

**Link**

[www.wzw.tum.de/lvt](http://www.wzw.tum.de/lvt)



Foto: Fotolia

# Die Verpackungs-künstler von Freising

Im Wissenschaftszentrum Weihenstephan entwickeln TUM-Forscher intelligente Folien: Sie schützen Lebensmittel und halten sie sogar länger frisch

**S**ie ist ein Produkt, das kaum jemand wirklich beachtet: Man kauft im Supermarkt Obst, Gemüse oder Fleisch, reißt die Verpackung auf und wirft sie dann achtlos weg. Dass hinter der Plastikfolie, die den Apfel, den Brokkoli oder das Schnitzel umgibt, unter Umständen viel Know-how steckt, darüber macht sich niemand ernsthaft Gedanken. Bei Horst-Christian Langowski ist das ganz anders, denn er gehört zu den Menschen, die solche Folien entwickeln und immer weiter verbessern.

„Heutzutage bestehen rund zwei Drittel aller Konsumentenverpackungen aus Folien“, sagt der Professor für Lebensmittel-Verpackungstechnik an der TU München. „Und die Qualitätsansprüche von Verbrauchern und Handel sind in den letzten Jahren gestiegen: Sie erwarten gebrauchsfertig portionierte und möglichst sichtbar präsentierte Lebensmittel, die tage-, ja wochenlang frisch bleiben und ihr gutes Aussehen behalten.“

Es gibt mehrere Ursachen, warum Nahrungsmittel verderben: Die Einwirkung von Sauerstoff oder Licht sowie Schimmelpilze, Hefen und Bakterien sind die wichtigsten. Zu all diesen Themen haben Horst-Christian Langowski und seine Mitarbeiter am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) in Freising, dessen Chef er außerdem ist, in den letzten zehn Jahren innovative Lösungen erarbeitet. Dass der Handel bisher auf die Neuentwicklungen recht zurückhaltend reagiert hat, liegt an den Kosten. „Jeder Cent, den die Verpackung mehr kostet, ist ein Hindernis“, weiß Langowski aus leidvoller Erfahrung, „und gerade Lebensmittel stehen heute ja extrem unter Preisdruck. Da soll dann die Verpackung als zusätzliche Komponente besonders preiswert sein.“

## Intelligente Folien

Der Forscher gibt aber nicht auf. Sein neuester Coup ist eine intelligente Folie, die zwei sich scheinbar wider- ▶

## Verpackungstechnologie

sprechende Dinge gleichzeitig kann: eine relativ hohe Feuchtigkeit in der Verpackung stabilisieren und verhindern, dass Wasser kondensiert. Das ist zum Beispiel wichtig bei Obst, etwa Erdbeeren. „Wenn man nicht will, dass verpackte Früchte schnell anfangen zu schimmeln, muss man etwas unternehmen. Denn an den Kontaktpunkten mit der Folie bildet sich häufig Kondenswasser, besonders bei Temperaturschwankungen. Gleichzeitig produziert die Frucht zusätzlich Wasser durch ihren eigenen Stoffwechsel; sie setzt Sauerstoff und Zucker um zu Kohlendioxid und Wasserdampf.“

Man hat also zwei Wasserquellen in der Packung: erstens das Wasser, das aus der Frucht verdampft, und zweitens das Wasser, das sie ausatmet. Schnell schlagen sich kleine Tropfen auf der Innenseite der Folie nieder. Dort, wo sie die Frucht berühren, setzt meist das Schimmelwachstum ein, weil Schimmelpilze bei hoher Feuchtigkeit besonders gut gedeihen. Und Schimmelsporen sind praktisch immer vorhanden, außer man würde die Früchte sterilisieren. „Um ein vorzeitiges Ver-

derben zu verhindern, müssen wir also versuchen, das Innere der Packung nicht zu feucht werden zu lassen“, erklärt der 54-jährige Physiker. Man könnte nun einfach ein Säckchen mit Silicagel, wie man es aus Verpackungen für Kameras oder Schuhe kennt, in die Packung legen. Das würde dafür sorgen, dass es innen immer schön trocken bleibt. „Aber das ist keine Lösung, weil man so auch den Früchten das Wasser entzöge und sie würden schrumpeln.“

