

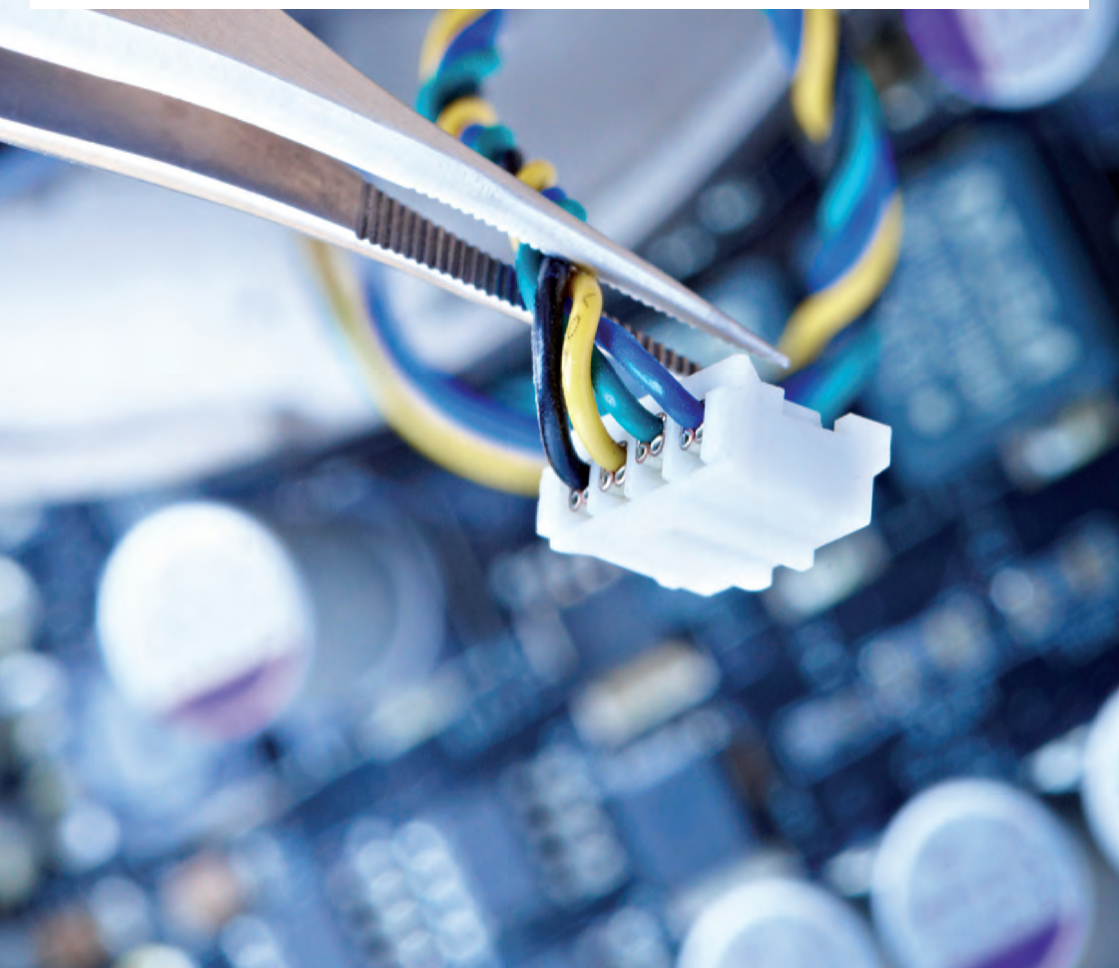


Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

iDEEN
INNOVATION
WACHSTUM
Die Hightech-Strategie für Deutschland

Energieeffizienz im Fokus

Forschung für Elektroniksysteme der Zukunft



HIGHTECH-STRATEGIE



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Energieeffizienz im Fokus

Forschung für Elektroniksysteme der Zukunft

Inhalt

Spitzenforschung für energiesparende Elektroniksysteme	3
Energieversorgung der Zukunft	5
Kleine Effizienz-Riesen	6
Mehr Strom aus Licht	7
Effizient leben	9
LED-Systeme: mehr Funktionen, weniger Strom.....	10
Energieeffiziente Rechner.....	11
Stoppt den Standby.....	12
Mit Sicherheit gut versorgt.....	13
Effizient mobil	15
Kleine Chips mit hohem Einsparpotenzial	16
Grenzüberschreitend effizient.....	17
Höchste Leistung auf engstem Raum	18
Effizient arbeiten	21
Frischlucht bei Bedarf	22
Kleine Helfer für große Maschinen.....	23
Starke Basistechnologien für effiziente Elektronik	25
Die Masse macht's	26
Bestleistungen mit neuen Halbleitermaterialien.....	27
Neue Halbleiterbauelemente – schnell und energieeffizient	28
Spitzencluster CoolSilicon	29
Elektronikentwickler der Zukunft	31
Motor für den Nachwuchs: Wettbewerb „SolarMobil Deutschland“	31
Die Nachwuchs-Initiative „INVENT a CHIP“: ein Chip ist dein Chip.....	32
Weiterführende Informationen.....	34

Spitzenforschung für energiesparende Elektroniksysteme

Mikrocontroller übernehmen heute die Steuerung von Industrieanlagen und Fahrzeugantrieben, elektronische Bauteile sorgen in Verbindung mit Glasfasernetzen und Funknetzen für schnelle Datenübertragung und Leistungselektronik regelt unsere Energieversorgung. Komplexe Elektroniksysteme sind in all diesen Bereichen nicht nur unverzichtbar geworden, sie haben sich gleichzeitig auch zu einer Säule des Industriestandorts Deutschland entwickelt.

Die Weiterentwicklung dieser Systeme zu größerer Energieeffizienz ist eine wichtige Voraussetzung für die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen, aber auch für die Erreichung der Klimaschutzziele und die Etablierung der Elektromobilität. Wenn wir einen möglichst großen Teil unseres Energiebedarfs aus Sonne und Wind decken wollen, benötigen wir hocheffiziente Leistungselektronik und innovative elektronische Systeme für die Einspeisung und die Verteilung des Stroms im Netz. Gleichzeitig müssen wir die Energieeffizienz von Beleuchtungsanlagen und Geräten des täglichen Bedarfs, aber auch von Industrieprozessen, weiter verbessern. Anwendungen wie z. B. die Elektromobilität stellen zusätzliche strenge Anforderungen an Größe, Gewicht und Zuverlässigkeit der Elektroniksysteme. Gleichzeitig nimmt die Komplexität in allen Anwendungsfeldern immer weiter zu.

Diese Vielzahl an Herausforderungen verlangt nicht nur nach innovativen technischen Lösungen, sondern auch nach einer schnellen Übertragung von Ergebnissen der Grundlagenforschung in die praktische Anwendung, um so neue Märkte für unsere Technologien zu erschließen. Daher hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) frühzeitig begonnen, mit strategisch ausgerichteten Fördermaßnahmen im Bereich der komplexen Elektroniksysteme den Aufbau von Forschungsk Kooperationen zwischen universitären sowie außeruniversitären Forschungseinrichtungen und Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft zu fördern. Hierbei wird ein besonderer Schwerpunkt auf die Einbindung kleiner und mittelständischer Unternehmen gelegt. Hinzu kommen Ausbildungsprojekte für den ingenieurwissenschaftlichen Nachwuchs.

