

Zukunftstrends 2025 – Anforderungen für die Oberflächentechnik

Zusammenfassung

Die Zukunft der Oberflächentechnik wird nicht allein von technischen Entwicklungen, etwa Durchbrüchen in der Materialforschung, in der Nano- und der Biotechnologie, geprägt. Starke gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Trends bestimmen ihre künftigen Einsatzfelder und Märkte. Die Oberflächentechnik kann u. a. zu einer erhöhten Energieeffizienz, zu einer nachhaltigeren Mobilität, zu verbesserten medizinischen Geräten, zu mehr Komfort im Alltag und zur Sanierung der Umwelt beitragen. In dem Vortrag wird anhand von visionären Beispielen dargelegt, welche Aufgaben und Anforderungen auf die Oberflächentechnik zukommen und welchen Lösungsbeitrag sie für die großen Herausforderungen unserer Zeit leisten kann.

Schlüsseltechnologie Oberflächentechnik

Die Oberflächentechnik ist eine verkannte Schlüsseltechnologie. Sie ist fast allgegenwärtig und doch für den Laien so gut wie unsichtbar. Die Medien nehmen sie kaum wahr, denn sie ist weniger spektakulär als neue Anwendungen des mobilen Internet oder der Biotechnologien – wobei sie oft genug diese erst ermöglicht. Ohne widerstandsfähige Oberflächen würden Mobilfunkantennen den Witterungseinflüssen nicht lange trotzen, Handybildschirme schnell erblinden, ohne biokompatible Oberflächen würden Implantate sofort abgestoßen.

Aus gesellschaftlicher Sicht wird auch die Oberflächentechnik heute daraufhin befragt, was sie zur Lösung der globalen Probleme in so unterschiedlichen Bereichen wie Energie und Klima, Mobilität und Ernährung, Umweltschutz und Gesundheit leisten kann. Positiv kann argumentiert werden, dass genau in den Problembereichen relevante Zukunftsmärkte liegen und die Oberflächentechnik ihren Anteil an der Erschließung dieser Märkte haben wird.

Perspektivisch wird es darum gehen, mehr noch als heute „Oberflächen nach Maß“, also mit vorgegebenen Parametern zu konstruieren und herzustellen; „Oberflächen-Design“ wird zu einer Kernkompetenz in Entwurfs- und Fertigungsprozessen. Dahinter stehen spannende Forschungsaufgaben, denn die Prozesse an Oberflächen sind oftmals noch nicht hinreichend im Detail verstanden, und neue Methoden der Analyse – bis herunter zur molekularen bzw. atomaren Ebene – ermöglichen bisweilen überraschende Erkenntnisse.

Zukunftstrends als Herausforderungen

Die Zukunft ist ungewiss, schon weil sie vom Handeln der Menschen abhängt. Dennoch lassen sich grundsätzliche Entwicklungslinien – oft Megatrends genannt – erkennen. Einige dieser Megatrends stellen zugleich die großen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts dar.

Beispiel Urbanisierung: Seit 2009 lebt über die Hälfte der Menschheit in Städten, und nach wie vor hält global der Sog insbesondere der Megacities an. Aktuell gibt es 21 Städte mit über 10 Millionen Einwohnern, bis 2025 wird ihre Anzahl auf 29 ansteigen. [1] Wie kann es gelingen, all die neuen Stadtbewohner in den wuchernden Megacities Asiens, Afrikas und Lateinamerikas mit Nahrung und sauberem Wasser zu versorgen, den Zugang zu Gesundheitsdienstleistungen zu sichern, eine gute Umweltqualität zu gewährleisten, funktionierende Verkehrssysteme zu schaffen?

Beispiel Energie: Zwischen 2008 und 2030 wird nach Hochrechnungen der Internationalen Energieagentur der globale Primärenergieverbrauch um knapp 40% ansteigen, was einer jährlichen Zuwachsrate von etwa 1,5% entspricht – wobei in den Prognosen Effizienzgewinne bereits berücksichtigt werden. [2] Solange wir im Wesentlichen fossile Energieträger nutzen, werden die CO₂-Emissionen in ungefähr demselben Maße steigen. Das Ziel, die globale Erwärmung unterhalb der kritischen Marke von 2 K im Vergleich zum vorindustriellen Zeitalter zu halten, wird weitgehend akzeptiert. Aber die Anstrengungen beim Umsteuern in eine „postfossile“ Welt genügen bislang bei weitem nicht.

