

Zeitschrift: Helvetica Physica Acta
Band: 3 (1930)
Heft: I

Artikel: Die graphischen Methoden der Bewegungslehre (Kinematik). I. Teil
Autor: Brandenberger, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-109798>

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: 20.02.2026

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

Die graphischen Methoden der Bewegungslehre (Kinematik)¹⁾

von Dr. Ing. H. Brandenberger, Zürich.

(21. I. 30.)

Inhalt: Die Bewegungslehre (Kinematik) führt, soferne sie den Weg eines Punktes oder die Hüllbahn einer Kurve untersucht zur Geometrie, soweit sie die bei einer Bewegung auftretenden Geschwindigkeiten und Beschleunigungen feststellt, zur Mechanik. Zunächst werden die Bahnen und Bewegungen mit Hilfe der Geschwindigkeiten und ersten Beschleunigungen untersucht. Dann werden systematisch die vektoriellen Beziehungsgleichungen zwischen den Evoluten der Punkt-, Hüll- und Wälzpolbahnen einerseits, und den höheren Punkt-, Polwechsel- und Winkelbeschleunigungen andererseits abgeleitet. An verschiedenen Problemen der Bewegungslehre wird gezeigt, wie die vektoriellen Beziehungsgleichungen sowohl eine rechnerische als auch eine graphische Lösung der Aufgaben ermöglichen. Alle in der Abhandlung vorkommenden Größen sind Vektoren, so dass sich eine besondere Schreibweise dafür erübrigt.

I. TEIL.

Die Geschwindigkeitsverhältnisse.

Kennt man von einer Kurve die Konstruktion eines Punktes, so kann man durch Heranziehen der Geschwindigkeiten der Konstruktionsgeraden die Tangente an die Kurve konstruieren. Fig. 1 zeigt die Anwendung dieses Satzes auf die Konstruktion der Kurve $z = \frac{y}{x} \cdot a$, falls $y = f(x)$ als Kurve gegeben ist. Das Aufsuchen eines Punktes A' der Kurve z aus einem Punkte A der Kurve y ist in Fig. 1. dargestellt.

Erteilt man dem Punkte A der Kurve $y = f(x)$ eine Geschwindigkeit v_A , dann dreht sich der Strahl $0A$ mit der Winkelgeschwindigkeit $w = \operatorname{tg} \delta$, wobei die Komponente $v_A^{\perp 0A} = 0A \cdot \operatorname{tg} \delta$ ist. Der Punkt B bewegt sich auf der Geraden $x = a$ mit einer Geschwindigkeit v_B , wobei die Komponente $v_B^{\perp 0B} = 0B \cdot \operatorname{tg} \delta$. Da AA' und BA' bei der Bewegung des Punktes A nur Parallelverschiebungen ausführen, sind die, in die x bzw. y Richtung fallenden Komponenten v_A^x bzw. v_B^y der Punkte A bzw. B , mit den in diese Richtung fallenden Komponenten der Geschwindigkeit des Punktes A' gleich, so dass $v_A^x = v_{A'}^x$ und $v_B^y =$

¹⁾ Teilweise Erweiterung nach meiner Vorlesung über Getriebelehre an der Eidg. Techn. Hochschule, Zürich.

$v_A' \cdot v_{C'}$ ist die Tangente an die Kurve z im Punkte $C = C'$ für $x = a$.

Dem obigen Satz lässt sich ein dualer gegenüber stellen: Kennt man von einer Kurve die Konstruktion einer Tangente, so kann man mit Hilfe der Geschwindigkeitsverhältnisse der Kon-