Diese Broschüre soll anhand ausgewählter Beispiele einen Überblick über die Fördermaßnahmen geben, mit denen das BMBF die Arbeit an komplexen Elektroniksystemen unterstützt und so die Grundlage für einen sparsameren Umgang mit Energie schafft.





Energieversorgung der Zukunft

Ressourcen sorgsam nutzen: Forschung an effizienten Elektroniksystemen sichert eine nachhaltige Energieversorgung.

Heute sind 40 Prozent der weltweit verbrauchten Energie elektrische Energie und dieser Anteil wird bis 2040 voraussichtlich auf 60 Prozent steigen. Leistungselektroniksysteme sorgen dafür, dass diese Energie effizient verteilt und umgeformt wird: Die Systeme regeln mit Leistungsbauelementen wie Dioden und Transistoren den Stromfluss und kontrollieren mit Hilfe von Wandler-schaltungen Frequenz und Höhe der Spannung. Gleichzeitig ermöglichen komplexe neue Schaltungen Technologien wie die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung, die zur Nutzung alternativer Energiequellen immer wichtiger wird.

Indem das BMBF Forschungsprojekte zu effizienten Leistungselektroniksystemen unterstützt, sichert es die Energieversorgung der Zukunft. Denn steigende Energiekosten sind nicht nur für Privathaushalte belastend, sie werden auch immer mehr zu einem Wettbewerbsfaktor für die deutsche Volkswirtschaft. Forschungsk Kooperationen über nationale Grenzen hinweg tragen dazu bei, künftigen technologischen Herausforderungen erfolgreich begegnen zu können, indem frühzeitig internationale Standards gesetzt werden.

Kleine Effizienz-Riesen

Windkraftanlagen erbringen vor allem Offshore immer größere Leistungen. Leistungselektronik in sogenannten Einspeisestromrichtern sorgt dabei dafür, dass der erzeugte Strom auf die richtige Frequenz und Spannung gebracht wird, bevor er in das Netz eingespeist werden kann. Zurzeit werden in Wind- und Solaranlagen Niederspannungsumrichter von maximal 0,69 Kilovolt eingesetzt. Bei diesen geht ein erheblicher Teil der erzeugten Energie für den Endverbraucher verloren, weil aufwändige Netzfilter und Transformatoren eingesetzt werden müssen.

Die Partner im Projekt M2C haben daher neue, modular aufgebaute Mittelspannungsstromrichter untersucht, die in Großanlagen einsetzbar sind und die aufwändigen Netzfilter überflüssig machen. Der erforderliche Bauraum halbiert sich damit bei gleichzeitiger Verringerung der Verluste um bis zu 20 Prozent. Bei Einsatz der neuen Stromrichter in einer Windkraftanlage mit einer Nennleistung von drei Megawatt ergibt sich daraus ein zusätzlicher Energieeintrag in das Netz von ca. 24.000 Kilowattstunden pro Jahr. Bei der Ausrüstung eines 50 Windräder umfassenden Windparks mit neuen Stromrichtern ließen sich so etwa 400 Haushalte mehr mit Strom versorgen.



Projektpartner:

- Institut für Technik Intelligenter Systeme (ITIS) e.V., Neubiberg
- Siemens AG, Nürnberg
- TU Dresden

M2C

Mittelspannungsumrichter auf der Basis einer neuartigen Schaltungstopologie für die Einspeisung elektrischer Energie in Versorgungsnetze

BMBF-Förderung:

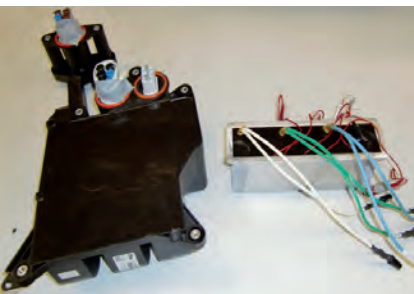
2,0 Mio. € (Gesamtkosten 3,6 Mio. €)

Laufzeit:

2010 – 2013

Projektpartner:

- Elec-Con technology GmbH, Passau
- Fraunhofer IIS, Erlangen
- Infineon Technologies AG, Neubiberg
- RWTH Aachen
- SMA Solar Technology AG, Niestetal
- Telefunken Semiconductors GmbH & Co. KG, Heilbronn
- TU Chemnitz

**Mehr Strom aus Licht**

Effektiv und günstig Solarstrom zu erzeugen ist das Ziel der Partner im Projekt „Energy for a green society: from sustainable harvesting to smart distribution, equipment, materials, design solutions and their applications“ (ERG). Das Konsortium untersucht dazu eine Reihe von Technologien, mit deren Hilfe die Energie aus Photovoltaik-Generatoren mit extrem geringen Verlusten genutzt werden kann. Neben effizienten Halbleiterkomponenten und Elektroniksystemen entwickeln die Partner auch Konzentratoren, die das einfallende Licht bündeln und so eine höhere Energieausbeute ermöglichen. Neue Schaltungsanordnungen für Energiewandler sollen die Verluste bei der Einspeisung ins Wechselstromnetz um rund 20 Prozent gegenüber üblichen Systemen reduzieren. Gleichzeitig sind die Module aus dem Projekt kompakter als ihre Vorgänger (Vergleich siehe Bild).

Im Projekt ERG, das Teil der Technologieinitiative ENIAC ist, haben sich insgesamt 27 europäische Partner aus 8 Ländern und allen Bereichen der Solarstromerzeugung zusammengeschlossen. Ihre Expertise reicht von der Entwicklung neuer Solarzellen und Energiewandler bis hin zur intelligenten Einspeisung in künftige Netze („Smart Grids“).

ERG

Energy for a green society: from sustainable harvesting to smart distribution, equipment, materials, design solutions and their applications

BMF-Förderung:

3,0 Mio. € (Gesamtkosten 9,5 Mio. €, davon europäische Zuwendung 1,6 Mio. €)

Laufzeit: 2011 – 2014

www.eniac-erg.org





Effizient leben

Effizient und bequem: Das BMBF fördert Elektroniksysteme, die zu Hause und unterwegs für mehr Energieeffizienz sorgen, während Nutzer mehr Komfort und Sicherheit genießen.

Vom Standby-Modus des Fernsehers bis zu LED-Lampen – immer sparsamere Geräte sorgen bereits jetzt dafür, dass jeder zu Hause und unterwegs Energie sparen kann. Ein großes Einsparpotenzial besteht vor allem in der Beleuchtung, denn hierauf entfällt mit 11,6 Prozent des gesamten Stromverbrauchs in Deutschland ein wesentlicher Anteil.

Mit Hilfe verbesserter Elektroniksysteme kann die Energieeffizienz aber nicht nur weiter gesteigert werden. Mit BMBF-Unterstützung entstehen in zahlreichen Projekten ganz neue Ansätze und Funktionen, die Nutzern in unterschiedlichsten Situationen das Leben erleichtern oder sie absichern. In der Telemedizin beispielsweise können energieeffiziente Sensorsysteme über lange Zeiträume hinweg die Gesundheit von Patienten überwachen.

