

# Anwendungen

## für HTS Beschichtungen

Dünne HTS - Beschichtungen auf einkristallinen Substraten oder flexiblen Metallbändern bieten Vorteile für eine Reihe technischer Anwendungen. Die folgende Zusammenstellung gibt einen kurzen Überblick über die Hauptanwendungsgebiete

### Inhaltsverzeichnis

Kommunikation.....	2
Mobilfunk.....	2
Satellitenkommunikation.....	2
Elektrische Energietechnik.....	3
Fehlerstrombegrenzer (FSB).....	3
Elektrische Übertragungskabel.....	3
Medizintechnik.....	4
Magnetresonanztomographie (MRT).....	4
SQUIDS.....	4
Wissenschaft und Forschung.....	5
Kernresonanzspektroskopie (NMR).....	5
Elektromagnete .....	5

# Kommunikation

## Mobilfunk



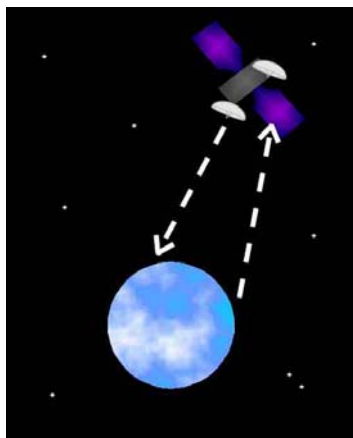
Supraleitende Hochfrequenzfilter in Mobilfunkantennen sind die am weitesten fortgeschrittene Anwendung von HTS - Schichten und kommerziell erhältlich. Mehrere tausend Hochfrequenz – Eingangsfiler sind in Antennen des Mobilfunknetzes (vor allem in den USA) installiert, um dessen Leistungsfähigkeit und Qualität zu verbessern.

Aufgrund des geringen Hochfrequenzwiderstandes lassen sich dadurch sehr rauscharme Filter mit steilen Filterflanken realisieren. Dies führt zu höherer Selektivität und Unterdrückung von Signalinterferenzen aus anderen Störquellen.

Die unmittelbaren Vorteile für den Netzbetreiber reichen von größerer Reichweite und besserer Verbindungsqualität bis hin zu höherer Übertragungskapazität pro Funkzelle. Für den Nutzer bedeutet dies bessere Sprachwiedergabe und weniger Funklöcher oder Verbindungsabbrüche.

Die Vergrößerung der Reichweite kann vor allem in ländlichen Regionen eine wichtige Rolle spielen oder wenn GSM Netze auf UMTS Technologie umgerüstet werden, da diese neuen Netzwerke eine größere Antennendichte und kleinere Funkzellen nötig machen. Der Einsatz supraleitender Eingangsfiler kann zu einer deutlichen Reduzierung der Anzahl teurer Antennenstationen und damit von Investitionskosten führen. Tatsächlich wird es aufgrund des Widerstandes von Anwohnern heutzutage zunehmend schwierig Antennenmasten im städtischen Umfeld zu installieren.

## Satellitenkommunikation



Kommunikationssatelliten sind gigantische Relaisstationen, die schwache Signale von erdgebundenen Sendern empfangen, verstärken und zurückwerfen. Die Hauptmasse dieser Satelliten besteht aus Hochfrequenzfiltern, die einzelne Kanäle (Fernsehprogramme, Daten) aus einer breitbandigen Übertragung herausfiltern. Nach Verstärkung werden die Signale wieder zusammengesetzt und an einen Empfänger auf der Erde gesendet.

Auch unter Einbeziehung des Kühlaggregats, das den Filter bei 60 – 80 K hält, bieten Supraleitungsfilter dieselbe Leistungsfähigkeit wie konventionelle Filter bei deutlich geringerem Volumen und Gewicht. Bei einem typischen Preis von 50000 USD pro Kilogramm Startgewicht bedeutet dies eine offensichtliche Kostenersparnis.

