

Abb. 9.1: Qualitativer Vergleich der dynamischen Leitfähigkeitsmodelle. Erklärung siehe Text.

der delokalisierten Ladungsträger.

Das Modell von Pistoulet für den Einfluß von Potentialfluktuationen zeigt qualitativ das Verhalten des Hopping-Modells. Es mündet aber in einer endlichen Gleichstromleitfähigkeit und zeigt einen nur gering positiven Beitrag zum Realteil der verallgemeinerten dielektrischen Funktion.

Zum Vergleich ist auch das klassische Debye-Modell in Abb. 9.1 mit aufgenommen worden.

9.4 Reflexionsspektren

Für die meisten der hier untersuchten Proben lagen zwar bereits Reflexionsspektren vor [104], jedoch waren diese ursprünglich für die Untersuchung von Gitterschwingungen aufgenommen worden und beinhalteten gewisse Meßunsicherheiten am langwelligen Ende des Spektrums. Um eine verlässliche Analyse der optischen Leitfähigkeit und der verallgemeinerten dielektrischen Funktion durchführen zu können, war es notwendig, im Rahmen dieser Arbeit die Reflexion aller bisher untersuchten Proben erneut im FIR-Bereich zu vermessen. Dabei wurde dem langwelligen Ende des Meßbereichs (Wellenlänge bis 1mm!) besondere Beachtung geschenkt. Bei diesen Wellenlängen traten besondere Probleme auf:

1. Der minimale Strahldurchmesser des Meßlichtes ist durch Beugungserscheinungen an den Aperturblenden begrenzt.
2. Die verwendeten Probenblenden sind bei diesen Wellenlängen nicht mehr vollständig absorbierend, so daß ein zusätzlicher Reflexionsanteil von den Blenden die Messung beeinflusst.

Von Borkarbid, reinem β -rhomboedrischen Bor und den Verbindungen der Strukturgruppe des YB_{66} standen Proben mit ausreichender Größe zur Verfügung, so daß trotz großer Aperturblende (Durchmesser 5mm) Probenblenden verwendet werden konnten, die größer als die Aperturblende des Spektrometers waren und damit Einflüsse der Probenblenden

auf die Meßergebnisse ausgeschlossen werden konnten.

Die Ausdehnung der optisch meßbaren Oberflächen der Proben des metalldotierten β -rhomboedrischen Bors und des aluminiumdotierten Borkarbidts hingegen betrug nur ca. 2 mm. Die Strahlbegrenzung des Meßlichtes erfolgte daher an den Probenblenden. Um den Einfluß der Blenden zu kompensieren, wurde zuvor die reflektierte Intensität des leeren Probenhalters mit Probenblende I_{Blende} gemessen. Später wurden die Intensitäten der Probenmessungen I_{Probe} und Referenzmessungen $I_{Spiegel}$ entsprechend korrigiert. Das Reflektionsvermögen der Probe wurde folglich über die Beziehung:

$$\text{Gl. 9.43} \quad R(\omega) = \frac{I_{Probe}(\omega) - I_{Blende}(\omega)}{I_{Spiegel}(\omega) - I_{Blende}(\omega)}$$

ermittelt.

Die Abb. 9.2 bis Abb. 9.24 zeigen alle gemessenen Reflexionsspektren. Jedes Bild beinhaltet die Spektren einer Probe, gemessen bei drei verschiedenen Temperaturen (450K, 300K und 90K). Zur vergleichenden Darstellung wurden die einzelnen Spektren additiv gegeneinander verschoben. Um das Verhalten bei kleinen Wellenzahlen deutlicher erkennen zu können, wurde eine halblogarithmische Auftragung gewählt.

9.4.1 Borkarbid

In den Abb. 9.2 bis Abb. 9.6 sind die Reflexionsspektren des Borkarbidts dargestellt. Bei allen Proben findet man den charakteristischen plasmakantenähnlichen Anstieg der Reflexion zu kleinen Wellenzahlen hin. Dabei nimmt die Steigung mit der Temperatur signifikant zu. Bei 90 K entsprechen die Reflexionsspektren bei kleinen Wellenzahlen weitgehend der normalen Dispersion von Isolatoren.

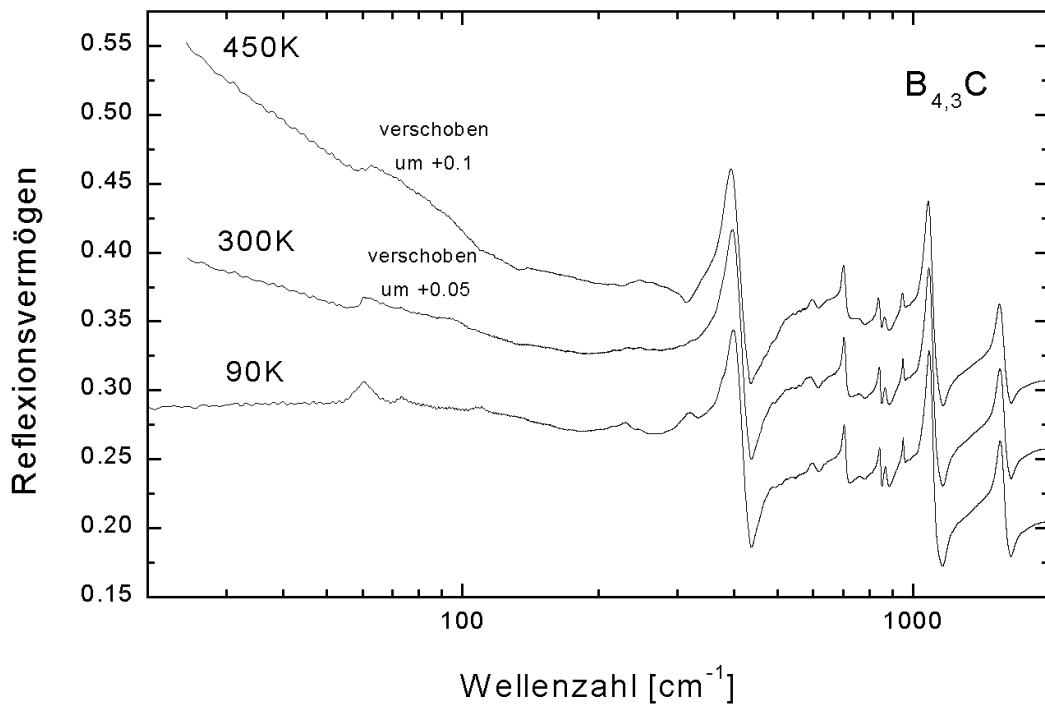


Abb. 9.2: Reflexionsspektren von $B_{4,3}C$

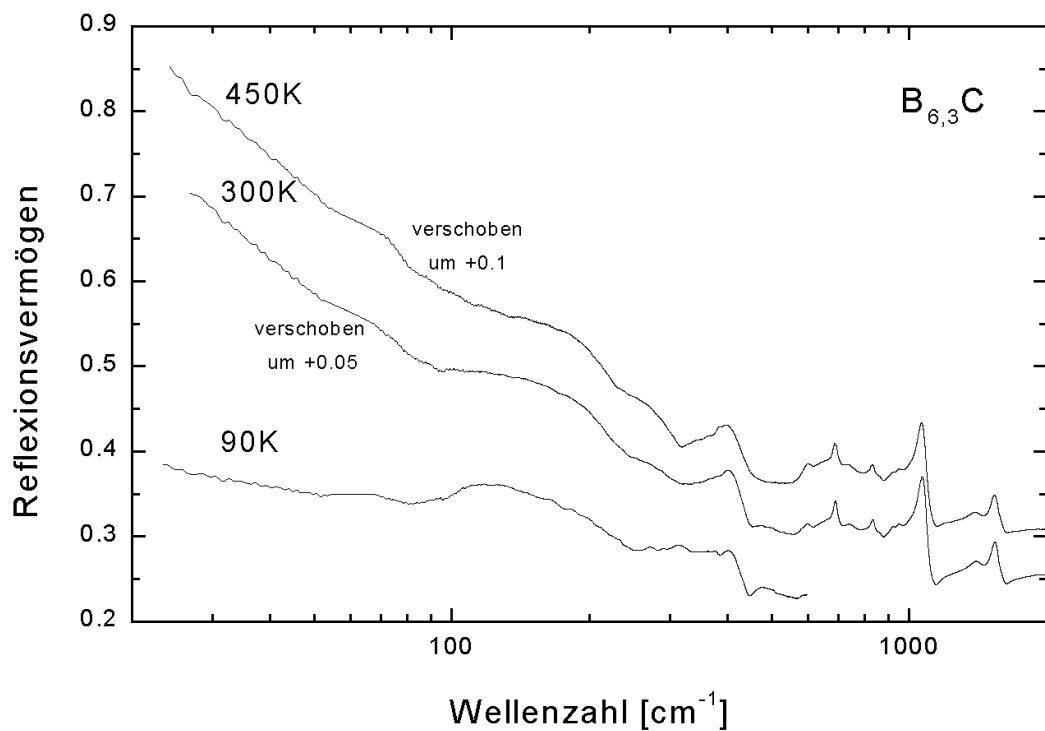


Abb. 9.3: Reflexionsspektren von $B_{6,3}C$. Aus technischen Gründen stehen für das Spektrum bei 90K nur die Daten bis 600 cm^{-1} zur Verfügung.