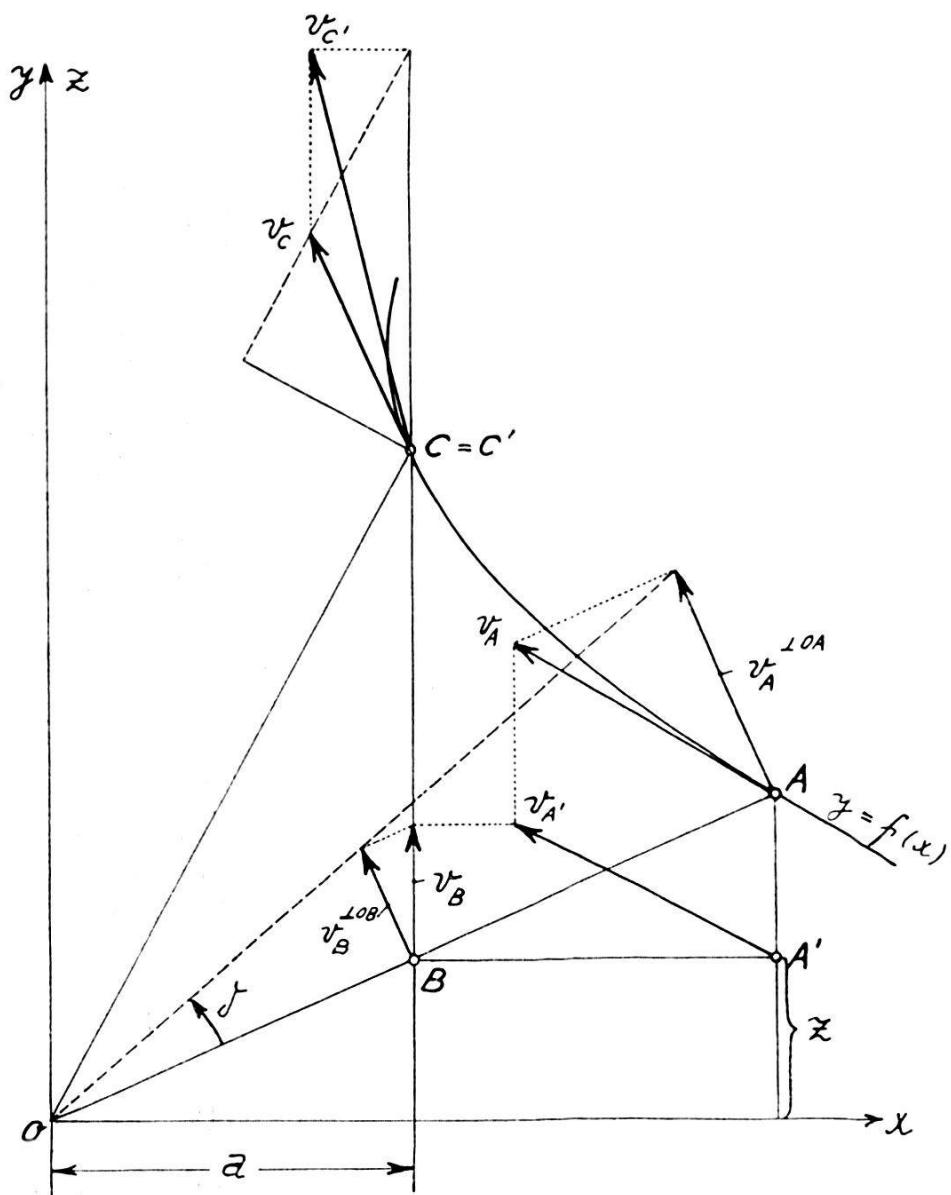


Fig. 1.

struktionsgeraden auch den Berührungs punkt an die Kurve konstruieren. Der Berührungs punkt ergibt sich als Schnittpunkt zweier unendlich benachbarter Lagen der Tangente als derjenige Punkt der Geraden, dessen Geschwindigkeit senkrecht zur Geraden Null ist (Gleitpunkt).

Durch die Anwendung der Geschwindigkeitsverhältnisse auf ein Gebilde kann man also stets eine weitere unendlich benachbarte Lage bestimmen. Da die Bobillier'sche Konstruktion

gestattet, die dreipunktigen Lagen der Punkte eines bewegten starren Systems durch eine einfache Lagenbeziehung anzugeben, ist es möglich, durch die Anwendung der Geschwindigkeitsverhältnisse auf die Konstruktionsgeraden der Bobillier'schen Konstruktion die vierpunktigen Lagen der Punkte eines bewegten starren Systems zu erfassen.