### Richtiges Mikroklima

Hier kommt nun eine geniale Idee ins Spiel, die von Forschern an Langowskis Lehrstuhl im Wissenschaftszentrum Weihenstephan derzeit in ein Produkt umgesetzt wird: Baut man in die Folie winzige Partikel aus Salzen ein, dann nehmen diese das überschüssige Wasser auf, im Inneren der Plastikhaut bilden sich kleine „Salzwasser-Pfützen“ im Mikrometermaßstab. Wird es in der Packung zu trocken, geben sie ihr Wasser wieder ab. So stellt sich unter der Folie ein Feuchtigkeits-Gleichgewicht ein, das für jedes Salz ganz charakteristisch ist:

#### Intelligente Folien

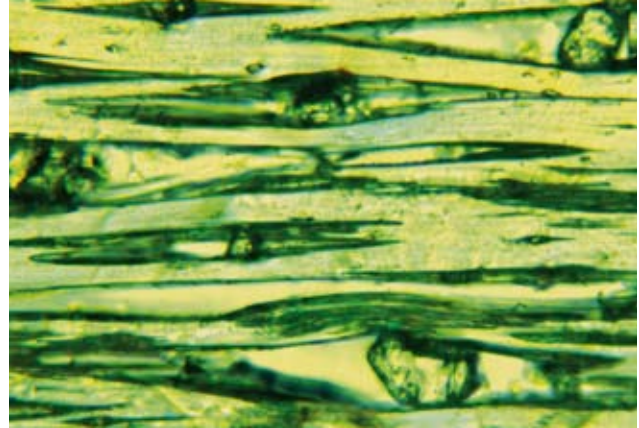
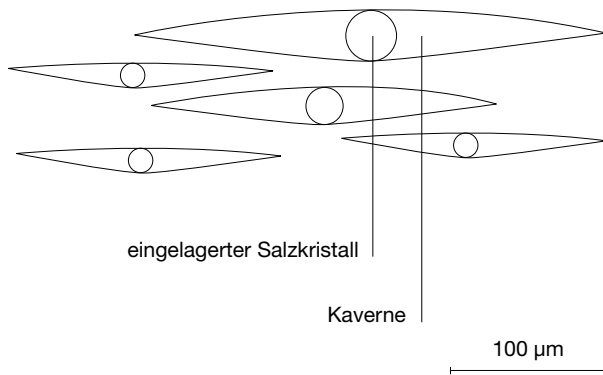
Nahrungsmittel verderben durch die Einwirkung von Sauerstoff oder Licht sowie durch Schimmelpilze, Hefen und Bakterien. Horst-Christian Langowski und seine Mitarbeiter an der TUM und am Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung erforschen Lösungen für solche Probleme.

##### Beispiel 1

Sauerstoffzehrende Verpackungen, die das Restgas chemisch binden und damit vom Füllgut fernhalten. Man kann die aktiven Stoffe in Form kleiner Kissen begeben. Besser sind aber Sauerstoff-Absorber in innen angebrachten Etiketten oder in der Verpackung selbst.

##### Beispiel 2

Dem mikrobiellen Verderb versuchen die Wissenschaftler in Freising durch Folien beizukommen, die Konservierungsstoffe enthalten. Benzoesäure oder Sorbinsäure, die beide für Lebensmittel zugelassen sind, werden in die Verpackung eingearbeitet. Die Folien können den Wirkstoff in Mikrokapseln enthalten, oder man bringt ihn in Form einer Lackschicht auf.



**Im mikroskopischen Querschnitt durch die Folie** zeigt sich, dass in kleinen Hohlräumen Salzkrystalle im Kunststoff eingeschlossen sind. Sie nehmen überschüssiges Wasser auf, das Verpackungsgut bleibt deshalb trocken

