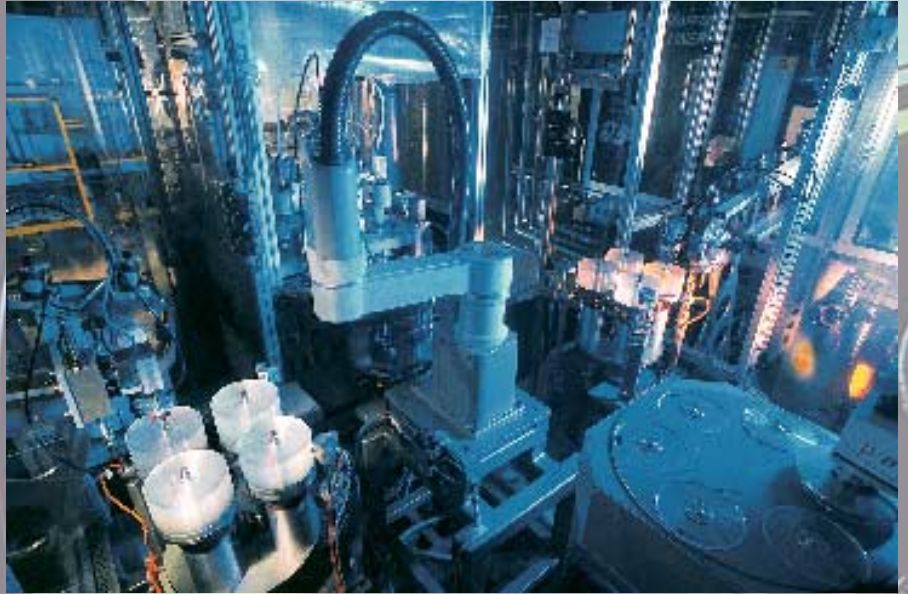


Die optischen Datenträger von morgen

# CD, CD-Rom, DVD aus Kunststoff

Die digitalen Speichermedien von Morgen werden immer mehr Daten auf noch engerem Raum beherbergen. Das stellt immer höhere Ansprüche an die Kunststoffe für Datenträger. Schon heute helfen Computer bei der Optimierung der Produktionsprozesse; damit werden Polycarbonate wie Makrolon – womöglich in modifizierter Form – auch die optischen Datenträger der Zukunft prägen.



Jede CD-Produktionsanlage verarbeitet pro Jahr im Schnitt 60 Tonnen Polycarbonat. Bis 2004 rechnet Bayer mit einem Marktwachstum von jährlich etwa 20 %

Die Zeiten großer Steigerungsraten bei der Musik-CD und der CD-ROM gehen zu Ende. Bereits im Jahre 2005 werden die Verkaufszahlen – Prognosen der Leverkusener Bayer AG zufolge – ihren Zenith durchlaufen und etwa im Jahre 2010 wieder das Niveau von 1995/1996 erreichen.

Was kommt dann? Vorhersagen, denen zufolge sich der Markt der optischen Datenträger stark verändern wird und in zwanzig Jahren praktisch alle Daten aus schnellen Computernetzwerken nur bei Bedarf heruntergeladen würden, werden sich nach Ansicht von Dr. Wilfried Haese, Forschung und Entwicklung CD-Materialien bei Bayer, nicht erfüllen: „Die Konkurrenz besteht zwar, aber es gibt auch Synergien.

Die Preise für die Speichermedien werden wie in den vergangenen Jahren weiter sinken. Daher spricht nichts dagegen, auch in Zukunft auf Backup-Medien und Massenspeicher zurückzugreifen. Und sicher werden die Menschen auch auf absehbare Zeit Filme und Musikaufnahmen ‚besitzen‘, also ins Regal stellen wollen.“ Mehr noch: Die Flüchtigkeit des Internets könnte Nutzer sogar dazu bewegen, dauerhafte Kopien bestimmter Web-Inhalte anzulegen.

## Die DVD kommt

Tatsächlich ist das verlangsamte Wachstum der Audio-CD und CD-ROM direkt verknüpft mit dem Aufstieg eines verwandten Speichermediums: der Digital Versatile Disk, kurz DVD. Im Jahre 1999 wurden weltweit insgesamt rund 17,6 Mrd. scheibenförmige optische Datenträger produziert – darunter 14,5 Mrd.

CDs und CD-Roms, aber auch schon 300 Mio. DVDs. Nach derzeitigen Schätzungen wird die DVD-Wachstumskurve (Video und DVD-ROM) erst um das Jahr 2010 ihren Scheitelpunkt erreichen, die anderer DVD-Formate, zum Beispiel wiederbeschreibbare, erst weitaus später. Die Marktakzeptanz der DVD hat die des Videorecorders zu Zeiten seiner Markteinführung bereits übertroffen; allein 1999 wurden in den USA 5,4 Mio. DVD-Abspielgeräte verkauft.