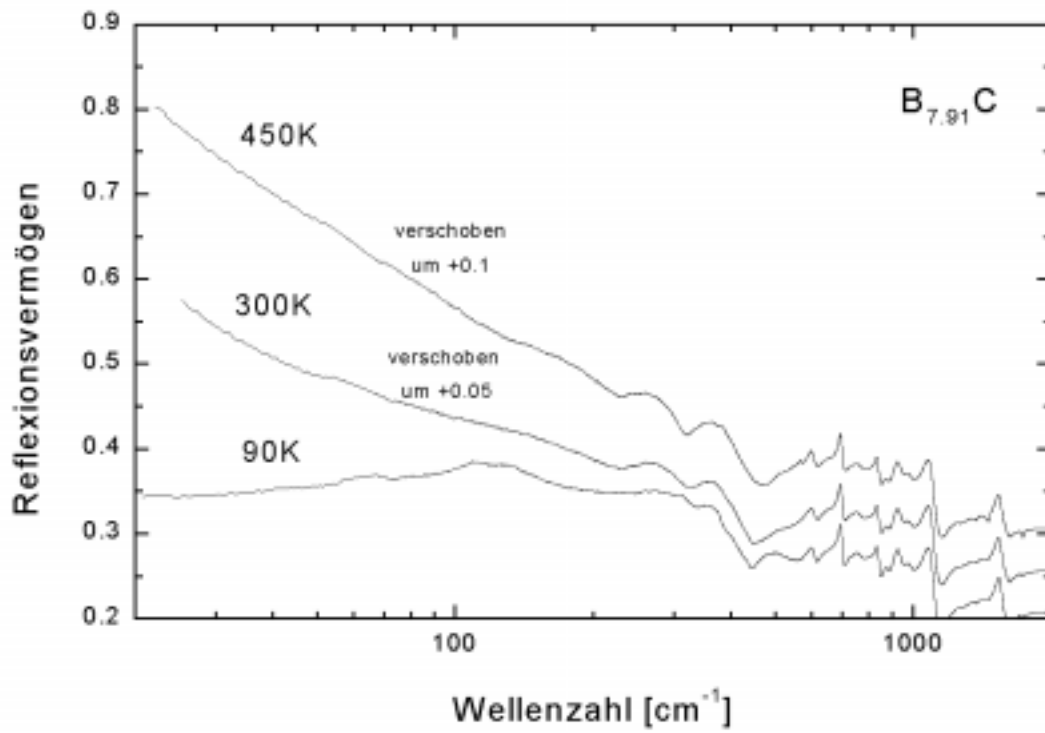


Abb. 9.5: Reflexionsspektren von B_{7,91}C

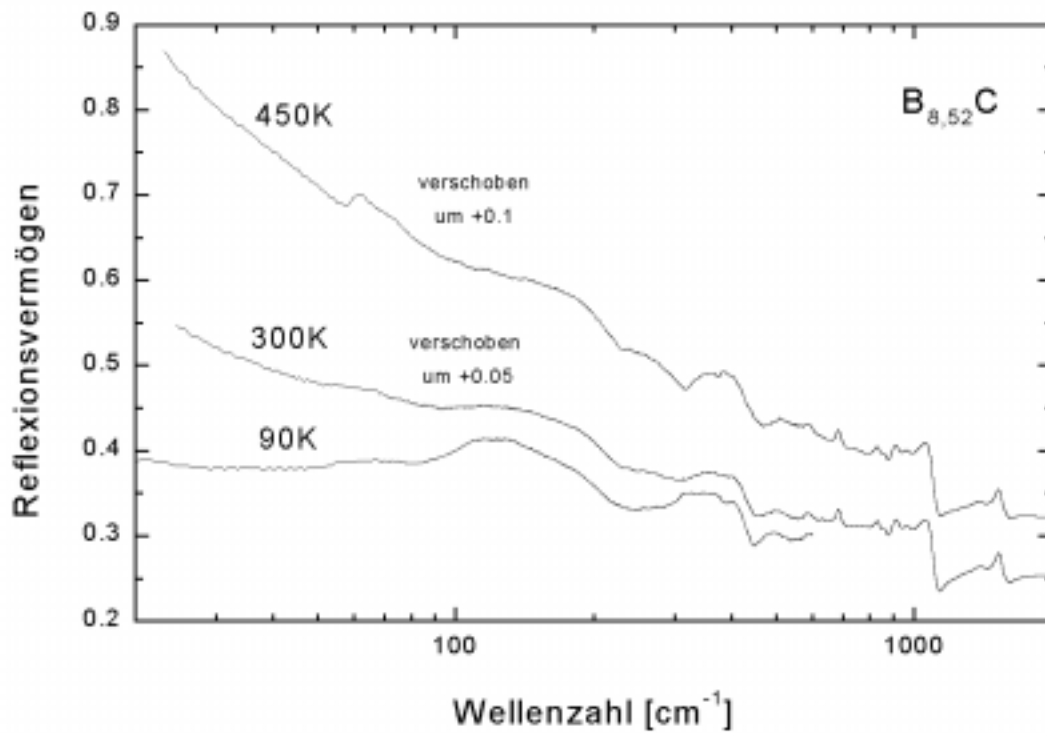


Abb. 9.4: Reflexionsspektren von B_{8,52}C. Aus technischen Gründen stehen für das Spektrum bei 90K nur die Daten bis 600 cm⁻¹ zur Verfügung.

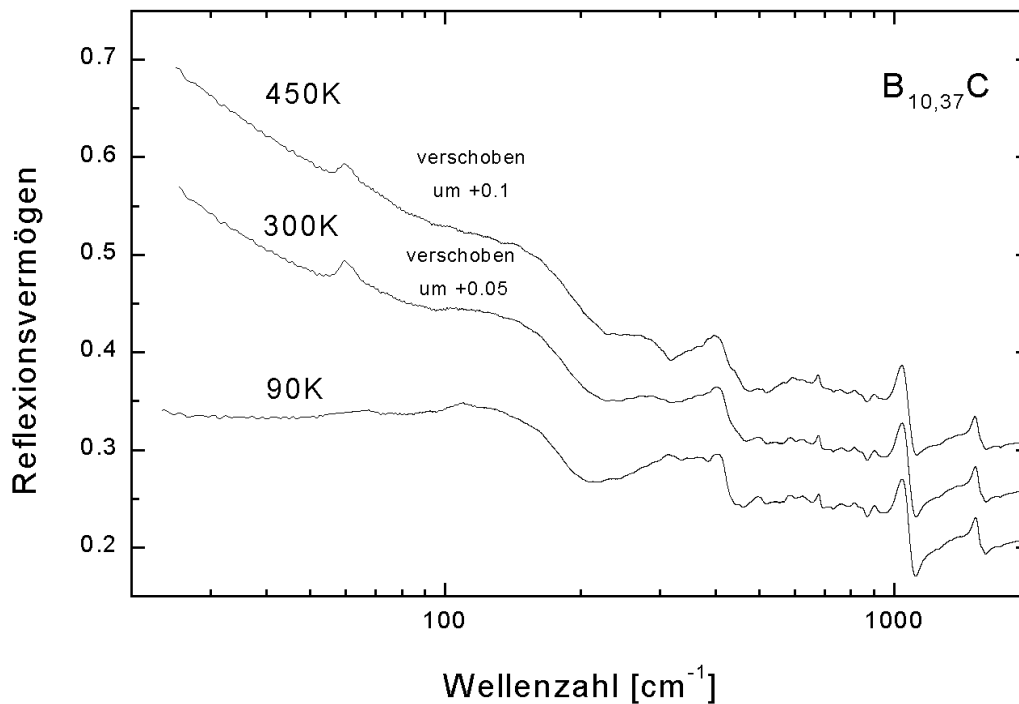


Abb. 9.6: Reflexionspektren von $B_{10,37}C$.