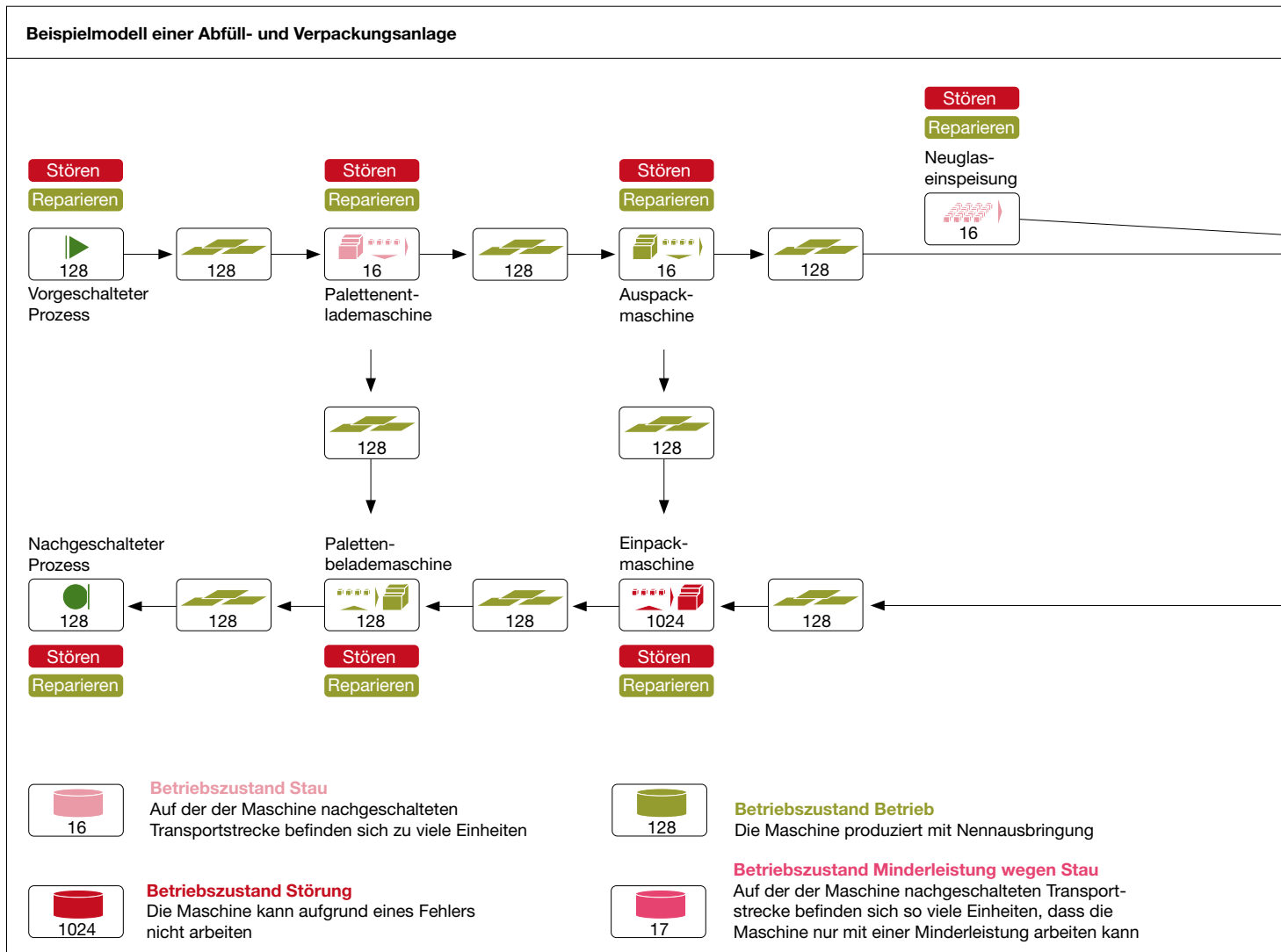
Natriumacetat, ein Zusatzstoff der Lebensmittelindustrie, erzeugt beispielsweise eine relative Feuchtigkeit von 76 Prozent, Natriumcarbonat (Soda) eine von rund 93 Prozent. Gleichzeitig hat die Folie eine gewisse Durchlässigkeit für Gase, sie lässt also einen Teil des Wasserdampfes nach außen dringen. Parallel dazu können Sauerstoff hineinwandern und Kohlendioxid entweichen, was wichtig ist für den Stoffwechsel der Frucht. Ein kleines Wunder: Unter der Folie entsteht durch diese intelligente Regulation ein Mikroklima, das ganz von selbst die richtige Feuchtigkeit und Gaszusammensetzung hat, in der sich die Frucht am wohlsten fühlt und in der sie am längsten frisch bleibt.

