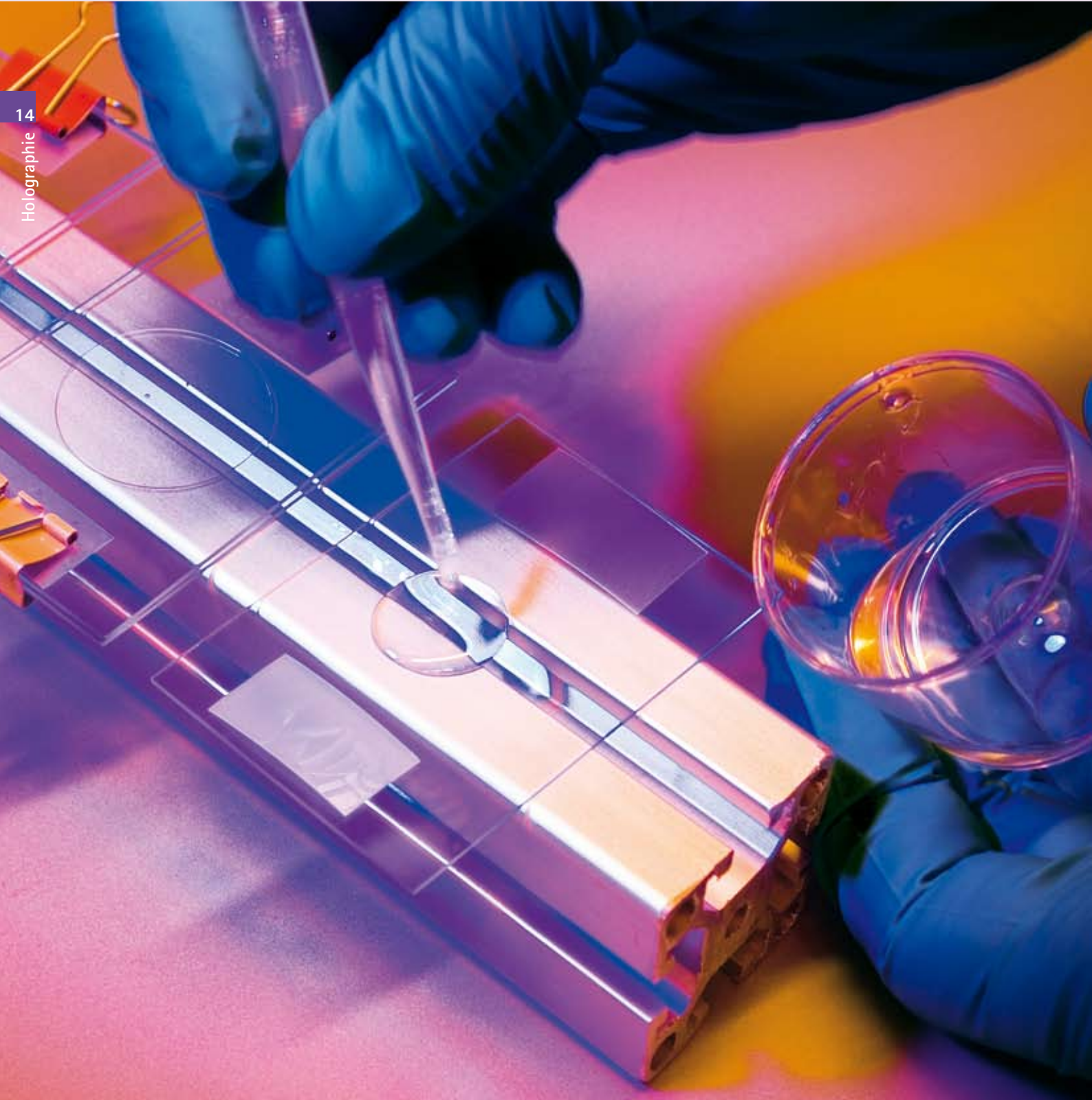


Kunststoffe ermöglichen holographische Speichermedien

Langes Leben für die Daten

14

Holographie



Die Vergänglichkeit macht auch vor elektronischen Datenarchiven nicht halt. Ständig müssen Magnetbänder und CDs umkopiert werden, um Bits und Bytes vor dem Verfall zu retten. In Kooperation mit der amerikanischen Firma InPhase Technologies entwickelt Bayer MaterialScience nun holographische Datenspeicher aus Kunststoff, die durch ein chemisches Verfahren bis zu einem halben Jahrhundert Datensicherheit ermöglichen und ein Vielfaches der Speicherkapazität heutiger DVDs besitzen. Damit übernimmt Bayer MaterialScience eine wesentliche Rolle als Entwickler und Materiallieferant in einem der führenden Datenspeicherkonsortien.



