

1 Einleitung

Die Entdeckung der keramischen Hochtemperatursupraleiter (HTSL) durch *Bednorz* und *Müller* kennzeichnete den Beginn einer neuen Ära auf dem Gebiet der Supraleitung [1, 2]. Übergangstemperaturen T_c deutlich oberhalb des Siedepunktes flüssigen Stickstoffs von 77 K eröffneten einen breiteren Anwendungsbereich der Supraleitung. Der bisher höchste Wert für T_c von 133 K wurde in der Verbindung $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_9$ nachgewiesen. Für energietechnische Anwendungen sind insbesondere die Verbindungen $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_{10+\delta}$ (BSCCO-2223) und $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ (YBCO) interessant, wobei YBCO als das derzeit meistversprechende Material gilt. Gründe dafür sind die sehr guten Pinningeigenschaften bzw. das hohe Irreversibilitätsfeld B_{irr} bei 77 K gegenüber BSCCO-2223, wodurch hohe kritische Stromdichten in Magnetfeldern bei dieser Temperatur erreicht werden können.

Eine Herausforderung besteht derzeit in der Entwicklung und Herstellung langer Bandleiter mit hohen kritischen Stromdichten j_c . Dabei stellen die ausgeprägten anisotropen Eigenschaften der HTSL große Anforderungen an die Herstellungsmethode. Für die Herstellung

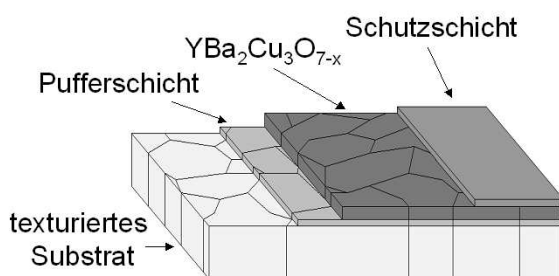


Abbildung 1.1: Schematische Darstellung des Aufbaus eines YBCO-Bandleiters auf einem texturierten Substrat.

Diese erfordern die zusätzliche Abscheidung von Pufferschichten als Diffusionsbarrieren. Aufgrund der kleinen Kohärenzlänge von YBCO stellen Korngrenzen Barrieren für den Supraström dar. So zeigt die kritische Stromdichte einen exponentiellen Abfall mit zunehmenden Korngrenzenwinkel. Um hohe j_c -Werte zu erreichen, ist eine scharfe biaxiale Textur der YBCO-Schicht zwingend erforderlich. Die biaxiale Textur zeichnet sich durch die Festlegung einer kristallographischen Richtung parallel zur Substratnormalen und einer zweiten in der Schichtebene aus (Abb. 1.2). Für die Abscheidung epitaktischer bzw. texturierter Puffer- und YBCO-Schichten stehen drei Prozesswege zur Verfügung: die ionenstrahlunterstützte Abscheidung (Ion Beam Assisted

von BSCCO-2223-Bandleitern, den sog. HTSL-Bandleitern der 1. Generation, wird das Pulver-im-Rohr-Verfahren (Powder-In-Tube - PIT) angewendet [3, 4]. BSCCO-Bandleiter sind bereits bis zu einer Länge von 1 km erhältlich [5]. Die Herstellung von YBCO-Bandleitern, den sog. HTSL-Bandleitern der 2. Generation, erfolgt durch die epitaktische Abscheidung von YBCO-Schichten auf geeigneten, vorzugsweise metallischen Substraten (Abb. 1.1).

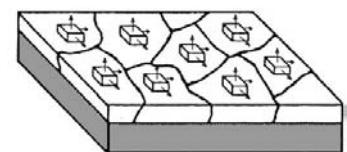


Abbildung 1.2: Veranschaulichung der biaxialen Textur.

