

RABBIT PROTOTYPING

Ostern kommt immer so plötzlich

Computerunterstützte Verfahren verkürzen die Produktionszyklen in der Schokoladenindustrie.

Von Klaus-Dieter Linsmeier

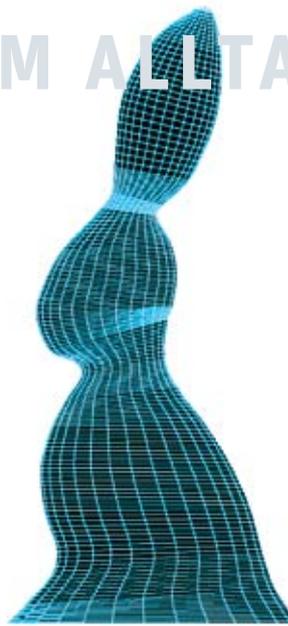
Vorbei die Zeiten, da schon im Advent die Hasenproduktion begann und zu Ostern die ersten Nikoläuse vom Band liefen. Zum Glück: Ärzte klagen schon lange, dass Beschäftigte der Schokoladenindustrie häufig unter zeitlicher Desorientierung leiden. Künftig werden Hasen just in time gefertigt. Denn eine neuartige Klasse von Techniken wird die gesamte Produktionskette drastisch verkürzen: Rabbit Prototyping.

Um das Ziel einer durchgängig computerunterstützten Chocolate-rie zu erreichen, wurde das Fraunhofer-Institut für Mehl- und Süßspeisen (IMS) in Castrop-Rauxel beauftragt, verfügbare Techniken auf ihre Eignung zu prüfen. Das für eine Hochtechnisierung erforderliche Marktvolumen ist zweifellos gegeben, immerhin verzehrt jeder Deutsche durchschnittlich 8,94 Kilogramm Schokolade und Schokoladenwaren (Angabe für 2005). Alljährlich stehen weit über hundert Millionen Osterhasen und eine nur wenig kleinere Zahl von Weihnachtsmännern zur gegebenen Zeit in den Regalen.

Schon länger werden neue Produkte oder Varianten beliebter Klassiker wie der Goldhase mit Glöckchen mittels CAD-Software am Monitor konstruiert. Doch künftig sollen nicht mehr Modellbauer oder computergesteuerte Fräsmaschinen diese Entwürfe in räumliche Objekte umsetzen, um Design, Passgenauigkeit und Eignung für weiterverarbeitende Prozessschritte zu prüfen. Schneller und kosteneffizienter arbeiten laut IMS Verfahren, die aus den Konstruktionsdaten zunächst spezielle digitale Modelle und daraus automatisch solche aus Kunststoff oder anderen Materialien generieren.

DAS ÄLTESTE DIESER VERFAHREN WURDE BEREITS IN DEN 1980ER JAHREN entwickelt – die Stereolithografie (nach dem griechischen *stereos* für »räumlich« und der Lithografie als Drucktechnik). Ein Laserstrahl belichtet entsprechend dem digitalen Modell die Oberfläche eines flüssigen Kunstharzes. Dadurch härtet eine Schicht von 0,05 bis 0,5 Millimeter Dicke aus (siehe Grafik rechts). Sie wird abgesenkt und mit frischem Harz benetzt, die nächste Schicht kann entstehen. Auf diese Weise lassen sich Objekte mit Kantenlängen von mehr als sieben Zentimetern aus Acrylaten und Epoxiden erzeugen.

Ähnlich funktioniert das Lasersintern, nur sind die Ausgangsmaterialien pulverförmige Polyamide, Metalle oder Keramiken. Die winzigen Partikel werden auf einer Plattform fein verteilt. Der Laser schmilzt die Oberflächen der Körner an und verbackt diese miteinan-



Computer Aided Design, also die rechnergestützte Konstruktion, baut eine Hasenhohlform aus geometrischen Elementen auf, in diesem Beispiel aus Rechtecken. Für das Rabbit Prototyping muss dieses digitale Modell so umgerechnet werden, dass ein aus Schichten aufgebautes reales Objekt hergestellt werden kann.

der. Beide Verfahren erfordern Raffinesse bei der Planung, denn durch die thermischen Vorgänge entstehen auch mechanische Spannungen, die Objekte können beispielsweise schrumpfen und so die Anforderungen an die Genauigkeit von Maß und Form verletzen.

Selbst beim Lasersintern dauert der Prozess Stunden, bei großen Teilen und hohen Präzisionsanforderungen sogar Tage. Noch langsamer allerdings geht es mit Verfahren wie dem Lasergenerieren oder dem Laser Melting, bei dem die Pulverkörner komplett aufgeschmolzen werden. Lediglich acht Kubikzentimeter pro Stunde sind keine Seltenheit.

