universität innsbruck

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Physik in graphischen Darstellungen

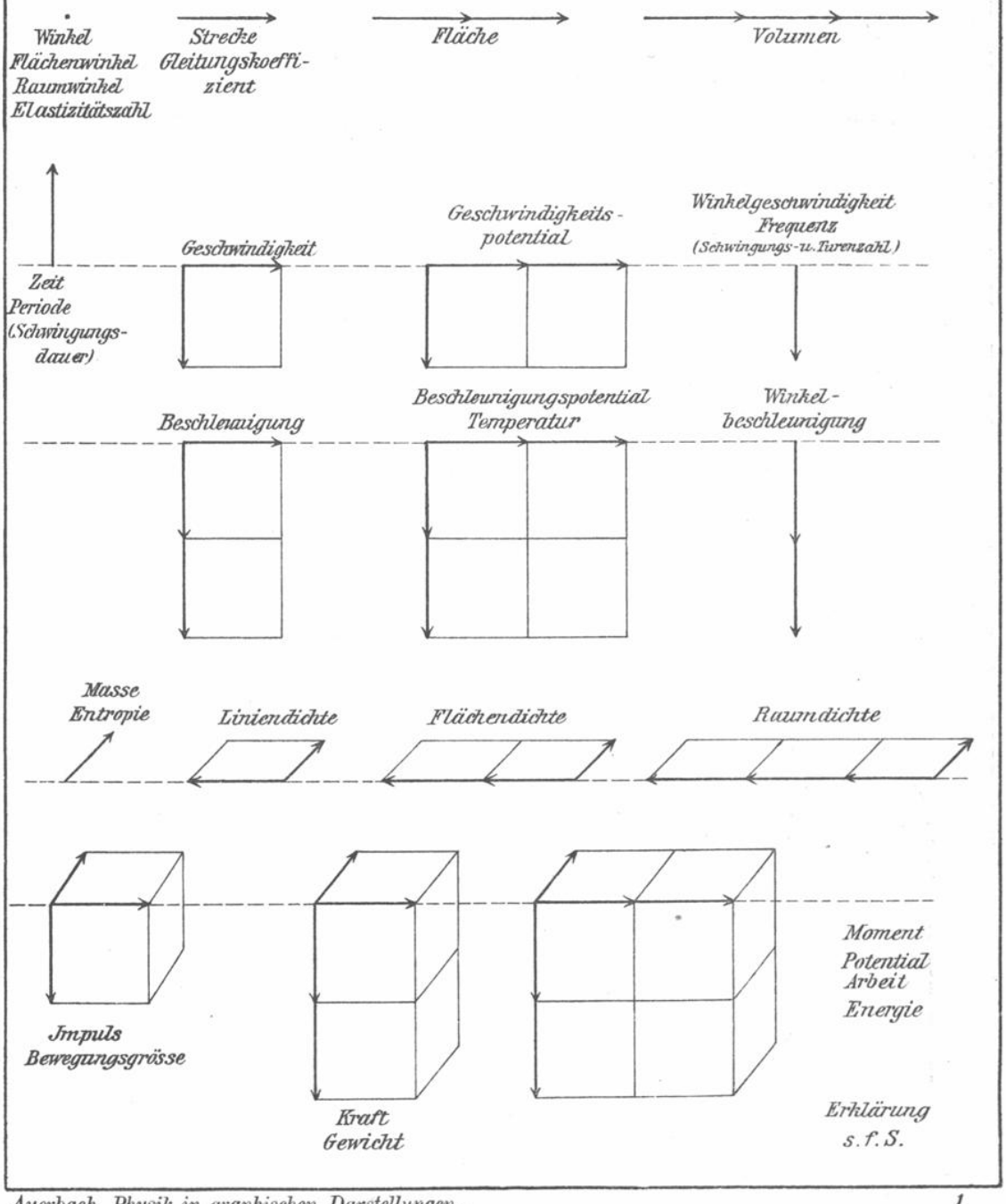
Auerbach, Felix

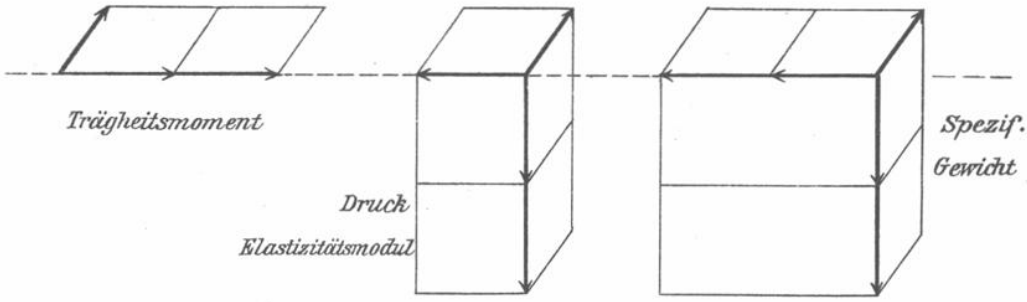
Leipzig [u.a.], 1912

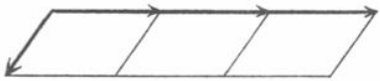
Graphischen Darstellungen: 1373 Figuren auf 213 Tafeln

urn:nbn:at:at-ubi:2-6526

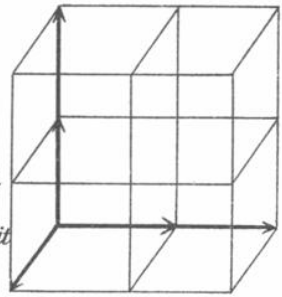
Dimensionsformeln





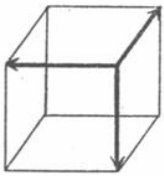


Spez. Volumen (der Masseneinheit)



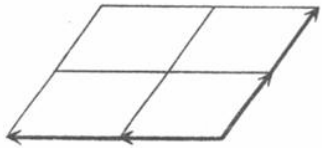
Volumen der Gewichtseinheit

Oberflächen-spannung

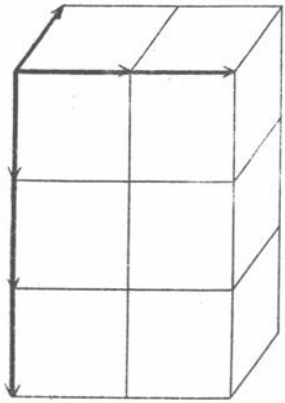


Zähigkeit

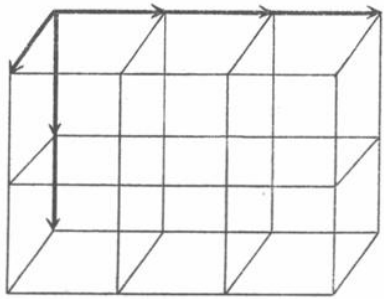
Fernkraft im Grav. Maass



Effekt



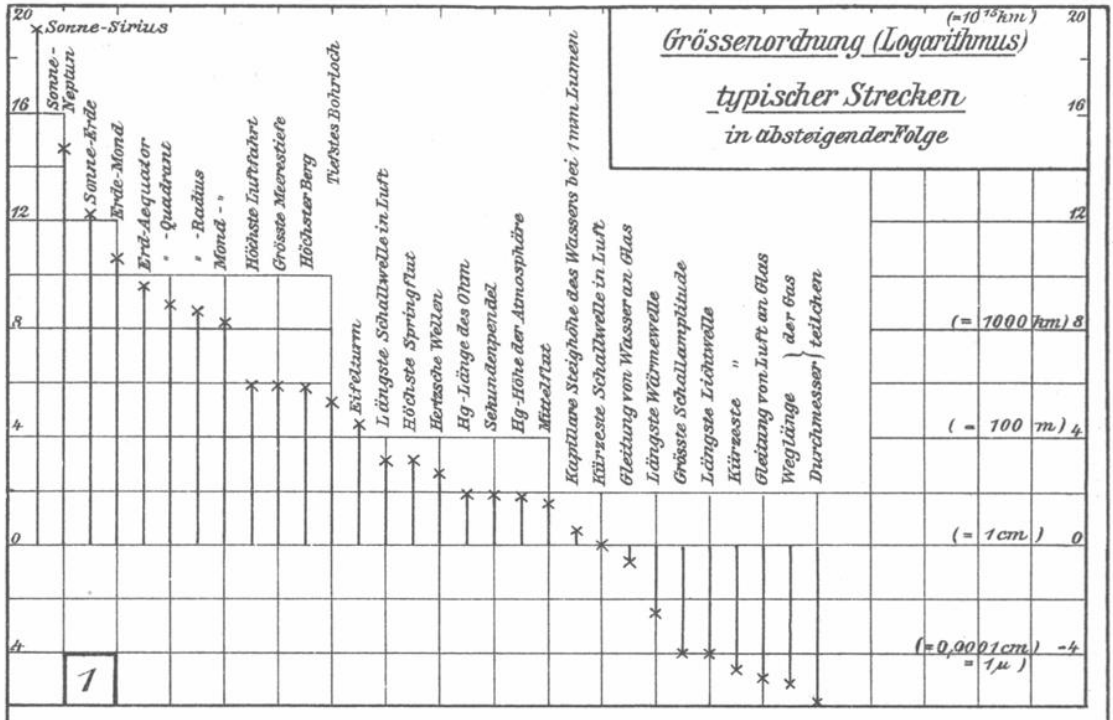
Gravitationskonstante

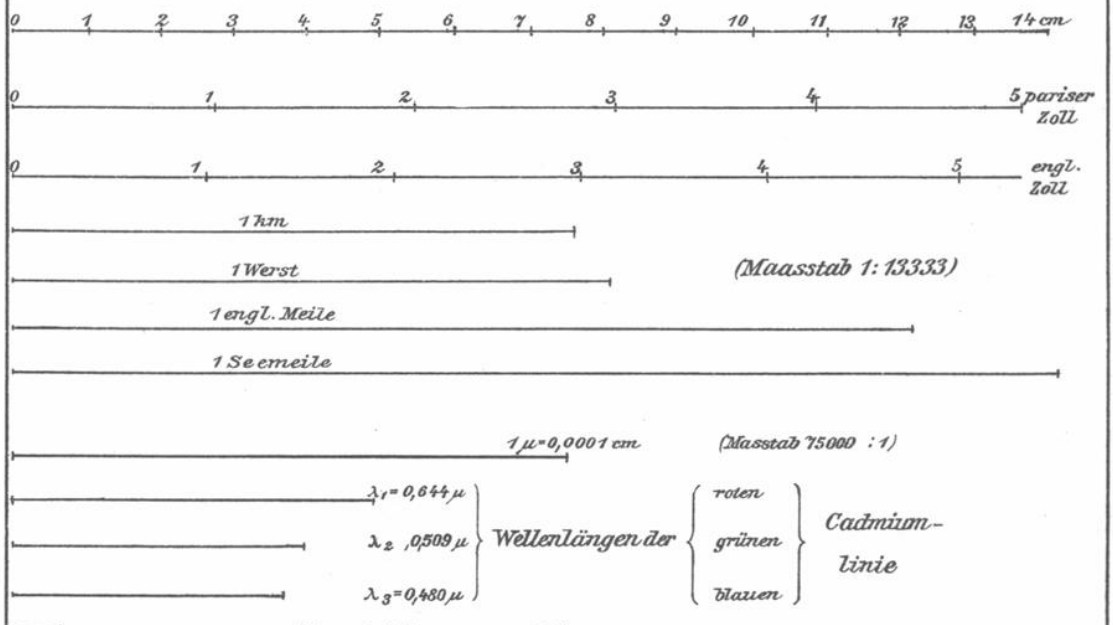


Erklärung:

Strecken nach rechts, Zeiten nach oben, Massen (perspektivisch) nach hinten; Zahl der Abschnitte (zu 1,5 cm) = Potenz; reziproke Strecken nach links, Zeiten nach unten, Massen nach vorn.

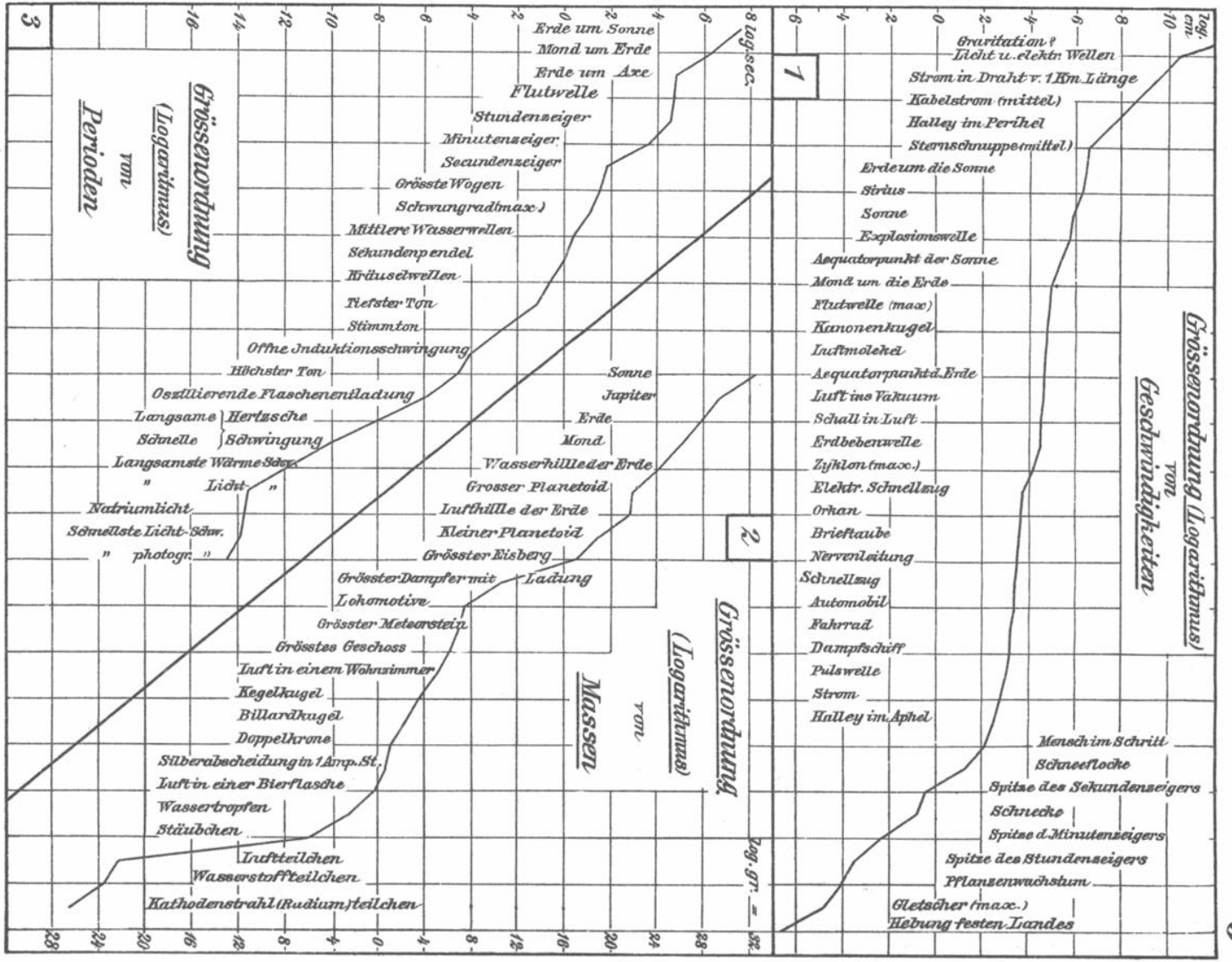
Die räumlichen Figuren so, wie sie von vorn-rechts-oben erscheinen.





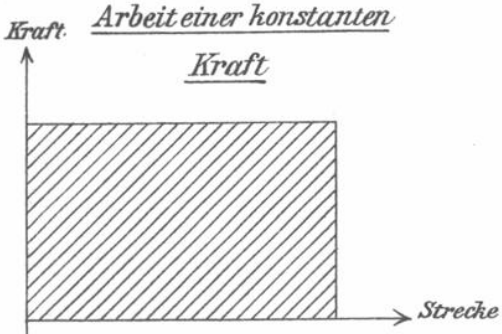
Vergleichung von Längenmaassen

Nördliche Breite von Orten
in absteigender Folge
N. B.
60°
56°
52°
48°
44°
40°
36°
Chicago
Tiflis
Konstantinopel
Neapel
New York
Madrid
Washington
Lissabon
Palermo
Athen
San Francisko
Tokio
Helsingfors
Christiania
St. Petersburg
Stockholm
Edinburgh
Moskau
Kopenhagen
Königsberg
Kiel
Hamburg
Berlin
Potsdam
Amsterdam
Cambridge
Göttingen
Halle
Greenwich
Leipzig
Breslau
Dresden
Jena
Brüssel
Bonn
Prag
Heidelberg
Paris
Strassburg
Tübingen
Wien
München
Freiburg
Budapest
Zürich
Bern
Mailand
Nizza
Rom
1
Meereshöhe von Orten
in absteigender Folge
(Physikal. oder astron. Institut)
m
600
500
400
300
200
100
0
Madrid
Innsbruck
München
Zürich
Genf
Graz
Tübingen
Basel
Freiburg
Turin
Stuttgart
Marburg
Prag
Aachen
Würzburg
Chicago
Jena
Budapest
Wien
Moskau
Göttingen
Strassburg
Giessen
Mailand
Leipzig
Breslau
Dresden
Karlsruhe
Heidelberg
Warschau
Halle
Athen
Lissabon
Frankfurt
Paris
Münster
Bonn
Köln
Rom
Greenwich
Berlin
Washington
Potsdam
Kairo
Upsala
Königsberg
Stockholm
Brüssel
Cambridge
St. Petersburg
Tokio
Hamburg
Amsterdam
2

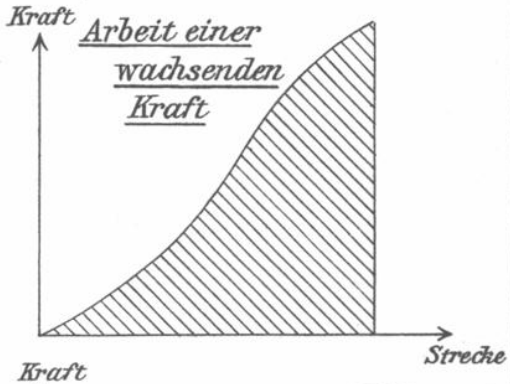

Grössenordnung (Logarithmus) von Geschwindigkeiten
log. cm
Gravitation?
Licht u. elektr. Wellen
Strom in Draht v. 1 Km Länge
Kabelstrom (mittel)
Halley im Perihel
Sternschnuppe (mittel)
Erde um die Sonne
Sirius
Sonne
Explosionswelle
Aequatorpunkt der Sonne
Mond um die Erde
Flutwelle (max)
Kanonenkugel
Luftmolekel
Aequatorpunkt d. Erde
Luft ins Vakuum
Schall in Luft
Erdbebenwelle
Zyklon (max.)
Elektr. Schnellzug
Orkan
Brieftaube
Nervenleitung
Schnellzug
Automobil
Fahrad
Dampfschiff
Pulswelle
Strom
Halley im Aphel
Mensch im Schritt
Schneeflocke
Spitze des Sekundenzeigers
Schnecke
Spitze d. Minutenzeigers
Spitze des Stundenzeigers
Pflanzenwachstum
Gletscher (max.)
Hebung festen Landes
Grössenordnung (Logarithmus) von Massen
Erde um Sonne
Mond um Erde
Erde um Axe
Flutwelle
Stundenzeiger
Minutenzeiger
Secundenzeiger
Grösste Wogen
Schwungrad (max.)
Mittlere Wasserwellen
Sekundenpendel
Kräuselwellen
Tiefster Ton
Stimmton
Offne Induktionsschwingung
Höchster Ton
Oszillierende Flaschenentladung
Langsame Hertzsche
Schnelle Schwingung
Langsamste Wärme Schw.
" Licht "
Natriumlicht
Schnellste Licht-Schw.
" photogr. "
Sonne
Jupiter
Erde
Mond
Wasserhülle der Erde
Grosser Planetoid
Lufthülle der Erde
Kleiner Planetoid
Grösster Eisberg
Grösster Dampfer mit Ladung
Lokomotive
Grösster Meteorstein
Grösstes Geschoss
Luft in einem Wohnzimmer
Kegelkugel
Billardkugel
Doppelkrone
Silberabscheidung in 1 Amp. St.
Luft in einer Bierflasche
Wassertropfen
Stäubchen
Luftteilchen
Wasserstoffteilchen
Kathodenstrahl (Radium) teilchen
log. sec.
log. gr. =
Grössenordnung (Logarithmus) von Perioden
1
2
3

1

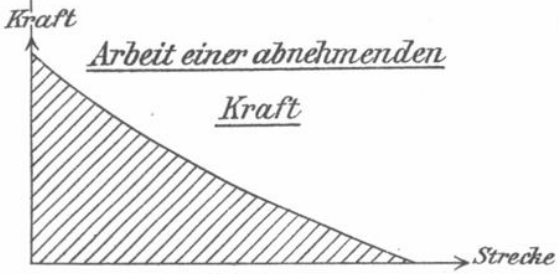
Arbeit einer konstanten Kraft

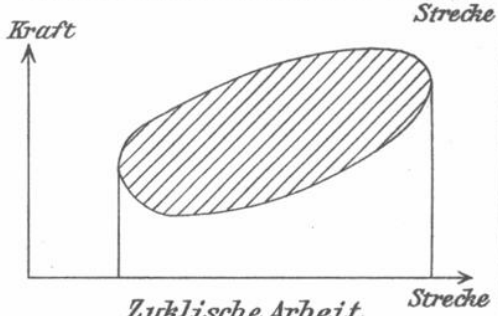


Arbeit einer wachsenden Kraft

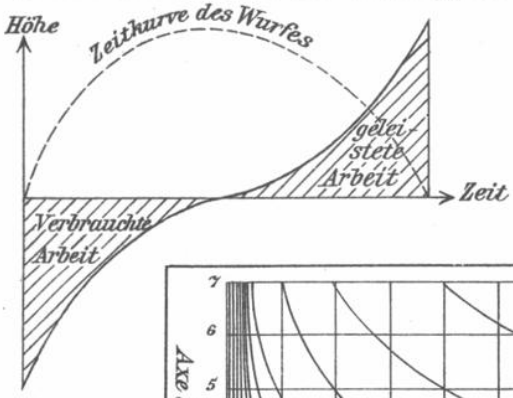


Arbeit einer abnehmenden Kraft





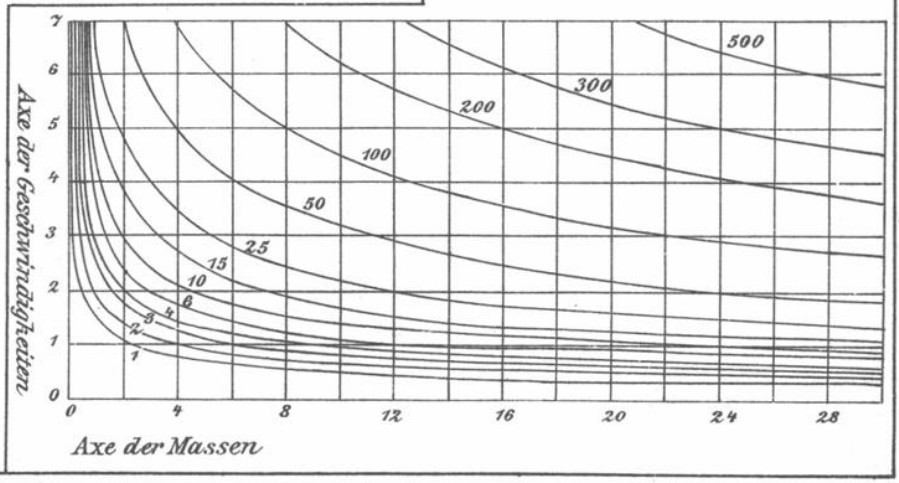
Zyklische Arbeit



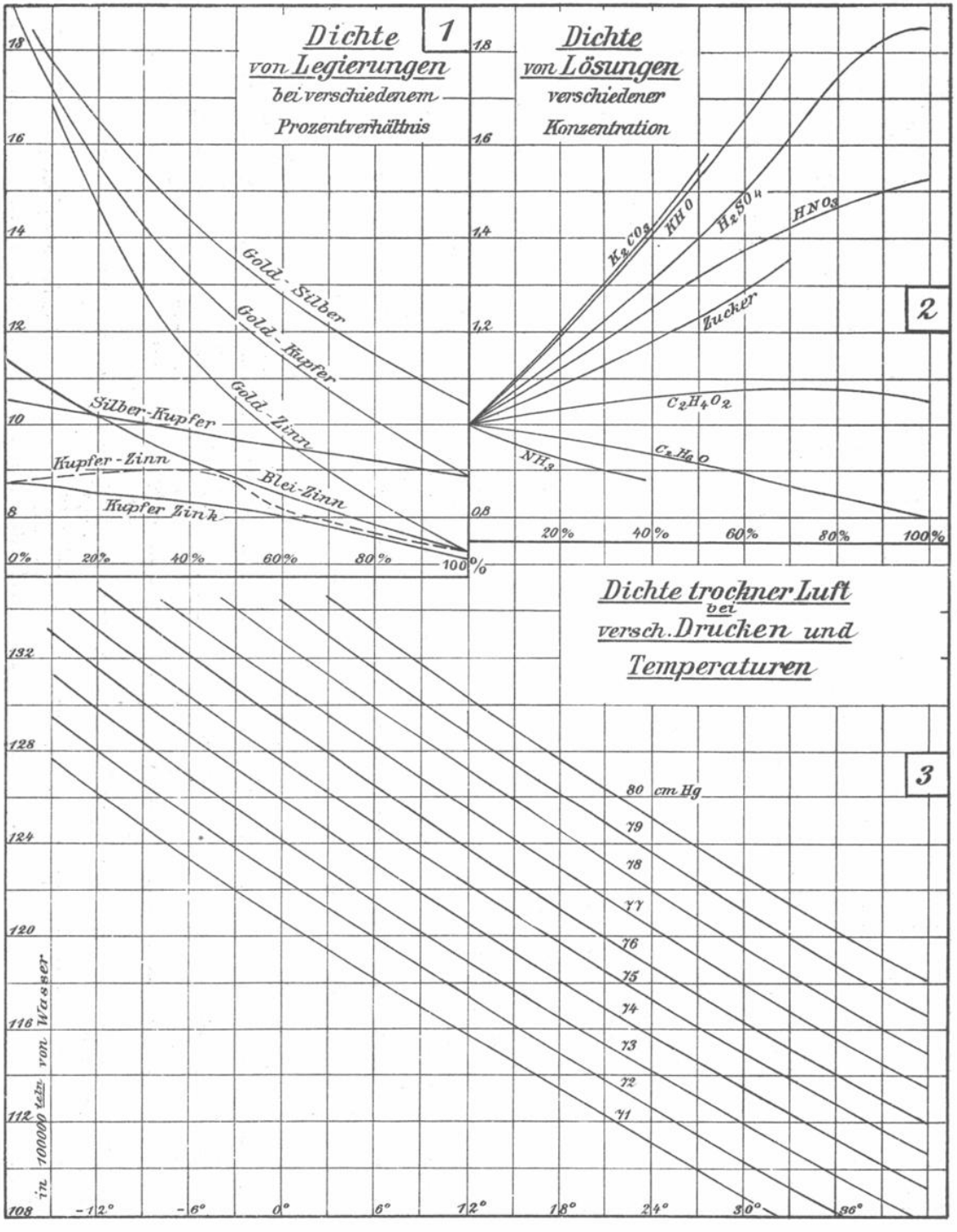
Arbeit beim Wurf

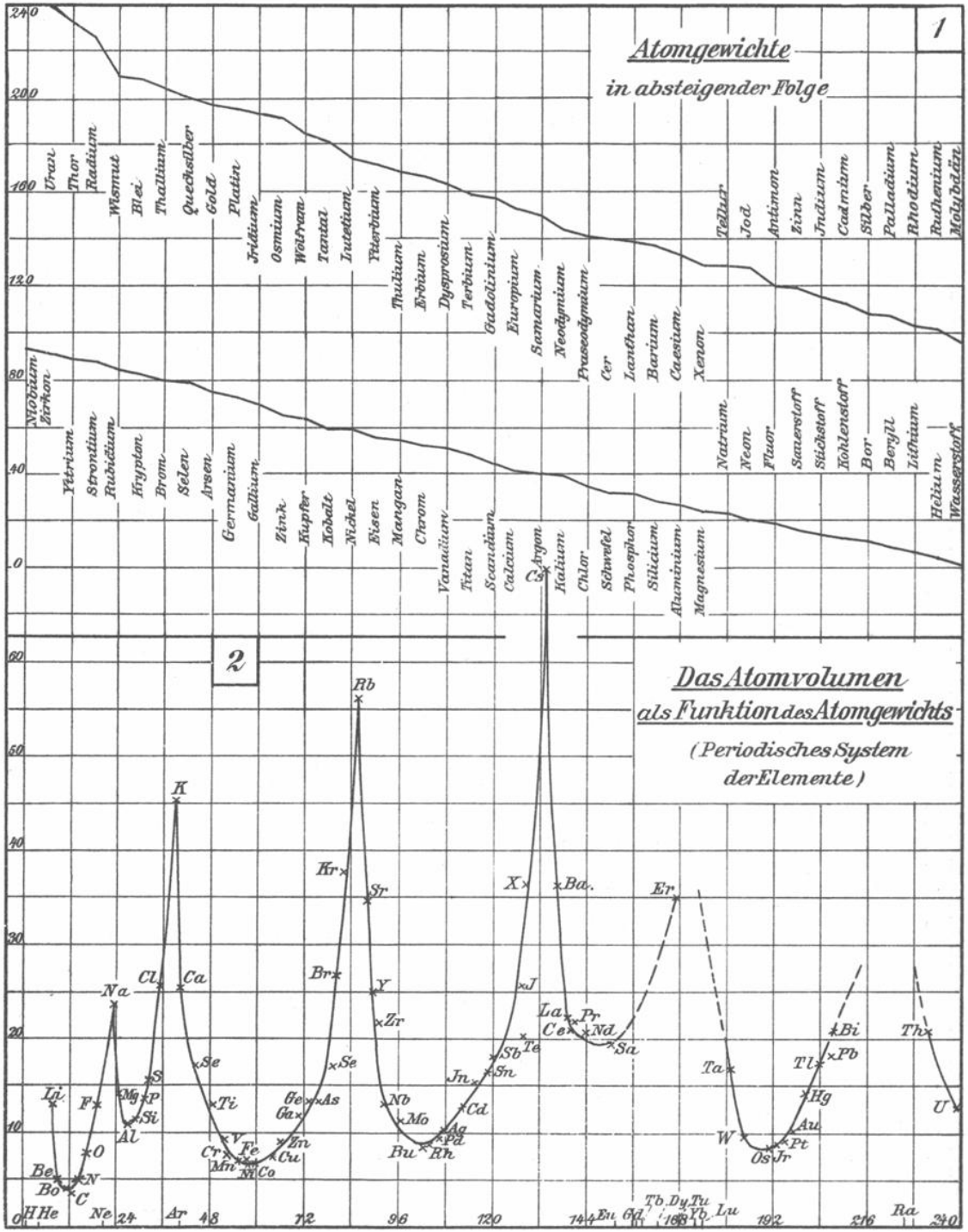
2

Linien gleicher kinetischer Energie

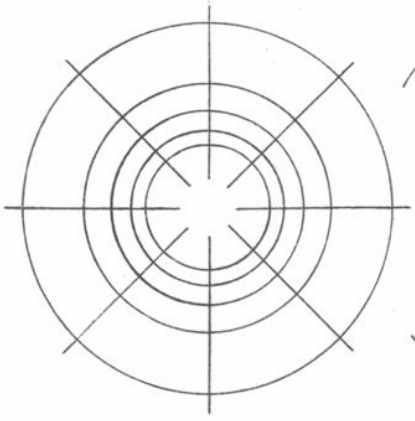


Dichte
in absteigender
Folge
(feste und flüssige Stoffe)
1
Osmium
Iridium
Platin
Gold
Wolfram
Uran
Quecksilber
Blei
Palladium
Torium
Tantal
Silber
Wismut
Wood-Metall
Bronce (max.)
Kupfer
Nickel
Kobalt
Cadmium
Messing
Neusilber
Zinn
Eisen
Zink
Zinn
Antimon
Tellur
Chrom
Jenaer Glas S 57
Arsen
Magnetisenstein
Jod
Selen
Schwerspat
Eisen
Barium
Diamant
Brom
Flussspat
Marmor
Quarz
* bei 0° u. 760 Atm. Flüssig
Kalkspat
Aluminium
Jenaer Glas 16
Feldspat
Silicium
Graphit
Gips
Steinsalz
Porzellan
Phosphor (rot)
Quarz (amorph.)
Schwefel
Jen. Glas S 205
Elfenbein
Schwefelsäure
Magnesium
Calcium
Zucker
Kohlensäure (fest)
Salpetersäure
Holzkohle
Buxbaum (trocken)
Salzsäure
Hartgummi
Wasser
Natrium
Wachs
Kautschuk
Oel
Kohlensäure
Eiche (tr.)
Benzol
Kalium
Alkohol
Aether
Sauerst. (flüss.)
Lithium
Pappel (tr.)
Stickst.
* Wasserst.
Kork
2
(Skala rechts)
Dichte
von Gasen und Dämpfen
(Luft = 1)
in absteigender Folge
Schwefelkohlenstoff
Aether
Chlor
SO_2
Schwefel
Schwefelsäure
Chlorcyan
Essigsäure
Aceton
Cyan
Alkohol
Aldehyd
Kohlensäure
Stickoxydul
Argon
Chlorwasserstoff
Schwefelwasserst.
Phosphorwasserst.
Methylalkohol
Sauerstoff
Stickoxyd
Methan
Luft
Aethylen
Stickstoff
Kohlenoxyd
Cyanwasserstoff
Acetylen
Fluorwasserstoff
Neon
Wasser
Ammoniak
Grubengas
Knallgas
Helium
Wasserstoff
Arsen
Jod
Quecksilber
Selen
Brom
Jodwasserstoff
Phosphor
Chloroform
Essigsäureäther
Xylen
Benzol
SO_2
Bromwasserstoff
Arsenwasserstoff
2,4
2,0
1,6
1,2
0,8
0,4
0

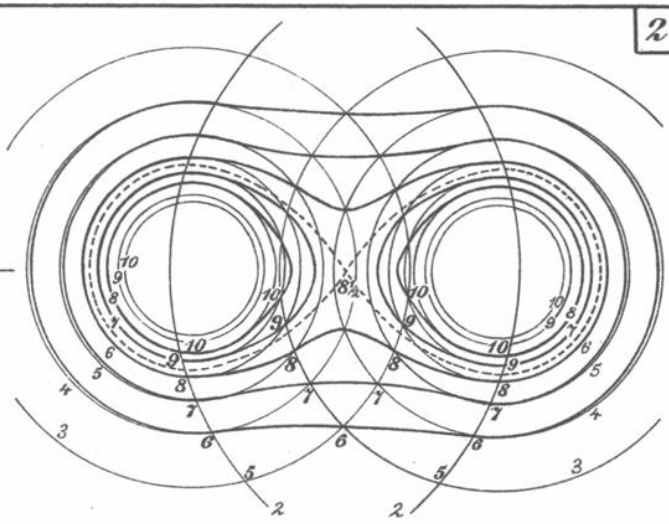

Dichte von Legierungen bei verschiedenem Prozentverhältnis
1
Gold-Silber
Gold-Kupfer
Gold-Zinn
Silber-Kupfer
Kupfer-Zinn
Blei-Zinn
Kupfer Zink
0% 20% 40% 60% 80% 100%
Dichte von Lösungen verschiedener Konzentration
2
K_2CO_3
KHO
H_2SO_4
HNO_3
Zucker
$C_2H_4O_2$
C_2H_6O
NH_3
20% 40% 60% 80% 100%
Dichte trockner Luft bei versch. Drucken und Temperaturen
3
80 cm Hg
79
78
77
76
75
74
73
72
71
in 1000000 tein von Wasser
-12° -6° 0° 6° 12° 18° 24° 30° 36°

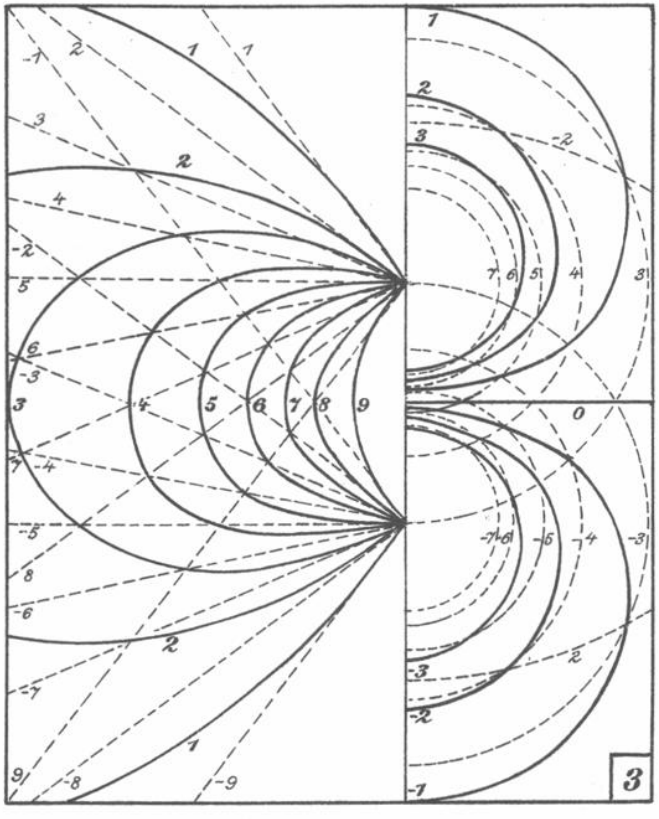

1
Atomgewichte
in absteigender Folge
240
200
160
120
80
40
0
Uran
Thor
Radium
Wismut
Blei
Thallium
Quecksilber
Gold
Platin
Iridium
Osmium
Wolfram
Tantal
Lutetium
Ytterbium
Thulium
Erbium
Dysprosium
Terbium
Gadolinium
Europium
Samarium
Neodymium
Praseodymium
Cer
Lanthan
Barium
Caesium
Xenon
Tellur
Jod
Antimon
Zinn
Indium
Cadmium
Silber
Palladium
Rhodium
Ruthenium
Molybdän
Niobium
Zirkon
Yttrium
Strontium
Rubidium
Krypton
Brom
Selen
Arsen
Germanium
Gallium
Zink
Kupfer
Kobalt
Nickel
Eisen
Mangan
Chrom
Vanadium
Titan
Scandium
Calcium
Argon
Kalium
Chlor
Schwefel
Phosphor
Silicium
Aluminium
Magnesium
Natrium
Neon
Fluor
Sauerstoff
Stickstoff
Kohlenstoff
Bor
Beryll
Lithium
Helium
Wasserstoff
2
Das Atomvolumen
als Funktion des Atomgewichts
(Periodisches System
der Elemente)
60
50
40
30
20
10
0
H He
Ne 24
Ar 48
72
96
120
144 Eu Gd Tb Dy Tu Yb Lu
168
192
216
Ra
240
Li
Be
Bo
C
N
O
F
Na
Mg
Al
Si
P
S
Cl
K
Ca
Ti
V
Cr
Mn
Fe
Ni
Co
Cu
Zn
Ga
Ge
As
Se
Br
Kr
Rb
Sr
Y
Zr
Nb
Mo
Ru
Rh
Pd
Ag
Cd
In
Sn
Sb
Te
J
X
Ba
La
Ce
Pr
Nd
Sa
Er
Ta
W
Os
Jr
Pt
Au
Hg
Tl
Pb
Bi
Th
U

1



2





3

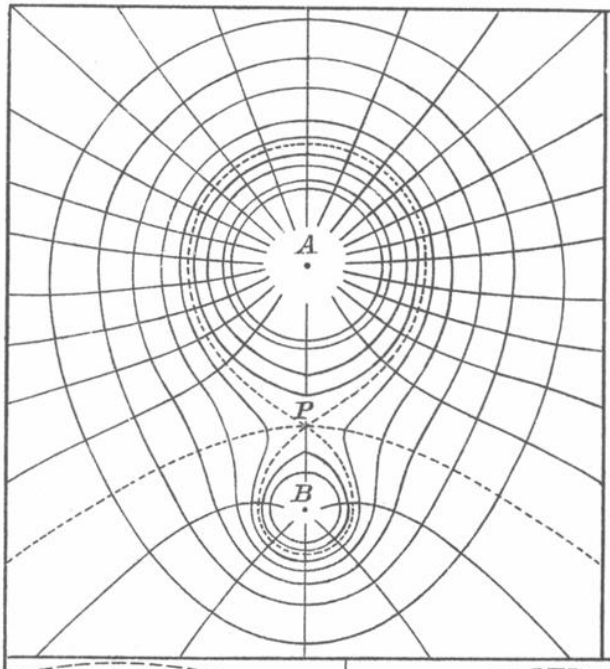
Darstellung von Feldern

1) Feld eines Poles.
(Niveaulinien und Kraftlinien)

2) Feld zweier gleichnamiger, gleichstarker Pole.
Niveaulinien jedes einzelnen (schwache Linien und kleine Zahlen) und beider zusammen (Summe, starke Linien, starke Zahlen)

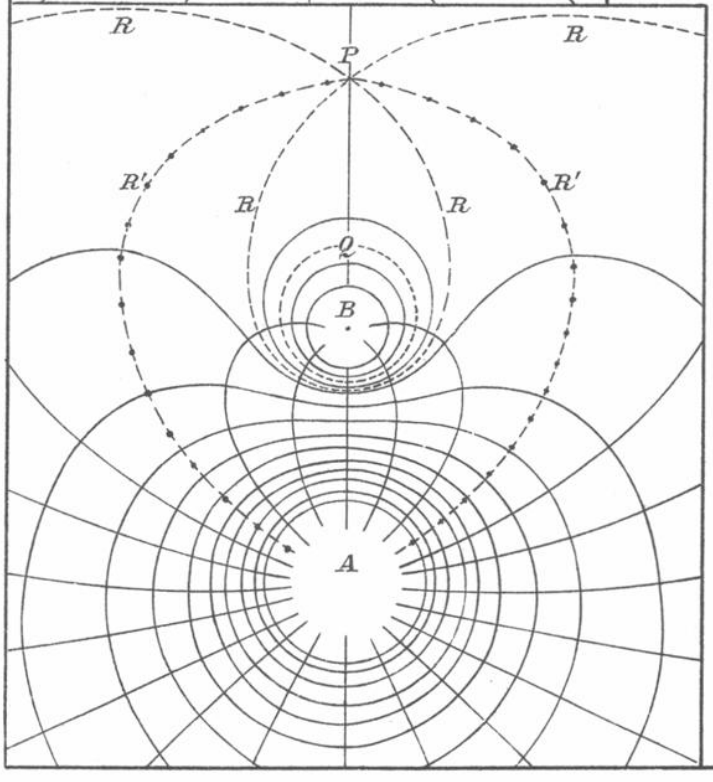
3) Feld zweier entgegengesetzter, gleichstarker Pole;
Einzellinien und Differenz. Rechte Hälfte: Niveaulinien, linke: Kraftlinien.

1



Feld zweier gleichnamiger ungleichstarker (4 : 1) Pole.

P ist der Gleichgewichts-punkt (Kraft null).



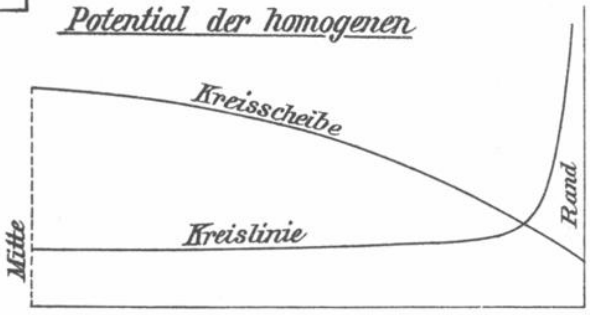
Feld zweier entgegengesetzter, ungleichstarker (4:1) Pole

P Gleichgewichtspunkt (Kraft null)
Q Linie vom Potential null.
R Niveaulinie durch den Gleichgewichtspunkt.
R' Äusserste, geschlossen verlaufende Kraftlinie.

2

1

Potential der homogenen



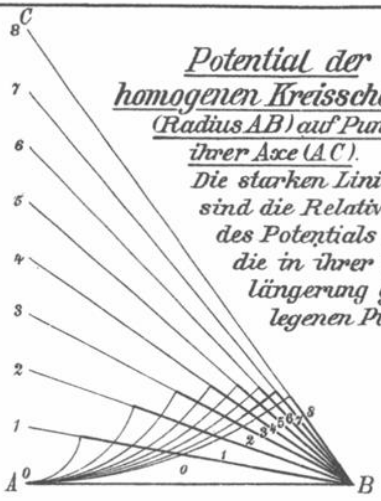
auf die Punkte ihrer Ebene

2

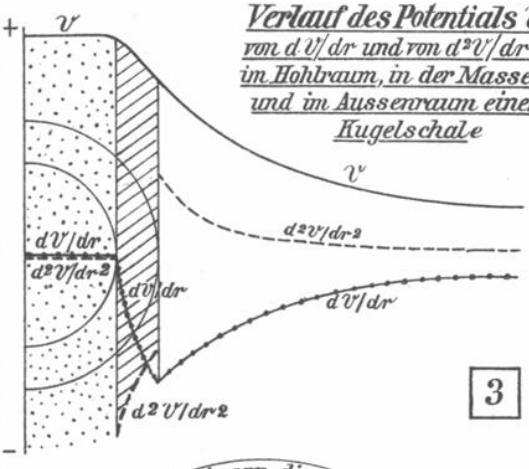
Potential der homogenen Kreisscheibe

(Radius AB) auf Punkte ihrer Axe (AC).

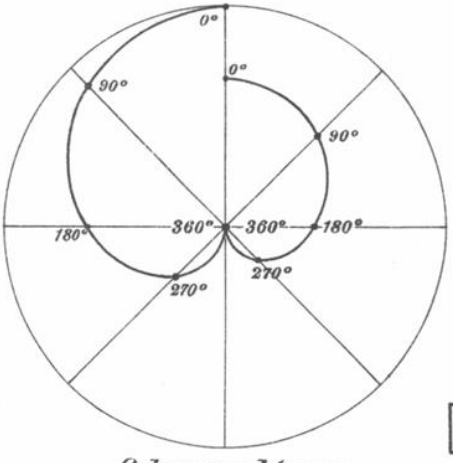
Die starken Linien sind die Relativwerte des Potentials auf die in ihrer Verlängerung gelegenen Punkte.



Verlauf des Potentials V, von dV/dr und von d²V/dr² im Hohlraum, in der Masse und im Aussenraum einer Kugelschale

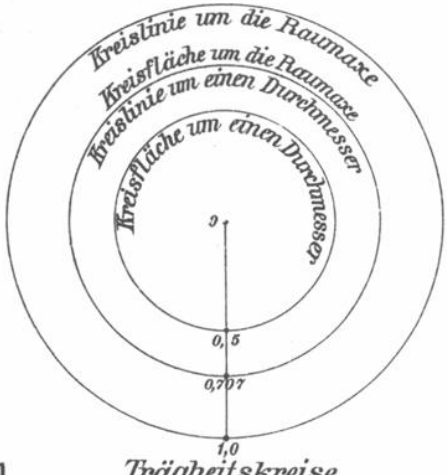


3



4

Schwerpunkte von Kreisbögen Kreissektoren verschiedener Oeffnung



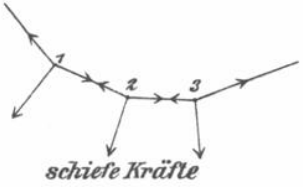
Trägheitskreise

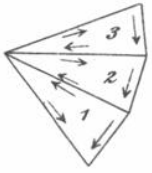
Unterschied zwischen mittlerer Ordinate u. Schwerlinie einer Kurve

5

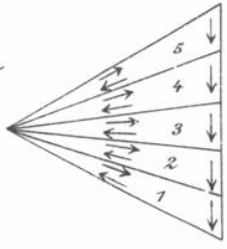
6

Seilpolygon und Kräftepolygon



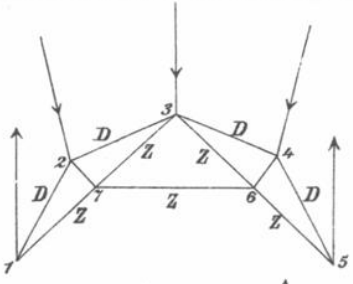


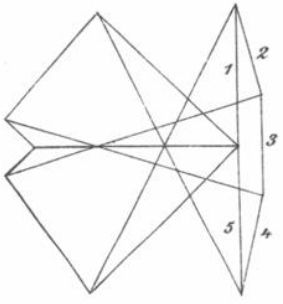
schiefe Kräfte



parallele Kräfte

1

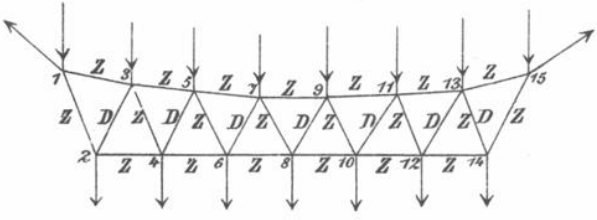


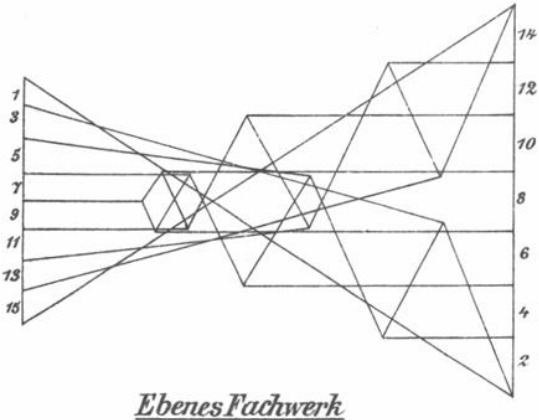


2

Ebenes Fachwerk

a) Dachstuhl

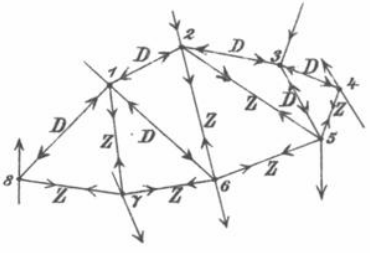




Ebenes Fachwerk

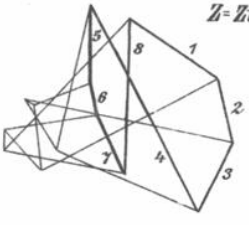
b) Brückentragwerk

3



D=Druck

Z=Zug



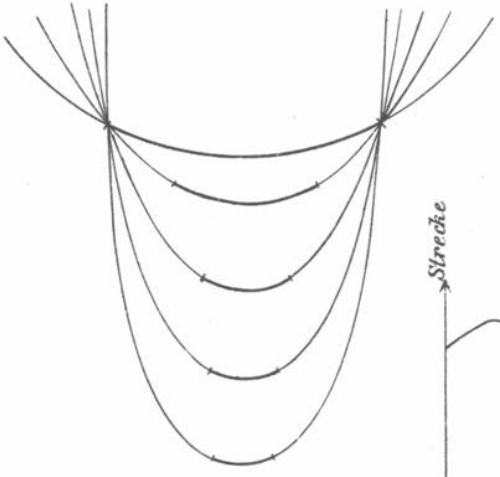
Ebenes Fachwerk

c) allgemeiner Fall

4

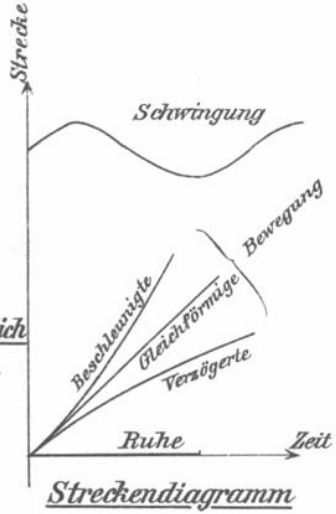
Die verschiedenen Bewegungstypen

2

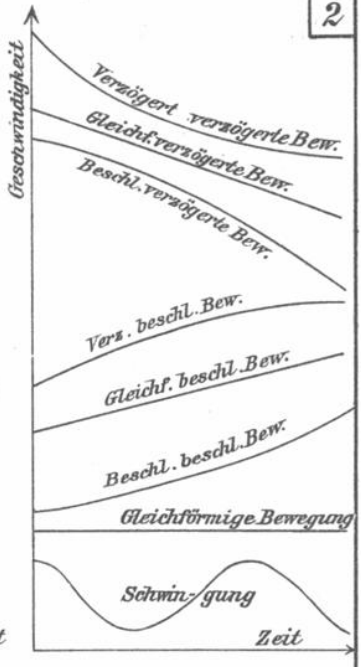


Alle Kettenlinien sind ähnlich

(Aehnliche Stücke sind stark ausgezogen)



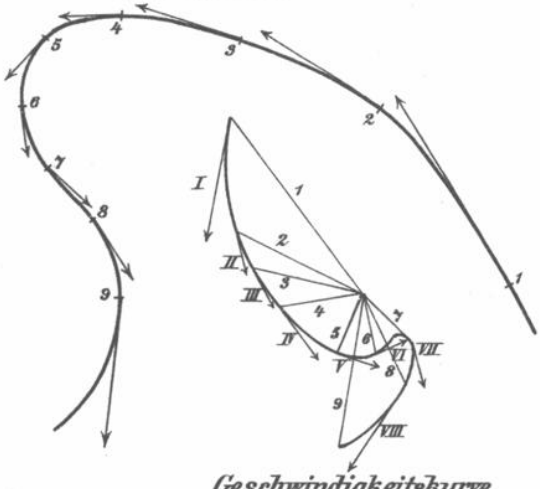
Streckendiagramm



Geschwindigkeitsdiagramm

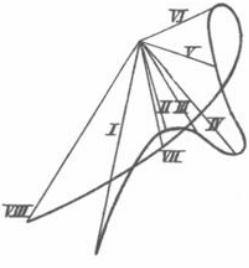
1

Bahnkurve



Geschwindigkeitskurve

oder Hodograph



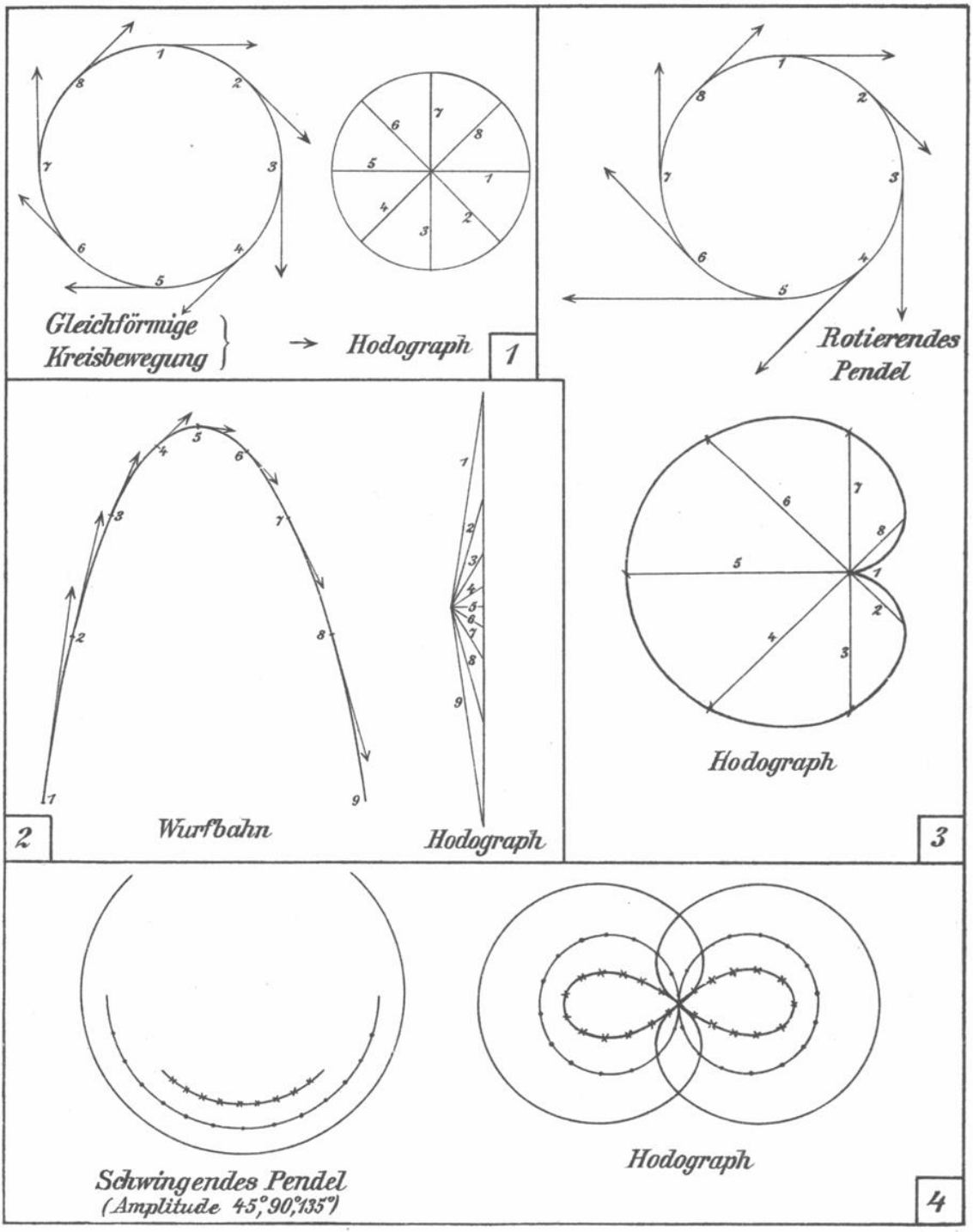
Beschleunigungskurve

oder

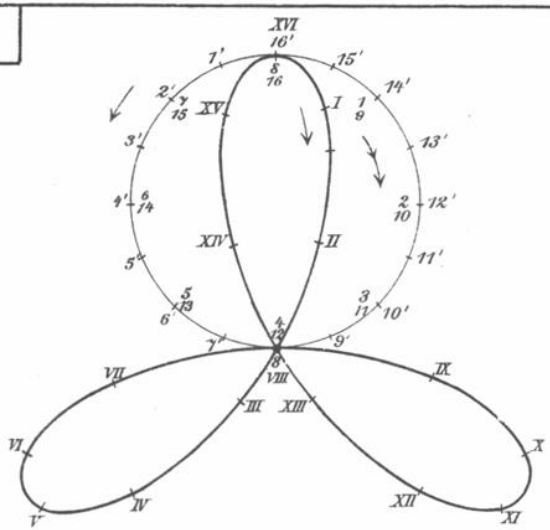
Hodograph des Hodographen

3

4

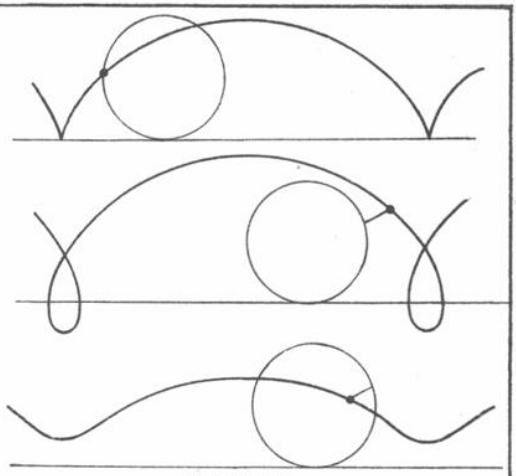

Gleichförmige Kreisbewegung
Hodograph
1
Rotierendes Pendel
Wurfbahn
Hodograph
2
Hodograph
3
Schwingendes Pendel
(Amplitude 45°, 90°, 135°)
Hodograph
4

1



Zusammensetzung zweier entgegengesetzter gleichförmiger Kreisbewegungen mit Geschwindigkeiten 2:1

(Rasche Komponente: 1-16, langsame K.: 1'-16', Resultante: I-XVI)



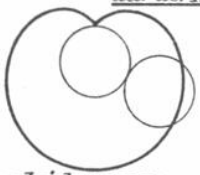
Zykloide
Trochoide mit Schleifen
Trochoide mit Rundungen

(Der rollende Kreis und der mit ihm verbundene beschreibende Punkt sind mit angegeben)

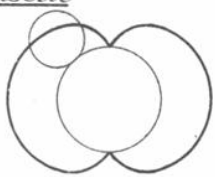
2

3

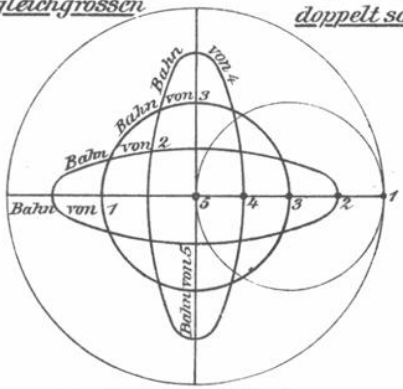
Rollen eines Kreises auf der Aussenseite



eines gleichgrossen



doppelt so grossen

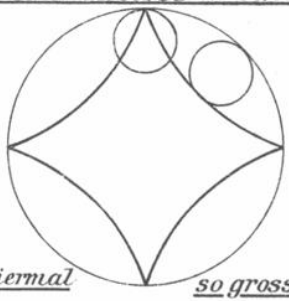


Rollen eines Kreises im Innern eines Kreises mit doppeltem Radius.

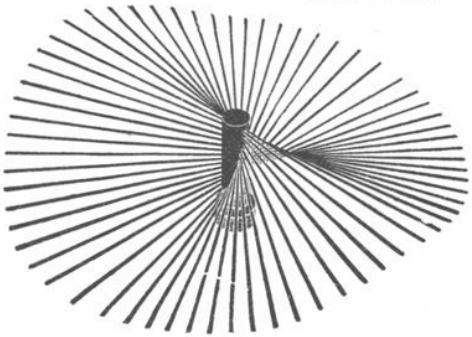
5

4

Rollen eines Kreises in einem



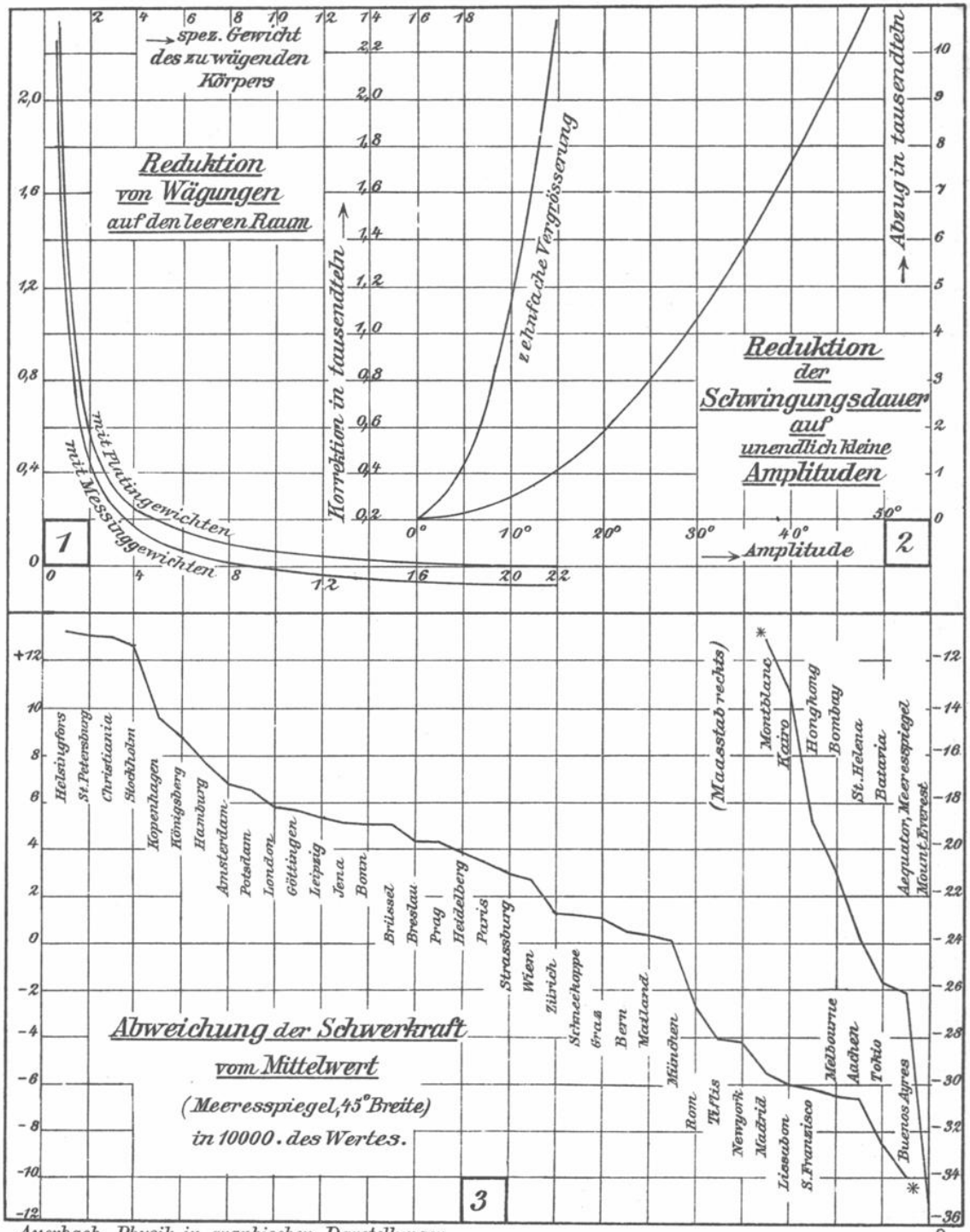
viermal so grossen

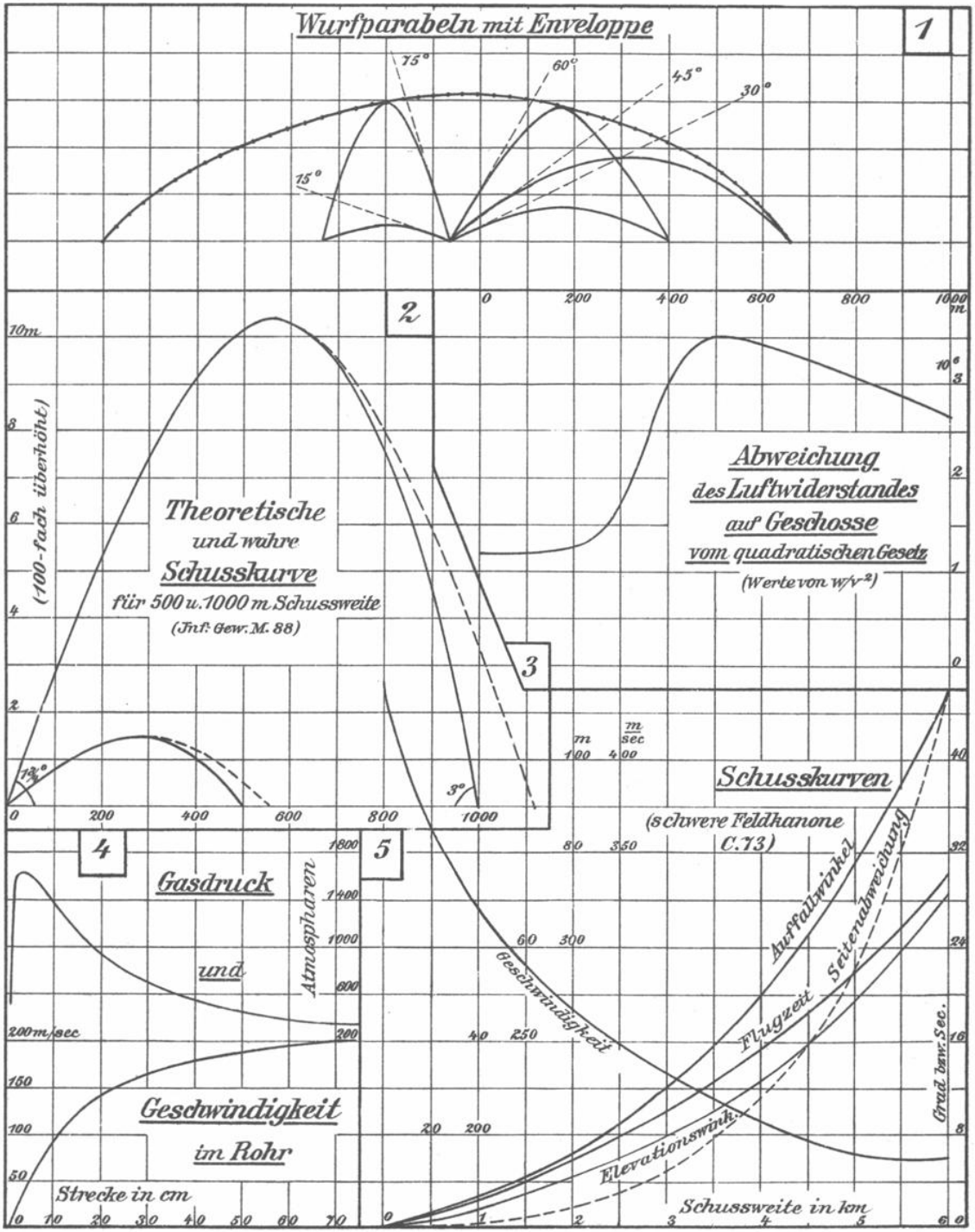


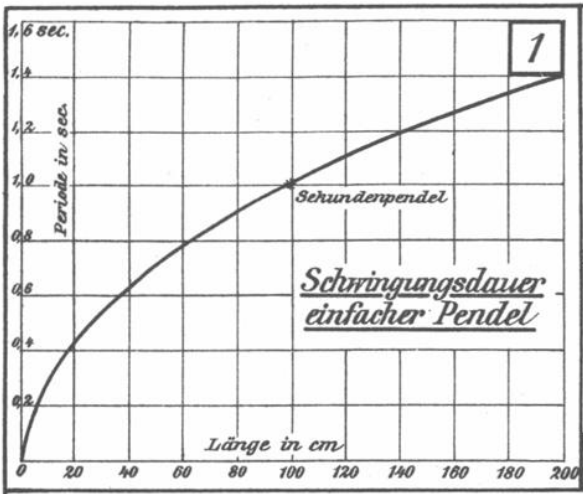
Axenfläche oder Zylindroid

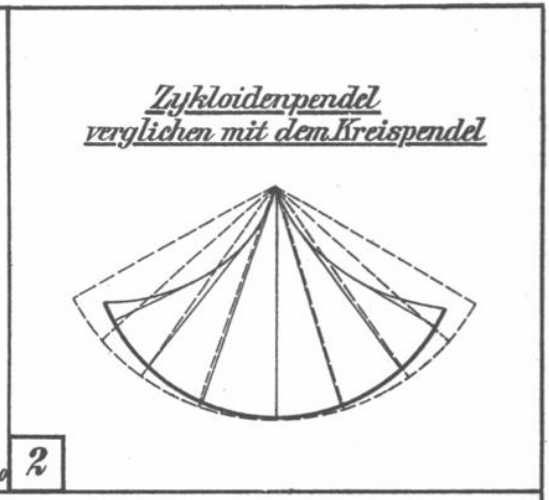
Zusammensetzung zweier Schraubungen

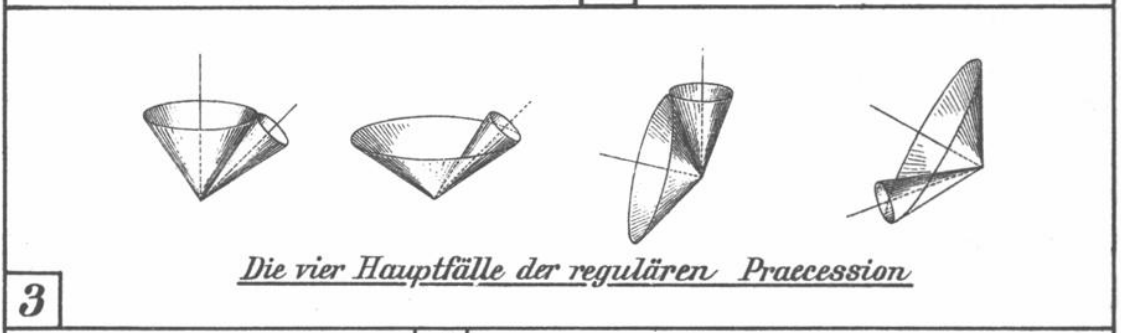
6

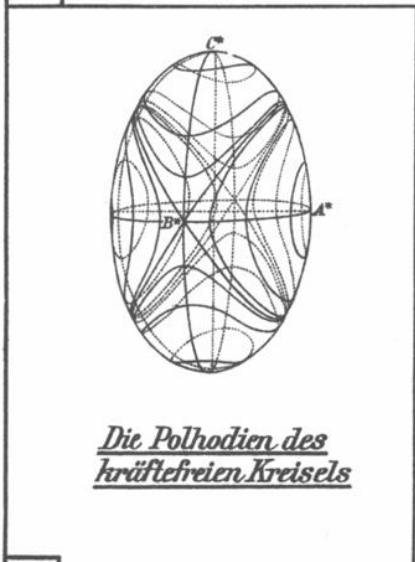

→ spez. Gewicht des zu wägenden Körpers
Reduktion von Wägungen auf den leeren Raum
mit Messinggewichten
mit Platingewichten
Korrektion in tausendteln →
zehnfache Vergrösserung
Reduktion der Schwingungsdauer auf unendlich kleine Amplituden
→ Abzug in tausendteln
→ Amplitude
1
2
Helsingfors
St. Petersburg
Christiania
Stockholm
Kopenhagen
Königsberg
Hamburg
Amsterdam
Potsdam
London
Göttingen
Leipzig
Jena
Bonn
Brüssel
Breslau
Prag
Heidelberg
Paris
Strassburg
Wien
Zürich
Schneekappe
Graz
Bern
Mailand
München
Rom
Tiflis
Newyork
Madrid
Lissabon
S. Francisco
Melbourne
Aachen
Tokio
Buenos Ayres
Equator, Meeresspiegel
Mount Everest
St. Helena
Batavia
Bombay
Hongkong
Kairo
Montblanc
(Maasstab rechts)
Abweichung der Schwerkraft vom Mittelwert
(Meeresspiegel, 45° Breite)
in 10000. des Wertes.
3

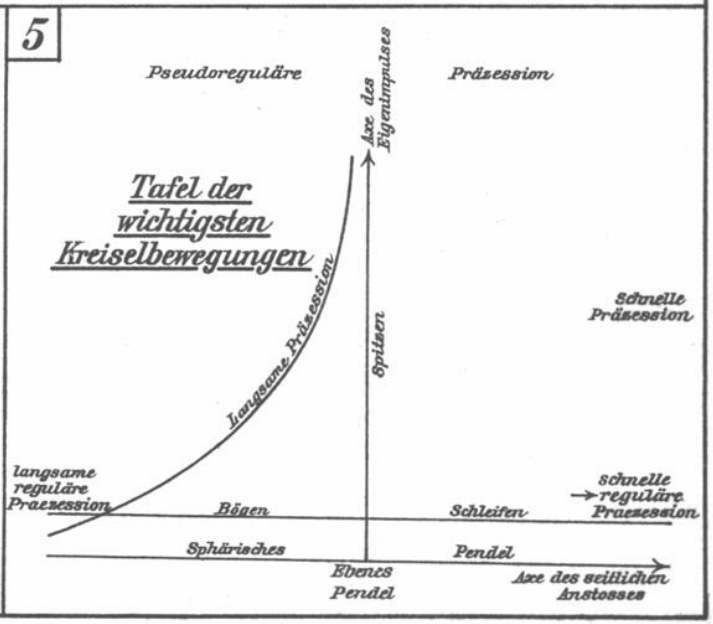

Wurfparabeln mit Enveloppe
1
75°
60°
45°
30°
15°
2
Theoretische
und wahre
Schusskurve
für 500 u. 1000 m Schussweite
(Inf. Gew. M. 88)
(100-fach überhöht)
10m
8
6
4
2
12½°
0
200
400
600
800
1000
3
Abweichung
des Luftwiderstandes
auf Geschosse
vom quadratischen Gesetz
(Werte von w/v²)
0
200
400
600
800
1000
m
10⁶
3
2
1
0
3°
m
100
m/sec
400
Schusskurven
(schwere Feldkanone
C.73)
80
350
60
300
40
250
20
200
Geschwindigkeit
Auffallwinkel
Flugzeit
Seitenabweichung
Elevationswinkel
Grad bzw. Sec.
40
32
24
16
8
0
4
Gasdruck
und
Geschwindigkeit
im Rohr
Atmosphären
1800
1400
1000
600
200
200m/sec
150
100
50
Strecke in cm
0
10
20
30
40
50
60
70
5
Schussweite in km
0
1
2
3
4
5
6

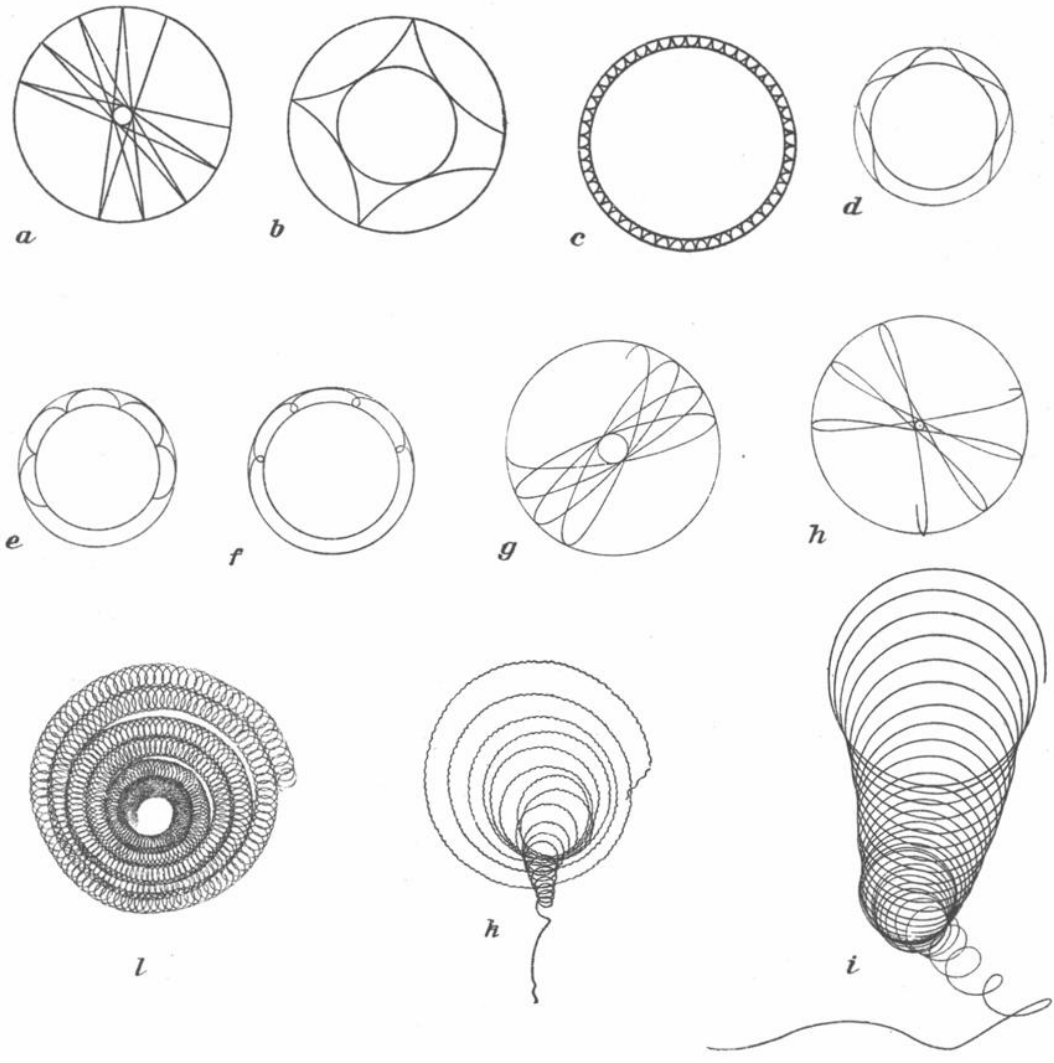

1
1,6 sec.
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
Periode in sec.
Sekundenpendel
Schwingungsdauer einfacher Pendel
Länge in cm
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200


Zykloidenpendel verglichen mit dem Kreispendel
2


Die vier Hauptfälle der regulären Praecession
3


C*
B*
A*
Die Polhodien des kräftefreien Kreisels
4


5
Pseudoreguläre
Präzession
Axe des Eigenimpulses
Tafel der wichtigsten Kreiselbewegungen
Langsame Präzession
Spitzen
Schnelle Präzession
langsame reguläre Praezession
Bögen
Schleifen
schnelle reguläre Praezession
Sphärisches
Pendel
Ebenes Pendel
Axe des seitlichen Anstosses



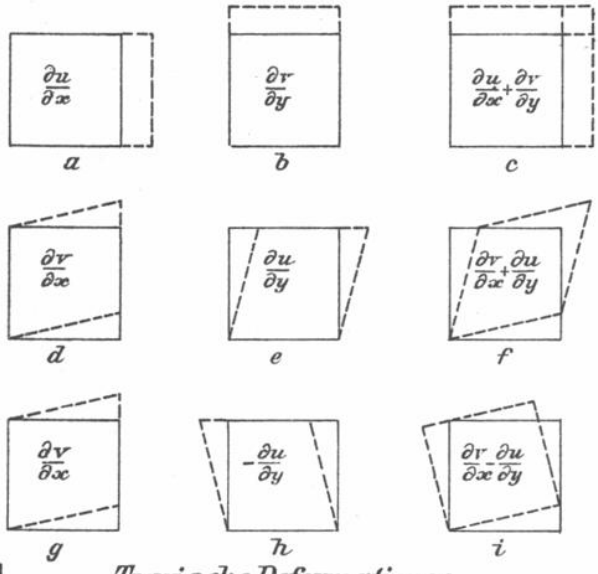
Kreiselbewegung

(nach Klein und Sommerfeld)

a b c ohne seitlichen Anstoss; Eigenimpuls bei a klein, b mittel, c (pseudoreguläre Praecession) gross; g h mit seitlichem Anstoss gegen bezw. mit dem Kreiselsinn; alle diese Figuren in stereographischer Projektion, d e f dagegen in orthographischer Projektion: d mit Bögen, e mit Spitzen, f mit Schleifen.

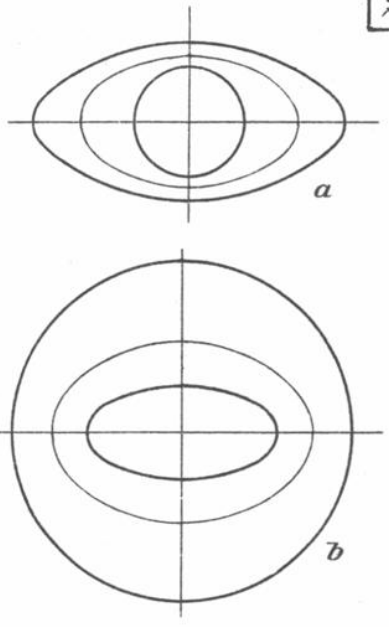
i h l Bewegung der Kreiselspitze auf der Ebene nach Lord Kelvin (i), Klein (h) und Auerbach (l), unter verschiedenen Bedingungen selbsttätig aufgenommen.

2



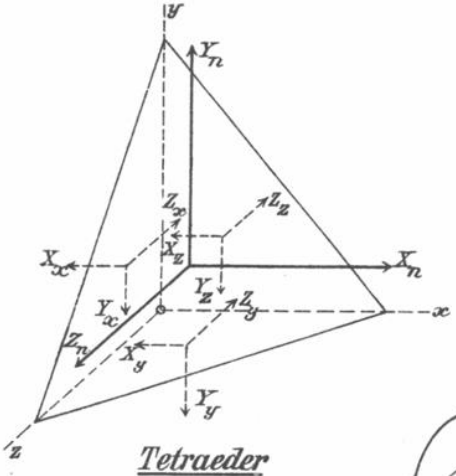
1

Typische Deformationen



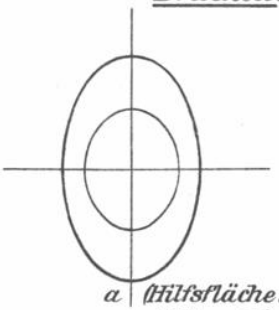
Deformations- u. Hilfsellipsoid

(a: alle Dillatationen positiv
b: " " negativ
c: teils positiv, teils ").

