

Nanoröhren mit einfachen und kostengünstigen Verfahren, zum Beispiel durch Aufschleudern oder Aufsprühen, abgetrennt werden.

Der Einsatz von Kohlenstoff-Nanoröhren als transparente Leiter setzt an dem Umstand an, dass man für nahezu alle aktuellen Displaytechnologien optisch möglichst transparente und dennoch elektrisch leitfähige Schichten benötigt. Als optimales Material hat sich hierfür in der Vergangenheit Indium-Zinn-Oxid durchgesetzt. Indium ist jedoch ein sehr seltenes Element und nicht zuletzt wegen der stark gestiegenen Produktionszahlen von großflächigen Flüssigkristalldisplays inzwischen ziemlich teuer. Künftig bieten sich Kohlenstoff-Nanoröhren als preiswerte Alternative an. Sie werden einfach aus der flüssigen Phase aufgesprüht, wobei sich ein ungeordnetes Netzwerk bildet. Dieses kann anschließend strukturiert werden, so dass eine leitfähige und dennoch transparente Fläche entsteht. Ein teurer Vakuumprozess, wie er für die Abscheidung von Indium-Zinn-Oxid erforderlich ist, entfällt somit.

In punkto Leitfähigkeit können die Nanoröhren mit dem konventionellen Verfahren zwar noch nicht ganz mithalten. Dafür haben sie neben dem günstigeren Prozess den weiteren Vorteil, dass sie sehr flexibel sind. Während nämlich eine mit dem amorphen und brüchigen Indium-Zinn-Oxid beschichtete Folie ihre Leitfähigkeit schnell verliert, wenn man sie ein paar mal hin und her biegt, finden bei einer Nanoröhrenschicht fast keine Veränderungen statt.

Die Forscher des Lehrstuhls für Bildschirmtechnik entwickelten Prozesse zur Herstellung von Flüssigkristalldisplays, bei denen Netzwerke aus Kohlenstoff-Nanoröhren als transparente Pixelelektroden eingesetzt werden



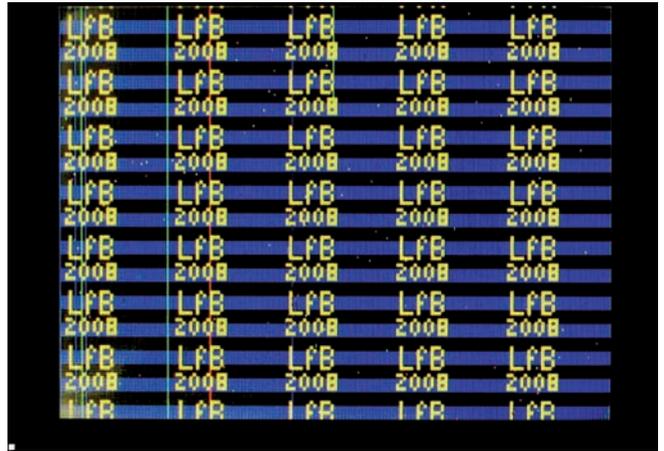
Flüssigkristalldisplay mit Kohlenstoff-Nanoröhren als transparente Segmentelektroden. (Fotos: Institut)

und somit komplett auf Indium-Zinn-Oxid verzichtet werden kann. Dabei wurden zwei Arten von Flüssigkristallanzeigen realisiert: Vollfarbige Aktivmatrix-Displays, wie sie in der Mehrzahl der Fernsehgeräte, in Laptops und bei Computermonitoren zum Einsatz kommen, sowie einfachere flexible Foliendisplays mit Segment-Anzeige, die beispielsweise bei Uhren gebräuchlich sind. Das neue Material kann also ohne wesentliche Änderungen bei herkömmlichen Displays eingesetzt werden und ist zusätzlich für zukünftige flexible Displays sehr gut geeignet.