Beispiel Mobilität: Der Verkehr wächst weltweit. In Europa nimmt der Personenverkehr jährlich um etwa 1,9% zu, der Güterverkehr sogar um 2,7%, der Luftverkehr um etwa 4%. Global liegen die Werte noch höher. [3] Vor allem in den Ballungsräumen führt dies zur Überlastung von Verkehrsinfrastrukturen und zu immensen Umweltbelastungen. Etwa ein Drittel der CO₂-Emissionen sind auf den Verkehr zurückzuführen. Wie können nun Verkehrssysteme effizienter gestaltet werden, so dass zugleich die Bedürfnisse einer wachsenden Anzahl Menschen mit ihren berechtigten Mobilitätsansprüchen befriedigt werden können – bei geringeren Umweltbelastungen?

Zweifelsohne liegen die Lösungsansätze für all diese globalen Herausforderungen primär auf politischer und gesellschaftlicher Ebene, aber Technologien – darunter auch die Oberflächentechnik – können ihren Lösungsbeitrag leisten. Welche Potentiale existieren und wie schwierig es dennoch ist, zeigen die Informations- und Kommunikationstechnologien: Nach dem Mooreschen Gesetz verdoppelt sich die Leistungsfähigkeit der Computer etwa aller anderthalb Jahre bei tendenziell sogar sinkenden Preisen. Ähnliches gilt für die Bandbreiten, die Effizienz der in der Software genutzten Algorithmen usw. Doch werden die Effizienzgewinne durch verbesserte Technik oft genug durch sog. Rebound-Effekte aufgezehrt: Videokonferenzen ersetzen in der Regel physische Meetings nicht, sondern ergänzen diese. Die Anzahl der Endgeräte und der Server wächst rapide – und ebenso der Energieverbrauch der Informations- und Kommunikationstechnik.

Nachhaltige Zukunftsmärkte: Einsatzfelder für Grenz- und Oberflächentechnik

Trends wie die oben genannten bilden den Rahmen für gesellschaftliche und wirtschaftliche Entwicklungen. Sie gehören zu den Faktoren, die die Expansion oder die Schrumpfung von Märkten bewirken, die den Weg für Innovationen bereiten und ihnen Richtung geben.

Nach einer aktuellen Studie von Z_punkt zählen zu den Märkten, die im Zeichen der Nachhaltigkeit entstehen und auf absehbare Zeit wachsen u. a. seniorenrechtliche Infrastrukturen und individuelle Gesundheitsfürsorge, leistungsfähige Energiespeicher und dezentrale Stromerzeugung, die Nutzung nachwachsender Rohstoffe und neue Mobilitätskonzepte. [4] Auch die Siemens AG sieht weltweit stark wachsende Märkte für Umwelttechnologien von Energieeffizienz, umweltfreundliche Energien und Energiespeicherung über nachhaltige Wasserwirtschaft und nachhaltige Mobilität bis zu Rohstoff- und Materialeffizienz und Kreislaufwirtschaft. [5]

In den meisten dieser „nachhaltigen Zukunftsmärkte“ spielt die Oberflächentechnik eine signifikante Rolle. Beispielsweise kommt bei der Nutzung erneuerbarer Energiequellen, speziell zur Stromerzeugung, die Oberflächentechnik auf vielfältige Weise ins Spiel. Gefragt sind widerstandsfähige, korrosions-, abrieb- und UV-feste Oberflächen von Photovoltaikanlagen und von Spiegeln bei solarthermischen Großanlagen (Concentrated solar power). Bei Achslagern von Umwälzpumpen für solarthermische oder geothermische Anlagen, von Generatoren usw. können durch reibungsarme, verschleißfeste Oberflächen beträchtliche Effizienzgewinne erzielt werden. Spezielle Beschichtungsverfahren können daneben auch den Material- und Energieaufwand bei der Kontaktierung von Solarzellen bzw. von deren Rückseiten reduzieren. [6]

