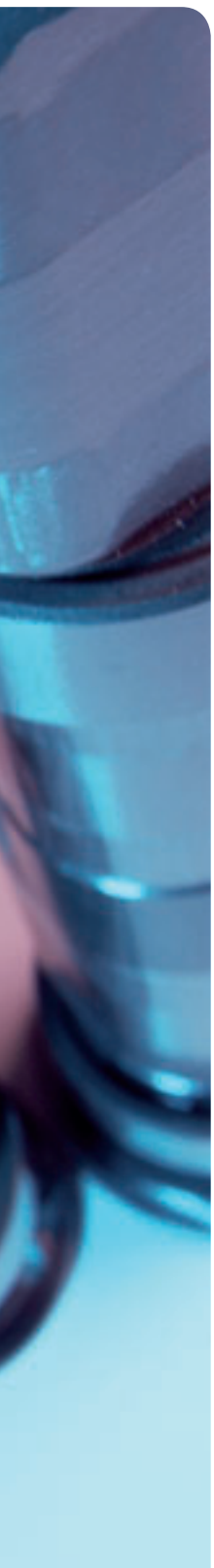
Weniger Rohstoffe – mehr Gewinn



Bislang sind Nockenwellen massiv gefertigt. Mit neuen Verfertigungsverfahren lässt sich das Gewicht deutlich senken.
© Fraunhofer IWU



Die Rohstoff- und Energiekosten steigen rapide an. Längst bestimmen sie maßgeblich den Preis des Endprodukts. Künftig können sich nur Unternehmen auf dem Markt behaupten, die Materialien und Energie effizient nutzen. Neue Technologien und Verfahren helfen, Ressourcen zu sparen.

Text: Birgit Niesing

So teuer war Kupfer noch nie: Anfang des Jahres kletterte der Preis für eine Tonne des Metalls an der Rohstoffbörse in London erstmals auf mehr als 10 000 US-Dollar. Auch die Kosten für Rohöl steigen seit einigen Wochen wieder deutlich an: Die Unruhen im Nahen Osten und die starke Nachfrage haben den Preis für ein Barrel Rohöl (159 Liter) der Nordseesorte Brent zeitweise auf mehr als 110 US-Dollar getrieben.

Bereits im vergangenen Jahr mussten die Unternehmen deutlich tiefer in die Tasche greifen, um Kupfer, Nickel, Eisen, Öl, Kohle und Co. zu kaufen. 2010 schoss der Rohstoffpreisindex des Weltwirtschaftsinstituts – in Euro berechnet – um mehr als 30 Prozent nach oben. Aufgrund der Preissprünge mussten die Betriebe dafür etwa 30 Milliarden Euro mehr bezahlen als im Jahr 2009. Ein Grund für die Kostenexplosion ist der weltweite Konjunkturaufschwung. Insbesondere die Wachstumsdynamik der Schwellen- und Entwicklungsländer – allen voran der BRIC Staaten Brasilien, Russland, Indien und China – wird die Nachfrage nach Rohstoffen langfristig vervielfachen. Besonders schnell wächst der Bedarf an raren Metallen und Seltenen Erden wie Chrom, Kobalt, Titan, Palladium, Iridium, Neodym, Scandium, Yttrium, Selen, Indium, Germanium oder Gallium. Beispiel Gallium, das in Leuchtdioden und integrierten Schaltungen im Einsatz ist: Experten erwarten, dass sich die Nachfrage für den Werkstoff bis 2030 versechsfachen wird – so ein Ergebnis einer gemeinsamen Studie des Instituts für Zukunftsstudien und Technologiebewertung und des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung ISI in Karlsruhe.

Die rasant steigenden Rohstoffpreise machen der Wirtschaft zu schaffen. Das geht aus einer aktuellen Umfrage des Deutschen Industrie- und Handelskammertags hervor. Neun von zehn Industrieunternehmen leiden unter den hohen Kosten für Material und Energie. Jede zweite Firma befürchtet sogar, die erforderlichen Rohstoffe nicht mehr zu erhalten.

