

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse  
**Band:** 94 (2003)  
**Heft:** 18

**Artikel:** Muskeln aus Metall  
**Autor:** Hoffmann, Joachim  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857587>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Muskeln aus Metall

## Forschungszentrum Karlsruhe entdeckt nanostrukturiertes Material, das direkt elektrische in mechanische Energie umwandelt

Muskeln aus Metall für Miniaturroboter oder Kleinprothesen – das ist eine der Visionen, die durch eine Entdeckung des Forschungszentrums Karlsruhe Wirklichkeit werden könnte. Wissenschaftler entwickelten ein neuartiges nanoporöses Metall, das sich beim Anlegen einer elektrischen Spannung reversibel ausdehnt. So kann elektrische Energie direkt in mechanische Energie umgewandelt werden. Weltweit erstmalig lassen sich damit an einem Metall makroskopisch messbare Längenänderungen durch Anlegen von geringen elektrischen Spannungen hervorrufen. Dank dieses Durchbruchs können verschiedene mikrotechnische Komponenten realisiert werden, die inzwischen zum Patent angemeldet worden sind: Schalter und Regler, direkte Spannungsanzeiger oder andere Sensoren, Aktuatoren sowie – die Umkehrung des Effektes nutzend – Bewegungswandler.

■ Joachim Hoffmann

### Nanomaterialien

Die Zukunft gehört den Nanomaterialien. Durch das extrem hohe Verhältnis von Oberflächen zu gefülltem Raum (Volumen) weisen sie Eigenschaften auf, die von denen unserer Erfahrungswelt stark abweichen. Ein Durchbruch in der Nanowelt ist nun Wissenschaftlern des Forschungszentrums Karlsruhe gelungen.

«Wir haben zunächst nanostrukturiertes Platin hergestellt», erklärt Dr. Jörg Weissmüller, der dieses Projekt am Institut für Nanotechnologie des Forschungszentrums Karlsruhe leitet. «Dabei wird ein Festkörper aus kleinen Nanopartikeln mit vielen dazwischen liegenden Poren aufgebaut.» Diese Form des Platins ändert beim Anlegen einer elektrischen Spannung ihre Ausdehnung in einer Stärke, die bisher mögliche Werte bei Metallen um ein Vielfaches übersteigt. Die Längenänderungen sind makroskopisch messbar.

**Adresse des Autors**  
Joachim Hoffmann  
Forschungszentrum Karlsruhe  
Postfach 3640  
D-76021 Karlsruhe

Damit wird eine Vielzahl von Anwendungen möglich, die vorher unerreichbar schienen. So können aus dem nanostrukturierten Platin so genannte Aktuatoren gebaut werden, das sind Bauelemente, die elektrische Arbeit direkt in Bewegung umsetzen. Die Anwendungen reichen von mikroskopischen Ventilen, die entweder von aussen oder – abhängig von ihrer Umgebung – auch selbstständig geschaltet werden, über adaptive Optiken oder intelligente Materialien, die bei Bedarf ihre Form ändern, bis zu künstlichen Muskeln für Miniaturroboter oder Kleinprothesen.

Weitere Anwendungen sind Dosiereinheiten, Schalter und Regler (etwa zum Öffnen und Schliessen eines Stromkreises) oder Messgeräte für Ionen oder elektrische Spannungen.

Der umgekehrte Effekt – die Umwandlung von Beschleunigung in einen Stromimpuls (analog etwa einem Piezokristall) – lässt sich für Bewegungs- oder Kraftsensoren nutzen, wie sie beispielsweise für die Auslösung von Airbags im Auto verwendet werden.

