

Potential einer elliptischen Scheibe von der Dichtigkeit 1, deren Punkte den Gleichungen $x^2/A + y^2/B = 1, z = 0$ genügen, abgeleitet mittelst des discontinuirlichen Faktors von Dirichlet

Autor(en): **Bigler, U.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern**

Band (Jahr): - **(1887)**

Heft 1169-1194

PDF erstellt am: **25.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-319005>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Dr. U. Bigler.

Potential einer elliptischen Scheibe

von der Dichtigkeit 1,

deren Punkte den Gleichungen $\frac{x^2}{A} + \frac{y^2}{B} \leq 1, z=0$ genügen,

abgeleitet mittelst des discontinuirlichen Faktors von Dirichlet.

Eingereicht den 22. Januar 1887.

Die Coordinaten des Bezugspunktes seien a, b, c ; diejenigen eines Punktes der elliptischen Scheibe x, y . Wird nun die Entfernung dieser beiden Punkte mit r bezeichnet, so ist eine erste Form des Potentials


$$1) \quad \text{Pot.} = \iint \frac{dx dy}{r}$$

wo sich die Integration über alle Punkte der Scheibe ausdehnt. Ist N eine sehr grosse positive Zahl, so ist

$$2) \quad \frac{1}{r} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_0^N e^{-r^2 \chi} \cdot \chi^{-1/2} d\chi.$$

Ich betrachte nun das Integral $\int \frac{e^{bt} - e^{at}}{t^{1+c}} dt$. Der Weg desselben sei eine aus dem Westpunkte um den Pol Null geworfene rechtläufige Schlinge. Damit dieses Integral

convergiere, müssen die reellen Componenten von a und b positiv sein. Damit ferner der Pol 0 zugänglich werde, nehme ich an, c sei ein positiver, ächter Bruch ($0 < c < 1$). Zieht man nun die Schlinge auf die Realitätslinie von $-N$ bis 0 zusammen, so folgt

$$\int \frac{e^{bt} - e^{at}}{t^{1+c}} \cdot dt = e^{i\pi(1+c)} \cdot \int_{-N}^0 \frac{e^{bt} - e^{at}}{(-t)^{1+c}} \cdot dt +$$


$$+ e^{-i\pi(1+c)} \int_0^{-N} \frac{e^{bt} - e^{at}}{(-t)^{1+c}} \cdot dt.$$

$$= \left(e^{i\pi(1+c)} - e^{-i\pi(1+c)} \right) \int_0^N \frac{e^{-bt} - e^{-at}}{t^{1+c}} \cdot dt.$$

$$3) \int \frac{e^{bt} - e^{at}}{t^{1+c}} = -\frac{2i\pi}{\Gamma(c)\Gamma(1+c)} \cdot \int_0^N \frac{e^{-bt} - e^{-at}}{t^{1+c}} \cdot dt.$$

Nach der bekannten Formel

$$\frac{1}{\Gamma(a)} = \frac{1}{2i\pi} \int e^x x^{-a} dx$$



(Weg eine rechläufige Schlinge aus dem Westpunkte um den Pol 0 .)

ist aber auch

$$\int e^{bt} t^{-(1+c)} dt = \frac{2i\pi b^c}{\Gamma(1+c)}$$

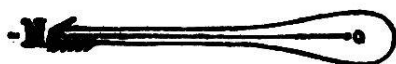


und

$$\int e^{at} t^{-(1+c)} dt = \frac{2i\pi a^c}{\Gamma(1+c)}, \text{ also}$$



$$4) \int \frac{e^{bt} - e^{at}}{t^{1+c}} \cdot dt = \frac{2i\pi(b^c - a^c)}{\Gamma(1+c)}$$



Aus Gleichung (3) und (4) folgt

$$5) \int_0^{\infty} \frac{e^{-bt} - e^{-at}}{t^{1+c}} dt = \frac{\Gamma(1-c) \cdot (a^c - b^c)}{c}$$

Lässt man hier c auf 0 herab sinken, so folgt

$$6) \int_0^{\infty} \frac{e^{-bt} - e^{-at}}{t} dt = \log \frac{a}{b}$$

Die imaginäre Komponente dieses Log. werde ausgedrückt durch die Grösse der Drehung des Strahles aus der Richtung vom Ursprunge nach b bis zur Richtung nach a . Setze ich $a = -ig + i$, $b = -ig - i$, so folgt für $1 < g$, dass

$$2i \int_0^{\infty} \frac{\sin t}{t} \cdot e^{igt} dt = \log \frac{g-1}{g+1} \text{ ist.}$$

Wenn aber $a = ig + i$, $b = ig - i$, $1 < g$, so hat man

$$2i \int_0^{\infty} \frac{\sin t}{t} \cdot e^{-igt} dt = \log \frac{g+1}{g-1},$$

folglich

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin t}{t} (e^{igt} + e^{-igt}) dt = 0.$$

