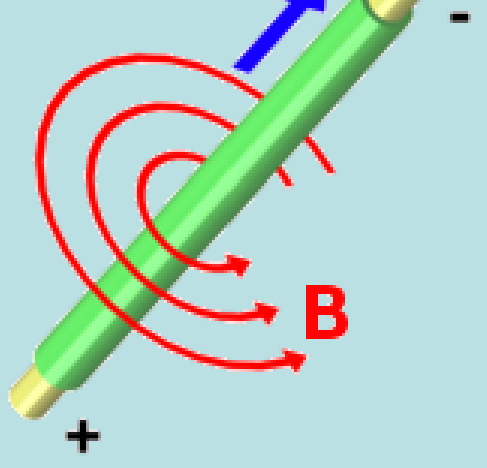


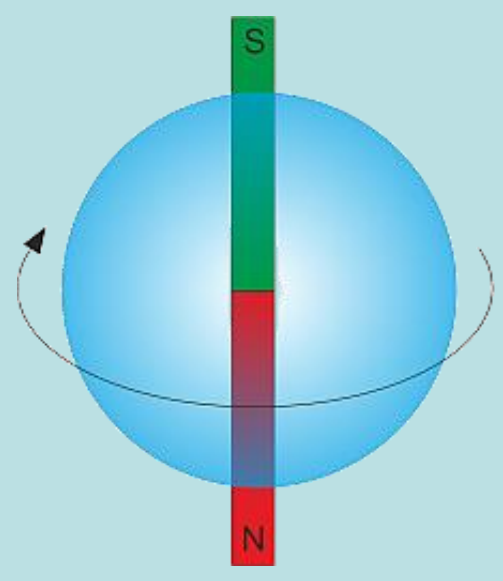
Magnetismus

Magnetische Felder werden hervorgerufen durch:

- Bewegte Ladung

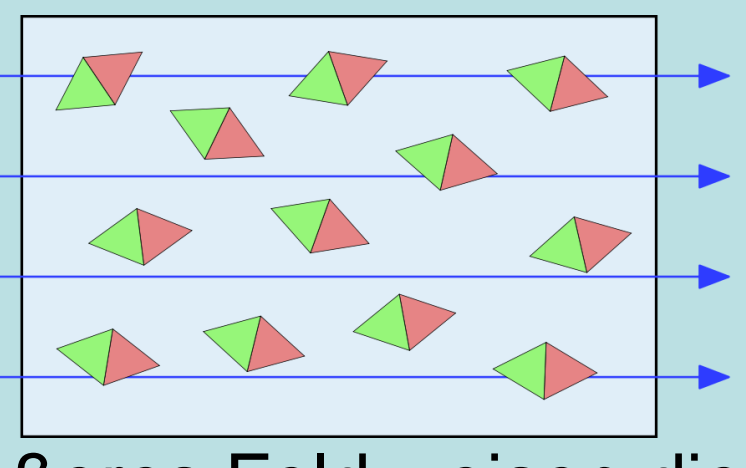


- Elementare magnetische Momente einzelner Elektronen

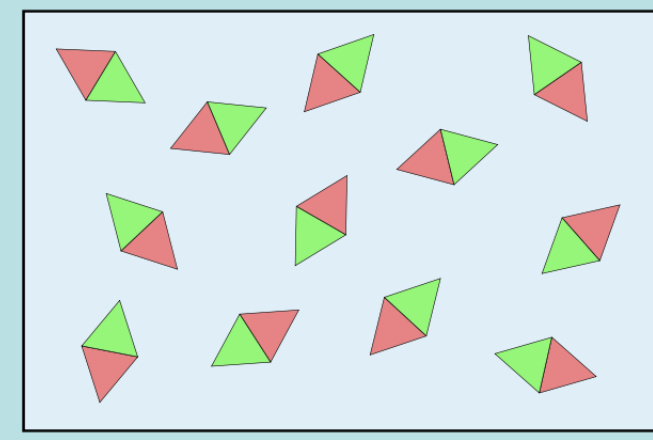


- Zeitliche Änderung eines elektrischen Feldes

Richten sich bei unvollständig besetzten Atomorbitalen die magnetischen Momente parallel zum äußeren Magnetfeld aus, spricht man von **Paramagnetismus**.