Leistungsfähigere Transistoren

Doch auch als Halbleiter eröffnen Nanoröhren aus Kohlenstoff in der Bildschirmtechnik neue Perspektiven. So befindet sich bei Flüssigkristalldisplays bei jedem Bildpunkt ein

kleiner Transistor, der während des Einschreibens der Bildinformation leitet und in der übrigen Zeit ausgeschaltet bleibt. Bei den neueren Displays mit organischen, lichtemittierenden Dioden (OLED) werden sogar mehrere Transistoren pro Bildpunkt benötigt. Für diese Transistoren nutzt man bisher als Halbleiter amorphes Silizium. Auch hier werden für die Abscheidung teure Vakuumprozesse benötigt.



Vollfarbiges aktiv-matrix Display mit Kohlenstoff Nanoröhren Netzwerken als transparente Pixelelektroden. Dargestellt ist ein Testmuster.

Die erzeugten Schichten sind hart und brüchig und nicht kompatibel zu flexiblen Plastiksubstraten. Zusätzlich wären für die Herstellung hohe Prozesstemperaturen erforderlich, die solche Folien jedoch zerstören würden.

Die Elektronenbeweglichkeit des amorphen Siliziums ist vergleichsweise gering, was die Verwendung solcher Transistoren für zusätzliche Ansteuerlektronik auf dem Display stark einschränkt. Eine einzelne Nanoröhre kann hingegen eine bis zu 10.000 Mal höhere Elektronenbeweglichkeit aufweisen. Solch hohe Werte werden sich zwar in der praktischen Anwendung bei weitem nicht erreichen lassen. Dennoch birgt der Einsatz von Nanoröhren erhebliches Potential, um die Elektronenbeweglichkeit und damit die Arbeitsgeschwindigkeit und Leistungsfähigkeit elektronischer Schaltungen zu verbessern.

Am Lehrstuhl für Bildschirmtechnik gelang es bereits, sowohl auf Glas als auch auf flexiblen Foliensubstraten Kohlenstoff-Nanoröhren-Transistoren mit guten Eigenschaften herzustellen. Die nächste Herausforderung besteht nun darin, eine höhere quantitative Ausbeute zu erreichen und die Homogenität über das gesamte Substrat zu verbessern. Hierzu untersuchen die Wissenschaftler derzeit Verfahren, die es erlauben die Nanoröhren gezielt nur im Kanal des Transistors abzuscheiden. In Zukunft möchten die Wissenschaftler die Technologie für den Einsatz in der so genannten flexiblen Elektronik (gemeint sind komplette Schaltungen, die in Dünnschichttechnik auf flexiblen Trägern aufgebracht sind) weiterentwickeln. Denkbar sind beispielsweise RFID-Etiketten auf der Basis von Kohlenstoff-Nanoröhren, die auf Verpackungen oder Kleidung zum Einsatz kommen könnten.

KONTAKT

Axel Schindler
Lehrstuhl für Bildschirmtechnik
Tel. 0711/685-69322
e-mail: lfb@lfb.uni-stuttgart.de

der Ansiedlung eines Einkaufszentrums profitiert, sind ökonomische Interessen und städtebauliche Anforderungen sehr sorgfältig gegeneinander abzuwägen. Ein erster Punkt ist dabei die städtebauliche Integration, so Mayer-Dukart. „Es ist wichtig, dass der Gebäudekomplex in die bestehende Bebauungsstruktur eingebunden ist und möglichst direkt an die Geschäftszonen anschließt.“ Ein zweites Kriterium ist die funktionale Integration. So müssen Verkaufsfläche und Branchenmix auf das bestehende Angebot in der Innenstadt abgestimmt werden. „Sie dürfen keine Dublette der Innenstadt erzeugen und nicht so groß sein, dass sie den gewachsenen Geschäftsbereich ersetzen.“ Hilfreich sei zudem eine Funktionsmischung, indem zum Beispiel Büros, Wohnungen, Dienstleistungen oder auch kulturelle und soziale Einrichtungen in die Zentren integriert werden. So sorgen auf dem Areal der „Fünf Höfe“ Wohnungen, Gastronomie und die Kunsthalle der Hypo-Kulturstiftung auch außerhalb der Geschäftszeiten für Leben, zur Schwabengalerie gehören ein Bürgerzentrum mit Musikschule, ein Fitness-Studio, Büros und ein Hotel.

