

1. Die Lösung der Differentialgleichung wird *nicht* approximiert, wie immer die Maschenweiten gegen Null streben.

2. Es besteht eine Stabilitätsbedingung, etwa der Form $f(\Delta x, \Delta t) \geq 0$ (für den Fall einer räumlichen Variablen x neben der Zeit t), die während des Grenzüberganges $\Delta x \rightarrow 0$, $\Delta t \rightarrow 0$ erfüllt sein muß.

3. Die Lösung der Differentialgleichung wird approximiert, wenn die Maschenweiten irgendwie gegen Null gehen.

Der Verf. hat nun offenbar übersehen, daß die Stabilitätsbedingung auch bei gegebener Differentialgleichung entscheidend von der Wahl des benutzten Approximationsverfahrens abhängt, insbesondere davon, ob explizite oder implizite Differenzengleichungen verwandt werden. Im Falle der SCHRÖDINGER-Gleichung führen gewisse (explizite) Verfahren auf eine Stabilitätsbedingung, welche in der Tat dimensionell an die HEISENBERGSche Unschärferelation erinnert; es gibt aber andere (implizite) Verfahren¹, für die der dritte oben genannte Fall vorliegt, deren Lösungen also stets gegen die Lösungen der Differentialgleichung konvergieren². Für die KLEIN-GORDON-Gleichung kann man ebenfalls solche immer stabilen Verfahren^{2,3} angeben. Im Prinzip besteht natürlich nicht das geringste Hindernis, von einem solchen Verfahren Gebrauch zu machen. Hieraus allein ergibt sich bereits, daß die in Rede stehende Stabilitätsbedingung nichts mit der physikalischen Fragestellung zu tun haben kann.

Darüber hinaus kann man leicht zeigen, daß das vom Verf. angegebene Differenzengleichungssystem für die SCHRÖDINGER-Gleichung [Gl. (6) bis (9) der Arbeit von HARMUTH] stets

¹ Vgl. z. B. ST. H. CRANDALL, J. Ass. Computing Machinery **1**, 111 [1954].

² Zur Frage der Konvergenz vgl. P. D. LAX u. R. D. RICHMYER, Comm. Pure Appl. Math. **9**, 267 [1956].

Zur Supraleitung im ternären System Niob–Stickstoff–Sauerstoff

VON GÜNTER LAUTZ UND ERICH SCHRÖDER

Institut für technische Physik der Technischen Hochschule
Braunschweig

(Z. Naturforsch. **11 a**, 767–768 [1956]; eingegangen am 8. August 1956)

In einer früheren Notiz¹ haben wir über die Supraleitung von sauerstofffreien Niob-Stickstoff-Präparaten berichtet. Die Ergebnisse der magnetischen Übergangsmessungen konnten qualitativ mit dem von BRAUER und JANDER² aufgestellten Phasendiagramm des Systems Nb–N korreliert werden. Da in vielen Fällen bei der Herstellung von Niobnitriden eine geringe Sauerstoffeinlagerung nicht ausgeschlossen werden kann, sind Supraleitungsuntersuchungen am ternären System Nb–N–O nicht ohne Interesse.

¹ G. LAUTZ u. E. SCHRÖDER, Z. Naturforsch. **11 a**, 517 [1956].

² G. BRAUER u. J. JANDER, Z. anorg. allg. Chem. **270**, 160 [1952].

instabil ist, also Fall 1 vorliegt, so daß die „Unschärferelation“ (10) kein hinreichendes Stabilitätskriterium darstellt. Der Fehler in der vom Verf. gegebenen Begründung für die Bedingung (10) findet sich in Gl. (I, 1), wo ein Stern weggelassen ist. Dagegen erhält man z. B. bei Verwendung von zentralen Differenzen (statt vorwärts genommenen) zur Darstellung der Zeitableitung in der Tat genau Gl. (10) als Stabilitätsbedingung (Fall 2). Für die Differenzengleichung (54), welche die KLEIN-GORDON-Gleichung approximiert, gilt statt des vom Verf. angegebenen Kriteriums (55) die weniger einschränkende COURANT-FRIEDRICHS-LEWY-Bedingung $c \Delta t \leq \Delta x$.