In vielen Branchen bestimmen Material- und Energiekosten schon längst maßgeblich den Preis des Endprodukts. Beispiel Verarbeitendes Gewerbe: Dort entfielen im Jahr 2007 mit 792 Milliarden Euro allein 45 Prozent der Herstellungskosten auf den Materialverbrauch (s. Graphik S. 12). Zum Vergleich: Die Personalkosten machten nur 18 Prozent aus. Dennoch ist Deutschland in den vergangenen Jahren beim effizienteren Einsatz knapper Rohstoffe wie Erdöl, spezieller Metalle oder Seltener Erden nur langsam vorangekommen: Zwischen 1994 und 2008 legte die »Rohstoffproduktivität« – laut einer Studie der Kfw-Research 2009 – in absoluten Zahlen lediglich um vier Prozent zu.

Damit sich deutsche Unternehmen auch künftig auf dem Weltmarkt behaupten können, bedarf es eines Paradigmenwechsels. »An die Stelle von maximalem Gewinn aus minimalem Kapital muss maximale Wertschöpfung aus minimalen Ressourcen treten. Unternehmen, die sich durch Effizienztechnologien heute einen Kostenvorteil erarbeiten, werden diesen in Zukunft überproportional weiter ausbauen«, betont Professor Reimund Neugebauer, Leiter des Fraunhofer-Instituts für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU in Chemnitz. Die Herausforderung ist es, den Ressourcenverbrauch vom Wirtschaftswachstum zu entkoppeln.

Welch großes Potenzial das Thema Effizienzsteigerung den Unternehmen bietet, zeigt die Fraunhofer-Studie »Energieeffizienz in der Produktion«. Ein Ergebnis: Mittelfristig lassen sich in der industriellen Produktion bis zu 30 Prozent Energie

einsparen. Allein für die in der Untersuchung betrachteten Produktklassen macht dies 210 Petajoule pro Jahr aus. Das entspricht etwa der Hälfte des Stromverbrauchs der privaten Haushalte in Deutschland oder der Leistung von vier Kraftwerken mit je 1,4 Gigawatt Leistung. Und durch effizienten Rohstoffeinsatz lassen sich die Kosten noch weiter drücken. Das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg schätzt das volkswirtschaftliche Einsparpotenzial durch Materialeffizienz bundesweit auf 100 Milliarden Euro jährlich.

Effizienz steigern

»Eine der wichtigsten Aufgaben der Zukunft ist es, die Effizienz in der Produktion zu steigern«, betont Professor Fritz Klocke, Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds Produktion (siehe Kasten). Deshalb hat der Verbund in den vergangenen Jahren auch einen Forschungsschwerpunkt auf die ressourcenschonende Fertigung gelegt. Wie sich mit minimalem Material- und Energie-Einsatz hochwertige Produkte produzieren lassen, stellten die Forscher vor wenigen Wochen auf dem Kongress »Ressourceneffiziente Produktion« in Leipzig vor.

Bereits seit einigen Jahren steht das Thema »Ressourcenschonende Produktion« auf der Agenda der Bundesregierung. Sie will die Energieproduktivität – also die wirtschaftliche Gesamtleistung pro eingesetzte Einheit Primärenergie – bis 2020 im Vergleich zu 1990 verdoppeln. Gleichzeitig soll sich die Rohstoffproduktivität, im Vergleich zu 1994, ebenfalls verdoppeln. Damit diese ehrgeizigen Ziele erreichbar werden, unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF die Entwicklung innovativer, ressourceneffizienter Produktionstechnologien mit über 50 Millionen Euro.