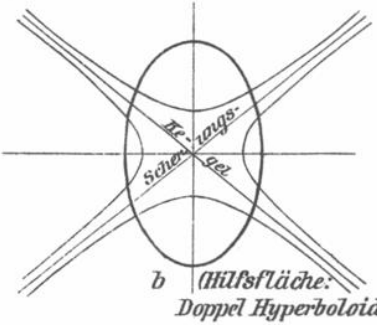


Tetraeder
der
Druckkomponenten

Druckellipsoid und Hilfsfläche



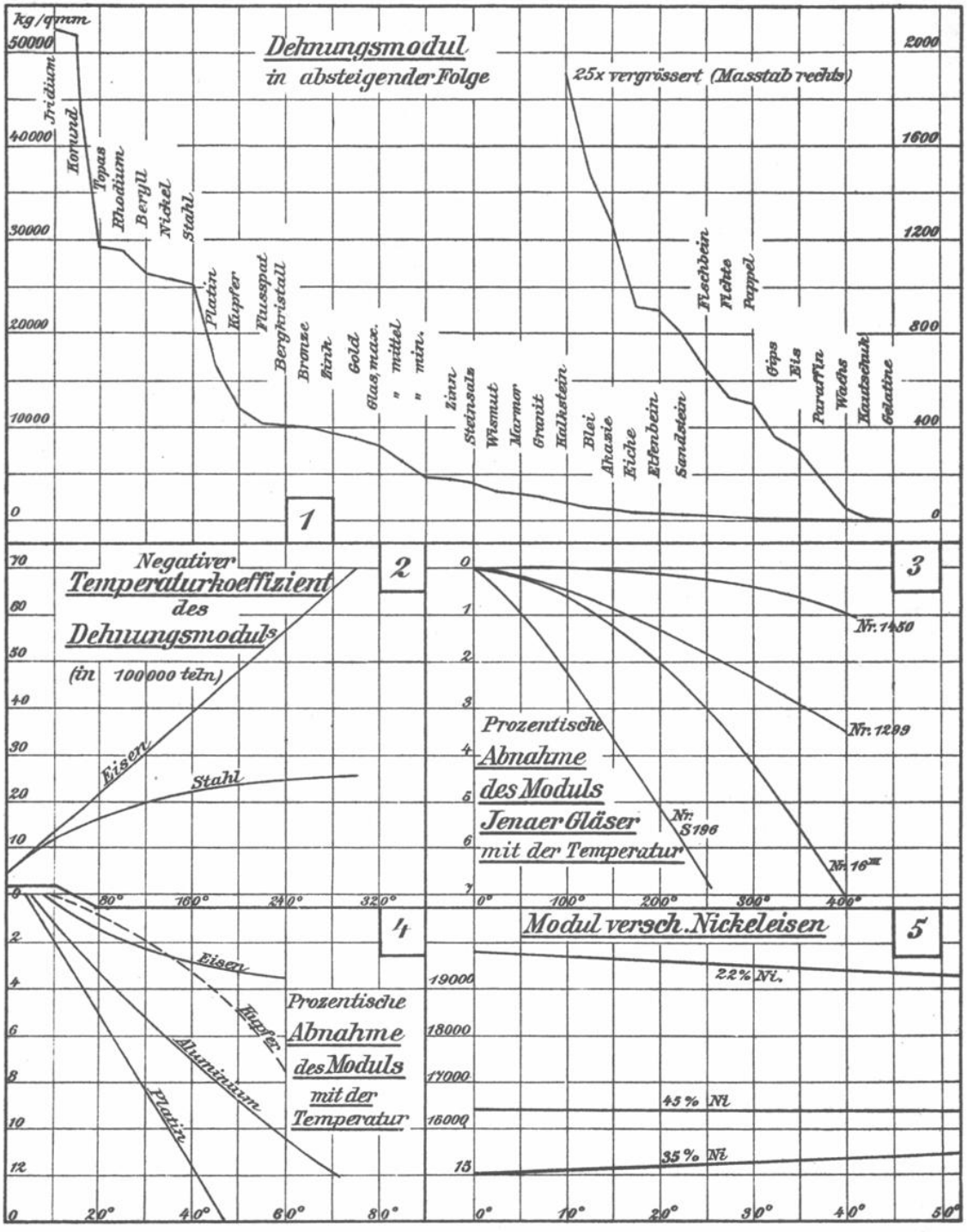
a (Hilfsfläche: Ellipsoid)

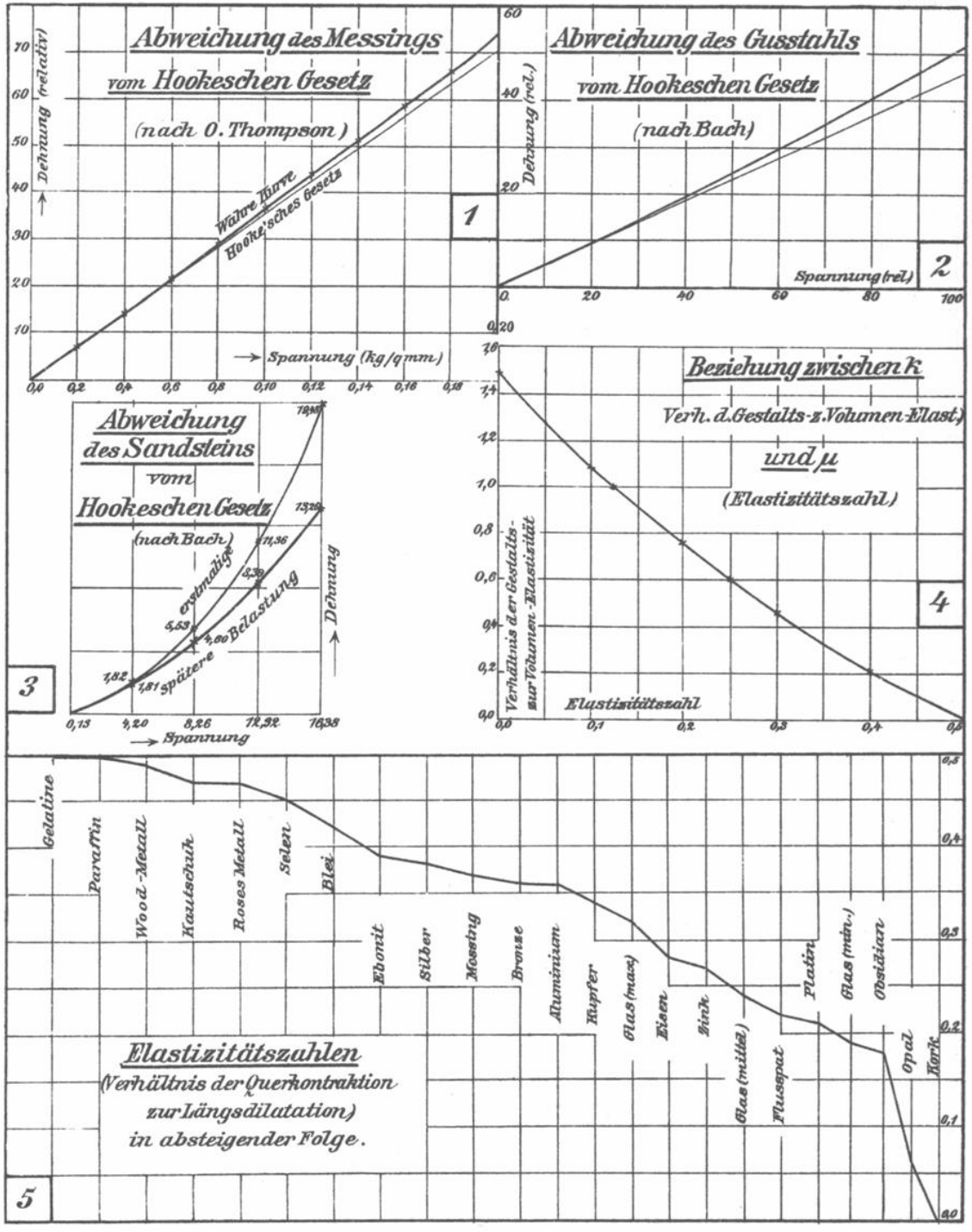


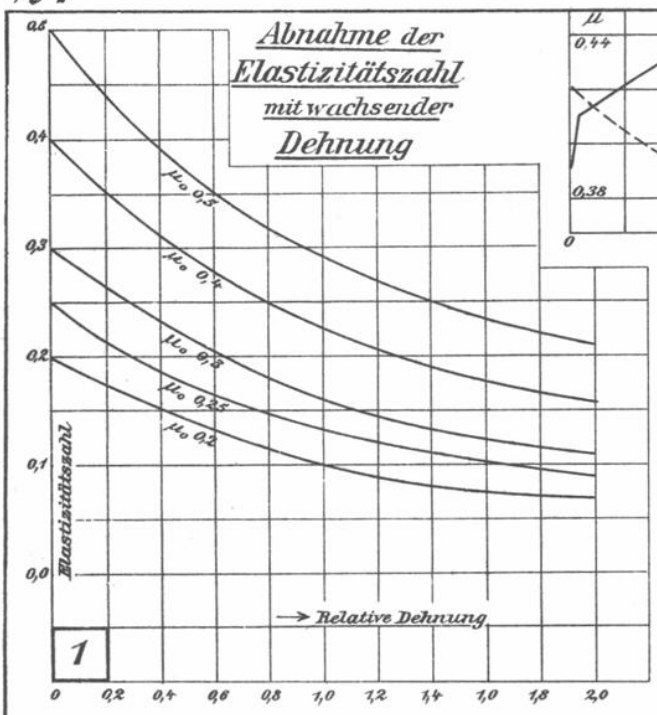
b (Hilfsfläche: Doppel Hyperboloid)

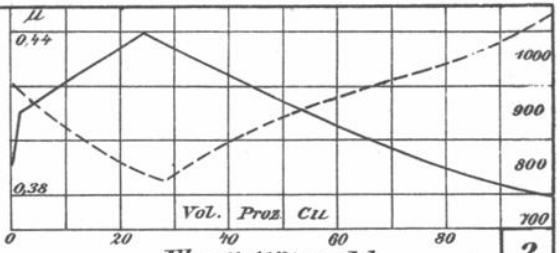
4

3


Dehnungsmodul
in absteigender Folge
25x vergrössert (Masstab rechts)
kg/qmm
50000
40000
30000
20000
10000
0
2000
1600
1200
800
400
0
Iridium
Korund
Topas
Rhodium
Beryll
Nickel
Stahl
Platin
Kupfer
Flusspat
Bergkristall
Bronze
Zink
Gold
Glas, max.
" mittel
" min.
Zinn
Steinsalz
Wismut
Marmor
Granit
Kalkstein
Blei
Akazie
Eiche
Elfenbein
Sandstein
Fichtenbein
Fichte
Pappel
Gips
Eis
Paraffin
Wachs
Kautschuk
Gelatine
1
Negativer
Temperaturkoeffizient
des
Dehnungsmoduls
(in 100000 teln)
2
70
60
50
40
30
20
10
0
Eisen
Stahl
80°
160°
240°
320°
3
Prozentische
Abnahme
des Moduls
Jenaer Gläser
mit der Temperatur
Nr. 1450
Nr. 1299
Nr. S196
Nr. 16III
0°
100°
200°
300°
400°
4
Prozentische
Abnahme
des Moduls
mit der
Temperatur
Eisen
Kupfer
Aluminium
Platin
20°
40°
60°
80°
5
Modul versch. Nickeleisen
22% Ni.
45% Ni
35% Ni
19000
18000
17000
16000
15
10°
20°
30°
40°
50°

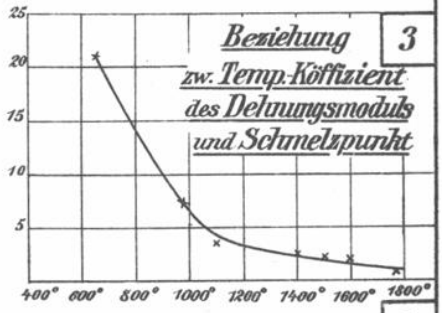

Abweichung des Messings vom Hookeschen Gesetz
(nach O. Thompson)
Dehnung (relativ)
Spannung (kg/qmm)
Wahre Kurve
Hooke'sches Gesetz
1
Abweichung des Gusstahls vom Hookeschen Gesetz
(nach Bach)
Dehnung (rel.)
Spannung (rel.)
2
Abweichung des Sandsteins vom Hookeschen Gesetz
(nach Bach)
erstmalige Belastung
spätere
Dehnung
Spannung
3
Beziehung zwischen k
Verh. d. Gestalts- z. Volumen-Elast.
und μ
(Elastizitätszahl)
Verhältnis der Gestalts- zur Volumen-Elastizität
Elastizitätszahl
4
Gelatine
Paraffin
Wood-Metall
Kautschuk
Roses Metall
Selen
Blei
Ebonit
Silber
Messing
Bronze
Aluminium
Kupfer
Glas (max)
Eisen
Zink
Glas (mittl.)
Flusspat
Platin
Glas (min.)
Obsidian
Opal
Kork
Elastizitätszahlen
(Verhältnis der Querkontraktion zur Längsdilatation)
in absteigender Folge.
5



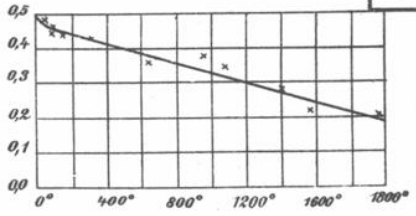


2

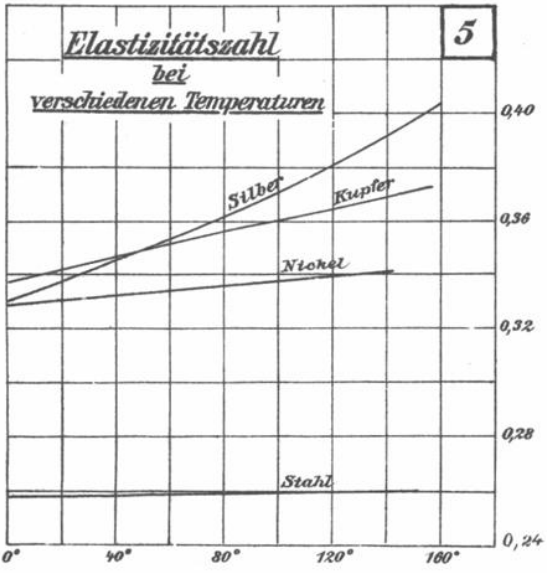
Elastizitätszahl von Ag-Cu-Legierungen (zum Vergleich die Schmelzkurve)



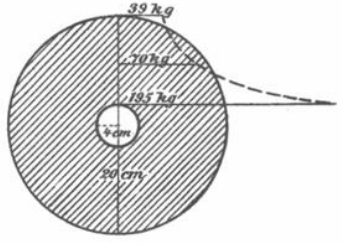
4



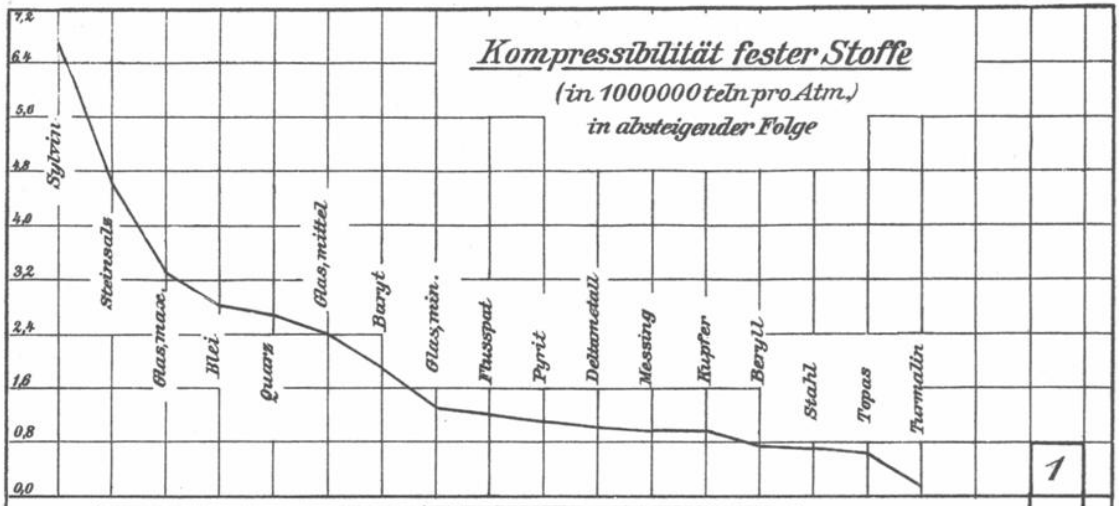
Beziehung zw. Elastizitätszahl und Schmelzpunkt

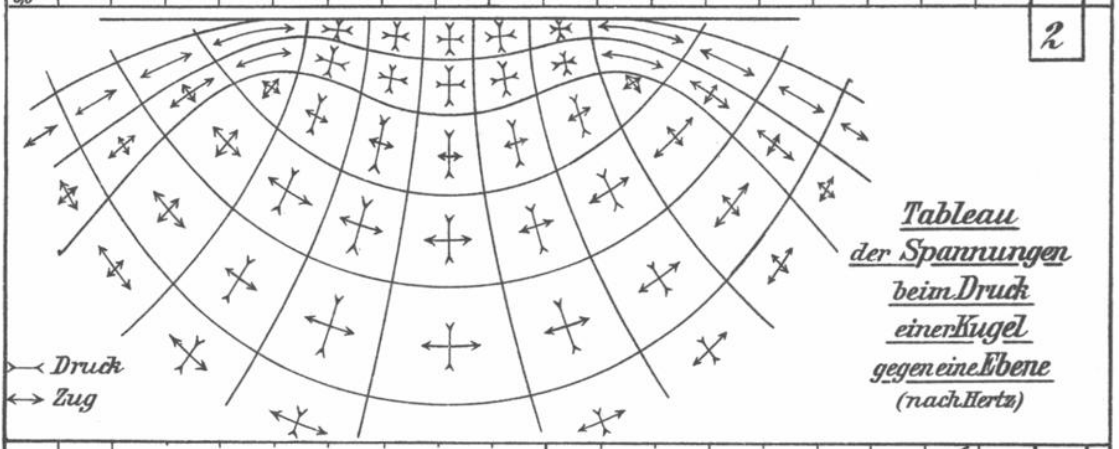


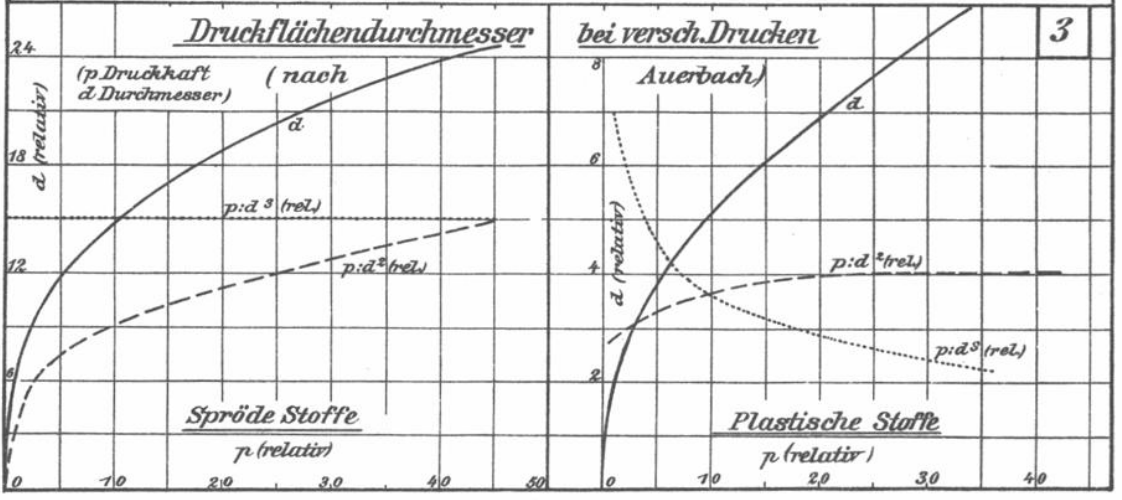
6

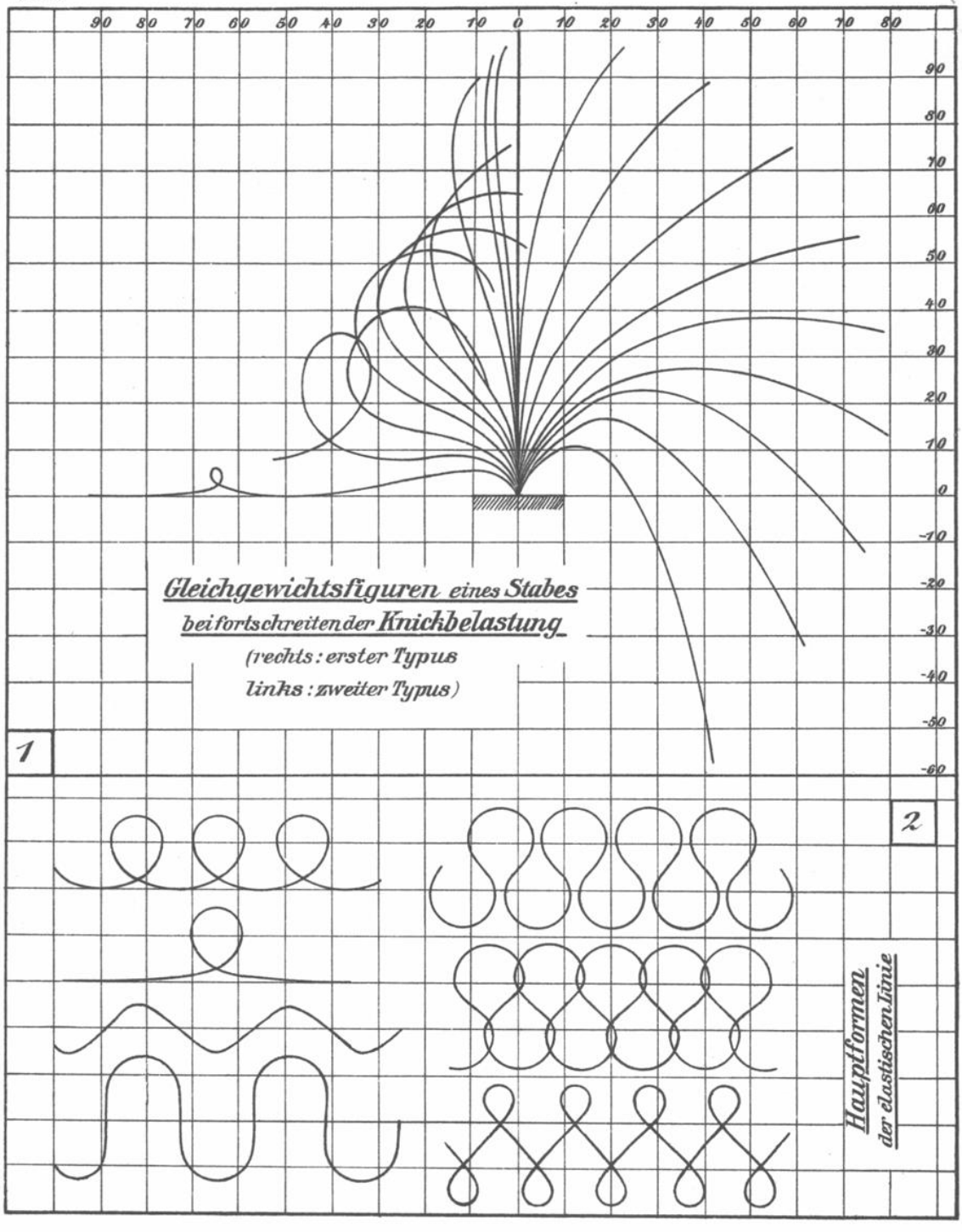


Beanspruchung d. versch. Schichten bei der Kompression eines Hohlzylinders

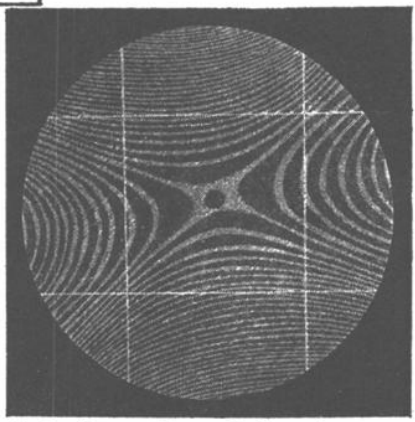

Kompressibilität fester Stoffe
(in 1000000 teln pro Atm.)
in absteigender Folge
7,2
6,4
5,6
4,8
4,0
3,2
2,4
1,6
0,8
0,0
Sylvin
Steinsalz
Glas, max.
Blei
Quarz
Glas, mittel
Baryt
Glas, min.
Flussspat
Pyrit
Deltametall
Messing
Kupfer
Beryll
Stahl
Topas
Turmalin
1


2
Druck
Zug
Tableau
der Spannungen
beim Druck
einer Kugel
gegen eine Ebene
(nach Hertz)


Druckflächendurchmesser
bei versch. Drucken
3
(p Druckkraft
d Durchmesser)
(nach
Auerbach)
d (relativ)
d
p:d³ (rel.)
p:d² (rel.)
Spröde Stoffe
p (relativ)
0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
24
18
12
6
8
6
4
2
Plastische Stoffe

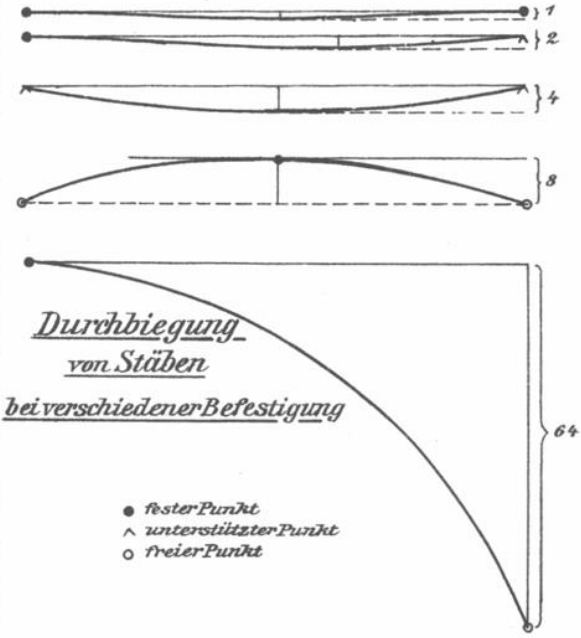

90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 10 20 30 40 50 60 70 80
90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 -10 -20 -30 -40 -50 -60
Gleichgewichtsfiguren eines Stabes
bei fortschreitender Knickbelastung
(rechts: erster Typus
links: zweiter Typus)
1
2
Hauptformen
der elastischen Linie

1

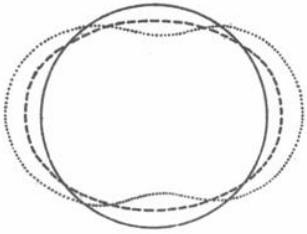


Interferenzhyperbeln einer gebogenen Platte (nach Straubel)

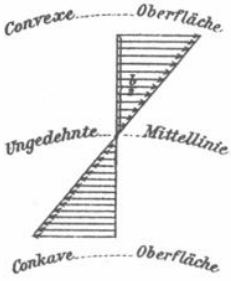
2



3

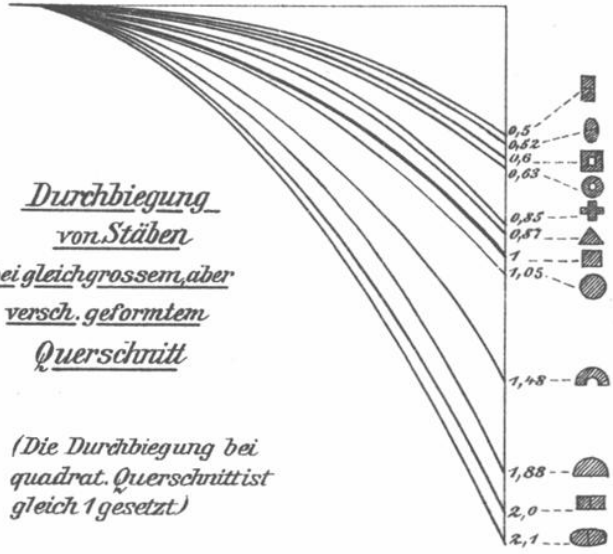


Biegungstypen des Kreisringes

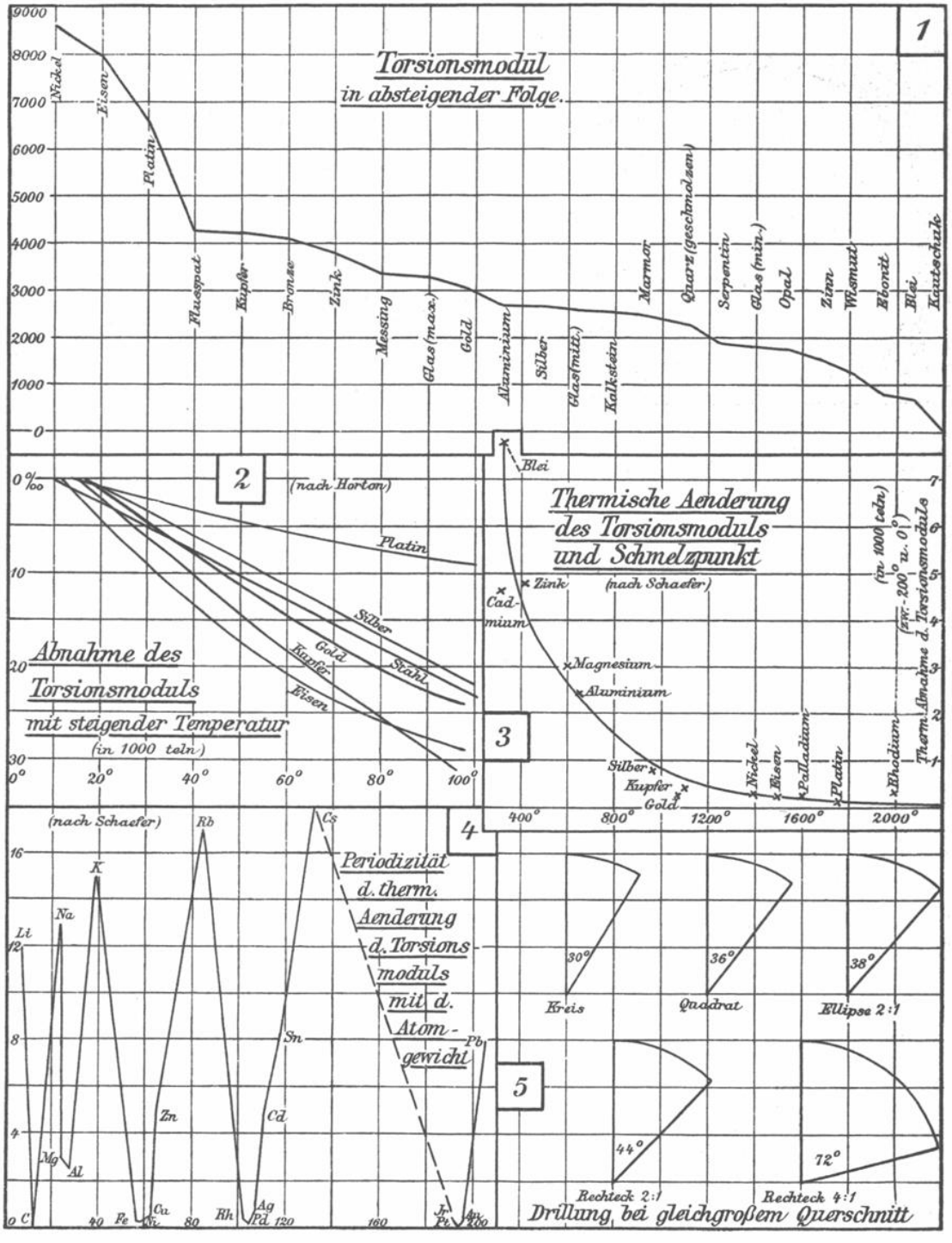


Beziehung der Biegung zur Dehnung
(b Dicke des Stabes)

4

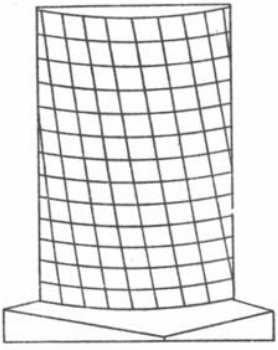


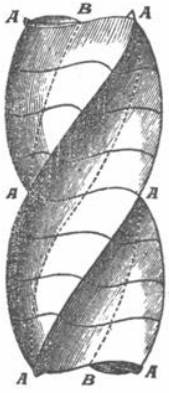
5


1
Torsionsmodul
in absteigender Folge.
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
Nickel
Eisen
Platin
Flusspat
Kupfer
Bronze
Zink
Messing
Glas (max.)
Gold
Aluminium
Silber
Glas (mitt.)
Kalkstein
Marmor
Quarz (geschmolzen)
Serpentin
Glas (min.)
Opal
Zinn
Wismut
Ebonit
Blei
Kautschuk
2
(nach Horton)
0 ‰
10
20
30
Platin
Silber
Gold
Stahl
Kupfer
Eisen
Abnahme des
Torsionsmoduls
mit steigender Temperatur
(in 1000 teln)
0°
20°
40°
60°
80°
100°
3
Thermische Aenderung
des Torsionsmoduls
und Schmelzpunkt
(nach Schaefer)
Blei
Zink
Cad-
mium
Magnesium
Aluminium
Silber
Kupfer
Gold
Nickel
Eisen
Palladium
Platin
Rhodium
400°
800°
1200°
1600°
2000°
(in 1000 teln)
(zw. -200° u. 0°)
Therm. Abnahme d. Torsionsmoduls
7
6
5
4
3
2
1
4
(nach Schaefer)
16
12
8
4
0
Li
Na
K
Rb
Cs
Mg
Al
C
Zn
Cd
Sn
Pb
Fe
Cu
Ni
Rh
Ag
Pd
Ir
Pt
Au
Ro
40
80
120
160
200
Periodizität
d. therm.
Aenderung
d. Torsions-
moduls
mit d.
Atom-
gewicht
5
30°
Kreis
36°
Quadrat
38°
Ellipse 2:1
44°
Rechteck 2:1
72°
Rechteck 4:1
Drillung bei gleichgroßem Querschnitt

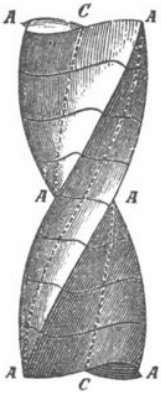
1

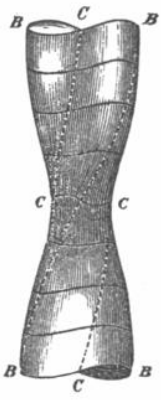
Drillungslinien einer Säule



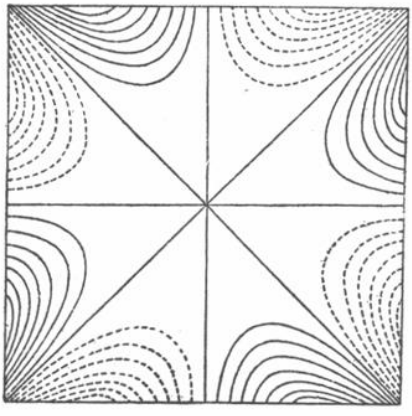


2

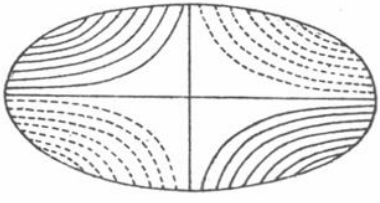




Drillungsform des quadrat., rechteckigen, elliptischen Zylinders

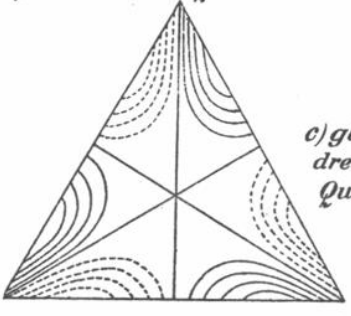


a) quadratischer Querschnitt



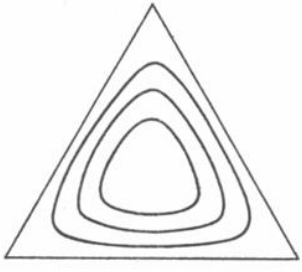
b) elliptischer Querschnitt

3



c) gleichseitig-dreieckiger Querschnitt

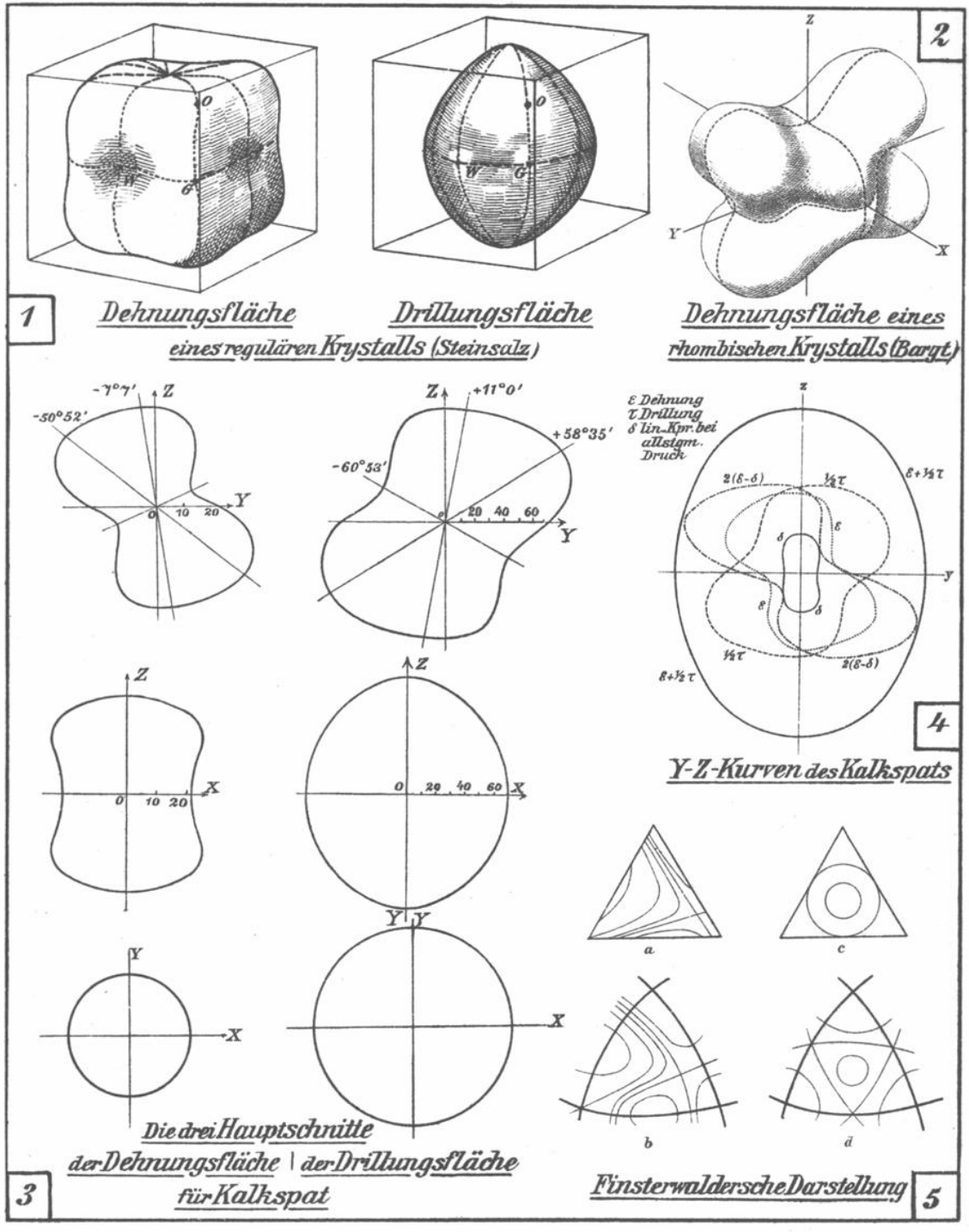
Linien gleicher Hebung (——) bezw. Senkung (-----) im Querschnitt des vertikalen, tordierten Zylinders

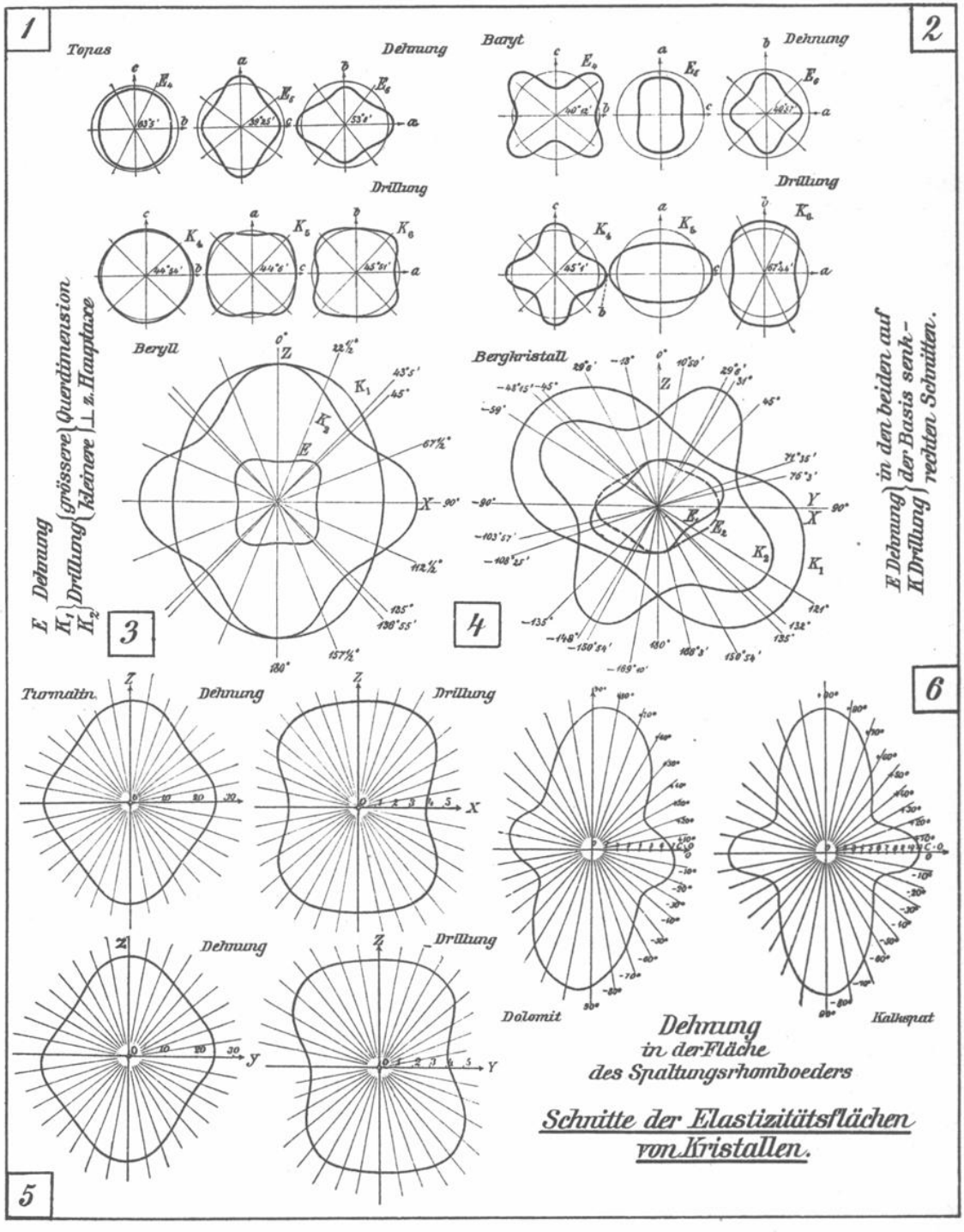


Richtungslinien des Tangentialdrucks bei der Torsion des dreieckigen Prismas.

(alles nach St. Venant)

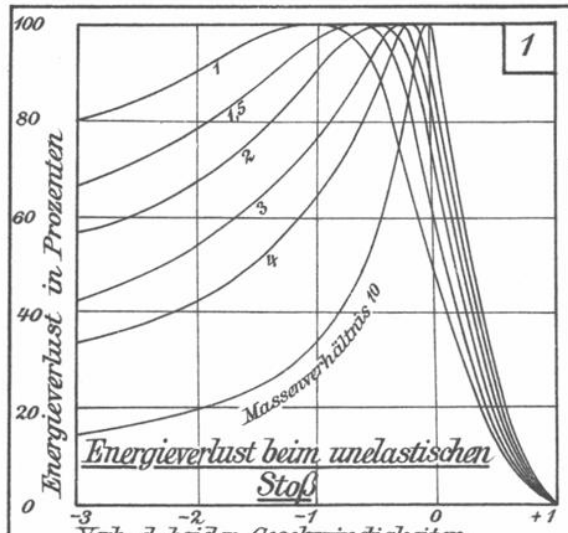
4

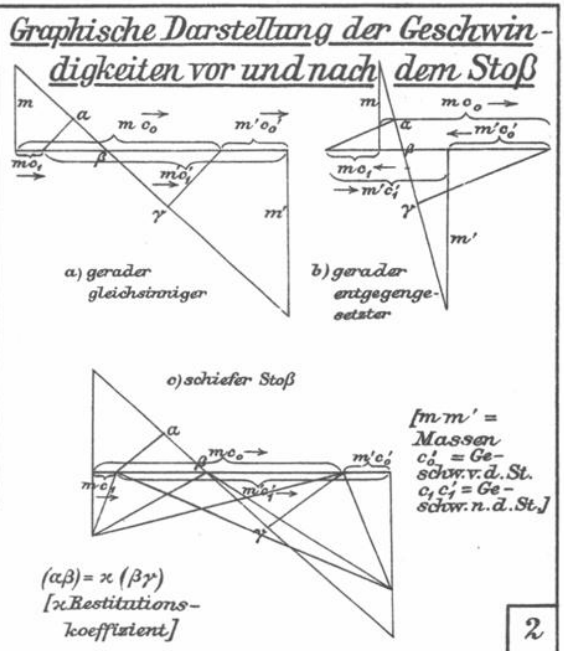

2
1
Dehnungsfläche
Drillungsfläche
eines regulären Krystalls (Steinsalz)
Dehnungsfläche eines rhombischen Krystalls (Bargt)
-7°7'
-50°52'
+11°0'
+58°35'
-60°53'
ε Dehnung
τ Drillung
δ lin. Kpr. bei allsigm. Druck
4
Y-Z-Kurven des Kalkspats
3
Die drei Hauptschnitte der Dehnungsfläche | der Drillungsfläche für Kalkspat
5
Finsterwaldersche Darstellung



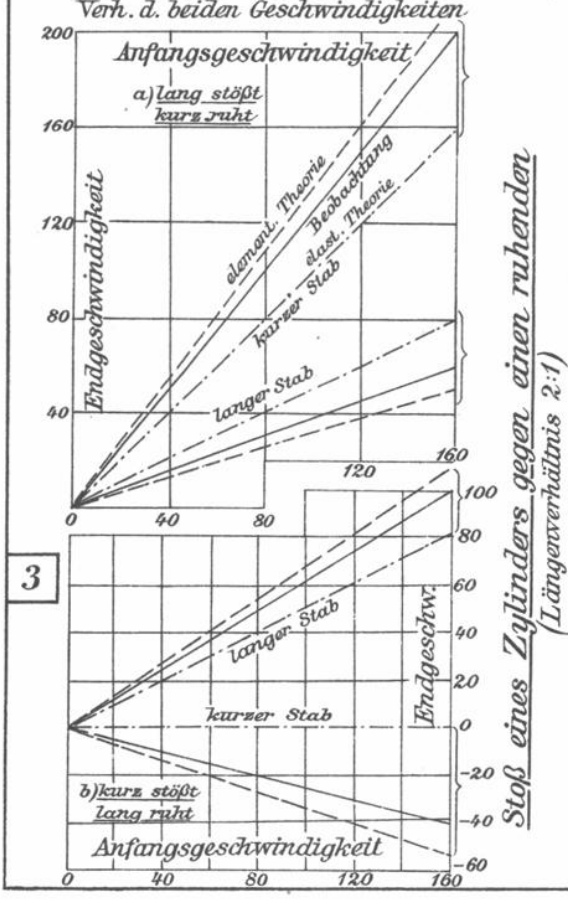
Dehnung
in der Fläche
des Spaltungsrhomboeders

Schnitte der Elastizitätsflächen von Kristallen.

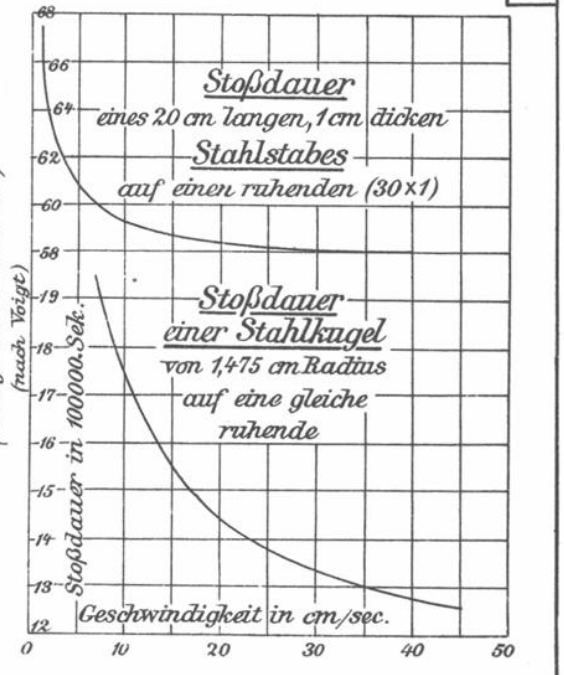

1
Energieverlust in Prozenten
Massenverhältnis
Energieverlust beim unelastischen Stoß
Verh. d. beiden Geschwindigkeiten


Graphische Darstellung der Geschwindigkeiten vor und nach dem Stoß
a) gerader gleichsinniger
b) gerader entgegengesetzter
c) schiefer Stoß
[m m' = Massen
c'₀ = Geschw. v. d. St.
c₁ c'₁ = Geschw. n. d. St.]
(αβ) = ϰ (βγ)
[ϰ Restitutionskoeffizient]

2


Anfangsgeschwindigkeit
a) lang stößt kurz ruht
Endgeschwindigkeit
elast. Theorie
Beobachtung
kurzer Stab
langer Stab
3
langer Stab
kurzer Stab
Endgeschw.
b) kurz stößt lang ruht
Anfangsgeschwindigkeit
Stoß eines Zylinders gegen einen ruhenden
(Längenverhältnis 2:1)

4


Stoßdauer
eines 20 cm langen, 1 cm dicken Stahlstabes
auf einen ruhenden (30×1)
Stoßdauer einer Stahlkugel
von 1,475 cm Radius
auf eine gleiche ruhende
(nach Voigt)
Stoßdauer in 100000 Sek.
Geschwindigkeit in cm/sec.

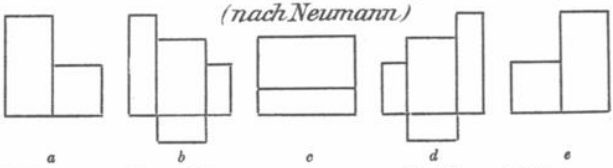
1

Die fünf Phasen des Stosses zweier gleich langer Stäbe

(nach Neumann)

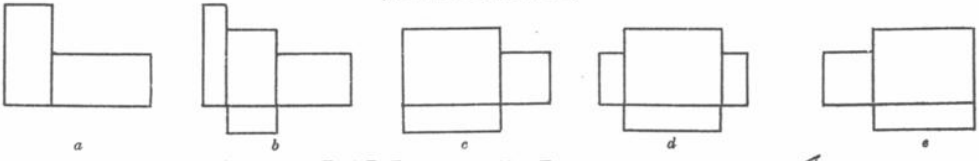
Abzissen: Stablängen

Ordinaten: nach oben: Geschwindigkeiten nach unten: Drucke



Die fünf Phasen des Stosses zweier Stäbe (Längen 1 : 2)

(nach Neumann)



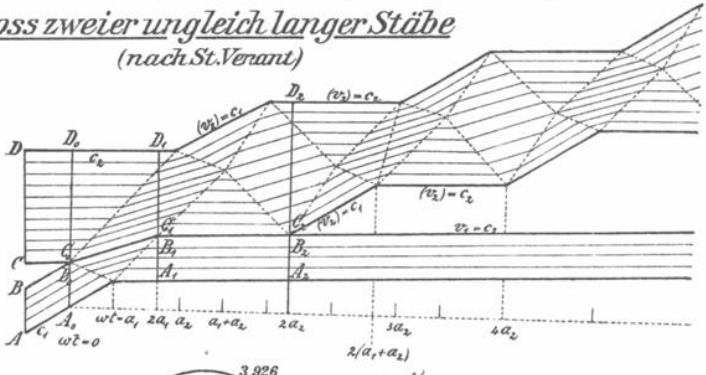
2

Stoss zweier ungleich langer Stäbe

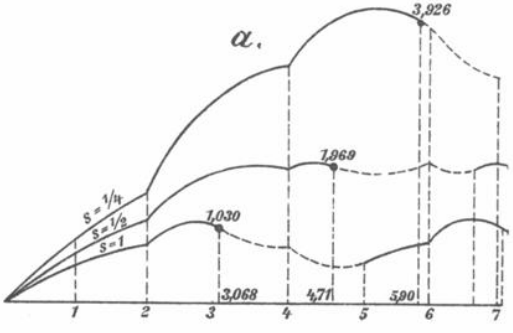
(nach St. Venant)

Abszisse: Zeit
Ordinaten: Örter der beiden Stäbe AB u. CD

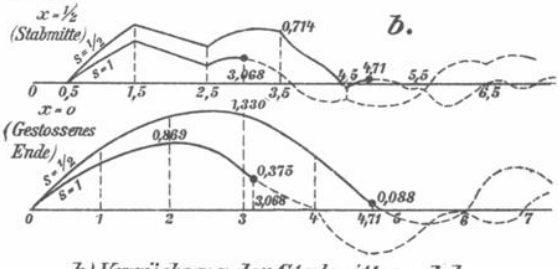
($A_0 D_0$: Moment des Stosses)



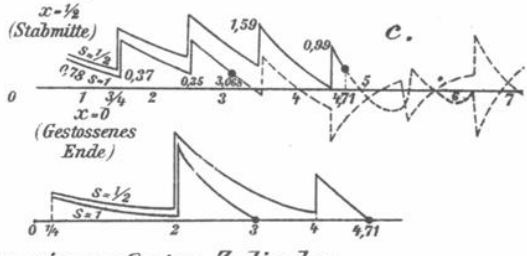
Wellen, die in den Stäben laufen.



a) Werte der Stossfunktion (Abzisse: Zeit) für drei Werte des Verhältnisses s der gestossenen zur stossenden Masse.



b) Verrückung der Stabmitte und des gestossenen Endes.

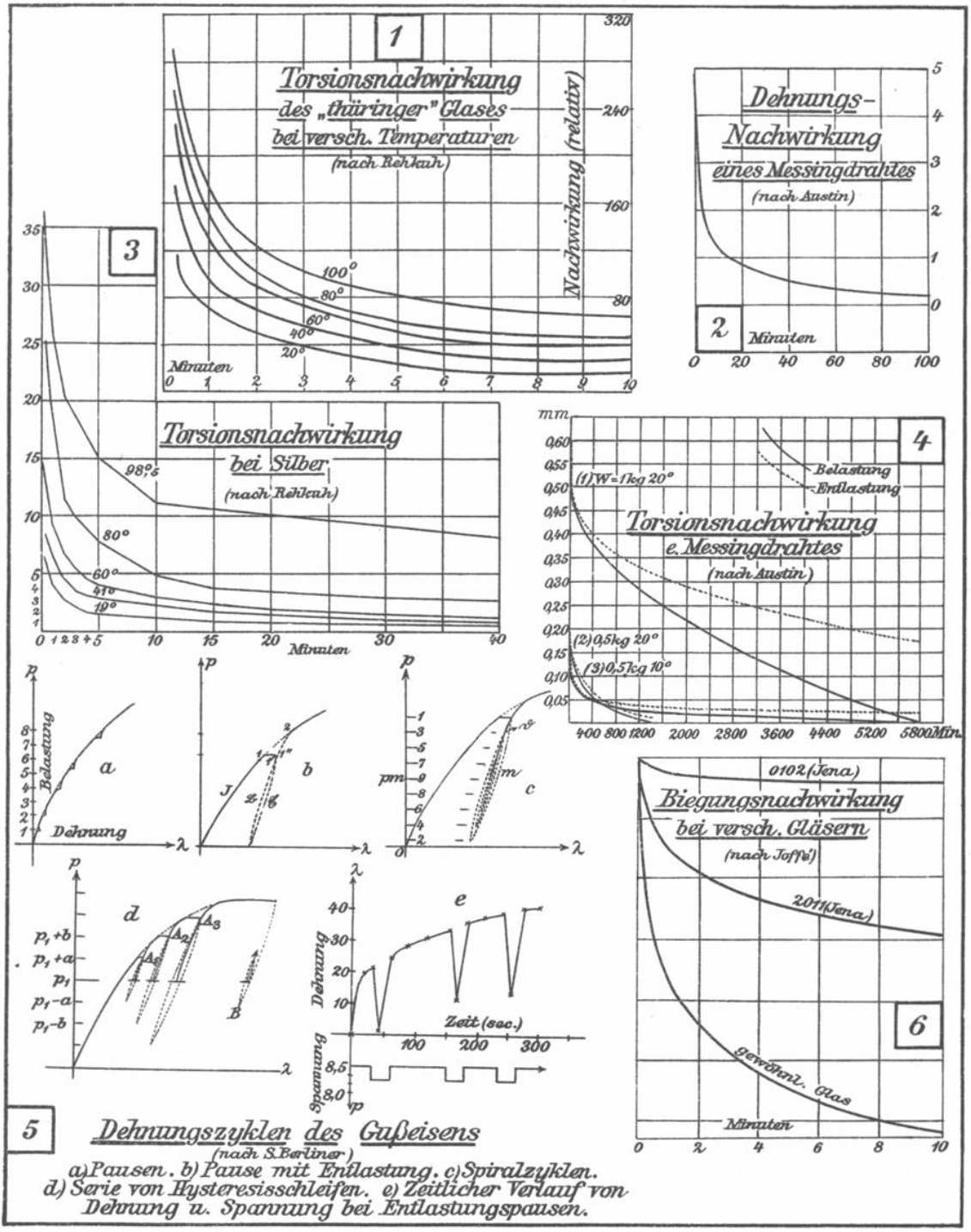


c) Dilatation derselben beiden Stellen

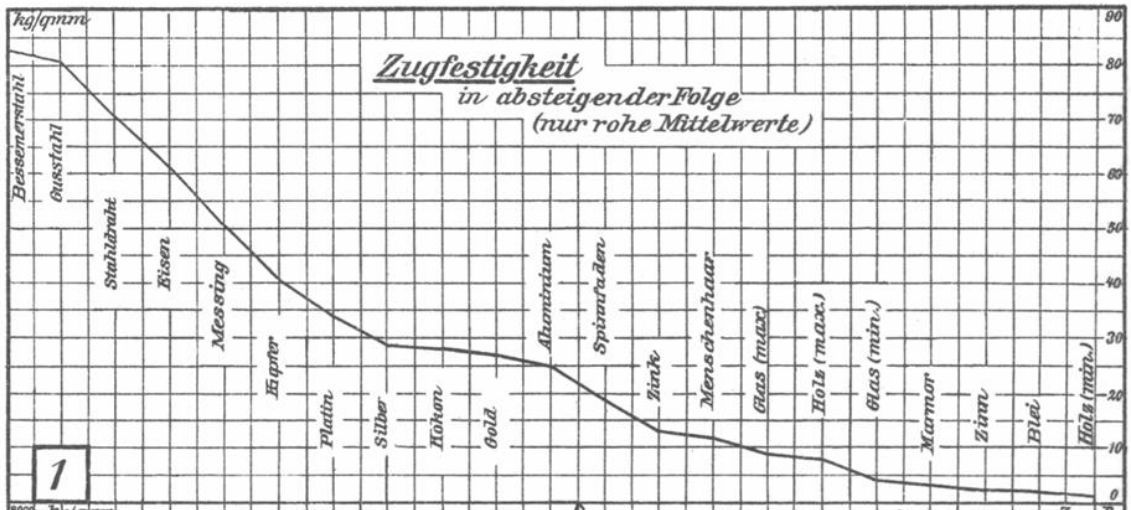
3

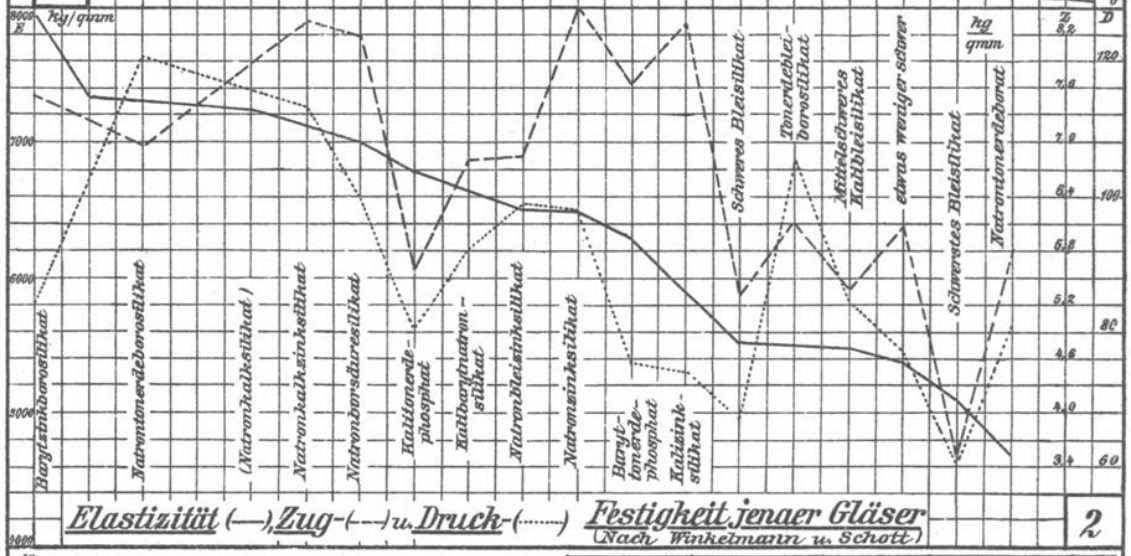
Stoss eines Stabes gegen einen festen Zylinder

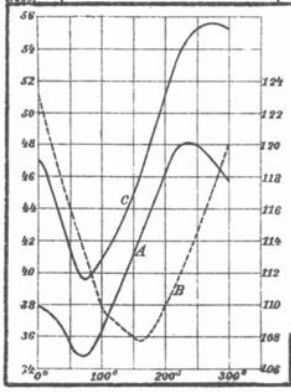
(nach St. Venant u. Flamant)



5 Dehnungszyklen des Gußeisens
(nach S. Berliner)
a) Pausen. b) Pause mit Entlastung. c) Spiralzyklen.
d) Serie von Hysteresisschleifen. e) Zeitlicher Verlauf von Dehnung u. Spannung bei Entlastungspausen.

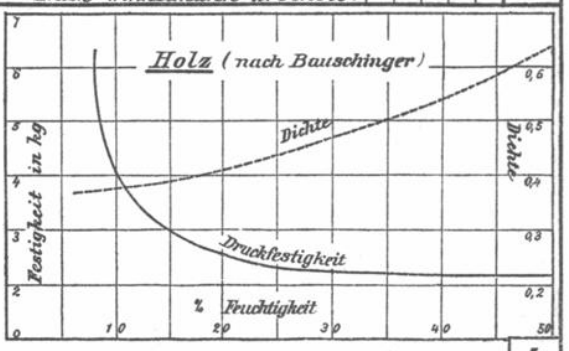




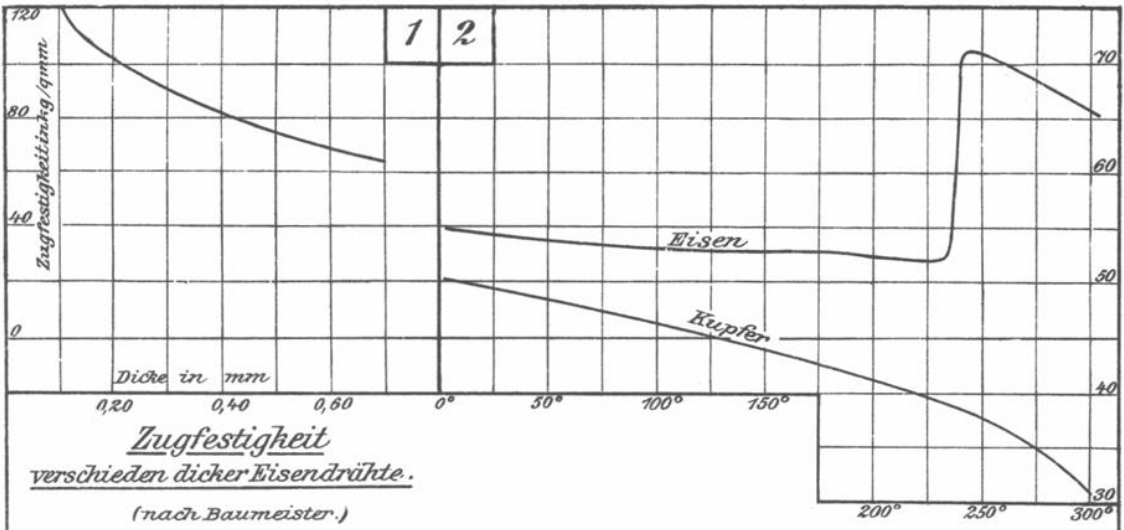


Zugfestigkeit (A)
(Querschnitts-
verhältnis (B)
und
Zugfestigkeit
bez. a. d. Bruch-
querschnitt (C)
für
Walzeisen
bei versch. Temperaturen
(nach Ascoli.)

3

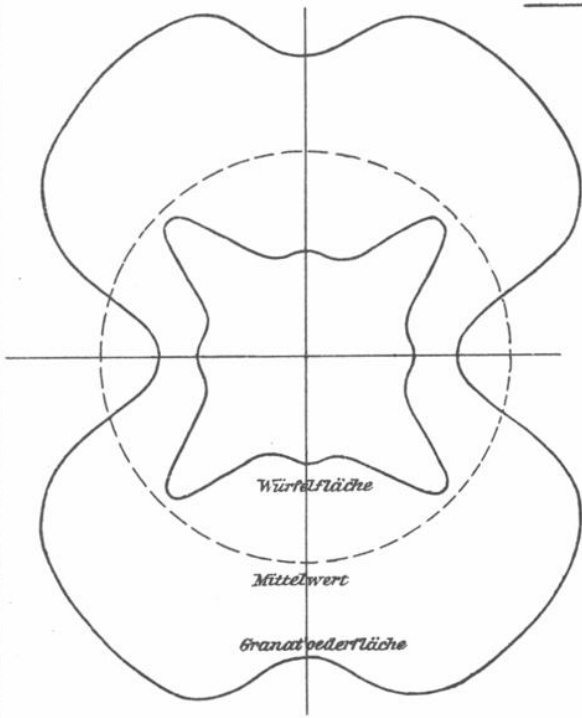


4

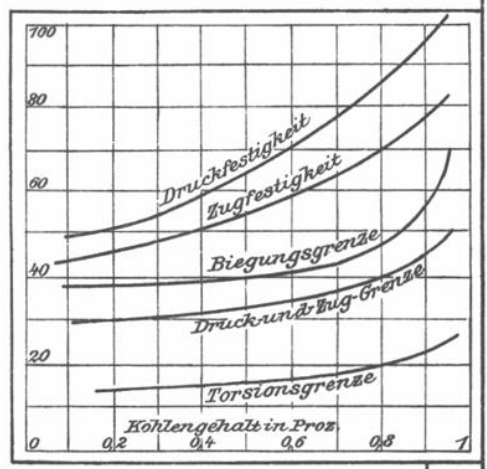


Zugfestigkeit
verschieden dicker Eisendrähte.
(nach Baumeister.)

Aenderung der Zugfestigkeit
mit der Temperatur
(nach Pisati)

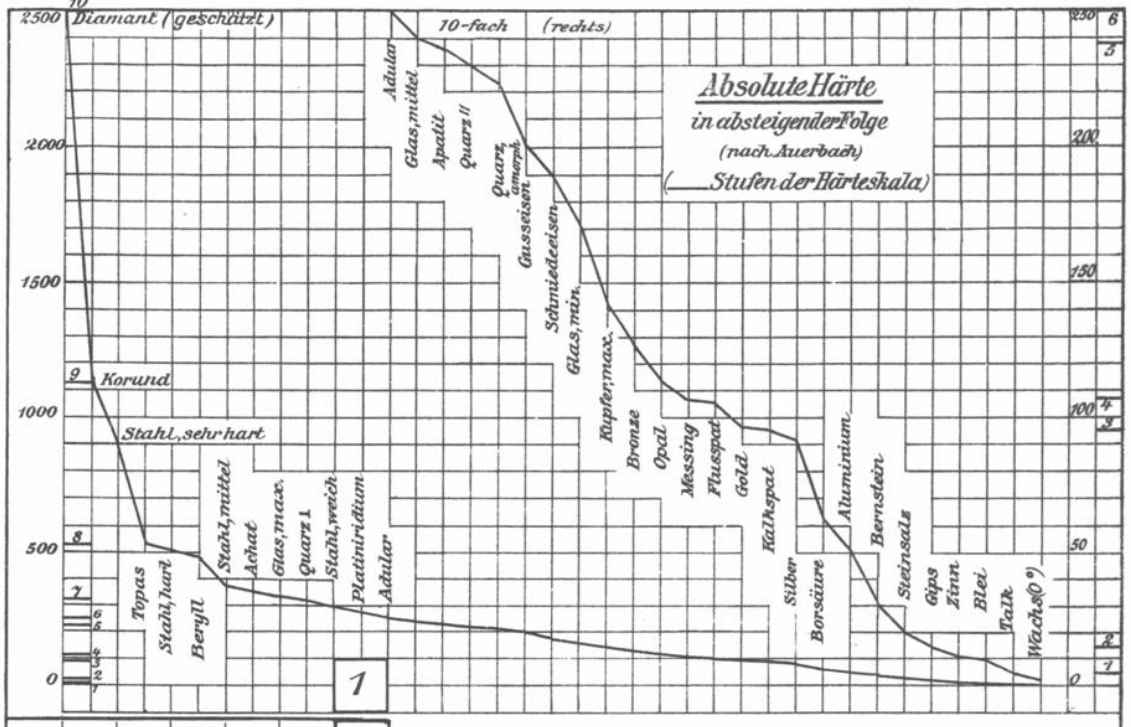


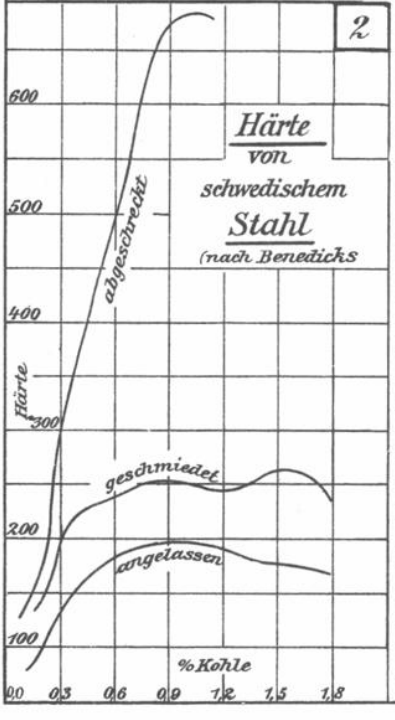
3 Zugfestigkeit des Steinsalzes
(nach Sella und Voigt)

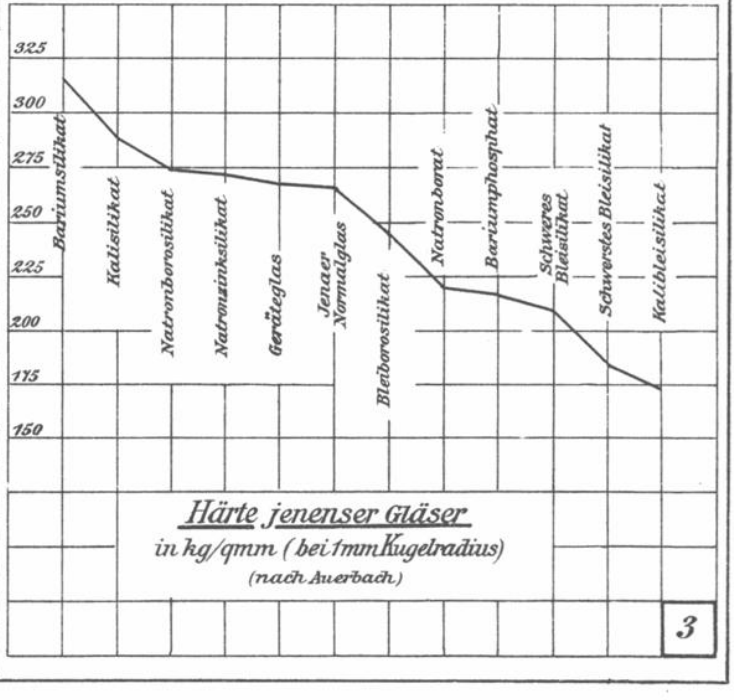


4

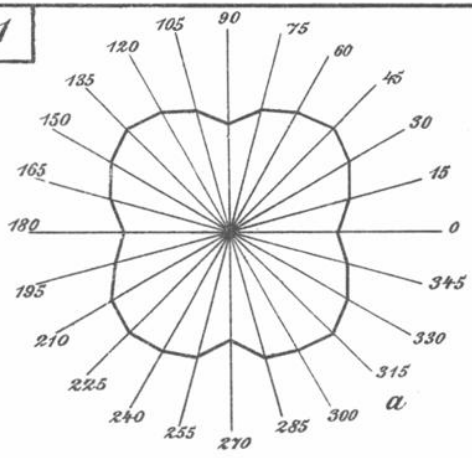
Grenze und Festigkeit
von Bessemerstahl
bei versch. Kohlegehalt
(nach Bauschinger)

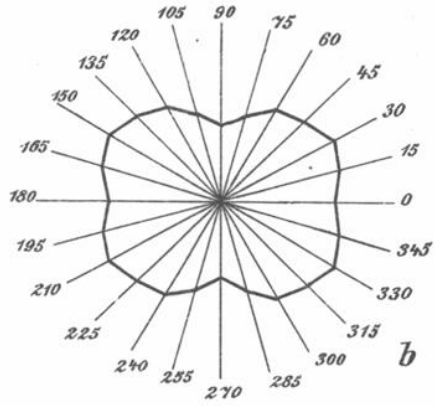

Absolute Härte
in absteigender Folge
(nach Auerbach)
(___ Stufen der Härteskala)
10-fach (rechts)
Diamant (geschätzt)
Korund
Stahl, sehr hart
Topas
Stahl, hart
Beryll
Stahl, mittel
Achat
Glas, max.
Quarz I
Stahl, weich
Platiniridium
Adular
Adular
Glas, mittel
Apatit
Quarz II
Quarz, amorph
Gusseisen
Schmiedeeisen
Glas, min.
Kupfer, max.
Bronze
Opal
Messing
Flusspat
Gold
Kalkspat
Silber
Borsäure
Aluminium
Bernstein
Steinsalz
Gips
Zinn
Blei
Talk
Wachs (0°)
1

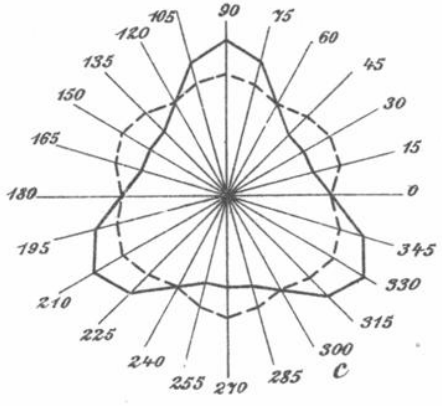

Härte
von
schwedischem
Stahl
(nach Benedicks
abgeschreckt
geschmiedet
angelassen
Härte
% Kohle
2


Barriumsilikat
Kalisilikat
Natronborosilikat
Natronzinksilikat
Gerätеglas
Jenaer Normalglas
Bleiborosilikat
Natronborat
Bariumphosphat
Schweres Bleisilikat
Schwerstes Bleisilikat
Kalibleisilikat
Härte jenenser Gläser
in kg/qmm (bei 1mm Kugelradius)
(nach Auerbach)
3

1







Härtekurven für Steinsalz

(nach Exner)

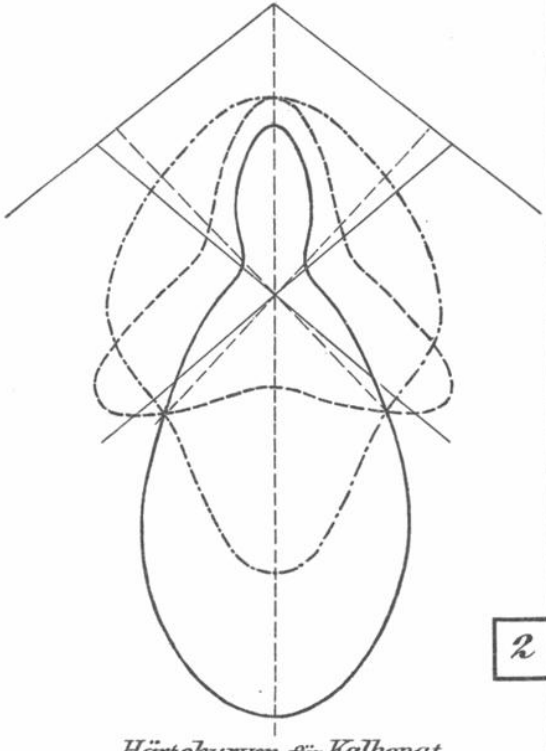
a : Würfelfläche (o = Kante)

b : Dodekaederfläche (o = ⊥ zur abgestumpften Kante)

c : Oktaederfläche (o = Würfelkante)

___ Mittelwert für beide Richtungssinne des Ritzens.

[die 3 Figuren sind nicht absolut vergleichbar]



2

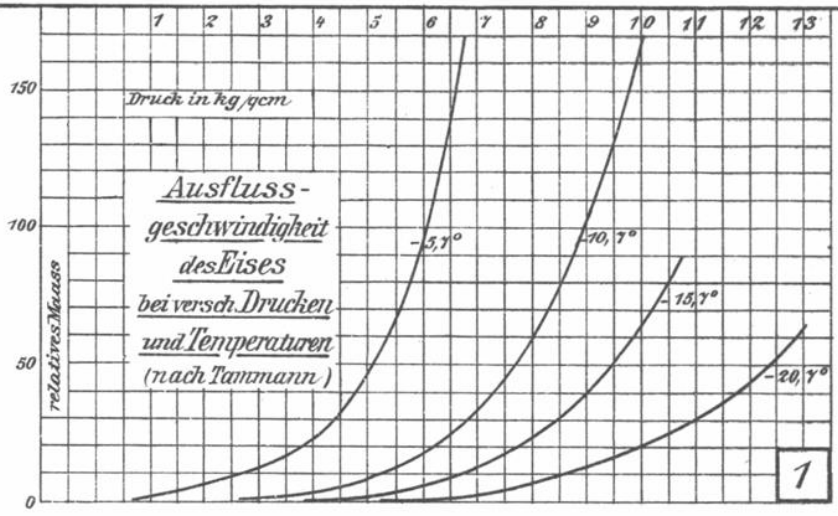
Härtekurven für Kalkspat

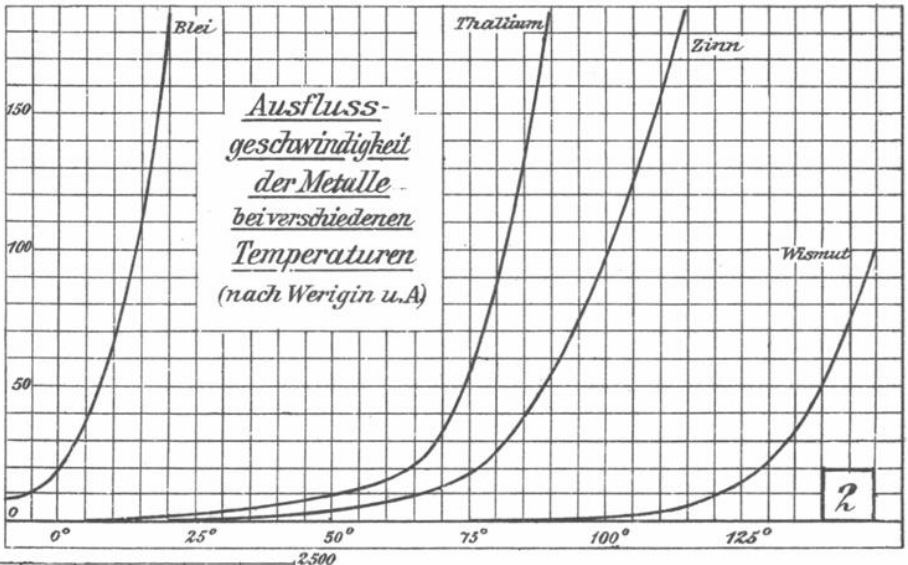
(nach E. Müller)

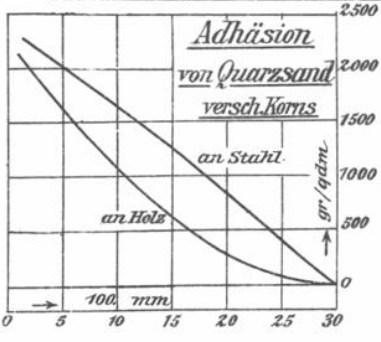
——— Rhomboederfläche (1011)

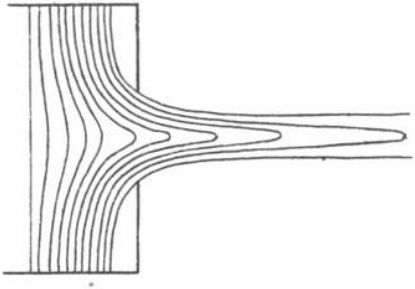
- - - - Endfläche (0001)

—·—·— Prisma 1. Art (1010)



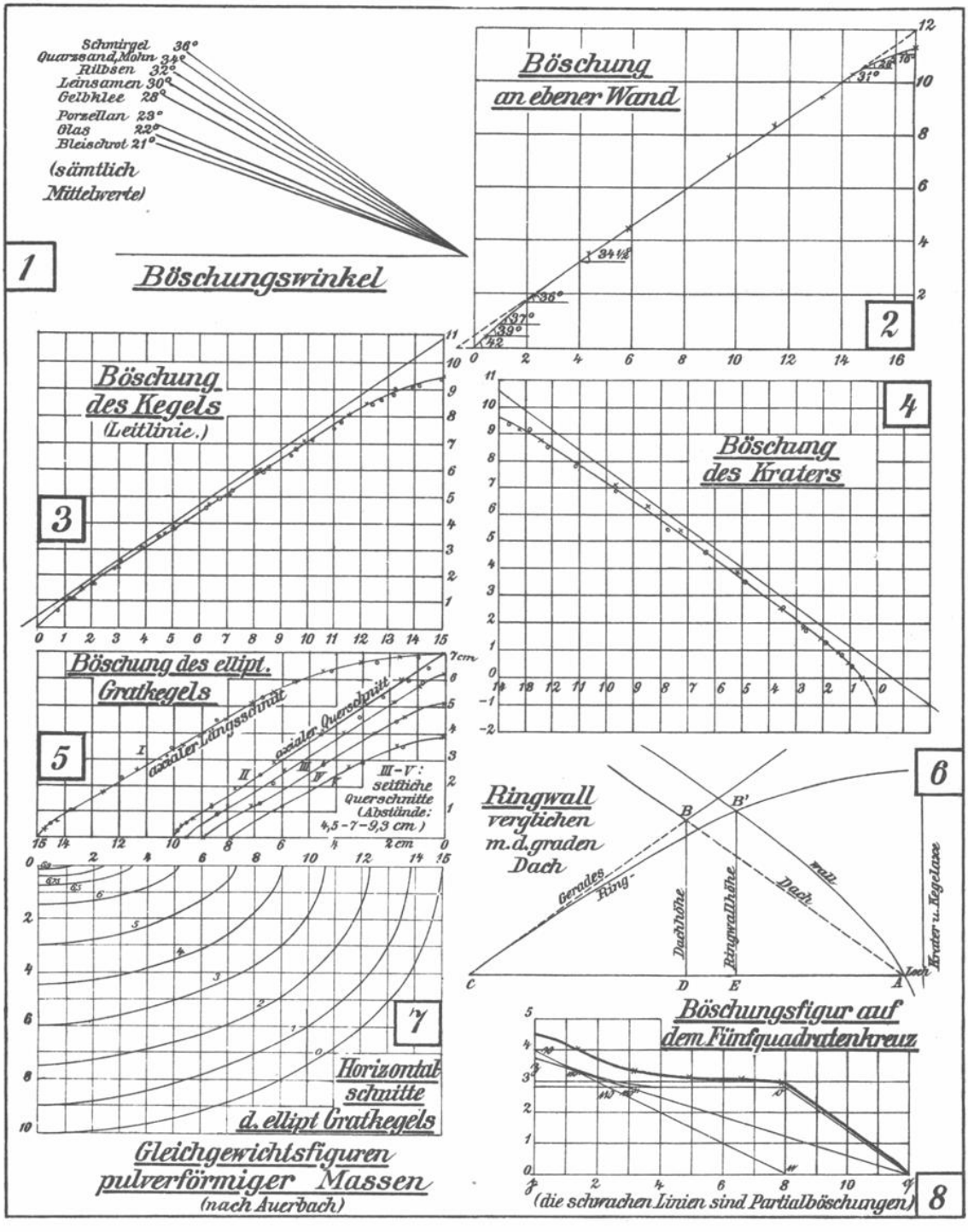




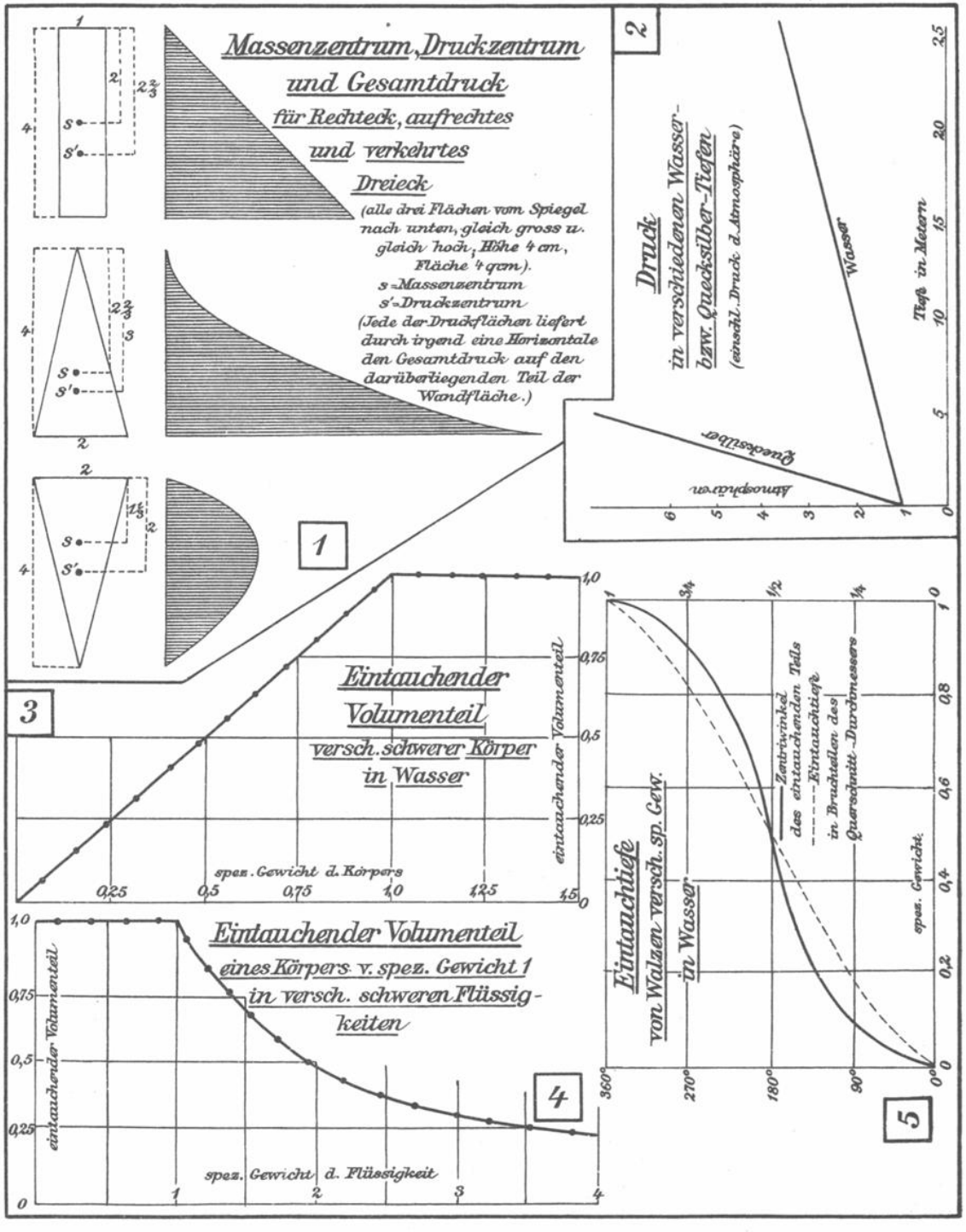


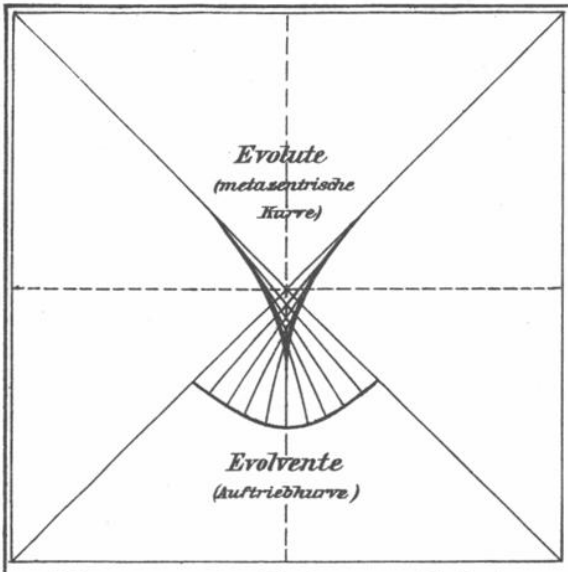
Schichtflächen ausfliessenden Tons

4



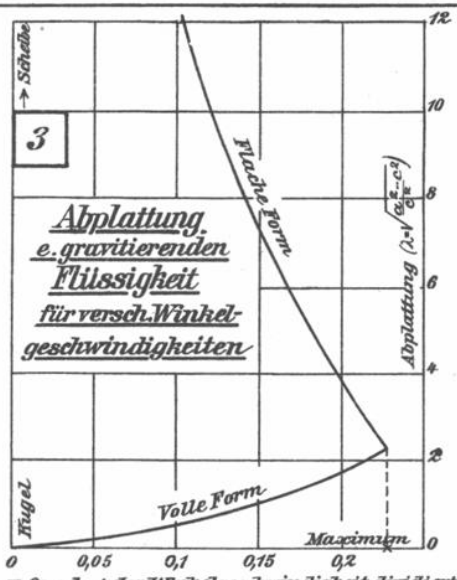
Gleichgewichtsfiguren pulverförmiger Massen (nach Auerbach)


Massenzentrum, Druckzentrum und Gesamtdruck für Rechteck, aufrechtes und verkehrtes Dreieck
(alle drei Flächen vom Spiegel nach unten, gleich gross u. gleich hoch, Höhe 4 cm, Fläche 4 qcm).
s = Massenzentrum
s' = Druckzentrum
(Jede der Druckflächen liefert durch irgend eine Horizontale den Gesamtdruck auf den darüberliegenden Teil der Wandfläche.)
1
2
Druck in verschiedenen Wasser- bzw. Quecksilber-Tiefen
(einschl. Druck d. Atmosphäre)
Wasser
Quecksilber
Atmosphären
Tiefe in Metern
3
Eintauchender Volumenteil versch. schwerer Körper in Wasser
eintauchender Volumenteil
spez. Gewicht d. Körpers
4
Eintauchender Volumenteil eines Körpers v. spez. Gewicht 1 in versch. schweren Flüssigkeiten
eintauchender Volumenteil
spez. Gewicht d. Flüssigkeit
5
Eintauchtiefe von Walzen versch. sp. Gew. in Wasser
Zentriwinkel des eintauchenden Teils
Eintauchtiefe in Bruchteilen des Querschnitt-Durchmessers
spez. Gewicht



Metazentrische Evolvente u. Evolute für das Quadrat
(halbe Dichte, also halb eintauchend)

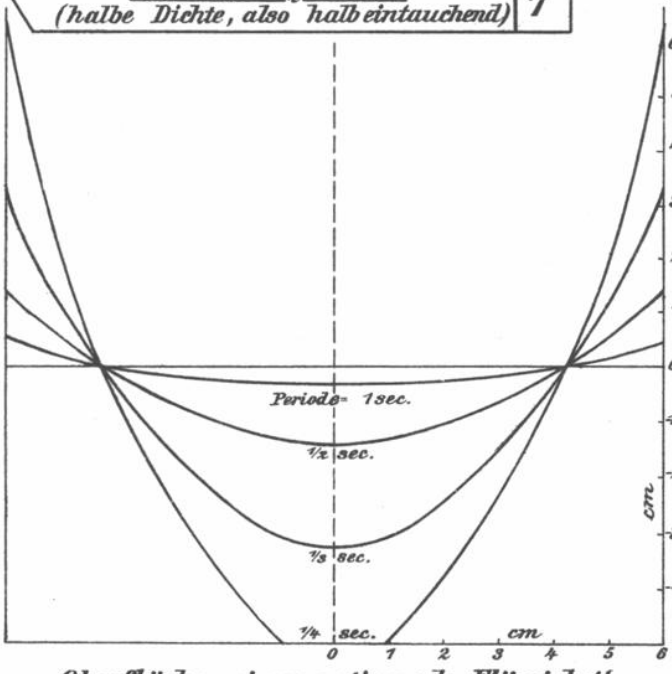
1



3

Abplattung e. gravitierenden Flüssigkeit für versch. Winkelgeschwindigkeiten

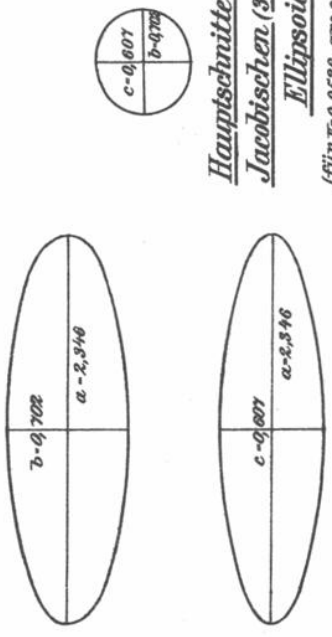
ν = Quadrat der Winkelgeschwindigkeit dividiert durch $2\pi\varepsilon\varrho$ (ε Gravitationskonstante, ϱ Dichte).