### Entwicklungsarbeit im Technikum

Bei der Entwicklung der Wunderfolien lassen sich die TUM-Forscher natürlich nicht in die Karten schauen, bevor nicht alle Patente erteilt sind. Im Technikum des IVV, das sie mitbenützen, stehen all jene Maschinen, die auch Folienhersteller haben. Hier entwickeln und erproben die Wissenschaftler die einzelnen Produktionsschritte. „Das Verfahren ist nicht besonders aufwendig“, berichtet Langowski. „Man arbeitet die Salze in den Kunststoff ein und stellt daraus die Folien her.“ Mit einer ganzen Batterie von Messgeräten testen die Forscher unterschiedliche Varianten: Sie untersuchen, wie schnell Wasserdampf, Sauerstoff und CO<sub>2</sub> durch die Folie dringen können, messen die Porengröße, prüfen die Eigenschaften der Folie und stellen sicher, dass sie lebensmittelrechtlich unbedenklich ist. Sie finden beispielsweise auch heraus, welche Porengröße dafür

sorgt, dass der Wasserdampf möglichst schnell an die Salzpartikel herankommt. Wissenschaftlich betrachtet bilden sich rund um die Salzkörnchen kleine Hohlräume, weil die Haftung zwischen Salz und Kunststoff nicht sehr stark ist. „In jedem dieser Hohlräume klappert ein kleines Stück Salz“, schildert Professor Langowski anschaulich den Vorgang. „Dadurch wird die Folie undurchsichtig, irisierend und weiß, gleichzeitig verbraucht man weniger Kunststoff.“ Ähnliche Folien gibt es heute schon als Schmuckverpackungen von Schokoladenriegeln oder -tafeln; sie sehen attraktiv aus und lassen sich leicht bedrucken. Die Partikel in ihrem Inneren dienen bisher jedoch nicht der Feuchtigkeitsregulierung und nehmen auch kein Wasser auf. Wenn man undurchsichtige Folien für Obst, Gemüse oder Fleisch verwenden will, müsste man sie mit durchsichtigen Streifen kombinieren, damit der Verbraucher die Ware sehen kann. Oder man könnte die intelligente Eigenschaft in den schalenförmigen Behälter verlagern, der ohnehin undurchsichtig ist.

Auch wenn die Herstellung im Grunde einfach ist und mit den herkömmlichen Maschinen geschieht, ist die neue Folie ein wenig teurer als normale Plastikfolien. Für Handel und Verbraucher hat sie aber einen großen Vorteil: Der Anteil an verdorbener Ware wird geringer. Wenn der Supermarktbetreiber am Abend nicht mehr jedes zehnte Schälchen mit Erdbeeren aussortieren muss, weil einige Früchte schon zu schimmeln beginnen, spart er eine Menge Geld. „Wenn man es schafft, dass die verpackten Produkte im Laden nur ein bis zwei Tage ▶



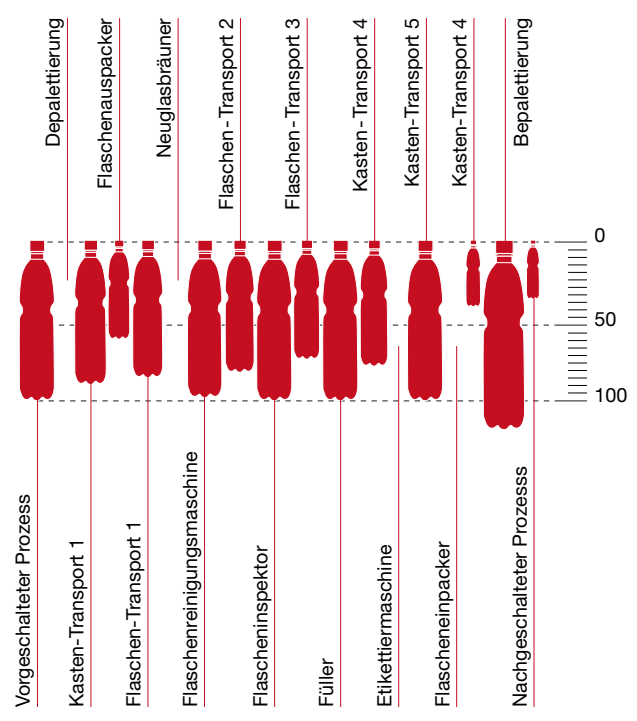
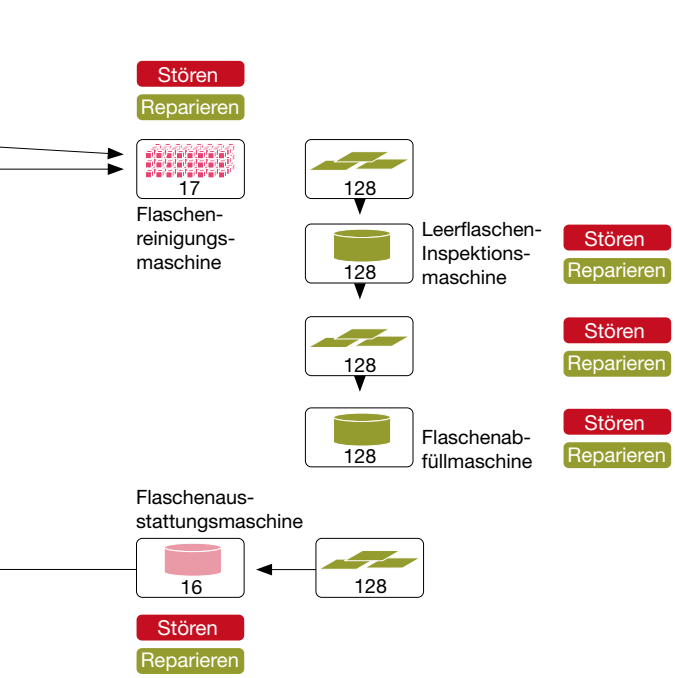
länger halten, wäre das ein echter Kostenfaktor“, betont Langowski. Dann lohnen sich auch ein paar Cent mehr für die Verpackung.

