

<b>Zeitschrift:</b>	Elemente der Mathematik
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Mathematische Gesellschaft
<b>Band:</b>	4 (1949)
<b>Heft:</b>	1
<b>Artikel:</b>	Konstruktion zweier gleich großer regulärer Tetraeder, die einander zugleich ein- und umgeschrieben sind
<b>Autor:</b>	Reuschel, Arnulf
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-14315">https://doi.org/10.5169/seals-14315</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 24.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

haben paarweise keine inneren Punkte gemeinsam und liegen alle in  $T$ . Aus (3) folgt nunmehr

$$(1 + 4 + 9 + \dots + n^2) J\left(\frac{1}{n} T\right) \leq J(T). \quad (14)$$

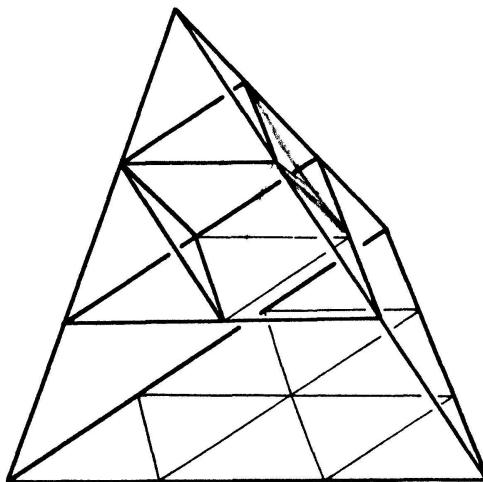


Fig. 2

Der Einsatz von (12) ergibt mit der Schätzung<sup>1)</sup>

$$1 + 4 + 9 + \dots + n^2 > \frac{n^3}{4} \quad (15)$$

und Berücksichtigung von (12) die Beziehung

$$(n^2 - 4) p < F h, \quad (16)$$

und hieraus folgt in Verbindung mit (13) offenbar

$$p = 0. \quad (17)$$

Lesen wir rückwärts, von (17) zu (11) zu (9) zu (5), so ergibt sich

$$J(T) = f(1) = \frac{F h}{3}. \quad (18)$$

Damit ist unser Ziel erreicht.

H. HADWIGER, Bern.

## Konstruktion zweier gleich großer regulärer Tetraeder, die einander zugleich ein- und umgeschrieben sind

### 1. Ziel der Arbeit

Liegen die Ecken eines Tetraeders der Reihe nach in den Begrenzungsebenen eines anderen Tetraeders, so ist das erste Tetraeder dem zweiten eingeschrieben und das zweite Tetraeder dem ersten umgeschrieben.

Wenn nun zwei Tetraeder so liegen, daß jedes dem anderen eingeschrieben ist, so ist zugleich auch jedes von ihnen dem anderen umgeschrieben. Daß solche einander

---

<sup>1)</sup> Die Summe der ersten  $n$  Quadratzahlen beträgt bekanntlich  $[n(n+1)(2n+1)]/6$ .

gegenseitig ein- und umgeschriebene Tetraeder wirklich existieren, ist jedenfalls eine recht bemerkenswerte Tatsache. Sie wurde zuerst von A. F. MÖBIUS behauptet und bewiesen<sup>1)</sup>. Aus diesem Grunde werden zwei einander ein- und umgeschriebene Tetraeder auch Möbiussche Tetraeder genannt.

Daß es darüber hinaus sogar zwei gleich große reguläre Tetraeder gibt, die einander zugleich ein- und umgeschrieben sind, wird im folgenden in ganz elementarer Weise gezeigt.

Weiterhin wird nachgewiesen, daß sich die hier angeführten kongruenten regulären Möbiusschen Tetraeder in neinfacher hyperboloidischer Lage befinden; das heißt, es gibt unter den Verbindungsgeraden der Tetraederecken neun Quadrupel von untereinander windschiefen Geraden, die jedesmal einer Erzeugendenschar einer Regelfläche zweiten Grades angehören. Da zwei allgemeine Möbiussche Tetraeder bloß in dreifacher Weise hyperboloidisch liegen, so ist das in Rede stehende Paar kongruenter regulärer Möbiusscher Tetraeder nicht nur metrisch, sondern auch projektiv ausgezeichnet.