Eine große Herausforderung ist auch die bauliche und stadträumliche Einbindung der Zentren in die Innenstädte. Gerade in kleinteiligen, historischen Stadtkernen kommt es dabei schnell zu Konflikten, so zum Beispiel um das Gebäudevolumen, die Architektur, die Integration der Anlieferungszonen oder die Berücksichtigung denkmalpflegerischer Belange. Wichtig sind schließlich auch die Integration



Überdimensionierte, nach innen gerichtete Einkaufszentren wie die Schloss-Arkaden in Braunschweig bleiben meist ein städtebaulicher Fremdkörper.

in die Freiraumstruktur und die Belebung öffentlicher Räume. In Braunschweig etwa wurden gegen massive Bürgerproteste der historisch bedeutende Schlosspark zerstört und Teile des ehemaligen Schlosses rekonstruiert, um eine sehr große Shopping-Mall zu bauen. Da sich fast alle Nutzungen zur Mall orientieren, ist das Projekt nach außen von abweisenden Wänden und undurchsichtigen Glasflächen umschlossen. Abgesehen von den wenigen Haupteingängen werden kaum Bezüge zum Umfeld aufgebaut. Besser machen könnte man es, indem nicht direkt auf den Konsum bezogene Funktionen wie Wohnen, Hotels, Büros oder Gastronomie genutzt werden, um frequenzärmere Bereichen zu „ummanteln“ und so unbelebte Rückseiten zu vermeiden.

Nicht jeder Standort kann revitalisiert werden

Wenn alle Versuche zur Wiederbelebung von Handelsstandorten nicht fruchten, stellt sich freilich auch die Frage nach den Alternativen. „Was kommt nach dem Handel“, fragt deshalb Tilman Sperle in seiner Promotion. „Angesichts der enormen Flächenexpansion im Einzelhandel ist nicht mehr jeder Standort zu revitalisieren. Deshalb müssen andere Nutzungen für ehemalige Einzelhandelsflächen gefunden

werden“, umreißt der Stadtplaner, der bereits an der Publikation „Stadt und Wirtschaft“ von Prof. Pesch sowie mehreren städtebaulichen Gutachten mitgearbeitet hat, sein Vorhaben. Die Arbeit untersucht, wie dem Thema vor Ort begegnet wird, wie Städte und Immobilieneigentümer den



Erfolgreiche Gewerbeparks sollten die vitale Arbeitswelt abbilden. Anspruch und Wirklichkeit klaffen allerdings oft auseinander.

Wandel gestalten und wie sich die neuen Nutzungen – beispielweise Wohnen – auf die Standorte auswirken.

