



## Dank intelligenten Verpackungen die Nahrungsmittelverluste senken

Viele Nahrungsmittel werden aus dem Verkauf gezogen oder von Konsumenten weggeworfen, weil das Mindesthaltbarkeitsdatum überschritten ist. Oft wären die Produkte aber problemlos über dieses Datum hinaus konsumierbar. Forschende des NFP 69 entwickelten verschiedene nanotechnologische Verfahren, welche die Qualität von Lebensmitteln auf der Verpackung anzeigen. Sie gestalteten aktive Oberflächen, welche auf Veränderungen des Säuregehalts und andere Anzeichen des Verfalls von Produkten reagieren. Solche aktiven Oberflächen können als reaktive Etiketten dienen, die entweder die Frische der Lebensmittel anzeigen oder sogar deren Haltbarkeit verlängern und so zur Reduzierung von Nahrungsmittelverlusten beitragen.

Auf fast allen Lebensmittelverpackungen zeigt ein Mindesthaltbarkeitsdatum an, bis wann die Produkte haltbar sind. Vielfach sind die verpackten Nahrungsmittel jedoch ohne gesundheitliche Risiken oder Einbussen im Geschmack deutlich über diese Frist geniessbar. Trotzdem werfen viele Konsumenten Lebensmittel weg, deren Mindesthaltbarkeitsdatum abgelaufen ist – es entstehen unnötige Nahrungsmittelverluste. Forscherinnen der Universität Basel entwickelten im Rahmen des NFP 69 intelligente Labels für Verpackungen, welche über die Qualität der enthaltenen Esswaren Auskunft geben können.

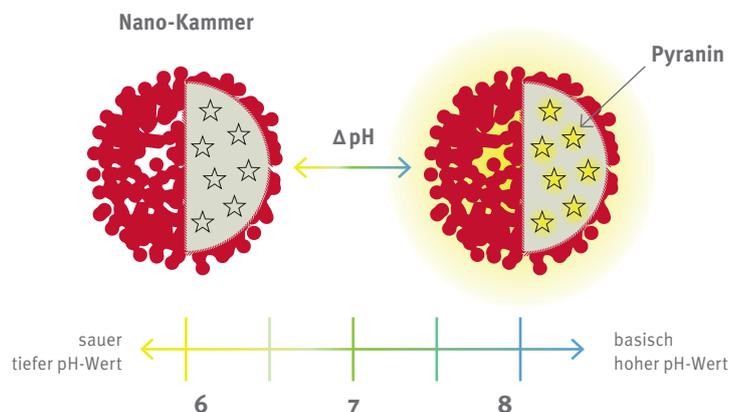
Labels auf der Verpackung zeigen an, ob das Produkt noch geniessbar ist. Dazu gestalteten die Chemikerinnen aktive Oberflächen, auf denen kleine nanotechnologische Kammern befestigt sind, welche als Nanoreaktoren dienen. Diese re-

agieren, wenn in der Umgebung der Lebensmittel Veränderungen auftreten, die auf eine Qualitätsveränderung der verpackten Lebensmittel hinweisen. Der wichtigste und sehr zuverlässige Indikator für eine Qualitätsveränderung ist der Säuregehalt (gemessen als pH-Wert). Aber die in dieser Studie entwickelten Nanoreaktoren können auch angepasst werden, so dass sie reagieren, wenn in der Verpackung freie Radikale, spezifische Moleküle oder Gase auftreten, welche Anzeichen für den Verfall der Nahrung sind. Die Forschenden schnitten die Nanoreaktoren auf diese Verfallserscheinungen zu und bewerteten zwei verschiedene Methoden zur Herstellung dieser intelligenten Etiketten, die auf den Verpackungsoberflächen befestigt werden können.

Die erste Methode überwacht Veränderungen des pH-Werts von Lebensmitteln. Dazu verwen-

### Nano-Kammern zeigen veränderten Säuregehalt an

Auf der Oberfläche der Labels lassen sich Nano-Kammern befestigen, die den fluoreszierenden Farbstoff Pyranin enthalten. Schon bei geringen Veränderungen des Säuregehalts in der Umgebung verändert die Substanz ihre Leuchtkraft. Steigt der pH-Wert an, nimmt die Leuchtkraft von Pyranin zu. Da Veränderungen des pH-Werts auf abnehmende Frische eines Produkts hindeuten, lassen sich mit diesem Mechanismus Etiketten gestalten, welche Informationen über die Qualität von Lebensmitteln liefern.



deten die Forschenden Nanokammern, die den fluoreszierenden Farbstoff Pyranin enthalten. Dieser Stoff verändert seine Leuchtkraft schon bei geringen Schwankungen des pH-Werts. Pyranin eignet sich deshalb hervorragend, um den Frischezustand von Nahrungsmittel anzuzeigen. Die Chemikerinnen verpackten das Pyranin in Nano-Kammern und konnten in Versuchen mit Milchsäure und Ethylendiamin – Stoffe, wie sie beim Verfall von Lebensmitteln auftreten – dessen Empfindlichkeit auf pH-Schwankungen bestätigen. In einer sauren Umgebung nimmt die Leuchtkraft des verpackten Pyranins ab, hingegen verstärkt sich die Fluoreszenz im basischen Umfeld. Veränderungen des pH-Werts deuten auf die abnehmende Frische eines Produkts hin.

