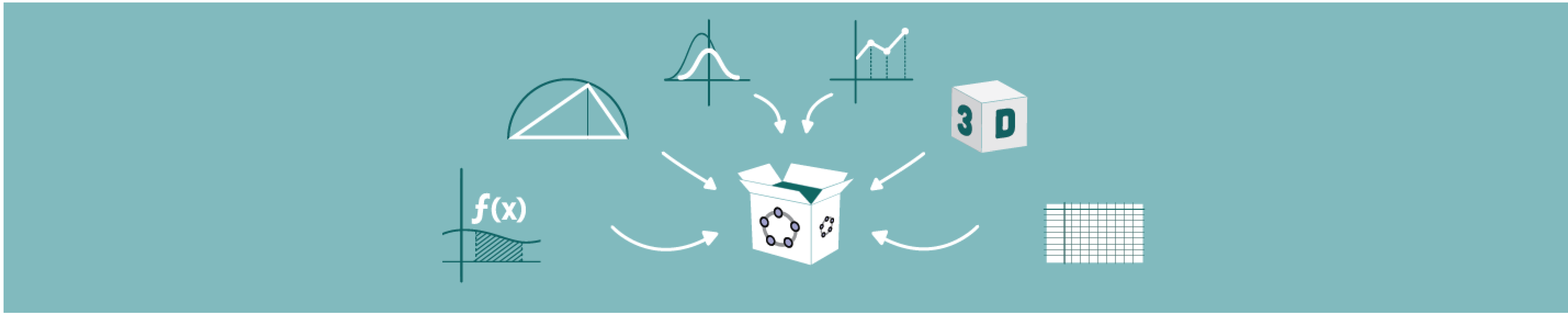
FORTBILDUNG GEOGEBRA



2015 GYMNASIUM MÜNCHENSTEIN

TORSTEN LINNEMANN & MARTIN GUGGISBERG

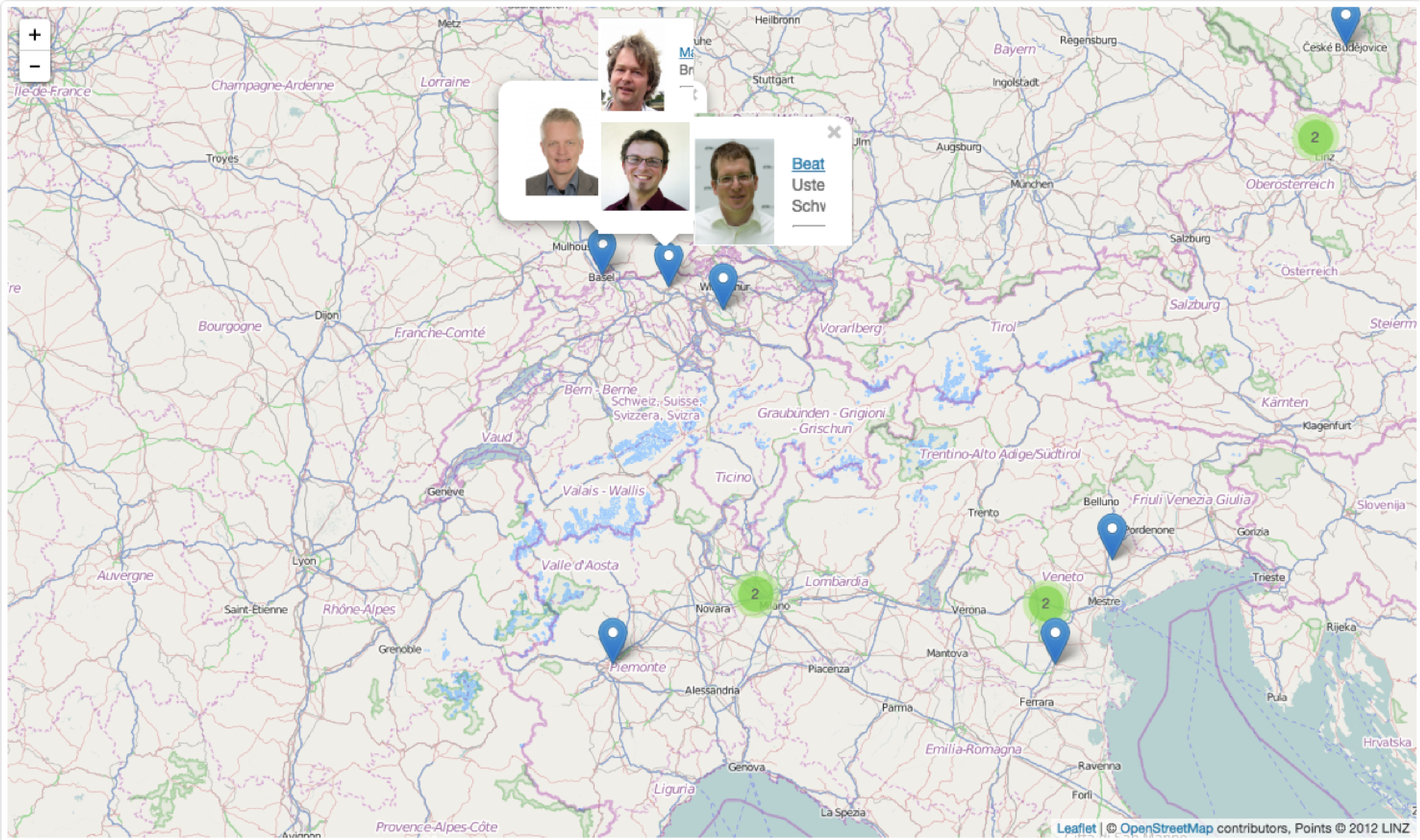
Torsten Linnemann
PH FHNW
Deutschschweizerische Mathematikkommission
Gymnasium Oberwil
tolinnemann@gmail.com

Martin Guggisberg
SVIA Vorstand
Ressort Projekte

Departement Mathematik
und Informatik
Universität Basel
martin.guggisberg@unibas.ch

UNSERE MOTIVATION

- Freude an:
  - Interaktiver Mathematik
  - Explorativen Zugängen
  - Visualisierungen


+
−
Metz
Heilbronn
Regensburg
Bayern
České Budějovice
Île-de-France
Champagne-Ardenne
Lorraine
Stuttgart
Ingolstadt
Troyes
Ulm
Augsburg
2
München
Oberösterreich
Beat
Uste
Schw
Mulhouse
Basel
Salzburg
Österreich
Bourgogne
Dijon
Franche-Comté
Vorarlberg
Tirol
Salzburg
Steierm
Bern - Berne
Schweiz, Suisse,
Svizzera, Svizra
Graubünden - Grigioni
- Grischun
Kärnten
Vaud
Klagenfurt
Trentino-Alto Adige/Südtirol
Ticino
Genève
Valais - Wallis
Belluno
Friuli Venezia Giulia
Slovenija
Trento
Pordenone
Gorizia
Lyon
Valle d'Aosta
Veneto
Trieste
Auvergne
Lombardia
2
Saint-Étienne
Rhône-Alpes
Novara
Verona
2
Mestre
Rijeka
Grenoble
Mantova
Piemonte
Piacenza
Alessandria
Parma
Ferrara
Pula
Hrvatska
Emilia-Romagna
Genova
Ravenna
Liguria
Forlì
La Spezia
Provence-Alpes-Côte
Avignon
Leaflet | © OpenStreetMap contributors, Points © 2012 LINZ

BEFÜRCHTUNGEN EINES KOLLEGEN

Trainieren sie (SuS) das Darstellungsvermögen nicht besser, in dem sie versuchen, im eigenen Kopf die verschiedenen Objekte sich vorzustellen? LP aus BL

AGENDA

1. Geometrie
   - Punkte, Dreiecke, Ortslinien, Argumentieren
   - Anwenden kleiner Apps.
2. GeoGebra im Unterricht
3. Funktionen
4. Vektorgeometrie
5. Stochastik
6. Dessert
   - Tabellenkalkulation
   - Piratenaufgabe
   - Differentialgleichungen
   - Abbildungen (Matrizen)
   - Bestimmung von Eigenvektoren
   - Zentralprojektion & Parallaxe
   - Fermat-Punkt

WEITERE WÜNSCHE

aus Rückmeldungen zur letzten Veranstaltung

- Ortslinien von ausgezeichneten Punkten einer Funktionsschar
- Eigenschaften der Kegelschnitte
- Parameteraufgaben und Kurvendiskusion

GEOMETRIE

Konstruktion von ebenen Figuren, Dreiecke, spezielle Punkte

ORTSLINIEN, SPUR: ARGUMENTIEREN

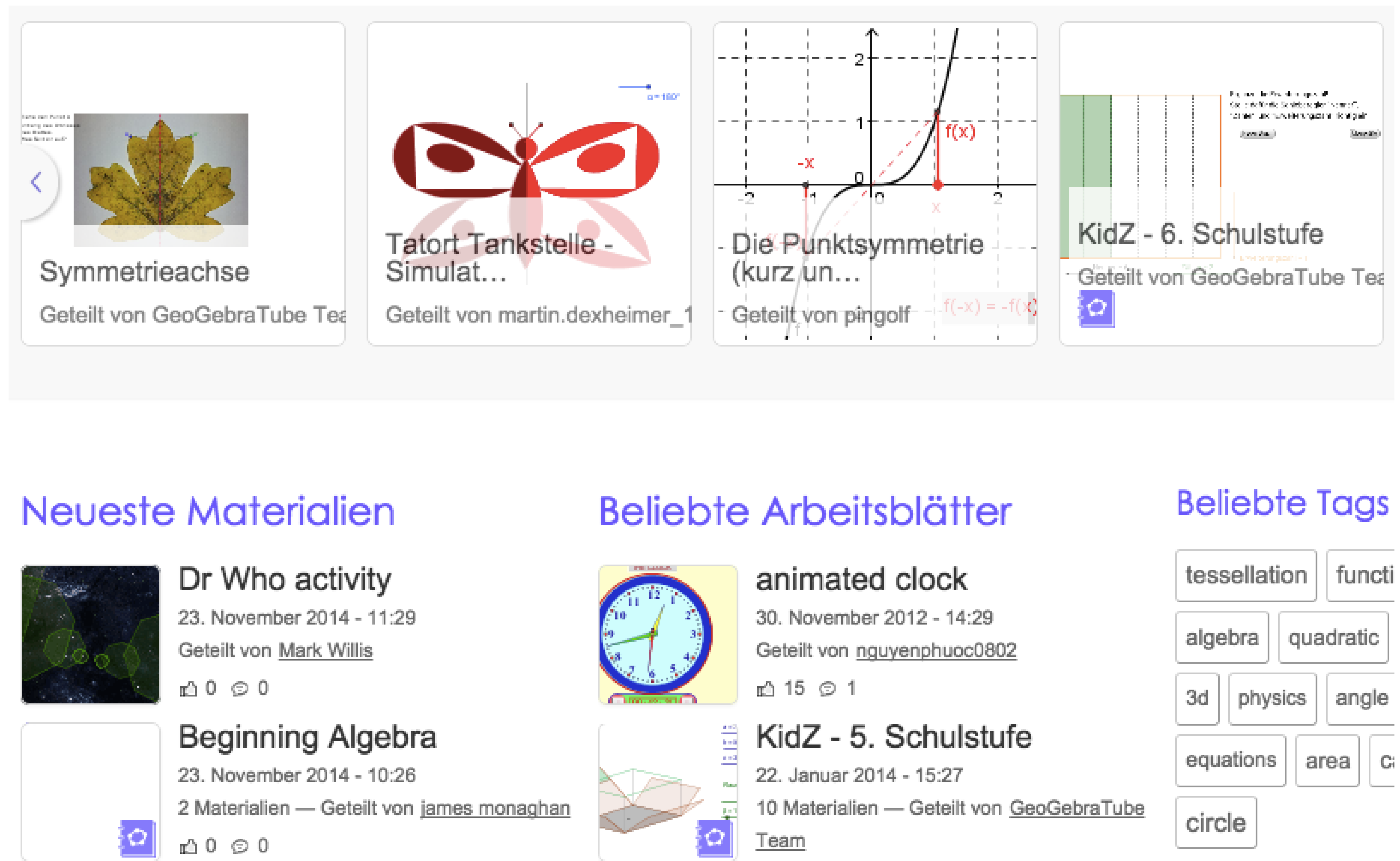
- Winkelhalbierende: http://tube.geogebra.org/student/m320791
- Symmetrie: https://tube.geogebra.org/student/m188567
- Gleicher Abstand: https://tube.geogebra.org/student/m188578
- Gleicher Abstand II https://tube.geogebra.org/student/m188545

WIE SOLL GEOGEBRA IN DER SCHULE EINGESETZT WERDEN?

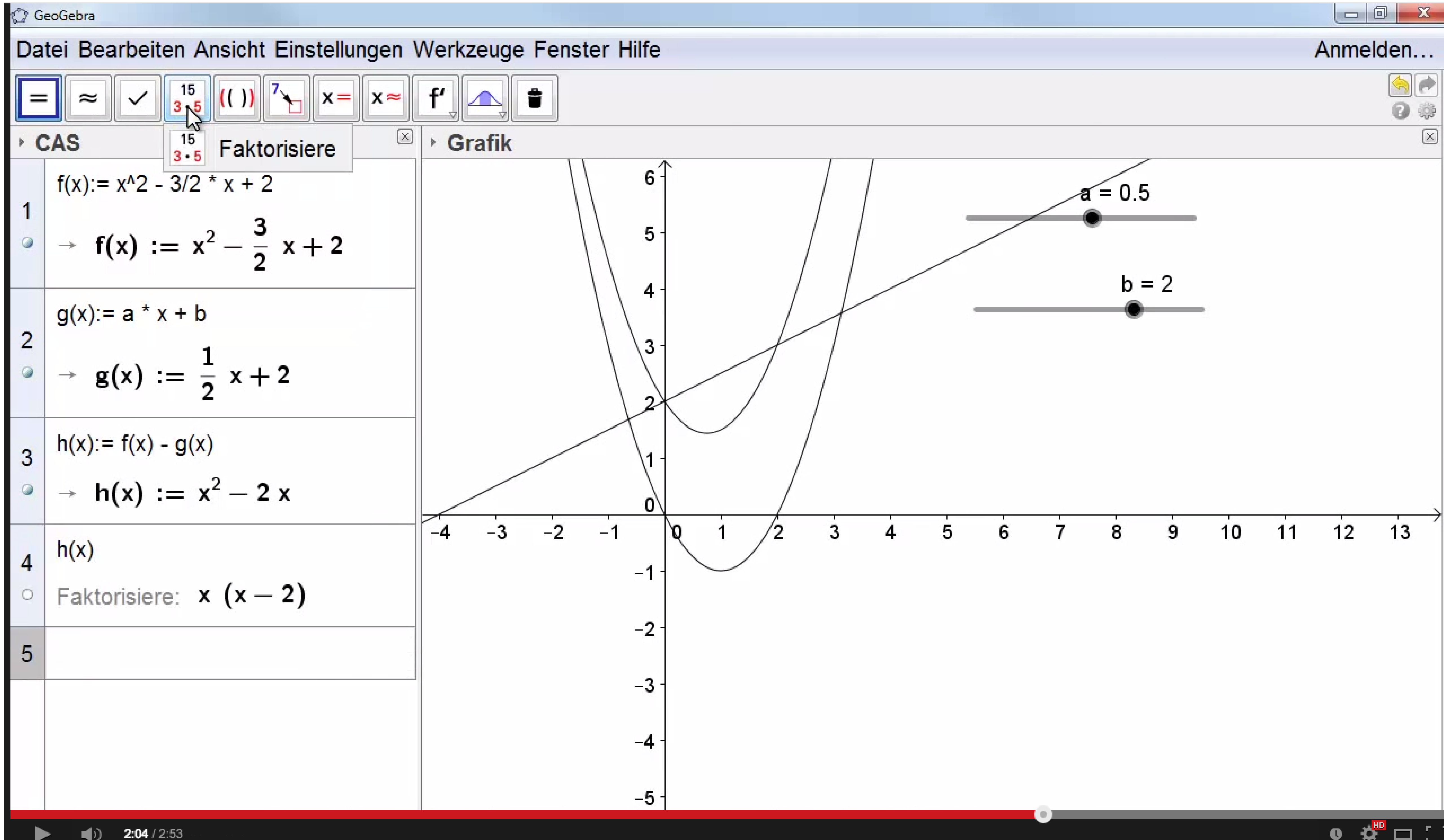
- zur Ergebnissicherung ?
- zur Erkenntnisgewinnung ?
- zur Überprüfung einer vorher formulierten Hypothesen ?
- zur Veranschaulichung ?
- zum Auffinden von Gesetzmässigkeiten ?

SUS IM FOKUS

Schülerinnen und Schüler können bestehende Materialien direkt über http://tube.geogebra.org/ nutzen



LERNVIDEOS



YouTube GeoGebra channel Daniel Mentrard

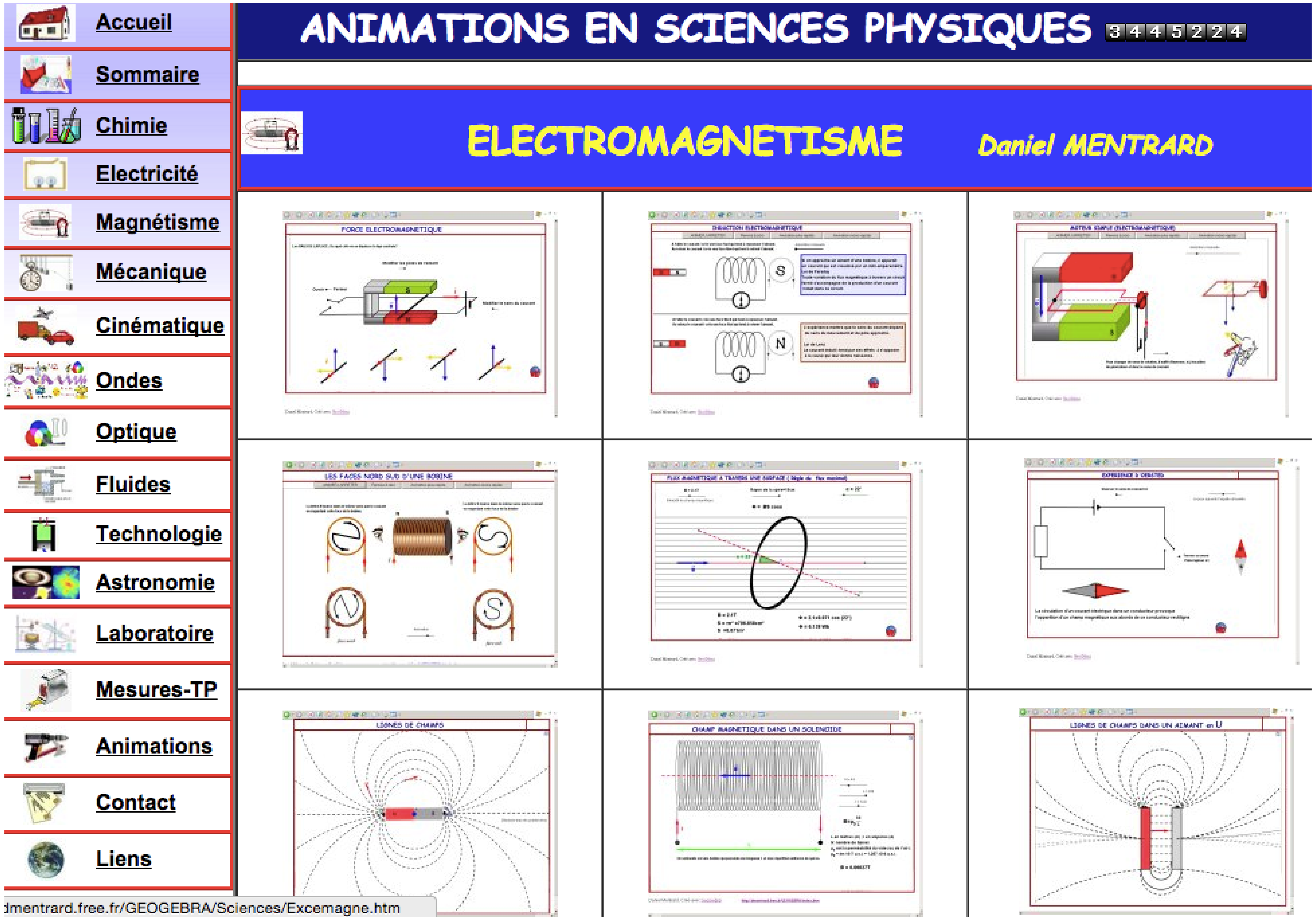
YouTube GeoGebra channel Daniel Mentrard

NEUIGKEITEN ZU GEOGEBRA

Twitter: @geogebra

WEITERE GEOGEBRA QUELLEN

Daniel Mentrard

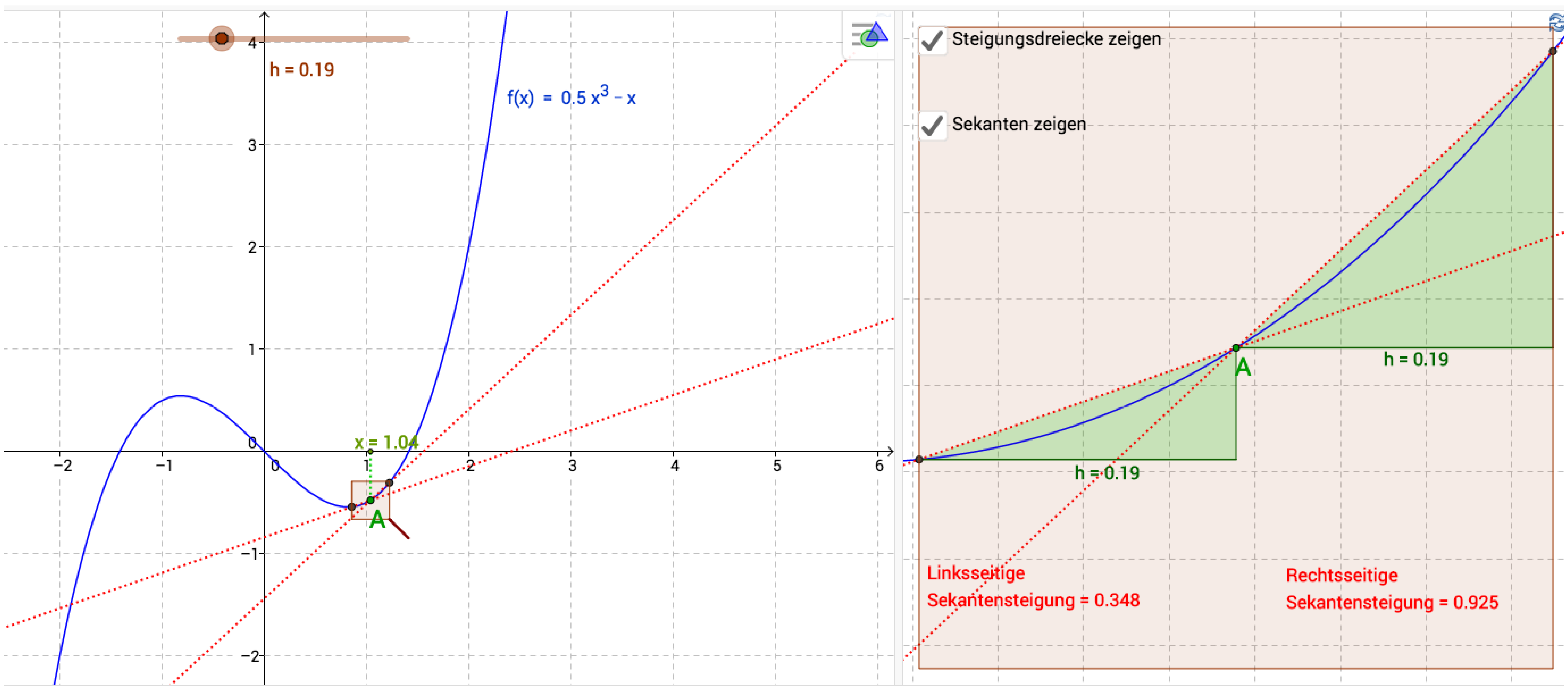


http://dmentrard.free.fr/GEOGEBRA/index.htm

FUNKTIONEN UNTER DER LUPE

H.-J. Eschenbroich

http://tube.geogebra.org/material/show/id/411519



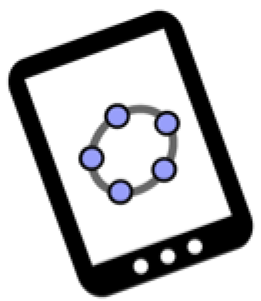
GEOGEBRA IM UNTERRICHT

TECHNISCHE ASPEKTE

STARTSEITE

http://geogebra.org/

1. MÖGLICHKEIT
GEOGEBRA INSTALLIEREN

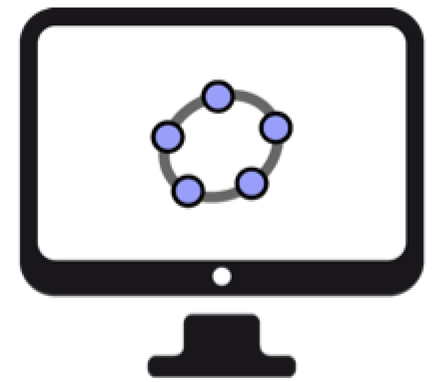


GeoGebra für Tablets

Download from Windows Store

Download on the App Store

ANDROID APP ON Google play



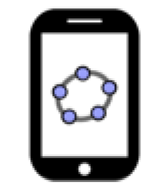
GeoGebra für Desktop Computer

Windows

Mac OS X

Linux

Mehr Download-Möglichkeiten für GeoGebra



GeoGebra für Smartphones

Kommt bald!

http://www.geogebra.org/download

WICHTIG

VERSION 5.0 !

- Zusammenspiel Mobile Apps und Desktop Programm
- CAS neue Version
- 3D
- Zusammenspiel mit GeoGebraTube

2. MÖGLICHKEIT
DIREKT IM BROWSER ARBEITEN

http://web.geogebra.org/app

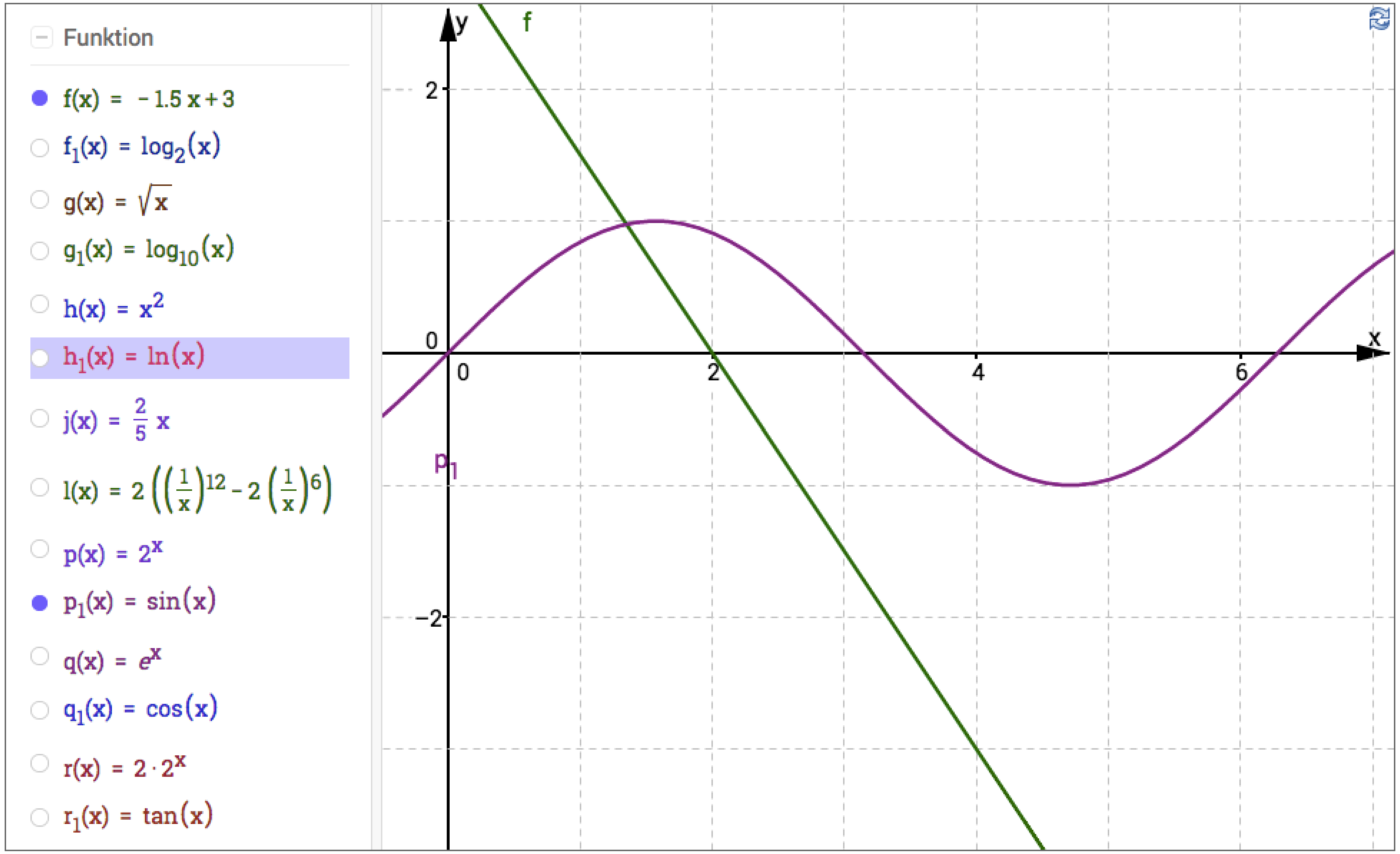
MATHEMATISCHE INHALTE

+

GEOGEBRA

FUNKTIONEN

- Funktionen darstellen
- Funktionen verknüpfen & diskutieren
- Funktionen mit Parameter
  - Maturaaufgabe
  - Spur von Extrema