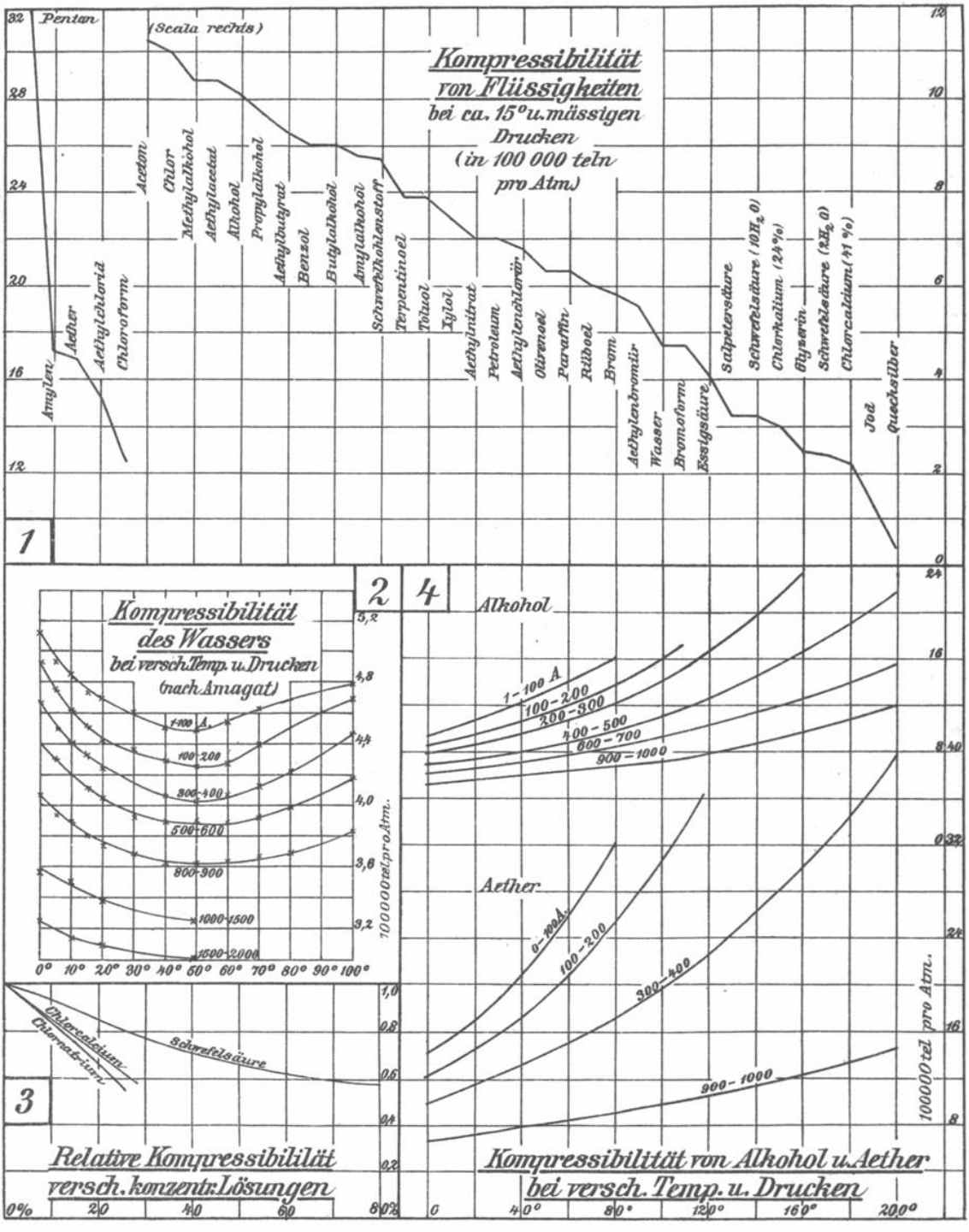
Oberfläche einer rotierenden Flüssigkeit in einem zylindrischen Gefässe bei verschiedenen Perioden

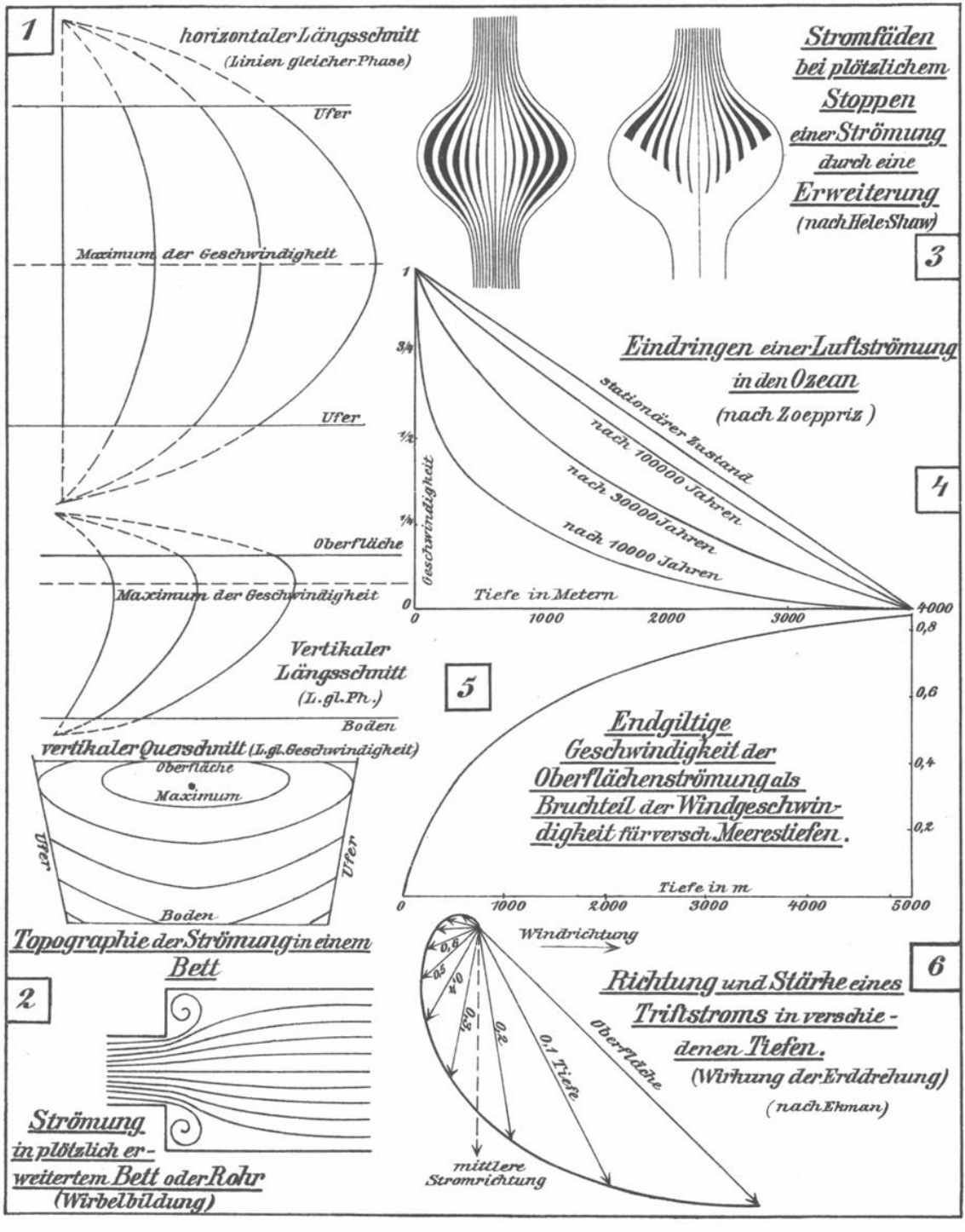
2

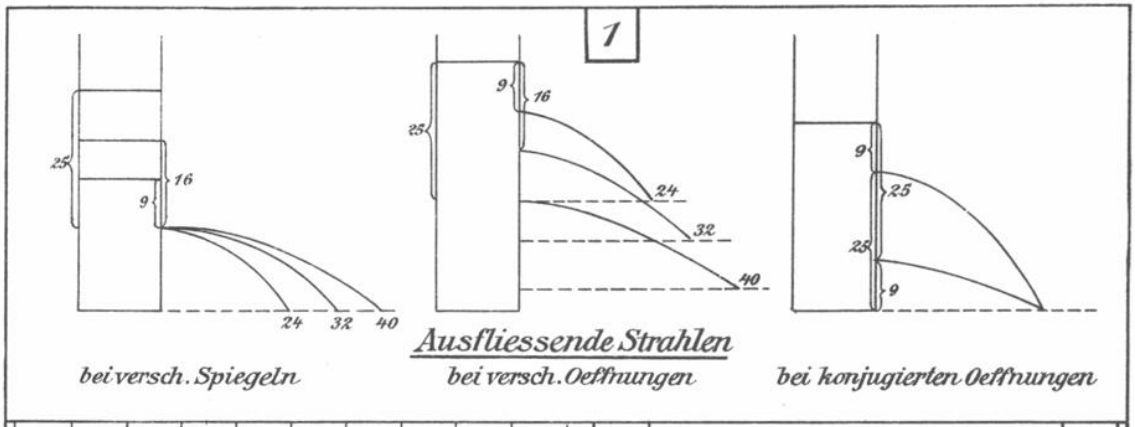
4

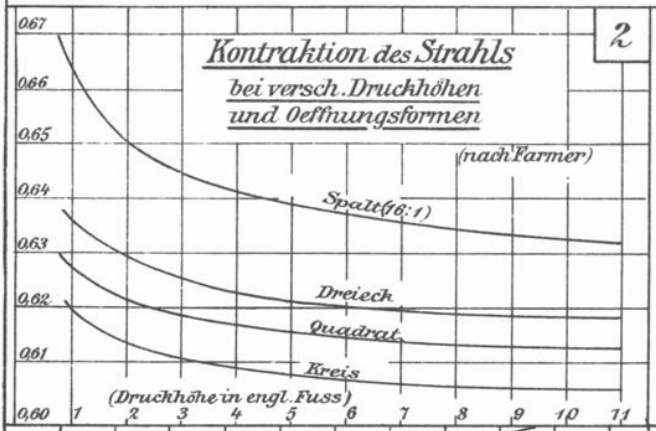


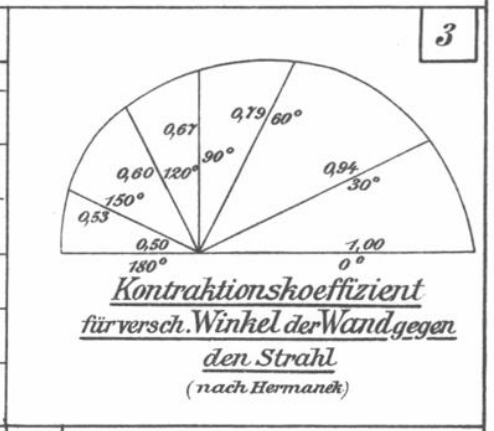
Hauptschnitte eines Jacobischen (3-axigen) Ellipsoids
(Für ν = 0,0596, arc cos $\frac{c}{a}$ = 75°)
(nach Darwin)

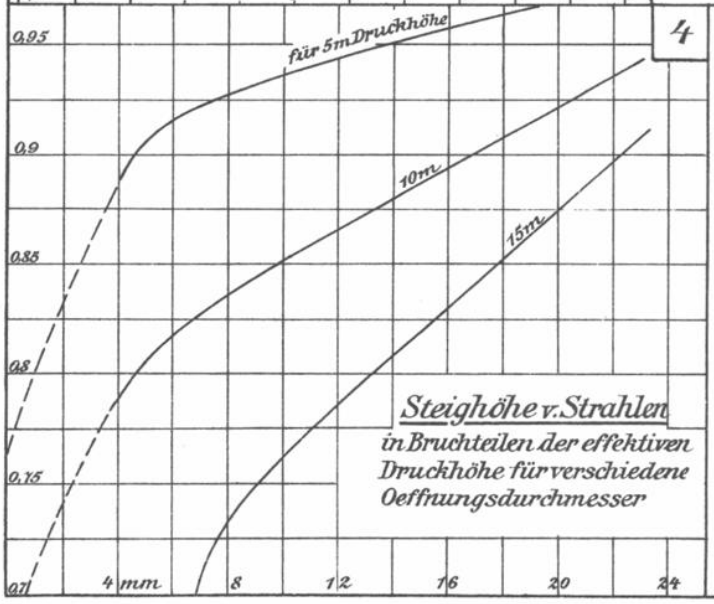

Kompressibilität von Flüssigkeiten bei ca. 15° u. mässigen Drucken (in 100 000 teln pro Atm.)
(Scala rechts)
Pentan
Amylen
Aether
Aethylchlorid
Chloroform
Aceton
Chlor
Methylalkohol
Aethylacetat
Alkohol
Propylalkohol
Aethylbutyrat
Benzol
Butylalkohol
Amylalkohol
Schwefelkohlenstoff
Terpentinoel
Toluol
Xylol
Aethylnitrat
Petroleum
Aethylenchlorür
Olivenoel
Paraffin
Rüboel
Brom
Aethylenbromür
Wasser
Bromoform
Essigsäure
Salpetersäure
Schwefelsäure (10 H2O)
Chlorkalium (24%)
Glycerin
Schwefelsäure (2 H2O)
Chlorcalcium (47%)
Jod
Quecksilber
1
2
Kompressibilität des Wassers bei versch. Temp. u. Drucken (nach Amagat)
1-100 A.
100-200
300-400
500-600
800-900
1000-1500
1500-2000
0° 10° 20° 30° 40° 50° 60° 70° 80° 90° 100°
100000 tel. pro Atm.
3
Chlorcalcium
Chlornatrium
Schwefelsäure
Relative Kompressibilität versch. konzentr. Lösungen
0% 20 40 60 80%
4
Alkohol
1-100 A
100-200
200-300
400-500
600-700
900-1000
Aether
0-100 A.
100-200
300-400
900-1000
0 40° 80° 120° 160° 200°
100000 tel. pro Atm.
Kompressibilität von Alkohol u. Aether bei versch. Temp. u. Drucken

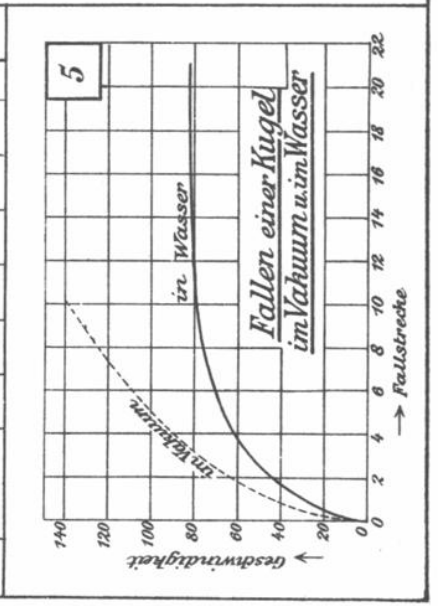

1
horizontaler Längsschnitt
(Linien gleicher Phase)
Ufer
Maximum der Geschwindigkeit
Ufer
Oberfläche
Maximum der Geschwindigkeit
Vertikaler Längsschnitt
(L. gl. Ph.)
Boden
vertikaler Querschnitt (L. gl. Geschwindigkeit)
Oberfläche
Maximum
Ufer
Ufer
Boden
Topographie der Strömung in einem Bett
2
Strömung in plötzlich erweitertem Bett oder Rohr
(Wirbelbildung)
Stromfäden bei plötzlichem Stoppen einer Strömung durch eine Erweiterung
(nach Hele Shaw)
3
Eindringen einer Luftströmung in den Ozean
(nach Zoeppriz)
4
Geschwindigkeit
1
3/4
1/2
1/4
0
stationärer Zustand
nach 100000 Jahren
nach 30000 Jahren
nach 10000 Jahren
Tiefe in Metern
0
1000
2000
3000
4000
5
Endgiltige Geschwindigkeit der Oberflächenströmung als Bruchteil der Windgeschwindigkeit für versch. Meerestiefen.
0,8
0,6
0,4
0,2
Tiefe in m
0
1000
2000
3000
4000
5000
Windrichtung
0,6
0,5
0,0
0,2
0,2
0,1 Tiefe
Oberfläche
mittlere Stromrichtung
6
Richtung und Stärke eines Triftstroms in verschiedenen Tiefen.
(Wirkung der Erddrehung)
(nach Ekman)


1
25
16
9
24
32
40
Ausfliessende Strahlen
bei versch. Spiegeln
bei versch. Oeffnungen
bei konjugierten Oeffnungen


2
Kontraktion des Strahls
bei versch. Druckhöhen
und Oeffnungsformen
(nach Farmer)
Spalt (16:1)
Dreieck
Quadrat
Kreis
(Druckhöhe in engl. Fuss)
0,67
0,66
0,65
0,64
0,63
0,62
0,61
0,60
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11


3
0,67
0,79
60°
90°
0,60
120°
0,94
30°
150°
0,53
0,50
1,00
180°
0°
Kontraktionskoeffizient
für versch. Winkel der Wand gegen
den Strahl
(nach Hermanek)

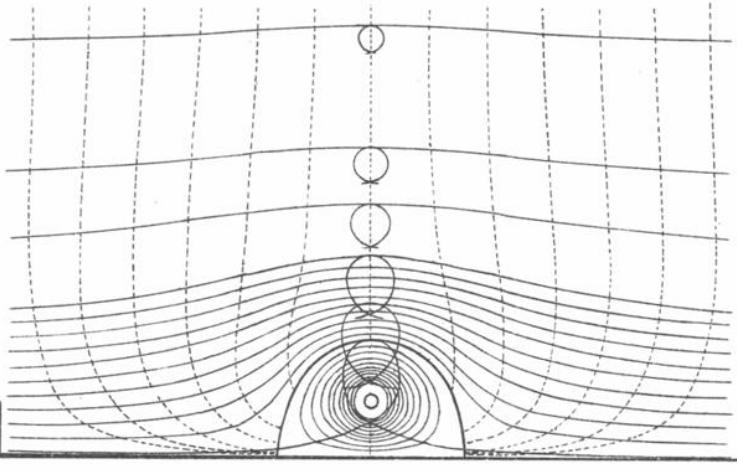

4
für 5m Druckhöhe
10m
15m
0,95
0,9
0,85
0,8
0,75
0,7
4 mm
8
12
16
20
24
Steighöhe v. Strahlen
in Bruchteilen der effektiven
Druckhöhe für verschiedene
Oeffnungsdurchmesser


5
Fallen einer Kugel
im Vakuum u. im Wasser
in Wasser
in Luftleere
→ Fallstrecke
→ Geschwindigkeit
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
20
40
60
80
100
120
140

1

Bewegung einer Kugel in e. Flüssigkeit
(nach Rieche)

..... Linien gleicher Werte der Stromfunktion für ein Quellpaar in ruhender Flüssigkeit
— — — Dieselben in strömender Flüssigkeit.
——— Formen eines Querfadens in strömender Fl.
——— Stromlinien der Fl. bei bewegter Kugel.



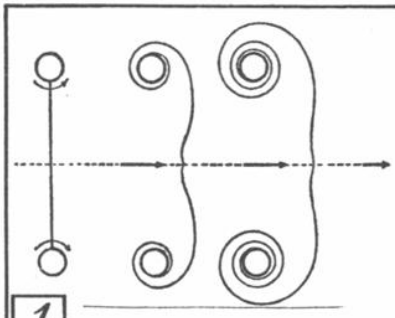
2

Flüssigkeit mit zwei geraden, parallelen, gleichstarken, aber entgegengesetzten Wirbelfäden (halber Querschnitt, die andere Hälfte nach unten spiegelbildlich zu ergänzen).

(nach Rieche)

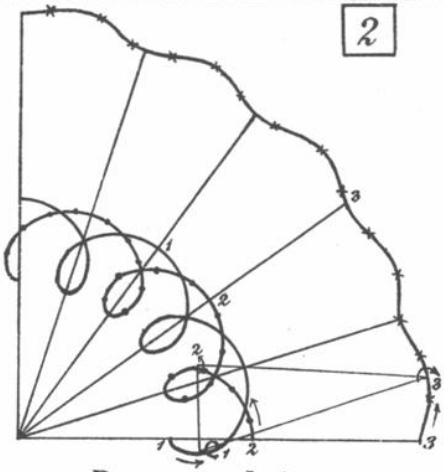
(die starke Kurve trennt den Wirbelraum vom Strömungsraum)

[man beachte die Aehnlichkeit beider Bilder]



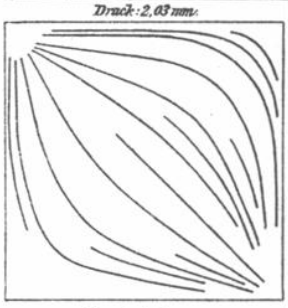
1

Deformation zweier Wirbelfäden beim Fortschreiten (nach Riecke)



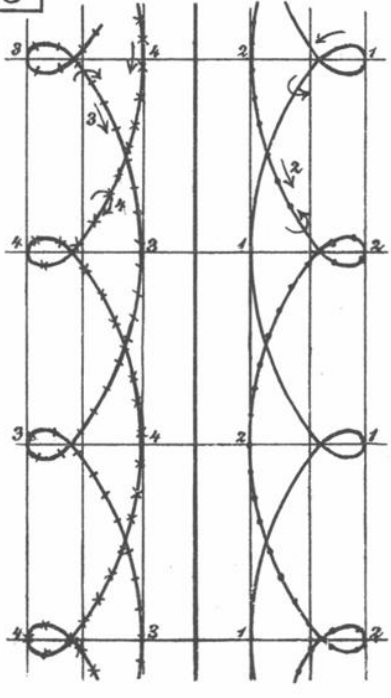
2

Bewegung dreier paralleler Wirbelfäden (nach Groebli)



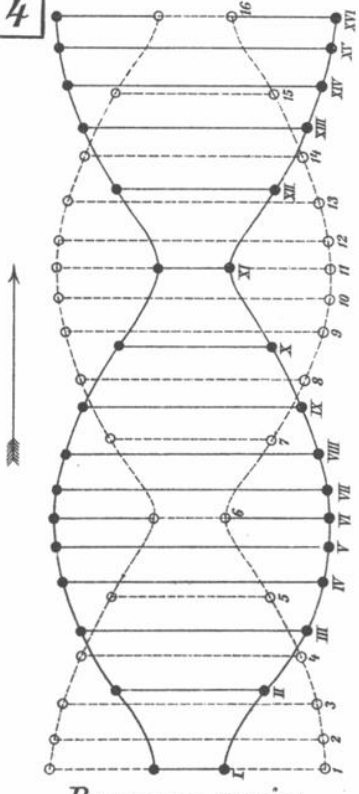
Strömung u. Wirbelbildung bei diagonaler Durchsetzung eines Quadrats (nach Riecke)

3



Bewegung von vier parallelen Wirbelfäden mit Symmetrieebene (nach Groebli)

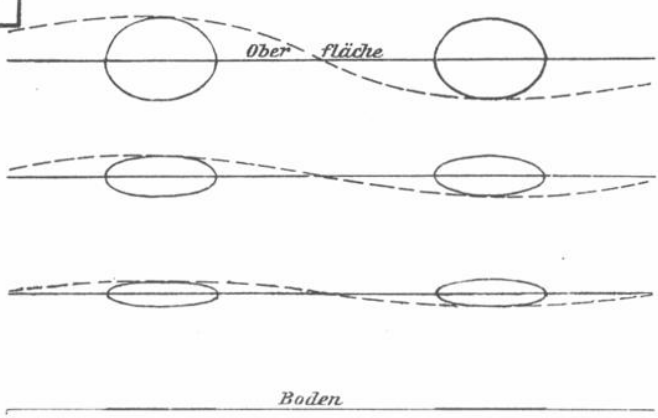
4



Bewegung zweier paralleler Wirbelringe

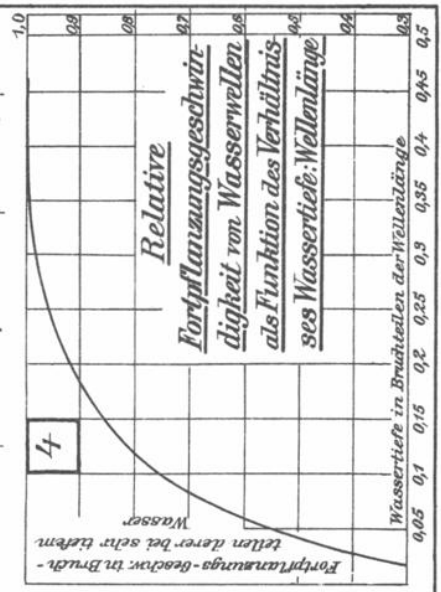
5

1



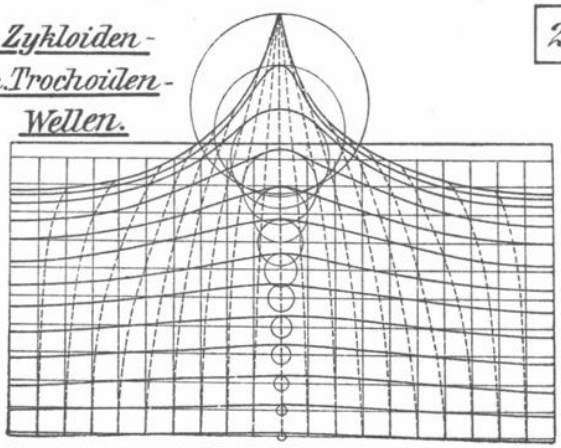
Lange flache Wellen (Ellipsentheorie)

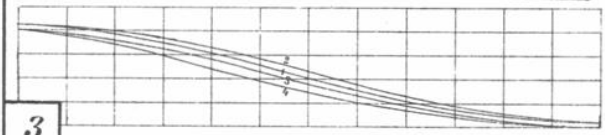
4



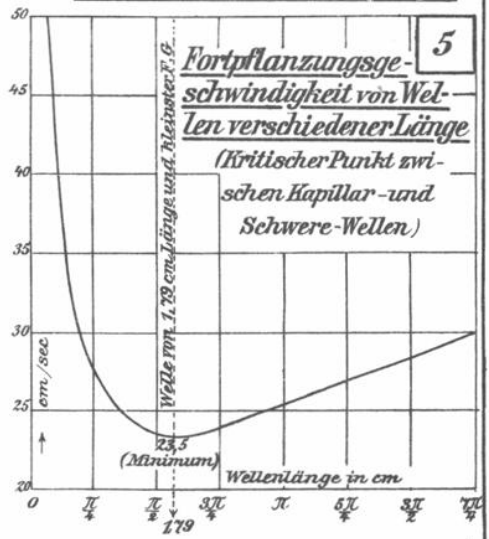
Zykloiden- u. Trochoiden-Wellen.

2

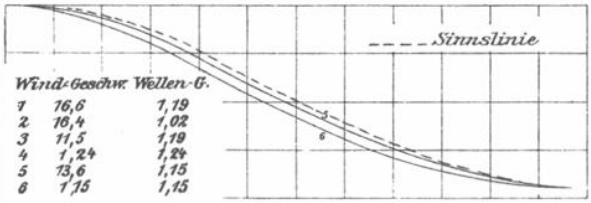




5

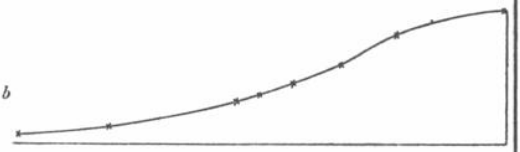


3



Wind-Wellenformen (halbe Wellen) nach W. Wien.

(bei b ist der Ordinatenmaasstab verdoppelt.)



Profil der „Einzelwelle" nach Lord Rayleigh

6

1

2

Einzel- u. Gruppengeschwindigkeit von Wellen
(nach Lord Rayleigh)
v Einzel-Geschw.
V Gruppen- "
$[V_0 = v_0, V_1 = \frac{1}{2} v_1, V_2 = \frac{3}{2} v_2]$

V_2
v_2
v_1
$V_0 = v_0 = 23{,}5$ cm/sec.
V_1
λ_2
$\lambda_0 = 1{,}78$ cm
λ_1

Stehende Wellen, Niveau- u. Stromlinien in e. rechteckigen Troge.
(nach St. Venant)

Schwingungsdauern d. flüssigen Decke e. festen Kugel f. versch. Dicken (in Teilen des festen Radius)
(nach Bender)

Grundschwingung
1. Oberschwingung
4. Oberschwingung

28, 24, 20, 16, 12, 8, 4, 0
1/10, 1/6, 1/2, 1, 2

3

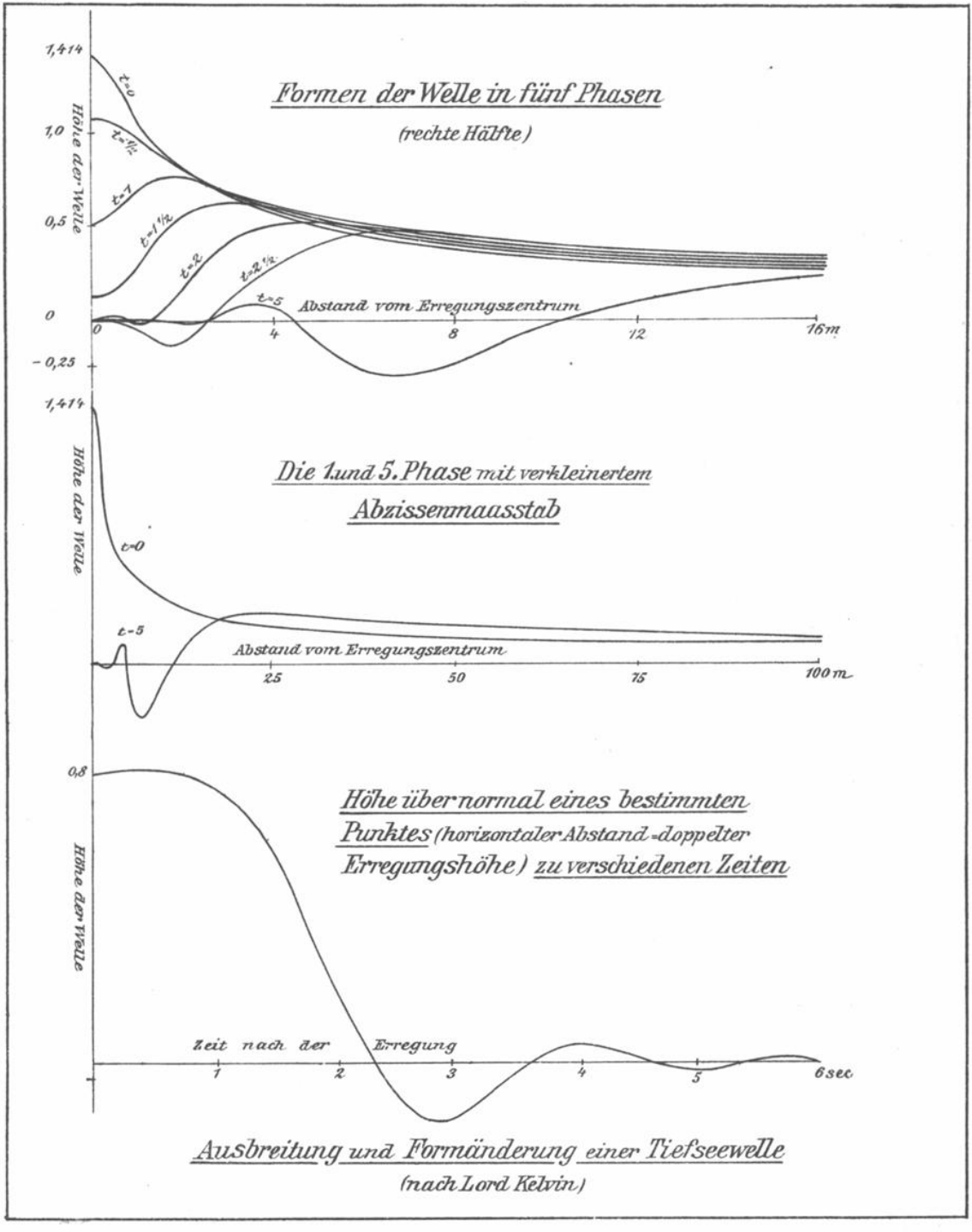
$x = 0$
$x = h$
$\varphi = 0$
$\varphi = 20^\circ$

4. Ob.-S.
3. O.-S.
2. O.-S
1 Ober-Schw.
Grundschwingung

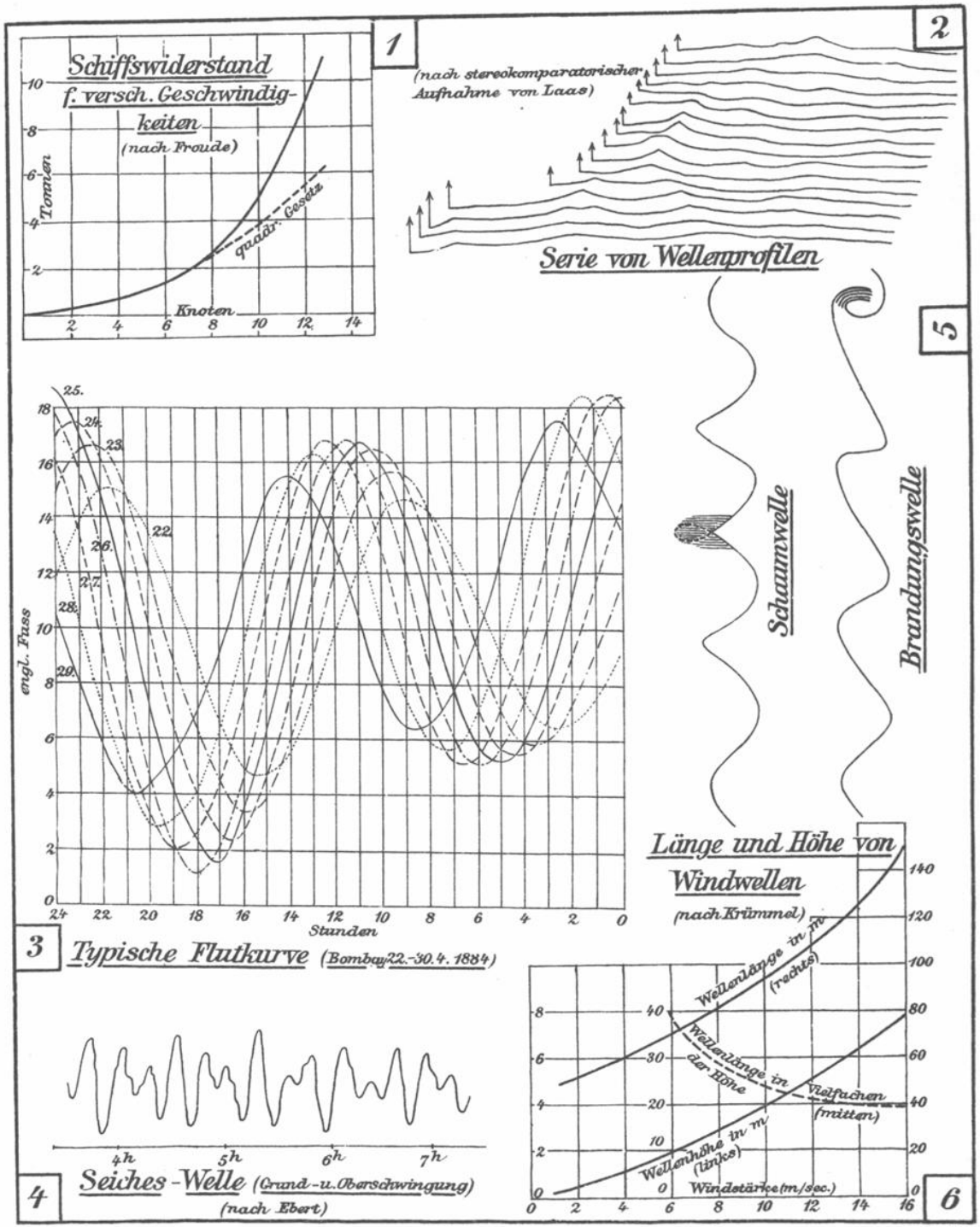
Stehende Schwingungen in e. prismatischen Troge.
(nach Kirchhoff)

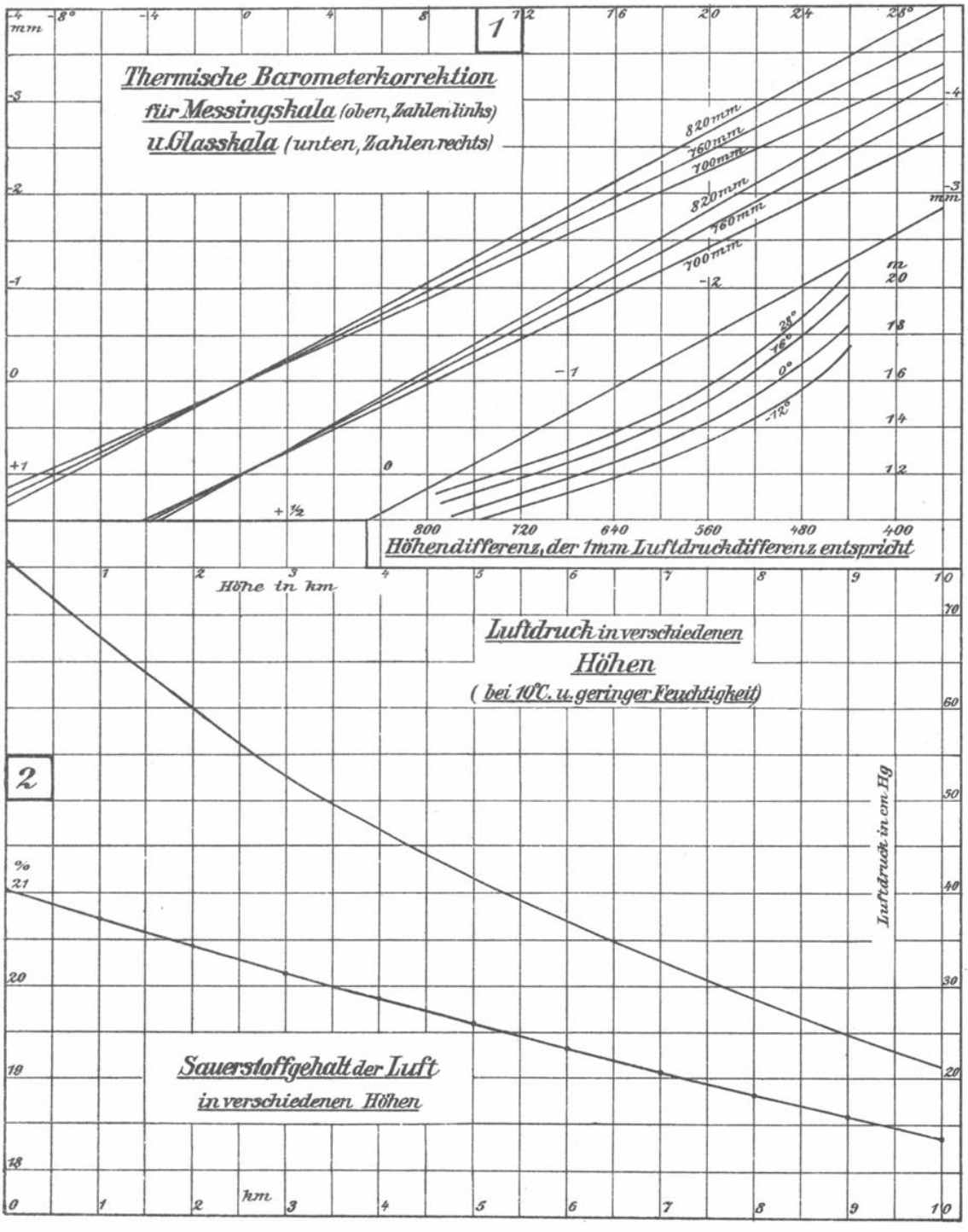
[Die verschiedenen Schwingungsformen sind der Deutlichkeit halber untereinander (also auch in verschiedenem Maasstab) gezeichnet. Für die (ebene) Grundschwingung sind die Niveau- und Stromlinien beigefügt.]

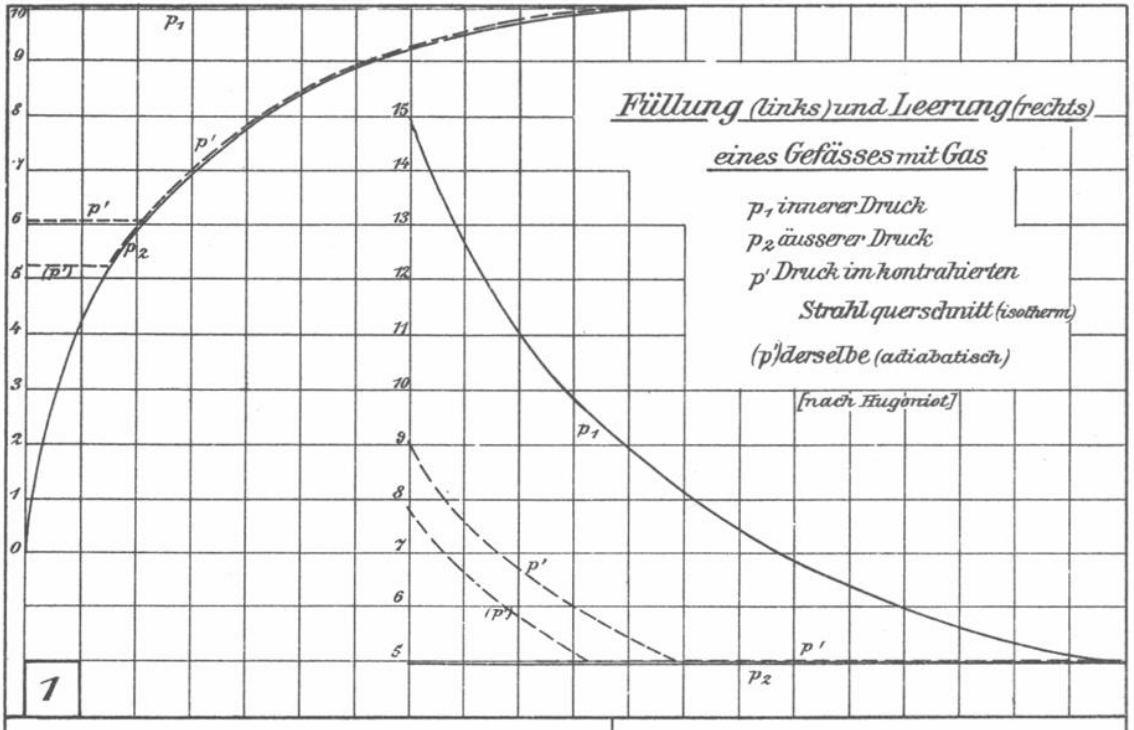
4



Ausbreitung und Formänderung einer Tiefseewelle
(nach Lord Kelvin)

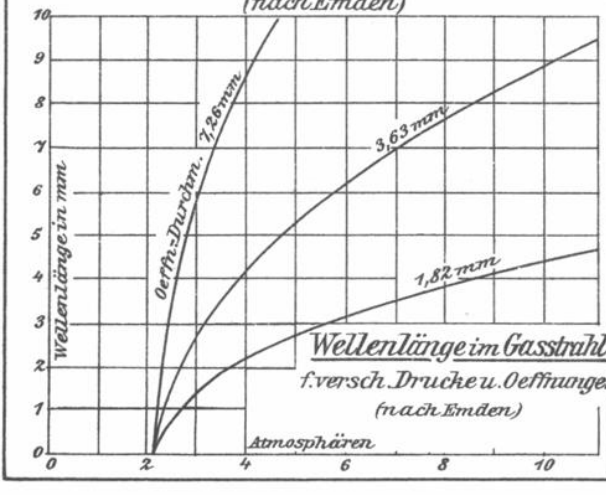

1
Schiffswiderstand
f. versch. Geschwindigkeiten
(nach Froude)
Tonnen
quadr. Gesetz
Knoten
2
(nach stereokomparatorischer Aufnahme von Laas)
Serie von Wellenprofilen
5
Schaumwelle
Brandungswelle
engl. Fuss
Stunden
3
Typische Flutkurve (Bombay 22.-30.4.1884)
Länge und Höhe von Windwellen
(nach Krümmel)
Wellenlänge in m (rechts)
Wellenlänge in der Höhe
Vielfachen (mitten)
Wellenhöhe in m (links)
Windstärke (m/sec.)
4
Seiches-Welle (Grand-u. Oberschwingung)
(nach Ebert)
6


1
Thermische Barometerkorrektion
für Messingskala (oben, Zahlen links)
u. Glasskala (unten, Zahlen rechts)
820 mm
760 mm
700 mm
25°
16°
0°
-12°
Höhendifferenz, der 1 mm Luftdruckdifferenz entspricht
Höhe in km
Luftdruck in cm Hg
Luftdruck in verschiedenen Höhen
(bei 10°C. u. geringer Feuchtigkeit)
2
Sauerstoffgehalt der Luft
in verschiedenen Höhen
km

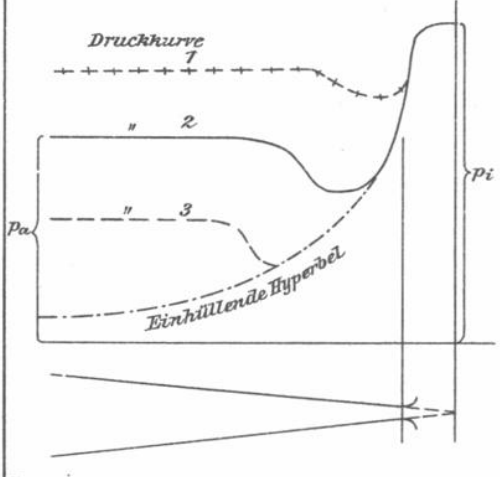


2

Schlierenwellen
in e.u.grossem Druck austretenden Gasstrahl
(nach Emden)

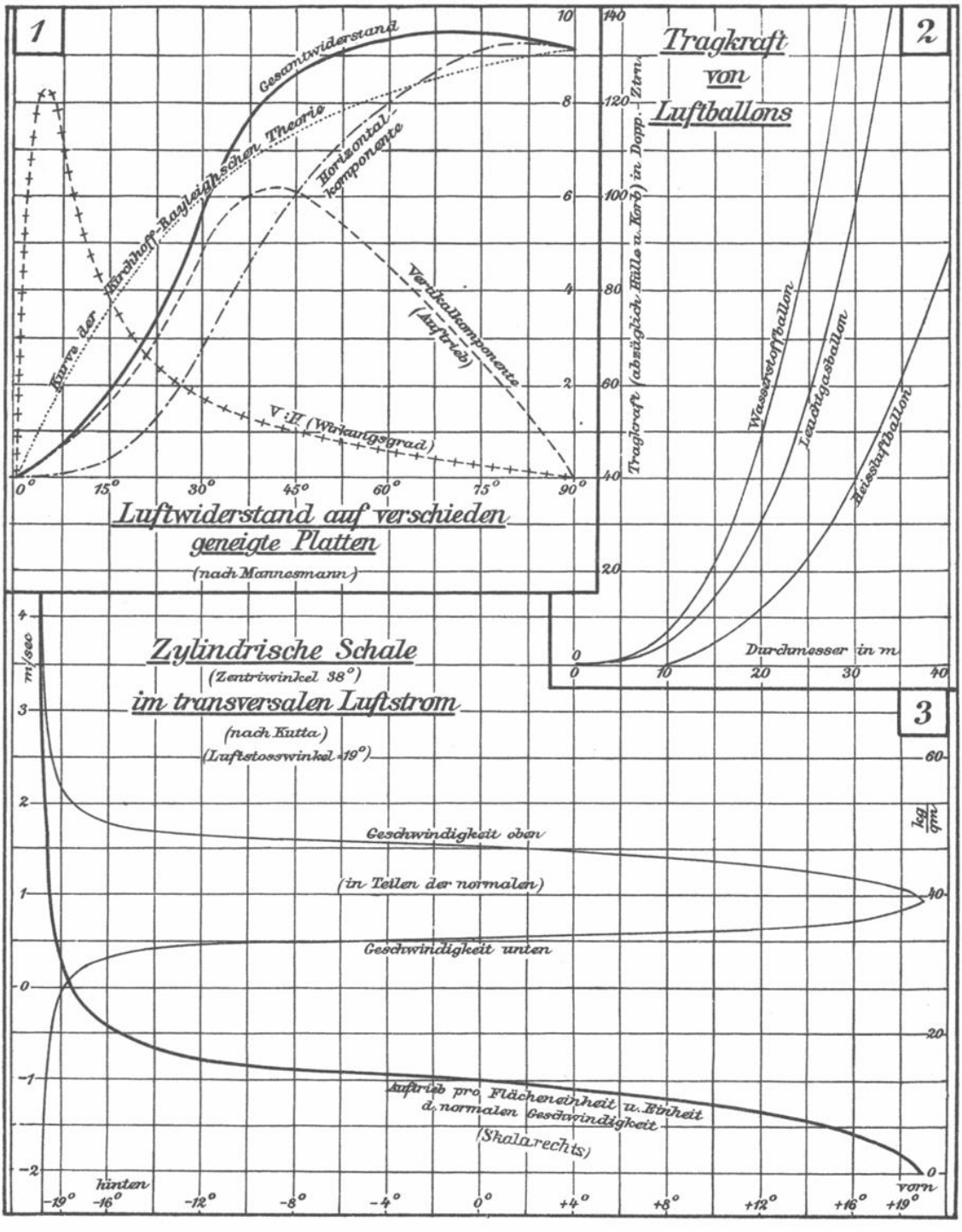


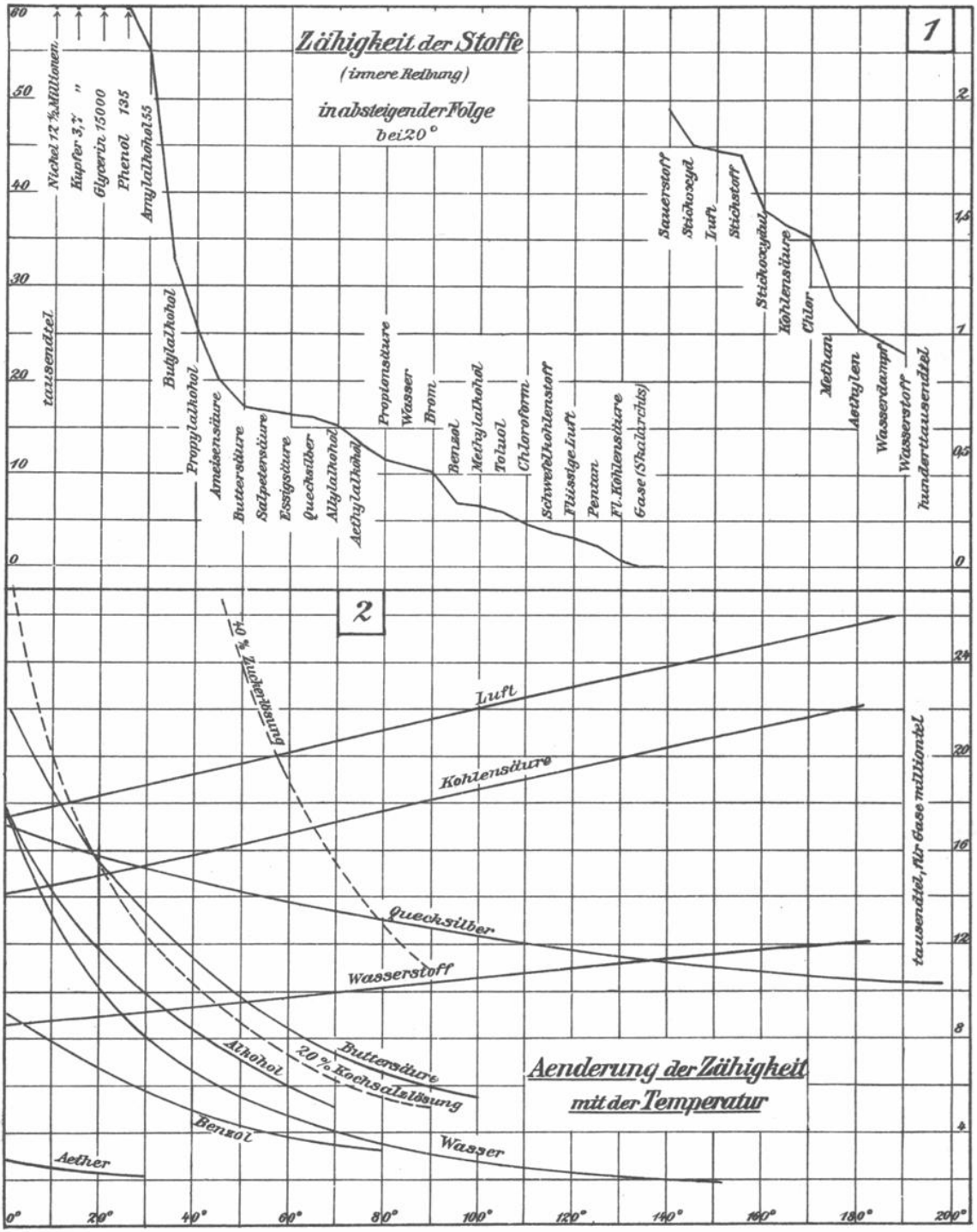
Wellenlänge im Gasstrahl
f. versch. Drucke u. Oeffnungen
(nach Emden)

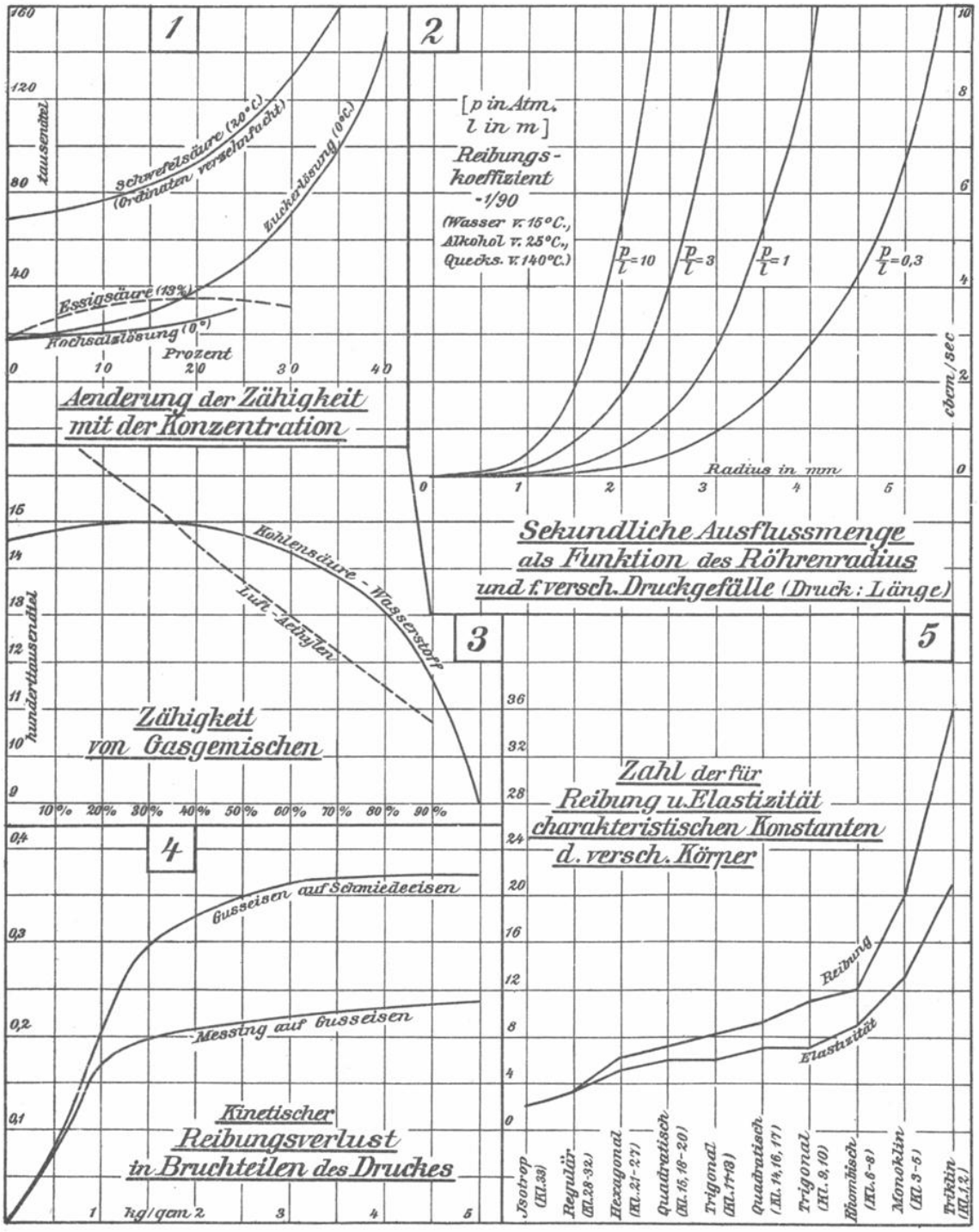


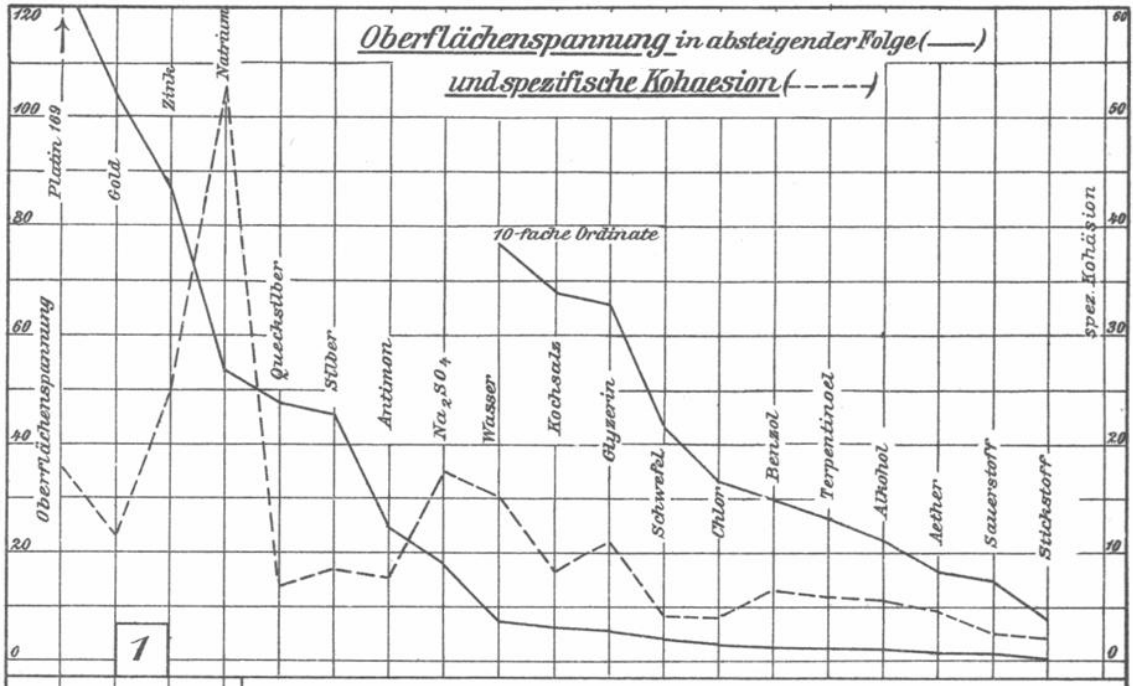
Strömung eines Gases durch eine konische Röhre (nach H. Lorenz)

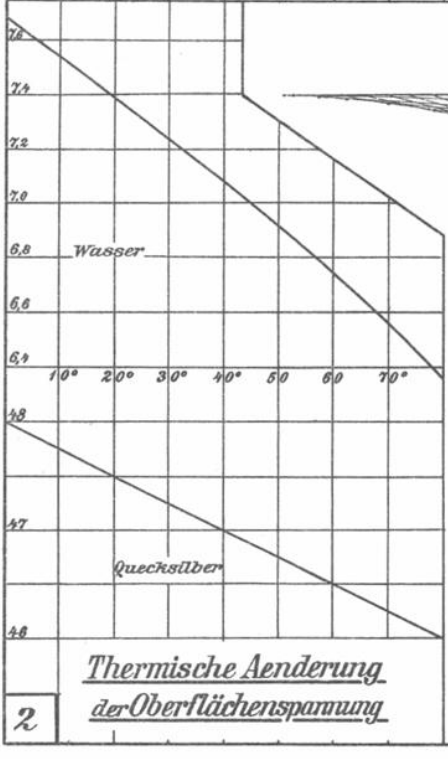
3

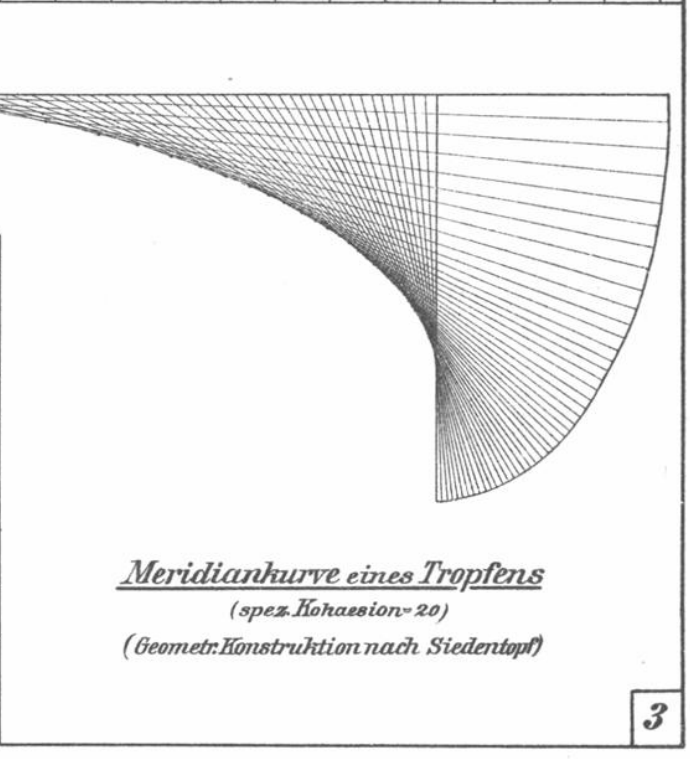

1
Gesamtwiderstand
Kurve der Kirchhoff-Rayleighschen Theorie
Horizontalkomponente
Vertikalkomponente (Auftrieb)
V:H (Wirkungsgrad)
0° 15° 30° 45° 60° 75° 90°
10 8 6 4 2
Luftwiderstand auf verschieden geneigte Platten
(nach Mannesmann)
2
Tragkraft von Luftballons
Tragkraft (abzüglich Hülle u. Korb) in Dopp.-Ztrn.
140 120 100 80 60 40 20 0
Wasserstoffballon
Leuchtgasballon
Heissluftballon
Durchmesser in m
0 10 20 30 40
3
Zylindrische Schale
(Zentriwinkel 38°)
im transversalen Luftstrom
(nach Kutta)
(Luftstosswinkel -19°)
m/sec
4 3 2 1 0 -1 -2
Geschwindigkeit oben
(in Teilen der normalen)
Geschwindigkeit unten
Auftrieb pro Flächeneinheit u. Einheit d. normalen Geschwindigkeit
(Skala rechts)
kg/qm
60 40 20 0
hinten
-19° -16° -12° -8° -4° 0° +4° +8° +12° +16° +19°
vorn

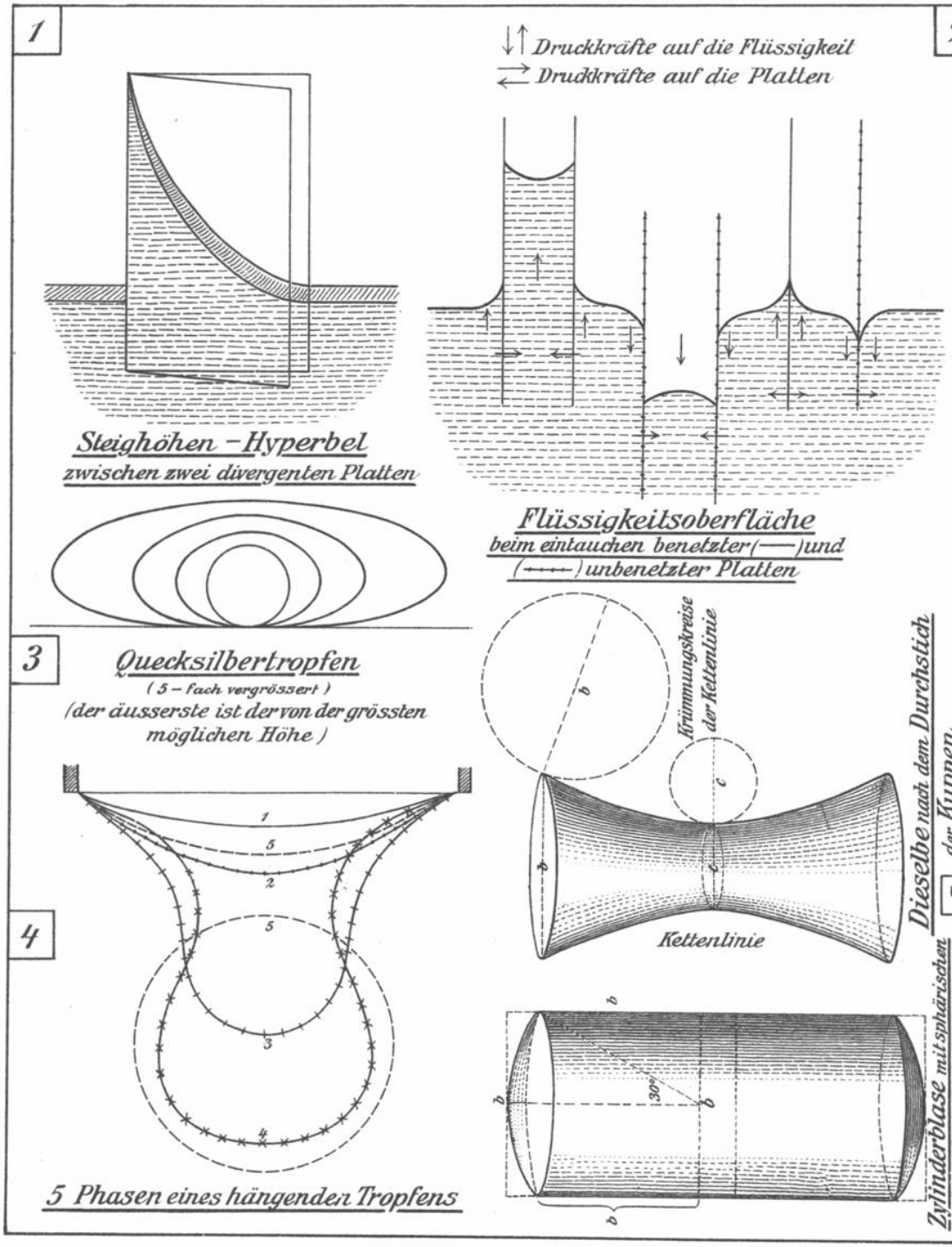

Zähigkeit der Stoffe
(innere Reibung)
in absteigender Folge
bei 20°
1
2
tausendtel
Nickel 12 % Millionen
Kupfer 3,7 "
Glycerin 15000
Phenol 135
Amylalkohol 55
Butylalkohol
Propylalkohol
Ameisensäure
Buttersäure
Salpetersäure
Essigsäure
Quecksilber
Allylalkohol
Aethylalkohol
Propionsäure
Wasser
Brom
Benzol
Methylalkohol
Toluol
Chloroform
Schwefelkohlenstoff
Flüssige Luft
Pentan
Fl. Kohlensäure
Gase (Shaldrchts)
Sauerstoff
Stickoxyd
Luft
Stickstoff
Stickoxydul
Kohlensäure
Chlor
Methan
Aethylen
Wasserdampf
Wasserstoff
hundertausendtel
40 % Zuckerlösung
Luft
Kohlensäure
Quecksilber
Wasserstoff
Alkohol
20 % Kochsalzlösung
Buttersäure
Benzol
Wasser
Aether
tausendtel, für Gase millionteil
Aenderung der Zähigkeit
mit der Temperatur
0°
20°
40°
60°
80°
100°
120°
140°
160°
180°
200°

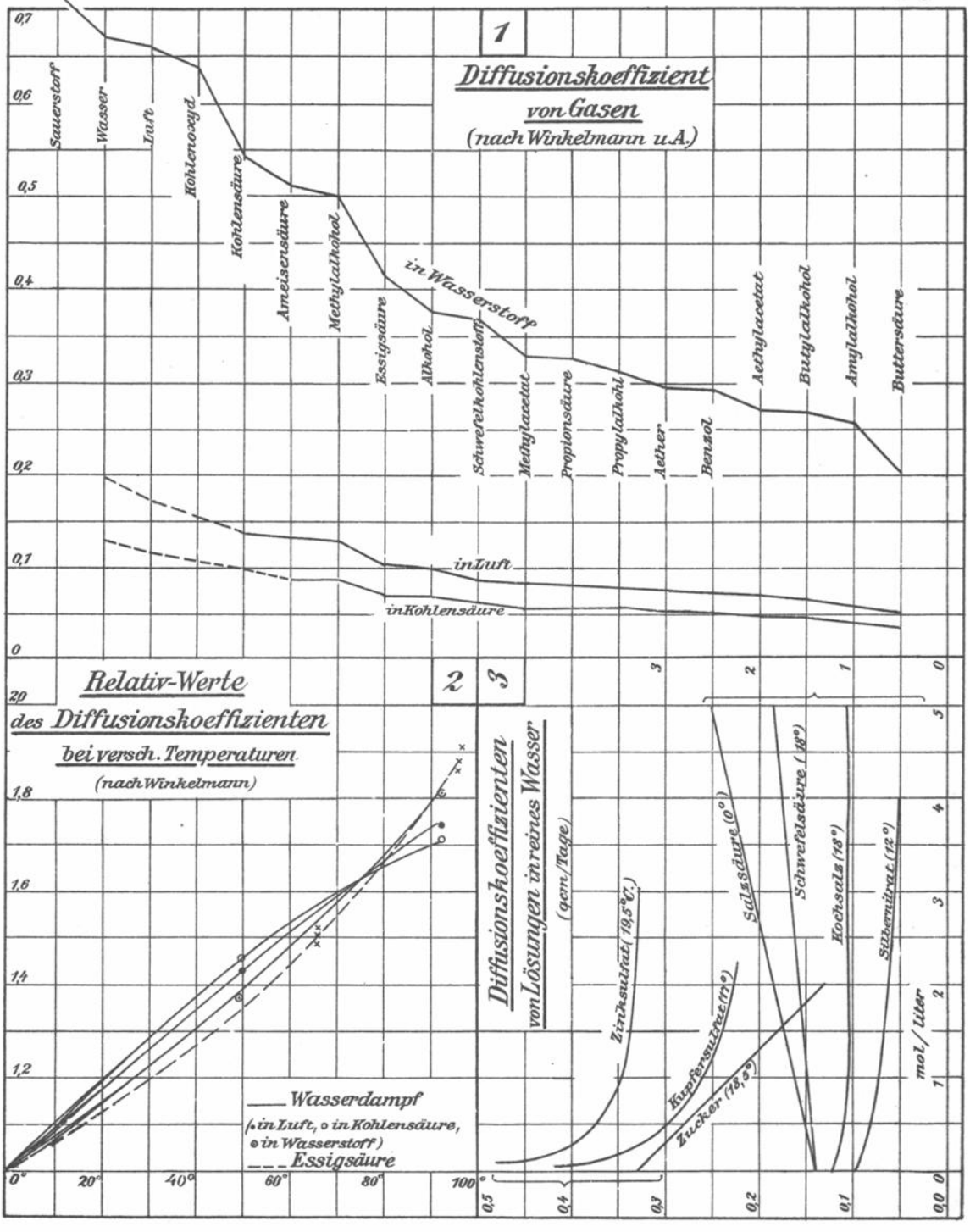

1
Tausendtel
Schwefelsäure (20°C.) (Ordinaten verzehnfacht)
Zuckerlösung (0°C.)
Essigsäure (13%)
Kochsalzlösung (0°)
Prozent
Aenderung der Zähigkeit mit der Konzentration
2
[p in Atm. l in m]
Reibungskoeffizient -1/90
(Wasser v. 15°C., Alkohol v. 25°C., Quecks. v. 140°C.)
p/l = 10
p/l = 3
p/l = 1
p/l = 0,3
cbcm/sec
Radius in mm
Sekundliche Ausflussmenge als Funktion des Röhrenradius und f. versch. Druckgefälle (Druck : Länge)
3
Hundertausendtel
Kohlensäure - Wasserstoff
Luft - Aethylen
Zähigkeit von Gasgemischen
4
Gusseisen auf Schmiedeeisen
Messing auf Gusseisen
kg/qcm 2
Kinetischer Reibungsverlust in Bruchteilen des Druckes
5
Zahl der für Reibung u. Elastizität charakteristischen Konstanten d. versch. Körper
Reibung
Elastizität
Isotrop (Kl. 33)
Regulär (Kl. 29-32)
Hexagonal (Kl. 21-27)
Quadratisch (Kl. 15, 18-20)
Trigonal (Kl. 11-13)
Quadratisch (Kl. 14, 16, 17)
Trigonal (Kl. 9, 10)
Rhombisch (Kl. 6-8)
Monoklin (Kl. 3-5)
Triklin (Kl. 1, 2)

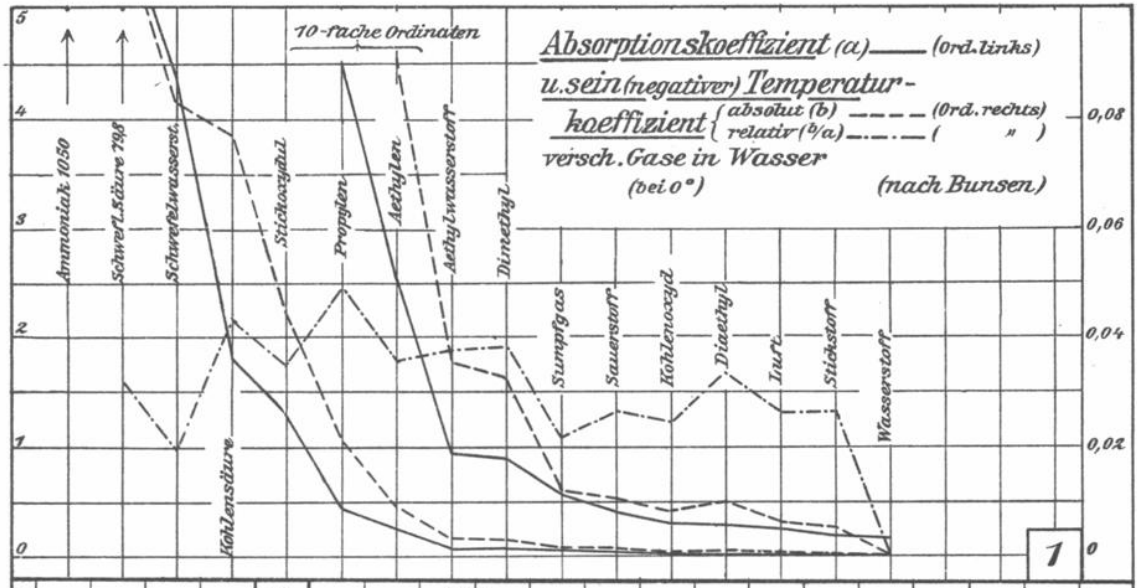

Oberflächenspannung in absteigender Folge (——)
und spezifische Kohaesion (- - - -)
Oberflächenspannung
spez. Kohäsion
Platin 169
Gold
Zink
Natrium
Quecksilber
Silber
Antimon
Na_2SO_4
Wasser
Kochsalz
Glycerin
Schwefel
Chlor
Benzol
Terpentinoel
Alkohol
Aether
Sauerstoff
Stickstoff
10-fache Ordinate
120
100
80
60
40
20
0
60
50
40
30
20
10
0
1