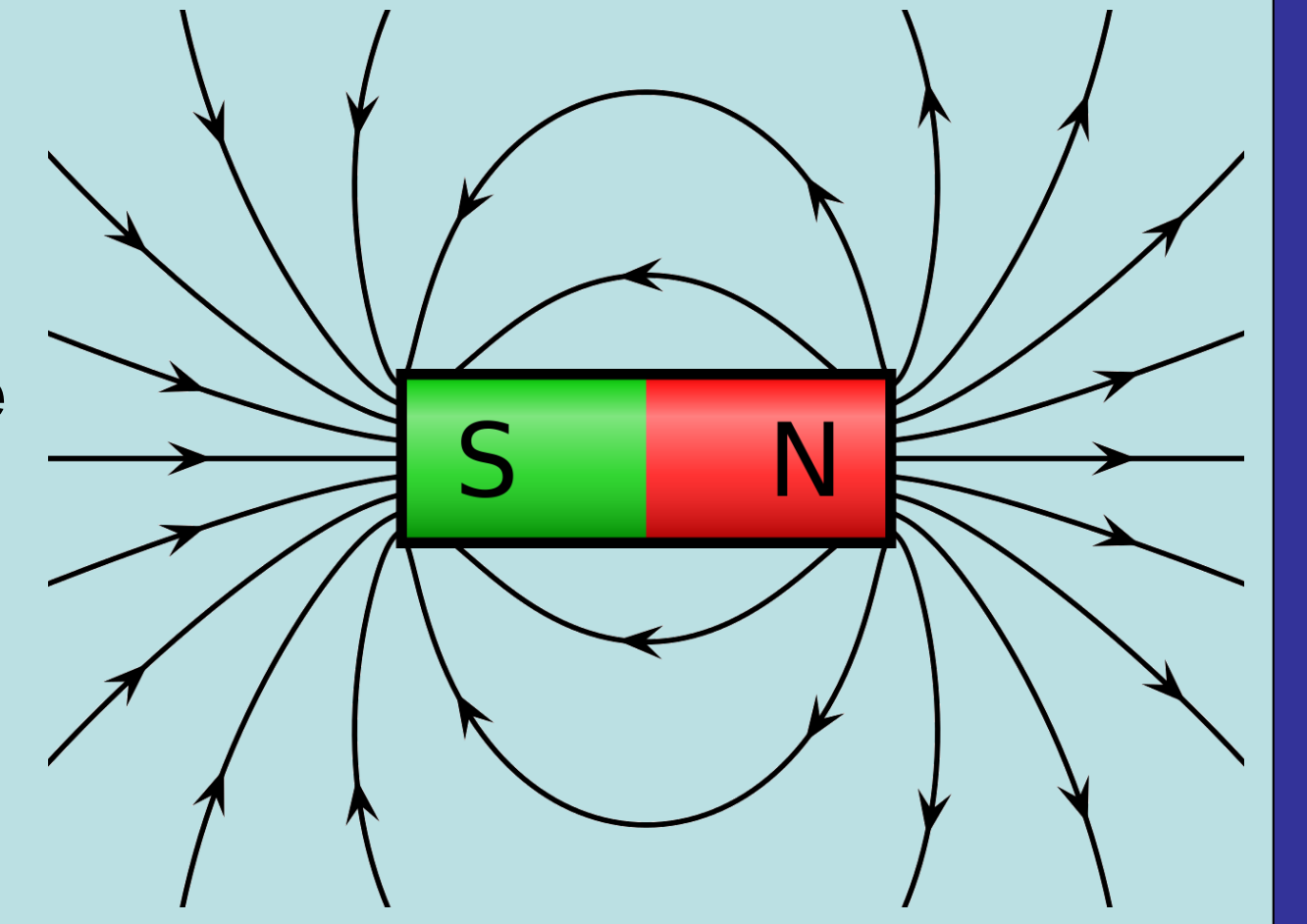


Ohne äußeres Feld weisen diese Materialien keine Magnetisierung auf.

