



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

 **DIE NEUE  
HIGHTECH  
STRATEGIE**  
Innovationen für Deutschland

# Made in Germany – das steckt dahinter

**Moderne Produktion in Deutschland**



# Moderne Produktion schafft Lebensqualität

Ultraleichte Sportgeräte führen zu besseren Trainingsergebnissen und vermindern die Verletzungsgefahr. Leichtbaukarosserien lassen unsere Autos immer sparsamer werden, und elektrisch verdunkelbare Fenster sorgen für ein gutes Klima im Büro. Innovative Produkte begleiten uns durch den Tag und erleichtern unser Leben.

Erstaunlich viele davon werden in Deutschland hergestellt – und erhöhen so zusätzlich unsere Lebensqualität. Die hiesige Produktion sichert Tausende von Arbeitsplätzen und schafft materiellen Wohlstand. Deutschlands Produktion beruht auf modernsten Technologien und auf dem neuesten Stand der Forschung. Wir produzieren unsere Güter immer umweltfreundlicher und immer effizienter. Nicht ohne Grund sind auch unsere Produktionsanlagen in aller Welt gefragt. Unsere Industrie ist stark und international konkurrenzfähig.

Wir blicken mit Ihnen auf den folgenden Seiten hinter die Kulissen – und in die Zukunft.



„ Deutschland gehört bei Innovation und Produktion zu den weltweiten Spitzenstandorten. Damit das auch angesichts des zunehmenden internationalen Wettbewerbs so bleibt, investiert die Bundesregierung massiv in Forschung und Entwicklung. “

*Johanna Wanka*

Prof. Dr. Johanna Wanka  
Bundesministerin für Bildung und Forschung

# Produktionsforschung sichert unseren Spitzenplatz in der Welt

Wir sind Weltmeister: Kein anderes Land hat so viele Marktführer wie Deutschland. Darunter befinden sich viele kleine bis mittlere Unternehmen, die oft unauffällig im Hintergrund arbeiten und ihren weltweiten Vorsprung in ganz bestimmten Marktsegmenten konstant ausbauen. Aber unser Spitzenplatz ist kein Selbstläufer, die globale Konkurrenz schläft nicht. Die Produktionsforschung trägt deshalb dazu bei, dass wir immer besser werden. Wenn Ingenieurinnen und Ingenieure in den Unternehmen eng mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen zusammenarbeiten, entsteht das Potenzial, visionäre Ideen in neue Produkte umzusetzen und diese dem Markt zur Verfügung zu stellen.



Wir haben die innovativsten Produkte zu weltmarktfähigen Preisen, halten gleichzeitig hohe Umweltstandards ein und zahlen faire Löhne und Gehälter. Um dieses Niveau zu halten und weiter auszubauen, wird die Produktionsforschung staatlich gefördert. Wirtschaft, Bund, Länder und private Institutionen haben im Jahr 2014 in Deutschland mehr als 83 Milliarden Euro in Forschung

und Entwicklung investiert – eine hohe Summe auch im Vergleich zu anderen Industrienationen. Für Wachstum, Wohlstand und eine höhere Lebensqualität. Und damit wir Weltmeister bleiben.

