

Magnetische Moleküle – sind die Bits von morgen aus Kunststoff?

Jürgen Schnack
Fachbereich Physik - Universität Osnabrück
<http://obelix.physik.uni-osnabrueck.de/~schnack/>



25. Juni 2002

Inhalt

- VDI-Technologiefrüherkennung Molekulare Magnete
- Was sind magnetische Moleküle?
- Struktur magnetischer Moleküle
- Beispiel magnetischer Makromoleküle
- Magnetische Moleküle als Speicher?
- Magnetische Moleküle als Speicher?
- Light Induced Excited Spin State Trapping (LIESST)
- Weitere Anwendungen magnetischer Moleküle
- Forschungsförderung zu molekularen Magneten

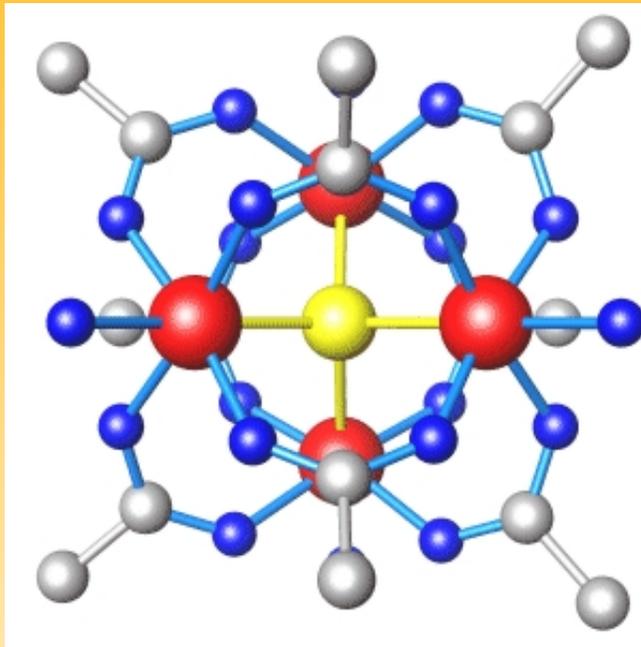
VDI-Technologiefrüherkennung Molekulare Magnete



- **1987** erstmals Ferromagnetismus in einer metall-organischen Substanz ($T_c < 4.8$ K);
- **1989** Entdeckung LIESST-Effekt (Light-Induced Excited Spin State Trapping) bei Spin-crossover-Substanzen;
- **1990** erstmalig Ferromagnetismus in rein organischer Substanz ($T_c < 1$ K, heute $T_c < 35.5$ K);
- **1991** Ferromagnetismus in einer metall-organischen Substanz ($T_c > 350$ K);
- **1996** Entdeckung des makroskopischen Tunnels der Magnetisierung an einem Einkristall gebildet aus metall-organischen Nanomagneten.

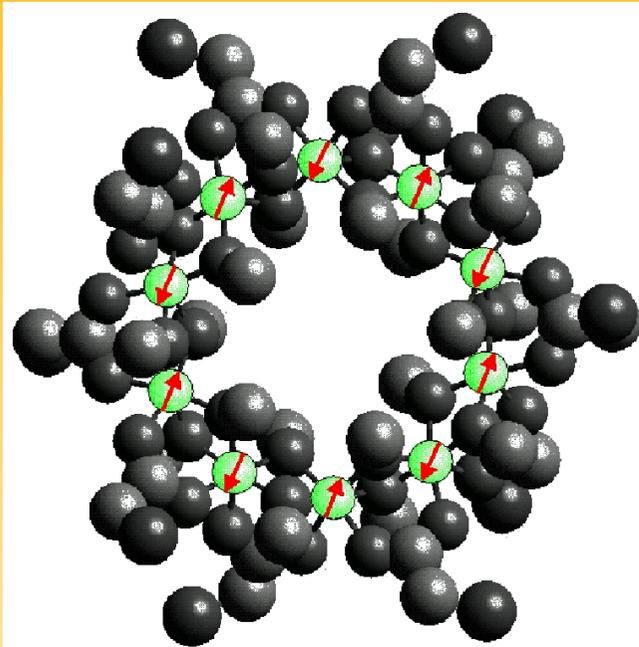
<http://www.vdi.de/vdi/organisation/schnellauswahl/techno/arbeitsgebiete/zukunft/sub/02194/index.php>

Was sind magnetische Moleküle?