9.4.2 Aluminiumdotiertes Borkarbid

In den folgenden Abbildungen sind die Reflexionspektren des Al-dotierten Borkarbids dargestellt. Die geringe Probengröße in Verbindung mit einem niedrigen Reflexionsvermögen ergab trotz aller Anstrengungen eine relativ große Ungenauigkeit der Spektren bei kleinen Wellenzahlen. Jedoch einige qualitative Merkmale sind deutlich: Die Probe mit dem geringsten Al-Gehalt zeigt das charakteristische temperaturabhängige Verhalten des Reflexionsvermögens des undotierten Borkarbid bei kleinen Wellenzahlen. Bei höherem Al-Gehalt verlaufen die Spektren bei kleinen Wellenzahlen unterhalb der Gitterschwingungen flach und zeigen nur noch eine geringe Temperaturabhängigkeit. Lediglich das Spektrum der Probe mit 0,83 at.% Al zeigt eine deutliche Zunahme des Reflexionsvermögens zu kleinen Wellenzahlen hin, jedoch nur mit geringer Temperaturabhängigkeit. An dieser Probe wurde auch bei Messungen des Seebeck-Koeffizienten atypisches Verhalten beobachtet [160]. Ein monotoner Zusammenhang mit der Al-Konzentration ist nicht erkennbar; daher ist dieses unsystematische Verhalten wahrscheinlich auf die schlechte Probenqualität zurückzuführen.