Aber nicht nur bei Obst, Gemüse und Fleisch spielen die Kosten der Verpackung eine große Rolle, auch bei Getränken. Deshalb kümmern sich die Weihenstephaner Forscher darum, wie Bier oder Limo möglichst schnell, sauber und preisgünstig in die Flasche kommen. Dazu haben sie in ihrer Weihenstephaner Technikumshalle eine eigene Abfüllanlage. „Abfüllen heißt immer, sehr schnell und gleichmäßig große Mengen von Flüssigkeit auf Flaschen ziehen“, sagt Horst-Christian Langowski. Eine typische Flaschenabfüllanlage für Bier schleust pro Stunde 60.000 Flaschen durch, also pro Sekunde rund 17 Flaschen. Eine gewaltige Menge, bei der die kleinste Störung in der Anlage schnell große Verzögerungen in

der Produktion nach sich zieht. „Stellen Sie sich das Ganze vor wie eine Autobahn“, so Langowski. „Wenn alles auf maximalen Durchsatz optimiert ist, haben die kleinsten Störungen Folgen, die sich fortpflanzen, es entsteht ein Stau. Dieser ist immer noch vorhanden, auch wenn die Unfallstelle längst geräumt ist. In den Abfüllanlagen passiert genau das Gleiche.“

### Störenfriede in der Abfüllanlage

Das Bestreben der Brauereien und Getränkeabfüllbetriebe ist es deshalb, Störungen so früh wie möglich zu erkennen und am besten gar nicht erst auftreten zu lassen. Hier sind nun die Weihenstephaner Forscher gefragt. Denn sie versuchen herauszufinden, wo jeweils die Schwachstellen bei einer Anlage stecken, um damit den ganzen Prozess effizienter zu machen. Dazu benö-



Grafik: edlundsepp

Die gezeigte Abfüllanlage ist typisch für eine Mehrweganlage. Im vorgeschalteten Prozess werden Paletten mit dem Leergut aufgesetzt. Die Paletten-Entlademaschine packt dann die Kisten von den Paletten. Danach werden die noch schmutzigen Flaschen aus den Kisten genommen und in der Flaschenreinigungsmaschine ca. 20 Minuten gereinigt. Bevor die Flaschen mit dem Produkt gefüllt werden, schleust der Inspektor Exemplare mit Beschädigung, Fremdfaschen und nicht saubere Flaschen aus. Nach dem Befüllen bringt die Flaschen-Ausstattungsmaschine die Etiketten an. Die Einpackmaschine packt die Flaschen wieder in die Kisten. Im letzten Schritt werden die Kisten auf die Palette gesetzt und vom Stapler im nachgeschalteten Prozess abgeholt. An vielen Stellen können Störungen auftreten, die man rechtzeitig erkennen muss, um sie zu beheben.

tigt man zunächst einmal eine Betriebsdatenerfassung, die angeben kann, ob eine Maschine zuverlässig arbeitet oder wann und warum sie ausfällt. Ist sie vorhanden, kann man anhand der Daten nachträglich versuchen, Ursachen für Störungen zu ermitteln und zu beseitigen. „Wir haben dazu Algorithmen entwickelt, die im Nachhinein feststellen können, wer der wahrscheinlichste Verursacher der Störung war“, erklärt der zuständige Mitarbeiter Dr.-Ing. Tobias Voigt. „Mithilfe eines mathematischen Verhaltensmodells für die Anlage gelingt es uns, die größten Störfriede in einer Abfüllanlage zu identifizieren.“

Um das Vorhersagemodell zu erproben, haben Voigt und sein Team eine Simulation entwickelt, die alle wichtigen Komponenten einer Abfüllanlage auf dem Compu-

ter abbildet. Mit ihr kann man natürlich auch Störungen simulieren und berechnen, wie sie sich im System nach vorne oder hinten fortsetzen. So erkennt man, welche Komponenten eine Engstelle bilden und verbessert werden müssen.