### Wissenschaftlicher Hintergrund

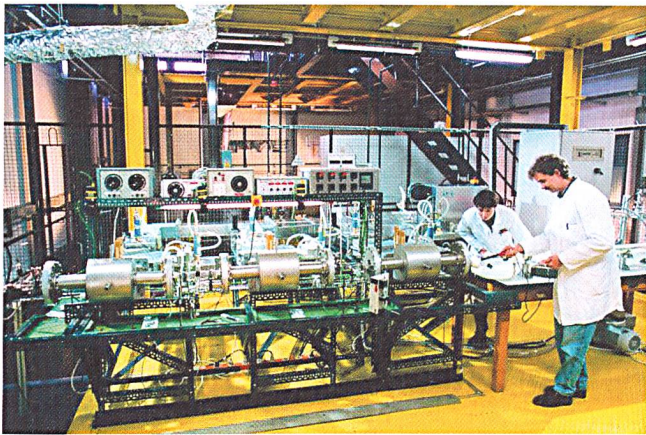
Die Experimente wurden mit nanostrukturiertem Platin durchgeführt. Reines Platin wird dabei durch Verdampfen und anschließende Kondensation in einer dünnen Edelgasatmosphäre in weniger als 5 Nanometer (Millionstel Millimeter) grosse Partikel überführt, die durch Pressen zu einem nanoporösen Körper kompaktiert werden. Der entstandene Festkörper wird in eine leitfähige Flüssigkeit, einen so genannten Elektrolyten, getaucht, der die Hohlräume ausfüllt. Durch den Elektrolyten, eine Säure oder Lauge, können elektrische Ladungen zu allen Nanopartikeln des Festkörpers transportiert werden. Anlegen einer elektrischen Spannung verändert die elektrische Ladung des Elektrolyten. Dadurch werden an den Oberflächen der Nanopartikel ebenfalls elektrische Ladungen induziert. Die Atome ändern durch die Ladungsveränderung die Zahl der Elektronen in der Hülle und damit quasi ihre chemische Identität.

Im Prinzip ist der genannte Effekt aus der Halbleiterphysik gut bekannt; dort liegen ähnliche Vorgänge dem Funktionsprinzip von Feldeffekttransistoren zu Grunde, den wichtigsten Bausteinen integrierter Schaltkreise. Das aufregend

In der Edelgaskondensationsanlage im Institut für Nanotechnologie des Forschungszentrums Karlsruhe werden nanostrukturierte Partikel, beispielsweise aus Platin, hergestellt.





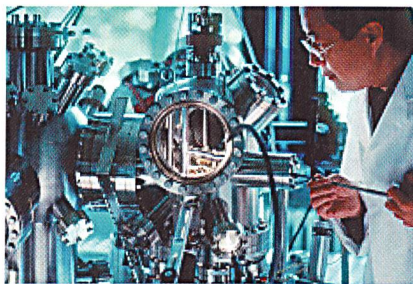


Mikrowellenapparat zur Erzeugung und Beschichtung von Nanopartikeln.

Neue besteht bei Metallen darin, dass die induzierte Ladung nicht – wie in Halbleitern – über eine vergleichsweise breite Raumladungszone ausschmiert; stattdessen verbleibt die Ladung in einer eng lokalisierten Zone nahe der Oberfläche. Dort ist die Ladungsdichte sehr viel höher als in Halbleitern, sodass die Überschussladung bis zu (plus oder minus) ein Elektron pro Atom betragen kann. Das bedeutet, dass es prinzipiell möglich wird, die Oberflächenatome reversibel in ihrem chemischen Charakter um plus oder minus eine Ordnungszahl im Periodensystem zu verschieben, ein Vorgang, der bisher mit physikalischen Methoden nicht realisiert werden konnte. Da die Elektronenstruktur ausschlaggebend für praktisch alle physikalischen Eigenschaften ist, öffnen sich hiermit ganz neue Wege für Materialien mit reversibel schaltbaren Eigenschaften, zum Beispiel schaltbare magnetische und optische Eigenschaften oder schaltbare Phasengleichgewichte.