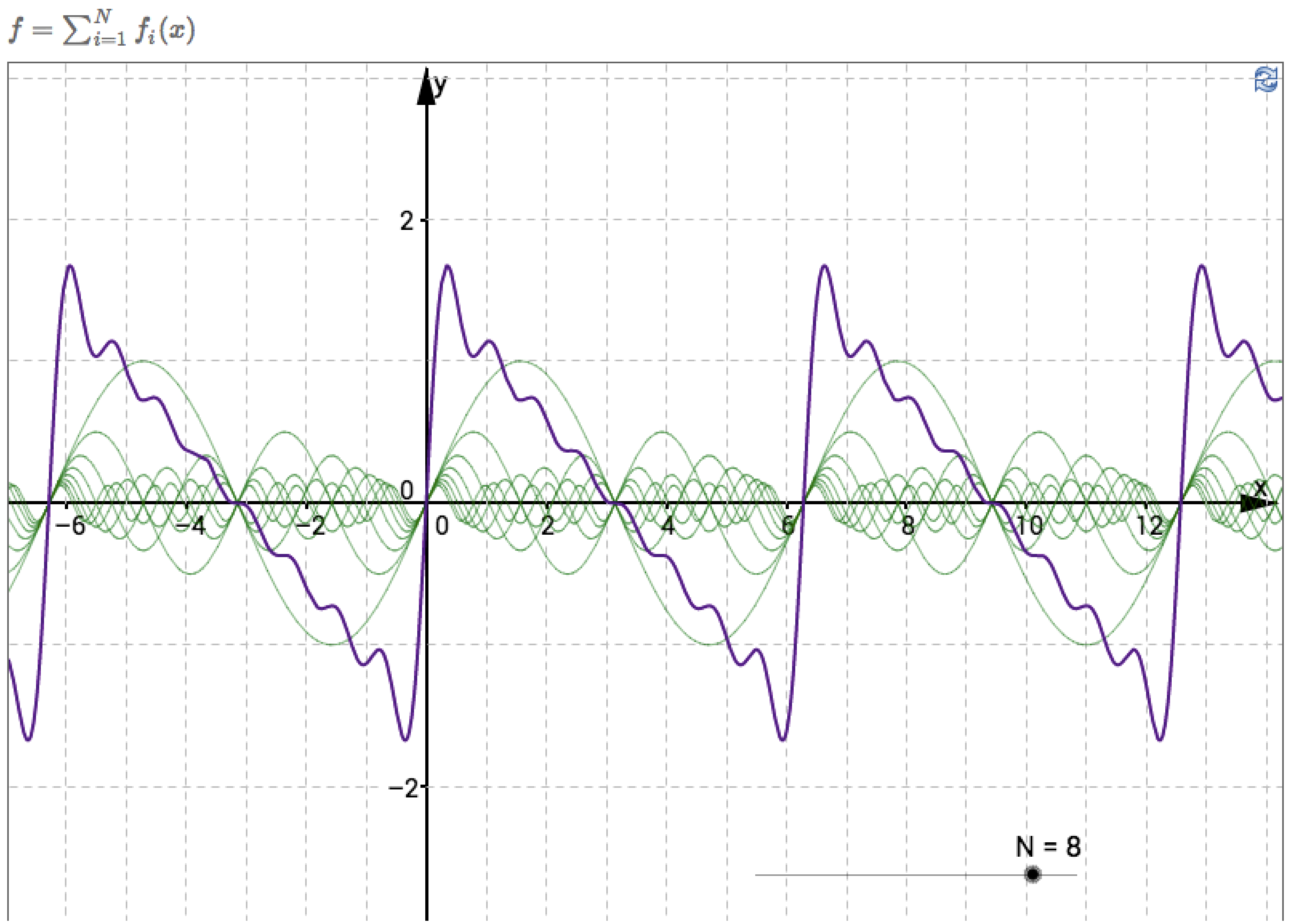
[Link auf GeoGebraTube]

PUNKT AUF FUNKTION

1. Beweglicher Punkt auf der x-Achse
2. entsprechender Punkt auf einer Funktion

```
f(x) =x^2*sin(x^2)
X_0 =Punkt[y=0]
P =(x(X_0),f(x(X_0)))
```

FOLGE VON FUNKTIONEN



Link auf GeoGebraTube

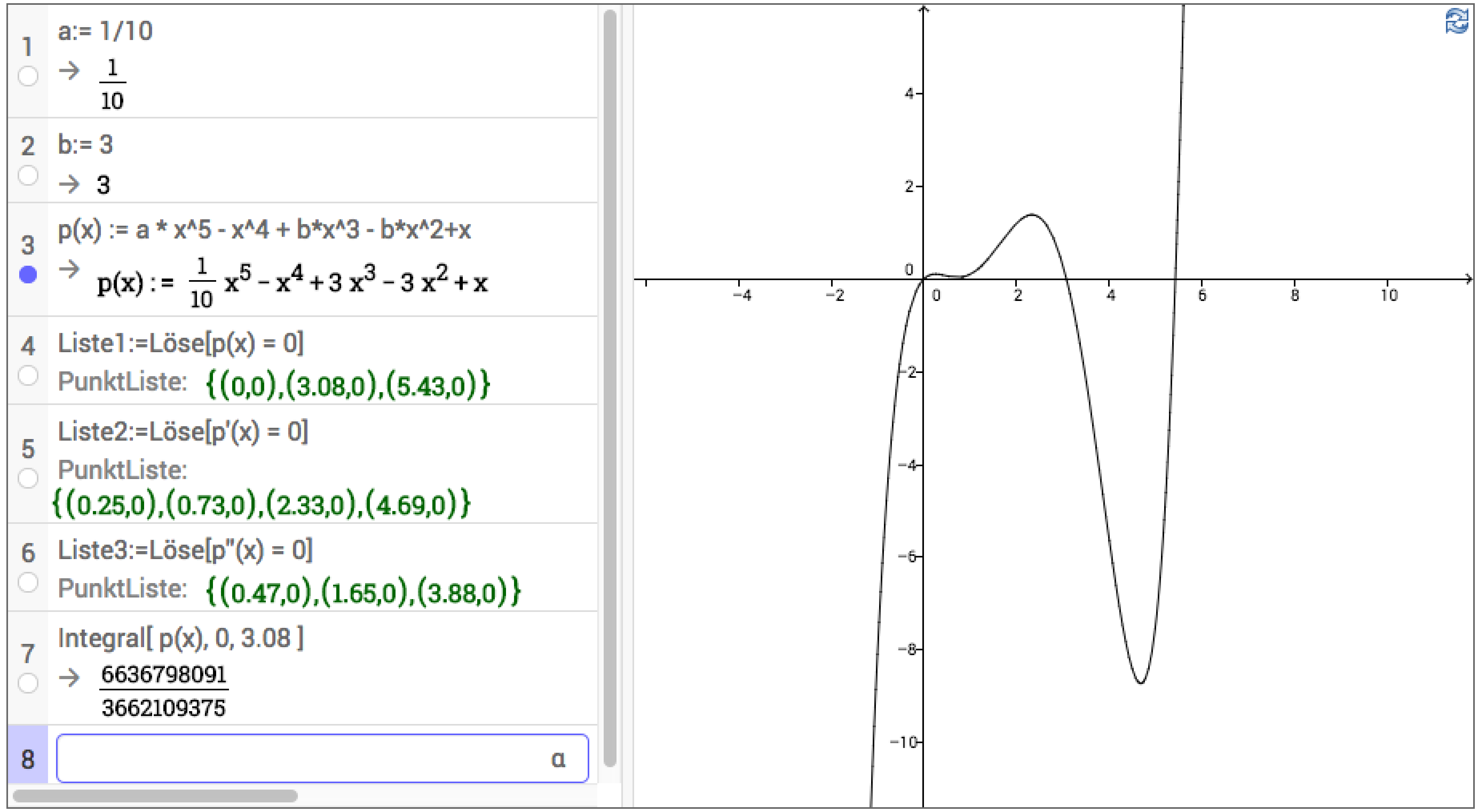
CAS DIREKT
ALS WEBANWENDUNG NUTZEN

FINDE AUSGEZEICHNETE PUNKTE EINER FUNKTIONSSCHAR

$$p(x) = a \cdot x^5 - x^4 + b \cdot x^3 - b \cdot x^2 + x$$

Für den Fall: $a = \frac{1}{10}$ und $b = 3$

1. Finden Sie die Nullstellen der Funktion $p(x)$
2. Finden Sie die Extremalstellen und Extremalwerte
3. Finden Sie die Wendepunkte
4. Berechnen Sie den Flächeninhalt zwischnen der x-Achse und der Funktion $p(x)$



http://tube.geogebra.org/student/m833905

CAS Befehle

```
f(x) := a x^3 + b x^2+ c x+d

f(-1) = 1

f(1) = -1

f'(1)=-1

f'(-1) = 1

Löse[{$2, $3, $4, $5},{a, b, c, d}]

g(x):=Ersetze[$1,$6]
```

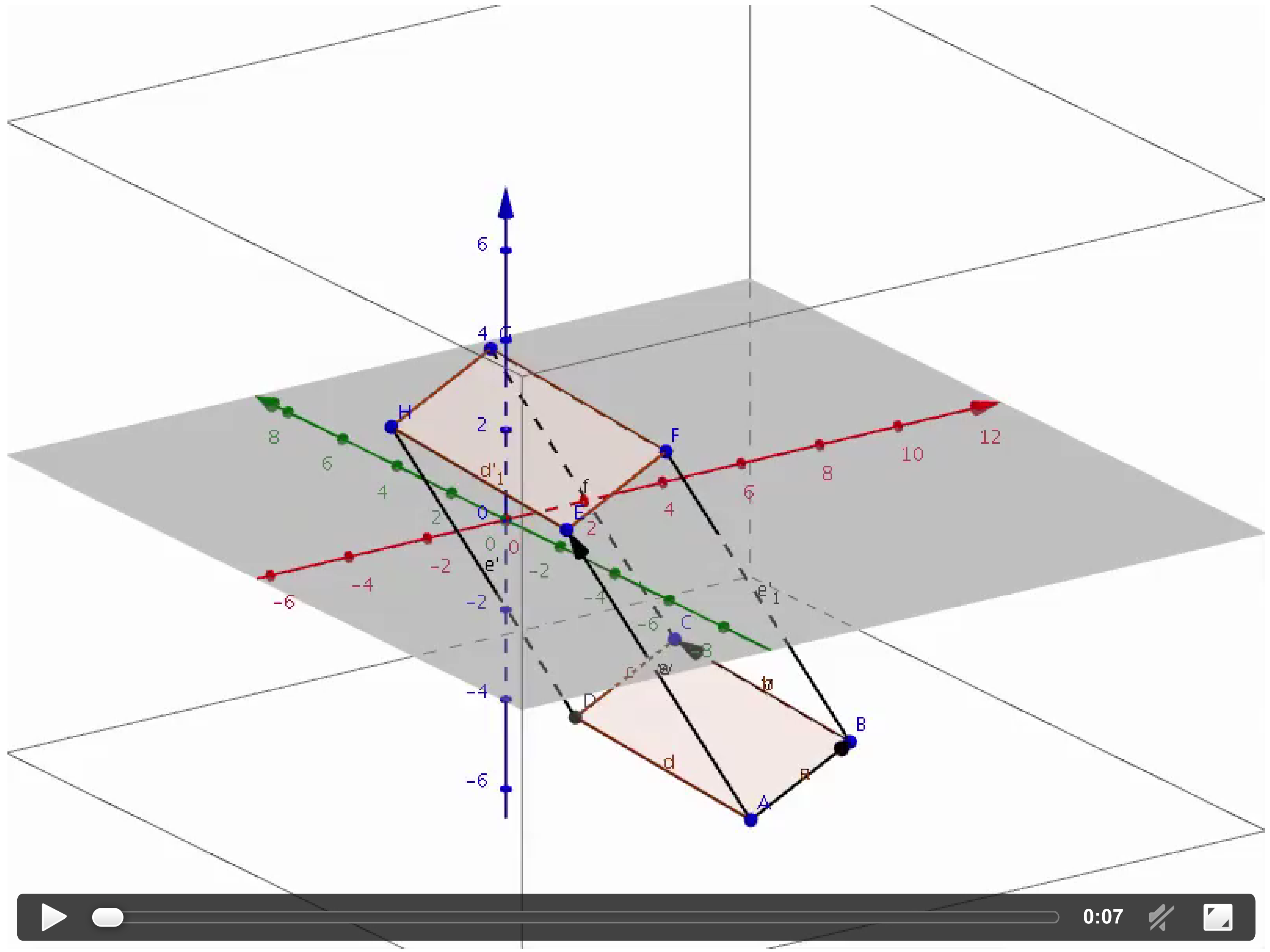
AUFTRAG: TESTEN SIE ES GLEICH AUS!

CAS im Browser

VEKTOR-GEOMETRIE

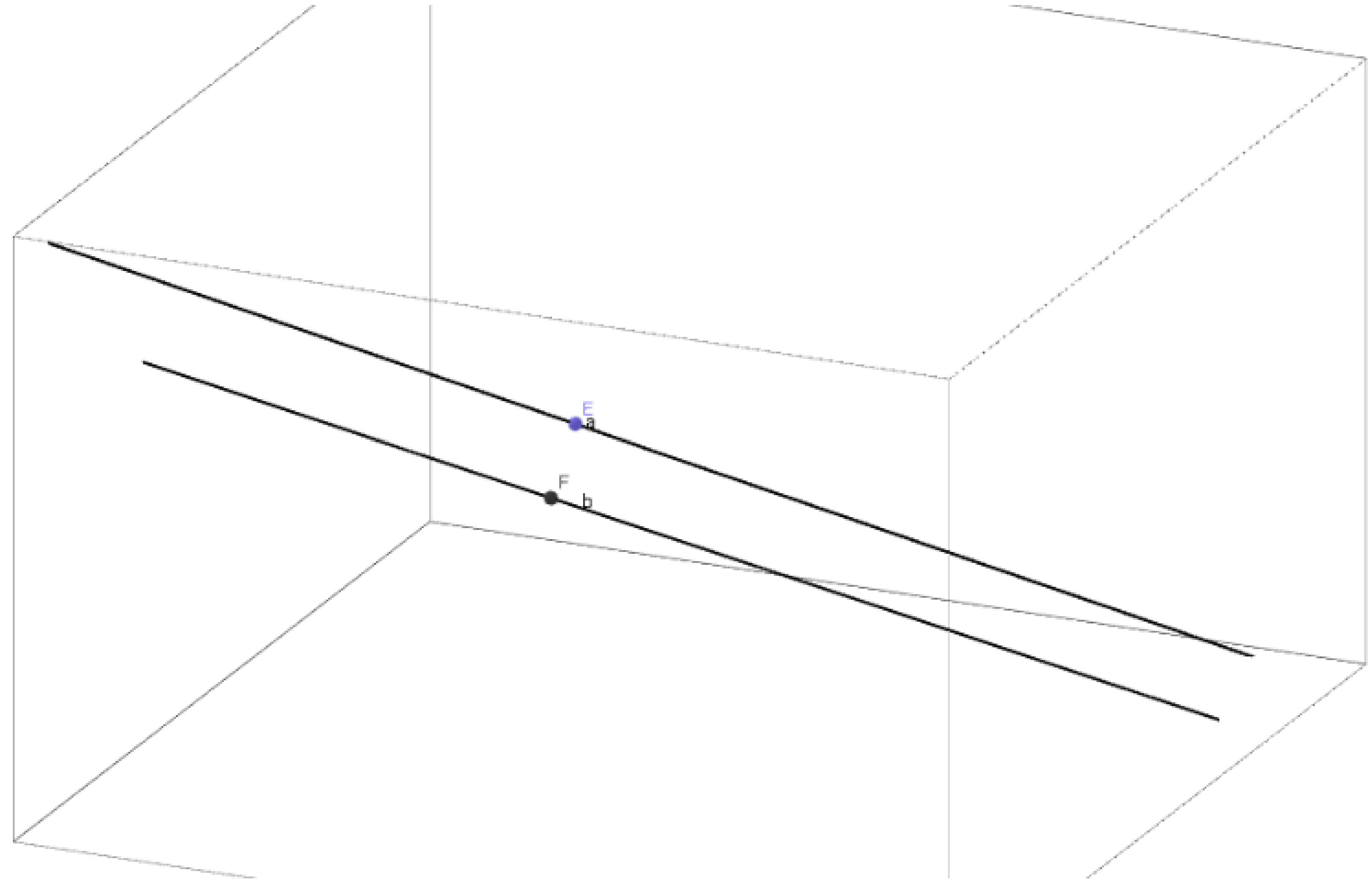
- Ein Spat
- Abstand zweier Geraden
- Würfelschnitte

EIN SPAT



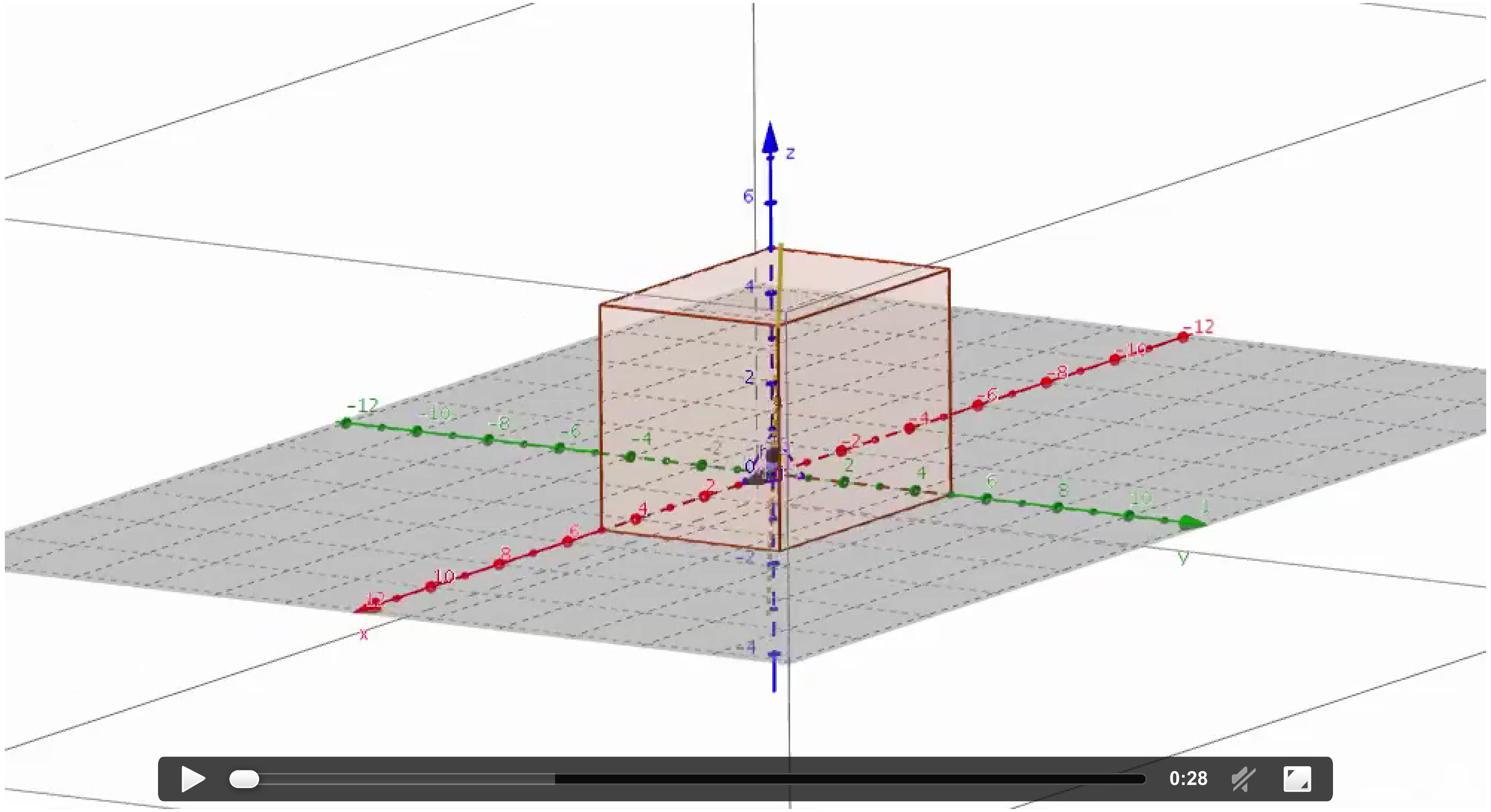
- http://tube.geogebra.org/student/m320977

ABSTAND ZWEIER GERADEN



- http://tube.geogebra.org/student/m320555

WÜRFELSCHNITTE



- Diagonale Ebene http://tube.geogebra.org/student/m321009
- Beliebige Ebene http://tube.geogebra.org/student/m321021

$A(8 / 11 / 11)$ $C(-1 / -1 / -1)$

$P(5 / -1 / -13)$ $Q(13 / 7 / -9)$

Die Gerade g geht durch die Punkte A und P.

Die Gerade h geht durch die Punkte C und Q.

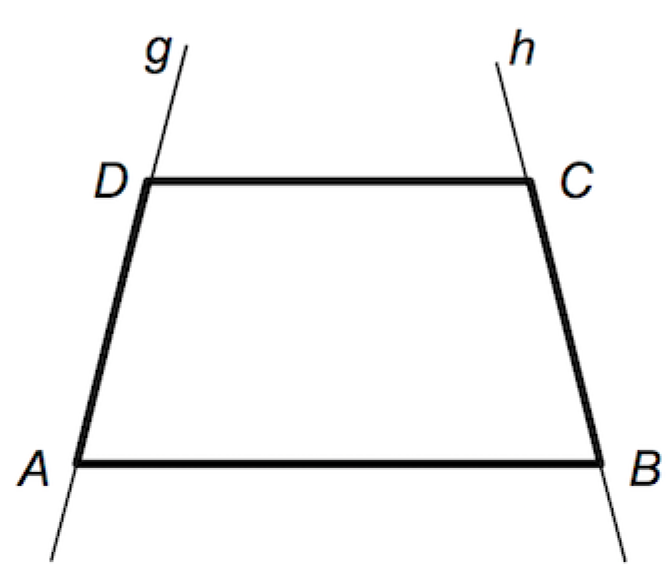
a) Bestimmen Sie die Gleichungen der Geraden g und h.

b) Berechnen Sie die Koordinaten des Schnittpunkts S der beiden Geraden.

c) Unter welchem Winkel α schneiden sich die beiden Geraden g und h?

d) Die Geraden g und h liegen beide in der Ebene E. Bestimmen Sie eine Koordinatengleichung dieser Ebene E.

e) Die oben gegebenen Punkte A und C sind Eckpunkte eines gleichschenkligen Trapezes $ABCD$. Die Punkte A und D liegen auf der Geraden g. Die Punkte B und C liegen auf der Geraden h. Berechnen Sie die Koordinaten der beiden Punkte B und D.



$\overline{AD} = \overline{BC}$

MATURAUFGABE ZUR VEKTORGEOMETRIE
GYM OBERWIL, GRUNDLAGENFACH 2014

- https://tube.geogebra.org/student/m761969

STOCHASTIK

STOCHASTIK MATURAUFGABE

https://tube.geogebra.org/student/m769673

6. Ein Pokerkartendeck enthält 52 Karten bestehend aus vier „Farben“ (Pik, Karo, Kreuz, Herz) zu je 13 Werten: neun Zahlenkarten 2 bis 10 und vier Bildkarten (Bube, Dame, König, Ass).

$\boxed{4+4+3 = 11 \text{ Punkte}}$

a) Es werden 5 Karten gezogen ohne Zurücklegen. Die Reihenfolge spielt dabei keine Rolle.
   - a1) Wie viele verschiedene Kombinationen sind möglich?
   - a2) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass kein Ass gezogen wird?
   - a3) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit für einen Vierling (vier Karten vom gleichen Wert und eine andere Karte)?
   - a4) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Full House gezogen wird? Full House: Drilling (drei Karten vom gleichen Wert) und Paar (zwei Karten vom gleichen Wert).

b) Die Firma, welche das Pokerkartendeck hergestellt hat, unterhält zwei Produktionsanlagen. Anlage A produziert 60% der Kartendecks, der Rest wird von Anlage B übernommen. Maschinell bedingte Fehler führen bei der Anlage A dazu, dass bei 0.1% der Kartendecks eine Karte fehlt, während dies bei der Anlage B nur bei 0.05% der Kartendecks der Fall ist.

b1) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kartendeck fehlerhaft ist?

b2) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kartendeck, das vollständig ist, aus der Anlage A stammt?

c) Ein sehr preiswerter Hersteller für Produktionsanlagen von Kartendecks behauptet, dass bei seinen Maschinen höchstens 1% der Kartendecks fehlerhaft sind.
Wie müssen Sie den Verwerfungsbereich dieser Hypothese anlegen, wenn Sie 2000 Kartendecks dieses Herstellers prüfen und mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ kalkulieren?

TEILAUFGABE A - CAS-FENSTER

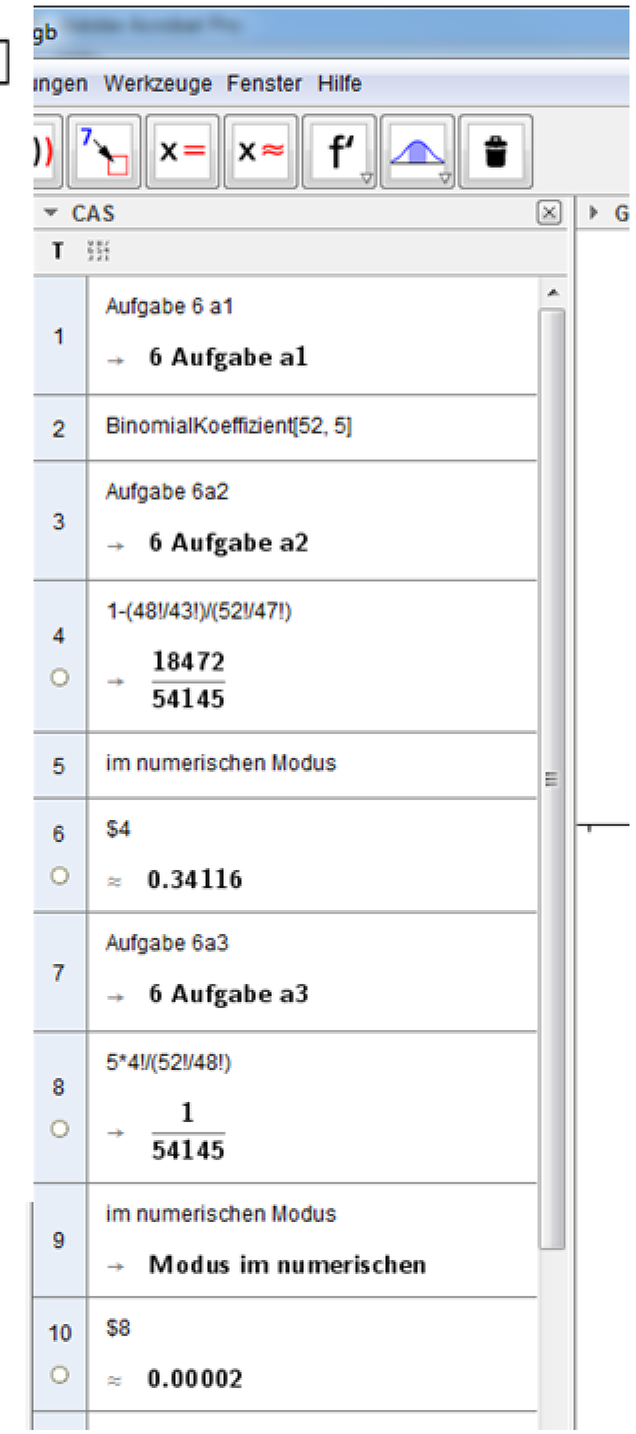
Ein Pokerkartendeck enthält 52 Karten bestehend aus vier „Farben" (Pik, Karo, Kreuz, Herz) zu je 13 Werten: neun Zahlenkarten 2 bis 10 und vier Bildkarten (Bube, Dame, König, Ass).

4+4+3 = 11 Punkte

a) Es werden 5 Karten gezogen ohne Zurücklegen. Die Reihenfolge spielt dabei keine Rolle.
   - a1) Wie viele verschiedene Kombinationen sind möglich?
   - a2) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass kein Ass gezogen wird?
   - a3) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit für einen Vierling (vier Karten vom gleichen Wert und eine andere Karte)?
   - a4) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Full House gezogen wird? Full House: Drilling (drei Karten vom gleichen Wert) und Paar (zwei Karten vom gleichen Wert).

b) Die Firma, welche das Pokerkartendeck hergestellt hat, unterhält zwei Produktionsanlagen. Anlage *A* produziert 60% der Kartendecks, der Rest wird von Anlage *B* übernommen. Maschinell bedingte Fehler führen bei der Anlage *A* dazu, dass bei 0.1% der Kartendecks eine Karte fehlt, während dies bei der Anlage *B* nur bei 0.05% der Kartendecks der Fall ist.
   - b1) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kartendeck fehlerhaft ist?
   - b2) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kartendeck, das vollständig ist, aus der Anlage *A* stammt?

c) Ein sehr preiswerter Hersteller für Produktionsanlagen von Kartendecks behauptet, dass bei seinen Maschinen höchstens 1% der Kartendecks fehlerhaft sind. Wie müssen Sie den Verwerfungsbereich dieser Hypothese anlegen, wenn Sie 2000 Kartendecks dieses Herstellers prüfen und mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ kalkulieren?



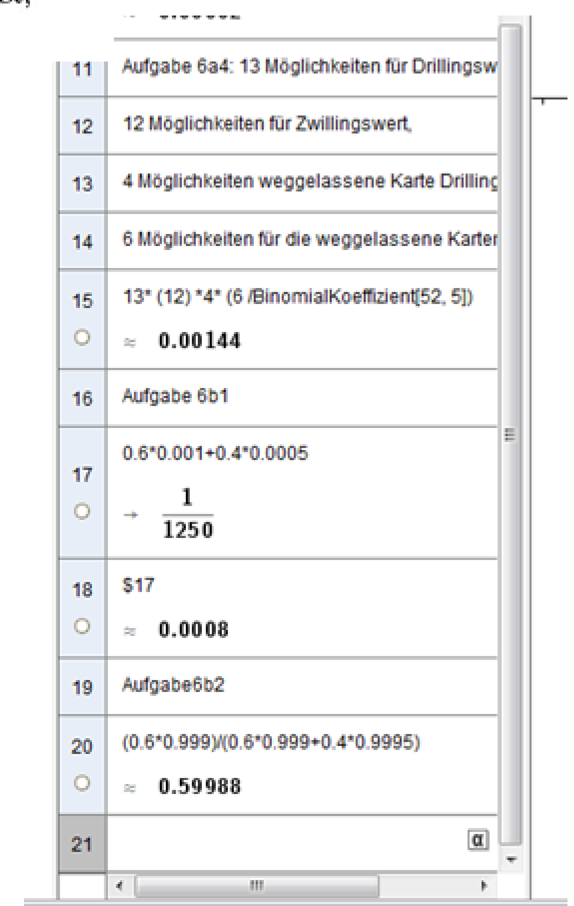
TEILAUFGABE A&B - CAS-FENSTER

a4) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Full House gezogen wird?
Full House: Drilling (drei Karten vom gleichen Wert) und Paar (zwei Karten vom gleichen Wert).

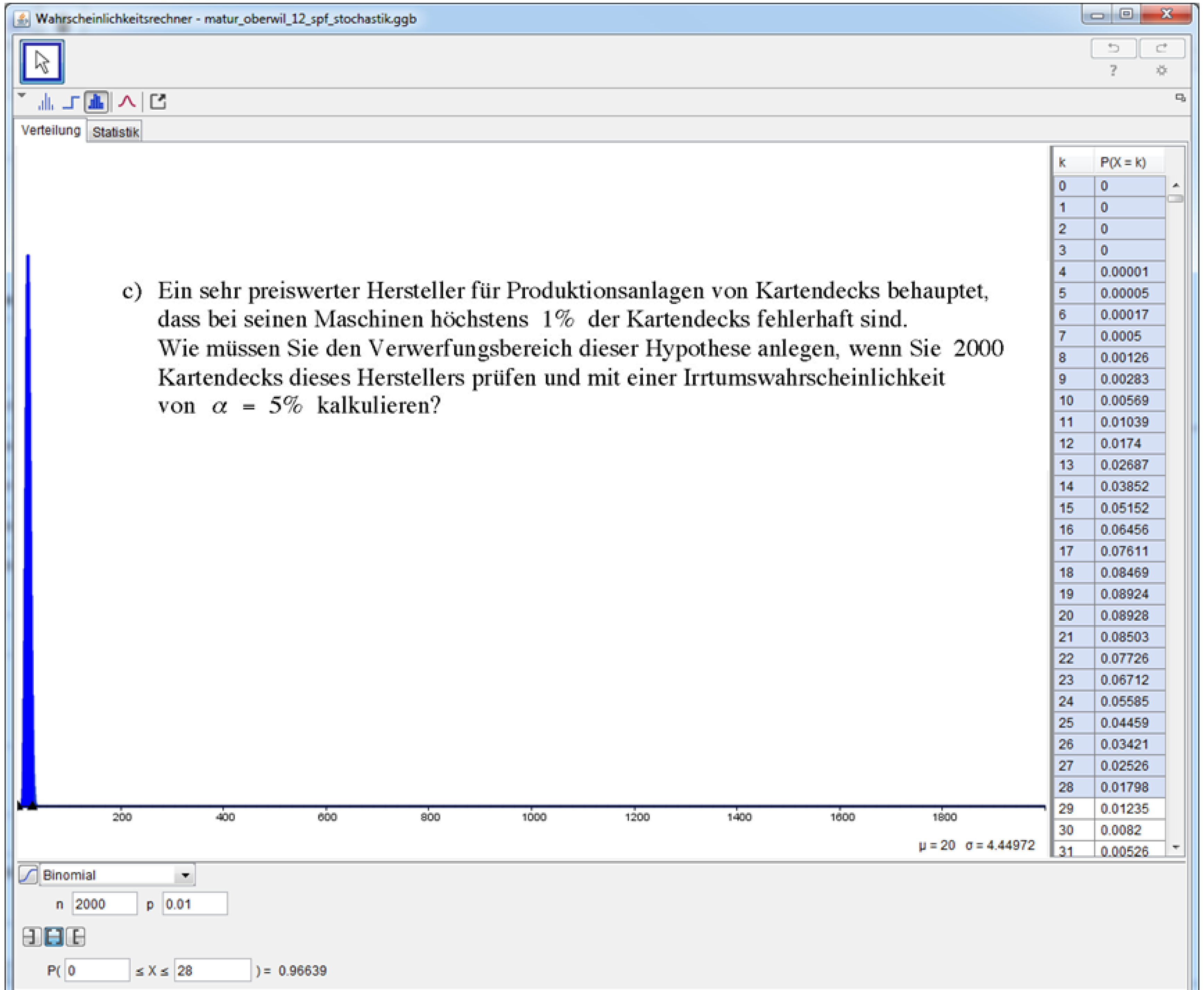
b) Die Firma, welche das Pokerkartendeck hergestellt hat, unterhält zwei Produktionsanlagen. Anlage A produziert 60% der Kartendecks, der Rest wird von Anlage B übernommen. Maschinell bedingte Fehler führen bei der Anlage A dazu, dass bei 0.1% der Kartendecks eine Karte fehlt, während dies bei der Anlage B nur bei 0.05% der Kartendecks der Fall ist.

b1) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kartendeck fehlerhaft ist?

b2) Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Kartendeck, das vollständig ist, aus der Anlage A stammt?