Ebenso groß sind die Potentiale im Bereich der Mobilität: Nach Schätzungen des Forschungscluster „Low Friction Power Train“ lassen sich bei Kraftfahrzeugen die Energieverluste im Antriebsstrang (Motor – Getriebe – Achse) um bis zu 30% reduzieren, wobei in diese Abschätzung allerdings neben Reibungsverlusten auch allgemeine Energieverluste etwa durch die Abgasenergie einbezogen werden. [7] Visionär wird desgleichen diskutiert, dass sich die aerodynamischen Verluste durch die Fahrzeughülle weiter senken lassen. Eine Strukturierung der Oberfläche nach dem Prinzip der Haifischhaut könnte die energie-fressenden Wirbel vermeiden helfen: Die Schuppen der Haie sind bekanntlich so beschaffen, dass sie den Strömungswiderstand deutlich verringern. Die ersten Anwendungen könnte das Haifischhautprinzip vermutlich in der Beschichtung von Flugzeughüllen und Schiffen und von Rotorblättern für Windenergieanlagen finden. So werden am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung in Bremen Speziallack-systeme entwickelt, die niedrigen Strömungswiderstand mit extremer Belastungsfähigkeit gegenüber Temperaturwechseln, mechanischen Belastungen und UV-Strahlung verbinden. Nanopartikel spielen bei der Strukturbildung eine entscheidende Rolle. Bei Schiffen muss zudem ein verbesserter Schutz gegen den Bewuchs des Schiffsrumpfs mit Muscheln und Algen erzielt werden. [8]

Gerade im Fahrzeugbereich werden zahlreiche neue Oberflächentechniken entwickelt: von transparenten und heizbaren ITO-Schichten (Indiumzinnoxid) für die Windschutzscheibe über Oberflächen im Innenbereich, die den höchsten ästhetischen Designeransprüchen genügen, bis hin zu neuen Lacksystemen, die selbstheilend und leicht zu reinigen sind. In der Vision vom Automobil der Zukunft ersetzt ein kräftiger Regenschauer die Fahrt durch die Waschanlage ersetzt und Kratzer schließen sich von selbst wieder. [9]

Nano-Perspektiven

Nanotechnologie gilt heute als Schlüssel für zahlreiche Innovationsfelder, für neue Funktionalitäten, mehr Ressourcen- und Energieeffizienz. Nanoröhrchen aus Kohlenstoff (Nano carbon tubes) ermöglichen neue hochfeste Werkstoffe und Oberflächen. Graphen, eine einschichtige Lage von Kohlenstoffatomen, könnte Silizium in der Chipindustrie ablösen. Selbst assemblierende Monoschichten (SAM) bestimmter Moleküle, die in einem Druckverfahren aufgetragen werden können, sollen beispielsweise zur Isolierung verwendet werden. Visionäres Ziel der Forschung ist es, SAM-Moleküle zu entwickeln, die auf allen Materialoberflächen haften und deren Funktionalität sich nahezu beliebig einstellen lässt. [10]

Meist ebenfalls auf Nanotechnologie beruhen Sensoroberflächen, d. h. Oberflächen, in die mechanische, optische, elektrische oder chemische Sensoren integriert sind bzw. die durch ihren Aufbau die Sensorfunktion realisieren. Ein Beispiel dafür ist die berührungsempfindliche „künstliche Haut“, die an der Universität Berkeley entwickelt wird. Diese „E-Skin“, die Roboter oder Prothesen mit einem Tastsinn ausstatten soll, besteht aus sich flächig

kreuzenden anorganischen Halbleiter-Nanodrähten. Sie verbindet Sensibilität und Flexibilität. [11]

Die extremen Materialeigenschaften, die durch Nanotechnologie erreicht werden, verleiten zu extremen Visionen. So existieren schon Designvorschläge für Raumanzüge, die nicht nur den Bedingungen des Weltraums bei reduziertem Gewicht bzw. reduzierter Dicke trotzen, sondern die sogar für einen Wiedereintritt in die Erdatmosphäre geeignet sind. Das Gewebe muss dabei extremsten thermischen Belastungen widerstehen und hervorragend isolieren. [12] Vorerst erscheint es realistischer, an verbesserten Hitzeschild-Eigenschaften bei größeren Wiedereintrittskörpern zu forschen.