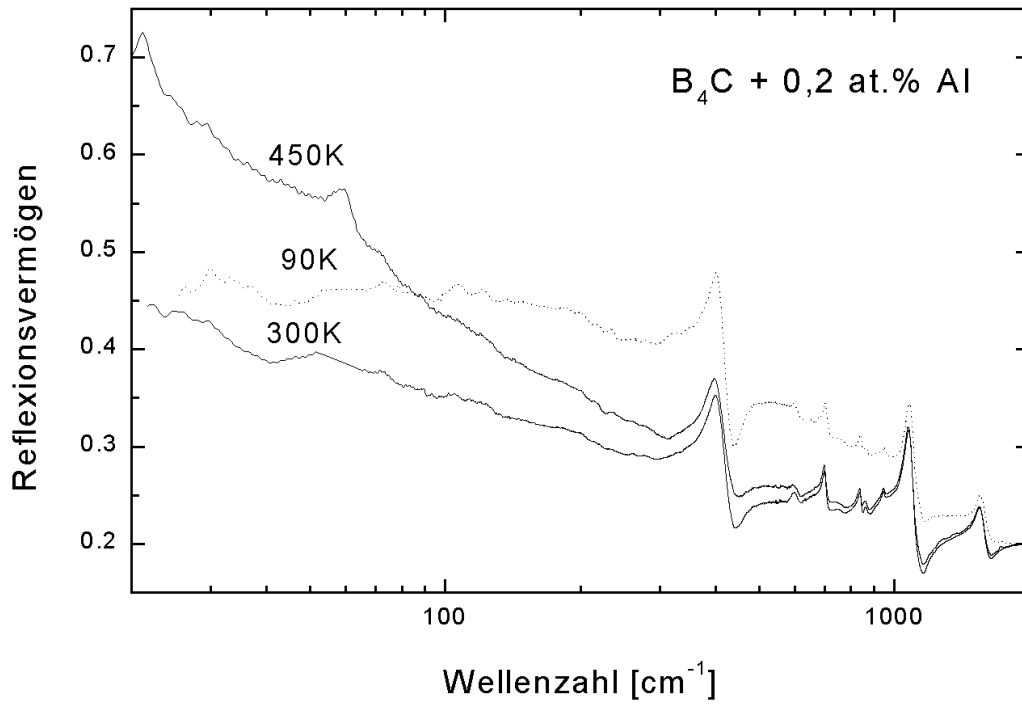


Abb. 9.7: Reflexionsspektrum von Borkarbid mit 0,2 at.% Al-Dotierung

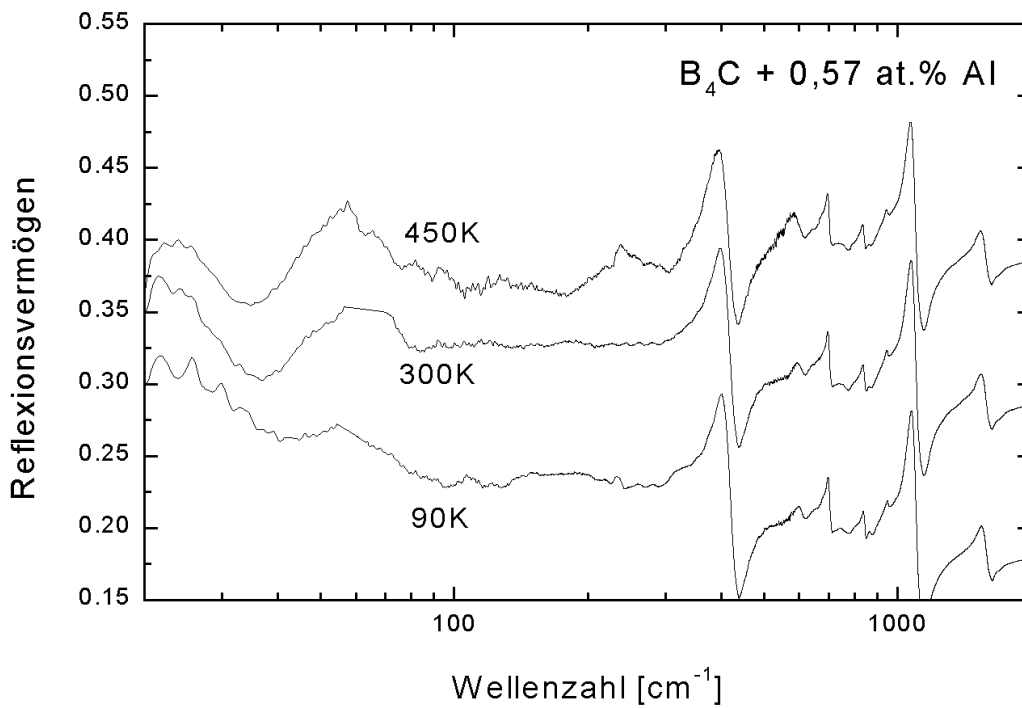


Abb. 9.8: Reflexionsspektrum von Borkarbid mit 0,57 at.% Al-Dotierung

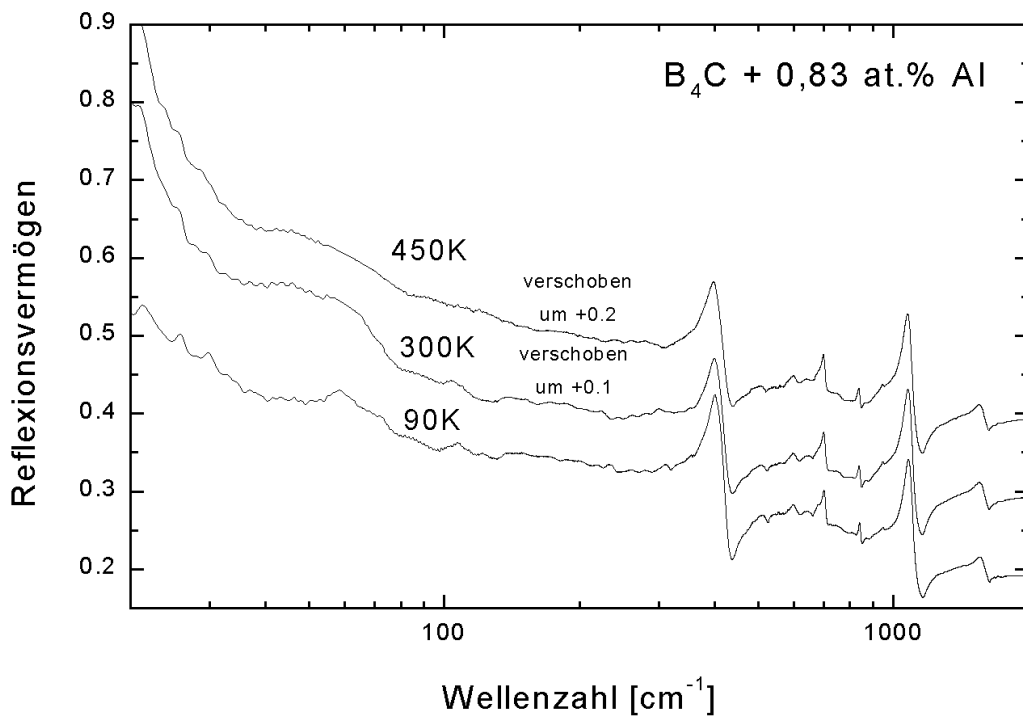


Abb. 9.9: Reflexionsspektrum von Borkarbid mit 0,83 at.% Al-Dotierung

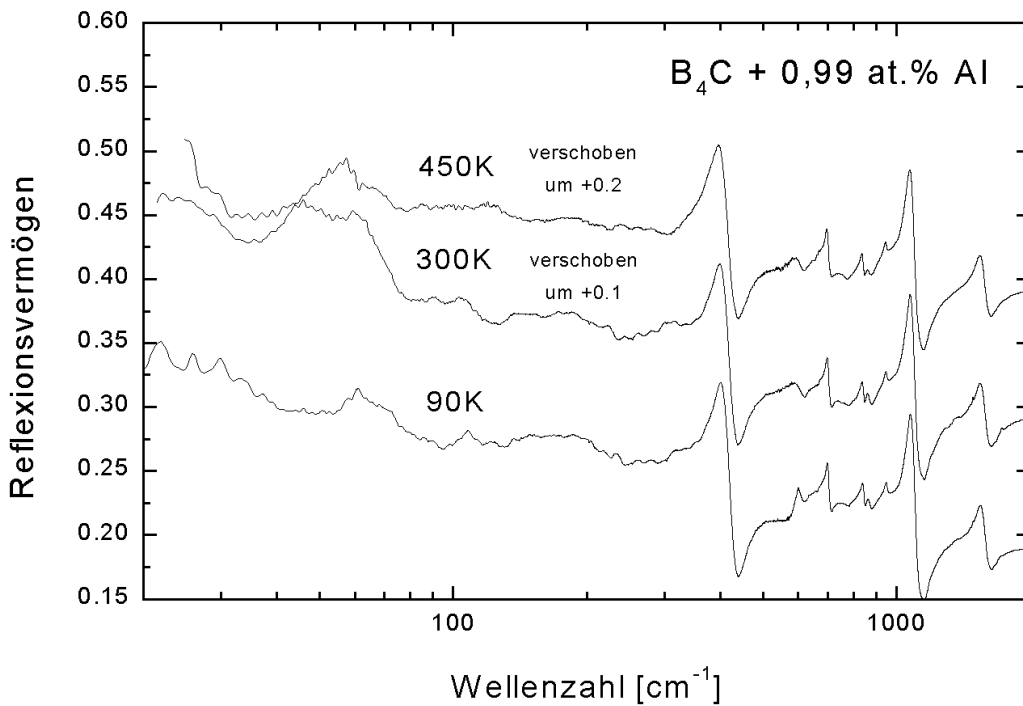


Abb. 9.10: Reflexionsspektrum von Borkarbid mit 0,99 at.% Al-Dotierung

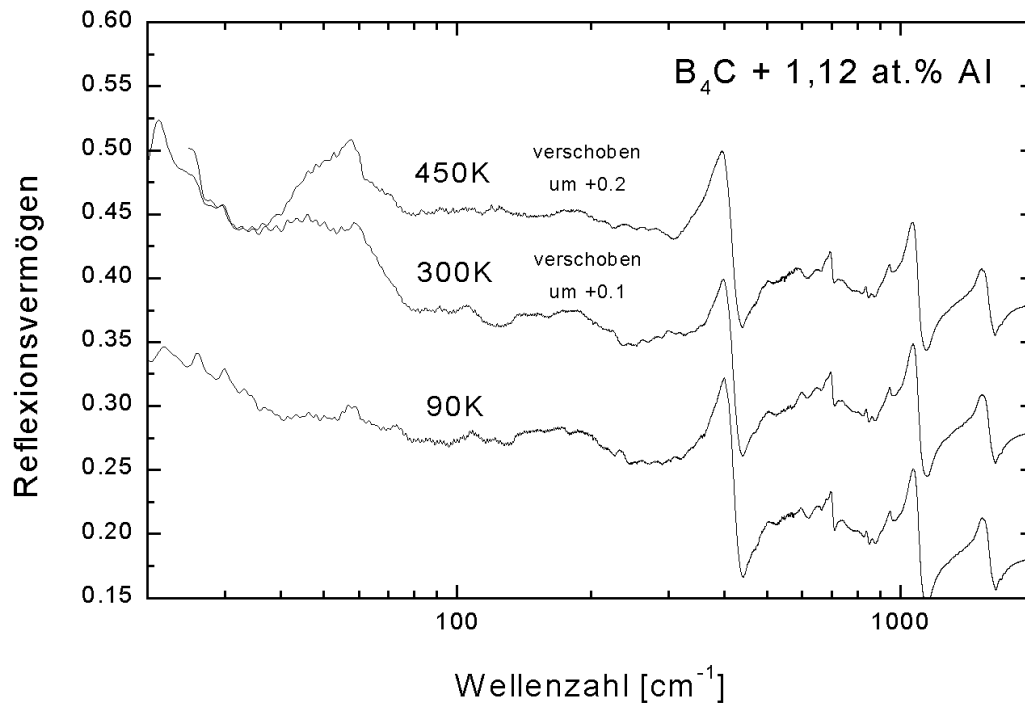


Abb. 9.11: Reflexionsspektrum von Borkarbid mit 1,12 at.% Al-Dotierung

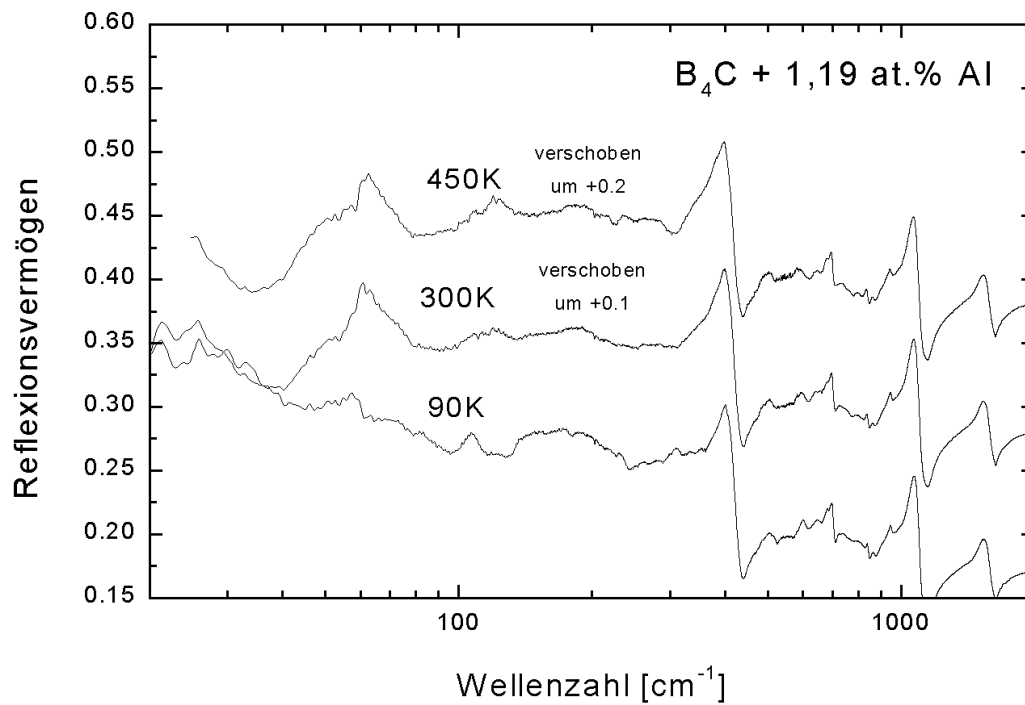


Abb. 9.12: Reflexionsspektrum von Borkarbid mit 1,19 at.% Al-Dotierung

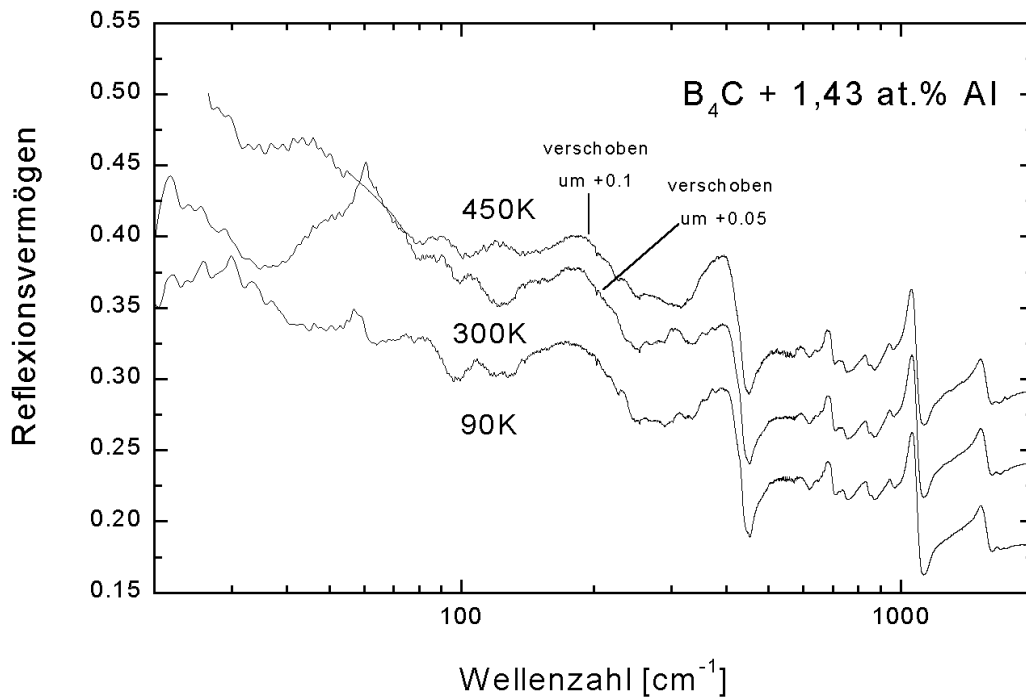


Abb. 9.13: Reflexionsspektrum von Borkarbid mit 1,43 at.% Al-Dotierung

9.4.3 Metalldotiertes β -rhomboedrisches Bor

In den folgenden Abbildungen sind die Reflexionsspektren von metalldotiertem β -rhomboedrischen Bor mit dem Spektrum des reinen β -rhomboedrischen Bors zum Vergleich dargestellt. Es zeigt bei kleinen Wellenzahlen vor dem Einsetzen der Gitterschwingungen normale Dispersion, wie für einen Isolator