## Zahlen, bitte!

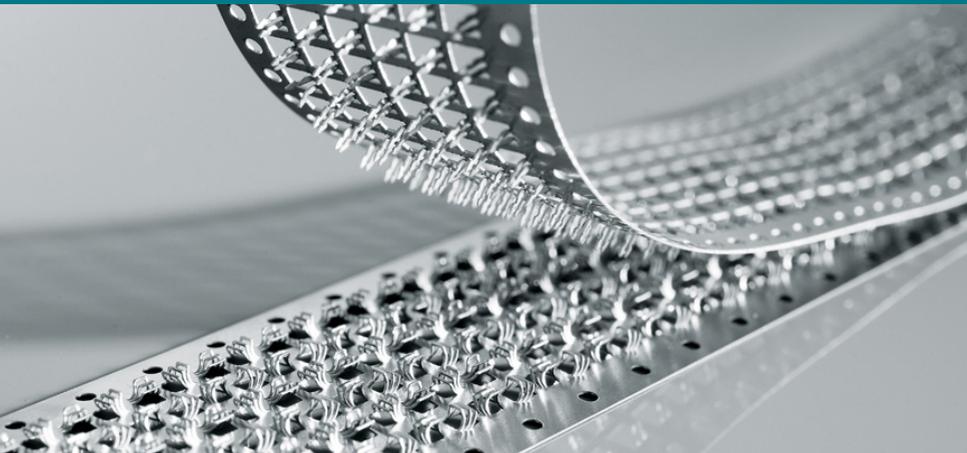
- Etwa 8 Millionen der insgesamt rund 43 Millionen deutschen Erwerbstätigen arbeiteten 2014 im produzierenden Gewerbe, dem sogenannten sekundären Sektor – das entspricht etwa der Einwohnerzahl Niedersachsens.
- Mehr als 7 Millionen Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor sind eng mit dem Produktionssektor verbunden.
- Deutschland ist eine der führenden Exportnationen der Welt. Etwa 90 Prozent der deutschen Exporte hat im Jahr 2014 das produzierende Gewerbe hervorgebracht.
- 90 Prozent der produzierenden Betriebe in Deutschland sind kleine und mittlere Unternehmen. Der deutsche Mittelstand ist der Motor der deutschen Wirtschaft.

# Innovative Produkte werden möglich

Unsere Flugzeuge fliegen dank hochmoderner Triebwerke leiser und energiesparender als früher. Lithium-Ionen-Batterien, die unsere Elektrofahrzeuge antreiben, machen den Autoverkehr umweltfreundlicher. In den Operationssälen führt der Einsatz von Miniaturkameras und Sensoren dazu, dass es seltener zu Komplikationen kommt. Produkte, die vor Jahren noch groß, schwer und teuer waren, sind heute häufig kleiner, leichter und obendrein leistungsfähiger. Deutschland glänzt mit solchen Innovationen.

## Klettverschluss für Auto und Spülmaschine

Häufig ist nur ein kleines Teil in Haushaltsgeräten kaputt, das sich aber nur schwer lösen lässt. Wie geschickt wäre hier ein Klettverschluss wie beim Turnschuh, um solche Teile einfach auszutauschen. Diese Idee wurde dank des Projekts METAKLETT zur zukunftssträchtigen Innovation. Den metallischen Klettverschluss haben Forscherinnen und Forscher gemeinsam mit einer Produktionsfirma entwickelt. Sie haben eine Methode erarbeitet, wie dieser auf einer einzigartigen Werkzeugmaschine schon jetzt als Meterware hergestellt werden kann. Ähnlich wie der textile Klettverschluss einst dem Schnürsenkel Konkurrenz machte, soll die Weltneuheit künftig metallische Verbindungen aller Art ersetzen. So interessiert sich die Automobilindustrie schon seit Langem für leicht lösbare Verbindungen, die die Hitze im Motorraum überstehen. Aufwendige Reparaturen in schwer zugänglichen Bereichen würde das stark vereinfachen. Auch in der Gebäude- oder der Medizintechnik gibt es Anwendungsfälle – und auch die heimische Spülmaschine ließe sich so in Zukunft leichter reparieren.





### Nanoröhrchen für Fußballprofis

Die Sohlen von Fußballschuhen müssen relativ steif und dennoch biegsam sein, ein Widerspruch in sich – und das alles in einem relativ hohen Temperaturbereich. Aus neuen Materialien Fußballschuhe der Zukunft herzustellen, die das alles noch besser können, das ist eine Herausforderung für die Produktionsforschung.

Mit herkömmlichem Kunststoff ist es bislang möglich, Sohlen um etwa sieben Prozent zu dehnen, bevor sie brechen. Ein interdisziplinäres Team hat in dem vom BMBF geförderten Projekt Nanodirekt ein Verfahren entwickelt, das die Herstellung von Sohlen aus einem neuen Material ermöglicht. Dabei werden winzige Nanoröhrchen aus Kohlenstoff in Kunststoff eingearbeitet. Dieses Vorgehen erhöhte die sogenannte Bruchdehnung von bisher 7 auf 180 Prozent. Die Fußballprofis der Zukunft können also auf ganz besonders dehnbaren Schuhen auf Torjagd gehen.