Osterhasen wie Nikoläuse sind Hohlformen aus Schokolade, die Wandstärken liegen bei zwei bis drei Millimetern. Zu ihrer Fertigung dienen zweiteilige Werkzeuge aus Kunststoff, die anhand der Modelle gebaut werden. Über eine kleine Öffnung wird die bei etwa 35 Grad Celsius verflüssigte Schokolade eingefüllt, dann wird das Ganze einige Minuten lang in allen Raumrichtungen sowie jeweils um die eigene Achse geschleudert, bis die Schokolade die Innenseite gut auskleidet. Dabei wird sie allmählich steif, in einem Kühltunnel dann fest. Das Produkt kann entnommen und beispielsweise mit bedruckter Staniolfolie umhüllt werden.

Stereolithografie und Lasersintern eignen sich sehr gut für die Modellentwicklung. Ist nur eine Kleinserie gefragt – etwa eine limitierte Auflage nach Entwürfen bekannter Künstler –, lassen sich damit sogar die Werkzeuge kostengünstig herstellen. Für die Entwicklung bei Großserien bieten sich Lasergenerieren und Laser Melting an.

Langfristig könne laut IMS der Osterhase sogar direkt aus den CAD-Daten gefertigt werden, etwa mittels Schmelzschichtung, im Englischen Fused Deposition Modeling: Eine computergesteuerte und frei fahrbare Düse extrudiert aufgeschmolzene Schokomasse. Diese erstarrt und die nächste Schicht kommt darüber (siehe Grafik rechts). Vorläufig ist dieser Prozess noch zu aufwändig, allenfalls ließen sich individuell nach den Wünschen betuchter Kunden gestaltete Leckereien damit realisieren.

Angesichts dieser bahnbrechenden Entwicklung sollen auch andere Branchenvertreter Interesse geäußert haben. Die Verfahren könnten als Rapid Prototyping in der Automobil- und Konsumgüterindustrie sowie in der Medizintechnik Anwendung finden.

KLAUS-DIETER LINSMEIER ist Redakteur bei »Spektrum der Wissenschaft«. Der Autor dankt der Fraunhofer-Allianz Rapid Prototyping und dem Infozentrum Schokolade des Süßwarenverbands.

WUSSTEN SIE SCHON?

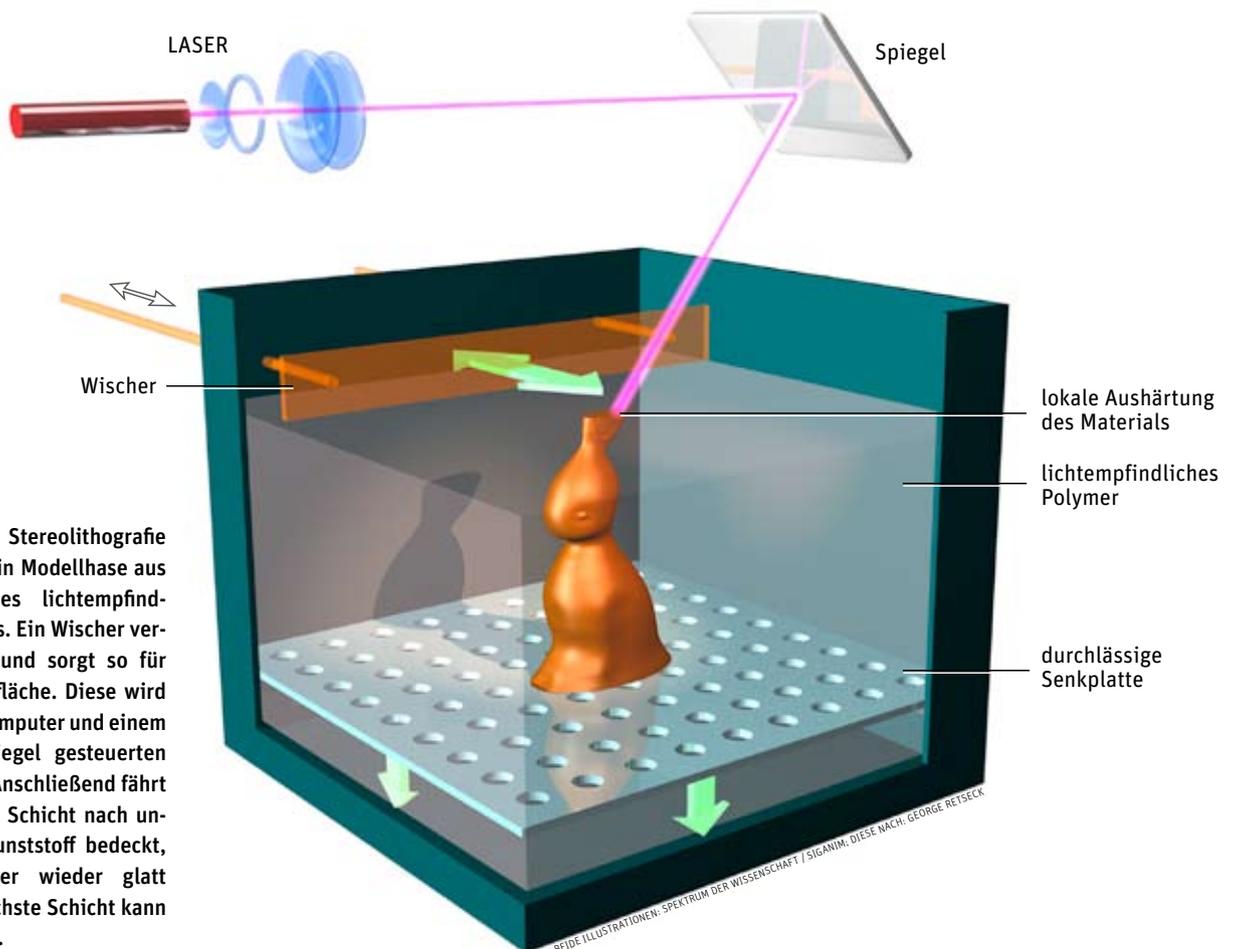
► Für das **RABBIT PROTOTYPING IN EINER BÜROUMGEBUNG** – etwa bei einem freien Foliendesigner – eignet sich das Multi Jet Modeling: Schmelzfähige Kunststoffe werden über die Düsen eines Druckkopfs – ähnlich wie Farben beim Tintenstrahldrucker – schichtweise ausgegeben und gehärtet. Einen Druckkopf verwendet auch das 3D Printing. Dieser spritzt ein Bindemittel zum Beispiel in Zellulosepulver.