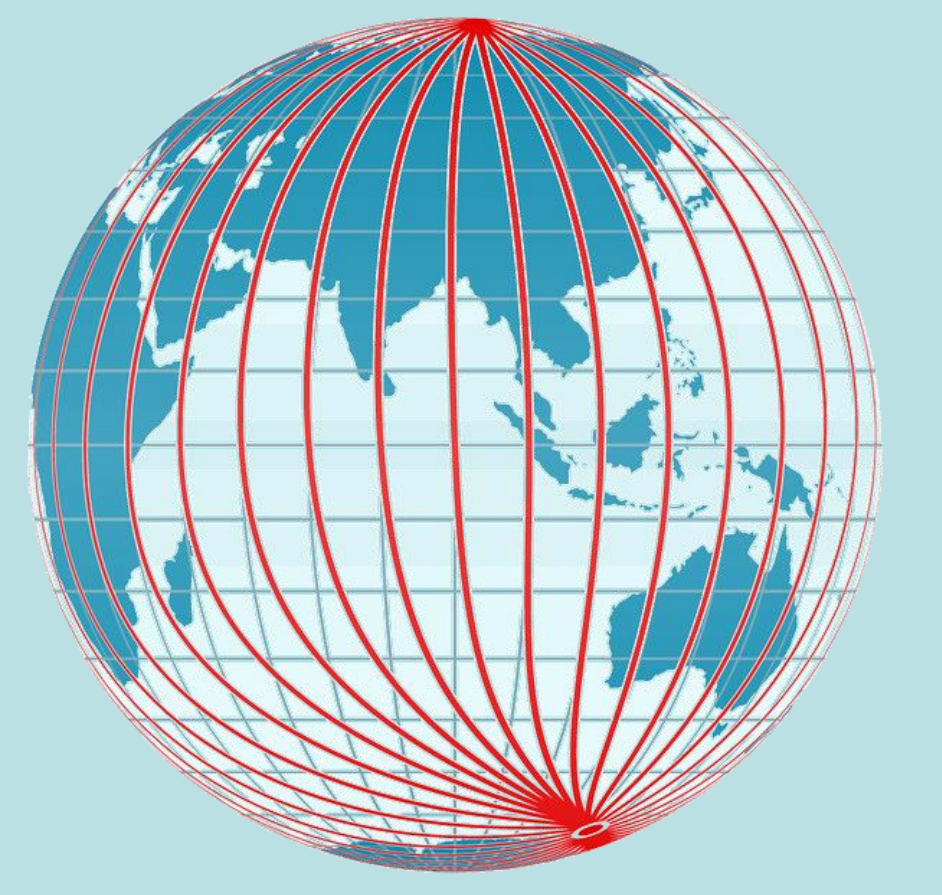


Bei **ferromagnetischen** Materialien koppeln die einzelnen magnetischen Momente. Sie weisen ohne externes Magnetfeld eine "spontane Magnetisierung" auf, die sich in hohen Magnetfeldern ausrichten lassen.

Magnetische Feldlinien sind **geschlossene** Bahnen deren Richtung die Ausrichtung eines Probemagneten angibt.



