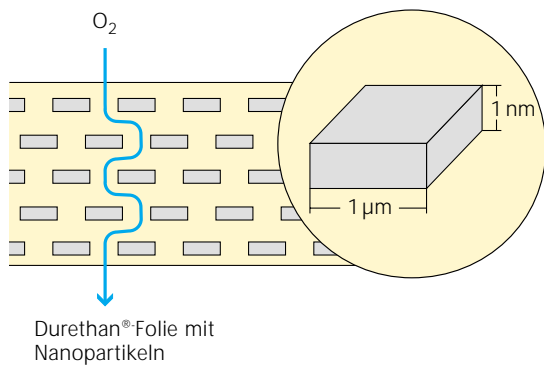
spielsweise dem ungeliebten Sauerstoff den Zutritt in die Verpackung. Sie verlängern die Strecke, die gasförmige Moleküle auf ihrem Weg durch eine Folie zurücklegen – Sauerstoffmoleküle müssen regelrecht um die Silikatplättchen herumwandern. Dieser Effekt ist so stark, dass ihre Durchlässigkeit gegenüber herkömmlichen Polyamiden um bis zur Hälfte sinkt. „Bei circa 50 Prozent Luftfeuchtigkeit ist der Kunststoff am dichtesten; ist es trockener oder feuchter, steigt seine Durchlässigkeit wieder an“, erklärt Ulrich. Die Silikat-Lamellen machen den neuen Kunststoff, der den Namen Durrethan® KU 2-2601 bekam, nicht nur dichter gegenüber Gasen: Sie erhöhen auch den Glanz. Die feinen Partikel beeinflussen die Kristallisation des

### Doppelt so dicht

Der neue Hybrid-Kunststoff aus Polyamid (PA) und Nanobarrieren aus Schichtsilikaten macht es dem Sauerstoff sehr viel schwerer, zum verpackten Gut durchzudringen, als herkömmliche Folien aus PA.

Relative O<sub>2</sub>-Durchlässigkeit in Prozent





### Umweg für den Sauerstoff

Die Schichtsilikat-Partikel mit einer Dicke von einigen wenigen Nanometern (nm) und einer Breite von einem Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ), eingebaut in der Kunststoffolie, stellen sich dem Sauerstoff in den Weg.  $\text{O}_2$ -Moleküle müssen erst auf langen Umwegen um die Nanoteilchen „herumkurven“, bevor sie ihr Ziel erreichen.

# kleine Partikel = große Wirkung



Kunststoffexperte: Dr. Ralph Ulrich mit der neuartigen Nanoteilchen-folie.

Kunststoffs: Sie wirken als Keime für die Kristallisation des Polymers und verbessern so die Feinstruktur der Folie. „Dadurch wird auch die Lichtstreuung, die als Trübung sichtbar wird, vermindert“, sagt Ulrich.

Als Basispolymer für Durethan® KU 2-2601 verwenden die Bayer-Forscher Polyamid 6, als Nanopartikel chemisch



Zutaten: Bei der Produktion des Kunststoffs gibt man Schichtsilikat und Caprolactam dem Polymerisationsprozess zu.

veränderte Schichtsilikate. Polyamide werden bereits seit Jahrzehnten von der Lebensmittelindustrie für die Herstellung von Folien und neuerdings auch für die Kunststoffbeschichtung von Kartons verwendet. Sie sind stabil, transparent und schützen vor Gasen und Gerüchen.

