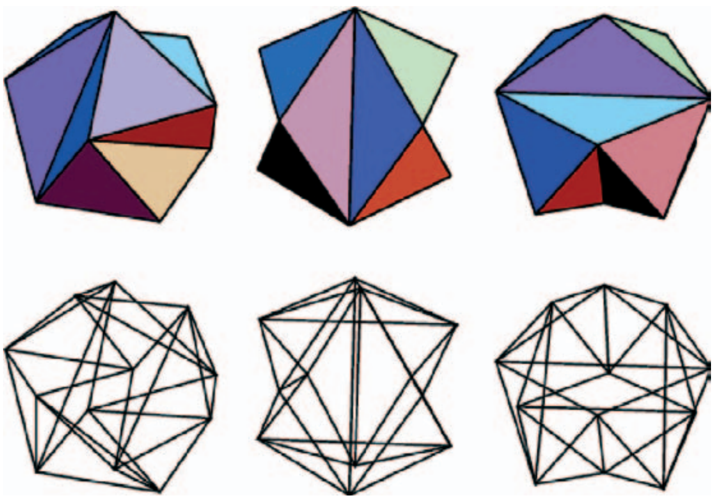
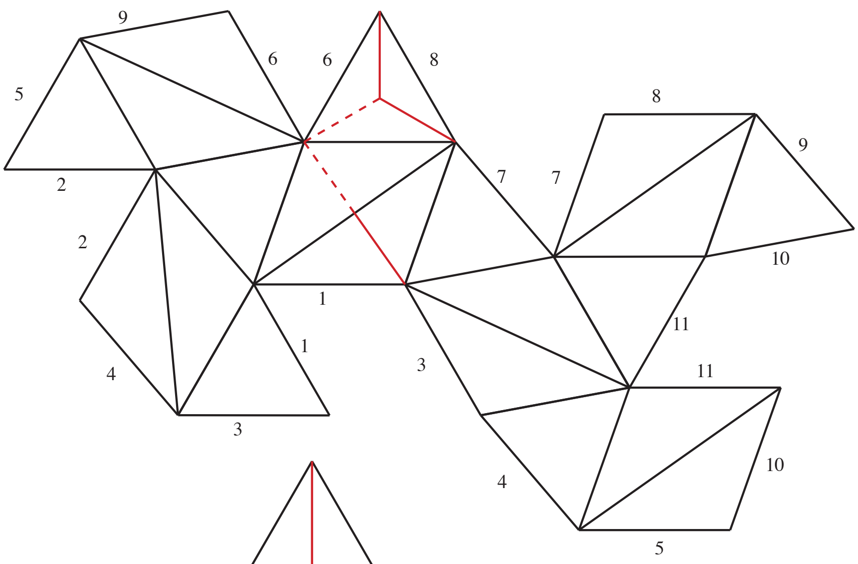
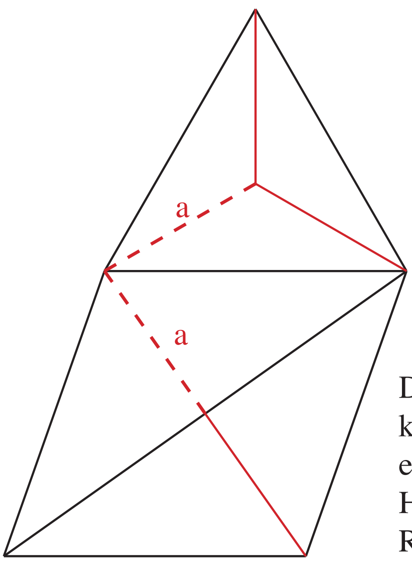
Im Anhang (Seite 18) einige Gedanken
zu “beweglichen Polyedern“
i.Z. mit der “bellows conjecture“
(Blasebalg-Vermutung).

Wie “shaky“ ist das Jessen´sche orthogonale Ikosaeder?

(“shaky“ =
infinitesimal beweglich)







Die Länge des Radius des Umkreises des gleichseitigen Dreiecks (a) ist gleich der Länge der Hälfte der kurzen Diagonale des Rhombus.

Jessen‘s Orthogonal Icosahedron

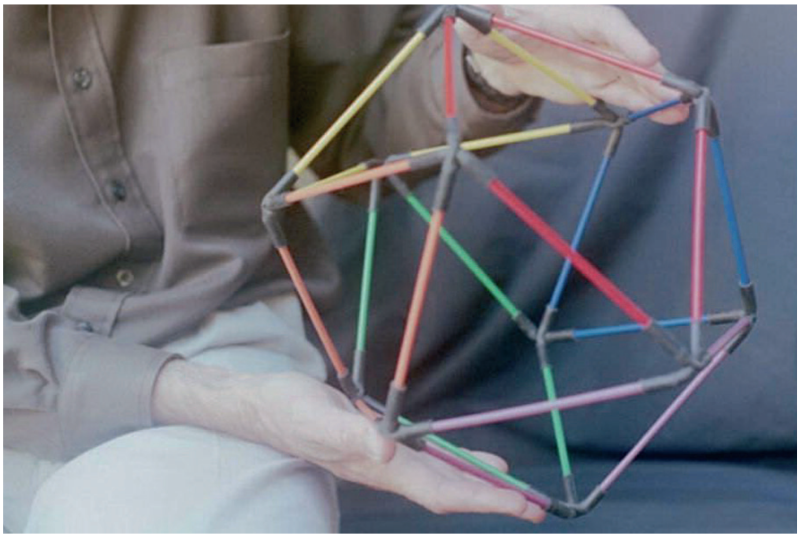
“A shaky polyhedron constructed by replacing six pairs of adjacent triangles in an icosahedron (whose edges form a skew quadrilateral) with pairs of isosceles triangles sharing a common base. The polyhedron can be constructed by dividing the sides of the icosahedron in the golden ratio (as used in the construction of the icosahedron along the edges of the octahedron), but by reversing the long and short segments“.

Diesen obigen Text findet man
im Internet auf:

http://mathworld.wolfram.com/

wenn man als Suchbegriff “Jessen‘s Orthogonal Icosahedron“ eingibt.

Abgesehen von der Tatsache, dass die obige Konstruktionsbeschreibung nicht korrekt ist, (die korrekte Konstruktion sieht man links unten) entsteht bei intensiverem Studium dieses Körpers die Frage ob dieser überhaupt, wenn auch nur “minimal“, beweglich sein kann.



“Vector equilibrium“

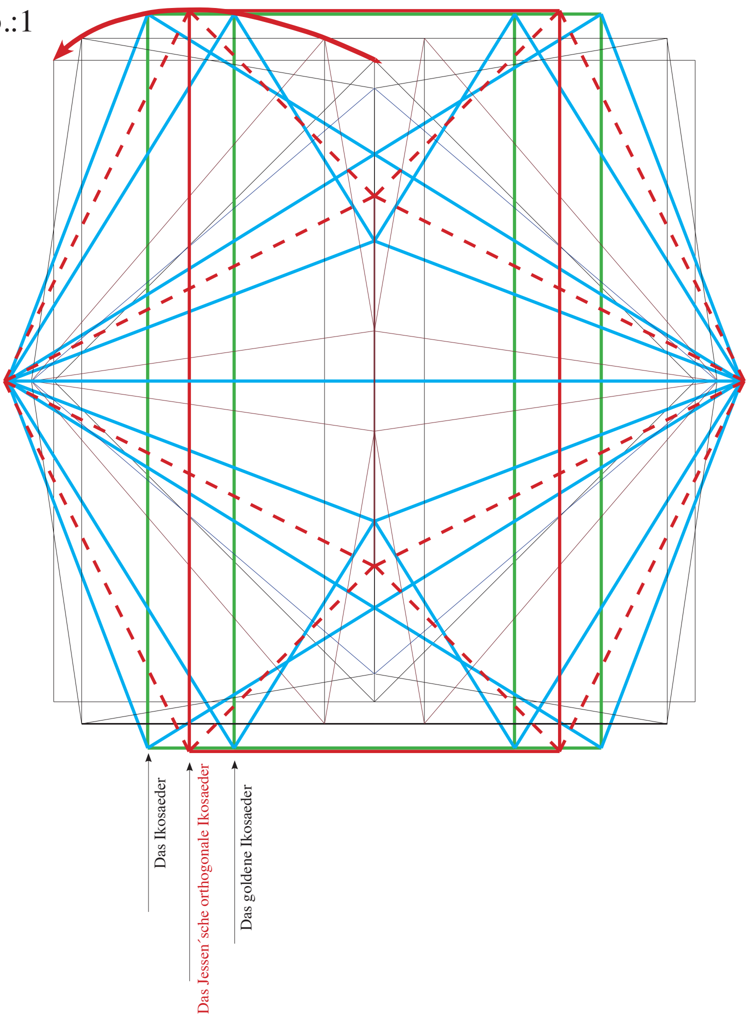
„The vector equilibrium is an omnidirectional equilibrium of forces in which the magnitude of its explosive potentials is exactly matched by the strength of its external cohering bonds“ (430.03)

“It is a hypothesis of synergetics that forces in both macrocosmic and microcosmic structures interact in the same way, moving toward the most economic equilibrium packings. By embracing all the energetic phenomena of total physical experience, synergetics provides for a single coherent system of geometric principles“. ...(209.00)

„The vector equilibrium is a condition in which nature never allows herself to tarry. The vector equilibrium itself is never found exactly symmetrical in nature‘s crystallography. Ever pulsive and impulsive, nature never pauses her cycling at equilibrium : she refuses to get caught irrecover- ably at the zero phase of energy. She always closes her transformative cycles at the maximum positive or negative asymmetry stages.“

R.Buckminster-Fuller “Synergetics“.

Abb.:1



Das “Vector equilibrium“ VE (Jitterbug), jenes “Torsionspolyeder“, welches Buckminster-Fuller in den 40er Jahren des vorigen Jahrhunderts entdeckte, birgt außer der Fähigkeit der Transformation vom Oktaeder zum Kuboktaeder und wieder zurück, einige weitere erstaunliche Raumoffenbarungen. Eine der erstaunlichsten ist, dass das Jessen´sche orthogonale Ikosaeder exakt die Mittelposition des VE-Wegs vom Oktaeder zum Kuboktaeder einnimmt (Abb.:1, rot)

Abb.: 2

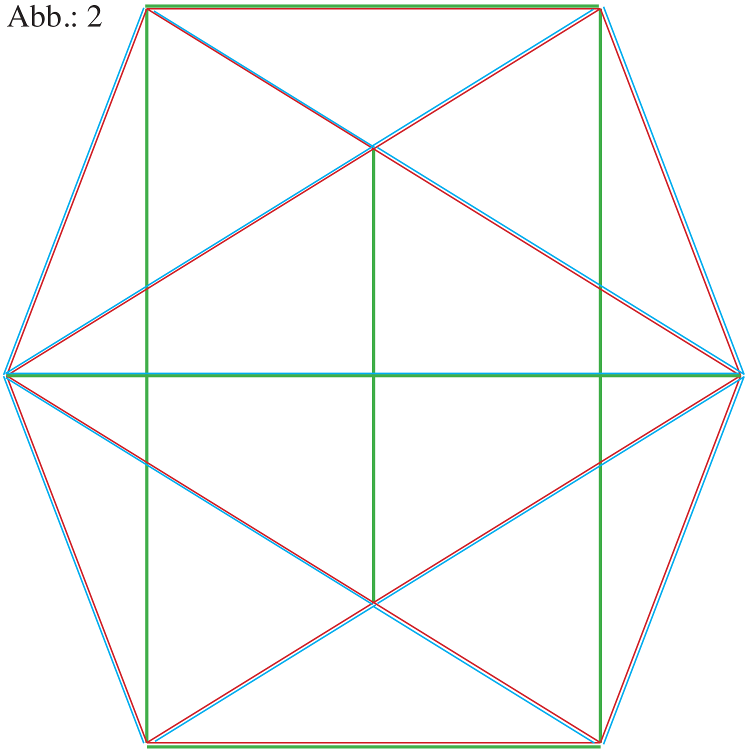


Abb.: 2a

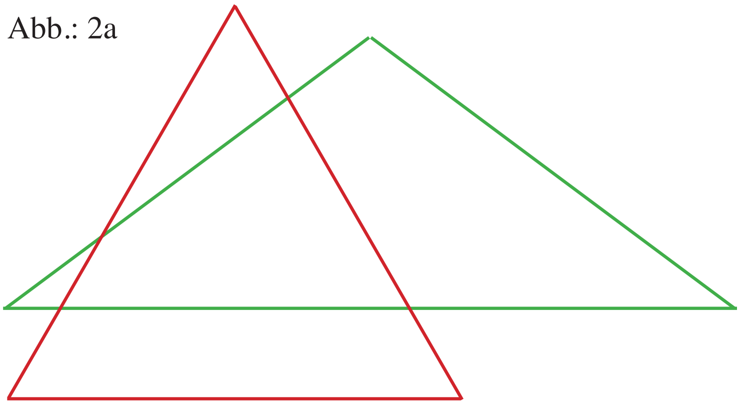
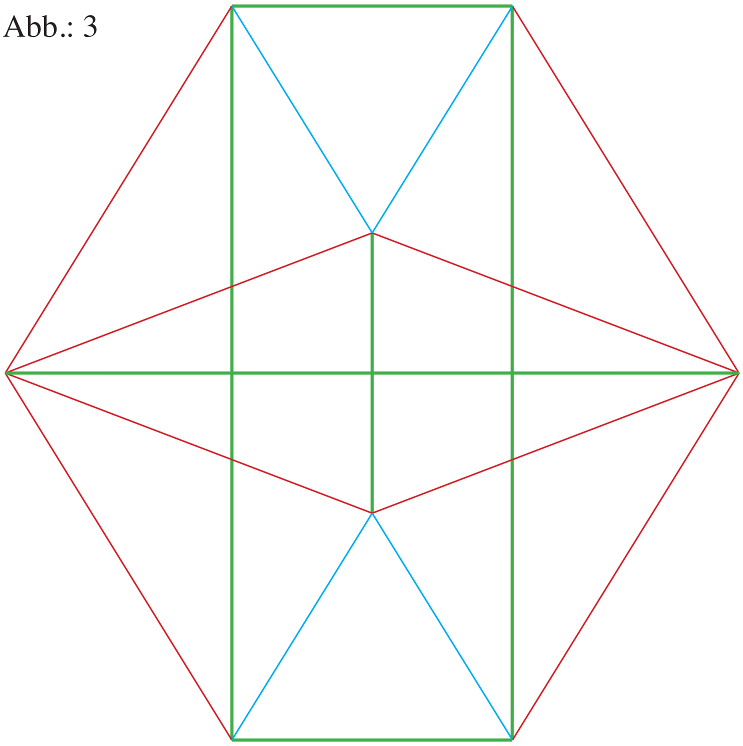


Abb.: 3



Werfen wir einen Blick auf diesen “Bewegungsweg“, entdecken wir weitere Paare konkaver Ikosaeder (Abb.:1, blau)

Die “Hüllform“ des ersten ist ein regelmäßiges Ikosaeder. In Abb. 2 sind beide Körper (rot, blau) und die drei Raumebenen eines der inneren fünf “Raumkreuze“ (grün) eingezeichnet.

Im Verfolg betrachten wir erst einmal nur das Verhalten dieses einen “speziellen“ Raumkreuzes! Die erstaunliche Tatsache ist nun, dass dieses konkave Ikosaeder bei Beibehaltung der Größe seiner Dreiecksflächen (acht gleichseitige Dreiecke, zwölf stumpfwinklige goldene Dreiecke) (Abb.: 2a), in einer zweiten konkaven Raumform erscheinen kann! (Abb. 3)

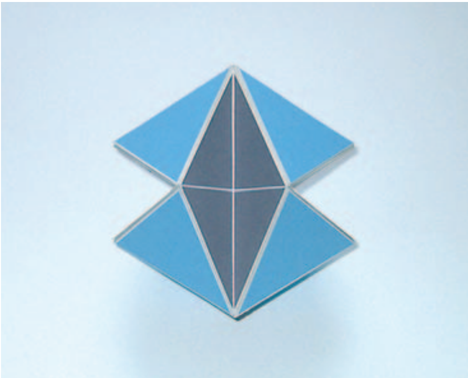
Die Größe der Oberfläche ist die gleiche geblieben, das Raumvolumen des Körpers hat sich geändert.

War die “Hüllform“ in Stellung 1 ein regelmäßiges Ikosaeder, ist die Hüllform jetzt, in Stellung 2 (siehe unten) ein “Goldenes Ikosaeder“.

Ein “Goldenes Ikosaeder“ besteht aus acht gleichseitigen Dreiecken und zwölf sich orthogonal gegenüberliegenden gleichschenkligen spitzwinkligen goldenen Dreiecken.

Das Goldene Ikosaeder

Konkav-Körper
des Ikosaeders



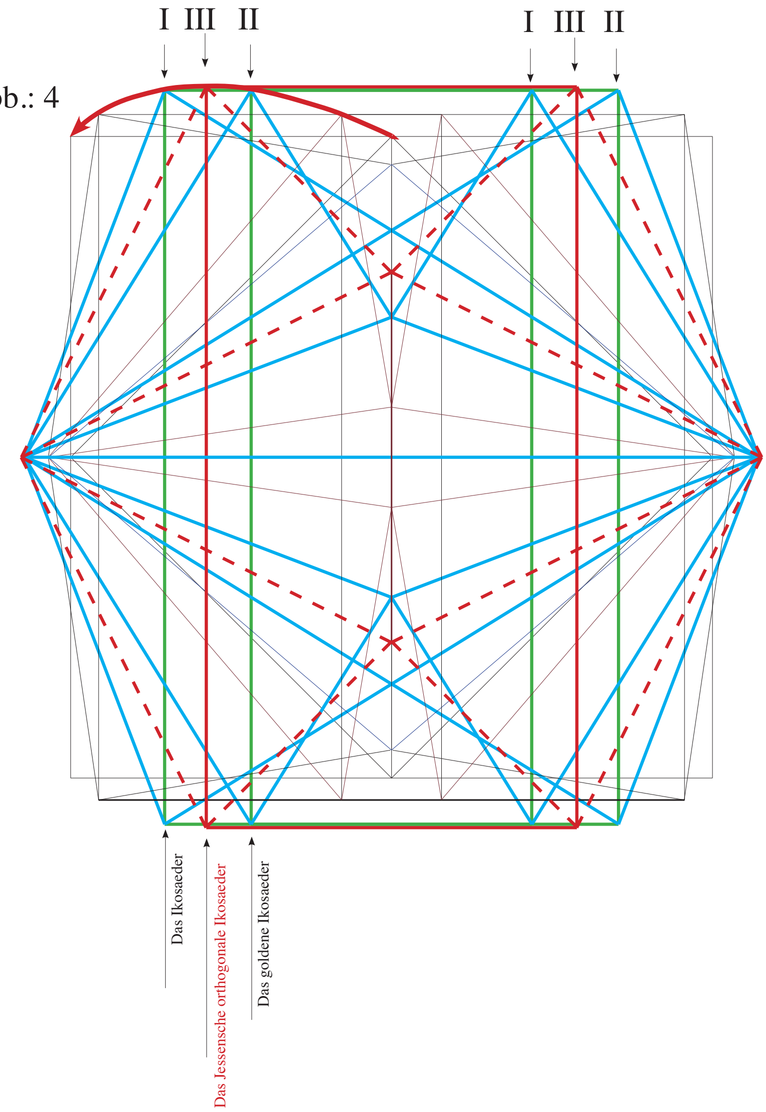
Konkav-Körper
des goldenen
Ikosaeders

Es ist schon erstaunlich, dass ein Raumkörper, Polyeder, dessen Flächen, was ihre Größe betrifft, ihre Maße und ihre Position untereinander behalten, in zwei unterschiedlichen Raumformen auftreten kann.

Und jetzt stellt sich die Frage:

Wie ist der Weg von der einen zur anderen Außenform.

Abb.: 4

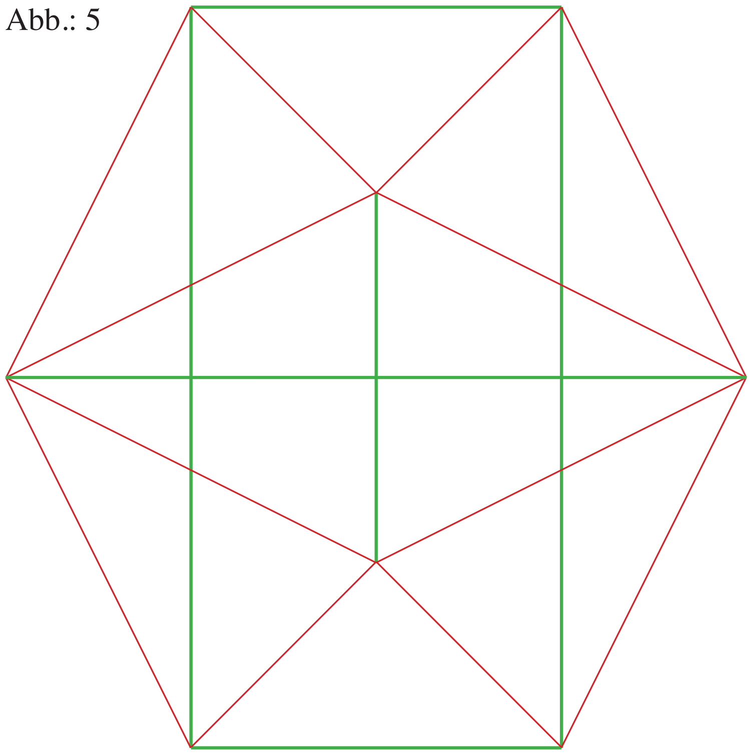


Die mittlere Stellung

Ikosaeder und goldenes Ikosaeder sind eines von vielen “zusammengehörenden-Körper-Paaren“ des VE auf seinem Weg vom Oktaeder zum Kuboktaeder.

Man erkennt, dass die längeren Seiten (links I und II und rechts I und II - Abb.:4) der Raumebenen (grün) ihre Längen behalten (sowohl beim Ikosaeder als auch beim goldenen Ikosaeder) während die Länge der kurzen Seiten (oben und unten) sich zu den langen im Verhältnis des goldenen Schnittes verkürzen.

Abb.: 5



Betrachten wir die mittlere Stellung des VE (Abb.:4, rot) sehen wir etwas sehr Besonderes!

Um von der einen (Abb.: 2) zur anderen Stellung (Abb.: 3) zu kommen entdecken wir ein weiteres konkaves Ikosaeder mit einem ganz individuellen Raumkreuz.

Dieses ist nun das Jessen´sche orthogonale Ikosaeder (JOI). Ich nenne die „Hüllform“ dieses Körpers den „mittleren Zwanzigflächner“.(Abb.: 5)

Das JOI ist der “konkave Bruderkörper“ dieses “mittleren Zwanzigflächners“.

Bei seiner besonderen Raumebene (Abb.:4, III, rot) haben sich deren lange Seiten (links und rechts) in ihrer Länge etwas vergrößert!

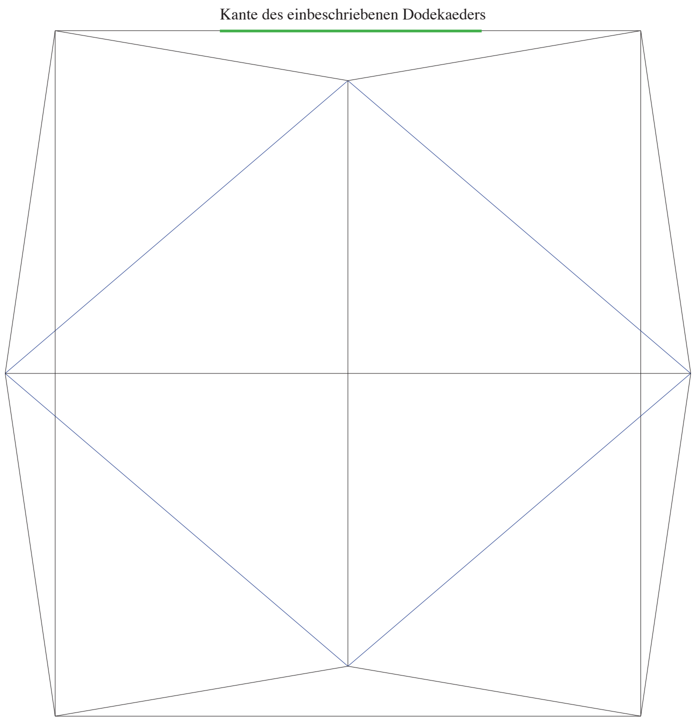
Und noch etwas ist verändert:

Diese Raumebene ist ein nun ein Doppelquadrat geworden, dessen kürzere Kante im Verhältnis zur Oktaederkante 1 (annähernd) 1 : sqrt 1,5 ist.

Konkav-Körper
des mittleren
Zwanzigflächners”

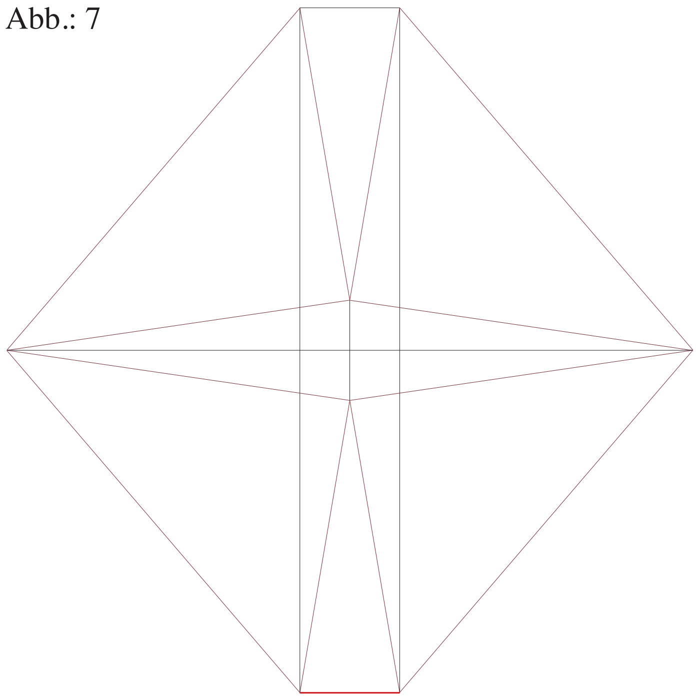
Hieraus geht deutlich hervor:
Es gibt eine Reihe Paare konkaver Ikosaeder, die ihre Raumform transformieren, gleichzeitig jedoch ihre Oberflächen-Abmessung behalten während sie ihr Raumvolumen ändern. Aber es ist unmöglich, dass der Weg von einer Stellung zur anderen in EINER Bewegung gemacht werden kann (und es gibt keine andere als die VE Bewegung), ohne dass die längeren konkaven Seiten ihre LÄNGE verändern (Abb.:4, III), und/oder die Oberfläche sich biegt.

Abb.: 6

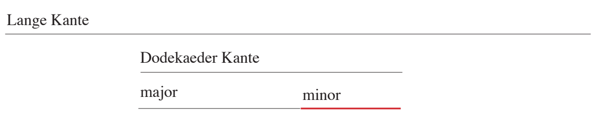


Der große Zwanzigflächner

Abb.: 7



Der kleine Zwanzigflächner



Ein weiteres “Zusammenhangs-paar“ lässt sich finden. Ich nenne sie hier den großen und den kleinen Zwanzigflächner. (Abb.: 6 u. 7)

Der Große Zwanzigflächner ist ein Interessanter Körper. Die Maße seiner Raumebenen, in unserem “speziellen“ Raumkreuz, ergeben sich aus den Maßverhältnissen eines ihm einbeschriebenen Dodekaeders.

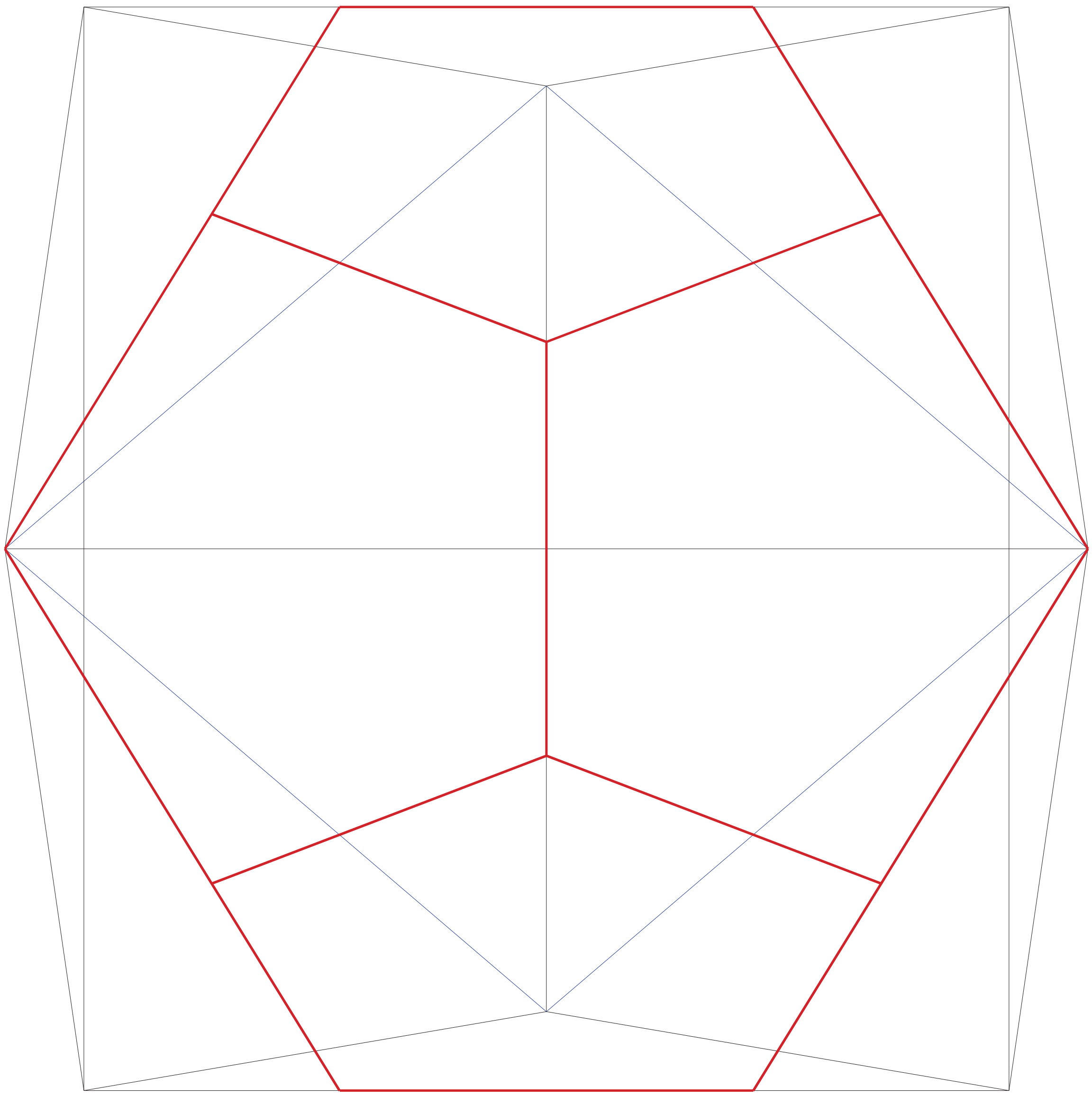
Wiederum in unserem “speziellen“ Raumkreuz, ist die kurze Kante der Raumebene des kleinen Zwanzigflächners der minor der kurzen Kante des dem ”Großen Zwanzigflächner“ einbeschriebenen Dodekaeders. (Zeichnungen auf den Seiten 7-11)

Auch hier haben wieder zwei unterschiedliche Polyeder (was ihre Raumform betrifft) den gleichen Oberflächeninhalt!

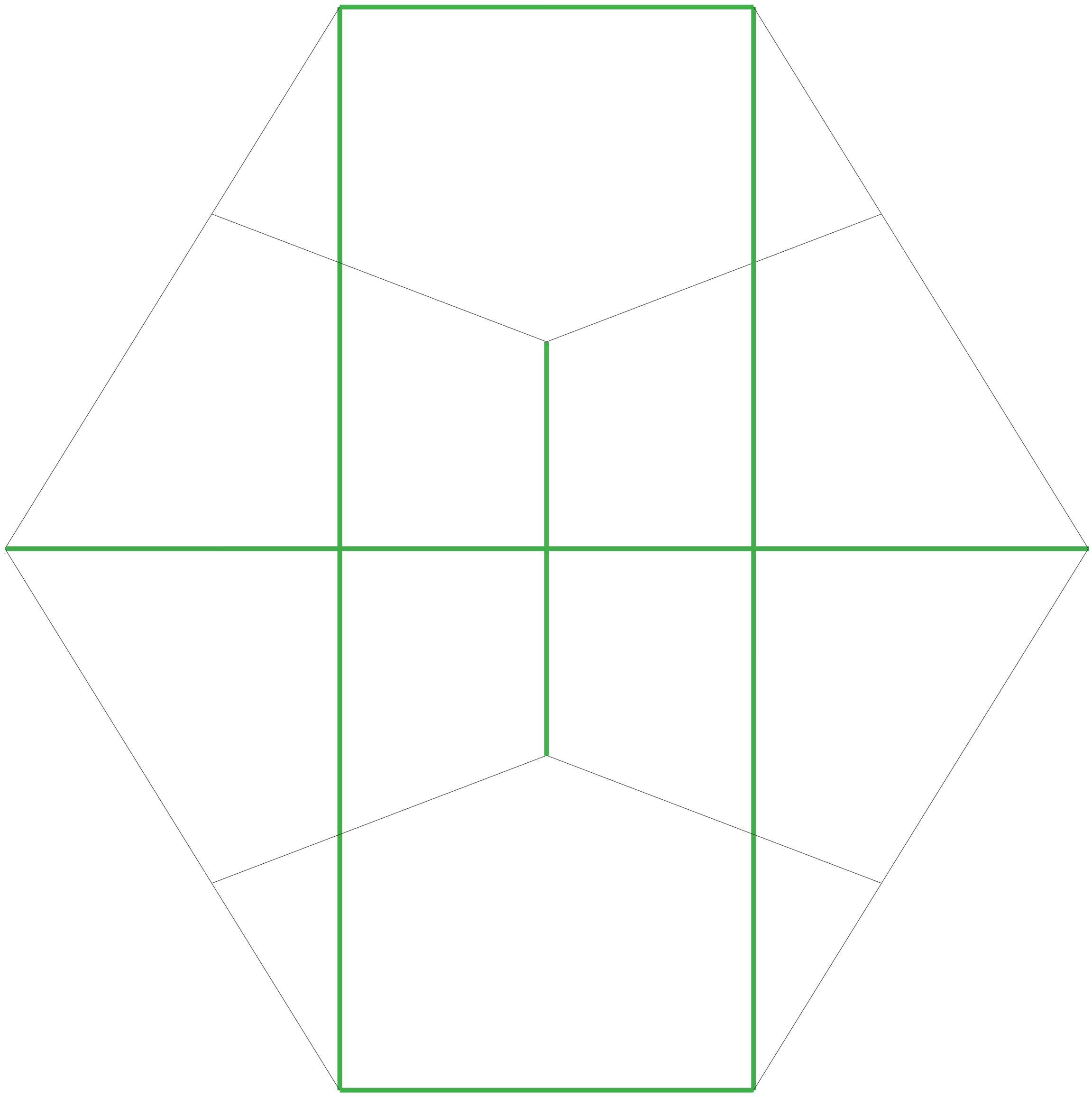
Konkav-Körper des großen Zwanzigflächners

Konkav-Körper des kleinen Zwanzigflächners

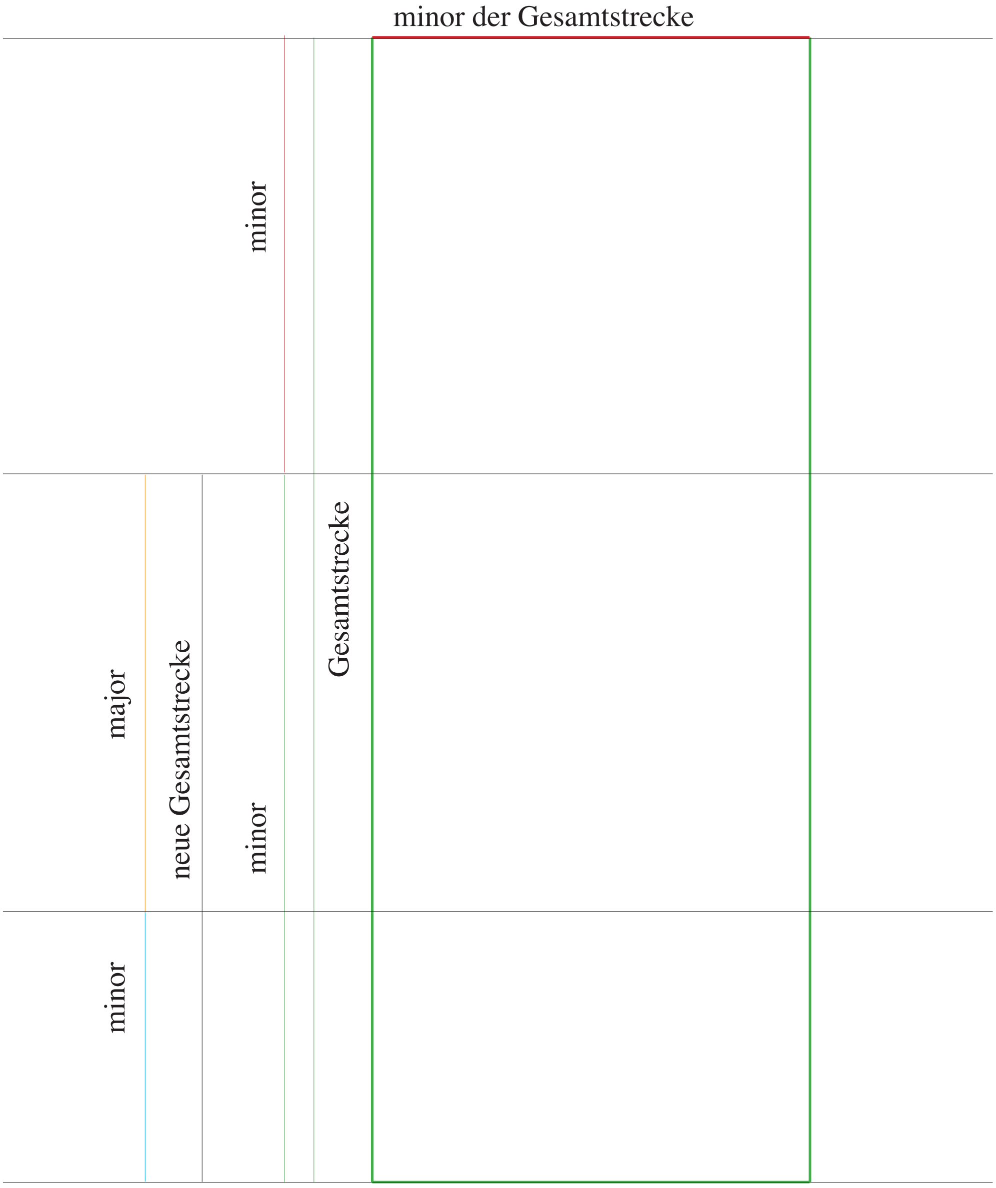
Der “Große Zwanzigflächner“
und der ihm einbeschriebene
Dodekaeder

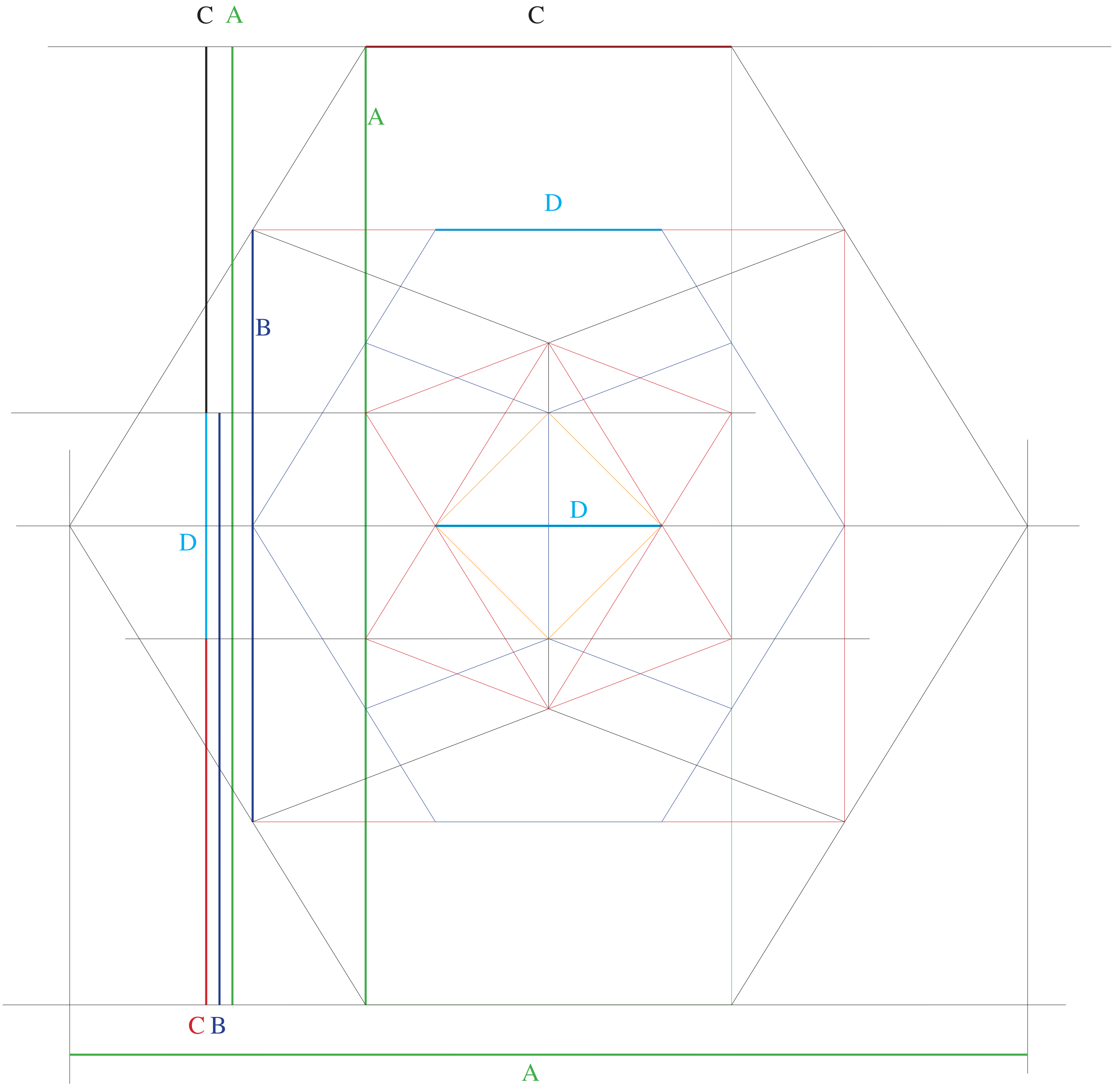


Die Raumebenen im Dodekaeder

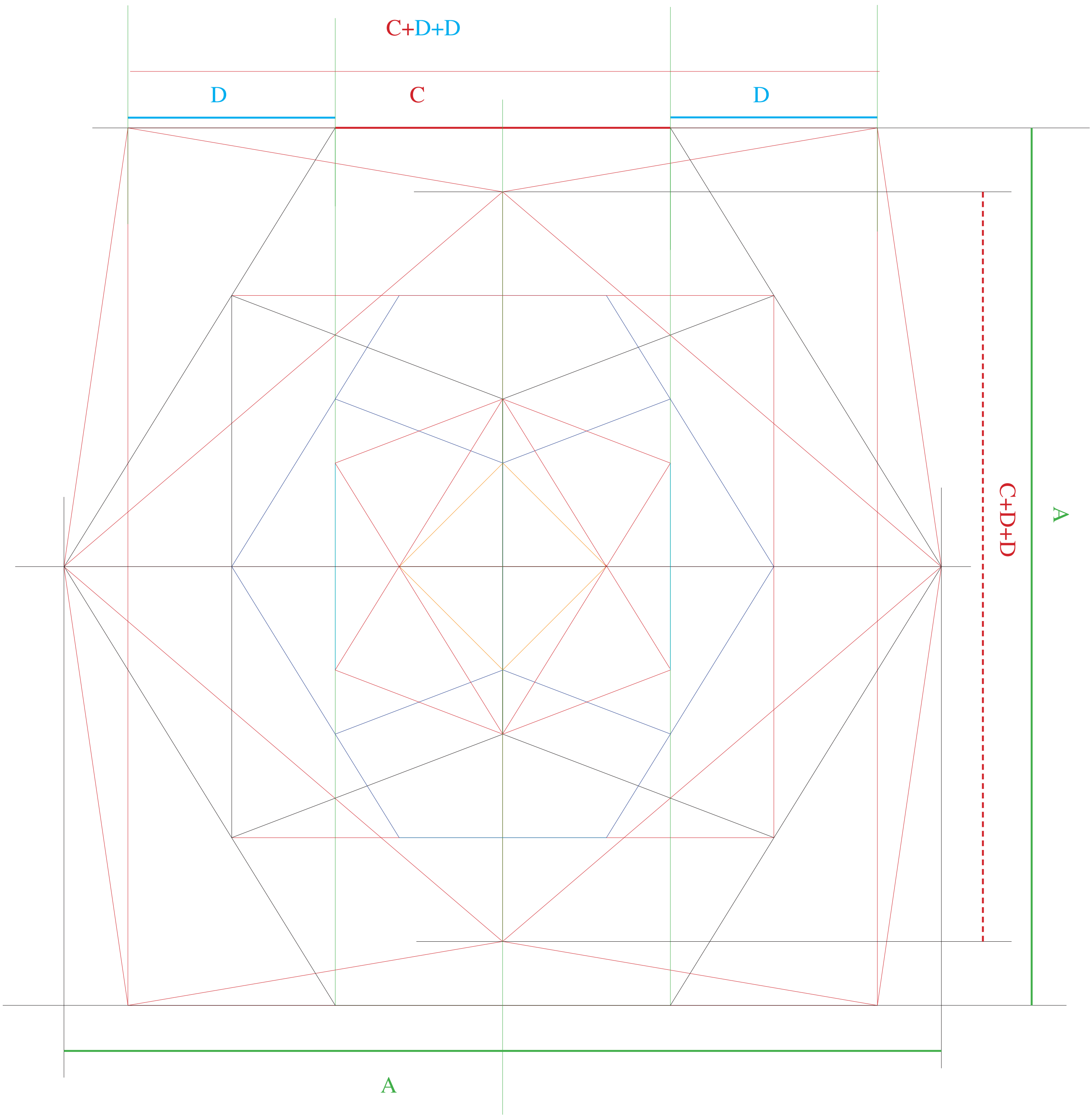


Die Längen des Rechtecks der
Dodekaeder-Raumebene





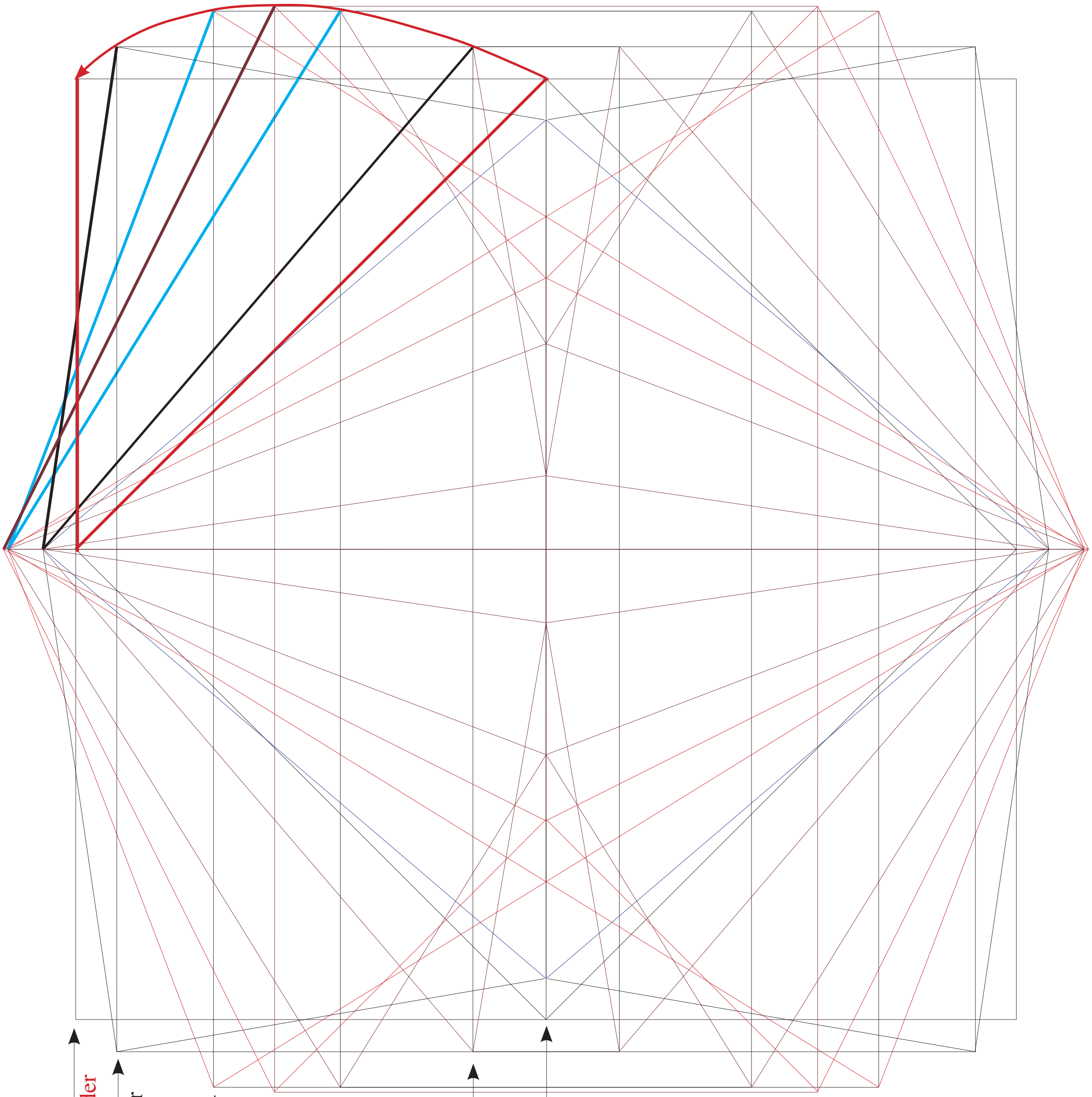
A = die lange Strecke der Raumebene
B = deren major (gleichzeitig Kubuskante des polaren Kubus, ebenso Markierung der auf den langen Kanten der Dodekaeder-Raumebene liegenden Ecken des inneren Ikosaeders)
C = minor der langen Strecke des Rechtecks der Raumebene, (gleichzeitig Außen-Dodekaederkante, ebenso Markierung der auf den langen Kanten der Dodekaeder-Raumebene liegenden Ecken des inneren Ikosaeders)
D = minor von B (gleichzeitig Ikosaederkante und Kante des inneren Dodekaeders)



Mit Hilfe der *“Goldenen Strecken“* A, C und D lässt sich der gesuchte Zwanzig-Flächner konstruieren.
Die Maße der sechs langen Kanten sind in der Dodekaeder-Raumebene verborgen.

Die Bewegungen des “Vector equilibrium“
von Oktaeder zu Kuboktaeder.
Oktaederkantenlänge = 1.

Sieben mögliche Positionen -
sieben verschiedene Polyeder.
Drei Komplementärpaare - ein Einzelner.



Die Fotoreihe unten zeigt die beschriebenen Polyeder, deren “spezielles“ Raumkreuz (Raumebenen) und im Zentrum den ihnen einbeschriebenen Oktaeder.

Abb.: 8

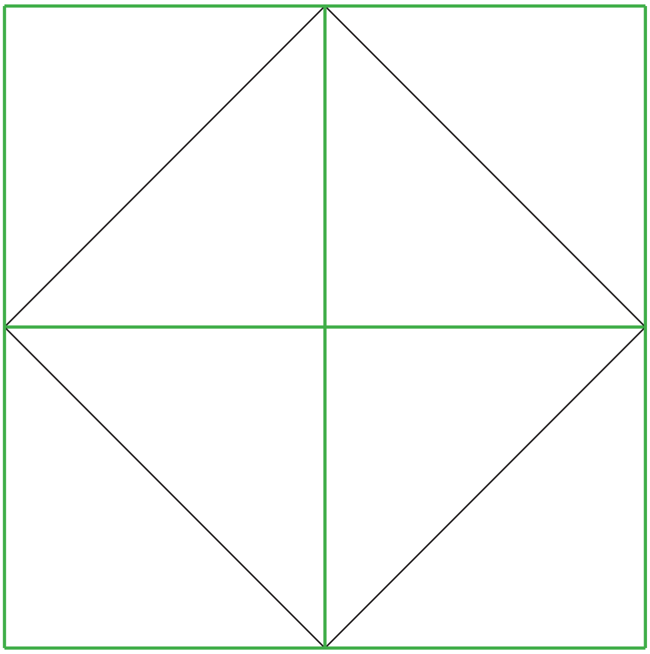
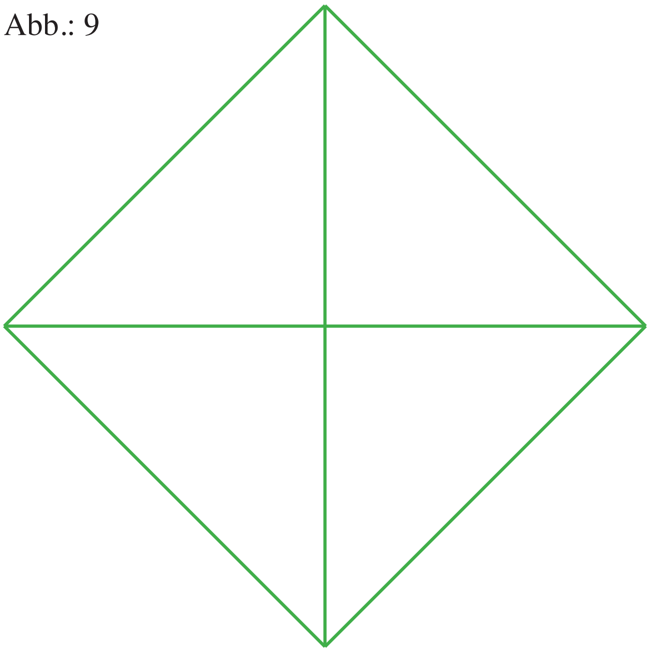


Abb.: 9



Das letzte “Paar“ sind Kuboktaeder und Oktaeder. (Abb.: 8 u. 9)

Beim Kuboktaeder sind die drei Raumebenen Quadrate mit der Kantenlänge = 1* sqrt 2

Beim Oktaeder sind die drei Raumebenen in den Diagonalen und den sechs Ecken des Oktaeders verschwunden.

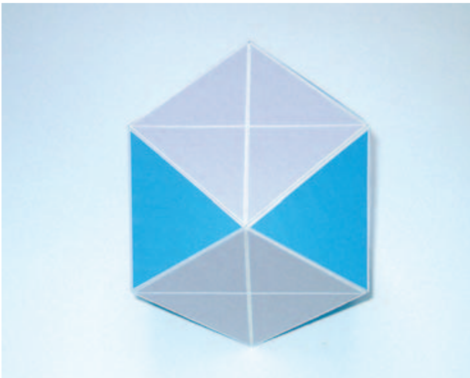
Ergebnis

Der “Bewegungsweg“ des Vector Equilibrium lässt sich aufteilen in Paare zueinander gehörender Zwanzigflächner (mit Ausnahme von Oktaeder und Kuboktaeder und dem “Mittleren Zwanzigflächner“ der ein Einzelner ist (obwohl selbst Oktaeder und Kuboktaeder als metamorphosierte Zwanzigflächner definiert werden könnten, wie nachher gezeigt wird). Zwei wichtige Komplementärpaare sind aufgezeigt. Natürlich gibt es soviel “Paare“ wie es die Strecke des Bewegungs-Weges zulässt.

Bekannt ist, dass das “Paar“ - Kuboktaeder und Oktaeder - in Kombination lückenlos “den Raum füllen“ kann.

Es tut sich die Frage auf, ob dies, wie irgendwie zu erwarten ist, für die anderen “Paare“ auch zutrifft und wie es sich mit dem mittleren Ikosaeder, dem “Einzelgänger“ der “Vector Equilibrium - Familie“ verhält.

Konkav-Körper und konvex-Körper fallen beim Kuboktaeder und beim Oktaeder zusammen..



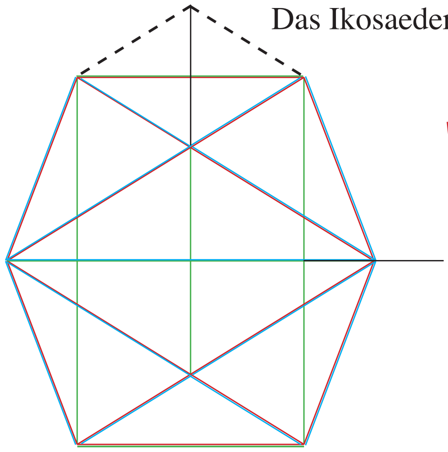
Die raumfüllenden Ikosaeder

Ikosaeder und goldenes Ikosaeder

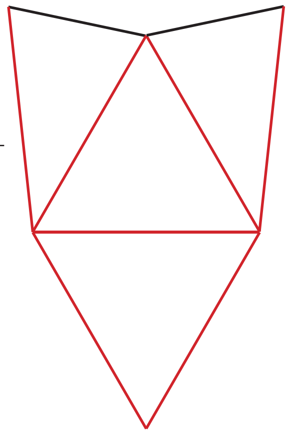
Ikosaeder und goldenes Ikosaeder, ergänzt durch ein goldenes Tetraeder - zwei seiner vier Flächen sind goldene spitzwinklige Dreiecke deren kurze Kante zur langen im Verhältnis des goldenen Schnittes steht - füllen den Raum lückenlos aus.

Die Maße der Tetraederseiten entstehen aus der Kombination der beiden kurzen Seiten der jeweiligen Raumebenen der beiden Körper mit der Basislänge 1.

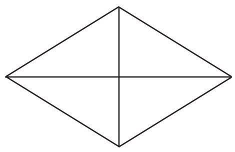
Im Falle des Ikosaeders und des goldenen Ikosaeders entsteht aus der Kombination der beiden kurzen Seiten als Diagonalen jetzt ein goldener Rhombus, der wiederum eine der Flächen des zu diesen beiden Körpern gehörenden rhombischen Triacontaeders ist.



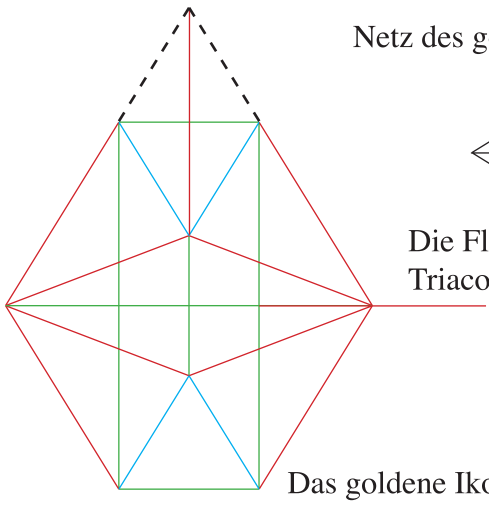
Das Ikosaeder



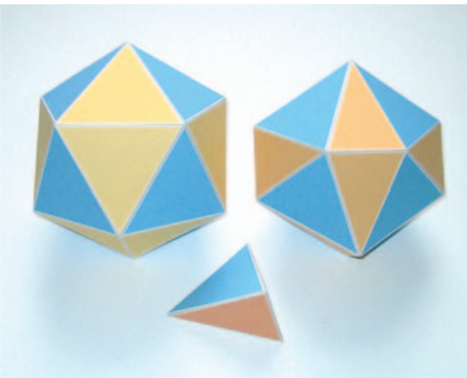
Netz des goldenen Tetraeders



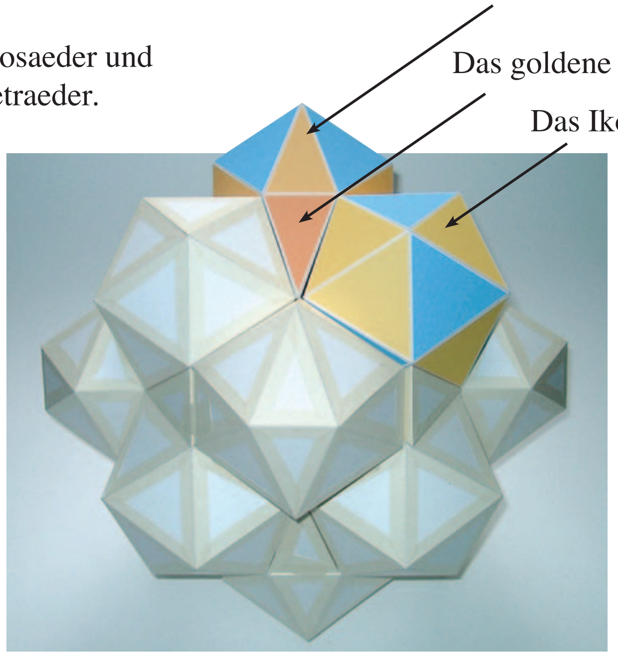
Die Fläche des rhombischen Triacontaeders



Das goldene Ikosaeder



Ikosaeder, goldener Ikosaeder und goldener Tetraeder.



Das goldene Ikosaeder

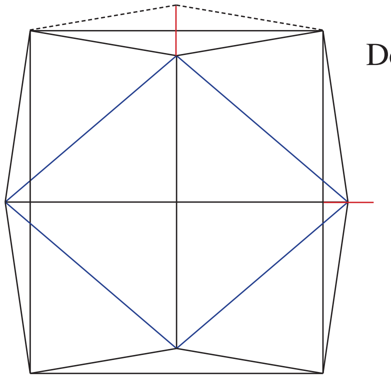
Das goldene Tetraeder

Das Ikosaeder

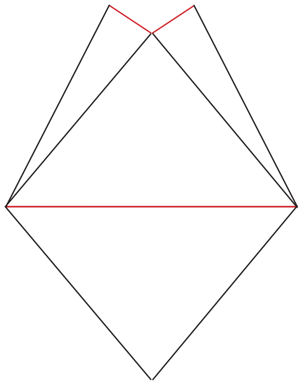
Großer und kleiner Zwanzigflächner

Großer -und kleiner Zwanzigflächner, wiederum ergänzt durch das passende Tetraeder füllen ebenso den Raum lückenlos aus.

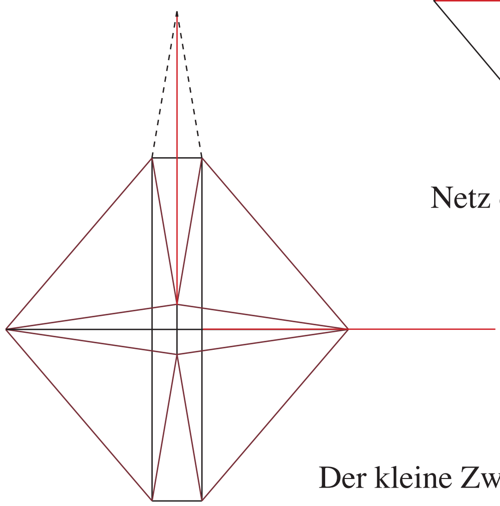
Auch hier entstehen die Maße der Tetraederseiten wiederum aus der Kombination der beiden kurzen Seiten der jeweiligen Raumebenen der beiden Körper mit der Basislänge 1.



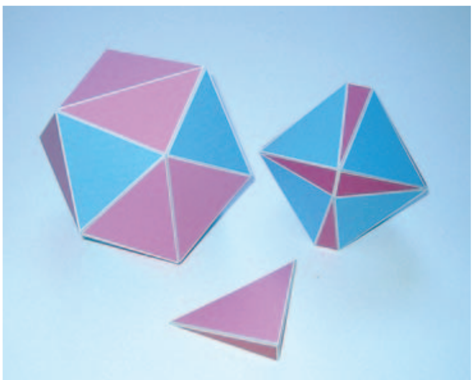
Der große Zwanzigflächner



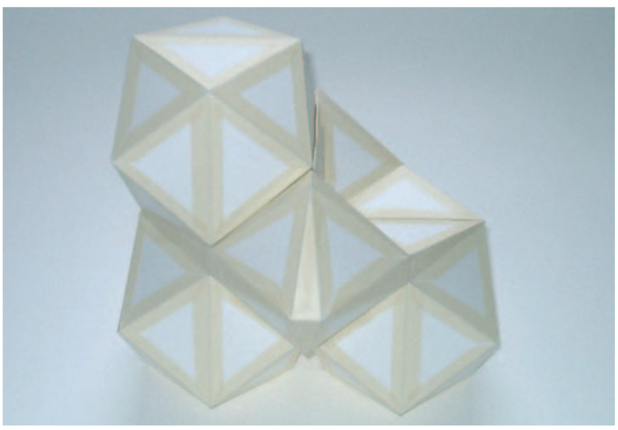
Netz des Tetraeders

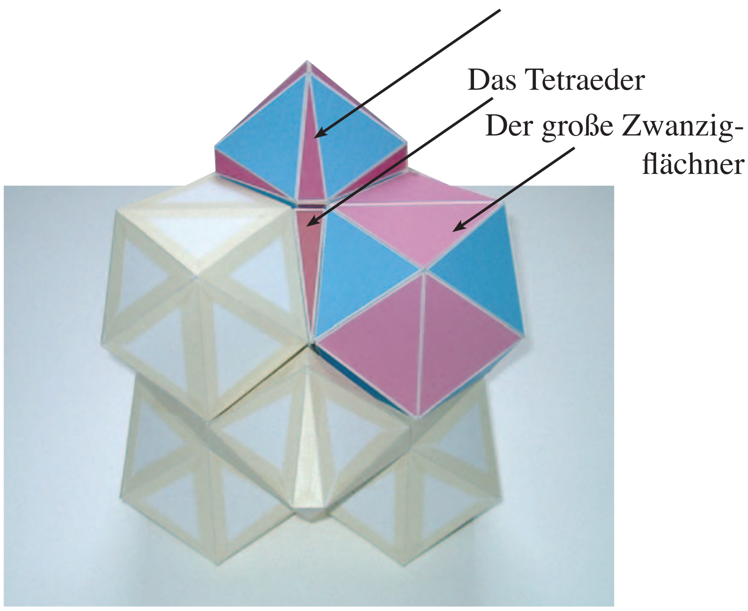


Der kleine Zwanzigflächner



Großer- und kleiner Zwanzigflächner und das dazugehörige Tetraeder.





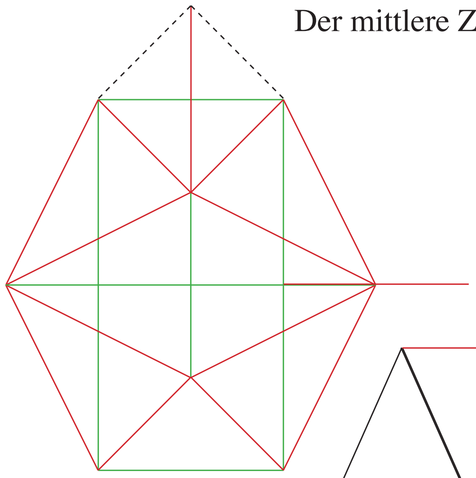
Mittlerer Zwanzigflächner

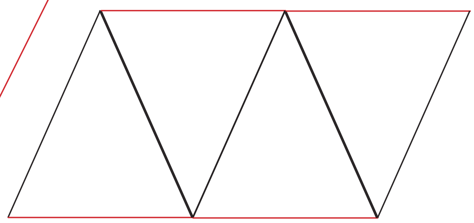
Der mittlere Zwanzigflächner, unser konvexer Bruderkörper des JOI, bedarf nur EINES Tetraeders, dessen vier Seiten aus spitzwinkligen Dreiecken bestehen, dessen kürzere Kante das Verhältnis 1: sqrt 1,5 (annähernd) hat und füllt in dieser Kombination ebenso den Raum lückenlos aus. Aus der Kombination der beiden kurzen Seiten der Raumebene als Diagonalen entsteht jetzt ein Quadrat.

Und wie groß ist das Erstaunen wenn man feststellt das erstens eine Quadratkante exakt die gleiche Länge hat wie die kurze Kante der Raumebene des im großen Zwanzigflächner verborgenen Dodekaeders, und dass zweitens die gesamte Quadratfläche eine der sechs Flächen desjenigen Kubus ist, der sich wiederum gesetzmäßig im Innern dieses Dodekaeders verbirgt. (Abb.: 10)

Bei der Raumfüllung tritt hier der Fall auf, dass die Kombination von Ikosaeder (unregelmäßig) und Tetraeder (unregelmäßig) den Raum füllen KÖNNEN, was bei einer Kombination von regelmäßigem Ikosaeder und regelmäßigem Tetraeder nicht möglich ist.

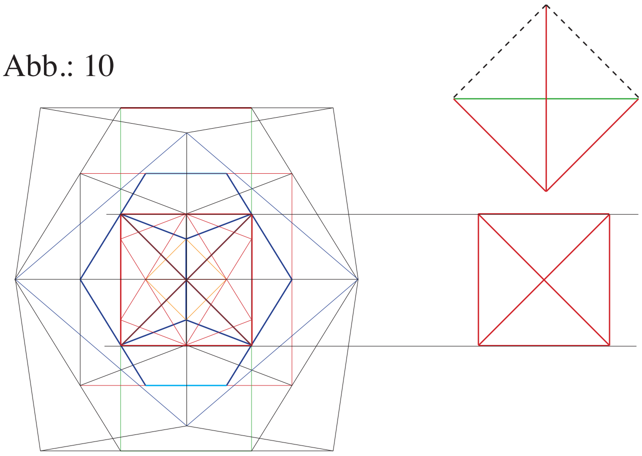
Der mittlere Zwanzigflächner



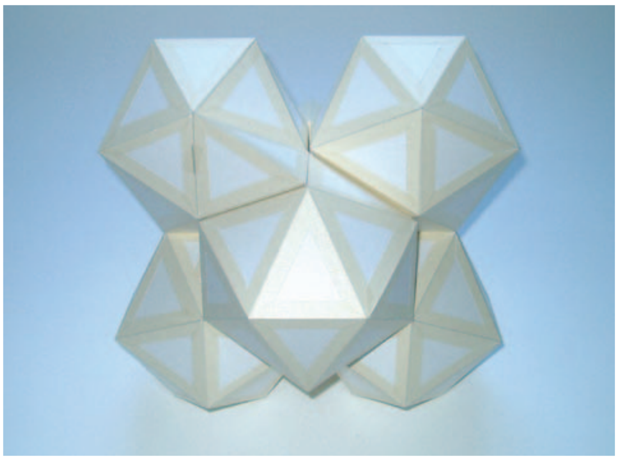


Netz des Tetraeders

Abb.: 10

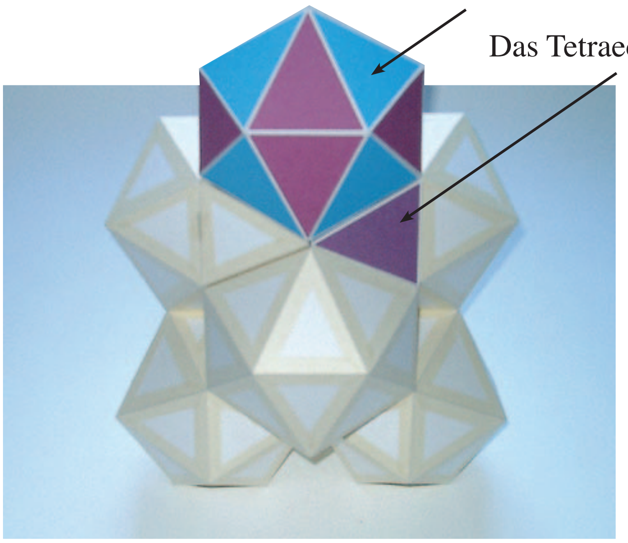


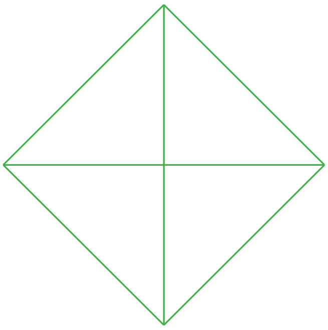
Der mittlere Zwanzigflächner und das dazugehörige Tetraeder.



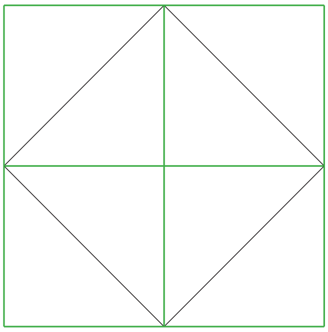
Der mittlere Zwanzigflächner

Das Tetraeder





Der Oktaeder



Der Kuboktaeder

Abb.: 11

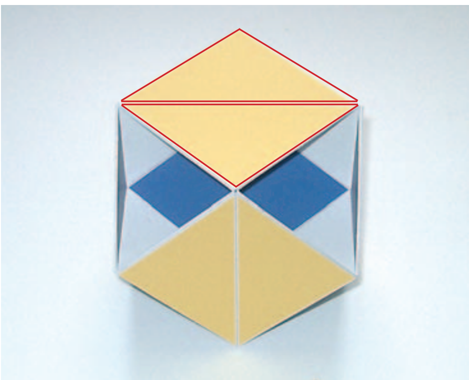


Abb.: 12

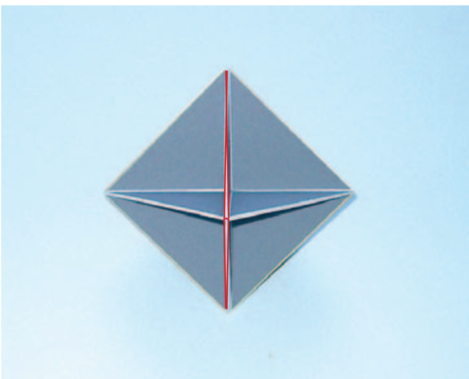
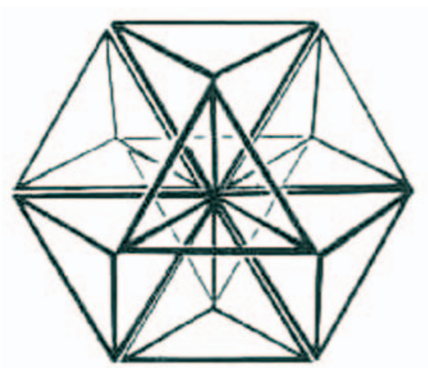


Abb.: 13



Oktaeder und Kuboktaeder

Vorher ist erwähnt worden, dass sowohl Kuboktaeder als auch Oktaeder als metamorphosierte Zwanzigflächner definiert werden könnten.

Beim Kuboktaeder kann man sich dessen sechs Quadratflächen als Verbindung in der Diagonale (1* sqrt 2) von jeweils zwei rechtwinkligen Dreiecken vorstellen und erhält so zwanzig Flächen. (Abb.: 11)

Beim Oktaeder sind dessen zwölf Kanten die zur Linie gewordenen zwölf variabelen Dreiecksflächen des Vector equilibrium und so erhält man ebenso zwanzig Flächen. (Abb.: 12)

Man kann sich den Kuboktaeder ebenso vorstellen als gebildet aus acht regelmäßigen Tetraedern und sechs halben Oktaedern. (Abb.: 13) So wird deutlich, dass alle Kanten und auch die Verbindungsstrecken zum Mittelpunkt die gleiche Länge haben, nämlich die Basislänge 1.

Fazit

Aus dem Beschriebenen geht hervor, dass das Vector equilibrium seinem Namen alle Ehre tut. Es ist ein Gleichgewichts-Instrument wie eine Waage. Die Formen der beiden Gewichte links und rechts können unterschiedlich sein (Raumvolumen), trotzdem haben sie etwas gemein: sie haben das gleiche GEWICHT (Oberflächen-Abmessung). Es sind “Paare“ die sich, trotz ihrer unterschiedlichen Form, gegenseitig ergänzen und mit Hilfe eines neuen, dritten Elements, des jeweiligen Tetraeders, den Raum lückenlos füllen können.

Einige Gedanken zu Kategorien von „in sich“ beweglichen, in ihrer Oberfläche “geschlossenen“, Polyedern i.Z. mit der “bellows conjecture“.

Abstract. „We show that any continuous flex that preserves the edge lengths of a closed triangulated surface of any genus in three-space must flex in such a way that the volume it bounds stays constant during the flex.“

“Wir zeigen, dass jeder in sich bewegliche Körper, welcher eine konstante Kantenlänge einer geschlossenen, aus Dreiecken bestehenden Oberfläche bewahrt, gleich welcher Gattung im drei dimensionalen Raum er angehört, sich so bewegen muss, dass das Volumen, welches er umschließt, während seiner Bewegung konstant bleibt.“ (The bellows conjecture, Connelly, Sabitov, Walz, 1997)

1. Es existieren jedoch und/oder lassen sich konstruieren konkave Polyeder, die in zwei oder mehr unterschiedlichen “Raumformen“ auftreten können, trotzdem ihren Oberflächen-Inhalt bewahren, jedoch ihr Raumvolumen verändern. Die Annahme, dass diese Polyeder gleichzeitig “flexible“ d.h. „irgendwie“ beweglich sind, trifft nicht in allen Fällen zu. Wichtig ist hier die Beachtung des “Bewegungswegs“ von der einen Raumform mit dem größten Raumvolumen (Stellung 1) zur anderen Raumform mit dem kleinsten Raumvolumen (Stellung 2) und eventuell dazwischen liegende Stellungen. (Siehe Aufsatz “Wie “shaky“ ist das “Jessen`sche orthogonale Ikosaeder“. D. Junker, Sept. 2008)

1.1. Was diesen “Bewegungsweg“ angeht, existieren wiederum zwei unterschiedliche Kategorien von Polyedern.

1.1.1. Bei der ersten Kategorie, die im allgemeinen “shaky“ oder “infinitesimally flexible oder movable“ genannt wird und die gleichzeitig “multi-stable“ ist, gibt es, während der „Bewegungsweg“ abgelegt wird, verschiedene „stable“ (stabile) Formen: Stellung 1 mit dem größten Raumvolumen und Stellung 2 mit dem kleinsten Raumvolumen . Der “Weg“ von der einen zur anderen “stable“ Form kann nur abgelegt werden, wenn sich einige Scharnierkanten während des “Bewegungswegs“ minimal verändern, d.h der Oberflächen-Inhalt des betreffenden Körpers ändert sich.

Das “Jessen´sche orthogonae Ikosaeder“´SCHEINT zu dieser Kategorie zu gehören aber durch seinen rechten konkaven Winkel kann es nicht beweglich sein und tritt allein in EINER Form auf.

Die “Siamesischen Dipyramiden“ von Goldberg gehören indes zu dieser Kategorie.

Das heißt wiederum mit anderen Worten: Diese Poyeder sind eigentlich (im geometrischen Sinn) NICHT beweglich, sondern haben die besondere Eigenschaft, dass sie sich, bei Beibehaltung ihres Oberflächen-Inhalts und Veränderung ihres Raumvolumens, in verschiedenen Raumformen manifestieren können.

Der Begriff “shaky“ oder “infinitesimally movable“ ist hier zumindest irreführend, da bei dieser Kategorie Körper die Bewegung immer mit einer Veränderung der Oberfläche des Körpers gepaart geht, d.h. würde man diese Körper aus starren Stahlplatten (so dünn wie möglich) bauen, deren Oberfläche koplanar bleibt, d.h. sich nicht verwindet und deren Kantenscharniere ebenso sich nicht verziehen könnten, d.h. nicht länger werden können und auch keinen seitlichen “Verzug“ aufweisen würden sondern eben nur ihre “Scharnierfunktion“ erfüllen würden, würde man feststellen, dass KEIN Polyeder dieser Kategorie irgendwie beweglich ist.

1.1.2. Bei der zweiten Kategorie „continuously movable linkage“ ist der oben eingeführte „Bewegungsweg“ sehr wohl “in einem Zug“ möglich, (von Stellung 1 zu Stellung 2) ohne dass Scharnier-Kanten oder Oberflächen sich verändern. Stellung 1 mit dem größten Raumvolumen lässt sich ohne weiteres in Stellung 2 mit dem kleinsten Raumvolumen überführen und auch wieder zurück. Stellung 1 und Stellung 2 sind zwei “stable“ Formen, obwohl eigentlich sämtliche möglichen Formen des Polyeders auf dem “Weg“ von Stellung 1 zu Stellung 2 und wieder zurück als „stabile“ Zwischenformen angesehen werden könnten. Zu dieser Kategorie gehören die “Wackel- oder Kippoktaeder“ von Wunderlich. Tatsache bei dieser Kategorie Körper ist, dass sich das Volumen der Körper ändert. Der Oberflächen-Inhalt bleibt konstant, das Raumvolumen ändert sich.

1.1.3. Ist dieser Körper wirklich „geschlossen“ dh. sind seine Kanten und Flächen “luftdicht“, kann sich ein solcher Körper NICHT bewegen. Wenn der Begriff: “ closed triangulated surface“ in der “bellows conjecture“ bedeutet “luftdicht geschlossen“ (was er ja anscheinend bedeutet) sind Körper dieser Kategorie in der Tat auch NICHT beweglich.

1.1.4. Versteht man unter “closed“ (geschlossen) jedoch „KONSTANT Kanten-Zusammenhängend“ bzw. „NICHT Oberfächen-Inhalt-Verändernd“, sind Körper dieser Kategorie sehr wohl in sich beweglich. Nur muss eben irgendwie die “Luft raus und wieder rein“.

1.1.5. Hier trifft folgendes zu: „It is also true that any continuous flex that preserves the edge lengths of a coherent triangulated surface of any genus in three-space can flex in such a way that the volume it bounds change during the flex.“

1.1.6 Auf alle bis hierher angeführten Beispiele trifft also die von Connelly, Sabitov und Walz 1997 beschriebene “bellows conjecture“ die beinhaltet, dass alle beweglichen Polyeder während ihrer Bewegung ein gleichbleibendes Volumen behalten, NICHT zu.

2. Eine weitere Kategorie ist ähnlich der soeben beschriebenen, auch die der „continuously movable linkage“, bei der während der Bewegung der Rauminhalt WIRKLICH KONSTANT bleibt. Die EINZIGEN bis jetzt bekannten beweglichen Polyeder dieser Kategorie sind die „Connelly sphere“ und der “Steffen`sche Polyeder“

Entweder sind also die zwei letzteren die EINZIGEN wirklich in sich BEWEGLICHEN Polyeder, dann ist auf jeden Fall der “Jessen ´sche orthogonale Ikosaeder“ NICHT beweglich (auch nicht minimal) oder die “bellows conjecture“ gilt nicht “generell“, sondern nur für bestimmte Kategorien beweglicher Polyeder.

Die Bricard ´schen Oktaeder sollen hier nicht betrachtet werden, da es KEINE in ihren Flächen geschlossene Polyeder sind, sondern sich einige Außen-Flächen während des Bewegungswegs durchdringen müssen. Ebenso eine Ausnahme im Sinn der “Flächigkeit“ ist das Vector equilibrium von Buckminster-Fuller. Hier sind nicht Kanten (Linien) sondern Ecken (Punkte) von Flächen die Scharniere.

3. Eine letzte Kategorie sind alle Kaleidozyklen soweit sie in geschlossener Stellung die Form eines “geschlossenen“ Polyeders aufweisen. Dieser kann sowohl konvex als auch konkav sein. Zu bedenken ist, dass in dieser Kategorie ein Polyeder in “Teilpolyeder“ zerlegt

wird, die an diversen Kanten zu einer geschlossenen Gliederkette miteinander verbunden sind. Der bekannteste Körper dieser Kategorie ist der “Schatz ´sche Kubusgürtel“.

Facit:

1. Der Begriff der “Beweglichkeit“, angewandt auf bestimmte Kategorien konkaver Polyeder, ist m.E. nicht “endgültig schlüssig“ mit der “bellows conjecture“ abgedeckt.

2. Der Begriff „closed“ im Sinne von “luftdicht abgeschlossen“ ist eher auf die Physik bezüglich, da hier ein reales „Volumen“ (Luft-Blasebalg) angesprochen wird und nicht ein imaginäres im Sinne der Geometrie. (Wie sieht es mit der “bellows conjecture“ im “luftleeren Raum“ aus?)

3. Die Begriffe „shaky und infinitesimally movable“ sind irreleitend, da alle wirklich in sich beweglichen Körper eigentlich “sowieso nur“ „infinitesimally movable“ sind, und diejenigen, die in der gängigen Mathe-bzw. Geometrie-Welt so genannt werden (shaky und infinitesimally movable) höchstens “multi-stable“ sind, d.h. sie können sich in verschiedenen “Raumformen“ manifestieren, aber den “Weg“ von der einen zur anderen “Raumform“ nicht ablegen, ohne ihren Oberflächen-Inhalt zu verändern oder ihre „coherenty“ zu verlassen.

4. Es gibt im geometrischen Sinn “in sich bewegliche“ Polyeder, die während ihrer Bewegung ihr Volumen ändern und trotzdem “coherent“ bleiben und ihren Oberflächen-Inhalt bewahren.

D.Junker, Okt. 2008