- Makro-Moleküle, z.B. Polyoxometallate: enthalten organische Bestandteile aus Wasserstoff (H), Kohlenstoff (C) und Sauerstoff (O) sowie paramagnetische Ionen wie Eisen (Fe), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Nickel (Ni) oder Mangan (Mn);
- Organische magnetische Moleküle: magnetische Kopplung zwischen Hochspinmolekülen (z.B. freien Radikalen);
- intermolekulare Wechselwirkung vergleichsweise schwach;

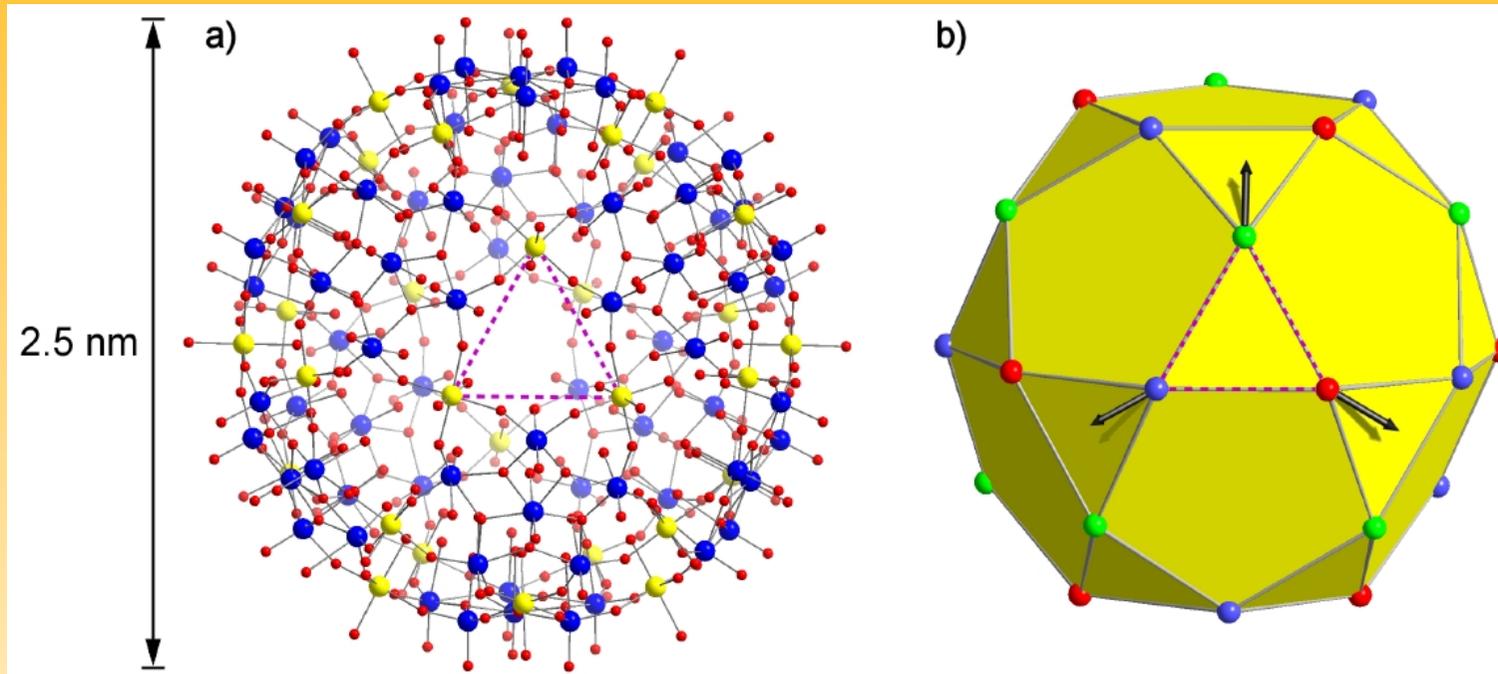
Struktur magnetischer Moleküle



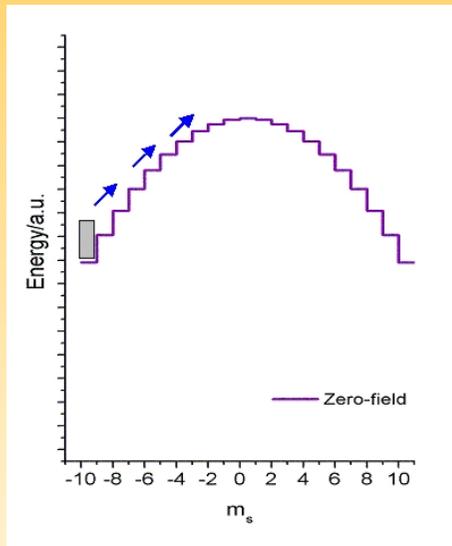
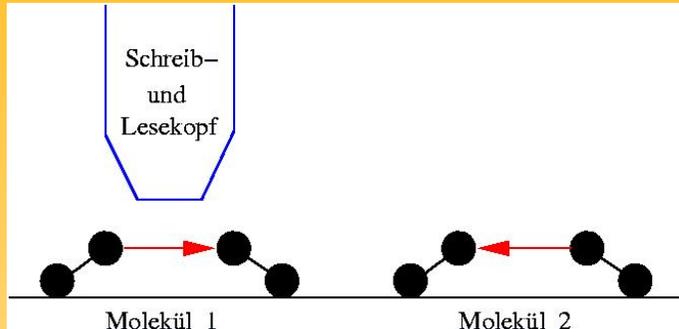
- Dimere (Fe_2), Tetraeder (Cr_4), Würfel (Cr_8);
- Ringe, insbesondere Eisenringe (Fe_6 , Fe_8 , Fe_{10} , ...);
- komplexe Strukturen (Mn_{12});
- Fußbälle, genauer Ikosidodekaeder (Fe_{30}) und andere Makromoleküle.