**Wie kommt der Ketchup aus der Flasche?**

Während im Technikum in Weihenstephan die Forscher rund um Tobias Voigt daran arbeiten, wie Flaschen noch schneller gefüllt werden können, beschäftigt sich Florian Loibl mit dem Gegenteil: Er untersucht, wie die Innenwände von Behältnissen gestalten sein müssen, damit man sie möglichst vollständig entleeren kann. Das A und O dabei ist: eine sehr glatte Oberfläche. „Wir müssen dafür sorgen, dass die Haftung des Produkts an der Wand ganz niedrig ist“, erläutert der Lebensmittel- ▷



**Wie muss die Oberfläche einer Flasche beschaffen sein, damit Ketchup nicht an ihr haften kann?** Diese Frage wurde am Institut für Lebensmittel-Verpackungstechnik geklärt. Links eine normale Ketchup-Flasche, rechts die Neuentwicklung, die sich fast vollständig entleeren lässt

Bild: Fraunhofer IW

technologie. Teflon wäre ein Beispiel. Es hat eine Oberfläche, die nur wenig mit dem Produkt in Wechselwirkung tritt. Aber Teflon ist teuer und enthält Fluor. Das will kein Lebensmittelproduzent in der Verpackung haben. Florian Loibl hat deshalb eine Vielzahl anderer Beschichtungen getestet, zum Teil mit neu entwickelten Messverfahren, um herauszufinden, wie schnell auf ihnen beispielsweise Ketchup abläuft.

### Wasserabstoßende Schicht

Mit Plasmabedampfung haben Technologen der Fraunhofer-Gesellschaft unterschiedliche Schichten dafür hergestellt. Sie sind nur wenige Nanometer dick und meist silikonartig. Am besten funktionierten die Schichten, die wasserabstoßend wirken. Im extremsten Fall gelang es Loibl, eine Kunststoffflasche, in der vorher 30 Prozent Ketchup hängen geblieben waren, mit Hilfe einer solchen Schicht bis auf vier Prozent zu entleeren. So etwas rechnet sich natürlich für den Verbraucher, und deshalb sind Firmen daran interessiert – nicht nur aus dem Lebensmittelbereich, sondern auch in der Kosmetikindustrie. Eines allerdings haben die Forschungsarbeiten von Florian Loibl auch ergeben: „Es gibt keine Allround-Schicht, die bei allen Packstoffen und jedem Füllgut gleich wirkt. Man muss immer individuelle Lösungen entwickeln.“

Die Forscher des Lehrstuhls für Lebensmittel-Verpackungstechnik sind gefragte Leute bei der einschlägigen Industrie. Denn sie arbeiten nicht im Elfenbeinturm, sondern bringen Ergebnisse, die sowohl dem Verbraucher als auch dem Hersteller messbar nützen. Und sie haben weltweit kaum Konkurrenz. Einen ähnlichen Lehrstuhl gibt es in Deutschland nur noch in Dresden. Dennoch oder vielleicht gerade deswegen bilden die Weihenstephaner im Studiengang Lebensmitteltechnologie zur Zeit die beachtliche Zahl von 480 Studenten aus.

Auch was das Brauwesen anbetrifft, „lebt man wissenschaftlich immer ein wenig in der Diaspora“, wie Horst-Christian Langowski anmerkt. „Entsprechende Universitätsstudiengänge gibt es nur noch in Berlin, im schottischen Edinburgh, im englischen Nottingham, in Gent/Leuven in Belgien und an der University of California in Davis/USA.“

Das hat zwar zur Folge, dass die Weihenstephaner weltweit die meisten Studenten ausbilden – rund 520 studieren zur Zeit im Bereich Brauwesen und Getränketechnologie – aber die Scientific Community ist für das Fach recht klein. Damit haben es die Wissenschaftler schwer, internationale Präsenz zu zeigen. Aber sie können sich mit einem trösten: dass ihre Arbeit uns allen unmittelbar zugute kommt.

*Brigitte Röthlein*