

# *Restmagnetismus von Produkten aus Stahl*

- Inhalt
  - Qualitätsmerkmal tiefer Restmagnetismus
  - Entstehen von Magnetismus
  - Hysteresekurve
  - Hart- bzw. weichmagnetische Stahlsorten
  - Hartmagnetische Stellen im Stahl
  - Erneutes Auftreten von Restmagnetismus
  - Restmagnetismus mit voluminösem Streufeld
  - Oberflächennaher Restmagnetismus

# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

- **Qualitätsmerkmal tiefer Restmagnetismus**

Moderne Herstellungsverfahren basieren zunehmend auf komplexen und sensiblen Fabrikationsprozessen, welche auf eine sehr hohe Qualität der Zwischenprodukte angewiesen sind. Fertigungsprozesse wie z.B. Beschichtungsverfahren, Schweissprozesse oder Urform- und Stanzprozesse sind auf möglichst tiefen Bauteil- bzw. Werkzeug-Restmagnetismus angewiesen.

Die Montage von modernen Verbrennungsmotoren, präzisen Kugellagern, Getriebekomponenten, Elektronik-Bauteilen oder Medizinalprodukten erfordert die Einhaltung von strengsten Sauberheitskriterien. Zur Erfüllung der zunehmend hohen Restschmutzkriterien sind Reinigungsprozesse auf möglichst tiefen Bauteil-Restmagnetismus angewiesen, damit die ferromagnetischen Partikel vom Produkt vollständig abgelöst werden können.

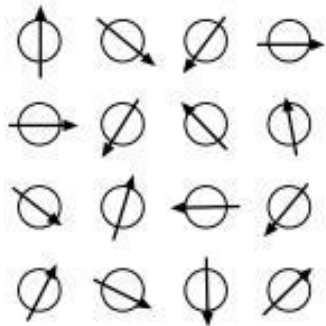
Das manuelle oder automatisierte Handling von kleinsten ferromagnetischen Komponenten wie z.B. medizinischen Injektionsnadeln oder miniaturisierten Bauteilen für die Uhrenindustrie wird bereits bei geringem Restmagnetismus erschwert oder verunmöglicht.

Die Forderung nach geringem Restmagnetismus im Bereich 0...max. 4A/cm (0...max. 5 Gauss) hat sich aus diesen Gründen zu einem entscheidenden Qualitätsmerkmal entwickelt.

# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

- **Entstehen von Magnetismus**

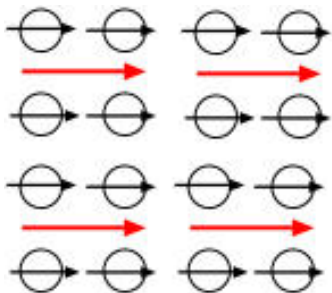
- Ausrichtung von magnetischen Momenten in ferromagnetischen Materialien



## **Entmagnetisiert**

Die magnetischen Momente der Atome haben eine zufällige Orientierung und neutralisieren sich gegenseitig

-> An der Oberfläche kein bzw. nur sehr geringer Magnetismus feststellbar



## **Magnetisiert**

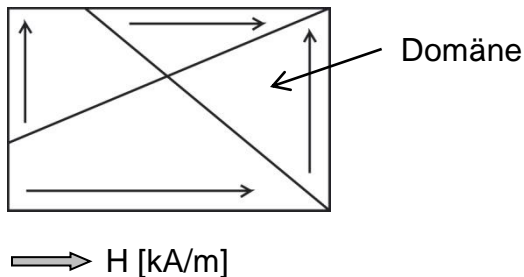
Die magnetischen Momente sind mehrheitlich in eine Richtung gerichtet und summieren sich zu einem Gesamtfluss auf

-> An der Oberfläche ist erhöhter Magnetismus feststellbar

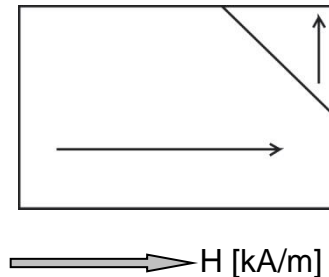
# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