Ein Leuchtturmprojekt ist die Innovationsallianz »Green Carbody Technologies«, in der mehr als 60 Unternehmen in Deutschland zusammenarbeiten. Die Partner haben die Vision, bis zu 50 Prozent Energie bei der Karosseriefertigung einzusparen. Gemeinsam mit der Volkswagen AG koordiniert das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU den Zusammenschluss von Automobilherstellern, Ausrüstern und Zulieferern. Die Allianz ist in fünf Projekte gegliedert, die sich an der Prozesskette orientieren: Planung der Niederenergie-Produktion, Performance Presswerk, ressourceneffizienter Werkzeugbau, Energie- und ressourceneffizienter Karosseriebau sowie Lackierung. An der Allianz sind insgesamt drei Fraunhofer-Institute beteiligt. Schwerpunkte des IWU sind die Themen Planung, Umformtechnik und Karosseriebau. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen bringen ihre Kompetenz im Werkzeugbau ein. Und Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnik und Automatisierung IPA in Stuttgart optimieren die Lackierung. Sie entwickeln unter anderem lackverlustfreie Beschichtungsverfahren. Bei konventionellen Spritzverfahren wird nur ein Teil des Materials auf das Werkstück übertragen – es gibt einen hohen Overspray.

Dass sogar in kleinen Prozessschritten großes Potenzial schlummert, zeigt sich in der Justage im Karosseriebau. Um Karosseriebleche beim Fügen zu arretieren, werden sie von Hand eingerichtet und mit Spannelementen fixiert – eine Arbeit, die viel Zeit und Fingerspitzengefühl erfordert. Forscher des IWU arbeiten gemeinsam mit den Partnern Volkswagen, Ortlinghaus und Sibea an einem Ansatz: die »Justage per Knopfdruck«. Über ein elektrohydraulisches Antriebssystem lassen sich die einzelnen Spannstellen ansteuern und präzise justieren. Das erhöht Prozesssicherheit und Produktqualität. Weiterer Vorteil: Es ist weniger Nacharbeit notwendig. Das alles trägt zu einem effizienteren Ressourcen- und Energieeinsatz bei.

Mit Druck in Form

Wie leistungsfähig ein Wagen ist und wie stark er die Umwelt belastet, hängt vor allem vom Antriebsstrang ab – mit allen Komponenten für die Drehmomenterzeugung und -übertragung, vom Motor bis zum Rad. Forscher aus sieben Fraunhofer-Instituten wollen diesen »Powertrain« effizienter machen. Ziel ist es, durch neue Werkstoffe die Masse zu reduzieren, durch Netshape-Verfahren und Kreislaufwirtschaft den Material- und Energieeinsatz zu verringern sowie mittels Beschichtungen und Oberflächenstrukturierung einen reibungsarmen Betrieb der Komponenten zu ermöglichen.

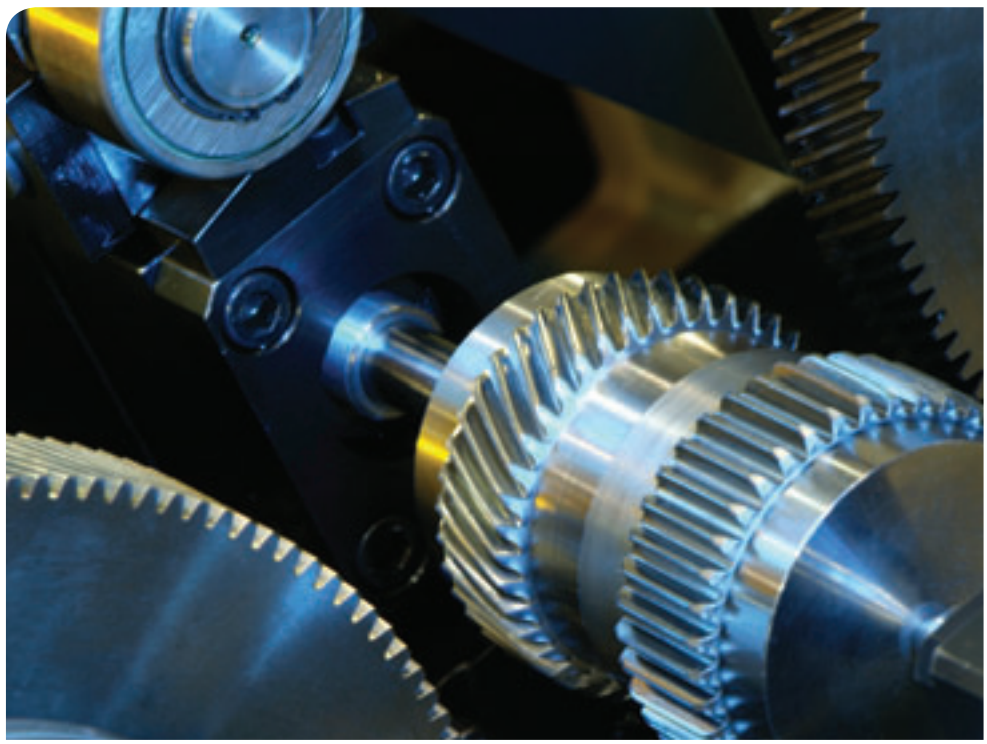
Bisher sind viele Komponenten des Antriebsstrangs Massivbauteile. Hier lässt sich noch viel Gewicht einsparen. Beispiel Nockenwelle: Dieses bisher massive Bauteil fertigen die Forscher mit Innenhochdruck-Umformen (IHU). Hierbei wird Metall durch hydrostatischen Druck in Form gepresst. Die so gefertigten Bauteile sind innen hohl und wiegen deutlich weniger als herkömmliche Nockenwellen.