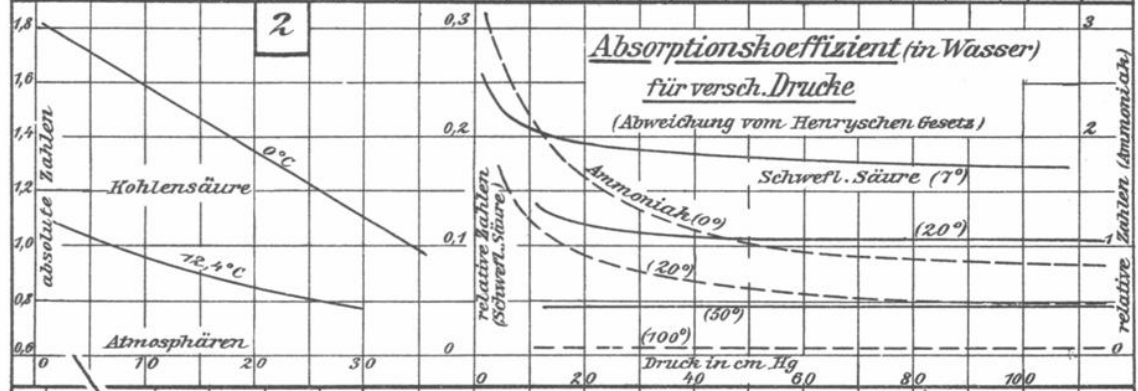

7,6
7,4
7,2
7,0
6,8
6,6
6,4
Wasser
10° 20° 30° 40° 50 60 70°
4,8
4,7
4,6
Quecksilber
Thermische Aenderung
der Oberflächenspannung
2

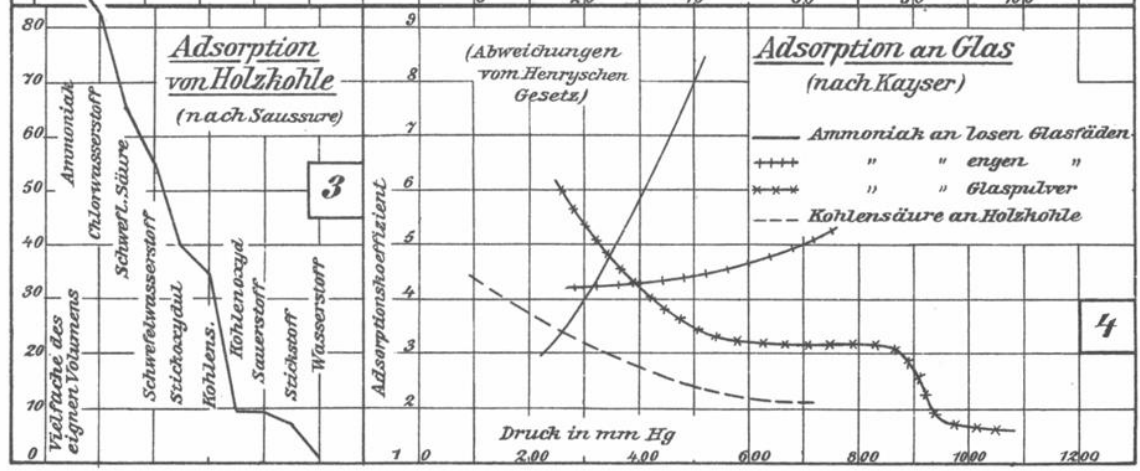

Meridiankurve eines Tropfens
(spez. Kohaesion = 20)
(Geometr. Konstruktion nach Siedentopf)
3


1
2
Druckkräfte auf die Flüssigkeit
Druckkräfte auf die Platten
Steighöhen - Hyperbel
zwischen zwei divergenten Platten
Flüssigkeitsoberfläche
beim eintauchen benetzter (——) und
(- - - -) unbenetzter Platten
3
Quecksilbertropfen
(5 - fach vergrössert)
(der äusserste ist der von der grössten
möglichen Höhe)
4
1
5
2
5
3
4
5 Phasen eines hängenden Tropfens
Krümmungskreise
der Kettenlinie
b
c
Kettenlinie
Dieselbe nach dem Durchstich
der Kuppen
5
b
30°
Zylinderblase mit sphärischen
Kuppen


1
Diffusionskoeffizient
von Gasen
(nach Winkelmann u.A.)
Sauerstoff
Wasser
Luft
Kohlenoxyd
Kohlensäure
Ameisensäure
Methylalkohol
Essigsäure
Alkohol
in Wasserstoff
Schwefelkohlenstoff
Methylacetat
Propionsäure
Propylalkohol
Aether
Benzol
Aethylacetat
Butylalkohol
Amylalkohol
Buttersäure
in Luft
in Kohlensäure
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0
2
Relativ-Werte
des Diffusionskoeffizienten
bei versch. Temperaturen
(nach Winkelmann)
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
Wasserdampf
(• in Luft, ○ in Kohlensäure,
⊙ in Wasserstoff)
Essigsäure
0°
20°
40°
60°
80°
100°
3
Diffusionskoeffizienten
von Lösungen in reines Wasser
(gem./Tage)
Zinksulfat (19,5°C.)
Kupfersulfat (11°)
Zucker (18,5°)
Salzsäure (0°)
Schwefelsäure (18°)
Kochsalz (18°)
Silbernitrat (12°)
mol./Liter
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
3
2
1
0
5
4
3
2
1
0


Absorptionskoeffizient (a) (ord. links)
u. sein (negativer) Temperatur-
koeffizient { absolut (b) (ord. rechts)
relativ (b/a) (")
versch. Gase in Wasser
(bei 0°)
(nach Bunsen)
10-fache Ordinaten
Ammoniak 1050
Schwefl. Säure 79,8
Schwefelwasserst.
Kohlensäure
Stickoxydul
Propylen
Aethylen
Aethylwasserstoff
Dimethyl
Sumpfgas
Sauerstoff
Kohlenoxyd
Diaethyl
Luft
Stickstoff
Wasserstoff
1


2
absolute Zahlen
Kohlensäure
0°C
12,4°C
Atmosphären
Absorptionskoeffizient (in Wasser)
für versch. Drucke
(Abweichung vom Henryschen Gesetz)
relative Zahlen (Schwefl. Säure)
Schwefl. Säure (7°)
Ammoniak (0°)
(20°)
(20°)
(50°)
(100°)
relative Zahlen (Ammoniak)
Druck in cm Hg


Adsorption von Holzkohle
(nach Saussure)
3
Vielfache des eignen Volumens
Ammoniak
Chlorwasserstoff
Schwefl. Säure
Schwefelwasserstoff
Stickoxydul
Kohlens.
Kohlenoxyd
Sauerstoff
Stickstoff
Wasserstoff
(Abweichungen vom Henryschen Gesetz)
Adsorption an Glas
(nach Kayser)
Ammoniak an losen Glasfäden
" " engen "
" " Glaspulver
Kohlensäure an Holzkohle
Adsorptionskoeffizient
Druck in mm Hg
4

r_1 bis r_4 Radien der Kreise
ϱ_1 " ϱ_4 Radienvektoren der Kurven
Gleichung d. Kurven:
$\varrho_n = r_4 + r_n \cos \omega$
($n = 1$ bis 4)

Herstellung einer exakten einfachen Schwingung

Bei gleichförmiger Rotation der Kreise um ihren Mittelpunkt führt der Punkt P eine einfache Schwingung zwischen den Umkehrpunkten n-n aus
($n = 1$ bis 4)

[Erläuterung in den Anmerkungen]

1

2

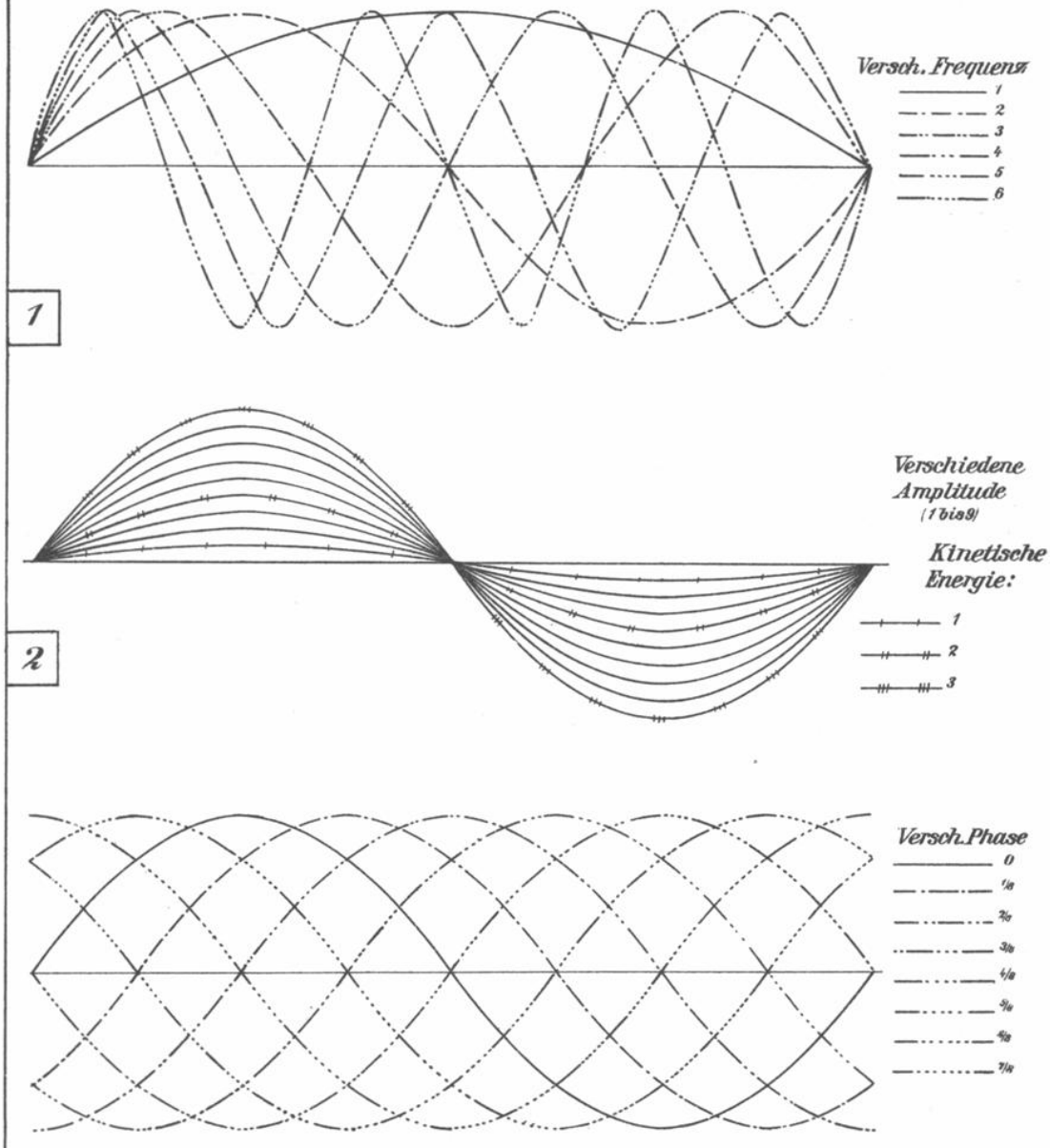
Wahres Schun-Punkt
Schwingung mit sichtbarer Ortsänderung
Atmosph. Entladg. (Blitz)
Offener Induktions-Apparat
Leidener-Flaschen-Entladung
Elektrische Schwingungen
Hertz (Drahtwellen)
Hertz (Strahlen)
Schnellste elektr. Schwingung (Liebedew)
Äusserstes Rot
Licht-Schw.
Äusserstes Violett
? Röntgen-Strahlen

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Schallschwingungen
Kammerton (a_1)
Wärme-Schwingungen
Äusserste Reststrahlen
Chem. wirks. Schw.
Beginn der unsichtbaren photograph. Strahlen

Tafel der vorkommenden Schwingungszahlen nach Grössenordnung

(Logarithmus)
($n = 10^x$, $x = 0$ bis 20)

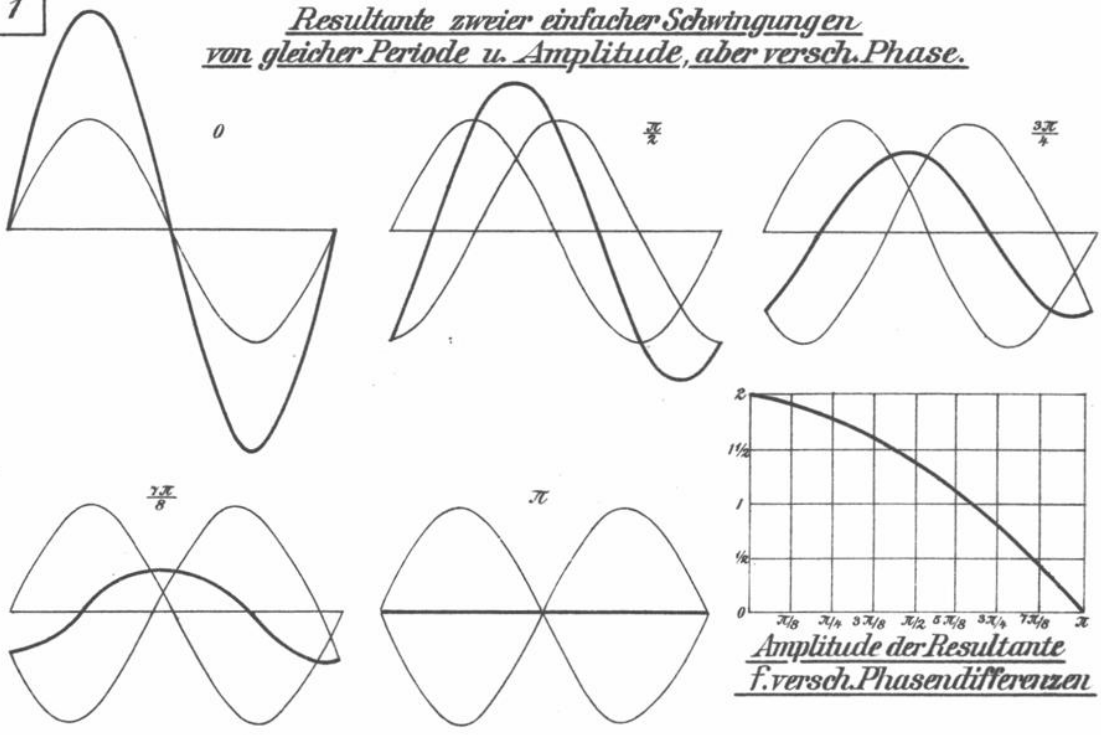


Frequenz, Amplitude und Phase einfacher Schwingungen

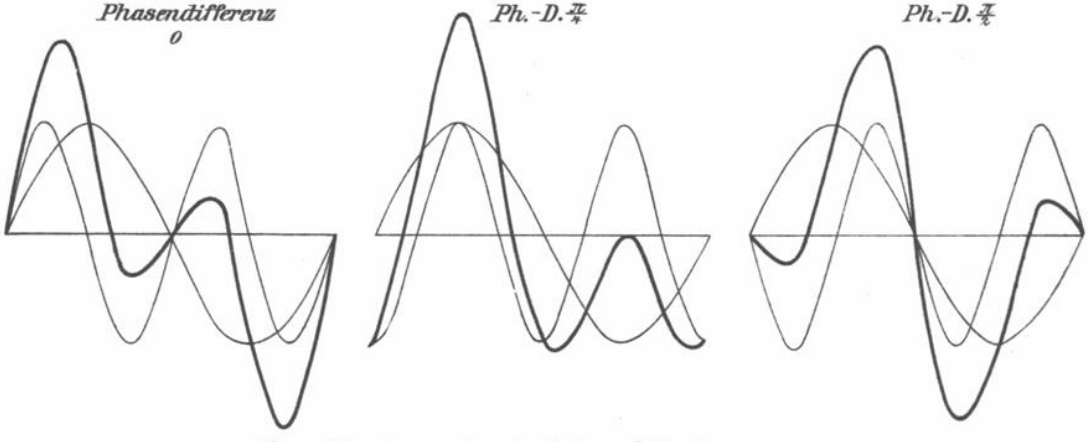
(Chronographische Auflösung, Abszisse: Zeit, Ordinate: Elongation)

1

Resultante zweier einfacher Schwingungen von gleicher Periode u. Amplitude, aber versch. Phase.



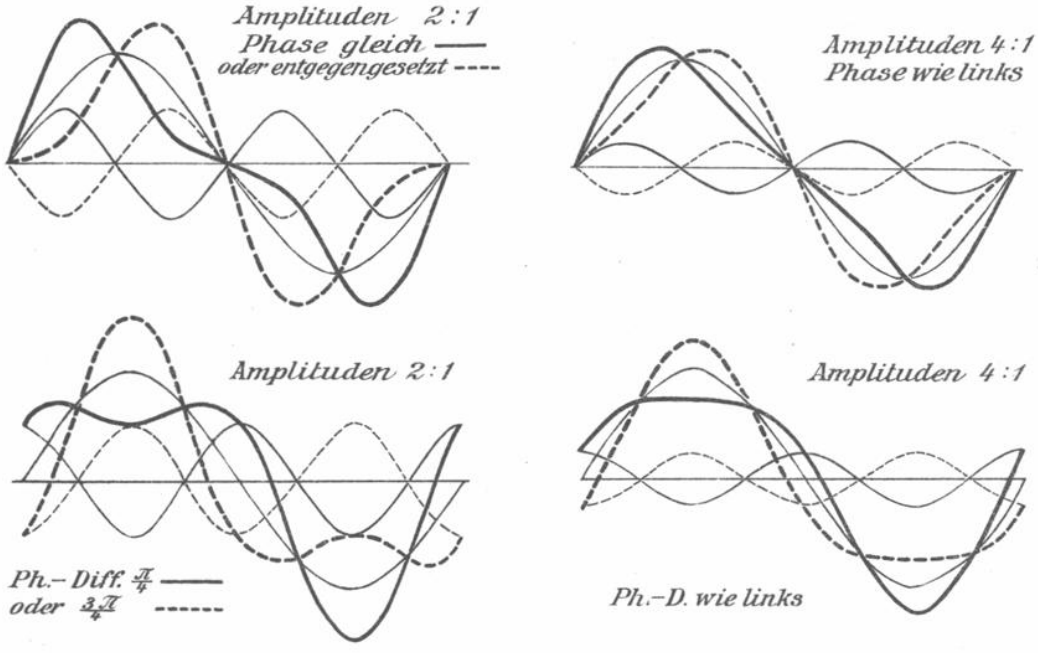
Amplitude der Resultante f. versch. Phasendifferenzen



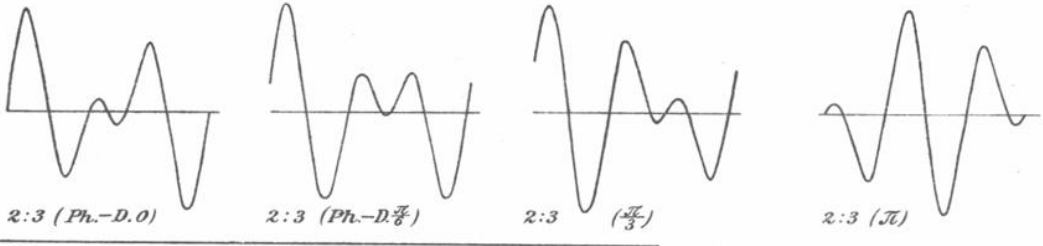
Resultante zweier einfacher Schwingungen von gleicher Amplitude und Frequenzen wie 1:2

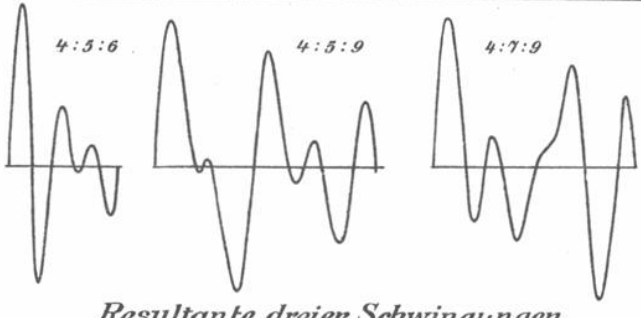
[Die Phasendifferenz ist auf die langsamere Schwingung bezogen; die vierte Figur, für die Ph.-D. 3π/4, ist weggelassen, da sie das an beiden Axen gespiegelte Bild der zweiten ist.]

2



1 **Resultante zweier einfacher Schwingungen, Frequenz 1:2**



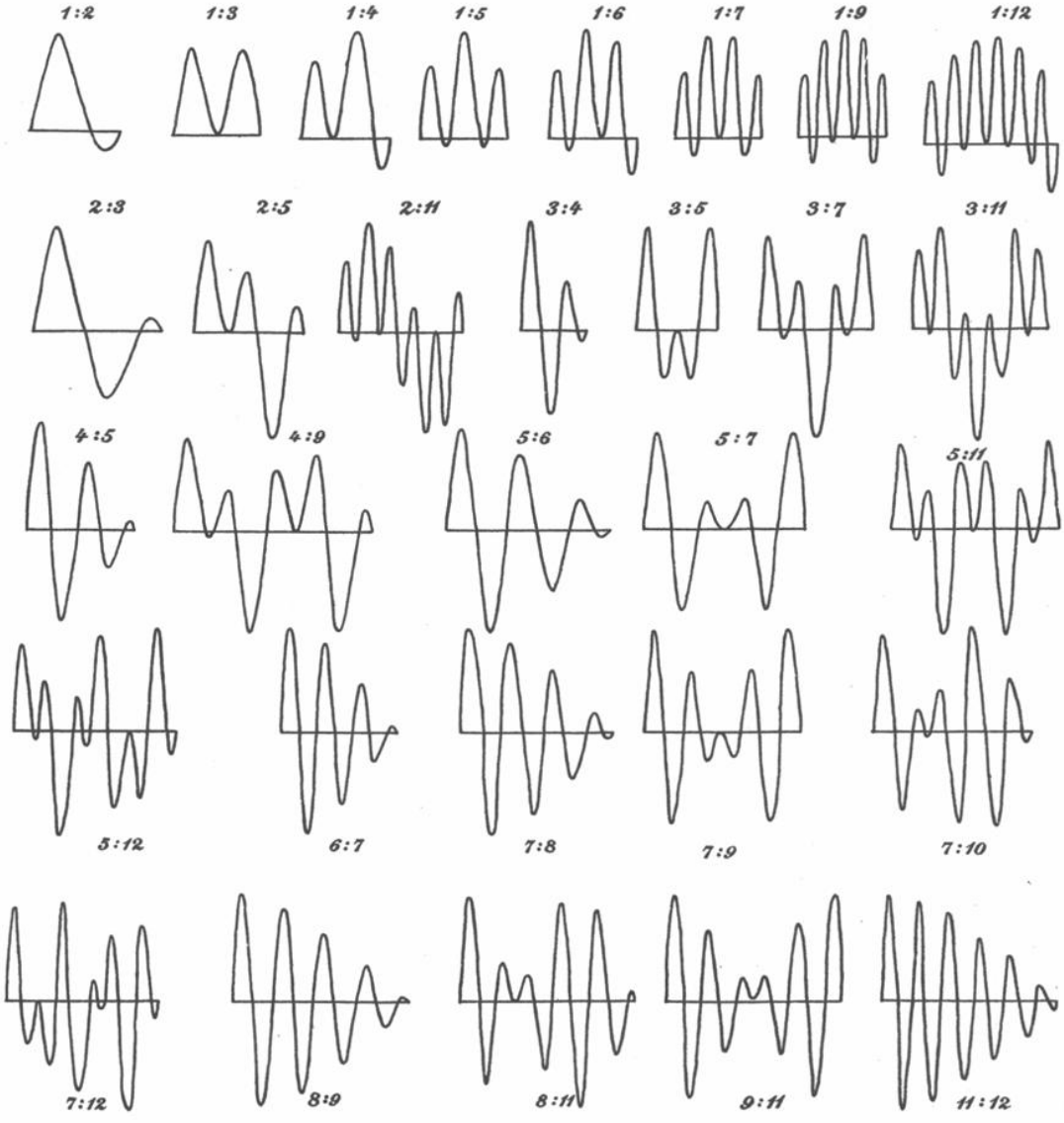


Resultante dreier Schwingungen
gleicher Amplitude u. Phase
(halbe Perioden)

2

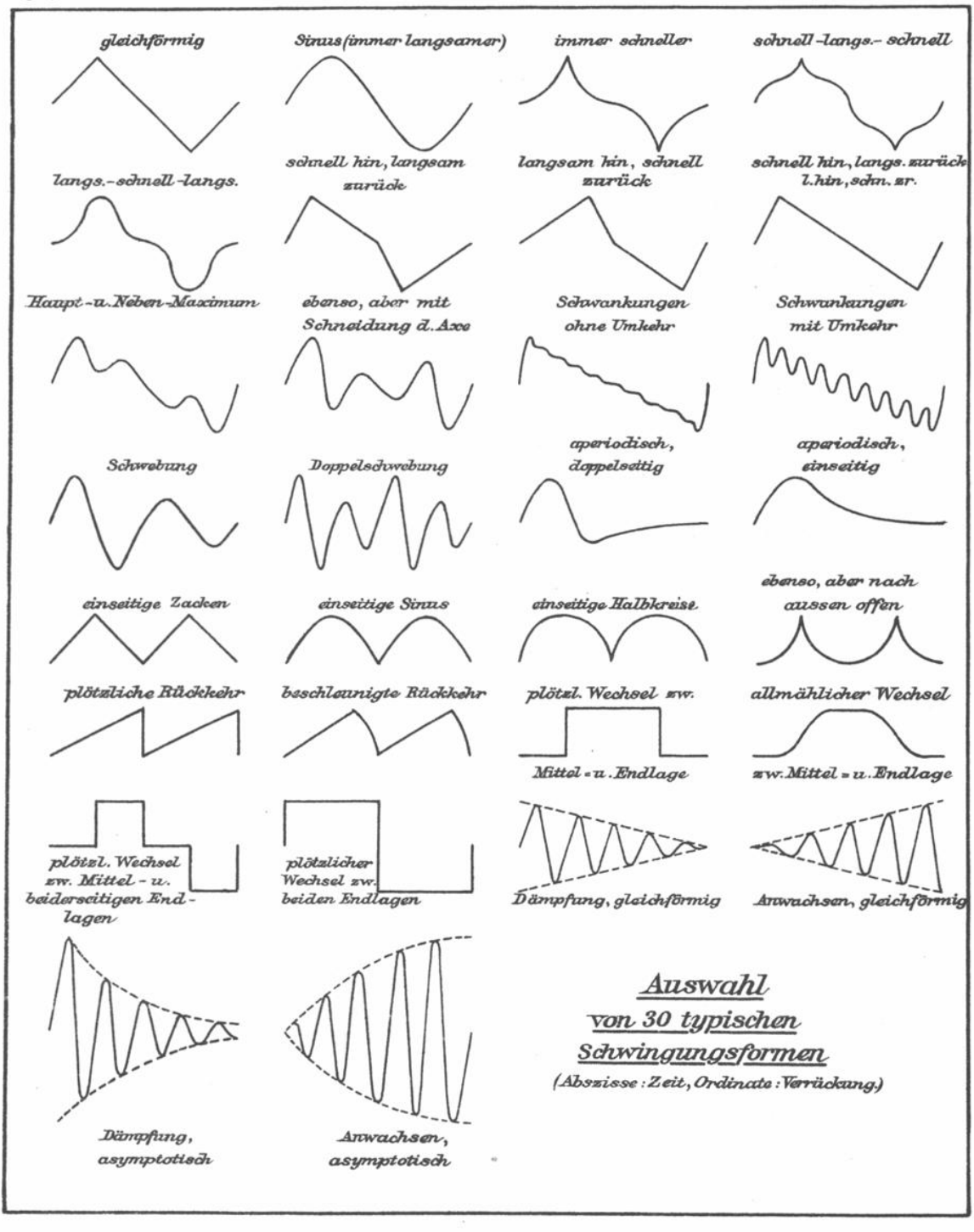
(Fortsetzung des folgenden Blattes).

Resultante zweier einfacher Schwingungen von gleicher Amplitude aber versch. Frequenz u. Phase
(nach Schaefer)
(ganze Perioden)

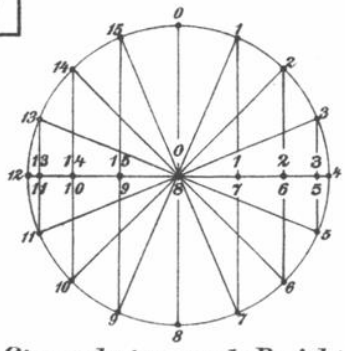


Resultante zweier einfacher Schwingungen von gleicher Amplitude und Phase, aber verschiedener Frequenz (nach Schaefer)

(halbe Perioden, die andern Hälften durch doppelte Spiegelung erhältlich).

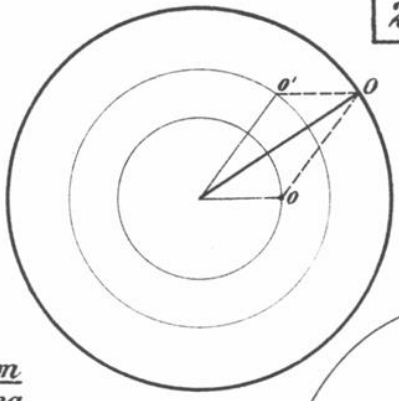

gleichförmig
Sinus (immer langsamer)
immer schneller
schnell-langs.-schnell
langs.-schnell-langs.
schnell hin, langsam zurück
langsam hin, schnell zurück
schnell hin, langs. zurück
l. hin, schn. zr.
Haupt-u. Neben-Maximum
ebenso, aber mit Schneidung d. Axe
Schwankungen ohne Umkehr
Schwankungen mit Umkehr
Schwebung
Doppelschwebung
aperiodisch, doppelseitig
aperiodisch, einseitig
einseitige Zacken
einseitige Sinus
einseitige Halbkreise
ebenso, aber nach aussen offen
plötzliche Rückkehr
beschleunigte Rückkehr
plötzl. Wechsel zw. Mittel- u. Endlage
allmählicher Wechsel zw. Mittel- u. Endlage
plötzl. Wechsel zw. Mittel- u. beiderseitigen End-lagen
plötzlicher Wechsel zw. beiden Endlagen
Dämpfung, gleichförmig
Anwachsen, gleichförmig
Dämpfung, asymptotisch
Anwachsen, asymptotisch
Auswahl von 30 typischen Schwingungsformen
(Abszisse: Zeit, Ordinate: Verrückung.)

1



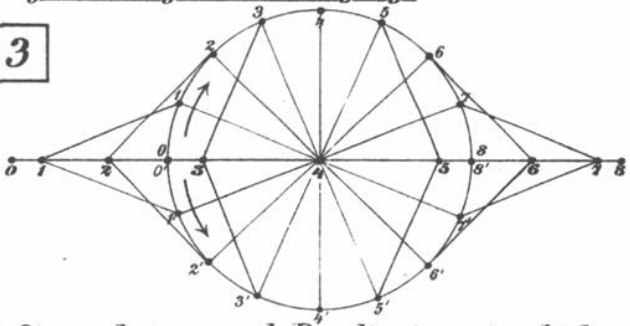
Sinusschwingung als Projektion gleichförmiger Kreisbewegung

2



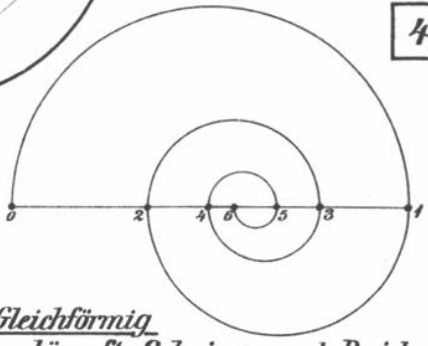
Zusammensetzung zweier Schwingungen von gleicher Periode, aber verschiedener Amplitude und Phase

3



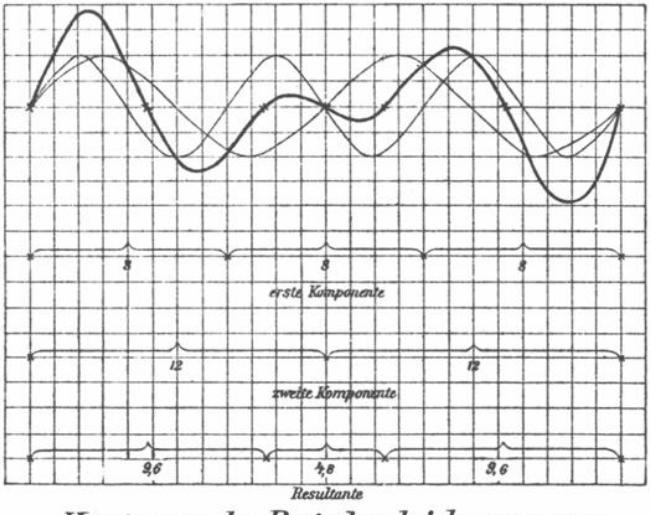
Sinusschwingung als Resultante zweier gleicher, aber entgegengesetzter Kreisbewegungen

4



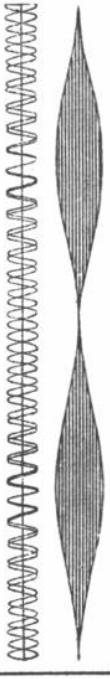
Gleichförmig gedämpfte Schwingung als Projektion gleichförmiger Bewegung auf der logarithmischen Spirale

5

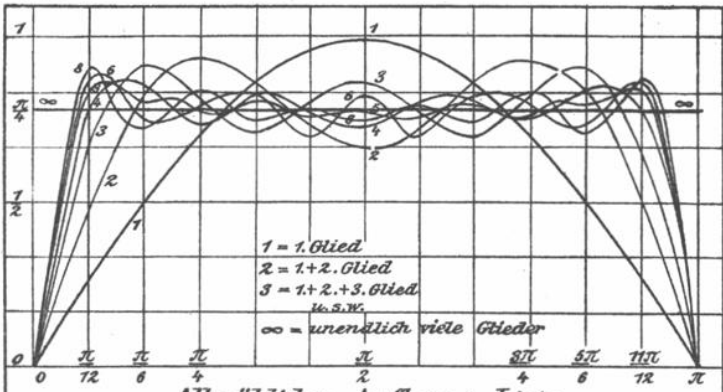


Verwirrung der Perioden bei langsamen Schwebungen

6



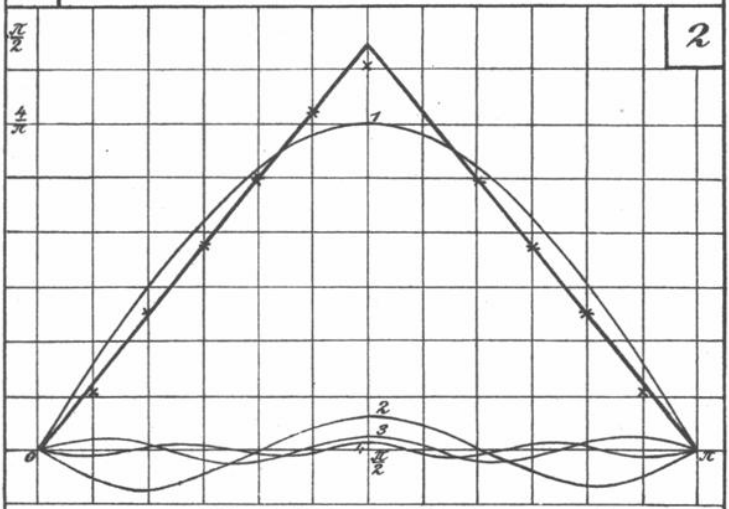
Rasche Schwebungen (15:16) (Komponenten und Gesamtbild.)



Allmählicher Aufbau der Linie $y = \frac{\pi}{4}$ aus den Gliedern der Reihe:

$\sin x + \frac{1}{3}\sin 3x + \frac{1}{5}\sin 5x + \frac{1}{7}\sin 7x + \ldots$

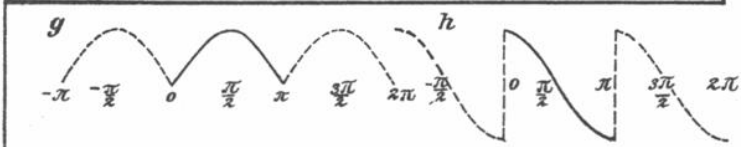
1



2

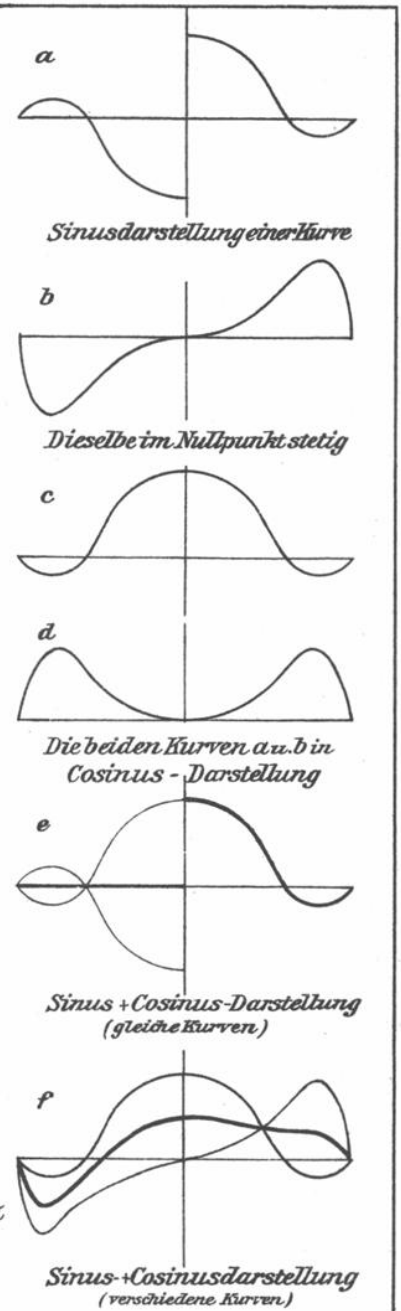
Die gleichförmige Schwingung aufgebaut aus Sinusschwingungen

(nach der Reihe $\frac{4}{\pi}(\sin x - \frac{1}{3}\sin 3x + \frac{1}{15}\sin 5x - \cdots)$



Cosinus-Darstellung des Sinus

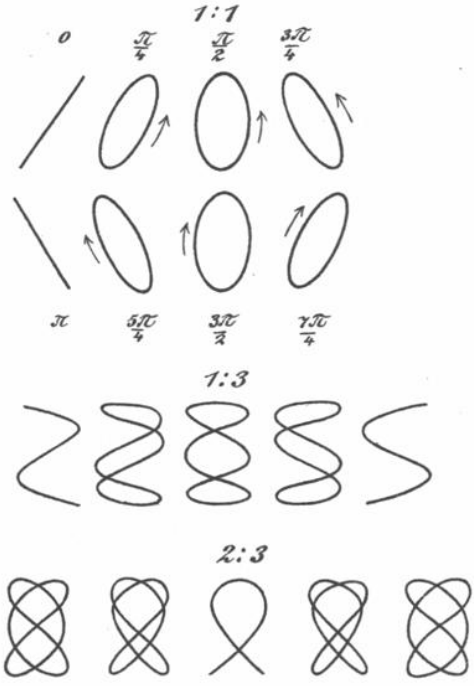
Sinus-Darstellung des Cosinus

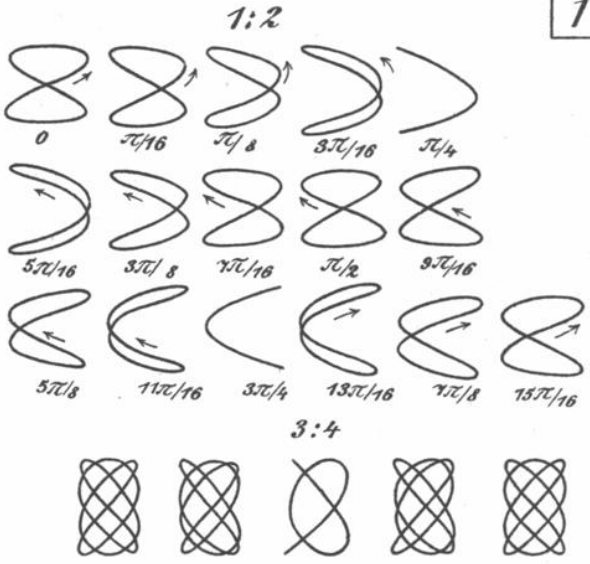


Darstellung durch Fouriersche Reihen

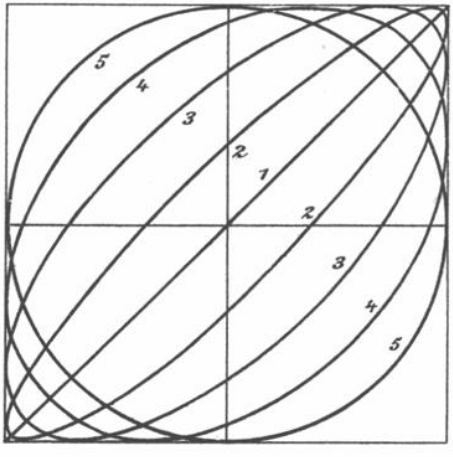
3

1



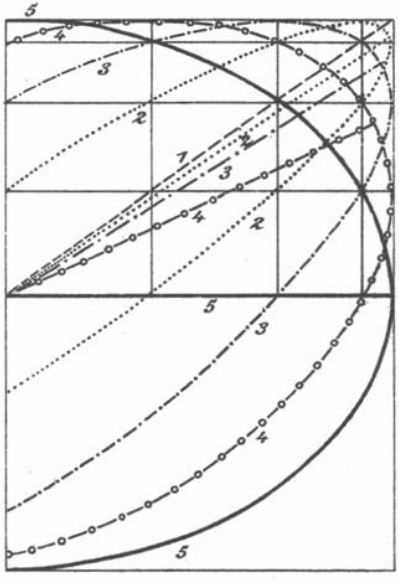


Lissajous - Schwingungen
für verschiedenes Frequenzverhältnis
und verschiedene Phasendifferenz



Lissajous - Schwingung
für gleiche Frequenz u. Amplitude
(Phasendifferenz 0, π/8, π/4, 3π/8, π/2)

2



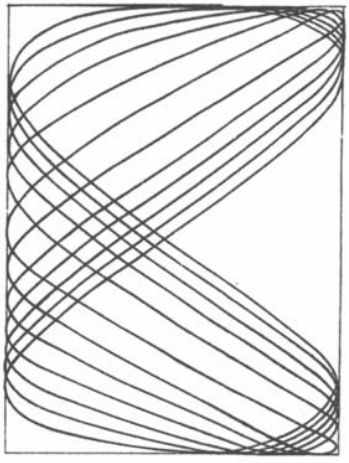
Dasselbe für ungleiche Amplituden
(nur die rechte Hälfte)

3

2

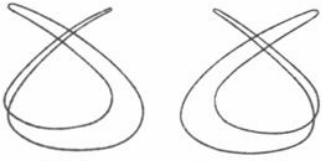
1

Lissajous-Kurven als perspektivische Ansichten von Sinuslinien auf dem Zylinder

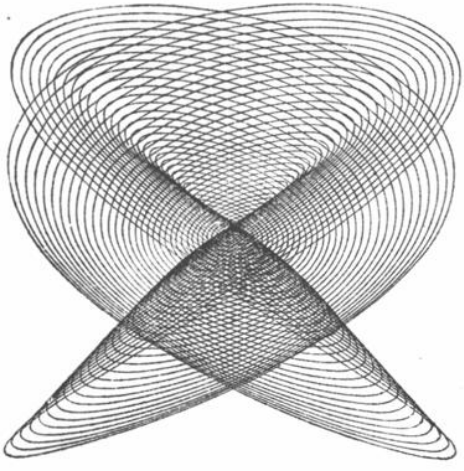


Veränderliche Lissajous-Schwingung
(Periodenverhältnis annähernd aber nicht genau 1:2)

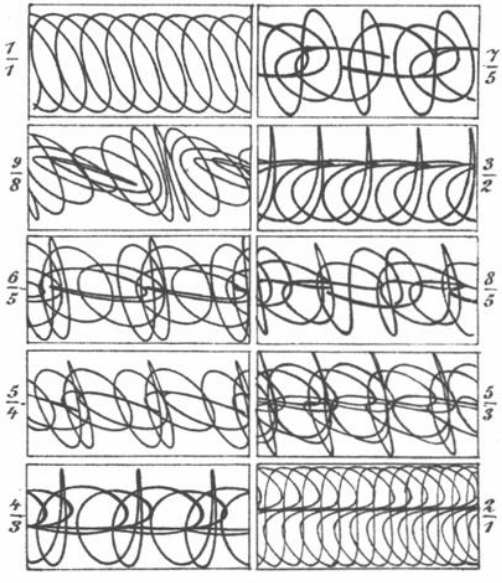
3



Stereoskopbild einer räumlichen Lissajous-Figur aus drei auf einander senkrechten Komponenten
(Perioden 3:1:2, Phasen 0, 1/4, 0)
(nach Righi)



Gedämpfte Lissajous-Schwingung
(Perioden wie 2:3)
(nach Melde)

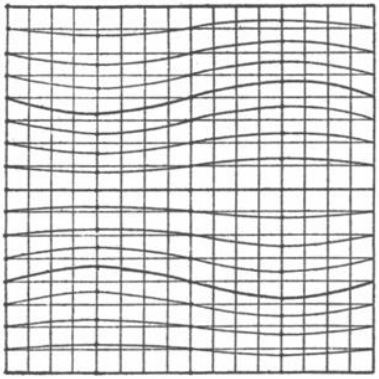


Chronographisch aufgelöste Lissajous-Schwingungen
(nach Zambiasi)

4

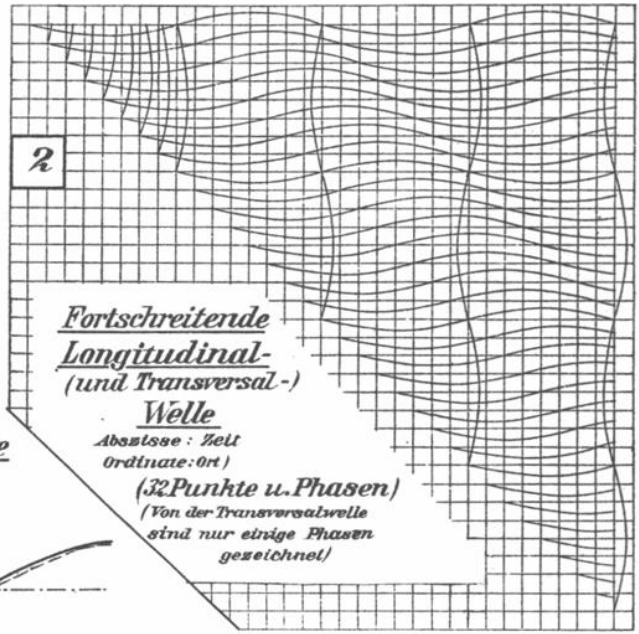
5

1

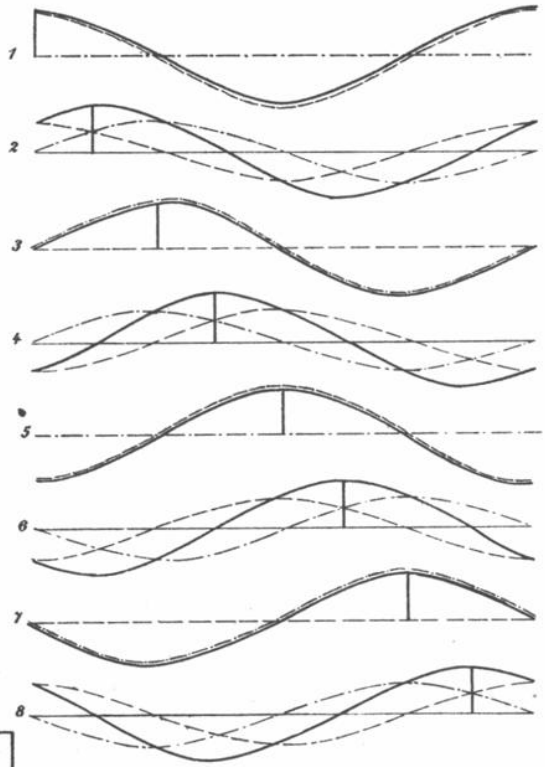


Stehende Longitudinalwelle
(Abszisse: Zeit, Ordinate: Ort)
(16 Punkte und 16 Phasen).

2

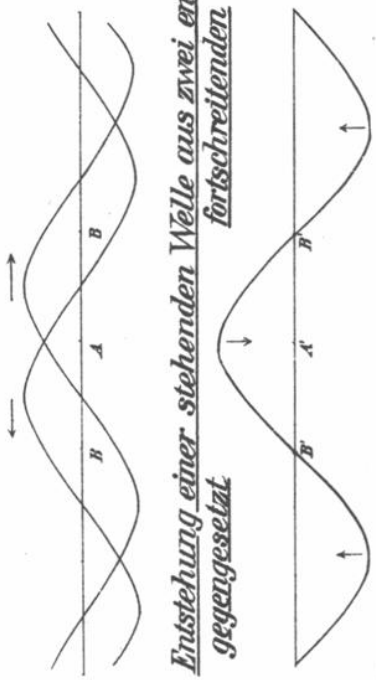


Fortschreitende Longitudinal- (und Transversal-) Welle
Abszisse: Zeit
Ordinate: Ort)
(32 Punkte u. Phasen)
(Von der Transversalwelle sind nur einige Phasen gezeichnet)



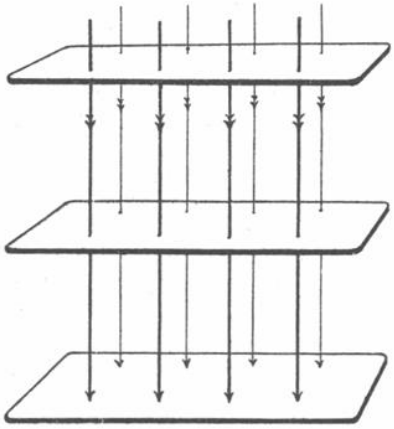
3

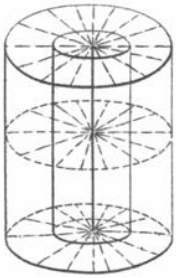
Entstehung einer fortschreitenden Welle aus zwei phasenverschobenen stehenden.

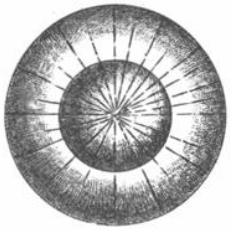


Entstehung einer stehenden Welle aus zwei entgegengesetzt fortschreitenden.

4

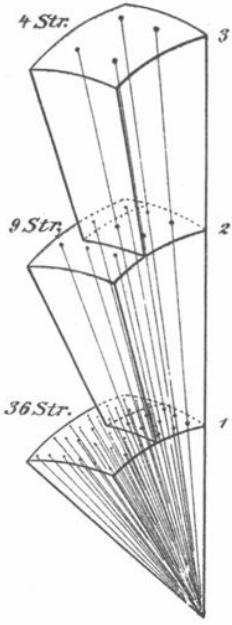






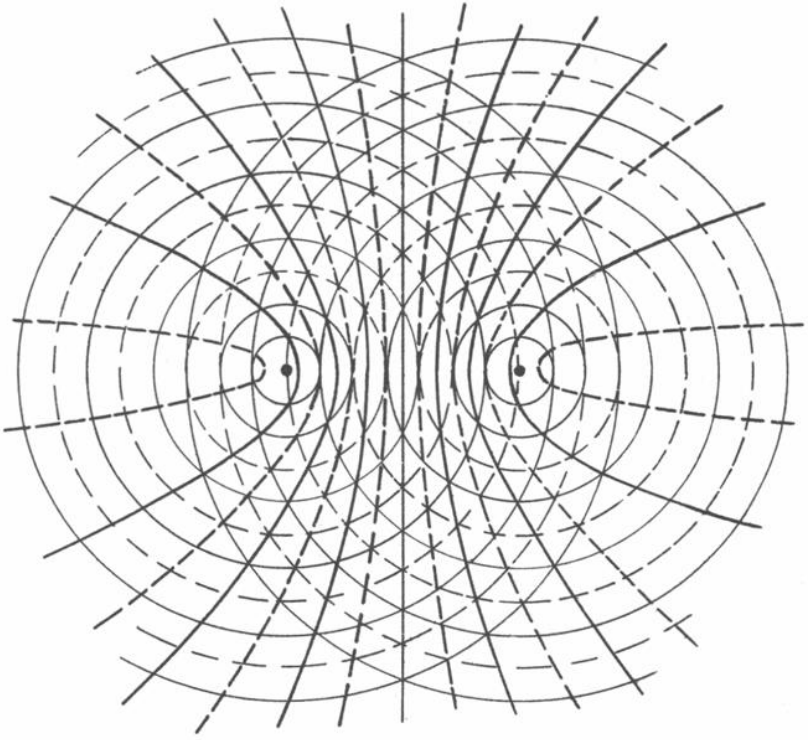
Ebene, Zylinder- und Kugelwelle

1



Schwächung der Strahlung bei der sphärischen Ausbreitung

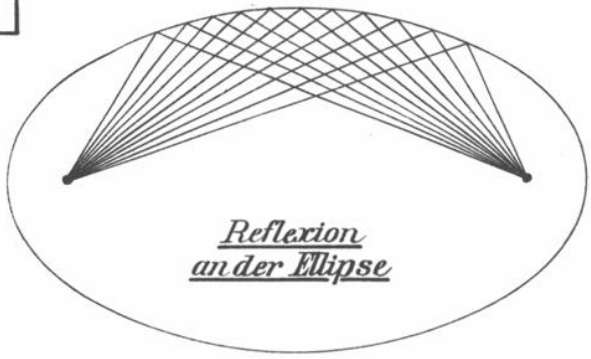
2



Interferenz zweier Kugelwellen
(—— Wellenberge)
(- - - Wellentäler)

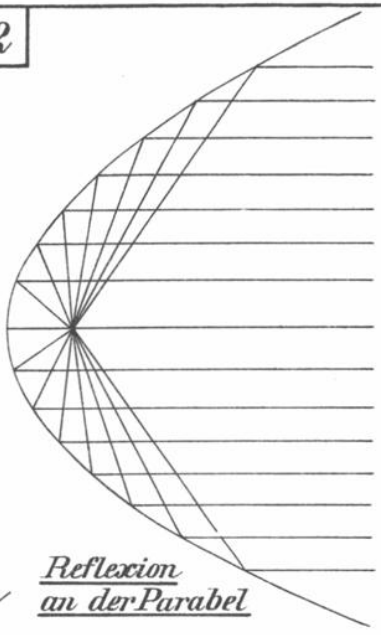
3

1

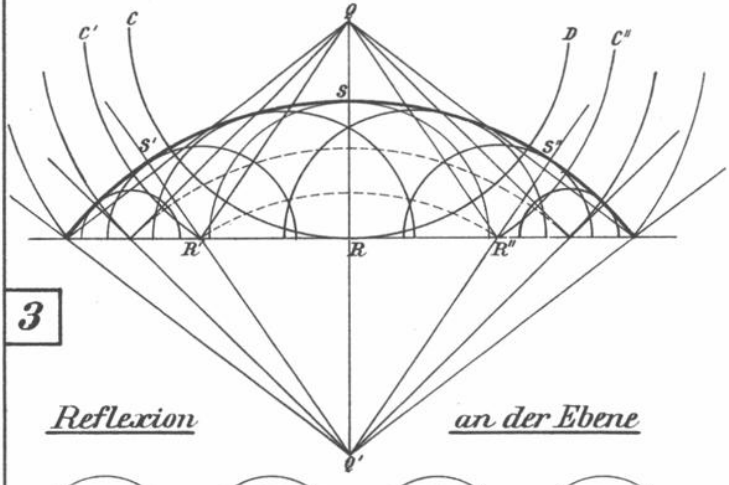


Reflexion
an der Ellipse

2

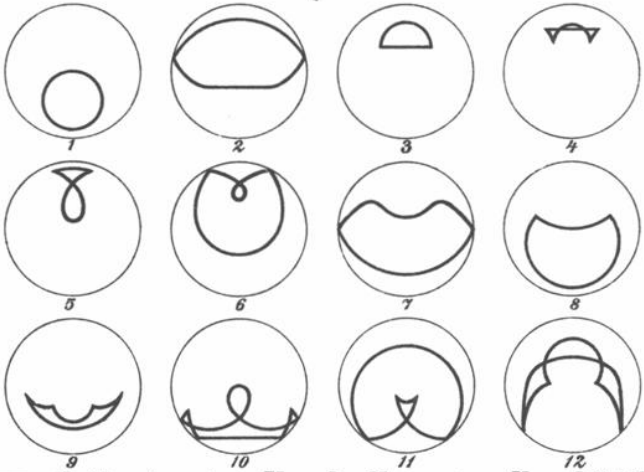


Reflexion
an der Parabel



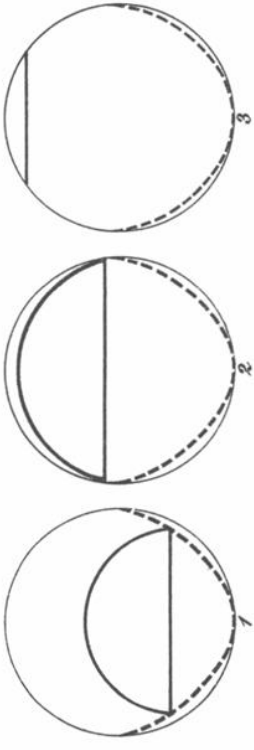
3

Reflexion an der Ebene



Reflexion einer Kugelwelle an einer Kugelfläche
(nach Wood)

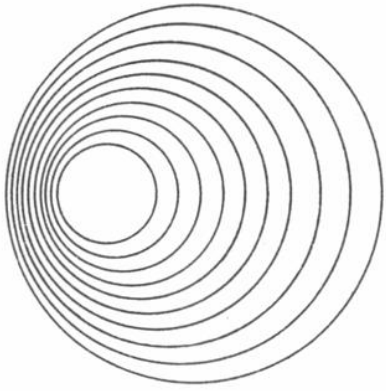
4



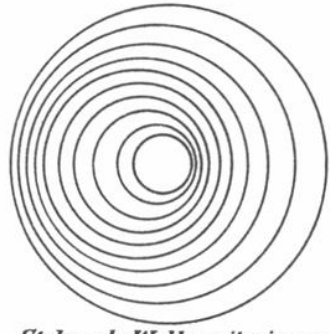
Reflexion einer Kugelwelle an einem Parabolspiegel
(nach Wood)

5

1

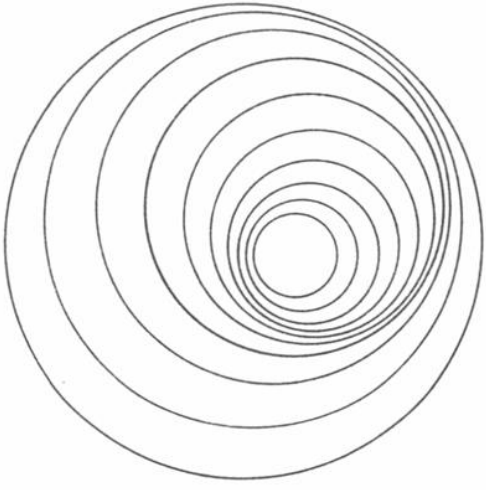


Stehende Welle mit Endbäuchen

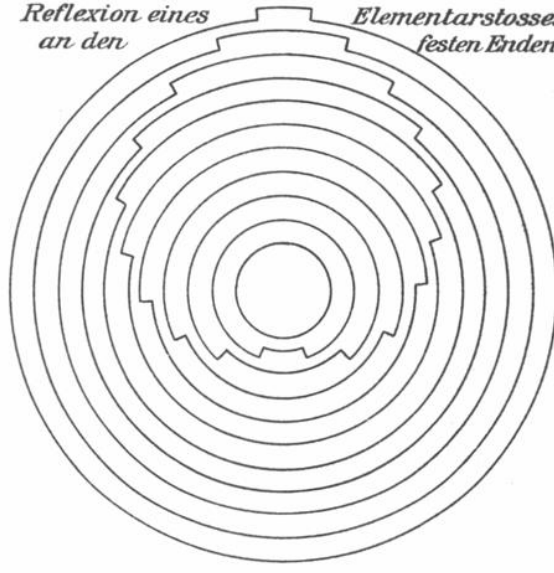


Stehende Welle mit einem Endbauch u. einem Endknoten

Fortschreitende Welle

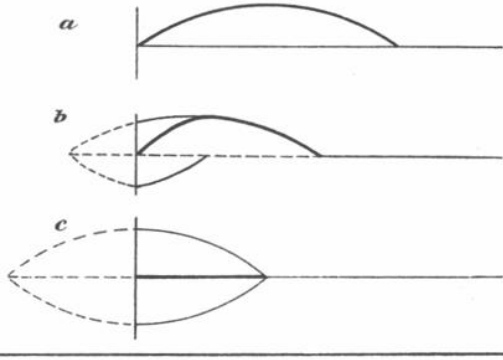


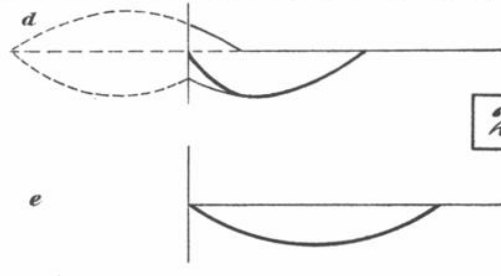
Reflexion eines Elementarstosses an den festen Enden



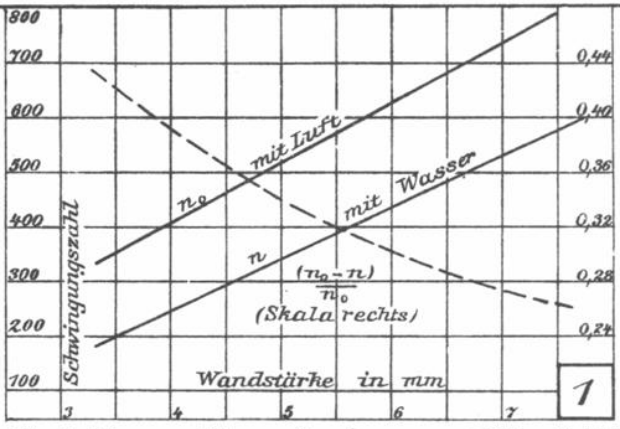
Darstellung von Wellen durch rotierende Scheiben (nach Weinhold)

2

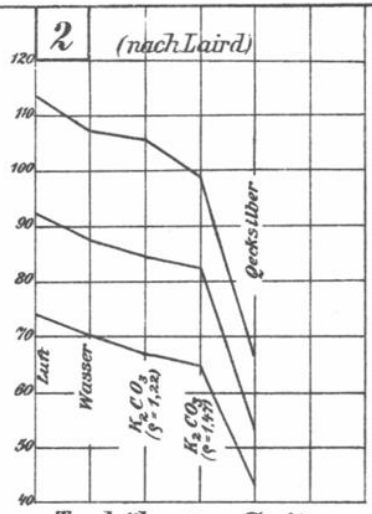




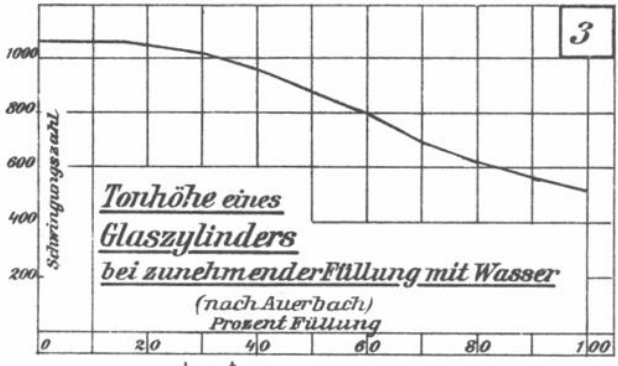
Reflexion einer Welle in einem Knoten

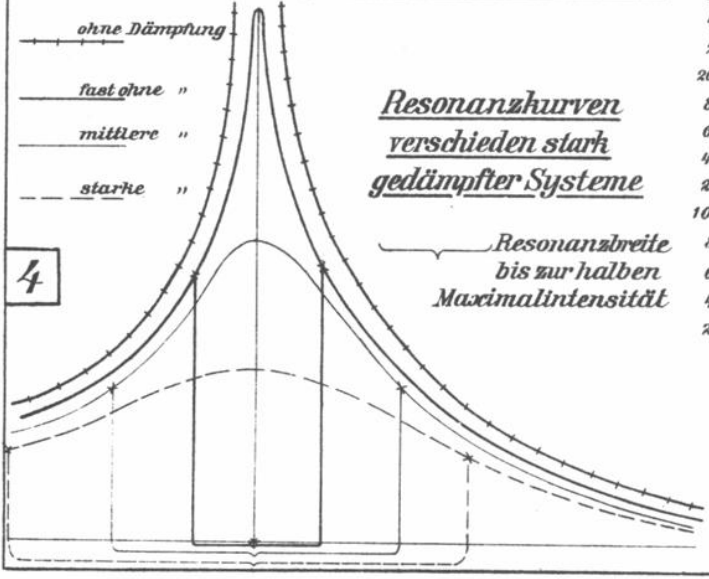


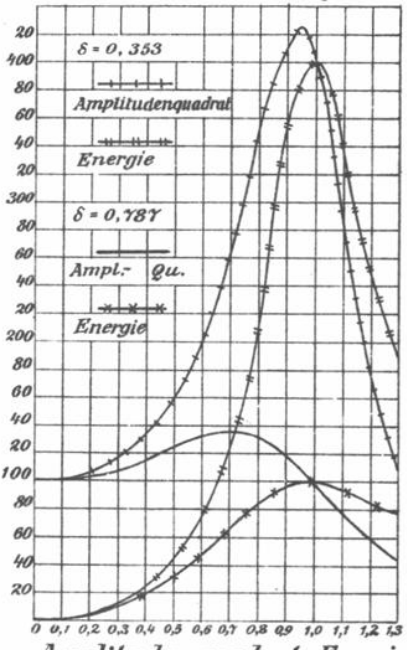
Tonhöhe von Glaszylindern versch. Wandstärke mit Luft- u. Wasserfüllung (nach Auerbach)



Tonhöhe einer Saite in verschiedenen Medien
stark, mittel, schwach gespannt

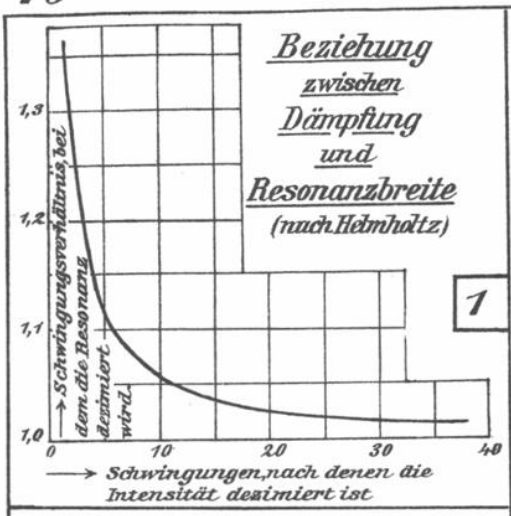


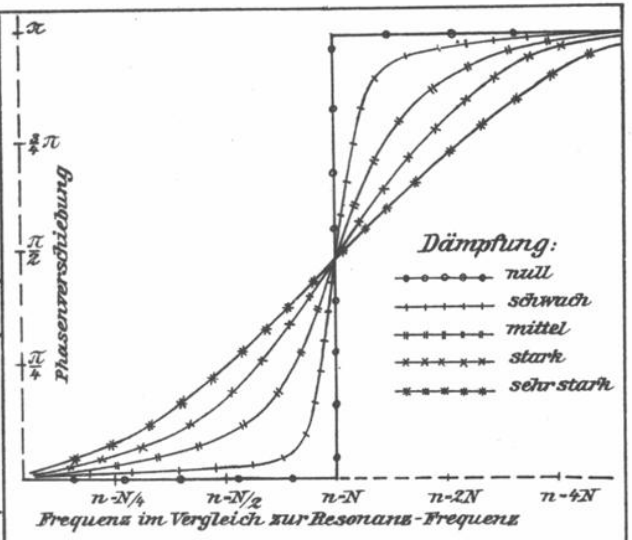


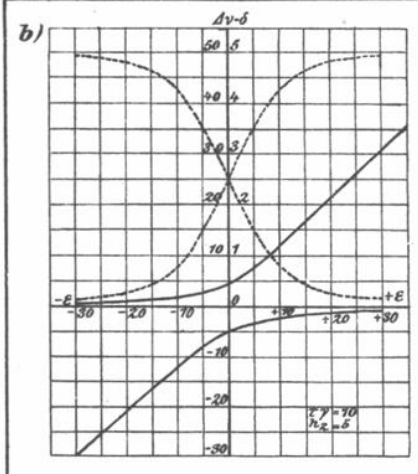


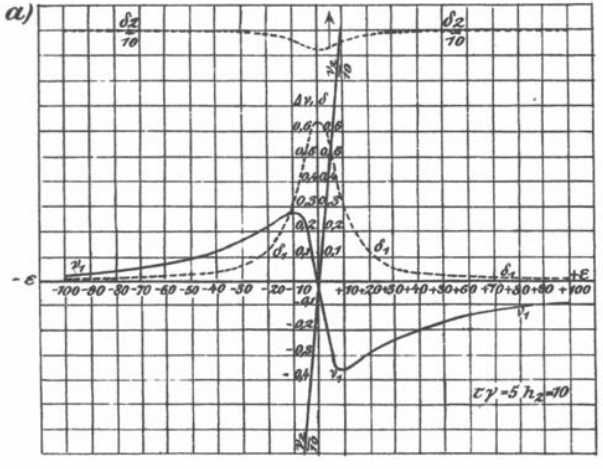
Amplitudenquadrat u. Energie als Funktion der Periode
(Periode der Resonanz, d.h. der maximalen Energie = 1 gesetzt)
für zwei versch. Dämpfungsgrade
(δ = log. Dekrement)
(nach M. Wien)

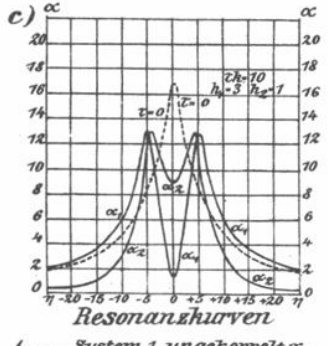
5











(– – – System 1, ungekoppelt, α_1 und α_2 die gekoppelten Systeme).

Resonanz bei gekoppelten Systemen

(nach M. Wien)

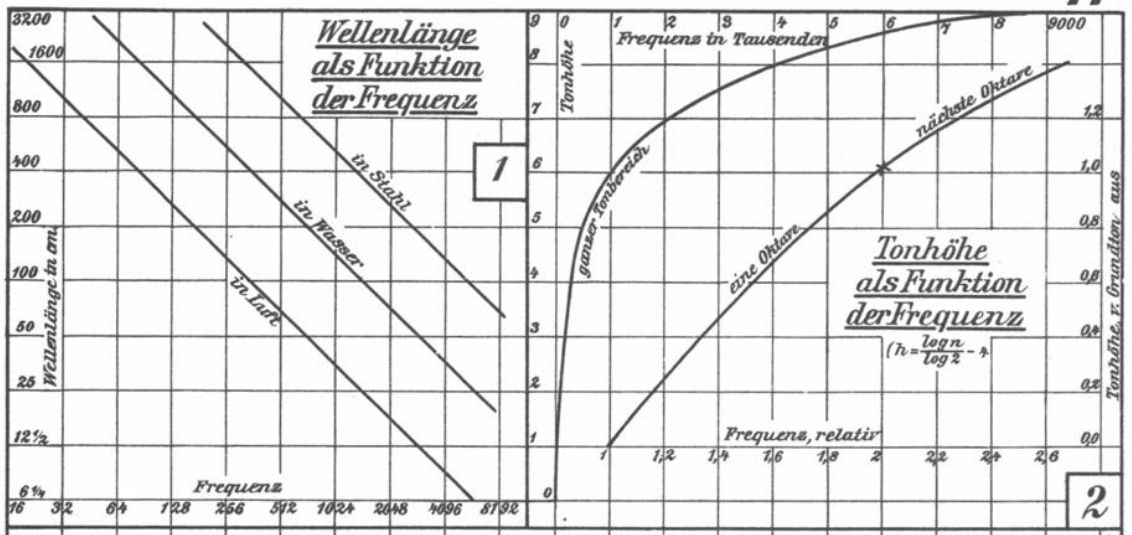
a) freie gedämpfte Schwingungen, Dämpfungsdifferenz grösser als die Koppelung

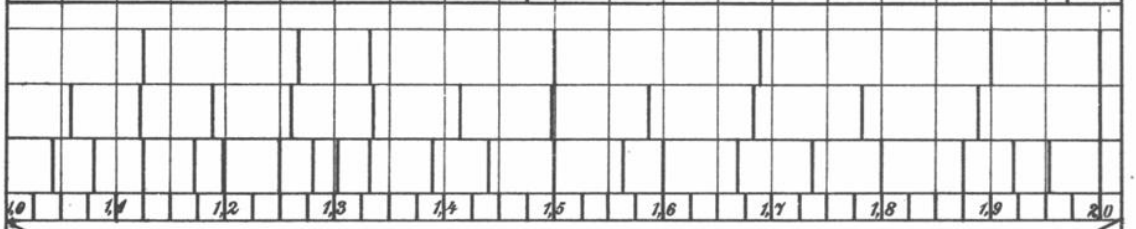
b) ebensolche, D.-D. kleiner als die Koppelung

c) erzwungene Schwingungen.

Abszissen: Frequenz des ungekoppelten Systems

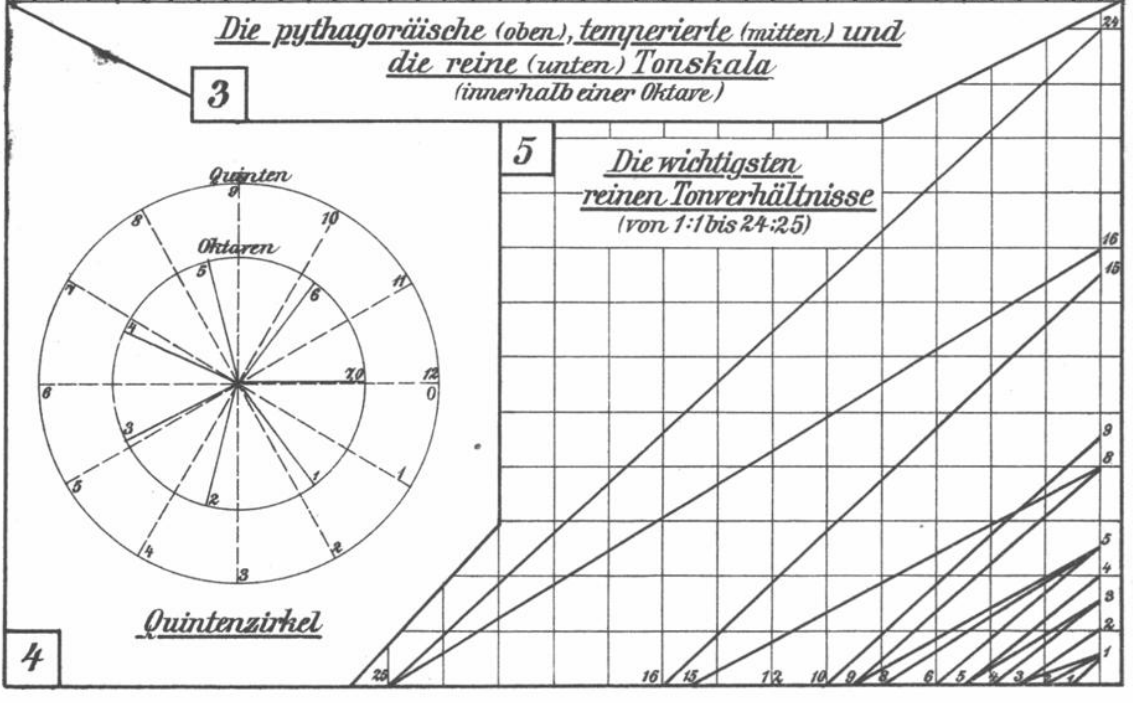
Ordinaten: Tonabweichungen und Dämpfungen der beiden Koppelungstöne ($\nu_1, \nu_2, \delta_1, \delta_2$)

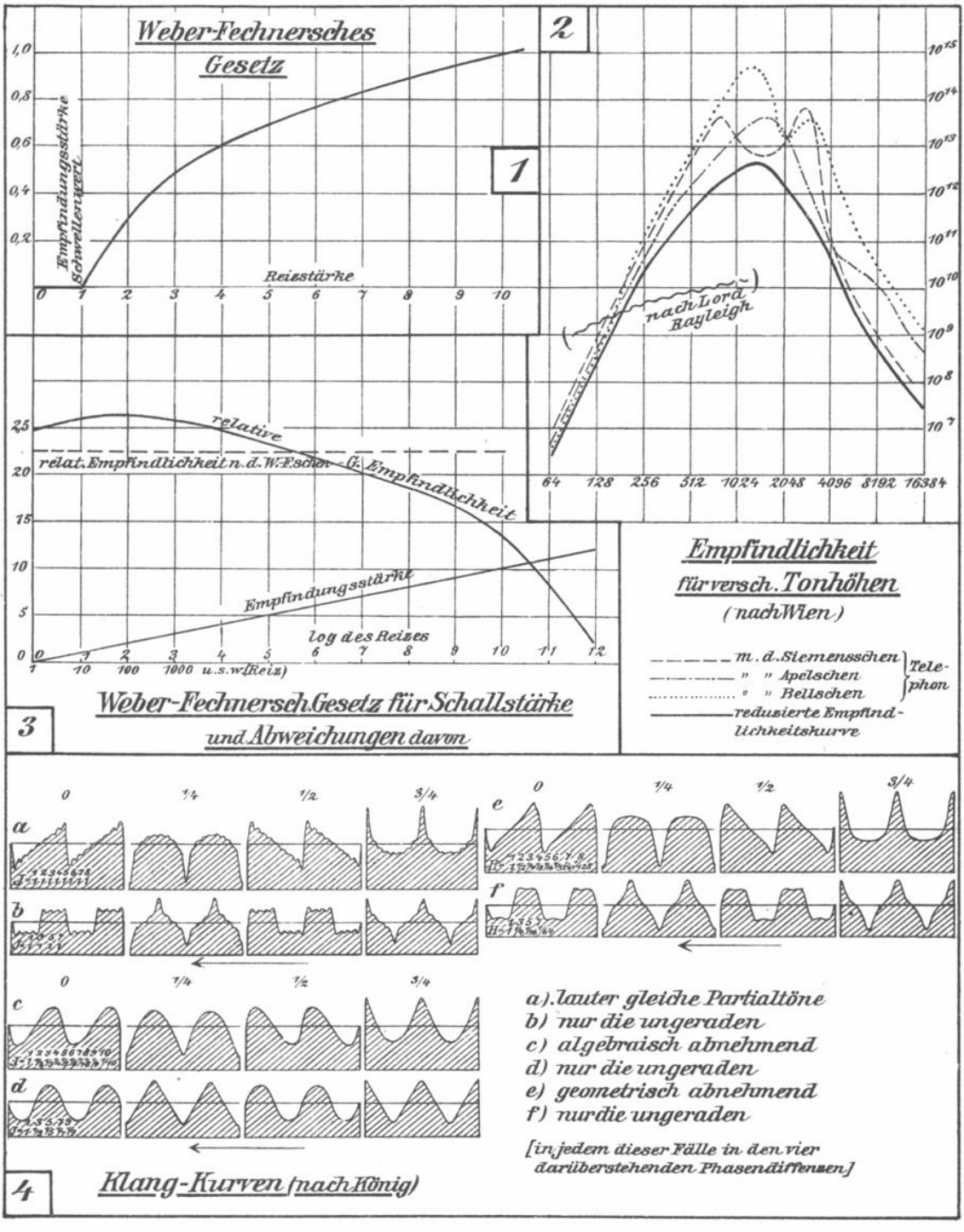


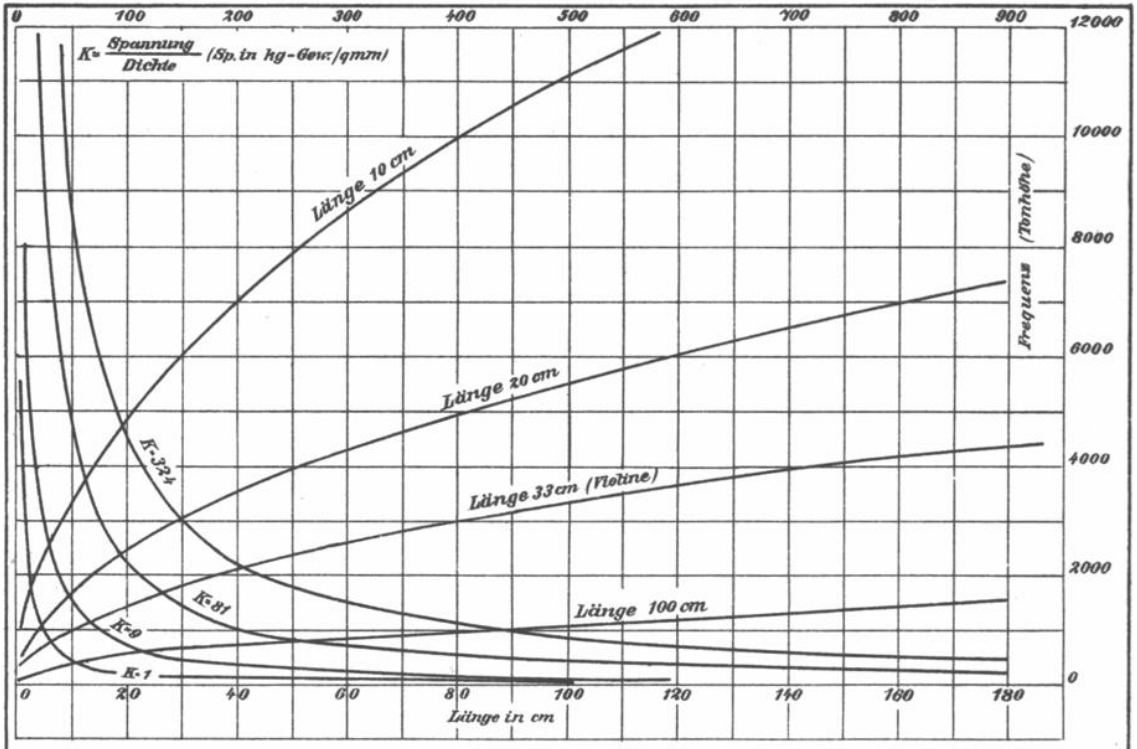


Die pythagoräische (oben), temperierte (mitten) und die reine (unten) Tonskala
(innerhalb einer Oktave)

3

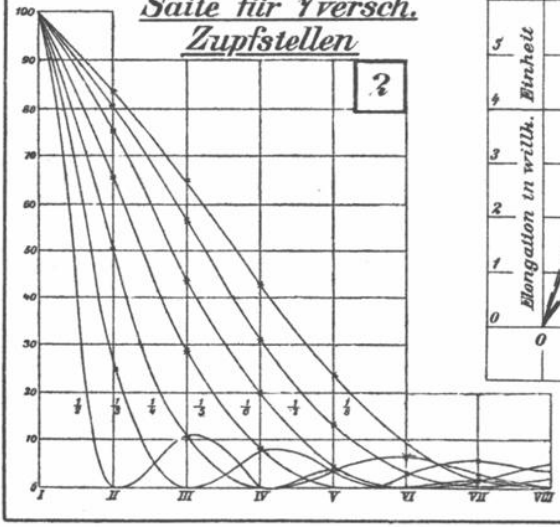


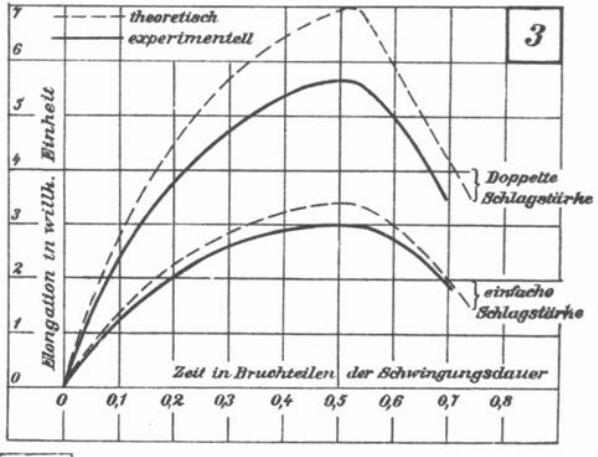

Weber-Fechnersches Gesetz
1
Empfindungsstärke
Schwellenwert
Reizstärke
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
2
nach Lord Rayleigh
64 128 256 512 1024 2048 4096 8192 16384
relative
relat. Empfindlichkeit n. d. W.-F.schen G. Empfindlichkeit
Empfindungsstärke
log des Reizes
u.s.w. (Reiz)
Weber-Fechnersch. Gesetz für Schallstärke und Abweichungen davon
3
Empfindlichkeit für versch. Tonhöhen (nach Wien)
m. d. Siemensschen
" " Apelschen
" " Bellschen
Telephon
reduzierte Empfindlichkeitskurve
a
b
c
d
e
f
0 1/4 1/2 3/4
a). lauter gleiche Partialtöne
b) nur die ungeraden
c) algebraisch abnehmend
d) nur die ungeraden
e) geometrisch abnehmend
f) nur die ungeraden
[in jedem dieser Fälle in den vier darüberstehenden Phasendiffenzen]
4
Klang-Kurven (nach König)



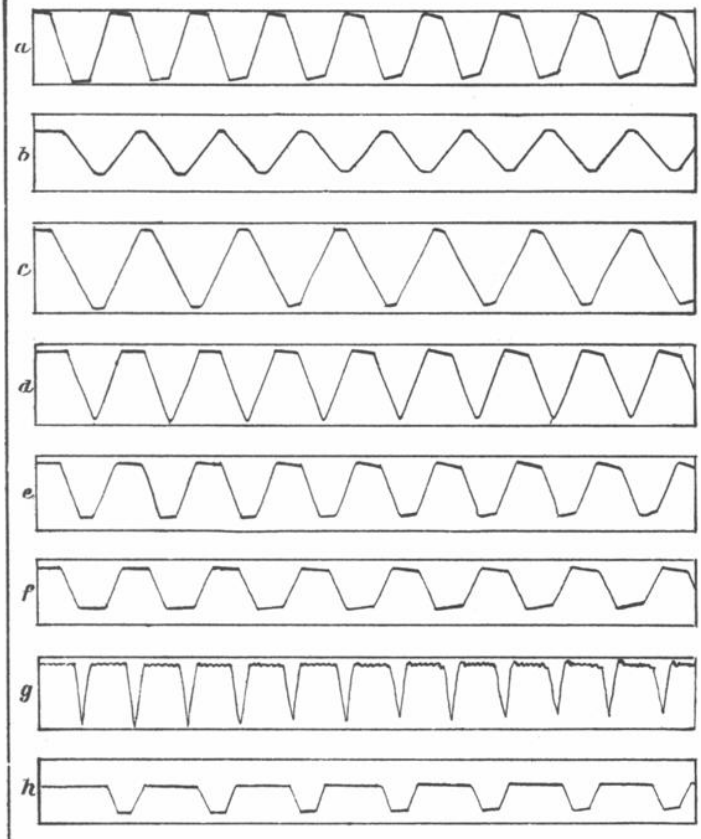
1 Tonhöhe von Saiten als Funktion der Spannung f. versch. Längen (steigend) und " " " Länge f. versch. Spannungen (fallend)

Intensität der ersten 8 Partialtöne einer gezupften Saite für versch. Zupfstellen





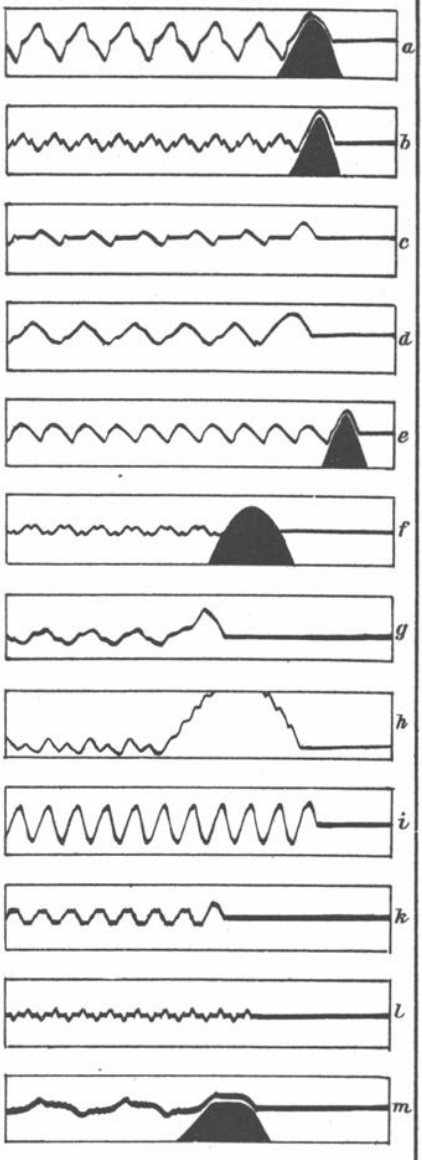
Anschlag einer Saite mit dem Hammer (nach Kaufmann)



Schwingungsgesetz eines Punktes einer gezupften Saite

Zupfstelle ξ } in Bruchteilen
Beobachtungsstelle x } der Saitenlänge
(nach Krigar-Menzel u. Raps).