C - WAHRSCHEINLICHKEITSRECHNER IM MENÜ ZUM CAS-FENSTER



ANGEFRAGTE THEMENGEBIETE

GeoGebra Anwendungen selbständig erproben und weitere Beispiele in GeoGebraTube finden.

- Ober-/Untersummenberechnungen B1 B2 B3
- Geometrie und Funktionen B0 B1 B2 B3 B4 B5
- Stochastik B1 B2 B3 B4
- Regression B1 B2 B3

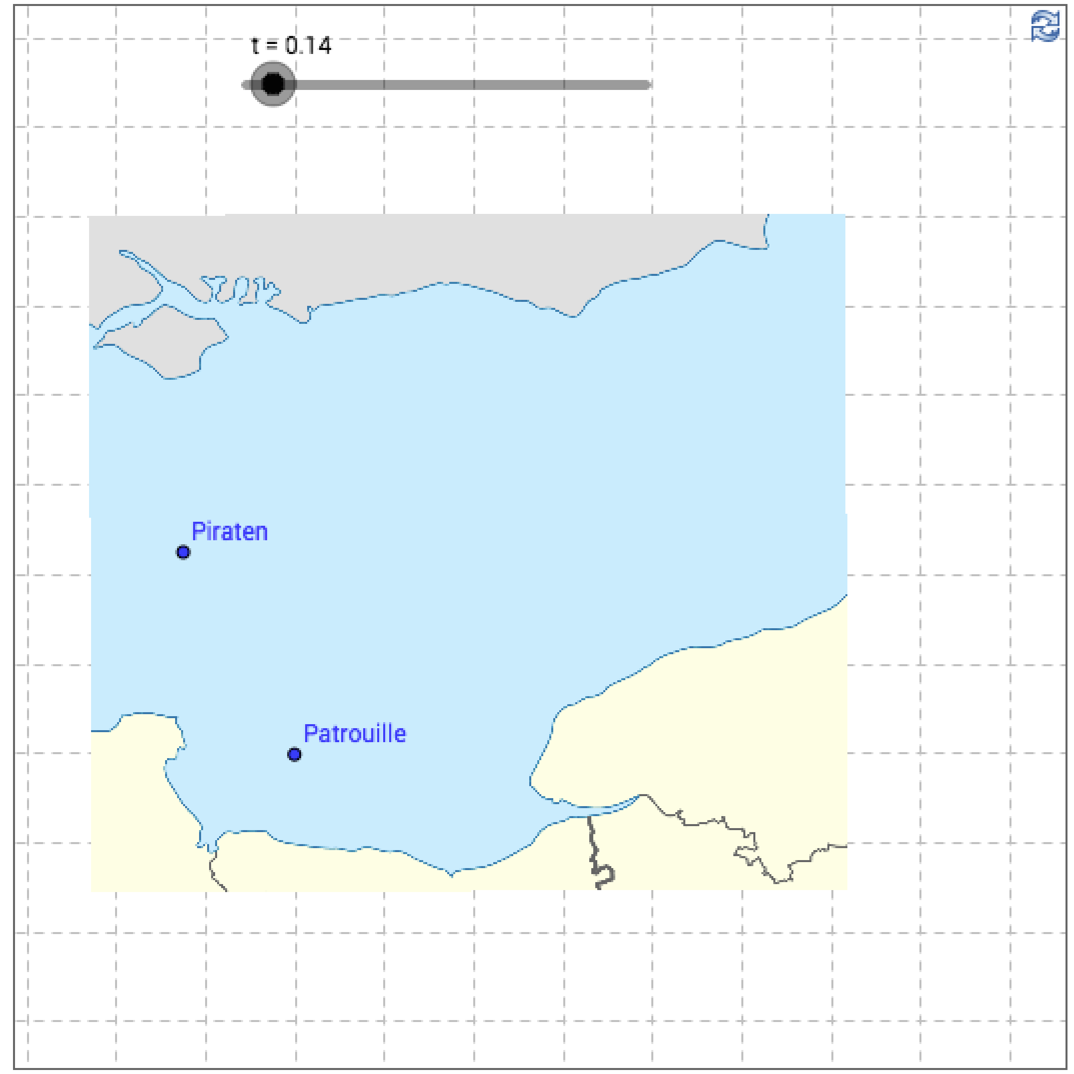
DESSERT

- Tabellen-kalkulation
- Piratenaufgabe
- Differentialgleichungen
- Abbildungen (Matrizen)
- Bestimmung von Eigenvektoren
- Zentralprojektion & Parallaxe
- Fermat-Punkt

PIRATEN-
AUFGABE

Eine Piratengeschichte aus einer Zeit, als es noch kein Radargerät gab

Aus dem sicheren Hafen sticht an einem nebligen Novembertag ein Patrouillenboot in See, um Piraten aufzustöbern. Die Voraussetzungen hierfür sind denkbar schlecht, denn die Sichtweite beträgt nur 0,5 km. Dennoch befiehlt der Kommandant die Ausfahrt und das Boot geht mit 20 km/h auf Kurs Nordost.
Zur gleichen Zeit fährt ein Piratenschiff mit 15 km/h in Richtung Südost. Als das Patrouillenboot den Hafen verlässt, befindet sich das Piratenschiff 8 km in nördlicher und 2 km in östlicher Richtung vom Hafen entfernt.

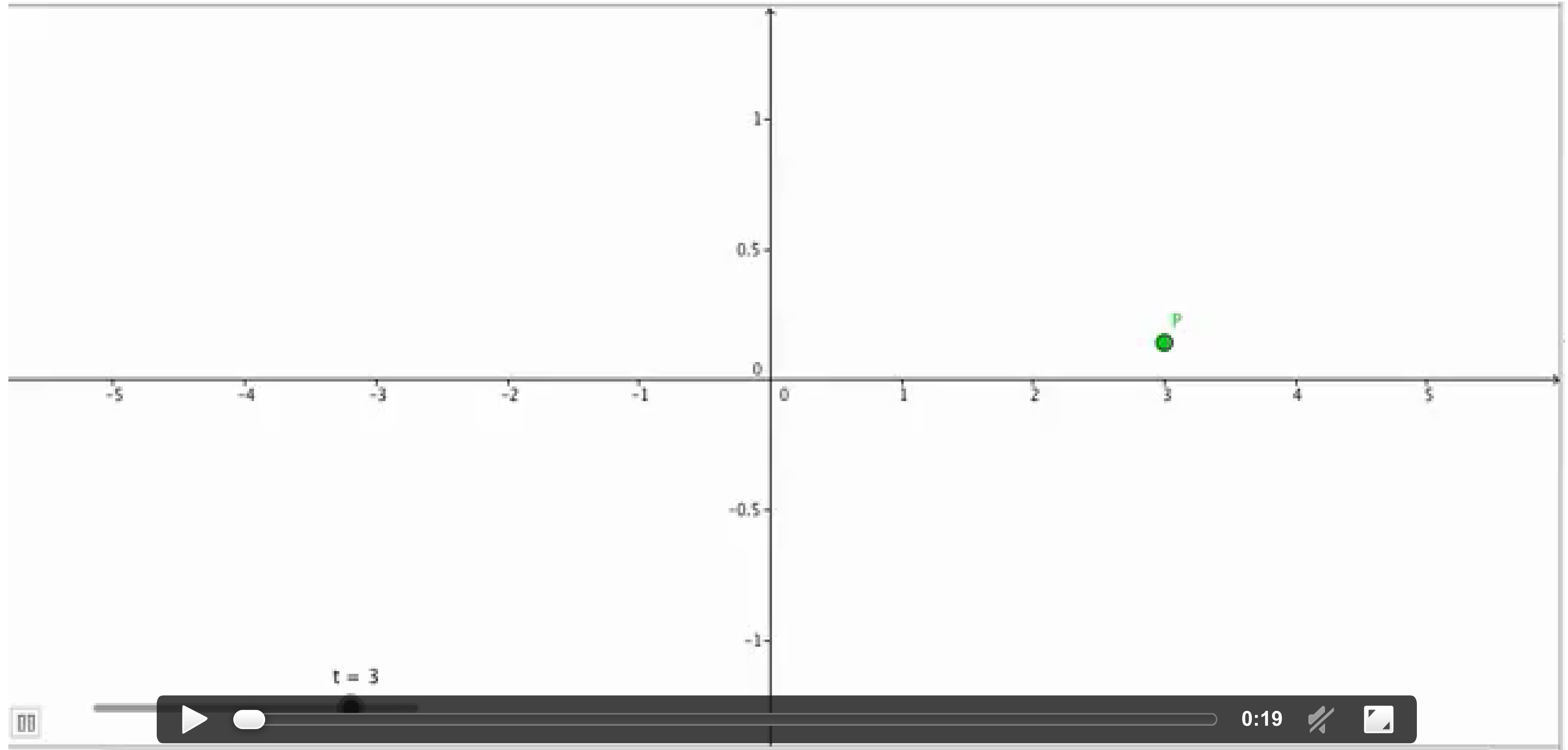


Link auf GeoGebraTube

BEWEGUNGEN SIMULIEREN

x,y-Position als Funktion von t

```
t = 0.0
P = (t,sin(t))
```



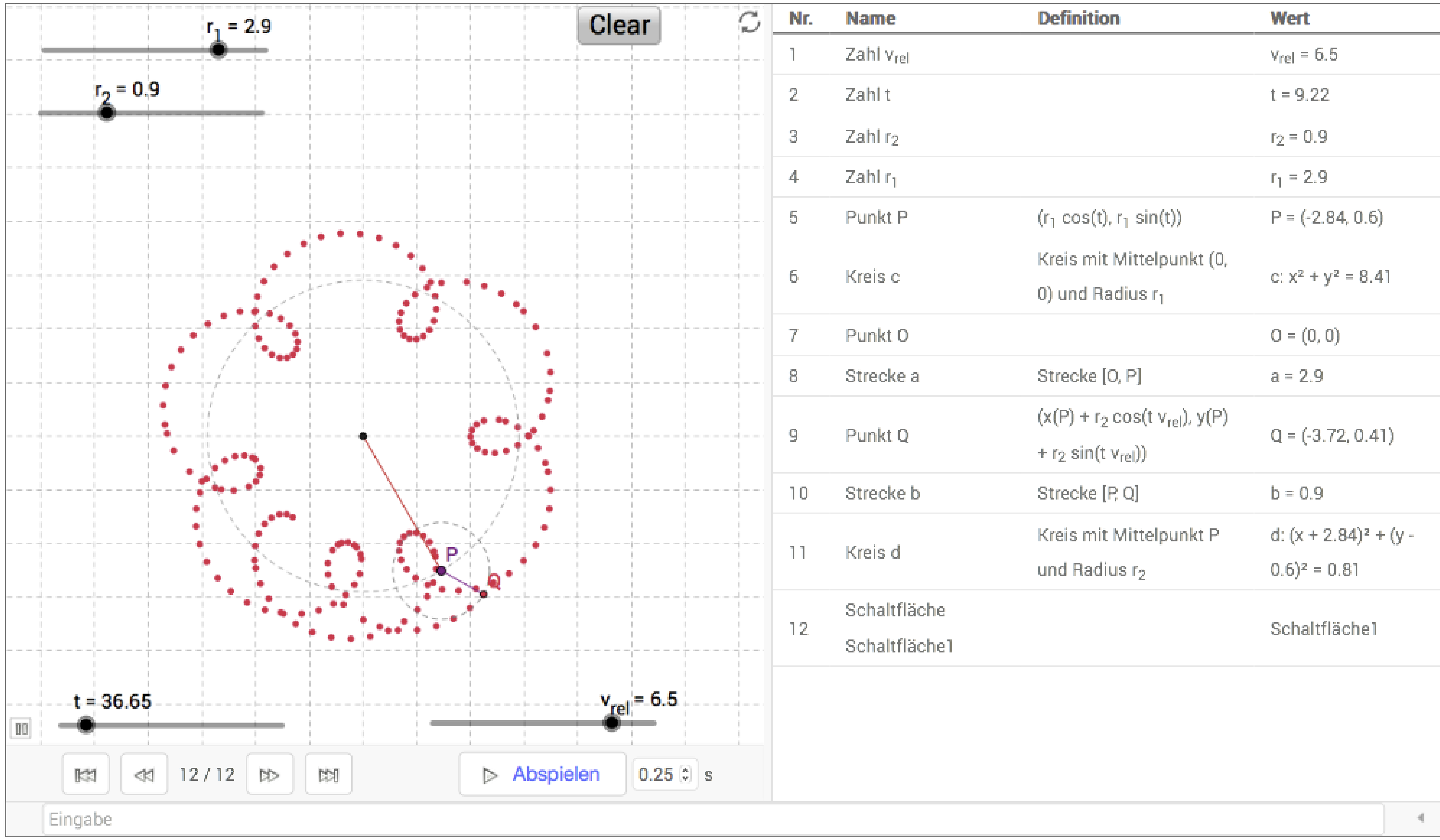
P
t = 3
0:19

GEKOPPELTE KREISBEWEGUNGEN

$$\vec{P}(t) = \begin{pmatrix} r_1 \cdot \cos(t) \\ r_1 \cdot \sin(t) \end{pmatrix}$$

$$\vec{Q}(t) = \begin{pmatrix} x(P) \cdot r_2 \cdot \cos(v_{rel} \cdot t) \\ y(P) \cdot r_2 \cdot \sin(v_{rel} \cdot t) \end{pmatrix}$$

GEKOPPELTE KREISBEWEGUNGEN



Nr.	Name	Definition	Wert
1	Zahl v_{rel}		$v_{rel} = 6.5$
2	Zahl t		t = 9.22
3	Zahl r_2		$r_2 = 0.9$
4	Zahl r_1		$r_1 = 2.9$
5	Punkt P	$(r_1 \cos(t), r_1 \sin(t))$	P = (-2.84, 0.6)
6	Kreis c	Kreis mit Mittelpunkt (0, 0) und Radius r_1	c: $x^2 + y^2 = 8.41$
7	Punkt O		O = (0, 0)
8	Strecke a	Strecke [O, P]	a = 2.9
9	Punkt Q	$(x(P) + r_2 \cos(t\ v_{rel}), y(P) + r_2 \sin(t\ v_{rel}))$	Q = (-3.72, 0.41)
10	Strecke b	Strecke [P, Q]	b = 0.9
11	Kreis d	Kreis mit Mittelpunkt P und Radius r_2	d: $(x + 2.84)^2 + (y - 0.6)^2 = 0.81$
12	Schaltfläche Schaltfläche1		Schaltfläche1

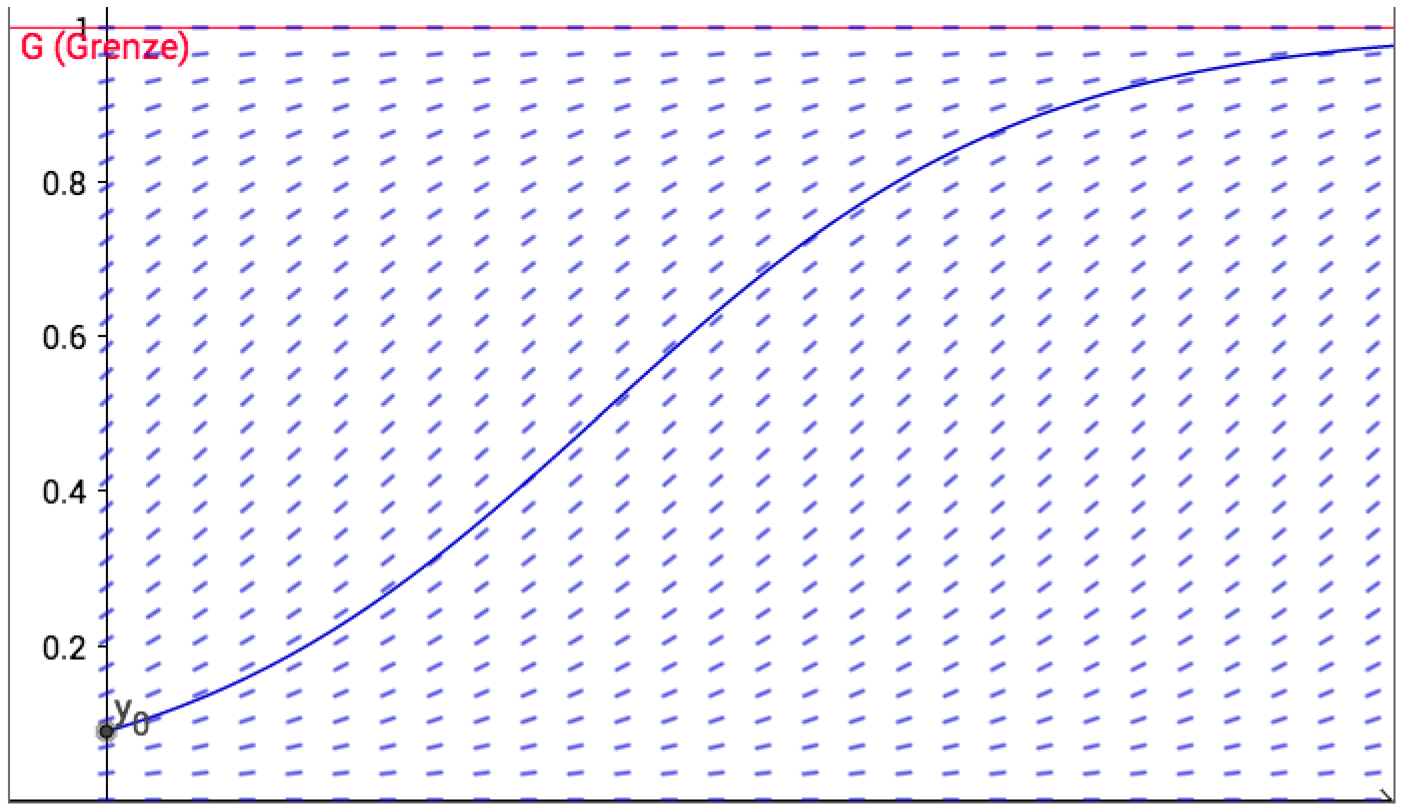
http://tube.geogebra.org/student/m921873

DGL

1. ORDNUNG

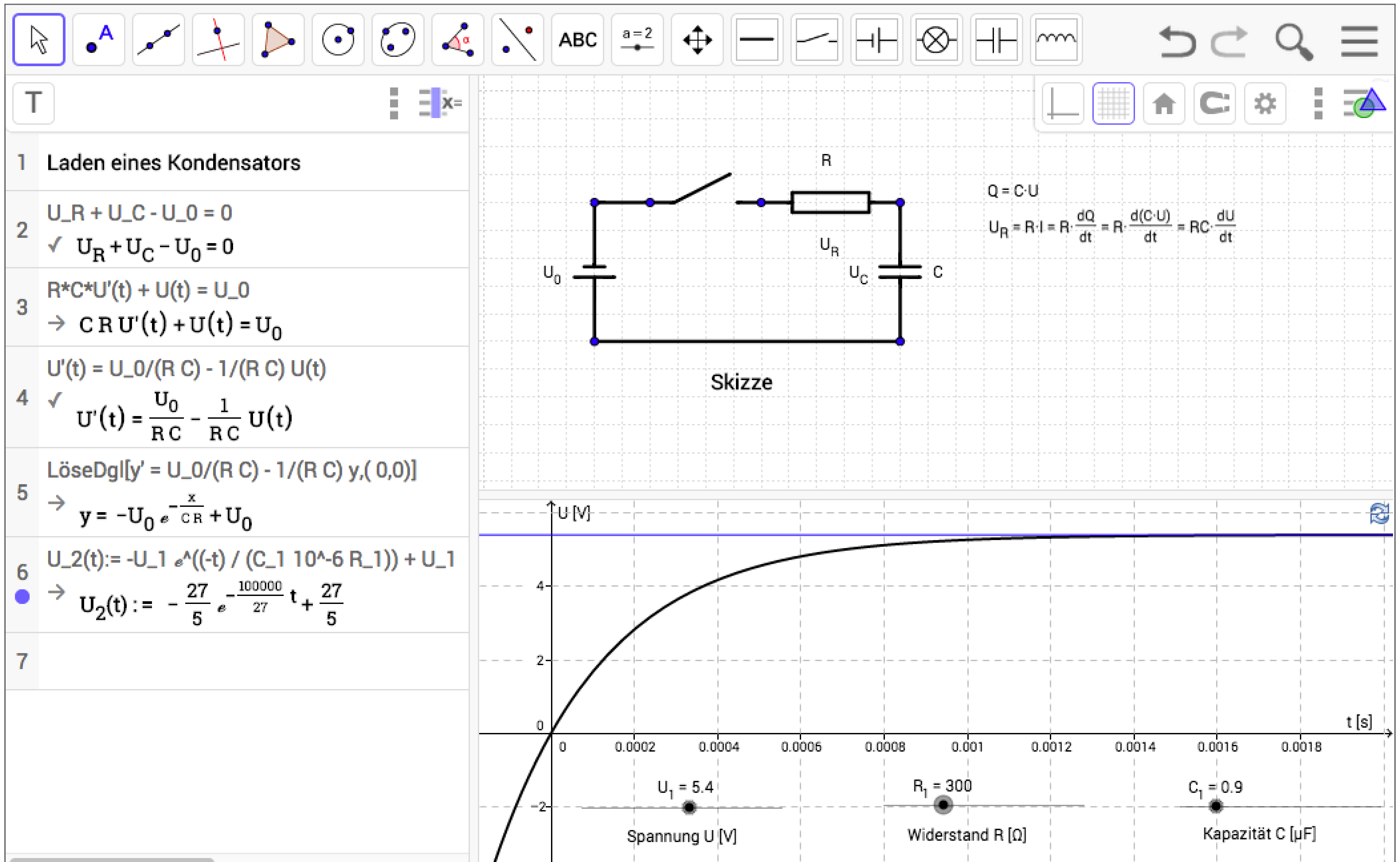
WACHTUMSMODELLE

http://tube.geogebra.org/material/show/id/31166



LADEN EINES KONDESATORS

http://tube.geogebra.org/material/show/id/446087



NUMERISCHES LÖSEN VON DG ERSTER ORDNUNG IN EINEM 2D-RICHTUNGSFELD

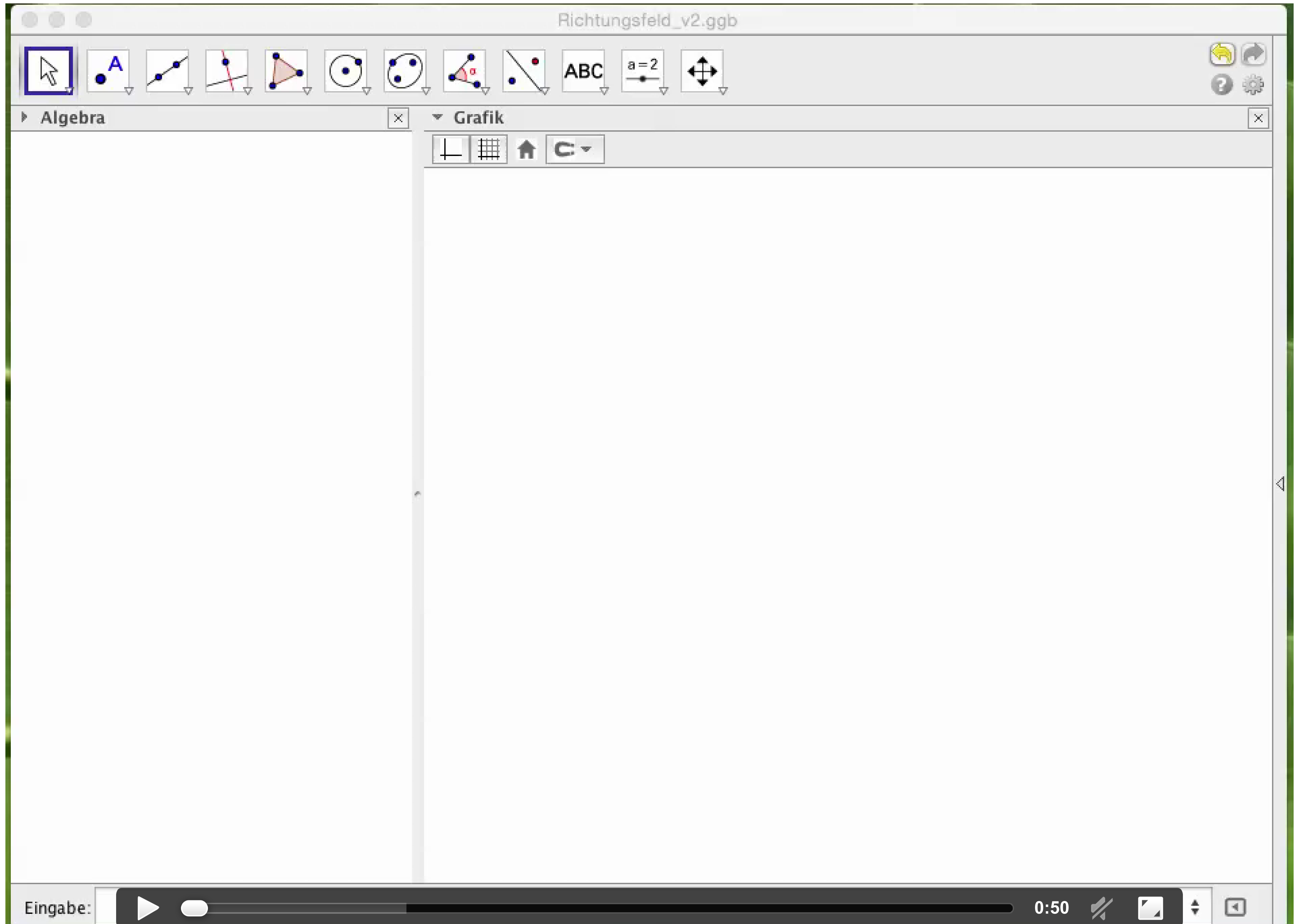
```
A = (1, 1)

f(x, y) = sin(x) cos(y)

Richtungsfeld[f]

LöseDgl[f, x(A), y(A), 20, 0.1]
```