LED-Systeme: mehr Funktionen, weniger Strom

In Deutschland könnte man jedes Jahr bis zu 20 Prozent der für Beleuchtung genutzten elektrischen Energie einsparen, indem man Glühlampen durch effizientere Leuchtdioden (LEDs) ersetzt. Das entspricht in etwa der Menge Strom, die ein Großkraftwerk pro Jahr produziert.

Ziel des Projektes „Energy Efficient and Intelligent Lighting Systems“ (EnLight), das über die europäische Technologie-Initiative ENIAC in ein internationales Konsortium eingebettet ist, sind energieeffiziente LED-Lichtlösungen für den Innenraum. Die geplante Lichtsystem-Architektur soll mit Hilfe von programmierbaren Steuerungen, Sensoren und effektiven Vernetzungsstrategien – sowohl drahtgebunden als auch drahtlos – nicht nur Energie einsparen, sondern auch völlig neue Funktionen ermöglichen. Im Zentrum der Arbeiten der Forscher stehen hocheffiziente LED-Lichtmodule mit optimierter Treiberelektronik. Dafür werden neue Sockelsysteme für bessere Lichtausbeute, höhere Lebensdauer und effektiveres Thermo-Management untersucht. Die Konzepte der Projektpartner können später zu Hause sowie in Bürogebäuden eingesetzt werden.

EnLight

Lösungen für energieeffiziente Beleuchtung

BMBF-Förderung:

4,1 Mio. € (Gesamtkosten 11,1 Mio. €, davon europäische Zuwendung 1,9 Mio. €)

Laufzeit:

2011 – 2014

www.enlight-project.eu

Projektpartner:

- BJB GmbH & Co. KG, Arnsberg
- Fraunhofer IZM, Berlin
- Infineon Technologies AG, Neubiberg
- Insta Elektro GmbH, Lüdenscheid
- NXP Semiconductors Germany GmbH, Hamburg
- OSRAM GmbH, München
- RWTH Aachen



**Projektpartner:**

- Fraunhofer IIS-EAS, Dresden
- GLOBALFOUNDRIES Dresden Module One LLC & Co. KG
- NaMLab gGmbH, Dresden
- TU Dresden
- Zentrum Mikroelektronik Dresden AG

Energieeffiziente Rechner

Schnell, funktional und (fast) immer einsatzbereit: Tablet-PCs und Smartphones sind ebenso wie der klassische PC und die zahllosen Server des Internets nicht mehr aus unserem Leben wegzudenken. Ermöglicht wurde dies durch die dramatische Erhöhung der Rechenleistung von Prozessoren in den vergangenen 20 Jahren. Mit der Rechenleistung stieg aber auch der Energieverbrauch: So müssen Betreiber von Rechenzentren heute bei Server-Investitionen von einer Million € mit Stromkosten von mehr als 500.000 € pro Jahr rechnen. Damit wird Energieeffizienz zu einem wichtigen Wettbewerbsfaktor.

Ziel des Projektes CoolEnergy, das im Rahmen des Spitzenclusters CoolSilicon (S. 24) durchgeführt wird, ist die Steigerung der Energieeffizienz von Computern. Dazu soll der Energiebedarf von Prozessoren durch neu entwickelte CMOS-Transistoren abgesenkt werden. Ein weiteres Ziel ist, mit Hilfe eines intelligenten digitalen Power-Management-Systems die Energieeffizienz vor allem im niedrigen Lastbereich von Rechnern zu steigern. Die Technologien aus CoolEnergy werden in hunderten Millionen Prozessoren Energieeinsparungen ermöglichen und damit einen Beitrag für eine nachhaltige Lösung der Zunahme an Rechnern leisten.

CoolEnergy II

Technologien für energieeffiziente Computing-Plattformen

BMBF-Förderung:

3,9 Mio. € (Gesamtkosten 7,8 Mio. €)

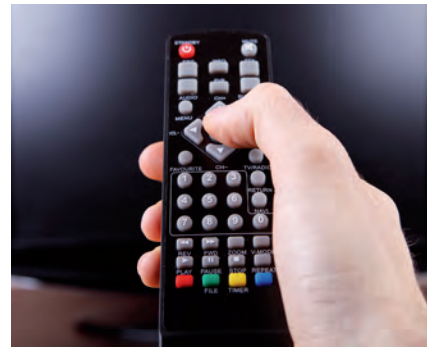
Laufzeit:

2011 – 2014

Stoppt den Standby

Den Standby-Modus vom Fernseher abschalten, ohne den Schalter an der Steckerleiste umlegen zu müssen – das ist das Ziel des Projektes Zero Power Standby. Der Energieverbrauch im Standby von Fernsehgeräten, DVD-Spielern oder Druckern liegt trotz erheblicher Verbesserungen in den vergangenen Jahren immer noch bei bis zu fünf Watt. Oft laufen auch mehrere Geräte pro Haushalt dauerhaft im Standby, sodass ein erhebliches Energiesparpotenzial besteht: Europaweit könnten mehr als 50 Milliarden Kilowattstunden jährlich eingespart werden. Das entspricht in etwa der Leistung von fünf Großkraftwerken.

Die Projektpartner von Zero Power Standby planen, die Leerlaufverluste von Endgeräten der Unterhaltungselektronik am Beispiel eines Fernsehgerätes etwa um den Faktor 100 zu senken. Alle Systemspannungen sollen vollständig abgeschaltet werden, während der Komfort des Standby-Betriebes voll erhalten bleibt. Um dies zu erreichen, entwickeln die Projektpartner zum Beispiel Mikrocontroller mit besonders niedriger Leistungsaufnahme.



Projektpartner:

- HAW Augsburg
- Infineon Technologies AG, Neubiberg
- Loewe Opta GmbH, Kronach
- NMB-Minebea GmbH, Odelzhausen

Zero Power Standby

Reduzierung der Leerlaufverluste von elektronischen Geräten

BMBF-Förderung:

1,3 Mio. € (Gesamtkosten 2,3 Mio. €)

Laufzeit:

2011 – 2014

Projektpartner:

- C & S Computer und Software GmbH, Augsburg
- Fertl EDV-Systeme GmbH, Eching
- Fraunhofer IIS, Erlangen
- RELIATEC GmbH, Garching
- TU München

**Mit Sicherheit gut versorgt**

Telemedizinssysteme gewährleisten auch zu Hause die Überwachung durch den Arzt und ermöglichen kranken und pflegebedürftigen Patienten ein weitgehend unabhängiges und selbstständiges Leben. Voraussetzung hierfür sind jedoch zuverlässige Elektroniksysteme zur Messdatenerfassung und -verarbeitung, die über lange Zeiträume hinweg nur wenig Energie verbrauchen.

Ziel der Forscher im Projekt HE2mT ist es daher, einen elektronischen Baukasten und Entwurfsregeln für energieeffiziente, mobile Telemonitoringsysteme zu entwickeln. Die Systeme sollen den Patienten eine größtmögliche Unabhängigkeit sichern und Ärzten auf Basis zuverlässiger Daten Diagnosen per Fernüberwachung ermöglichen. Bereits im Entwurf achten die Forscher darauf, dass der spätere Betrieb effizient, energiesparend und sicher abläuft. Im Projekt soll ein Sensor zur Erfassung von Puls, Blutsauerstoff und Atemfrequenz unter mobilen Bedingungen entstehen, der durch einen ambulanten Pflegedienst einem Praxistest unterzogen wird.