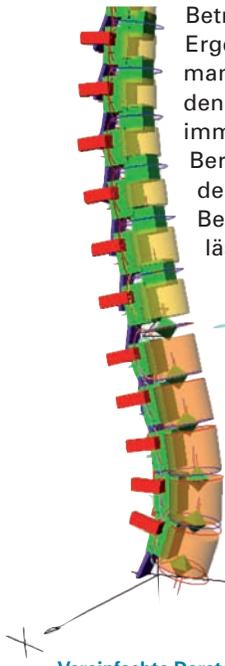
Britta Hüttenhain hat in ihrem Promotionsprojekt den Wandel von Gewerbegebieten im Blick. Hier ist die Entwicklung einerseits gekennzeichnet von großflächigen Monostrukturen, die sich mehr oder weniger nahe der Stadtränder in die Landschaft fressen. Dem gegenüber steht ein Nebeneinander von Schrumpfung und Wachstum in den Bestandsquartieren – mit erheblichen stadtstrukturellen und stadträumlichen Folgen. So entsprechen zum Beispiel das Erscheinungsbild und das Angebot an Dienstleistungen wie Kinderbetreuungs- und Einkaufsmöglichkeiten nicht den Erwartungen an einen zukunftsfähigen Arbeitsstandort. Am Beispiel der Mittelstädte in Baden-Württemberg betrachtet Hüttenhain stadtplanerische Ansätze einer zukunftsfähigen Entwicklung der Gewerbebestände. Dass die Gewerbegebiete auch einen urbanen Beitrag zu leisten haben, so eine erste Erkenntnis, wird von den Unternehmen durchaus gesehen. „Erfolgreiche Gewerbeparks streben nach einer Funktionsmischung und bilden die vitale Arbeitswelt ab, indem sie Forschungseinrichtungen, Dienstleister, kleinere Läden oder auch öffentliche Räume integrieren“, sagt Britta Hüttenhain. Vor dem Hintergrund des wirtschaftlichen Strukturwandels und der langfristig rückläufigen Bevölkerungsentwicklung ergeben sich darüber hinaus neue Chancen für die Entwicklung attraktiver innerstädtischer Arbeitsorte. Potential für eine solche Strategie gäbe es angesichts der riesigen Brachflächen in vielen Städten gerade genug. *amg*

**) Mayer-Dukart, Anne: Handel und Urbanität. Städtebauliche Integration innerstädtischer Einkaufszentren. Rohn-Verlag, Dortmund 2009*

KONTAKT

Anne Mayer-Dukart
Städtebau Institut
Tel. 0711/685-83350
e-mail: anne.mayer-dukart@si.uni-stuttgart.de

die makroskalische Betrachtung zwar die Gesamtabläufe, lässt aber zum Beispiel anatomische Veränderungen innerhalb eines Wirbels außer Acht. Mikroskalische Betrachtungen dagegen liefern zwar genaue Ergebnisse für einen Detailbereich. Würde man sie aber auf den gesamten Rumpf anwenden, wäre zum einen der Rechenaufwand immens. Zum zweiten würde eine solche Berechnung die Realität unvollständig abbilden, da viele externe Einflussgrößen wie zum Beispiel aktive Muskelkräfte derzeit vernachlässigt bleiben.



Vereinfachte Darstellung des Wirbelsäulenmodells. Abgebildet sind die Wirbelkörper der Lenden- und Brustwirbelsäule, dazwischen die komplexen Kraftelemente und am hinteren Ende der Wirbelkörper die vereinfachten Facettengelenke, die Rückwärtsbewegung und Verdrehung einschränken.

(Grafiken: Institut)

Volumenmodell“ und der feineren Skala „Detailliertes Strukturmodell“ liegt. Es beantwortet zunächst die Fragen der Grob- und Feinskala, behält dabei jedoch von Anfang an die Fragen der Detailskala im Auge.

Um dem Mensch-Modell Bewegung „beizubringen“, wird die Wirbelsäule als dreidimensionales Mehrkörpermodell erstellt, bei dem die Wirbelkörper als homogene Zylinder und die Bandscheiben als komplexe Kraftelemente aufgebaut sind. Als Muskelmodell dient das in Mehrkörpersimulationen häufig verwendete und von Syn Schmitt im Rahmen seiner Dissertation modifizierte Hill'sche Muskelmodell.

In einem zweiten Schritt sollen die Muskel-Sehnen-Komplexe gezielt angesteuert werden. Hierzu werden zunächst die Freiheitsgrade des Bandscheibenelements eingeschränkt, so dass nur noch eine Bewegung entlang der Sagittalebene (vom Kopf zum Becken und vom Rücken zum Bauch) möglich ist. Dies vereinfacht die Formulierung eines Bewegungsalgorithmus. Die so gewonnenen Parametersätze für eine statische Pose sowie für Beugungen nach vorne und hinten fließen als Startwerte in die dreidimensionale Simulation ein. Schließlich werden die Einschränkungen der Freiheitsgrade aufgelöst und die Parametersätze verfeinert. Nach der Validierung der Algorithmen wollen die Wissenschaftler berechnen, wie die inneren Strukturen des Wirbelsäulenkomplexes durch Alltagslasten, in