Polymer mit Optik: Norbert Hermanns bereitet unter UV-freiem Licht die Test-Glasplatten vor (rechts o.), auf denen später die flüssige Tapestry™-Mischung zu einem dünnen Film trocknet (l.). Per Laser lassen sich dann Daten im Polymer speichern – in Form eines Hologramms.

Ob Musik, Filme oder die neueste Computeranwendung: Immer mehr digitale Daten sammeln sich in allen Formen beim modernen Multimedia-Fan. Aber auch Behörden und Archivare müssen die explodierenden Datenmengen verwalten – von der elektronischen Steuererklärung beim Finanzamt bis hin zu den Kundendaten von Banken und Versicherungen. Unmengen von Formularen und Dokumenten sind heute digital gespeichert. Riesige Rollen Magnetbänder lagern jahrelang in Archiven, bis die Bits und Bytes wieder abgerufen werden.

Aber diese Daten sind flüchtig. „In der Regel halten Magnetbänder fünf Jahre“, erklärt Dr. Gerhard Langstein von New Technologies bei Bayer MaterialScience. Auch eine CD oder DVD ist nicht unbegrenzt haltbar: In weniger als 20 Jahren kann sie unlesbar werden. Wärme, Luftfeuchtigkeit und mechanische Beanspruchung setzen dem empfindlichen Magnetfilm zu oder beschädigen die Spiegelschicht der CD. Archivare erneuern deshalb die Trägermedien regelmäßig mit immensem Aufwand. Neuartige Datenträger könnten die Arbeit schon bald erleichtern. „Die neuen Speichermedien auf Hologrammbasis erhöhen die Haltbarkeit auf 50 Jahre“, sagt Langstein.

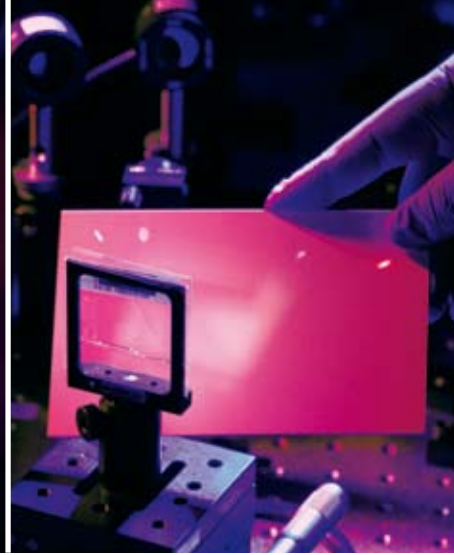
Hologramme zieren bereits Geldnoten und Bankkarten. Je nach Blickwinkel des Betrachters zeigen sie unterschiedliche Ansichten eines dreidimensionalen Objekts. Diese charakteristische Eigenschaft ermöglicht die Speicherung von großen Datenmengen auf holographischen Materialien. Anstatt eines für

das Auge sichtbaren Bilds werden Muster als helle und dunkle Punkte abgelegt. Wie früher auf Lochkarten bilden die Punkte die binäre Information, stehen für Nullen oder Einsen. Und wie bei dem Hologramm auf der Scheckkarte könnte jeder Blickwinkel für eine neue „Lochkarte“ und neue Daten reserviert werden. Dadurch bieten Hologramme auf kleinem Raum immens viel Speicherplatz.

Neue Datenscheibe fasst so viel wie 50 DVDs

Die Firma InPhase Technologies aus Longmont, Colorado, USA, hat bereits den Prototypen eines Schreib- und Lesegeräts für die neuen holographischen Disks entwickelt. Bayer MaterialScience liefert Polymere für das Speichermedium. Im US-amerikanischen Labor entstehen aus den Polymeren millimeterdicke und handtellergroße Scheiben mit Platz für über 300 Gigabyte Daten – so viel wie auf 50 DVDs oder 460 CDs passen. Das neue Speichersystem namens Tapestry™ soll voraussichtlich Ende 2006 auf den Markt kommen. Damit der Sprung vom teuren Prototyp zum haltbaren Massenprodukt reibungslos klappt, kooperieren InPhase Technologies und Bayer MaterialScience. Die Kunststoffexperten in Leverkusen entwickeln das holographische Material weiter und perfektionieren es für die Produktion im großen Stil.