oder semi-isolierenden Halbleiter. Das Spektrum des reinen β -rh. Bors wurde nur bei 450K und 300K aufgenommen, da aus zahlreichen früheren Untersuchungen bekannt ist, daß keine Besonderheit der Temperaturabhängigkeit besteht [104].

Von den Co- und Fe-dotierten Proben wurden nur die Spektren der Proben mit der höchsten Metallkonzentration gemessen, da aus den früheren gemessenen Spektren bekannt war, daß nur höchste Metallkonzentrationen einen signifikanten Einfluß auf das Reflexionsverhalten bei kleinen Wellenzahlen haben.

Die vanadiumdotierten Proben zeigen ein wesentlich verändertes Reflexionsspektrum. Das Reflexionsvermögen nimmt stark mit dem Metallgehalt zu. Diese Proben wurden daher für alle zur Verfügung stehenden Metallkonzentrationen neu vermessen.

Charakteristisch für metalldotiertes β -rh. Bor ist, daß die den Ladungsträgern zugeschriebene Zunahme des Reflexionsvermögens zu kleinen Wellenzahlen hin im Gegensatz zum Borkarbid keine wesentliche Temperaturabhängigkeit aufweist. Dies deutet bereits auf einen qualitativen Unterschied der elektronischen Eigenschaften von Borkarbid und metalldotiertem β -rh. Bor hin.

