

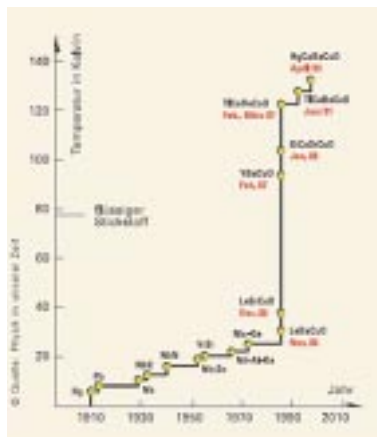
Hochtemperatur-Supraleiter

A U F G A B E N
1 Definieren Sie den Begriff Hochtemperatur-Supraleiter.
2 Welche Vorteile bieten diese gegenüber konventionellen Supraleitern?
3 Beschreiben Sie die Entwicklung bei Hochtemperatur-Supraleitern zwischen 1910 und 1993! Welche Ursachen gibt es für den sprunghaften Fortschritt seit 1986?

A1: WETTKAMPF UM KÄLTEREKORDE

Heike Kamerlingh Onnes, der Entdecker der Supraleitung, hatte die Vision, dass supraleitende Kabel elektrischen Strom ohne Verluste über Hunderte von Kilometern transportieren könnten. Doch der Pionier wurde schnell enttäuscht. Alle damals bekannten Supraleiter verloren ihre wunderbare Fähigkeit schon in desillusionierend schwachen Magnetfeldern; von den Magnetfeldern, die die Starkströme der Energietechnik durch ihr Fließen erzeugen, ganz zu schweigen. Zu diesem grundlegenden Problem kam noch ein weiteres: Flüssiges Helium erfordert eine extrem teure und aufwändige Kältetechnik.

Trotz intensiver Suche konnten die Forscher lange kein Material finden, das bei nennenswert höheren Temperaturen supraleitend wird. Bis 1986 hielt die Niob-Germanium-Verbindung Nb₃Ge den Rekord – mit mickrigen 23 Kelvin. Das entspricht etwa -253 Grad Celsius. In den 1950er-Jahren entdeckten Forscher Metalllegierungen, die auch in starken Magnetfeldern supraleitend blieben. Diese „Typ-II-Supraleiter“ öffneten das Fenster zur technischen Anwendung. Drähte und Spulen aus ihnen wurden zum Laborstandard.



(Bild: „Hochtemperatur-Supraleiter lassen Rekorde purzeln“ / Physik in unserer Zeit)

A2: LEISTUNGSFÄHIGE HOCHTEMPERATUR-SUPRALEITER

Im Züricher IBM-Forschungslaboratorium starteten Alex Müller und Johann Georg Bednorz Anfang der 1980er-Jahre ein ungewöhnliches Forschungsprogramm. Sie untersuchten die Oxide verschiedener Metalle auf mögliche Supraleitung. Das war ziemlich unkonventionell, weil solche keramischen Oxide bei Zimmertemperatur allenfalls nur sehr schwach elektrisch leiten – wenn überhaupt. Doch die beiden hatten den richtigen Riecher. 1986 wurde ein Oxid aus Barium, Lanthan und Kupfer bei sensationellen 35 Kelvin supraleitend. Sehr schnell zeichnete sich ab, dass die Forscher eine völlig neue Klasse von Hochtemperatur-Supraleitern (HTSL) entdeckt hatten. Dieser unerwartete Fund löste weltweit eine fieberhafte Suche nach neuen Supraleitern aus. Heute hat HgBa₂Ca₂Cu₃O₈ den Rekord auf 132 Kelvin hoch geschraubt. Die Hochtemperatur-Supraleiter hatten also endlich eine entscheidende Hürde für technische Anwendungen genommen: Sie benötigten zur Kühlung nur noch Stickstoff, der bei 77 Kelvin flüssig wird. Er ist um den Faktor 100 billiger und viel besser zu handhaben als flüssiges Helium. Zudem erwiesen sich die keramischen Supraleiter als unempfindlich gegen starke Magnetfelder.

Hochtemperatur-Supraleiter

A3: VOM LABOR ZUR ALLTAGSTECHNIK

Doch der Euphorie folgte abermals Ernüchterung. Die Hochtemperatur-Supraleiter waren ein sprödes Material, und die üblichen Herstellungsverfahren produzierten ein Konglomerat aus vielen feinen Körnchen. Das ließ sich nur schwer zu flexiblen Kabeln verarbeiten. Außerdem offenbarten die neuen Supraleiter eine weitere Eigenheit: Die Körnchen leiten hohe elektrische Ströme nur in zwei Dimensionen verlustfrei, in der dritten jedoch nicht. Also muss der Strom in einem Kabel nicht nur von Körnchen zu Körnchen „springen“, sondern in jedem auch noch eine andere Richtung einschlagen. Dieser Hindernislauf drohte die Vorteile der Supraleitung wieder aufzufressen.

Rund zwei Jahrzehnte nach der Entdeckung der Hochtemperatur-Supraleiter hat die Industrie die wesentlichen Materialprobleme jedoch überwunden. Heute stehen die Chancen sehr gut, dass die Supraleitung zur Alltagstechnik wird. In Kopenhagen beweist das schon ein Pilotprojekt der Europäischen Union: Dort versorgt ein Stromnetz, das streckenweise supraleitende Kabel verwendet, bereits 50.000 Haushalte. Nächstes Jahr soll ein ähnliches Netz auf Long Island 300.000 New Yorker Haushalte bedienen.

Die Vorteile der Supraleitung liegen auf der Hand. Durch supraleitende Kabel werden beispielsweise die Verluste in Höhe von knapp zehn Prozent, die bei der Energieübertragung vom Stromproduzenten zum Verbraucher entstehen, deutlich verringert.

Der routinemäßige Einsatz von Hochtemperatur-Supraleitern in Transformatoren könnte zu einer Halbierung des Gewichts der Geräte und zu gewaltigen Energieeinsparungen aufgrund eines erheblich verbesserten Wirkungsgrads führen. Bei Elektromotoren auf HTSL-Grundlage erwarten Wissenschaftler in Zukunft unter anderem eine Verminderung der elektrischen Verluste um ein Drittel oder mehr.