Deposition - IBAD), die Abscheidung auf geneigten Substraten (Inclined Substrate Deposition - ISD) und die Abscheidung auf biaxial texturierten Substraten (Rolling Assisted Biaxially Textured Substrates - RABiTS). Beim IBAD- und ISD-Verfahren erfolgt die Schichtabscheidung auf untexturierten polykristallinen oder sogar amorphen Substraten, wobei die Texturierung der abgeschiedenen Schicht durch eine ionenstrahlinduzierte Wachstumsauslese bestimmter Orientierungen (IBAD) bzw. durch eine Kippung des Substrates (ISD) erreicht wird. Als Beschichtungsmethoden stehen u. a. Sputtern, die gepulste Laserdeposition (PLD), Elektronenstrahlverdampfen und das reaktive thermische Verdampfen zur Verfügung. Für die großtechnische Herstellung von YBCO-Bandleitern ist die RABiTS-Methode aufgrund ihrer großen Flexibilität eine der attraktivsten Methoden. Ausgehend von bereits biaxial texturierten Metallbändern werden dabei die Pufferschichten und das YBCO epitaktisch aufgebracht. Neben den bereits genannten physikalischen Beschichtungsverfahren können hierbei insbesondere chemische Abscheidetechniken wie die Abscheidung aus der Gasphase (Chemical Vapour Deposition - CVD und Metal Organic Chemical Vapour Deposition - MOCVD) und die chemische Abscheidung aus der Lösung (Chemical Solution Deposition - CSD) zum Einsatz kommen.

YBCO-Bandleiter, die zum großen Teil mittels physikalischer Abscheidetechniken hergestellt werden, können derzeit bis zu einer Länge von 200 m (Hastelloy/IBAD-YSZ/PLD-YBCO; YSZ: Y_2O_3 -stabilisiertes ZrO_2) mit moderaten kritischen Strömen bis 100 A pro cm Bandbreite realisiert werden [6]. Die *American Superconductor Corporation* produzierte einen 10 m langen Ni-5at%W/ Y_2O_3 /YSZ/ CeO_2 /TFA-YBCO-Bandleiter mit einem kritischen Strom pro Bandbreite von 263 A/cm [7], wobei die Pufferschichten durch reaktives Sputtern und die YBCO-Schicht durch einen CSD-Prozess, der auf dem Einsatz von Trifluoracetaten (TFA) beruht, hergestellt wurden. Ein angestrebtes Ziel ist es, das kostengünstige CSD-Verfahren für die Herstellung der Puffer- und YBCO-Schichten einzusetzen und einen sog. "All-solution"-Bandleiter herzustellen. Die Bezeichnung "All-solution" unterstreicht, dass alle benötigten Schichten des Bandleiters (Abb. 1.1) mittels CSD abgeschieden werden.

Zielstellung dieser Arbeit war es, $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$, eines der derzeit meistversprechenden Materialien, als Pufferschicht auf biaxial texturierten Ni-Substraten herzustellen. Dafür wurde als Beschichtungsmethode die chemische Abscheidung aus der Lösung gewählt, der im Hinblick auf die ökonomische Herstellung von langen Bandleitern große Aufmerksamkeit gewidmet wird. Neben der Entwicklung geeigneter Precursorlösungen zur Schichtabscheidung besteht der Schwerpunkt dieser Arbeit in einer ausführlichen Charakterisierung der Schichteigenschaften sowie deren Optimierung, um die Herstellung von YBCO-Bandleitern zu realisieren.

Nach der Einleitung werden in *Kapitel 2* zunächst grundlegende Eigenschaften der Supraleitung bzw. des Hochtemperatursupraleiters $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ in Hinblick auf die Entwicklung und Anwendung von Bandleitern vorgestellt. Es folgt ein Überblick über die erforderlichen Eigenschaften von YBCO-Bandleitern sowie über relevante Substrat- und Puffermaterialien. Danach werden prinzipielle Aspekte der chemischen Abscheidung aus der Lösung (CSD)