Wir wollen eine diesbezügliche Aufgabe stellen und zur Lösung bringen. Zwei Kurven eines bewegten ebenen Systems

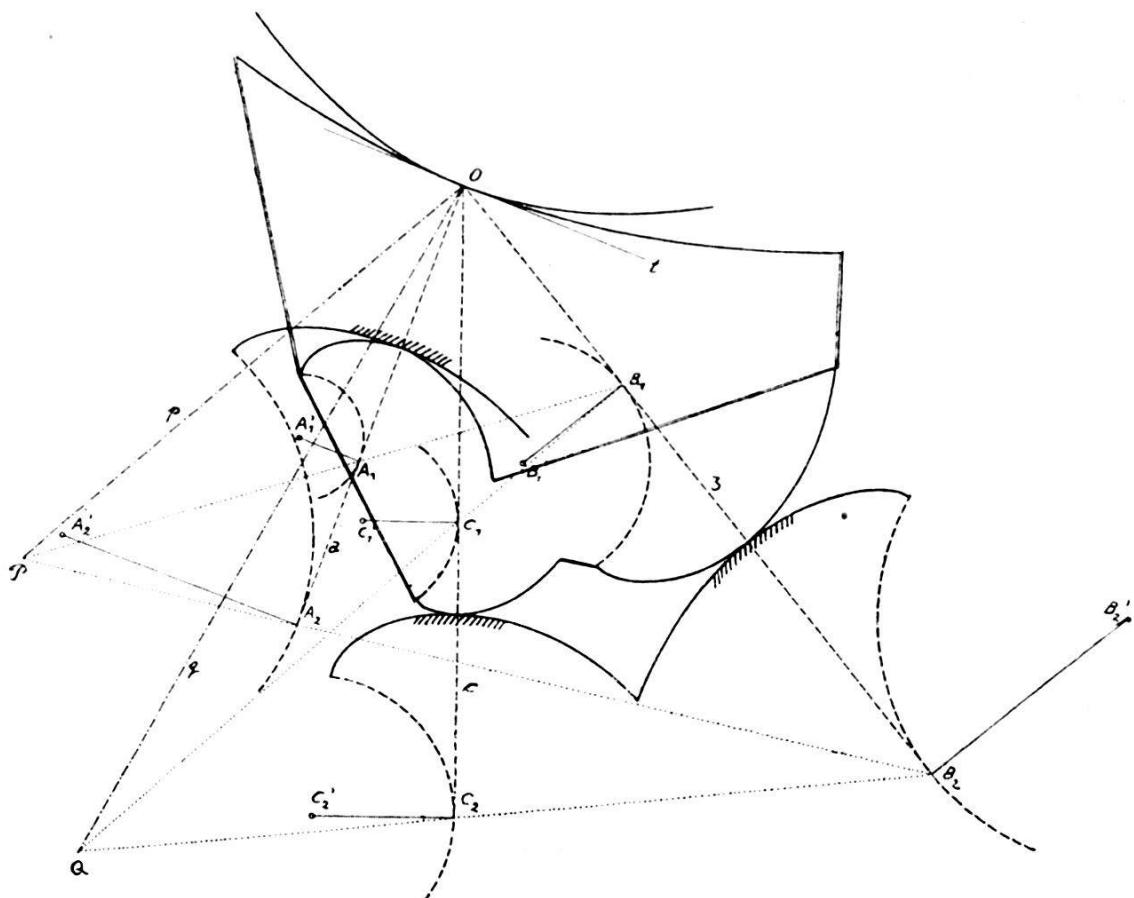


Fig. 2.

mit den Krümmungsmittelpunkten A_1 bzw. B_1 (Fig. 2) und den Krümmungsmittelpunkten A_1' bzw. B_1' ihrer Evoluten gleiten auf festen Kurven (A_2, A_2') bzw. (B_2, B_2') . Für eine Kurve (C_1, C_1') des bewegten Systems ist die Hüllbahn (C_2, C_2') aufzusuchen.²⁾