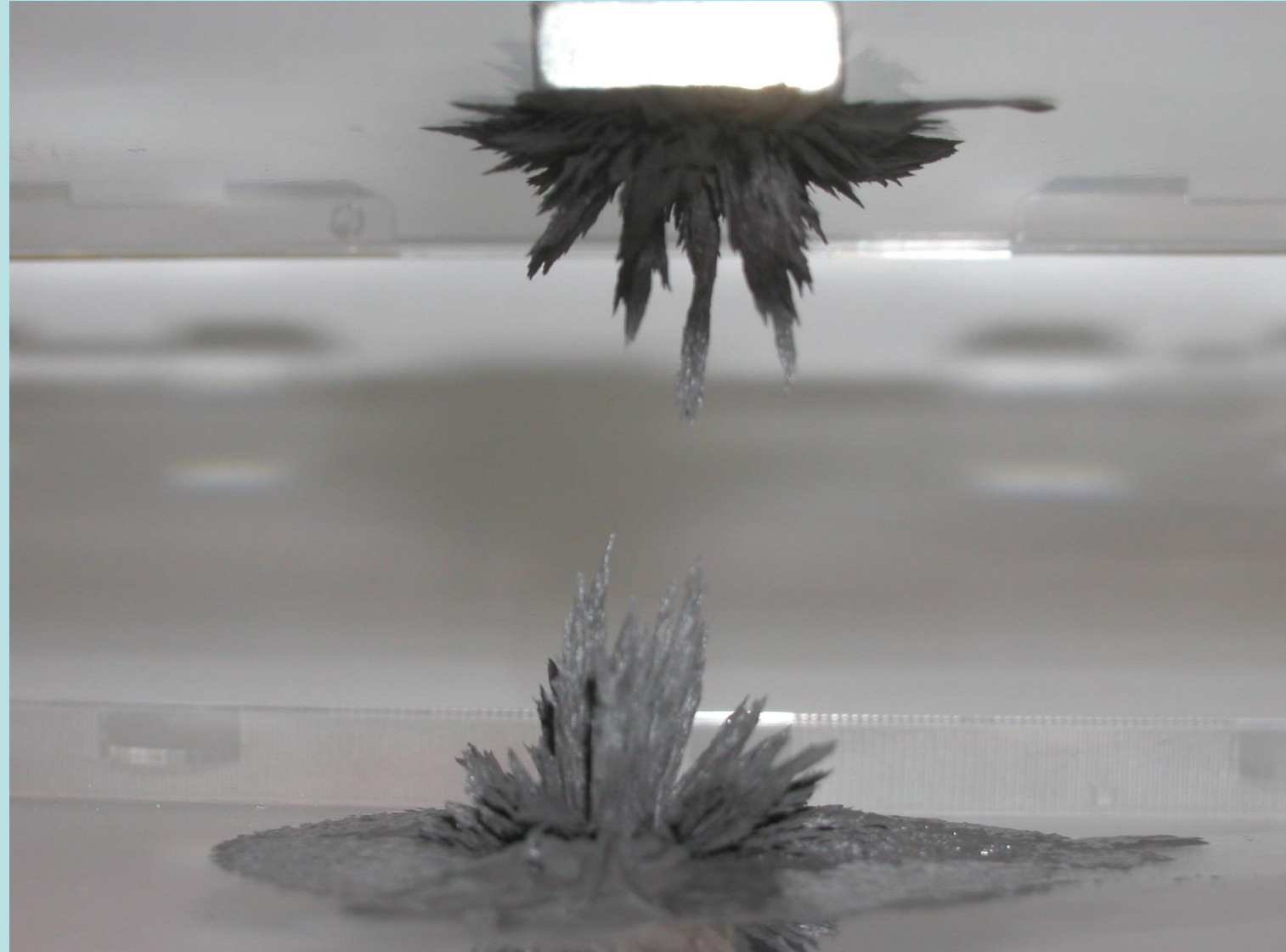
Das Erdmagnetfeld kann in erster Näherung als magnetisches Dipolfeld beschrieben werden, wobei der geomagnetische Nordpol einem physikalischen Südpol entspricht.