Dass auch der Produktlebenszyklus besondere Beachtung verdient, zeigt sich am Auto. Fast 50 Prozent der mechanischen Energie werden in Reibung umgesetzt. Fraunhofer-Forscher arbeiten daran, diese Reibverluste durch den Einsatz neuer Werkstoffe und Oberflächenstrukturen um bis zu 30 Prozent zu reduzieren. Durch die Entwicklung von Mikro- und Nanostrukturen sowie neuer Fertigungsverfahren zu ihrer Herstellung werden nicht nur kürzere Prozessketten, sondern auch eine energieeffizientere Produktion der Motoren und anderen Powertrain-Komponenten ermöglicht.

Besonders effektiv lassen sich Ressourcen durch den sparsamen Einsatz von Material schonen. Deshalb ist es wichtig, die Prozessstabilität zu erhöhen und möglichst keinen Ausschuss zu produzieren. Welche großen Potenziale die Null-Fehler-Fertigung bietet, zeigt ein Blick auf die Automobilindustrie: Im Presswerk gehen noch bis zu 40 Prozent der Bleche als Abfall wieder in den Kreislauf zurück. Dabei wird Energie verschwendet. Denn in jedem Kilogramm Stahl blech stecken 21 Megajoule Energie für die Werkstofferzeugung und Halbzeugverarbeitung.

Dass eine fehlerfreie Produktion in der Gießerei möglich ist, beweisen Forscher des Fraunhofer-Instituts für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF. Sie haben gemeinsam mit ihren Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM eine modulare Technik entwickelt, die eine Geometriemessung mit der Oberflächenprüfung dreidimensionaler Objekte kombiniert. Kamerasysteme entdecken zuverlässig Einfallstellen, Beulen, Anlagerungen, Gussreste, sichtbare Lunker und andere Oberflächenfehler. In Kombination mit präzisen 3-D-Laser-Lichtschnittsensoren werden Formabweichungen vom CAD-Nominal sowie Kaltlauf, überschüssige oder fehlende Geometrien automatisiert erkannt und dokumentiert. Diese Messung erlaubt nicht nur eine 100-Prozent-Kontrolle der Fertigungsteile, sondern auch Rückschlüsse auf den Produktionsprozess.