Ist hingegen $0 < g < 1$, $a = -ig + i$, $b = -ig - i$, so ergibt sich

$$2i \int_0^{\infty} \frac{\sin t}{t} \cdot e^{igt} dt = \log \frac{1-g}{1+g} + i\pi,$$

und für $0 < g < 1$, $a = +ig + i$, $b = ig - i$ findet man

$$2i \int_0^{\infty} \frac{\sin t}{t} \cdot e^{-igt} dt = \log \frac{1+g}{1-g} + i\pi,$$

somit

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin t}{t} (e^{igt} + e^{-igt}) dt = 1.$$

Ist also in dem Integral

$$\frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{\sin t}{t} \cdot (e^{igt} + e^{-igt}) dt, 0 < g < 1,$$

so ist der Werth desselben 1; ist aber $1 < g$, so ist der Werth Null. Setze ich nun

$$g = \frac{x^2}{A} + \frac{y^2}{B},$$

$$\Omega = r^2 \chi - ig \varphi, \quad \Omega^1 = r^2 \chi + ig \varphi,$$

so kann dem Potential der elliptischen Scheibe folgende Form gegeben werden:

$$7) \text{ Pot.} = \frac{1}{\pi^{3/2}} \iiint \frac{\sin \varphi}{\varphi} \cdot \chi^{-1/2} (e^{-\Omega} + e^{-\Omega^1}) \times \\ dx dy dz.$$

In diesem Ausdrucke laufen die Variablen φ und χ von 0 bis $+\infty$ und die Integrationen nach x und y erstrecken sich über die ganze Ebene $z=0$. Ich beabsichtige nun bei Ω , Ω^1 ein Mal x in ein vollständiges Quadrat einzuschliessen, das andere Mal ebenso y und setze

$$\Omega = x^2 \left(\chi - \frac{i\varphi}{A} \right) - 2ax\chi + \frac{a^2\chi^2}{\chi - \frac{i\varphi}{A}} - \frac{i\varphi}{A} \cdot \frac{a^2\chi}{\chi - \frac{i\varphi}{A}} \\ + y^2 \left(\chi - \frac{i\varphi}{B} \right) - 2by\chi + \frac{b^2\chi^2}{\chi - \frac{i\varphi}{B}} - \frac{i\varphi}{B} \cdot \frac{b^2\chi}{\chi - \frac{i\varphi}{B}} + c^2\chi.$$

Ist nun

$$\mathfrak{A} = \frac{\sqrt{A\chi - i\varphi}}{\sqrt{A}} \cdot x - \frac{\sqrt{A} \cdot a\chi}{\sqrt{A\chi - i\varphi}}, \mathfrak{B} = \frac{\sqrt{B\chi - i\varphi}}{\sqrt{B}} \cdot y - \frac{\sqrt{B} \cdot b\chi}{\sqrt{B\chi - i\varphi}}$$

$$S = \frac{-ia^2\chi}{A\chi - i\varphi} + \frac{-ib^2\chi}{B\chi - i\varphi} + \frac{c^2\chi}{\varphi};$$

$$\mathfrak{A}_1 = \frac{\sqrt{A\chi + i\varphi}}{\sqrt{A}} \cdot x - \frac{\sqrt{A} \cdot a\chi}{\sqrt{A\chi + i\varphi}}, \mathfrak{B}_1 = \frac{\sqrt{B\chi + i\varphi}}{\sqrt{B}} \cdot y - \frac{\sqrt{B} \cdot b\chi}{\sqrt{B\chi + i\varphi}},$$

$$S_1 = \frac{ia^2\chi}{A\chi + i\varphi} + \frac{ib^2\chi}{B\chi + i\varphi} + \frac{c^2\chi}{\varphi},$$

so folgt, dass $\Omega = \mathfrak{A}^2 + \mathfrak{B}^2 + S\varphi$, $\Omega^1 = \mathfrak{A}_1^2 + \mathfrak{B}_1^2 + S_1\varphi$ ist. Ich wähle denjenigen Werth von $\sqrt{A\chi - i\varphi}$, dessen reelle Componente positiv ist. Man hat also

$$\text{Pot.} = \frac{1}{\pi^{3/2}} \iiint \frac{\sin \varphi}{\varphi} \cdot \chi^{-1/2} \times \\ \times \left(e^{-(\mathfrak{A}^2 + \mathfrak{B}^2 + S\varphi)} + e^{-(\mathfrak{A}_1^2 + \mathfrak{B}_1^2 + S_1\varphi)} \right) dx dy d\varphi d\chi.$$