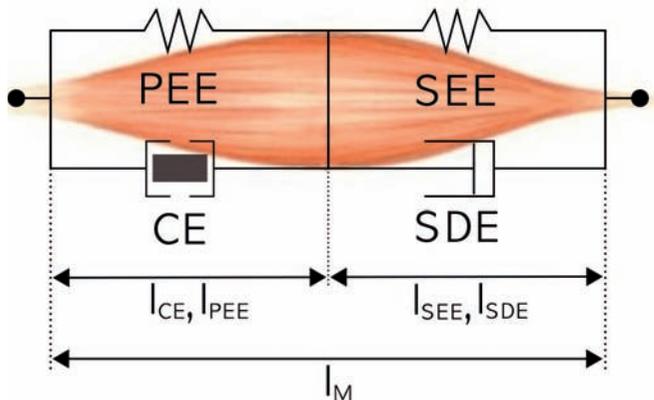
„Keine der bisher veröffentlichten Studien an der lumbalen Wirbelsäule berücksichtigt, welche Muskelkräfte konkret bei einer bestimmten Haltung wirken und wie sich diese verändern, wenn der Mensch zum Beispiel einen Stoß bekommt oder auch nur wackelt“, erläutert Gruppenleiter Dr. Syn Schmitt vom InSpo dieses Forschungsdefizit. Deshalb wollen die Stuttgarter Wissenschaftler eine aktive Bewegungsansteuerung und -kontrolle in das Modell integrieren. Hierzu bedienen sie sich des Forschungs-

konzepts von SimTech, dessen Skalenniveau zwischen der Grob- und Feinskala „Mensch als

Unfallsituationen oder beispielsweise durch Vibrationen am Arbeitsplatz beansprucht werden. Dieses Verständnis soll helfen, Rückenbeschwerden wirksamer vorzubeugen und zu therapieren oder, falls sich bereits irreparable Schäden eingestellt haben, geeignete Bandscheibenimplantate zu entwickeln.

Natur als Vorbild

Auch für den Bau künstlicher Muskeln, wie sie zum Beispiel für medizinische Prothesen oder auch bei humanoiden Robotern gebraucht werden, eröffnet das numerische Mensch-Modell neue Perspektiven. Die biomechanischen Grundlagen zur Funktionsweise natürlicher Muskeln werden bereits seit etwa 80 Jahren erforscht; und dank moderner Experimentalmethoden gibt es inzwischen auch sehr präzise mikroskopische Muskelmodelle. Um die Funktionsweise und das Design des Muskel-Sehnen-Komplexes zu verstehen, sind jedoch makroskopische Modelle mit ihrem höheren Abstraktionsgrad besser geeignet, da für den Bau eines künstlichen Muskels eine möglichst einfache technisch-mechanische Unterstützung wünschenswert ist. Die Stuttgarter Forschergruppe möchte nun die Erkenntnisse der makroskopischen Muskelmodellierung mit theoretischen Überlegungen über einen künstlichen Aktuator, wie er zum Beispiel bei einem Greifarm eingesetzt wird, zusammenführen und weiterentwickeln. Ihr



Schaltplan der Elemente für einen Hillschen Ansatz zur Beschreibung der Muskelcharakteristik.

Ziel ist das Design eines technisch-mechanischen Muskels, der das Bewegungsverhalten eines natürlichen Muskels möglichst exakt nachbildet und dabei einfach funktioniert. „So wie es die Natur eben vormacht“, sagt Syn Schmitt. Noch steht diese Entwicklung von virtuellen zu künstlichen Muskeln freilich in weiter Ferne. Und bevor diese zum Einsatz kommen, wird man dann doch einen vollständig getestete realen Prototypen benötigen.

amg

KONTAKT

Dr. Syn Schmitt
Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft
Tel. 0711/685-60484
e-mail: schmitt@inspo.uni-stuttgart.de

