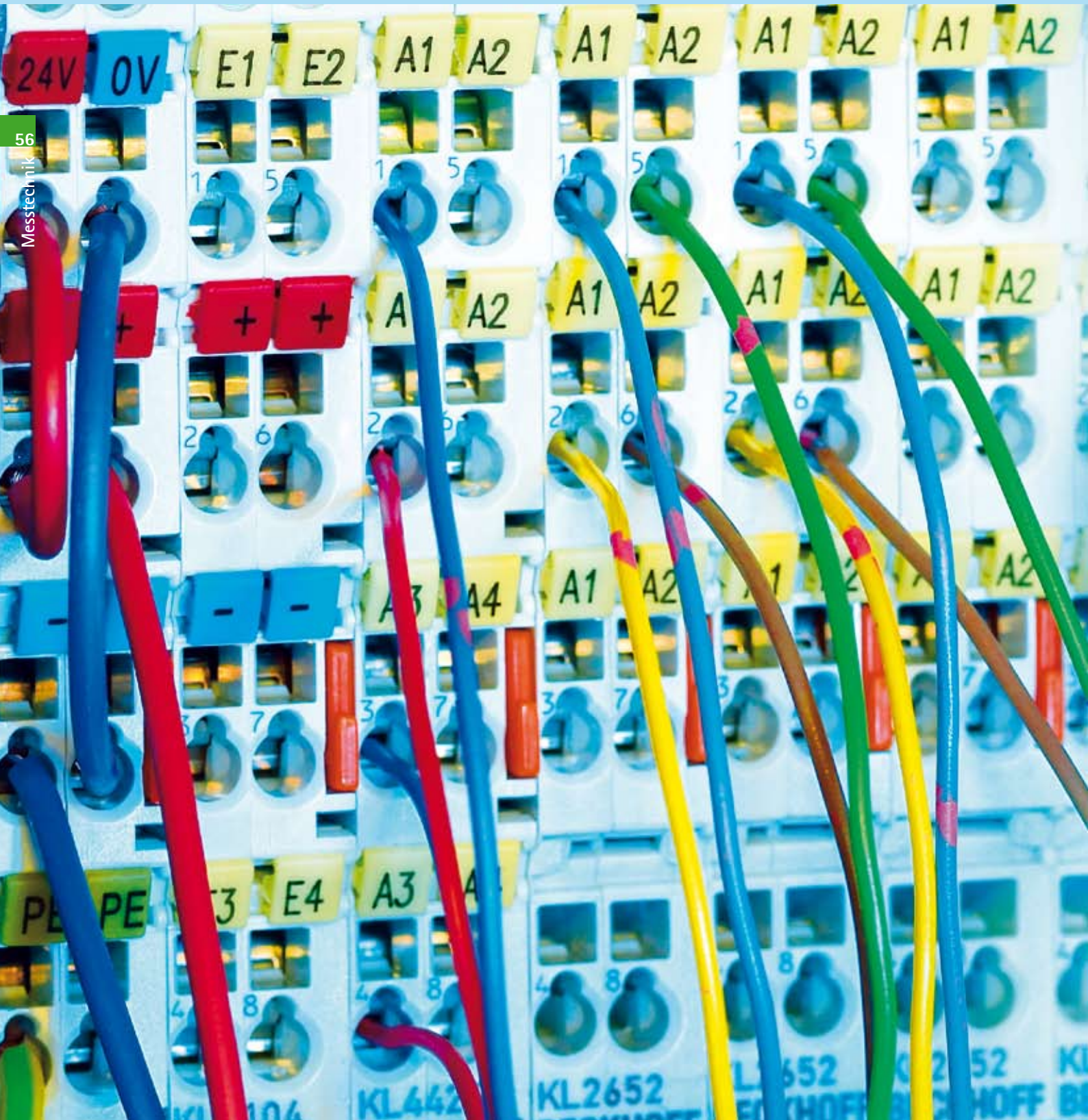


Neue Messtechniken machen den Verlauf chemischer Reaktionen sichtbar

Spione im Kessel



Mit Infrarotstrahl, Telefonkabel und viel Mathematik erhalten Bayer-Forscher neue Einblicke in die stählernen Reaktionsapparate der chemischen Industrie. Dafür haben sie bewährte Messmethoden geschickt verändert und neu kombiniert. Mithilfe der neuen Techniken können Rohstoffe und Energie eingespart werden. Das reduziert Kosten in der Chemikalienproduktion und entlastet die Umwelt.