## • Entstehen von Magnetismus

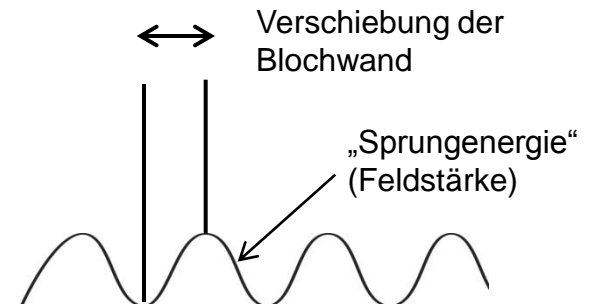
- Gruppen von gesättigten magnetischen Momenten bilden Domänenstruktur (Weiss'sche Bezirke)
- Magnetisierung / Entmagnetisierung erfolgt durch Verschiebung von Blochwänden



Leichte Wandverschiebung durch Einwirkung eines schwachen äusseren Magnetfeldes  $H$ . Dieser Zustand ist reversibel, Blochwände sind nicht gesprungen.



Grosse Wandverschiebung durch Einwirkung eines starken äusseren Magnetfeldes  $H$ . Dieser Zustand ist irreversibel, Blochwände sind gesprungen.



Blochwände springen „rasterförmig“. Die Magnetisierung / Entmagnetisierung eines Materials erfolgt aus diesem Grund in kleinen un stetigen Sprüngen.

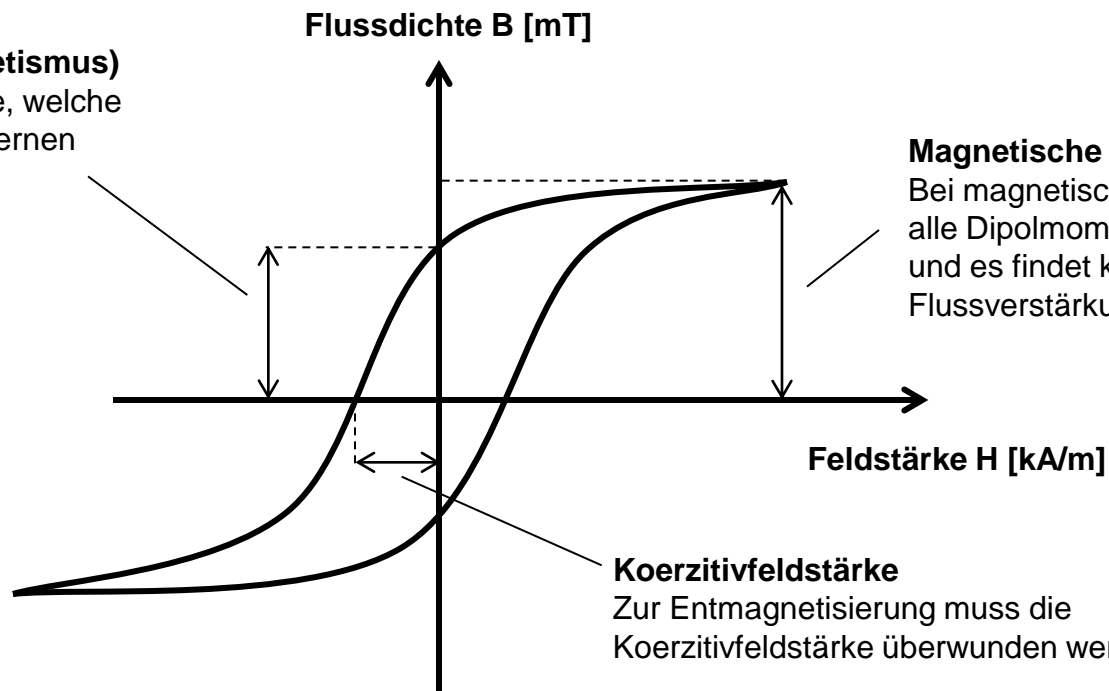
# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

- Hysteresekurve

- Beschreibung der magnetischen Eigenschaften

## Remanenz (Restmagnetismus)

Magnetische Flussdichte, welche nach Entfernung der externen Feldstärke  $H$  im Material zurückbleibt.