HE2mT

High-Level Entwurfsmethoden energieoptimierter, mobiler Telemonitoringsysteme

BMBF-Förderung:

2,1 Mio. € (Gesamtkosten 2,7 Mio. €)

Laufzeit:

2013 – 2016





Effizient mobil

Beim Fahren sparen: Mit Unterstützung des BMBF entwickelte Antriebe, Leistungselektronikmodule und Steuergeräte erhöhen die Energieeffizienz von Fahrzeugen auf Straße und Schiene.

Elektroniksysteme sind aus der Steuerung und Energieversorgung von Fahrzeugen auf Straße und Schiene nicht mehr wegzudenken. Autos mit Verbrennungsmotoren enthalten schon heute hoch komplexe Elektronik, die durch Kilometer von Kabeln verbunden ist. Mit hybriden und rein batterieelektrischen Fahrzeugen wird die Bedeutung der Elektronik noch weiter zunehmen. Aufgrund der geringen Speicherfähigkeit von Batterien ist höchste Energieeffizienz dabei unerlässlich.

Das BMBF fördert deshalb die Entwicklung von Elektronikkomponenten, die mit der begrenzten elektrischen Energie im Elektrofahrzeug besonders sparsam umgehen. Auch bei Schienenfahrzeugen, die schon seit Jahren elektrisch fahren, wird der Energieverbrauch mit BMBF-Unterstützung weiter reduziert.

Kleine Chips mit hohem Einsparpotenzial

Hohe Ansprüche bei der Energieeffizienz machen die Entwicklung von Elektronikkomponenten für Elektrofahrzeuge zu einer besonderen Herausforderung. Im BMBF-geförderten Projekt „Nanoelectronics for an EnergyEfficientElectrical Car“ (E³Car), das Teil der europäischen Technologie-Initiative ENIAC war, ist es Halbleiterexperten aus Industrie und Wissenschaft gelungen, die Effizienz einer Reihe von Elektroniksystemen um insgesamt 35 % zu verbessern. Unter anderem nahmen sich die Partner das Batteriemanagement, die Motorsteuerung und den Wechselrichter vor, der die Gleichspannung aus der Batterie zum Antrieb des Elektromotors nutzbar macht (siehe Bild).

Aus dem Gesamtprojekt, an dem sich Forschergruppen aus elf Ländern beteiligten, sind 22 Demonstratoren und zahlreiche neue Vorhaben und Technologie-Roadmaps hervorgegangen, die dabei helfen, Europa als weltweit führenden Produktionsstandort für Automobilelektronik zu etablieren. Mit insgesamt 3,3 Mio. € war das BMBF der größte Zuwendungsgeber im europäischen Vergleich.

E³Car

Energiesparende Elektronikkomponenten für Elektrofahrzeuge

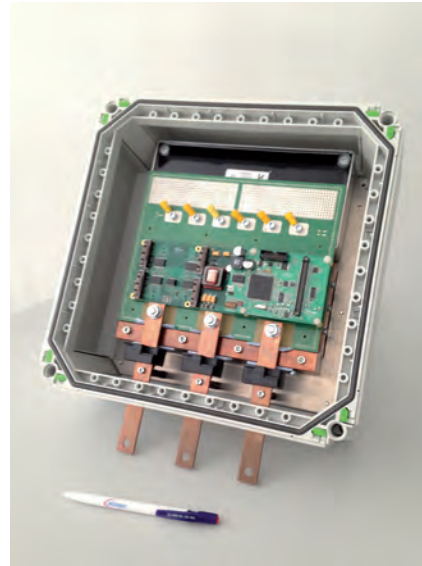
BMBF-Förderung:

3,3 Mio. € (Gesamtkosten 9,5 Mio. €, davon europäische Zuwendung 1,6 Mio. €)

Laufzeit:

2009 – 2012

www.e3car.eu



Projektpartner:

- Atmel Automotive GmbH, Heilbronn
- Audi Electronics Venture GmbH, Gaimersheim
- Fraunhofer IISB, Erlangen
- Infineon Technologies AG, Neubiberg
- Robert Bosch GmbH, Stuttgart
- Siemens AG, München

Projektpartner:

- Bombardier Transportation GmbH, Görlitz und Mannheim
- TU Dresden

**Grenzüberschreitend effizient**

Auf den Schienen Europas herrschen noch immer unterschiedliche Standards für die Stromversorgung, die historisch gewachsen sind. Verschiedene Netzspannungen und -frequenzen erschweren heute vor allem im Regionalzug die Reise zwischen Nachbarländern.

Die Partner im BMBF-geförderten Projekt DOMFTR haben deshalb ein doppelstöckiges Schienenfahrzeug mit Fahrgastplätzen und integriertem Antrieb entwickelt, das sich an verschiedene Netze anpasst. Mit Hilfe verbesserter Steuergeräte und Leistungselektroniksysteme können sie bei geringerem Gewicht die Energieeffizienz im Vergleich zu konventionellen Triebfahrzeugen um bis zu vier Prozent erhöhen. Die Technologien aus dem Projekt erleichtern nicht nur den grenzüberschreitenden Schienenverkehr, sondern sparen pro Zug auch den Energiebedarf von rund 200 Einpersonenhaushalten ein.

DOMFTR

Doppelstock-Triebfahrzeuge für den Schienenverkehr

BMBF-Förderung:

3,7 Mio. € (Gesamtkosten 6,1 Mio. €)

Laufzeit:

2009 – 2013

Höchste Leistung auf engstem Raum

Moderne Leistungselektronik sorgt dafür, dass Straßenbahnen fahren und Elektroautos an der Steckdose geladen werden können. Dabei geht es immer häufiger darum, mit möglichst kleinen und leichten Systemen große Ströme und Spannungen zu kontrollieren.

Im Projekt ProPower entwickeln 15 Unternehmen gemeinsam mit sechs Forschungseinrichtungen Materialien und Technologien für eine miniaturisierte und zuverlässige neue Generation von Leistungselektroniksystemen. Ziel ist, auf eine aktive Kühlung so weit wie möglich zu verzichten und so die Energieeffizienz zu steigern.

Durch eine höhere Temperaturbeständigkeit der Elektronik können Leistungselektronikmodule um das Vier- bis Sechsfache kompakter werden. Dies stellt nicht nur höchste Anforderungen an die einzelnen Bauelemente, sondern auch an die Stabilität der Bondverbindungen, über die die Bauteile kontaktiert werden (siehe Bild). Die Ergebnisse der Projektpartner, die aus der gesamten Wertschöpfungskette der Leistungselektronik stammen, könnten eine breite Anwendung finden: von der Elektromobilität bis hin zu stromsparender Beleuchtungstechnik.