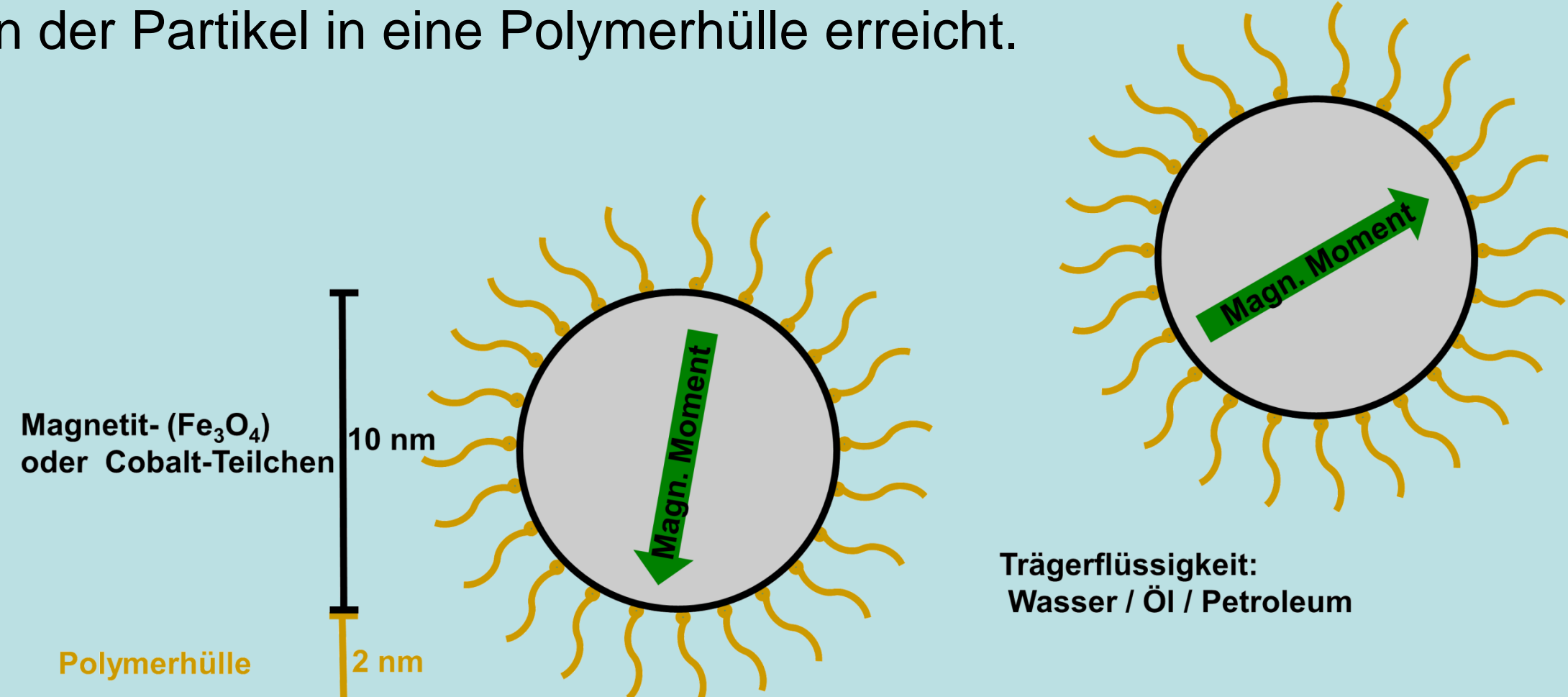
Ferrofluid

Ferrofluide bestehen aus wenigen Nanometer großen Partikeln, die in einer Trägerflüssigkeit fein verteilt sind und auf magnetische Felder reagieren.

Bei Partikelgrößen von einigen 10 Nanometern bis einigen Mikrometern spricht man von Magnetorheologischen Flüssigkeiten (MRF). Die Partikel bilden hier im Magnetfeld Ketten, sodass sich die MRF verfestigen:



Bei den kleinen Partikeln der Ferrofluide überwiegt die zufällige (thermische) Bewegung diese Kraft, d.h. sie bilden keine Ketten. Stabile Dispersionen die nicht verklumpen und sich weder in starken Magnetfeldern noch über längere Zeit absetzen werden durch Einbetten der Partikel in eine Polymerhülle erreicht.