»Ein großes, mitunter unterschätztes Aktionsfeld für energieeffizientere Prozesse und Verfahren ist der Werkzeugbau«, weiß Professor Klocke, Leiter des IPT und Vorsitzender des Verbundes Produktion. Forscher des IPT wollen durch Innovationen im Werkzeugbau den Ressourcen-



Laufverzahnungen lassen sich auch durch Kaltwalzen herstellen. Das reduziert die Herstellungszeit auf die Hälfte im Vergleich zu den herkömmlichen spanenden Verfahren.
© Fraunhofer IWU

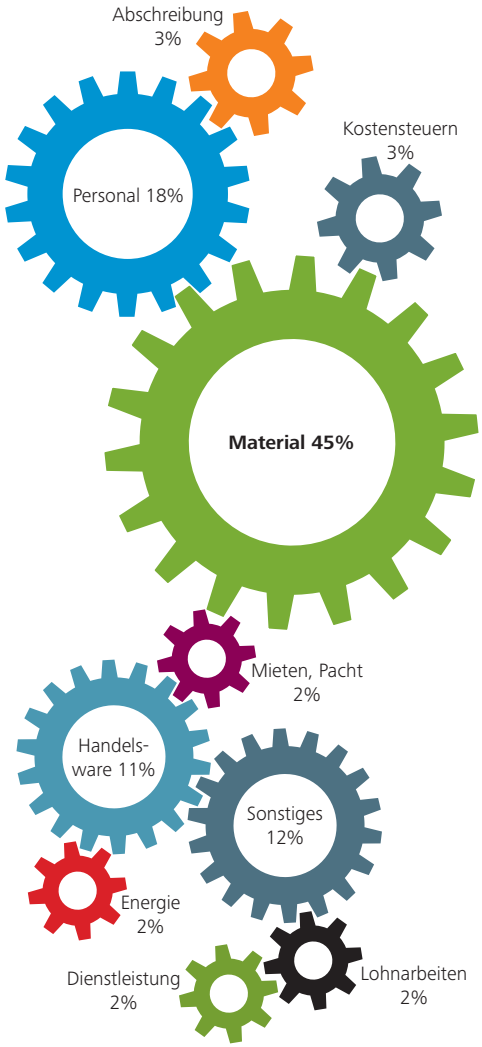


Das Lackieren der Karosserie ist derzeit noch aufwändig und benötigt viele Ressourcen.
© Volkmar Schulz/ Keystone

Fraunhofer-Verbund Produktion

In dem Verbund Produktion haben sich sieben Fraunhofer-Institute zusammengeschlossen. Schwerpunkte der gemeinsamen Forschung und Entwicklung sind Produktentwicklung, Fertigungstechnologien, Fertigungssysteme, Produktionsprozesse, Produktionsorganisation und Logistik.

Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für
– Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF
– Materialfluss und Logistik IML
– Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK
– Produktionstechnik und Automatisierung IPA
– Produktionstechnologie IPT
– Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT
– Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU



Vor allem die hohen Kosten für Material bestimmen den Preis eines Endprodukts. In der verarbeitenden Industrie machen die Materialkosten etwa 45 Prozent aus. *Quelle: Statistisches Bundesamt 2009*

einsatz bei der Bauteilfertigung verbessern sowie Emissionen und Fertigungskosten reduzieren. Werkzeuge werden zur Massenfertigung von Kunststoffbauteilen durch Spritzgießen oder in der Metallumformung gebraucht. Herausforderungen liegen dabei in der Werkzeugsstandzeit beziehungsweise der schnellen Reparaturfähigkeit, dem Leichtbau sowie der ressorceneffizienten Zerspanung.

In der Metallbearbeitung lassen sich Ressourcen sparen, wenn man spanende Fertigungsverfahren durch Umformprozesse ersetzt. Unter Beachtung der durchschnittlichen Materialausnutzung benötigt man für die Herstellung von einem Kilogramm Fertigteile durch Umformverfahren ein Drittel weniger Energie als bei spanenden Verfahren. Ein Beispiel ist das Kaltwalzen von Laufverzahnungen für Getriebe. Neben der Energieeinsparung ließen sich bis zu einem Drittel des Materials und bis zur Hälfte der Herstellungszeit einsparen. Wissenschaftler des IWU arbeiten daran, diese Technologie serienfähig in die Industrie einzuführen. Derzeit untersuchen sie umformbedingt positive Effekte der Zahnräder auf deren Gebrauchseigenschaften. Die »neuen« Zahnräder lassen sich nicht nur schneller fertigen, sondern sollen auch Gewicht, Energie und Emissionen im Kfz einsparen. Dies verbindet Energieeffizienz sowohl in der Herstellung als auch in der Anwendung der Produkte. In fünf Jahren könnten die ersten serienmäßig kaltumgeformten Zahnräder auf den Markt kommen.