Forscherinnen und Forscher entwickeln heute gemeinsam mit Unternehmen neue Produktionsverfahren und Methoden, um Materialien zu verarbeiten, die es vor einigen Jahren noch gar nicht gab. Während früher geschraubt, genagelt und genietet wurde, wird heute geklebt, mittels Laser geschweißt und gepresst. Viele Herausforderungen wurden bereits gemeistert: So ist es zum Beispiel gelungen, die feinen Schichten eines LED-Bildschirms, die fast so dünn wie Atome sind, miteinander zu kombinieren. Es wirkt fast wie ein Wunder, dass Produktionsforschung auf solche Fragen nicht nur regelmäßig eine Antwort findet, sondern auch einen Weg, diese in großem Maßstab umzusetzen.

## Besser produzieren

Die Herstellung eines Automobils vor 100 Jahren war eine mühsame, arbeitsintensive und langwierige Aufgabe. Heute übernehmen Maschinen die anstrengenden und gefährlichen Tätigkeiten, Menschen sind für das Feinjustieren zuständig. Alle paar Minuten rollt auf diese Weise ein Fahrzeug vom Band: ein Hightech-Produkt, das auf modernsten Anlagen effizient produziert wird und von zuverlässiger Qualität ist.

Weil die Sicherheit es erfordert, sind Menschen und Maschinen heute in der Produktionshalle häufig voneinander getrennt. Forscherinnen und Forscher entwickeln Maschinen, die sich auf ihre Umgebung einstellen und neue Formen der Zusammenarbeit ermöglichen: Im Mittelpunkt der Interaktion steht dabei der Mensch, er wird durch industrielle Assistenzsysteme optimal unterstützt. Intelligente Maschinen planen und überwachen ihre Arbeitsprozesse in den Fabriken der Zukunft teilweise selbst. Sie verbrauchen weniger Ressourcen und sichern eine gleichbleibend hohe Qualität.



### Schlanke Hinterachse fürs Motorrad

Motorradachsen können erheblich leichter sein, wenn sie in einem neuen Verfahren hergestellt werden. Das klassische Verfahren beruhte darauf, bei einem Werkstück das überflüssige Material in Form von Spänen abzutragen. Man kann sich diese Arbeit grob wie die eines Steinmetzen vorstellen.

Angesichts der steigenden Rohstoffpreise ist diese Art der Bearbeitung teuer. Projektpartner aus verschiedenen Disziplinen haben daher im BMBF-geförderten Projekt LightweightPro ein neues Verfahren entwickelt. Bei diesem wird die gewünschte Form der Achswelle ohne Abtragung von Material direkt durch Warmumformung eines dünnen Rohres erzeugt. Das spart pro Achse 1,3 Kilogramm Rohstoff. Mehr als eine viertel Million Motorräder sind heute schon mit dieser leichten Hinterachse auf den Straßen unterwegs.

Bessere Produktionsverfahren tragen auch dazu bei, gesellschaftliche Herausforderungen wie etwa die Versorgung mit umweltfreundlicher Energie zu bewältigen. So können beispielsweise Rotorblätter für hochleistungsfähige Windkraftanlagen in der Länge eines Fußballfeldes hergestellt werden. Diese Rotorblätter halten Windgeschwindigkeiten von bis zu 300 Kilometern pro Stunde stand.