Die mit den Krümmungsmittelpunkten A_1, B_1, C_1 zusammenfallenden Systempunkte beschreiben Bahnen, deren Krümmungsmittelpunkte in die Krümmungsmittelpunkte A_2, B_2, C_2 der Hüllbahnen fallen. Bezeichnen wir die Kollinearachse, die sich als Verbindungsgerade des Schnittpunktes P der Geraden $A_1—B_1$

²⁾ Diese Aufgabe wird im III. Teil auch noch mit Hilfe der höheren Savary'schen Gleichungen gelöst.

und $A_2 - B_2$ mit dem Momentanpol 0 ergibt, mit p , die Kollinearitionsachse, die sich als Verbindungsgerade des Schnittpunktes Q der Geraden $C_1 - B_1$ und $B_2 - C_2$ mit dem Momentanpol 0 ergibt, (wobei der Punkt C_2 noch unbekannt ist) mit q , ferner die Normalstrahlen $A_1 - A_2$, $B_1 - B_2$, $C_1 - C_2$ der Reihe nach mit a , b , c , so ergibt sich aus der Folgerung des Bobillier'schen Satzes, dass Winkel pq gleich ist Winkel ac . Daraus lässt sich unmittelbar der Krümmungsmittelpunkt C_2 der zu suchenden Hüllbahn aufsuchen.

Erteilt man dem beweglichen System eine Geschwindigkeit (Fig. 3), so muss die eben besprochene Lagenbeziehung der Krüm-

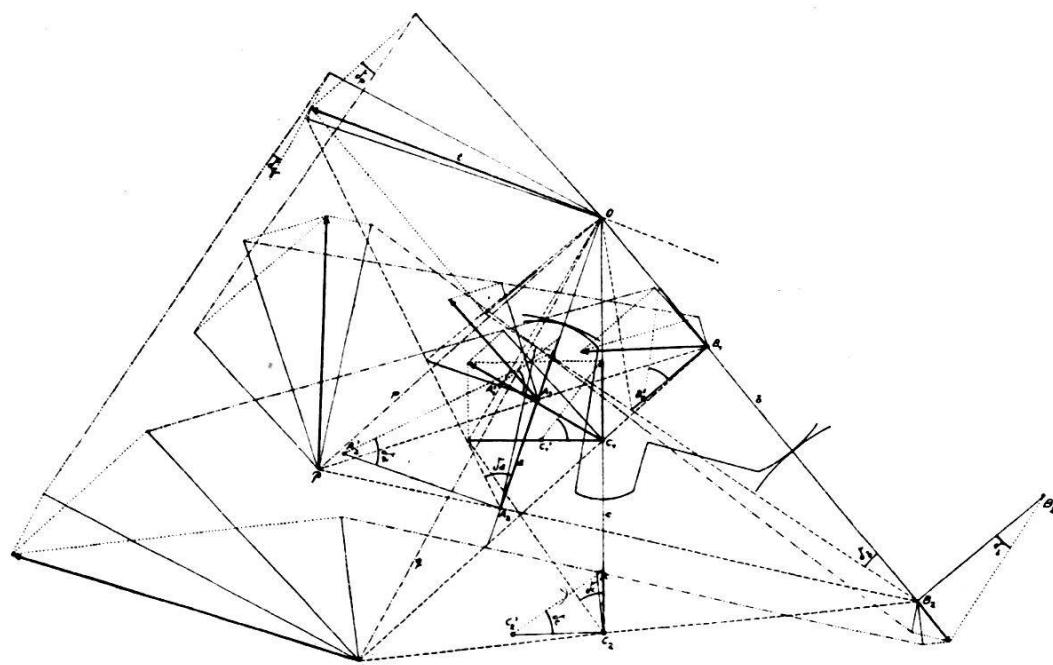


Fig. 3.

mungsmittelpunkte der bewegten Kurven und der ihrer Hüllbahnen erhalten bleiben. Denkt man sich die Geraden a , b , c mit den Berührungs punkten der aufeinander gleitenden Kurven fest verbunden, dann rollen diese Geraden auf den Evoluten der festen Hüllbahnen bei A_2 , B_2 , C_2 ab (Fig. 2). Der Momentanpol 0 ergibt sich stets als Schnittpunkt der Geraden a und b , so dass durch die Bewegung dieser Geraden die feste Polbahn erzeugt wird.