Ich integriere nun zuerst nach x und dann nach y und setze

$$u = \frac{\sqrt{A} \chi - i\varphi}{\sqrt{A}} \cdot x - \frac{\sqrt{A} \cdot a \chi}{\sqrt{A} \chi - i\varphi}, \quad du = \frac{\sqrt{A} \chi - i\varphi}{\sqrt{A}} \cdot dx;$$

durchläuft nun x die Realitätslinie vom Westpunkte bis zum Ostpunkte, so durchläuft u eine Gerade, welche dieselbe unter einem Winkel schneidet, der kleiner als $\frac{\pi}{4}$ ist. Ich darf desshalb den Anfang des u -Weges mit dem Westpunkte und das Ende mit dem Ostpunkte der Realitätslinie verbinden und den Integrationsweg wieder in die Realitätslinie verlegen. Also ist

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\mathfrak{A}^2} dx = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{A} \chi - i\varphi} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-u^2} du = \frac{2\sqrt{A}}{\sqrt{A} \chi - i\varphi} \int_0^{+\infty} e^{-u^2} du$$

somit

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\mathfrak{A}^2} dx = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{A} \chi - i\varphi} \cdot \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \text{ und ebenso}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\mathfrak{A}_1^2} dx = \frac{\sqrt{A}}{\sqrt{A} \chi + i\varphi} \cdot \Gamma\left(\frac{1}{2}\right),$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\mathfrak{B}^2} dy = \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{B} \chi - i\varphi} \cdot \Gamma\left(\frac{1}{2}\right),$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} -\mathfrak{B}_1^2 dy = \frac{\sqrt{B}}{\sqrt{B\chi + i\varphi}} \cdot \Gamma\left(\frac{1}{2}\right),$$

somit

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \left(e^{-(\mathfrak{A}^2 + \mathfrak{B}^2 + S\varphi)} + e^{-(\mathfrak{A}_1^2 + \mathfrak{B}_1^2 + S_1\varphi)} \right) dx dy =$$

$$\sqrt{A B} \cdot \pi \left(\frac{e^{-S\varphi}}{\sqrt{(A\chi - i\varphi)(B\chi - i\varphi)}} + \frac{e^{-S_1\varphi}}{\sqrt{(A\chi + i\varphi)(B\chi + i\varphi)}} \right)$$

und also

$$\begin{aligned} 8) \quad \text{Pot.} &= \frac{\sqrt{A B}}{\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \int_0^\infty \frac{\sin \varphi}{\varphi} \chi^{-1/2} \times \\ &\times \left(\frac{e^{-S\varphi}}{\sqrt{(A\chi - i\varphi)(B\chi - i\varphi)}} + \frac{e^{-S_1\varphi}}{\sqrt{(A\chi + i\varphi)(B\chi + i\varphi)}} \right) d\varphi d\chi. \end{aligned}$$

Denkt man sich zuerst φ constant und setzt, um sich die nachherige Integration nach φ zu erleichtern, $\chi = \frac{\varphi}{s}$, wo s die neue Variable bedeutet, die χ ersetzen soll, so hat man

$$d\chi = -\frac{\varphi}{s^2} ds,$$

$$S = \frac{-ia^2}{A-is} + \frac{-ib^2}{B-is} + \frac{c^2}{s}, \quad S_1 = \frac{ia^2}{A+is} + \frac{ib^2}{B+is} + \frac{c^2}{s},$$

folglich

$$\text{Pot.} = \frac{\sqrt{AB}}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} \frac{\sin \varphi}{\varphi^{3/2}} \times \\ \times \left(\frac{e^{-S\varphi}}{\sqrt{(A-is)(B-is)}} + \frac{e^{-S_1\varphi}}{\sqrt{(A+is)(B+is)}} \right) \frac{ds d\varphi}{\sqrt{s}}.$$

Weil die gemeinschaftliche reelle Componente von S und S^1 für jeden positiven Werth von s positiv ist, so convergirt dieser Ausdruck auch an der obern Grenze.

Ich kehre nun die Folge der Integration um und integrirte zuerst nach φ . Es ist

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin \varphi}{\varphi^{3/2}} \cdot e^{-S\varphi} = \frac{1}{2i} \int_0^{\infty} \left(\frac{e^{-(S-i)\varphi} - e^{-(S+i)\varphi}}{\varphi^{3/2}} \right) \cdot d\varphi,$$

und weil die reellen Componenten von $S-i$, $S+i$ positiv sind, so erhält man nach Formel (5)