„Das Tapestry-Material setzt sich aus zwei Polymeren zusammen“, erklärt Langstein. In einem stabilen Polymer-Grundgerüst sind vernetzbare Polymerbausteine gelöst und frei beweglich.

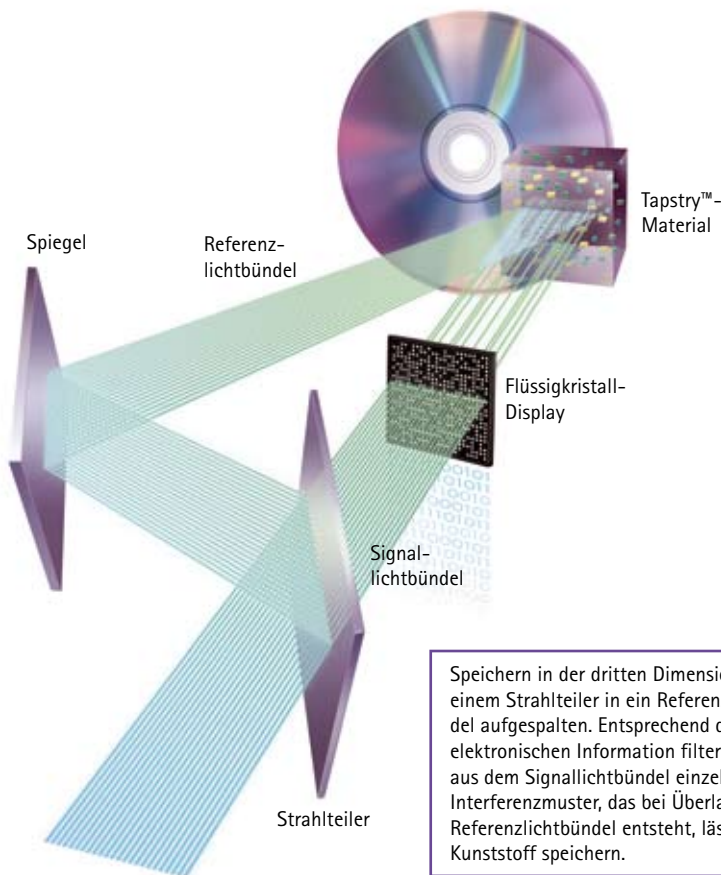
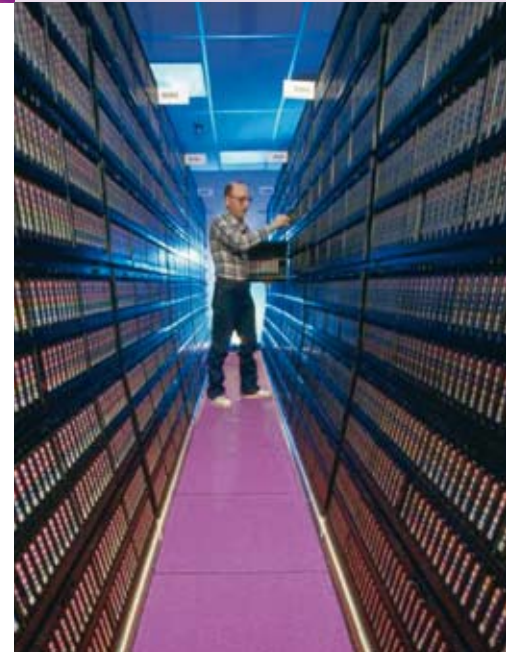


Schutzlicht: Um das empfindliche Tapestry™-Material zu schützen, arbeiten Dr. Rafael Oser (l.) und Dr. Friedrich-Karl Bruder im weniger energiereichen Rotlicht. Das Hologramm in laserbeschriebenen Folien lässt sich als Lichtpunktemuster sichtbar machen (r).
Sensible Informationen: Riesige Datenmengen von Banken, Versicherungen und staatlichen Archiven sind bedroht, da Magnetbänder nur wenige Jahre haltbar sind (u.). Das ständige Umschreiben der Informationen kostet große Summen.