Für Produzenten des Datenträger-Kunststoffs ein Grund zur Freude: Bei der Bayer AG, aus deren Polycarbonat (PC) Makrolon weltweit die meisten Silberlinge gefertigt werden, rechnet man in diesem Jahr mit einem Wachstum dieses Marktsegments von knapp über 30 %. Bis 2004 soll das Wachstum – nicht zuletzt durch die starke Nachfrage aus Asien – immer noch bei satten 20 % pro Jahr liegen.



Stefan Albus, freier Journalist



# **PLAST**VERARBEITER

Entdecken Sie weitere interessante Artikel und News zum Thema auf [plastverarbeiter.de](http://plastverarbeiter.de)!

**Hier klicken & informieren!**





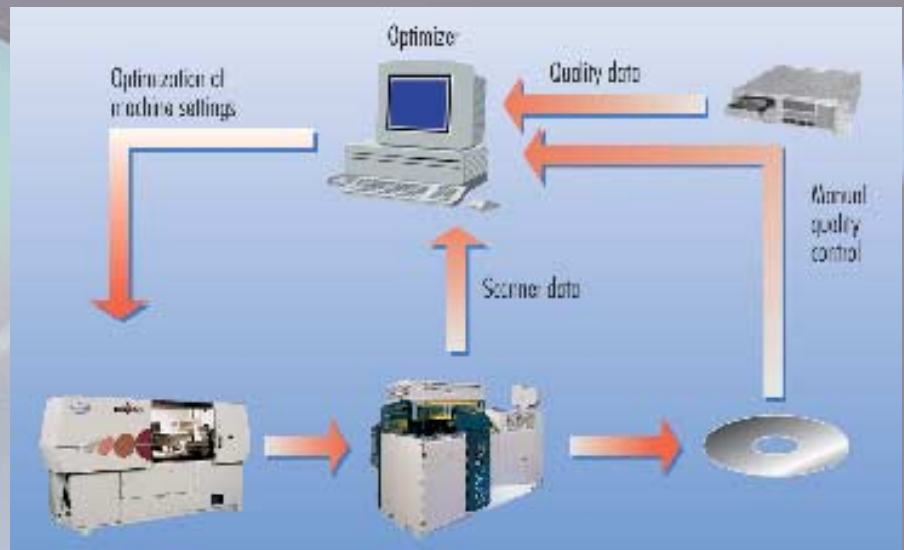
## Computer helfen bei der Verfahrensoptimierung

„Kaum ein Massenprodukt stellt so hohe Qualitätsansprüche an den verwendeten Werkstoff wie die DVD“, sagt Wilfried Haese. Das komplizierte Zusammenspiel der Parameter, die für eine schnelle Produktion hochwertiger CDs und DVDs mit geringen Ausschussraten ineinander greifen müssen, optimiert man bei Bayer inzwischen erfolgreich mit Computerhilfe – zum Beispiel mit neuronalen Netzen, also Programmen, die Produktionsparameter mit bestimmten Qualitätsmerkmalen der fertigen Silberlinge in Beziehung setzen.

Die eingesetzten Netzwerke kontrollieren zurzeit bis zu zehn Werte wie zum Beispiel Form- und Schmelztemperatur, Düsentemperatur und Injektionszeit. Die aus jedem vermessenen Durchlauf resultierenden Datenträger werden anschließend analysiert; Abweichungen vom vorgegebenen Optimum führen – nach einer Trainingsphase des Netzwerks, die auf der neuen Anlage „absolviert“ werden muss – automatisch zu Änderungen geeigneter Stellwerte, bis alle Qualitätsparameter wieder im grünen Bereich liegen. „Die Mathematik hinter diesem Black-Box-Modell ist sehr flexibel,“ sagt Haese, „das System erkennt auch sehr komplexe Korrelationen und sogar Mehrfachabhängigkeiten.“ Allerdings nur für die jeweils „antrainierte“ Maschine – bei einem Verfahrenswechsel muss das Netzwerk neu „angelernet“ werden. Ein weiteres Programm, das mit Hilfe einer der natürlichen Evolution abgeschauten Strategie arbeitet, kann sogar ausgehend von Erfahrungswerten und experimentellen Daten selbstständig optimale Parameter für den Betrieb einer DVD-Produktionsanlage ermitteln. Haese: „Diese Software hilft zum Beispiel dabei, Versuchspläne zu erstellen, indem sie unsinnige Parametersätze von vornherein aussortiert und damit gleichzeitig die Zahl der notwendigen Einstellungen reduziert.“

### Weniger Ausschuss, kürzere Zykluszeiten

Derartige intelligente Hilfsmittel kitzeln das Letzte aus Produktionsanlagen heraus. Sprünge in den Zykluszeiten von



Mit Computerhilfe lassen sich Produktionsprozesse optimieren

20 auf unter vier Sekunden, wie bei der Entwicklung der CD realisiert, sind zwar nicht mehr zu erzielen. Dennoch: Je nach Ausgangslage konnten die Bayer-Ingenieure Zykluszeiten um bis zu 12 % senken – in Zeiten, in denen oft Zehntelsekunden über die Wirtschaftlichkeit eines Verfahrens entscheiden!