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin \varphi}{\varphi^{3/2}} e^{-S\varphi} d\varphi = \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \cdot \frac{\sqrt{S+i} - \sqrt{S-i}}{i};$$

ebenso ist

$$\int_0^{\infty} \frac{\sin \varphi}{\varphi^{3/2}} e^{-S_1\varphi} d\varphi = \Gamma\left(\frac{1}{2}\right) \frac{\sqrt{S_1+i} - \sqrt{S_1-i}}{i},$$

wo die reellen Componenten von $\sqrt{S+i}$, $\sqrt{S-i}$ etc. positiv verstanden werden. Folglich ist

$$9) \quad \text{Pot.} = \sqrt{AB} \left(\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{S+i} - \sqrt{S-i}}{i \sqrt{(A-is)(B-is)}} \cdot \frac{ds}{\sqrt{s}} \right. \\ \left. + \int_0^{\infty} \frac{\sqrt{S_1+i} - \sqrt{S_1-i}}{i \sqrt{(A+is)(B+is)}} \cdot \frac{ds}{\sqrt{s}} \right).$$

Die Zerlegung in die Summe zweier Integrale ist deshalb möglich, weil beide für sich convergiren. Das

Integral $\int \frac{\sqrt{S+i} - \sqrt{S-i}}{i\sqrt{(A-is)(B-is)}} \cdot \frac{ds}{\sqrt{s}}$ verschwindet im Hori-

zonte wie $\frac{1}{\sqrt{s}}$. Man setze deshalb den geradlinigen In-

tegrationsweg im Ostpunkte des Horizontes bis zum Nordpunkte fort, um die Nordhälfte der lateralen Axe zum Integrationswege zu machen.

Hier setze ich nun $s = e^{i\frac{\pi}{2}} u$; durchläuft nun s von o aus die Nordhälfte der lateralen Axe, so u von o aus die Osthälfte der Realitätslinie. Ist nun t die Wurzel der Gleichung $\frac{a^2}{A+u} + \frac{b^2}{B+u} + \frac{c^2}{u} = 1$, die dem Ellipsoid entspricht, das durch den Punkt (a, b, c) geht, so ist für das Intervall $o < u < t$ die Grösse T stets grösser als 1 und für $t < u$ ist T kleiner als 1, wenn

$$T = \frac{a^2}{A+u} + \frac{b^2}{B+u} + \frac{c^2}{u}$$

gesetzt wird.

Für das Intervall $o < u < t$ hat man demnach

$$\log(S+i) = \log(T-1) - \frac{i\pi}{2}, \quad \log(S-i) = \log(T+1) - \frac{i\pi}{2}$$

und für $t < u$

$$\log(S+i) = \log(1-T) + \frac{i\pi}{2}, \quad \log(S-i) = \log(1+T) - \frac{i\pi}{2},$$

wo die Logarithmen von $T-1$, $1-T$ etc. reell zu verstehen sind. Man findet somit, dass

$$\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{S+i} - \sqrt{S-i}}{i\sqrt{(A-is)(B-is)}} \cdot \frac{ds}{\sqrt{s}} = e^{-i\frac{\pi}{2}} \cdot \int_0^t \frac{\sqrt{(T-i)} - \sqrt{T+1}}{\sqrt{(A+u)(B+u)u}} du$$

$$+ \int_t^{\infty} \frac{\sqrt{1-T} - e^{-i\frac{\pi}{2}} \sqrt{1+T}}{\sqrt{(A+u)(B+u)u}} du.$$

Um das zweite Integral der Formel (9) auf ähnliche Art umzuformen, setze man den Integrationsweg im Horizonte vom Ostpunkte bis zum Südpunkte fort und verlege den neuen Weg auf die Südhälfte der lateralen Axe.

Hier setze man $s = e^{-i\frac{\pi}{2}} u$. Für $0 < u < t$ ist

$$\log(S_1+i) = \log(T+1) + \frac{i\pi}{2}, \quad \log(S_1-i) = \log(T-i) + \frac{i\pi}{2}$$

und für $t < u$

$$\log(S_1+i) = \log(T+1) + \frac{i\pi}{2}, \quad \log(S_1-i) = \log(1-T) - \frac{i\pi}{2}$$

wo die Logarithmen von $T+1$, $1-T$ etc. reell verstanden werden. Es ist somit

$$\int_0^{\infty} \frac{\sqrt{S_1+i} - \sqrt{S_1-i}}{i\sqrt{(A+is)(B+is)}} \cdot \frac{ds}{\sqrt{s}} = e^{-i\frac{\pi}{2}} \cdot \int_0^t \frac{\sqrt{T+1} - \sqrt{T-i}}{\sqrt{(A+u)(B+u)u}} du$$

$$+ e^{-i\frac{\pi}{2}} \cdot \int_t^{\infty} \frac{\sqrt{1+T} + e^{i\frac{\pi}{2}} \sqrt{1-T}}{\sqrt{(A+u)(B+u)u}} du,$$

folglich nach Formel (9)

$$10) \text{ Pot.} = 2\sqrt{AB} \cdot \int_t^{\infty} \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{a^2}{A+u} + \frac{b^2}{B+u} + \frac{c^2}{C+u} \right)}}{\sqrt{(A+u)(B+u)u}} \cdot du.$$