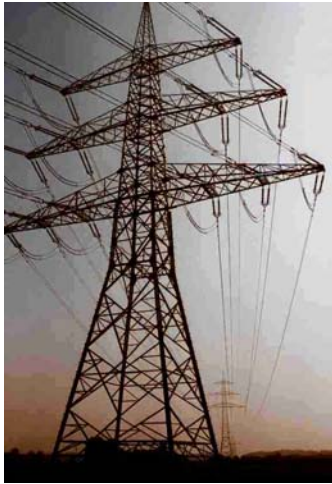


Das Bild stellt einen konventionellen Intelsat VI Multiplexer mit einem seiner Kupfer-Hohlraumresonatoren einem (vergoldeten) Supraleitungsfilter (Quelle: Tesat) gegenüber. Diese Filter arbeiten im C-band bei ca. 4 GHz.

Mit freundlicher Genehmigung der Tesat GmbH

# Energietechnik

## Fehlerstrombegrenzer (FSB)



Fehlerstrombegrenzer (FSB) sind Schutzrichtungen im elektrischen Versorgungsnetz. Im Falle von Kurzschlüssen, Blitzeinschlägen, oder wann immer plötzlich auftretende Überströme Komponenten des Stromnetzes zu zerstören drohen, müssen Sicherungen das Netzwerk abschalten. Konventionelle Unterbrecher arbeiten relativ träge, weshalb die Versorgungsnetze großzügig überdimensioniert werden müssen, um Überströmen kurzzeitig standzuhalten. Da konventionelle Unterbrecher zudem manuell gewartet und zurückgesetzt werden müssen, führen solche Störungen zu langen Stromausfällen.

Supraleitende FSB nutzen die Eigenschaft der Supraleiter, bei Überschreiten eines bestimmten "kritischen" Stromwertes in den normalleitenden Zustand überzugehen. Dieser Schaltvorgang passiert in einigen tausendstel Sekunden und begrenzt den Strom auf seinen Nominalwert. Dadurch lässt sich das Stromnetz sehr effektiv schützen, bestehende Kapazitäten können besser genutzt werden (geringere Sicherheitsreserve) und Transformatoren können eingespart werden, wenn Netzabschnitte verbunden werden. Nach dem Auslösen erholt sich der FSB innerhalb einiger Sekunden und längere Stromausfälle können vermieden werden oder erzeugen geringere Folgeschäden.

## Elektrische Übertragungskabel

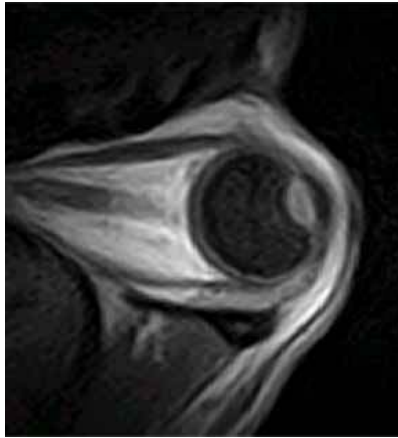


Die verlustlose Übertragung elektrischer Energie ist sicher das erste, was einem beim Begriff Supraleitung in den Sinn kommt. Die Herstellung flexibler Kabel aus keramischen HTS ist jedoch nicht ganz einfach. Für einige Wismut - basierte HTS (BSCCO) wurde eine Technik entwickelt, die es erlaubt, HTS Filamente in eine Silbermatrix einzubetten und kilometerlange Drähte zu ziehen. Diese wurden bereits benutzt, um Stickstoff - gekühlte Kabelabschnitte zu realisieren, die weltweit an vielen Stellen erfolgreich installiert und getestet wurden.