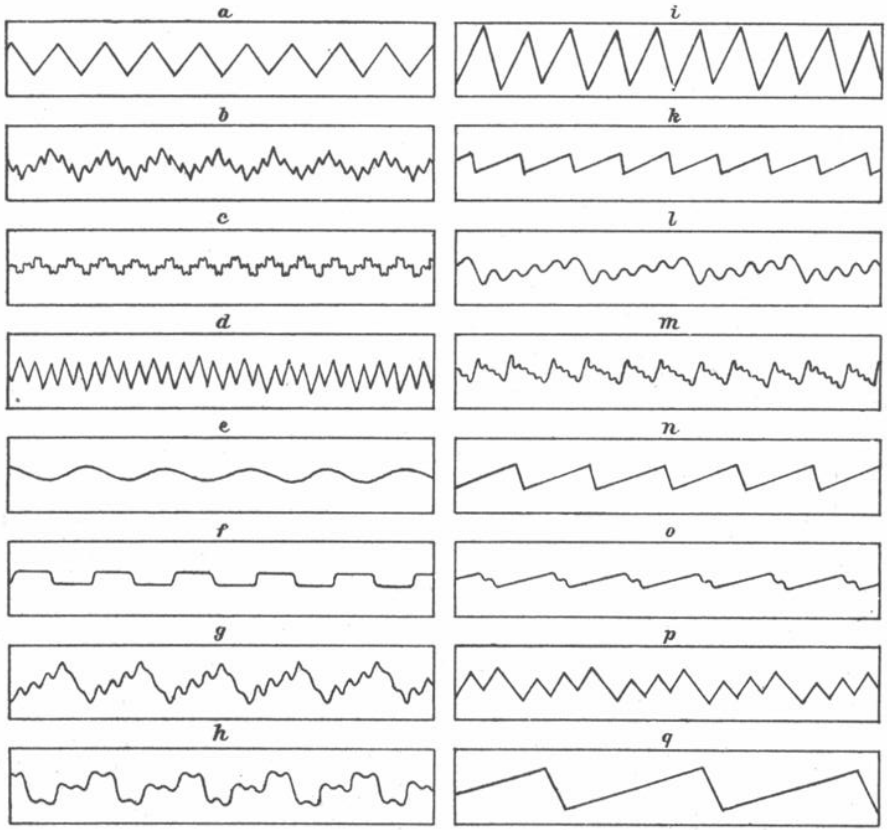
Nr.	a	b	c	d	e	f	g	h
ξ	1/4	3/7	2/5	0,36	3/8	1/2	1/6	5/12
x	1/2	1/2	1/2	1/3	1/4	1/5	1/6	1/10



Schwingungsgesetz eines Punktes einer geschlagenen Saite

(nach Kaufmann)

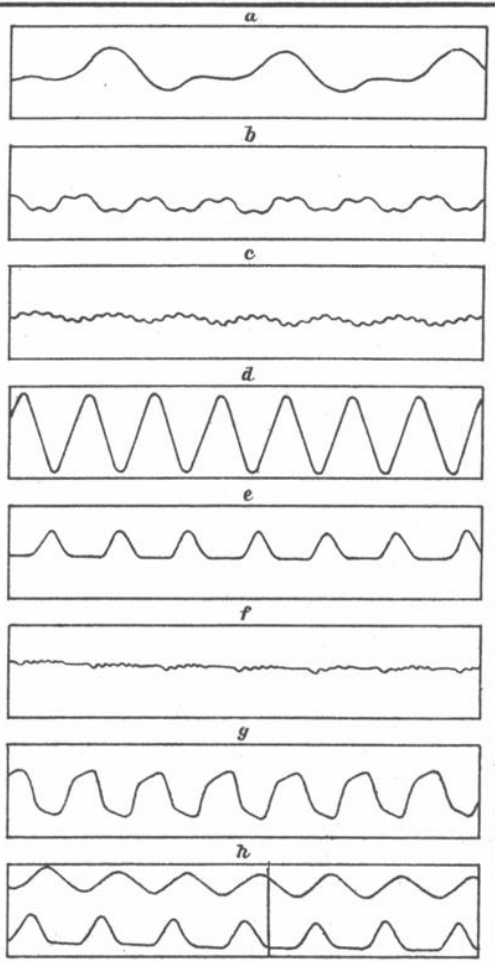
(Erklärung in den Anmerkungen)



Schwingungsgesetz eines Punktes einer gestrichenen Saite.

(Erläuterung in den Anmerkungen).

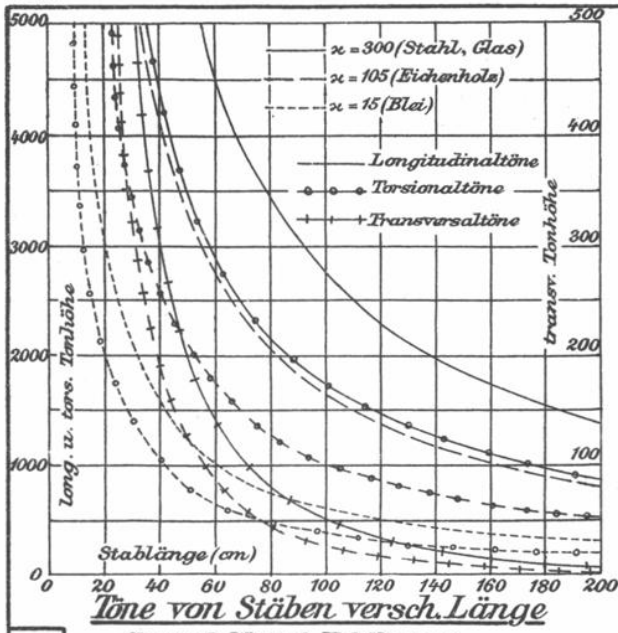
1



Schwingungsgesetz eines Punktes einer elektromagnetischerregten Saite.

(Erläuterung i. d. Anmerkungen).

2

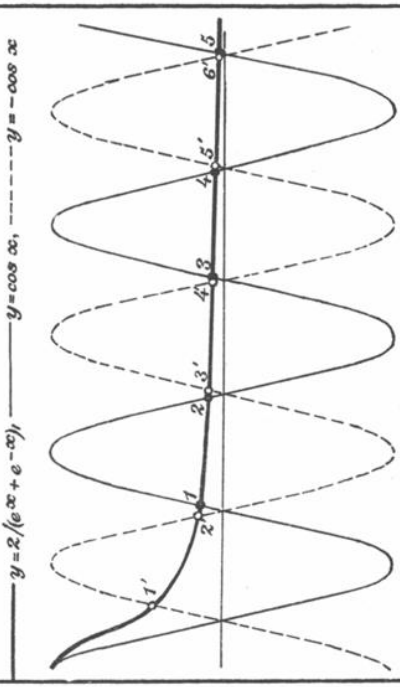


Töne von Stäben versch. Länge

für versch. Werte d. Verhältnisses

Modul : Dichte ($\varepsilon : \varrho = \varkappa$)

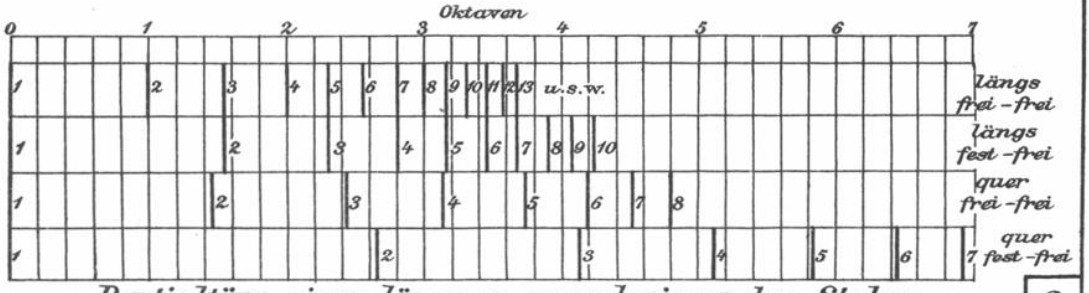
1



Konstruktion der Transversaltöne e. Stabes

—— 1-5 (●): zwei freie Enden ---- 1'-6' (○): { ein festes, ein freies Ende

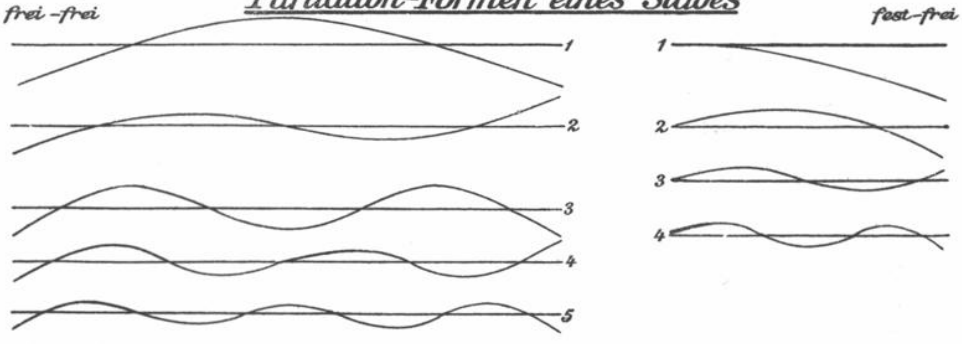
2



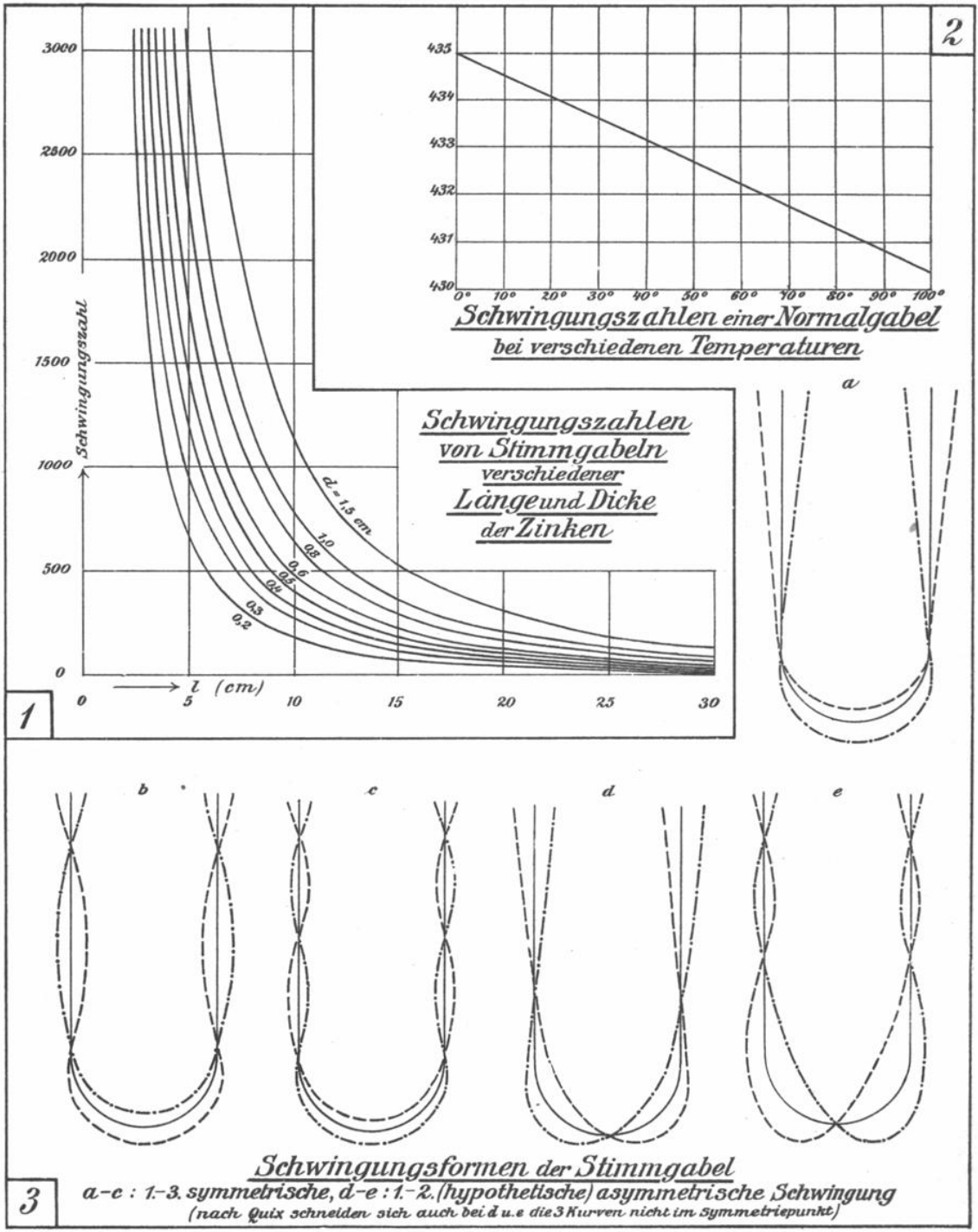
Partialtöne eines längs- u. querschwingenden Stabes

3

Partialton-Formen eines Stabes

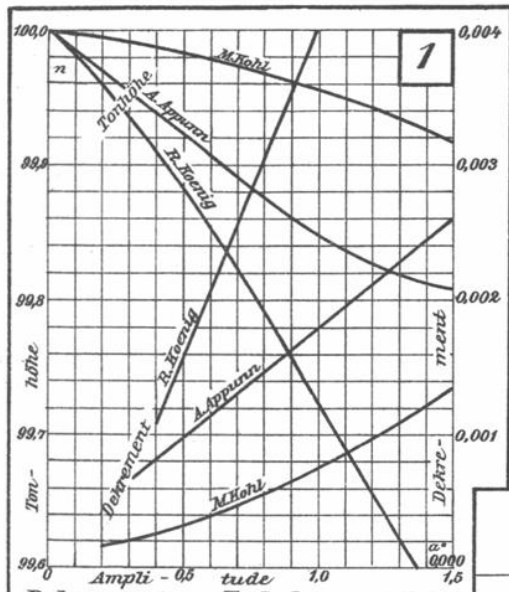


4

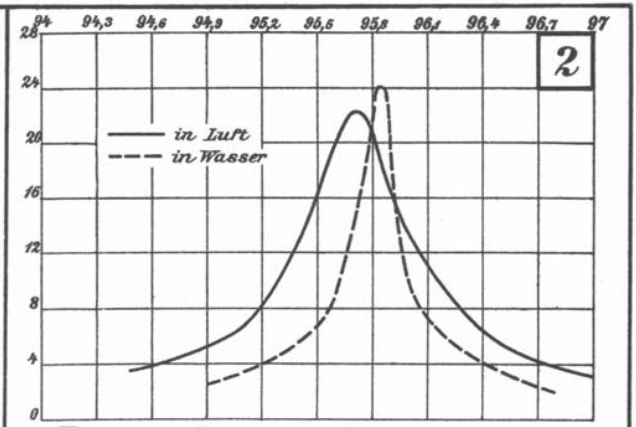


Schwingungsformen der Stimmgabel

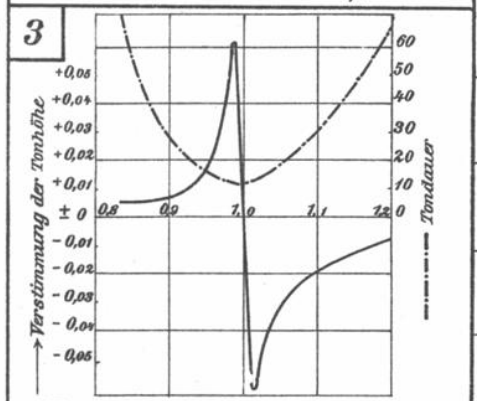
3 a–c : 1.–3. symmetrische, d–e : 1.–2. (hypothetische) asymmetrische Schwingung
(nach Quix schneiden sich auch bei d u. e die 3 Kurven nicht im Symmetriepunkt)



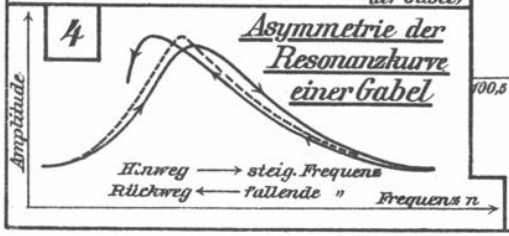
Dekrement und Tonhöhe versch. Gabeln als Funktion der Amplitude
(nach Hartmann-Kempf)



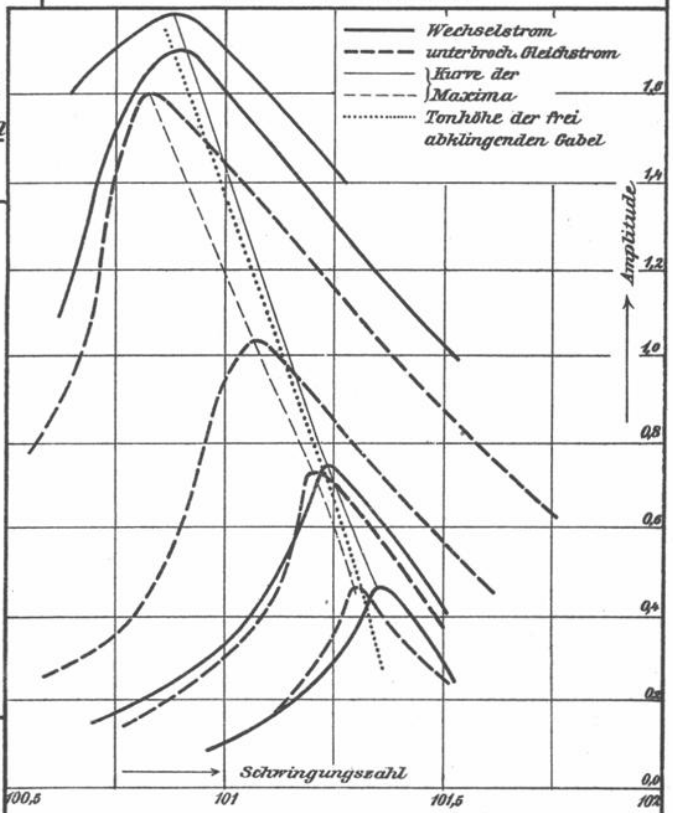
Resonanzkurve einer Zunge oder Gabel
(nach Hartmann-Kempf)



Einfluss der Resonanz auf Höhe und Dauer des Tons
(nach R. Koenig)
(Abszissen: Verh. d. Tonhöhe d. Resonators zu der der Gabel)

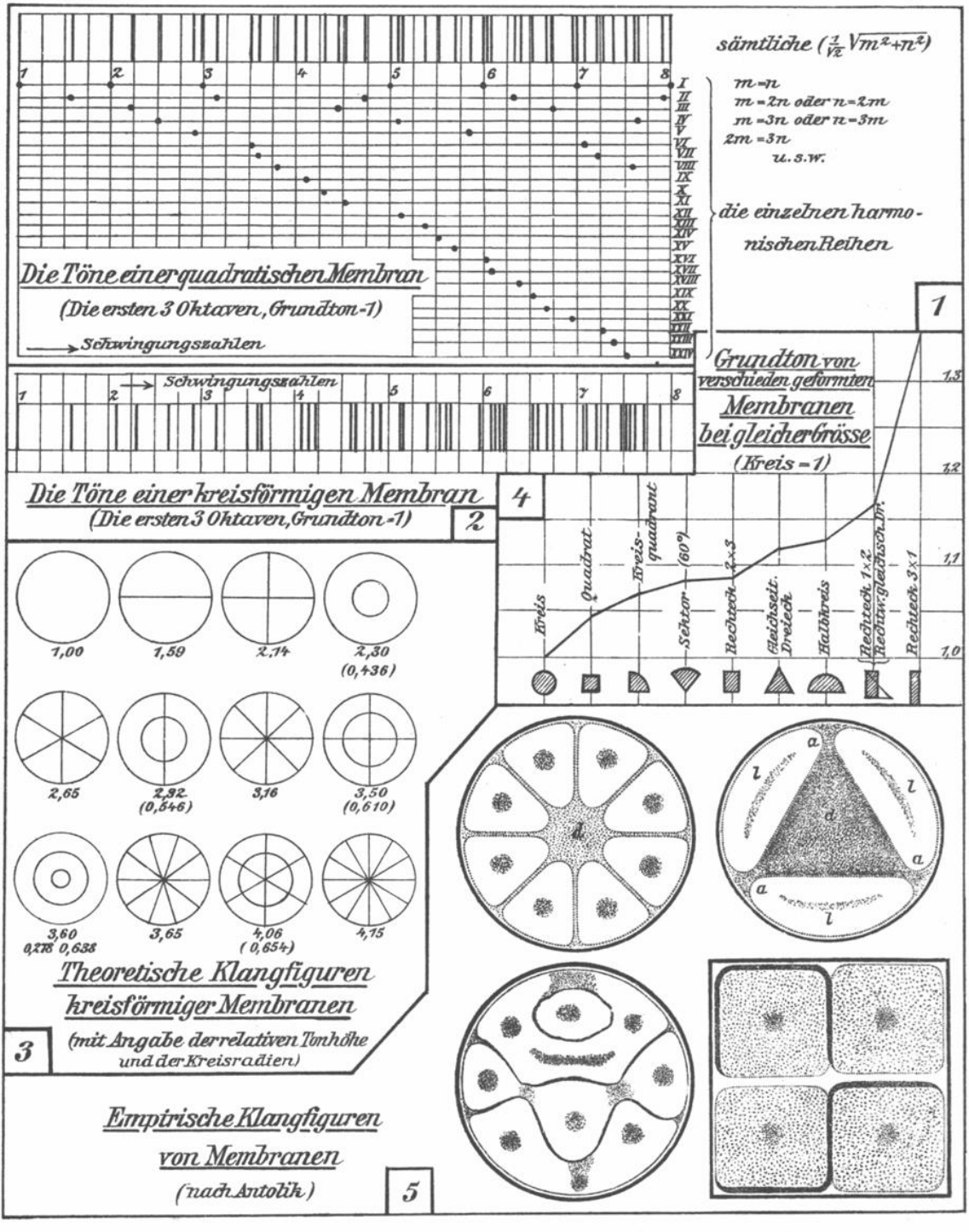


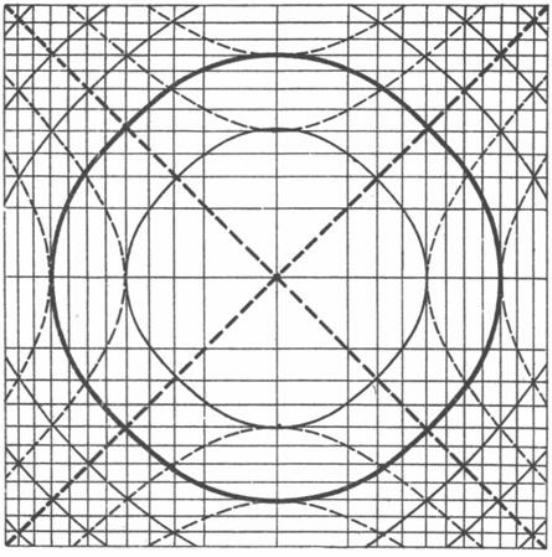
Asymmetrie der Resonanzkurve einer Gabel



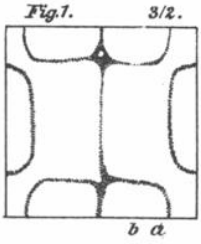
Resonanzkurven von Gabeln
(nach Hartmann-Kempf)
für verschiedene Erregungsstärken
(elektromagnetisch)

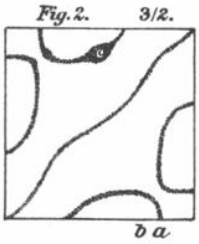
5

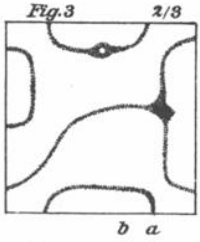

sämtliche ($\frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{m^2+n^2}$)
m = n
m = 2n oder n = 2m
m = 3n oder n = 3m
2m = 3n
u. s. w.
die einzelnen harmonischen Reihen
Die Töne einer quadratischen Membran
(Die ersten 3 Oktaven, Grundton = 1)
Schwingungszahlen
1
Schwingungszahlen
Die Töne einer kreisförmigen Membran
(Die ersten 3 Oktaven, Grundton = 1)
2
Grundton von verschieden geformten Membranen bei gleicher Grösse
(Kreis = 1)
4
1,3
1,2
1,1
1,0
Kreis
Quadrat
Kreis-quadrant
Sektor (60°)
Rechteck 2×3
Gleichseit. Dreieck
Halbkreis
Rechteck 1×2
Rechtw. gleichsch. Dr.
Rechteck 3×1
1,00
1,59
2,14
2,30
(0,436)
2,65
2,92
(0,546)
3,16
3,50
(0,610)
3,60
0,278 0,638
3,65
4,06
(0,654)
4,15
Theoretische Klangfiguren kreisförmiger Membranen
(mit Angabe der relativen Tonhöhe und der Kreisradien)
3
d
a
l
Empirische Klangfiguren von Membranen
(nach Antolik)
5

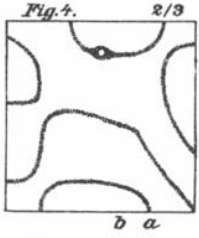


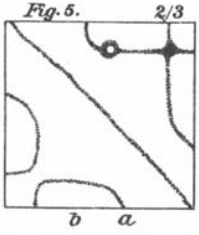
1 Knotenlinien und Linien gleicher Verrückung für eine quadratische Platte.
Kombination aus den Komponenten, —— additiv, - - - subtraktiv. (nach Lord Rayleigh).

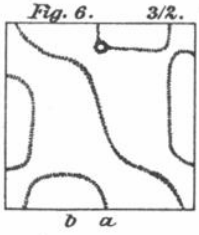


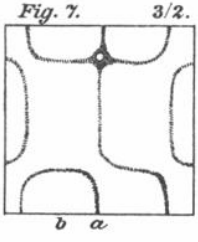


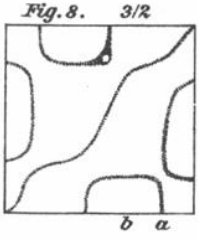












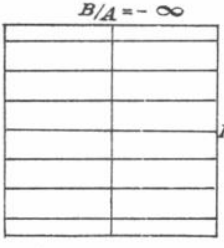


Fig.B

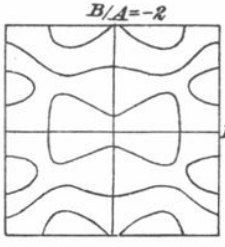


Fig.C

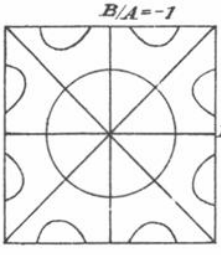


Fig.D

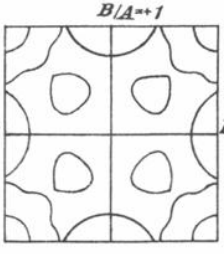


Fig.E.

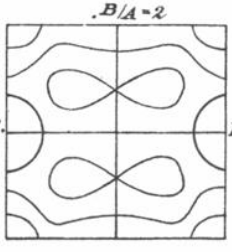


Fig.F.

[Fig. 1-8 experimentell, Fig. A-F theoretisch berechnet und konstruiert; näheres in den Anmerkungen]

Klangfiguren quadratischer Platten
(nach Tanaka)

2

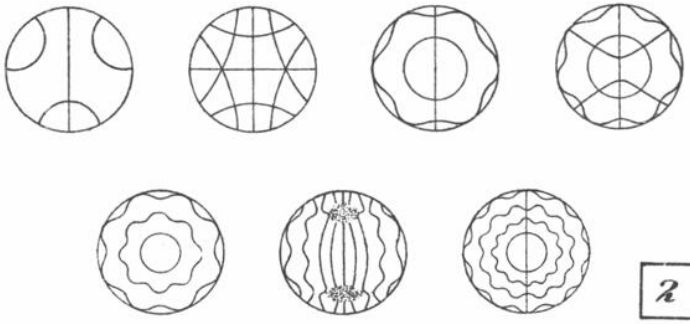
3

		Oktaven																	
0	1		2		3		4		5		6		7			Zahl der Kreise			
2		3		4	5	6	7	8D.								0			
			0	1	2	3	4	5	6	7D.						1			
					0	1	2	3	4	5	6	7D.				2			
							0	1	2	3	4	5	6	7D.		3			
									0	1	2	3	6D.			4			
											0	1	2	3 D.		5			
													0	1	2D.	6			
														0	D.	7			

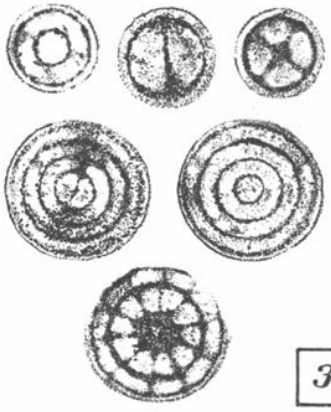
Töne einer Kreisscheibe
(nach Chladni)

(die Töne jeder Horizontalreihe entsprechen dem Vorhandensein von 0, 1, 2 ... 8 Durchmessern)

1



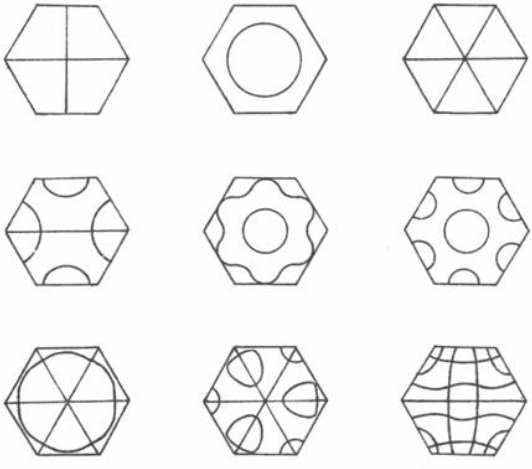
2

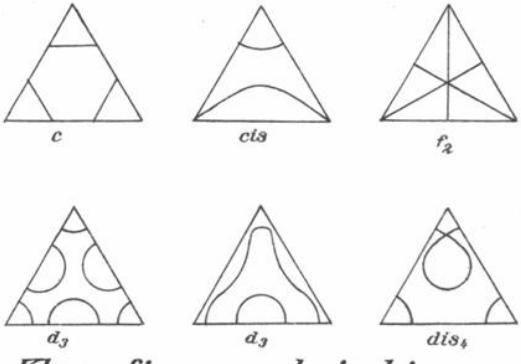


3

Anomalien von Klangfiguren infolge von Asymmetrien

Photogramme von Klangfiguren auf kleinen Deckgläschen, erregt durch Pfeifen (nach F.A. Schulze)



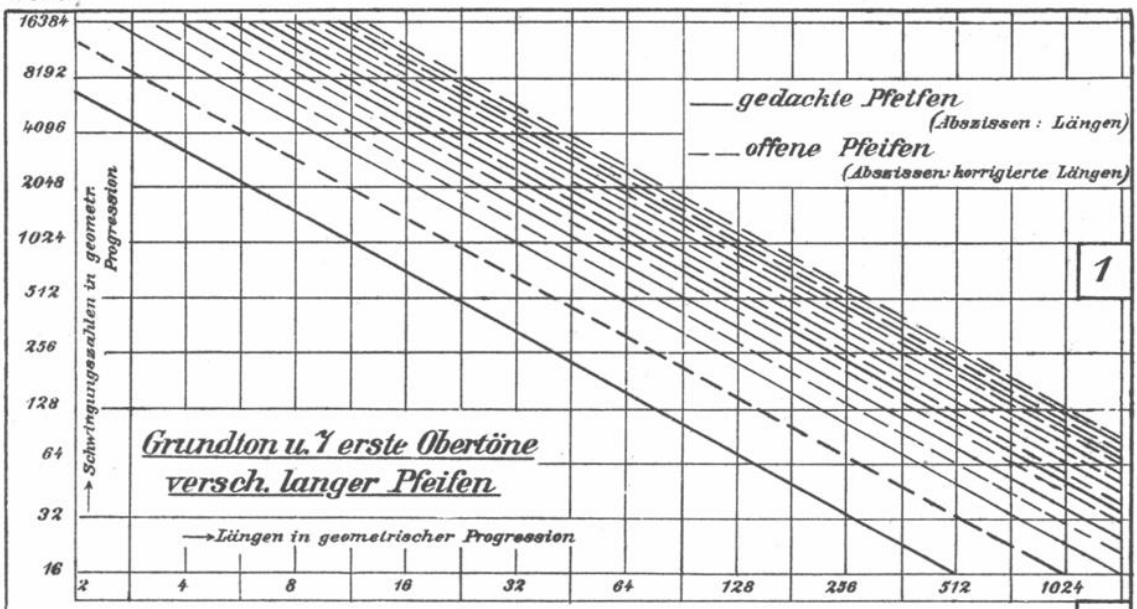


Klangfiguren sechseckiger Scheiben

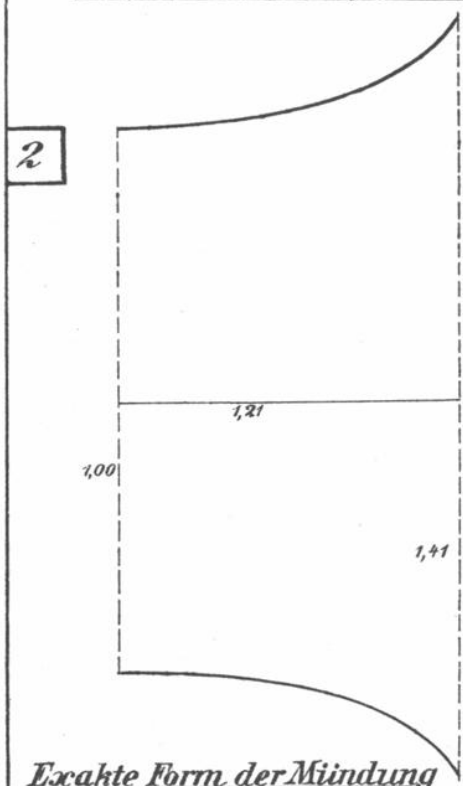
Klangfiguren dreieckiger Scheiben

4

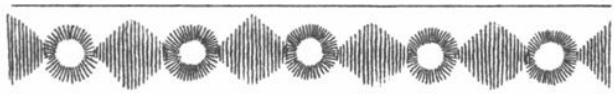
5



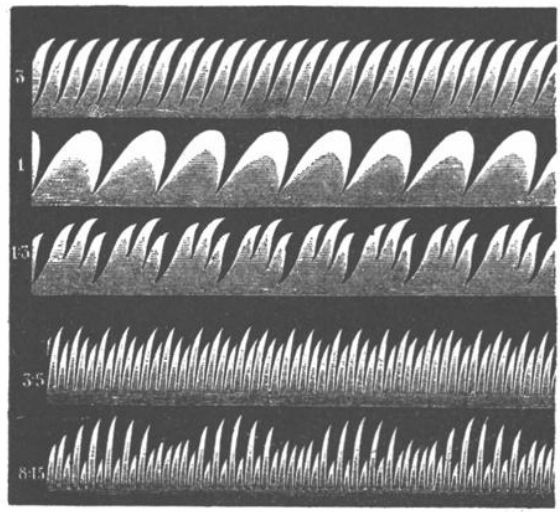
3



Exakte Form der Mündung
e. Pfeife ohne Längenkorrektion

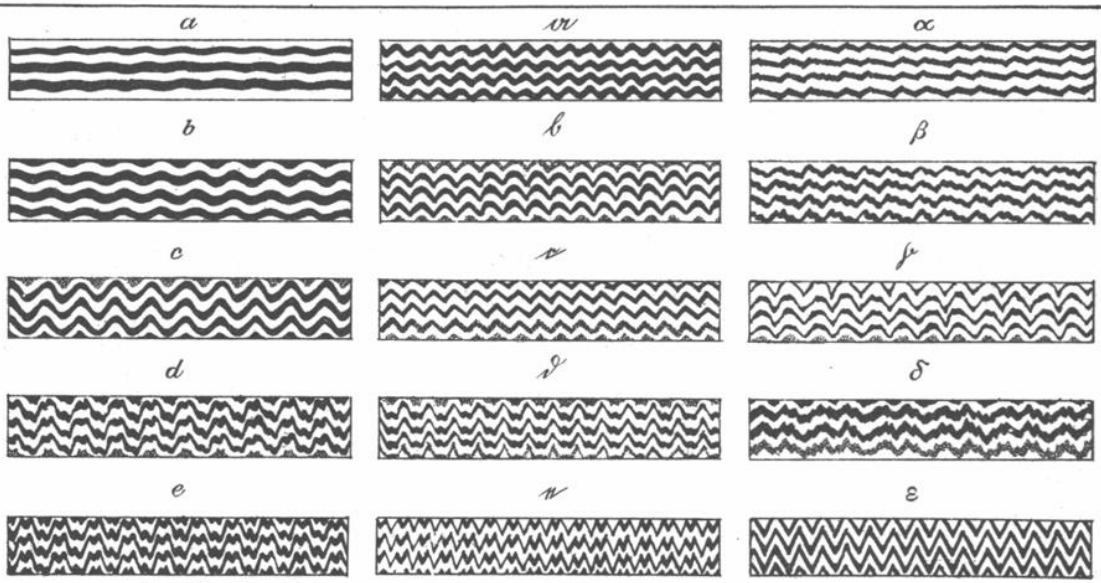


Typus einer Kundtschen Staubfigur



Typen Koenigscher Flammenbilder

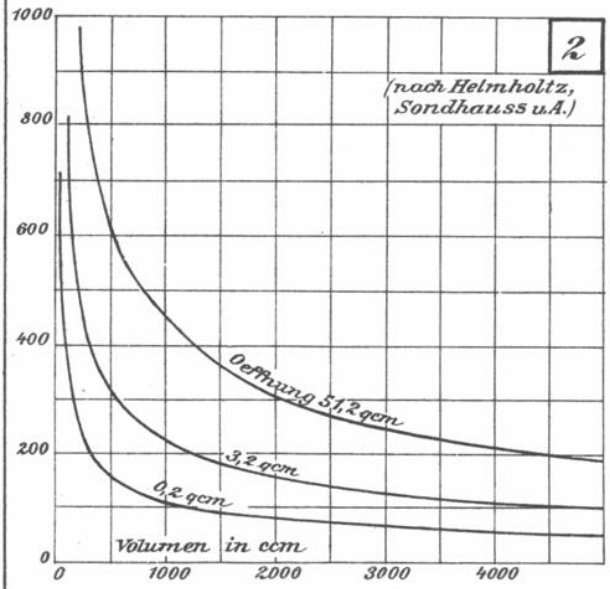
4



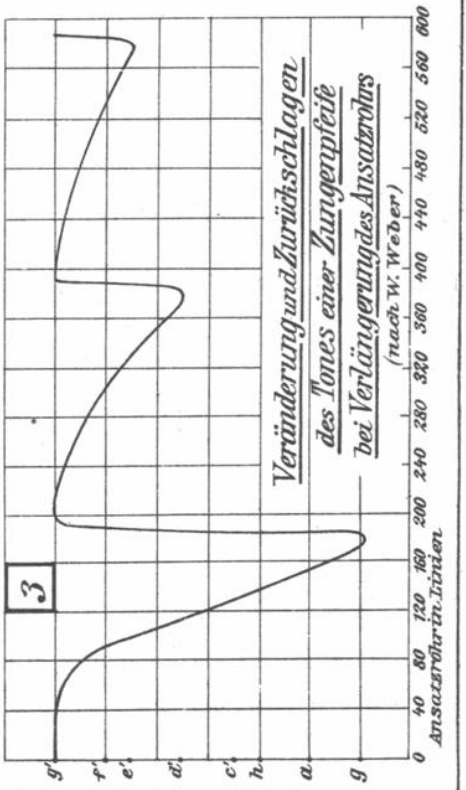
(nach Raps)

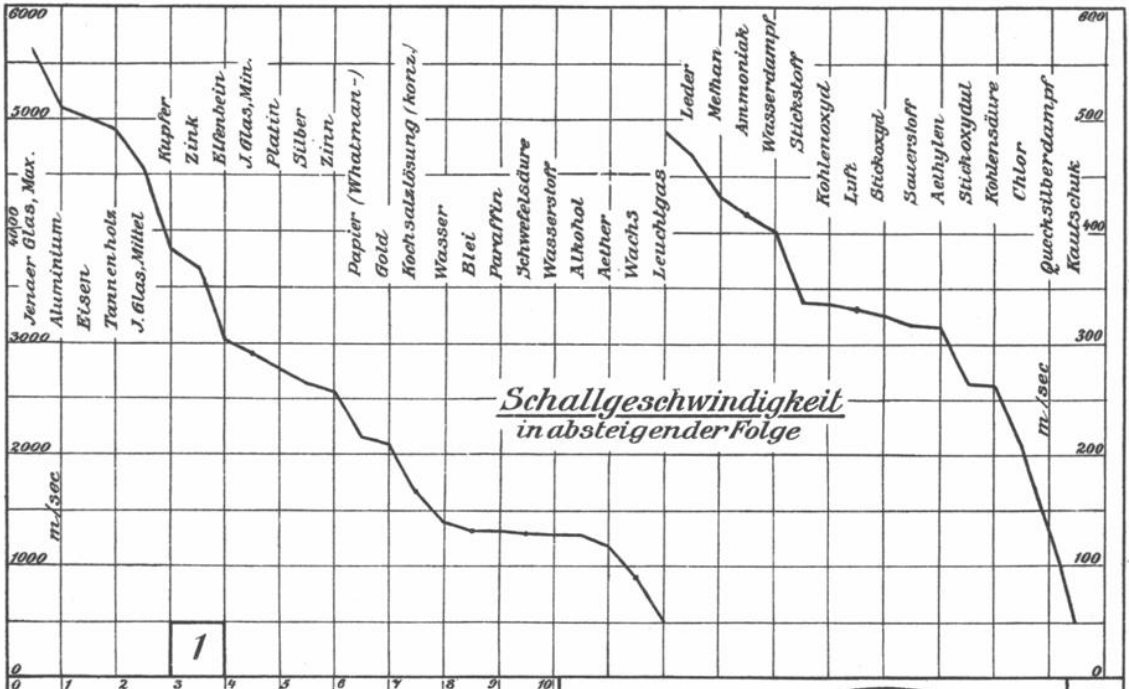
1

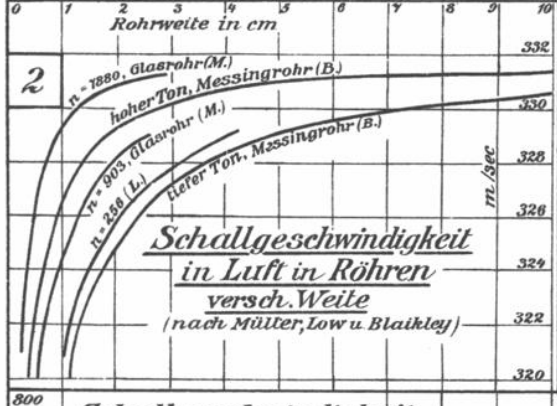
Luftschwingungen in gedackten und offenen Lippenpfeifen, sowie in Zungenpfeifen

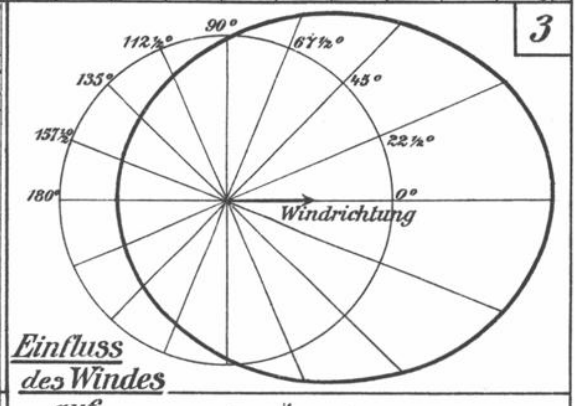


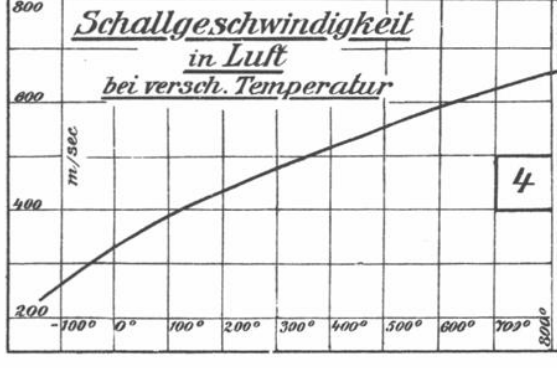
Tonhöhe kubischer Pfeifen

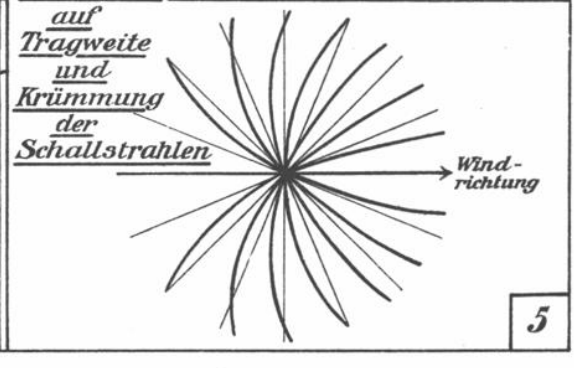



Schallgeschwindigkeit
in absteigender Folge
m./sec
Jenaer Glas, Max.
Aluminium
Eisen
Tannenholz
J. Glas, Mittel
Kupfer
Zink
Elfenbein
J. Glas, Min.
Platin
Silber
Zinn
Papier (Whatman-)
Gold
Kochsalzlösung (konz.)
Wasser
Blei
Paraffin
Schwefelsäure
Wasserstoff
Alkohol
Aether
Wachs
Leuchtgas
Leder
Methan
Ammoniak
Wasserdampf
Stickstoff
Kohlenoxyd
Luft
Stickoxyd
Sauerstoff
Aethylen
Stickoxydul
Kohlensäure
Chlor
Quecksilberdampf
Kautschuk
1

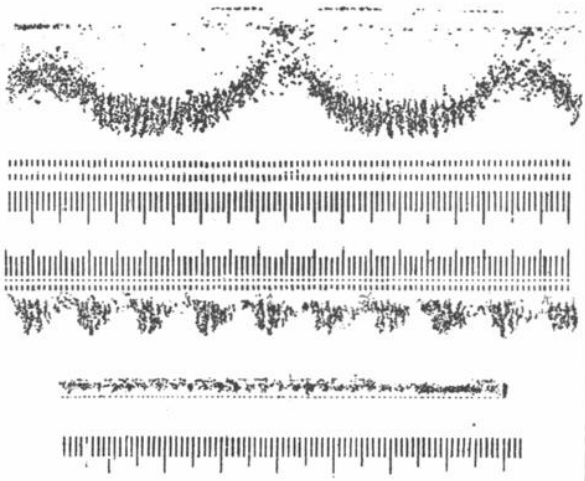

Rohrweite in cm
2
n = 1880, Glasrohr (M.)
hoher Ton, Messingrohr (B.)
n = 903, Glasrohr (M.)
n = 236 (L.)
tiefer Ton, Messingrohr (B.)
m./sec
Schallgeschwindigkeit
in Luft in Röhren
versch. Weite
(nach Müller, Low u. Blaikley)


3
90°
112½°
67½°
135°
45°
157½°
22½°
180°
0°
Windrichtung
Einfluss
des Windes
auf
Tragweite
und
Krümmung
der
Schallstrahlen

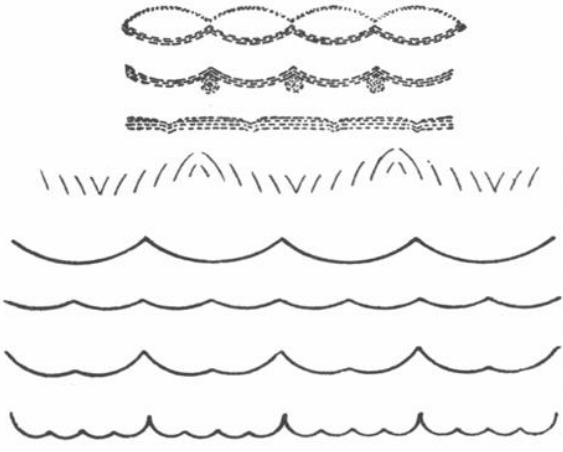

Schallgeschwindigkeit
in Luft
bei versch. Temperatur
m./sec
4


Wind-
richtung
5

1



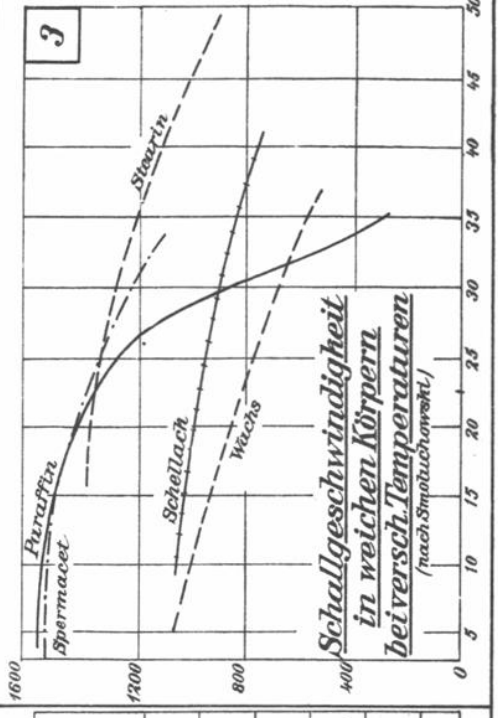
Kundtsche Staubfiguren in Luft
(nach R. Koenig)



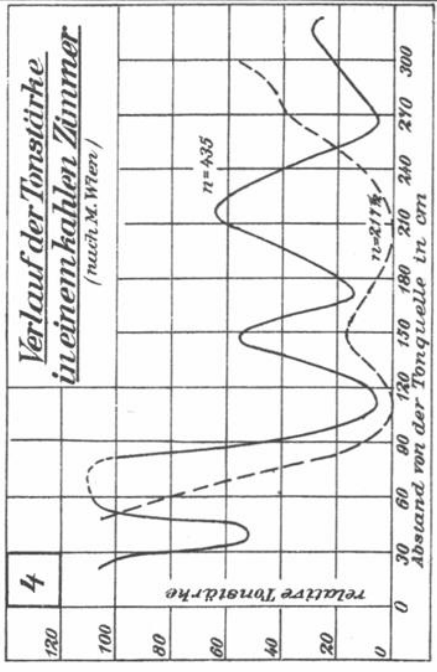
Kundtsche Staubfiguren in Flüssigkeit
(nach Dörsing)

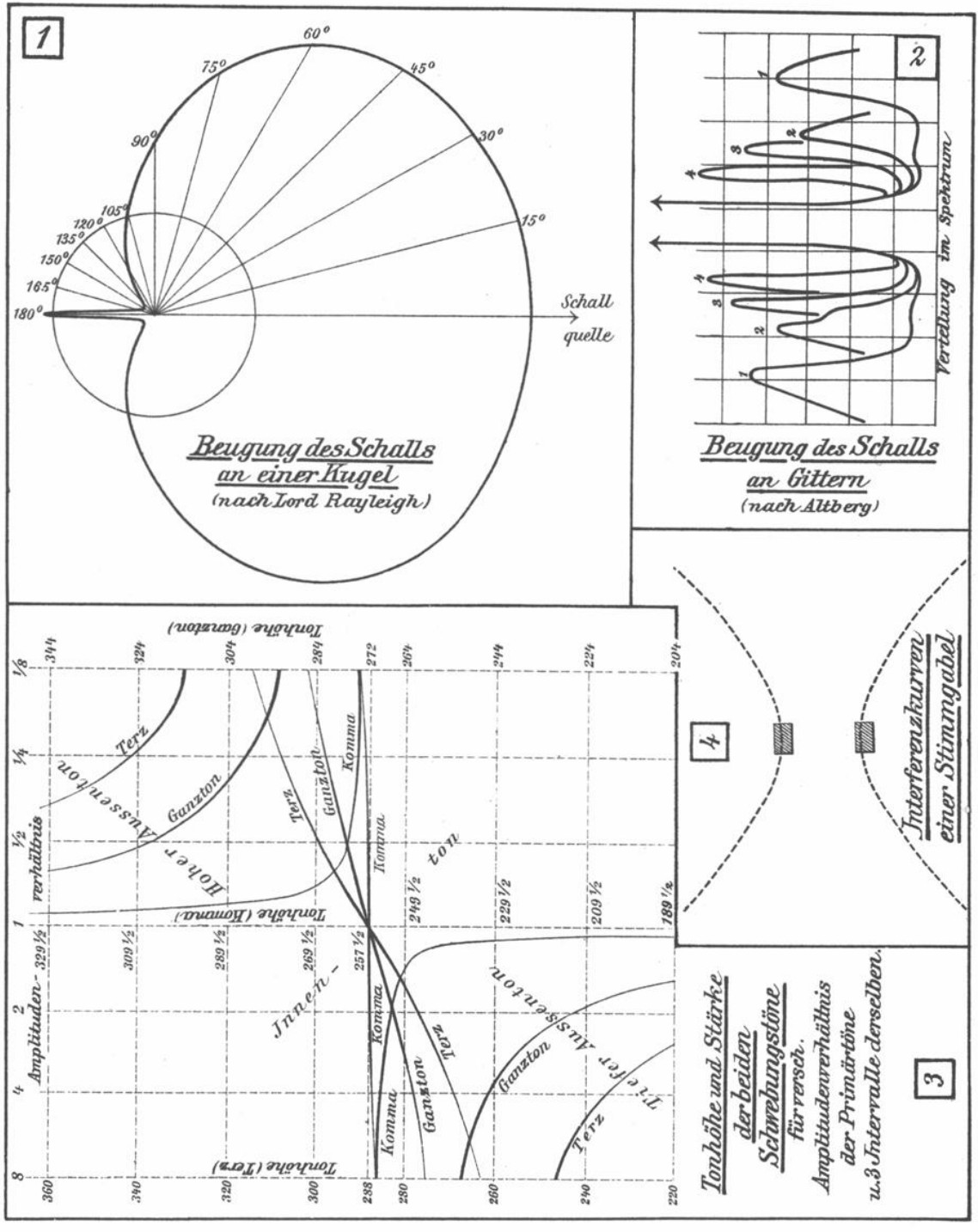
2

3

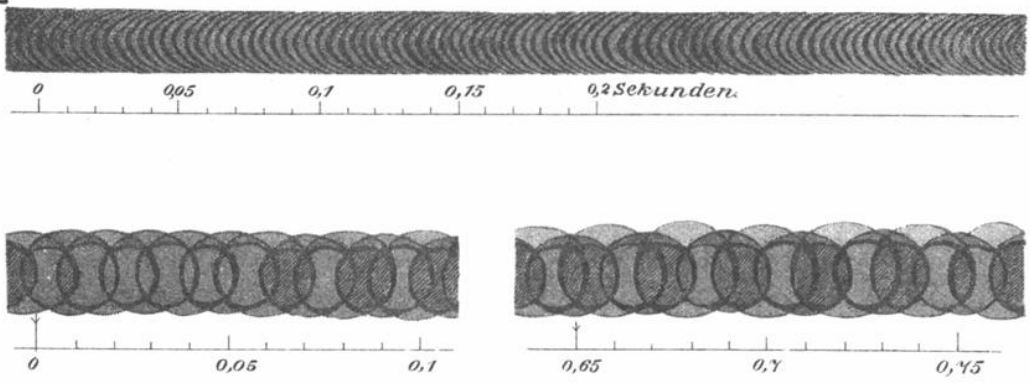


4




1
60°
75°
45°
90°
30°
105°
15°
120°
135°
150°
165°
180°
Schall
quelle
Beugung des Schalls
an einer Kugel
(nach Lord Rayleigh)
2
Verteilung im Spektrum
Beugung des Schalls
an Gittern
(nach Altberg)
4
Interferenzkurven
einer Stimmgabel
3
Tonhöhe und Stärke
der beiden
Schwebungstöne
für versch.
Amplitudenverhältnis
der Primärtöne
u. 3 Intervalle derselben.
Amplituden-verhältnis
Tonhöhe (Terz)
Tonhöhe (Komma)
Tonhöhe (Ganzton)
Innen-
Tiefer Aussenton
Höher Aussenton
Terz
Ganzton
Komma
ton
329 ½
309 ½
289 ½
269 ½
257 ½
249 ½
229 ½
209 ½
189 ½
360
340
320
300
280
260
240
220
204
224
244
264
272
284
304
324
344

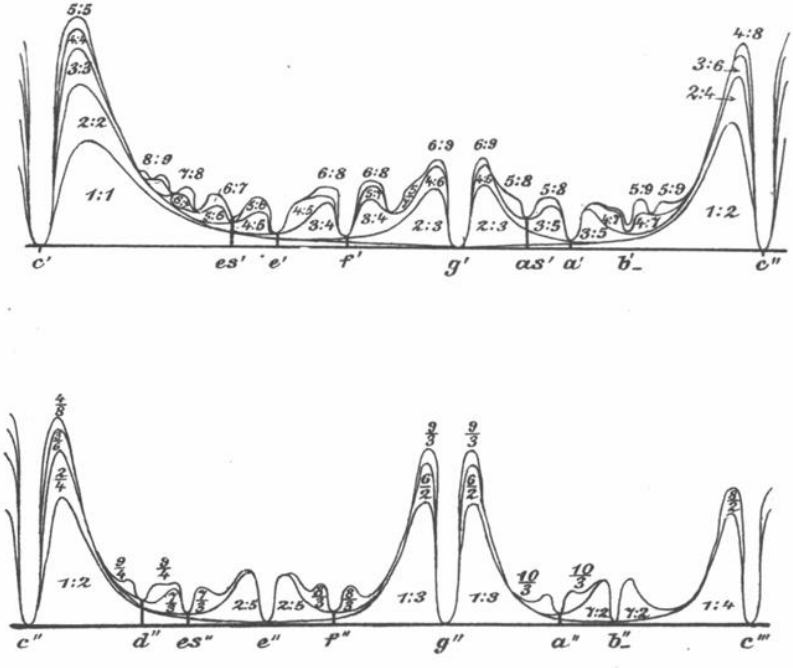
1



Russfiguren von Schwebungen

(nach Marbe und Déguisne)

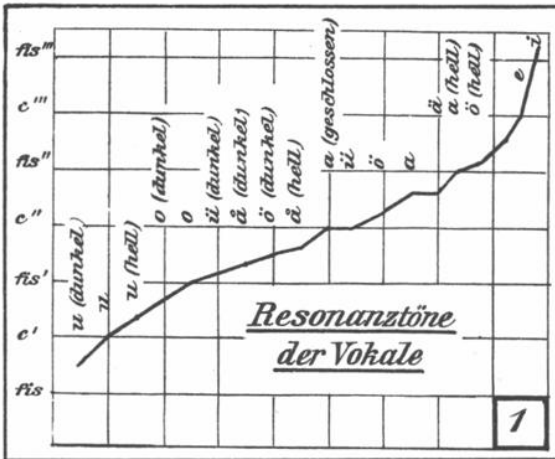
(Vergl. Erläuterungen S. 12.)

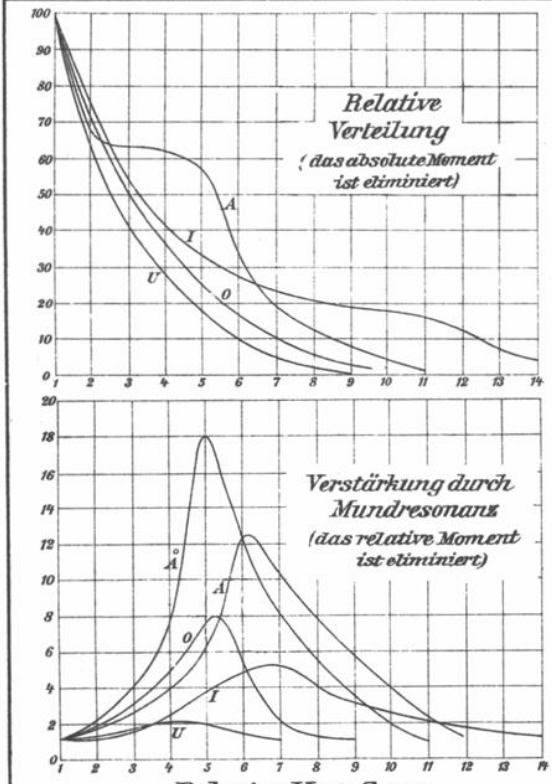


Rauhigkeit des Klangs, erzeugt durch Obertöne

(nach Helmholtz)

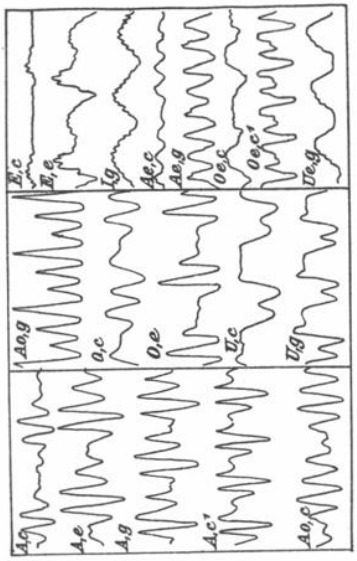
2





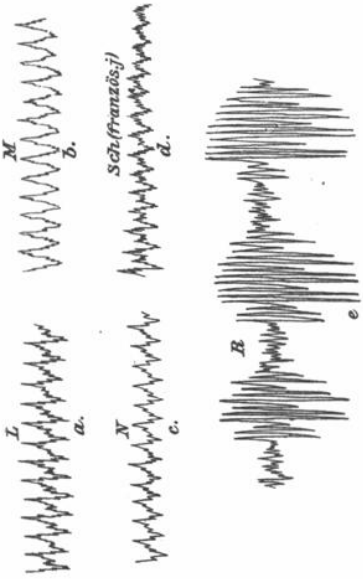
Relative Verteilung und absolute Verstärkung der Partialtöne bei den Vokalen (nach Auerbach).

2



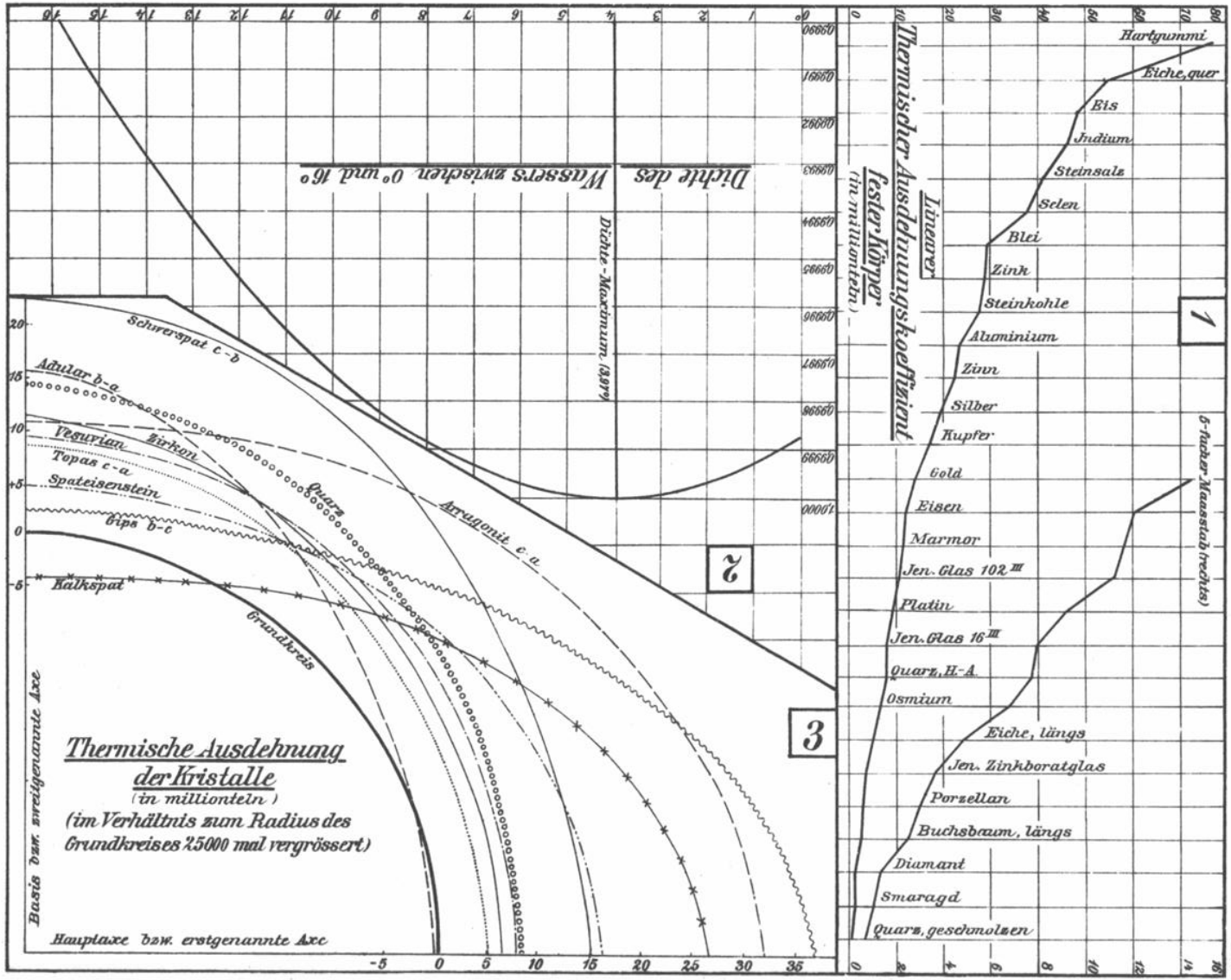
Phonogrammkurven von Vokalen (nach Hermann.)

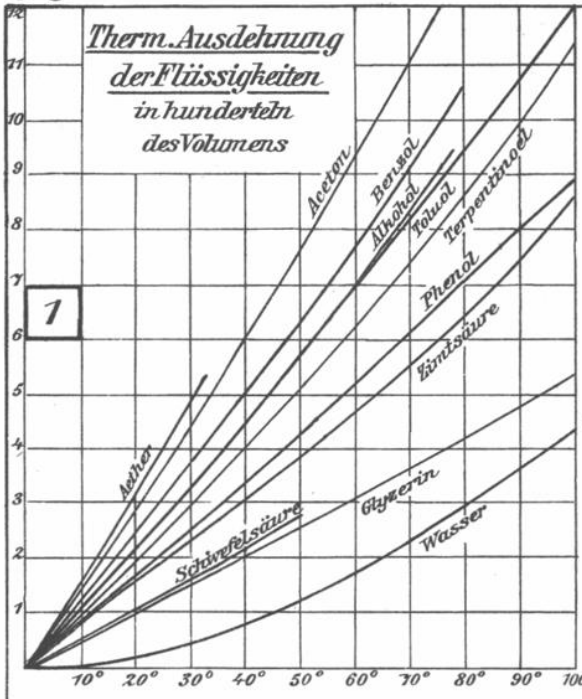
3

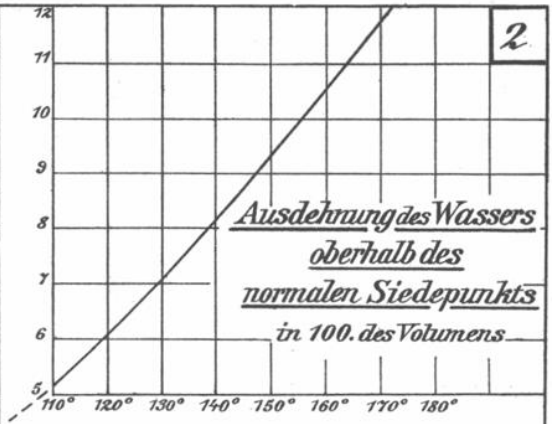


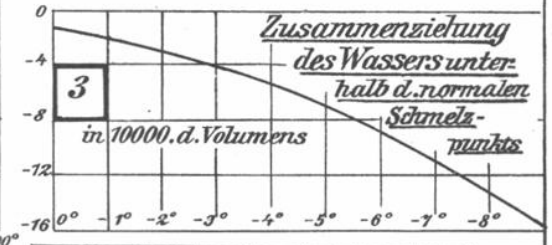
Phonogrammkurven von Konsonanten (nach Hermann.)