► Das **KAKAOAROMA ENTSTEHT DURCH FERMENTATION**, Trocknen und Rösten der Bohnen. Mahlwerke reißen das Zellgewebe auf und erhöhen gleichzeitig durch Reibung die Temperatur. Die Kakaobutter wird freigesetzt, schmilzt und verbindet Stärke- und Eiweißmoleküle zur Kakaomasse. Wird die Butter ausgepresst, bleibt ein fester Kuchen zurück, der zu Trinkkakao zermahlen wird. Mischt man hingegen Kakaobutter, Zucker, Sahne- oder Milchpulver hinzu, erhält man eine knetfähige Schokoladenmasse. Pflanzliches Lezithin erhöht die Fließfähigkeit, Vanille und gelegentlich auch Zimt runden das Aroma ab. Immer feinere Walz-

werke und schließlich das Conchieren – ein Knetprozess, bei dem die Kakaobutter erneut aufgeschmolzen wird – ergibt schließlich den zarten Schmelz der Schokolade.

► **KAKAOBOHNEN LIEFERN DEN STOFF**, aus dem die Naschträume sind. Es sind die Samen von Bäumen, die im feuchtwarmen Klima der Äquatorländer wachsen. Im Jahr 2004 belief sich die Ernte weltweit auf 3,5 Milliarden Tonnen, davon stammte aber mehr als die Hälfte aus Afrika. Neunzig Prozent der Ernte entfällt auf den Konsumkakao Forastero, während die Criollo genannte Sorte Edelkakao liefert.

► Der Name **KAKAO LEITET SICH VOM AZTEKISCHEN XOCOATL AB**: Der spanische Konquistador Hernando Cortez hatte die Bohnen bei der Heimfahrt im Gepäck. In Mittelamerika waren sie hochgeschätzt, dienten sogar als Zahlungsmittel. Doch das Getränk daraus entsprach nicht dem europäischen Geschmack. Tatsächlich bedeutet *xococ* sauer oder herb. Erst das Versetzen mit Honig oder Rohrzucker verhalf dem Kakao zur Akzeptanz.



► Bei der Stereolithografie entsteht ein Modellhase aus Monomeren eines lichtempfindlichen Kunststoffs. Ein Wischer verteilt die Masse und sorgt so für eine glatte Oberfläche. Diese wird von einem per Computer und einem beweglichen Spiegel gesteuerten Laser belichtet. Anschließend fährt die ausgehärtete Schicht nach unten, wird von Kunststoff bedeckt, den der Wischer wieder glatt streicht – die nächste Schicht kann belichtet werden.