Vorbild Natur: multifunktionale und aktive Oberflächen

Das oben erwähnte Beispiel der Haifischhaut zeigt, wie biologische Wirkmechanismen sinnvoll in die Technik übertragen werden können. Es ist zu vermuten, dass in Zukunft biologisch inspirierte – biomimetische – Oberflächen eine weit größere Rolle spielen werden als heute etwa Oberflächen mit Lotus-Effekt und dass diese Oberflächen dabei zugleich über neue Funktionen verfügen. Als eine solche neue Funktion kann eine extreme Haftfähigkeit bei gleichzeitiger Lösemöglichkeit angesehen werden. Das Leibniz-Institut für Neue Materialien (INM) strebt an, dieses beim Haftfuß des Geckos realisierte Prinzip auf technische Systeme zu übertragen. Die Haftfunktion beruht auf kleinsten Oberflächenstrukturen und lässt sich dabei ohne Klebemittel, die Rückstände bilden oder umweltschädlich sind, für eine große Breite von Anwendungen (einschließlich chirurgisches Nahtmaterial) realisieren. [13] Angesichts dessen, dass Verbindungen aller Art – Schraub-, Kleb-, Schweiß-, Nietverbindungen usw. – fast in jedem Produkt genutzt werden, könnte von Haftverbindungen mit definierten Eigenschaften ein enormer Innovationsschub ausgehen.

Ein Blick in die Natur zeigt, dass das Potential der biomimetischen Oberflächen schier unermesslich ist. Bei Pflanzensblättern sorgt die Epidermis für einen aktiven Gasaustausch, der u. a. für die Photosynthese nötig ist. Ein maßgeschneiderter Gas- und Flüssigkeitsaustausch ist heute bereits in manchen Funktionstextilien realisiert. In einer schon an Science-fiction grenzenden Vision vom „bionischen Haus“ werden Gebäude künftig nicht mehr mit Photovoltaik-Paneelen versehen, sondern erhalten eine Haut aus „grünen Ziegeln“, die zur Photosynthese befähigt sind – also zwar keinen Strom, wohl aber Kohlenhydrate produzieren, die beispielsweise als Biotreibstoff verwendet werden könnten. Ebenso visionär ist die Vorstellung, dass Fußböden eine aktive Reinigungsfunktion übernehmen: Mikrostrukturen in der Art von Flimmerhärchen transportieren Schmutzpartikel zu Sammel- oder Resorbtiionsstellen. [14]

Es scheint, als hätte die Natur mit den äußeren und inneren Oberflächen der Organismen schon alles erfunden, was überhaupt möglich ist: selbstheilende und adaptive, wachsende und sich selbst strukturierende Oberflächen, solche, die sich aktiv an veränderliche Umweltbedingungen anpassen und zugleich Schutz gegen physikalische Einwirkungen, chemische und biologische Noxen garantieren, solche, die unterschiedlichste Reize in Nervenimpulse umsetzen können und zum Stoffwechsel beitragen. – Und dies alles ohne Umweltbelastungen durch Ausgasungen oder Abrieb, durch die Freisetzung von VOC bei der Bearbeitung und dergleichen.

Wenn denn die These stimmt, dass die Biologie und nicht mehr die Physik die Leitwissenschaft des 21. Jahrhunderts sein wird und uns ein Zeitalter der Biotechnologien und der bio-basierten Wirtschaft bevorsteht, dann gehört auch den biomimetischen und bionischen Oberflächen die Zukunft.