Die Umstellung gesamter Prozessketten auf ressourceneffiziente Technologien ist ein Forschungsthema des Spitzentechnologie-Clusters »Energieeffiziente Produkt- und Prozessinnovationen in der Produktionstechnik« (eniPROD). In dem Cluster arbeiten Wissenschaftler des IWU und der TU Chemnitz an einer energieautarken, quasi emissionsfreien Fabrik. Dazu betrachten sie Energieeinsparpotenziale im gesamten Produktlebenszyklus – von der Produktentwicklung über Produktionsprozesse und -systeme bis hin zur Logistik und Fabrikplanung.

Ressourcenschonende Fertigung ist eine Möglichkeit, in Zeiten knapper Rohstoffe wirtschaftlich zu agieren. Fraunhofer-Forscher denken aber schon weiter. Ihr Ziel ist es, ganz ohne den Einsatz neuer Rohstoffe zu produzieren. Dazu setzen die Wissenschaftler auf konsequentes Recycling, nicht nur im Privathaushalt, sondern vor allem auch in der Industrie. »Indem Sekundärrohstoffe in Kaskaden immer weiterverwertet und in den Produktionsprozess zurückgeführt werden, lassen sich enorme Mengen an natürlichen Ressourcen einsparen. Auch nachwachsende Rohstoffe und eine kundennahe Fertigung mit geringem Energieverbrauch helfen dabei, den Ressourcenverbrauch weiter zu reduzieren«, erläutert Axel Demmer, der die Geschäftsstelle des Verbunds Produktion leitet. Die Fraunhofer-Forscher konzentrieren sich auf die Schwerpunkte: Produzieren aus Produkten, Produzieren in Kreisläufen und Produzieren aus Ersatzstoffen.

Dass es hier noch großes Potenzial gibt, zeigt ein Blick auf die bisherige Wiederverwertungsquote: In Europa wandern 60 Prozent der Elektroaltgeräte in den Hausmüll und werden nicht recycelt. Dabei enthalten schon 41 Handys so viel Gold wie eine Tonne Golderz. Wahre »Lagerstätten auf Rädern« sind Autos. Allein in den Katalysatoren sind etwa 50 Prozent des Weltbergbaus von Platin und Palladium verbaut, bei Rhodium sind es sogar mehr als 80 Prozent. Dennoch wurden 2006 in Deutschland nur 504 000 Autos von 3,2 Mio. Fahrzeuglöschungen recycelt – so Untersuchungen der Materialtechnik-Gruppe Umicore.

Produzieren ohne Rohstoffe?

Auch die Vereinten Nationen machen sich für ein verstärktes Recycling stark. Der Chef des UN-Umweltprogrammes, Achim Steiner, forderte Entwickler auf, schon beim Design eines Geräts an dessen spätere Wiederverwertung zu denken: »Denn es ist zwei- bis zehnfach effizienter, Metall zu recyceln als es aus dem Boden zu holen.« Wiederverwertung hilft auch den Kohlendixoid-Ausstoß zu reduzieren. Die ALBA Group konnte im Jahr 2009 durch die Wiederaufbereitung von 7,2 Millionen Tonnen Wertstoffen 6,3 Millionen Tonnen CO_2 einsparen. Zu diesem Ergebnis kommt die aktuelle Studie des Fraunhofer-Instituts für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen.

»Die Orientierung auf ein möglichst vollständiges Recycling eröffnet neue Chancen für unternehmerisches Handeln«, betont der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Professor Hans-Jörg Bullinger. »Sie hilft, sich künftig unabhängiger von Rohstoff- und Energie-Importen zu machen. Damit ist auch in Zukunft eine wirtschaftliche und umweltfreundliche Produktion möglich.«

www.fraunhofer.de/audio:
online ab 5. April 2011