## Magnetische Sättigung

Bei magnetischer Sättigung sind alle Dipolmomente ausgerichtet und es findet keine zusätzliche Flussverstärkung mehr statt.

## Koerzitivfeldstärke

Zur Entmagnetisierung muss die Koerzitivfeldstärke überwunden werden.

# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

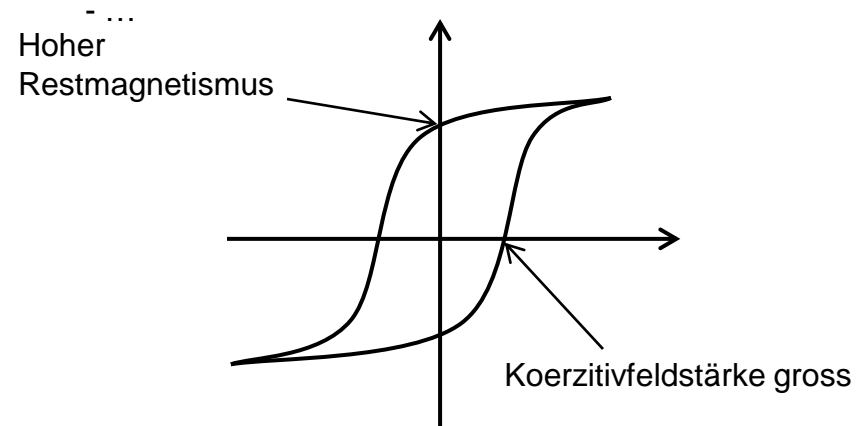
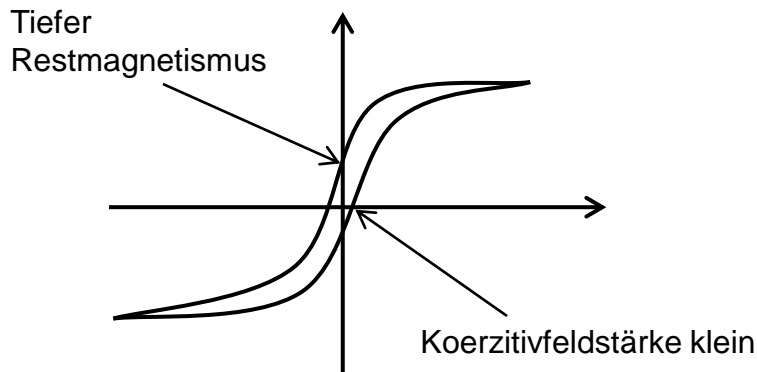
## • Hart- bzw. weichmagnetische Stahlsorten

### **Magnetisch weich** (Restmagnetismus bis $\sim 20\text{A/cm}$ )

- Allgemein: niedrig legierter Stahl
- Allgemein: mechanisch weicher Stahl
- Automatenstahl
- Einsatzstahl Ck15 etc.
- Baustahl S235, S355 etc.
- ...