Beispiel magnetischer Makromoleküle

{Mo₇₂Fe₃₀}



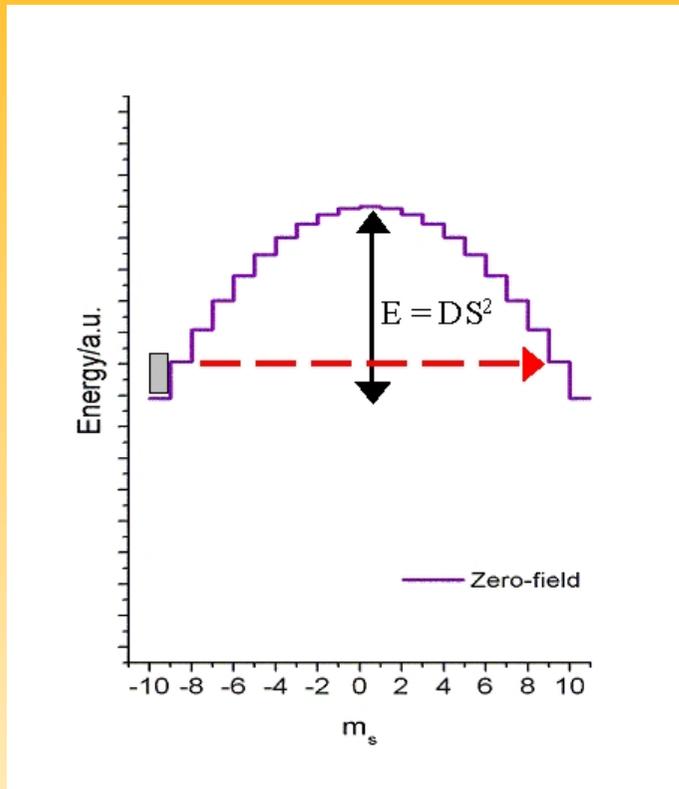
Magnetische Moleküle als Speicher?



Vorteile:

- jedes Molekül ist eine eigene Domäne; kaum intermolekulare Wechselwirkungen; hohe Dichte und trotzdem gute Separation der magnetischen Momente möglich;
- hoher Spin möglich, z.B. $S = 10$;
- magnetische Moleküle zeigen Hysterese;
- theoretisch erreichbare Speicherdichte: **40 Tbits per square inch**, heute: 20 Gbits per square inch (IBM), 300GB per square inch (Fujitsu 05/2002)

Magnetische Moleküle als Speicher?