Des Verf. eigentliches Anliegen ist die Begründung einer sogenannten Differenzenmechanik, die durch eine an Stelle der SCHRÖDINGER-Gleichung tretende Differenzengleichung formuliert wird. Der Verf. behauptet, daß diese Formulierung genau den Sachverhalt bei den prinzipiell nur möglichen Messungen mit endlicher Genauigkeit wiedergibt. Zum Beispiel wird in dieser Theorie die Unschärfe des Impulses durch $\Delta p = m \cdot \Delta x / \Delta t$ definiert, wo Δx und Δt die Maschenweiten des Gitternetzes sind! Zur Begründung beruft sich der Verf. auf das EHRENFESTsche Theorem, mit dessen Hilfe der Verf. glaubt, das Problem der Meßbarkeit in der Quantenmechanik auf das entsprechende Problem in der klassischen Punktmechanik zurückführen zu können. An dem physikalischen Problem des Zusammenhanges zwischen der ψ -Funktion und den meßbaren Größen, welches bekanntlich von BOHR, HEISENBERG, DIRAC und v. NEUMANN ausführlich diskutiert worden ist (Statistische Interpretation, Transformationstheorie, Reduktion der Wellenpakete; Komplementarität, Unschärferelation), gehen die Ausführungen des Verf. völlig vorbei.

³ Vgl. z. B. G. G. O'BRIEN, M. A. HYMAN u. S. KAPLAN, J. Math. Phys. **29**, 223 [1951].

Für die vorliegenden Versuche standen uns in Glasröhrchen abgeschmolzene Pulver von BRAUER und JANDER* zur Verfügung, deren Kristallgitter sorgfältig analysiert und deren Zusammensetzung chemisch durch eine Niob- und Stickstoffbestimmung von den genannten Autoren ermittelt worden sind². Leider kann bei diesen Substanzen aber nur die Angabe des gesamten Metalloidgehaltes als sehr genau gelten, die Sauerstoffkonzentrationen selbst bleiben unsicher³. Aus diesem Grunde sollen die Verbindungen formal durch $\text{Nb}(\text{N} + \text{O})_x$ gekennzeichnet werden, wobei x den auf Stickstoff bezogenen Metalloidanteil darstellt und das Zeichen O den eventuell sehr kleinen Sauerstoffgehalt andeutet.

An diesen Proben wurde die magnetische Flußverdrängung in Abhängigkeit von der Temperatur ballistisch gemessen. Zur Erzeugung der erforderlichen tiefen Temperaturen dienten bis 5° K eine Desorptions-

* Auch an dieser Stelle möchten wir Herrn Prof. Dr. G. BRAUER für die Überlassung dieser Proben und für wertvolle Hinweise verbindlichst danken.

³ Briefliche Mitteilung von Herrn Prof. BRAUER v. 29. 7. 1956.



apparatur und unter 5° K ein spezieller Heliumverflüssiger, der im Prinzip nach dem SIMONSchen Verfahren arbeitet und die Heliumverflüssigung unmittelbar im Magnetfeld ermöglicht⁴. Der Meßfeldstärke war durch das große tote Volumen von Glasröhrchen und Spulenwicklung und durch die lockere Schüttung des Pulvers selbst eine untere Meßgrenze von ca. 35 Oe gesetzt.

Abb. 1 zeigt als Beispiel eine für diese Gruppe sauerstoffhaltiger Nb–N-Proben typische Sprungkurve für drei verschiedene Meßfeldstärken. Offensichtlich ist der Einfluß des Magnetfeldes auf den Beginn des Überganges nicht sehr groß. Die Sprungkurven selbst werden beim Aufwärmen und Abkühlen völlig reversibel durchlaufen. Diese Beobachtung steht im Gegensatz zu unseren Befunden an sauerstofffreien Präparaten¹. Die Deutung dieser Unterschiede und der Feldstärkeabhängigkeit der Sprungkurven soll im Rahmen einer ausführlichen Publikation erfolgen⁵.