Kaum noch weiter reduzieren lässt sich dagegen die Abkühlzeit, die den größten Teil der Zykluszeit ausmacht. Hier haben PCs übrigens im Vergleich zu PMMA und Polyolefinen deutliche Vorteile: Sie kühlen schneller aus und sind deshalb auch künftig Werkstoff der Wahl für optische Speichermedien.

Störungen im Produktionsprozess gehen die Bayer-Ingenieure inzwischen mit einer Kette aus weltweit verteilten Servicelaboratorien auf den Grund, in denen jeder Produktionsschritt auf Originalmaschinen nachvollzogen werden kann. Fehlerhafte CDs und DVDs werden mit einem hochgerüsteten Instrumentenpark, zu dem Massenspektrometer, Mikroindenter und Rasterkraftmikroskope gehören, untersucht.

Zuweilen mit überraschenden Ergebnissen: So konnte zum Beispiel die mangelhafte Qualität einer CD-R-Charge mit einem geringfügig danebengreifenden Silikonsauger erklärt werden – Siliziumspuren, aufgespürt mit einem Massenspektrometer, hatten die notwendige Bedampfung mit der nur wenige Atomlagen dicken Aluminiumschicht gestört. In einer weiteren fehlerhaften Charge konnten defor-

mierte Pits auf eine Verringerung des PC-Molekulargewichts durch Zersetzung während des Spritzprägeprozesses zurückgeführt werden.

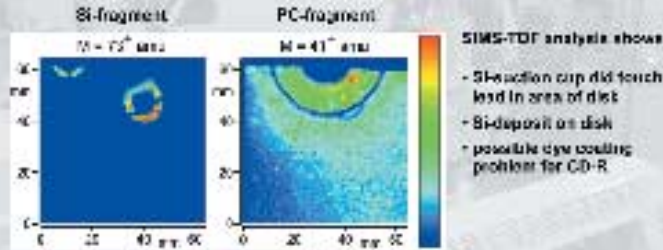
### Neue Kunststoffe in Sicht

Auch am Kunststoff Makrolon selbst ist die Evolution der CD zur DVD nicht spurlos vorübergegangen. So wurden zum Beispiel beim Übergang von Makrolon CD 2005 auf DP 1–1265 die Molekulargewichtsverteilungen verändert, um eine höhere Fließfähigkeit zu erzielen. Herausfordernd war auch die Entwicklung von Polymerzusätzen, zum Beispiel Entformungshilfsmitteln oder Reagenzien, die die Zersetzung bei hohen Temperaturen verhindern. Beide müssen in geringsten Konzentrationen wirken: Denn die DVD-Produktion verlangt ultrareine Rohstoffe mit einem Zusatzstoffgehalt von unter 0,1 %! „100 ppm mehr oder weniger können über den Markterfolg entscheiden,“ sagt Wilfried Haese.

Auf absehbare Zeit wird sich jedoch auch der Mutterwerkstoff Makrolon selbst in seiner Struktur substanziell ändern müssen. Einige Beispiele mögen das illustrieren.

Die optischen Datenträger von Morgen werden vermutlich mit blauem Laserlicht ausgelesen werden – die geringere Wellenlänge ermöglicht es, noch kleinere Pits als bisher zu unterscheiden. Hier kann Makrolon durchaus mithalten, obwohl blaues Licht bereits recht

**Analysis of disk surface by SIMS-TOF**



**SIMS-TOF analysis shows**

- Si-oxidation cap did touch lead in area of disk
- Si-deposit on disk
- possible dye coating problem for CD-R

*In einem eigenen Testcenter geht Bayer Problemen bei der CD-Produktion auf den Grund. Hier der Nachweis von Siliziumspuren auf einer CD-R, die die nachfolgende Aluminiumbeschichtung gestört haben*