### **Magnetisch hart** (Restmagnetismus bis über $\sim 60\text{A/cm}$ )

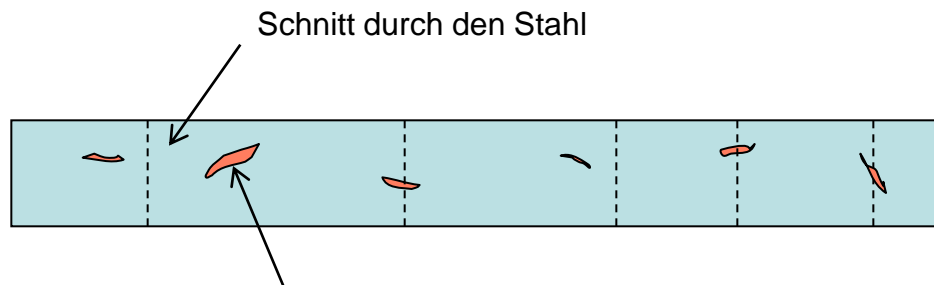
- Allgemein: höher legierter Stahl
- Allgemein: mechanisch harter Stahl
- Chrom-Nickel Stahl
- Kugellagerstahl
- Hartmetall
- Edelstahl (z.B. nach Umformung, Restm. typ.  $< 10\text{A/cm}$ )



# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

## • Hartmagnetische Stellen im Stahl

- Lokale Stellen im Material mit hohen Koerzitivfeldstärken
- An hartmagnetischen Stellen wird stark erhöhter Restmagnetismus gemessen
- Zur Entmagnetisierung wird deutlich mehr Feldstärke benötigt
- Hartmagnetische Stellen können Aufmagnetisierung des Materials bewirken
- Entdeckung der hartmagnetischen Stellen mit dem Messgerät erfordert geeignete Suchmethodik (scannen der Oberfläche)

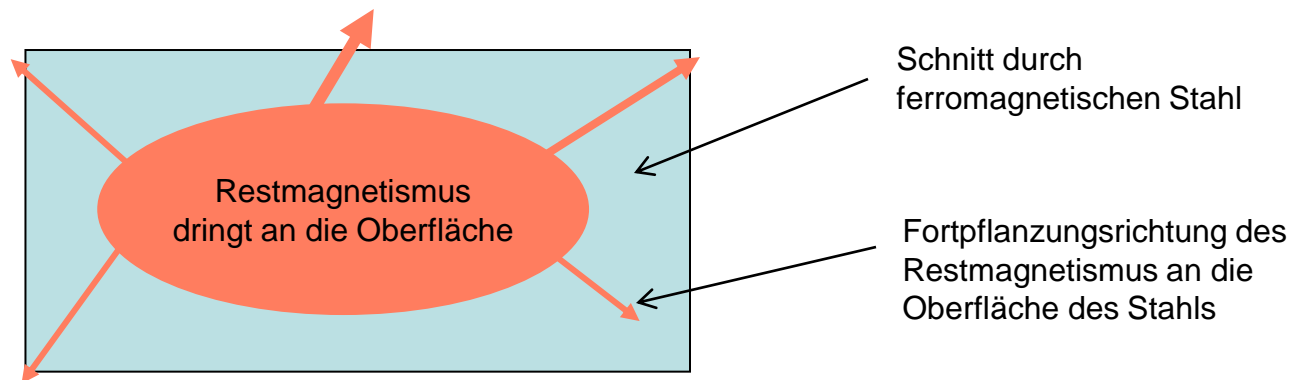


Hartmagnetische Stelle in der Legierung durch Einschluss, Verunreinigung, lokal andere Zusammensetzung der Legierung etc.

# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

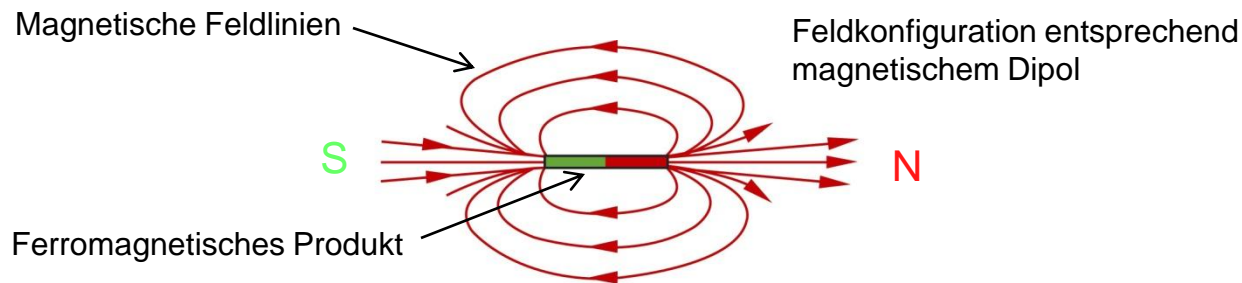
## • Erneutes Auftreten von Restmagnetismus