ProPower

Kompakte Elektronikmodule mit hoher Leistung

BMBF-Förderung:

16,6 Mio. € (Gesamtkosten 32,1 Mio. €)

Laufzeit:

2012 – 2014

Projektpartner:

- ANDUS ELECTRONIC GmbH, Berlin
- AUDI AG, Ingolstadt
- Danfoss Silicon Power GmbH, Flensburg
- eesy-id GmbH, Erlangen
- F & K DELVOTEC Bondtechnik GmbH, Ottobrunn
- Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH
- Fraunhofer IISB, Erlangen
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- GÖPEL electronic GmbH, Jena
- Heraeus Materials Technology GmbH & Co. KG, Hanau
- Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG, Hanau
- Hofmann Leiterplatten GmbH, Regensburg
- Infineon Technologies AG, Neubiberg
- OSRAM GmbH, München
- Robert Bosch GmbH, Gerlingen-Schillerhöhe
- SEHO Systems GmbH, Kreutzwertheim
- Siemens AG, Berlin
- Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Eggenstein-Leopoldshafen
- TU Berlin
- TU Dresden
- VIA electronic GmbH, Hermsdorf





Effizient arbeiten

Ob in der Produktionshalle oder auf der Baustelle – Elektroniksysteme sorgen für mehr Energieeffizienz.

Elektroniksysteme haben alle Lebens- und Wirtschaftsbereiche erobert. Schnelle Kommunikation ist ohne sie ebenso wenig denkbar wie die Steuerung industrieller Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse. Heute entfallen etwa 70 Prozent des Stromverbrauchs der Industrie auf Elektromotoren, die elektrische in mechanische Energie umsetzen. Daraus ergeben sich große Einsparpotenziale durch optimierte Prozesssteuerungen und effiziente Energiewandlung - in der Leistungselektronik bis zu 35 Prozent.

Mit BMBF-Förderung entstehen in Deutschland effiziente Elektroniksysteme, mit denen Wissenschaftler und Ingenieure nicht nur komplexe Herausforderungen angehen, sondern auch weltweit Führungspositionen einnehmen.

Frischlucht bei Bedarf

Immer die bestmögliche Luft im Büro zu atmen, ohne Heizenergie mit Langzeit-Lüften zu verschwenden: Damit dies möglich wird, untersuchen die Partner im ENIAC-Projekt „Environmental Sensors for Energy Efficiency“ (ESEE) energieeffiziente Sensorsysteme, die die Luftqualität permanent überwachen. Damit kann die Belüftung bedarfsgerecht geregelt und der Energiebedarf von Gebäuden gesenkt werden. Übliche Sensoren, die die Luftqualität messen, eignen sich nicht für die breite Anwendung in Innenräumen, da sie groß sind und viel Energie verbrauchen. Die neuen Sensorsysteme (siehe Bild) sollen energieeffizient, kompakt und flächendeckend vernetzt sein. Bei der Bestimmung der Luftqualität werden die Forscher eine Reihe von Methoden nutzen, so zum Beispiel Spektroskopieverfahren oder auch Messungen mit siliziumbasierten mikroelektromechanischen Systemen (MEMS).

Das Projekt, das in ein europäisches Konsortium eingebettet ist, stellt zwar die Belüftung von Gebäuden in den Mittelpunkt, einsetzbar wäre das neue Sensorsystem aber auch zur effizienten Klimatisierung von Flugzeugen, Zügen oder Elektrofahrzeugen.

ESEE

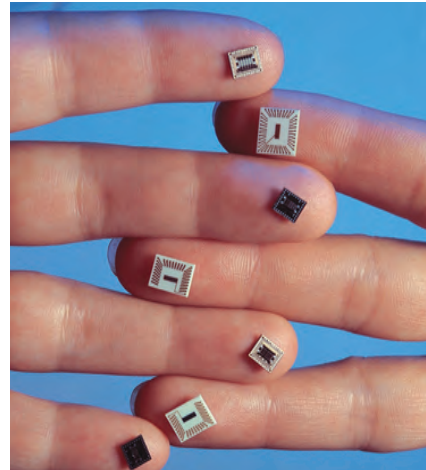
Energieeffizienz durch neue Umweltsensorsysteme

BMBF-Förderung:

5,5 Mio. € (Gesamtkosten 12,0 Mio. €, davon europäische Zuwendung 1,8 Mio. €)

Laufzeit:

2013 – 2016



Projektpartner:

- EADS Deutschland GmbH, München
- eesy-id GmbH, Erlangen
- Fraunhofer ENAS, Chemnitz
- Fraunhofer IPM, Freiburg
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- Infineon Technologies AG, Neubiberg
- Siemens AG, München
- TWT GmbH Science & Innovation, Neuhausen

Projektpartner:

- Institut für Technik Intelligenter Systeme (ITIS) e.V., Neubiberg
- Liebherr-Components Biberach GmbH, Biberach (Riß)
- Liebherr-Elektronik GmbH, Lindau



Kleine Helfer für große Maschinen

PKW mit Hybridantrieben verbrauchen weniger Kraftstoff und stoßen weniger Schadstoffe aus als Autos mit reinem Verbrennungsmotor. Jetzt sollen auch Arbeitsmaschinen wie Bagger ähnlich effizienter werden. Die Herausforderung: Bagger benötigen beim Drehen ihres Arms oder beim Schaufeln so große Leistungen, dass Technologien aus der Automobilbranche nicht übertragen werden können.

Im Projekt HyBa haben Forscher ein hybrides Baumaschinendrehwerk entwickelt, das je nach Art der Arbeitsbelastung 20 bis 30 Prozent Kraftstoff gegenüber herkömmlichen Systemen einspart. Dazu lädt ein dieselbetriebener Generator einen elektrischen Energiespeicher, einen sogenannten Superkondensator. Dieser Superkondensator kann im Vergleich zu Akkus bei minimalen Lade- und Entladezeiten große Mengen an Energie für den Elektromotor bereitstellen, mit dem das Drehwerk angetrieben wird. Gleichzeitig kann der Dieselgenerator unabhängig von der jeweils benötigten Leistung bei der effizientesten Drehzahl betrieben werden. Wird das Drehwerk abgebremst, kann die Bewegungsenergie teilweise wieder in den Superkondensator eingespeist und gespeichert werden. Der hybride Bagger ist nicht nur effizienter, sondern auch leiser als herkömmliche Maschinen.