## 2. Herleitung von zwei gleich großen regulären Möbiusschen Tetraedern

Wir gehen von einem regulären Tetraeder  $A_1B_1C_1D_1$  aus, das mit dem gleichseitigen Begrenzungsdreieck  $A_1B_1C_1$  auf der waagrecht gedachten Zeichenebene aufruhen möge (Abb. 1). Diese Begrenzungsebene wollen wir Grundfläche, die übrigen drei Begrenzungsebenen dagegen Seitenflächen des Tetraeders  $A_1B_1C_1D_1$  nennen.

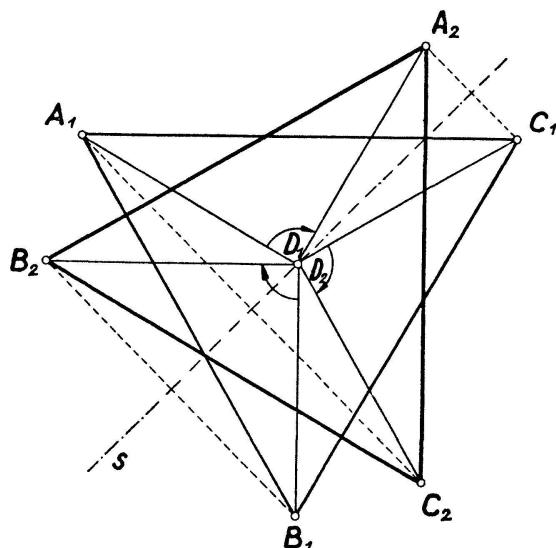


Abb. 1. Normalriß zweier gleich großer regulärer Möbiusscher Tetraeder auf eine Parallelebene zu den Grundflächen.

Wir lassen nun das gleichseitige Dreieck  $A_1B_1C_1$  um seinen Mittelpunkt  $D_2$  eine Viertelumdrhung in dem einen oder anderen Drehsinn ausführen und heben es zugleich in lotrechter Richtung in die waagrechte Ebene durch den Eckpunkt  $D_1$ . Die Endlage  $A_2B_2C_2$  des bewegten gleichseitigen Dreiecks hat dann den Punkt  $D_1$  zum Mittelpunkt. Die beiden in parallelen Ebenen liegenden Dreiecke  $A_1B_1C_1$  und

<sup>1)</sup> A. F. MÖBIUS, Kann von zwei dreiseitigen Pyramiden eine jede in bezug auf die andere um- und eingeschrieben zugleich heißen? J. Math. 3, 273–278 (1828) = Gesammelte Werke, Bd. 1, S. 439–446 (Leipzig 1885). (Beweis mittels baryzentrischer Koordinaten.)

$A_2B_2C_2$  haben wegen der ausgeführten Viertelumdrehung eine solche Lage zueinander, daß die Seiten eines jeden von ihnen parallel sind zu den Höhen des anderen.

Das Tetraeder  $A_2B_2C_2D_2$  ist gleichfalls regulär und ebenso groß wie  $A_1B_1C_1D_1$ . Die waagrechte Begrenzungswand  $A_2B_2C_2$  wollen wir wieder Grundfläche und die übrigen Begrenzungsebenen wiederum Seitenflächen des Tetraeders  $A_2B_2C_2D_2$  nennen.

Schneiden wir nun die Seitenflächen des Tetraeders  $A_2B_2C_2D_2$  mit der Grundebene des anderen Tetraeders, so decken sich diese Schnittgeraden mit den Höhen des Dreiecks  $A_1B_1C_1$ . Es gehen daher die Seitenflächen  $B_2C_2D_2$ ,  $A_2C_2D_2$  und  $A_2B_2D_2$  des zweiten Tetraeders der Reihe nach durch die Eckpunkte  $A_1, B_1, C_1$  des ersten Tetraeders. Da auch die Grundfläche  $A_2B_2C_2$  des zweiten Tetraeders die Ecke  $D_1$  des ersten Tetraeders enthält, so ist das zweite Tetraeder dem ersten umgeschrieben und das erste Tetraeder dem zweiten eingeschrieben.

Umgekehrt läßt sich ebenso zeigen, daß auch das zweite Tetraeder dem ersten eingeschrieben und dieses somit dem zweiten umgeschrieben ist. Die beiden regulären Tetraeder  $A_1B_1C_1D_1$  und  $A_2B_2C_2D_2$  sind also zwei Möbiussche Tetraeder.

Durch die Konstruktion dieses besonderen Tetraederpaars ist zugleich auf völlig elementarem Wege gezeigt, daß es überhaupt einander gegenseitig ein- und umgeschriebene Tetraeder gibt<sup>1)</sup>. Die bekannten allgemeinen Existenzbeweise für zwei beliebige Möbiussche Tetraeder stützen sich hingegen entweder auf Sätze der ebenen projektiven Geometrie<sup>2)</sup> oder auf die Lehre vom linearen Nullsystem<sup>3)</sup> oder auf andere Teilgebiete der höheren Geometrie<sup>4)</sup>.

### 3. Die gegenseitige Verschneidung der beiden gleich großen regulären Möbiusschen Tetraeder

Die Seitenkante  $A_1D_1$  des ersten Tetraeders möge die Seitenfläche  $A_2B_2D_2$  des zweiten Tetraeders im Punkte  $T_1$  treffen (Abb. 2). Übt man auf das Dreieck  $A_2B_2D_2$  sowie auf die Kante  $A_1D_1$  und den auf ihr gelegenen Punkt  $T_1$  eine Drittelumdrehung um die Drehachse  $D_1D_2$  in jedem der beiden möglichen Drehsinne aus, so erhält man das eine Mal das Dreieck  $B_2C_2D_2$ , die Kante  $B_1D_1$  und ihren Schnittpunkt  $U_1$  mit diesem Dreieck. Bei der Drehung im entgegengesetzten Drehsinn dagegen entsteht das Dreieck  $C_2A_2D_2$  und die Kante  $C_1D_1$  samt ihrem Schnittpunkt  $V_1$  mit dem Dreieck. Daraus ergibt sich, daß die Punkte  $T_1, U_1, V_1$  von  $D_1$  gleich weit entfernt sind.

Da das erste Tetraeder aus dem zweiten auf die gleiche Weise hervorgeht wie das zweite Tetraeder aus dem ersten, so müssen auch die Schnittpunkte  $T_2, U_2, V_2$  der Seitenkanten  $A_2D_2, B_2D_2$  und  $C_2D_2$  des zweiten Tetraeders mit den Seitenflächen  $C_1A_1D_1, A_1B_1D_1$  bzw.  $B_1C_1D_1$  des ersten Tetraeders von  $D_2$  ebensoweit entfernt sein wie die Punkte  $T_1, U_1, V_1$  von  $D_1$ .

<sup>1)</sup> Ein einfaches Beispiel von zwei kongruenten nichtregulären Möbiusschen Tetraedern erwähnt SCHÖNHARDT, Jber. Dtsch. Math.-Ver. 40, 50 (1931). Dabei bilden die Tetraederecken die Eckpunkte eines Würfels, und jedes Tetraeder geht aus dem andern durch eine halbe Umdrehung um die Verbindungsgerade der Mitten von zwei gegenüberliegenden Würffelflächen hervor.

<sup>2)</sup> E. MÜLLER, Über einen Steinerschen Satz und dessen Beziehung zur Konfiguration zweier einander ein- und umbeschriebenen Tetraeder, Arch. Math. Phys. (3) 2, 130 (1902).

<sup>3)</sup> F. KLEIN, Vorlesungen über höhere Geometrie, 3. Aufl., S. 69/70 (Berlin 1926).

<sup>4)</sup> E. MÜLLER und J. L. KAMES, Vorlesungen über darstellende Geometrie, 2. Bd.: Die Zyklographie, S. 194/95 (Leipzig und Wien 1929), folgern die Existenz Möbiusscher Tetraeder aus der Tatsache, daß zu sieben Grundpunkten eines Bündels von Flächen zweiter Ordnung stets noch ein achter, assoziierter Grundpunkt gehört.

Um die Schnittpunkte  $T_1, U_1, V_1$  und  $T_2, U_2, V_2$  zu erhalten, suchen wir von jeder Seitenwand der beiden Tetraeder die Schnittgeraden mit den beiden parallelen Grundebenen auf. So wird beispielsweise das Dreieck  $B_1C_1D_1$  mit den Grundspuren

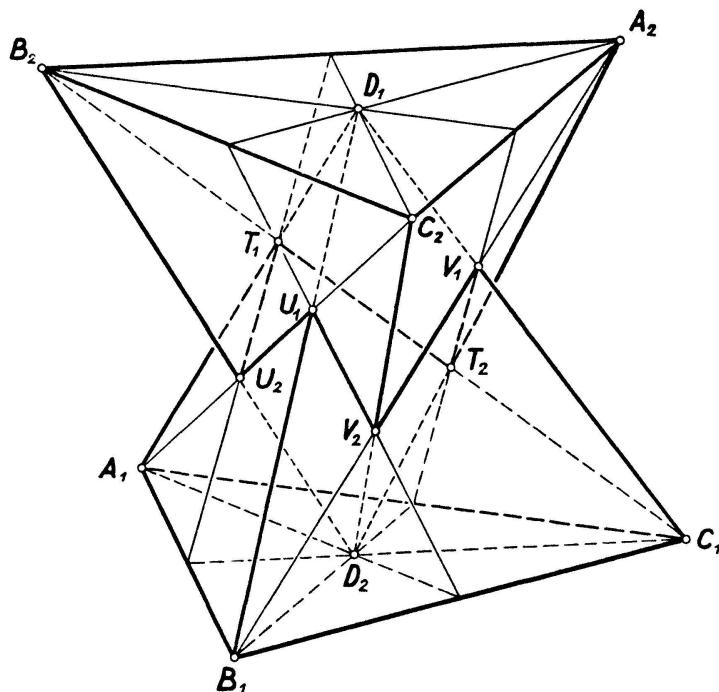


Abb. 2. Zwei kongruente reguläre Möbiussche Tetraeder und ihre gegenseitige Verschneidung, dargestellt in einem beliebigen Normalriß.

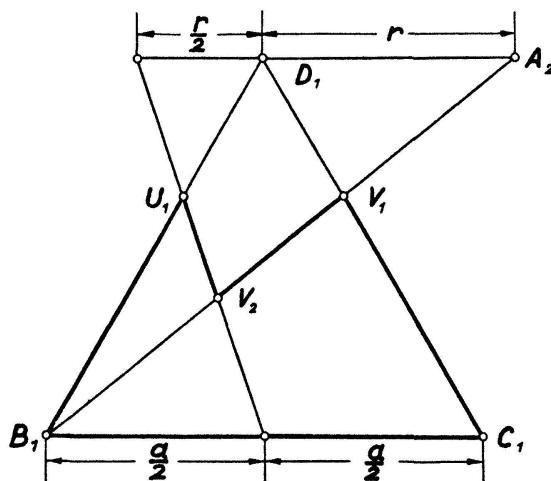


Abb. 3

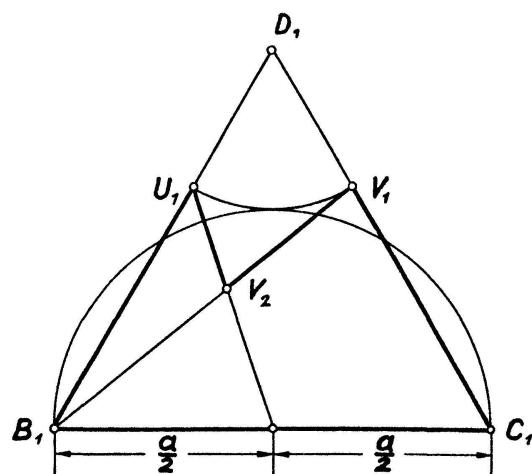


Abb. 4

Abb. 3. Außenansicht einer Seitenfläche zweier gleich großer regulärer Möbiusscher Tetraeder. – Konstruktion der Verschneidung dieser Seitenfläche mit dem anderen Tetraeder.

Abb. 4. Einfache Konstruktion der Verschneidung einer Seitenfläche eines regulären Tetraeders mit dem ihm ein- und umgeschriebenen gleich großen Tetraeder.

$B_1C_1$  und  $D_1A_2$  vom Dreieck  $A_2C_2D_2$  geschnitten, zu dem die Grundspuren  $B_1D_2$  und  $A_2C_2$  gehören. Die auf der unteren Grundebene gelegenen Spuren schneiden einander in  $B_1$  und die Spuren auf der oberen Grundebene in  $A_2$ . Die Punkte  $B_1$  und  $A_2$  gehören demnach der Schnittgeraden der beiden Dreiecksebenen an, von der nur das inner-

halb der beiden Dreiecke gelegene Stück  $V_1V_2$  bei der Verschneidung der beiden Tetraeder tatsächlich auftritt.

In das Dreieck  $B_1C_1D_1$  schneidet auch noch das Dreieck  $B_2C_2D_2$  ein, dessen Grundspuren  $A_1D_2$  und  $B_2C_2$  sind. Die gleichartigen Spuren schneiden sich in den Mittelpunkten der Kanten  $B_1C_1$  und  $B_2C_2$ . Verbindet man diese beiden Mittelpunkte, so erhält man die Trägergerade der tatsächlich auftretenden Verschneidung  $U_1V_2$  der beiden jetzt betrachteten Dreiecke.

Die Abb. 3 zeigt die Außenansicht der Seitenwand  $B_1C_1D_1$  mit den beiden an ihr auftretenden Verschneidungslinien  $V_1V_2$  und  $U_1V_2$ . Den in der Ebene des gleichseitigen Dreiecks  $B_1C_1D_1$  gelegenen Punkt  $A_2$  erhält man, wenn man den Umkreishalbmesser  $r$  dieses Dreiecks, vom Punkt  $D_1$  aus, auf der durch ihn gezogenen Parallelen zu  $B_1C_1$  nach rechts abträgt. Trägt man auf dieser Parallelen von  $D_1$  aus in entgegengesetzter Richtung die Strecke  $r/2$  ab, so erhält man den Mittelpunkt der Kante  $B_2C_2$ .

Aus den in Abb. 3 gezogenen Linien ersieht man, daß  $U_1$  die Strecke  $B_1D_1 = a$  im Verhältnis  $a:r = \sqrt{3}:1$  teilt. Daher ist

$$D_1U_1 = \frac{a}{\sqrt{3} + 1} = \frac{a}{2} (\sqrt{3} - 1) = h - \frac{a}{2},$$

worin  $h$  die Längenmaßzahl der Höhe des gleichseitigen Dreiecks  $B_1C_1D_1$  angibt. Auf Grund dieser Formel liegt der Punkt  $U_1$ , und demnach auch der Punkt  $V_1$ , auf demjenigen Kreis mit dem Mittelpunkt  $D_1$ , der jenen Halbkreis berührt, den man über  $B_1C_1$  als Durchmesser zeichnen kann und der auf derselben Seite von  $B_1C_1$  liegt wie  $D_1$  (Abb. 4).

Da die Außenansicht jeder der sechs Seitenflächen der beiden Tetraeder mit Abb. 3 bzw. 4 übereinstimmt, so läßt sich von den in Abb. 2 dargestellten und sich gegenseitig durchdringenden speziellen Möbiusschen Tetraedern auch leicht ein Modell anfertigen. (Schluß folgt im nächsten Heft.)

ARNULF REUSCHEL, Wien.

## Kleine Mitteilungen

### I. Zur Schätzung des Ellipsenumfangs

Es sei  $E$  eine Ellipse mit den Halbachsen  $a$  und  $b$ ,  $a \neq b$ . Der Flächeninhalt von  $E$  ist

$$F = \pi a b \tag{1}$$

und für den Umfang  $L$  von  $E$  gilt die bekannte Relation

$$L > \pi(a + b). \tag{2}$$

Für diese Ungleichung wollen wir einen kurzen Beweis skizzieren, der sich beispielsweise auf der Mittelschulstufe ohne Mühe durchführen läßt.

Es bezeichne  $\bar{E}$  die Ellipse mit den Halbachsen  $a + \varrho$ ,  $b + \varrho$  die mit  $E$  konzentrisch und achsenparallel in normaler Lage in einem Koordinatensystem liegen soll. Betrachten wir nun zwei parallele Tangenten an  $E$  und an  $\bar{E}$  mit dem Richtungskoeffizienten  $m$ , wobei  $0 < |m| < \infty$  gelten soll, so ergibt sich für den Abstand  $A$  dieser Tangenten die