NUMERISCHES LÖSEN VON DG ERSTER ORDNUNG IN EINEM 2D-RICHTUNGSFELD



DGL 2. ORDNUNG

SCHWINGUNG

NEWTON II

$$\vec{F}(t) = m \cdot \vec{a}(t)$$

FEDERPENDEL

$$-k\vec{x}(t) = m \cdot \ddot{\vec{x}}(t)$$

$$\ddot{\vec{x}}(t) = -\frac{k}{m} \cdot \vec{x}(t)$$

$$\ddot{\vec{x}}(t) = -\omega^2 \cdot \vec{x}(t)$$

Annahme einer Lösung:

$$\vec{x}(t) = e^{\lambda \cdot t}$$

$$\ddot{\vec{x}}(t) = \lambda^2 \cdot e^{\lambda \cdot t}$$

einsetzen in DGl

$$\lambda^2 \cdot e^{\lambda \cdot t} = -\omega^2 \cdot e^{\lambda \cdot t}$$

$$(\lambda^2 + \omega^2) \cdot e^{\lambda \cdot t} = 0$$

folglich

$$(\lambda^2 + \omega^2) = 0$$

$$\lambda = i\omega \text{ oder } \lambda = -i\omega$$

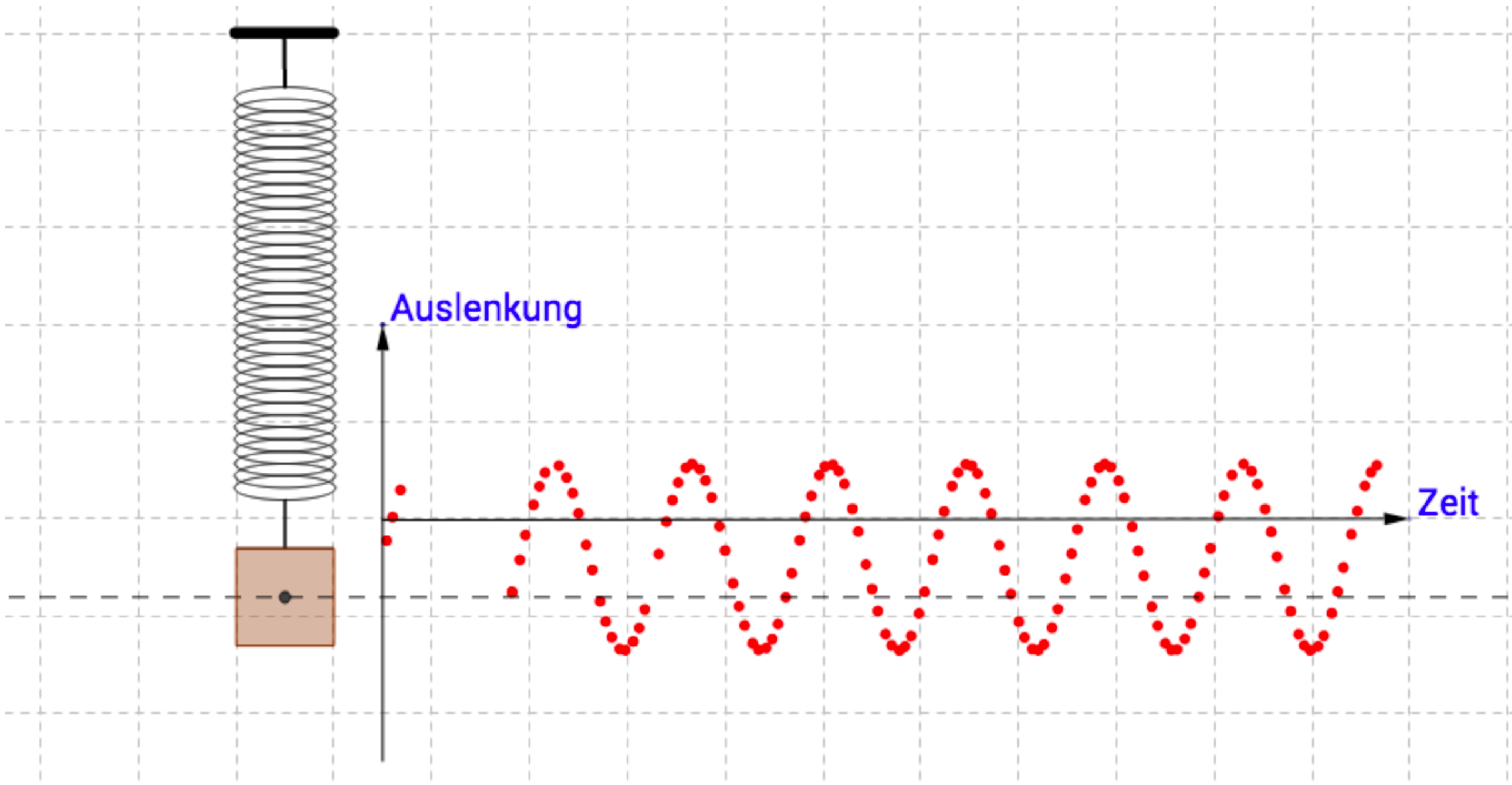
allg. Lösung:

$$\vec{x}(t) = \vec{x}_1(t) + \vec{x}_2(t) = \frac{c_1}{e^{i\omega t}} + c_2 \cdot e^{i\omega t}$$

$$\vec{x}(t) = c_1 \cdot \cos(\omega t) + c_2 \cdot \sin(\omega t)$$

FEDERPENDEL

http://tube.geogebra.org/material/show/id/126500



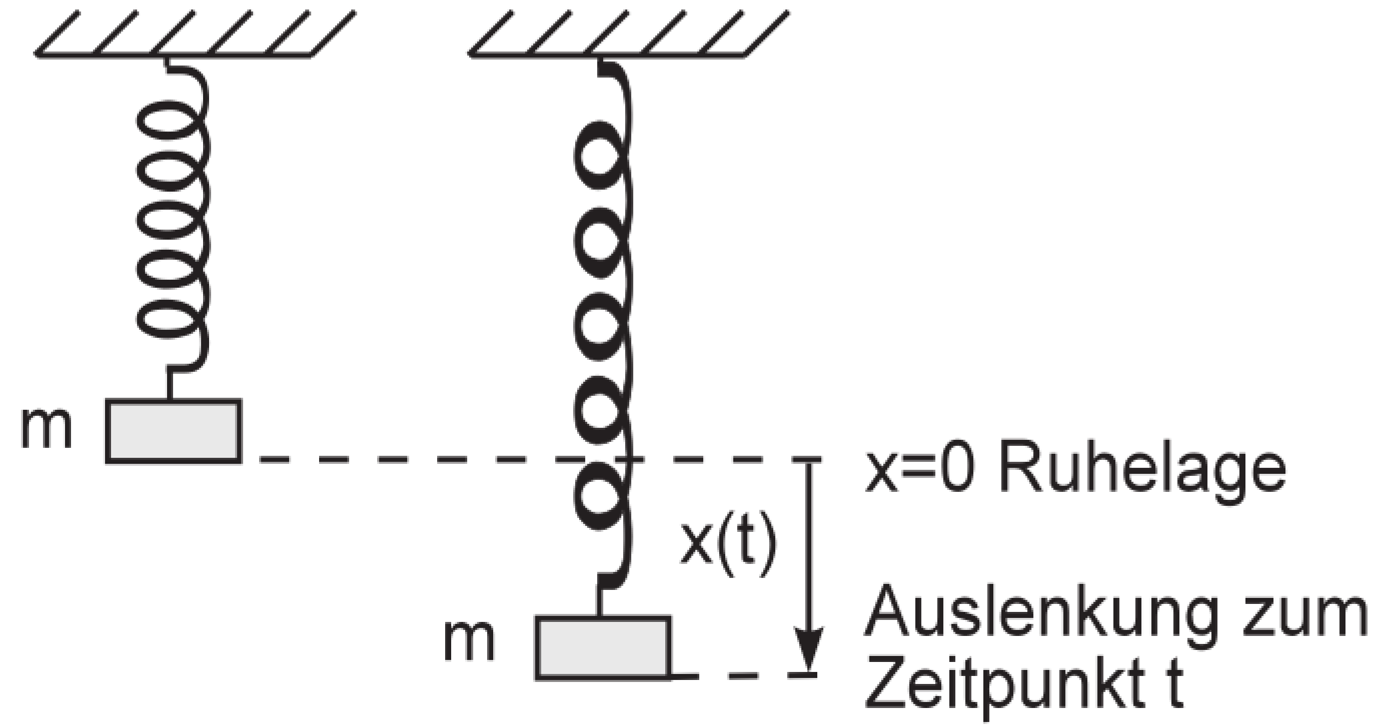


Abb. 12.27. Federpendel

Die Kräfte, die auf die Masse m wirken, sind die Federrückstellkraft $F_D = -D\,x\,(t)$ und die Reibungskraft $F_R = -\beta\,\dot{x}\,(t)$. Nach dem Newtonschen Bewegungsgesetz ist die Beschleunigungskraft $F_B = m\,\ddot{x}\,(t)$ gleich der Summe aller angreifenden Kräfte:

$$\boxed{m\,\ddot{x}\,(t) = -\beta\,\dot{x}\,(t) - D\,x\,(t) \quad \text{mit } x\,(0) = x_0,\ \dot{x}\,(0) = 0}$$

(homogene, lineare DG 2. Ordnung). □

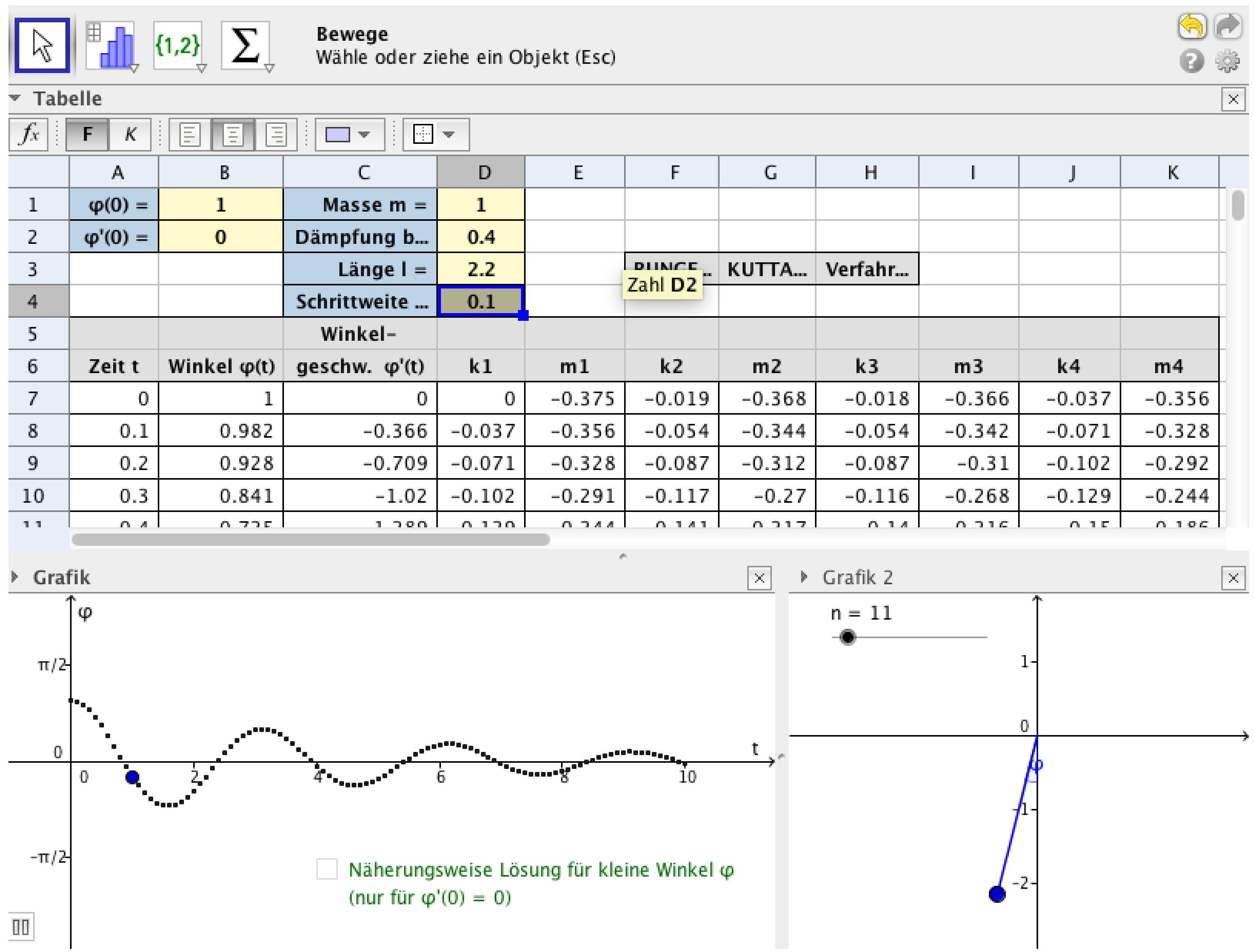
LAGRANGE FORMALISMUS FÜR DAS FADENPENDEL

$$ml^2\ddot{\phi}(t) + mgl\sin(\phi) = 0$$

nur numerisch lösbar !!!

FADENPENDEL SIMULATION

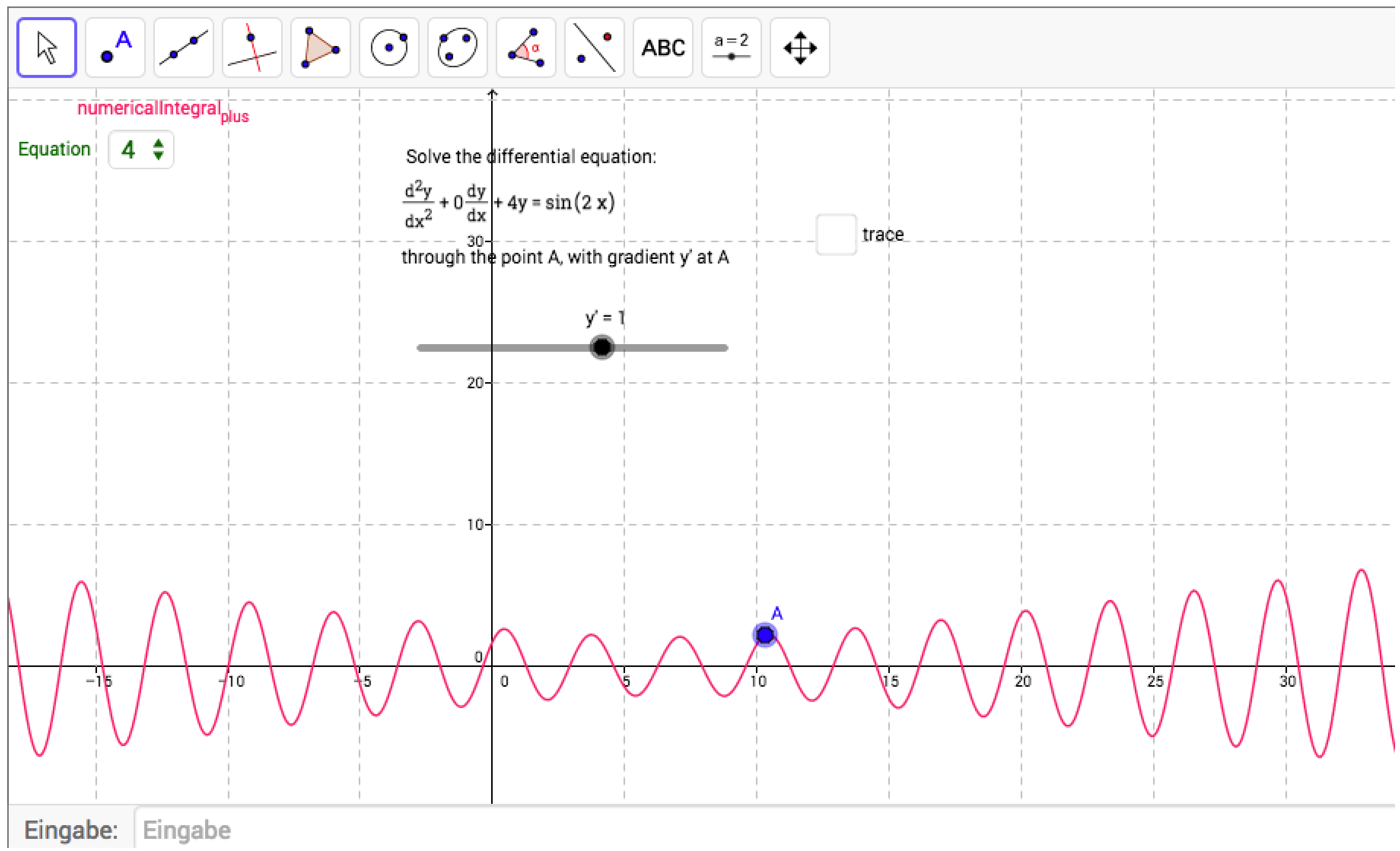
http://tube.geogebra.org/material/show/id/702



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	φ(0) =	1	Masse m =	1							
2	φ'(0) =	0	Dämpfung b...	0.4							
3			Länge l =	2.2		RUNGE...	KUTTA...	Verfahr...			
4			Schrittweite ...	0.1							
5			Winkel-								
6	Zeit t	Winkel φ(t)	geschw. φ'(t)	k1	m1	k2	m2	k3	m3	k4	m4
7	0	1	0	0	-0.375	-0.019	-0.368	-0.018	-0.366	-0.037	-0.356
8	0.1	0.982	-0.366	-0.037	-0.356	-0.054	-0.344	-0.054	-0.342	-0.071	-0.328
9	0.2	0.928	-0.709	-0.071	-0.328	-0.087	-0.312	-0.087	-0.31	-0.102	-0.292
10	0.3	0.841	-1.02	-0.102	-0.291	-0.117	-0.27	-0.116	-0.268	-0.129	-0.244

NUMERISCHE LÖSUNG EINER DGL 2. ORDNUNG

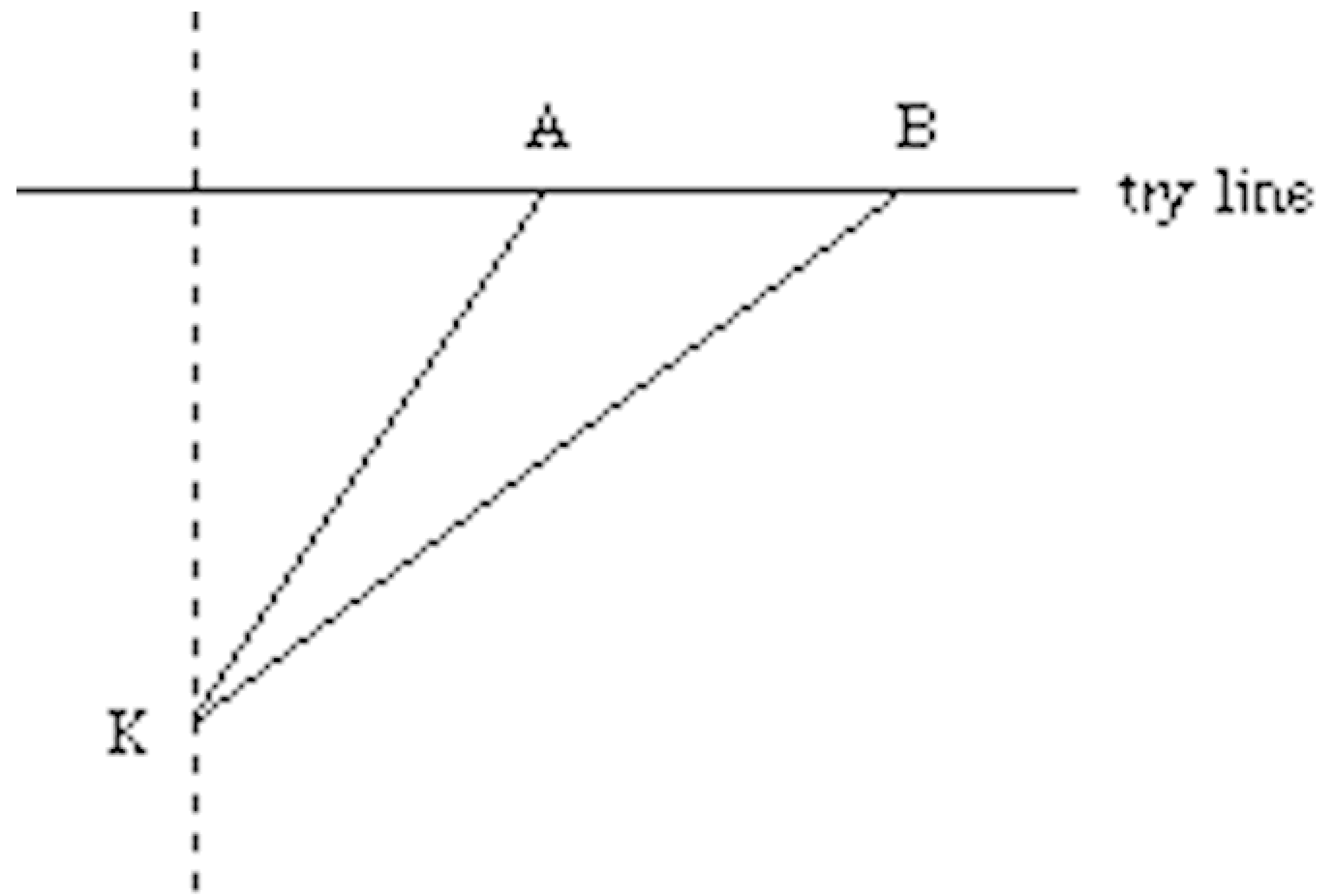
http://tube.geogebra.org/material/show/id/79803



GEOGEBRA
ANLEITUNG
ZU DIFFERENTIALGLEICHUNGEN UND RICHTUNGSFELDER

- http://wiki.geogebra.org/de/L%C3%B6seDgl_%28Befehl%29
- http://wiki.geogebra.org/de/Richtungsfeld_%28Befehl%29
- Schwingungen und Wellen

RUGBY AUFGABE



[Rugby Session by Seymour Papert]

EXKURS
SKALARPOTENTIAL
&
ÄQUIPOTENTIALFLÄCHEN

SKALARPOTENTIAL

$$\Phi : \vec{r} \mapsto \Phi(\vec{r})$$

mit

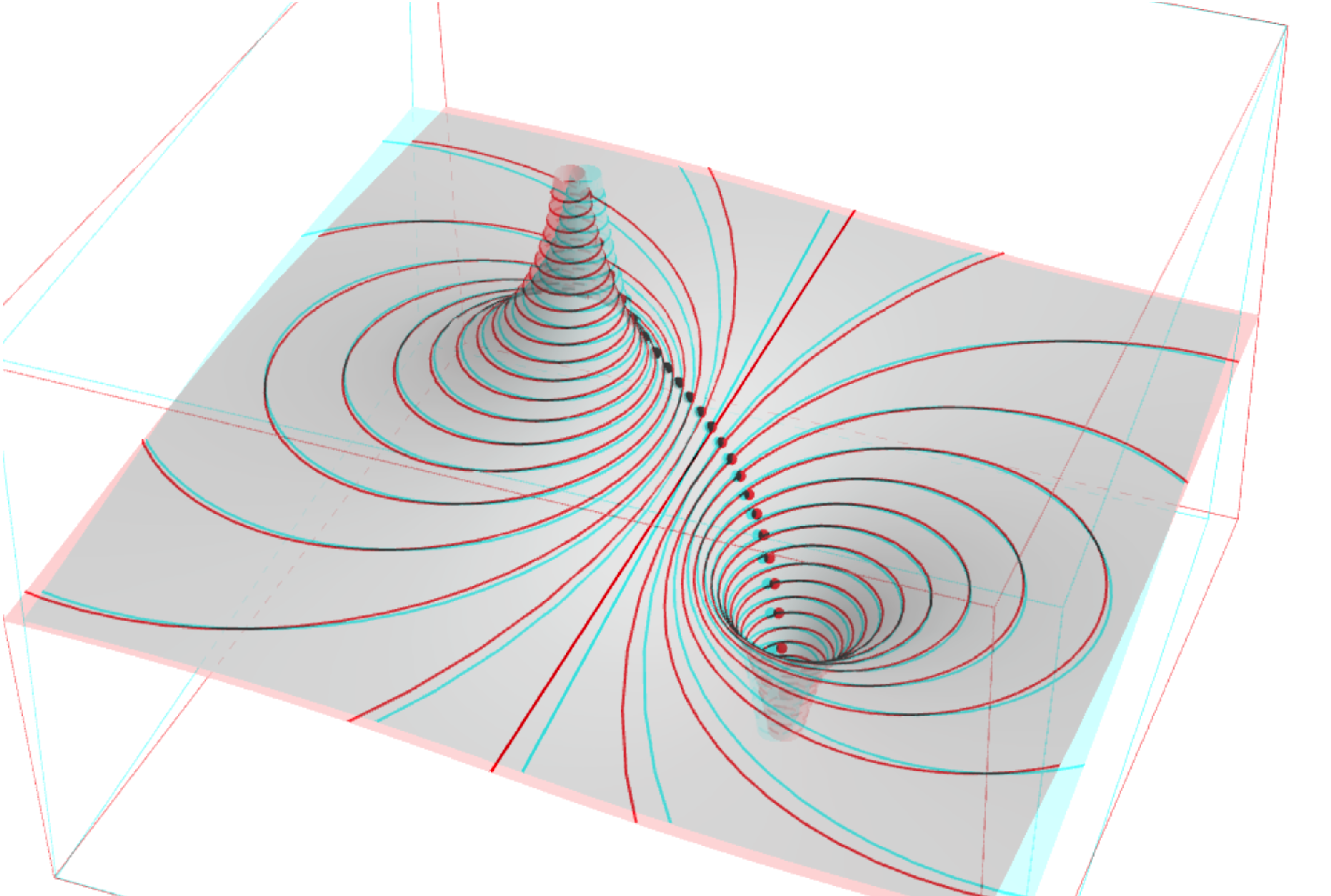
1. Φ ist zweimal stetig differenzierbar
2. Es existiert ein Vektorfeld mit

$$\vec{F} : \vec{r} \mapsto \vec{F}(\vec{r})$$

$$\vec{F}(\vec{r}) = -grad(\Phi(\vec{r}))$$

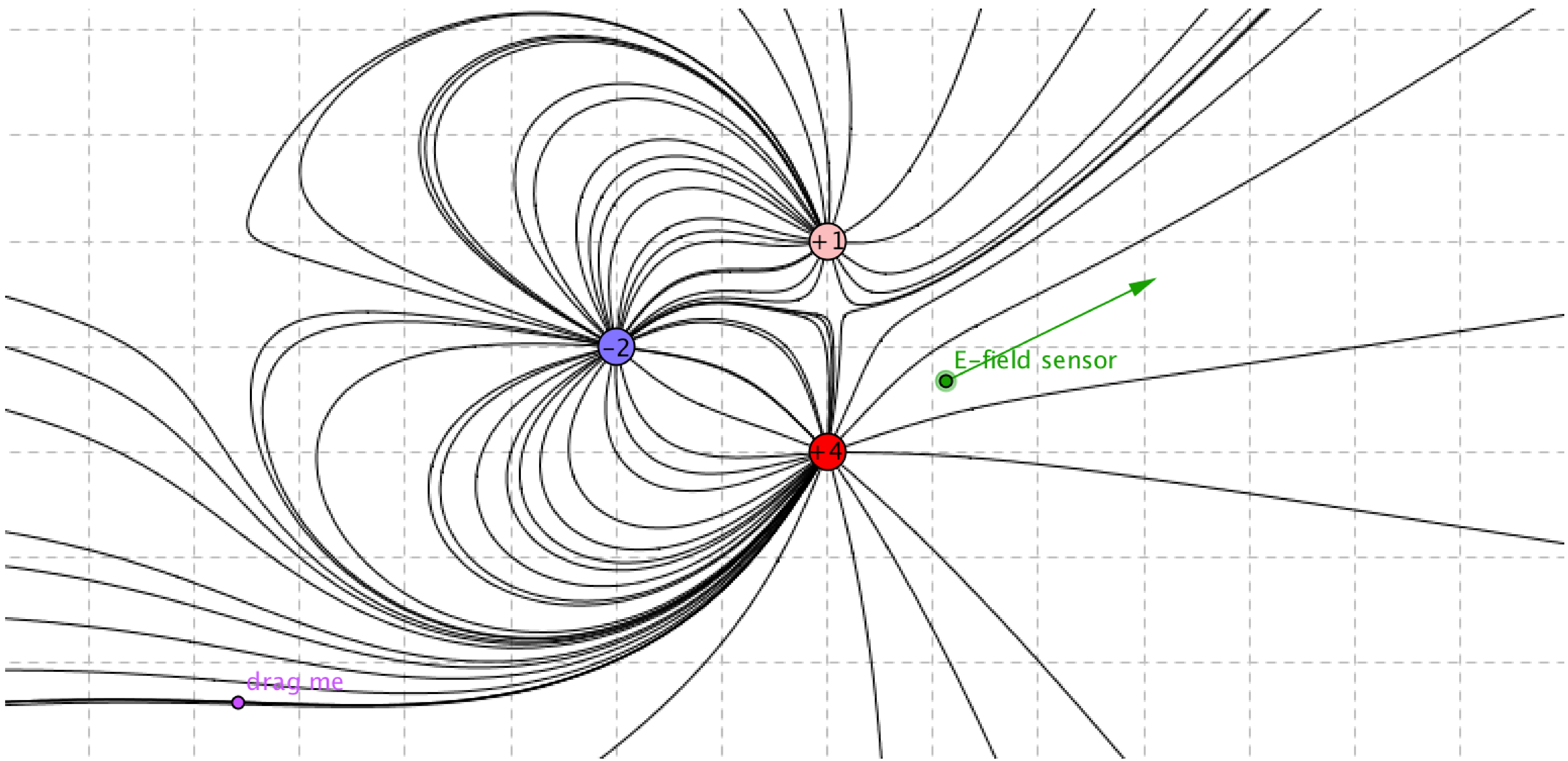
3D POTENTIALLINIEN

http://tube.geogebra.org/material/show/id/438619



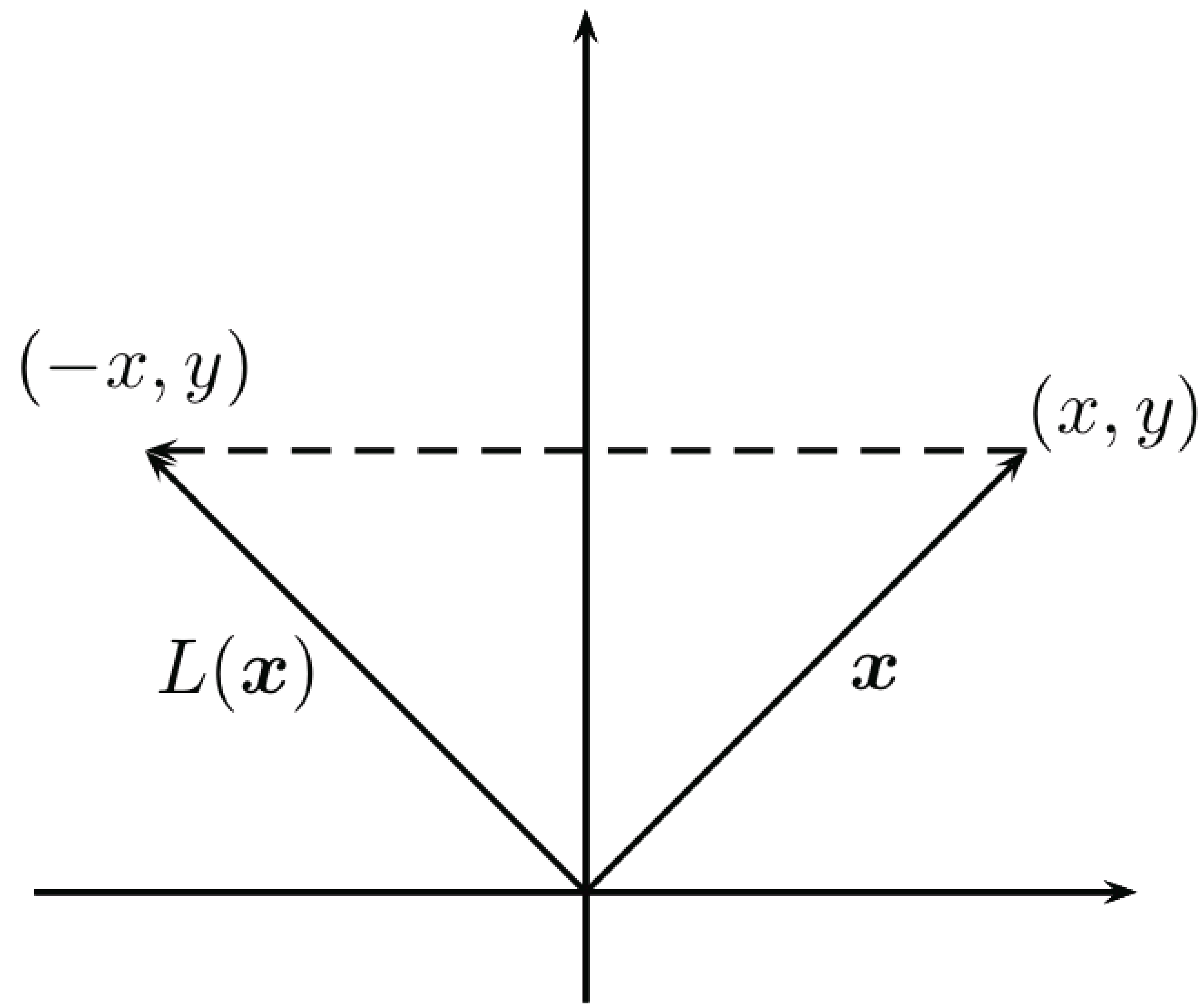
BEISPIEL 3 PUNKTLADUNGEN (MULTIPOL)

