



**Dornier**

Deutsche Aerospace

Technische Konzernzeitschrift

Mit dem bevorstehenden Start des zweiten europäischen Erderkundungssatelliten ERS-2 erhält die Erderkundung vom Weltall eine neue Dimension. Zu Beginn der Mission plant die Esa eine sogenannte Tandem-Operation, einen Gemeinschaftsflug von ERS-1 und ERS-2. Zusätzlich hat der neue Satellit ein Instrument zur Messung von Spurengasen und des Ozongehalts in der Atmosphäre an Bord. Seite 6



Mit 20 Festbestellungen und 40 Optionen ist die amerikanische Regionalfluggesellschaft Horizon Air der größte Kunde der Dornier 328. Seit August 1994 sind acht Flugzeuge dieses Typs dort im Einsatz, zur Zufriedenheit der Betreiber und der Fluggäste. Seite 41



Vor elf Jahren wurde der erste Patient mit dem Dornier-Nierenlithotripter von seinem Steinleiden befreit. Seither hat sich die extrakorporale Stoßwellenlithotripsie zum Standardverfahren entwickelt. Gleichzeitig haben Mediziner und Ingenieure bei der Dornier Medizintechnik GmbH an der Weiterentwicklung des Verfahrens und der Erweiterung der Anwendungsgebiete gearbeitet. Seite 36



4/94

Dornier Post

Superkondensatoren mit bestechenden Vorteilen

## Bindeglied zwischen Kondensatoren und Batterien

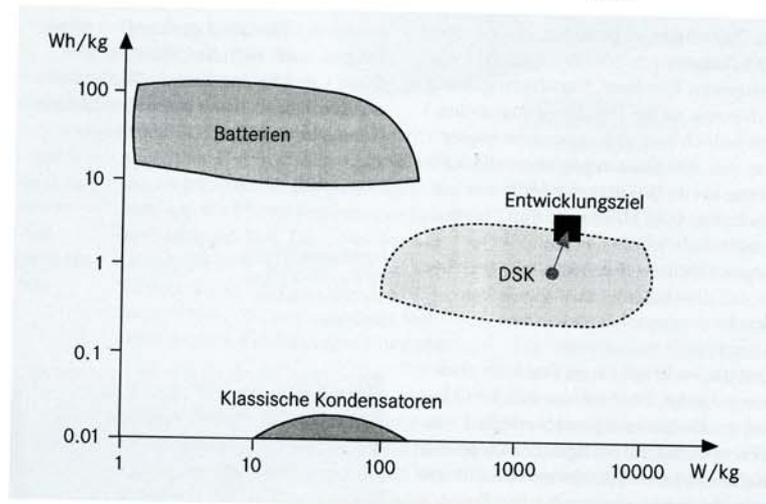
Dr. Peter Kurzweil, Dr. Günter Dietrich

Die Energiespeicherung in der elektrolytischen Doppelschicht eröffnet neue Dimensionen der Energie- und Elektrotechnik. Seit 1990 werden bei Dornier Superkondensatoren entwickelt, deren Leistungsdaten herkömmliche Kondensatoren um Größenordnungen übertreffen. Die neuartigen Ladungsspeicher erschließen eine Fülle interessanter Anwendungen in der Elektro-, Energie- und Kfz-Technik.

Superkondensatoren sind für Energiespeichersysteme interessant, die kurzzeitig hohe Leistungen bereitstellen müssen. Insbesondere für elektrische Antriebe vermögen sie einen wesentlichen Beitrag zu leisten: Die verschärften Vorschriften zum Umweltschutz mit „Zero-Emission-Fahrzeugen“ in Kalifornien bis zur Jahrtausendwende fordern leistungsfähige Batteriesysteme für die Elektrotraktion. Zukünftige Batterien mit ausreichender Energiedichte lassen nur eine begrenzte Leistungsdichte erwarten. Dies hat negative Auswirkungen für das Beschleunigungsverhalten von Elektrofahrzeugen, aber auch für die Lebensdauer der Batterie.