erläutert und im Besonderen die wichtigsten Prozesswege zur Synthese geeigneter Precursorlösungen beschrieben. Anschließend wird auf die in dieser Arbeit eingesetzte Tauchbeschichtung und auf das epitaktische Wachstum von CSD-Schichten eingegangen. Den Abschluss dieses Kapitels bildet eine Übersicht über die Eigenschaften der verwendeten Pufferschichtmaterialien $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ und CeO_2 . In *Kapitel 3* werden die verwendeten Charakterisierungsmethoden und Analyseverfahren vorgestellt. *Kapitel 4* ist der Synthese der Precursorlösungen sowie deren Eigenschaften gewidmet. Es wird dabei insbes. auf die Viskosität, das Benetzungsverhalten und das thermische Zersetzungsverhalten eingegangen. *Kapitel 5* befasst sich mit der Abscheidung von $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ -Schichten auf biaxial texturierten Ni-5at%W-Substraten. Es werden ausführlich die Schichteigenschaften wie Textur und Morphologie und die Eignung der Schichten als Diffusionsbarrieren gegenüber Nickeldiffusion diskutiert. Weiterhin werden die Eigenschaften von dicken $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ -Schichten ($d_{\text{LZO}} > 80$ nm) und homoepitaktisch gewachsenen Mehrfachschichten vorgestellt. In *Kapitel 6* werden die strukturellen und supraleitenden Eigenschaften eines “All-solution“-YBCO-Bandleiters mit der Schichtarchitektur Ni-5at%W/ $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ / CeO_2 /TFA-YBCO dargestellt. Abschließend werden die Ergebnisse einer Ni-5at%W/ $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ -Testprobe vorgestellt, bei der mittels PLD eine CeO_2 - und eine YBCO-Schicht aufgebracht wurde. *Kapitel 7* gibt eine Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit. Im Ausblick werden Aspekte angesprochen, die Inhalt künftiger Arbeiten sein können.

2 Grundlagen

2.1 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ -Bandleiter

2.1.1 Der Hochtemperatursupraleiter $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$

◆ Kristallstruktur und Materialeigenschaften

Der keramische Hochtemperatursupraleiter $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ besitzt eine orthorhombische Kristallstruktur, die aus drei übereinander angeordneten perowskitähnlichen Struktureinheiten aufgebaut ist (Perowskit allgemein: ABX_3), deren Mitte abwechselnd Ba-, Y- und wiederum Ba-Atome besetzen (Abb. 2.1). Da im Vergleich zur Perowskitstruktur nicht alle Sauerstoffplätze besetzt sind, bilden sich zwischen den Barium- und den Yttriumatomen, die für HTSL-Verbindungen typischen CuO_2 -Ebenen und zwischen den Bariumatomen benachbarter Einheitszellen entlang der b -Achse CuO-Ketten aus.

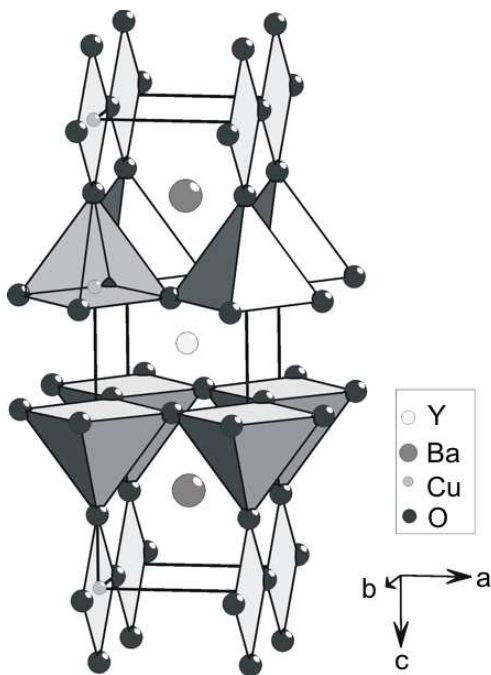


Abbildung 2.1: Kristallstruktur von $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ mit den Gitterparametern $a = 3,83 \text{ \AA}$, $b = 3,88 \text{ \AA}$, $c = 11,68 \text{ \AA}$ [8, 9].