- unvollständige oder gar keine Entmagnetisierung
- zu geringe Tiefenwirkung der Entmagnetisierung
- Wirkung von unerwünschten induzierten Magnetfeldern (Erdmagnetfeld etc.)
- Bedingungen, welche eine Auf-Magnetisierung begünstigen:
  - Mechanik: Erschütterungen, Vibrationen etc.
  - Materialeigenschaften: leicht magnetisierbarer Stahl
  - Geometrie: hoher Schlankheitsgrad (Rohre, Stangen etc.)
  - Lagerung: Berührungspunkte und Engstellen zu anderen Stahlteilen (Flusskonzentration)



# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

- Restmagnetismus mit voluminösem Streufeld

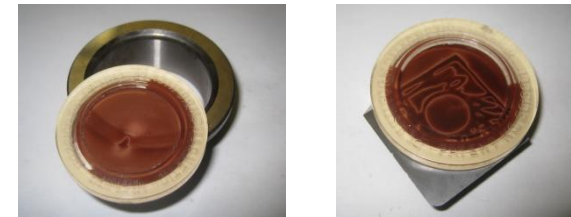
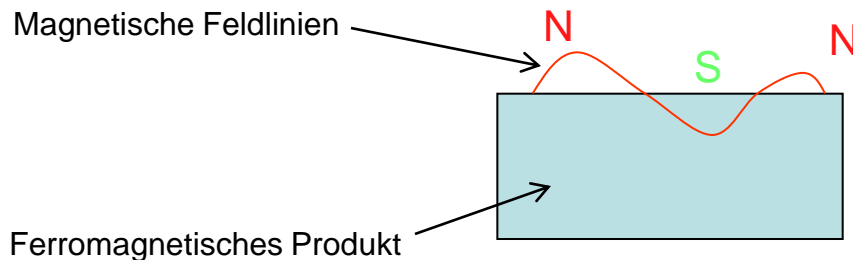


- Typische Ursachen

- Magnetische Rissprüfung (Magnetpulver- und Wirbelstromverfahren)
- Schweissprozesse
- Lagerung und Transport von Stangen oder Rohren parallel zum Erdmagnetfeld
- Entmagnetisierung von Längsmaterial ohne statische Feldkompensation
- „Einfrieren“ des Erdmagnetfeldes in der Abkühlphase von Stahl (im Stahlwerk)
- Umformprozesse (Tiefziehen, Stanzen, Biegen, Walzen, Urformen etc.)
- Starke Lasthebemagnete etc.
- ...

# Restmagnetismus von Produkten aus Stahl

## • Oberflächennaher Restmagnetismus



Oberflächennaher, feinpoliger Restmagnetismus

## • Typische Ursachen

- Einsatz von Lasthebemagneten
- Einsatz von magnetischen Spannplatten / Spannmitteln
- Bearbeitung mit magnetischen Werkzeugen (z.B. magnetische Wendeschneidplatten, Bohrer etc.)
- Berührungspunkte mit magnetischen Werkzeugen (z.B. magnetische Schraubenzieher-Spitzen etc.)
- Bearbeitung von legierten Materialien mit stumpfen Werkzeugen  
-> Schneiddruck führt zu Gefügeveränderung im Werkstück und oftmals zu einer Magnetisierung
- Abstellen von Messuhrenständern
- ...

# *Restmagnetismus von Produkten aus Stahl*

- Maurer Magnetic AG, Ihr Spezialist für
  - Industrielle Entmagnetisiermaschinen
  - Magnetismus-Messtechnik
  - Entmagnetisieren als Dienstleistung
  - Troubleshooting in Magnetismus
  - Magnete und Magnet-Systeme