### Die feinfühlige Spritzgussmaschine

Vom Computerstecker über Sandspielzeug und Mülltonnen bis zur Zahnbürste: Ein Großteil der Kunststoffprodukte um uns herum wird im Spritzgussverfahren hergestellt. Dabei durchläuft das Material eine Maschine, die es erhitzt und dann in Form gießt. In den Werkhallen sind diese Maschinen häufig einem wechselnden Raumklima ausgesetzt. Die Temperaturen und die Luftfeuchtigkeit schwanken je nach Jahreszeit und Wetterlage. Das kann die Qualität beeinträchtigen, denn wenn die Maschine zu heiß oder zu kalt ist, produziert sie Ausschuss. Um das zu vermeiden, wird die Anlage üblicherweise von einem Menschen nachgesteuert. In einem vom BMBF geförderten Projekt haben Expertinnen und Experten aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Betrieben eine intelligente Steuerung für eine Spritzgussmaschine entwickelt. Diese Steuerung erkennt mittels vieler Sensoren die Bedingungen der Umgebung und passt die Maschine an. Beispielsweise heizt sie im Sommer weniger als im Winter und merkt, wenn sich das Ausgangsmaterial ungünstig verändert – lange bevor es für Menschen durch fehlerhafte Teile sichtbar wird.



## Produktion für uns alle

„Es ist nicht der Unternehmer, der die Löhne zahlt – er übergibt nur das Geld. Es ist das Produkt, das die Löhne zahlt.“ Diese Aussage des weltbekannten Autopioniers Henry Ford bringt die Bedeutung des Produkts auf den Punkt. Durch Produktion in Deutschland entsteht Mehrwert, der zu unserem hohen Lebensstandard beiträgt. Und der es auch dem Staat ermöglicht, Leistungen für die Allgemeinheit bereitzustellen. Die gesamte Gesellschaft profitiert von einer Produktion, die sich ständig wandelt und Neues erfindet. Viele Produkte sind hochkomplex, auf dem neuesten Stand der Technologie und dank effizienter Herstellung gleichzeitig für weite Bevölkerungskreise erschwinglich. Davon profitieren viele: durch das Endprodukt, das sie in der Hand halten, ebenso wie vom sicheren Arbeitsplatz.



### Zahnersatz – Mensch und Maschine erschaffen kleine Kunstwerke

Jede Zahnkrone ist ein kleines Kunstwerk. Sie sieht aus wie ein echter Zahn, Farbe und Form sind an die anderen Zähne angeglichen. Hierfür ist bislang sehr viel Handarbeit nötig, keine Maschine kann das so perfekt. Die Herstellung von Zahnersatz ist daher anfällig für Konkurrenz aus

dem Ausland, wo Handarbeit billiger ist. Sieben Unternehmen haben im BMBF-geförderten Projekt COMMAND eine Lösung erarbeitet, die nicht nur Kosten, sondern auch Zeit spart. Der neu entwickelte Prozess beginnt damit, dass die Daten über den künftigen Zahnersatz mittels eines berührungslosen optischen Messverfahrens im Mund erhoben und direkt in den Computer übertragen werden. Dort wird der künftige Zahnersatz modelliert, anschließend in 3-D-Druck hergestellt und in einer Fräsmaschine so bearbeitet, dass die Maße exakt stimmen. Die Zahntechnikerin oder der Zahntechniker muss sich anschließend nur noch um die Verblendung kümmern, damit der Zahnersatz individuell zu den anderen Zähnen passt. Das spart Provisorien, Zahnarzttermine und Zeit in der Herstellung. So bleibt Zahnersatz „made in Germany“ hochwertig und konkurrenzfähig.

### Weniger Lärm durch schallarme Windräder

Woran liegt es, dass manche Windanlagen lauter sind als andere? Und vor allem: Wie kann man das vermeiden? Jedes einzelne Bauteil einer Windanlage ist darauf ausgelegt, möglichst wenig Schall zu transportieren. Das Zusammenspiel aller Teile ließ sich bisher aber nicht vorhersagen. Häufig ergeben sich unerwartete Effekte, die erst nach dem Aufbau hörbar werden. Das BMBF-geförderte Projekt ALARM hat ein Assistenzsystem geschaffen, das es ermöglicht, künftigen Schall schon vor der Produktion zu minimieren. Dafür wurde der Geräuschpegel bestehender Windräder exakt gemessen und in ein Computermodell eingespeist. Das erlaubt es nun, bereits während der Herstellung zu berechnen, wie die einzelnen Teile zusammenspielen und wo Schall entsteht oder verstärkt wird. Dank ALARM kann künftig schon der erste Prototyp eines neuen Windrades so schallarm wie möglich sein. Das spart Geld und lässt die Windanlagen der Zukunft zu besonders leisen Nachbarn werden.