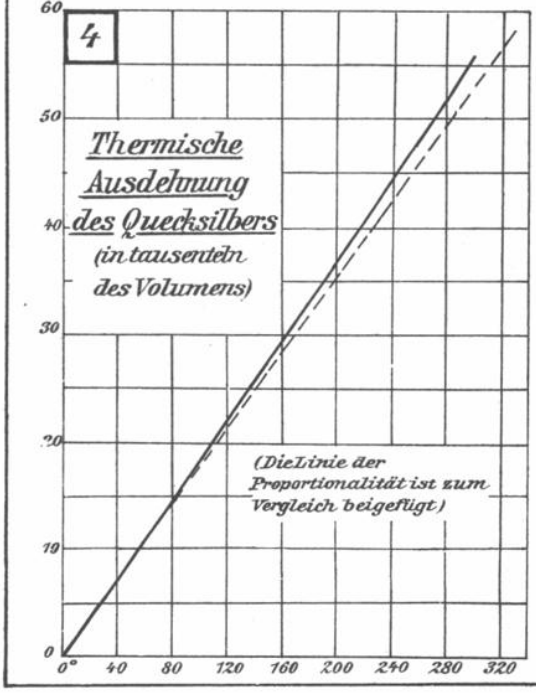
4


Thermische Ausdehnung der Kristalle
(in millionteln)
(im Verhältnis zum Radius des Grundkreises 25000 mal vergrössert)
Hauptaxe bzw. erstgenannte Axe
Basis bzw. zweitgenannte Axe
Grundkreis
Kalkspat
Gips b-c
Spateisenstein
Topas c-a
Vesuvian
Türkis
Adular b-a
Schwerspat c-b
Quarz
Aragonit c-a
Dichte des Wassers zwischen 0° und 16°
Dichte-Maximum (3,979)
Linearer Ausdehnungskoeffizient fester Körper
(in millionteln)
Hartgummi
Eiche, quer
Eis
Indium
Steinsalz
Selen
Blei
Zink
Steinkohle
Aluminium
Zinn
Silber
Kupfer
Gold
Eisen
Marmor
Jen. Glas 102 III
Platin
Jen. Glas 16 III
Quarz, H-A.
Osmium
Eiche, längs
Jen. Zinkboratglas
Porzellan
Buchsbaum, längs
Diamant
Smaragd
Quarz, geschmolzen
5-facher Maasstab (rechts)
1
2
3

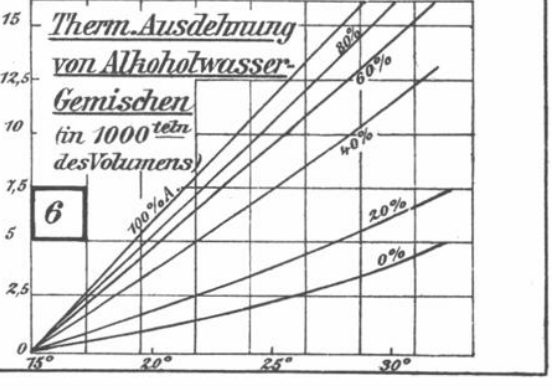

Therm. Ausdehnung der Flüssigkeiten in hunderteln des Volumens
1
Aceton
Benzol
Alkohol
Toluol
Terpentinöl
Phenol
Essigsäure
Glycerin
Wasser
Schwefelsäure
Äther
10° 20° 30° 40° 50° 60° 70° 80° 90° 100°

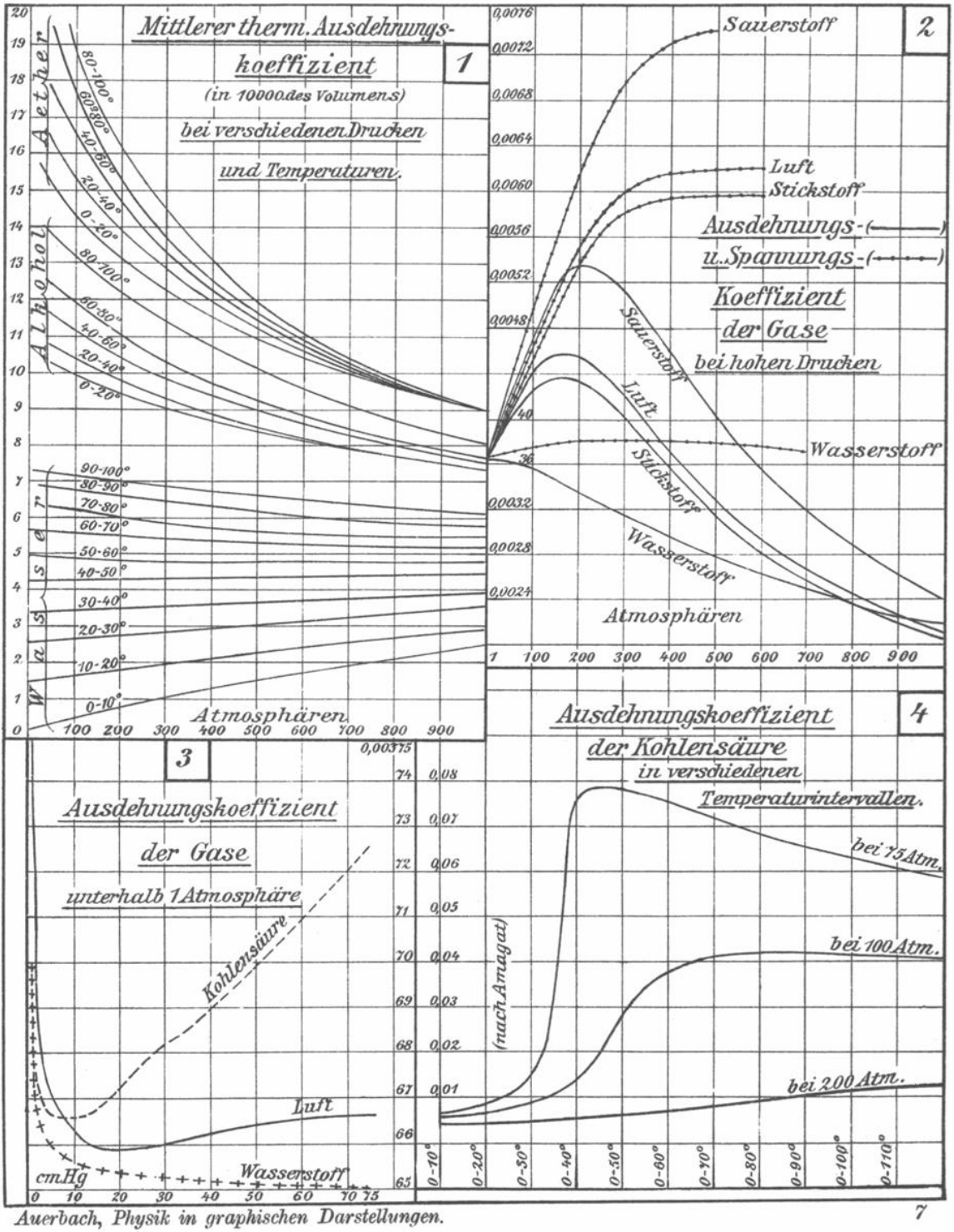

2
Ausdehnung des Wassers oberhalb des normalen Siedepunkts in 100. des Volumens
110° 120° 130° 140° 150° 160° 170° 180°

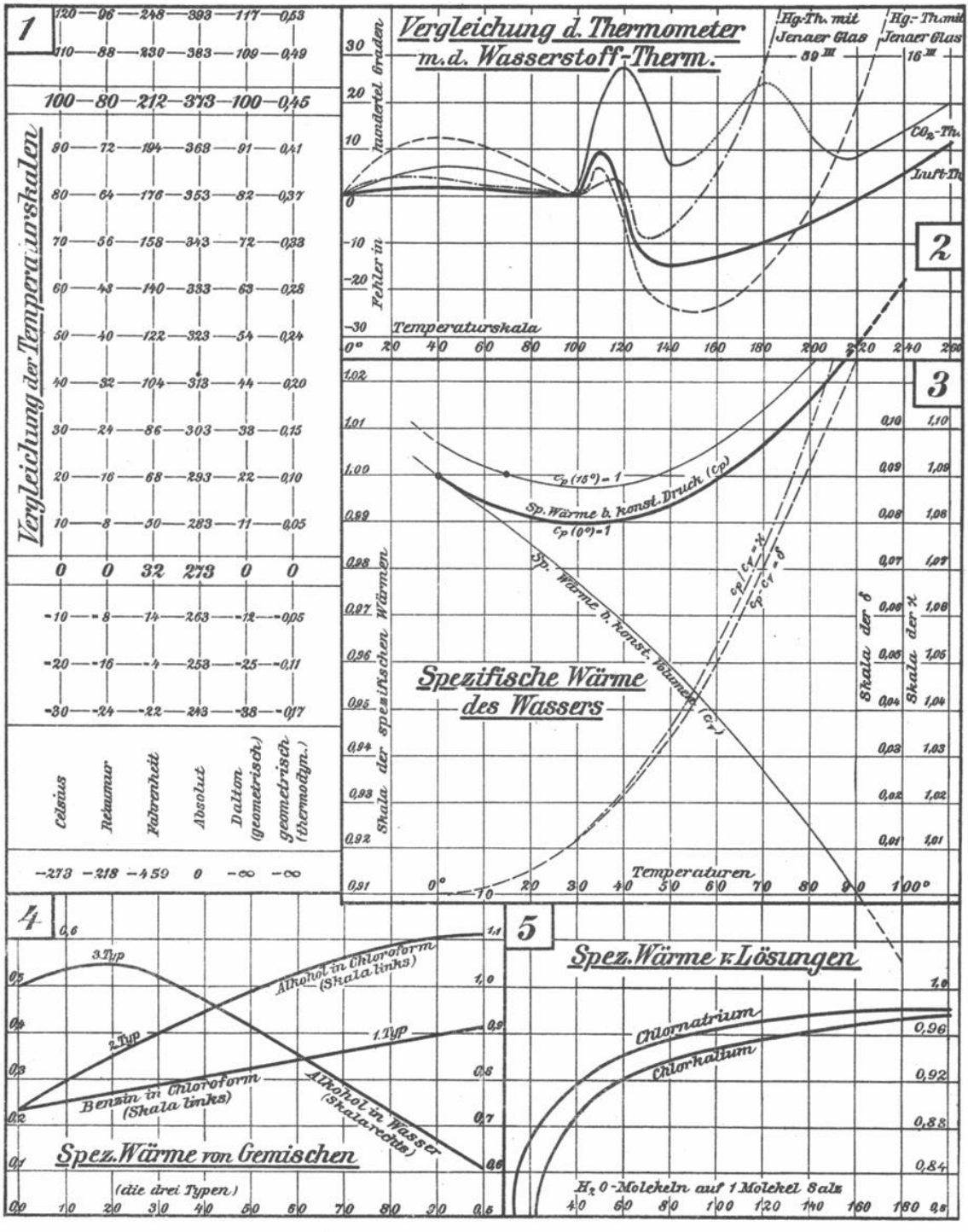

3
Zusammenziehung des Wassers unterhalb d. normalen Schmelzpunkts
in 10000. d. Volumens
0° -1° -2° -3° -4° -5° -6° -7° -8°

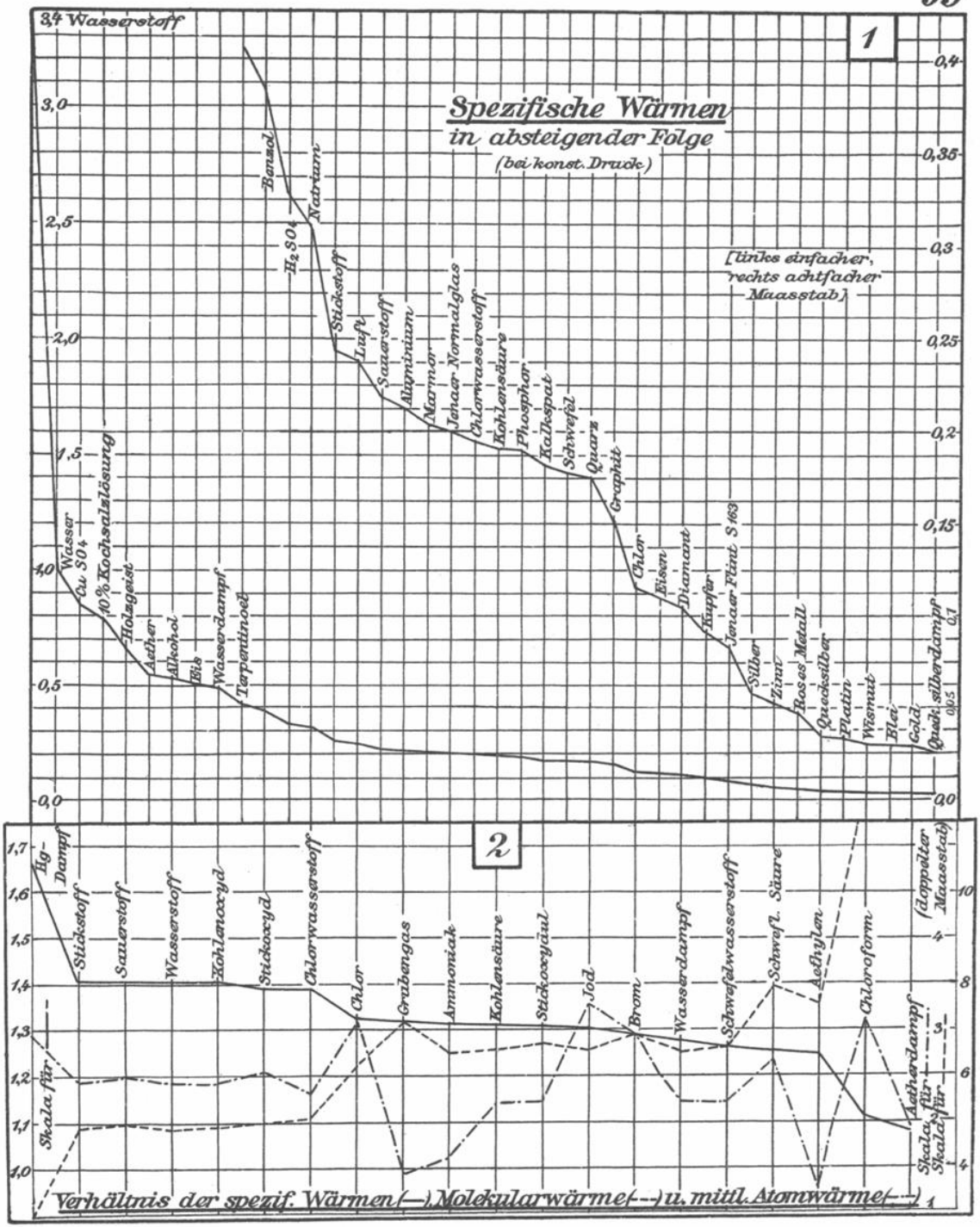

4
Thermische Ausdehnung des Quecksilbers (in tausenteln des Volumens)
(Die Linie der Proportionalität ist zum Vergleich beigefügt)
0° 40 80 120 160 200 240 280 320

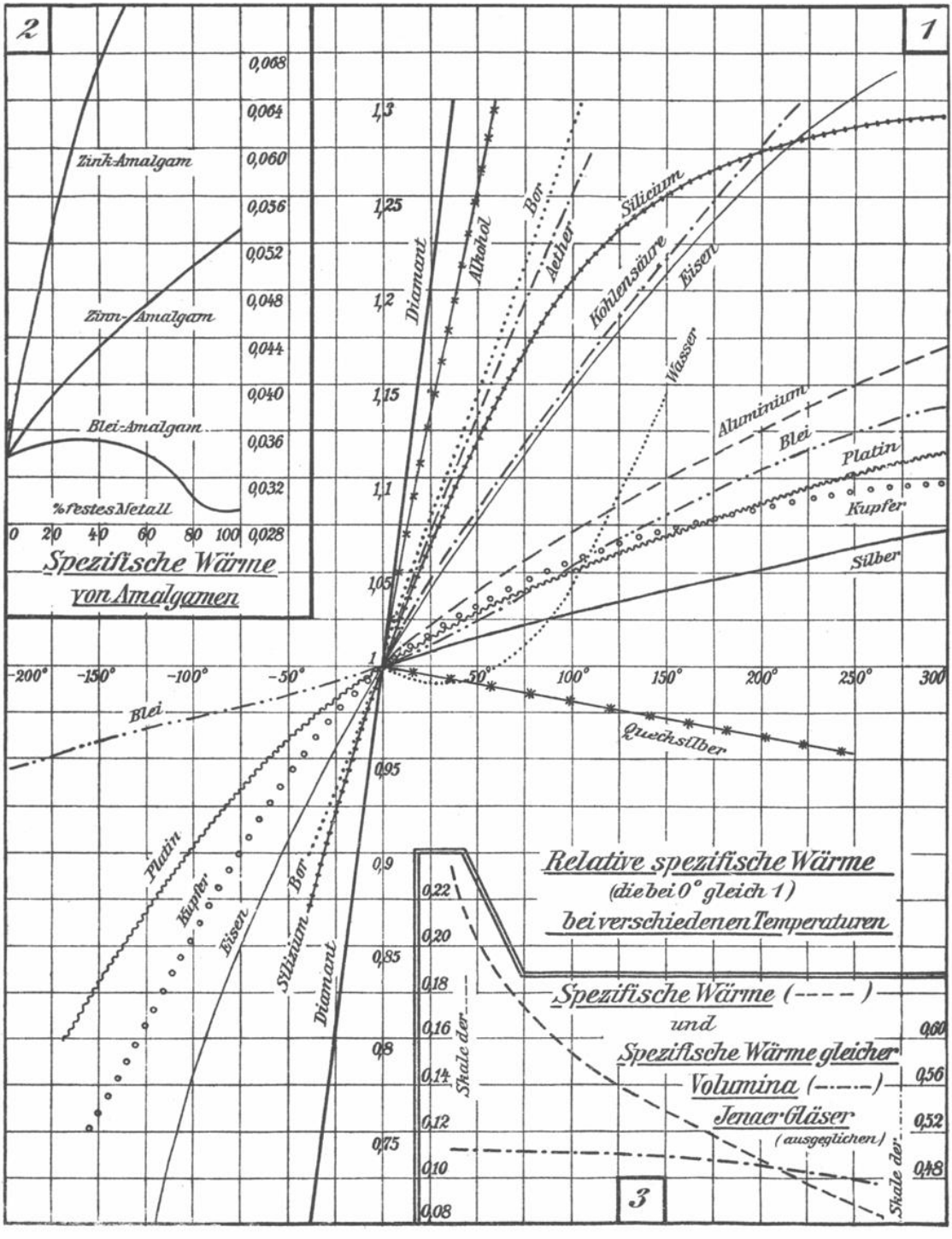
Dichtemaximum von Salzlösungen
5
Gefriertemperatur
Temperatur des Dichtemaximums
Dichte-Maximum
Dichtezunahme in hunderteln
(Chlornatrium)
Gelöste Salzprozente
1 2 3 4 5 6 7 8

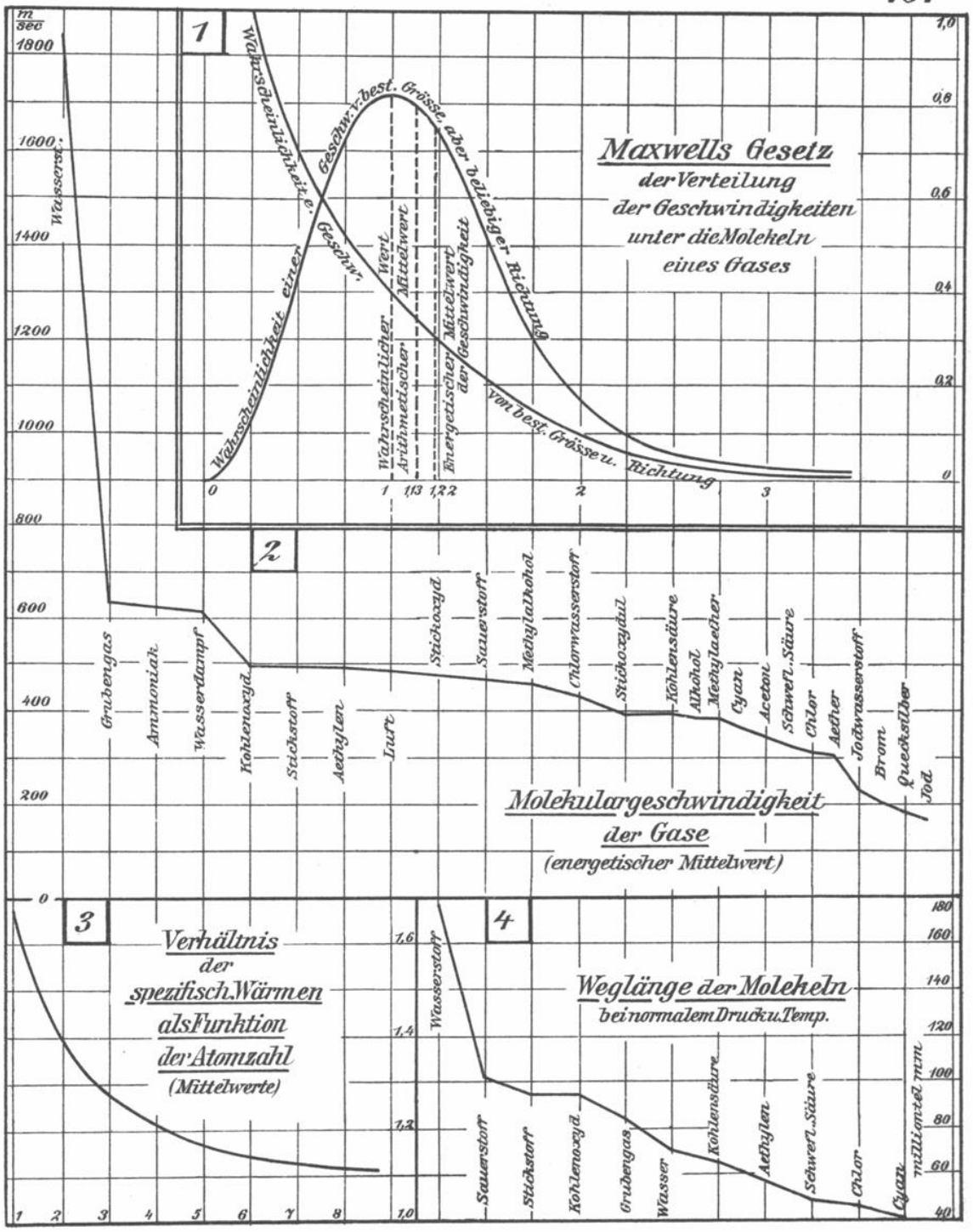

Therm. Ausdehnung von Alkoholwasser-Gemischen (in 1000teln des Volumens)
6
100% A.
80%
60%
40%
20%
0%
15° 20° 25° 30°


1
Mittlerer therm. Ausdehnungs-
koeffizient
(in 10000des Volumens)
bei verschiedenen Drucken
und Temperaturen.
Aether
80-100°
60-80°
40-60°
20-40°
0-20°
Alkohol
80-100°
60-80°
40-60°
20-40°
0-20°
Wasser
90-100°
80-90°
70-80°
60-70°
50-60°
40-50°
30-40°
20-30°
10-20°
0-10°
Atmosphären
2
Sauerstoff
Luft
Stickstoff
Ausdehnungs-(———)
u. Spannungs-(·····)
Koeffizient
der Gase
bei hohen Drucken
Sauerstoff
Luft
Stickstoff
Wasserstoff
Wasserstoff
Atmosphären
3
Ausdehnungskoeffizient
der Gase
unterhalb 1 Atmosphäre
Kohlensäure
Luft
Wasserstoff
cmHg
4
Ausdehnungskoeffizient
der Kohlensäure
in verschiedenen
Temperaturintervallen.
(nach Amagat)
bei 75 Atm.
bei 100 Atm.
bei 200 Atm.
0-10°
0-20°
0-30°
0-40°
0-50°
0-60°
0-70°
0-80°
0-90°
0-100°
0-110°

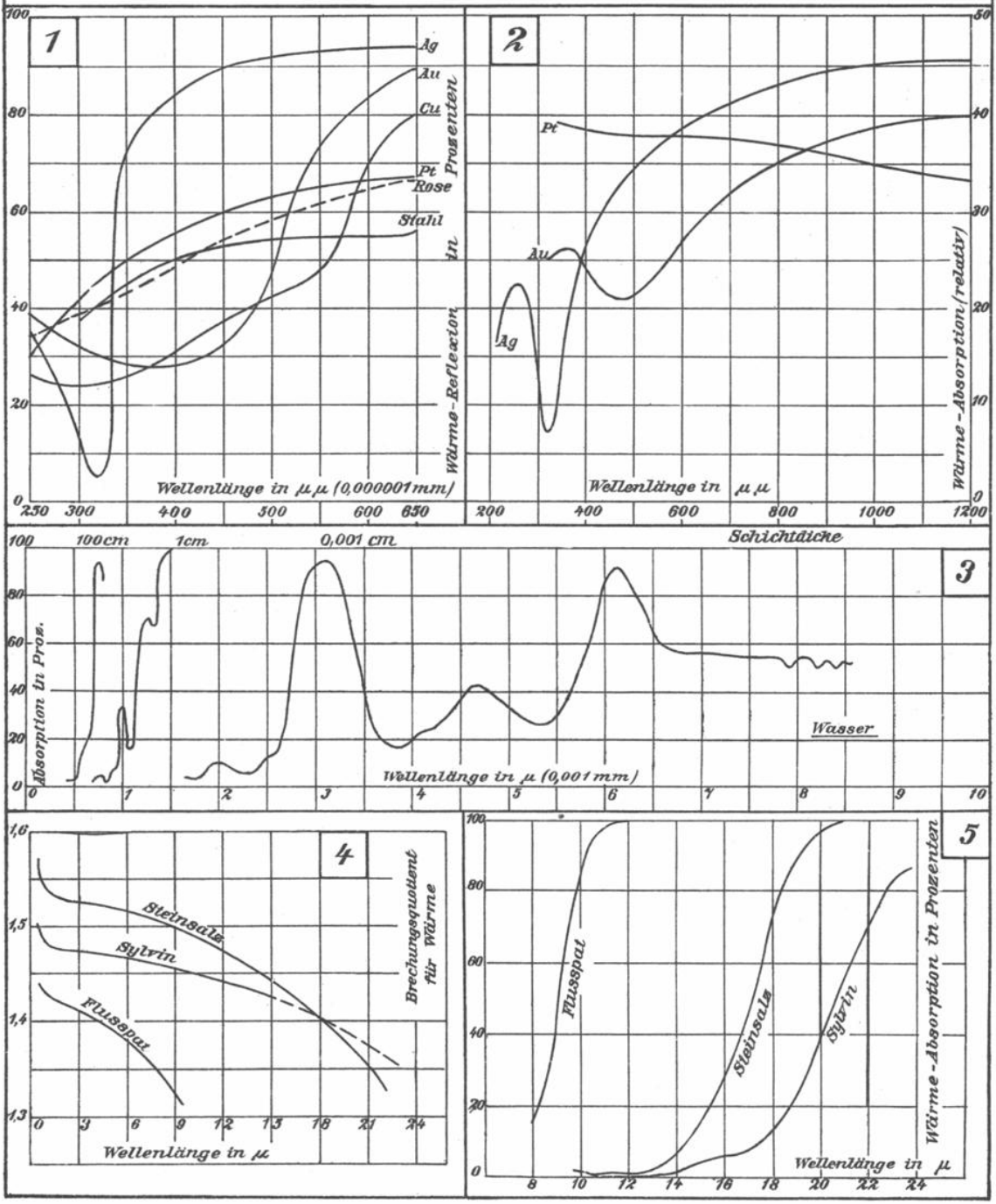

1
Vergleichung der Temperaturskalen
Celsius
Reaumur
Fahrenheit
Absolut
Dalton (geometrisch)
geometrisch (thermodyn.)
Vergleichung d. Thermometer m. d. Wasserstoff-Therm.
Hg-Th. mit Jenaer Glas 59 III
Hg.-Th. mit Jenaer Glas 16 III
CO2-Th.
Luft-Th.
hundertel Graden
Fehler in
Temperaturskala
2
3
Spezifische Wärme des Wassers
Sp. Wärme b. konst. Druck (cp)
cp (15°) = 1
cp (0°) = 1
Sp. Wärme b. konst. Volumen (cv)
Skala der spezifischen Wärmen
Skala der δ
Skala der κ
Temperaturen
4
Spez. Wärme von Gemischen
(die drei Typen)
3. Typ
2. Typ
1. Typ
Alkohol in Chloroform (Skala links)
Benzin in Chloroform (Skala links)
Alkohol in Wasser (Skala rechts)
5
Spez. Wärme v. Lösungen
Chlornatrium
Chlorkalium
H2O-Molekeln auf 1 Molekel Salz

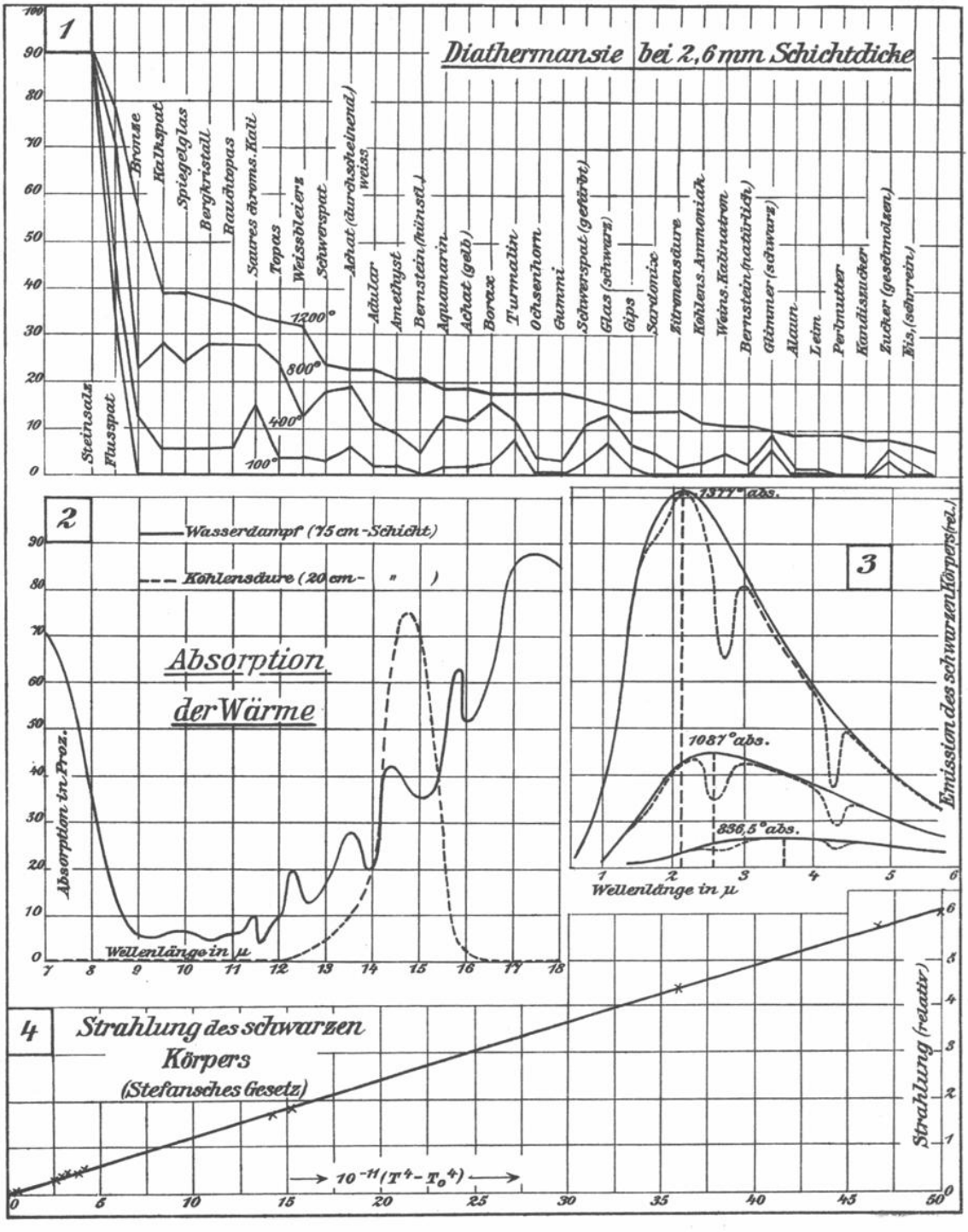

1
Spezifische Wärmen
in absteigender Folge
(bei konst. Druck)
[links einfacher, rechts achtfacher Maasstab]
3,4 Wasserstoff
Benzol
Natrium
H_2SO_4
Stickstoff
Luft
Sauerstoff
Aluminium
Marmor
Jenaer Normalglas
Chlorwasserstoff
Kohlensäure
Phosphor
Kalkspat
Schwefel
Quarz
Graphit
Chlor
Eisen
Diamant
Kupfer
Jenaer Flint S 163
Silber
Zinn
Rotes Metall
Quecksilber
Platin
Wismut
Blei
Gold
Quecksilberdampf
Wasser
Cu SO4
10% Kochsalzlösung
Holzgeist
Aether
Alkohol
Eis
Wasserdampf
Terpentinöl
2
Hg-Dampf
Stickstoff
Sauerstoff
Wasserstoff
Kohlenoxyd
Stickoxyd
Chlorwasserstoff
Chlor
Grubengas
Ammoniak
Kohlensäure
Stickoxydul
Jod
Brom
Wasserdampf
Schwefelwasserstoff
Schwefl. Säure
Aethylen
Chloroform
Aetherdampf
(doppelter Maasstab)
Skala für
Verhältnis der spezif. Wärmen (—), Molekularwärme (- - -) u. mittl. Atomwärme (- - -)

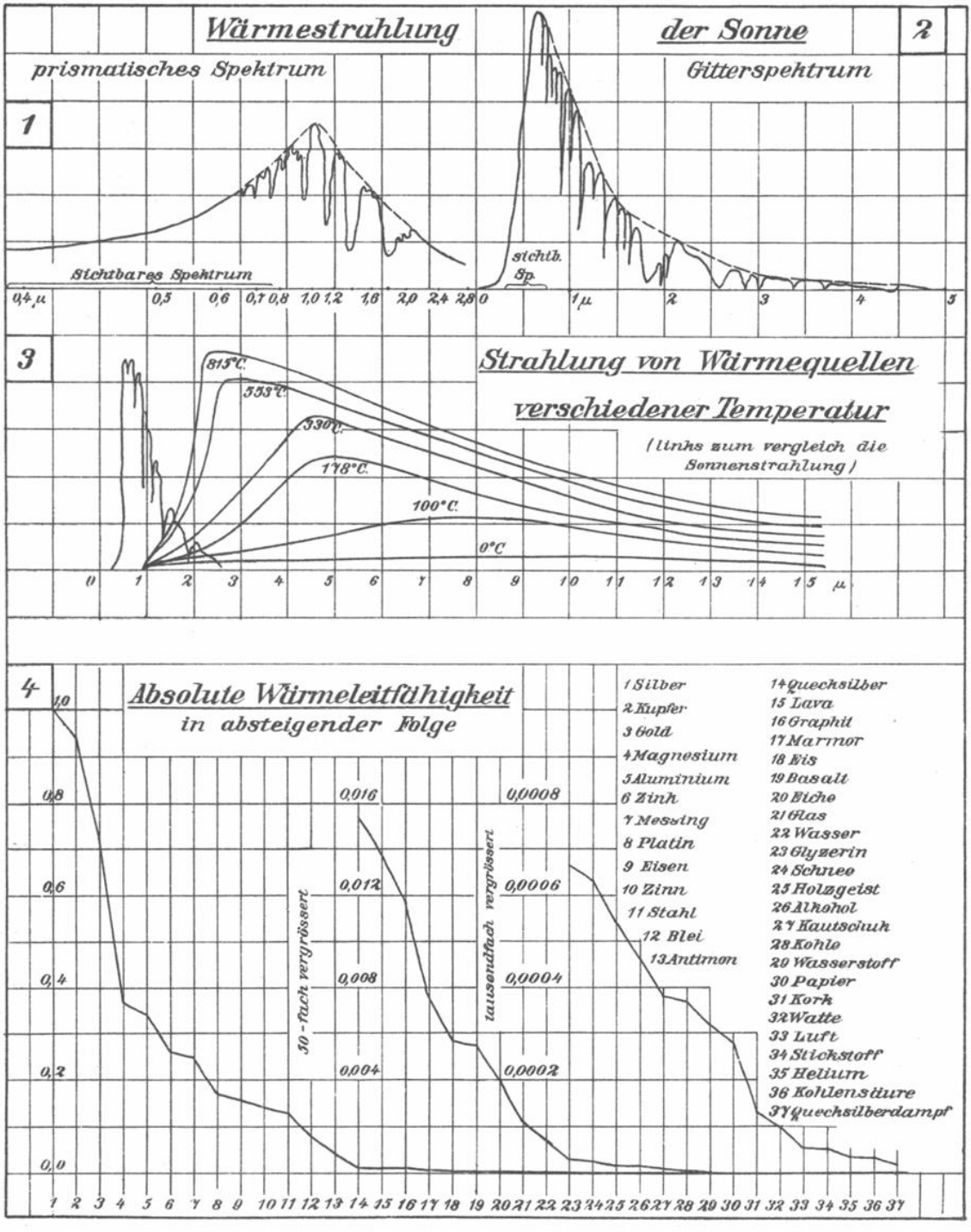

2
1
3
Zink-Amalgam
Zinn-Amalgam
Blei-Amalgam
% festes Metall
0 20 40 60 80 100
0,068
0,064
0,060
0,056
0,052
0,048
0,044
0,040
0,036
0,032
0,028
Spezifische Wärme von Amalgamen
1,3
1,25
1,2
1,15
1,1
1,05
1
0,95
0,9
0,85
0,8
0,75
Diamant
Alkohol
Bor
Aether
Silicium
Kohlensäure
Eisen
Wasser
Aluminium
Blei
Platin
Kupfer
Silber
Quecksilber
-200° -150° -100° -50° 50° 100° 150° 200° 250° 300
Blei
Platin
Kupfer
Eisen
Bor
Silicium
Diamant
Relative spezifische Wärme
(die bei 0° gleich 1)
bei verschiedenen Temperaturen
Spezifische Wärme (- - - -)
und
Spezifische Wärme gleicher Volumina (-·-·-)
Jenaer Gläser
(ausgeglichen)
Skale der
Skale der
0,22
0,20
0,18
0,16
0,14
0,12
0,10
0,08
0,60
0,56
0,52
0,48

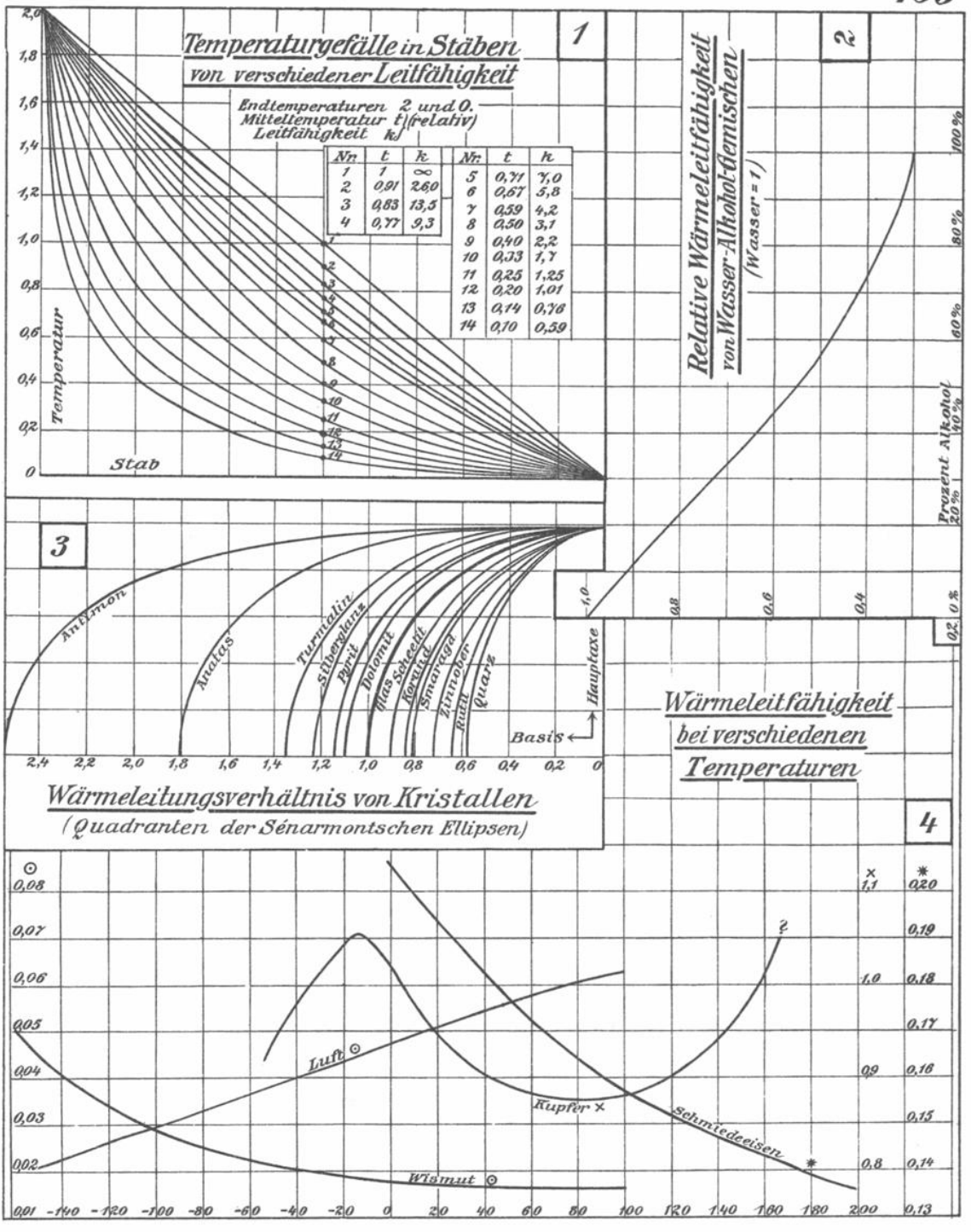

m/sec
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
1
Wahrscheinlichkeit einer Geschw.
Geschw.-best. Grösse, aber beliebiger Richtung
Wahrscheinlichkeit e.
Wert
Mittelwert
Wahrscheinlicher Arithmetischer
Energetischer Mittelwert der Geschwindigkeit
von best. Grösse u. Richtung
0
1
1,13
1,22
2
3
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Maxwells Gesetz
der Verteilung
der Geschwindigkeiten
unter die Moleheln
eines Gases
2
Wasserst.
Grubengas
Ammoniak
Wasserdampf
Kohlenoxyd
Stickstoff
Aethylen
Luft
Stickoxyd
Sauerstoff
Methylalkohol
Chlorwasserstoff
Stickoxydul
Kohlensäure
Alkohol
Methylaether
Cyan
Aceton
Schwefl. Säure
Chlor
Aether
Jodwasserstoff
Brom
Quecksilber
Jod
Molekulargeschwindigkeit
der Gase
(energetischer Mittelwert)
3
Verhältnis
der
spezifisch. Wärmen
als Funktion
der Atomzahl
(Mittelwerte)
1,6
1,4
1,2
1,0
1
2
3
4
5
6
7
8
4
Wasserstoff
Sauerstoff
Stickstoff
Kohlenoxyd
Grubengas
Wasser
Kohlensäure
Aethylen
Schwefl. Säure
Chlor
Cyan
Weglänge der Moleheln
bei normalem Druck u. Temp.
millimeter mm
180
160
140
120
100
80
60
40

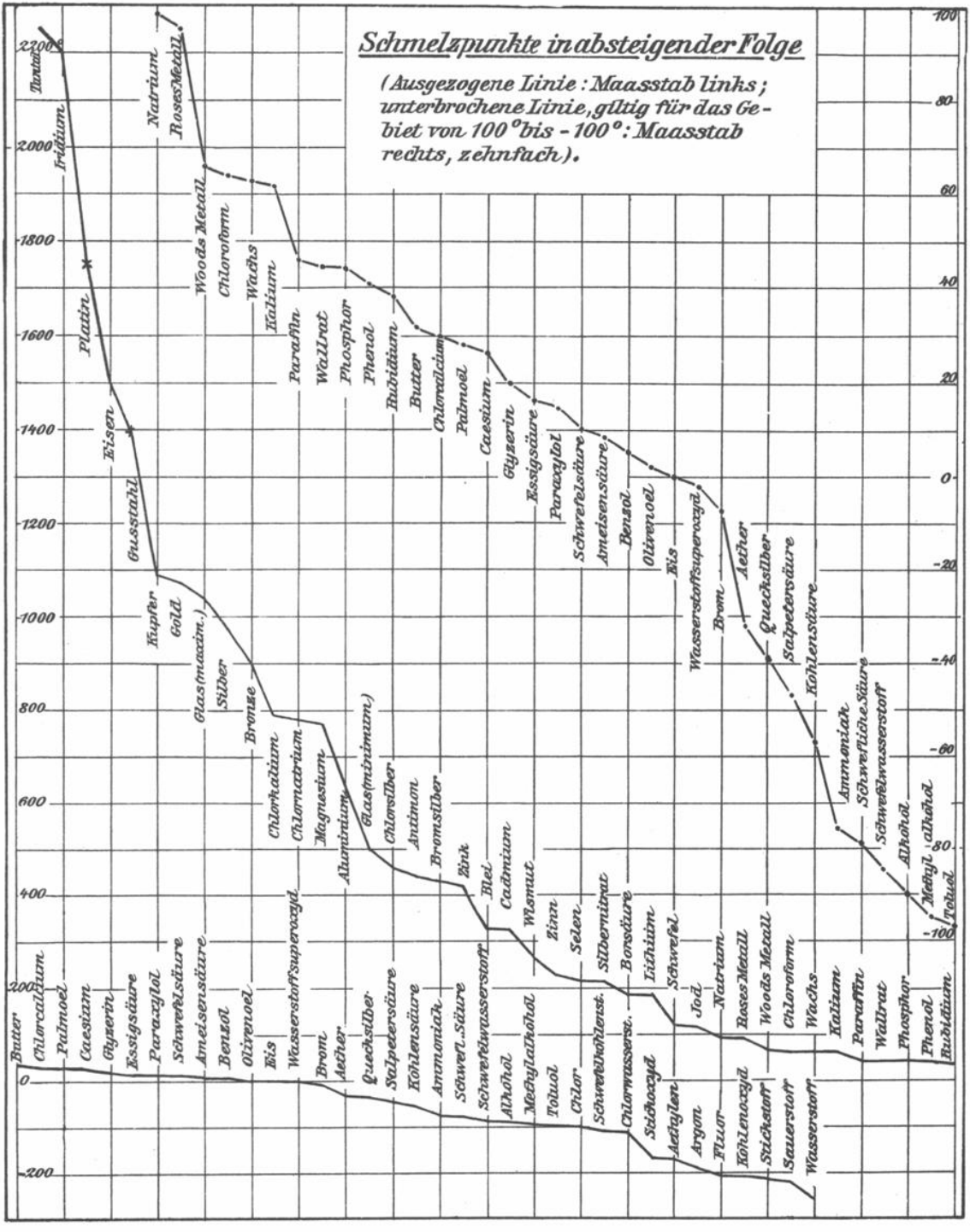
Strahlende Wärme



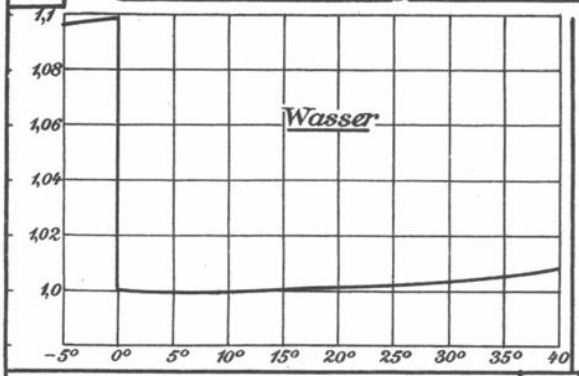

1
Diathermansie bei 2,6 mm Schichtdicke
Steinsalz
Flusspat
Bronze
Kalkspat
Spiegelglas
Bergkristall
Rauchtopas
Saures chroms. Kali
Topas
Weissbleierz
Schwerspat
Achat (durchscheinend.)
weiss
Adular
Amethyst
Bernstein (künstl.)
Aquamarin
Achat (gelb)
Borax
Turmalin
Ochsenhorn
Gummi
Schwerspat (gefärbt)
Glas (schwarz)
Gips
Sardonix
Citronensäure
Kohlens. Ammoniak
Weins. Kalinatron
Bernstein (natürlich)
Glimmer (schwarz)
Alaun
Leim
Perlmutter
Kandiszucker
Zucker (geschmolzen)
Eis (schwerein)
1200°
800°
400°
100°
2
Wasserdampf (15 cm-Schicht)
Kohlensäure (20 cm- ")
Absorption der Wärme
Absorption in Proz.
Wellenlänge in μ
3
1377° abs.
1087° abs.
836,5° abs.
Emission des schwarzen Körpers (rel.)
Wellenlänge in μ
4
Strahlung des schwarzen Körpers
(Stefansches Gesetz)
Strahlung (relativ)
→ 10⁻¹¹ (T⁴ - T₀⁴) →

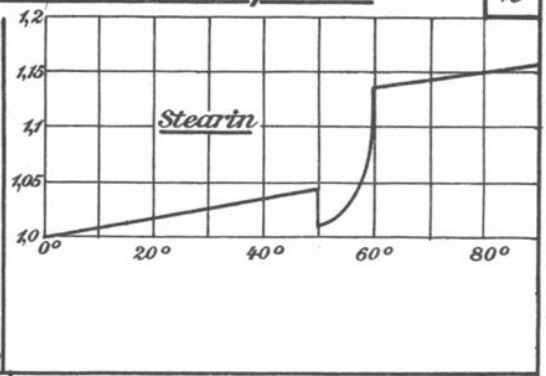

Wärmestrahlung der Sonne
2
prismatisches Spektrum
Gitterspektrum
1
Sichtbares Spektrum
sichtb. Sp.
0,4 μ 0,5 0,6 0,7 0,8 1,0 1,2 1,6 2,0 2,4 2,8
0 1 μ 2 3 4 5
3
Strahlung von Wärmequellen verschiedener Temperatur
(links zum vergleich die Sonnenstrahlung)
815°C.
553°C.
330°C.
178°C.
100°C.
0°C
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 μ
4
Absolute Wärmeleitfähigkeit in absteigender Folge
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
0,016
0,012
0,008
0,004
0,0008
0,0006
0,0004
0,0002
50-fach vergrössert
tausendfach vergrössert
1 Silber
2 Kupfer
3 Gold
4 Magnesium
5 Aluminium
6 Zink
7 Messing
8 Platin
9 Eisen
10 Zinn
11 Stahl
12 Blei
13 Antimon
14 Quecksilber
15 Lava
16 Graphit
17 Marmor
18 Eis
19 Basalt
20 Eiche
21 Glas
22 Wasser
23 Glyzerin
24 Schnee
25 Holzgeist
26 Alkohol
27 Kautschuk
28 Kohle
29 Wasserstoff
30 Papier
31 Kork
32 Watte
33 Luft
34 Stickstoff
35 Helium
36 Kohlensäure
37 Quecksilberdampf
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37

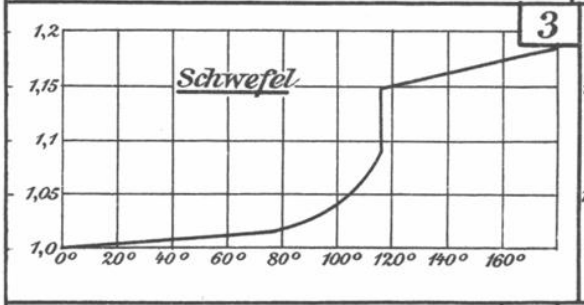

1
Temperaturgefälle in Stäben
von verschiedener Leitfähigkeit
Endtemperaturen 2 und 0.
Mitteltemperatur t (relativ)
Leitfähigkeit k
Nr t k
1 1 ∞
2 0,91 26,0
3 0,83 13,5
4 0,77 9,3
5 0,71 7,0
6 0,67 5,8
7 0,59 4,2
8 0,50 3,1
9 0,40 2,2
10 0,33 1,7
11 0,25 1,25
12 0,20 1,01
13 0,14 0,76
14 0,10 0,59
Temperatur
Stab
2
Relative Wärmeleitfähigkeit
von Wasser-Alkohol-Gemischen
(Wasser = 1)
Prozent Alkohol
3
Antimon
Anatas
Turmalin
Silberglanz
Pyrit
Dolomit
Glas Schweff
Kupfer
Smaragd
Zinnober
Rutil
Quarz
Hauptaxe
Basis
Wärmeleitungsverhältnis von Kristallen
(Quadranten der Sénarmontschen Ellipsen)
Wärmeleitfähigkeit
bei verschiedenen
Temperaturen
4
Luft
Kupfer
Schmiedeeisen
Wismut

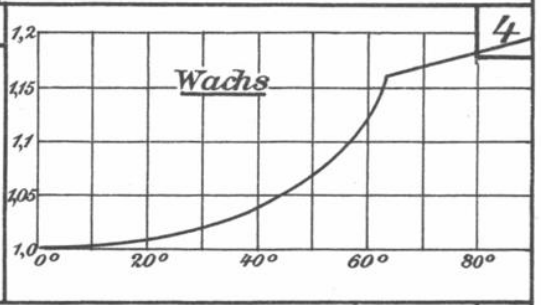

Schmelzpunkte in absteigender Folge
(Ausgezogene Linie: Maasstab links; unterbrochene Linie, gültig für das Gebiet von 100° bis -100°: Maasstab rechts, zehnfach).
2200
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
-200
100
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
-80
-100
Tantal
Iridium
Platin
Eisen
Gusstahl
Kupfer
Gold
Glas (maxim.)
Silber
Bronze
Natrium
Roses Metall
Woods Metall
Chloroform
Wachs
Kalium
Paraffin
Wallrat
Phosphor
Phenol
Rubidium
Butter
Chlorcalcium
Palmoel
Caesium
Glyzerin
Essigsäure
Paraxylol
Schwefelsäure
Ameisensäure
Benzol
Olivenoel
Eis
Wasserstoffsuperoxyd
Brom
Aether
Quecksilber
Salpetersäure
Kohlensäure
Ammoniak
Schwefliche Säure
Schwefelwasserstoff
Alkohol
Methyl alkohol
Toluol
Chlorkalium
Chlornatrium
Magnesium
Aluminium
Glas (minimum)
Chlorsilber
Antimon
Bromsilber
Zink
Blei
Cadmium
Wismut
Zinn
Selen
Silbernitrat
Borsäure
Lithium
Schwefel
Jod
Chlor
Schwefelkohlenst.
Chlorwasserst.
Stickoxyd
Aethylen
Argon
Fluor
Kohlenoxyd
Stickstoff
Sauerstoff
Wasserstoff

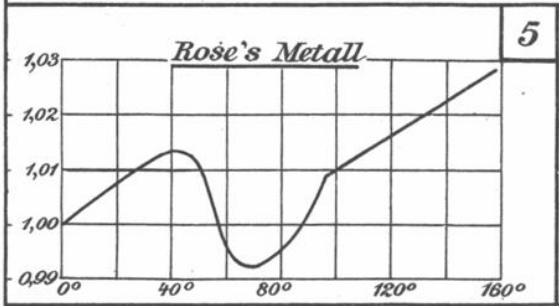
Volumenänderung in der Nähe des Schmelzpunkts

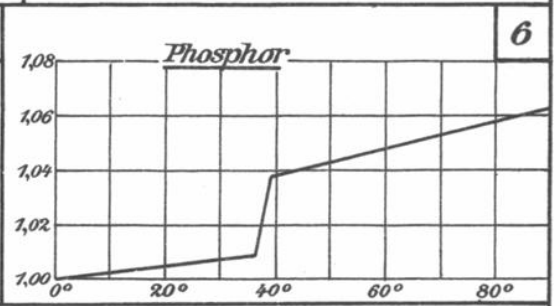


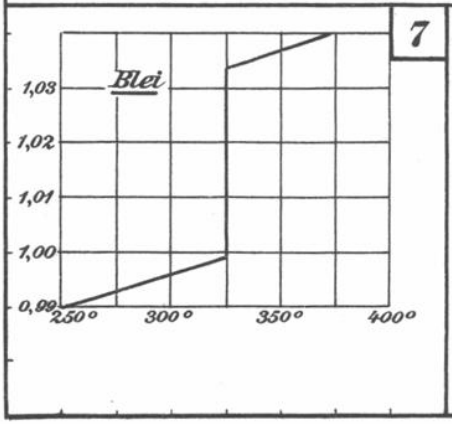


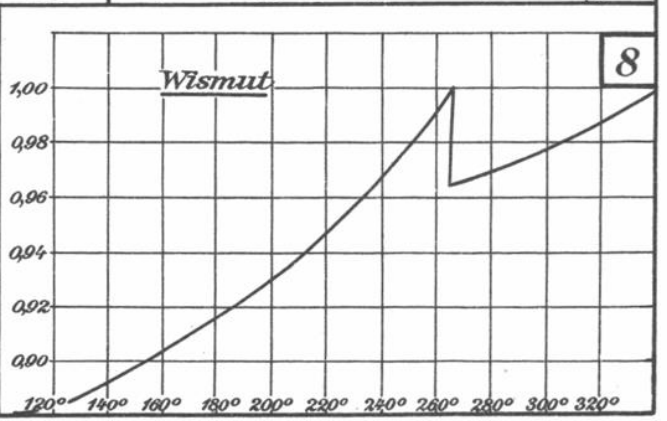




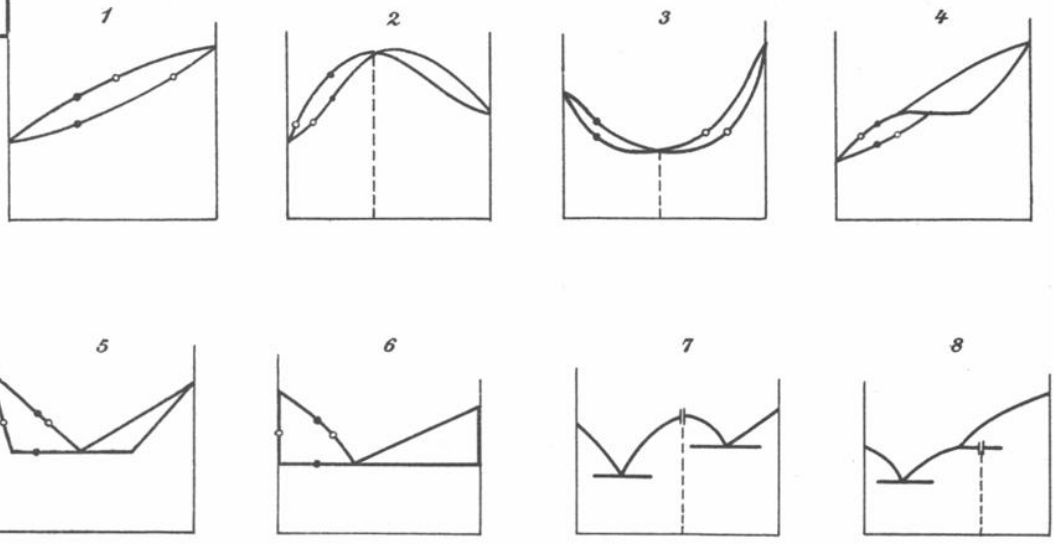




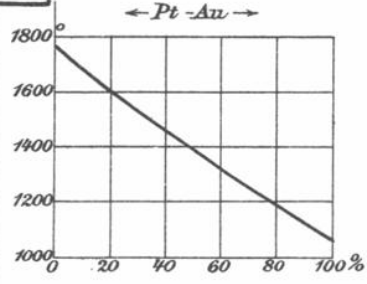




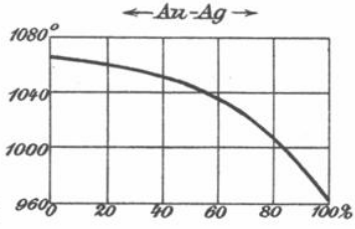
1



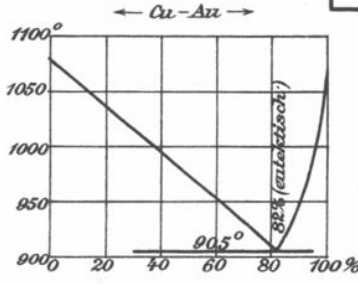
2

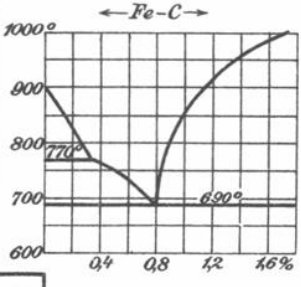


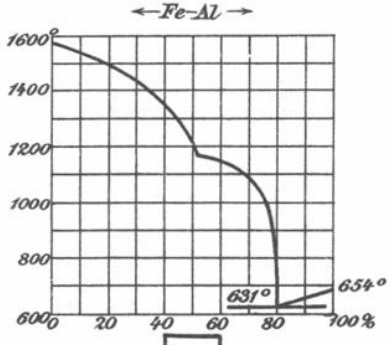
3

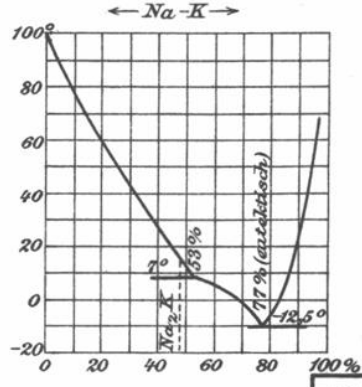


4







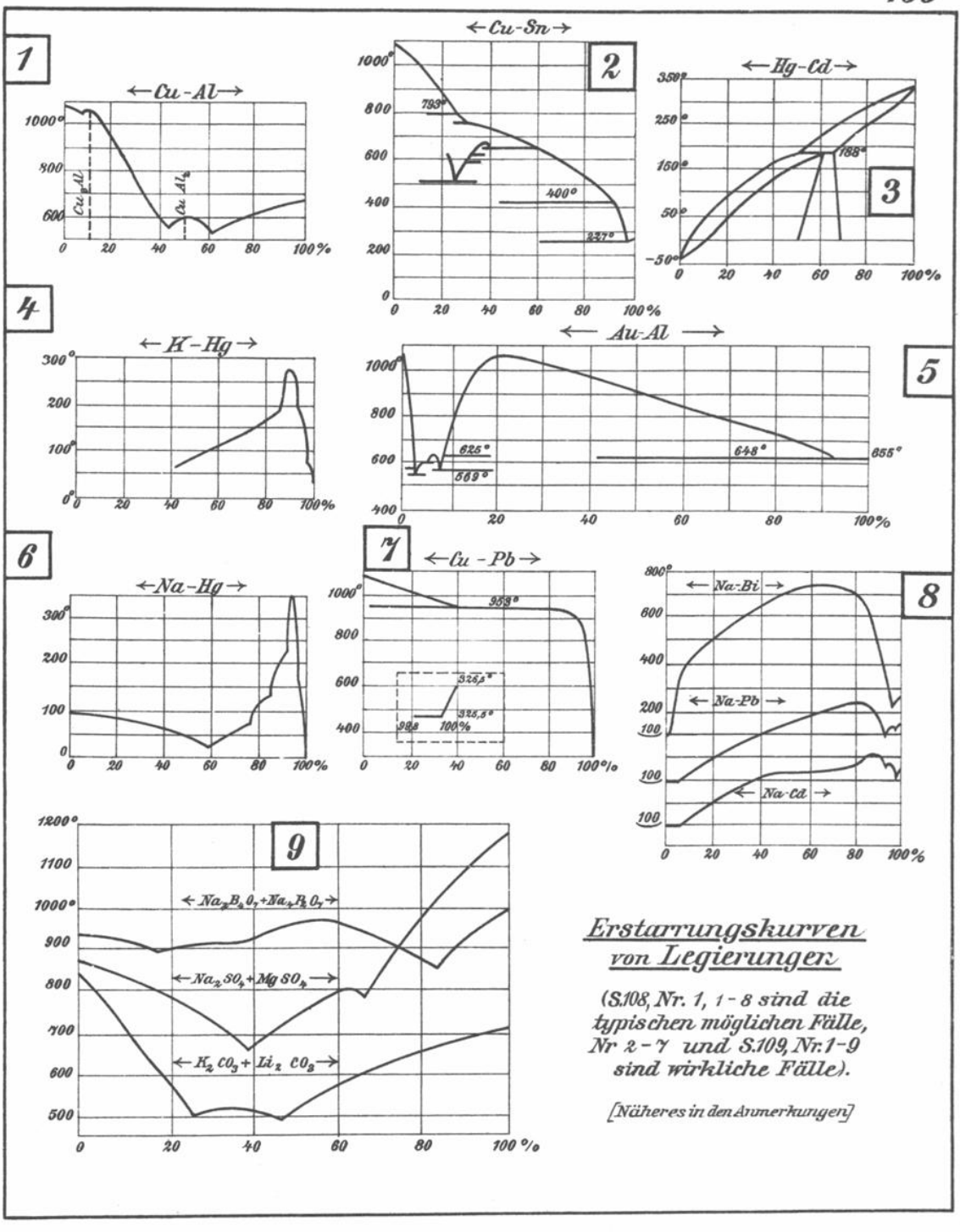


5

6

Erklärung s. folgende Seite!

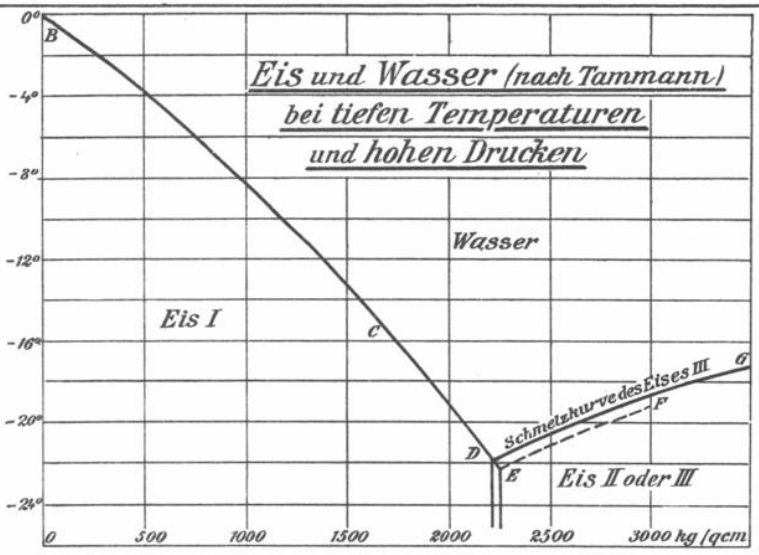
7



Erstarrungskurven von Legierungen

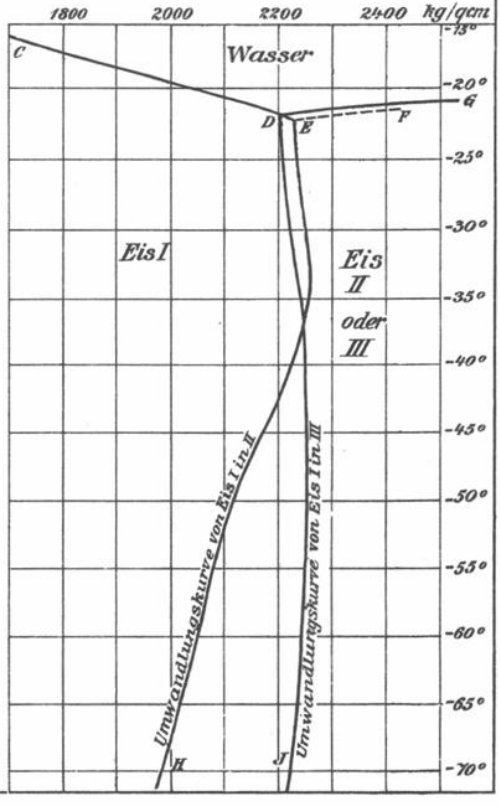
(S.108, Nr. 1, 1 - 8 sind die typischen möglichen Fälle, Nr 2 - 7 und S.109, Nr. 1-9 sind wirkliche Fälle).

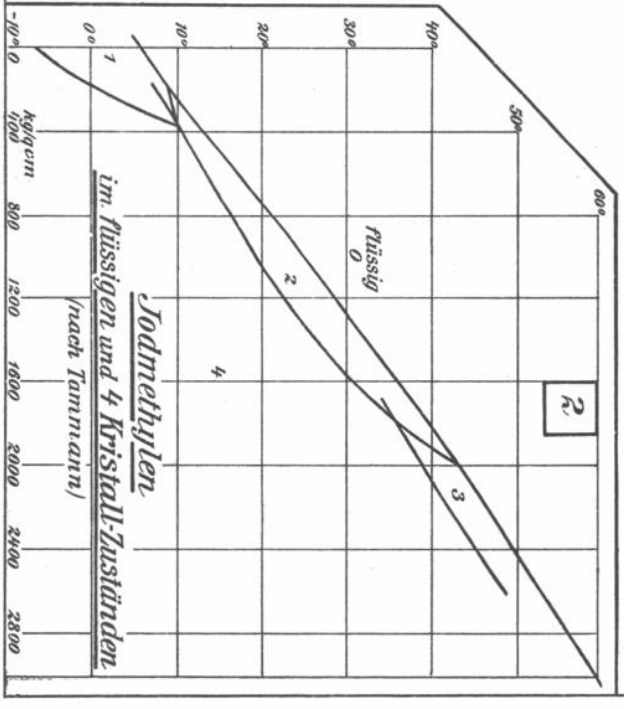
[Näheres in den Anmerkungen]



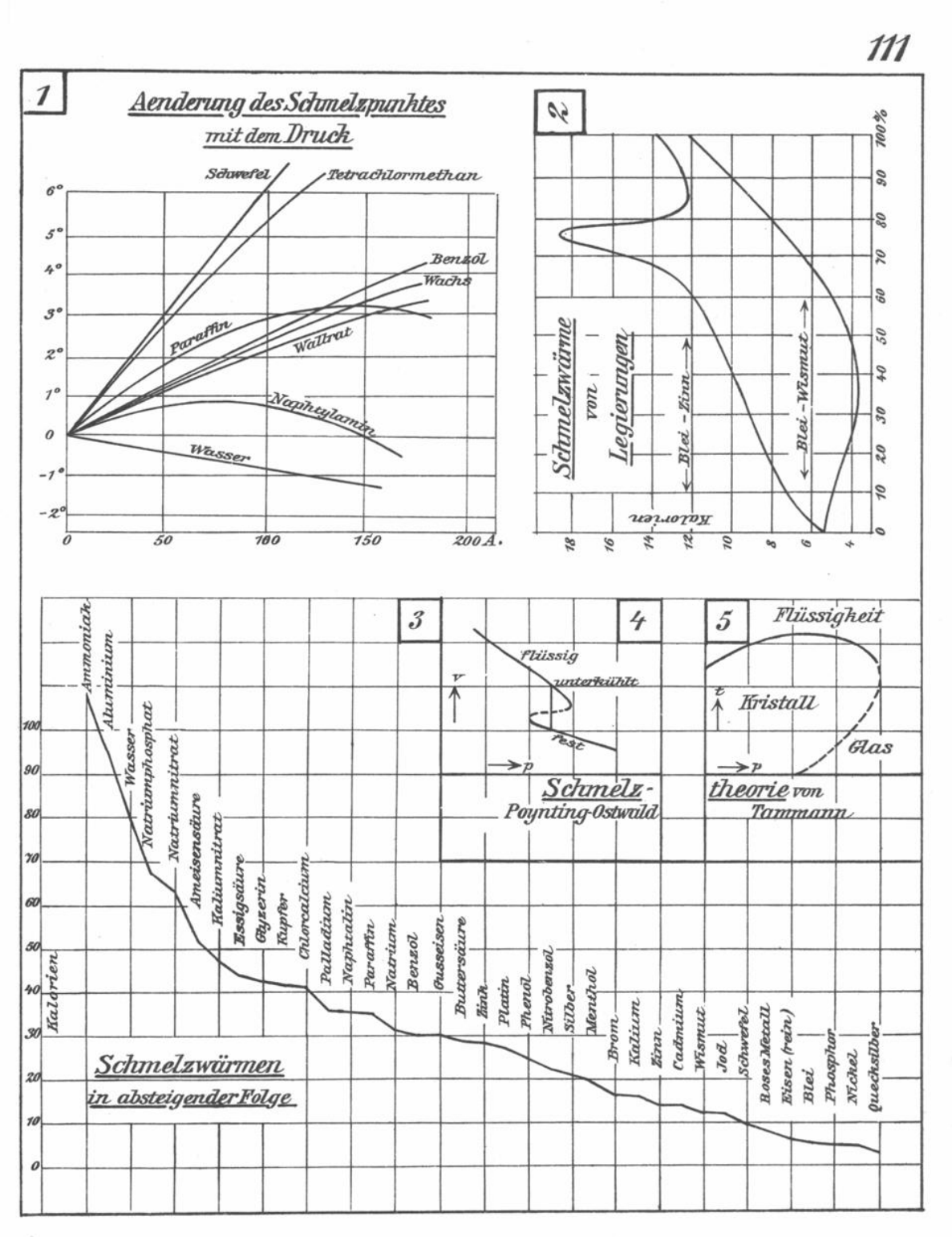
[die untere Figur ist eine Fortsetzung der oberen mit veränderten Maasstäben]

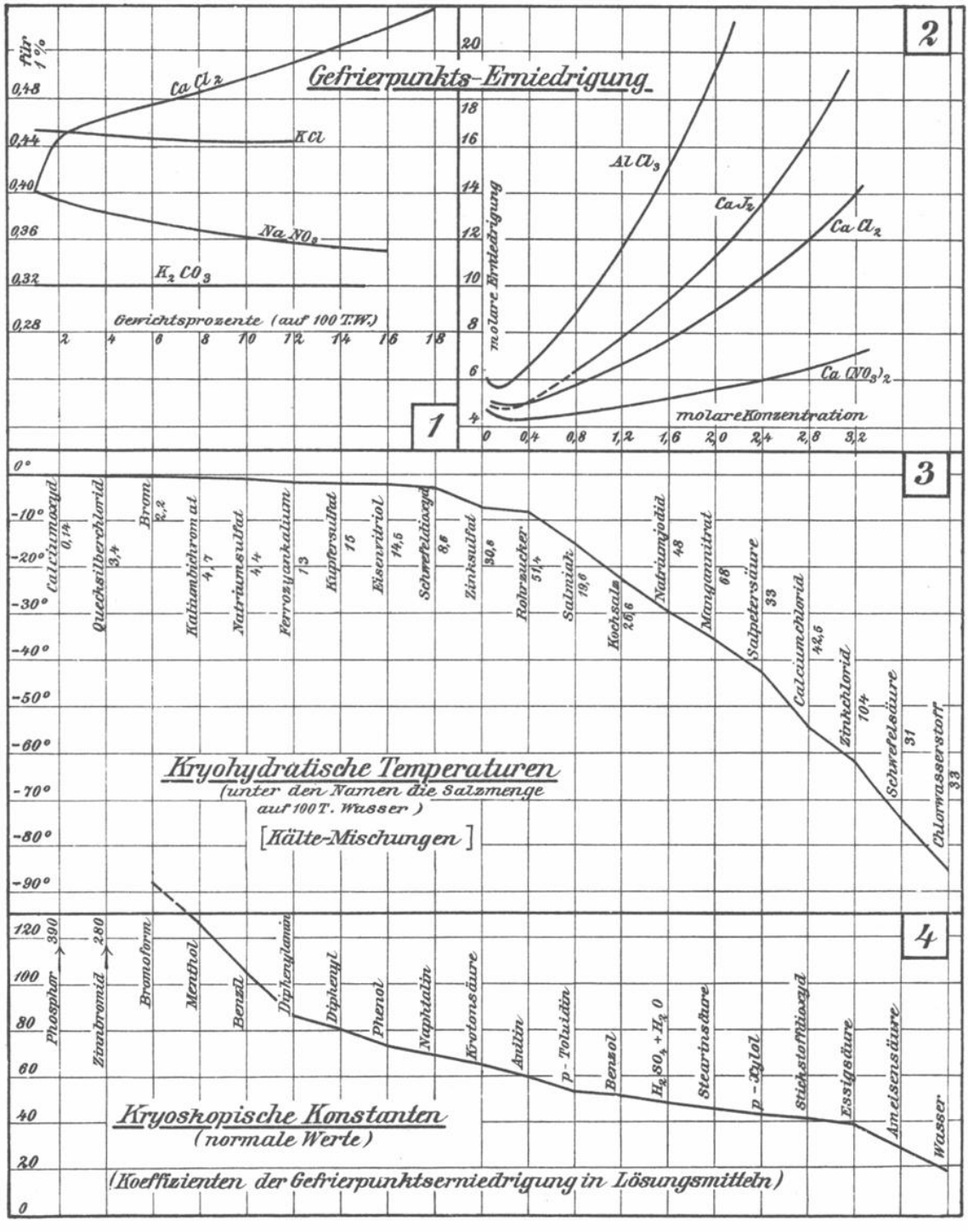
1

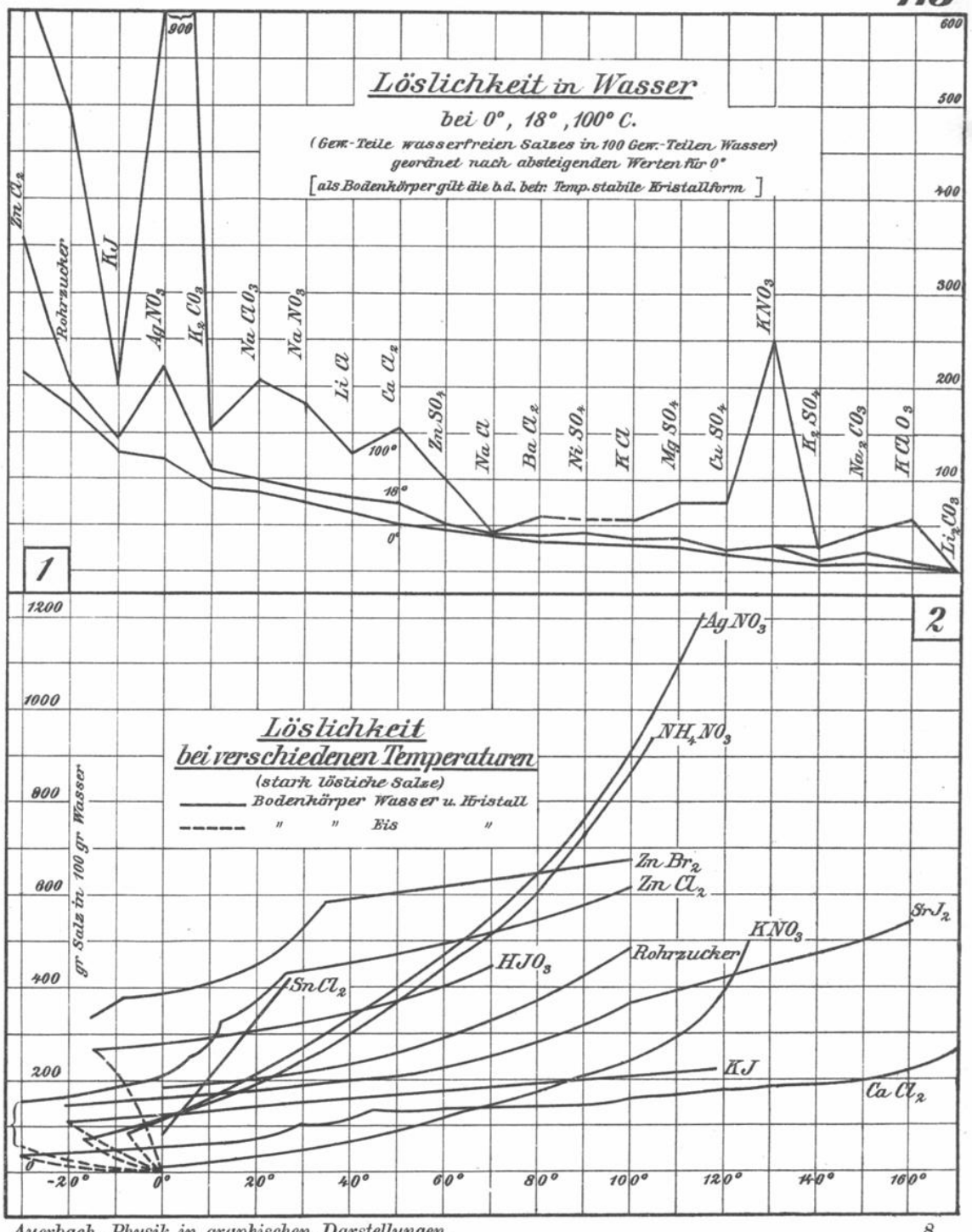


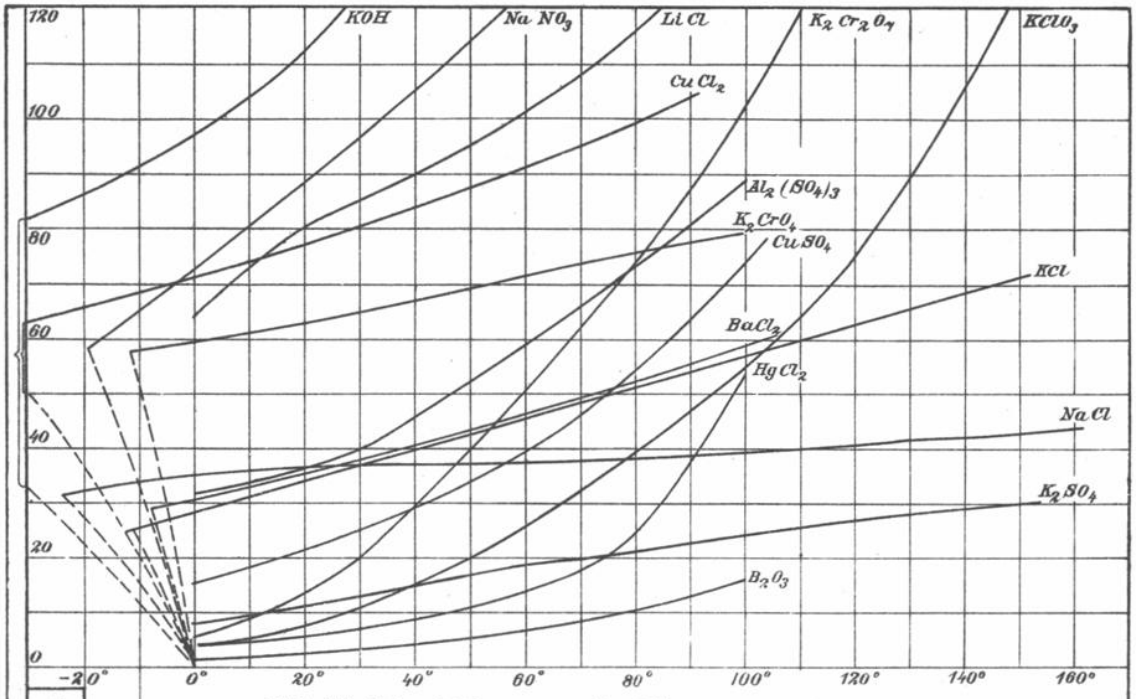


2

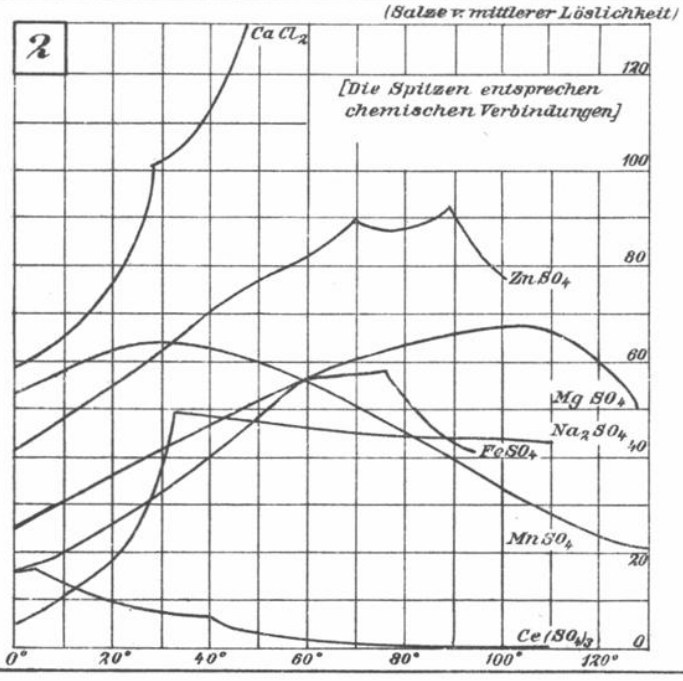

1
Aenderung des Schmelzpunktes mit dem Druck
Schwefel
Tetrachlormethan
Benzol
Wachs
Paraffin
Wallrat
Naphtylamin
Wasser
6°
5°
4°
3°
2°
1°
0
-1°
-2°
0
50
100
150
200 A.
2
Schmelzwärme von Legierungen
Blei - Zinn
Blei - Wismut
Kalorien
18
16
14
12
10
8
6
4
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100 %
3
Schmelzwärmen in absteigender Folge
Kalorien
Ammoniak
Aluminium
Wasser
Natriumphosphat
Natriumnitrat
Ameisensäure
Kaliumnitrat
Essigsäure
Glyzerin
Kupfer
Chlorcalcium
Palladium
Naphtalin
Paraffin
Natrium
Benzol
Gusseisen
Buttersäure
Zink
Platin
Phenol
Nitrobenzol
Silber
Menthol
Brom
Kalium
Zinn
Cadmium
Wismut
Jod
Schwefel
Roses Metall
Eisen (rein)
Blei
Phosphor
Nickel
Quecksilber
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
4
Schmelz-theorie von Poynting-Ostwald
Flüssig
unterkühlt
fest
v
p
5
Schmelz-theorie von Tammann
Flüssigkeit
Kristall
Glas
t
p


2
Gefrierpunkts-Erniedrigung
für 1 %
0,48
0,44
0,40
0,36
0,32
0,28
Ca Cl2
KCl
Na NO3
K2 CO3
Gewichtsprozente (auf 100 T.W.)
2 4 6 8 10 12 14 16 18
1
20
18
16
14
12
10
8
6
4
molare Erniedrigung
Al Cl3
Ca J2
Ca Cl2
Ca (NO3)2
molare Konzentration
0 0,4 0,8 1,2 1,6 2,0 2,4 2,8 3,2
3
0°
-10°
-20°
-30°
-40°
-50°
-60°
-70°
-80°
-90°
Calciumoxyd 0,14
Quecksilberchlorid 3,4
Brom 2,2
Kaliumbichromat 4,7
Natriumsulfat 4,4
Ferrozyankalium 13
Kupfersulfat 15
Eisenvitriol 14,5
Schwefeldioxyd 8,8
Zinksulfat 30,8
Rohrzucker 51,4
Salmiak 19,6
Kochsalz 26,6
Natriumjodid 48
Mangannitrat 68
Salpetersäure 33
Calciumchlorid 42,6
Zinkchlorid 104
Schwefelsäure 31
Chlorwasserstoff 33
Kryohydratische Temperaturen
(unter den Namen die Salzmenge auf 100 T. Wasser)
[Kälte-Mischungen]
4
120
100
80
60
40
20
0
Phosphor 390
Zinnbromid 280
Bromoform
Menthol
Benzol
Diphenylamin
Diphenyl
Phenol
Naphtalin
Krotonsäure
Anilin
p-Toluidin
Benzol
H2SO4 + H2O
Stearinsäure
p-Xylol
Stickstoffdioxyd
Essigsäure
Ameisensäure
Wasser
Kryoskopische Konstanten
(normale Werte)
(Koeffizienten der Gefrierpunktserniedrigung in Lösungsmitteln)

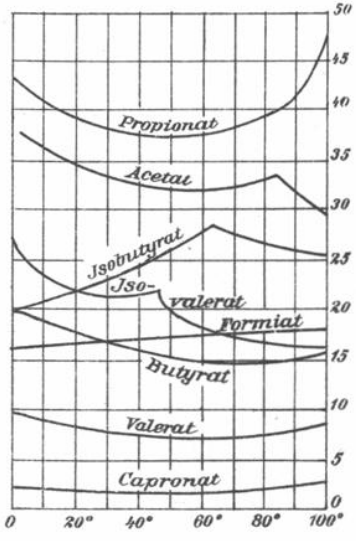

Löslichkeit in Wasser
bei 0°, 18°, 100° C.
(Gew.-Teile wasserfreien Salzes in 100 Gew.-Teilen Wasser)
geordnet nach absteigenden Werten für 0°
[als Bodenkörper gilt die b.d. betr. Temp. stabile Kristallform]
1
Zn Cl2
Rohrzucker
KJ
Ag NO3
K2 CO3
Na Cl O3
Na NO3
Li Cl
Ca Cl2
Zn SO4
Na Cl
Ba Cl2
Ni SO4
K Cl
Mg SO4
Cu SO4
KNO3
K2 SO4
Na2 CO3
K Cl O3
Li2 CO3
100°
18°
0°
900
600
500
400
300
200
100
2
Löslichkeit
bei verschiedenen Temperaturen
(stark lösliche Salze)
Bodenkörper Wasser u. Kristall
" " Eis "
gr Salz in 100 gr Wasser
1200
1000
800
600
400
200
0
Ag NO3
NH4 NO3
Zn Br2
Zn Cl2
Sr J2
KNO3
Rohrzucker
HJ O3
Sn Cl2
KJ
Ca Cl2
-20°
0°
20°
40°
60°
80°
100°
120°
140°
160°

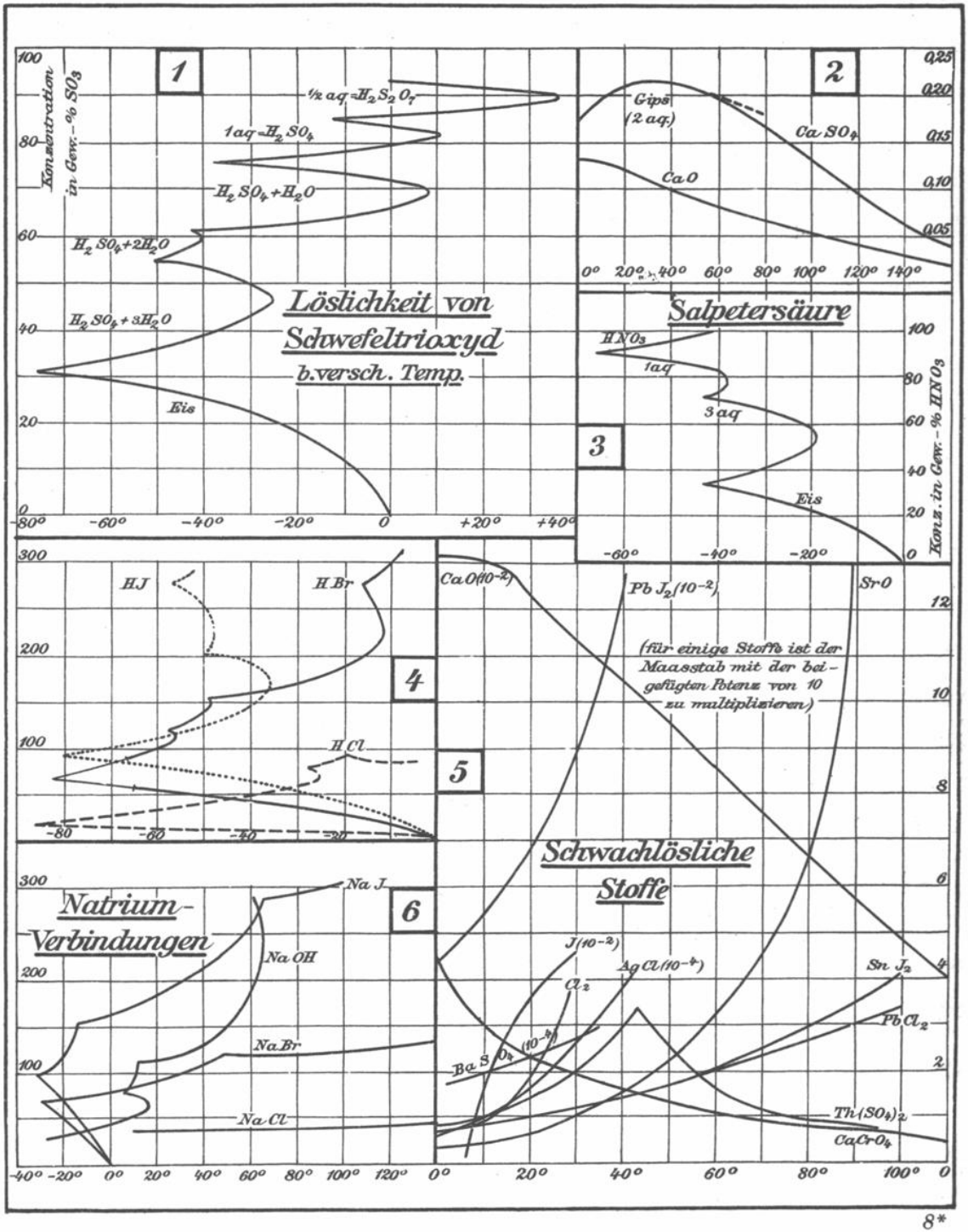


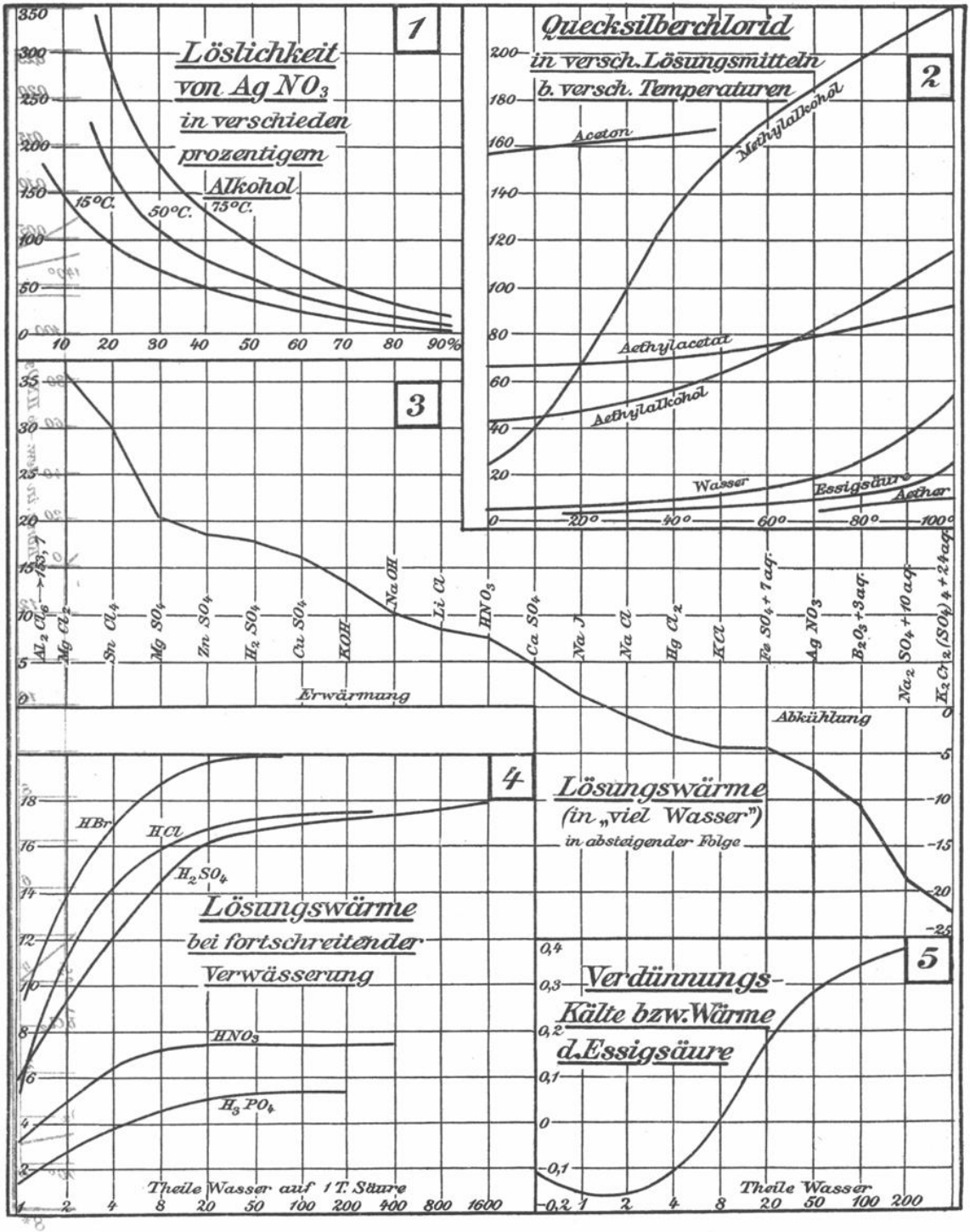
1 **Löslichkeit b. versch. Temperaturen** (vgl. d. vorige Tafel)