Tab. 1 enthält einige Daten zur Probenkennzeichnung und die T -Werte für den Beginn des Überganges

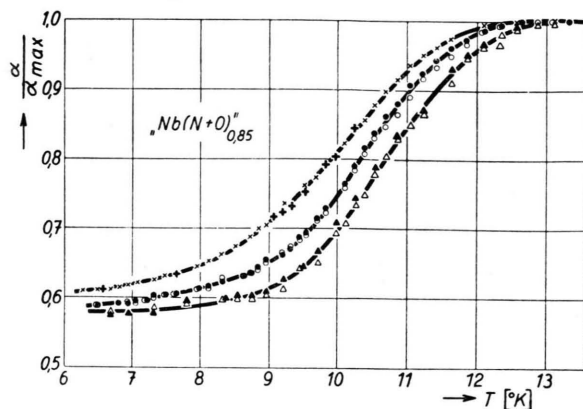


Abb. 1.

Magnetisch ermittelte Übergangskurven eines $\text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.85}$ -Pulver-Präparates bei verschiedenen Meßfeldstärken; Abkühlkurven bei 145 Oe \times , bei 72,5 Oe \circ , bei 36,3 Oe \triangle , Aufwärmkurven bei 145 Oe $+$, bei 72,5 Oe \bullet , bei 36,3 Oe \blacktriangle .

Probe Nr.	VON BRAUER UND JANDER durch Analyse ermittelte Formel ^{2,3}	Kristallstruktur nach BRAUER und JANDER ²	Beginn des Überganges bei folgenden Temperaturen in °K	Flußverdrängung 3% bei folgenden Temperaturen in °K
88 + 8	$\text{NbN}_{0.88}\text{O}_{0.08} = \text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.97}$	kub. NbN	12,1	10,10
77 + 7	$\text{NbN}_{0.77}\text{O}_{0.07} = \text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.85}$	kub. NbN + tetr. NbN	12,7	11,56
66 + 10	$\text{NbN}_{0.66}\text{O}_{0.10} = \text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.77}$	tetr. NbN	11,6	10,10
58 + 2	$\text{NbN}_{0.58}\text{O}_{0.02} = \text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.60}$	tetr. NbN + hex. Nb ₂ N	6,0	3,68
38 + 7	$\text{NbN}_{0.38}\text{O}_{0.07} = \text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.46}$	hex. Nb ₂ N + NbO	bis 1,9° nicht supraleitend	
14 + 3	$\text{NbN}_{0.14}\text{O}_{0.03} = \text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.17}$	hex. Nb ₂ N + kub. Nb	7,1	6,60
5 + 2	$\text{NbN}_{0.05}\text{O}_{0.02} = \text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.97}$	kub. Nb + hex. Nb ₂ N	6,5	6,04

Tab. 1. Alle Proben fallen durch ein Sieb von 6400 Maschen/cm².

zur Supraleitung sowie in der letzten Spalte diejenigen Temperaturen, bei denen gerade 3% des der Normalleitung entsprechenden Flusses für eine Meßfeldstärke von 145 Oe verdrängt sind. Mit zunehmendem Stickstoffgehalt steigen die Sprungtemperaturen zunächst an, fallen aber im Gegensatz zu den sauerstofffreien Proben bei $\text{Nb}(\text{N}+\text{O})_{0.97}$ wieder ab. Hier zeigt sich also ein Unterschied in dem Supraleitungsverhalten und den Kräften, die für die Bildung der Phasen maßgebend sind. Konnten doch BRAUER und JANDER² ihre

Ergebnisse stets so interpretieren, daß die Phasengrenzen im wesentlichen vom gesamten Metalloidgehalt abhängen, unabhängig davon, ob die Proben Sauerstoff enthalten oder nicht.

Abschließend gilt unser Dank Herrn Prof. Dr. E. JUSTI für die Möglichkeit zur Durchführung dieser Versuche und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Bereitstellung von Leihgaben und die Gewährung eines Stipendiums an den einen (E. S.) von uns.

⁴ G. LAUTZ, erscheint demnächst.

⁵ E. SCHRÖDER, erscheint demnächst.