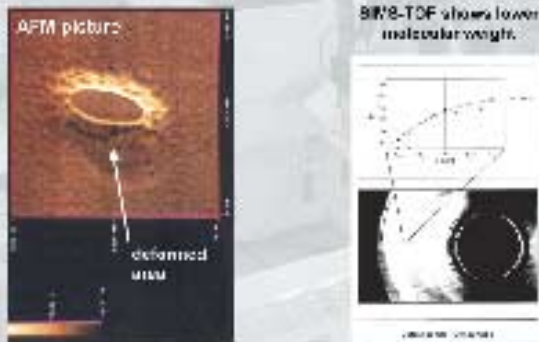
tet. Bis 2005 sollen davon rund 5000 t pro Jahr hergestellt werden. Aber: „Wir müssen nach weiteren Alternativen suchen,“ sagt Dr. Hartmut Löwer, Leiter des strategischen PC-Marketings im Geschäftsbereich Kunststoffe der Bayer AG. „Unsere Aufgabe ist es, Erfolg versprechende Systeme rechtzeitig zu erkennen und zu begleiten.“

**Viele Schätze in der Schublade**

Noch ist nicht ausgemacht, wie denn das ideale PC für die Speichermedien der Zukunft aussieht – und ob sich der Makrolon-Glücksfall wiederholen lässt. „Wichtig für die Marktakzeptanz eines neuen Speichermediums“, so Löwer, „ist in erster Linie sein Preis. Der Kunde zahlt schließlich für den Film oder die Musik, und nicht für den Kunststoff, aus dem der Datenträger besteht. Und dessen Preis kann nur niedrig sein, wenn es wieder lediglich einen Werkstoff für möglichst viele Anwendungen gibt, trotz der Diversifizierung, die der Markt in naher Zukunft erleben wird.“ Dass andere Kunststoffe dem PC den Rang ablaufen, befürchtet Löwer nicht. Mögliche Kandidaten wie PMMA oder COC wiesen bei weitem nicht die Kombination von Eigenschaften auf, die Makrolon und seine Abkömmlinge für die DVD und zukünftige Medien prädestinieren.

*Probleme in der PIT-Abbildung ließen sich mit Hilfe eines Massenspektrometers auf die Zersetzung des Polycarbonats zurückführen (Bilder: Bayer AG, Leverkusen)*

**Surface analysis in area of pit deformation**



**SIMS-TOF shows lower molecular weight.**

nah an seine Absorptionskante kommt. Bei einer weiteren Verringerung der Wellenlänge in den UV-Bereich müsste PC allerdings passen. Auch die immer winzigeren Vertiefungen noch mit annehmbaren Ausschussraten abzubilden, könnte langfristig gesehen zum Problem werden, denn die Fließfähigkeit von Polymeren lässt sich nicht endlos steigern. Eine weitere technische Entwicklung wird dahin gehen, die Pits nicht mehr wie bisher unter einer Schicht aus Makrolon unterzubringen, sondern mehr oder weniger direkt an der Oberfläche. Das macht die Scheiben noch empfindlicher gegenüber anisotroper Schwellung durch eindiffundierenden Wasserdampf. Hier muss in die Polymerstruktur eingegriffen werden, um die Wasseraufnahme durch Klimawechsel zu verringern.

**Veränderungen am Makrolon-Molekül**

Das dritte Beispiel zeigt die Entwicklungsrichtung besonders deutlich. Es hat mit Doppelbrechung zu tun, die den ablesenden Laser verwirren kann, und auftritt, wenn sich die Polymerketten beim Einspritzen in das Werkzeug parallel anordnen. Dem können Chemiker entgegenwirken, indem sie die PC-Ketten an bestimmten Stellen mit sperrigen Molekülteilen versehen. Der Unterschied zwischen geordneter und ungeordneter Struktur ist dadurch nicht mehr so groß und die Gefahr der Doppelbrechung gebannt. Ein derartiges Produkt, ein Copolycarbonat namens ST-3000, wird bereits von Teijin-Bayer Polytech, einem 50:50-Joint Venture von Bayer und Teijin Chemicals, produziert und vermark-

**Literatur**

Löwer, Hartmut, Trends in Optical Media, Vortrag anlässlich der Eröffnung des Bayer-DVD-Laboratoriums am 28. Juni 2000 in Leverkusen  
 „DVD wurde in den USA 1999 zur Erfolgsstory“, VDI Nachrichten vom 28.1.2000, S. 25  
 Makrolon CD – the resin with partnership and technical support, Firmenschrift, Bayer AG, Geschäftsbereich Kunststoffe, Edition 2000-02  
 Ratgeber Spritzgießen von Compact Discs – Fehler, Ursachen, Abhilfen, Firmenschrift Bayer AG, Geschäftsbereich Kunststoffe, 30.07.1999  
 Makrolon CD 2005 und/and DP 1-1265, Anwendungstechnische Information, Firmenschrift Bayer AG, Geschäftsbereich Kunststoffe, 15.10.1997  
 „Looking good“, European Chemical News, 26.6.2000