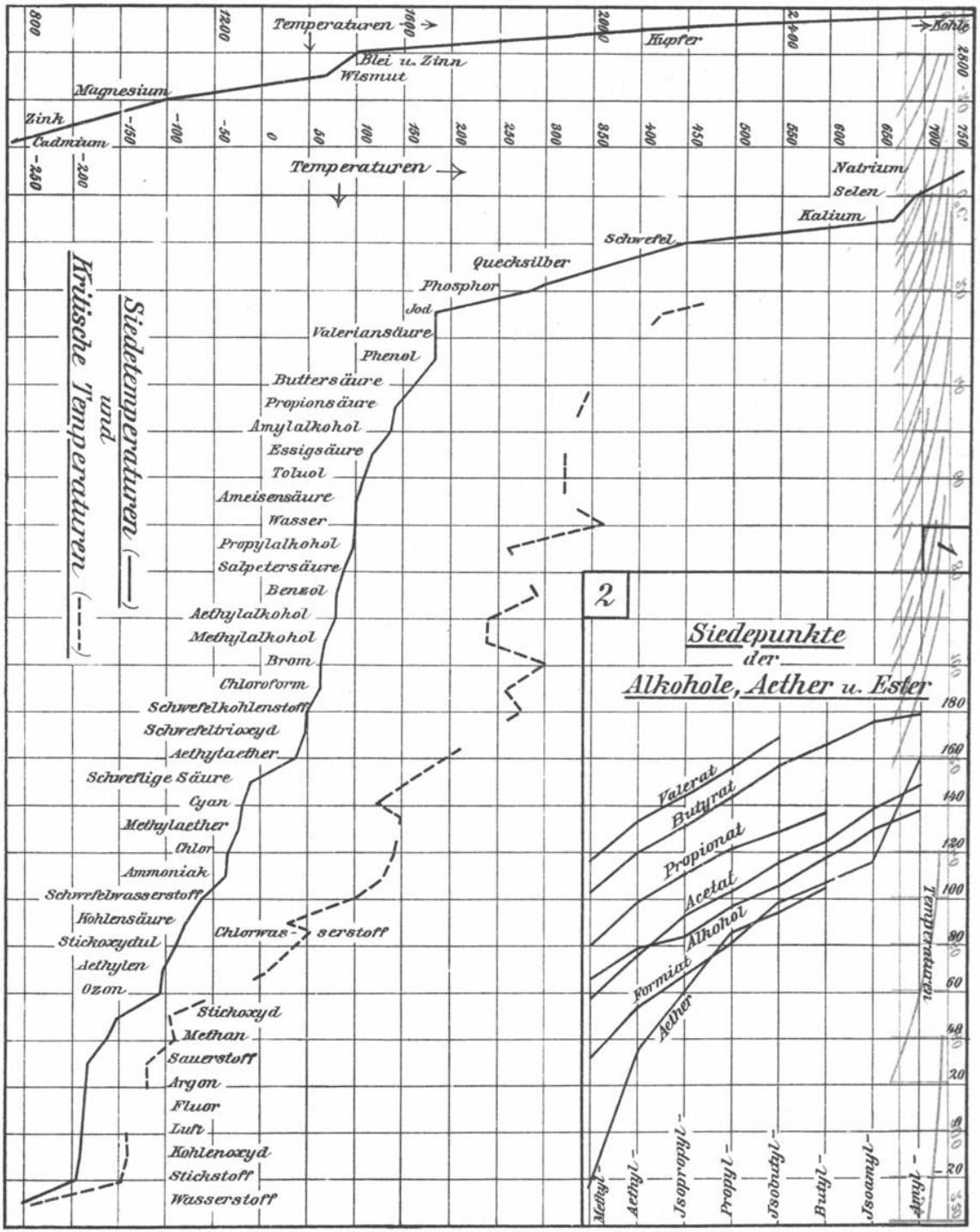


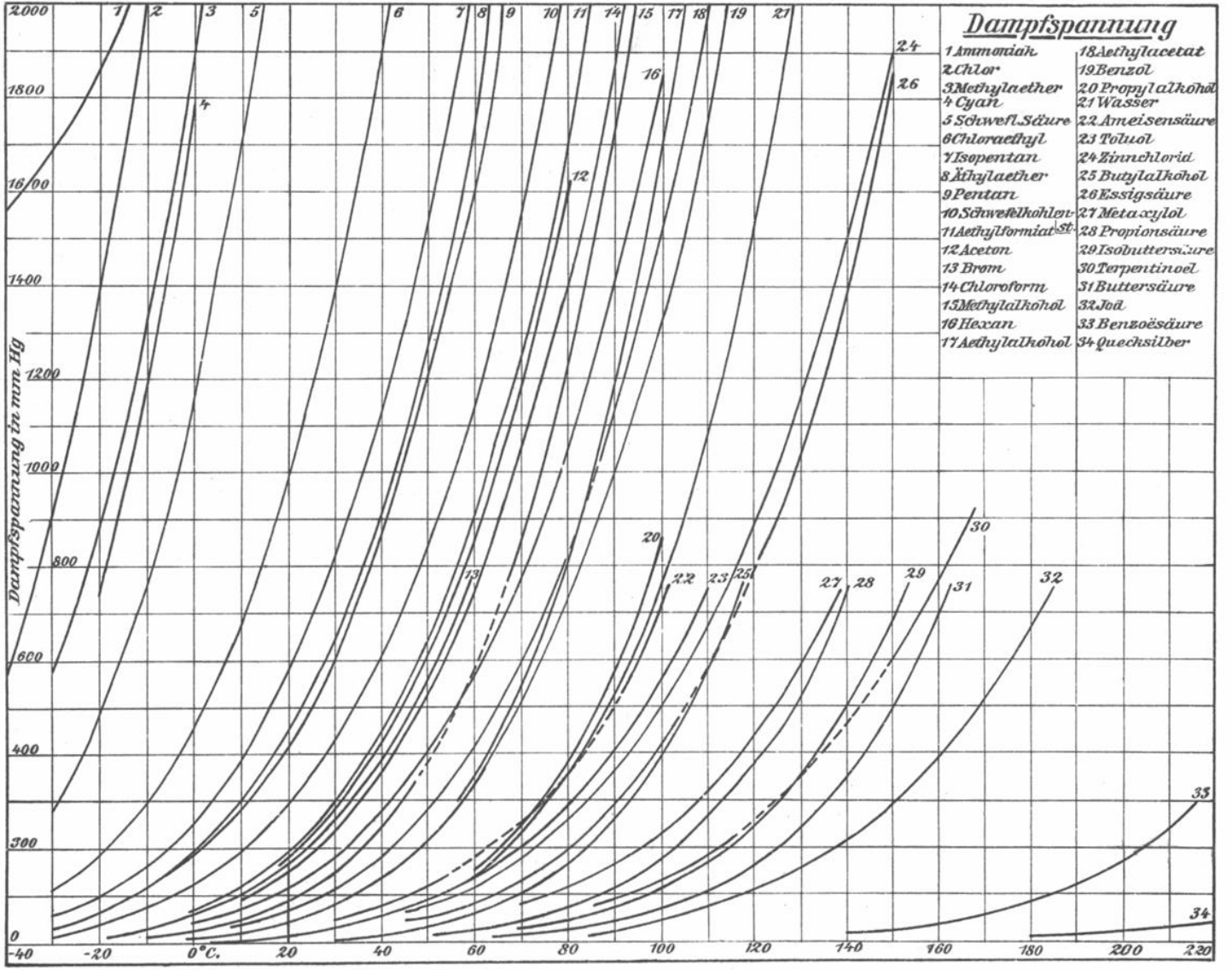
3 **Organische Calcium-Salze**

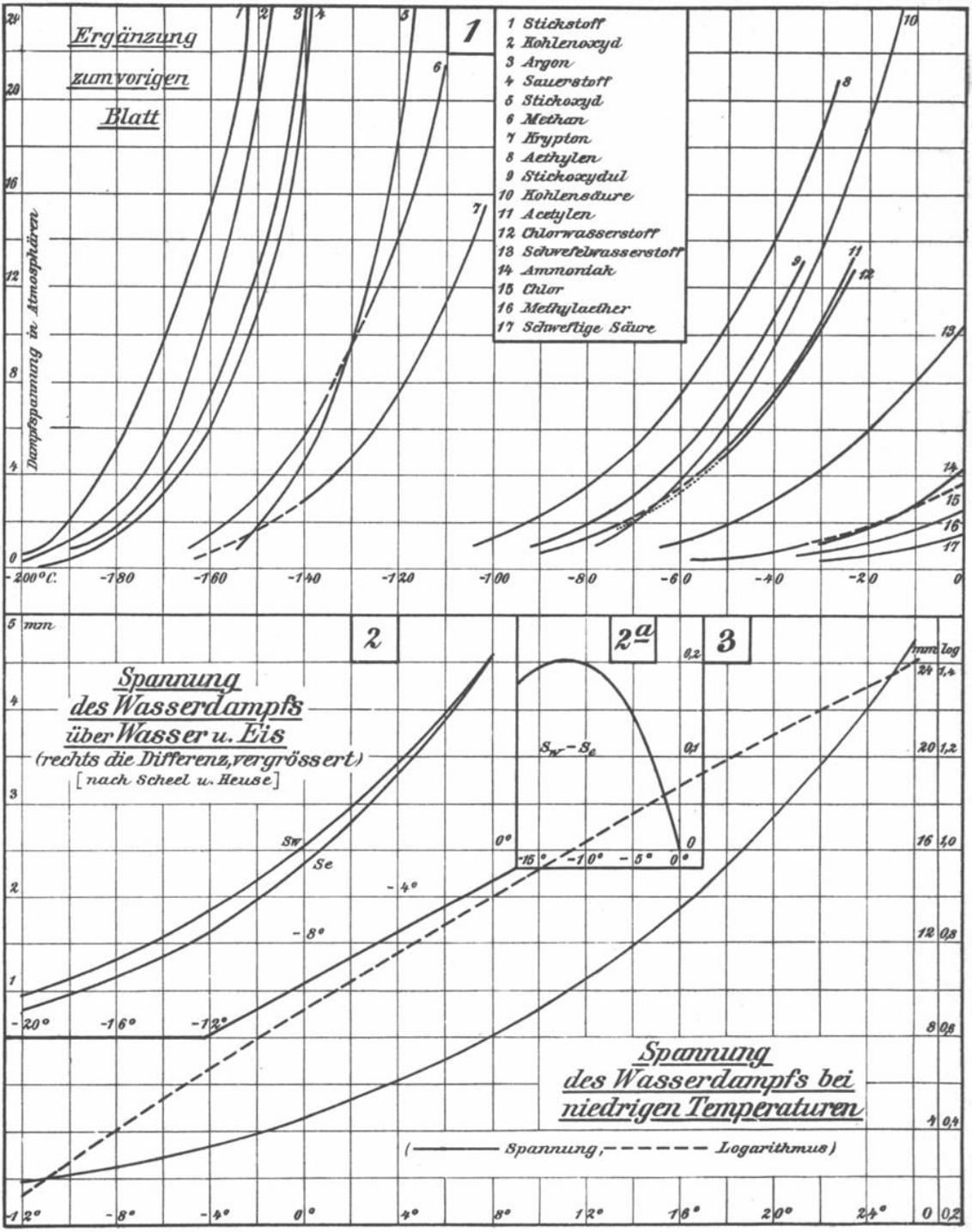


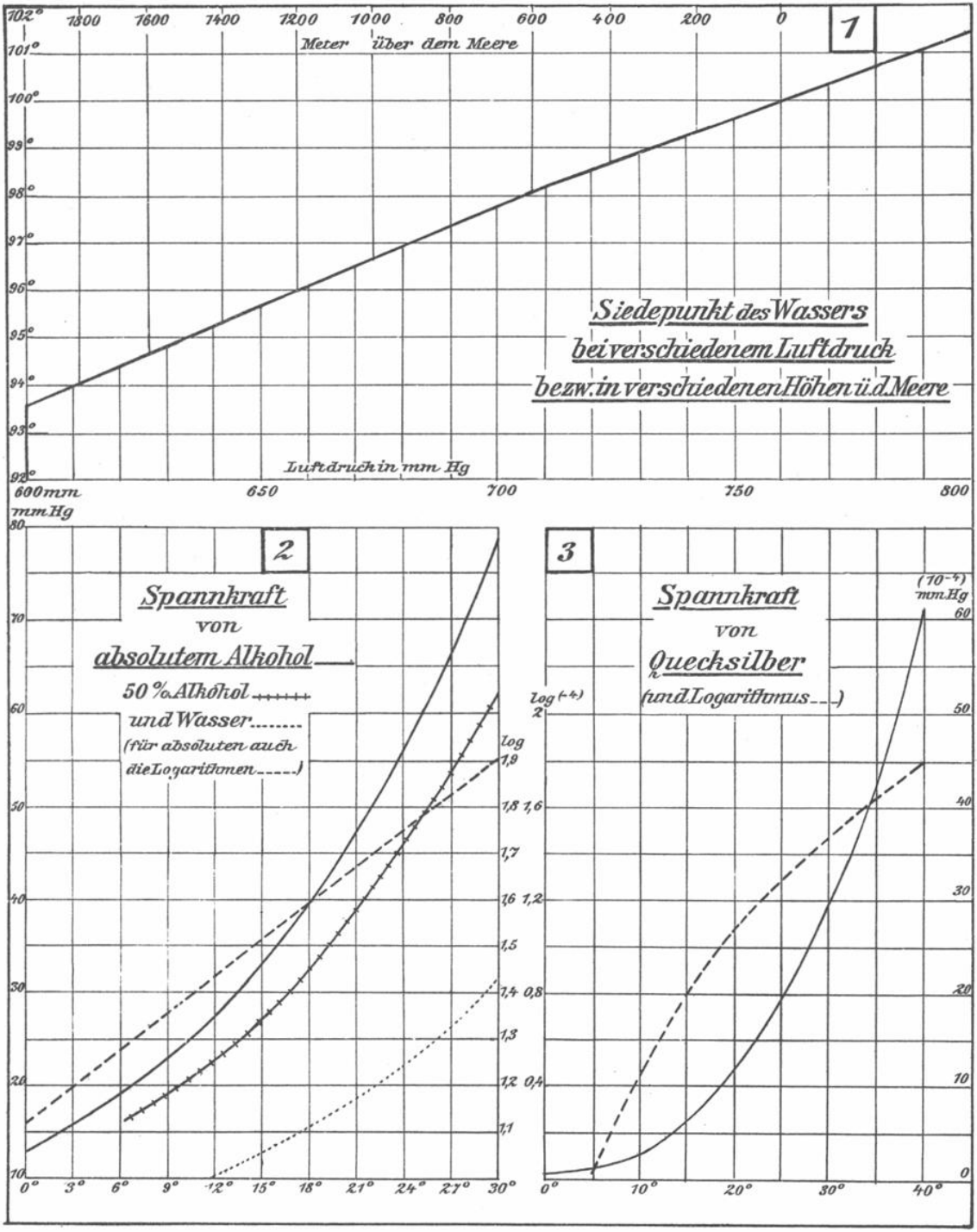

1
Konzentration in Gew.-% SO_3
½ aq = $H_2S_2O_7$
1 aq = H_2SO_4
$H_2SO_4 + H_2O$
$H_2SO_4 + 2H_2O$
$H_2SO_4 + 3H_2O$
Eis
Löslichkeit von Schwefeltrioxyd b. versch. Temp.
2
Gips (2 aq)
$CaSO_4$
CaO
Salpetersäure
3
HNO_3
1 aq
3 aq
Eis
Konz. in Gew.-% HNO_3
4
HJ
HBr
HCl
5
CaO (10^{-2})
PbJ_2 (10^{-2})
SrO
(für einige Stoffe ist der Maasstab mit der beigefügten Potenz von 10 zu multiplizieren)
Schwachlösliche Stoffe
J (10^{-2})
AgCl (10^{-4})
Cl_2
$BaSO_4$ (10^{-4})
SnJ_2
$PbCl_2$
$Th(SO_4)_2$
$CaCrO_4$
6
Natrium-Verbindungen
NaJ
NaOH
NaBr
NaCl

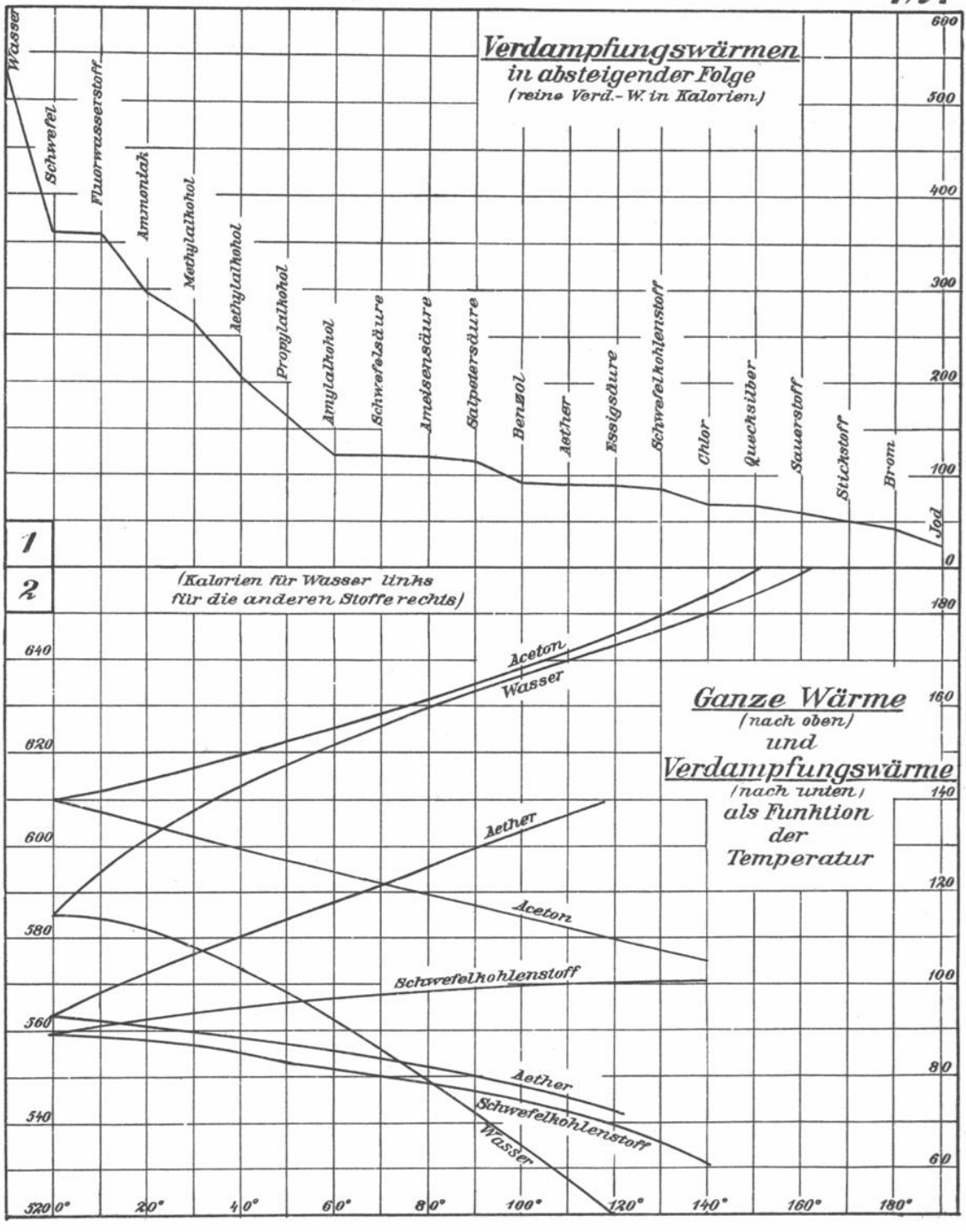

1
Löslichkeit von $AgNO_3$ in verschieden prozentigem Alkohol
15°C.
50°C.
75°C.
2
Quecksilberchlorid in versch. Lösungsmitteln b. versch. Temperaturen
Aceton
Methylalkohol
Aethylacetat
Aethylalkohol
Wasser
Essigsäure
Aether
3
$Al_2Cl_6 \rightarrow 12,7$
$MgCl_2$
$SnCl_4$
$MgSO_4$
$ZnSO_4$
H_2SO_4
$CuSO_4$
KOH
NaOH
LiCl
HNO_3
$CaSO_4$
NaJ
NaCl
$HgCl_2$
KCl
$FeSO_4 + 7aq.$
$AgNO_3$
$B_2O_3 + 3aq.$
$Na_2SO_4 + 10aq.$
$K_2Cr_2(SO_4)_4 + 24aq.$
Erwärmung
Abkühlung
Lösungswärme (in „viel Wasser") in absteigender Folge
4
HBr
HCl
H_2SO_4
Lösungswärme bei fortschreitender Verwässerung
HNO_3
H_3PO_4
Theile Wasser auf 1 T. Säure
5
Verdünnungs-Kälte bzw. Wärme d. Essigsäure
Theile Wasser

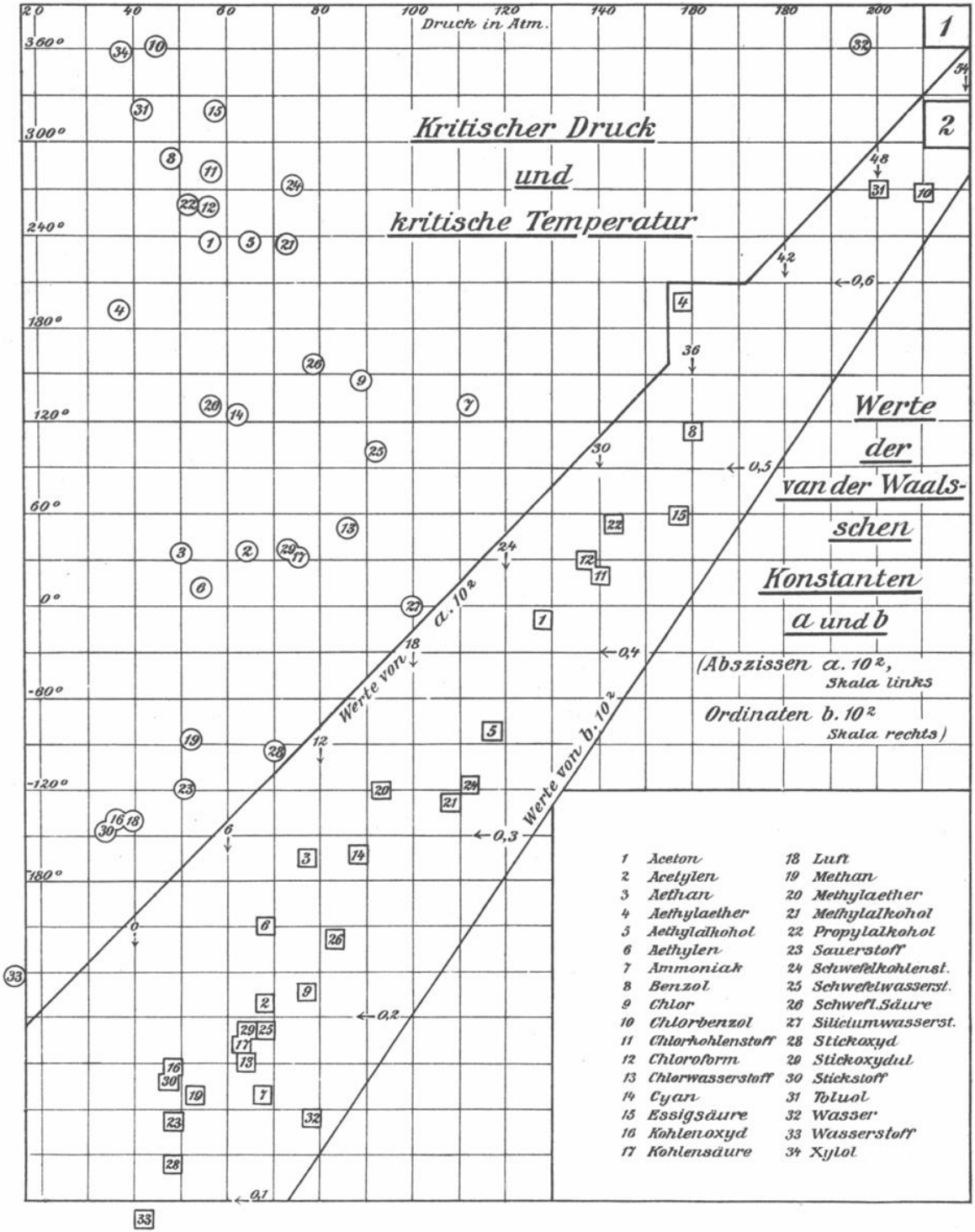

Temperaturen
Kohle
Kupfer
Blei u. Zinn
Wismut
Magnesium
Zink
Cadmium
Temperaturen
Natrium
Selen
Kalium
Schwefel
Quecksilber
Phosphor
Jod
Valeriansäure
Phenol
Buttersäure
Propionsäure
Amylalkohol
Essigsäure
Toluol
Ameisensäure
Wasser
Propylalkohol
Salpetersäure
Benzol
Aethylalkohol
Methylalkohol
Brom
Chloroform
Schwefelkohlenstoff
Schwefeltrioxyd
Aethylaether
Schweflige Säure
Cyan
Methylaether
Chlor
Ammoniak
Schwefelwasserstoff
Kohlensäure
Stickoxydul
Aethylen
Ozon
Chlorwasserstoff
Stickoxyd
Methan
Sauerstoff
Argon
Fluor
Luft
Kohlenoxyd
Stickstoff
Wasserstoff
Siedetemperaturen (——)
und
Kritische Temperaturen (- - - -)
2
Siedepunkte
der
Alkohole, Aether u. Ester
Valerat
Butyrat
Propionat
Acetat
Alkohol
Formiat
Aether
Temperaturen
Methyl-
Aethyl-
Isopropyl-
Propyl-
Isobutyl-
Butyl-
Isoamyl-
Amyl-


Dampfspannung
1 Ammoniak
2 Chlor
3 Methylaether
4 Cyan
5 Schwefl. Säure
6 Chloraethyl
7 Isopentan
8 Äthylaether
9 Pentan
10 Schwefelkohlenst.
11 Aethylformiat
12 Aceton
13 Brom
14 Chloroform
15 Methylalkohol
16 Hexan
17 Aethylalkohol
18 Aethylacetat
19 Benzol
20 Propylalkohol
21 Wasser
22 Ameisensäure
23 Toluol
24 Zinnchlorid
25 Butylalkohol
26 Essigsäure
27 Metaxylol
28 Propionsäure
29 Isobuttersäure
30 Terpentinoel
31 Buttersäure
32 Jod
33 Benzoësäure
34 Quecksilber
Dampfspannung in mm Hg
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
300
0
-40
-20
0°C.
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220


Ergänzung
zum vorigen
Blatt
1
1 Stickstoff
2 Kohlenoxyd
3 Argon
4 Sauerstoff
5 Stickoxyd
6 Methan
7 Krypton
8 Aethylen
9 Stickoxydul
10 Kohlensäure
11 Acetylen
12 Chlorwasserstoff
13 Schwefelwasserstoff
14 Ammoniak
15 Chlor
16 Methylaether
17 Schweflige Säure
Dampfspannung in Atmosphären
-200°C.
-180
-160
-140
-120
-100
-80
-60
-40
-20
0
2
2a
3
mm
Spannung
des Wasserdampfs
über Wasser u. Eis
(rechts die Differenz, vergrössert)
[nach Scheel u. Heuse]
Sw
Se
Sw - Se
-20°
-16°
-12°
-8°
-4°
0°
4°
8°
12°
16°
20°
24°
mm log
Spannung
des Wasserdampfs bei
niedrigen Temperaturen
(——— Spannung, - - - - - - Logarithmus)


1
Meter über dem Meere
1800 1600 1400 1200 1000 800 600 400 200 0
102° 101° 100° 99° 98° 97° 96° 95° 94° 93° 92°
Siedepunkt des Wassers
bei verschiedenem Luftdruck
bezw. in verschiedenen Höhen ü. d. Meere
Luftdruck in mm Hg
600 mm 650 700 750 800
2
Spannkraft
von
absolutem Alkohol
50 % Alkohol
und Wasser
(für absoluten auch
die Logarithmen)
mm Hg
80 70 60 50 40 30 20 10
Log
1,9 1,8 1,7 1,6 1,5 1,4 1,3 1,2 1,1
0° 3° 6° 9° 12° 15° 18° 21° 24° 27° 30°
3
Spannkraft
von
Quecksilber
(und Logarithmus)
Log (-4)
2 1,6 1,2 0,8 0,4
(10⁻⁴) mm Hg
60 50 40 30 20 10 0
0° 10° 20° 30° 40°

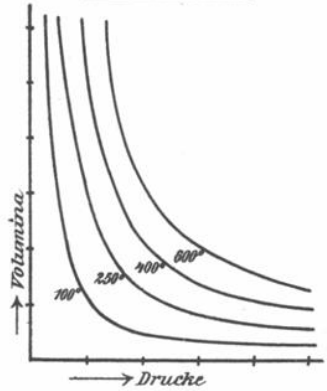

Verdampfungswärmen
in absteigender Folge
(reine Verd.-W. in Kalorien.)
Wasser
Schwefel
Fluorwasserstoff
Ammoniak
Methylalkohol
Aethylalkohol
Propylalkohol
Amylalkohol
Schwefelsäure
Ameisensäure
Salpetersäure
Benzol
Aether
Essigsäure
Schwefelkohlenstoff
Chlor
Quecksilber
Sauerstoff
Stickstoff
Brom
Jod
600
500
400
300
200
100
0
1
2
(Kalorien für Wasser links
für die anderen Stoffe rechts)
Ganze Wärme
(nach oben)
und
Verdampfungswärme
(nach unten)
als Funktion
der
Temperatur
Aceton
Wasser
Aether
Aceton
Schwefelkohlenstoff
Aether
Schwefelkohlenstoff
Wasser
640
620
600
580
560
540
520
180
160
140
120
100
80
60
0°
20°
40°
60°
80°
100°
120°
140°
160°
180°


Druck in Atm.
20 40 60 80 100 120 140 160 180 200
360° 300° 240° 180° 120° 60° 0° -60° -120° -180°
Kritischer Druck
und
kritische Temperatur
Werte
der
van der Waals-
schen
Konstanten
a und b
(Abszissen a. 10²,
Skala links
Ordinaten b. 10²
Skala rechts)
Werte von a. 10²
Werte von b. 10²
1
2
1 Aceton
2 Acetylen
3 Aethan
4 Aethylaether
5 Aethylalkohol
6 Aethylen
7 Ammoniak
8 Benzol
9 Chlor
10 Chlorbenzol
11 Chlorkohlenstoff
12 Chloroform
13 Chlorwasserstoff
14 Cyan
15 Essigsäure
16 Kohlenoxyd
17 Kohlensäure
18 Luft
19 Methan
20 Methylaether
21 Methylalkohol
22 Propylalkohol
23 Sauerstoff
24 Schwefelkohlenst.
25 Schwefelwasserst.
26 Schwefl.Säure
27 Siliciumwasserst.
28 Stickoxyd
29 Stickoxydul
30 Stickstoff
31 Toluol
32 Wasser
33 Wasserstoff
34 Xylol

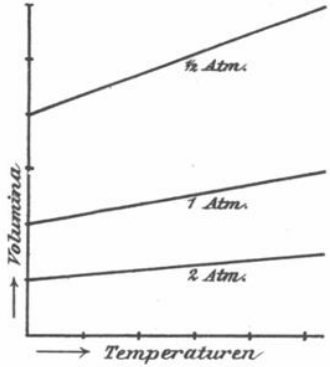
1

Jdeales Gas

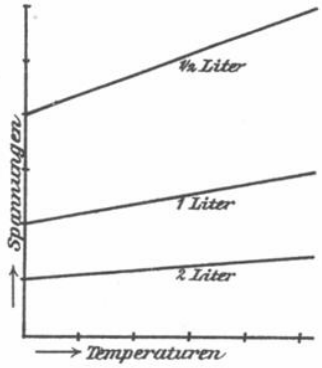
Jsothermen



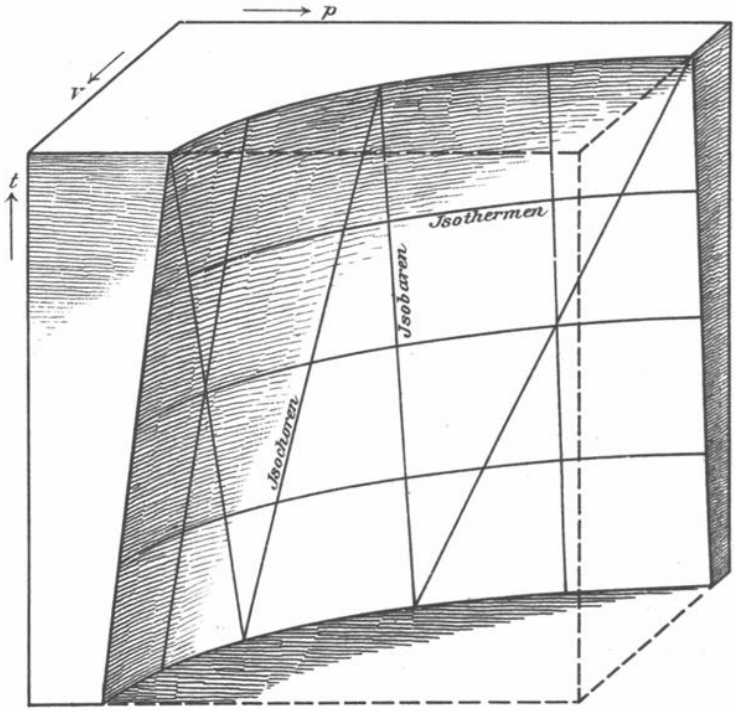
Jsobaren



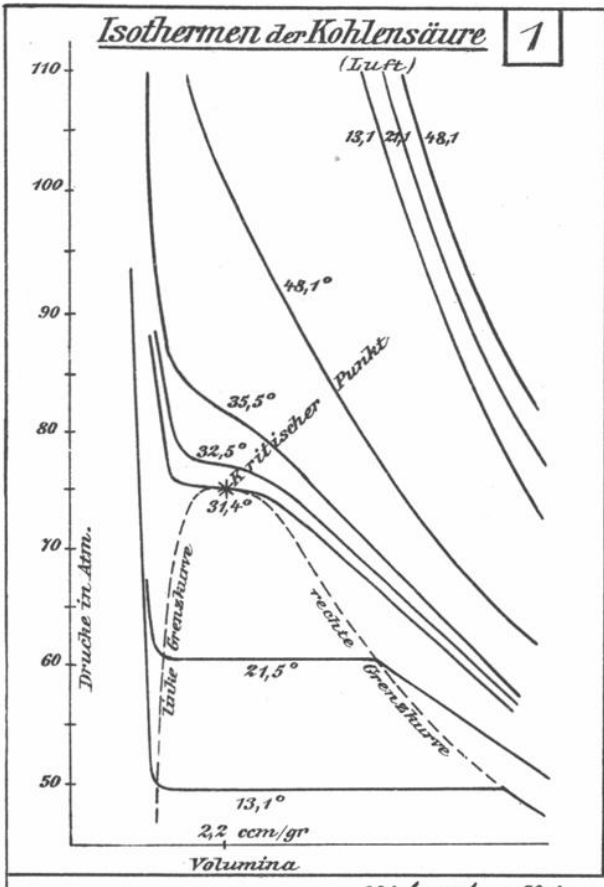
Jsochoren

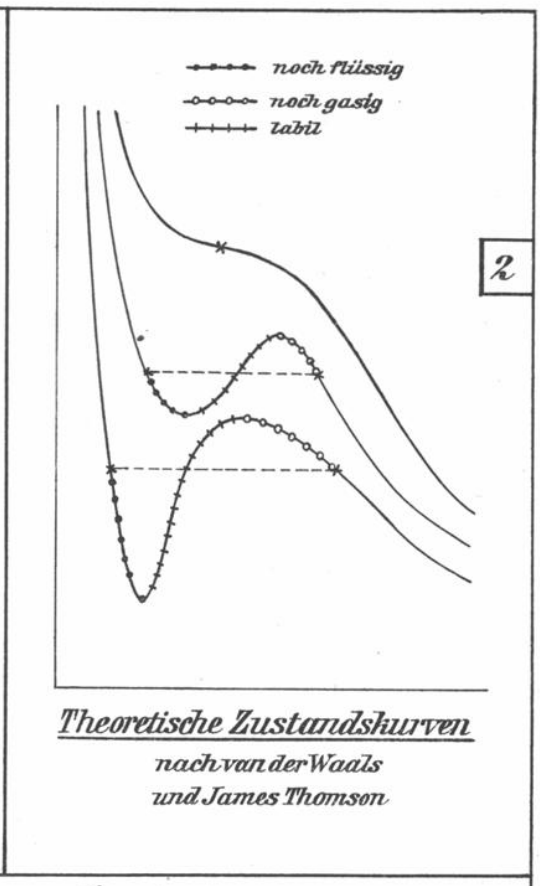


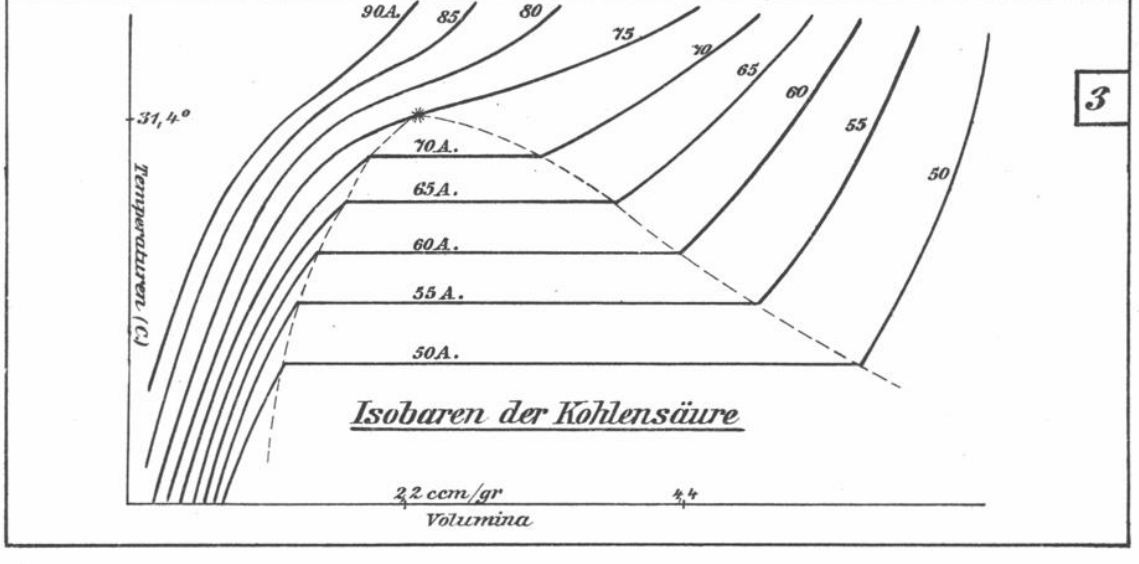
2



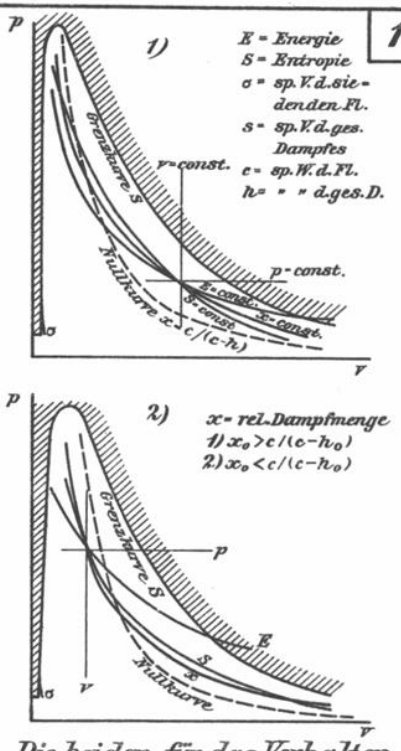
Zustandsfläche eines idealen Gases


Isothermen der Kohlensäure
1
(Luft)
13,1
21,1
48,1
48,1°
35,5°
32,5°
31,4°
21,5°
13,1°
Kritischer Punkt
linke Grenzkurve
rechte Grenzkurve
Drucke in Atm.
110
100
90
80
70
60
50
2,2 ccm/gr
Volumina


noch flüssig
noch gasig
labil
2
Theoretische Zustandskurven
nach van der Waals
und James Thomson

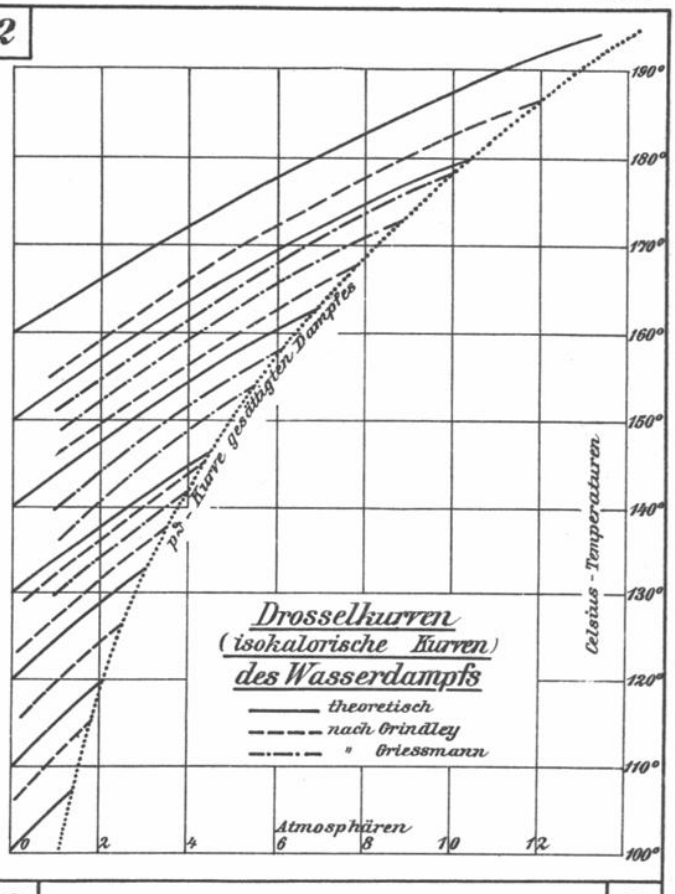

90A.
85
80
75
70
65
60
55
50
31,4°
70A.
65A.
60A.
55A.
50A.
Temperaturen (C)
Isobaren der Kohlensäure
2,2 ccm/gr
4,4
Volumina
3

1



Die beiden für das Verhalten des Wasserdampfs möglichen Fälle (nach Weyrauch)

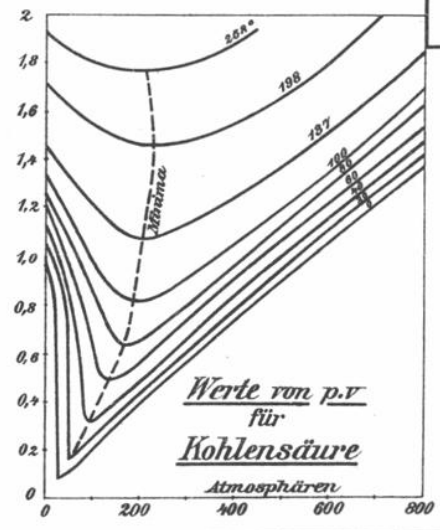
2



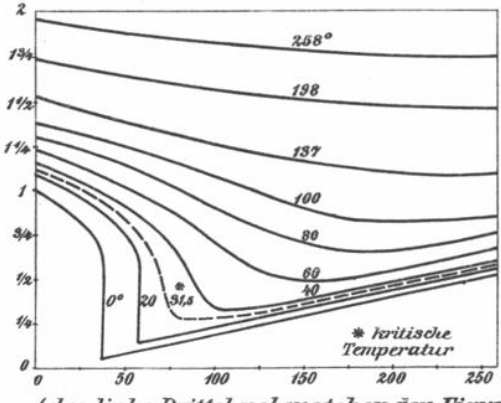
Drosselkurven
(isokalorische Kurven)
des Wasserdampfs

——— theoretisch
– – – – nach Grindley
–·–·– " Griessmann

3

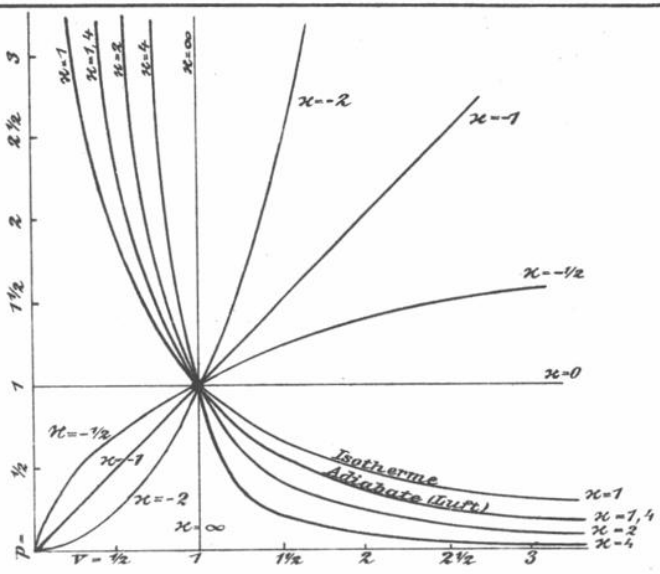


4



(das linke Drittel nebenstehender Figur in vergrössertem Abzissen-, verkleinertem Ordinatenmaasstab).

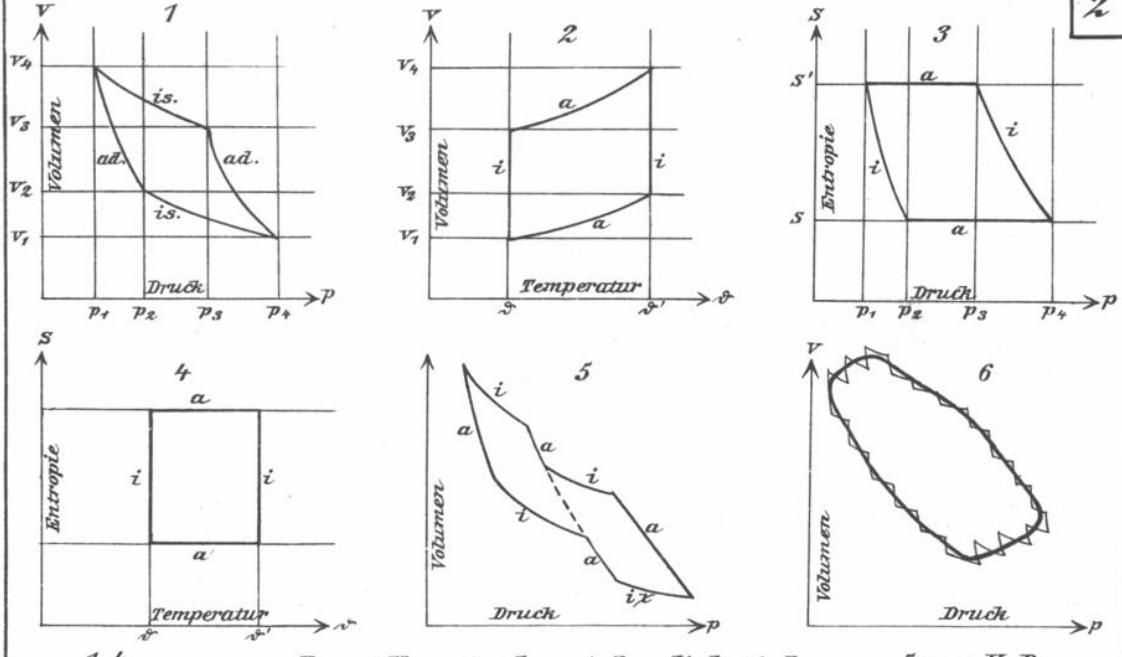
1



Polytrope Zustandskurven

$p.v^{n} = const.$

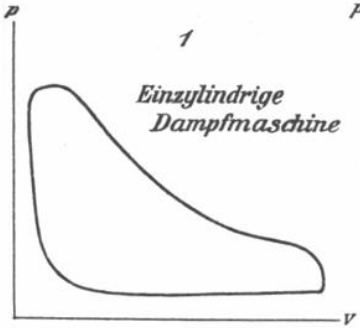
2

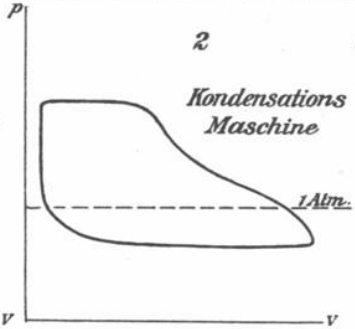


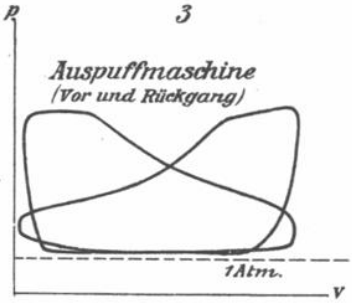
1-4 Einfacher Kreisprozess

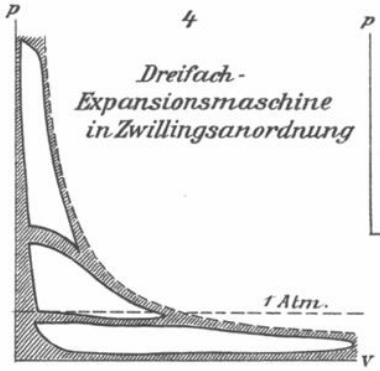
Darstellung isothermisch-adiabatischer Kreisprozesse

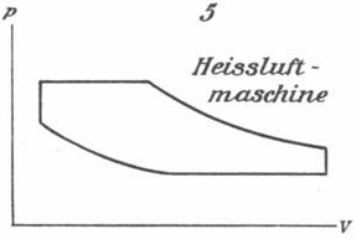
5 zusg. Kr.-Pr.
6 inf. zsg. Kr.-Pr.
(beliebiger Kr.-Pr.)

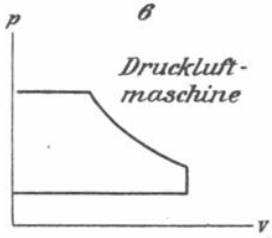


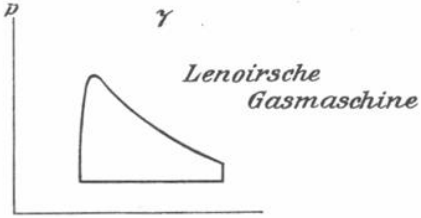


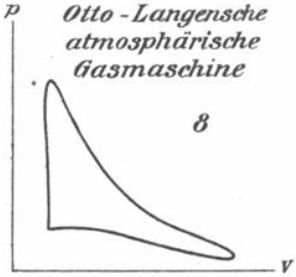


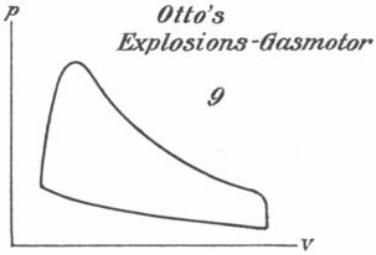


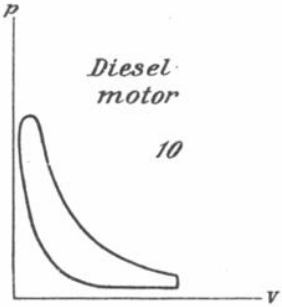




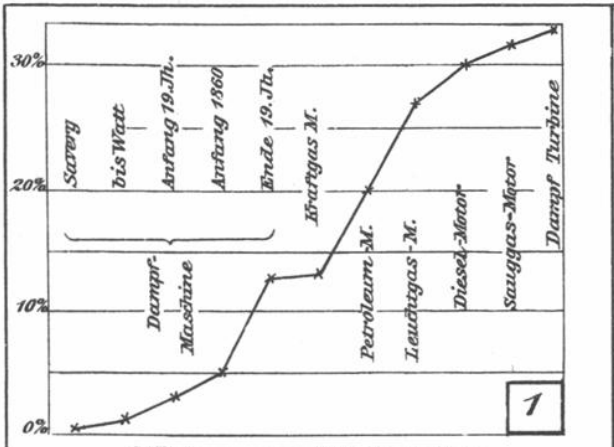




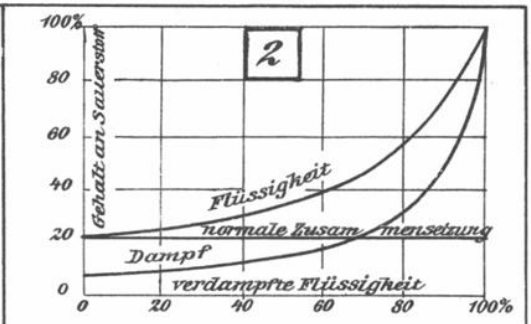




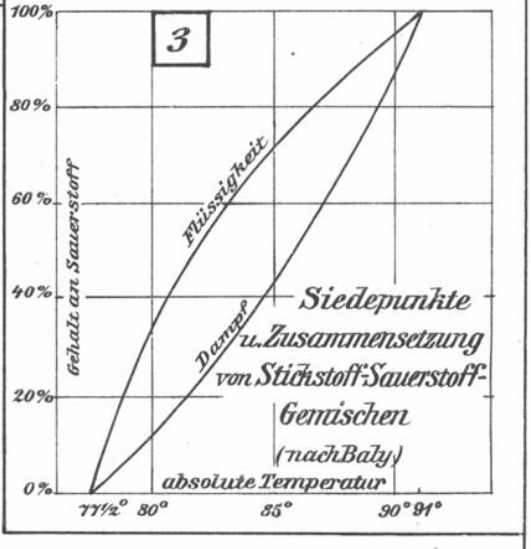
Jndikator-Diagramme kalorischer Maschinen

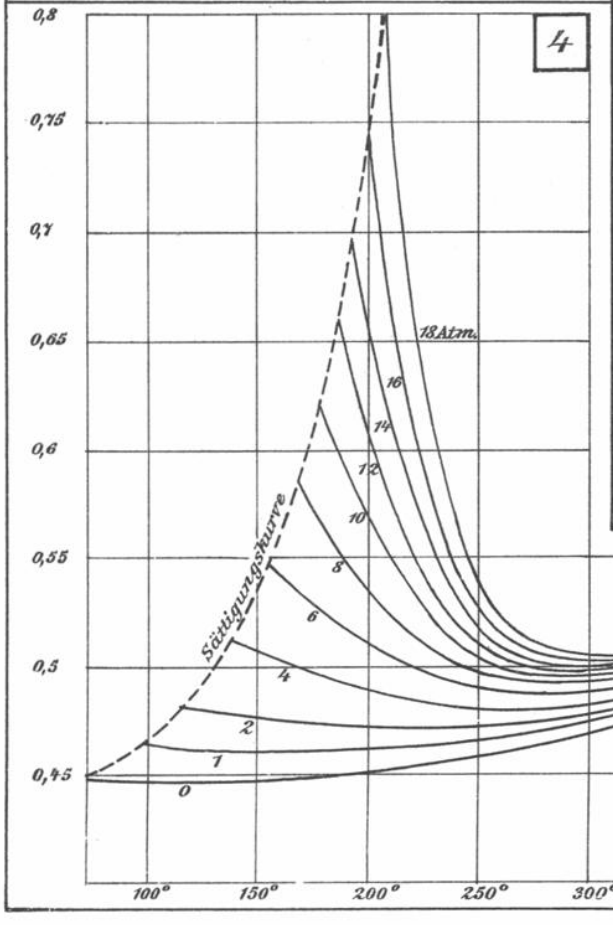


Wirkungsgrad kalorischer Maschinen



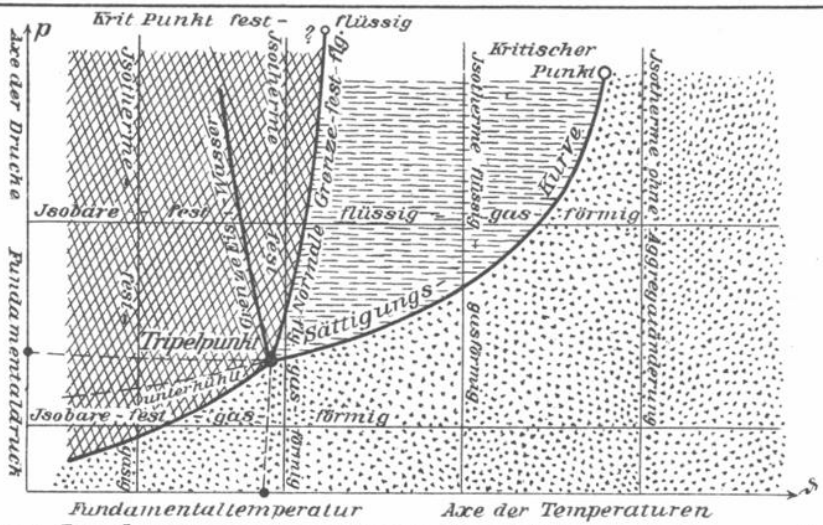
Zusammensetzung der Luft während des Verdampfens (nach Linde)





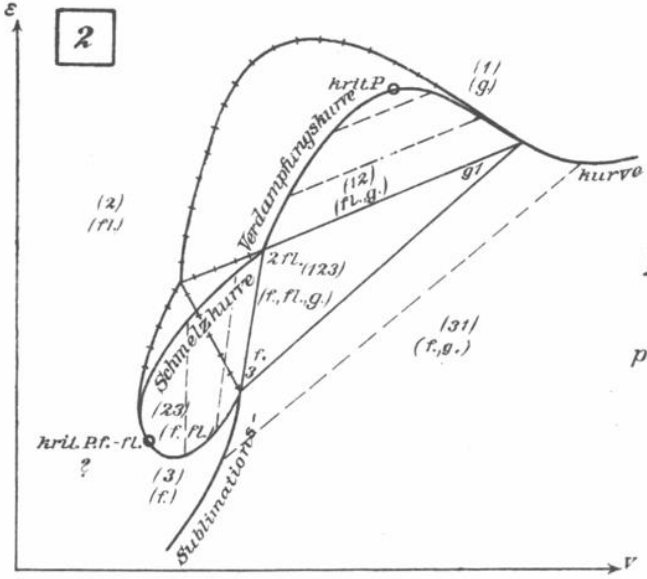
Spezifische Wärme c_p des Wasserdampfs bei verschiedenen Temperaturen und Drucken

1



Darstellung der Aggregatzustände durch Temperatur und Druck

2

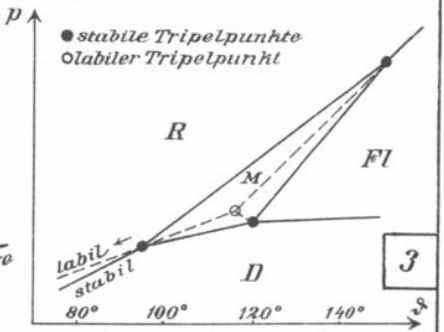


Darstellung der Aggregatzustände durch spez. Volumen u. spez. Energie

——— normale Substanz

—·—·— Eis-Wasser

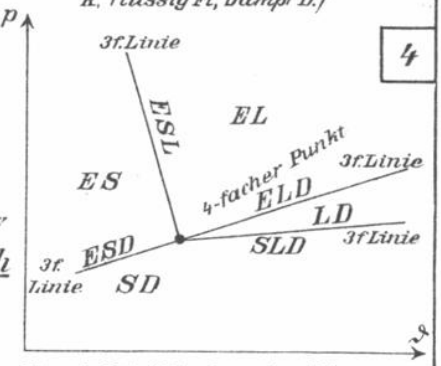
3



Vierphasensystem dargestellt durch ϑ und p

(Schwefel monoklin M, rhombisch R, flüssig Fl, Dampf D.)

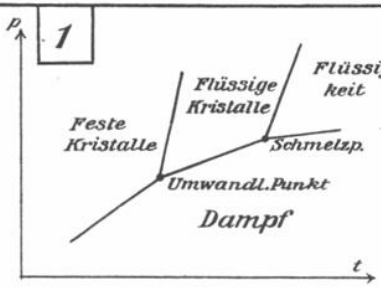
4



Zwei Stoffe in vier Phasen

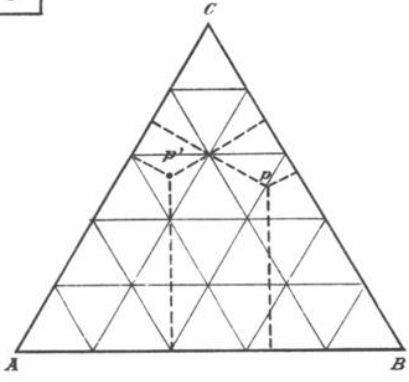
(Eis, Salz, Lösung, Dampf.)

1



Gleichgewicht flüssiger Kristalle

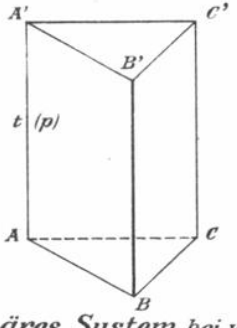
3



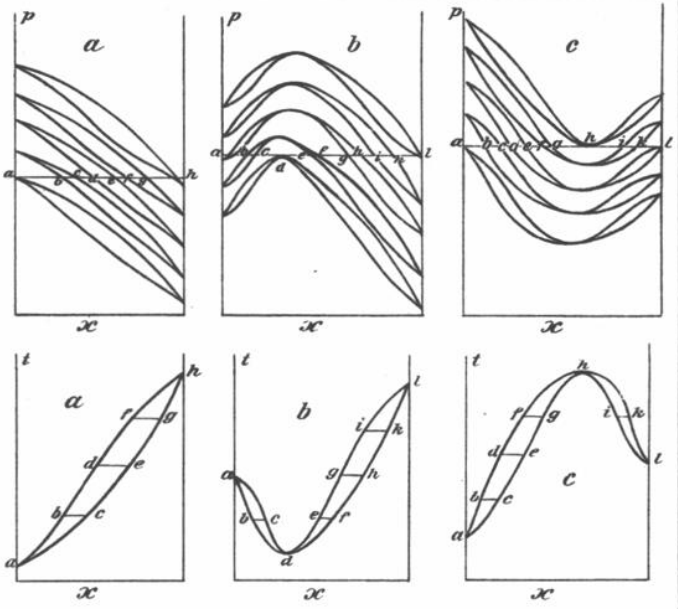
Darstellung eines ternären Systems durch das gleichseitige Dreieck

($p = 0{,}1\,A + 0{,}4\,B + 0{,}5\,C$)
($p' = 0{,}333\,A + 0{,}133\,B + 0{,}533\,C$)

4



Ternäres System bei versch. Temperaturen (Drucken)



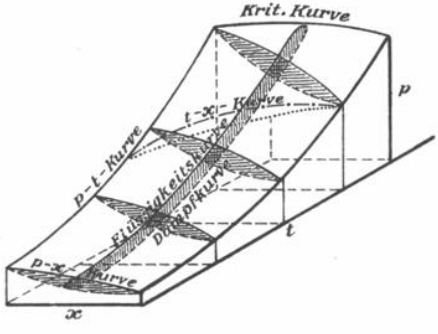
p-x-Kurven binärer Systeme und Ableitung der t-x-Kurven aus ihnen

(x = relative Menge d. 2. Komponente)
(bei den p-x-Kurven liegt die Dampfkurve unter, bei den t-x-Kurven über der Flüssigkeitskurve).

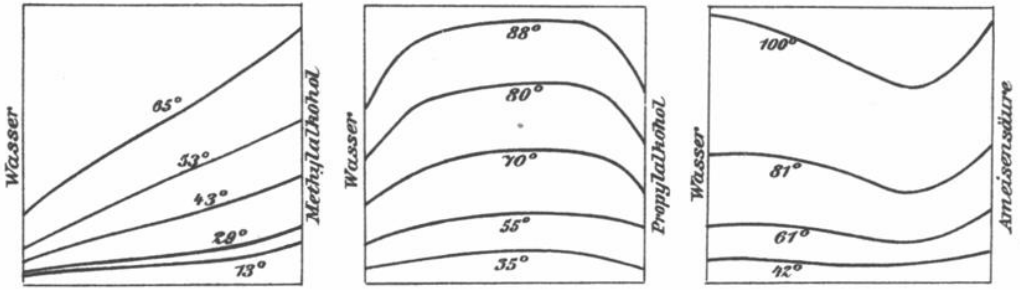
Die drei typischen Fälle:
a) einseitige Aenderung
b) Maximum bei p-x, Minimum bei t-x
c) Minimum " " , Maximum " "

2

5



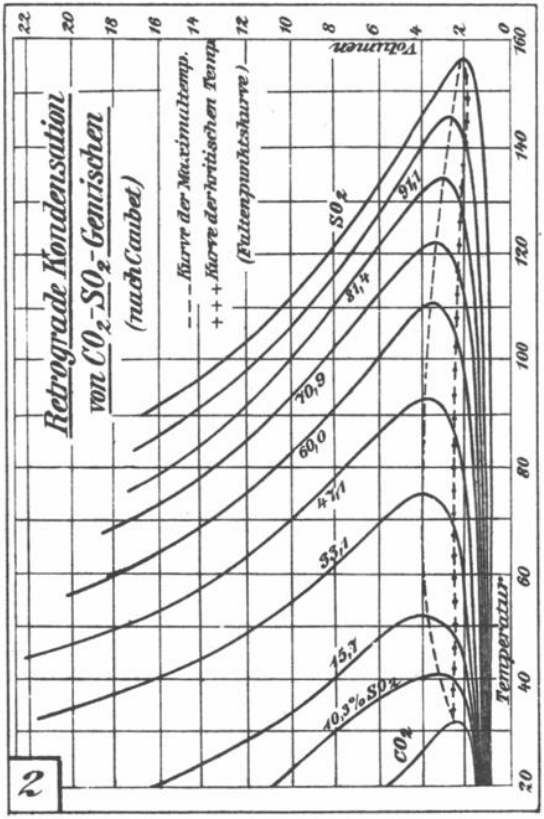
p-t-x-Fläche eines binären Systems



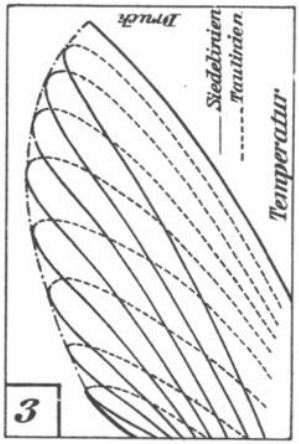
1

Dampfspannung gemischter Flüssigkeiten

(die drei typischen Fälle)

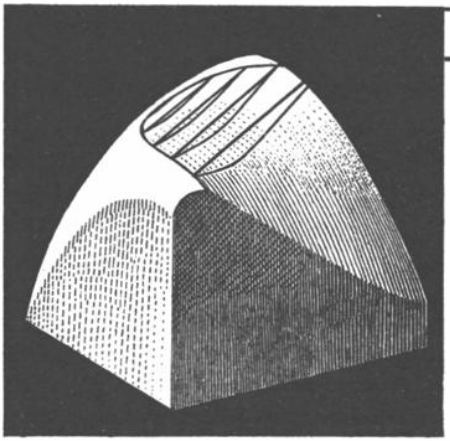


2



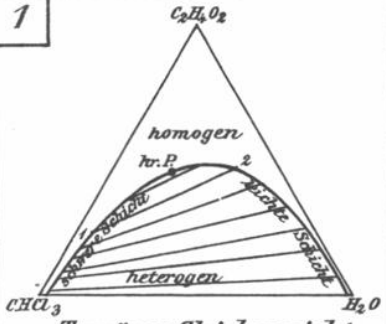
3

Retrograde Kondensation
von
CO_2-SO_2-Gemischen
mit Druck als Coordinaten

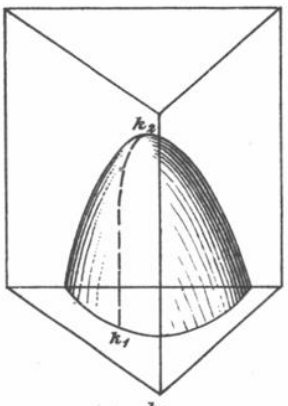


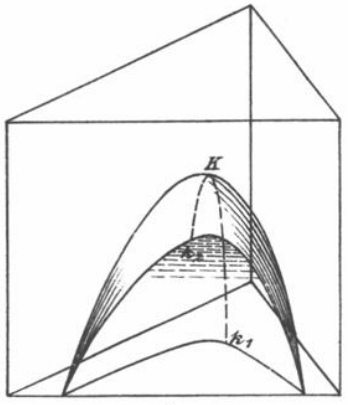
4

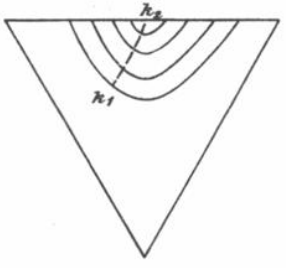
1

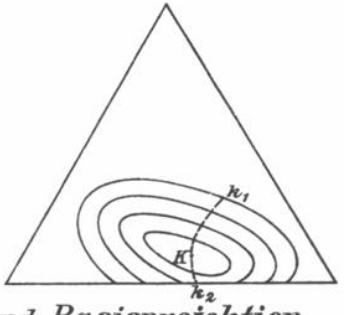


Ternäres Gleichgewicht
(Wasser; Chloroform, Essigsäure)
(12 usw.: konjugierte Lösungen)







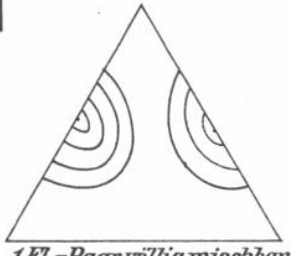


Zustandsfläche und Basisprojektion eines ternären flüssigen Systems (2 Fl.-Paare völlig mischbar)

1 Fall
k_1 k_2 kritische Kurve
k_1 und k_2 binäre kritische Punkte

2 Fall
k_1 K k_2 kritische Kurve
K ternärer krit. Punkt
k_1 u. k_2 binäre krit. Punkte

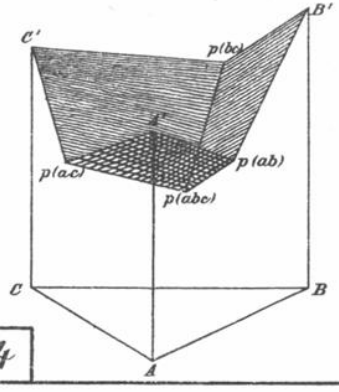
3



1 Fl.-Paar völlig mischbar

Kein Fl.-Paar völlig mischbar

2

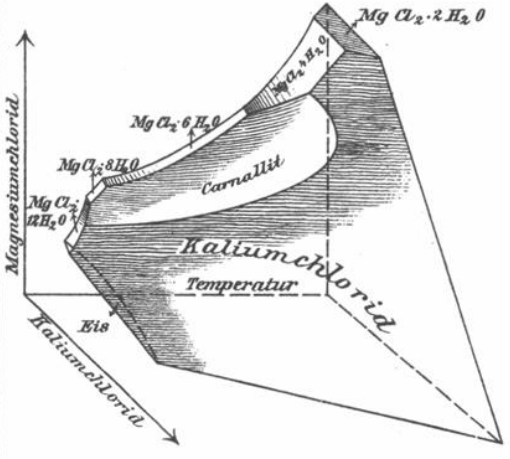


A B C feste Komponenten
A'B'C' ihre Schmelzpunkte
p(ab), p(ac), p(bc) binäre } eutektische Punkte
p(abc) ternärer }

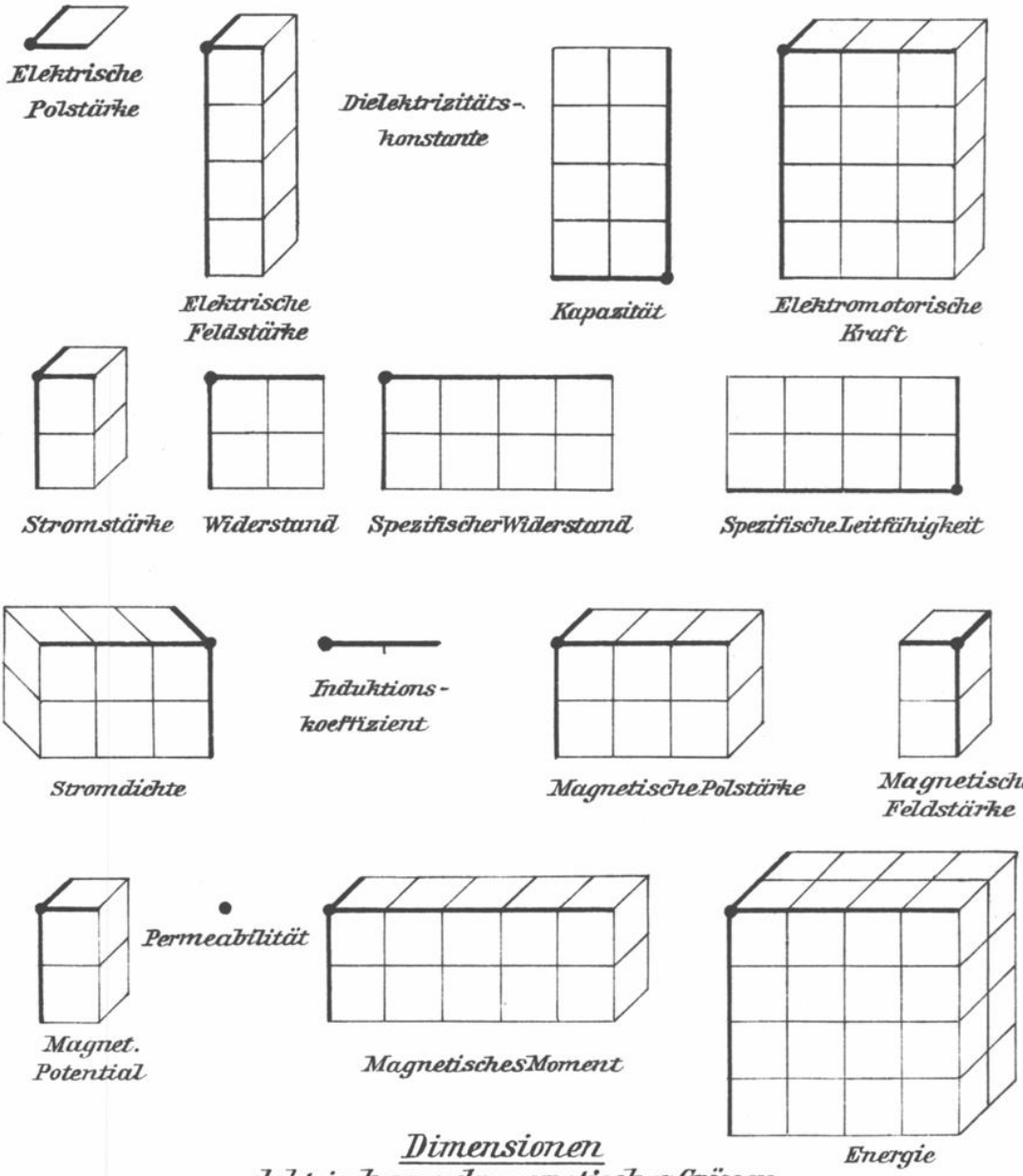
4

(Gefrierpunkts-erniedrigung)

5

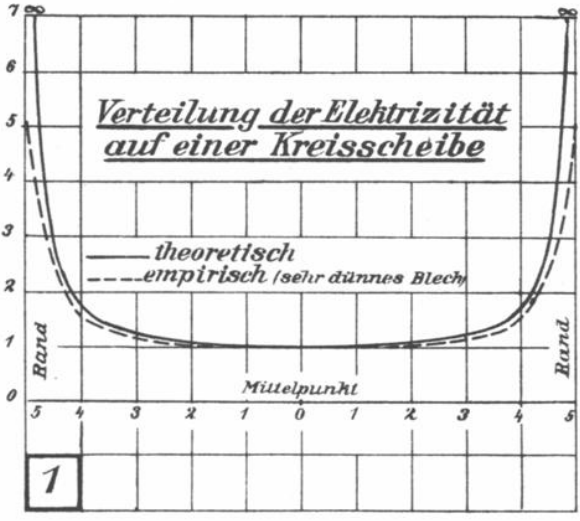


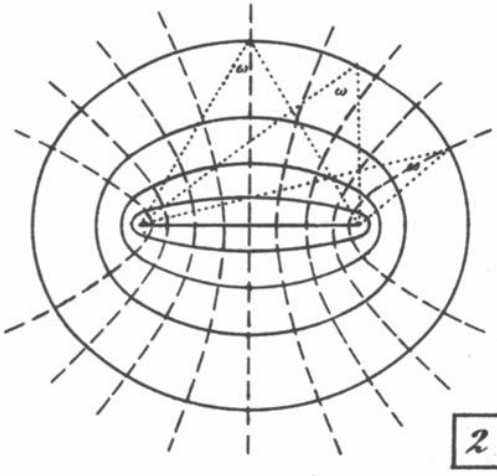
Carnallit-Modell



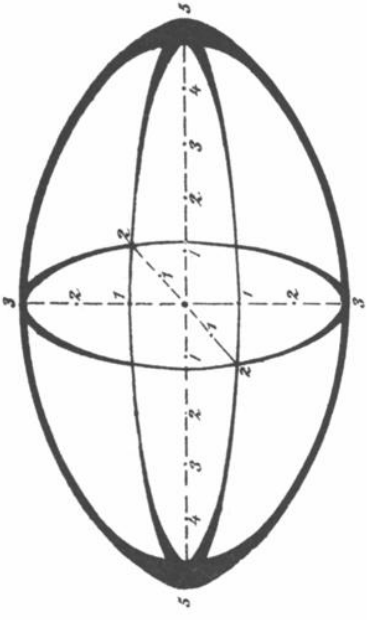
Dimensionen elektrischer und magnetischer Grössen im elektromagnetischen Maass

(nach rechts (negativ nach links): Strecke, nach oben (negativ nach unten): Zeit, nach hinten (negativ nach vorn): Masse; jeder Teilstrich ist eine halbe Dimension.)

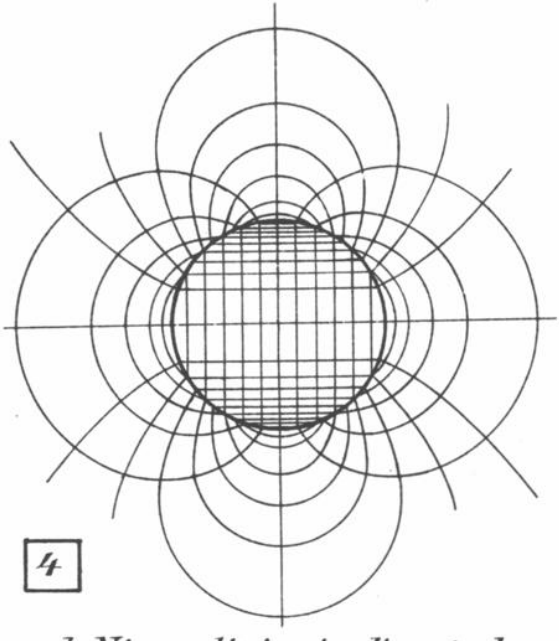




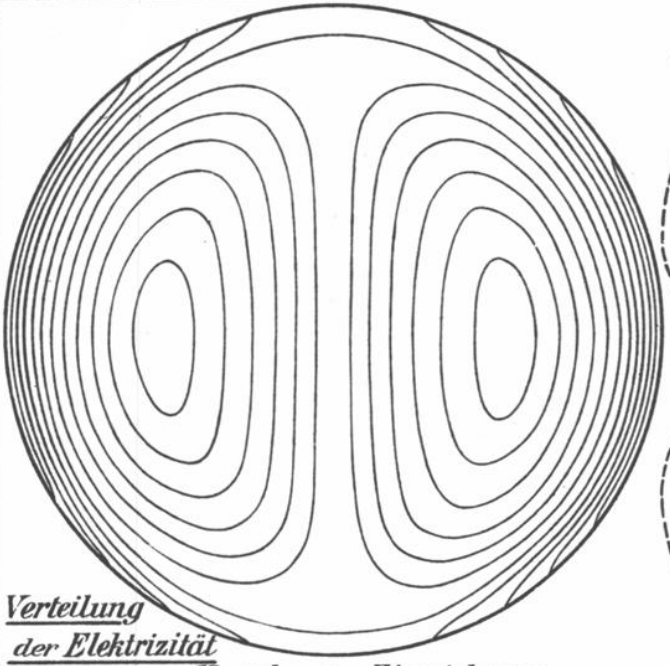
Niveau- und Kraftlinien einer elektrisierten Kreisscheibe (Pontial φ · Winkel ω)



Verteilung der Elektrizität auf dem Ellipsoid (5 zu 3 zu 2)

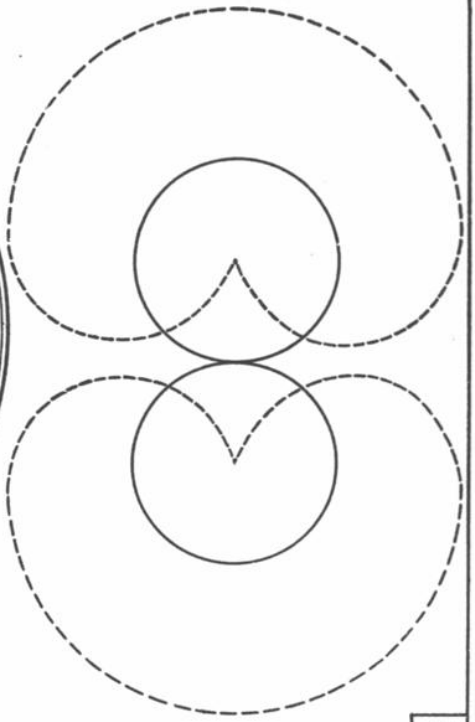


Kraft- und Niveaulinien im diametralen Schnitt einer Kugel, auf der die Flächendichte der Elektrizität nach einer harmonischen Kugelfunktion 1. Grades variiert (nach Maxwell)

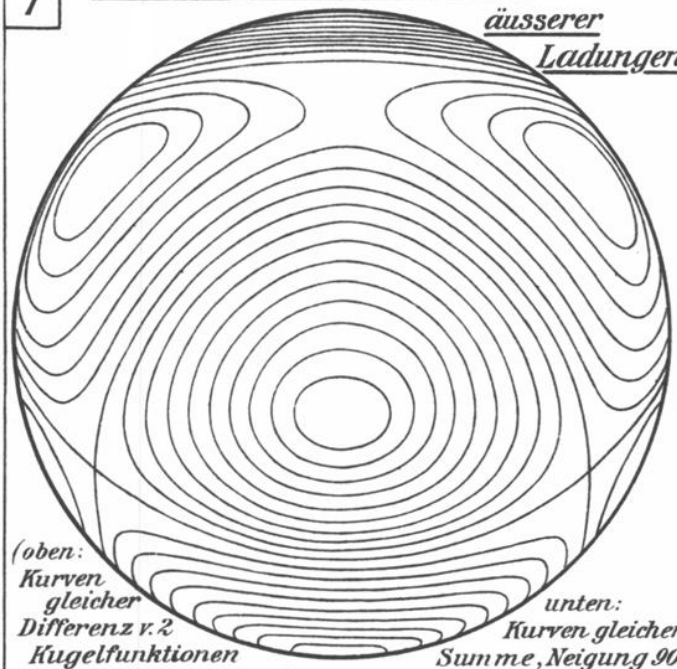


Verteilung der Elektrizität auf der Kugel unter Einwirkung äusserer Ladungen

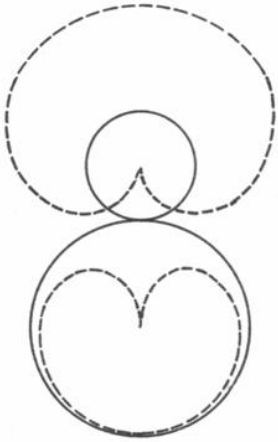
1



2

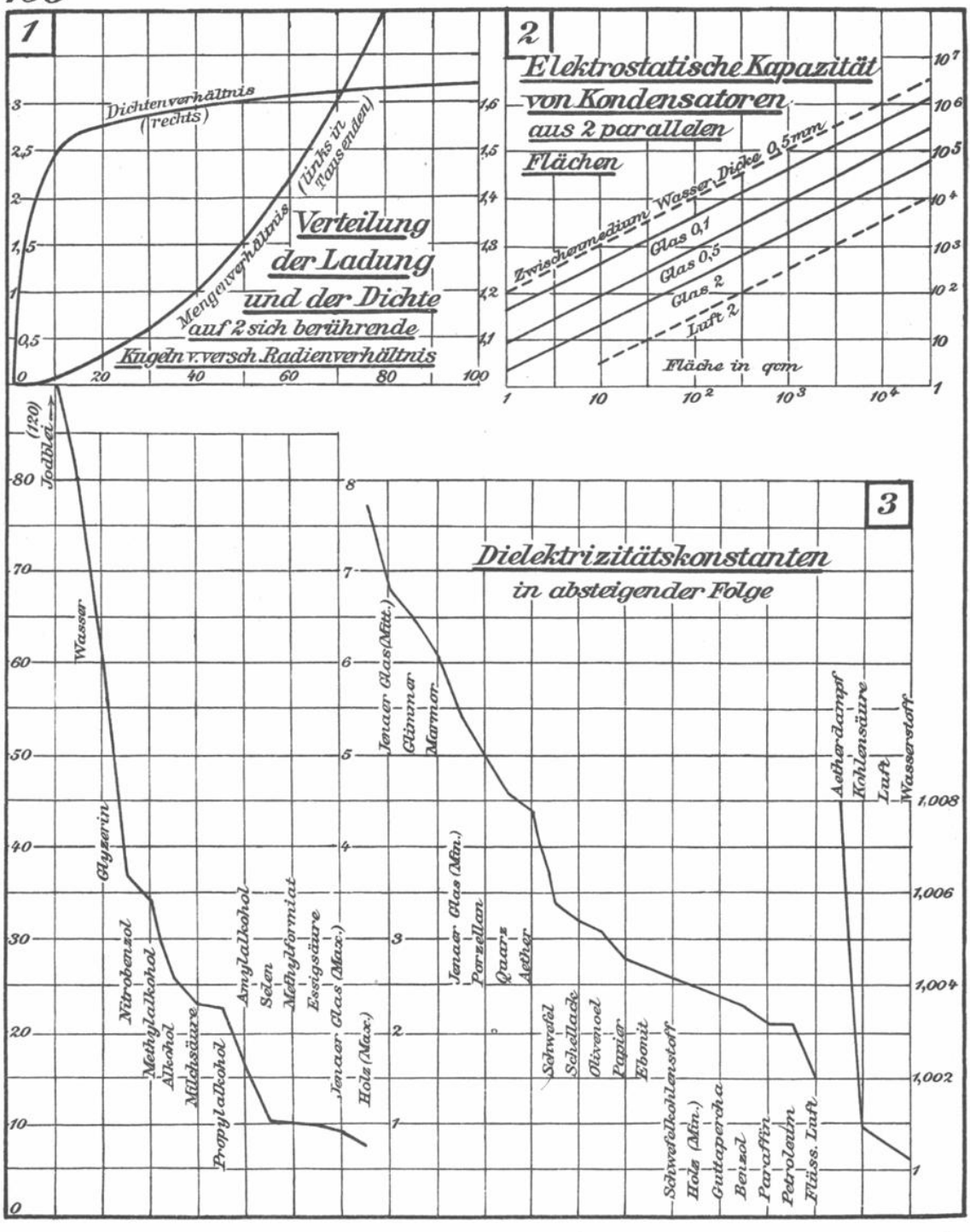


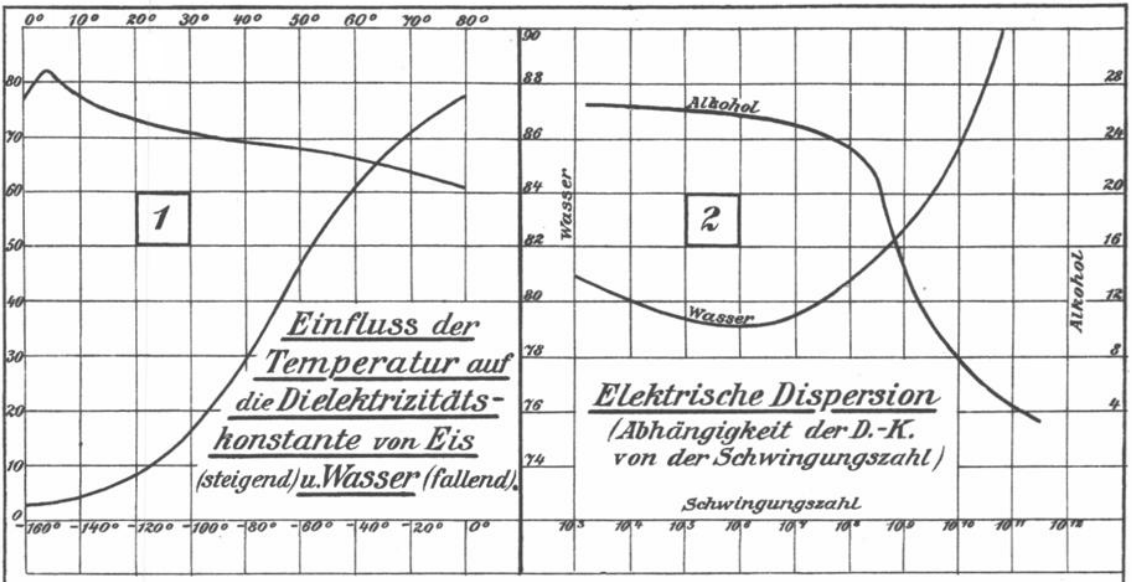
(oben: Kurven gleicher Differenz v. 2 Kugelfunktionen 3. Ordnung unter 120° Neigung; unten: Kurven gleicher Summe, Neigung 90°) nach Maxwell.



