

## Das tele-Haus

**Auf dem Sektor der Gebäude- und Heimautomatisierung haben Industrie und Forschungsinstitute in den letzten Jahren große Anstrengungen unternommen, um integrierte und neuartige Lösungen durchzusetzen oder vorzuschlagen. In Büro- und Industriegebäuden sind in zunehmendem Maße eine Vielzahl von Projekten von der Industrie ausgeführt worden, die in der Regel auf dem Europäischen Installationsbus (EIB) beruhen. Während also in der Gebäudeautomatisierung heute die Realisierung im Vordergrund steht, bedarf es in der Heimautomatisierung noch der gezielten, anwendungsnahen Forschung einschließlich Überlegungen zur späteren Implementierung, um einen ähnlichen Durchbruch vorzubereiten, wie ihn die Mikrosystemtechnik und Elektronik im Kraftfahrzeug geschafft haben.**

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat im Rahmen seines Förderprogramms »Mikrosystemtechnik 2000+« das Verbundprojekt »tele-Haus mit intelligenten Mikrosystemen« gefördert. Zu den Projektpartnern zählte - neben Firmen und Instituten der TU Berlin und der Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, - auch der Lehrstuhl für Messsystem- und Sensortechnik der TUM, mit Prof. Friedrich Schneider als Gesamtprojektleiter.

In diesem Projekt wurde großer Wert auf die konsequente Weiterentwicklung der Mikrosystemtechnik mit innovativen Ansätzen für ausgewählte Heimanwendungen und Anwesenheitserfassung gelegt. Denn bei der Heimautomatisierung müssen sehr unterschiedliche Sensoren und Aktoren möglichst unauffällig, mit kleinem Bauvolumen und niedrigem Energiebedarf, aber zum Teil hoher Verarbeitungsleistung vernetzt werden. Dafür haben die Wissenschaftler an einer

Technik zur Stapelung so genannter Multi-Chip-Module gearbeitet. Diese Module, die Träger für elektronische Schaltungen darstellen, lassen sich nun in drei Ebenen stapeln. Die oberste Ebene ist dabei den eigentlichen Sensorelementen und den zugehörigen, analogen Auswerteschaltungen vorbehalten. Die mittlere Ebene dient zur Signalverarbeitung mit Mikrocontroller und entsprechenden Speicherbausteinen. Die unterste Ebene schließlich ist für die Vernetzung im Haus zuständig; sie liefert den Busanschluss.

In einem ersten Aufbau wurde ein Videoüberwachungssensor entwickelt, der per Bluetooth-Datenfunk eine Videoverbindung zu einem Computer aufbauen kann. Die Auswertung eines pyroelektrischen Bewegungssensors erlaubt unabhängig vom PC das Aufzeichnen von Bildern bei bestimmten Ereignissen, die zu einem späteren Zeitpunkt abgerufen werden können. Zusätzlich wurde eine Sensorebene entwickelt, auf der CO<sub>2</sub>-Konzen-

tration, Temperatur und Luftfeuchte bestimmt werden. In Kombination mit der Prozessorebene und der am TUM-Lehrstuhl entwickelten Ebene zur Kommunikation

stecker erlaubt es, übliche Haushaltsgeräte an das EIB-Hausbussystem per Powerline-Kommunikation anzubinden, also über die Stromleitung. Der Stecker kann



**Vollständig aufgebauter Mikrosystemstapel der Bluetooth-Überwachungskamera mit einer Kantenlänge von 40 mm. Im Hintergrund ist das Versuchshaus in Neubiberg zu sehen, das jedes Wochenende besichtigt werden kann.**

auf dem EIB-Gebäudebus lässt sich mit dem Mikrosystemstapel die Luftgüte bestimmen. Die Messwerte ermöglichen es, das Raumklima bedarfsoptimiert und dezentral zu regeln. So wird zum Beispiel die Temperatur anwesenheitsgesteuert geregelt, bei zu hoher Feuchtigkeit oder zuviel CO<sub>2</sub> erfolgt automatisch die Raumbelüftung.