Vielfältige Anforderungen

Die Anforderungen an die Oberflächen – und damit an die Oberflächentechnik – steigen mit immer neuen Anwendungsfeldern und unter den Maßgaben von Energie- und Ressourceneffizienz und Umweltfreundlichkeit. Je nach Anwendung sind definierte Eigenschaften gefordert: extrem glatte oder raue bzw. haftfähige Oberflächen, hydrophobe oder hydrophile, bakterizide oder biokompatible, möglichst starre oder möglichst flexible Oberflächen – und dies bei preiswerten und ökologisch unbedenklichen Herstellungsverfahren. Der Aufgabenkatalog für ein maßgeschneidertes Oberflächen-Design ist unerschöpflich, und er ist nur durch ein entsprechend breites Spektrum von Materialien und Technologien zu bewältigen.

Da Oberflächen immer mehr zu komplexen Systemen werden, die verschiedenste Funktionen realisieren, verwischt in der Langfristperspektive die traditionelle Unterscheidung von System und Oberfläche. Löst sich letztlich der Begriff der Oberfläche selbst auf?

Literatur

- [1] United Nations, Department of Economic and Social Affairs: World Urbanization Prospects, The 2009 Revision. Highlights. New York 2010 - http://esa.un.org/unpd/wup/Documents/WUP2009_Highlights_Final.pdf (Stand 10.7.2011)
- [2] International Energy Agency: World Energy Outlook 2010. Paris 2010
- [3] European Environment Agency: Verkehr - <http://www.eea.europa.eu/de/themes/transport/about-transport> (Stand 10.7.2011)
- [4] Z_punkt GmbH: Nachhaltigkeit als Wachstumsstrategie, Köln 2010
- [5] „Greentech in der Stadt. Ein enormer Wachstumsmarkt“, in: Siemens Pictures of the Future 1/2010, S. 34
- [6] Beschichtungssystem für die Photovoltaik – Materialschonende Abscheidung von Busbars, in: JOT Ausgabe Nr. 2011-02
- [7] AIF/FVV/FVA-Forschungscluster „Low Friction Power Train“ - <http://www.iot.rwth-aachen.de/index.php?id=1488> (Stand 9.7.2011)
- [8] „Haifischhaut für Flugzeuge, Schiffe und Windenergieanlagen“, in: Mediendienst der Fraunhofer-Gesellschaft, Sonderausgabe 05-2010 - http://www.fraunhofer.de/Images/MD_SONDER_FERTIG_tcm7-53364.pdf (Stand 10.7.2011)
- [9] Bartmann, K.: „Neue Lacksysteme - Smart, selbstheilend und leichter zu reinigen“, in: JOT Ausgabe Nr. 2011-03
- [10] „Die ‚Tinte‘ mit zwei Gesichtern“, Forschungsjournal der Universität Jena 4/2010 - www.uni-jena.de/uni_journal_04_2010_Forschung.html (Stand 10.7.2011)
- [11] „Engineers make artificial skin out of nanowires“, Newsletter der UC Berkeley vom 12.9.2010 - <http://newscenter.berkeley.edu/2010/09/12/eskin/> (Stand 10.7.2011)
- [12] “Spacesuit entrepreneurs plan parachute jumps from orbit” - http://www.theregister.co.uk/2007/06/27/cap_troopers_r_go/ (Stand 10.7.2011)
- [13] „Biomimetische Haftstrukturen im Großformat“, INM-Information vom 28.3.2011 - <http://www.inm-gmbh.de/wp-content/uploads/2011/03/110328-PM.pdf> (Stand 10.7.2011); siehe auch den Vortrag von Prof. Eduard Arzt: „Mikrostrukturierte Haftoberflächen: vom Vorbild Gecko zu praktischen Anwendungen“
- [14] Gaßner, R. / Steinmüller, K.: Welche Zukunft wollen wir haben? Visionen, wie Forschung und Technik unser Leben verändern sollen. IZT-Werkstattbericht Nr. 104, Berlin 2009, speziell S. 93ff

Erschienen in: INNOVENT e.V. (Hrsg.): Tagungsband. 7. Thüringer Grenz- und Oberflächentage mit 1. Zukunftsarena Oberflächentechnik und 8. Thüringer Biomaterial-Kolloquium 2011. Plenarvorträge. Kurzvorträge. Posterzusammenfassungen. Zeulenroda-Triebes, 13./15, September 2011, S. 169-175