Schauen Sie sich um: Die industrielle Produktion ist leiser, feiner und unauffälliger geworden. Die Produktion wird zukünftig wieder mehr in die Städte ziehen. Das verkürzt unsere Wege und verringert Umweltbelastungen. Wir bekommen damit wieder mehr Zeit für das Wesentliche im Leben.

# Produktion ist mehr als die Herstellung eines Produktes

Heute sind Fabriken moderne Unternehmen, in denen Menschen Produkte planen und herstellen. Dabei kommen innovative Techniken zum Einsatz, um bestmöglich zu produzieren und Abläufe optimal zu organisieren. Die Produktion von Gütern besteht dabei oft aus einer Vielzahl komplexer Prozesse.

So bedarf es von der anfänglichen Idee bis zum fertigen Produkt einer Vielzahl spezialisierter Fachleute. Bereits bei der Gestaltung eines neuen Produkts achten Entwickler darauf, dass es später effizient hergestellt werden kann. Sie entwickeln für die Produktion neue Verfahren und Maschinen, beschaffen, installieren und warten die erforderliche Technik, sorgen für die rechtzeitige Bereitstellung der Ausgangsmaterialien und organisieren die einzelnen Arbeitsschritte. Personal, gute Ideen, Fachwissen sowie Materialien und Maschinen müssen dazu zur richtigen Zeit am richtigen Ort zur Verfügung stehen. Der Erhalt, die Weiterentwicklung und der Schutz des gesamten hierfür erforderlichen Wissens gehören auch zu den Kernaufgaben der Produktion.



## Hybride Produkte

Immer häufiger werden Produkte oder Anlagen mit Dienstleistungen zu Leistungsbündeln, sogenannten „hybriden Produkten“, kombiniert. Für mobile Kommunikation kauft der Kunde heute beispielsweise die Möglichkeit, zu telefonieren und im Internet zu surfen, und nicht nur den Telefonapparat. Die Gestaltung und Umsetzung solcher Produkte eröffnen neue Marktchancen, erfordern aber auch neuartige Geschäftsmodelle und Abläufe in den Unternehmen.



Für den Produktionsstandort Deutschland ist es wichtig, Produktionsforschung zu betreiben und hoch qualifizierte Fachkräfte aus- und weiterzubilden – in den Unternehmen genauso wie in den Forschungseinrichtungen. Sie bringen mit Begeisterung und neuen Ideen die Produktion voran.

## Weitere Informationen und Ansprechpartner

In der vorliegenden Broschüre werden zahlreiche Projekte vorgestellt, die im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurden.

Weitere Informationen zu diesen und anderen Vorhaben der Produktionsforschung finden Sie unter [www.produktionsforschung.de](http://www.produktionsforschung.de).

# Impressum

## Herausgeber

Bundesministerium  
für Bildung und Forschung (BMBF)  
Referat Forschung für Produktion,  
Dienstleistung und Arbeit  
53170 Bonn

## Bestellungen

schriftlich an  
Publikationsversand der Bundesregierung  
Postfach 48 10 09  
18132 Rostock  
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de  
Internet: <http://www.bmbf.de>  
oder per  
Tel.: 030 18 272 272 1  
Fax: 030 18 10 272 272 1

## Stand

April 2016

## Druck

BMBF

## Gestaltung

W. Bertelsmann Verlag

## Bildnachweis

Fotolia/Gerhard Seybert: S. 7; Fotolia/  
michaeljung: S. 10; Fotolia/Robert  
Kneschke: S. 8; Fotolia/Sergey Nivens: S. 5;  
Gettyimages/Echo: Titel; Gettyimages/  
Westend61: S. 2 oben, S. 9; Hölzel Stanz-  
und Feinwerktechnik GmbH + Co. KG:  
S. 4; iStock/Lizalica: S. 6; Presse- und  
Informationsamt der Bundesregierung,  
Steffen Kugler: Statement (Porträt Prof. Dr.  
Johanna Wanka) S. 2 unten

## Text

BMBF

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.