Die Evoluten des bewegten Systems rollen bei A_1 , B_1 , C_1 auf den Geraden a , b , c ab, wodurch die Punkte A_1 , B_1 , C_1 als Krümmungsmittelpunkte der jeweiligen Berührungs punkte beider Kurven (Punkte der Bobillier'schen Konstruktion) eine Bewegung ausführen, welche sich zusammensetzt aus der Bewegung der mit A_1 , B_1 , C_1 zusammenfallenden Punkten der Geraden a , b , c und

einer Bewegung der Evoluten auf diesen Geraden. Die mit A_1, B_1, C_1 zusammenfallenden Punkte des bewegten Systems haben senkrecht zu den Geraden a, b, c die gleichen Geschwindigkeitskomponenten wie die Punkte A_1, B_1, C_1 als Punkte der Bobillier'schen Konstruktion bezw. der Geraden a, b, c . Durch Gleichsetzen dieser zu a und b senkrecht stehenden Komponenten der Geschwindigkeiten der Punkte A_1 bezw. B_1 , kann man nach Annahme der Winkelgeschwindigkeit $w = \operatorname{tg} \vartheta$ des bewegten Systems, die Winkelgeschwindigkeiten $w_a = \operatorname{tg} \delta_a$ und $w_b = \operatorname{tg} \delta_b$ der Strahlen a und b bestimmen.

Es ist (siehe Fig. 3) $0A_1 \cdot \operatorname{tg} \delta = A_2 A_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_a$ und $0B_1 \cdot \operatorname{tg} \delta = B_2 B_1 \cdot \operatorname{tg} \delta_b$. Die Geschwindigkeit v_0 des Punktes 0 ergibt sich aus $v_0^{\perp a} = A_2 0 \cdot \operatorname{tg} \delta_a$ und $v_0^{\perp b} = B_2 0 \cdot \operatorname{tg} \delta_b$. Die Winkelgeschwin-

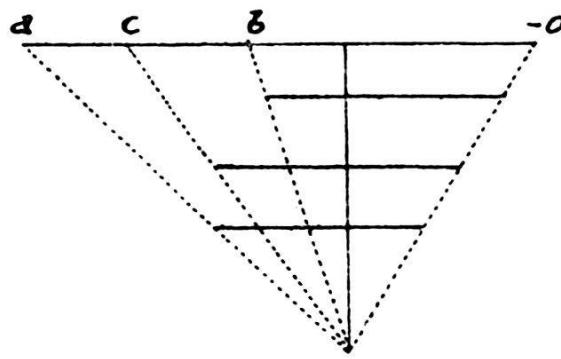


Fig. 4.

digkeit, mit welcher sich die Geraden a, b, c auf den Evoluten bei A_1, B_1, C_1 abrollen, ergibt sich als Differenz der Winkelgeschwindigkeiten der Strahlen a, b, c und des Systems. Da diese Winkelgeschwindigkeiten verschiedene Vorzeichen haben, so sind ihre absoluten Werte zu addieren. (Siehe Fig. 4.)

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Gerade a auf der Evolute bei A_1 abrollt, ergibt sich aus

$$v_{A_1}^a = A_1' A_1 \cdot (\operatorname{tg} \delta_a - \operatorname{tg} \delta).$$

Ebenso ist

$$v_{B_1}^b = B_1' B_1 \cdot (\operatorname{tg} \delta_b - \operatorname{tg} \delta)$$

und

$$v_{C_1}^c = C_1' C_1 \cdot (\operatorname{tg} \delta_c - \operatorname{tg} \delta).$$

Die Punkte A_2, B_2, C_2 als Punkte der Bobillier'schen Konstruktion bewegen sich infolge der Abrollung der Geraden a, b, c auf den Evoluten der Hüllbahnen. Man erhält ihre Geschwindigkeiten aus:

$$v_{A_2} = A_2' A_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_a, \quad v_{B_2} = B_2' B_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_b, \quad v_{C_2} = C_2' C_2 \cdot \operatorname{tg} \delta_c.$$