Die hohe Leistungsdichte von Superkondensatoren verspricht hier Abhilfe. Eine Batterie hoher Energiedichte und ein „Supercap“ werden zu einem leistungsfähigen Hybrid-System vereint: Während eine vergleichsweise kleine Batterie die Grundlast deckt, liefert der Kondensator kurzzeitig Spitzenleistung, etwa für Beschleunigungsvorgänge. Das gesamte Antriebssystem beansprucht deutlich weniger Masse und Volumen als eine herkömmliche Traktionsbatterie, die

nach dem Spitzenleistungsbedarf ausgelegt wird. Zusätzlich kann der Superkondensator dank seiner großen Kapazität zur Energierückgewinnung beim Bremsen vorteilhaft eingesetzt werden. In konventionellen Fahrzeugen können Superkondensatoren die Starterbatterie im urbanen Stop-and-Go-Verkehr unterstützen. Um die Kaltstart-Emissionen von Ottomotoren zu senken, wird die elektrische Beheizung von Abgaskatalysatoren mit Hilfe eines Superkonden-



Prinzipielles Leistungsprofil von Superkondensatoren im Vergleich zu herkömmlichen Kondensatoren und Akkumulatoren.

sators diskutiert. Innerhalb weniger Sekunden setzt der Kondensator die gespeicherte Energie frei. Steht das Fahrzeug, lädt sich der Kondensator wieder auf.

Bereits heute werden Superkondensatoren als Kurzzeit-Stromquelle und Batterieersatz für die Konsumelektronik eingesetzt. Das „Memory Backup“ für Computerspeicher, Videorekorder, Displays und die Spannungsversorgung für Mobilfunk, Solaruhren und Spielzeuge stehen dafür als Beispiele. Super-

kondensatoren formen damit leistungsfähige Bausteine für neue umweltverträgliche Technologien. Weitere mögliche Anwendungen sind:

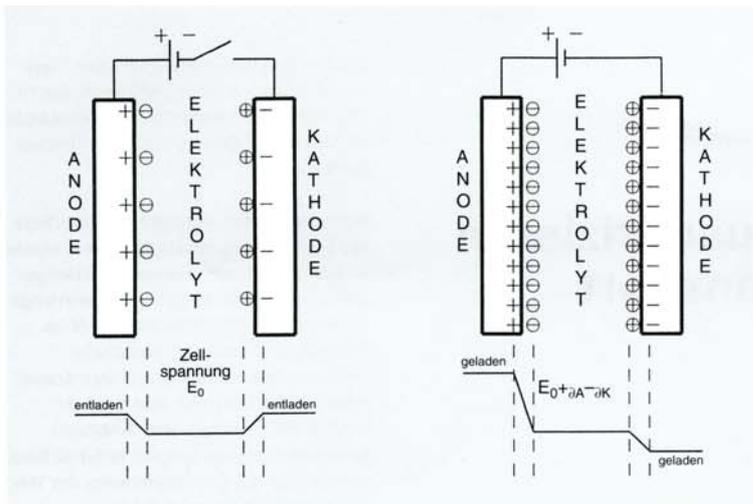
- Elektro-/Energietechnik: Ersatz konventioneller Kondensatoren (Volumeneinsparung), Spannungsstabilisatoren; Energiepuffer bei Netzausfällen; Energieversorgung für hohe Pulsleistung, zum Beispiel für SAR-Antennen in der Raumfahrt.
- Automatisierungstechnik: Kurzzeit-Energieversorgung für Aktuatoren und Sicherheitseinrichtungen
- Optik: Energieversorgung von PulsLasern und Kommunikationssystemen.
- Medizintechnik: Spannungsversorgung für Defibrillatoren
- Bergbau: elektronische Zünder

### Kleines Volumen – große Leistung

Die spezifische Kapazität von Superkondensatoren übertrifft herkömmliche Bauelemente um Größenordnungen. Ein Beispiel: In einem Kubikzentimeter

bündeln Metallfilmkondensatoren eine Kapazität von 80 Milliardstel Farad, Elektrolytkondensatoren bis zu 400 Millionstel Farad-Superkondensatoren erreichen 20 Farad! Diese Eigenschaft erlaubt den Bau äußerst kompakter elektronischer Bauelemente mit hervorstechenden Vorteilen:

- Einsparung von Masse und Volumen gegenüber herkömmlichen Kondensatoren



Prinzip des Doppelschichtkondensators. An der Grenzfläche zwischen Elektronen- und Ionenleitern bildet sich die elektrochemische Doppelschicht aus.