HyBa

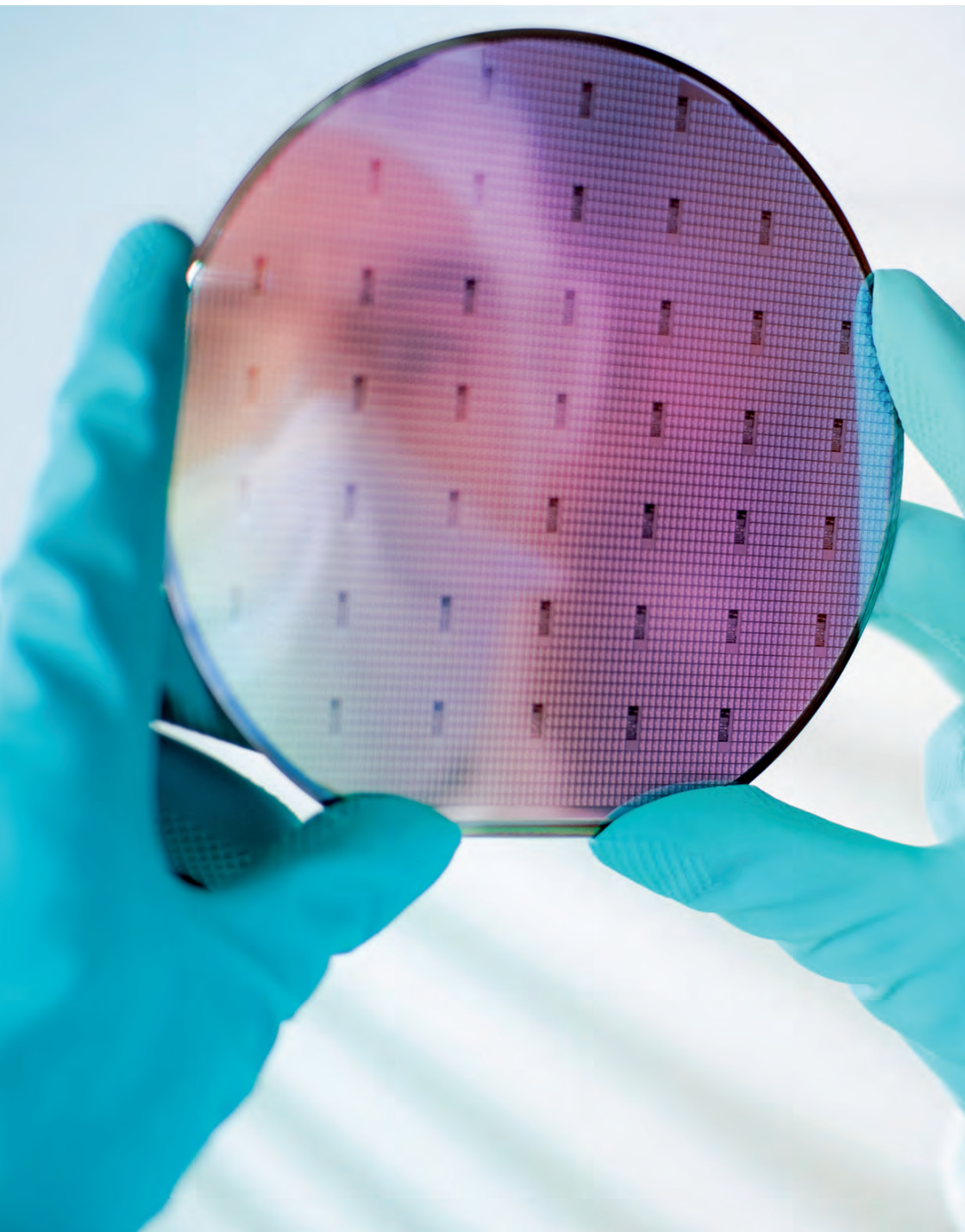
Energieeffizientes Antriebssystem für hybride Baumaschinen mit elektrifiziertem Drehwerk zur Steigerung der Energieeffizienz

BMBF-Förderung:

0,9 Mio. € (Gesamtkosten 2,0 Mio. €)

Laufzeit:

2010 – 2013





Starke Basistechnologien für effiziente Elektronik

Optimiert bis ins letzte Detail: Verbesserte Herstellungsprozesse und neue Halbleitermaterialien sind eine wichtige Grundlage für leistungsstarke und energieeffiziente Elektroniksysteme.

Bauelemente wie Dioden und Transistoren bilden den Kern jedes Elektroniksystems. Sie regeln den elektrischen Stromfluss und sorgen so dafür, dass Prozessoren rechnen und Leistungselektronikschaltungen Motoren antreiben. Hergestellt werden diese Bauelemente auf großen Scheiben aus dem Halbleitermaterial Silizium (siehe Bild).

Mit Hilfe von Lithographieprozessen, die eine Bearbeitung kleinster Flächen auf diesen sogenannten Wafern ermöglichen, können Metall- und Halbleiterstrukturen mit einer Größe von weniger als einem Zehntausendstelmillimeter hergestellt werden. In zahlreichen Einzelschritten entstehen so Bauelemente und Schaltkreise.

Das BMBF fördert die Entwicklung von kostengünstigeren Produktionsprozessen für Leistungsbaulemente aus Silizium. Daneben werden auch neuartige Halbleitermaterialien und Transistortypen erforscht, mit deren Hilfe die Energieeffizienz von Elektroniksystemen erhöht werden soll.

Die Masse macht's

Mit Hilfe von Lithographieprozessen können auf einer einzigen Siliziumscheibe Millionen von Transistoren und Dioden gleichzeitig hergestellt werden. Je größer dabei der Wafer ist, desto günstiger wird auch jedes einzelne Halbleiterbauelement, denn Kosten entstehen vor allem durch die Prozessierung.

Die Fertigung von Mikroelektroniksystemen wurde daher bereits vor einigen Jahren auf 300 mm-Wafer umgestellt. Leistungshalbleiter hingegen werden bis heute in 200 mm-Technologie gefertigt. Dies liegt vor allem daran, dass die nötigen Wafer dünner und daher schwierig zu bearbeiten sind (siehe Bild). Die Partner des Projekts „Enabling Power Technologies on 300 mm Wafers“ (EPT300), das Teil der europäischen Technologie-Initiative ENIAC ist, haben sich zum Ziel gesetzt, mit Hilfe von neuartigen Fertigungsprozessen und Materialien in Dresden eine hochautomatisierte Produktionsumgebung für Leistungshalbleiter in 300 mm-Technologie aufzubauen. Hiermit wird eine kosteneffizientere Herstellung möglich und Europa kann seine Technologieführerschaft in der Leistungselektronik weiter ausbauen.

EPT300

Preiswerte Leistungs-chips auf 300 mm-Siliziumwafern

BMBF-Förderung:

2,7 Mio. € (Gesamtkosten 9,1 Mio. €, davon europäische Zuwendung 1,5 Mio. €)

Laufzeit:

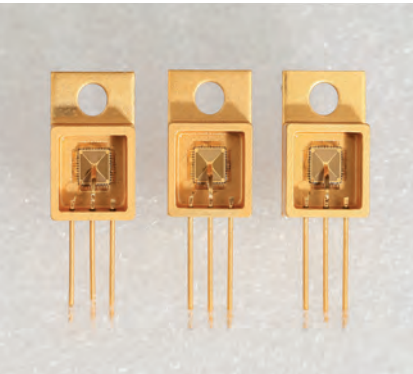
2012 – 2015

www.ept300.eu

Projektpartner:

- HAP GmbH, Dresden
- Infineon Technologies AG, Neubiberg
- Infineon Technologies Dresden GmbH
- Roth & Rau - Ortner GmbH, Dresden
- SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG, Nürnberg
- Siltronic AG, München
- TU Dresden





Bestleistungen mit neuen Halbleitermaterialien

Beim Laden der Batterie von Elektroautos und beim Einspeisen von Solarstrom ins Netz müssen Gleichspannung und Wechselspannung ineinander umgewandelt werden. Bei diesem Prozess, für den sogenannte Leistungswandler verwendet werden, entstehen Energieverluste. Galliumnitrid (GaN)-Leistungshalbleiter können diese Verluste im Vergleich zu den heute verwendeten Silizium-Bauelementen deutlich verringern. Zudem ermöglichen sie höhere Leistungsdichten und Schaltgeschwindigkeiten und damit kompaktere Leistungselektroniksysteme.