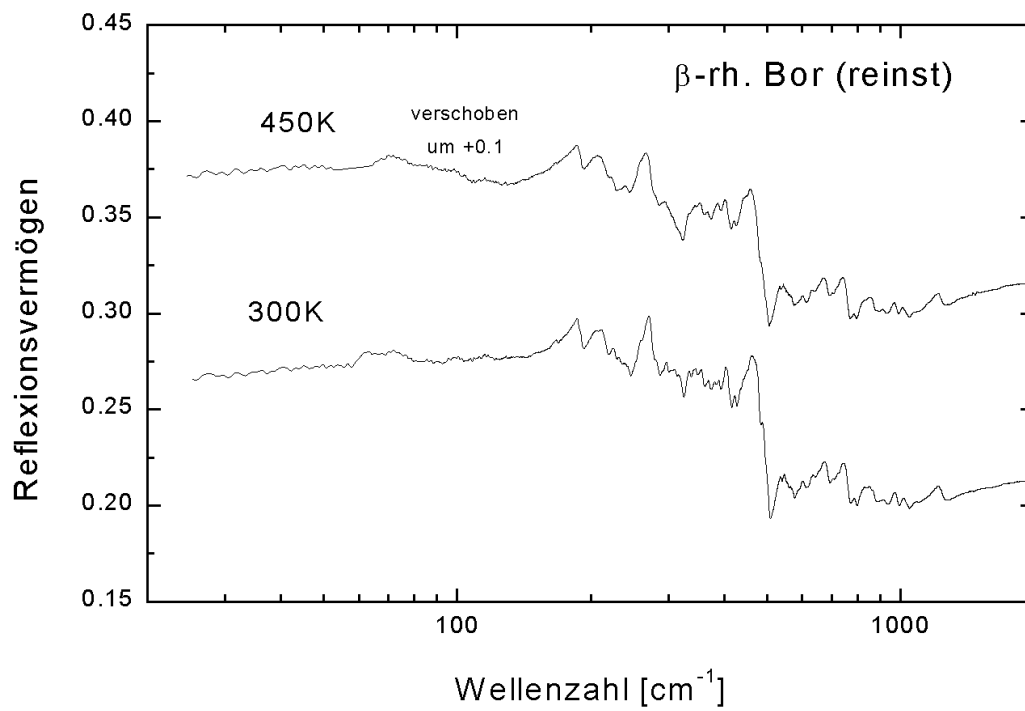


Abb. 9.14: Reflexionsspektrum von reinem β -rhomboedrischem Bor

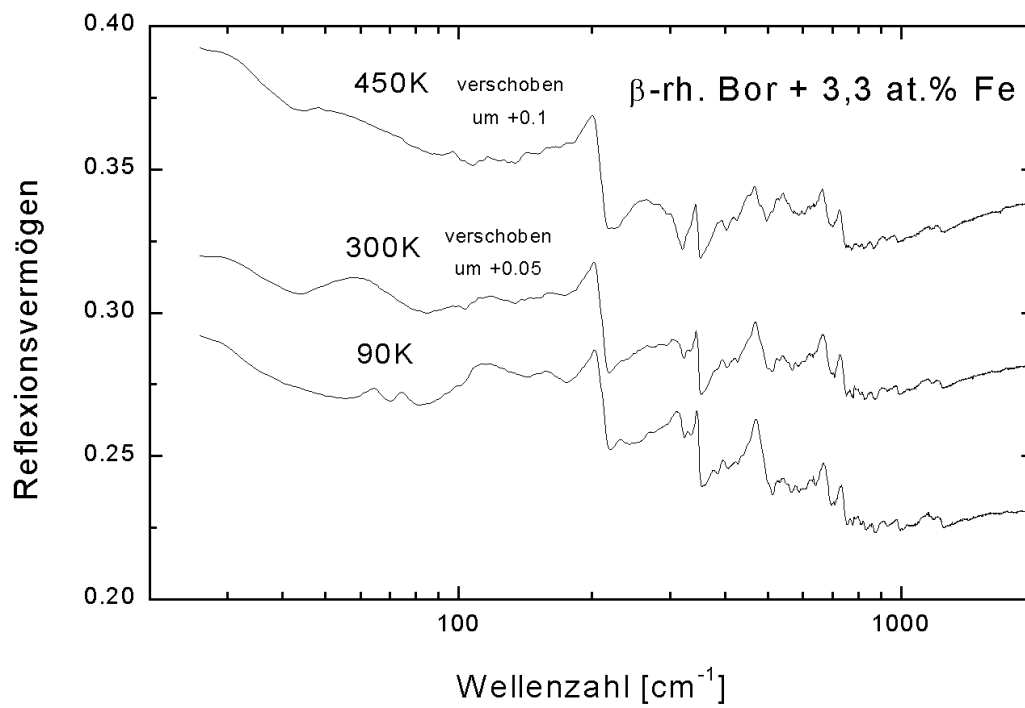


Abb. 9.15: Reflexionsspektrum von β -rhomboedrischem Bor mit 3,3 at.% Fe-Dotierung

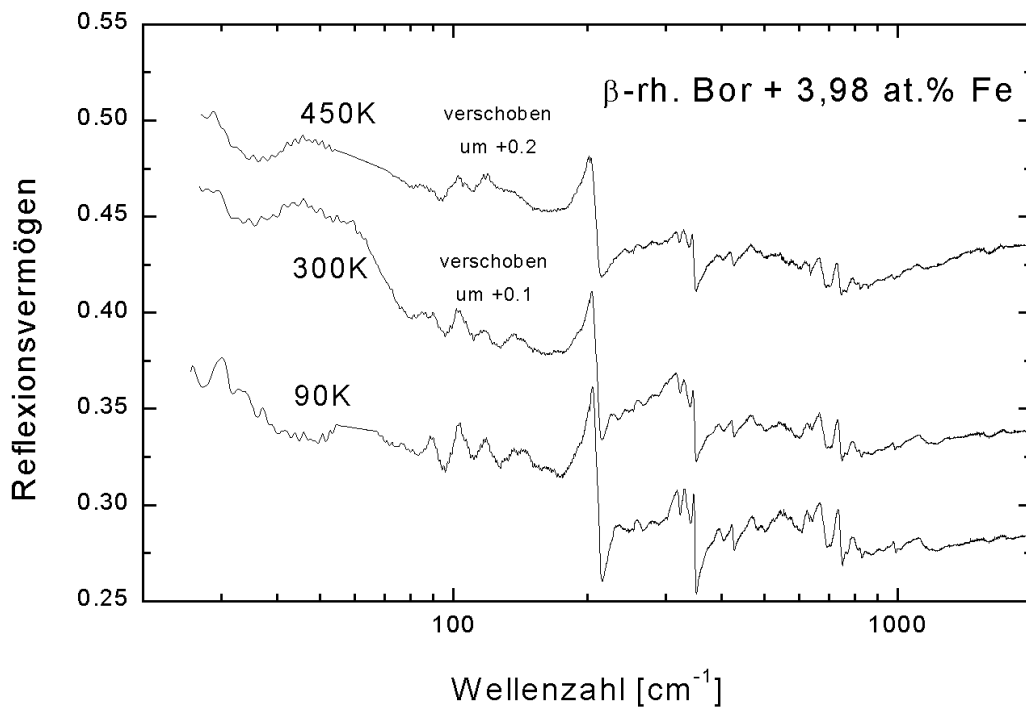


Abb. 9.16: Reflexionsspektrum von β -rhomboedrischem Bor mit 3,98 at.% Fe-Dotierung

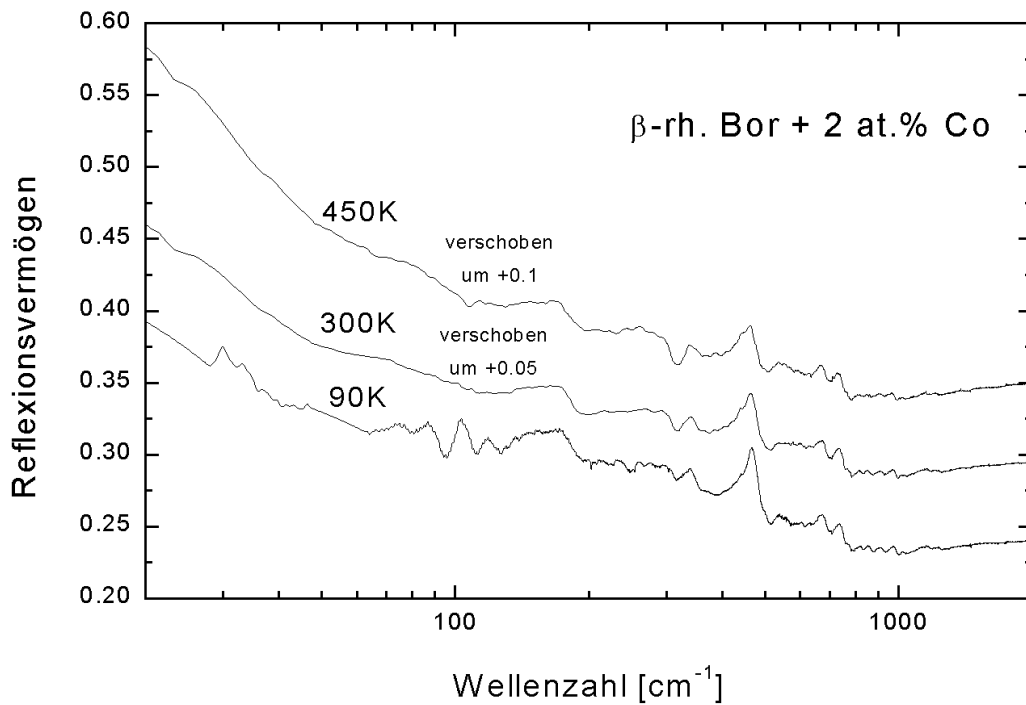


Abb. 9.17: Reflexionsspektrum von β -rhomboedrischem Bor mit 2 at.% Co-Dotierung

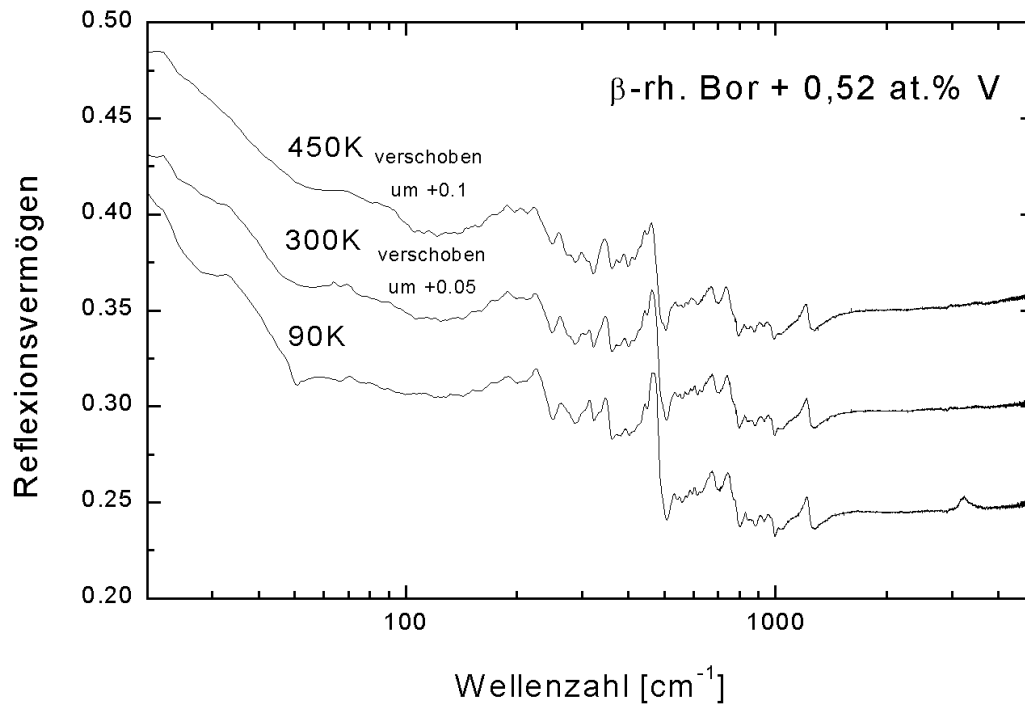


Abb. 9.18: Reflexionsspektrum von β -rhomboedrischem Bor mit 0,52 at.% V-Dotierung