Kontrolle: Durch raffinierte Messtechnik können chemische Prozesse im Inneren von Reaktoren überwacht werden (l.). Die Temperatur liefert Dr. Martin Gerlach (rechts o.) wichtige Informationen über den Reaktionsverlauf.

Die Sonne hat das Büro von Dr. Martin Gerlach ordentlich aufgeheizt. Den promovierten Chemiker von Bayer Technology Services lässt die schweißtreibende Raumtemperatur jedoch völlig kalt. Ihn interessieren vielmehr Temperaturen, wie sie in den riesigen Reaktionskesseln und Destillationsapparaturen der chemischen Industrie herrschen. „Bei jeder Synthese wird eine charakteristische Menge Wärme verbraucht oder freigesetzt. Deshalb liefern die Temperaturen vor Ort wertvolle Informationen über den Reaktionsverlauf“, erklärt Gerlach.

Sein Team hat nun ein neuartiges Thermometer entwickelt, mit dem an zahlreichen Punkten im Reaktor zeitgleich gemessen werden kann. Bisher ist das nur eingeschränkt möglich, denn gängige Widerstandsthermometer und Thermolemente ermitteln die Temperatur über elektrische Effekte und müssen einzeln verkabelt werden. Soll an mehreren Stellen im Reaktor gemessen werden, wird aus den erforderlichen Kabeln schnell ein armdicker Strang, und der kann selbst in geräumigen Behältern den Verlauf einer chemischen Synthese ganz empfindlich stören.

Der Temperaturfühler des neuen Bayer-Thermometers dagegen kommt ausgesprochen filigran daher: Er vereint unzählige Messpunkte in einem nur einen halben Millimeter dünnen und je nach Bedarf bis zu sechs Meter langen Glasfaserkabel. Der neue Sensor ist zudem völlig frei von elektrischen

Strömen und Spannungen: ein weiterer Pluspunkt, denn dadurch ist er unempfindlich gegenüber elektromagnetischer Strahlung und kann bedenkenlos selbst in explosiven Mischungen eingesetzt werden.

Das Herzstück der neuen Technik ist im Grunde ein Massenartikel: „Wir verwenden Glasfasern aus der Kommunikationstechnik“, berichtet Dr. Wolfgang Borchers von Bayer Technology Services, der die Entwicklung des Thermometers maßgeblich vorangetrieben hat. Glasfaserkabel leiten Licht, aber auch nicht sichtbare Strahlung wie beispielsweise die längerwellige Infrarotstrahlung von einem Ende zum anderen. Damit die Fasern nicht nur zum Telefonieren, sondern auch als Thermometer taugen, werden sie nach den Vorgaben der Bayer-Forscher bei der Firma Advanced Optics Solutions (AOS) punktuell mit UV-Licht traktiert. Dadurch entstehen Abschnitte mit besonderen optischen Eigenschaften, die Faser-Bragg-Gitter.

Eine Faser misst an vielen Stellen gleichzeitig

Schicken die Forscher nun Infrarotstrahlen durch die Glasfaser, wird an jedem Gitter ein Teil der eingestrahnten Wellenlängen gespiegelt wie Licht an einer Fensterscheibe, während die übrigen Wellenlängen ungehindert passieren können. Wenn es kälter oder wärmer wird, verändern sich die Maschengrößen des Gitters – die Atome