Wie andere paramagnetische Materialien folgen Ferrofluide dem Feldgradienten zu Orten hoher Feldstärke, wo sie aufgrund ihrer großen Magnetisierbarkeit (magnetische Suszeptibilität) gehalten werden können. Aufgrund der hohen Magnetisierbarkeit spricht man von Superparamagnetismus. Dieses Verhalten von Ferrofluiden kann man z. B. nutzen, um den Spalt einer Drehdurchführung in einem Festplattenlaufwerk abzudichten.

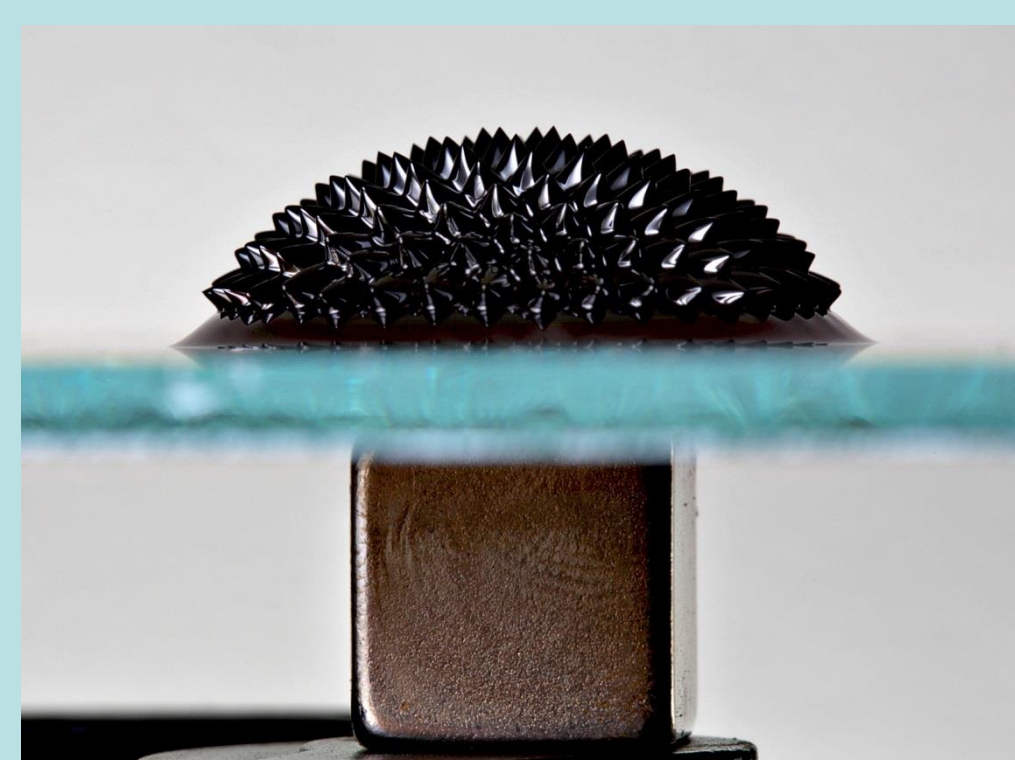
Ein statisches Stachelmuster, sog. Rosensweig-Instabilitäten entsteht oberhalb einer kritischen Feldstärke senkrecht zur Oberfläche. Durch die sich abstoßenden und gegenseitig ausrichtenden Magnetfelder der einzelnen Teilchen ist diese Formation energetisch günstig. Es herrscht hier ein Kräftegleichgewicht zwischen Schwerkraft, Oberflächenspannung der Flüssigkeit und den aus dem Magnetfeld resultierenden Kräften.