### Nanolamellen aus Silikat halten Lebensmittel frisch

Schichtsilikate bestehen aus Stapeln einzelner Silikatlamellen, die durch Metallionen wie Magnesium und Aluminium zusammengehalten werden. Damit sich Polyamid und Schichtsilikate gleichmäßig mischen, sind einige Kunstgriffe nötig. Als wenig erfolgreich erwies sich das so genannte Compoundieren – das Einkneten der Silikate in die zähe Kunststoffmasse. Zum einen ist es sehr mühsam, die einzelnen Lagen der Schichtsilikate voneinander zu trennen, zum anderen lassen sie sich auch kaum homogen im Polymer-„Teig“ verteilen. Deshalb mischen die Bayer-Forscher die Silikate in die Polyamid-Vorstufe. Das hat einen großen Vorteil, denn die Ausgangssubstanz des Polyamid 6 – Caprolactam – ist dünnflüssig und dringt schnell in die feinen Zwischenräume der Silikatstapel ein. Wenn die Chemiker die Kunststoff-Polymerisation starten, bildet sich das zähe Polymer und sprengt die einzelnen Lamellen auseinander. Um das Eindringen des Caprolactams zu erleichtern, müssen die Silikate vorher chemisch modifiziert werden:

Metallionen, die für einen engen Zusammenhalt der Lamellen sorgen, werden durch eine organische Säure ersetzt, die den Abstand zwischen den einzelnen Silikatstapeln weitet und sie damit angreifbarer macht. Bayer bezieht den bereits aufgearbeiteten Rohstoff über die amerikanische Firma Nanocor, die mit Bayer auf diesem Gebiet eng zusammenarbeitet.

Das Mischergebnis ist im Elektronenmikroskop deutlich erkennbar: eine fast vollständige Auflösung der Silikatstapel und die regelmäßige Verteilung der einzelnen Lamellen im Polyamid. Wird der Kunststoff danach als Folie extrudiert, richten sich die Lamellen parallel zur Oberfläche aus; sie bilden innerhalb der Folie eine Art lückenhafte Zwischenschicht. Die Lamellen sind im Verhältnis zu ihrer Größe extrem dünn: Bei einer Ausdehnung von 1.000 mal 1.000 Nanometern – gerade mal einige wenige Nanometer. Ein großer Vorteil: „Wären die Silikatlamellen dicker, könnten sie nicht für Kunststofffolien verwendet werden, weil diese zu steif würden“, erklärt Ulrich. Der Bayer-Forscher sieht mehrere mögliche Anwendungen für den neuen Hybridkunststoff. „Die Barrierewirkung von Durethan® KU 2-2601 liegt zwischen der von Polyamid 6 und EVOH. Durethan® KU 2-2601 würde sich entsprechend für Anwendungen eignen, für die übliche Polyamide zu durchlässig, EVOH aber zu teuer ist“, sagt Ulrich.

Für sehr viel versprechend hält Ulrich den Einsatz von Durethan® KU 2-2601

## „Vor allem die Medizin profitiert von der Nanotechnologie“

### Selbstorganisierte Struktur

Manche Moleküle, wie diese DNA-Stränge, bilden ohne direkte Einwirkung von außen geordnete Strukturen. Die Selbstorganisationskräfte werden von Forschern auch genutzt, um gezielt neue Nanostrukturen zu erzeugen.

für Kunststoffbeschichtungen von Saftkartons. Die Gasdichte des neuen Bayer-Kunststoffs könnte besonders sauerstoffempfindliche Inhalte wie Orangensaft schützen – bei deutlich verringerten Kosten.

Der Wissenschaftler sieht aber noch ganz andere Anwendungen: Das Feintuning der Eigenschaften von Kunststoffen wie Wärmeformbeständigkeit oder Schwindung steuern Chemiker über Füll- und Verstärkungsstoffe wie Minerale und Glasfasern. Nanopartikel können durch den so genannten Nanoeffekt bereits in kleinster Dosierung erreichen, was konventionelle, mineralische Füllstoffe erst in großen Mengen schaffen. Ein Zusatz von fünf Prozent Nanosilikatteilchen erhöht die Wärmeformbeständigkeit, Festigkeit und Steifigkeit genauso wie 30 Prozent herkömmlichen Minerals. Das könnte für Anwendungen im Automobilbau genutzt werden – beispielsweise für Kunststoffteile im Motorraum, die besonders hitzestabil sein müssen.