Beim Schreibvorgang im Laufwerk beleuchtet ein Laserpuls die Bereiche, in denen Daten abgelegt werden. Das Laserlicht gibt den Startschuss: Die vernetzbaren Moleküle verbinden sich in einer chemischen Reaktion erst zu Ketten und dann zu Polymer-Knäueln, die im engen Polymer-Grundgerüst hängen bleiben. „Ist das Licht intensiver, lagern sich auch mehr Polymere

ab“, berichtet Langstein. Und wo sich viele Polymere ablagern, ändern sich die Eigenschaften des Materials. Es wird optisch dichter und lenkt Licht wie eine Linse ab.

Hologramme nutzen den Wellen-Charakter von Licht. Lichtwellen verhalten sich wie die Wasserwellen auf einem See: Wirft man einen Stein ins Wasser, breiten sich Wellen ringförmig



Speichern in der dritten Dimension: Ein Laserstrahl wird an einem Strahlteiler in ein Referenz- und ein Signallichtbündel aufgespalten. Entsprechend den Nullen und Einsen der elektronischen Information filtert ein Flüssigkristalldisplay aus dem Signallichtbündel einzelne Strahlen heraus. Das Interferenzmuster, das bei Überlagerung von Signal- und Referenzlichtbündel entsteht, lässt sich als Hologramm im Kunststoff speichern.

aus. Wo Wellenberge aufeinander treffen, verstärken sie sich, aber wo Wellentäler auf Wellenberge treffen, heben sie sich auf – man spricht von Interferenz. Zur Datenspeicherung nutzt InPhase Laserlicht, weil es einen ausgeprägten Wellen-Charakter besitzt und somit kompakte und kontrastreiche Interferenzmuster ermöglicht.

Zunächst wird im Schreibgerät das Laserlicht in ein Signal und ein Referenzbündel gespalten. Während das Referenzbündel unverändert bleibt und direkt auf die Tapestry™-Disk trifft, durchläuft das Signallbündel ein Flüssigkristalldisplay, ähnlich dem einer Digitaluhr, das einzelne Strahlen aus dem Bündel heraussiebt und so die digitalen Nullen in das Laserlicht schreibt. Die verbleibenden Strahlen stellen die Einsen dar. Wenn sich dann Signal- und Referenzbündel vereinigen, entsteht

Datencontainer: größer, schneller, dauerhafter

Medium	Kapazität	Haltbarkeit (in Jahren)	Geschwindigkeit (pro Sekunde)	verfügbar
AIT-Magnetband	36 GB	5 - 10	4 MB	seit 1989
3,5 Zoll-Diskette	1,44 MB	ca. 5	62,5 KB	seit 1981
CD	700 MB	5 - 20	150 KB (1x)	seit 1983
DVD	4,7 GB	5 - 20	1,4 MB (1x)	seit 1996
Blu-ray Disk	25 GB	5 - 20	4,5 MB (1x)	seit 2005
Tapestry™	300 GB	50	20 MB	ab 2006

Die Tapestry™-Disk eröffnet eine neue Generation besonders langlebiger Speichermedien mit hoher Speicherkapazität und Geschwindigkeit (KB=Kilobyte, MB=Megabyte, GB=Gigabyte; 1x = „einfach“, bezeichnet die Standard-Datenübertragungsrate beim Abspielen beispielsweise einer Musik-CD oder Film-DVD).

ein Interferenzmuster, das im Kunststoff als Hologramm gespeichert wird. „Und das nicht nur auf der Oberfläche, sondern im ganzen Volumen“, erklärt Langstein den großen Vorteil der holographischen Speicherung.

Ein Kunststoff-Sandwich schützt die Daten

Um das Muster im Kunststoff wieder in elektronische Daten zu verwandeln, reicht ein einzelner Laserstrahl aus. Er wird im gleichen Winkel wie der Referenzstrahl auf die Disk gerichtet. Das Polymer-Muster lenkt das Licht ab und erzeugt so eine Kopie des ursprünglichen Signalbündels, das von einem hoch auflösenden Foto-Chip interpretiert wird: Trifft ein Strahl auf ein Pixel des Detektors, gibt es eine digitale Eins, liegt der Pixel im Schatten, registriert der Chip eine Null an dieser Stelle.