Temperaturmessung mit Licht

Hauchdünn ist die Glasfaser (vorne, liegend), mit der Temperaturen an vielen Stellen gleichzeitig gemessen werden können. Dazu werden an den Messpunkten so genannte Faser-Bragg-Gitter erzeugt (in der Illustration hinten, rechts). Jeder Abschnitt eines solchen Gitters reflektiert nur eine ganz bestimmte Wellenlänge (rot). Das Licht anderer Wellenlängen kann ungehindert passieren und so von einem anderen Faser-Bragg-Gitter zurückgeworfen werden (blau und gelb). Wird das Glasfaserkabel wärmer oder kälter, verändert dies die Wellenlänge des reflektierten Lichts (zum Beispiel von rot nach dunkelrot). Im Glasfaserthermometer verwenden die Bayer-Forscher statt des sichtbaren Lichts die für das menschliche Auge unsichtbare Infrarot-Wärmestrahlung.

rücken enger zusammen oder weiter auseinander. Das verändert die Wellenlängen der reflektierten Strahlen, die so ein Maß für die Atomabstände in den manipulierten Faserabschnitten werden. Gemessen werden die reflektierten Wellenlängen mit einem Infrarot-Spektrometer, das heute fester Bestandteil vieler Produktionsanlagen ist. Mit solchen Spektrometern bestimmt man in der Regel Stoffkonzentrationen, die ebenfalls Informationen über den Fortgang chemischer Reaktionen liefern. „Eine Aufrüstung der Geräte mit den temperaturfühlenden Glasfasern ist überhaupt kein Problem“, betont Borchers. Das neue Thermometer hat sich in Pilotanlagen längst bewährt, und seit dem Spätsommer 2006 stellt es seine „Spionagefähigkeiten“ in zwei industriellen Produktionsanlagen unter Beweis.

Mini-Reaktor optimiert die Produktion

Chemische Prozesse auszukundschaften ist auch das Steckenpferd von Dr. Ricarda Leiberich von Bayer

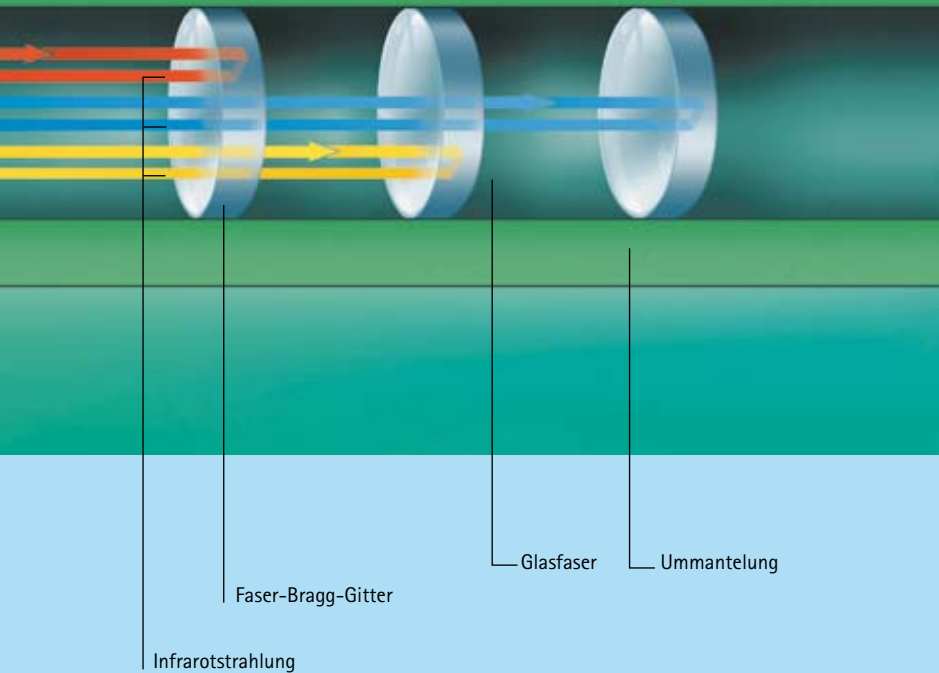
Technology Services. Die promovierte Chemikerin hat mit ihrem Team eine teekesselgroße Messzelle entwickelt, in der industrielle Synthesen im Miniaturmaßstab ablaufen. Mithilfe der neuen Messtechnik kann sie Geheimnisse um Reaktionen lüften, die schneller sind, als ein Wimpernschlag dauert. Solche Reaktionen spielen unter anderem bei der Produktion zahlreicher Kunststoffe eine zentrale Rolle. Die Messergebnisse zeigen, mit welchem Reaktordesign und unter welchen Betriebsbedingungen Synthesen optimal verlaufen, die flotten Reaktionen nicht ins Stocken geraten und sich möglichst keine unerwünschten Nebenprodukte bilden. Dank der Erkenntnisse aus dem Leiberrischen Labor hat der Bayer-Konzern beim Betrieb bestehender und beim Bau neuer Anlagen bereits Kosten in Millionenhöhe gespart. Grund genug, das Forscherteam im Frühjahr 2006 mit der Otto-Bayer-Medaille auszuzeichnen.