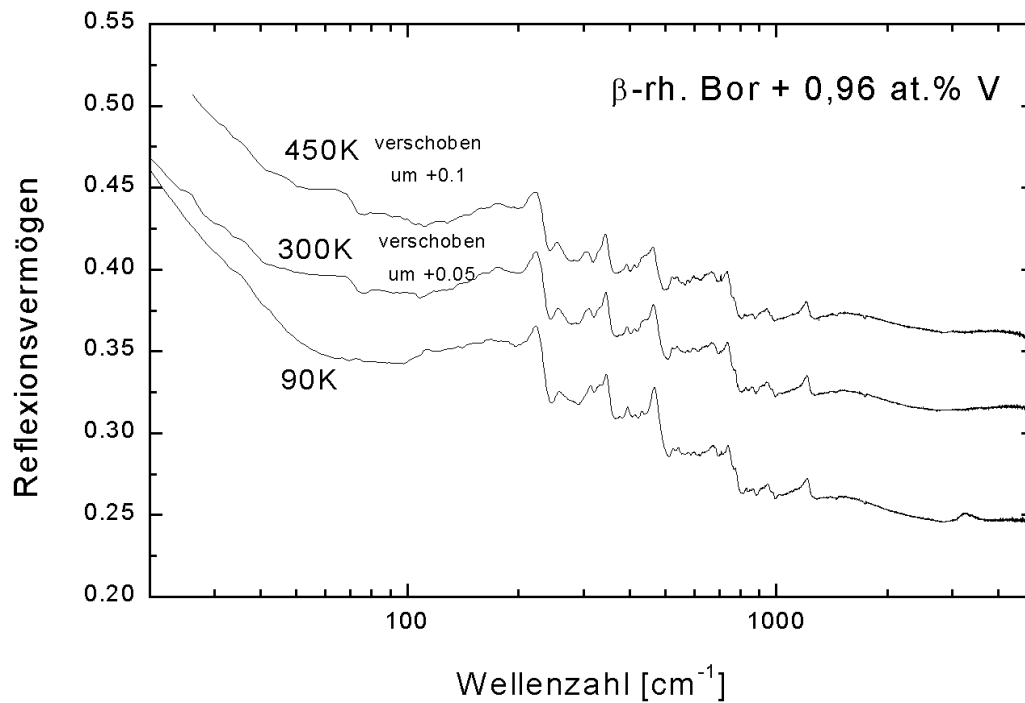


Abb. 9.19: Reflexionsspektrum von β -rhomboedrischem Bor mit 0,96 at.% V-Dotierung

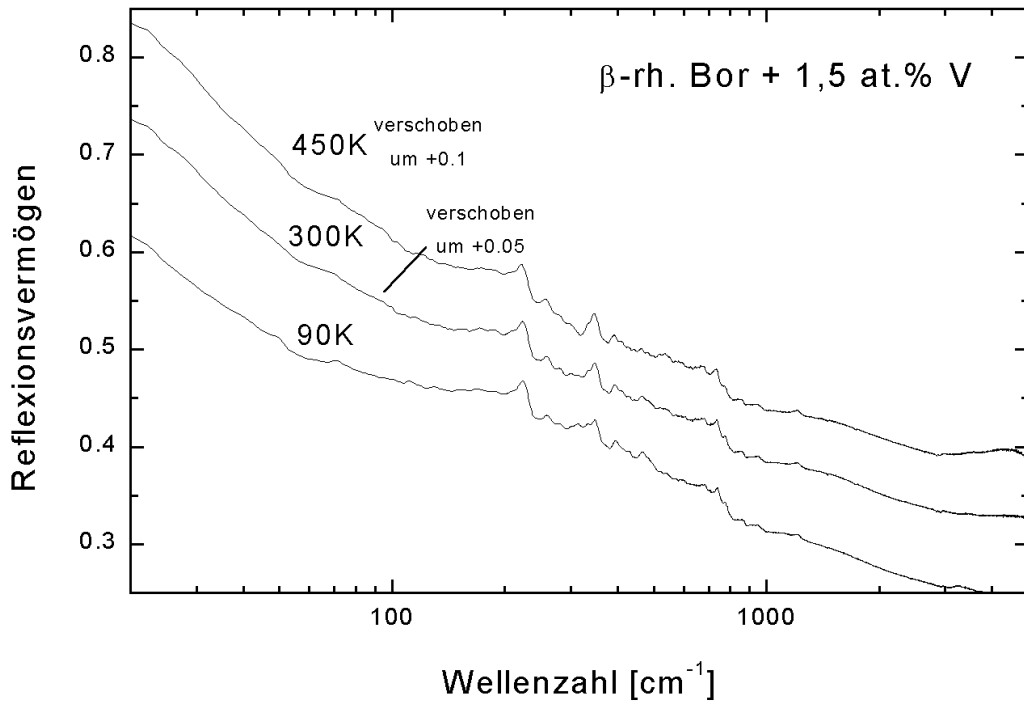


Abb. 9.20: Reflexionsspektrum von β -rhomboedrischem Bor mit 1,5 at.% V-Dotierung

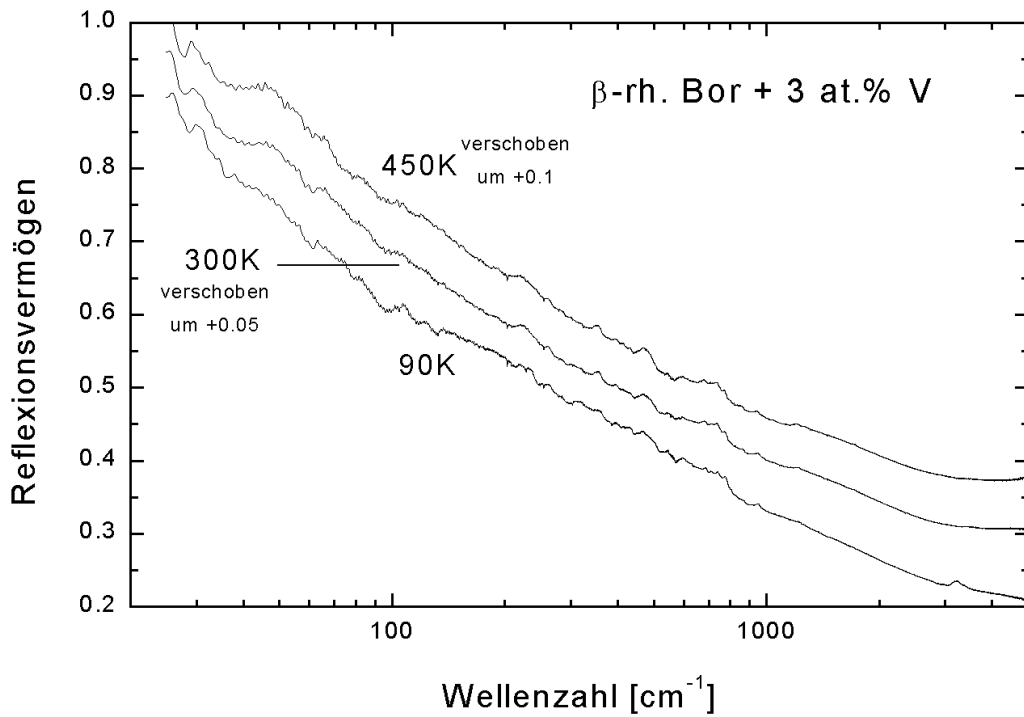


Abb. 9.21: Reflexionsspektrum von β -rhomboedrischem Bor mit 3 at.% V-Dotierung

9.4.4 Verbindungen der Strukturgruppe des YB_{66}

Die folgenden Abbildungen zeigen die Reflexionsspektren von Repräsentanten der Strukturgruppe des YB_{66} . Dabei wurden die Spektren vom YB_{56} und GdB_{62} erstmalig vermessen. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten konnten hier keine Einflüsse dynamischer Leitfähigkeit nachgewiesen werden. Die Spektren zeigen nur eine geringfügige Temperaturabhängigkeit.