Forscher im Projekt PowerGaNPlus haben deshalb die Anwendung von GaN in der Leistungselektronik untersucht. Sie konnten den Wirkungsgrad von GaN-Transistoren (siehe Bild) in Leistungswandlern auf 98 Prozent steigern. Die Systeme erreichten im Praxisversuch Maximalleistungen von 1 Kilowatt, die im Prinzip einen Einsatz in Kleinst-Solaranlagen ermöglichen. Wenn es gelingt, den Preis weiter zu senken, kann GaN-Leistungselektronik breite Anwendungsfelder erschließen und so entscheidend zur Energieeinsparung beitragen.

Projektpartner:

- Forschungsverbund Berlin e.V.
- Fraunhofer IAF, Freiburg
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
- IXYS Semiconductor GmbH, Lampertheim
- KACO new energy GmbH, Kassel
- RWTH Aachen
- Robert Bosch GmbH, Gerlingen-Schillerhöhe
- United Monolithic Semiconductors GmbH, Ulm

PowerGaNPlus

Leistungswandler in GaN-Technologie

BMBF-Förderung:

3,0 Mio. € (Gesamtkosten 3,6 Mio. €)

Laufzeit:

2010 – 2013

Neue Halbleiterbauelemente – schnell und energieeffizient

Der Kern heutiger Prozessoren und Mikrocontroller sind integrierte Schaltungen auf Silizium-Basis, die Berechnungen und Logikoperationen ausführen. Feldeffekttransistoren dienen hierbei als elektronische Schalter. Beim Ein- und Ausschalten dieser Bauelemente entstehen jedoch Zeitverzögerungen und Energieverluste.

Im Projekt UltraLowPow untersuchen Forscher deshalb einen neuartigen Transistortypen, dessen Funktion auf einem anderen physikalischen Konzept beruht. Dieser sogenannte Tunnel-Feldeffekt-Transistor (TFET) arbeitet bei niedrigeren Betriebsspannungen und lässt sich energieeffizient und schnell schalten. Grund hierfür ist unter anderem ein geringerer interner elektrischer Widerstand.

Die Forscher suchen im Projekt nach neuen Halbleitermaterialien und Transistorgeometrien, die mit bestehenden Siliziumprozessen vereinbar sind (in der Elektronenmikroskop-Aufnahme farbig hervorgehoben: parallele TFETs aus Silizium-Nanodrähten). Die Anwendung der Bauelemente wird in energieeffizienten digitalen Schaltungen und Sensoren erprobt.

UltraLowPow

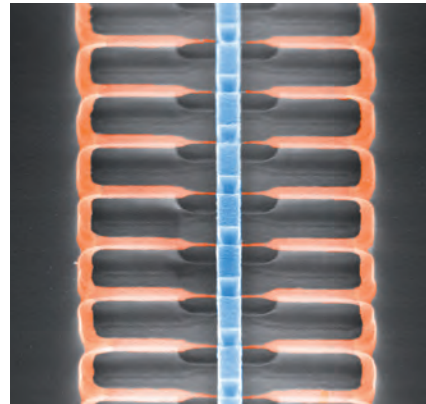
Tunnel-Feldeffekttransistoren für Elektroniksysteme
höchster Energieeffizienz

BMBF-Förderung:

2,3 Mio. € (100 %)

Laufzeit:

2013 – 2016



Projektpartner:

- Forschungszentrum Jülich GmbH
- RWTH Aachen
- TU München

Spitzencluster CoolSilicon



Gemeinsam für mehr Energieeffizienz

Das BMBF unterstützt gezielt die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie, um Ergebnisse der ingenieur- und naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung möglichst schnell in effizienteren Elektroniksystemen umzusetzen. Eine besondere Rolle übernimmt hierbei der Spitzencluster „CoolSilicon“, der mehr als 90 Unternehmen und Forschungseinrichtungen am europaweit führenden Halbleiterstandort Dresden miteinander vernetzt. Er ist eines von 15 regionalen, thematisch ausgerichteten Netzwerken, die in einem eigenen Spitzencluster-Wettbewerb für die Förderung im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung ausgewählt wurden.

Das Ziel der Partner im Spitzencluster „CoolSilicon“ ist die Entwicklung energieeffizienter Mikro- und Nanoelektroniksysteme für die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT). Die IKT benötigt bereits heute etwa acht Prozent aller weltweit erzeugten elektrischen Energie und wird in den nächsten Jahren noch weiter wachsen. Um den Energiebedarf von IKT-Systemen bei höherer Leistung deutlich zu senken, entwickeln die Clusterpartner energieeffiziente Komponenten für Rechnerplattformen, Telekommunikationssysteme und Sensornetze. Ihre Entwicklungen könnten später auch in der Medizintechnik und in

der Automobilbranche Anwendung finden. Mitglieder des Spitzenclusters sind unter anderem die TU Dresden und die TU Chemnitz sowie die Unternehmen Globalfoundries, Infineon und X-FAB. Neben gemeinsamen Forschungsprojekten tragen auch Tagungen und Programme zur Nachwuchsförderung zum Austausch im Cluster bei (siehe Bilder). Auf lange Sicht soll die Region Dresden so zu einem weltweit führenden Standort für energieeffiziente Elektroniksysteme werden.

Spitzencluster CoolSilicon

Vernetzung der Mikroelektronikbranche in der Region Dresden bei der Forschung an energieeffizienten Elektroniksystemen

Mitglieder: über 90 Unternehmen und Forschungseinrichtungen

BMBF-Förderung: 40 Mio. €

Laufzeit: 2009 – 2014

www.cool-silicon.de



Elektronikentwickler der Zukunft

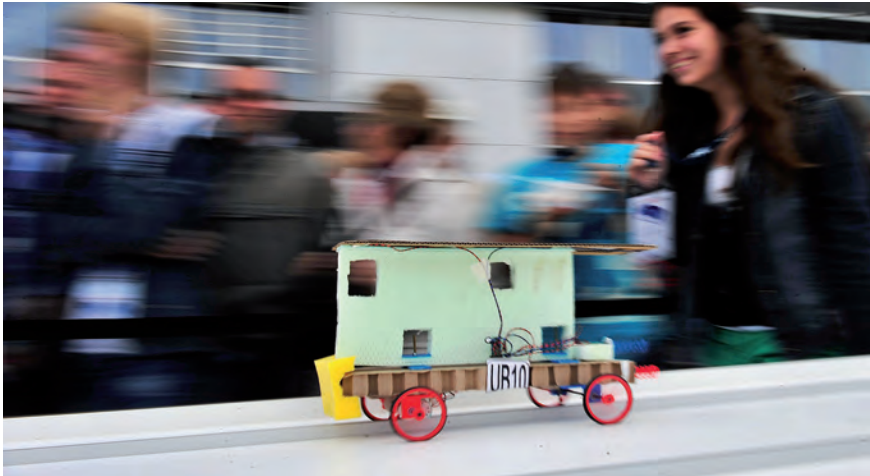


Leistungsfähige Mikrochips sind überall im Einsatz: E-Mails schreiben oder mobil telefonieren sind ohne sie ebenso wenig möglich wie moderne Medizin- oder Umwelttechnik. Zahlreiche elektrische Geräte werden durch leistungselektronische Bauteile geschaltet. Damit ist die Leistungselektronik eine Schlüsseltechnologie für den effizienten Einsatz von Energie.