Nach dem jetzigen Kenntnisstand findet die Supraleitung in den CuO_2 -Ebenen statt. Die CuO-Ketten leisten einen Beitrag, indem sie Ladungsträger aus den CuO_2 -Ebenen abziehen und somit eine Dotierung dieser Ebenen mit Löchern bewirken. Da der Sauerstoffgehalt entlang der CuO-Ketten variieren kann, kommt es bei ungenügender Sauerstoffbeladung während der Herstellung zu einem Defizit x (entsprechend $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$). Zusätzlich auftretende Sauerstoffleerstellen führen bei $x = 1$ zu einer Auflösung der CuO-Ketten. Es liegt eine nichtsupraleitende tetragonale Struktur des YBCO vor, die ein antiferromagnetischer Isolator ist. Bei $x \approx 0,6$ kommt es zu einer Phasenumwandlung in die supraleitende orthorhombische Phase, die im normalleitenden Zustand metallisches Verhalten zeigt [10–12]. Die Übergangstemperatur T_c von YBCO ist empfindlich vom Sauerstoffgehalt und dem damit verbundenen Grad der

Dotierung der CuO_2 -Ebenen abhängig und erreicht bei $x \approx 0,06$ ein Maximum von 93 K [10]. Bei der Präparation wird die orthorhombische Struktur unter ausreichender Sauerstoffzufuhr bei Abkühlung unterhalb von 700°C gebildet [13]. Der ausgeprägte zweidimensionale Cha-

rakter der Kristallstruktur bewirkt eine starke Anisotropie vieler Eigenschaften, insbesondere der für die technische Anwendung wichtigen Größen B_{irr} (Irreversibilitätsfeld: Magnetfeld, bis zu dem verlustfreier Stromtransport möglich ist) und j_c (kritische Stromdichte) [8]. Die elektrische Leitfähigkeit ist parallel zu den CuO_2 -Ebenen wesentlich größer als senkrecht dazu [14, 15], wodurch in den CuO_2 -Ebenen viel höhere Stromdichten erreicht werden können. Ursache ist die kleine Kohärenzlänge $\xi_c \approx 0,4$ nm in c -Richtung im Vergleich zu $\xi_{ab} \approx 3,1$ nm [16] in den ab -Ebenen.

Für eine Anwendung, insbes. als Bandleiter, sind die mechanischen Eigenschaften von Bedeutung. Als Keramik ist $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ ein sprödes Material. Daher darf bei Bandleitern ein Biegeradius von einigen Zentimetern (4-5 cm), der von der Schichtdicke d_{YBCO} bzw. der Bandleiterdicke abhängig ist, nicht unterschritten werden. Der thermische Ausdehnungskoeffizient von YBCO, der für die Wahl der Substrat- und Puffermaterialien wichtig ist, beträgt im Bereich von 50°C bis 450°C $\alpha_{\text{YBCO}} = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [17].

◆ YBCO als Supraleiter 2. Art, Pinning und Irreversibilitätslinie

YBCO stellt einen Supraleiter extremer 2. Art^a dar, da für den Ginzburg-Landau-Parameter $\kappa = \lambda_L/\xi$ (λ_L - Londonsche Eindringtiefe des Magnetfeldes) gilt: $\kappa \gg 1/\sqrt{2}$. Ein Supraleiter 2. Art ist durch das Eindringen magnetischen Flusses in Form von Flusslinien im sog. Mischzustand (Shubnikov-Phase), der im $B(T)$ -Phasendiagramm (Abb. 2.2) als Bereich zwischen einer unteren ($B_{c_1}(T)$) und einer oberen kritischen Magnetflussdichte ($B_{c_2}(T)$) definiert ist, gekennzeichnet.