Technische Anwendungen:

- Dichtung an rotierenden Wellen (z.B. Festplatte)
- Wärmeableitung (z.B. Lautsprecherboxen)

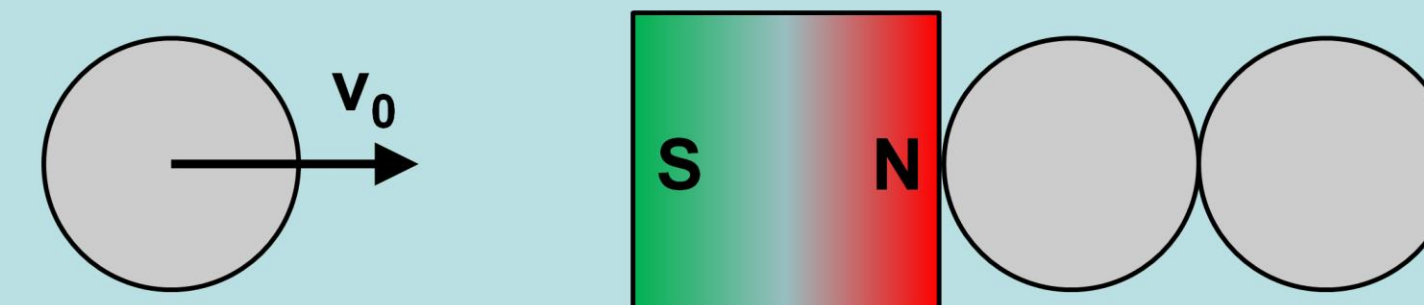
Medizinische Anwendungen:

- "drug targeting" - Anreichern angekoppelter Medikamente in bestimmten Körperregionen
- Hyperthermie - Erhitzen von lokalen Tumorzellen in hochfrequenten magnetischen Feldern

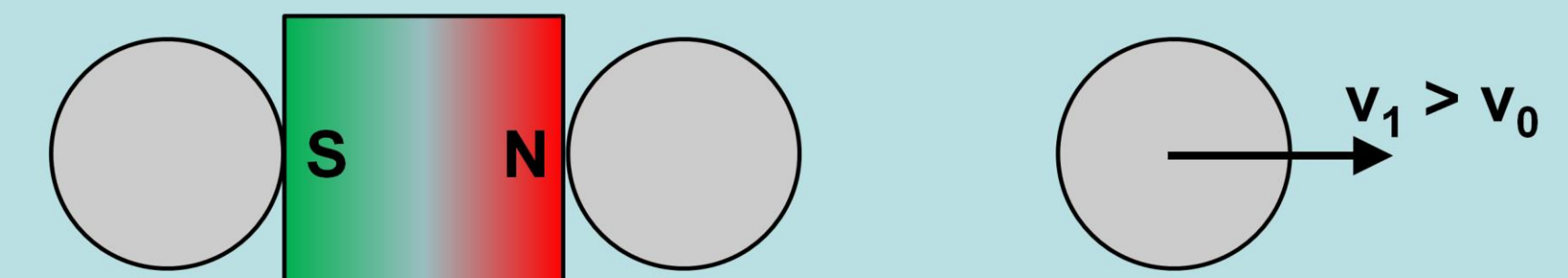


Gauss-Pistole

Die sich annähernde Kugel wird durch das Feld des Magneten in Richtung Magnet beschleunigt:



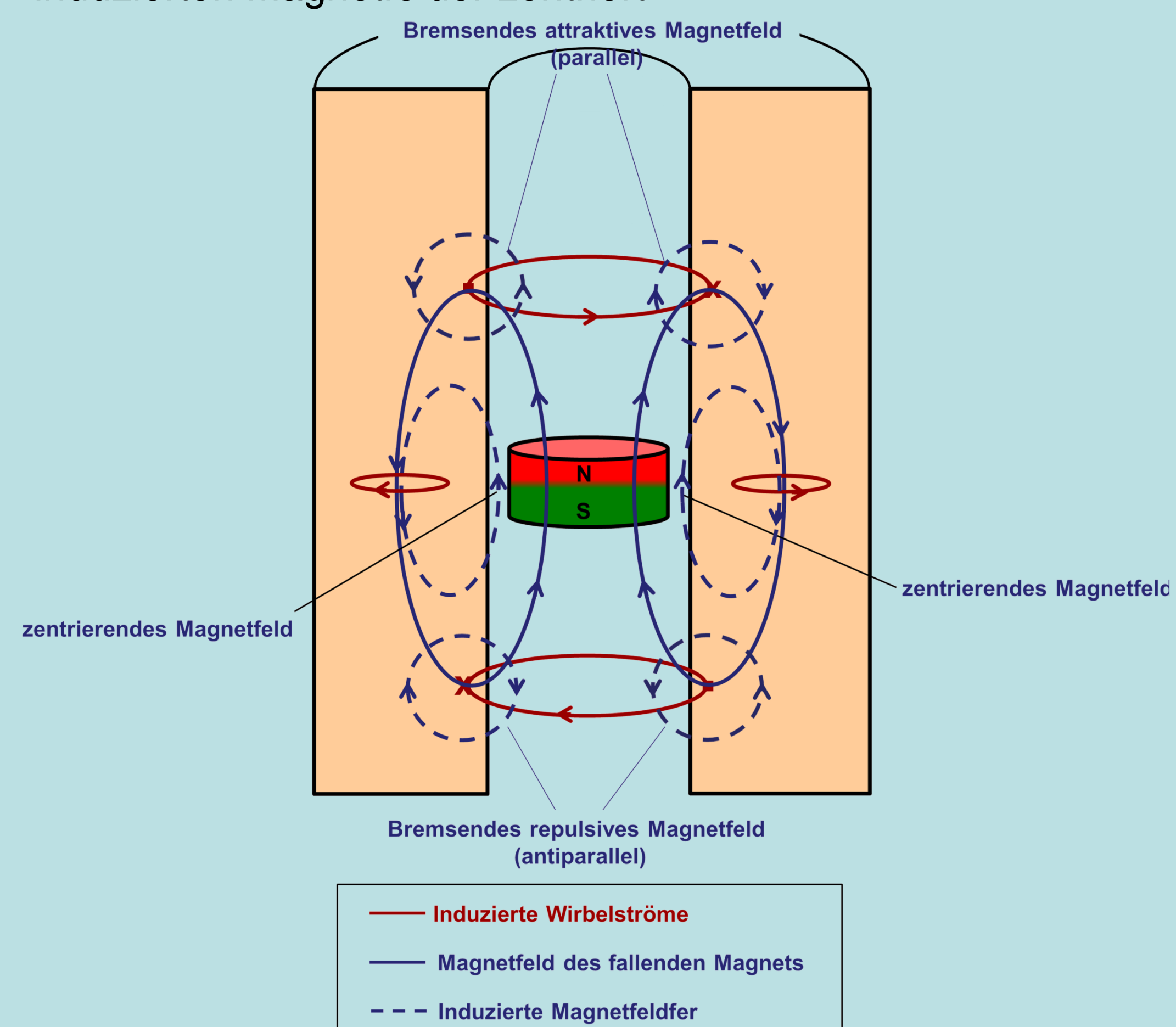
Der Impuls der Kugel wird auf die äußerste Kugel (wie beim Billard) übertragen. Da die äußerste Kugel weiter vom Magneten entfernt ist, wird sie durch den Magneten weniger stark abgebremst. Ihre Geschwindigkeit ist größer, als die der eintreffenden Kugel.



Es findet eine Umwandlung von potentieller Energie im Magnetfeld in kinetische Energie der Kugel statt. Da das Entfernen der linken Kugel vom Magneten mehr Energie "kostet" als das Entfernen der äußersten rechten Kugel ist die kinetische Energie der austretenden Kugel größer.

Wirbelstrombremse

Die durch den fallenden Magneten lokal im Kupferrohr hervorgerufenen Wirbelströme erzeugen Magnetfelder, deren Kraftwirkung in Wechselwirkung mit dem Magnetfeld des fallenden Permanentmagneten abstoßend ist. Die Fallbeschleunigung des Magneten ist vermindert, er fällt langsamer durch das Rohr als die Stahlkugel und wird durch die induzierten Magnetfelder zentriert.



Zunehmend eingesetzt werden Wirbelstrombremsen z.B. in Fahrzeugen wie ICEs. In Achterbahnen wird hierdurch eine verschleißfreie, stromlose Bremse, die auch bei Stromausfall funktioniert, realisiert.

