

# Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Klasse

der

K. B. Akademie der Wissenschaften

zu München

---

1916. Heft I

Januar- bis März-sitzung

---

München 1916

Verlag der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften

in Kommission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth)



## Neuer Beweis eines Koebe-Bieberbachschen Satzes über konforme Abbildung.

Von Georg Faber.

Vorgelegt von A. Pringsheim in der Sitzung am 4. März 1916.

Herr Koebe hat zuerst folgenden Satz bewiesen und ihn zur Grundlage wichtiger Untersuchungen gemacht:

Wenn durch

$$(1) \quad Z = a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3 + \dots \quad (|z| < 1)$$

ein schlichtes Gebiet  $g$  der  $Z$ -Ebene mit der Begrenzungs-  
menge  $c$  auf das Innere des Einheitskreises  $k$  der  $z$ -Ebene  
abgebildet wird, so gibt es eine für alle derartigen Abbildungen  
unveränderliche Zahl  $\kappa$ , der Art, daß für keinen Punkt von  $c$

$$(2) \quad |Z| < \kappa \text{ ist.}$$

Einen viel schärferen Satz hat Herr Koebe nur ver-  
mutet, nämlich:

Die Zahl  $\kappa$  ist  $= \frac{1}{4}$  und es gibt auf  $c$  nur dann einen  
Punkt  $P$ , für den

$$(3) \quad |Z| = \frac{1}{4}$$

ist, wenn  $c$  aus dem geradlinigen Schnitte  $P\infty$  besteht, dessen  
Verlängerung durch  $O$  geht.

In seiner Schrift über konforme Abbildung<sup>1)</sup> erwähnt Herr  
Bieberbach, daß es ihm gelungen sei, die Richtigkeit dieser  
Vermutung zu beweisen: der Beweis wird im 77. Bande der  
Annalen erscheinen. Durch diese Bemerkung angeregt, suchte

<sup>1)</sup> Sammlung Göschen 1915.

und fand ich selbst einen Beweis jenes verschärften Koebe-  
schen Satzes. Und da Herr Bieberbach, dem ich diesen  
Beweis mitteilte, ihn als von dem seinigen verschieden und  
merklich einfacher bezeichnete, so möchte ich mir erlauben,  
ihn im folgenden auseinander zu setzen.

Ich ersetze in (1)  $Z$  durch  $\frac{1}{Z}$ ,  $z$  durch  $\frac{1}{z}$  und beweise  
dann folgenden von dem Koebe-Bieberbachschen nur in der  
Fassung des Wortlautes verschiedenen Satz:

Wenn durch

$$(4) \quad \begin{aligned} Z &= b_1 z + b_0 + \frac{b_{-1}}{z} + \frac{b_{-2}}{z^2} + \dots \quad |z| > 1 \\ &= f(z) \end{aligned}$$

das Äußere des Einheitskreises  $k$  der  $z$ -Ebene auf das Äußere  $G$   
einer Kurve  $C$  in der  $Z$ -Ebene abgebildet wird, und wenn es  
innerhalb oder auf  $C$  zwei Punkte  $P_1, P_2$  von der Entfernung 4  
gibt, so ist

$$(5) \quad |b_1| > 1;$$

nur in dem Ausnahmefall, wo  $G$  aus der längs der Strecke  $P_1 P_2$   
aufgeschlitzten Ebene besteht, ist  $|b_1| = 1$ .

Multipliziert man die rechte Seite von (4) mit irgend einer  
Zahl vom Betrage 1 und verändert man gleichzeitig in be-  
liebiger Weise das Glied  $b_0$ , so bedeutet dies für die Abbil-  
dung nur die Ersetzung der Kurve  $C$  durch eine kongruente.  
Darnach ist es von vornherein erlaubt, voraus zu setzen, daß  
die Punkte  $P_1, P_2$  mit  $\pm 2$  zusammenfallen. Der Ausnahmef-  
fall des Satzes führt dann einfach auf die Funktion

$$f(z) = z \cdot e^{i\alpha} + \frac{1}{z \cdot e^{i\alpha}}$$

mit beliebigem reellen  $\alpha$  und kann somit als erledigt gelten.  
Im allgemeinen Falle gibt es eine  $P_1, P_2$  verbindende, von der  
Strecke  $P_1 P_2$  verschiedene doppeltpunktlose Linie  $l$ , von der  
kein Punkt dem Gebiete  $G$  angehört. Durch

$$(6) \quad Z = u + \frac{1}{u}, \text{ aufgelöst } u = \varphi(Z),$$

wird der Kurve  $C$  eine Kurve  $\Gamma$  und der doppelt gezählten Linie  $l$  eine Kurve  $\lambda$  in der  $u$ -Ebene zugeordnet.  $\lambda$  geht bei der Vertauschung von  $u$  mit  $\frac{1}{u}$ , ebenso wie die Kreislinie  $|u| = 1$ , in sich über, umschließt daher ein Gebiet  $> \pi$ ; denn bei der Spiegelung am Einheitskreise entspricht jedem Gebiete innerhalb des Kreises ein größeres außerhalb. Um so mehr ist

$$(7) \quad \text{die von } \Gamma \text{ umschlossene Fläche } > \pi (1 + \varepsilon)^2$$

bei hinreichend kleinem positivem  $\varepsilon$ .