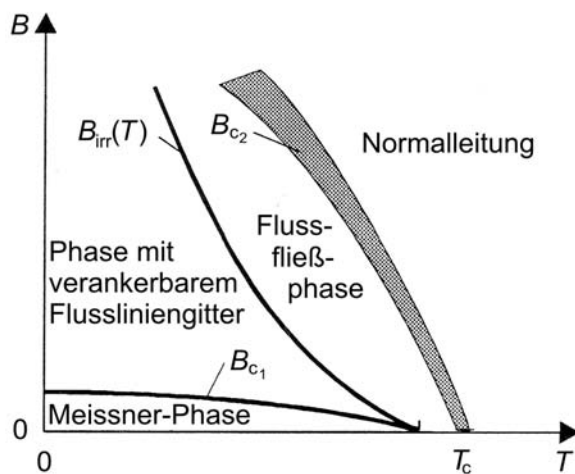


Abbildung 2.2: $B(T)$ -Phasendiagramm von HTSL. Für $B < B_{c_1}$ liegt die Meissner-Phase (vollständige Feldverdrängung) und für $B_{c_1} < B < B_{c_2}$ der Mischzustand (Shubnikov-Phase) vor. Oberhalb der Irreversibilitätslinie $B_{irr}(T)$ tritt starkes, thermisch aktiviertes Flussfließen auf. Pinning ist nicht länger wirksam. B_{c_2} ist nicht scharf messbar [8].

Wirken keine äußeren Kräfte, ordnen sich die Flusslinien in einem idealen (defektfreien) Supraleiter 2. Art in Form eines hexagonalen Flussliniengitters (Abrikosov-Gitter) an. Durch Anlegen eines elektrischen Stromes I kommt es aufgrund der Lorentzkraft F_L^b zu einer Bewegung der Flusslinien, die mit Dissipation im Supraleiter verbunden ist. Erst eine Verankerung (Pinning) der Flusslinien an Haftzentren (Pinningzentren) ermöglicht verlustfreien Stromtransport. Als effektive Pinningzentren, die auf die Flusslinien eine Pinningkraft ausüben, wirken neben Korngrenzen oder Kristalldefekten (z. B. Versetzun-

^aEine ausführliche Darstellung der theoretischen Grundlagen der Supraleitung findet sich u. a. bei *Buckel* [15] und *Poole et al.* [18].

^b $F_L = B \cdot I \cdot L$ bei $B \perp I$, L : Leiterlänge

gen) insbesondere kleinste normaleitende Ausscheidungen, deren Größe im Bereich der Kohärenzlänge ξ liegt. Aus dem Gleichgewicht der Lorentzkraftdichte f_L und der Pinningkraftdichte f_p ($f_p = j_c \cdot B$ bei $j \perp B$) ergibt sich eine obere Grenze für verlustfreien Stromtransport (Depinning-Stromdichte j_{dp}). Aufgrund der genaueren Bestimmbarkeit wird i. A. eine kritische Stromdichte j_c über den Abfall einer bestimmten Spannung pro Längeneinheit (Feldkriterium) am Supraleiter definiert [8, 19].

Von entscheidender Bedeutung für die Anwendung der HTSL ist das Auftreten einer thermisch aktivierten Flusslinienbewegung.^c Aufgrund der kleinen Kohärenzlänge ξ , der großen Eindringtiefe λ_L und der relativ hohen Betriebstemperatur ($T = 77$ K) ist die Pinningenergie pro Längeneinheit einer einzelnen Flusslinie klein und ein Losreißen von ihren Pinningzentren leicht möglich (*thermisch aktiviertes Kriechen*). Ab einer Temperatur $T_{irr} (< T_c)$, die von der Magnetflussdichte B abhängt, besitzt das Flussliniengitter keine Scherfestigkeit mehr, und es kommt zu einem *Schmelzen* des Gitters. Aufgrund der dadurch relativ unabhängigen Bewegung der einzelnen Flusslinien (Flussfließphase) ist im Bereich $T_{irr} < T < T_c$ kein verlustfreier Stromtransport möglich.^d Der Zusammenhang $T_{irr}(B)$ oder $B_{irr}(T)$ (Irreversibilitätsfeld) wird als *Irreversibilitätslinie* bezeichnet (Abb. 2.2). Nur unterhalb dieser Grenzlinie ist eine Verankerung des Flussliniengitters und damit verlustfreier Stromtransport möglich [8]. Für YBCO-Einkristalle wurde das entsprechende $B(T)$ -Phasendiagramm von *Nishizaki* und *Kobayashi* beschrieben [22]. Ein Überblick über den Stromtransport und Dissipationsmechanismen in HTSL findet sich u. a. bei *Prester* [23].