http://tube.geogebra.org/material/show/id/27247



ABBILDUNGEN

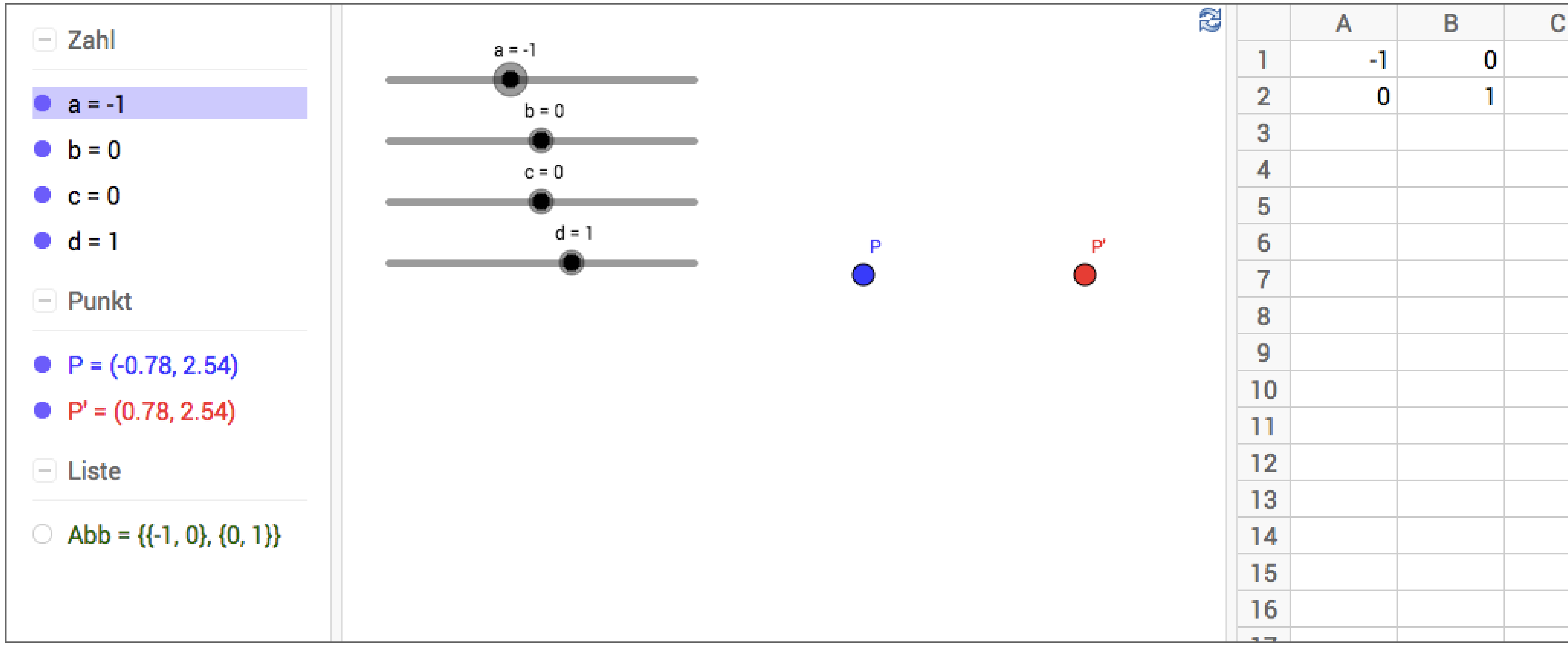
SPIEGELUNG



Die Abbildungsmatrix ist

$$A = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

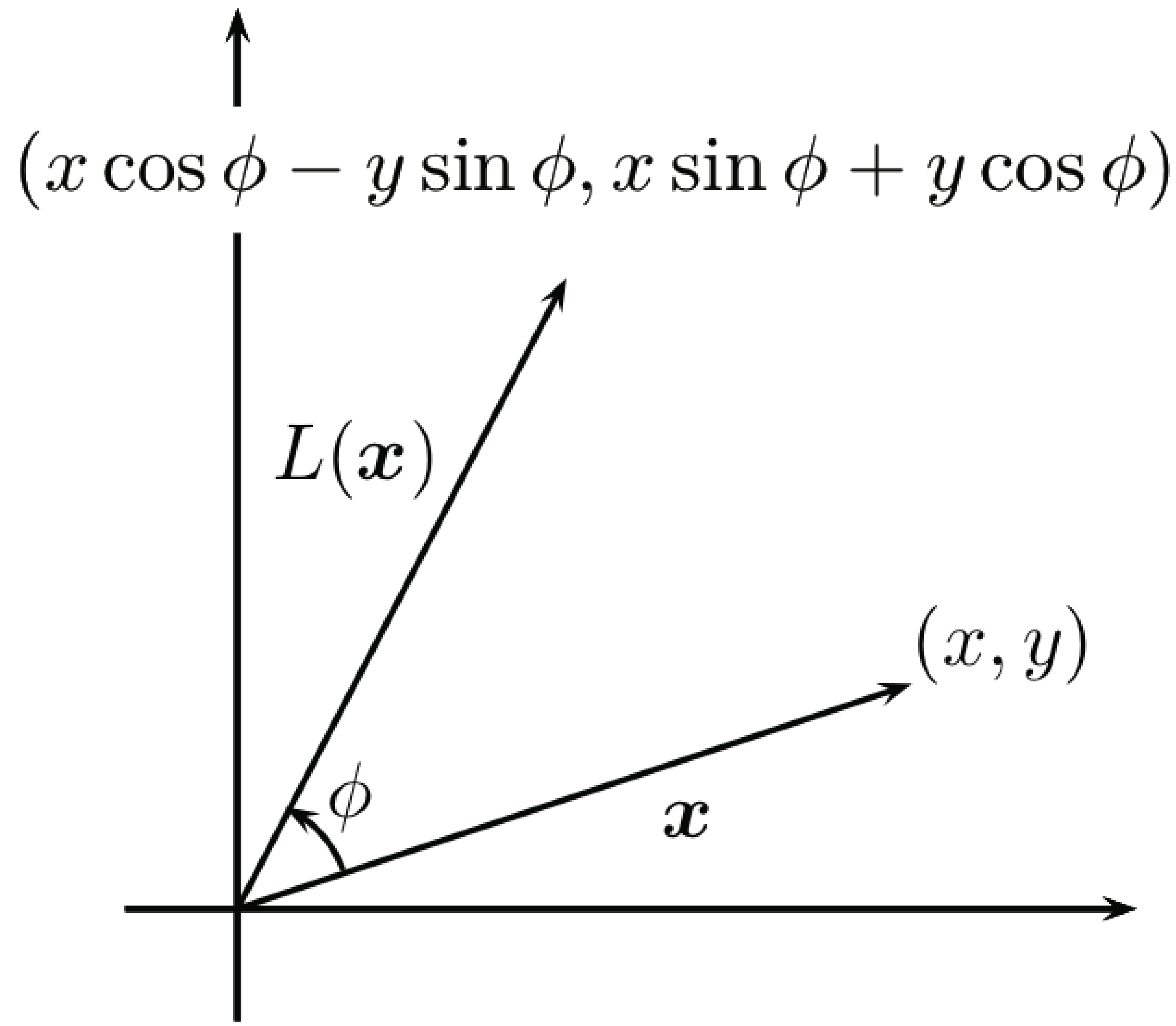
ABBILDUNG EINES PUNKTES



Lässt sich der Ursprung aus der Beobachtung des Verhaltens zwischen dem Punkt P und seiner Abbildung P' ermitteln?

Link auf GeoGebraTube

DREHUNG


$(x\cos\phi - y\sin\phi, x\sin\phi + y\cos\phi)$
$L(\boldsymbol{x})$
(x, y)
ϕ
$\boldsymbol{x}$

DARSTELLUNG EINER DREHUNG UM DEN PUNKT (0,0) GEGEN DEN UHRZEIGERSINN UM $90°$

Diese lin. Abbildung bildet

$e_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$ auf $e_1' = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$

$e_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$ auf $e_2' = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \end{pmatrix}$

$$A = \begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Auch Drehungen sind lineare Abbildungen. Eine Drehung um den Winkel ϕ im mathematisch positiven Sinn (gegen den Uhrzeigersinn) kann wie folgt beschrieben werden:

$$\begin{aligned} L: \quad & \mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}^2 \\ (x, y) \mapsto & (x\cos(\phi) - y\sin(\phi), x\sin(\phi) + y\cos(\phi)) \end{aligned}$$

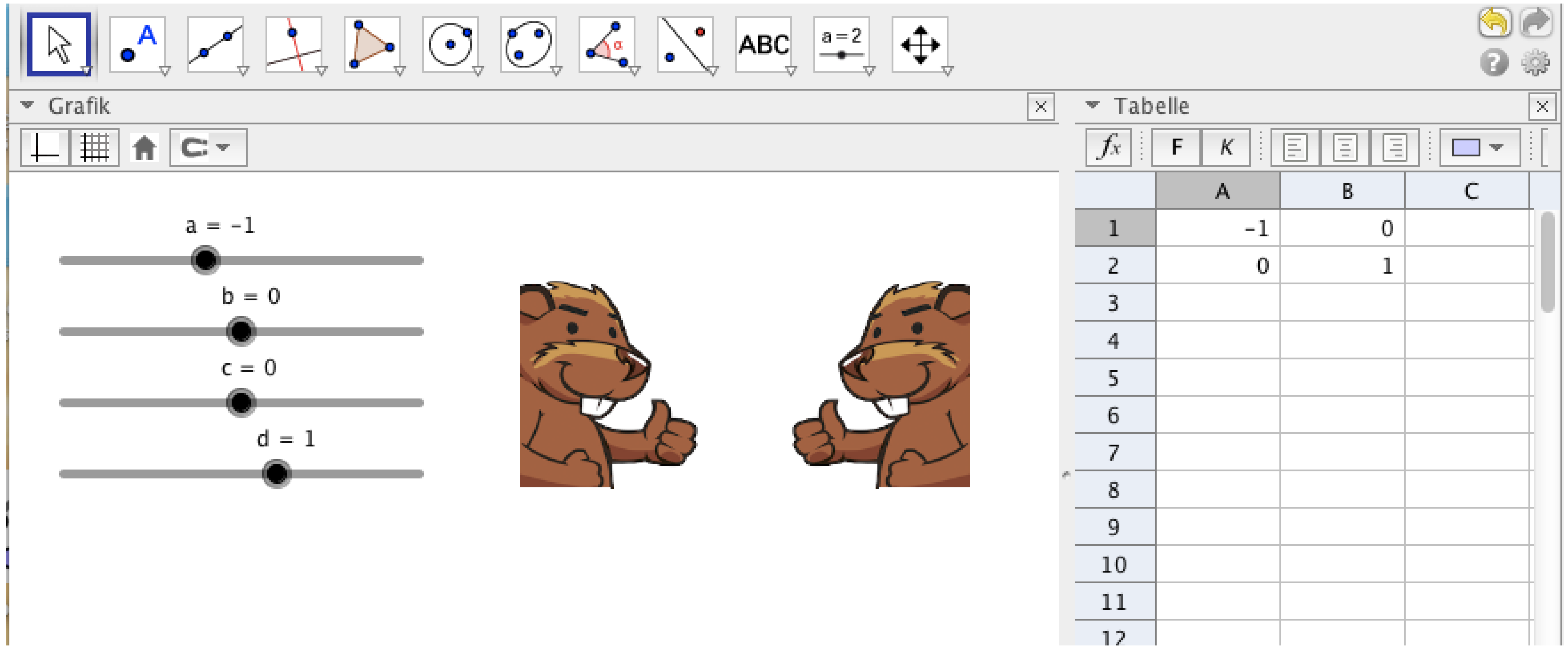
DREHUNG GEGENUHRZEIGERSINN UM EINEN WINKEL ϕ

$$e_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{auf} \quad e_1' = \begin{pmatrix} \cos(\phi) \\ \sin(\phi) \end{pmatrix}$$

$$e_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \text{auf} \quad e_2' = \begin{pmatrix} -\sin(\phi) \\ \cos(\phi) \end{pmatrix}$$

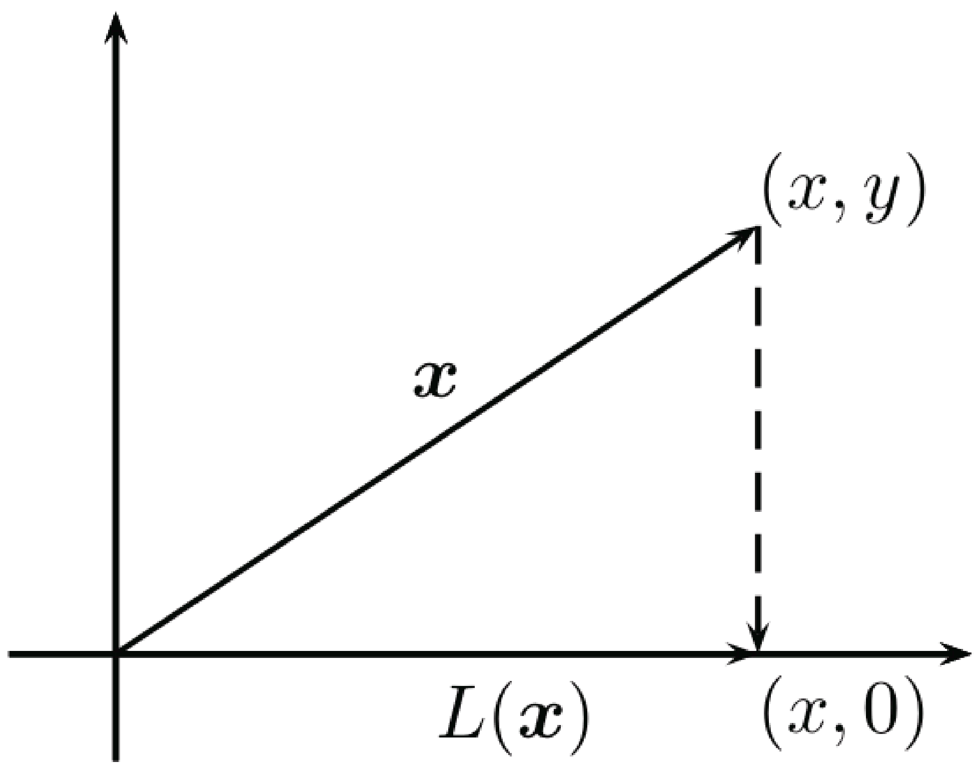
$$A = \begin{pmatrix} \cos(\phi) & -sin(\phi) \\ sin(\phi) & \cos(\phi) \end{pmatrix}$$

RASTERGRAFIK MIT LINEAREN ABBILDUNGEN TRANSFORMIEREN

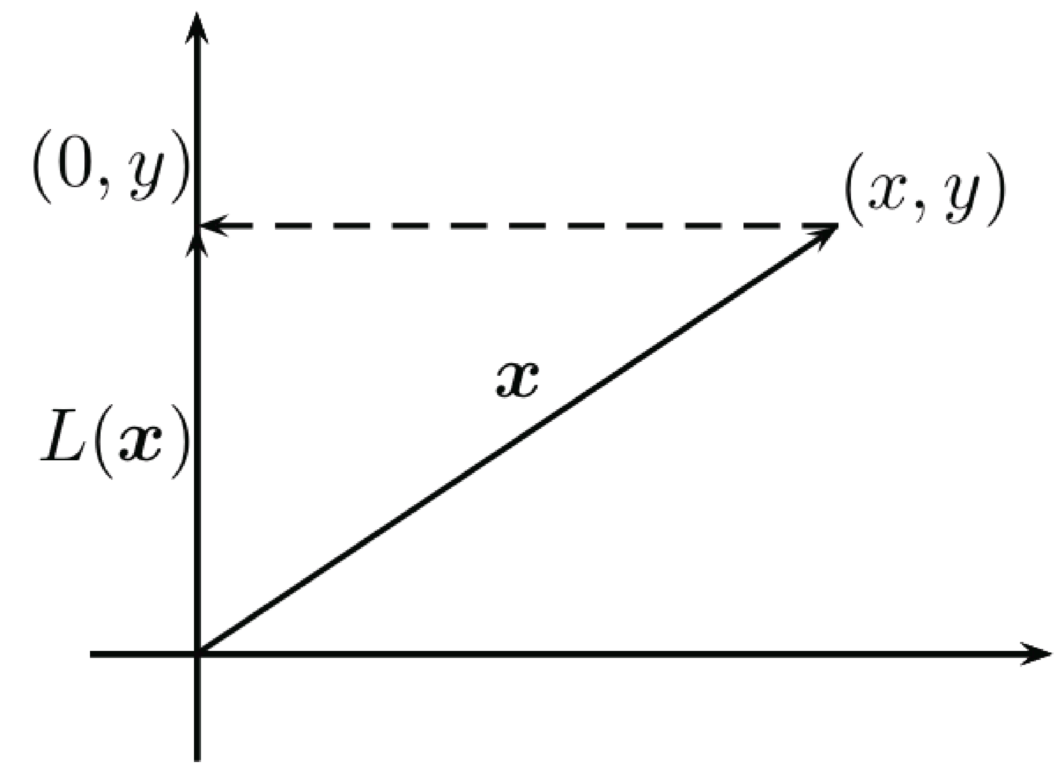


[Link auf GeoGebraTube]

PROJEKTION



auf x-Achse



auf y-Achse

Die orthogonale Projektion auf die x-Achse ist auch eine lineare Abbildung. Die Zuordnungsvorschrift ist

$$\begin{aligned} L: \quad \mathbb{R}^2 &\to \mathbb{R}^2 \\ (x, y) &\mapsto (x, 0) \end{aligned}$$

Die Abbildungsmatrix ist

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Die orthogonale Projektion auf die y-Achse ist eine lineare Abbildung. Die Zuordnungsvorschrift ist

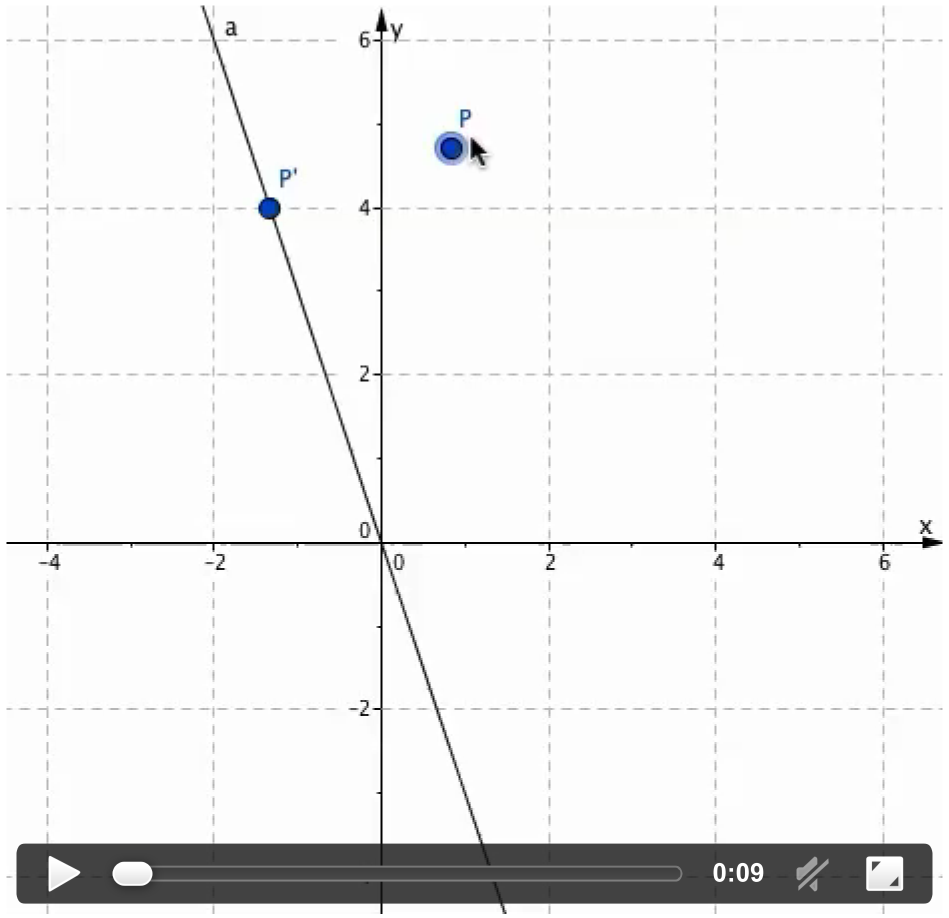
$$\begin{aligned} L: \quad \mathbb{R}^2 &\to \mathbb{R}^2 \\ (x, y) &\mapsto (0, y) \end{aligned}$$

Die Abbildungsmatrix ist

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

PUNKT AUF EINE GERADE A PROJIZIEREN

$$a : y = -3x$$



VORGEHEN

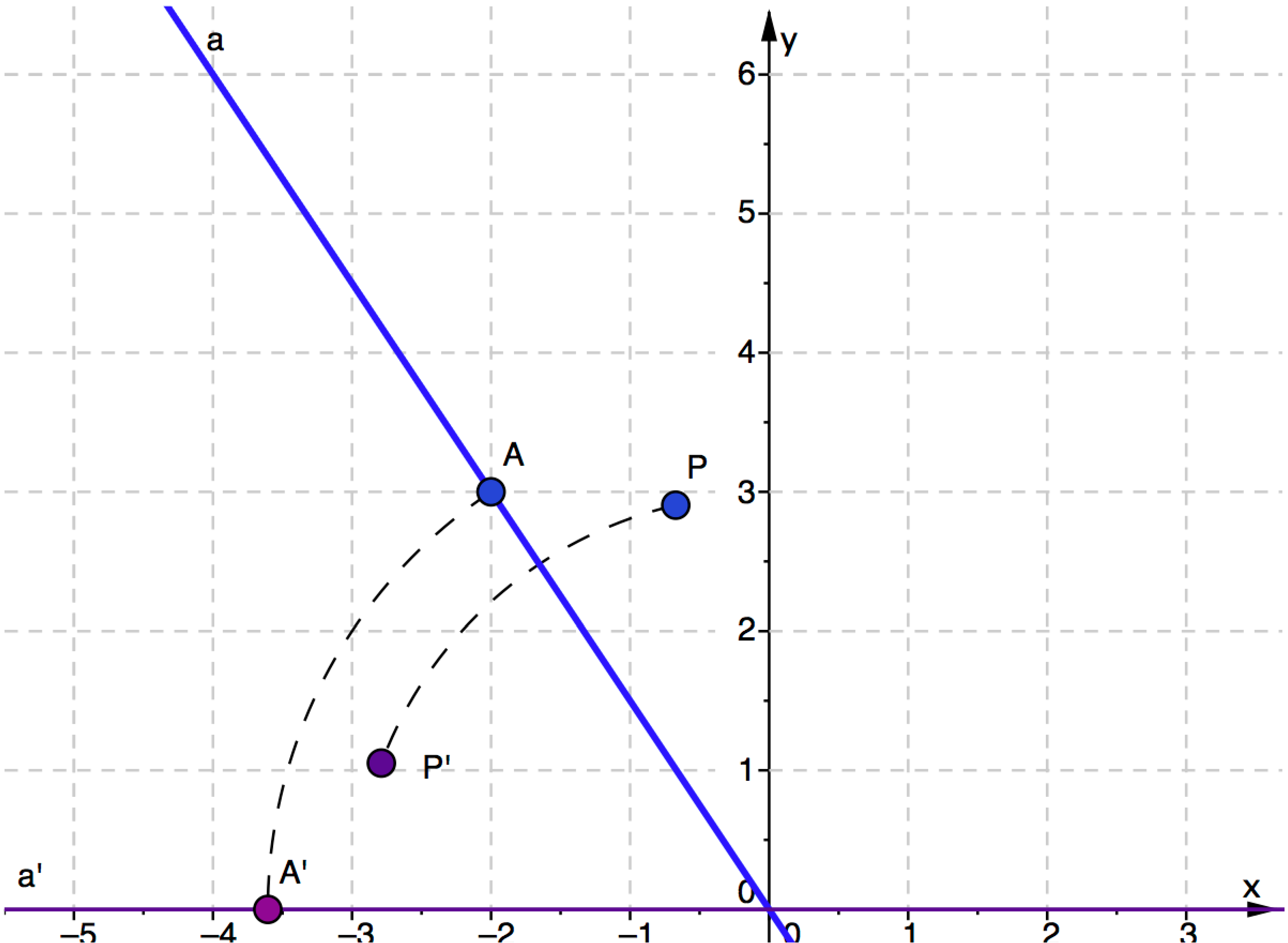
- Gesamte Figur drehen bis die Gerade a auf der x-Achse liegt
- Den Punkt auf die x-Achse projizieren
- den projezierten Punkt wieder zurück drehen.

1. SCHRITT DREHEN UM $\boldsymbol{\alpha}$

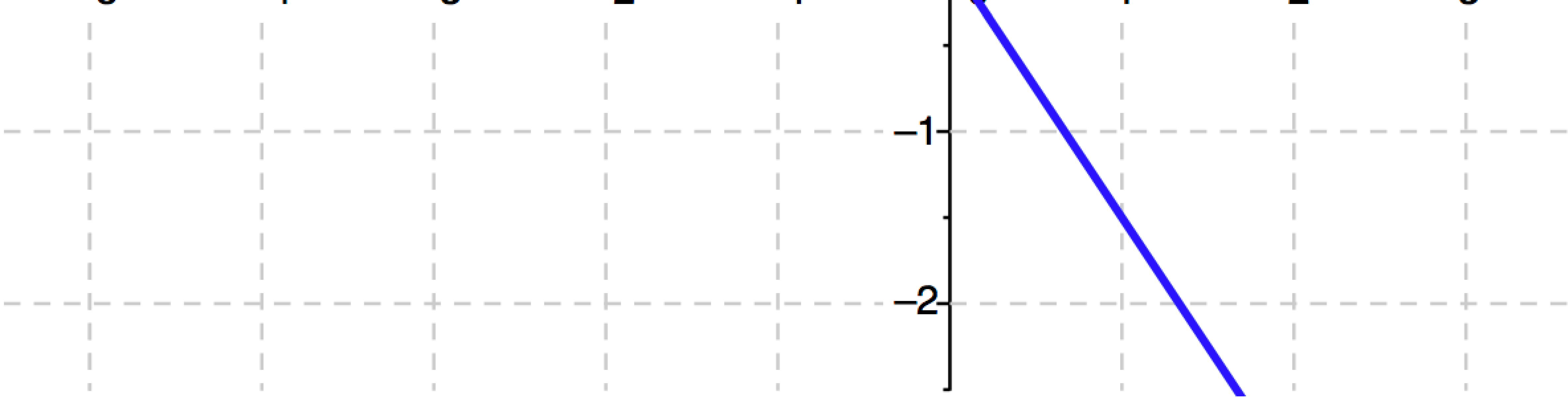
$$\tan(\alpha) = -3 \rightarrow \alpha \approx -71.57°$$

$$R_\alpha \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

GeoGebraTube



a
y
6
5
4
3
2
1
0
A
P
P'
a'
A'
x
−5
−4
−3
−2
−1
0
1
2
3

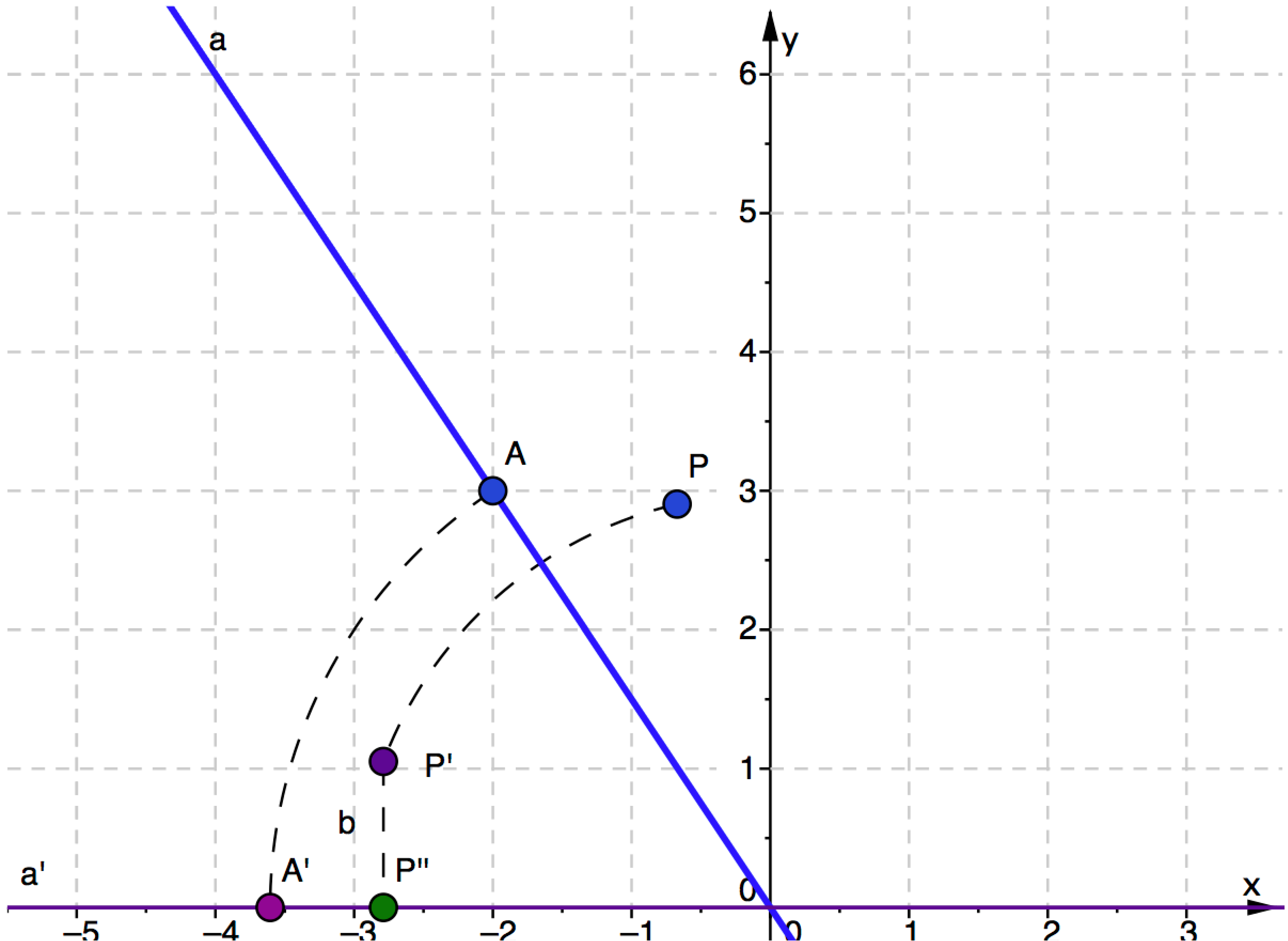


−1
−2

2. SCHRITT PROJEKTION AUF X-ACHSE

$$P_x \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

GeoGebraTube



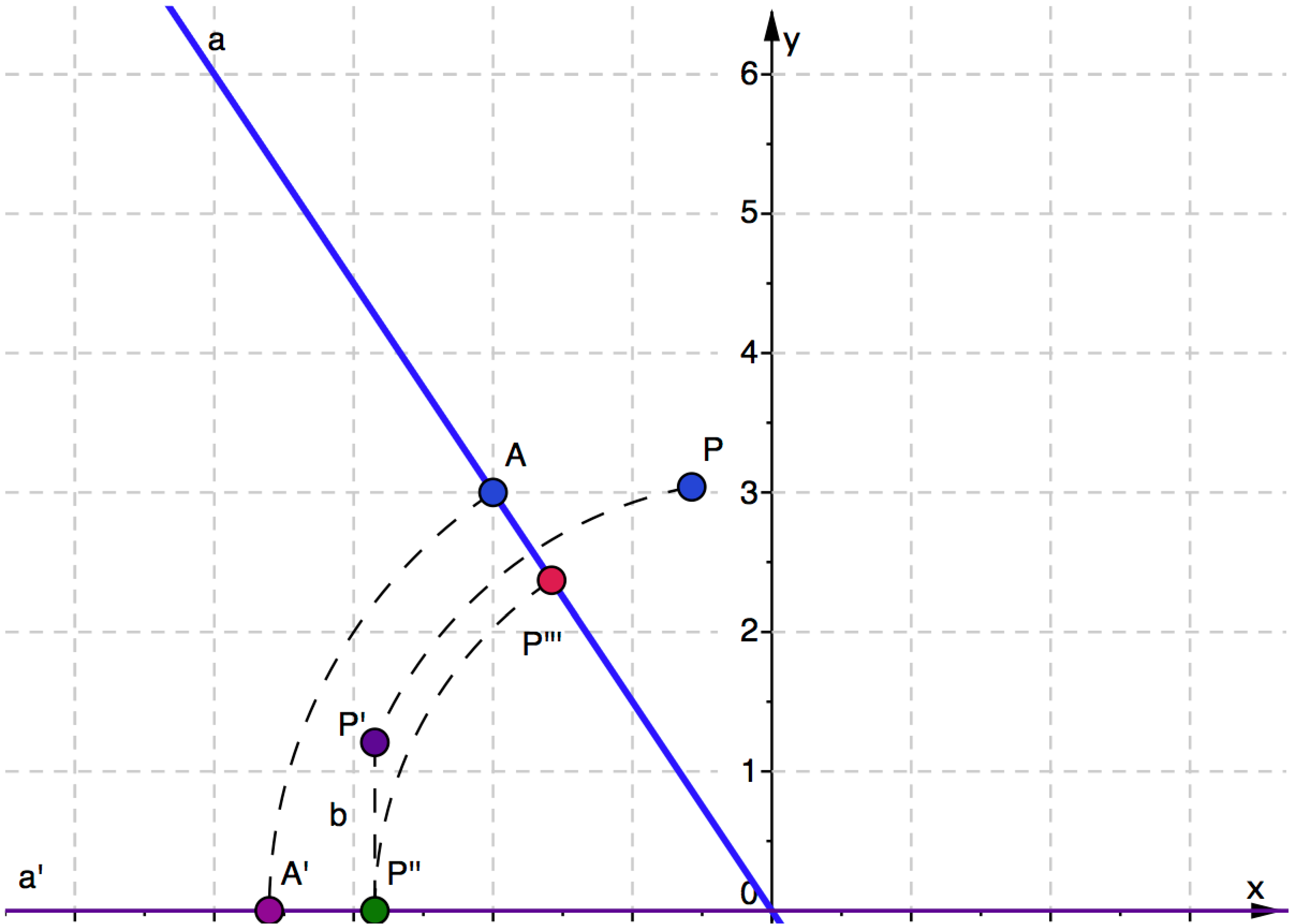
a
y
6
5
4
3
2
1
0
A
P
P'
b
P''
A'
a'
x
−5
−4
−3
−2
−1
0
1
2
3