- höhere Energiedichte als konventionelle Kondensatoren
- höhere Leistungsdichte als Batterien
- Gegenüber Akkumulatoren können Superkondensatoren in kürzerer Zeit geladen und entladen werden und weisen um Größenordnungen höhere Zyklisierfähigkeit auf

Mit Energiedichten von zwei Wattstunden pro Liter und mehr schlagen Superkondensatoren alle bekannten Typen von Keramik-, Metallfilm- und Elektrolytkondensatoren. US-amerikanische Studien prognostizieren Leistungsdichten von pulsbetriebenen Superkondensatoren bis 70 Kilowatt pro Kilogramm und 200 Kilowatt pro Liter.

#### Wie funktioniert der Superkondensator?

Als Hermann von Helmholtz Mitte des vorigen Jahrhunderts das Modell der elektrolytischen Doppelschicht entwickelte, konnte er die Bedeutung seiner Entdeckung für die Elektrotechnik nicht erahnen. Die praktischen Möglichkeiten zur Energiespeicherung an der Kontaktfläche zwischen Elektronen- und Ionenleitern weckten erst in den 70er Jahren internationales Interesse.

Superkondensatoren firmieren als neuartiger Typ elektrochemischer Energiespeicher. Auf Basis von Metalloxiden begann Dornier bereits 1990 mit der Entwicklung solcher kurz „Supercaps“ genannten Bauelemente, zunächst für Raumfahrtanwendungen. An der Phasengrenzfläche zwischen der Oxidschicht und einer Elektrolytlösung formiert sich die elektrolytische Doppelschicht, die sich wie ein Plattenkondensator laden und entladen läßt. Das „Dielektrikum“ bilden die Ladungsträger der Elektrolytlösung, die auf der Oxidoberfläche absorbieren. Mit mikroporösen Materialien werden Flächenkapazitäten von über ein Farad pro Quadratzentimeter ( $1 \text{ F/cm}^2$ ) erreicht. Dafür ist die sogenannte Pseudo- oder Redoxkapazität verantwortlich, die auf der blitzschnellen Umladung der nahezu metallisch leitfähigen Oxide an der Kontaktfläche mit der Elektrolytlösung beruht.

Anders als Elektrolytkondensatoren, die Energie durch Ladungstrennung zwischen dünnen Oxidfilmen speichern, tragen Superkondensatoren keine Polarität. Ein Superkondensator besteht im einfachsten Fall aus zwei Elektroden, die in wäßrige oder organische Lösungen tauchen. Zwei kapazitive Fest-Flüssig-Grenzflächen sind hintereinander angeordnet. Eine äußere Gleichspannung zwingt die von einer Lösungsmittelhülle umgebenen Ladungsträger der Elektrolytlösung zur Wanderung an die Elektro-

den. Die positiv geladenen Kationen streben zum Minuspol, die Anionen zum Pluspol und werden dort entladen. Fließt ein Wechselstrom durch die elektrochemische Zelle, so wechseln die Doppelschichten ihre Polarität mit der Frequenz des Anregungssignals. Die Zersetzung des Elektrolyten begrenzt die maximale Betriebsspannung des Superkondensators. Hohe Nennspannungen werden daher durch Serienschaltung mehrerer bipolarer Zellen in einer „Sandwich-Anordnung“ realisiert. Durch den Querschnitt der Einzelzellen lassen sich Stromdichte,



Superkondensator aus bipolaren Metalloxidelektroden, keramischen Separatoren und Dichtungselementen.

Energieinhalt und Leistungsdichte der Anwendung anpassen.

Die entwickelten Superkondensatoren enthalten keine brennbaren Komponenten und können gefahrlos umgepolt werden. Während weltweit überwiegend Aktivkohle als Elektrodenmaterial eingesetzt wird, die einen hohen Widerstand aufweist, eignet sich die verwendete Metalloxid-Technik auch für Pulsleistungsanwendungen unter hohen Strömen. Wesentliche Aufgaben für die Forschung sind die Verbesserung des Temperatur- und Frequenzganges der Kapazität und die Entwicklung von Bauelementen für höhere Spannungen durch die kompakte Serienschaltung von Einzelzellen.