◆ YBCO auf biaxial texturierten Metallsubstraten–Korngrenzenproblematik

Neben seiner Abhängigkeit von der Temperatur T , einem äußeren Magnetfeld der Flussdichte B und den Pinningeigenschaften wird der kritische Strom in polykristallinem YBCO entscheidend durch das Korngrenzenetzwerk limitiert. Das Transportverhalten des Stromes wurde daher in zahlreichen Untersuchungen an definierten Korngrenzen in Schichten betrachtet (YBCO: [24–28], BSCCO: [19, 29, 30]), die auf Bikristallen abgeschieden wurden. Dabei zeigte sich unabhängig vom supraleitenden Material und von der Orientierungsbeziehung der Körner zueinander eine exponentielle Abnahme der kritischen Stromdichte j_c mit zunehmendem Korngrenzenwinkel θ . Für sehr kleine Korngrenzenwinkel wurde ein Plateau der kritischen Stromdichte j_c beobachtet, wobei j_c erst ab einem Grenzwinkel zwischen 2° und 5° exponentiell abnimmt [27, 28, 31]. Nach *Holzappel et al.* besteht für Kleinwinkelkorngrenzen (bis $\theta = 16^\circ$) in bikristallinen YBCO-Schichten, die mittels PLD abgeschieden wurden, eine Abhängigkeit von j_c vom Korngrenzenwinkel θ nach folgendem Zusammenhang (Abb. 2.3) [27]:

$$\frac{j_c(\theta)}{j_c(0)} = \exp\left(-\frac{\theta - 4^\circ}{\alpha}\right) \quad \text{für } \theta > 4^\circ \quad (2.1)$$

Gleichung 2.1 gilt für $T = 77$ K und $B = 0$ T, wobei $\alpha = 2, 4^\circ$. Für $\theta < 4^\circ$ gilt $j_c(\theta) = j_c(0)$.

^cZur ausführlichen Beschreibung dieses Verhaltens dient das Anderson-Kim-Modell [19–21].

^d T_{irr} kann (bei einer bestimmten Magnetflussdichte B) deutlich kleiner als T_c sein. Damit sind nur für $T \ll T_c$ hohe kritische Stromdichten j_c zu erwarten [8].

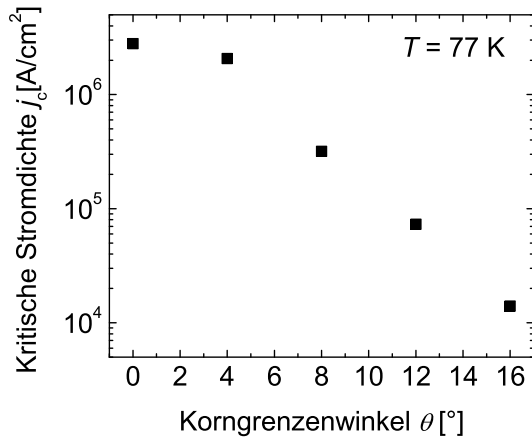


Abbildung 2.3: Abhängigkeit der kritischen Stromdichte j_c vom Korngrenzenwinkel θ in bikristallinen YBCO-Schichten [27].

[19] und *Fernández Gómez-Recuero* [36]. Aufgrund der kleinen Kohärenzlänge des YBCO besteht zwischen den ungestörten supraleitenden Bereichen über eine Korngrenze hinweg nur eine schwache Kopplung. Insbesondere Großwinkelkorngrenzen werden daher auch als schwache Verbindungen (*weak links*) im Supraleiter bezeichnet und können als Josephson-Kontakte theoretisch beschrieben werden [15].