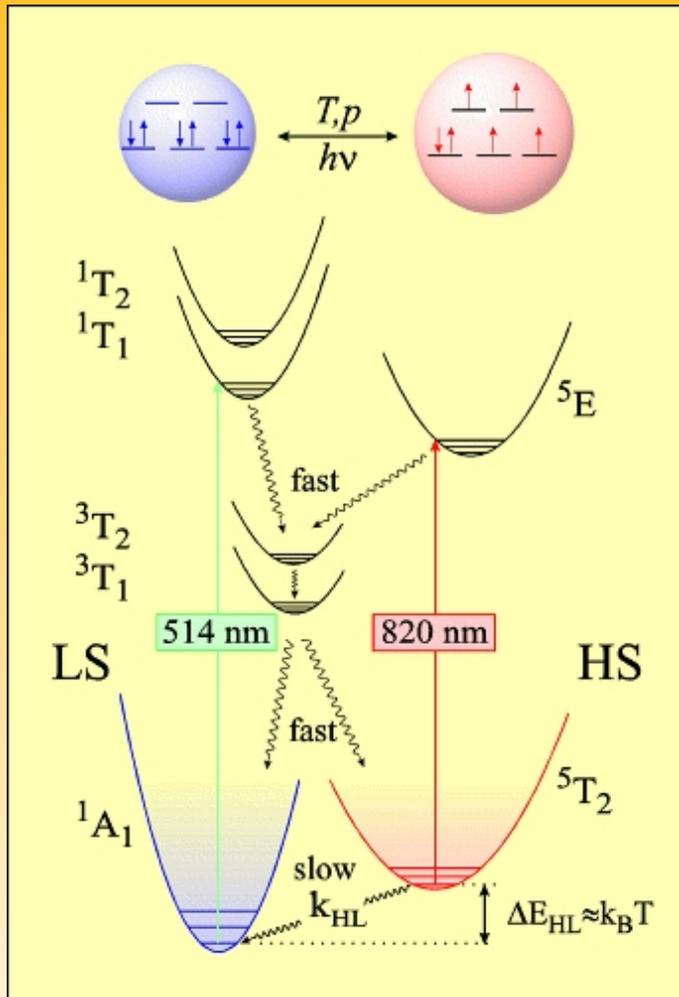


Nachteile:

- Magnetisierungstunneln! Stabilisierung durch entsprechendes Substrat? (Prof. Blügel, Osnabrück/Jülich, <http://www.flapw.de>)
- oft sehr kleine Kopplungen ($J \approx 10$ K), d.h. thermisch instabil bei Raumtemperatur;
- Schreib-/Leseköpfe müssen ebenfalls sehr klein sein und präzise geführt werden.

http://www.people.man.ac.uk/~mbdssrew/winpeny_intro3.html

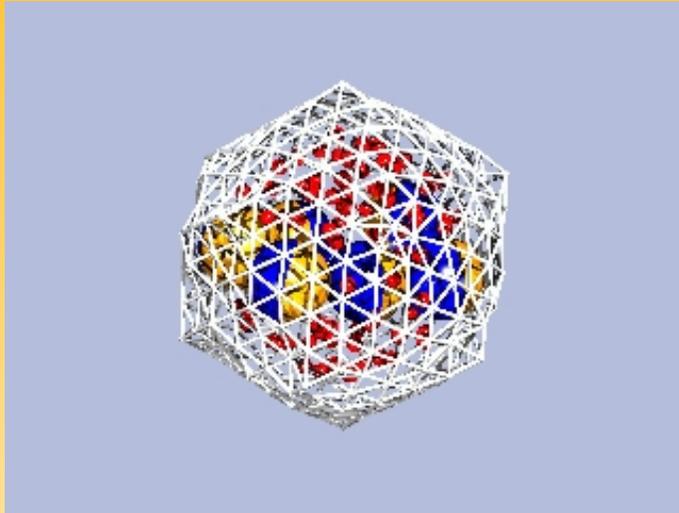
Light Induced Excited Spin State Trapping (LIESST)



- magnetische Moleküle können die Grundlage neuer optischer Schalter und Displays sein;
- Grundlage: Spin-Crossover-Substanzen, LIESST-Effekt;
- Funktion: umkehrbare Farbänderung bei Bestrahlung mit Laserlicht oder bei Temperaturänderung.

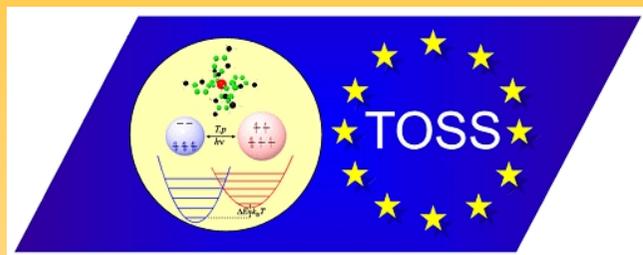
<http://ak-guetlich.chemie.uni-mainz.de/toss/liesst.shtml>

Weitere Anwendungen magnetischer Moleküle



- magnetische Moleküle können in biologischen Systemen wirken, z.B. als Transporter, Sammler oder zum gezielten Platzieren medikamentöser Wirkstoffe (Patent Dr. Peter Borrmann);
- magnetische Moleküle können als Kontrastmittel bei Resonanzverfahren genutzt werden;
- magnetische Moleküle können in Katalysatoren oder vielleicht sogar Quantencomputern eingesetzt werden.

Forschungsförderung zu molekularen Magneten



- **EU:** Thermal and Optical Switching of Molecular Spin States (TOSS);
- **DFG:** Schwerpunktprogramm 1137: Molekularer Magnetismus;
- **DOE:** z.B. Ames-Lab, Iowa, USA;
- **DAAD-NSF:** Austauschprogramm.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.

Zusammenarbeit

- Prof. K. Bärwinkel, Prof. H.-J. Schmidt, Prof. S. Blügel, D. Mentrup, M. Exler, ... (Uni Osnabrück);
- Prof. M. Luban, Prof. R. Modler, Dr. P. Kögerler (Ames Lab, Iowa, USA);
- Dr. Chr. Schröder (Telelogic, Bielefeld);
- Prof. J. Richter (Uni Magdeburg);
- Dr. A. Honecker (Uni Braunschweig).