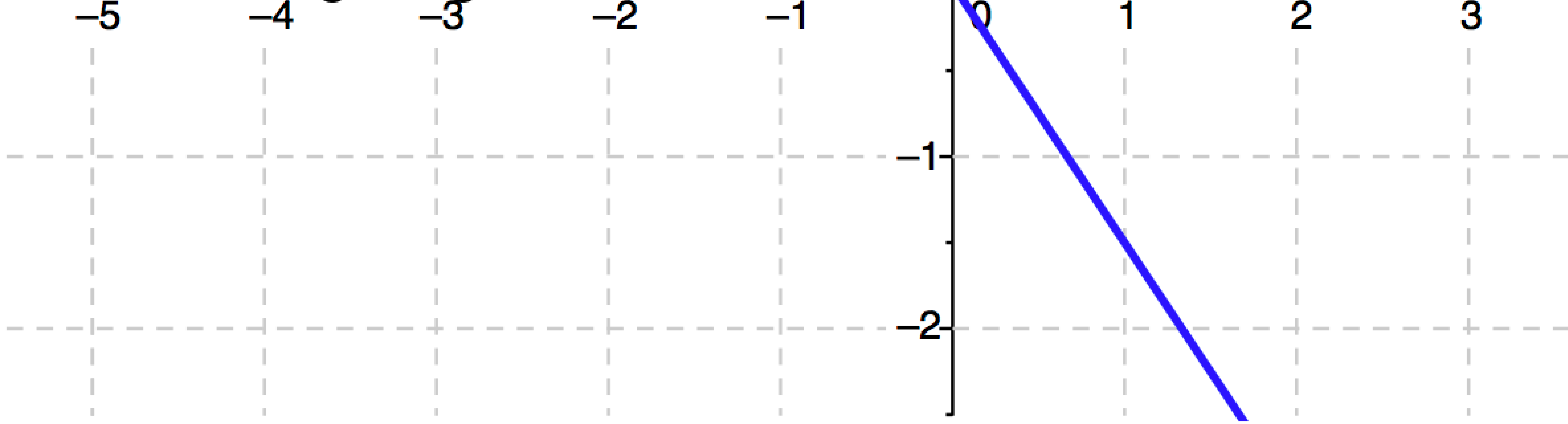
3. SCHRITT RÜCKDREHEN UM α

$$\alpha \approx -71.57°$$

$$R_{-\alpha}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

GeoGebraTube


a
y
6
5
4
3
2
1
0
x
A
P
P'''
P'
b
a'
A'
P''



−5
−4
−3
−2
−1
0
1
2
3
−1
−2

IN EINEM SCHRITT

$$R_{-a} \cdot P_X \cdot R_a \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & \sin(\alpha) \\ -\sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos^2(\alpha) & \cos(\alpha)\sin(\alpha) \\ \cos(\alpha)\sin(\alpha) & \sin^2(\alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

PROJEKTION AUF UNTERRAUM VERWENDEN

Wähle eine Matrix A so, dass die Spaltenvektoren eine Basis eines Unterraums bilden. (z.B. eine Gerade in $\mathbb{R}^2$), dann ist die Projektionsmatrix

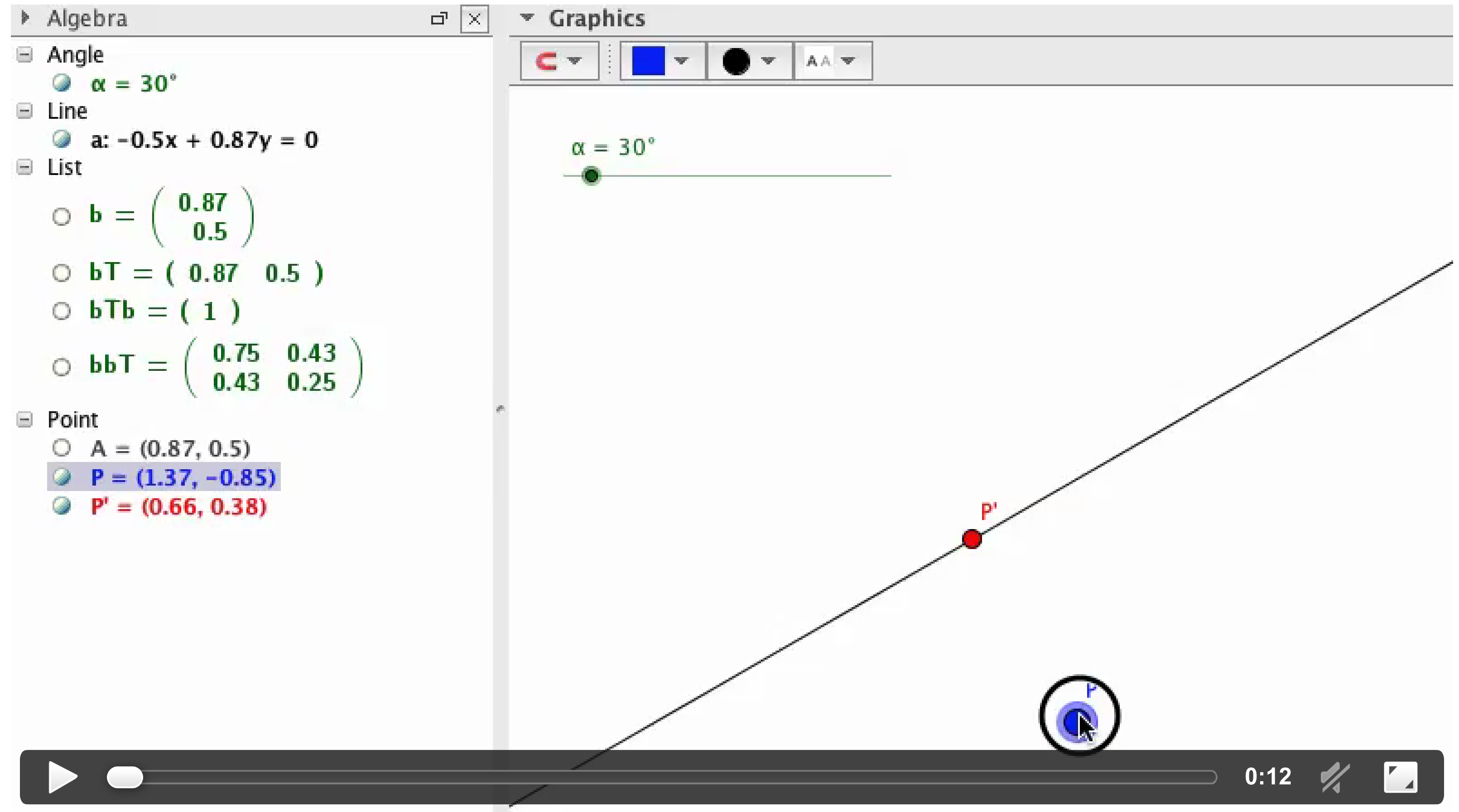
$$proj_w P = A(AA^T)^{-1}A^T P$$

$$
\begin{aligned}
\vec{b} &= \begin{pmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \end{pmatrix} \\
b^T b &= \begin{pmatrix} \cos(\alpha), & \sin(\alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \end{pmatrix} \\
&= \cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2 = 1 \\
(b^T b)^{-1} &= 1
\end{aligned}
$$

$$proj_w P = A(AA^T)^{-1}A^T P$$
$$proj_w P = AA^T P$$

mit AA^T

$$\begin{aligned} AA^T &= \begin{pmatrix} \cos(\alpha) \\ \sin(\alpha) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos(\alpha), & \sin(\alpha) \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \cos(\alpha)^2 & \sin(\alpha)\cos(\alpha) \\ \sin(\alpha)\cos(\alpha) & \sin(\alpha)^2 \end{pmatrix} \end{aligned}$$



[Link to GeoGebraTube]

EIGENVEKTOREN

AUFGABE

Es sei $A = A^T$

gesucht λ und $\vec{x}$

$$A\vec{x} = \lambda\vec{x}$$

KLASSISCHE LÖSUNG MIT DETERMINANTE

Aus

$$(A - \lambda I) \cdot \vec{x} = 0$$

folgt

$$|A - \lambda I| = 0$$

BEISPIEL FÜR

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 2-\lambda & 1 \\ 1 & 3-\lambda \end{vmatrix} = 0$$

$$(2-\lambda)(3-\lambda) - 1$$

http://tube.geogebra.org/student/m935811

EIGENWERTE

$$\lambda^2 - 5 \cdot \lambda + 5$$

$$\lambda_1 = \frac{-\sqrt{5}+5}{2}$$

$$\lambda_2 = \frac{\sqrt{5}+5}{2}$$

1. EIGENVEKTOR

$$\begin{pmatrix} 2 - \frac{\sqrt{5}+5}{2} & 1 \\ 1 & 3 - \frac{\sqrt{5}+5}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$a = \frac{\sqrt{5}-1}{2} \cdot b; b = b$$

$$\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} \frac{\sqrt{5}-1}{2} \\ 1 \end{pmatrix}$$

2. EIGENVEKTOR

$$\begin{pmatrix} 2-(\frac{-\sqrt{5}+5}{2}) & 1 \\ 1 & 3-(\frac{-\sqrt{5}+5}{2}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$a = \frac{-\sqrt{5}-1}{2} \cdot b; b = b$$

$$\vec{v}_1 = \begin{pmatrix} \frac{-\sqrt{5}-1}{2} \\ 1 \end{pmatrix}$$

EIGENVEKTOREN FÜR GROSSE MATRIZEN

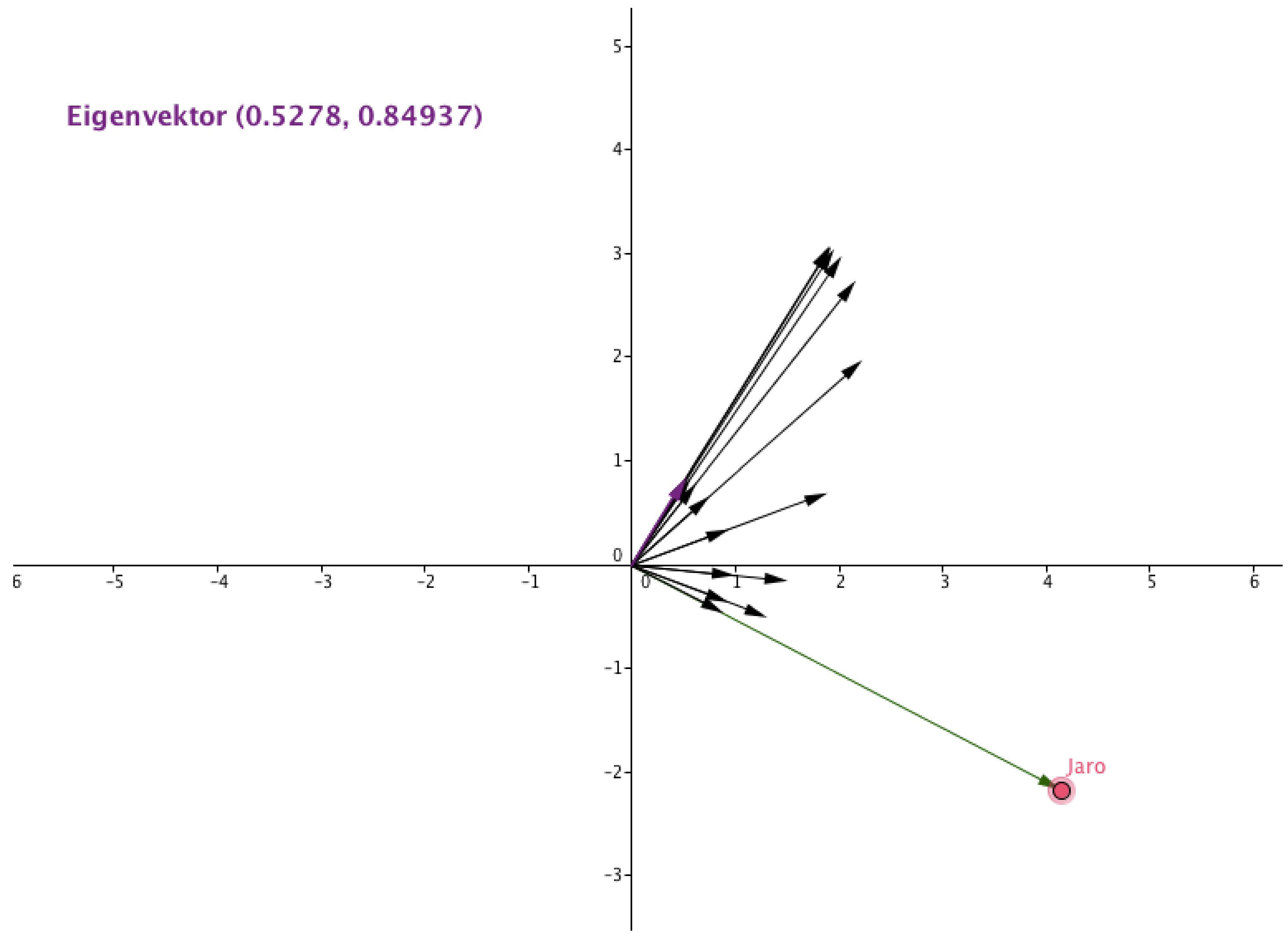
- Bei quadratischen Matrizen der Grösse $N = dim(M)$ müssen die Nullstellen eines Polynoms mit dem Grad N bestimmt werden.
- Daraus erhält man die Eigenwerte
- Für die Eigenvektoren muss jeweils ein lineares Gleichungssystem mit N Gleichungen und N Unbekannten gelöst werden.

ITERATIVES VERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DES EIGENVEKTORS ZUM DEM GRÖSSTEN EIGENWERT.

POTENZ-METHODE (RICHARD VON MISES)

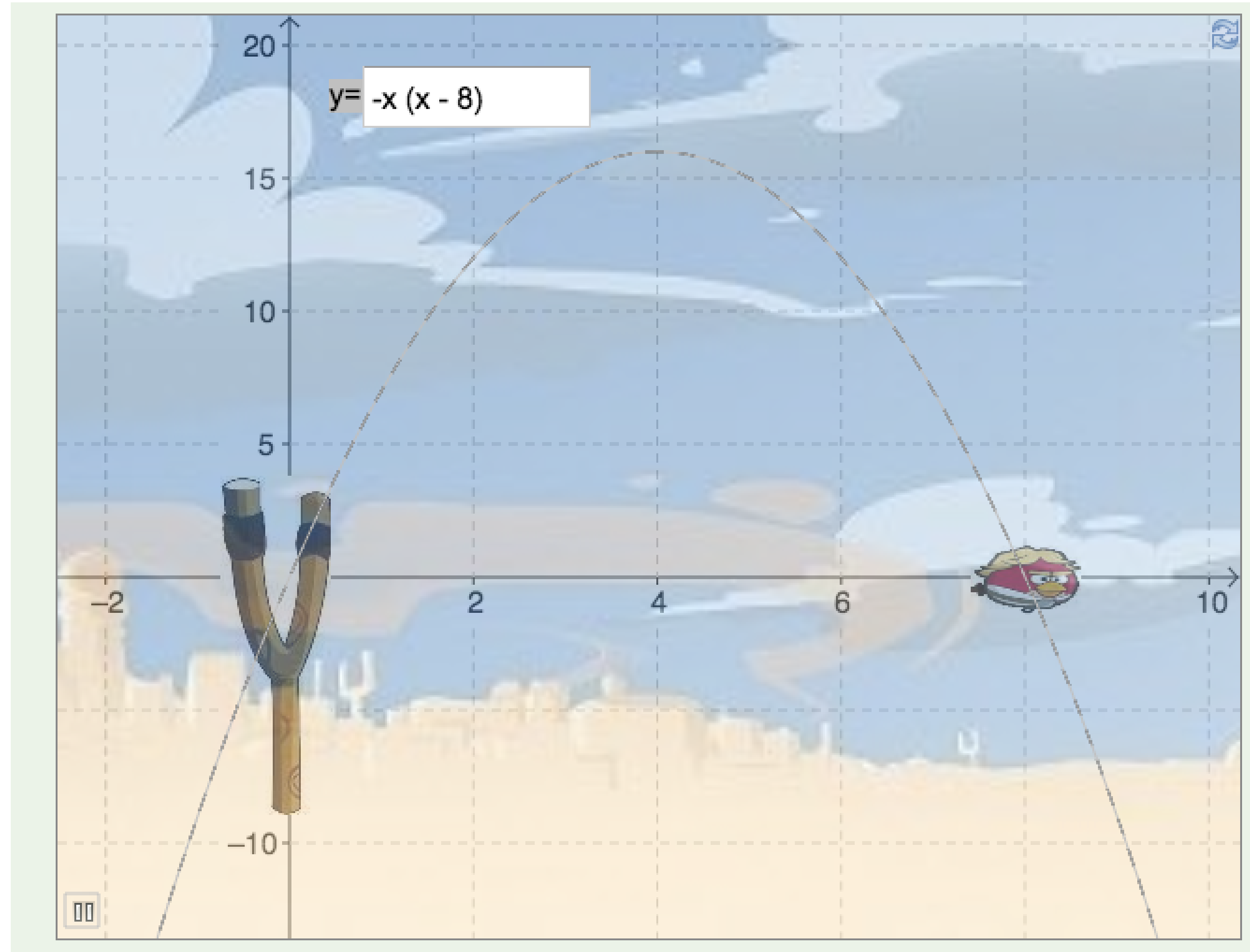
1. Wähle $v_0 \in \mathbb{R}^n$ mit $|v_0| = 1$
2. Setze $k = 0$
3. $w_{k+1} := Av_k$
4. $v_{k+1} := \frac{w_{k+1}}{|w_{k+1}|}$
5. $\lambda_{k+1} := (v_{k+1})^T A v_{k+1}$
6. $k \leftarrow k + 1$
7. weiter zu 3.

$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$$

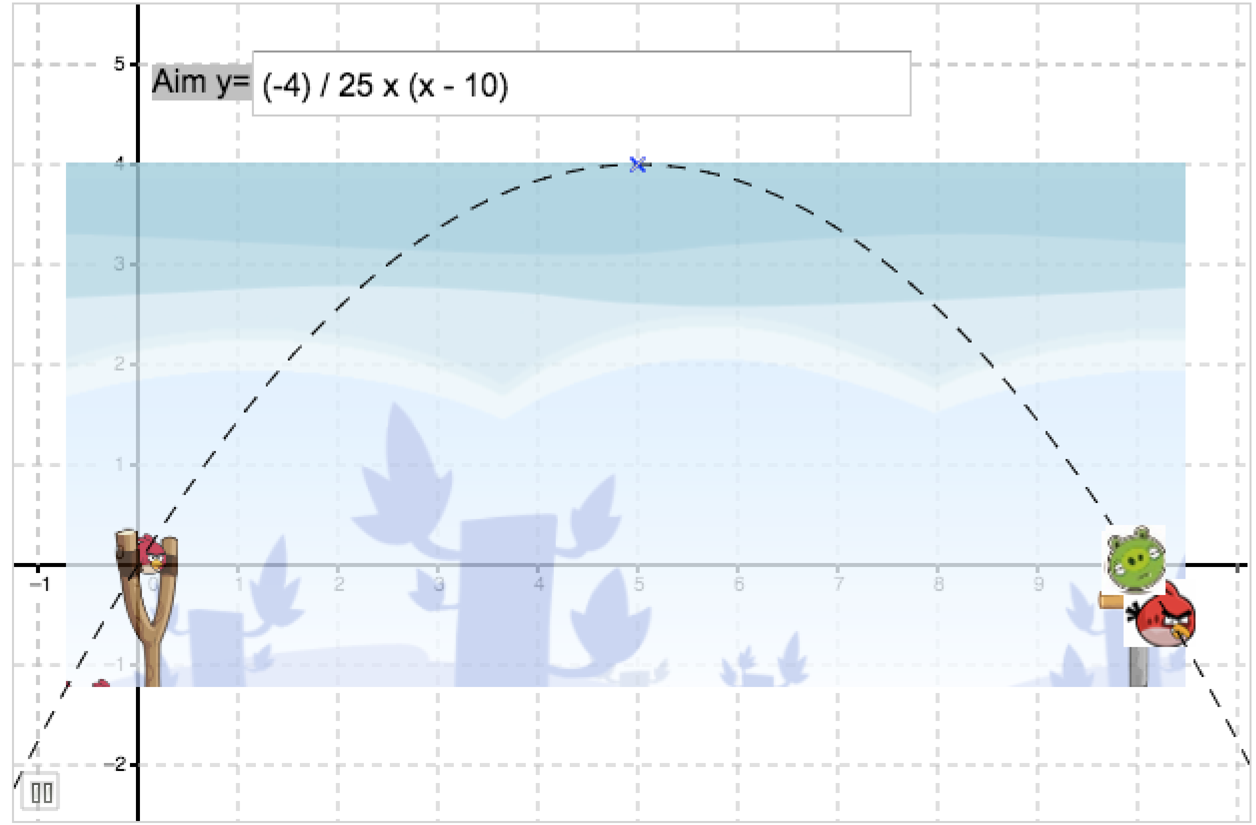


http://tube.geogebra.org/material/show/id/936691

ANGRY BIRDS MATHE



Link auf Webseite



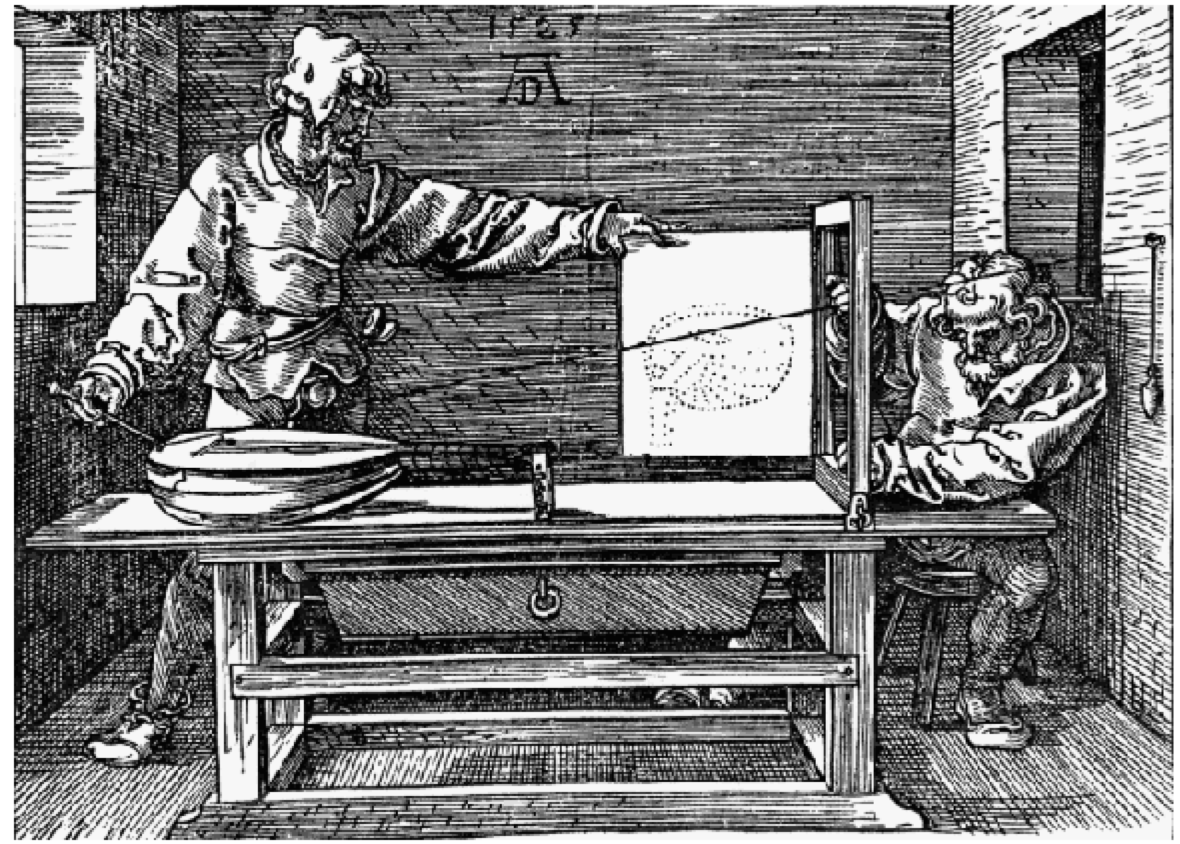
Link auf Webseite

ZENTRALPROJEKTION
&
PARALLAX EFFEKTE

PARALLAX EFFEKTE (WERBUNG)

Modellierung eines perspektivischen

Abbildungssystems mit



Link Mechanical creation of a perspective image by Albrecht Dürer

PERSPEKTIVISCHE ABBILDUNG QUADER AUF EBENE

KONVENTIONEN

- Annahme das Zentrum der Abbildung ist im Ursprung
- Blickrichtung entlang der Z-Achse
- Verwenden homogene Koordinaten

ZENTRALPROJEKTION AUF EBENE NORMAL ZUR Z-ACHSE

mit Brennweite f

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/f & 0 \end{pmatrix}$$

PROJEKTION AUF HOMOGENEN VEKTOR ANWENDEN

$$P \cdot \vec{r} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1/f & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ z/f \end{pmatrix}$$

ÜBERGANG HOMOGENEN KOORDINATEN ZU KARTESISCHEN KOORDINATEN

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ z/f \end{pmatrix} \mapsto \begin{pmatrix} f/z \cdot x \\ f/z \cdot y \\ f/z \cdot z \end{pmatrix}$$

ZAHLENBEISPIEL

- Sei $f = 10$
- Ein Punkt (8,4,20) soll auf die Normalebene zur Z-Achse im Abstand von 10 abgebildet werden.

List

$CH = \begin{pmatrix} 8 \\ 4 \\ 20 \\ 1 \end{pmatrix}$

$CH' = \begin{pmatrix} 8 \\ 4 \\ 20 \\ 2 \end{pmatrix}$

$PM = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1 & 0 \end{pmatrix}$

Number

f = 10

Plane3D

Point3D

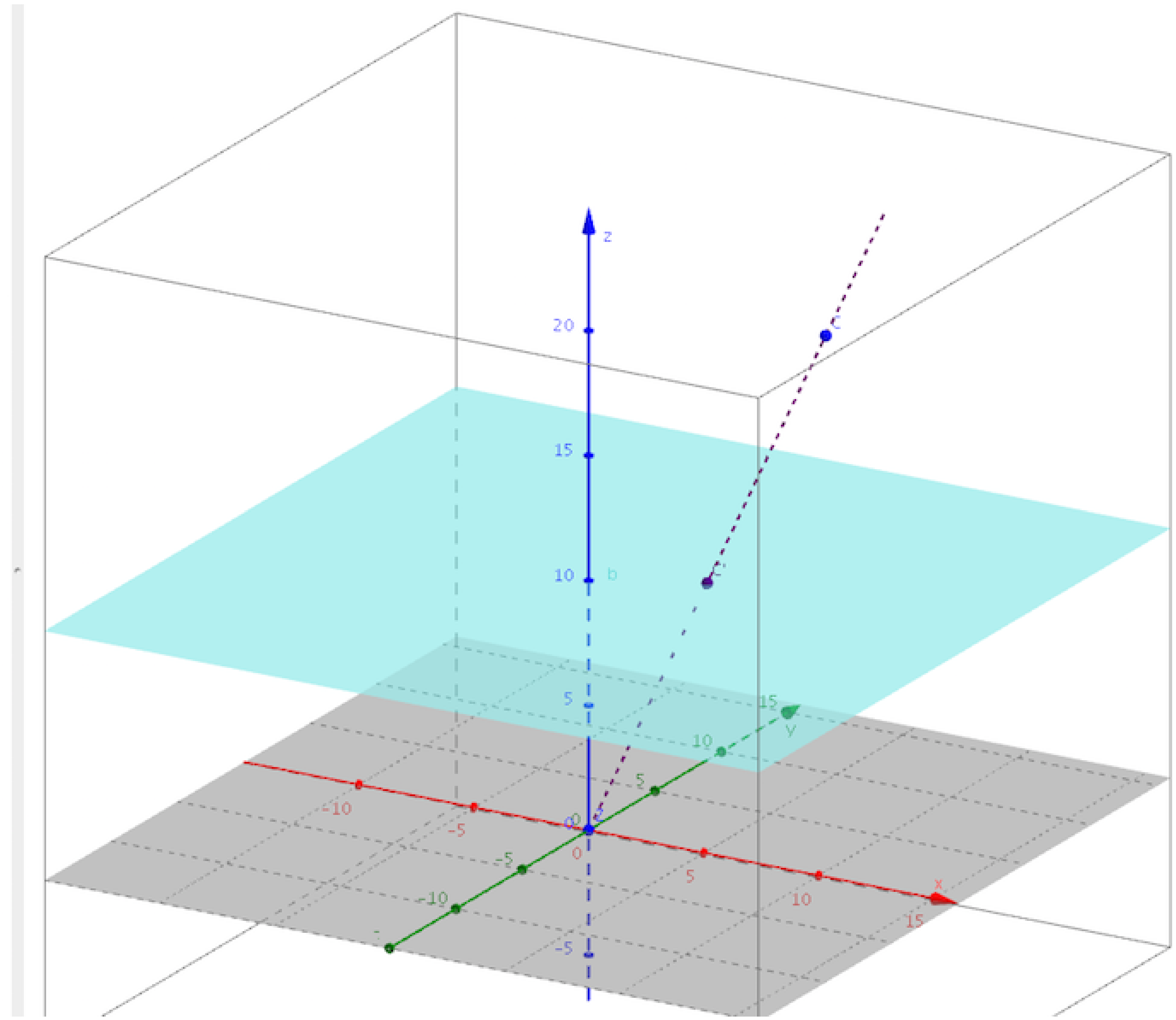
C = (8, 4, 20)

C' = (4, 2, 10)

Z = (0, 0, 0)