Das zu großen Wellenzahlen hin stark anwachsende Reflexionsvermögen wird vermutlich durch zahlreiche starke elektronische Übergänge aus tiefen Störstellen verursacht.

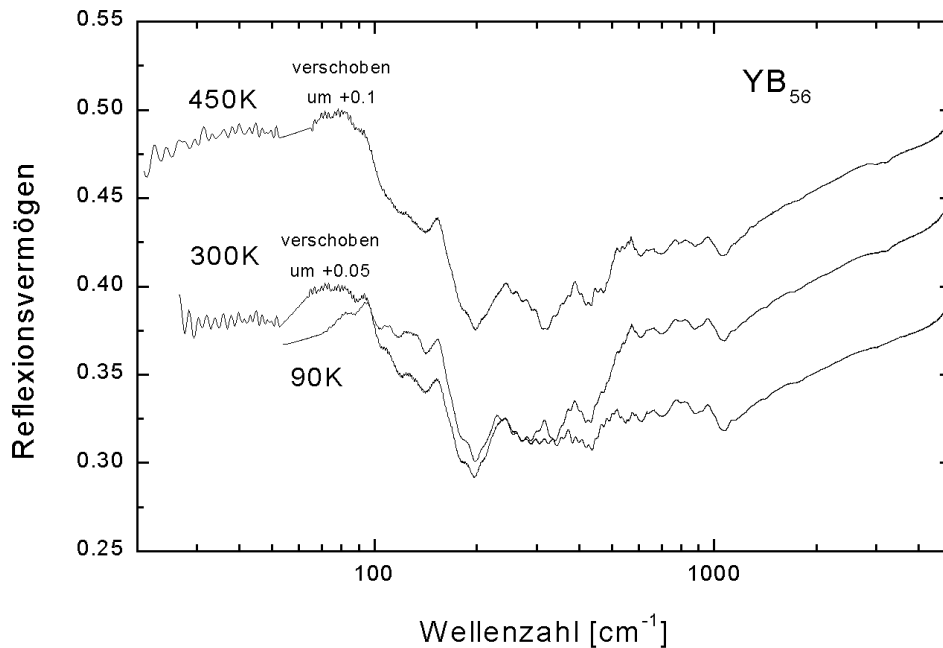


Abb. 9.22: Reflexionsspektrum von YB_{56}

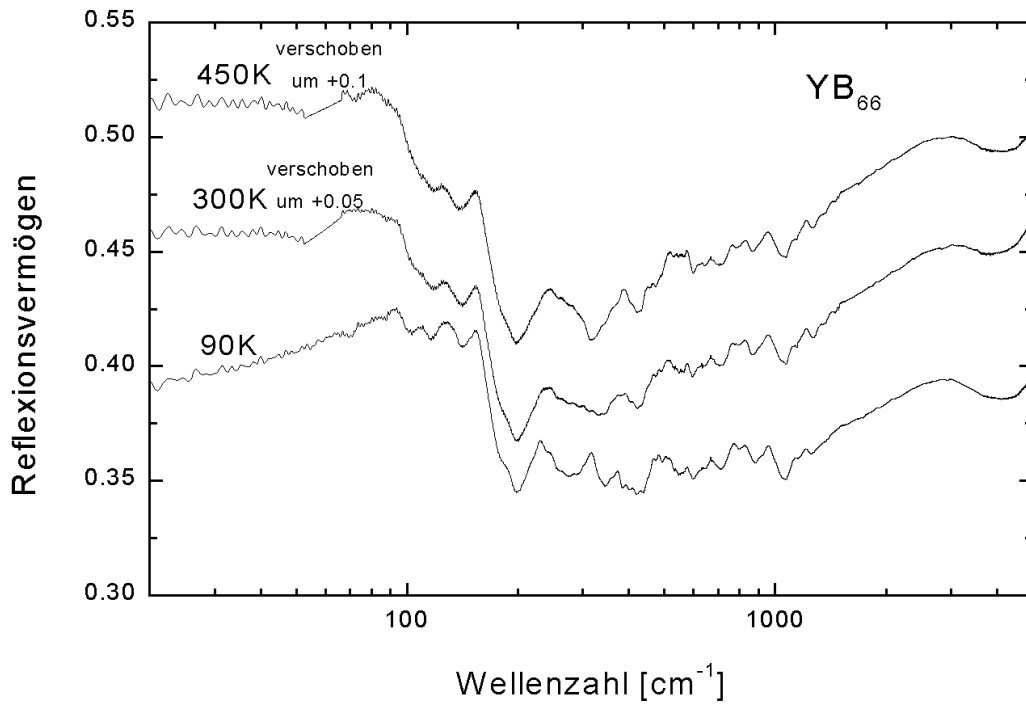


Abb. 9.23: Reflexionsspektrum von YB_{66}

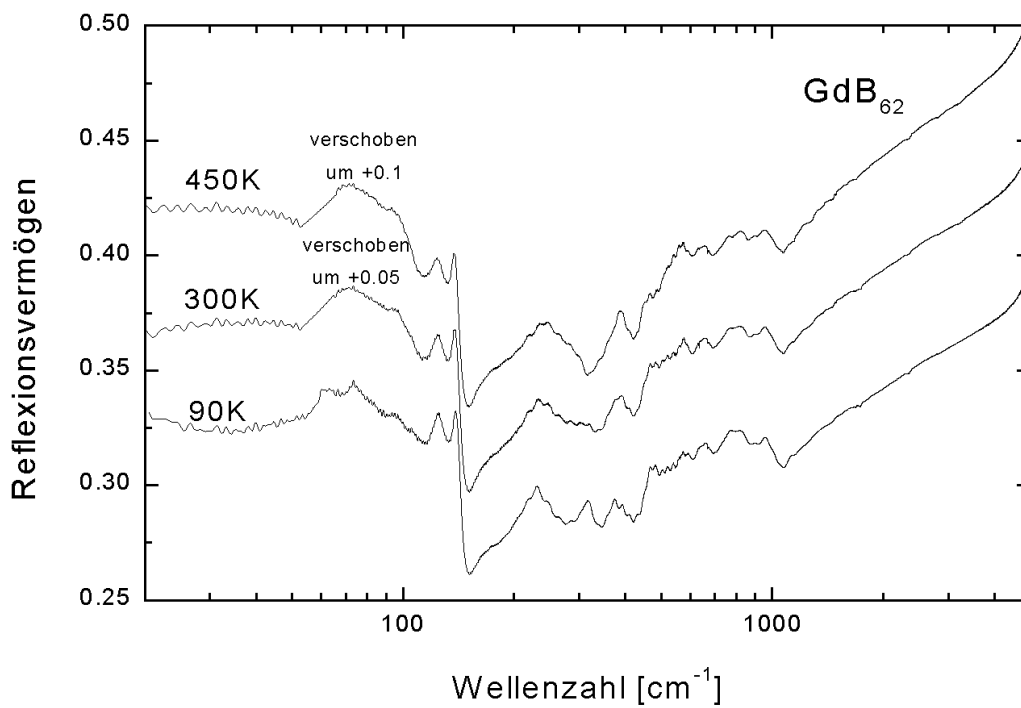


Abb. 9.24: Reflexionsspektrum von GdB_{62}