Die Abscheidung von epitaktischen YBCO-Schichten auf biaxial texturierten technischen Substraten im RABiTS-Prozess führt zur Ausbildung eines Korngrenzennetzwerkes in der YBCO-Schicht. In YBCO-Bandleitern wird j_c entscheidend durch die Eigenschaften der biaxial texturierten Substratbänder, wie deren Korngröße und -verteilung sowie durch das Aspektverhältnis der Körner und die Texturqualität (Größe und Verteilung der Korngrenzenwinkel) beeinflusst. Da der Korngrenzenwinkel im Korngrenzennetzwerk der Substrate variiert, ist nach Gl. (2.1) j_c an allen Korngrenzen unterschiedlich. Dadurch bilden sich im Leiter Pfade unterschiedlicher Stromtragfähigkeit aus. Man spricht von einem perkolativen Stromtransport. Durch Simulationsrechnungen, die auf die experimentell bestimmten Eigenschaften der Korngrenzennetzwerke zurückgreifen, kann man j_c in YBCO-Schichten auf biaxial texturierten Substraten im Vergleich zu einkristallinen YBCO-Schichten näherungsweise berechnen [37, 38]. Die kritische Stromdichte j_c kann auch durch die makroskopische Struktur der Korngrenzen reduziert werden. Hohe Rekristallisationstemperaturen der metallischen Substrate führen zu einem sog. Korngrenzen-*Grooving*, bei dem durch thermische Ätzprozesse tiefe und breite Korngrenzgräben entstehen. Diese übertragen sich in die Puffer- und YBCO-Schichten und können durch eine Störung des YBCO-Gitters in diesem Bereich die kritische Stromdichte weiter reduzieren [37].

Die Magnetfeldabhängigkeit der kritischen Stromdichte über Korngrenzen in YBCO-Bandleitern wurde z. B. von *Fernández Gómez-Recuero et al.* untersucht [36, 39]. Dabei wurde ein *Crossover*-Verhalten der magnetfeldbedingten Limitation von j_c beobachtet. Während bei kleinen magnetischen Flussdichten $B < B_{cr}$ (B_{cr} : *Crossover*-Magnetflussdichte) j_c durch das Korngrenzennetzwerk limitiert wird, sind bei größeren Flussdichten $B > B_{cr}$ die Pinning-

Als Ursachen für diesen beobachteten Abfall der kritischen Stromdichte über einer Korngrenze wurden verschiedene Mechanismen diskutiert, die an der Grenzfläche zwischen den Körnern zur Störung des supraleitenden Verhaltens führen (u. a. eine Unterdrückung des Ordnungsparameters der Supraleitung [31], Abweichungen von der idealen Stöchiometrie und Ladungsträgerdichte [32,33], Spannungs- und Verzerrungsfelder [33,34], eine Raumladungszone [26]). Einen Überblick über die hier genannten Ursachen geben z. B. die Arbeiten von *Hilgenkamp und Mannhart* [35], *Attenberger*

eigenschaften der YBCO-Körner der limitierende Faktor. Die Größe B_{cr} ist signifikant von der Textur abhängig, wobei eine bessere Texturqualität einen kleineren B_{cr} -Wert zur Folge hat. Um bei 77 K einen sehr großen B -Bereich im $B(T)$ -Phasendiagramm (Abb. 2.2) zu erhalten, in dem j_c unabhängig von den Substrateigenschaften ist, sind RABiTS-Bänder mit einer scharfen biaxialen Textur erforderlich. Große Irreversibilitätsfelder $B_{irr}(T)$ können durch Verbesserung der Pinningeigenschaften der supraleitenden Schichten erhalten werden.