[www.tis-gdv.de/tis/verpack/inhalt10.htm](http://www.tis-gdv.de/tis/verpack/inhalt10.htm)

Die Website bietet weiterführendes Informationsmaterial zum Thema Verpackungen aus Kunststoff.

**Welche Chancen und Risiken birgt die Nanotechnologie für den Verbraucher? „research“ sprach mit dem Vorsitzenden der Kompetenznetzwerke Nanotechnologie, Prof. Dr. Wolfgang M. Heckl von der Ludwig-Maximilians-Universität in München.**

### Wann macht sich die Nanotechnologie für den Verbraucher bemerkbar?

Die Produkte bleiben zunächst einmal die gleichen. Äußerlich unterscheiden sie sich fast nicht, außer vielleicht durch das Etikett „powered by Nanotech“. Aber im Innern bieten sie weit mehr. Wer am Morgen Zahncreme benutzt, sieht nicht, dass seine Zähne durch Nanopartikel besonders weiß werden. Oder eine Kunststoffscheibe muss nicht mehr so oft geputzt werden, weil sie schmutzabweisende Eigenschaften durch die Nanostruktur an der Oberfläche besitzt. Wenn wir noch besser gelernt haben, Oberflächen und Materialien in atomaren Dimensionen zu beherrschen, wird es wohl eines Tages auch ganz neue Produkte geben, die für uns heute undenkbar sind.

### Wie wird die Nanotechnologie das Leben der Menschen verändern?

Alle Lebensbereiche werden davon betroffen sein, vor allem aber die Medizin. Denn Leben ist angewandte Nanotechnologie. Die Evolution hat im Lauf von Milliarden Jahren gelernt, ihre Werkstoffe auf atomarer Skala optimal einzusetzen. Nach diesem Vorbild funktionieren beispielsweise DNA-Chips zur Diagnose von Krankheiten oder auch biokompatible Oberflächen von Implantaten. Ich wage die Prognose: Kein Zweig der Wirtschaft wird in 50 oder 70 Jahren mehr unberührt sein von den Auswirkungen der Nanotechnik. Und davon profitiert auch wieder der Mensch auf der Straße, nicht nur weil er leistungsfähigere Produkte kaufen kann, sondern auch weil diese Technologie zukunftssichere Arbeitsplätze schafft.

### Werden die Nanoprodukte für den Verbraucher erst einmal sehr teuer?

Eher das Gegenteil ist der Fall. Denn bei der Nanotechnologie geht es grundsätzlich ja darum, Effekte mit kleinsten Materialmengen zu erzielen. Das minimiert die Abhängigkeit von Rohstoffen und bietet Vorteile bei Recycling und Entsorgung. Entscheidend wird sein, ob es uns gelingt, die Produktionsprinzipien der Natur aufzugreifen und in die technische Welt zu übertragen. In Lebewesen gibt es ja viele verschiedene Nanomotoren und Nanogreifer. In der Natur werden sie aber nicht von Maschinen hergestellt, sondern nach dem Prinzip der vielfach parallelen Selbstassemblierung, gesteuert von Proteinen und Genen.

### Bringt die Nanotechnologie auch Gefahren für den Menschen?

Jede neue Technik birgt auch Risiken. Die Steinzeitmenschen erfanden den Faustkeil zur Materialbearbeitung, aber er eignete sich natürlich auch als furchtbare Waffe. Aber mit Sicherheit geht von der Nanotechnologie keine größere Gefährdung aus als von bereits etablierten Großtechnologien. Auf jeden Fall hat es keinen Sinn, schon jetzt Schreckensszenarien aufzubauen, die genauso wenig glaubwürdig sind wie ein blauäugiges „Alles wird gut“. Es geht darum, die neue Technologie mit Information, Aufklärung und kritischer Betrachtung aufmerksam zu begleiten.