Damit die Daten auch nach vielen Jahren noch lesbar bleiben, arbeiten Dr. Nicolas Stoeckel und Dr. Konstantinos Douzinas von Bayer MaterialScience an der optimalen Zusammensetzung des Polymer-Grundgerüsts und der vernetzbaren Moleküle in der Tapestry™-Disk. „Optische und mechanische Eigenschaften müssen stimmen“, sagt Stoeckel, Laborleiter in der Business Unit Coatings, Adhesives & Sealants. So darf das Polymer-Grundgerüst nicht trüb werden oder vergilben, und die vernetzbaren Moleküle sollen nur unter Laserbestrahlung reagieren. Aber auch mechanisch wird dem Kunststoff einiges abverlangt: Er muss stabil gegenüber Feuchtigkeit und anderen Umwelteinflüssen sein,

darf nicht aufquellen oder vergilben und soll seine Form halten. „Unsere Erfahrung mit Lack- und Klebstoffrohstoffen hilft uns da sehr weiter“, sagt Stoeckel, „und zusätzlich ist das Medium durch seine Sandwichstruktur geschützt.“ Das eigentliche Speichermedium wird dabei zwischen zwei stabilen Kunststoffscheiben aufgetragen. „Bayer besitzt eine langjährige Erfahrung bei der Entwicklung und Vermarktung von Substratmaterialien für optische Datenspeicher. Das Polycarbonat Makrolon beispielsweise setzen wir seit Jahren als Material für CDs und DVDs ein“, berichtet Douzinas. Der robuste Kunststoff weist Schmutz und Flüssigkeiten ab und schützt vor Oxidation. „Das Zusammenfügen von neuen und bewährten Materialien erfordert Know-how und interdisziplinäre Zusammenarbeit“, sagt Douzinas. Sein Physiker-Team aus dem Bayer-MaterialScience-Labor in Krefeld unterstützt Stoeckels Suche nach der Rezeptur für die holographische Disk und prüft das Material auf seine Eigenschaften.

Neben der Langlebigkeit und dem großen Speicherplatz bietet die holographische Disk einen weiteren Vorteil: die hohe Geschwindigkeit. Anstatt wie bei CD oder Magnetband ein Bit nach dem anderen zu lesen, schafft ein einzelner Laserblitz 1.000.000 Bits auf einmal. Damit erreicht die holographische Scheibe Übertragungsraten von 100 Megabyte pro Sekunde – zwölf Mal mehr als bei einer DVD oder einem Magnetband und 40 Mal mehr als bei einer CD. Die systematische Suche in großen Datenbanken mit Millionen Einträgen

dauert dann nicht mehr Tage, sondern nur noch Stunden.

Fernsehen auf der Windschutzscheibe

„Viele andere hoch innovative Anwendungen abseits der Computerdisk sind vorstellbar“, sagt Dr. Rainer Hagen von New Business. Holographische Polymere eröffnen in der Optik und Sicherheitstechnik neue Möglichkeiten wie vollfarbige und dreidimensionale Bilder. „In einigen Jahren könnten Grafiker und Designer ihre eigenen Hologramme drucken: ohne Tinte und ohne Kartusche. Das ‚Papier‘ – die Polymerfolie – käme von Bayer“, blickt Hagen in die Zukunft. Für welche Anwendungen sich dabei die chemisch veränderbaren Polymere eignen und wann die Speicherung auf Kunststoffen (s. research 17) zum Einsatz kommt, wird sich zeigen: Bayer MaterialScience ist für beide Entwicklungen gerüstet. Für Gerhard Langstein hingegen liegt die Zukunft der holographischen Medien schon in der Gegenwart. Er kennt den Markt und ist sich sicher: „Die Zeit ist reif.“

Unterrichtsmaterialien

Als Extra-Service für Lehrer gibt es Unterrichtsmaterialien zum Thema „Holographische Datenspeicher“: Auf Informations- und Arbeitsblättern sowie Folien sind physikalische und chemische Prinzipien verschiedener Speichermedien pädagogisch aufgearbeitet. www.research.bayer.de (Link „Unterrichtsmaterial“)