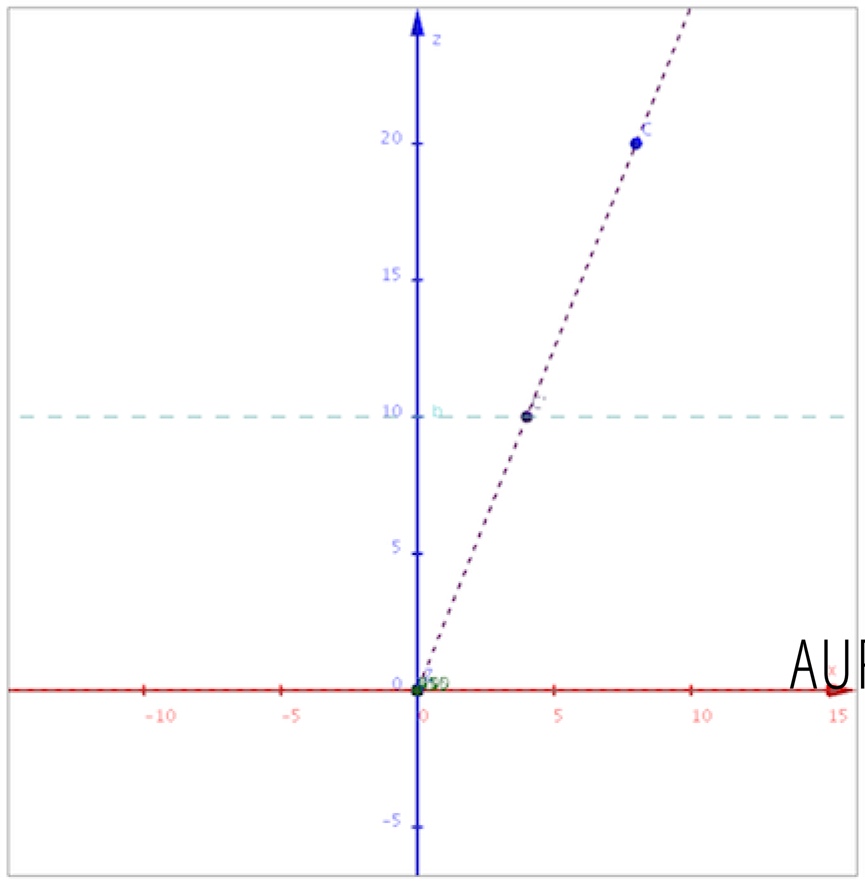
Ray3D

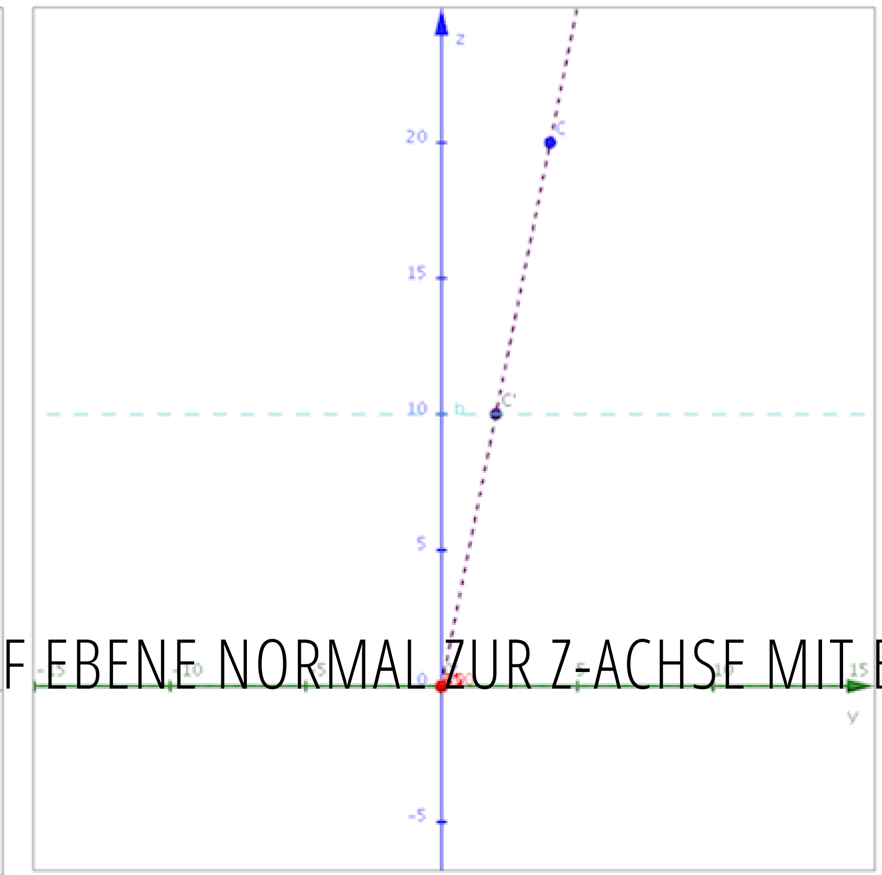
s1: X = (0, 0, 0) + λ (8, 4, 20)



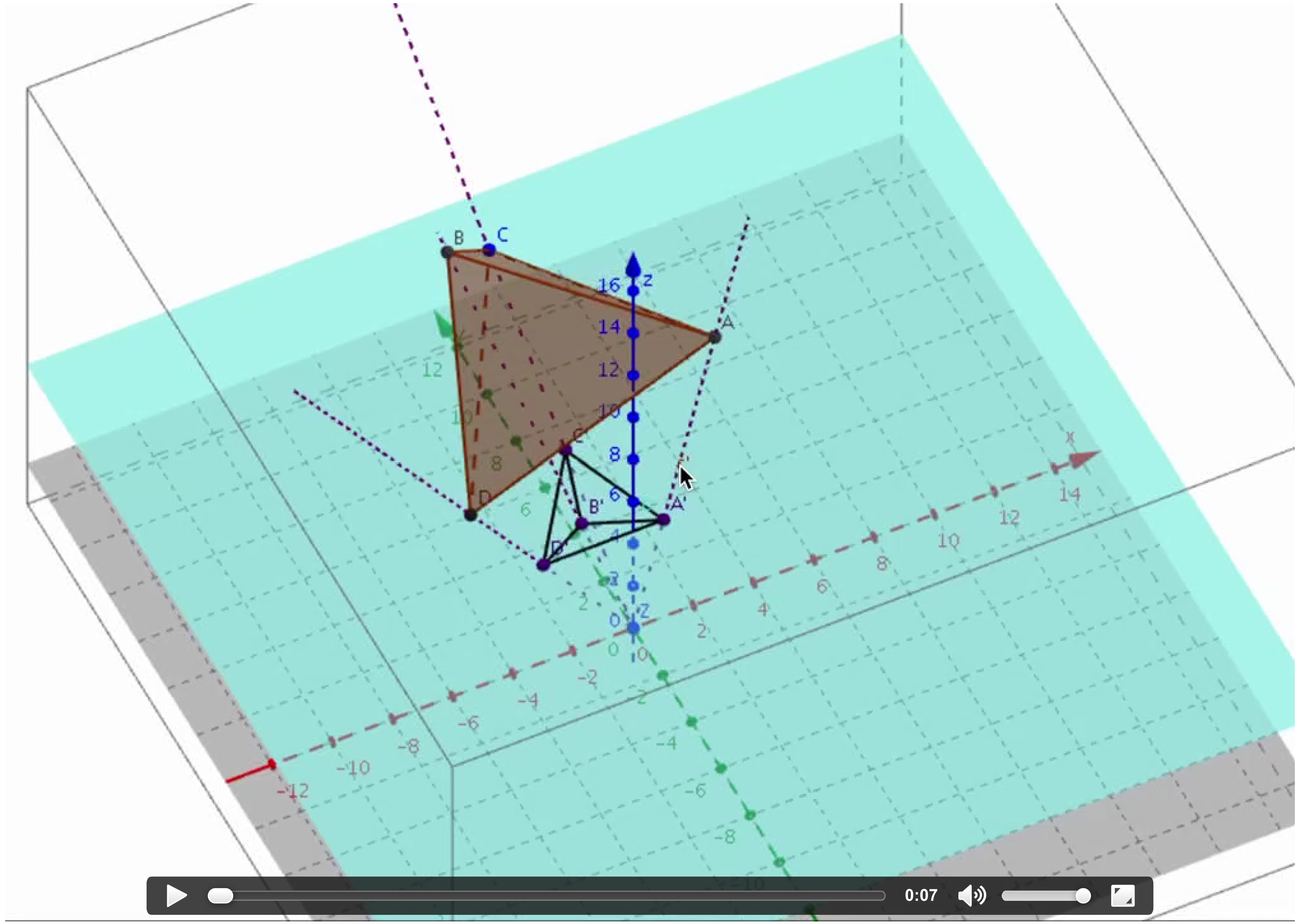
$$\begin{pmatrix} 8 \\ 4 \\ 20 \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 8 \\ 4 \\ 20 \\ 2 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \\ 10 \end{pmatrix}$$

ZENTRALPROJEKTION





AUF EBENE NORMAL ZUR Z-ACHSE MIT BRENNWEITE F



B
C
A
D
C'
B'
A'
D'
z
x
0:07

HOMOGENE KOORDINATEN

FÜR $\vec{v} \in \mathbb{R}^2$

Transformation

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} Q_x \\ Q_y \\ Q_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \\ 1 \end{pmatrix}$$

Rücktransformation

$$\begin{pmatrix} Q_x \\ Q_y \\ Q_z \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} P_x \\ P_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q_x/(Q_z) \\ Q_y/(Q_z) \end{pmatrix}$$

ZENTRALPROJEKTION

$$\mathbb{R}^2 \to \mathbb{R}^2$$

HOMOGENE KOORDINATEN

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1/n & 0 \end{pmatrix}$$

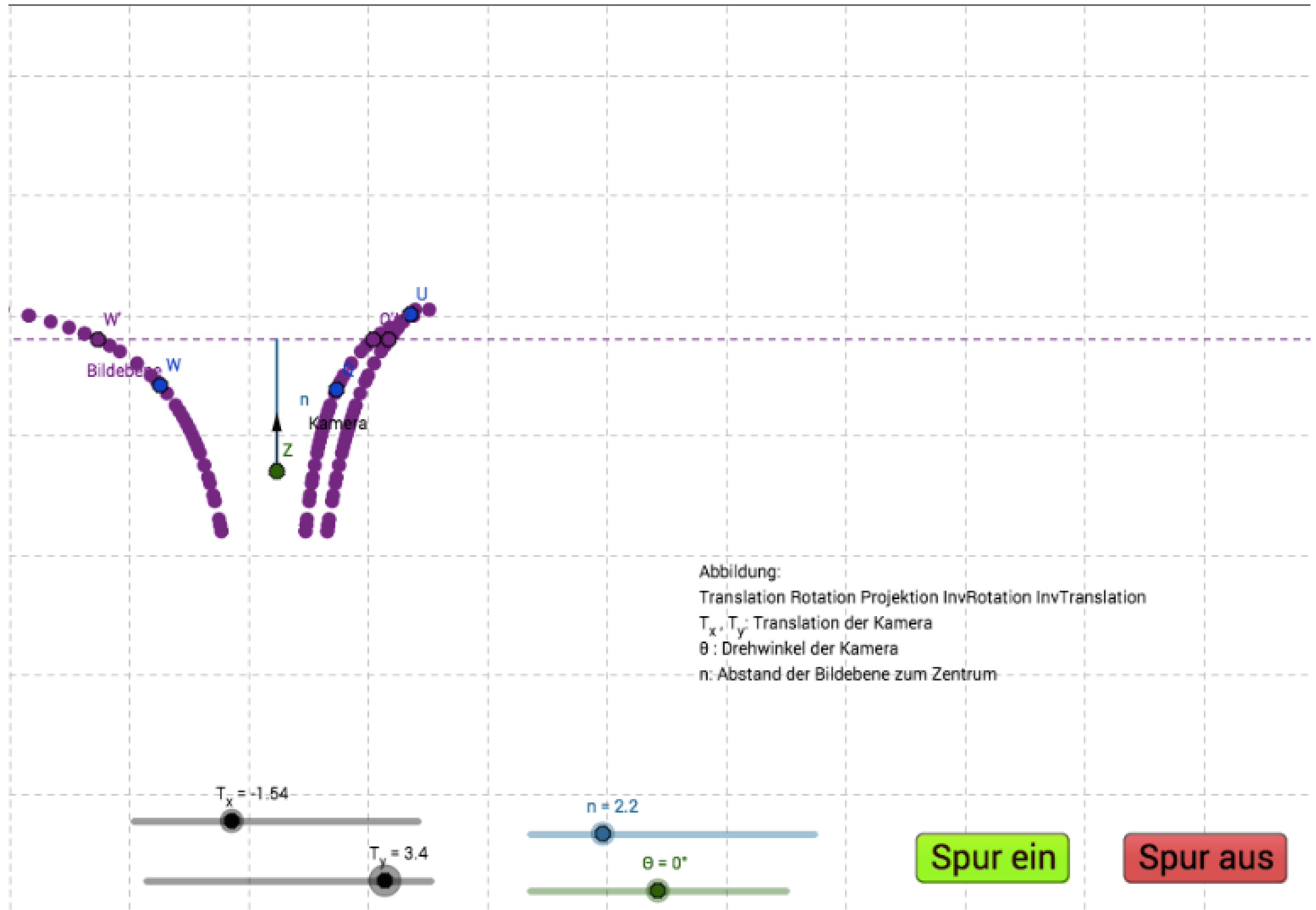
ROTATION

$$R = \begin{pmatrix} \cos(\Theta) & \sin(\Theta) & 0 \\ -\sin(\Theta) & \cos(\Theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

TRANSLATION

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & T_x \\ 0 & 1 & T_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

ZENTRALPROJEKTION



Link auf GeoGebraTube

ZENTRALPROJEKTION IM KINO

IM KINO

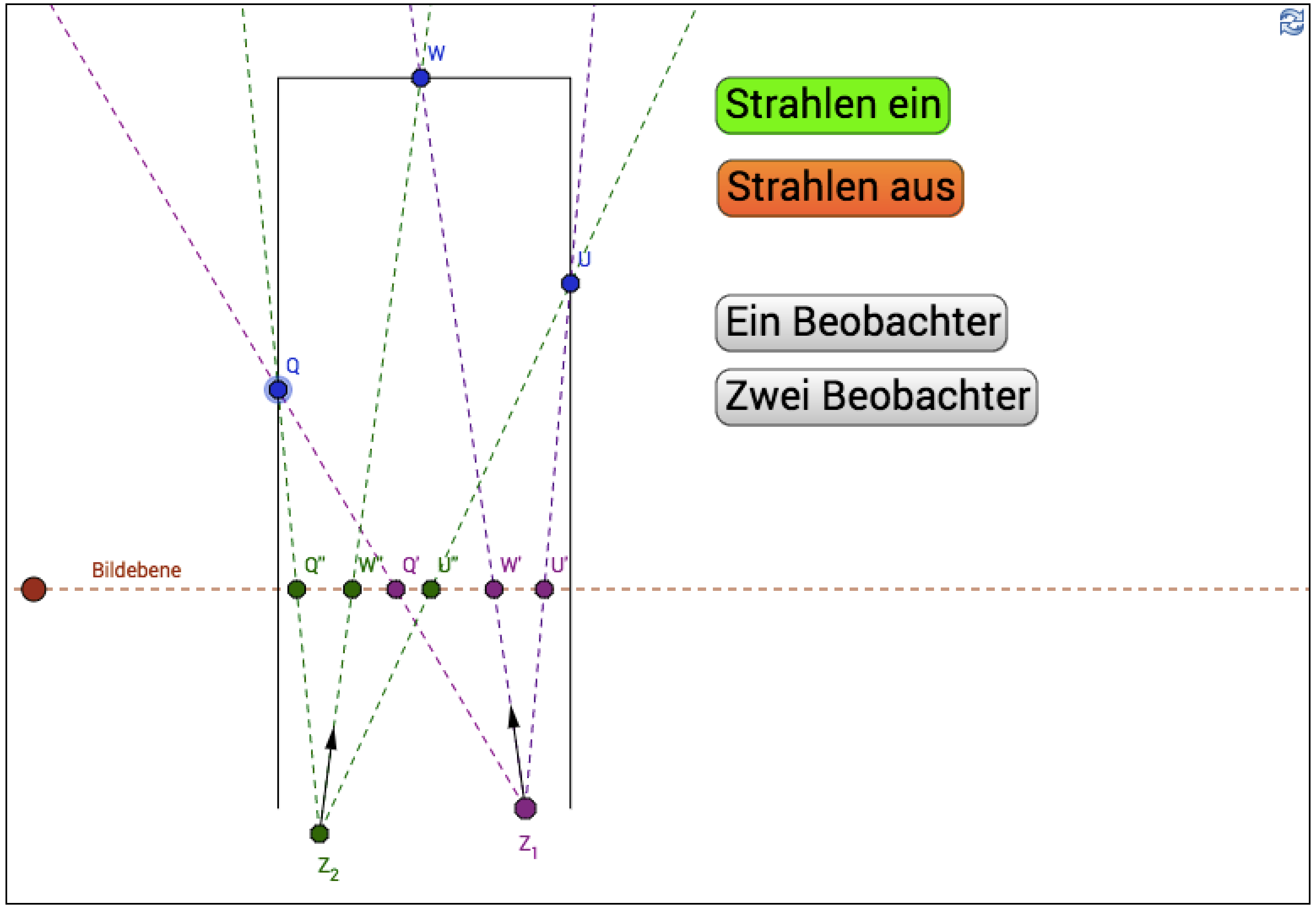
versuchen Agenten in einen Tresorraum einzudringen, ohne dass Sie von einem Wächter entdeckt werden.

Sie projizieren dafür den hinteren Teil eines schmalen Gangs perspektivisch auf eine Leinwand (Bildebene).

Anschliessend bewegen sie die Leinwand langsam nach vorne.

Die Sache fliegt in dem Moment auf, in welchem ein zweiter Betrachter hinzu kommt.

AUSSCHNITT MISSION IMPOSSIBLE 4



Link GeoGebraTube

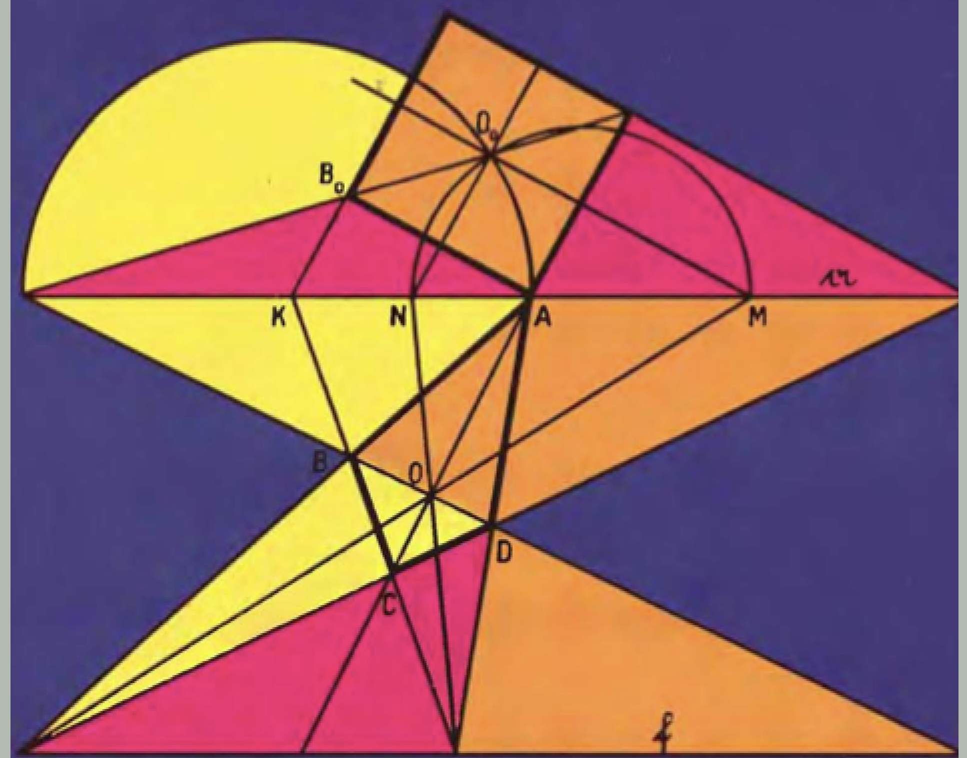
FERMAT-PUNKT

100 Great Problems of Elementary Mathematics

THEIR HISTORY AND SOLUTION

Heinrich Dörrie

Translated by David Antin



91 **Fermat's Problem for Torricelli**

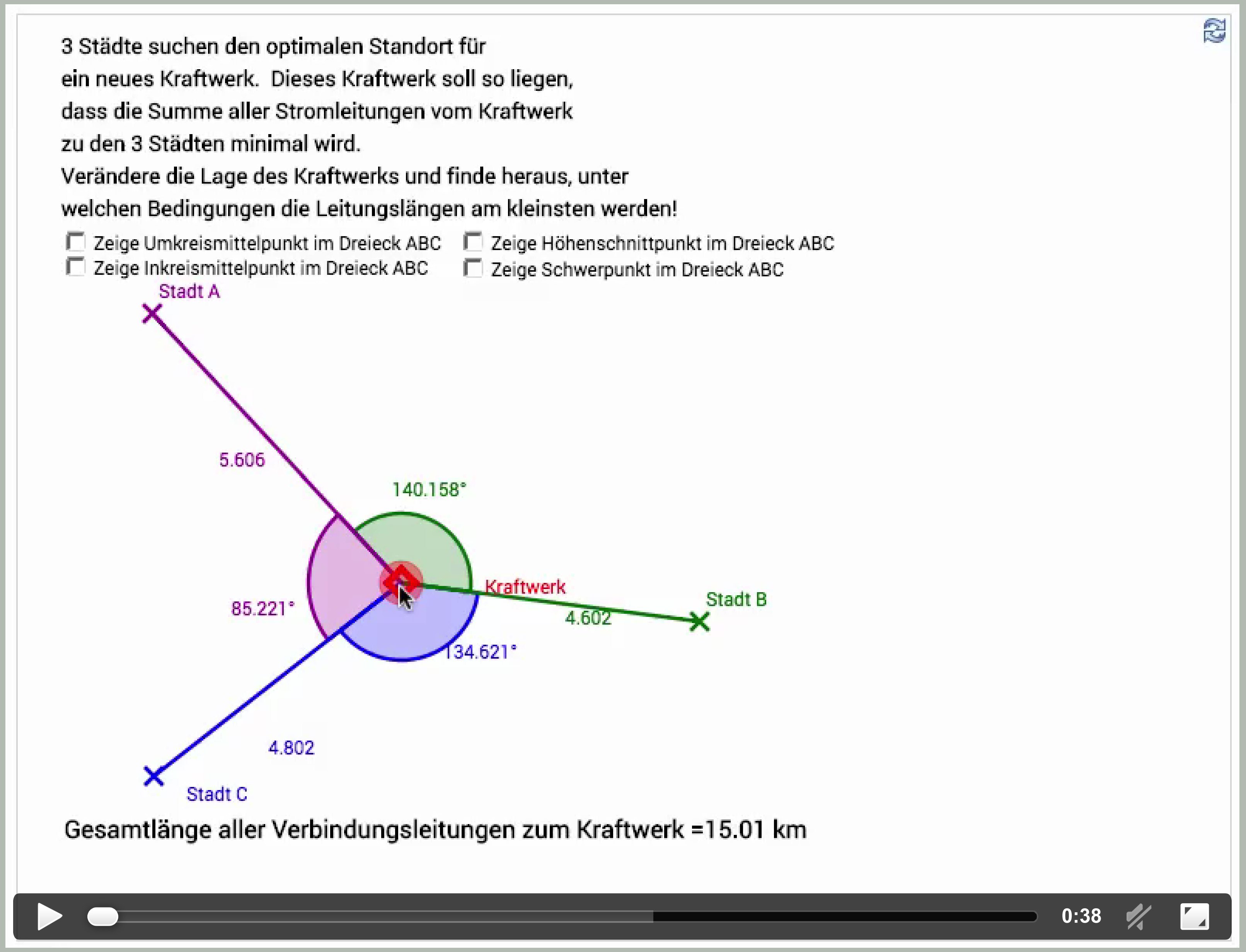
To find the point the sum of whose distances from the vertexes of a given triangle is the smallest possible.

This celebrated problem was put by the French mathematician Fermat (1601–1665) to the Italian physicist Torricelli (1608–1647), the famous student of Galileo, and was solved by the latter in several ways.

"Wo befindet sich ein Punkt P in einem Dreieck, wenn die Summe aller Abstände von diesem Punkt P zu den drei Ecken minimal sein soll."

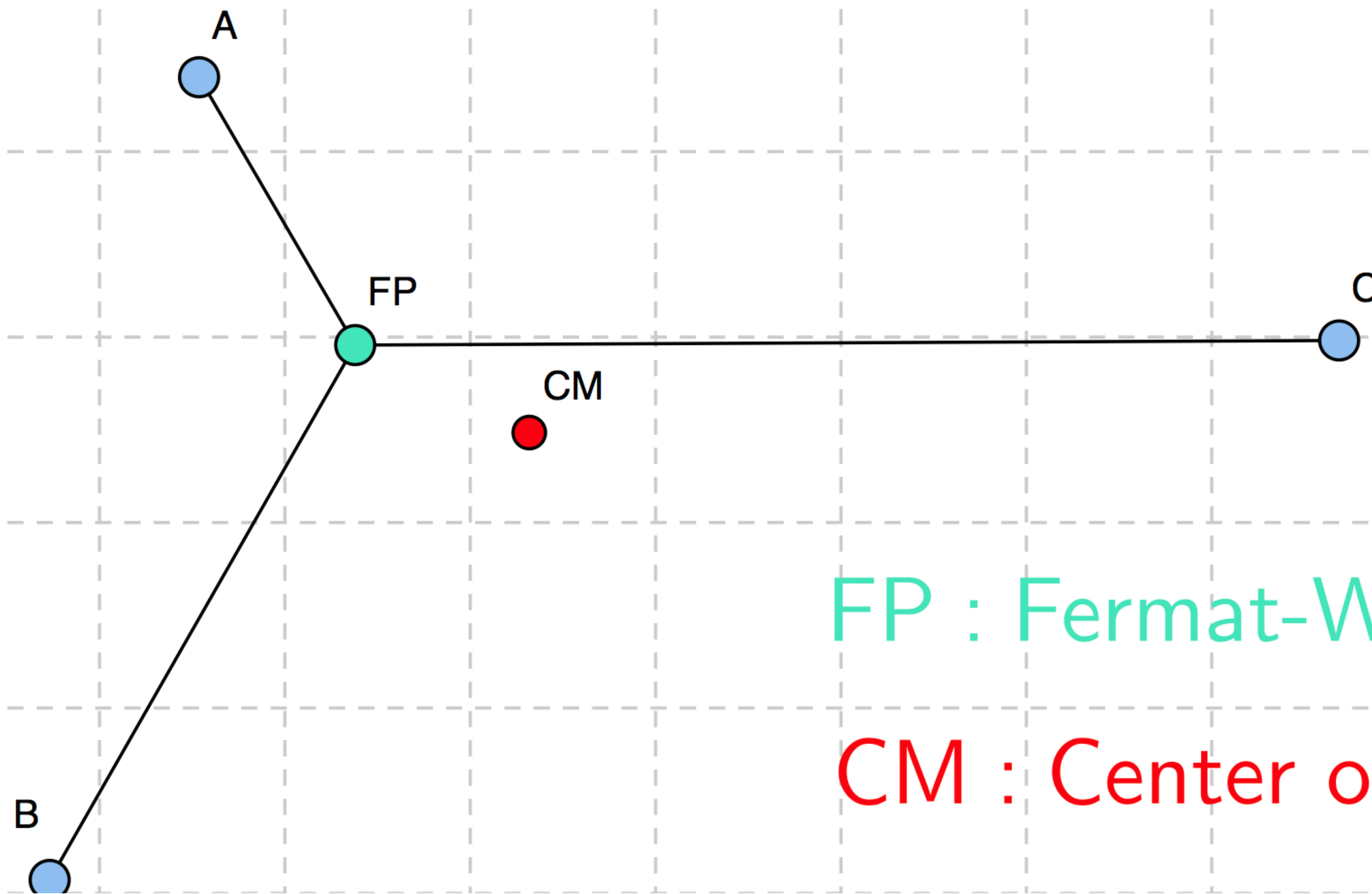
Dorrie, H. (1965). 100 Great problems of elementary mathematics. Dover Publications.