Die Entwicklung einer neuen Generation von flexiblen Bandleitern basierend auf YBCO ist weit fortgeschritten und steht an der Schwelle zur Kommerzialisierung. YBCO bietet im Vergleich zu BSCCO höhere Leistungsfähigkeit, geringere Wechselstromverluste und perspektivisch geringere Kosten, da kein Silber gebraucht wird. Auch hier sind die technischen Herausforderungen sehr hoch, da sich hochwertige YBCO - Schichten auf Metallbändern nur herstellen lassen, wenn das Wachstum über Hunderte von Metern praktisch einkristallin (hochgradig orientiert) erfolgt. Dafür wurde eine ganze Reihe verschiedener Techniken entwickelt, die supraleitende Bandleiter mit extrem hoher Stromtragfähigkeit hervorbringen.

## Medizintechnik

### Magnetresonanztomographie (MRT)



Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist eine nicht – invasive Diagnosetechnik , die heute im medizinischen Alltag zur Untersuchung von Knochen – und Sehnenverletzungen oder aus der Krebsdiagnostik nicht mehr wegzudenken ist. Dabei wird der Körper im Gegensatz zu Röntgenuntersuchungen keiner ionisierenden Strahlung ausgesetzt, was das Risiko von Folgeschäden reduziert.. Da MRT nicht auf der Absorption von Röntgenstrahlung basiert, entsteht ein völlig anderer Kontrast und die Methode gestattet auch die Untersuchung von weichem Gewebe.

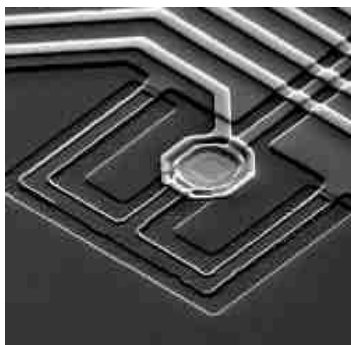
Die Qualität einer MRT – Aufnahme kann durch Verwendung supraleitender RF – Empfangsspulen (RF = Radiofrequenz) deutlich gesteigert werden. Dabei kommen flächige (planare)

Spulen aus YBCO – Schichten zum Einsatz, in die auch gleich interdigitale Kondensatorstrukturen integriert werden können, so dass ein auf die Resonanzfrequenz der kontrastgebenden Atomkerne abgestimmter Resonanzkreis entsteht. Aufgrund der kompakten Bauweise können auch mehrere Empfänger bei verschiedenen Frequenzen integriert werden, so dass man Bilder mehrerer Elementverteilungen (z.B.. H, Na) gleichzeitig aufnehmen kann.

Der Hauptvorteil des Supraleiters liegt in den geringen RF - Verlusten (1000 mal geringer als Kupfer). Die hohe Güte der Resonatoren erhöht die Empfindlichkeit des Empfängers und verbessert das Signal zu Rausch – Verhältnis um mehr als eine Größenordnung. Dadurch lässt sich die Zeit für eine hochauflösende Aufnahme drastisch reduzieren.

Supraleitende Empfänger sind entscheidend für MRT bei niedrigen Magnetfeldstärken. Diese Technik ermöglicht den Bau kleiner, billiger und offener MRT – Systeme, die nicht nur für große Kliniken sondern auch einzelne Ärzte (e.g. Orthopäden, Veterinäre etc.) oder für Entwicklungsländer erschwinglich wären

### SQUIDS



Squids, d.h. superconducting quantum interference devices, sind extrem empfindliche Magnetfeldsensoren, für die es kein konventionelles elektronisches Gegenstück gibt und die wie die ganze Supraleitung auf Quanteneffekten (Josephson - Effekte) beruhen. Sie stellen die z.Zt. empfindlichsten physikalischen Messgeräte überhaupt dar.