In einer ersten Anwendung ist der Effekt bei den Experimenten im Institut für Nanotechnologie dazu eingesetzt worden, die atomaren Bindungsverhältnisse in der Oberfläche zu beeinflussen: Die Oberflächenatome tendieren dann dazu, entweder näher zusammenzurücken oder sich weiter voneinander zu entfernen. Im Gegensatz zu makroskopischen Festkörpern dominieren bei den Nanopartikeln die Oberflächen das Verhalten. Durch die veränderten Atomabstände ändert sich deshalb die Grösse der Nanopartikel und

somit – da sich alle Partikel in die gleiche Richtung verändern – die Grösse des gesamten Festkörpers. Er zieht sich zusammen oder dehnt sich aus. Schon bei relativ kleinen Spannungen (unter einem Volt) können in dem nanoporösen Platin Längenänderungen von bis zu 0,15% erzielt werden. Damit lassen sich weltweit erstmals an einem Metall makroskopisch messbare Längenänderungen durch Anlegen von geringen elektrischen Spannungen hervorrufen.



Probenjustage an einem Rasterkraftmikroskop (AFM) im Bereich Nanotechnologie.

### Des muscles en métal

Des muscles en métal pour des robots miniatures ou de petites prothèses: Des scientifiques développent un métal nanoporeux d'un nouveau genre qui se dilate de manière réversible sous l'effet d'une tension électrique. Ainsi, l'énergie électrique se transforme directement en énergie mécanique. Pour la première fois au monde, il est possible de provoquer des changements de longueur mesurables au niveau macroscopique grâce à de petites tensions électriques. Cette découverte permet de réaliser divers composants micro-techniques: sectionneurs et régulateurs, indicateurs directs de tension ou autres indicateurs et détecteurs, ainsi que le détecteur de mouvement – l'effet étant réversible.

Das Forschungszentrum Karlsruhe ist Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft, die mit ihren 15 Forschungszentren und einem Jahresbudget von rund 2,1 Milliarden Euro die grösste Wissenschaftsorganisation Deutschlands ist. Die insgesamt 24 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Helmholtz-Gemeinschaft forschen in den Bereichen Struktur der Materie, Erde und Umwelt, Verkehr und Weltraum, Gesundheit, Energie sowie Schlüsseltechnologien.

# USV

Über 20 Modelle  
startklar!

Unterbrechungs-  
freie Stromver-  
sorgungs-Anlagen  
von CTA.

Keiner startet

schneller:

CTA liefert die  
gebräuchlichsten

20 Modelle sofort

ab Lager!

CTA – Energie  
mit Sicherheit!

**CTA**  
Energy Systems

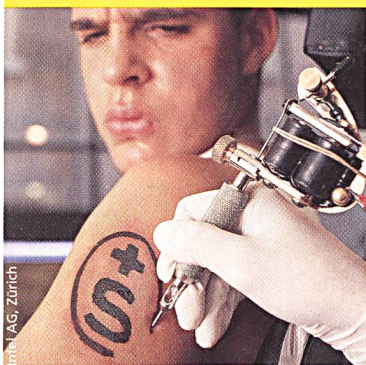
**Bern** CTA Energy Systems AG  
Hunzikenstrasse 2, 3110 Münsingen  
Telefon 031 720 10 43  
Fax 031 720 10 50

**Baar** CTA Energy Systems AG  
Blegistrasse 13, 6340 Baar  
Telefon 041 766 40 00  
Fax 041 766 40 09

www.usv.ch  
usv@cta.ch



# La sécurité à fleur de peau



L'origine des produits n'est pas une question de hasard. Ils portent un label.



**Fiez-vous au signe de sécurité** de l'Inspection fédérale des installations à courant fort (IFICF). Il est la preuve visible que le produit a subi des tests et fait l'objet d'une surveillance de marché. Vous pourrez donc apprécier sa qualité en toute sécurité. Pour plus d'information consultez [www.esti.ch](http://www.esti.ch)



Le signe de conformité SEV apporte en outre la certitude que la fabrication du produit fait l'objet d'une surveillance permanente.