Anschliessend produzierten die Forschenden zwei verschiedene Verfahren zur Befestigung dieser Nanoreaktoren auf aktiven Oberflächen, die auf Verpackungen als intelligente Labels dienen können: Das eine basiert auf einer reduktiven Aminierungsreaktion, das andere auf einer Thiol-ene-Klick-Reaktion. Beide Fixierungen wurden auf Glasoberflächen getestet. Die Thiol-ene-Klick-Reaktion war dabei am stabilsten und erlaubt ausserdem eine dichte Anordnung der Nanoreaktoren an der Oberfläche, was die intelligenten Labels effektiver und verlässlicher macht. Verschiedene Tests zeigten, dass die Nanoreaktoren ihre Stabilität bewahren; unter dunklen und trockenen Bedingungen bleiben sie bis zu elf Monate haltbar und reaktiv.

Mit einer zweiten Methode lassen sich in Verpackungen bestimmte Moleküle erkennen, welche beim Verfall von Esswaren entstehen. Die Forschenden kreierte dazu funktionelle Polymermembranen. Im Projekt wurden sowohl ein-

### Ein Schleusen-System kann Produkte auffrischen

Die Forscher sehen grosses Entwicklungspotential für Nanoreaktoren mit Enzymen, welche die Frische und damit die Haltbarkeit von Nahrungsmitteln verlängern können. Das Konzept basiert auf einem Schleusensystem auf Nanoebene: Lässt die Frische der Nahrungsmittel nach, werden in den Nanokammern gespeicherte Stoffe freigesetzt und stellen die Qualität des Produkts wieder her. Möglich ist das, indem in den Nanokammern Enzyme eingebaut werden, die Stoffe produzieren, welche für die Konservierung von Lebensmitteln notwendig sind. In den Membranen der Nanokammern nehmen Proteine die Rolle des Türöffners wahr: verändert sich der pH-Wert, setzen sie die Erzeugnisse der eingekapselten Enzyme frei, welche die Lebensmittel auffrischen. Dieses System ist sehr komplex und könnte sich vor allem für hochpreisige Lebens- und Genussmittel eignen. Weitere Anwendungsbereiche der Technologie liegen in der Pharmabranche.

fache als auch doppelte Schichten getestet, wobei sich die doppelschichtigen Membranen als stabiler erwiesen. In diese Membranen bauten die Chemikerinnen spezifische Enzyme ein (Laccase und Tyrosinase). Beide Enzyme stellten sich als wirkungsvoll heraus und erhalten ihre Bioaktivität über längere Zeit aufrecht. Diese Enzym-Membranen eignen sich für die Herstellung von kleinen Etiketten, welche freie Radikale und Verfallserscheinungen in der Umgebung von Esswaren messen können.

Weitere Informationen:  
[www.nfp69.ch](http://www.nfp69.ch)

## Anwendung

### «Smart Labels» zeigen Verfall von Lebensmitteln an

Die beiden im Projekt verfolgten nanotechnologischen Vorgehen eröffnen verschiedene Anwendungsmöglichkeiten für intelligente Lebensmittelverpackungen. Am einfachsten umsetzbar sind sogenannte «Smart Labels», welche den Qualitätsstatus der verpackten Esswaren anzeigen. Das im Rahmen des NFP 69 geprüfte Verfahren, bei dem Labels mit Nanokammern mit einem Farbstoff auf Verpackungsoberflächen befestigt werden, ist in dieser Hinsicht vielversprechend, da der Farbstoff auf geringe Veränderungen des pH-Werts zuverlässig reagiert. Zudem besteht kein direkter physischer Kontakt zwischen dem Label und den

Lebensmitteln, so dass die Sicherheit des Systems garantiert ist. Denkbar sind Farbetiketten auf Verpackungen, welche den Zustand der Esswaren anzeigen. Solche intelligenten Labels, die als Ampelsignale dienen, könnten fix festgelegte Mindesthaltbarkeitsdaten ablösen und dazu beitragen, dass weniger Nahrungsmittel aus dem Verkauf genommen oder vom Konsumenten weggeworfen werden, obwohl sie noch immer geniessbar sind. Smart Labels sind daher ein erfolgversprechender Ansatz, um Nahrungsmittelverluste zu verringern.