OPTIMALE POSITION EINES KRAFTWERKS



Link zu GeoGebraTube: Der Neubau des Kraftwerks von Ulrich Steinmetz

$$\text{minimize}_{x,y} \quad f(x,y) = \sum_{i=1..n} \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2}$$

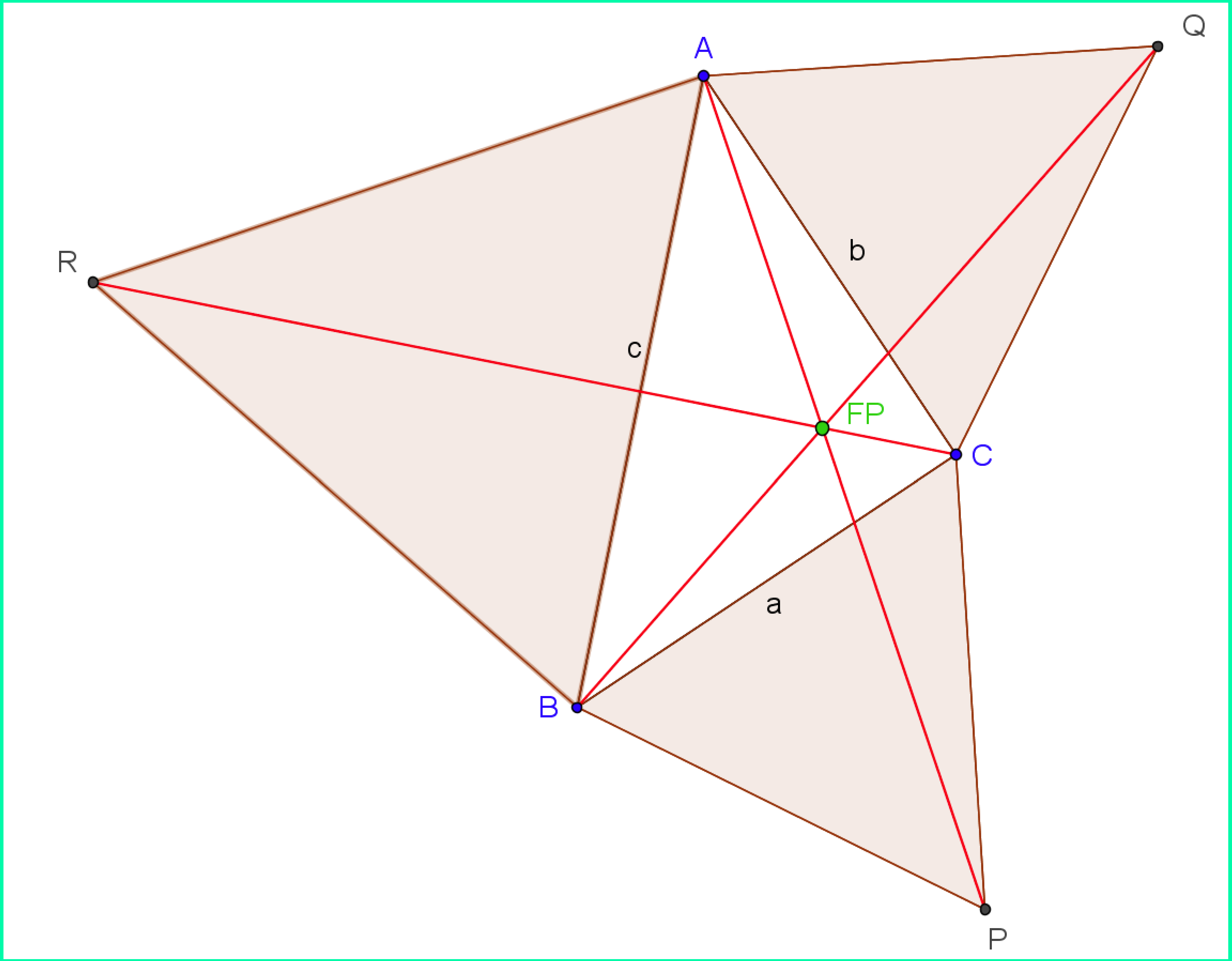


FP : Fermat-Weber Point

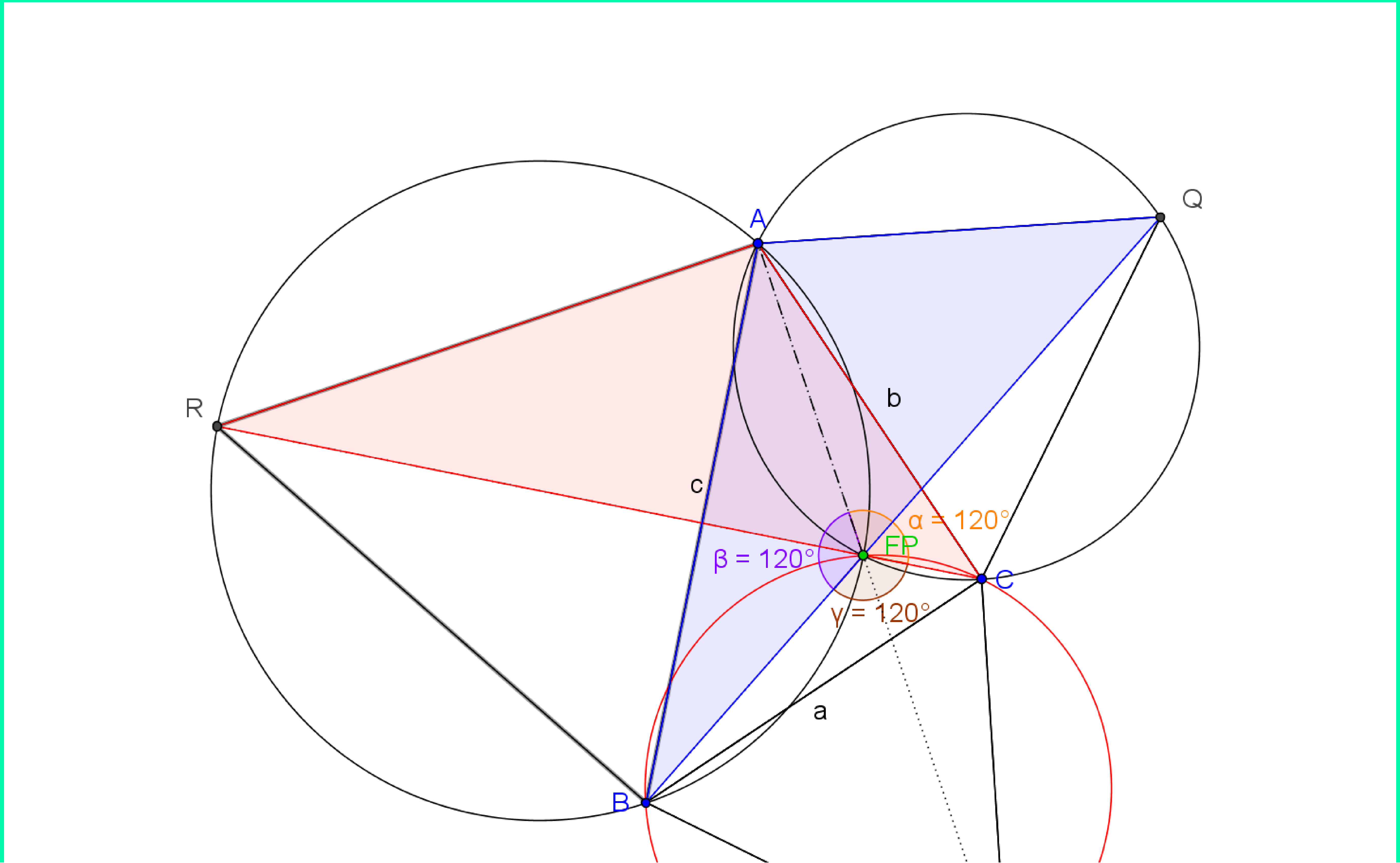
CM : Center of mass

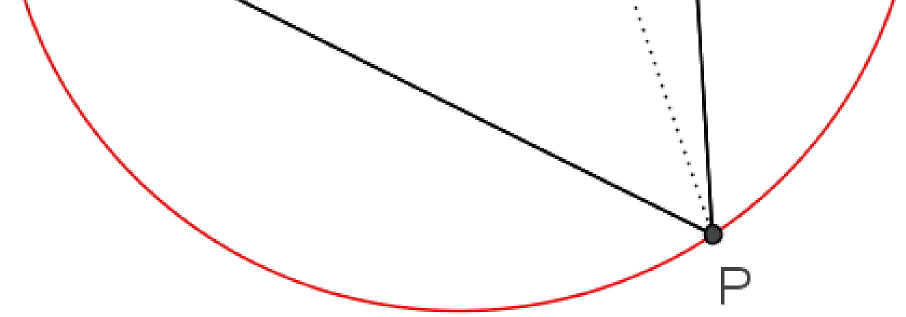
EXAKTE LÖSUNG

FÜR N = 3


A
Q
R
b
c
FP
C
a
B
P

GEOMETRISCHER BEWEIS





Link to Geogebra Material

WER HAT ALS ERSTES EIN NUMERISCHES LÖSUNGSVERFAHREN FÜR **N>3** GEFUNDEN?

FACILITY LOCATION PROBLEMS
EIN TEILGEBIET DER KOMBINATORISCHEN OPTIMIERUNG

1966 findet **M. L. Balinksi** eine approximative Lösung des Fermat-Weber Problems für n-Ecken.

M. L. Balinksi. On finding integer solutions to linear programs. In Proceedings of the IBM Scientific Computing Symposium on Combinatorial Problems, pages 225–248. IBM, 1966.

I was sixteen when I became intrigued with the N point problem

Andrew Vázsonyi, 1932

Cosider N points and one more point, X. Measure the distances between X and the given points, then add the distances. Find point X so that this sum is the smallest possible.

Andrew Vázsonyi

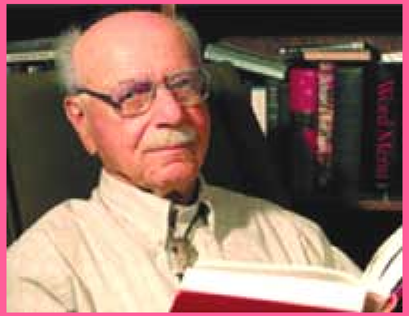
I found the point X by using an infinite, recursive algorithm, a most unusual solution for a problem in geometry. You start with a point X0, anywhere, and search for a better solution.

Andrew Vázsonyi, 1937

The paper "Sur le point pour lequel les sommes des distances de n points donnés et minimum", published in **Japan** in **1937** under the name **Endre Weiszfeld** became a classic in the mathematics of location analysis.

WEISZFELD

ALGORITHMUS



by Endre Weiszfeld, alias Andrew Vázsonyi (1916–2003), born in Budapest

WEISZFELD ALGORITHMUS

k Iterationsschritte

Ortsvektoren: $\overrightarrow{x_1} \cdots \overrightarrow{x_N}$

Startpunkt $\overrightarrow{y_0}$ im Schwerpunkt

$$\overrightarrow{y_{k+1}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \frac{\overrightarrow{x_i}}{\|\overrightarrow{x_i} - \overrightarrow{y_k}\|}}{\sum_{i=1}^{N} \frac{1}{\|\overrightarrow{x_i} - \overrightarrow{y_k}\|}}$$

H. Üster, R.F. Love, The convergence of the Weiszfeld algorithm, Computers & Mathematics with Applications, Volume 40, Issues 4–5, August–September 2000, Pages 443-451, ISSN 0898-1221

WEISZFELD ALGORITHMUS

Algorithm 3.2 Fermatpunkt(Punkte,epsilon)

```
P = schwerpunkt(Punkte)
while True do
    Q = Iterationsschritt(P, Punkte)
    if distanz(P,Q)⩽epsilon then
        return Q
    end if
    P = Q
end while
```

ITERATIONSSCHRITT

Algorithm 3.1 Iterationsschritt(P, Punkte)

```
W = x= y = 0.0
for Q in Punkte do
    d = distanz(P,Q)
    tmp = 1.0 / d
    W = W + tmp
    x = x + Q[0] * tmp
    y = y + Q[1] * tmp
end for
return x/W , y/W
```

WEISZFELD ALGORITHMUS MIT JAVASCRIPT (I)

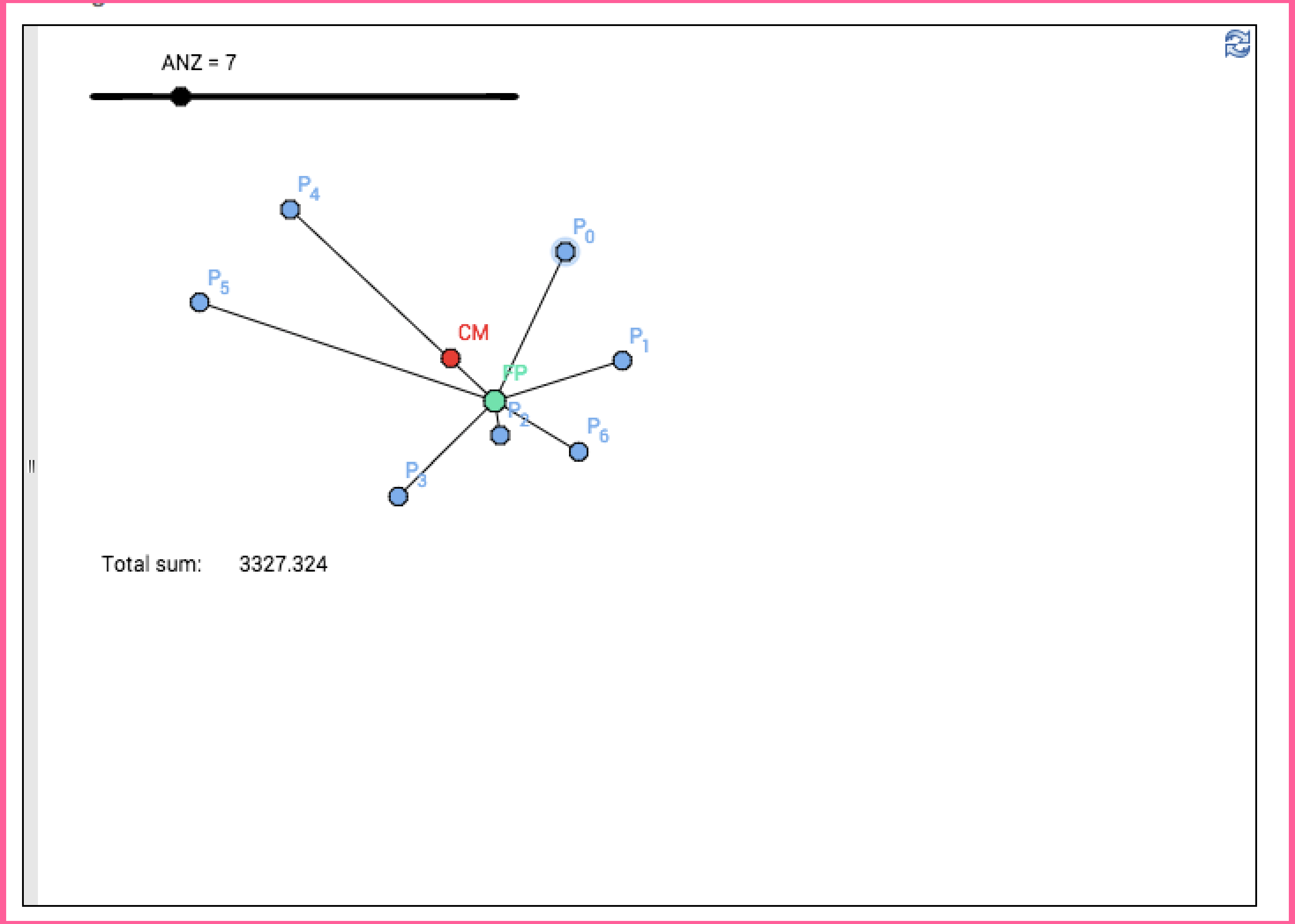
```
geometric_median = function(epsilon) {
    var P,Q;
    P={};
    P.x=gb.getXcoord("CM");
    P.y=gb.getYcoord("CM");

    while (true){
      Q = median_approx(P);
      if (eukl_distance(P, Q) < epsilon){
        return Q;
      }
      P = Q;
    }
};
```

WEISZFELD ALGORITHMUS
MIT JAVASCRIPT (II)

```
median_approx = function(P) {
    var W,x,y,d,w,_len,_i,Q;
    W=x=y=0.0;
    Q={};
    _len=xl.length
    for (_i = 0; _i < _len; _i++) {
      Q.x = xl[_i];
      Q.y = yl[_i];
      d=eukl_distance(Q,P);
      if (d != 0){
        w =1.0/d;
        W+= w;
        x+=Q.x*w;
        y+=Q.y*w;
      }
    }
    Q.x = x/W;
    Q.y = y/W;
    return Q;
  };
```

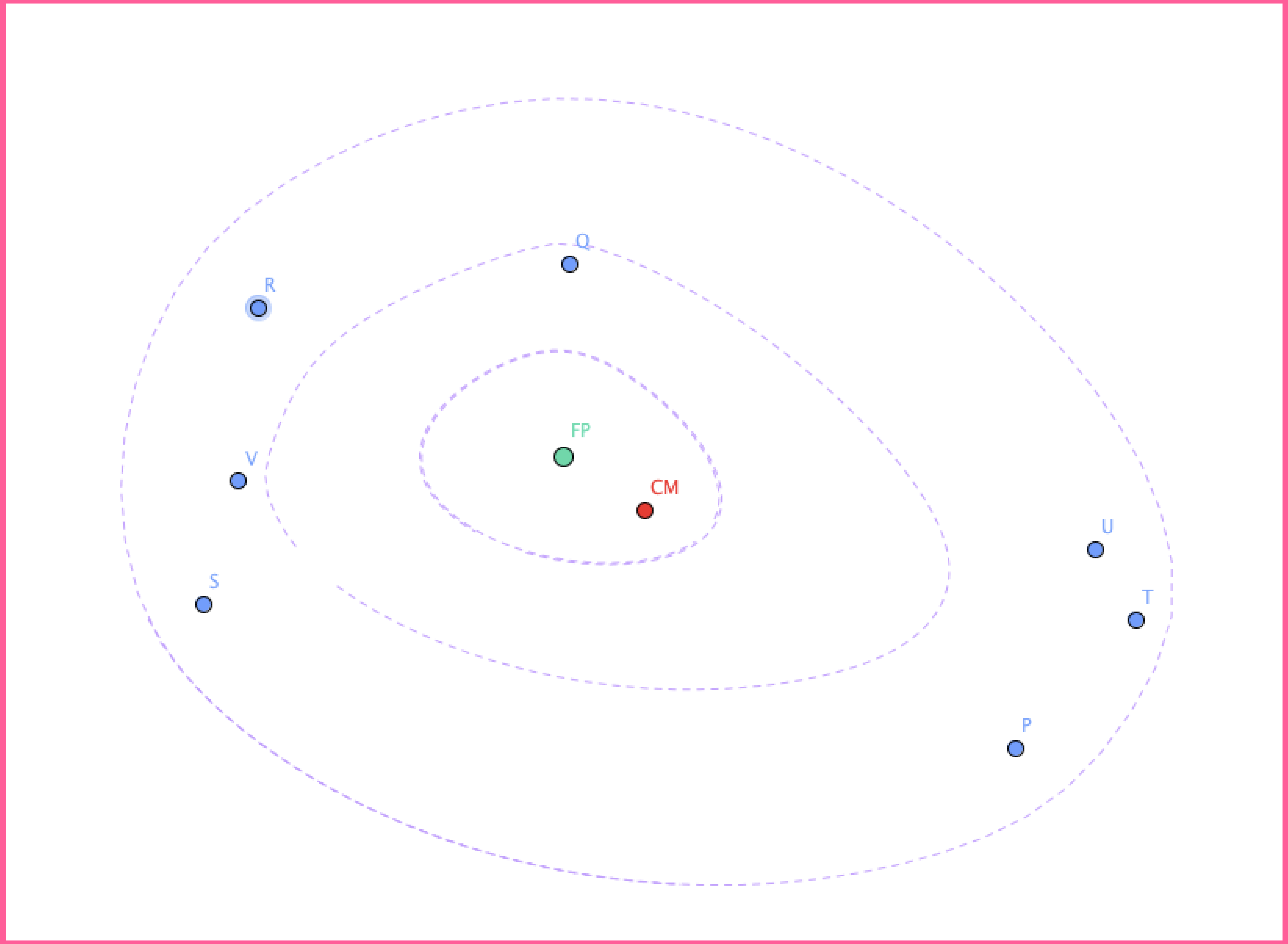
Fermat-Punkt für n>3



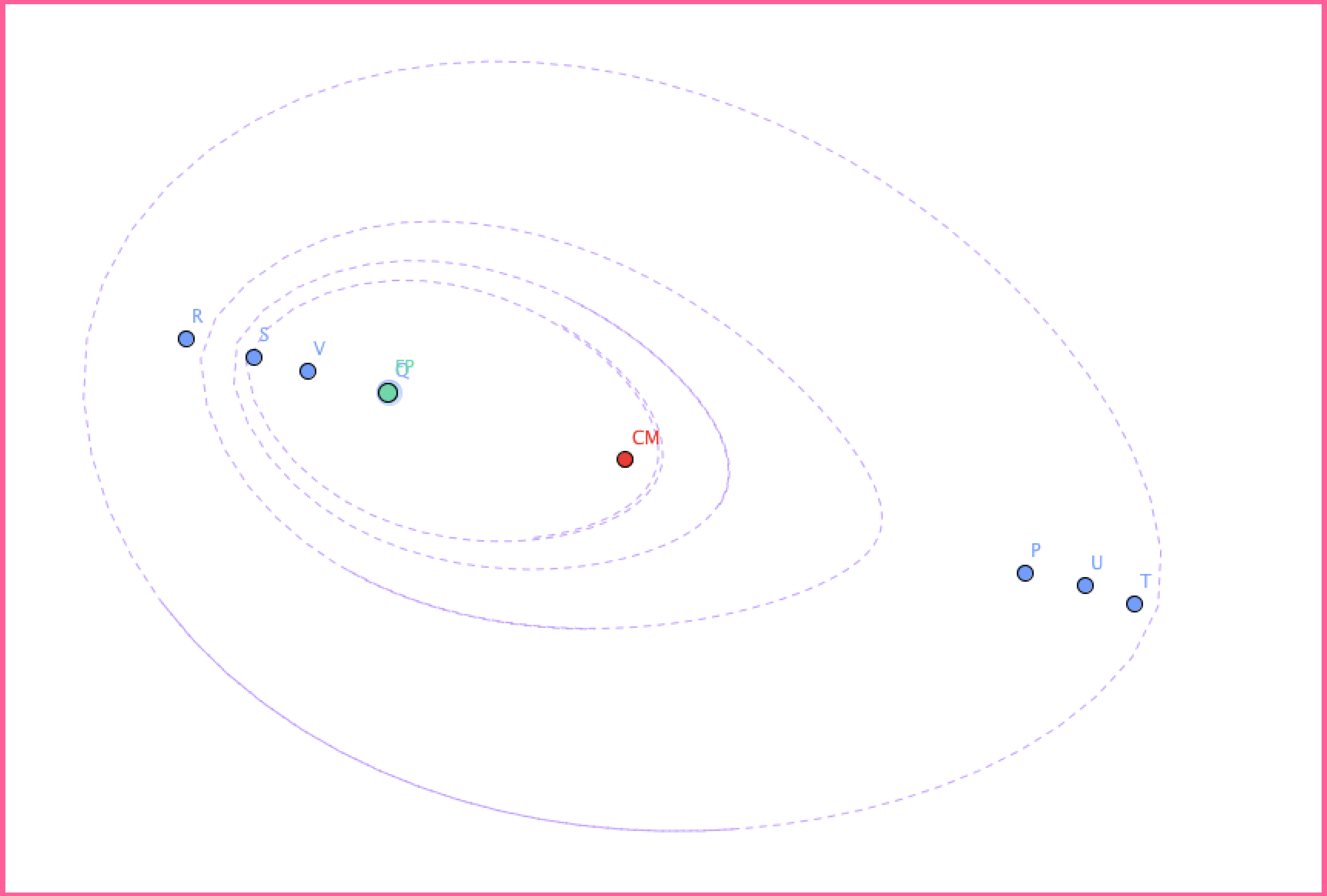
Link GeoGebraTube

POTENZIALE UND ÄQUIPOTENTIALFLÄCHEN

Link GeoGebraTube

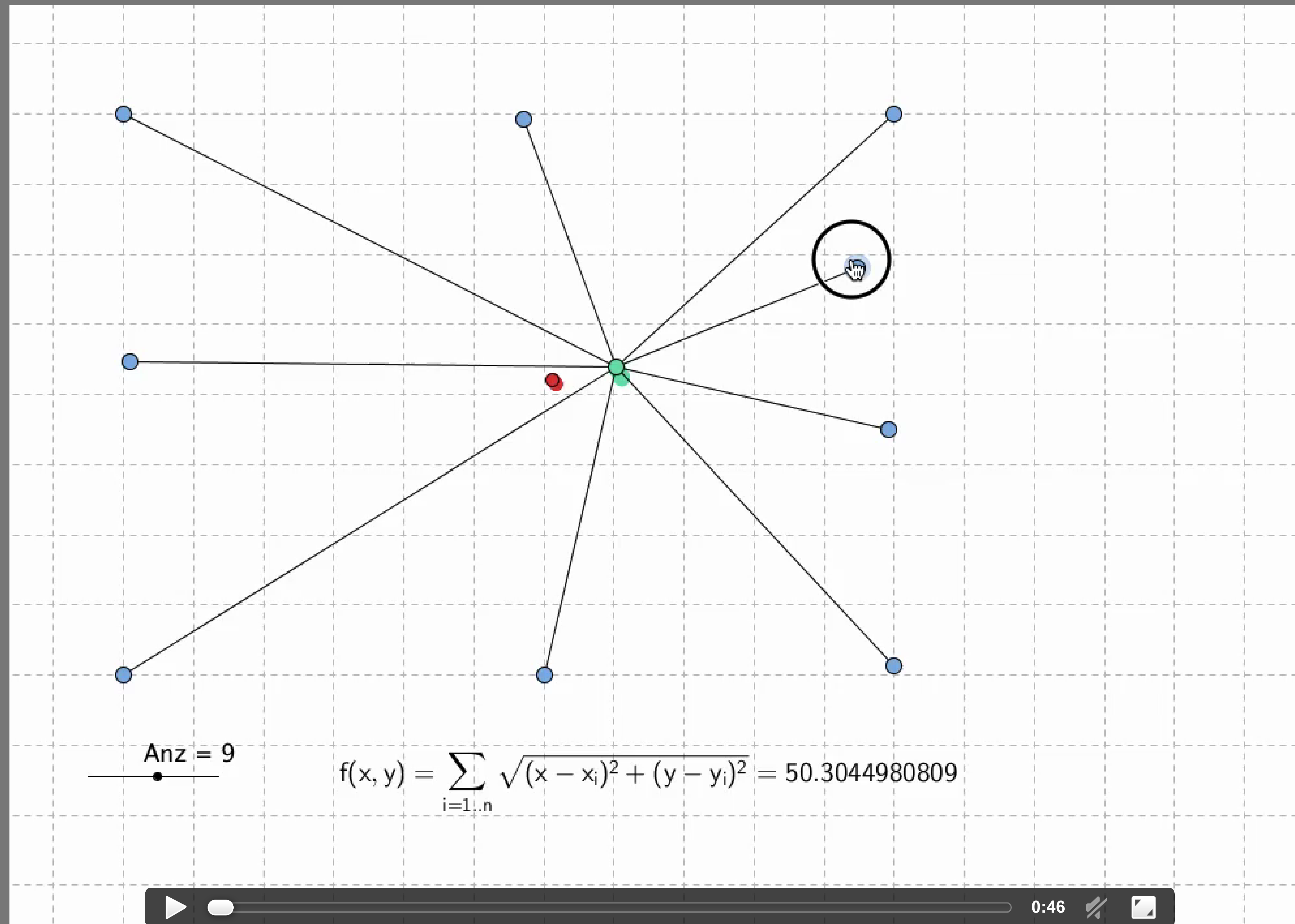


IM EIN DIMENSIONALEN FALL
SPRINGT DER FERMAT-PUNKT AUF DEN MEDIAN

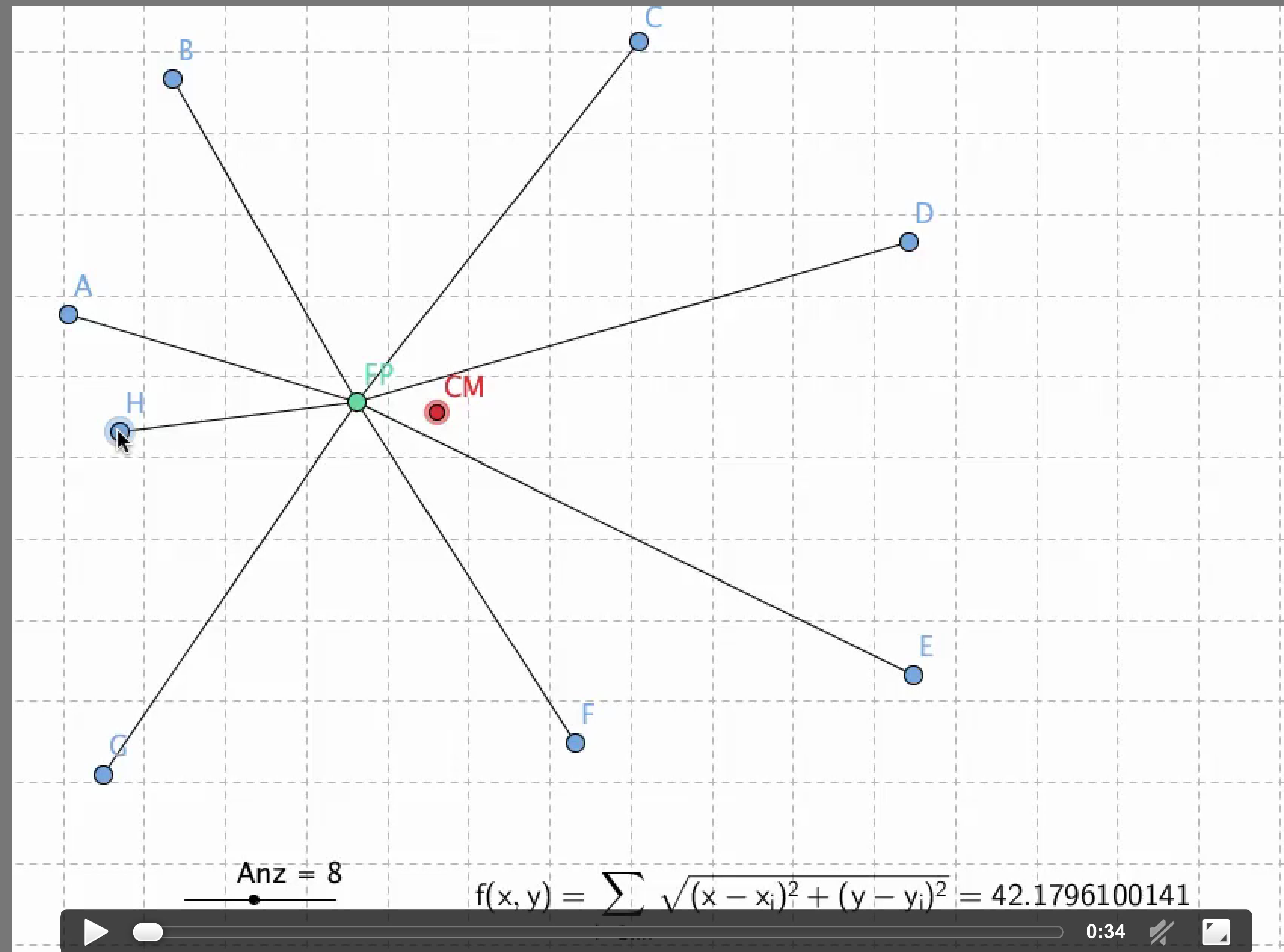


NUMERISCHE EXPERIMENTE

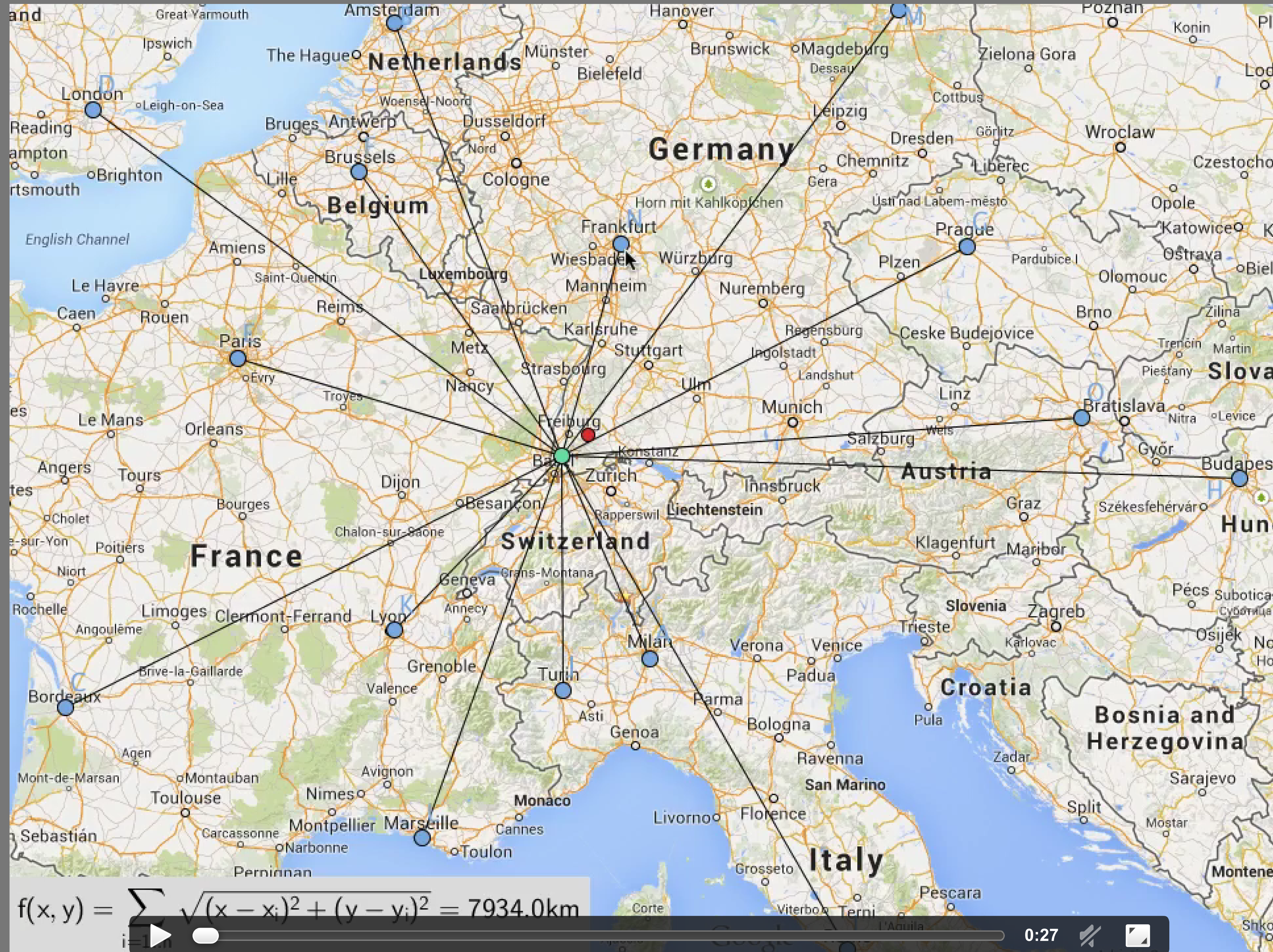
FP BEWEGT SICH AUF EINEM ORBIT



FP SPRINGT AUF INNERE PUNKTE



WO BEFINDET SICH DER MITTELPUNKT VON EUROPA ?



Link GeoGebraTube