Lange galt es als unmöglich, die millisekundenschnellen Molekülvereinigungen zu beobachten. Die Probleme hätten schon beim Mischen der Aus-

gangssubstanzen begonnen, berichtet Leiberich: „Wenn Sie die Stoffe langsamer mischen, als diese miteinander reagieren, haben Sie keine Chance, etwas Verwertbares zu messen.“ Die Bayer-Forscher haben deshalb eine Düse entwickelt, die alle Substanzen innerhalb von Mikrosekunden mixt. Und weil auch die Analysetechniken in den vergangenen Jahren deutlich an Schnelligkeit gewonnen haben, können sich die Wissenschaftler heute ein sehr detailliertes Bild vom Reaktionsgeschehen verschaffen.

Per Video-Mikroskop wird auf die Chemie fokussiert

Dazu durchleuchten sie die Reaktionslösung mehrmals pro Sekunde mit Infrarotstrahlen verschiedener Wellenlängen, die von Ausgangsstoffen, Produkten und unerwünschten Nebenprodukten geschluckt werden. Die Änderungen im Wellenlängenspektrum zeigen dann, in welchen Mengen die Substanzen zum Messzeitpunkt bei der Reaktion noch mitmischen. Die Wis-



Sensible Messtechnik: Mit einer dünnen Glasfaser kann Dr. Wolfgang Borchers (o.) die Temperaturen und damit das Geschehen im Inneren von Produktionsanlagen überwachen. Dr. Ricarda Leiberich (M.) und Peter Lobert (u.) analysieren Reaktionsverläufe in einer eigens konstruierten Messzelle mit Infrarotlicht, Video-Mikroskopie und viel Mathematik.

senschaftler verwenden dazu ein Reflexionsinfrarotspektrometer, das auch in trüben Mischungen zuverlässig misst. In einem weiteren Durchgang filmen die Forscher den Prozess durch ein Mikroskop. Der Grund: Häufig stecken die Ausgangssubstanzen in unterschiedlichen Phasen, beispielsweise in zwei Flüssigkeiten, die sich nicht mischen lassen, sondern tropfenförmig umeinander wabern wie Speiseöl in Nudelwasser.

Nach der Spionage kommt die Mathematik

Die chemische Reaktion findet dann vor allem an den Oberflächen der Tropfen statt. Dabei gilt: Je kleiner die Tropfen,

desto größer die Oberfläche und umso schneller die Reaktion. Die Forscher können nun auf ihren Filmen beispielsweise sehen, wie die Tropfen nach und nach zu einer großen Pfütze verschmelzen und so die Synthese ausbremsen.

Um die zahlreichen Informationen aus den Laborversuchen in konkrete Ratschläge für Prozessentwickler zu verwandeln, bedarf es noch einiger Tüftelei: „Wir entwickeln komplexe mathematische Modelle, mit denen wir unsere Messergebnisse auf die Bedingungen in den Industrie-Reaktoren hochrechnen“, erklärt Leiberich. Dass diese Rechnungen aufgehen, ist längst kein Geheimnis mehr, und die nächste Anlage, die davon profitieren soll, befindet sich bereits im Bau.



www.gfz-potsdam.de/pb5/pb51/html/conny1.htm
Das Geoforschungszentrum Potsdam erklärt Hintergründe zum Faser-Bragg-Gitter.