

I EINFÜHRUNG

In mehrphasigen thermodynamischen Systemen spielen die Grenzflächen zwischen den einzelnen Phasen besonders dann eine wichtige Rolle, wenn man die Volumenanteile der Phasen durch einen Eingriff von außen verändern will, da man dabei notwendigerweise die Grenzflächen verschieben muß. Eventuell sind auch neue Grenzflächen zu schaffen oder vorhandene auszudehnen um eine Veränderung der Phasenvolumina zu erreichen. Die hierbei aufzuwendende Energie und die zu überwindenden Widerstände werden durch die spezifische Oberflächenenergie und die innere Struktur der Grenzflächen bestimmt. Zwei Beispiele mögen die Bedeutung dieser Zusammenhänge für technische Probleme aufzeigen:

In einem "weichmagnetischen" Material haben die "Blochschen Wände" zwischen den magnetischen Bereichen eine Dicke von mehreren tausend Gitterkonstanten, und ihre Energie ist sehr gering ($< 1 \text{ erg/cm}^2$). Diese Wände können bei ihrer Bewegung durch Gitterfehler atomarer Dimension, aber auch durch Versetzungen kaum behindert werden. Auch ist nur eine sehr geringe Energie nötig, um den Keim eines neuen Bereiches zu bilden. Beides sind Voraussetzungen dafür, daß ein Material leicht magnetisiert werden kann und damit weichmagnetische Eigenschaften aufweist, ohne die keine Wechselstromtransformatoren oder Motoren hohen Wirkungsgrades denkbar wären. Weichmagnetische Eigenschaften trifft man vor allem in den kubischen Legierungen des Eisens und des Nickels an, aber auch in kubischen Eisenoxyden, den Ferriten und Granaten.

Im Gegensatz dazu haben die Blochwände in extrem "hartmagnetischen" Stoffen nur Dicken von wenigen Gitterkonstanten, und sie haben eine hohe spezifische Oberflächenenergie ($> 10\text{erg/cm}^2$). Das führt dazu, daß die Wände bei ihrer Bewegung durch Gitterfehler aller Art stark behindert werden und auch die Keimbildungsfeldstärken für neue Domänen vergleichsweise hoch sind. Starke Hystereseeffekte in der Magnetisierungskurve sind die Folge. Die meisten Dauermagnetwerkstoffe nutzen diese Eigenschaften der Blochwände zumindest mit aus. Hartmagnetische Eigenschaften findet man vor allem in hexagonalen Kobaltlegierungen und hexagonalen Ferriten. Irreversibilitäten bei Phasenübergängen können so in vielen Fällen auf die spezifischen Energien und die innere Struktur der Phasengrenzflächen zurückgeführt werden. Die Kenntnis der Eigenschaften der Phasengrenzen ist deshalb eine Voraussetzung zum genauen Verständnis dieser ebenso wichtigen wie komplizierten Vorgänge.

Nun ist die experimentelle Untersuchung der inneren Phasengrenzen eines Festkörpers naturgemäß sehr schwierig, da, wie angedeutet, die Eigenschaften der Phasengrenzen nur in sehr indirekter Weise auf makroskopisch meßbare Größen übertragen werden. Nur in Ausnahmefällen gibt es Sonden, die die Phasengrenzen unmittelbar zu beobachten gestatten.

Etwas günstiger ist dagegen die Situation für die theoretische Untersuchung. Häufig lassen sich nämlich die physikalischen Phasengrenzen in sehr guter Näherung durch ebene, unendlich ausgedehnte Wände annähern. Falls die mikroskopischen Gesetze für das Verhalten des jeweiligen Ordnungsparameters (im magnetischen Fall etwa die Gesetze des "Mikromagnetismus") bekannt sind, dann ist es relativ leicht, die Struktur solcher Wände zu berechnen, da dann nur noch ein eindimensionales Problem zu lösen ist. Die Berechnung solcher ebenen Wände stellt somit ein wichtiges (wenn nicht das einzige) Bindeglied zwischen mikroskopischer Theorie und makroskopischer Eigenschaften mehrphasiger Systeme dar. Die Ergebnisse und Methoden derartiger Berechnungen in einem möglichst breiten Rahmen zusammenzustellen und die Gemeinsamkeiten in der Behandlung verschiedener Phasengrenzen herauszuarbeiten soll Ziel der vorliegenden Arbeit sein.

Das Hauptgewicht wird dabei - im zweiten Kapitel - auf den Wänden in ferromagnetischen Stoffen, den sogenannten Blochwänden, liegen. Nach einer eingehenden Darstellung der einfachen analytischen Lösungen in kubischen und einachsigen Kristallen wird der Einfluß innerer und äußerer magnetischer und elastischer Felder untersucht. Ein ausführlicher Abschnitt beschäftigt sich mit der Dynamik von Blochwänden und den dabei auftretenden Verlusten. Die Abschnitte II.13-18 sind der Untersuchung der Domänenwände in dünnen magnetischen Schichten gewidmet. Es folgt in Abschn. II.19 ein kurzer Überblick über Blochlinien innerhalb von Blochwänden.

Das dritte Kapitel behandelt Domänenwände in Supraleitern auf der Grundlage der Ginzburg-Landau-Theorie und deren Erweiterungen. Dabei wird auch auf die neuentdeckten Wandstrukturen in Typ-II-Supraleitern eingegangen.

Das vierte Kapitel beginnt mit einer Darstellung von Domänenwänden in antiferromagnetischen Materialien. In den weiteren Abschnitten dieses Kapitels werden die Wandstrukturen in Ferroelektrika, kristallographische Grenzflächen sowie Wände in einigen weiteren mehrphasigen Systemen erläutert. Die meisten der zuletzt genannten Domänenwände sind mathematisch äquivalent zu bestimmten Blochwänden in ferromagnetischen Materialien, weshalb wir uns in diesen Fällen mit einer knapperen Darstellung begnügen können.