2.1.2 Aufbau der $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ -Bandleiter und erforderliche Eigenschaften für eine technische Anwendung

Der prinzipielle Aufbau eines YBCO-Bandleiters aus Substrat, Pufferschicht(en), YBCO-Schicht und Schutzschicht wurde in der Einleitung dargestellt (Abb. 1.1). Für dessen Herstellung in Längen von mehreren 100 Metern bis zu Kilometern, die den Einsatz flexibler technischer Substrate zur Schichtabscheidung erfordern, wird die RABiTS-Methode gegenüber dem IBAD- und ISD-Verfahren bevorzugt. Das von *Goyal et al.* entwickelte RABiTS-Verfahren geht von biaxial texturierten Nickelbändern aus, bei denen der Texturübertrag auf nachfolgende Puffer- und YBCO-Schichten durch epitaktisches Wachstum erfolgt [40,41]. Die Eigenschaften der so erhaltenen YBCO-Schichten werden maßgeblich von den Eigenschaften der eingesetzten Substrate bestimmt. Abbildung 2.4 gibt einen Überblick über die Einflussfaktoren bzw. Eigenschaften von Substrat, Pufferschichten und YBCO-Schicht, die für die Herstellung von YBCO-Bandleitern mit hoher kritischer Stromdichte entscheidend sind.

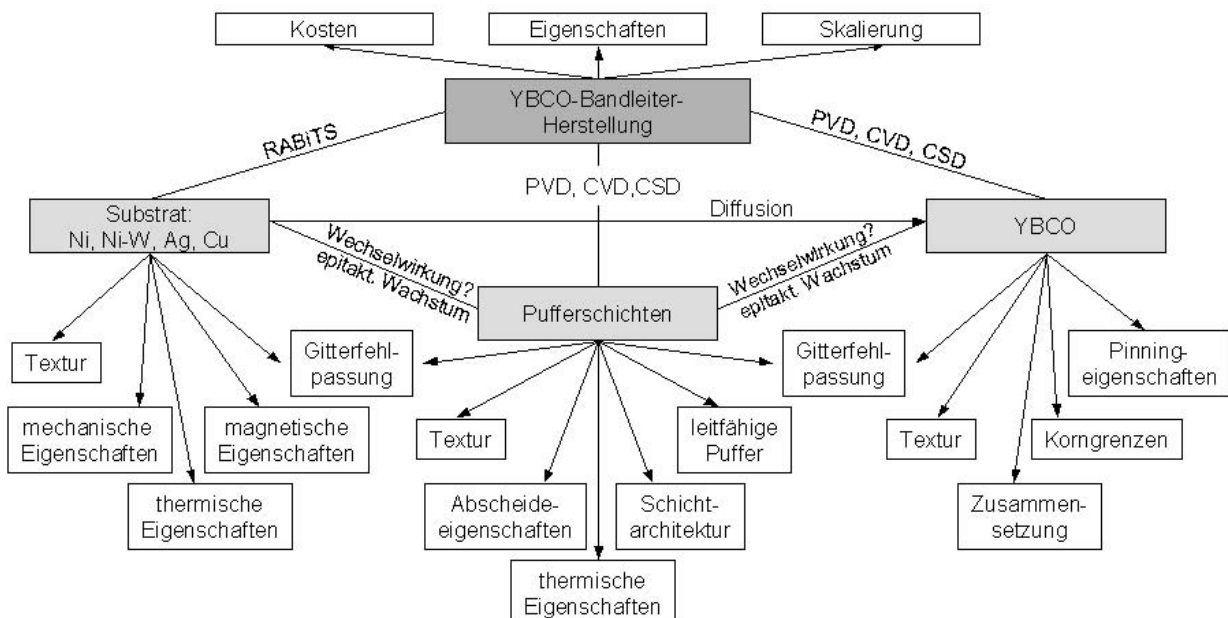


Abbildung 2.4: Überblick über die entscheidenden Eigenschaften von Substrat, Pufferschichten und YBCO-Schicht, die für die Herstellung von YBCO-Bandleitern mit hoher kritischer Stromdichte maßgebend sind (in Anlehnung an [42]).