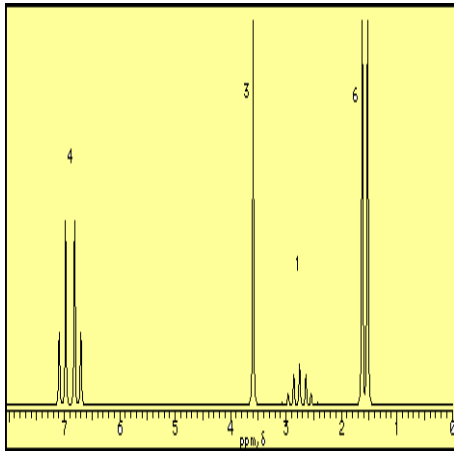
Da jeder elektrische Strom ein Magnetfeld erzeugt, können mit Squids winzigste Stromflüsse gemessen werden. So z.B. Hirnströme oder wenn immer Nerven Signale durch den Körper übertragen. Squid – Sensoren eignen sich deshalb in der

Medizintechnik für die berührungslose Aufnahme von Magnetokardiogrammen (MKG) oder Magnetoenzephalogrammen (MEG) mit hoher Ortsauflösung.

Aber auch in anderen Einsatzbereichen, wie der Werkstofftechnik und Qualitätskontrolle wurden zerstörungsfreie Untersuchungsmethoden für Metallteile (z.B.. Flugzeugkomponenten wie Räder oder Rumpf) erfolgreich getestet, um versteckte Defekte oder Ermüdungsrisse zu detektieren.

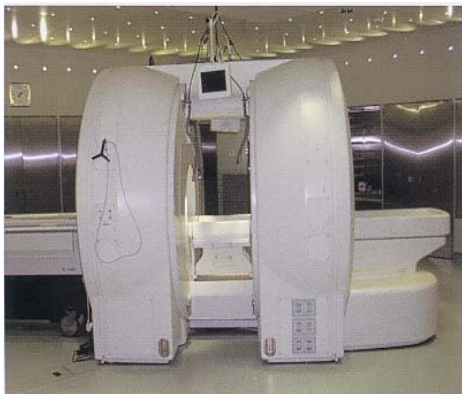
## Wissenschaft und Forschung

### Kernresonanzspektroskopie (NMR)



Die Kernresonanzspektroskopie (Nuclear magnetic resonance (NMR)) ist eine weit verbreitete Analysetechnik, um die Zusammensetzung und Struktur komplexer chemischer Verbindungen wie Proteinen etc. zu bestimmen. Um hohe Auflösung zu erzielen, werden supraleitende Magnete eingesetzt, die die hohen Magnetfelder erzeugen, die notwendig sind für die magnetische Aufspaltung der Hochfrequenzsignale. Empfindlichkeit und Messzeit hängen jedoch auch entscheidend vom Rauschen des Hochfrequenzempfängers ab. Supraleitende Antennenstrukturen können das Signal zu Rausch – Verhältnis dabei um mehr als eine Größenordnung verbessern. Folglich lässt sich die Aufnahmezeit deutlich reduzieren und auch schwächste Signale können noch detektiert werden.

### Elektromagnete



Supraleiter sind der einzig gangbare Weg, um sehr hohe Magnetfelder für Forschungslabors, Teilchenbeschleuniger, die Kernfusion oder in medizinischen oder analytischen Geräten (MRT, NMR) herzustellen.. Heutzutage verwendet man dazu konventionelle metallische Supraleiter wie Niob, NiTi, oder  $Nb_3Sn$ , die mit flüssigem Helium auf 4.2 K über dem absoluten Nullpunkt abgekühlt und an der Grenze ihrer Leistungsfähigkeit betrieben werden. HTS - Draht eröffnet die Möglichkeit solche Magnete bei höheren Temperaturen zu betreiben oder stärkere Felder zu erzeugen.

YBCO – Bandleiter zeigen extrem hohe Leistungsfähigkeit auch in sehr starken Magnetfeldern. Einsatzspulen aus diesem Material können deshalb in Hochfeldmagneten die Feldstärke zu bislang nicht erreichbaren Werten hochtreiben.