Das Äußere von  $\Gamma$  wird durch die Funktion

$$(8) \quad u = \varphi(f(z)) = c_1 z + c_0 + \frac{c_{-1}}{z} + \frac{c_{-2}}{z^2} + \dots \quad (|z| > 1)$$

auf das Gebiet  $|z| > 1$  abgebildet und es ist offenbar

$$(9) \quad c_1 = b_1.$$

Neben (8) betrachte ich noch die Abbildungen<sup>1)</sup>

$$(10) \quad u = c_1 z^4 + c_0 + \frac{c_{-1}}{z^4} + \frac{c_{-2}}{z^8} + \dots \text{ und}$$

$$(11) \quad v = \left( c_1 z^4 + c_0 + \frac{c_{-1}}{z^4} + \frac{c_{-2}}{z^8} + \dots \right)^{\frac{1}{4}}$$

(mit beliebiger Fortsetzung der vierten Wurzel)

$$= d_1 z + d_0 + \frac{d_{-1}}{z} + \frac{d_{-2}}{z^2} + \frac{d_{-3}}{z^3} + \dots, \text{ wo}$$

$$(12) \quad |d_1| = |c_1|^{\frac{1}{4}} \text{ und}$$

$$(13) \quad d_0 = d_{-1} = d_{-2} = 0.$$

Durch (10) wird das 4fach überdeckte Äußere von  $\Gamma$  mit einem Windungspunkt im Unendlichen auf das einfach überdeckte Gebiet  $|z| > 1$  abgebildet. Dagegen wird durch (11)

<sup>1)</sup> An sich ist die Einführung dieser Hilfsabbildungen unnötig; denn die oben bewiesene Beziehung (16) für die Bilder der Kreise  $|z| = R$  in der  $v$ -Ebene gilt, wie man fast eben so leicht einsieht, auch für die Bilder dieser Kreise in der  $u$ -Ebene, und der Beweis kann in der  $u$ -Ebene genau, wie es oben in der  $v$ -Ebene geschieht, zu Ende geführt werden. Diese Bemerkung verdanke ich Herrn Bieberbach.

das schlichte Äußere einer gewissen Kurve  $\Gamma_1$  der  $v$ -Ebene auf  $|\varepsilon| > 1$  abgebildet. Die Punkte von  $\Gamma_1$  ergeben sich zu je vieren aus denen von  $I$  durch die Beziehung

$$(14) \quad v = \sqrt[4]{u};$$

ebenso die Punkte einer geschlossenen Linie  $\lambda_1$  der  $v$ -Ebene aus denen von  $\lambda$  in der  $u$ -Ebene. Die von  $\lambda_1$  umschlossene Fläche ist aus dem nämlichen Grunde wie die von  $\lambda$  größer als  $\pi$ ; und um so mehr ist wieder bei hinreichend kleinem  $\varepsilon > 0$ :

$$(15) \quad \text{die von } \Gamma_1 \text{ umschlossene Fläche} > \pi (1 + \varepsilon)^2.$$

Allgemeiner möge  $\Gamma_R$  in der  $v$ -Ebene das Bild der Kreislinie  $|\varepsilon| = R$  sein; aus (13) folgt sofort, daß

$$(16) \quad \begin{array}{l} \text{die von } \Gamma_R \text{ umschlossene Fläche mit beliebiger} \\ \text{Annäherung} = |d_1|^2 R^2 \pi \end{array}$$

ist, wenn nur  $R$  hinreichend groß ist. Aus (15) und (16) schließt man, daß für kleine Werte von  $\varepsilon$  und große von  $R$

$$(17) \quad \begin{array}{l} \text{die von } \Gamma_{1+\varepsilon} \text{ und } \Gamma_R \text{ begrenzte Ringfläche} \\ < |d_1|^2 R^2 \pi - (1 + \varepsilon)^2 \pi \text{ ist.} \end{array}$$

Andererseits wird die Fläche dieses Ringgebietes durch folgendes Doppelintegral ausgedrückt,<sup>1)</sup> erstreckt über den Kreisring  $1 + \varepsilon < |\varepsilon| < R$ :

$$(18) \quad \begin{array}{l} \iint \left| \frac{dv}{d\varepsilon} \right|^2 d\varepsilon = 2\pi \int_{1+\varepsilon}^R \left( |d_1|^2 + \frac{|d_{-1}|^2}{r^2} + \frac{4|d_{-2}|^2}{r^3} + \dots + \frac{r^2 |d_{-r}|^2}{r^{r+1}} \right) r dr \\ > |d_1|^2 R^2 \pi - |d_1|^2 (1 + \varepsilon)^2 \pi. \end{array}$$

Die Abschätzungen (17) und (18) widersprechen einander nur dann nicht, wenn  $|d_1|^2 > 1$  ist; es muß mithin wegen (12) auch  $|c_1| > 1$  und wegen (9)  $|b_1| > 1$  sein, w. z. b. w.

<sup>1)</sup> Vgl. Bieberbach, Rend. del Circ. mat. di Palermo, Bd. 38, oder Einführung in die konforme Abbildung. Berlin und Leipzig 1915, S. 95.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der mathematisch-physikalischen Klasse der Bayerischen Akademie der Wissenschaften München](#)

Jahr/Year: 1916

Band/Volume: [1916](#)

Autor(en)/Author(s): Faber Georg

Artikel/Article: [Neuer Beweis eines Koebe-Bieberbachschen Satzes über konforme Abbildung 39-42](#)