Um auf dem neuesten Stand zu bleiben und Innovationen voranzutreiben, ist nicht nur kontinuierliche Forschung und Entwicklung wichtig. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung engagiert sich auch dafür, dass sich der Nachwuchs für Elektronik begeistert – unter anderem mit den Wettbewerben „SolarMobil“ und „INVENT a CHIP“.

Motor für den Nachwuchs: Wettbewerb „SolarMobil Deutschland“

Früh übt sich, das gilt auch für die Elektronikentwicklerinnen und -entwickler der Zukunft. Mit dem Wettbewerb „SolarMobil Deutschland“ begeistert das BMBF Kinder und Jugendliche zwischen zehn und 18 Jahren für alternative Mobilitätskonzepte und Energieeffizienz. Bei dem Wettbewerb gilt es, alleine oder im Team solarbetriebene Fahrzeuge zu bauen. Diese treten dann auf einer



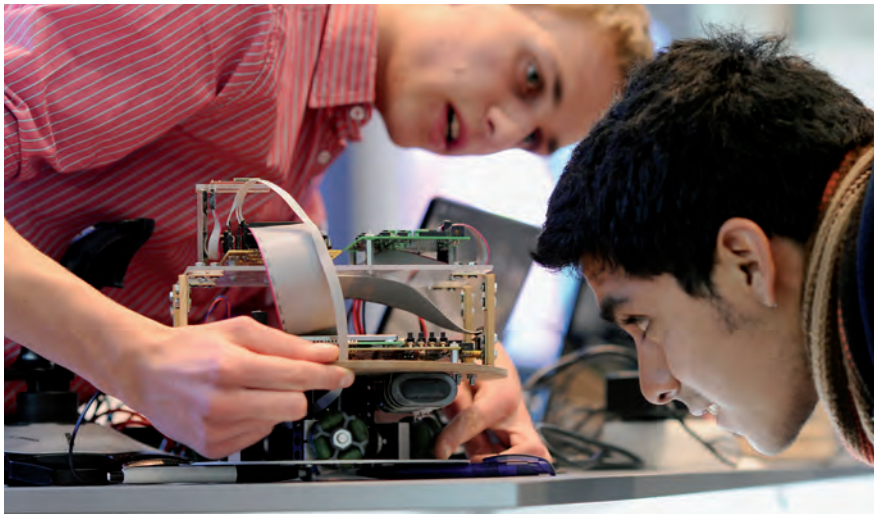
zehn Meter langen Rennstrecke gegeneinander an. In einer eigenen Kreativklasse wird auch die Originalität der kleinen Autos bewertet. Vorgegeben sind die Abmessungen des Fahrzeugs sowie die Fläche für Solarzellen, den Rest können die jungen Entwickler selber bestimmen – so kommt beim Material vom Schaumstoff-Stoßdämpfer bis zum Rad aus einer alten Schallplatte alles zum Einsatz.

Im Jahr 2012 wurde „SolarMobil Deutschland“ selber ausgezeichnet: Die Jury der Initiative „Deutschland – Land der Ideen“ hatte den Wettbewerb als einen von „365 Orten im Land der Ideen“ aus rund 2000 Einreichungen ausgewählt. Der Wettbewerb „SolarMobil Deutschland“ geht 2013 in die vierte Runde.

Die Nachwuchs-Initiative „INVENT a CHIP“: ein Chip ist dein Chip

Wie kann man beim Radfahren die Gänge automatisch schalten oder Waren sicher transportieren? All diesen Fragen haben sich in den vergangenen Jahren Teilnehmer der Initiative „INVENT a CHIP“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gewidmet. Das BMBF hat im Jahr 2013 bereits zum zwölften Mal Schülerinnen und Schüler dazu aufgerufen, eigene Ideen für Mikrochips einzureichen.

Junge Nachwuchsforscher haben bei „INVENT a CHIP“ die Chance, den technischen Fortschritt nicht nur mitzuerleben, sondern auch zu gestalten. Mit ihren Ideen für Mikrochips können sie den Alltag erleichtern, Energie einsparen und so etwas für die Umwelt tun, oder sogar Menschenleben retten. In diesem Jahr hatten beispielsweise die Aachener Schüler Raphael Hagmanns und Marvin Williams die Idee für einen Senior-Life-Guard-Gürtel, der älteren Menschen dabei helfen soll, selbstständig zu wohnen. Er erkennt über einen eingebauten Chip Stürze und ermöglicht seinem Träger, sofort Hilfe anzufordern.



Die Sieger von „INVENT a CHIP“ erwarten neben Geldpreisen auch die Aufnahme in das Auswahlverfahren für ein Stipendium der Studienstiftung des deutschen Volkes sowie Kontakte zu Industrie und Hochschulen und die Präsentation ihrer eigenen Projekte auf Messen.

Insgesamt waren in diesem Jahr 3.100 allgemein- und berufsbildende Schulen zur Teilnahme am Wettbewerb mit dem Schwerpunktthema „Sport“ aufgerufen. Mit 34 Prozent sind auch die Mädchen in diesem technischen Entscheid gut vertreten.

Weiterführende Informationen

Hintergründe zu den Themengebieten dieser Broschüre

Elektroniksysteme: www.bmbf.de/de/6247.php

Elektromobilität: www.bmbf.de/de/14706.php

Mikrosystemtechnik: www.bmbf.de/de/5701.php

Nachwuchswettbewerbe



www.invent-a-chip.de

Video „BMBF-VDE-Wettbewerb

INVENT a CHIP auf der CeBIT 2012“:

www.youtube.com/watch?v=osd83PDvX0M



www.solarmobil-deutschland.de

Video „Mit der Kraft der Sonne gewinnen –

SolarMobil Deutschland 2012“:

www.youtube.com/watch?v=rpDxoeiG0I0

Die Europäische Technologieinitiative ENIAC

www.eniac.eu

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Elektroniksysteme; Elektromobilität
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

September 2013

Druck

Druckerei Thiel Gruppe, Berlin

Redaktion

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, C. Martin und D. Tillack

Gestaltung

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, A. Zeich

Bildnachweis

Titelbild: Thinkstock, S.4/5 Thinkstock, S.6 Siemens, S.7 SMA Solar Technology AG, S. 8/9 Thinkstock, S.10 Insta Elektro GmbH, S.11 Thinkstock, S.12 Thinkstock, S. 13 © Ingo Bartussek - Fotolia.com, S.14/15 Thinkstock, S.16 Infineon Technologies AG, S.17 Bombardier Transportation, S.18 Heraeus Materials Technology GmbH & Co. KG, S.20/21 Thinkstock, S.22 Siemens AG, S.23 Liebherr-Elektronik, S.24/25 Thinkstock, S.26 Infineon Technologies, S.27 © Fraunhofer IAF, S.28 PGI-9 Forschungszentrum Jülich, S.29 u. S.30 Silicon Saxony Management GmbH, S.31 Thinkstock, S.32 VDE, S.33 VDE (Hannibal Hanschke)

Diese Veröffentlichung 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 Zwecke 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 Veröffentlichung 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.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung