

**Zeitschrift:** Allgemeine schweizerische Schulblätter  
**Band:** 7 (1841)  
**Heft:** 1-2

**Artikel:** Lehrgang der Geometrie für höhere Volksschulen und Schullehrer-Seminarien [Fortsetzung]  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-865825>

#### 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:** 11.02.2026

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

»gerne. Ist es aber zu geringe, so habe ich doch ge-  
„than, so viel ich vermocht.“

„Allezeit Wein oder Wasser trinken, ist nicht lustig;  
„sondern zuweilen Wein und zuweilen Wasser trinken,  
„das ist lustig: also ist es auch lustig, so man Manher-  
„lei liestet. Das sei das Ende.“ Maccab. II. 39 und 40.

## Lehrgang der Geometrie für höhere Volksschulen und Schullehrer-Seminarien.

### Zweiter Abschnitt.

#### §. 24.

##### Einleitung.

I. Die Sätze, welche in den vorhergehenden und nachfolgenden §§. vorkommen, sind hinsichtlich ihres Inhaltes oder hinsichtlich der Art, wie man ihre Wahrheit einsieht oder verstehen lernt, sehr verschieden.

a) Der Satz: „Ein Viereck mit 4 gleichen Seiten ist eine Raute,“ gibt an, was man unter dem Begriff „Raute“ zu verstehen habe, oder was dieses Wort bedeute.

b) Andere Sätze enthalten eine Behauptung, z. B.: Zede g. L. lässt sich verlängern; in einem Viereck ist die Zahl der Gehren aus einer Winkel spitze um 3 kleiner als die Seitenzahl; zwei g. L., die sich in einem Punkte durchschneiden, bilden 4 W.

Die Behauptung im ersten Satz ist jedem sogleich einleuchtend. Dies ist bei dem zweiten Satz nicht der Fall: er muss durch Gründe unterstützt werden, um ihn einzusehen; man muss zuerst untersuchen, nach welchen Punkten Gehren möglich sind, und nach welchen nicht.

— Den dritten Satz sieht man sogleich ein, wenn man weiß, dass 2 g. L. sich nur in einem Punkte durchschneiden können.

c) Noch andere Sätze geben an, dass man etwas thun soll, z. B.: Man soll eine Gerade in 2 beliebige Theile theilen; man soll eine Gerade halbiren. — Wie das im ersten Satz Verlangte auszuführen ist, leuchtet von selbst ein; die Theilung geschieht durch einen Punkt zwischen den beiden Enden der Geraden. — Nicht so ist es bei dem zweiten Satz. Die Halbierung geschieht zwar auch durch einen Punkt; aber es muss zuerst ausgemittelt werden, wohin

der Punkt falle; und wenn man ihn gefunden hat, so bleibt noch darzuthun, daß die Halbierung richtig ist.

**II.** Die Geometrie baut sich aus verschiedenen Sätzen auf, welche Erklärungen oder Behauptungen oder Verrichtungen ausdrücken. Ein Satz, welcher das Wesen eines Begriffes bezeichnet (oder die Bedeutung eines Wortes angibt), ist eine Erklärung. — — Ein Satz, dessen Wahrheit unmittelbar selbst einsichtlich ist, heißt **Grundatz** (Axiom). — Ein Satz, dessen Wahrheit erst vermittelst anderer, schon als richtig anerkannter Sätze zur Einsicht gebracht werden muß, ist ein **Lehrsatz** (Theorem). Die Sätze, welche dazu gebraucht werden, machen den Beweis des Lehrsatzes aus. — Ein Satz, dessen Wahrheit sich unmittelbar aus einem schon bewiesenen Lehrsatz ergibt, ist eine Folgerung (Corollarium). — — Ein Satz, welcher eine für sich selbst klare Verrichtung vorschreibt, ist ein **Forderungsatz** (Postulat). — Ein Satz, der eine geometrische Verrichtung vorschreibt, für welche ein Verfahren erst noch gesucht werden muß, ist eine geometrische **Aufgabe** (ein Problem, abgekürzt: G. A.). Die **Aufsuchung** des Verfahrens für die vorgeschriebene Verrichtung ist die **Auflösung** der Aufgabe. Die Auflösung erfordert einen **Beweis** ihrer Richtigkeit.

1. **U**n m. Die Schüler suchen (in §. 1—23) noch mehr Beispiele zu den vorstehenden Sätzen.

2. **U**n m. Von den geometrischen Aufgaben sind die **Übungsaufgaben** (Ue. A.) zu unterscheiden. Bei diesen letzteren ist das Verfahren für die vorgeschriebene Verrichtung schon bekannt und soll bloß zur besseren Einübung in besonderen Fällen angewandt werden.

### §. 25.

#### Bestimmung eines Punktes in einer Ebene.

**I.** In der Ebene ABCD fig. 30 seien a u. b zwei feste Punkte; es sei ac der Abstand eines dritten Punktes von a, und bc der Abstand desselben von b; läßt sich nun die Lage des Punktes c bestimmen? — Betrachtet man ac u. bc als Kreishalbmesser, so muß der

Punkt c. erstlich in einem aus a mit ac beschriebenen Bogen, und dann auch in einem aus b mit bc beschriebenen Bogen liegen. Es ist aber der Durchschnittspunkt beider Bogen der einzige Punkt, den sie gemein haben; also ist c der durch ac und bc bestimmte Punkt.

H. Es sei fig. 31 und 32 a ein fester Punkt; aus a gehe die liegende Gerade ab von bestimmter Länge, so bestimmt sie den Punkt b; ist auch der W. x bestimmt, so gibt er die Richtung von bc; und ist die Länge von bc bestimmt, so erhält man dadurch den Punkt c. Es ist also die Lage des Punktes c durch die Länge der Geraden ab und bc mit ihrem Richtungswinkel bestimmt.

Anm. Wenn man die Gerade ab verlängert, und auf ihr von a aus bestimmte Stükke abschneidet, an die Abschnittspunkte W. von bestimmter Größe trägt und den steigenden Schenkeln ebenfalls eine bestimmte Länge gibt; so lassen sich dadurch Punkte in beliebiger Anzahl bestimmen. Die erste Gerade, die von einem bestimmten Punkte ausgeht und eine bestimmte Lage hat, heißt Abschnittsgerade (Abscissenlinie); die zweite, mit jener unter einem bestimmten W. verbundene Gerade heißt Richtungsgerade (Ordinate). Jeder einzelne bestimmte Theil der Abschnittsgeraden heißt Abschnitt (Abscisse). Die zusammengehörigen Abschnitte und Richtungsgeraden heißen auch Verbindungsgeraden (Koordinaten). Der Punkt a ist ihr Anfangspunkt, der Punkt b ihr Richtungspunkt. Der W. x ist der Richtungsw. der Verbindungsgeraden (oder der Koordinatenw.). Derselbe kann ein schiefer oder ein rechter W. sein, d. h. die Verbindungsgeraden können schief- oder rechtwinklig sein. Der letzte Fall ist der gewöhnliche.

Aus dem Vorhergehenden ergibt sich nun folgender Lehrsatz:

- 1) Die Lage eines Punktes in einer Ebene wird bestimmt:
  - a. durch zwei g. L. von bestimmter Länge, deren jede von einem bestimmten Punkte ausgeht;
  - b. durch zwei schief- oder rechtwinklige Verbindungsgeraden.

Übungsaufgaben. 1) Es seien m und n zwei bestimmte Punkte; man sucht einen dritten Punkt q. Dabei sei im 1000fach verjüngten Maßstabe: 1) Der Abstand mn = 5°, mq = 3°, nq =

$4^0$ ; 2)  $mn = 4^0$ ,  $mq = 5^0$ ,  $nq = 6^0$ ; 3)  $mn = 6^0$ ,  $mq = 7^0$ ,  $nq = 4^0$ ; 4)  $mn = 8^0 4'$ ,  $mq = 5^0 6'$ ,  $nq = 7^0 2'$ ; 5)  $mn = 9^0 3'$ ,  $mq = 6^0 8'$ ,  $nq = 10^0 4'$ .

2) Einen Punkt durch 2 rechtwinklige Verbindungslien zu bestimmen. a) der Abschnitt sei  $= 4^0$ , die Richtungslinie  $= 7^0$ ; b) die Abscisse  $= 5^0$ , die Ordinate  $= 9^0$ ; c) jene  $= 8^0 4'$ , diese  $= 6^0 5'$ ; d) jene  $= 10^0 2'$ , diese  $= 8^0 6'$ .

1. Anm. Zu vorstehenden Aufgaben, besonders zu denen unter Nr. 2, bedarf der Schüler zwei kleine Dreiecke von Holz, welche zusammen ein Rechteck bilden. Erklärung ihres Gebrauches.

2. Anm. Wie hier durch rechtwinklige Koordinaten die Lage eines Punktes, so wird in ähnlicher Weise auf Landkarten jeder Ort durch seine geographische Länge und Breite bestimmt.

## §. 26.

### Winkel.

I. Sind fig. 33 die Schenkel ab und ac des W. a bestimmt (d. h. haben sie eine bestimmte Länge), so ist die Spitze a ein zur Bestimmung ihrer Richtung gemeinschaftlicher Punkt; es wird also für jeden zur Bestimmung seiner Richtung noch ein Punkt erforderlich. Die Lage der Punkte b und c hängt nur noch von der Weite bc ab. Ist aber die Weite bc bestimmt, so gibt sie die Punkte b und c; die Punkte a und b bestimmen nun die Richtung von ab, und die Punkte A und C die Richtung ac; folglich ist der W. a bestimmt.

II. Es seien umgekehrt die Schenkel ab und ac nebstdem W. a bestimmt. — Der W. a bestimmt von der Spitze a aus die Richtung beider Schenkel; die Länge von ab gibt den Punkt b, und die Länge von ac den Punkt c; die Punkte b und c bestimmen die Weite bc.

III. Es sei fig. 33 und 34 bei den W. a und A Schenkel  $AB = ab$ ,  $AC = ac$ , und  $AC = bc$ . — Da nun (nach I.) ein W. durch die Länge seiner Schenkel und durch den Abstand ihrer Endpunkte bestimmt ist; so kann der W. A nur eine Wiederholung des W. a sein, also muß  $W. A = W. a$  sein.

2) a. Wenn die Schenkel eines Winkels nebstder

Weite ihrer Endpunkte bestimmt sind; so ist auch der W. selbst bestimmt.

- b. Wenn ein W. nebst seinen beiden Schenkeln bestimmt ist; so ist auch die Weite ihrer Endpunkte bestimmt.
- c. Sind die Schenkel zweier W. nebst der Weite ihrer Endpunkte wechselweise gleich; so sind die W. selbst gleich.

**IV.** Es seien ABC und ABD fig. 35 schiefe Nebenw. — Man falle auf CD die Senkrechte LB. Nimmt man nun von dem stumpfen W. ABD den W. ABL weg, so bleibt noch der rechte W. LBD; zählt man dann den W. ABL zu dem spitzen W. ABC, so entsteht der rechte W. LBC; mithin sind die zwei W. ABC und ABD zusammen so groß, als die beiden rechten W. LBC und LBD, oder betragen zusammen  $180^{\circ}$ .

**V.** Liegen nun fig. 36 über der Geraden CD bei B mehrere W. in einer Ebene, so kann man sie als Theile der Nebenw. ABC und ABD betrachten; weil nun die W. ABC und ABD zusammen  $180^{\circ}$  betragen, so sind auch  $m + n + o + p + q = 180^{\circ}$ .

**VI.** Es sei fig. 35 von den W. ABC und ABD, oder fig. 36 von den W. m, n, o, p, q bloß bekannt, daß sie zusammen  $180^{\circ}$  betragen. — Dies kann nur die Folge davon sein, daß sie über einer Geraden CD liegen; es müssen also die Schenkel BC und BD zusammen eine Gerade bilden.

**VII.** Es durchschneiden sich fig. 11 zwei Gerade. Nun ist  $d + e = 180^{\circ}$ , und  $f + h = 180^{\circ}$ , also  $d + e + f + h = 360^{\circ}$ .

**VIII.** Es liegen fig. 37 mehrere W. um den Punkt C in einer Ebene. Verlängert man den Schenkel AC nach B hin; so betragen sowohl die W. über als unter AB zusammen  $180^{\circ}$ , also betragen alle diese W. zusammen  $360^{\circ}$ .

**IX.** In fig. 11 ist ferner  $d + e = 180^{\circ}$ , und auch  $e + h = 180^{\circ}$ ; somit ist  $d + e = e + h$ , folglich  $d = h$ . — Ebenso ist  $d + e = 180^{\circ}$ , und  $d + f = 180^{\circ}$ , mithin  $d + e = d + f$ , folglich  $e = f$ . — Hieraus folgt:

- 3) a. Zwei schiefe Nebenw. betragen zusammen  $180^{\circ}$ .  
      b. Alle schiefen W. mit gemeinschaftlicher Spitze auf einer Seite einer Geraden betragen zusammen  $180^{\circ}$ .  
      c. Wenn schiefe W. mit gemeinschaftlicher Spitze zusammen  $180^{\circ}$  betragen, so bilden ihre zwei äußern Schenkel eine g. L.  
      d. Die vier W. beim Durchschnitt zweier Geraden betragen zusammen  $360^{\circ}$ .  
      e. Alle W. um einen Punkt in einer Ebene betragen zusammen  $360^{\circ}$ .  
      f. Scheitelwinkel sind einander gleich.

### §. 27.

#### Gleichlaufende Linien.

Werden fig. 17 die beiden gleichlaufenden Geraden AB und CD von der Linie EF durchschnitten; so fragt es sich: wie die übereinstimmenden W., die inneren Wechselw., und die inneren Gegenw. beschaffen sind.

I. AB und CD haben gleiche Richtung; also muß AB mit EF solche W. bilden, wie wenn AB an der Stelle von CD läge, folglich ist  $m = u$ ,  $n = x$ ,  $o = y$ ,  $p = z$ .

Da nun  $m = u$ , und  $m = p$  ist (No. 3 f.), so ist auch  $u = p$ . Ebenso lässt sich darthun, daß  $o = x$  ist.

Um. Wie die Gleichheit der W. p und u mit Hilfe des W. m erwiesen worden ist, so kann es auch mit Hilfe des W. z geschehen. Ähnliches findet in Bezug auf die W. o und x Statt.

Es ist ferner  $m + o = 180^{\circ}$  (No. 3, a); weil aber  $m = u$ , so ist auch  $u + o = 180^{\circ}$ . Auf gleiche Weise findet man  $p + x = 180^{\circ}$ .

Um. Der Schüler zeige auch mit Hilfe des W. y, oder p oder x, daß  $o + p = 180^{\circ}$ , dann mit Hilfe des W. n, oder z, oder o, oder u, daß  $p + x = 180^{\circ}$ .

Um. Die bewiesenen drei Eigenschaften gleichlaufender Linien sind von einander unzertrennlich; keine findet ohne die beiden anderen Statt.

II. Es seien umgekehrt die Geraden AB und CD

von EF durchschnitten, und es sei  $m = u$ , oder  $o = x$  oder  $o + u = 180^\circ$ . Ist aber eine dieser drei Eigenschaften vorhanden, so kann es nur daher röhren, daß  $AB \# CD$  ist.

Um m. Die Eigenschaften gleichlaufender L. sind also umgekehrt auf wieder Kennzeichen der Parallelität.

III. Es seien fig. 38 die Geraden AB und CD senkrecht zu EF. — Dann ist  $x = 90^\circ$ , und  $y = 90^\circ$ , also  $x + y = 180^\circ$ , mithin ist  $AB \# CD$  (II).

IV. Es sei umgekehrt  $AB \# CD$ , und AB senkrecht zu EF. — Dann ist  $x + y = 180^\circ$ , und  $x = 90^\circ$ , also auch  $y = 90^\circ$  und demnach CD ebenfalls senkrecht zu EF.

V. Es sei fig. 39  $AB \# CD$ , und  $AB \# EF$ ; ist dann auch  $CD \# EF$ ? — Man ziehe GH; nun ist  $m = n$ , und  $m = p$ , also  $n = p$ , daher  $CD \# EF$ .

VI. In fig. 40 seien die Schenkel der W. u und x wechselweise  $\#$ , und zwar  $AB \# DE$ , und  $AC \# DF$ ; wie sind die W. u und x beschaffen? — Verlängere AC und DE bis zum Treppunkt G; dann ist  $u = m$ , und  $x = m$ , folglich  $u = x$ .

- 4) a. Werden zwei gleichlaufende Gerade von einer dritten Linie durchschnitten: so sind die übereinstimmenden W. einander gleich, die innern Wechselw. sind gleich, und die innern Gegenw. betragen zusammen  $180^\circ$ .
- b. Zwei g. L. sind gleichlaufend: wenn die übereinstimmenden oder die innern Wechselw. gleich sind, oder wenn die innern Gegenw. zusammen  $180^\circ$  betragen.
- c. Wenn zwei g. L. zu einer dritten senkrecht stehen, so sind sie unter sich gleichlaufend.
- d. Ist eine von zwei Parallelen zu einer dritten Geraden senkrecht, so ist auch die zweite Parallele zu derselben senkrecht.
- e. Sind zwei Gerade wechselweise mit einer dritten Linie gleichlaufend, so sind sie auch unter sich selbst gleichlaufend.
- f. Wenn die Schenkel zweier W. (nach derselben

Seite hin) wechselweise unter sich gleichlaufend sind; so sind die W. gleich.

### §. 28.

#### Die Winkel geradliniger Figuren.

I. Es sei fig. 41 das Df. ABC ohne besondere Eigenschaften. Verlängert man die Seite AC nach E, wie verhält sich dann der W. BCE zu den W. des Df.? — Man ziehe die Gerade CD # AB; dann ist W. A = Wx, und W. B = W. u (No. 4, a), also  $A + B = \times + u$ ; weil aber  $\times + u = W. BCE$ , so ist auch  $A + B = W. BCE$ .

II. Es ist ferner  $BCE + m = 180^\circ$  (No. 3, a); weil aber  $A + B = BCE$ , so kann man  $A + B$  für  $W. BCE$  setzen, also ist auch  $A + B + m = 180^\circ$ .

III. Ist nun ein W. eines Df.  $= 90^\circ$ , so sind seine beiden andern W. zusammen  $= 90^\circ$ , also muß jeder derselben spitz sein. — Beträgt ein W. des Df. mehr als  $90^\circ$ , so sind die beiden andern zusammen kleiner als  $90^\circ$ , folglich ist jeder spitz. — Jeder der 3 W. eines Df. kann kleiner als  $90^\circ$  sein. — Kein W. des Df. kann über  $180^\circ$  betragen oder erhaben sein.

IV. Ist z. B. der W. A  $= 42^\circ$ ; so ist  $B + m = 180^\circ - 42^\circ = 138^\circ$ . — Ist aber umgekehrt z. B.  $B + m = 126^\circ$ , so ist A  $= 180^\circ - 126^\circ = 54^\circ$ .

V. Ist in jedem von zwei Dken. ein W.  $= 42^\circ$ ; so sind in jedem derselben auch die beiden andern W. zusammen  $= 180^\circ - 42 = 138$ . — Sind in jedem von zwei Dken. 2 W. zusammen  $= 126^\circ$ , so ist auch in jedem derselben der 3te W.  $= 180^\circ - 126^\circ = 54^\circ$ . — Hieraus folgt:

- 5) a. Zwei W. eines Df. sind zusammen dem äußern Nebenw. des dritten Dreiecks w. gleich.
- b. Die drei W. eines Df. betragen zusammen  $180^\circ$ .
- c. Die beiden W. an der Hypotrause des rechtwinkligen Df. betragen zusammen  $180^\circ$ .
- d. Ein Df. kann nur einen rechten, nur einen stumpfen, aber drei spitze, keinen erhabenen,

nur einen rechten und stumpfen W. zugleich enthalten.

- e. Ein W. des Dk. bestimmt die Summe der beiden andern W.; die Summe zweier W. bestimmt den dritten.
- f. Haben Dke. einen W. gleich, so haben sie auch die Summe der beiden andern W. gleich; und haben Dke. die Summe zweier W. gleich, so haben sie auch den dritten W. gleich.

Unm. Ein Dreiecks w. betrage  $27^{\circ}$ ,  $39^{\circ}$ ,  $56^{\circ}$ ,  $65^{\circ}$ ,  $84^{\circ}$ ,  $97^{\circ}$ ,  $109^{\circ}$ ,  $32^{\circ} 16'$ ,  $43^{\circ} 25'$ ,  $62^{\circ} 48'$ ,  $78^{\circ}$ ,  $36'$ ,  $117^{\circ} 15'$ ; wie groß ist die Summe der beiden andern W.? — Es sei in einem Dk. der erste W. =  $27^{\circ}$ , der 2te =  $88^{\circ}$ ; der 1ste =  $46^{\circ}$ , der 2te =  $73^{\circ}$ ; der 1ste =  $54^{\circ}$ , der 2te =  $67^{\circ}$ ; der 1ste =  $34^{\circ} 20'$ , der 2te =  $76^{\circ} 12'$ , der 1ste =  $25^{\circ} 42'$ , der 2te =  $94^{\circ} 53'$ , der 1ste =  $88^{\circ} 45'$ , der 2te =  $37^{\circ} 18'$ ; wie groß ist in jedem Fall der dritte W.?

VI. Es sei fig. 42 das Vf. ABCD ohne besondere Eigenschaften. Man ziehe die Gehre AC; sie zerlegt das Vf. in 2 Dke. Die W. eines jeden dieser beiden Dke. betragen  $180^{\circ}$ . Die W. beider Dke. sind also zusammen =  $2 \times 180^{\circ}$ , sie machen aber zusammen die W. des Vfs. aus, folglich betragen auch die W. des Vfs. zusammen  $2 + 180^{\circ} = 360^{\circ} = 4 \text{ R.}$

VII. Es sei fig. 43 das Ff. ABCDE ohne besondere Eigenschaften. Man ziehe die Gehren AC und AD; sie zerlegen dasselbe in 3 Dke. Die W. der Letzteren betragen zusammen  $3 \times 180^{\circ}$ ; sie machen aber zusammen die W. des Ffs. aus; folglich betragen auch alle W. des Ffs. zusammen  $3 \times 180^{\circ} = 6 \text{ R.} = 540^{\circ}$ .

VIII. Es sei fig. 44 das Sechseck ABCDEF ohne besondere Eigenschaften. Die Gehren AC, AD, AE, theilen dasselbe in 4 Dke., deren W. zusammen  $4 \times 180^{\circ}$  betragen. Da aber die sämmtlichen W. der 4 Dke. die W. des Sechsecks ausmachen, so sind auch die Letzteren zusammen  $4 \times 180^{\circ} = 8 \text{ R.} = 720^{\circ}$ .

- 6) a. Die W. eines Vfs. betragen zusammen 4 R. oder  $360^{\circ}$ .
- b. Die W. eines Ffs. betragen zusammen 6 R. oder  $540^{\circ}$ .

c. Die W. eines Sechsecks betragen zusammen  
8 R. oder  $720^{\circ}$ .

**IX.** In einem Vieleck, z. B. in dem Siebenekk fig. 45 kann man aus A nach B und G keine Gehren ziehen. Es fallen also 3 Punkte (der erste, zweite und letzte) außer Rechnung, und es sind nur nach den übrigen 4 Punkten Gehren möglich. — Die nämlichen 3 Punkte geben auch bei jedem andern Vieleck keine besondere Gehre. Die Anzahl der Gehren ist also um 3 kleiner als die Anzahl der Seiten.

U m. Der Schüler zeichne ein 8, 9, 10ekk und ziehe die möglichen Gehren.

**X.** Die Gehre AC schneidet das erste Df. ABC ab; die zweite Gehre AD erzeugt ebenso das 2te Df. ACD, die 3te AE das 3te Df. ADE, die 4te AF über das 4te und 5te Df. AEF und AFG. Da das Siebenekk 4 Gehren hat, so theilen sie dasselbe in  $4 + 1 = 5$  Dfe. — So schneidet auch in jedem Blk. jede Gehre ein Df. ab, und nur die letzte Gehre erzeugt 2 Dfe. Da nun ein Blk. 3 Gehren weniger als Seiten hat, und die Theilung ein Df. mehr erzeugt, als es Gehren sind; so ist die Anzahl der Dfe. um 2 kleiner als die Anzahl der Seiten.

U m. Dies ergibt sich auch so: Außer der ersten und letzten Seite AB und AG liegt jede Seite des Blks. in einem besondern Df.; mithin sind es 2 Dfe. weniger als Seiten.

**XI.** Da die W. jedes Dfs.  $180^{\circ}$  betragen und die W. aller Dfe., in welche das Blk. durch die Gehren zerlegt ist, die W. des Blks selbst ausmachen; so muß man  $180^{\circ}$  mit der (unter X angegeben) Anzahl der Dfe. vervielfachen, um den Betrag sämtlicher W. des Blks. zu finden.

- 7) a. In jedem Vieleck ist die Anzahl der aus einer Winkel spitze möglichen Gehren um 3 kleiner als die Anzahl seiner Seiten.
- b. Die Anzahl der durch diese Gehren entstehenden Dfe. ist um 2 kleiner als die Anzahl der Vielekssseiten.

c. Der Betrag aller W. eines Blks. wird gefunden, wenn man  $180^{\circ}$  mit der Zahl vervielfacht, welche um 2 kleiner ist, als die Anzahl der Vielecksseiten.

Um. Bezeichnet n die Anzahl der Seiten eines Blks.; so ist die Anzahl der aus einer W. Spitze möglichen Gehren =  $n - 3$ , die Anzahl der dadurch entstehenden Dke. =  $n - 2$ , der Betrag aller W. des Blks. =  $(n - 2) \cdot 180^{\circ}$

Um. Der Betrag aller W. eines Blks. lässt sich auch auf folgende Weise finden. Aus einem beliebigen Punkte, z. B. fig. 46 im Siebenekk aus dem Punkte q ziehe man g. L. nach allen Wspitzen. Dadurch entstehen 7 Dke.; ihre W. sind zusammen =  $7 \cdot 180^{\circ}$ ; davon sind abzuzählen die W. um den Punkt q mit  $360^{\circ} = 2 \times 180^{\circ}$ , also erhält man alle W. des Siebenekks =  $7 \cdot 180^{\circ} - 2 \cdot 180^{\circ} 5 = 180^{\circ}$ .

### §. 29.

#### Bestimmung und Eindeutigkeit geradliniger Figuren.

Wenn alle W. und Seiten einer geradlinigen Figur (ihrer Größe nach festgesetzt, d. h.) bestimmt sind; so hat auch die Figur eine bestimmte Gestalt und Größe, d. h. es ist dann nur eine Figur möglich. — Es fragt sich nun, ob zur Bestimmung einer Figur die Bestimmung aller ihrer Stücke (Seiten und W.) erforderlich ist, oder ob schon eine gewisse Anzahl der Letzteren dazu hinreicht.

I. Es seien fig. 47 die Seiten AB, AC, BC des Df. ABC bestimmt. — Die Seite AB gibt 2 Punkte A und B; aus A und B gehen die Seiten AC und BC mit bestimmter Länge, bestimmen also den Punkt C (No. 1, a). Der Punkt C bestimmt mit den Punkten A und B die Richtung der Seiten AC und BC zur Seite AB und unter sich, und dadurch die W. A, B, C. Mithin ist das ganze Df. bestimmt.

II. Es seien die Seiten AB und AC mit dem W. A bestimmt. — Die Seite AB gibt 2 Punkte, A und B; der W. A bestimmt die Richtung von AC, und die Länge von AC gibt den Punkt C; die Punkte B und C

bestimmen die Größe von BC und ihre Richtung zu BA und CA, dadurch aber die W. B und C. Somit ist das ganze Df. bestimmt.

III. Es sei die Seite AB mit den W. A und B bestimmt. — Die Seite AB gibt wieder 2 Punkte A und B; der W. A bestimmt die Richtung von AC, und der W. B die Richtung von BC. Da nun die Schenkel AC und BC eine Zusammenrichtung haben, so müssen sie, genugsam verlängert, in einem Punkte C sich treffen. Dadurch ergibt sich die Länge der Seiten AC und BC nebst dem W. C; folglich ist das ganze Df. bestimmt.

Es sei die Seite AB mit den W. A und C bestimmt. — Die W. A und C bestimmen den W. B (No. 5, e.); dadurch ergibt sich der vorige Fall, und somit ist das Df. ABC ebenfalls völlig bestimmt.

IV. Es seien fig. 49 in dem rechtwinkligen Df. ABC die Kathete AB und die Hypotenuse BC bestimmt. — Die Kathete AB gibt die Punkte A und B; der rechte W. A gibt die Richtung der Kathete AC. Aus dem Punkte B geht die Hypotenuse BC mit bestimmter Länge, trifft deshalb die Kathete AC und bestimmt den Punkt C. Dadurch erhält man die Länge von AC nebst den W. B und C; folglich ist das ganze Df. bestimmt. — H. f.

8) Das Dreieck ist bestimmt:

- Durch seine drei Seiten;
- durch 2 Seiten mit dem eingeschlossenen W.;
- durch eine Seite mit 2 W. (den beiden anliegenden, oder einem anliegenden und einem gegenüberliegenden W.)
- Das rechtwinklige Df. ist durch die Hypotenuse und eine Kathete bestimmt.

V. Es sei fig. 47 und 48 in den Dken. ABC und DEF nun  $AB = DE$ ,  $AC = DF$ ,  $BC = EF$ . — Da ein Df. durch seine drei Seiten völlig bestimmt ist (No. 8 a), also die 3 bestimmten Seiten nur ein Df. von bestimmter Gestalt und Größe möglich machen; so kann das Df. DEF vom Df. ABC gar nicht verschieden, sondern nur eine Wiederholung des Letzteren sein,

und es ist daher auch  $\mathfrak{W}. A = \mathfrak{W}. D$ ,  $\mathfrak{W}. B = \mathfrak{W}. E$ ,  $\mathfrak{W}. C = \mathfrak{W}. F$ . (No. 2, c). Die gleich gefundenen  $\mathfrak{W}$ . liegen den gleich angenommenen Seiten gegenüber.

Dreiecke, in welchen alle Seiten und  $\mathfrak{W}$ . wechselweise gleich sind, heißen einerlei (identisch, kongruent). Ebenso heißen auch alle übrigen geradlinigen Figuren einerlei, wenn sie alle Seiten und  $\mathfrak{W}$ . in der gleichen Reihenfolge wechselweise gleich haben.

**VI.** Es sei in den nämlichen Dken.  $AB = DE$ ,  $AC = DF$ ,  $\mathfrak{W}. A = \mathfrak{W}. D$ . — Da nun jedes Df. durch die angegebenen 3 Stükke bestimmt ist (No. 8, b), so kann das Df. DEF nur eine Wiederholung des Dfs. ABC sein; es ist daher zunächst  $BC = EF$ , und deßhalb auch  $\mathfrak{W}. B = \mathfrak{W}. E$ , und  $\mathfrak{W}. C = \mathfrak{W}. F$  (§. 29. V.); folglich sind die Dke. ABC und DEF einerlei.

**VII.** Es sei ferner  $AB = DE$ ,  $\mathfrak{W}. A = \mathfrak{W}. D$ ,  $\mathfrak{W}. B = \mathfrak{W}. E$ . — Zunächst ist nun  $\mathfrak{W}. C = \mathfrak{W}. F$  (No. 5, f.). Dann ist jedes Df. durch die angenommenen 3 Stükke bestimmt (No. 8, c), also ist das Df. DEF eine Wiederholung des Dfs. ABC. Es wird aber in beiden Dkn. durch die gleich angenommenen Stükke das Seitenpaar AC und DF auf gleiche Weise bestimmt, also ist AC und DF. Aus gleichem Grunde ist  $BC = EF$ . Beide Dke. sind sonach einerlei, und dabei haben sich die Seiten als gleich ergeben, welche den gleich angenommenen  $\mathfrak{W}$ . gegenüber liegen.

Ist hingegen  $AB = DE$ ,  $\mathfrak{W}. A = \mathfrak{W}. D$ ,  $\mathfrak{W}. C = \mathfrak{W}. F$ ; so ergibt sich zunächst  $\mathfrak{W}. B = \mathfrak{W}. E$  (No. 5. f.), wonach wieder der vorige Fall eintritt, also wie vorhin die Dke. einerlei sind.

**VIII.** Fig. 49 und 50 in den rechtw. Dken. ABC und DEF sei  $AB = DE$ ,  $BC = EF$ . — Weil das rechtw. Df. durch die angenommenen Stükke bestimmt ist (No. 8, d), so ist das Df. DEF eine Wiederholung des Df. ADC; mithin ist zunächst  $AC = DF$ , und nun wegen der Gleichheit aller Seiten auch  $\mathfrak{W}. B = \mathfrak{W}. E$ , und  $\mathfrak{W}. C = \mathfrak{W}. F$ . Beide rechtw. Dke. sind folglich einerlei. —

**IX.** Man ziehe fig. 47 und 48 in den einerlei Dkn.

**ABC** und **DEF** die Senkrechten **CG** und **FH**. Es haben die rechtw. Dke. **ACG** und **DEG** nun **AC = DF**, **W. A = D**, und die rechten W. bei **G** und **H** gleich, sind also einerlei, daher **CG = FH**. H. f.

- 9) Dreiecke sind einerlei, wenn sie wechselweise gleich haben:
- alle drei Seiten,
  - zwei Seiten mit dem eingeschlossenen W.,
  - eine Seite mit den 2 entsprechenden W. (d. h. mit den beiden anliegenden W., oder einem anliegenden und einem gegenüberliegenden W.)
  - Rechtwinklige Dke. sind einerlei, wenn sie die Hypotenuse und eine Kathete wechselweise gleich haben.
  - Einerlei Dke. haben in Bezug auf die entsprechenden Seiten gleiche Höhe.

Unm. In diesen 4 Säzen hat sich jedes Mal aus der Gleichheit der 3 angenommenen Stücke die Gleichheit der 3 übrigen Stücke ergeben, und es wurde somit die Einerleiheit erwiesen. In der Anwendung dieser 4 Säze wird nunmehr immer aus der Gleichheit der 3 Bedingungsstücke auf die Einerleiheit der Dke. geschlossen, welche dann auch die Gleichheit der übrigen 3 Stücke einschließt. Dabei ist als Haupteigenschaft der Einerleiheit zu bemerken, daß den gleichen Seiten gleiche W., und den gleichen W. gleiche Seiten gegenüberliegen oder entsprechen.

X. Es seien fig. 51 in dem Trapezoid **ABCD** die 4 Seiten mit dem W. **A** bestimmt. — Die Seite **AD** gibt 2 Punkte **A** und **D**; der W. **A** bestimmt die Richtung von **AB**, und die Länge von **AB** den Punkt **B**. Aus **B** und **D** gehen die Seiten **BC** und **DC** mit bestimmter Länge, treffen sich also und bestimmen den Punkt **C**; dadurch erhält man die Richtung der Seiten **BC** und **DC** unter sich und zu den Seiten **AB** und **CD**, also die W. **B**, **C**, **D**; folglich ist das Trapezoid völlig bestimmt.

Unm. Die Seiten **BC** und **DC** bilden im W. einen hohlen W.; sie könnten aber mit ihrer nämlichen Länge auch einen erhabenen W. bilden. In einem einzelnen Falle, wo die zur Bestimmung des Ws. erforderlichen Stücke aufgenommen werden sollen, ist die Beschaffenheit der W. bekannt.

XI. Es seien die Seiten AB, AD, DC mit den W. A und D bestimmt. — Die Seite AD gibt die Punkte A und D; der W. A gibt die Richtung von AB, und die Länge von AB den Punkt B; der W. D gibt die Richtung von DC, und die Länge von DC den Punkt C; die Punkte B und C bestimmen die Länge und Richtung von BC; durch die Richtung von BC zu BA und CD ergeben sich die W. B und C; folglich ist das ganze Vlk. bestimmt.

XII. Es seien die Seiten AB und AD nebstden W. A, B, D bestimmt. — Die Seite AD gibt die Punkte A und D, der W. A die Richtung von AB und die Länge von AB den Punkt B; die W. B und D bestimmen die Richtung von BC und DC, diese müssen sich also in einem Punkte treffen, bestimmen so den Punkt C, und dadurch gegenseitig ihre Länge nebstdem W. C. Es ist folglich das ganze Vlk. bestimmt.

XIII. Es seien fig. 52 in dem Fünfekl ABCDE alle 5 Seiten nebstden W. A und B bestimmt. — Die Seite AB gibt die Punkte A und B; der W. A gibt die Richtung von AE, und die Länge von AE den Punkt E, der W. B die Richtung von BC und die Länge von BC den Punkt C. Aus den Punkten C und E gehen die Seiten CD und ED mit bestimmter Länge, treffen sich also und bestimmen den Punkt D; dadurch ergibt sich die Richtung der Seiten CD und ED, somit erhält man die W. C, D und E; folglich ist das ganze Fünfekl bestimmt.

XIV. Es seien die Seiten AE, AB, BC, CD nebstden W. A, B, C bestimmt. — Die Seite AB gibt die Punkte A und B; der W. A gibt die Richtung von AE, die Länge von AE den Punkt E; der W. B gibt die Richtung von BC und die Länge von BC den Punkt C; der W. C gibt die Richtung von CD und die Länge von CD den Punkt D; die Punkte D und E bestimmen die Länge und Richtung von DE, und Letztere führt zu den W. D und E; folglich ist das ganze Fünfekl bestimmt.

XV. Es seien die Seiten AB, AE, BC nebstden W. A, B, C, E bestimmt. — Die Seite AB gibt die

Punkte A und B; der W. A mit der Länge von AE führt zu dem Punkt E, der W. B mit der Länge von BC zu dem Punkt C. Die W. C und E geben die Richtung von CD und ED, die sich in D treffen; dadurch erhält man die Länge von CD und ED und den W. D; folglich ist das ganze Fünfeck bestimmt.

XVI. In X, XI, XII, so wie in XIII, XIV, XV wurden alle Punkte mit Ausnahme des letzten auf die nämliche Weise gefunden; der letzte Punkt aber ließ sich auf dreifachem Wege bestimmen. In dem Sechseck fig. 53 kann man ebenso durch die Seite AB die Punkte A und B, durch den W. A und die Länge von AF den Punkt F, durch den W. B und die Länge von BC den Punkt C, durch den W. C und die Länge von CD den Punkt D finden. So weit bedurfte es der 4 Seiten AF, AB, BC, CD und der 3 W. A, B, C. Nun bleibt noch der letzte Punkt E zu bestimmen. Dieser ergibt sich entweder durch die Länge der von D und F ausgehenden und sich treffenden Seiten DE und FE, wodurch man zugleich die W. D, E, F erhält; oder durch den W. D und die Länge von DE, womit man zugleich die Seite EF und die W. E und F erhält; oder durch die W. D und F, deren obere Schenkel in E sich treffen, wodurch man zugleich die Seiten DE und FE nebst dem W. E erhält. —

- 10) a. Das Vkt. ist bestimmt durch 4 Seiten und 1 W., oder durch 3 Seiten mit den 2 eingeschlossenen W., oder durch 2 aneinander liegende Seiten mit dem eingeschlossenen und den 2 anliegenden W.
- b. Das Fl. ist bestimmt durch 5 S. und 2 an einer Seite liegende W., oder durch 4 S. mit den 3 eingeschlossenen W., oder durch 3 an einander liegende S. mit den 2 eingeschlossenen und 2 anliegenden W.
- c. Das Sechseck ist bestimmt durch 6 S. mit 3 auf einander folgenden W., oder durch 5 S. mit den 4 eingeschlossenen W., oder durch 4 an einander liegende S. mit den 3 eingeschlossenen und 2 anliegenden W.

1. Unm. Aus Obigem, namentlich aus der Darlegung in XVI ergibt sich, wie zur Bestimmung jedes Wielekks alle seine Stücke mit Ausnahme von drei erforderlich sind. Diese 3 Stücke sind: 3 auf einander folgende W., oder 1 Seite mit den 2 anliegenden W., oder 2 S. mit dem eingeschlossenen W.

2. Unm. Wie die zur Bestimmung des Oks. erforderlichen Stücke die Einheitlichkeit (Identität, Kongruenz) der Oke. bedingen; so lässt sich leicht nachweisen, daß auch die zur Bestimmung der übrigen geradlinigen Figuren erforderlichen Stücke die Einheitlichkeit derselben bedingen.

3. Unm. Aus den allgemeinen Sätzen kann der Schüler leicht auffinden, welche Stücke die besonderen Oke. und Uke. bestimmen.

Unter die Bestimmungsstücke der in No. 10 angegebenen Figuren lassen sich statt der W. auch Gehren aufnehmen.

XVII. Man kann in dem Uf. fig. 42 durch die Seite AD die Punkte A und D, durch die Gehr AC und die Seite DC den Punkt C (No. 1, a), durch die Seiten AB und CB den Punkt B bestimmen.

Oder die Punkte A, D, C ergeben sich in fig. 54 wie vorher, und man bestimmt den Punkt B durch die Seite AB und die Gehr DB.

XVIII. In dem Uf. fig. 43 kann man durch die Seite AE die Punkte A und E, durch AD und ED den Punkt D, durch AC und DC den Punkt C, durch AB und CB den Punkt B bestimmen.

Oder fig. 55. der Punkt C lässt sich durch die Gehren AC und EC bestimmen. Alles Uebrige bleibt wie vorher.

Oder der Punkt B wird fig. 56 durch AB und EB bestimmt. Im Uebrigen bleibt das vorige Verfahren unverändert.

XIX. Im Sechseck fig. 44 gibt AF die Punkte A und F. Dann bestimmt man den Punkt E durch AE und FE, den Punkt D durch AD und ED, den Punkt C durch AC und DC, den Punkt B durch AB und CB.

Es lässt sich auch der Punkt D durch AD und FD, der Punkt C durch AC und FC, der Punkt B durch AB und FB bestimmen. — H. f.

- 11) a. Das Bl. ist bestimmt durch 4 S. und 1 Gehre,  
oder durch 3 S. und 2 Gehren.  
b. Das Ff. ist bestimmt durch 5 S. und 2 G.  
oder durch 4 S. und 3 G., oder durch 3  
an einander liegende S. und 4 G.  
c. Das Sechseck ist bestimmt durch 6 S. und  
3 G., oder durch 5 S. und 4 G., oder  
durch 4 an einander liegende S. und 5 G.

1. Unm. Die Wahl der Gehren ist nicht willkürlich, sondern muß so geschehen, daß sie mit Hilfe der Seiten alle Winkelpunkte der Figur bestimmen. Außer den Endpunkten der ersten Seite sind für jeden der übrigen Punkte 2 Linien erforderlich. Es wäre z. B. das Ff. fig. 55 nicht bestimmt, wenn neben den andern obigen Stücken statt AD die G. BD gegeben wäre; denn der Punkt D ließe sich nicht finden.

2. Unm. Die Schüler zeichnen Dke., Blke., u. s. w. im 1000fach oder 10000fach u. s. w. verkleinerten Maßstabe, wozu ihnen die Bestimmungsstücke in bestimmter Größe angegeben werden.

**XX.** Vermittelst der nach Lsz. 8, 10 und 11 erforderlichen Stücke, die gemessen werden müssen, lassen sich geradlinige Ebenen im verjüngten Maßstabe abbilden. Soll aber eine Ebene von unregelmäßiger Form wie fig. 57 abgebildet werden; so untersuche man zuerst, welche geradlinige Figur ihr am nächsten kommt. Hier ist es das Fünfek. Dieses wird nun zunächst bestimmt. Hierauf betrachtet man die Seiten des Ffs. als Abscissenlinien (§. 25) und mißt die Abscissen A 1, A 2, A 3, ... mit ihren Ordinaten a 1, b 2, c 3 u. s. w., um in hinreichender Zahl solche Punkte zu erhalten, durch welche die Gestalt der Ebene sich bestimmen läßt.

**XXI.** Ein erlei Figuren heißen symmetrisch, wenn ihre einander entsprechenden Punkte nicht auf der nämlichen, sondern auf der entgegengesetzten Seite (also nicht links oder rechts zugleich, sondern je links und rechts) liegen. So wären die Dke. fig. 47 und 48 symmetrisch, wenn der Punkt D nicht links wie A, sondern rechts von E läge.

## §. 30.

## Besondere Eigenschaften der Dreiecke.

I. In fig. 58 sei LMP ein gleichschenkliges Df., und und zwar  $ML = MP$ ; wie sind die W. L und P beschaffen? — Man ziehe als Hilfslinie die Gerade MO in die Mitte von LP. In den Dcken. LMO und PMO ist dann  $LM = MP$ ,  $LO = OP$ ,  $MO = MO$ , also sind sie einerlei (No. 9, a), folglich  $W. L = W. P$ . — Da beide W. zusammen weniger als  $180^{\circ}$  betragen (No. 5, b), so ist jeder kleiner als  $90^{\circ}$ , also ein spitzer W.

Anm. Die Gleichheit der S. LM und PM bedingt die Gleichheit der W. L und P; oder die Gleichheit der S. LM und PM ist der Grund (die Annahme), und die Gleichheit der W. L und M ist die dahерige Folge. Diese Folge hat aber keinen andern Grund, folglich lässt sich aus der Folge auch wieder der Grund erkennen; oder wo die Folge vorkommt, da muß auch der Grund als vorhanden vorausgesetzt werden. — Aus dem Steigen oder Fallen des Barometers (als Folge) schließt man auf eine Veränderung in der Luft (als Grund). Hierauf gründet sich das Folgende.

Es sei umgekehrt von dem Df. LMP bloß angenommen, daß  $W. L = W. P$  ist. — Dies kann nur daher röhren, (oder nur die Folge von dem Grunde sein) daß  $LM = PM$  ist.

II. Im gleichseitigen Df. müssen daher (nach I). auch alle W. gleich sein; und da sie zusammen  $180^{\circ}$  betragen, so ist jeder derselben  $= 60^{\circ}$ .

Hat aber umgekehrt ein Df. 3 gleiche W., so müssen (nach II). auch seine Seiten gleich sein.

III. Im gleichschenklig - rechtwinkligen Df. müssen (wegen I). auch die beiden W. an der Hypotenuse einander gleich sein. Da sie aber zusammen  $90^{\circ}$  ausmachen (No. 5, c), so beträgt jeder derselben  $45^{\circ}$ . — H. f.

12) a. Sind 2 S. eines Dfs. gleich, so liegen ihnen gleiche spitze W. gegenüber, oder an der Grundlinie des gleichschenkligen Dfs. liegen gleiche spitze W. — Umgekehrt gleichen W. eines Dfs. liegen gleiche Seiten gegenüber.

b. Jeder W. des gleichseitigen Dfs. beträgt  $60^{\circ}$ ;

und umgekehrt ein gleichwinkliges Df. ist auch gleichseitig.

c. Jeder W. an der Hypotenuse des gleichschenklig-rechtwinkligen Dfs. beträgt  $45^\circ$ .

IV. In dem gleichschenkligen Df. ABC fig. 59 gehe aus dem Scheitel B die Gerade BD senkrecht zur Grundlinie AC. — Die rechtwinkligen Dte. ABD und CBD haben nun  $AB = BC$  und  $BD = BD$ , sind also einerlei (No. 9, d), daher ist  $AD = CD$ , und W. o = W. p.

Umgekehrt werde die Grundlinie AC von der Geraden BD halbiert. Dies kann nur eine Folge davon sein, daß BD zu AC senkrecht ist; dann muß aber auch wieder wie vorhin W. o = W. p sein.

Es halbire BD den W. B, oder es sei W. o = W. p. — Dies kann ebenfalls nur eine Folge davon sein, daß BD zu AC senkrecht ist; dann muß aber auch wieder wie oben  $AD = CD$  sein. — H. f.

13) a. Geht im gleichschenkligen Df. eine Senkrechte aus dem Scheitel auf die Grundlinie; so halbiert sie dieselbe und den W. am Scheitelpunkt.

b. Halbiert im gleichschenkligen Df. eine Gerade vom Scheitel aus die Grundlinie; so ist sie senkrecht zu derselben und halbiert auch den W. am Scheitelpunkt.

c. Halbiert eine Gerade den W. am Scheitel des gleichschenkligen Dfs; so ist sie senkrecht zur Grundlinie und halbiert dieselbe.

Anm. Die Beweise für die Sätze unter b und c können auch unmittelbar auf ähnliche Weise wie für den Satz a geführt werden. Die Schüler mögen diese Beweise auffinden. —

V. Im rechtwinkligen Df. fig. 60 theile die Gerade EL den rechten W. so, daß W. m = W. F und W. n = W. H ist. — Im Df. EIL ist dann  $EL = FL$  und im Df. ELH ebenso  $EL = LH$  (No. 12, a), folglich ist  $FL = LH$ ; also ist FH in L halbiert, und  $EL = \frac{1}{2} FH$ .

VI. Die Gerade EL halbire nun umgekehrt die Hypotenuse FH. Dies kann aber (nach V) nur statt finden, wenn EL den rechten W. E so theilt, daß W. m = W. F, und W. n = W. H ist. Theilt aber EL in dieser Weise den W. E, so muß auch  $EL = \frac{1}{2} FH$  sein (nach V).

VII. Es sei vom Df. EFH keine weitere Eigenschaft bekannt, als daß EL aus der Mitte der Seite FH nach E gehe, und daß zugleich  $EL = \frac{1}{2} FH$  sei. — Da nun  $EL = FL$ , und  $EL = FH$ , so ist  $\mathfrak{W. m} = \mathfrak{W. F}$ , und  $\mathfrak{W. n} = \mathfrak{W. H}$  (No. 12, a), daher  $m + n = F + H$ , oder  $E = F + H$ , also  $E = 90^\circ$ .

VIII. In dem rechtwinkl. Df. ABC fig. 61 sei der  $\mathfrak{W. C} = 30^\circ$ . — Man ziehe aus dem rechten  $\mathfrak{W. A}$  die Hilfslinie AD in die Mitte der Hyp. BC. Weil  $\mathfrak{W. C} = 30^\circ$ , so ist  $\mathfrak{W. B} = 60^\circ$ ; und weil  $AD = BD$  (oben VI oder No. 14 b), so ist  $\mathfrak{W. u} = \mathfrak{W. B}$ , also auch  $u = 60^\circ$ , es ist daher im Df. ABD auch der 3te  $\mathfrak{W. x} = 60^\circ$ , folglich  $AB = BD = \frac{1}{2} BC$ .

IX. Ist umgekehrt im Df. ABC die Kathete  $BC = \frac{1}{2} BC$ ; so muß dies die Folge davon sein, daß der ihr gegenüberliegende  $\mathfrak{W. C} = 30^\circ$  ist. — H. f.

- 14) a. Wenn im rechtw. Df. eine Gerade den rechten  $\mathfrak{W.}$  so teilt, daß jeder Theil dem andern an der nämlichen Kathete liegenden  $\mathfrak{W.}$  gleich ist; so halbt sie die Hypot. und ist halb so groß als dieselbe.
- b. Wenn im rechtw. Df. eine Gerade aus dem rechten  $\mathfrak{W.}$  die Hypot. halbt; so ist sie halb so groß als dieselbe.
- c. Wenn eine Gerade aus einem Dreiecksw. die gegenüberliegende Seite halbt und halb so groß ist als dieselbe; so ist jener  $\mathfrak{W.} = 90^\circ$ .
- d. Beträgt ein  $\mathfrak{W.}$  an der Hyp.  $30^\circ$ ; so ist die ihm gegenüberstehende Kathete der halben Hypotenuse gleich.
- e. Ist eine Kathete halb so groß als die Hyp., so beträgt der ihr gegenüberliegende  $\mathfrak{W.} = 30^\circ$ .

X. In fig. 62 gehen im gleichseitigen Df. ABC aus den  $\mathfrak{W. A}$  und  $B$  die Senkrechten AD und BE nach den Seiten BC und AC; sie durchschneiden sich im Punkte G; geht nun eine 3te Senkrechte aus C nach AB ebenfalls durch G? Man ziehe zunächst aus C durch G die Gerade CF. Die Seiten AC und BC sind gleich und werden von BE und AD halbt (No. 13, a), also ist  $CE = CD$ ;

und weil  $CG = CG$ , so sind die rechtwinkl. Dke. CEG und CDG einerlei (No. 9, d), mithin ist  $GE = GD$ , und  $W. m = W. n$ , somit CF senkrecht zu AB (No. 13, c). Die Richtung der Senkrechten aus C ist durch den Punkt G bestimmt; wenn also aus C eine Senkrechte nach AB gehen soll, so muß sie auch immer durch den Punkt G gehen. Somit durchschneiden sich die 3 Senkrechten aus A, B und C in einem Punkte.

XI. Ferner sind die rechtwinkl. Dke. AGE und AGF einerlei, weil  $AG = AF$  und  $AG = AG$  (No. 9, d), also ist  $GE = GF$ ; weil aber (aus X) auch  $GD = GE$ , so ist  $GD = GE = GF$ , und somit ist G der Mittelpunkt der Dksseiten. — Weiter sind die W. A, B, C gleich (No. 12, b) und werden von den Senkrechten halbiert (No. 13, a), also sind ihre Hälften gleich, nämlich o = m und p = u, mithin ist  $GA = GC$ , und  $GA = GB$  (12, a), daher  $GA = GB = GC$ , demnach ist G der Mittelpunkt der Winkel spitzen.

Da nun G der Mittelpunkt der Seiten und Winkel spitzen ist, heißt er Mittelpunkt des ganzen Dks. Die Geraden GD, GE, GF als gleiche Abstände des Mittelpunkts von den Seiten heißen Seitenhalbmesse r; die Geraden GA, GB, GC als gleiche Abstände des Mittelpunkts von den Winkel spitzen heißen Winkelhalb messe r.

XII. Endlich ist  $W. A = 60^\circ$  (No. 12, b), daher seine Hälfte o =  $30^\circ$ ; im rechtw. Dk. AEG ist also  $EG = \frac{1}{2} AG$  (No. 14, d); es ist aber  $AG = BG$ , folglich auch  $EG = \frac{1}{2} BG$ . Denkt man sich nun BG in 2 gleiche Theile getheilt, so erhält BE dadurch 3 gleiche Theile, und es ist dann  $EG = \frac{1}{3} BE$ , und  $BG = \frac{2}{3} BE$ . — H. f.

- 15) a. Wenn aus den W. des gleichseitigen Dks. Senkrechte auf die gegenüberliegenden Seiten gefällt werden, so durchschneiden sie sich in einem Punkte.
- b. Der Durchschnittspunkt jener 3 Senkrechten ist der Mittelpunkt des gleichseitigen Dks.
- c. Der Seitenhalbmesse r des gleichseitigen Dks. beträgt ein Drittel, und der Winkelhalbmesse r zwei Drittel der ganzen Dkhöhe.

XIII. Da sich in einem Df. gleiche Seiten und W. gegenseitig bedingen (No. 12); so fragt es sich, wie sich die Seiten und W. im ungleichseitigen Df. verhalten.

Es sei fig. 63 das Df. ABC ungleichseitig und zwar  $BC > AB$ . — Man schneide von BC ein Stück  $BD = AB$  ab und ziehe AD; dann ist  $W. u = W. x + W. C$  (No. 5, a); es ist aber  $W. u = W. m$  (No. 12, a), also auch  $W. m = W. x + W. C$ , mithin  $m > C$ , um so mehr ist  $m + x > C$ , od.  $W. A > W. C$ .

Es sei umgekehrt  $W. A > C$ . — Dies kann nur eine Folge davon sein, daß  $BC > AB$  ist. Wenn also  $W. A > W. C$  ist, so muß als Grund vorausgesetzt werden, daß  $BC > AB$  ist.

XIV. Der größte W. eines Df. ist ein stumpfer (No. 5, d), ihm liegt also auch die größte Seite gegenüber.

XV. Im rechtwinkl. Df. ist der rechte W. der größte (No. 5, d); also liegt ihm auch die größte Seite gegenüber, nämlich die Hypotenuse.

XVI. Geht daher fig. 64 aus dem Punkte A die Senkrechte AB nebstden Schiefen AC und AD auf die Gerade CD; so sind die Schiefen AC und AD als Hypotenusen größer als AB, oder es ist AB die kleinste von allen Linien, welche aus A nach CD gehen können.

XVII. Es kann aber nur eine der Geraden, die aus A nach CD gehen, die kleinste sein; da nun die Senkrechte AB eben diese kleinste ist, so ist auch aus A auf CD nur eine Senkrechte möglich.

XVIII. Es sei endlich fig. 64 ABC ein Df. ohne besondere Eigenschaften. Man verlängere AB, mache die Verlängerung  $BD = BC$  und ziehe CD. Nun ist  $W. D = W. u$  (No. 12, a), also  $u + x$  oder  $W. C > W. D$ , also im Df. ADC auch  $AD > AC$  (oben XIII), oder  $AB + BD > AC$ ; weil aber  $BD = BC$ , so ist auch  $AB + BC > AC$ . H. f.

16) a. Der größern Seite eines Df. liegt der größere, der kleineren auch der kleinere W. gegenüber, und umgekehrt.

- b. Dem stumpfen W. eines Df. entspricht die größte Seite desselben.
- c. Die Hypotenuse ist die größte Seite des rechtwinkl. Df.
- d. Die Senkrechte ist die kleinste unter allen Geraden, welche aus einem Punkte nach einer Geraden gehen.
- e. Von einem Punkte außerhalb einer Geraden ist nach derselben nur eine Senkrechte möglich.
- f. Zwei Seiten eines Dfs. sind zusammen immer größer als die dritte Seite.

Um. Der Schüler soll zur Uebung statt der Seiten BC fig. 63 und AB fig. 65 auch andere Seiten für die Beweisführung wählen.

### §. 31.

#### Besondere Eigenschaften der Vierecke.

I. Es sei fig. 66 das Vf. ABCD ein Parallelogramm. Man ziehe AC. Die Dke. ABC und ACD haben nun  $AC = AC$ ,  $m = u$ ,  $n = q$  (No. 4, a), sind also einerlei (No. 9, c), daher ist  $AB = CD$ ,  $AD = BC$ ,  $\text{W. } B = \text{W. } D$ ; ferner ist  $m + n = q + u$  oder  $\text{W. } A = \text{W. } C$ .

II. Es sei umgekehrt im Vf. ABCD fig. 66 nun  $\text{W. } A = \text{W. } C$ , und  $\text{W. } B = \text{W. } D$ . — Dann ist  $A + B = C + D$ ; da aber alle 4 W. des Vfs.  $360^\circ$  betragen, so muß  $A + B$ , so wie  $C + D = 180^\circ$  sein; somit ist  $AD \# BC$ . — Ebenso ist  $A + D = B + C = 180^\circ$ , also  $AB \# CD$  (No. 4, b). Mithin ist das Vf. ABCD ein Parallelogramm.

III. Es sei ferner  $AB = CD$ , und  $AD = BC$ . — Man ziehe AC. Nun sind die Dke. ABC und ACD einerei (No. 9, a), also  $m = u$ , und  $n = q$ , mithin  $AB \# CD$ , und  $AD \# BC$ , folglich das Vf. ABCD ein Parallelogramm.

IV. In dem Vf. ABCD fig. 66 sei endlich  $AB =$  und  $\# CD$ . — Man ziehe AC. Die Dke. ABC und ACD haben nun  $AB = CD$ ,  $AC = AC$ ,  $m = u$ , sind also einerlei (No. 9, b), daher  $AD = BC$ , und

$n = q$ , deshalb auch  $AD \neq BC$ , und also das  $\text{Vf. } ABCD$  ein Parallelogramm.

V. Man ziehe fig. 66 in dem Parallelogramm  $ABCD$  die Gehren  $AC$  und  $BD$ . — Die  $\text{Dke. } ADG$  und  $BCG$  haben dann  $AD = BC$ ,  $n = q$ ,  $x = p$ , sind also einerlei, daher ist  $AG = CG$ , und  $BG = DG$ . — Ebenso sind die  $\text{Dke. } ABG$  und  $CDG$  einerlei. — H. f.

- 17) a. Eine Gehre theilt das Parallelogramm in 2 einerlei  $\text{Dke.}$ ;  
 b. die einander gegenüber liegenden Seiten und  $\text{W.}$  desselben sind gleich, oder: parallele Linien zwischen parallelen Linien sind gleich.  
 c. Wenn die einander gegenüberliegenden  $\text{W.}$  eines  $\text{Vfs.}$  gleich sind, so ist dasselbe ein Parallelogramm.  
 d. Wenn die einander gegenüberliegenden Seiten eines  $\text{Vfs.}$  gleich sind, so ist dasselbe ein Parallelogramm, oder: gleiche Linien zwischen gleichen Linien sind parallel.  
 e. Wenn zwei Seiten eines  $\text{Vfs.}$  parallel und gleich sind, so ist dasselbe ein Parallelogramm, oder: Linien zwischen gleichen Parallelen sind selbst parallel und gleich.  
 f. Die Gehren theilen das Parallelogramm in 4  $\text{Dke.}$ , deren je 2 an den Parallelen einerlei sind, und halbiren sich in ihrem Durchschnittspunkte.

VI. Es sei fig. 67 das  $\text{Vf. } MNOP$  ein Rechteck. — Weil dasselbe lauter rechte  $\text{W.}$  hat, so ist auch  $\text{W. } M = \text{W. } O$  und  $\text{W. } N = \text{W. } P$ , folglich ist dasselbe ein Parallelogramm. (No. 17, c).

Man ziehe nun die Gehren  $MO$  und  $NP$ . Dieselben halbiren sich (No. 17, f.); im rechtwinkl.  $\text{Df. } MNP$  geht also die Gerade  $MG$  aus  $G$  nach der Mitte der Hypotenuse  $NP$  (No. 14, b), daher ist die halbe Gehre  $MG = NG = PG$ , folglich sind auch die ganzen Gehren  $MO$  und  $NP$  gleich.

Anm. Ein anderer Beweis für  $MO = NP$  ist: die rechtwinkl.  $\text{Dke. } MNP$  und  $MOP$  haben  $MP = MP$ ,  $MN = PO$ ,  $\text{W. } M = \text{W. } P$ , sind also einerlei, daher  $MO = NP$ .

VII. Das Bf. DEFG fig. 68 sei eine Raute. — Wegen der Gleichheit aller Seiten ist auch  $GF = DE$ , und  $GD = FE$ , mithin die Raute ein Parallelogramm (No. 17, d).

Man ziehe nun beide Gehren. Dann haben die entstandenen 4 Dke. alle Seiten wechselweise gleich (No. 17, f), sind mithin einerlei, also sind die 4 W. bei H gleich und jeder derselben ist  $= 90^\circ$ ; dann sind die W. a, b, m, n, gleich, also die W. G und E halbirt; ebenso sind die W. o, u, x, y gleich, also die W. D und F halbirt.

Denkt man sich aus H Senkrechte auf die Seiten der Raute, so sind sie als Höhen von einerlei Dkn. ebenfalls gleich (No. 9, e).

VIII. Das Bf. ABCD fig. 69 sei ein Quadrat. — Da dasselbe lauter gleiche W. und Seiten hat, so ist es ein Rechteck und eine Raute zugleich, hat also auch alle Eigenschaften dieser beiden Figuren. — Zieht man die Senkrechte FG, so halbirt sie AB (No. 13, a), daher ist  $FG = \frac{1}{2} AB$  (No. 14, b). — H. f.

18) a. Das Rechteck ist ein Parallelogramm mit gleichen Gehren; ihr Durchschnittspunkt ist der Mittelpunkt der Winkel spitzen.

b. Die Raute ist ein Parallelogramm; 2 Gehren teilen sie in 4 einerlei Dke., durchschneiden sich senkrecht und halbiren ihre W., der Durchschnittspunkt der Gehren ist der Mittelpunkt der Seiten.

c. Das Quadrat hat gleiche Gehren, die sich senkrecht durchschneiden und seine W. halbiren; ihr Durchschnittspunkt ist der Mittelpunkt des Quadrats; der Abstand dieses Mittelpunktes von einer Seite ist der halben Seite gleich.

IX. Die Bke. fig. 70 und 71 seien Halbrauten, und zwar sei  $AB = AD$ , und  $BC = CD$ . Man ziehe die Gehre AC. Sind nun AB und AD größer als BC und CD, so ist in den Dkn. ABC und ACD deshalb  $u > m$ , und  $x > n$ , also  $u + x > m + n$ , oder W. C  $>$  W. A.

Die Dke. ABC und ACD haben alle Seiten gleich,  
Schulblätter. I. 1841.

sind also einerlei, mithin ist  $\mathfrak{W}. B = \mathfrak{W}. D$ ,  $m = n$ ,  $u = x$ , also sind die  $\mathfrak{W}. A$  und  $C$  halbirt.

Man ziehe noch die Gehre  $BD$ . Da nun  $AG$  (oder  $AC$ ) den  $\mathfrak{W}. A$  halbirt, so ist  $AG$  senkrecht zu  $BD$  und halbirt  $BD$  (No. 13, c). H. f.

- 19) a. In einer Halbraute ist der  $\mathfrak{W}$ . zwischen den kleineren Seiten größer als der  $\mathfrak{W}$ . zwischen den größeren Seiten; die  $\mathfrak{W}$ . zwischen den ungleichen Seiten derselben sind gleich.
- b. Die Gehre, welche durch die ungleichen  $\mathfrak{W}$ . geht, halbirt dieselben und die andere Gehre.
- c. Beide Gehren durchschneiden sich senkrecht.

X. Es sei endlich fig. 71 das  $\mathfrak{B}f. ABCD$  ein Trapez, und zwar  $AD \# BC$ . Aus der Mitte  $E$  von  $AB$  gehe die Gerade  $EF \# AD$  und  $BC$  nach  $CD$ ; halbirt sie auch  $CD$ ? — Man verlängere  $BC$  und ziehe durch den Treppunkt  $F$  die Gerade  $GH \# AB$ . Nun ist  $GF = AE$  (No. 17, a),  $AE = EB$  nach der Annahme, und  $EB = HF$  (No. 17, a), mithin  $GF = HF$ ; weil auch  $\mathfrak{W}. D = \mathfrak{W}. u$ , und  $\mathfrak{W}. x = \mathfrak{W}. H$  (No. 4, a), so sind die  $\mathfrak{D}ke. DFG$  und  $CFH$  einerlei, also  $DF = CF$ .

XI. Wenn aber umgekehrt die Gerade  $EF$  aus der Mitte  $E$  nach der Mitte  $F$  geht, so kann letzteres nur eine Folge der vorigen Bedingung sein, daß auch wieder  $EF \# AD$  und  $BC$  ist.

U. n. m. Dies läßt sich auch direkt beweisen. Der Schüler soll es versuchen.

XII. Es ist  $EF = AG$  und  $EF = BH$ . Nun ist  $BH = BC + CH$ , aber weil wegen der vorhin (bei X) bewiesenen Einerleiheit der  $\mathfrak{D}ke. DGF$  und  $CHF$  auch  $CH = DG$ , so ist  $BH = BC + DG$ , mithin ebenfalls  $EF = BC + DG$ . Zählt man hiezu noch  $EF = AG$ , so wird  $2EF = BC + DG + AG = BC + AD$ , folglich  $EF = \frac{1}{2} \times (AD + BC)$ . — Die Gerade  $EF$  heißt die mittlere Breite des Trapezes.

U. n. m. Dies läßt sich auch beweisen, wenn man durch  $E$  und  $F$  Senkrechte zu  $AD$  und  $BC$  zieht. Der Schüler versuche es. — H. f.

- 20) a. Wenn eine Gerade die eine Nichtparallele des Trapezes halbirt und mit den Parallelen des-

selben gleichlaufend ist; so halbirt sie auch die andere Nichtparallele.

- b. Wenn eine Gerade die beiden Nichtparallelen des Trapezes halbirt, so ist sie mit dessen Parallelen gleichlaufend.
- c. Die mittlere Breite des Trapezes ist der halben Summe seiner beiden Parallelen gleich.

### §. 32.

#### Ordentliche Vielecke.

I. Es sei BCDEF fig. 73 ein ordentliches Fünfeck und BCDEFG fig. 74 ein ordentliches Sechseck. — Man halbire die W. B und C, verlängere die Halbierungslien bis zum Treppunkt A und ziehe AD, AE, AF, AG. — Da die W. B und C gleich und halbirt sind, so ist  $a = b$ , also  $AB = AC$ . Die Dke. ACD und ACB haben  $AC = AC$ ,  $CD = CB$ ,  $c = b$ , sind also einerlei, mithin ist  $AD = AB$ ; da aber  $AB = AC$ , so ist auch  $AD = AC$ , also  $d = c$ . Es ist aber W. D = W. C, und  $c = \frac{1}{2}W. C$ , somit auch  $d = \frac{1}{2}W. D = e$ . — Die Dke. ADE und ADC haben  $AD = AD$ ,  $DE = DC$ ,  $e = d$ , sind also einerlei, mithin ist  $AE = AC$ ; da aber  $AC = AD$ , so ist auch  $AE = AD$ , also  $f = e$ . Es ist aber W. E = W. D, und  $e = \frac{1}{2}W. D$ , somit auch  $f = \frac{1}{2}W. E = g$ . — Auf gleiche Weise ergibt sich die Einerleiheit der Dke. AEF und AED, daraus  $AF = AD = AE$ , und  $h = i$ ; ferner fig. 74 die Einerleiheit der Dke. AFG und AFE, daraus  $AG = AE = AF$ , und  $m = n$ . Es sind sonach die sämtlichen W. der beiden Vielecke halbirt.

Da nun das erste Dk. mit dem 2ten, dieses mit dem 3ten u. s. w. einerlei ist, so sind die sämtlichen Dke. einerlei; daher sind auch alle W. bei A gleich, so wie alle Geraden aus A oder Winkelhalbmeßr.

Zieht (oder denkt) man aus A Senkrechte auf die Vielekksseiten, so sind sie als Höhen von einerlei Dken. ebenfalls gleich (No. 9, e) und heißen deshalb Seitenhalbmeßr. Sie halbiren die W. bei A (No. 13, a). Da nun der Punkt A theils von den Winkel spitzen, theils von den Seiten gleich weit

absteht, so ist er der Mittelpunkt des Vielecks. Die W. um A herum heißen Mittelpunktsw., und die W. B, C, D u. s. w. im Gegensatz von jenen Umfangsw.

**II.** Ferner ist  $a + b + x = 180^\circ$ . Allein  $a + b$  machen zusammen einen ganzen Umfangsw. aus, daher ist W. B + x oder W. C + x =  $180^\circ$ .

Das bisher Bewiesene bleibt sich auch bei allen übrigen ordentlichen Vielecken gleich, gilt daher auch für dieselben.

**III.** In fig. 73 sind alle W. um A =  $360^\circ$ , also  $x = \frac{1}{5} \times 360^\circ = 72^\circ$ ; darum ist W. B =  $180^\circ - 72^\circ = 108^\circ$ . — Oder: Alle Umfangsw. des Fks. sind zusammen =  $3 \cdot 180^\circ$  (No. 7, c), also z. B. W. B =  $\frac{1}{5} \times 3 \cdot 180^\circ = 108^\circ$ .

**IV.** In fig. 74 sind alle W. um A =  $360^\circ$ , also  $x = \frac{1}{6} \times 360^\circ = 60^\circ$ ; daher ist W. B =  $180^\circ - 60^\circ = 120^\circ$ . — Oder: alle Umfangsw. des Sechsecks sind zusammen =  $4 \times 180^\circ$  (No. 7, c), also W. B =  $\frac{1}{6} \times 4 \cdot 180^\circ = 120^\circ$ .

In dem  $\triangle ABC$  ist  $x = 60^\circ$ , und  $a = b = \frac{1}{2} \cdot 120^\circ = 60^\circ$ ; also ist AB oder AC = BC (No. 12, b). H. f.

- 21) a. Wenn man 2 auf einander folgende W. eines ordentlichen Blks. halbiert und die Halbierungslinien genügsam verlängert, so ist ihr Treffpunkt der Mittelpunkt des ordentlichen Blks.
  - b. Die Winkelhalbierer halbieren die Umfangsw. des ordentlichen Blks. und teilen dasselbe in lauter einerlei  $\angle$ ke.
  - c. Die Mittelpunktsw. sind gleich und werden von den Seitenhalbierern halbiert.
  - d. Der Mittelpunktsw. und der Umfangsw. jedes ordentlichen Blks. betragen zusammen  $180^\circ$ .
  - e. Im ordentlichen Fk. beträgt der Mittelpunktsw.  $72^\circ$  und der Umfangsw.  $108^\circ$ .
  - f. Im ordentlichen Sechseck beträgt der Mittelpunktsw.  $60^\circ$  und der Umfangsw.  $120^\circ$ ; und der Winkelhalbierer ist der Seite gleich.
1. Anm. Sieht man fig. 73 den Seitenhalbierer AM, so sind

die W.  $x + CAD + DAM = 72^\circ + 72^\circ + 36^\circ = 180^\circ$ , also sind AB und AM eine Gerade BM (No. 3, c); also je ein Winkel- und Seitenhalbmeßter, die einander gerade entgegengesetzt sind, bilden eine Gerade; dieselbe heißt Durchmeßter. Der Durchmeßter BM teilt das ordentliche Fl. in 2 Blk. BCDM und BFEM, welche alle Seiten und W. wechselweise gleich haben, also einerlei sind.

In fig. 74 sind aus gleichem Grunde AB und AE eine Gerade BE; also 2 einander entgegengesetzte W. Halbmesser bilden eine Gerade, und dieselbe heißt Winkeldurchmeßter. Dieser teilt das ordentliche Sechseck in einerlei Hälften, welche Trapeze sind; denn  $x = c = i = 60^\circ$ , also  $BE \perp CD$  und  $FG$ . —

Ebenso bilden auch je zwei entgegengesetzte Seitenhalbmeßter, wie AH und AL eine Gerade, welche daher Seiten durchmeßter heißt. HL teilt das Sechseck in einerlei Hälften, welche Flk. sind.

2. Unm. Wie das Fünfsekt, so hat jedes ordentliche Blk. von ungerader Seitenzahl so viele Durchmeßter als Seiten. Jeder Durchmeßter besteht aus einem Seiten- und Winkelhalbmeßter und teilt das Blk. in einerlei Hälften.

Wie das Sechseck, so hat jedes ordentliche Blk. von gerader Seitenzahl so viele Seiten- und eben so viele Winkeldurchmeßter, als Seiten. Jeder derselben teilt ebenfalls das ordentliche Blk. in einerlei Hälften.

3. Unm. Jedes ordentliche Blk. ist durch den Winkel- oder Seitenhalbmeßter bestimmt. Warum?

4. Unm. Da der Umfangs- und Mittelpunktsw. zusammen  $180^\circ$  betragen, letzterer aber abnimmt, wie die Seitenzahl wächst; so nimmt jener gleichmäßig zu. Dabei muß der Seitenhalbmeßter ebenfalls wachsen, also dem Winkelhalbmeßter sich immer mehr nähern. Warum?

### §. 33.

#### Der Kreis.

I. Man denke, die Seitenzahl des ordentlichen Blks. wachse so (unendlich) an, daß der Seitenhalbmeßter dem Winkelhalbmeßter gleich wird; als letztes ordentliches Blk. entsteht dann der Kreis mit lauter gleichen Halbmessern, also auch mit lauter gleichen Durchmessern.

Wegen der Gleichheit aller Halbmesser steht jeder

Punkt der Kreislinie vom Mittelpunkt gleichweit ab; deshalb ist der Kreis durch den Halbmesser oder den (aus zwei Halbmessern bestehenden) Durchmesser bestimmt.

Wie jedes ordentliche Bl., so wird auch der Kreis von einem Durchmesser in einerlei Hälften getheilt.

Um. Man kann sich dies versinnlichen. Denkt man fig. 82, den Halbkreis ACD drehte sich um den Durchmesser AD über den Halbkreis ABD hin, so fällt jeder Punkt jener Halbkreislinie wegen des gleichen Abstandes von M in einen Punkt von dieser. Da beide von Anfang bis zu Ende in einander fallen, so sind sie gleich lang.

Zu den Mittelpunktsw. eines ordentl. Vielecks gehörten die Seiten des Letzteren als gleiche Theile des Umfangs. Auch zu entsprechenden Theilen der Mittelpunktsw. eines Bls. gehören gleiche Theile der Seiten oder des Umfangs. Gleiches findet beim Kreise Statt. Sind fig. 75 die W. m und n gleich, und zieht man die Sehnen BC und DE; so haben die Dke. ABC und ADE zwei Seiten mit dem eingeschlossenen W. gleich, sind also einerlei, daher ist  $BC = DE$ . Also stehen die Endpunkte B und C gleich weit von einander ab, wie die Endpunkte D und E; auch ist jeder Punkt des Bogens BC gleich weit von A entfernt, wie jeder Punkt des Bogens DE, also müssen beide Bogen gleich sein.

Um. Zur Veranschaulichung denke man den Ausschnitt ADE auf den Ausschnitt ABC gelegt, so daß AD in AB fällt. Weil  $m = n$ , so muß AE auf AC sich legen. Es trifft also der Punkt D mit B, und E mit C zusammen. Da beide Bogen allenthalben von A gleichweit abstehen, so müssen sie in ihrer ganzen Ausdehnung zusammenfallen, also gleich sein.

Ist umgekehrt  $BC = DE$ , so ist als Grund vorauszusezen, daß  $m = n$  ist. Ist aber  $m = n$ , so muß auch wieder Bog. BC = Bog. DE sein.

Ist Bog. BC = Bog. DE; so ist als Grund vorauszusezen, daß  $m = n$  ist. Hat man aber  $m = n$ , so muß auch wieder Sehne BC = Sehne DE sein. H. f.

22) a. Der Kreis hat gleiche Halbmesser und gleiche Durchmesser.

b. Er ist durch seinen Halbmesser oder Durchmesser bestimmt.

- c. der Durchmesser theilt den Kreis in einerlei Hälften.
- d. Gleichen Mittelpunktsw. entsprechen gleiche Sehnen und gleiche Bogen; und umgekehrt.

Um m. Auf dem Saße lit. d beruht die Einrichtung des Transporteurs.

II. Aus der Spitze des Mittelpunktsw. AMB fig. 76 gehe der Halbmesser MD senkrecht zur Sehne AB. — Dann ist AC = BC, und u = x (No. 13, a), also ist Bogen AD = Bogen BD (No. 12, d).

Halbirt MD die Sehne AB; so ist als Grund vorauszusezen, daß MD zu AB senkrecht ist; dann muß auch wieder u = x und Bogen AD = Bogen BD sein. — (Anderer Beweis nach No. 13, b).

Halbirt MD den W. AMD; so ist als Grund vorauszusezen, daß MD zu AB senkrecht ist; dann muß aber auch wieder AC = BC und Bogen AD = Bogen BD sein. — (Anderer Beweis nach No. 13, c).

Halbirt MD den Bogen ADB; so ist als Grund vorauszusezen, daß MD zu AB senkrecht ist; dann muß aber auch wieder AC = BC, und u = x sein.

Die Gerade DM sei senkrecht zur Sehne AB und halbire sie. — Nach dem Vorhergehenden liegen der Halbirungspunkt der Sehne und der Mittelpunkt des Kreises in einer Geraden, die zur Sehne senkrecht ist. Da aber die Richtung von DM dadurch, daß Letztere in C zu AB senkrecht steht, völlig bestimmt ist; so muß DM (nöthigenfalls verlängert) durch M gehen. — H. f.

- 23) a. Ist der Halbmesser zu einer Sehne senkrecht; so halbirt er dieselbe, den zugehörigen Mittelpunktsw. und Bogen.
- b. Halbirt der Halbmesser eine Sehne; so ist er zu ihr senkrecht und halbirt den zugehörigen Mittelpunktsw. und Bogen.
- c. Halbirt der Halbmesser einen Mittelpunktsw.; so ist er zur Sehne senkrecht und halbirt sie und den Bogen.
- d. Halbirt der Halbm. einen Bogen, so ist er zur

Sehne senkrecht und halbirt sie und den Mittelpunktsw.

- e. Steht eine Gerade auf der Mitte einer Sehne senkrecht; so geht sie (verlängert) durch den Kreismittelpunkt.

III. Die Sehnen AB und CD fig. 77 seien gleich. — Man falle aus dem Mittelp. auf sie die Senkrechten ME und MF, ziehe MB und MC. Beide Sehnen werden von den Senkrechten halbirt (No. 23, a), und da sie gleich sind, so sind auch ihre Hälften gleich, also ist  $BE = CF$ . Da auch  $MB = MC$  ist, so sind die Dke. BEM und CFM einerlei (No. 9, d), mithin  $ME = MF$ .

Es sei umgekehrt  $ME = MF$ . Dann ist als Grund vorauszusezen, daß  $AB = CD$  ist.

IV. Es sei fig. 78  $AB > AC$ ; wie sind die senkrechten Abstände MD und ME vom Mittelp. beschaffen? — Man ziehe DE. Weil  $AB > AC$ , und beide in D und E halbirt sind (No. 23, a), so ist W. u  $>$  W. o; da aber die ganzen W bei D und E rechte sind, so ist z  $\triangleleft x$ , folglich  $MD \triangleleft ME$ . (No. 16, a).

Es sei umgekehrt  $MD \triangleleft ME$ . Dann ist als Grund vorauszusezen, daß  $AB > AC$  ist.

Da nun die Sehne desto größer ist, je näher beim Mittelpunkt sie liegt; so muß der Durchmesser die größte Sehne sein.

- 24) a. Gleiche Sehnen stehen vom Kreismittelp. gleich weit ab; und wenn umgekehrt Sehnen vom Mittelpunkt gleich weit abstehen, so sind sie gleich.  
 b. Die größere Sehne liegt dem Kreismittelp. näher als die kleinere; und umgekehrt wenn eine Sehne dem Kreismittelpunkt näher liegt als eine andere, so ist sie größer als diese. Der Durchmesser ist die größte Sehne des Kreises.

Anm. Die umgekehrten Säze in a und b lassen sich, statt aus dem Verhältniß zwischen Grund und Folge, auch auf ähnliche Weise wie ihre vorangehenden Säze beweisen. Der Schüler soll es versuchen.

V. Es seien fig. 79 ABC ein Umfangsw. und AMC ein Mittelpunktsw. über demselben Bogen ADC. Man ziehe den Durchmesser BD. Nun ist  $A + x = p$ ,

und  $C + y = q$  (No. 5, a); es ist aber  $A = x$ , und  $C = y$  (No. 12, a), mithin  $2x = p$  und  $2y = q$ , daher  $2x + 2y = p + q$ , oder  $2\text{W. ABC} = \text{W. AMC}$ , folglich  $\text{W. ABC} = \frac{1}{2}\text{W. AMC}$ .

Unm. Die Schenkel  $AB$  und  $BC$  haben den Mittelp. zwischen sich. Es kann aber auch ein Schenkel durch den Mittelpunkt gehen, oder beide Schenkel können auf der nämlichen Seite vom Mittelp. liegen. Der Schüler suche auch für die beiden letzteren Fälle den Beweis.

VI. Es seien  $u, x, y$  Umfangsw. über demselben Bogen  $AB$  fig. 80. — Man ziehe die Halbmesser  $MA$  und  $MB$ . Dann ist jeder der genannten W. die Hälfte des Mittelpunktsw.  $m$ , also  $u = x = y$ .

Es seien  $o$  und  $u$  fig. 81 Umfangsw. über gleichen Bogen  $AB$  und  $CD$ . — Man ziehe die Halbmesser  $MA, MB, MC, MD$ . Dann sind die W.  $AMB$  und  $CMD$  gleich (No. 22, d); ihre Hälften aber sind  $o$  und  $u$  (V), also ist  $o = u$ . — Nimmt man umgekehrt  $o = u$  an, so muß auch wieder Bogen  $AB$  = Bogen  $CD$  sein.

VII. Wenn fig. 82 der Schenkel  $MC$  mit  $AM$  in die gerade Richtung  $MD$  kommt, so wächst der W.  $AMC$  auf  $180^{\circ}$  an; dann muß der zu W.  $AMC$  gehörige Umfangsw.  $ABC$ , indem sein Schenkel  $BC$  in  $BD$  übergeht, auf  $90^{\circ}$  anwachsen, also ist W.  $ABD = 90^{\circ}$ .

Unm. zieht man fig. 82 den Halbmesser  $MB$ , so folgt auch aus (No. 14, c), daß W.  $ABD = 90^{\circ}$  ist.

25) a. Der Umfangsw. im Kreise ist die Hälfte des Mittelpunktsw. über demselben Bogen.

b. Umfangsw. über demselben Kreisbogen oder über gleichen Kreisbogen sind gleich, und umgekehrt gleiche Umfangsw. haben gleiche Kreisbogen.

c. Der Umfangsw. im Halbkreise beträgt  $90^{\circ}$ .

Geradlinige Figuren im Kreise sind solche, deren Winkel spitzen in der Kreislinie liegen.

VIII. Es sei  $ABC$  fig. 83 ein gleichseitiges Df. im Kreise. — Man ziehe aus  $A, B, C$  Senkrechte auf die Seiten  $BC, AC, AB$ ; dann ist  $M$  der Mittelpunkt des Dfs. (No. 15, b). Da nun  $AM = BM = CM$ ,

so sind diese 3 Linien auch Halbmesser des Kreises, also M auch sein Mittelp. Und es ist ferner  $MD = \frac{1}{2} MA = \frac{1}{2} MG = DG$ .

**IX.** Es sei fig. 84 das Bl. ABCD ein Trapezoid im Kreise. — Man ziehe die Gehren AC und BD. Dann ist  $m = p$ ,  $n = u$ ,  $q = z$ ,  $x = o$  (No. 25 b), also  $m + n + q + x = p + u + z + o$ , oder  $\mathbb{W}. A + \mathbb{W}. C = \mathbb{W}. B + \mathbb{W}. D$ ; da aber die  $\mathbb{W}. A + \mathbb{W}. B + \mathbb{W}. C + \mathbb{W}. D = 360^{\circ}$  sind, so folgt  $A + C$  und  $B + D = 180^{\circ}$ .

**X.** Es sei das Bl. im Kreise fig. 85 ein Trapez, und zwar  $DG \neq EF$ . Dann ist  $\mathbb{W}. D + \mathbb{W}. E = 180^{\circ}$ , und  $\mathbb{W}. D + \mathbb{W}. F = 180^{\circ}$ , also  $\mathbb{W}. D + \mathbb{W}. E = \mathbb{W}. D + \mathbb{W}. F$ , folglich  $\mathbb{W}. E = \mathbb{W}. F$ . — Auf gleiche Weise findet man  $\mathbb{W}. D = \mathbb{W}. G$ . — Zieht man die Gehre DF, so ist  $u = x$ , also Bogen  $DE =$  Bogen  $GF$  (No. 25, b), folglich auch Sehne  $DE =$  Sehne  $FG$ .

**XI.** Anm. Leicht ist zu zeigen, daß auch  $DF = EG$ ,  $DH = GH$ , und  $EH = FH$  ist.

**XI.** Es sei fig. 86 ABCD ein Parallelogramm und ABCD fig. 87 eine Raute im Kreise. Dann ist  $\mathbb{W}. A = \mathbb{W}. C$ ; da aber  $\mathbb{W}. A + \mathbb{W}. C = 180^{\circ}$  (VIII), so ist  $A = C = 90^{\circ}$ . Das Gleiche gilt von den  $\mathbb{W}. B$  und  $\mathbb{W}. D$ . Ihre Gehren müssen daher Kreisdurchmesser sein.

**XII.** Das Bl. ABCD fig. 88 sei eine Halbraute im Kreise. Nun ist  $\mathbb{W}. B = \mathbb{W}. D$  fig. (No. 19, a); weil aber  $\mathbb{W}. B + \mathbb{W}. D = 180^{\circ}$  (VIII), so ist  $\mathbb{W}. B = \mathbb{W}. D = 90^{\circ}$ . — Die Gehre AC muß somit ein Kreisdurchmesser sein.

**XIII.** Es enthalte fig. 89 ein ordentliches Sechseck im Kreise; und M sei der Mittelpunkt des Sechsecks. Das nun alle Winkelhalbierer desselben gleich sind, und ihre Endpunkte in der Kreislinie liegen, so sind sie auch Halbmesser des Kreises, und daher M auch Mittelpunkt desselben. — Aus gleichen Gründen verhält es sich eben so bei jedem andern ordentlichen Bl. im Kreise.

Da nun ferner MA als Winkelhalbmeß der ordentl. Sechsecks = AB ist; so ist auch der Kreishalbmesser der Seite des Sechsecks gleich, und erscheint daher sechs Mal als Sehne. — H. f.

- 26) a. Das gleichseitige Dt. im Kreise hat den Mittelpunkt mit diesem gemeinschaftlich, und sein Seitenhalbmesser beträgt die Hälfte des Kreishalbmessers.
- b. Zwei entgegengesetzte W. eines Bks. im Kreise betragen zusammen  $180^{\circ}$ .
- c. Das Trapez im Kreise ist gleichschenklig; die Parallelen schließen gleiche Bogen ein, und jede hat gleiche anliegende W.
- d. Jedes Parallelogramm im Kreise ist ein Rechteck, und jede Raute ein Quadrat; ihre Gehren sind Kreisdurchmesser.
- e. Die ungleichen Seiten der Halbraute im Kreise sind senkrecht zu einander.
- f. Jedes ordentliche Vieleck im Kreise hat den Mittelp. mit demselben gemeinschaftlich; und der Kreishalbmesser läßt sich sechs Mal am Umfang herumtragen.

XIII. Aus A fig. 90 gehen die Sekanten AB und AC; wie wird der Sekantenw. A bestimmt? — Man ziehe die Gerade BD. Dann ist W. A + W. B = W. m (No. 5, a), demnach W. A = W. m - W. B.

Aus A fig. 91 gehen gleiche Sekanten AB und AC. — Man ziehe BE und CD. Nun haben die Dke. ABE und ACD W. A = W. A, und W. B = W. C (No. 25, b), und AB = AC, sind also einerlei, mithin ist AE = AD. Da aber AB = AC, so muß auch BD = CE sein, folglich auch Bog. BD = Bog. CE (No. 22, d). H. f.

- 27) a. Ein Sekantenw. ist gleich dem Unterschied der beiden Umfangsw. über den Bogen zwischen den Sekanten.
- b. Wenn zwei gleiche Sekanten von einem Punkt außerhalb des Kreises ausgehen, so haben sie gleiche Abschnitte innerhalb und außerhalb des selben und schneiden gleiche Bogen von ihm ab.

XIV. Es sei fig. 92 die Gerade BC in A zum Halbmesser AM senkrecht. Alle andern Linien, die aus M nach BC gehen, wie MB und MC, sind daher Hypotenuse, also  $> MA$  (No. 16, c). Alle Punkte der Linie BC, wie B und C, liegen daher außerhalb des Kreises mit Ausnahme des Punktes A, den sie allein mit der Kreislinie gemeinschaftlich hat, folglich ist BC eine Tangente.

Es sei umgekehrt BC eine Tangente. Dies lässt als Grund voraussetzen, dass BC im Berührungs punkt A zum Halbmesser MA senkrecht ist.

Es ist aber in A zu MA nur eine Senkrechte möglich; und da die Tangente eben eine Senkrechte ist, so ist auch in A nur eine Tangente möglich.

XV. Da die Tangente zum Halb- (und Durch-) Messer senkrecht steht; so fragt es sich, was für einen W. sie mit einer andern Sehne bilde. Es sei fig. 93 AB die Tangente und AC die Sehne. — Man ziehe den Durchmesser AD und die Sehne CD. Nun ist  $W. x + W. u = 90^\circ$ , und  $W. u + W. D = 90^\circ$ , also  $W. x + W. u = W. u + W. D$ , folglich ist  $W. x = W. D$ .

XVI. Aus A gehen fig. 94 die Tangenten AB und AC. — Man ziehe die Halbmesser MB und MC, und die Linie AM. Die rechtwinkligen Dfe. ABM und ACM haben nun  $AM = AM$  und  $BM = CM$ , sind also einerlei, daher ist  $AB = AC$ . — H. f.

- 28) a. Wenn eine Gerade zum Halbmesser in seinem Ende senkrecht steht, so ist sie eine Tangente. Umgekehrt ist jede Tangente im Berührungs punkte zum Kreishalbmesser senkrecht; und in jedem Punkte der Kreislinie ist nur eine Tan gente möglich.
- b. Der Tangenten-Sehnenswinkel ist gleich dem Umfangswinkel über dem Bogen zwischen der Tangente und Sehne.
- c. Wenn zwei Tangenten von einem Punkte aus nach einem Kreise gehen, so sind sie gleich.

## §. 34.

## Zwei Kreise.

I. In fig. 95 gehe aus A die Tangente AB an 2 Kreise. Dann sind die Halbmesser MB und mb in den Streifpunkten B und b zu ihr senkrecht (No. 29, a), also unter sich gleichlaufend.

II. Aus A gehe noch die Streiflinie AC. Man ziehe AM, Am, MC, mc, BC, bc. Die Wke. ABMC und abmc sind nun Halbrauten (No. 28, c); der W. A wird also von AM, so wie von Am halbiert (No. 19, b), also muß AM von A bis m mit Am zusammenfallen und durch den Punkt m gehen.

Weil AM zu BC und bc senkrecht ist (No. 19, c), so ist BC  $\neq$  bc.

Weil ferner die Halbrauten bei B, C, b, c rechte W. haben, so ist W. A + W. BMC =  $180^{\circ}$ , und W. A + W. bmc =  $180^{\circ}$ , also W. BMC = W. bmc.

Weil endlich AB = AC, und Ab = Ac (No. 28, c), so ist AB — Ab = AC — Ac, oder Bb = Cc. — H. f.

29) a. Wenn eine Tangente 2 aus einander liegende Kreise trifft, so sind die Halbmesser nach den beiden Streifpunkten unter sich parallel.

b. Wenn zwei Tangenten aus einem Punkte nach 2 Kreisen gehen; so liegt ihr Ausgangspunkt mit den beiden Kreismittelpunkten in einer Geraden;

c. Die Sehnen, welche zu den von den Tangenten eingeschlossenen Bogen gehören, sich parallel und die dazu gehörigen Mittelpunktsw. in beiden Kreisen gleich;

d. die Theile beider Tangenten zwischen den Streifpunkten sind gleich.

III. In fig. 96 und 87 berühren sich 2 Kreise im Punkte E. Man ziehe die Halbmesser ME und mE. Da nun der Punkt E beiden Kreisen gemeinschaftlich ist, so läßt sich in E auch für beide eine Tangente errichten; diese sei DE. Sie muß zu ME, so wie zu mE senkrecht sein (No. 28, a); in fig. 96 ist daher W. MED + W. mED =  $190^{\circ}$ , also sind ME und mE

eine Gerade. — Soll fig. 97 DE in E zu ME und mE senkrecht sein, so muß mE in ME fallen.

Man ziehe MF und mF. In fig. 96 ist dann  $MF + mF > Mm$ ; oder  $MF + mF > ME + mE$ ; es ist aber  $MF = ME$ , also  $mF > mE$ ; mithin liegt jeder Punkt des Umfangs vom Kreise M, mit Ausnahme von E, außer dem Kreise von m, und beide Kreise haben nur den Punkt E gemein.

In fig. 97 ist  $MF < mF + Mm$ , aber auch  $MF = ME = Mm + mE$ , also  $Mm + mE < mF + Mm$ , folglich  $mE < mF$ . Es liegt also, mit Ausnahme von E, jeder andere Punkt des äußern Kreises, wie F, außer dem Kreise des Mittelpunkts m.

IV. Es durchschneiden sich fig. 98 zwei Kreise. Man ziehe Mm und AB. zieht man die Halbmesser mA, mB, MA, MB; so entsteht die Halbraute AmBM, worin AB von mM halbiert wird.

Geht fig. 99 der Kreis von M durch den Mittelpunkt m des andern Kreises, und zieht man die Geraden mMB, mA, AB; so ist  $\text{W. } mAB = 90^\circ$  (No. 25, c), also BA eine Tangente des Kreises von m. — H. f.

- 30) a. Zwei auseinander oder ineinander liegende Kreise können sich nur in einem Punkte berühren, der mit ihren Mittelpunkten in einer Geraden liegt, und haben in ihrem Berührungs punkt eine gemeinschaftliche Tangente.
- b. Wenn zwei Kreise sich durchschneiden, so ist ihre Mittelpunktslinie zu ihrer gemeinschaftlichen Sehne senkrecht und halbiert dieselbe.
- c. Wenn ein Kreis durch den Mittelpunkt des andern geht, so ist die Sehne des erstern, die aus dem Ende seines durch beide Mittelpunkte gehenden Durchmessers nach einem Durchschnittspunkte beider Kreise gezogen wird, eine Tangente des andern.

Fortsetzung folgt.