Im Rahmen des Projekts »tele-Haus« befassen sich die TUM-Wissenschaftler mit einer Reihe weiterer interessanter Gebiete; etwa, wie sich automatisierte Gebäude per Internet oder Telefon fernsteuern lassen, oder welche Möglichkeiten es zur komfortablen und sicheren Zutrittskontrolle gibt. Speziell im Bereich Sicherheit entstanden etliche neue Entwicklungen, beispielsweise der »Intelligente Zwischenstecker«. Dieser Zwischen-

verschiedene Geräte erkennen und je nach Definition diese unterschiedlich bedienen. Eine integrierte Leistungsmessung erlaubt das automatische Abschalten im Fehlerfall oder auch das Erkennen eines eingeschalteten Bügeleisens bei Verlassen des Hauses. Egal wo im Haus der Verbraucher angeschlossen wird, kann dieser über den Zwischenstecker von anderen »intelligenten« Endgeräten gesteuert werden.

Daneben entstand das Konzept der »Intelligenten Tür«, die sowohl über biometrische Systeme (Stimme und Fingerabdruck) als auch mittels elektronischer Schlüssel (SmartCard und Transponder) zu öffnen ist. Ein kleiner »embedded Server« wertet die Daten aus und übernimmt die Kommunikation mit dem Installationsbus, so dass im Haus

oder an der Tür entsprechende Aktionen ausgelöst werden können. Durch eine verschlüsselte Kommunikation können jetzt auch sicherheitsrelevante Geräte wie Einbruchsensoren und automatische Türen am EIB betrieben werden.

Um solche neuen Konzepte, die das Wohnen in Zukunft komfortabler und sicherer machen sollen, anwenden entwickeln zu können, sollte man sie möglichst frühzeitig praxisnah testen. Hierfür stellte die Bauland GmbH in Neubiberg das Doppelhaus VisionWohnen zur Verfügung, das als Forschungsplattform dient und Besuchern Gelegenheit gibt, die technischen Neuerungen kennen zu lernen und zu bewerten. Hier finden sich technische Entwicklungen wie Solar- und Photovoltaikanlagen, Grau- und Regenwassernutzung sowie die Nutzung der Restbodewärme, um Ressourcen zu schonen. Der konsequente Einsatz von Hausbus-Komponenten ermöglicht dort einen sehr hohen Grad an Automatisierung. Alle elektrischen Komponenten und auch die Außenkameras lassen sich über Touchscreens oder das Fernsehgerät steuern. Dass zur Ausstattung eines Tele-Hauses auch Zentralstaubsaugersystem und Rasenmäroboter gehören, versteht sich bei nah schon von selbst...

Weitere Informationen zum Projekt tele-Haus finden sich im Internet unter:  
[www.tele-haus.de](http://www.tele-haus.de)

*Friedrich Schneider,  
Günter Westermeyer*

## Reaktionen in Nanotröpfchen

**Wie viele Moleküle machen eine Lösung aus? Dieser Frage geht Dr. Martin Beyer, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Physikalische Chemie II der TUM in Garching (Prof. Vladimir E. Bondybey), mit seiner Arbeitsgruppe nach.**

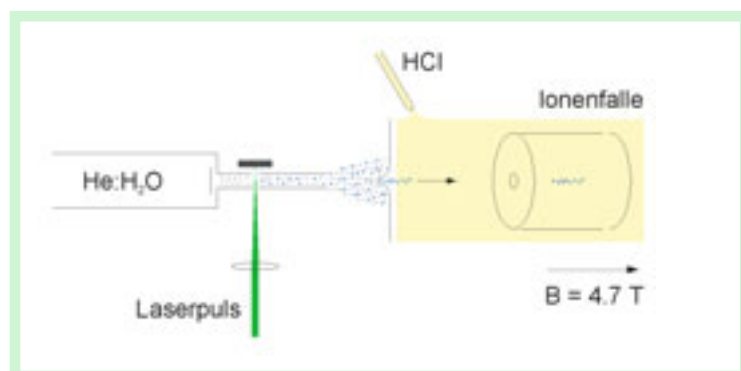
Einzelne Ionen lassen sich in kleinsten Wassertropfen - so genannten Clustern - aus typischerweise 5 bis 50 Wassermolekülen lösen. Da sie eine Ladung tragen, kann man sie in einer elektromagnetischen Falle speichern und massenspektrometrisch untersuchen. Erste Studien zeigten, dass viele Reaktionen, wie sie aus dem Reagenzglas bekannt sind, auch entsprechend mit einzelnen Ionen in diesen Nanotröpfchen ablaufen. So lässt sich beispielsweise ein einzelnes Molekül Silberchlorid in einem sauren Nanotröpfchen (pH-Wert etwa 0) ausfällen.