Vous trouverez plus d'informations sur le site [www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch)



Eidgenössisches Starkstrominspektorat  
Inspection fédérale des installations à courant fort  
Ispettorato federale degli impianti a corrente forte  
Inspektorat federal d'implants da current ferm

[www.esti.ch](http://www.esti.ch)  
Luppmenstrasse 1  
8320 Fehraltorf  
Tél. 01 956 12 12

**La sécurité en toute sécurité**



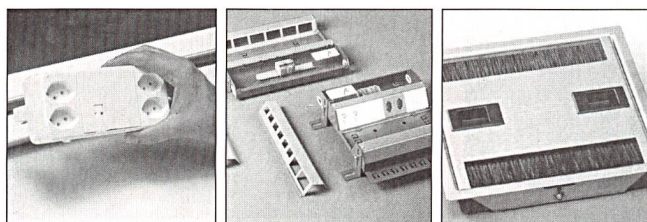
## Der Leitfaden für Lebensretter.

Bei Unfällen mit Herzstillstand entscheidet der Zeitfaktor über Leben und Tod. Die neue Erste-Hilfe-Tafel zeigt, wie Sie schnell und richtig handeln.

Electrosuisse, Verkauf  
Luppmenstrasse 1  
8320 Fehraltorf

Telefon 01 956 14 05  
oder 01 956 13 64  
[www.electrosuisse.ch](http://www.electrosuisse.ch)  
E-Mail: [verkauf@electrosuisse.ch](mailto:verkauf@electrosuisse.ch)

electrosuisse



## Wie Strom-, Daten- und Telefonleitungen zu Arbeitsplätzen in Büros, Labors und Werkstätten führen?

- **Mit LANZ modularen Brüstungskanälen:**  
Geräumig. Preisgünstig. Apparate verdeckt angeordnet. Verkleidung Holz oder Metall. 150×200 bis 250×300 mm.
- **Mit LANZ Brüstungskanal-Stromschienen:**  
Fixfertige Stromzuführung 230 V und 400 V / 63 A mit steckbaren Apparaten. Grosser Leerkanal für Daten- / Telefonkabel.
- **Mit LANZ Doppelboden-Installationsmaterial:**  
Gitter- und Multibahnen / Bodenanschlussdosen für Strom, Daten, Tel., für alle Steckersysteme / Kabeldurchführungen.

Fragen Sie LANZ. Wir haben Erfahrung! Verlangen Sie Beratung und Offerte. **lanz oensingen ag CH-4702 Oensingen**

☐ **LANZ Produkte für die Arbeitsplatzerschliessung** interessieren mich! Bitte senden Sie Unterlagen.

☐ Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. \_\_\_\_\_

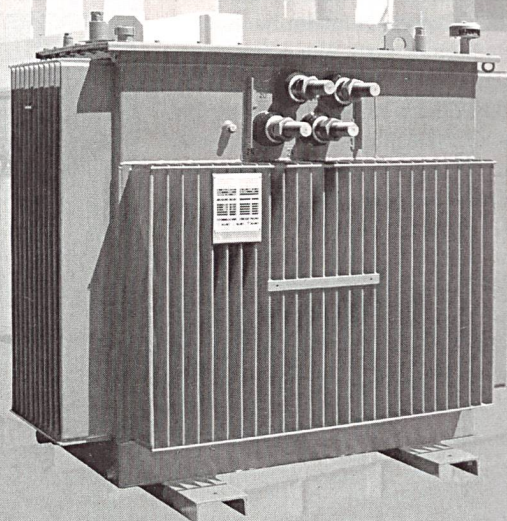
A1



**lanz oensingen ag**  
CH-4702 Oensingen  
Telefon 062 388 21 21  
[www.lanz-oens.com](http://www.lanz-oens.com)  
Südringstrasse 2  
Fax 062 388 24 24  
[info@lanz-oens.com](mailto:info@lanz-oens.com)

**RAUSCHER & STOECKLIN AG**  
ELEKTROTECHNIK  
POSTFACH  
CH-4450 SISSACH  
Tel. +41 61 976 34 66  
Fax +41 61 976 34 22  
Internet: [www.raustoc.ch](http://www.raustoc.ch)  
E-Mail: [info@raustoc.ch](mailto:info@raustoc.ch)

**RAUSCHER  
STOECKLIN**



**Wir bauen Transformatoren nach Mass.**