Im nächsten Schritt ging es um Übergangsmetalle, die in wässriger Lösung als einwertige Ionen nicht stabil sind. Im Nanotröpfchen, in dem jeweils nur ein einzelnes Ion gelöst ist, sind Prozesse wie etwa die Disproportionierung ausgeschlossen, die das einwertige Ion sofort zum Metall und zu zweiwertigen Ionen umsetzen würde. Die Arbeitsgruppe Beyer konnte zeigen, dass die einwertigen Chloride von Chrom, Mangan, Eisen, Cobalt und Nickel als einzelne Moleküle ebenfalls schwer löslich sind, und dass sich im Cluster Mangan(II)chlorid und Eisen(II)chlorid sogar noch schwerer lösen als Silber(II)chlorid. Diese Ergebnisse öffnen die Tür zu einem Gebiet der Chemie von

Physikalische Chemie

fundamentalem Interesse: der Chemie einwertiger Übergangsmetalle in wässriger Lösung. Die ebenfalls untersuchten Redox-Reaktionen von einwertigem Vanadium, bei denen je nach Größe des Tröpfchens atomarer bzw. molekularer Wasserstoff entsteht,

ten« - von Lösungsmittelmolekülen umgebenen - Elektronen mehrere Sekunden stabil, weil der Abbau-mechanismus abgeschaltet ist. Erst vor wenigen Wochen ist es den Garchinger Wissenschaftlern gelungen, diese grundlegende elektrochemische Reaktion auf molekularer Ebene zu beobachten: In Nanowassertropfen, die ein Überschusselektron tragen, lösten sie ein einzelnes Molekül Chlorwasserstoffgas, so dass neben dem Elektron zusätzlich ein Proton und ein Chloridion im Cluster vorlagen. Nun reagiert das einzelne Elektron mit



**Nanotröpfchen entstehen bei der Expansion eines ultrakurzen Gaspulses, bestehend aus Helium und Wasser, ins Hochvakuum. Das durch den Beschuss einer Metalloberfläche mit einem Laser erzeugte Plasma enthält Ionen, die sich in den Nanotröpfchen lösen. Durch ein elektrostatisches Linsensystem werden die Nanotröpfchen in die Ionenfalle transferiert, wo sie zum Beispiel Chlorwasserstoffmoleküle aufnehmen. Die Reaktionsprodukte werden massenspektrometrisch nachgewiesen.**

ermöglichen ein molekulares Verständnis elektrochemischer Prozesse, auf denen zum Beispiel die zukünftige Wasserstoffwirtschaft aufbaut.

Noch kurzlebiger als einwertige Übergangsmetallionen sind in Wasser gelöste Elektronen; sie bilden in weniger als  $10^6$  Sekunden zusammen mit einem Proton ein Wasserstoffatom. Im Nanotröpfchen dagegen sind die »solvatisier-

dem Proton, und ein Wasserstoffatom verlässt das Tröpfchen. Die Forschung an den gelösten Elektronen ist auch von praktischer Relevanz: Radioaktive Strahlung erzeugt in biologischem Gewebe solvatisierte Elektronen, die ihrerseits über eine Vielzahl von teils heftigen chemischen Reaktionen die Zelle schädigen.

*Martin Beyer*