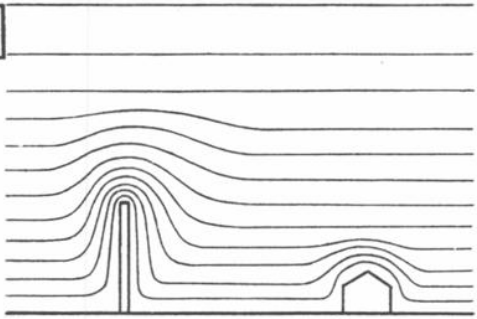
Verteilung der Elektrizität auf 2 Kugeln; Darstellung der Dichte durch die Radienvektoren

oben: Kugelradien gleich
unten: " 1:2


1
Verteilung der Ladung und der Dichte auf 2 sich berührende Kugeln v. versch. Radienverhältnis
Dichtenverhältnis (rechts)
Mengenverhältnis (links in Tausenden)
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
1,1
1,2
1,3
1,4
1,5
1,6
20
40
60
80
100
2
Elektrostatische Kapazität von Kondensatoren aus 2 parallelen Flächen
Zwischenmedium Wasser, Dicke 0,5 mm
Glas 0,1
Glas 0,5
Glas 2
Luft 2
Fläche in qcm
1
10
10²
10³
10⁴
10⁵
10⁶
10⁷
3
Dielektrizitätskonstanten in absteigender Folge
(120) Jodbl.
Wasser
Glycerin
Nitrobenzol
Methylalkohol
Alkohol
Milchsäure
Propylalkohol
Amylalkohol
Seen
Methylformiat
Essigsäure
Jenaer Glas (Max.)
Holz (Max.)
Jenaer Glas (Mitt.)
Glimmer
Marmor
Jenaer Glas (Min.)
Porzellan
Quarz
Aether
Schwefel
Schellack
Olivenoel
Papier
Ebonit
Schwefelkohlenstoff
Holz (Min.)
Guttapercha
Benzol
Paraffin
Petrolaetn.
Flüss. Luft
Aetherdampf
Kohlensäure
Luft
Wasserstoff
0
10
20
30
40
50
60
70
80
1
2
3
4
5
6
7
8
1
1,002
1,004
1,006
1,008

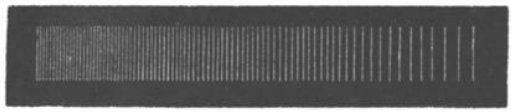


3



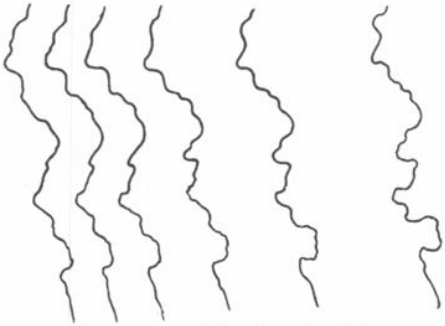
Elektrische Niveauflächen in der Atmosphäre

5

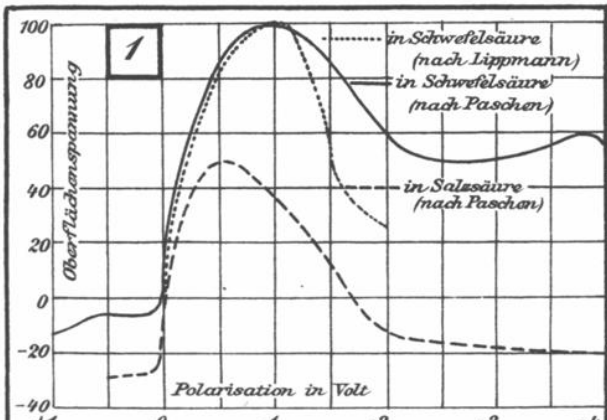


Arten der Entladung
(nach Feddersen)
(Oben kontinuierlich, mitten ebenso, aber mit nachfolgenden Partialentladungen, unten intermittierend).

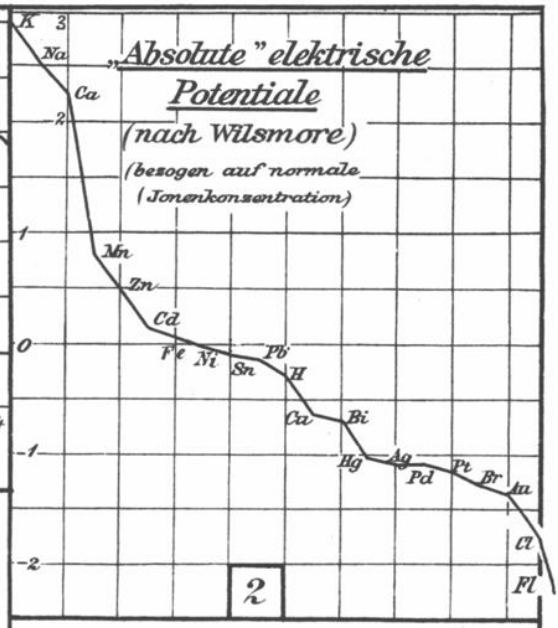
4

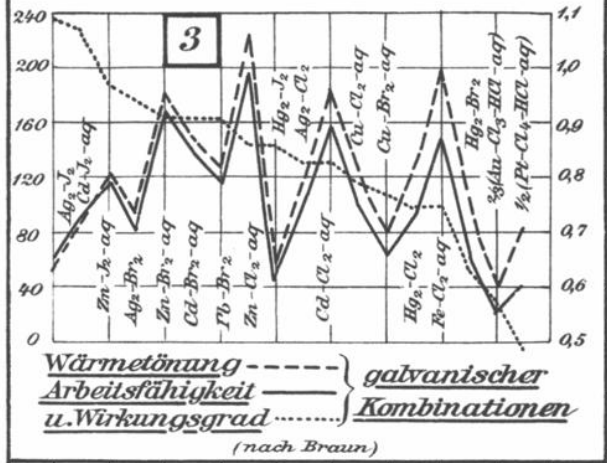


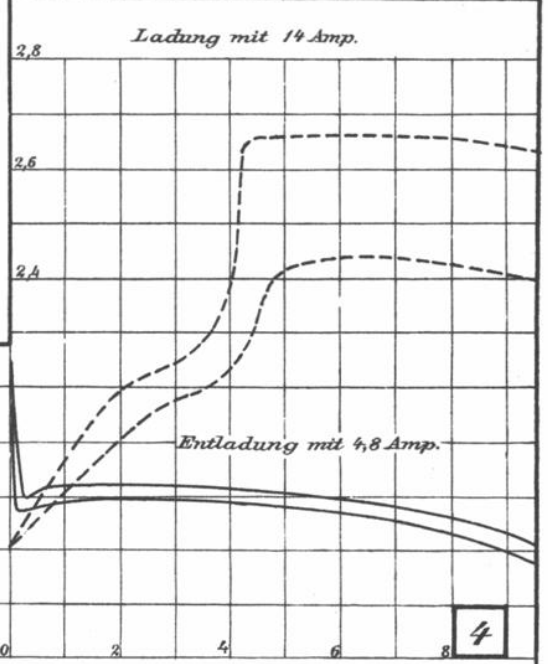
Chronophotographische Auflösung d. Blitzes

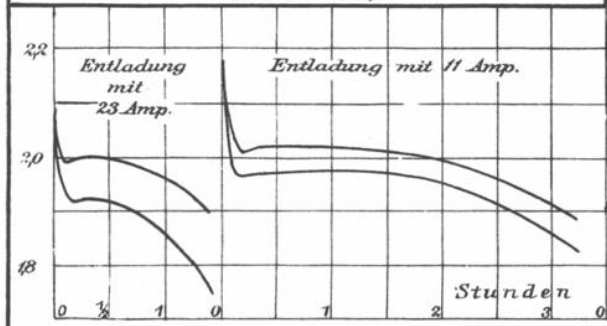


Oberflächenspannung elektrisierten Quecksilbers.

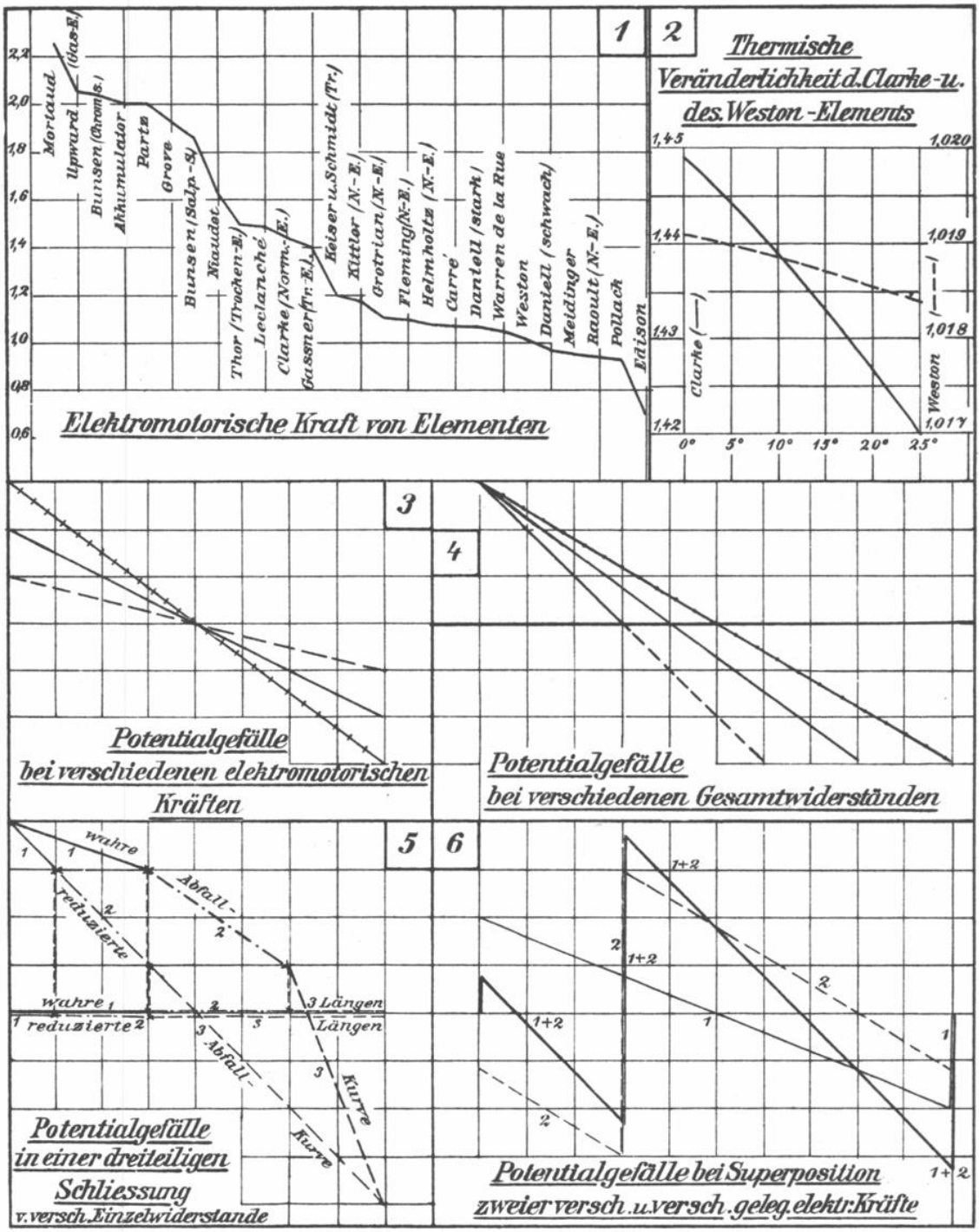


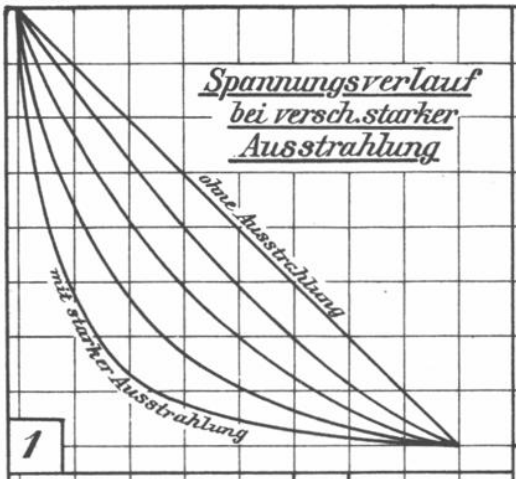


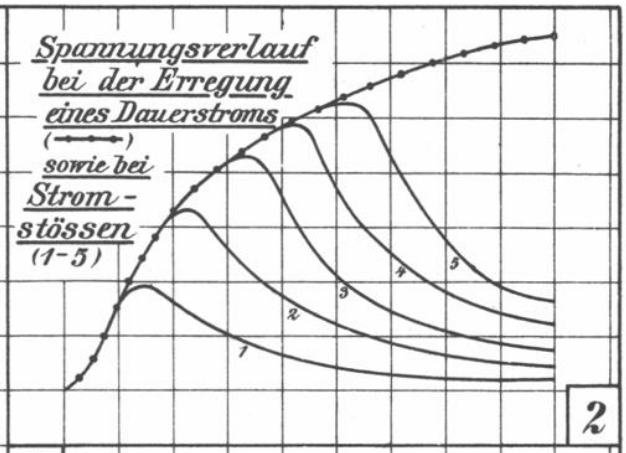


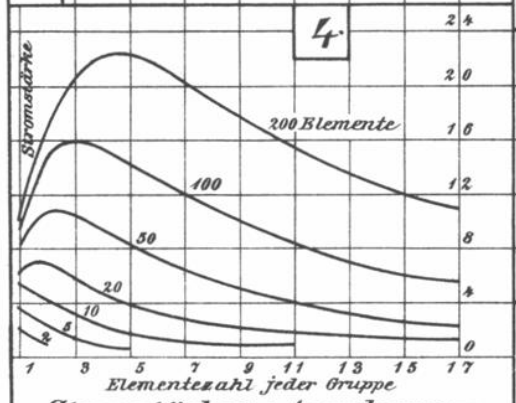


Elektromotorische Kraft (oben) und Betriebspannung (unten) von Akkumulatoren bei Ladung (- - -) und Entladung (—)

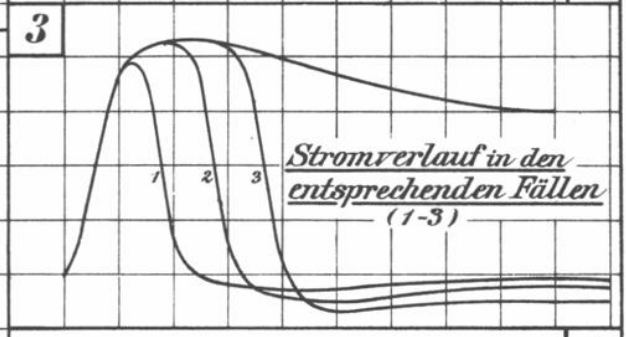

1
2
Thermische Veränderlichkeit d. Clarke- u. des Weston-Elements
Mortaud
Upward (Gas-E.)
Bunsen (Chroms.)
Akkumulator
Partz
Grove
Bunsen (Salp.-S.)
Naudet
Thor (Trocken-E.)
Leclanché
Clarke (Norm.-E.)
Gassner (Tr.-E.)
Keiser u. Schmidt (Tr.)
Kittler (N.-E.)
Grotrian (N.-E.)
Fleming (N.-E.)
Helmholtz (N.-E.)
Carré
Daniell (stark)
Warren de la Rue
Weston
Daniell (schwach)
Meidinger
Raoult (N.-E.)
Pollack
Edison
Elektromotorische Kraft von Elementen
Clarke
Weston
3
4
Potentialgefälle bei verschiedenen elektromotorischen Kräften
Potentialgefälle bei verschiedenen Gesamtwiderständen
5
6
wahre
reduzierte
Abfall-Kurve
3 Längen
Potentialgefälle in einer dreiteiligen Schliessung v. versch. Einzelwiderstande
Potentialgefälle bei Superposition zweier versch. u. versch. geleg. elektr. Kräfte

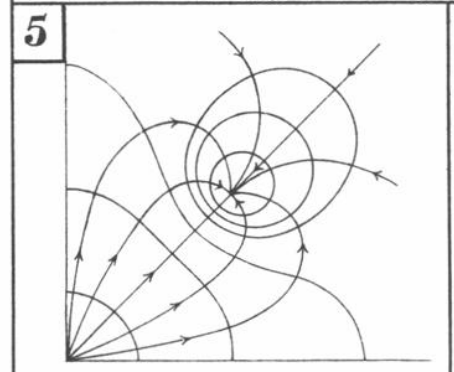




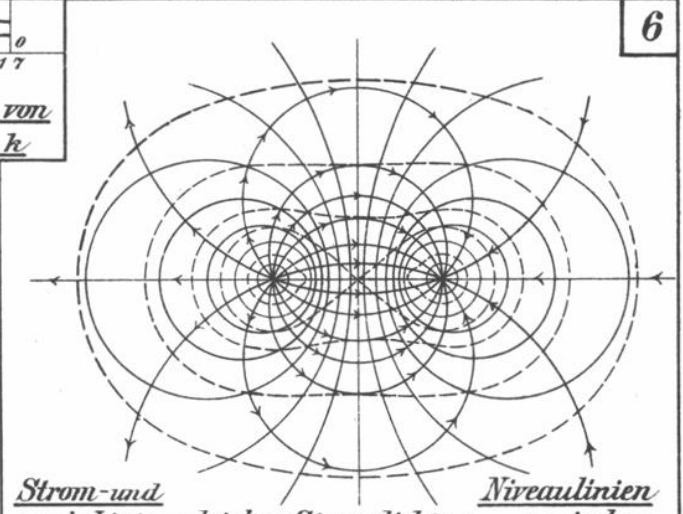


Stromstärke bei Anordnung von n Elementen in n/k Serien zu je k

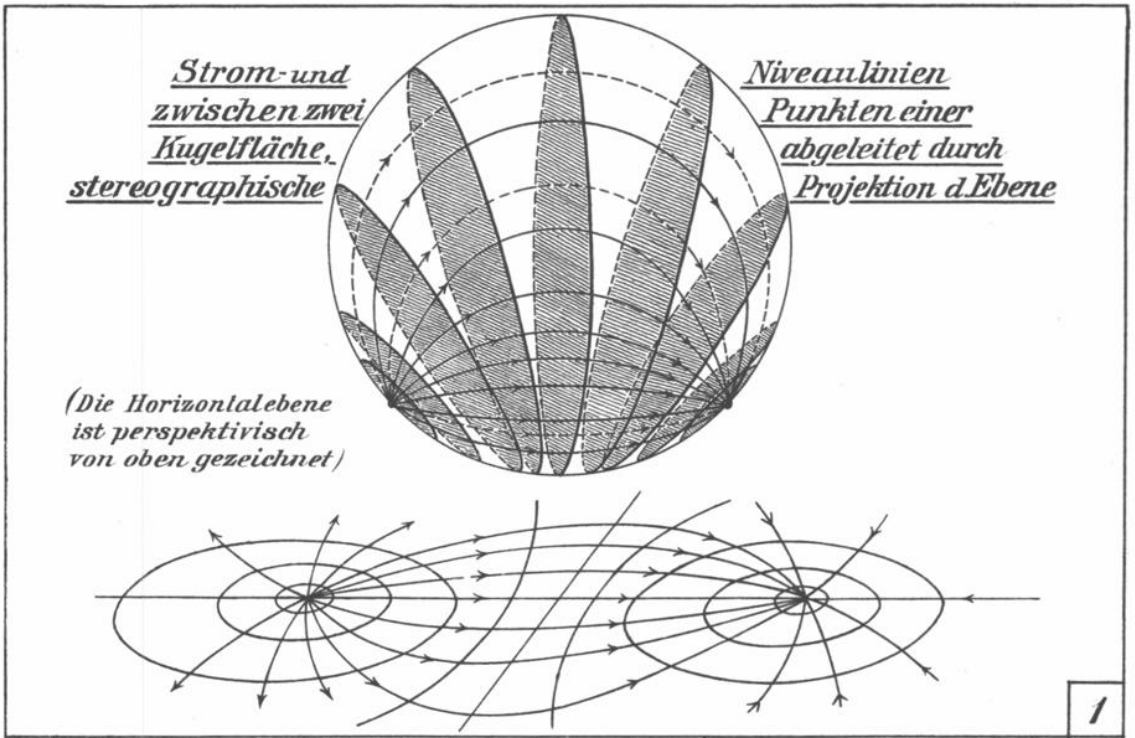


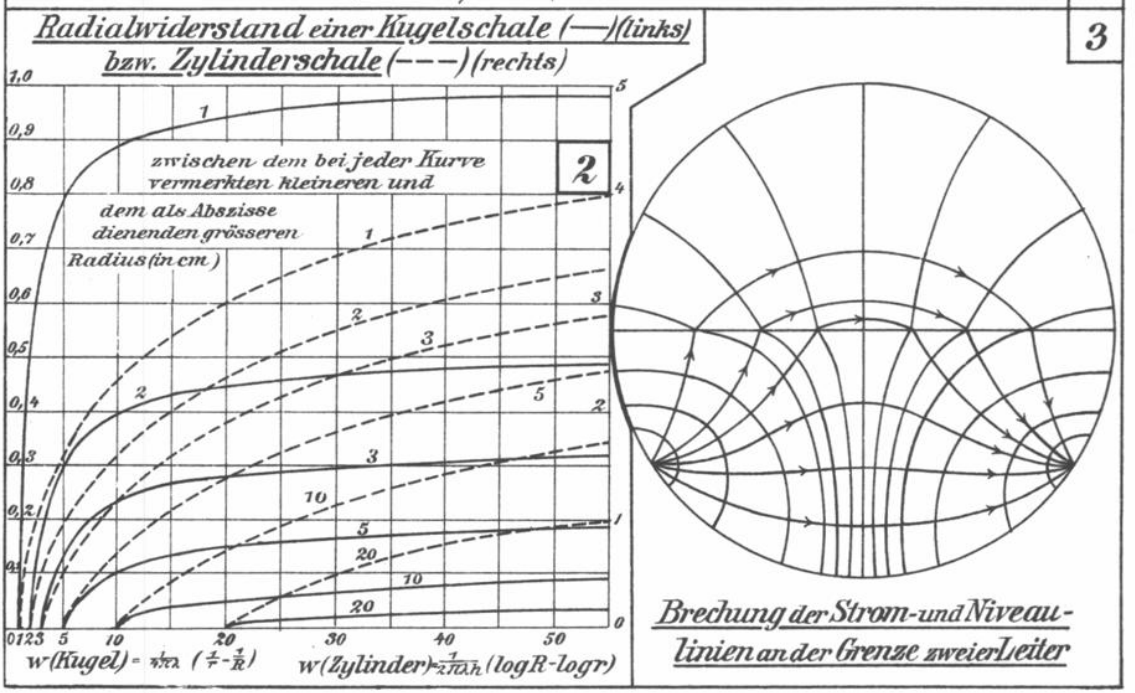


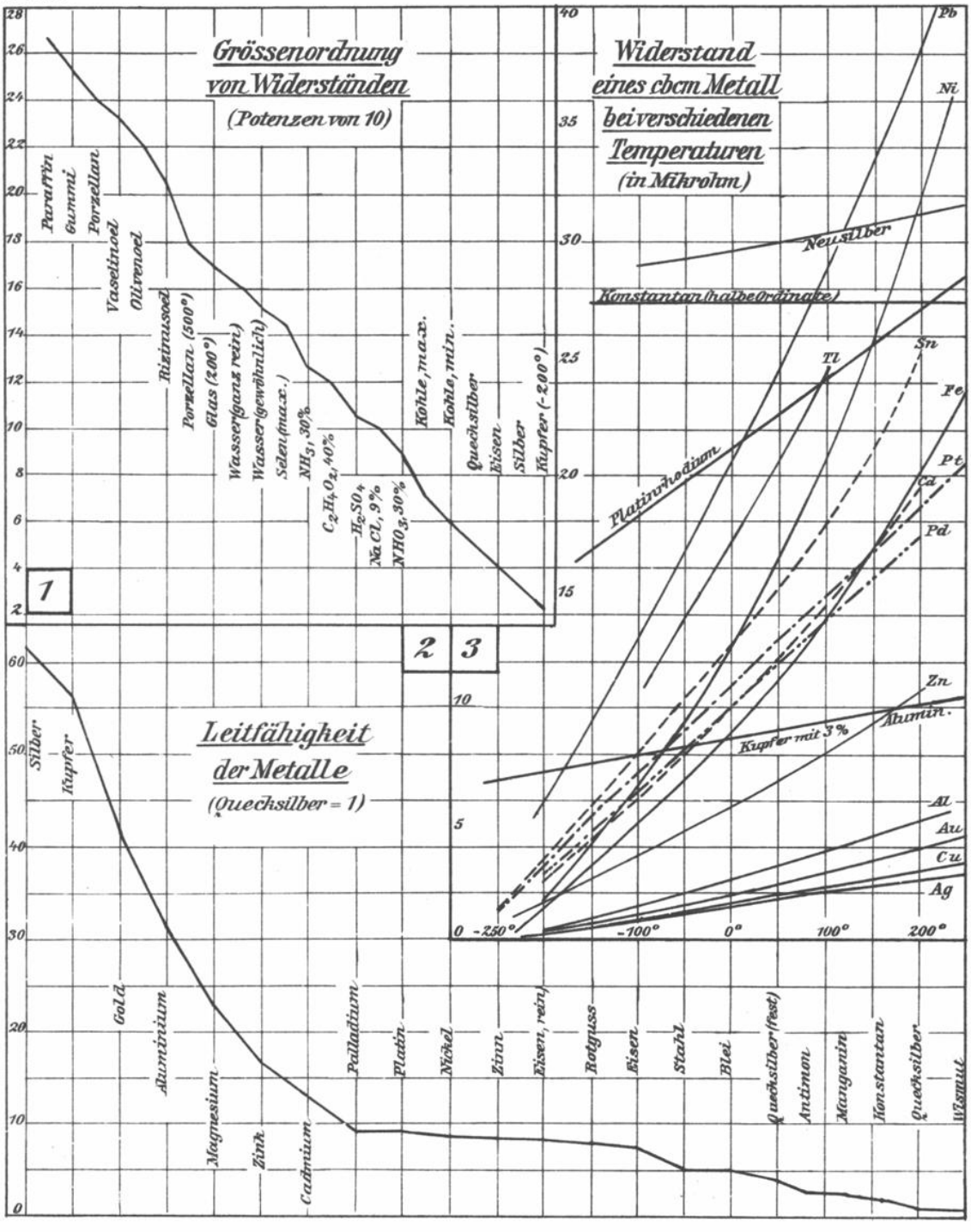
Strom und Niveaulinien zwischen der Ecke und einem Diagonalpunkte ein. Quadrats

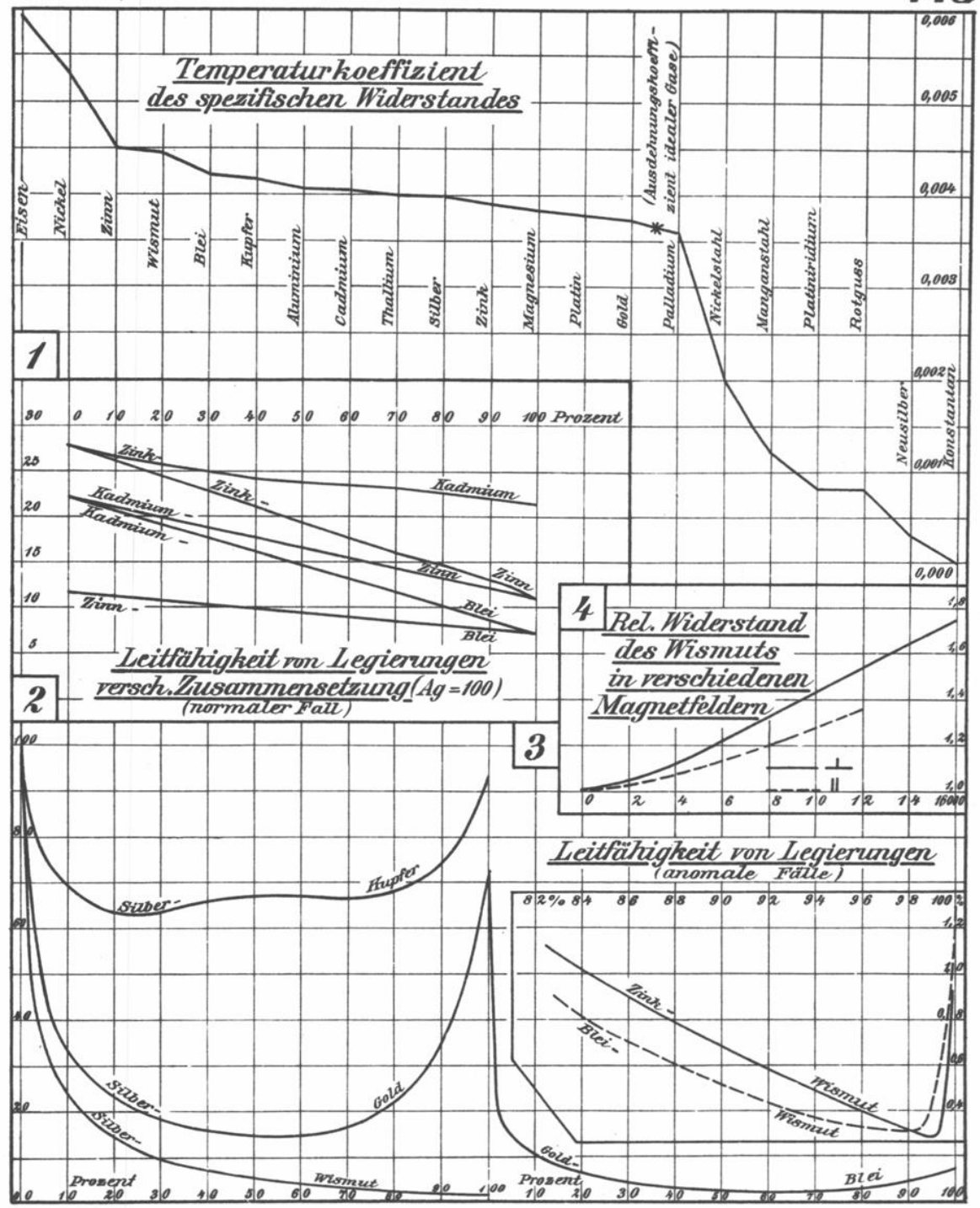


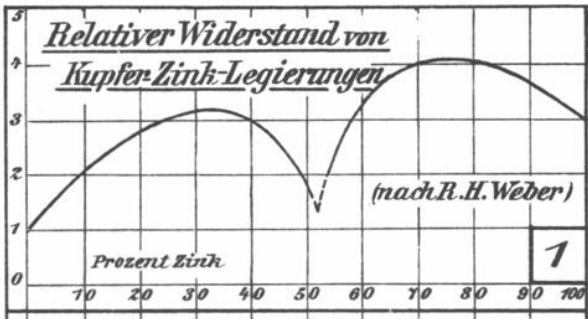
Strom- und Niveaulinien sowie Linien gleicher Stromdichte (----) zwischen zwei Punkten einer unbegrenzten Ebene od. zwichen zwei Randpunkten ein. Kreisfläche od. zwischen d. Spitzen e. v. zwei Kreisbögen begrenzten Fläche.

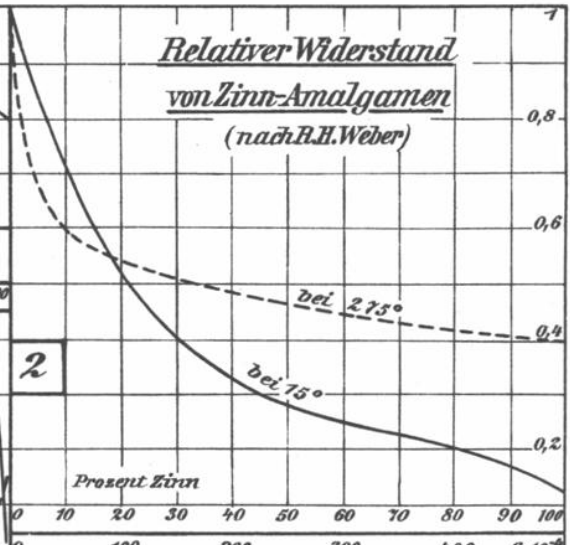

Strom- und Niveaulinien
zwischen zwei Punkten einer
Kugelfläche, abgeleitet durch
stereographische Projektion d. Ebene
(Die Horizontalebene
ist perspektivisch
von oben gezeichnet)
1

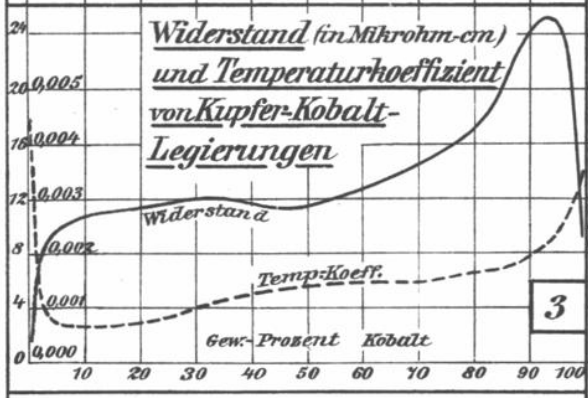

Radialwiderstand einer Kugelschale (—)(links)
bzw. Zylinderschale (- - -)(rechts)
3
2
zwischen dem bei jeder Kurve
vermerkten kleineren und
dem als Abszisse
dienenden grösseren
Radius (in cm)
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0 1 2 3 5 10 20 30 40 50
w(Kugel) = 1/πσ (1/r - 1/R)
w(Zylinder) = 1/2πσh (log R - log r)
Brechung der Strom- und Niveau-
linien an der Grenze zweier Leiter

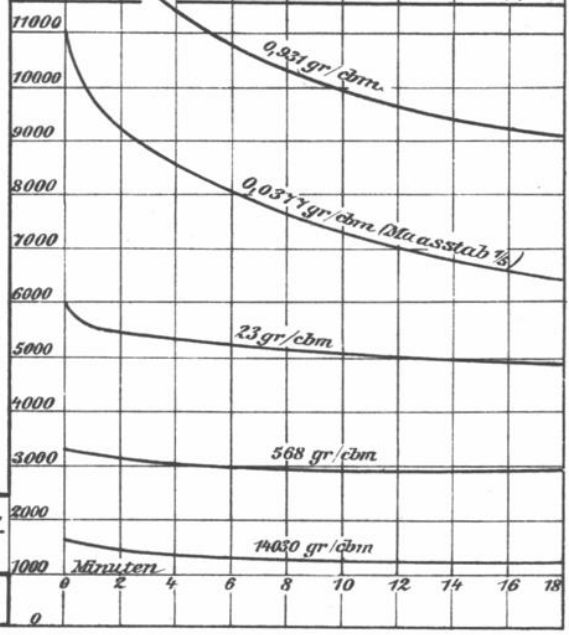

Grössenordnung von Widerständen
(Potenzen von 10)
Paraffin
Gummi
Porzellan
Vaselinoel
Olivenoel
Ricinusoel
Porzellan (500°)
Glas (200°)
Wasser (ganz rein)
Wasser (gewöhnlich)
Selen (max.)
NH_3, 30%
$C_2H_4O_2$, 40%
H_2SO_4
Na Cl, 9%
NHO_3, 30%
Kohle, max.
Kohle, min.
Quecksilber
Eisen
Silber
Kupfer (-200°)
1
2
3
Widerstand eines cbcm Metall bei verschiedenen Temperaturen
(in Mikrohm)
Pb
Ni
Neusilber
Konstantan (halbe Ordinate)
Sn
Tl
Fe
Pt
Platinrhodium
Ca
Pd
Zn
Aluminium
Kupfer mit 3%
Al
Au
Cu
Ag
-250°
-100°
0°
100°
200°
Leitfähigkeit der Metalle
(Quecksilber = 1)
Silber
Kupfer
Gold
Aluminium
Magnesium
Zink
Cadmium
Palladium
Platin
Nickel
Zinn
Eisen, rein
Rotguss
Eisen
Stahl
Blei
Quecksilber (fest)
Antimon
Manganin
Konstantan
Quecksilber
Wismut

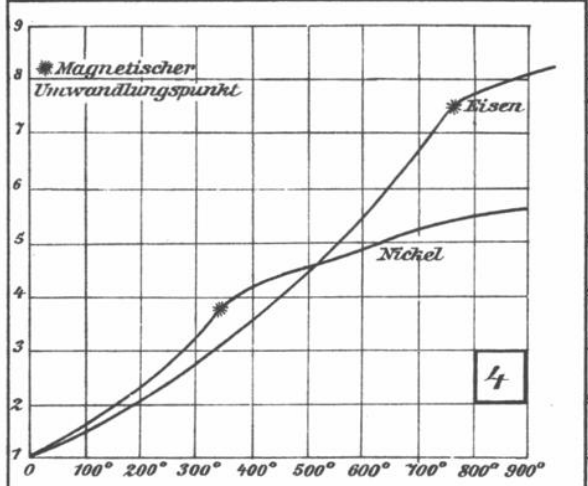

Temperaturkoeffizient des spezifischen Widerstandes
1
Eisen
Nickel
Zinn
Wismut
Blei
Kupfer
Aluminium
Cadmium
Thallium
Silber
Zink
Magnesium
Platin
Gold
Palladium
(Ausdehnungskoeffizient idealer Gase)
Nickelstahl
Manganstahl
Platiniridium
Rotguss
Neusilber
Konstantan
0,006
0,005
0,004
0,003
0,002
0,001
0,000
Leitfähigkeit von Legierungen versch. Zusammensetzung (Ag = 100)
(normaler Fall)
2
Prozent
Zink
Kadmium
Zinn
Blei
Rel. Widerstand des Wismuts in verschiedenen Magnetfeldern
3
4
Leitfähigkeit von Legierungen
(anomale Fälle)
Silber
Kupfer
Gold
Wismut
Blei





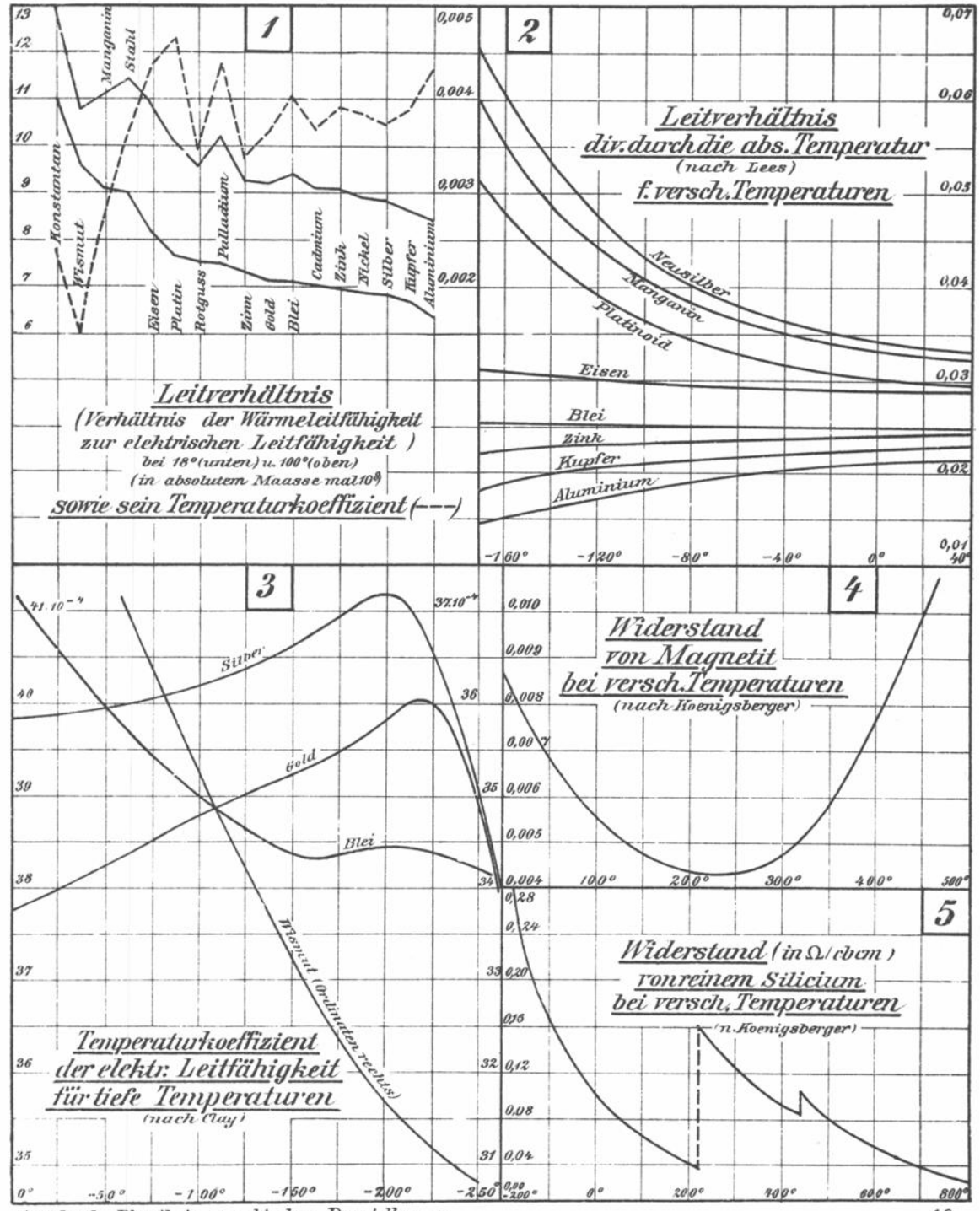


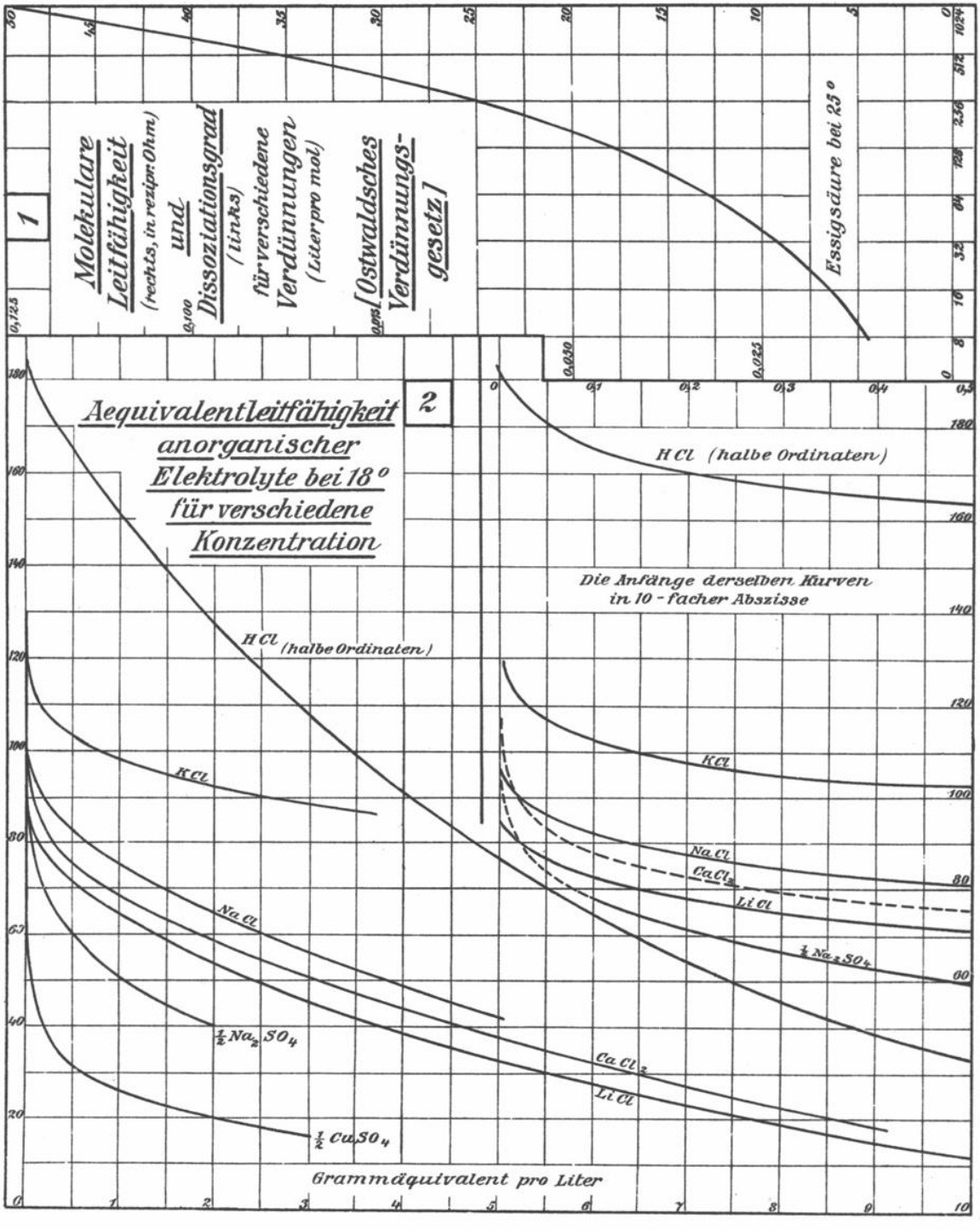


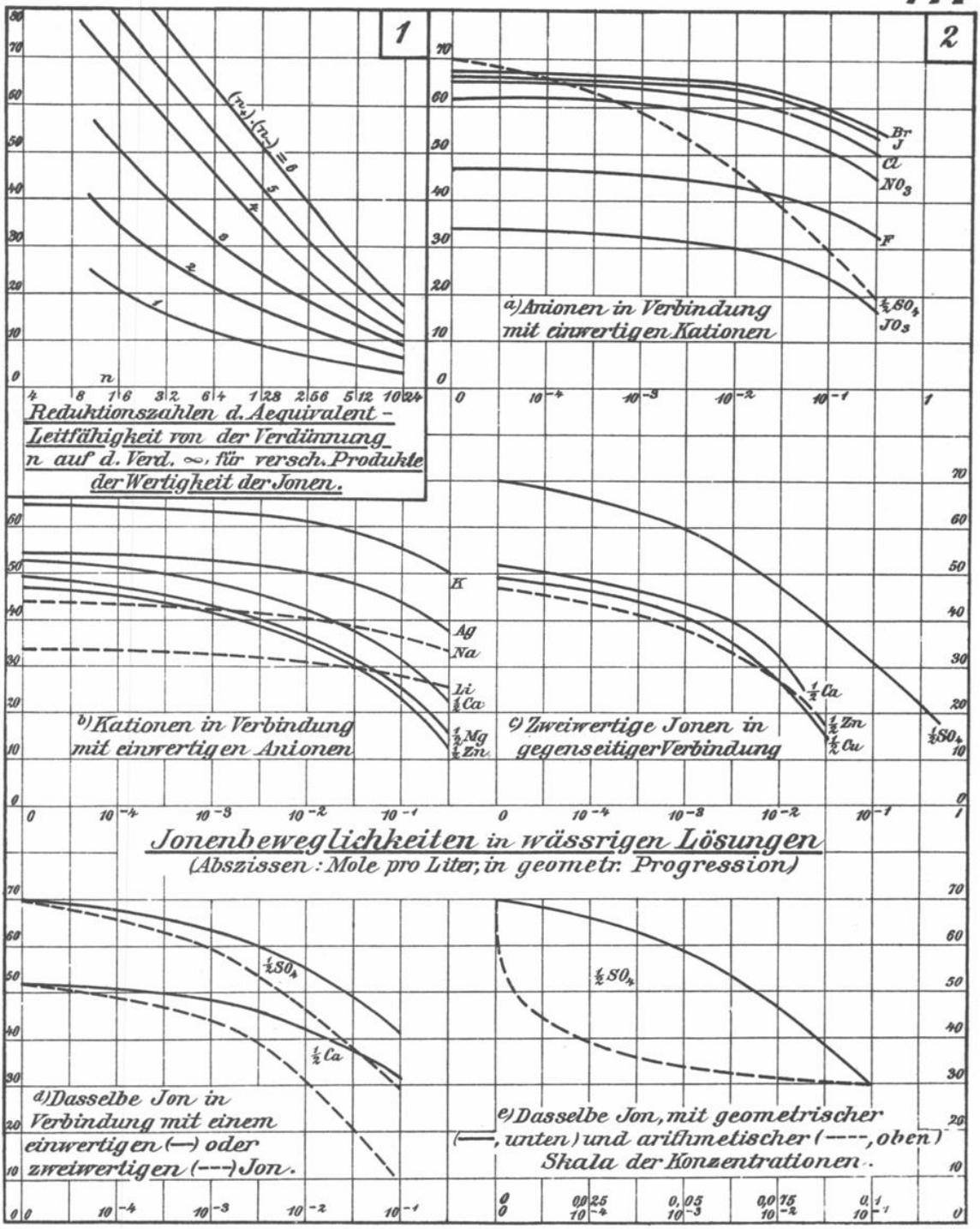


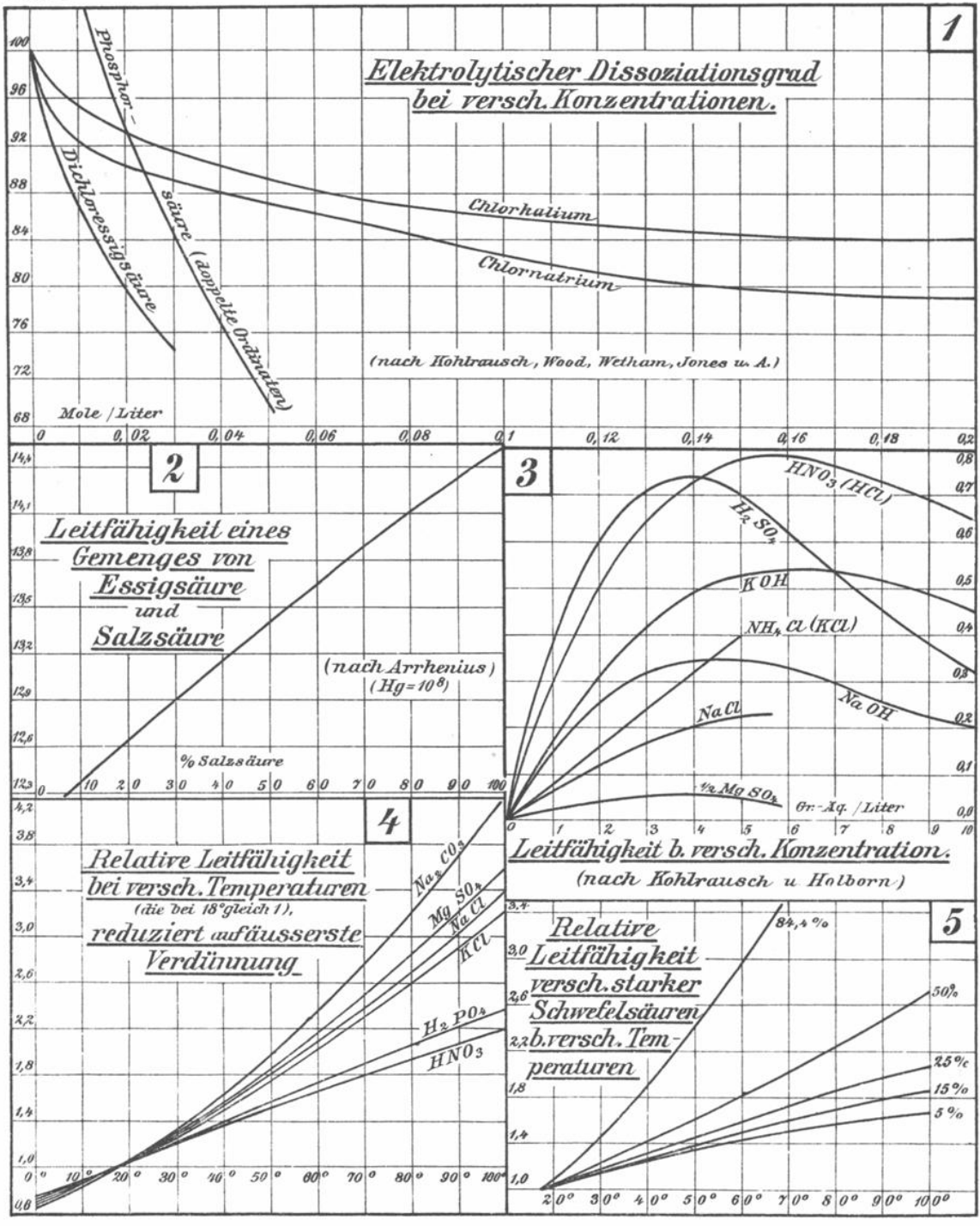
Relativer Widerstand von Eisen und Nickel bei versch. Temperaturen (der bei 0° gleich 1 ges.) [nach Harrison]

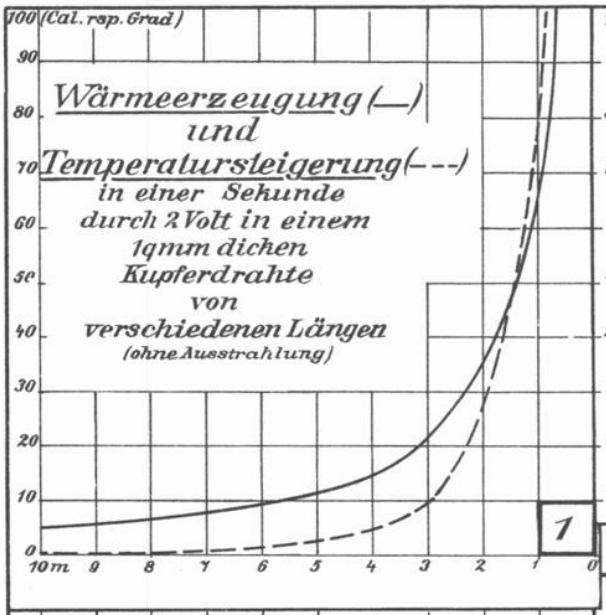
Widerstand von CuJ bei Einbringung in Joddampf aus versch. starken Lösungen in Chloroform (nach Bädeker) 6

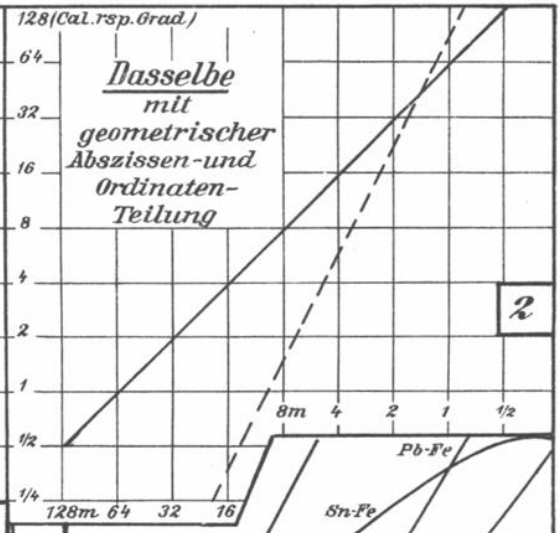

1
Leitverhältnis
(Verhältnis der Wärmeleitfähigkeit zur elektrischen Leitfähigkeit)
bei 18° (unten) u. 100° (oben)
(in absolutem Maasse mal 10⁹)
sowie sein Temperaturkoeffizient (---)
Konstantan
Wismut
Mangan
Stahl
Eisen
Platin
Rotguss
Palladium
Zinn
Gold
Blei
Cadmium
Zink
Nickel
Silber
Kupfer
Aluminium
2
Leitverhältnis
div. durch die abs. Temperatur
(nach Lees)
f. versch. Temperaturen
Neusilber
Manganin
Platinoid
Eisen
Blei
Zink
Kupfer
Aluminium
3
Temperaturkoeffizient
der elektr. Leitfähigkeit
für tiefe Temperaturen
(nach Clay)
Silber
Gold
Blei
Magnet (Ordinaten rechts)
4
Widerstand
von Magnetit
bei versch. Temperaturen
(nach Koenigsberger)
5
Widerstand (in Ω/cbcm)
von reinem Silicium
bei versch. Temperaturen
(n. Koenigsberger)

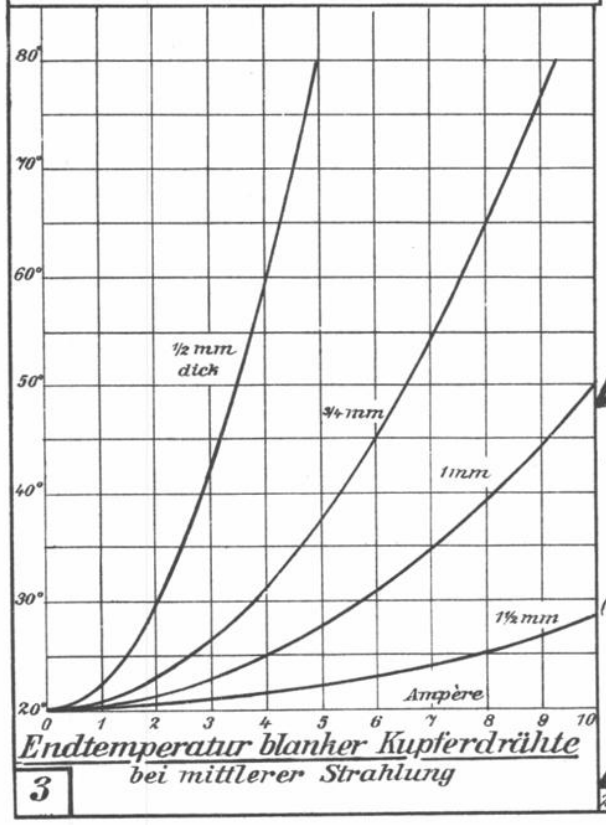

1
Molekulare Leitfähigkeit (rechts, in reziprok Ohm)
und
Dissoziationsgrad (links)
für verschiedene Verdünnungen (Liter pro mol)
[Ostwaldsches Verdünnungsgesetz]
Essigsäure bei 25°
2
Aequivalentleitfähigkeit anorganischer Elektrolyte bei 18° für verschiedene Konzentration
HCl (halbe Ordinaten)
Die Anfänge derselben Kurven in 10-facher Abszisse
KCl
NaCl
CaCl₂
LiCl
½ Na₂SO₄
½ CuSO₄
Grammäquivalent pro Liter

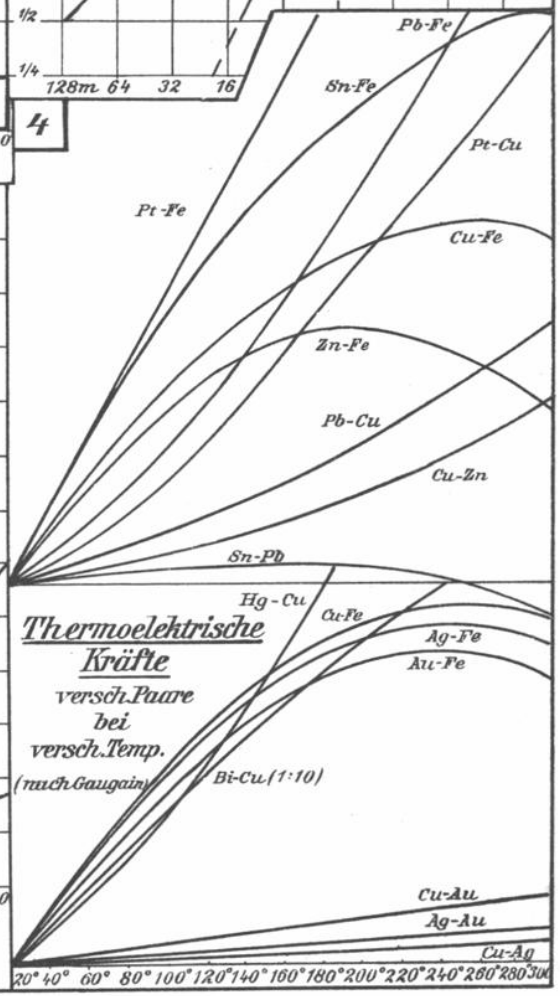

1
2
(n+)(n-) = 6
5
4
3
2
1
n
4 8 16 32 64 128 256 512 1024
Reduktionszahlen d. Aequivalent-Leitfähigkeit von der Verdünnung n auf d. Verd. ∞, für versch. Produkte der Wertigkeit der Jonen.
Br
J
Cl
NO3
F
½SO4
JO3
a) Anionen in Verbindung mit einwertigen Kationen
K
Ag
Na
Li
½Ca
½Mg
½Zn
b) Kationen in Verbindung mit einwertigen Anionen
½Ca
½Zn
½Cu
½SO4
c) Zweiwertige Jonen in gegenseitiger Verbindung
Jonenbeweglichkeiten in wässrigen Lösungen
(Abszissen: Mole pro Liter, in geometr. Progression)
½SO4
½Ca
d) Dasselbe Jon in Verbindung mit einem einwertigen (—) oder zweiwertigen (---) Jon.
½SO4
e) Dasselbe Jon, mit geometrischer (——, unten) und arithmetischer (----, oben) Skala der Konzentrationen.

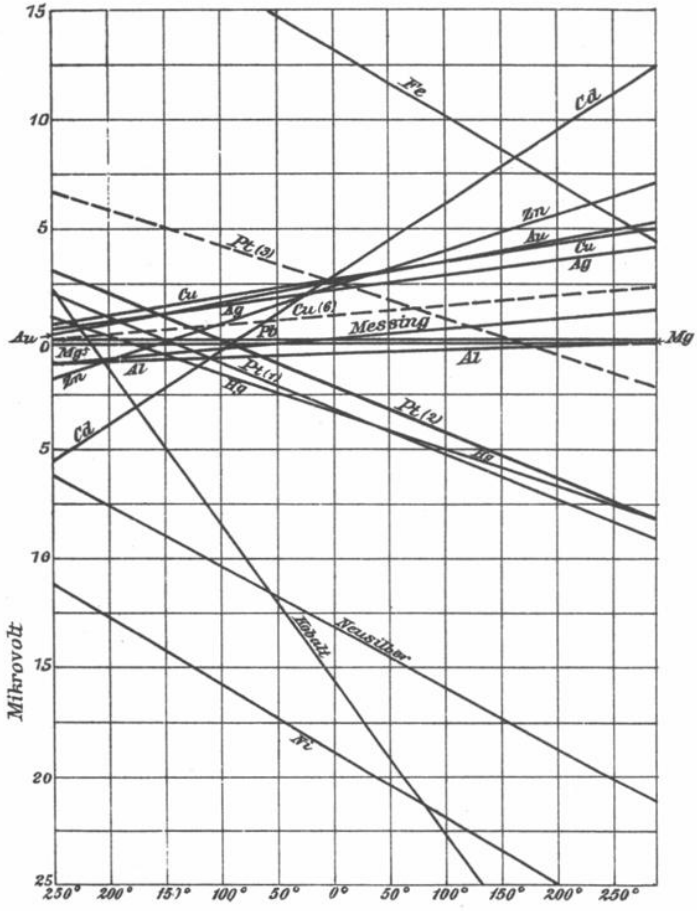

1
Elektrolytischer Dissoziationsgrad bei versch. Konzentrationen.
Phosphor-
Dichloressigsäure
säure (zweite Ordinaten)
Chlorkalium
Chlornatrium
(nach Kohlrausch, Wood, Wetham, Jones u. A.)
Mole / Liter
2
Leitfähigkeit eines Gemenges von Essigsäure und Salzsäure
(nach Arrhenius)
(Hg = 10⁸)
% Salzsäure
3
HNO3 (HCl)
H2SO4
KOH
NH4Cl (KCl)
NaCl
NaOH
½ MgSO4
Gr.-Äq. / Liter
Leitfähigkeit b. versch. Konzentration.
(nach Kohlrausch u Holborn)
4
Relative Leitfähigkeit bei versch. Temperaturen
(die bei 18° gleich 1),
reduziert auf äusserste Verdünnung
Na2CO3
MgSO4
NaCl
KCl
H2PO4
HNO3
5
Relative Leitfähigkeit versch. starker Schwefelsäuren b. versch. Temperaturen
84,4 %
50 %
25 %
15 %
5 %

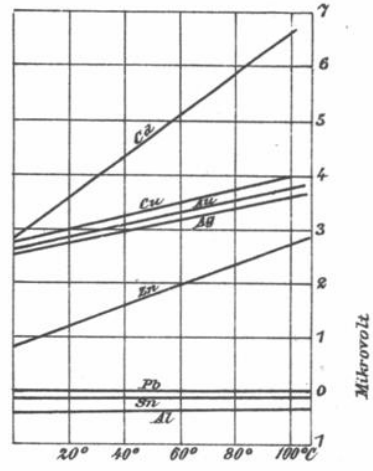

(Cal. rsp. Grad)
Wärmeerzeugung (—)
und
Temperatursteigerung (- - -)
in einer Sekunde
durch 2 Volt in einem
1qmm dichen
Kupferdrahte
von
verschiedenen Längen
(ohne Ausstrahlung)
1


(Cal. rsp. Grad)
Dasselbe
mit
geometrischer
Abszissen- und
Ordinaten-
Teilung
2


½ mm
dick
¾ mm
1 mm
1½ mm
Ampère
Endtemperatur blanker Kupferdrähte
bei mittlerer Strahlung
3


Pb-Fe
Sn-Fe
Pt-Cu
Pt-Fe
Cu-Fe
Zn-Fe
Pb-Cu
Cu-Zn
Sn-Pb
Hg-Cu
Cu-Fe
Ag-Fe
Au-Fe
Thermoelektrische
Kräfte
versch. Paare
bei
versch. Temp.
(nach Gaugain)
Bi-Cu (1:10)
Cu-Au
Ag-Au
Cu-Ag
4



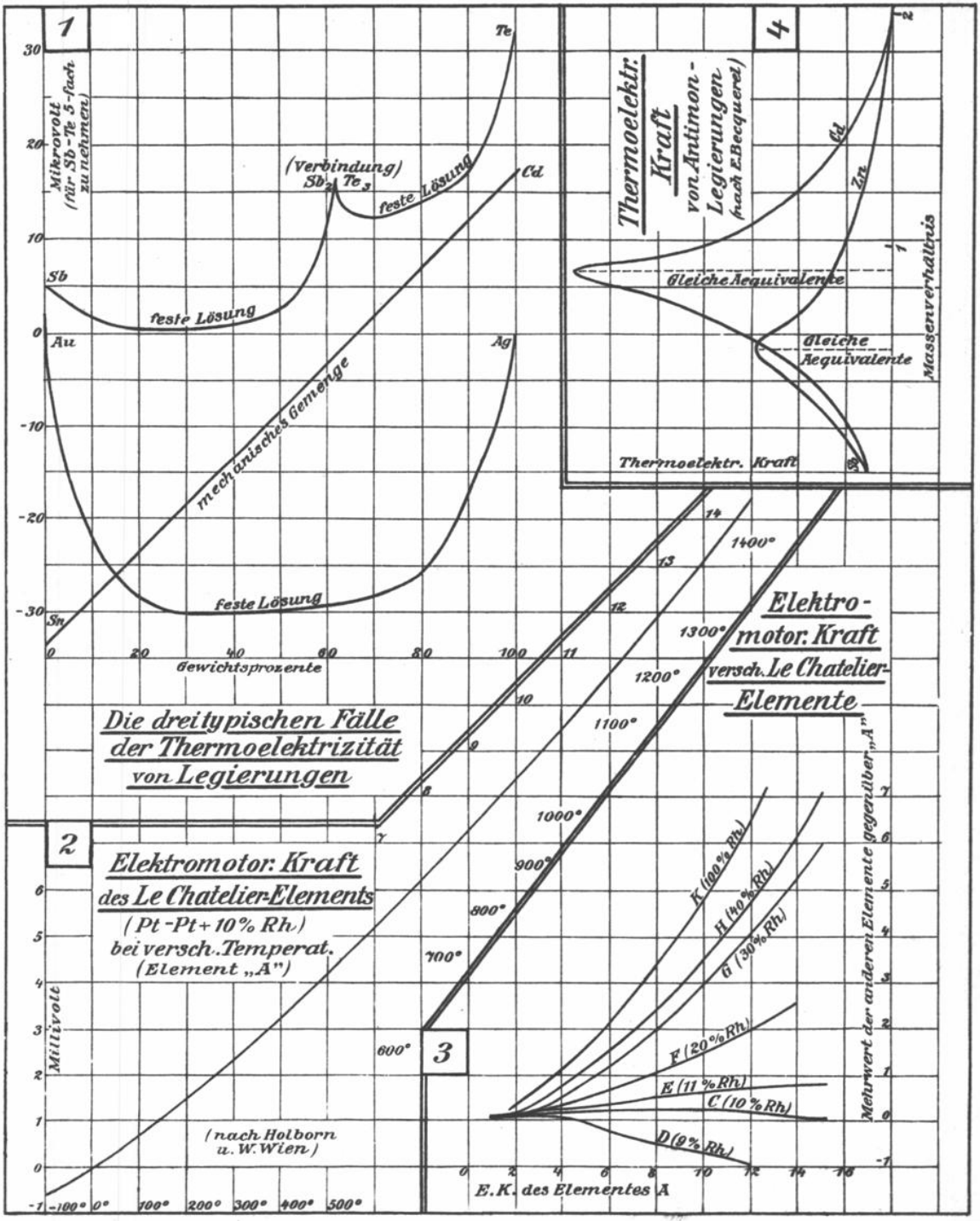


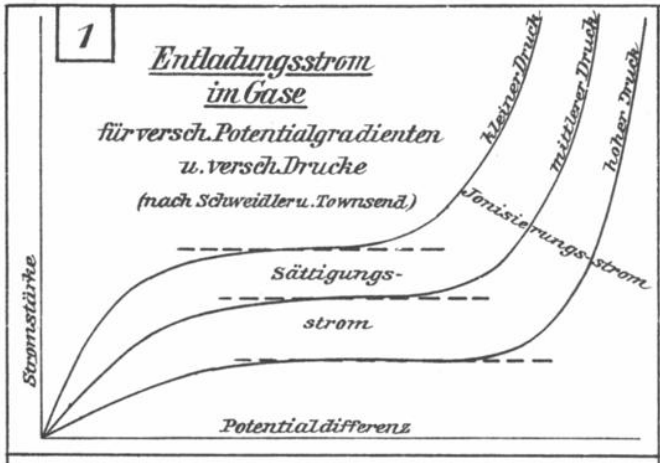
Dasselbe
(nach Steele)

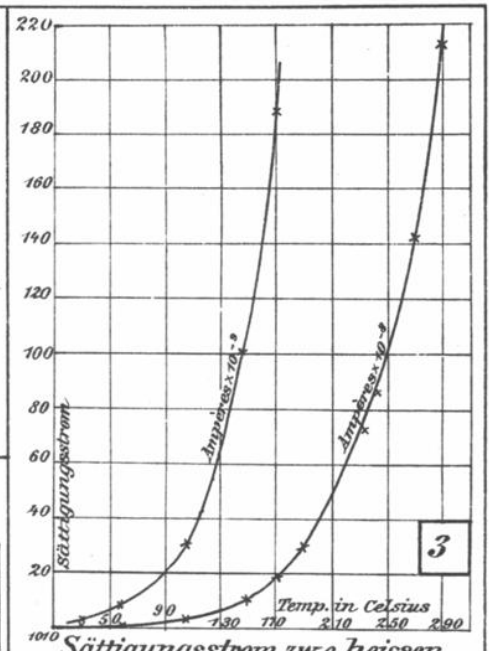
Thermoelektrische Kraft gegen Blei bei versch. Temperaturdifferenzen

(nach Noll)

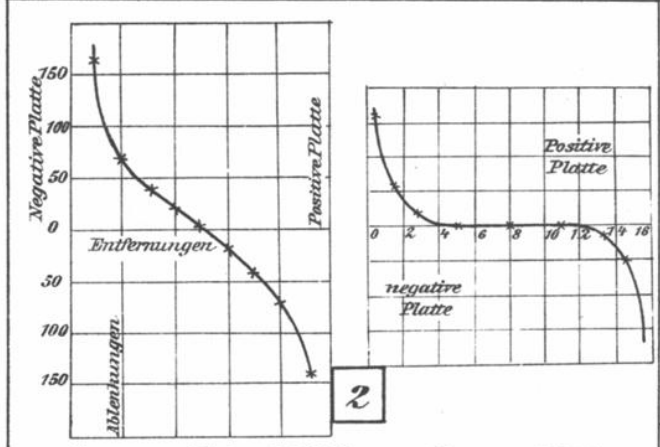
(Cu rein, die andern unrein)


1
Mikrovolt (nur Sb-Te 5-fach zu nehmen)
Te
(Verbindung) Sb_2Te_3
feste Lösung
Cd
Sb
feste Lösung
Au
Ag
mechanisches Gemenge
Sn
feste Lösung
Gewichtsprozente
Die drei typischen Fälle der Thermoelektrizität von Legierungen
4
Thermoelektr. Kraft von Antimon-Legierungen (nach E. Becquerel)
Cd
Zn
Gleiche Aequivalente
Gleiche Aequivalente
Massenverhältnis
Thermoelektr. Kraft
Sb
2
Elektromotor. Kraft des Le Chatelier-Elements (Pt-Pt+10% Rh) bei versch. Temperat. (Element „A")
Millivolt
(nach Holborn u. W. Wien)
3
Elektromotor. Kraft versch. Le Chatelier-Elemente
1400°
1300°
1200°
1100°
1000°
900°
800°
700°
600°
K (100% Rh)
H (40% Rh)
G (30% Rh)
F (20% Rh)
E (11% Rh)
C (10% Rh)
D (9% Rh)
Mehrwert der anderen Elemente gegenüber „A"
E.K. des Elementes A

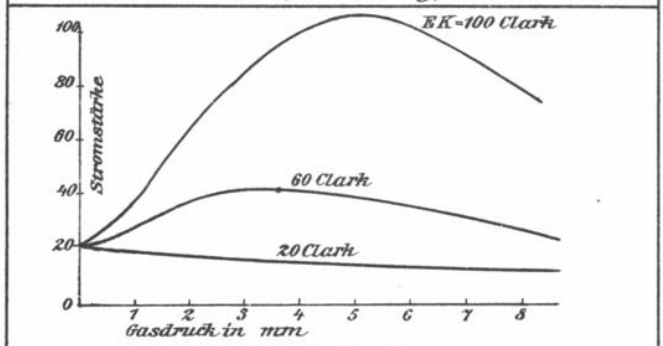




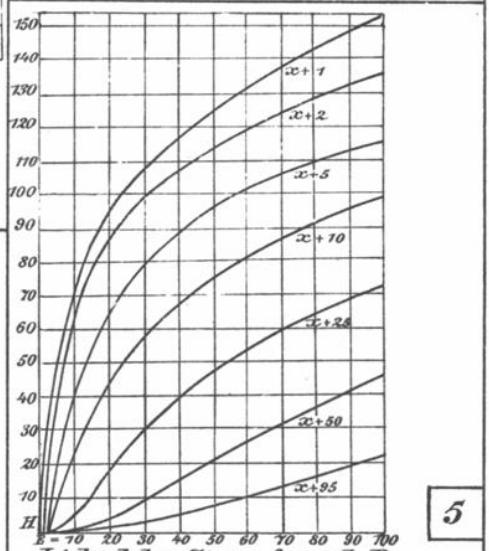
Sättigungsstrom zw. e. heissen Platindraht u. e. Metallzylinder in hohem Vakuum f. versch. Temperat. (nach Richardson)



Gang des Potentialfalls in Gasen — Gang der Dichte in Gasen (nach Zeleny)



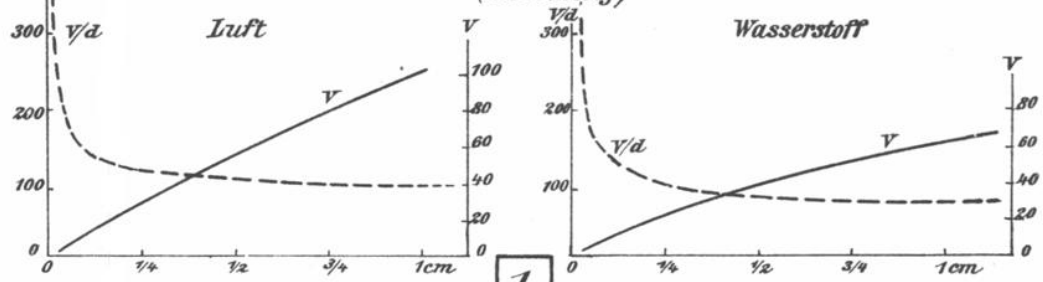
Lichtelektrischer Strom (nach Stoletow)



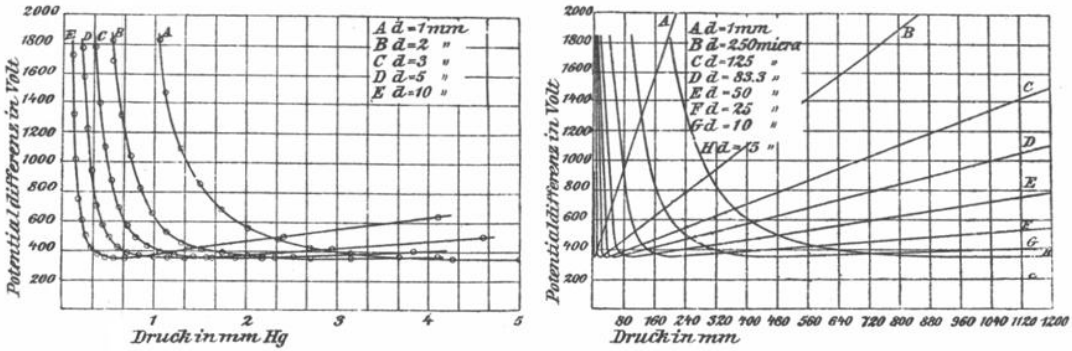
Lichtelektr. Strom f. versch. Potentialdifferenzen u. Plattenabstände (in mm, x etwa = 1,5 mm)

Beziehung zwischen Funkenlänge (d), Funkenpotential (V) und ihrem Verhältnis (V/d)

(nach Liebig)



1

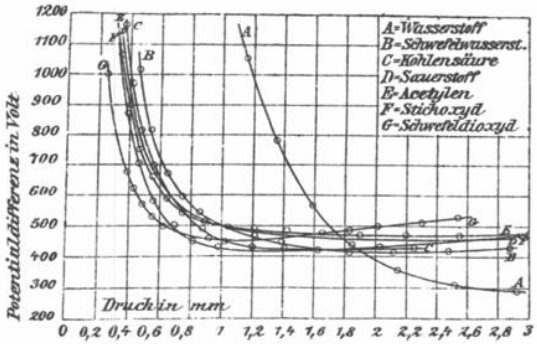


Abhängigkeit des Funkenpotentials vom Druck

für versch. Funkenlängen

(nach Carr)

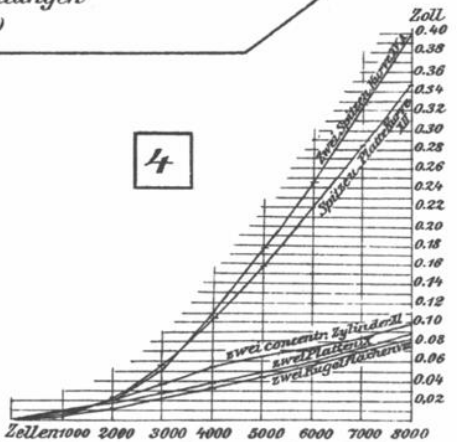
2



Abhängigkeit d. Funkenpotentials vom Druck f. versch. Gase (Länge 3 mm)

(nach Carr)

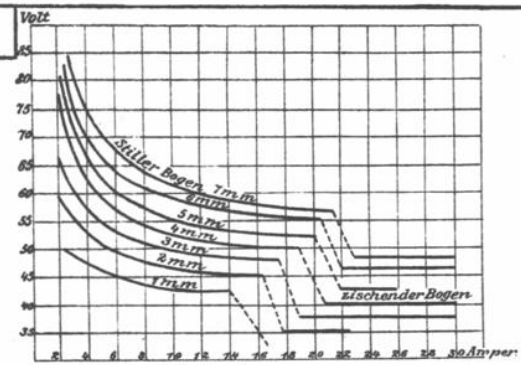
3



Beziehung zw. Potential und Funkenlänge f. versch. Elektroden (nach Warren de la Rue)

4

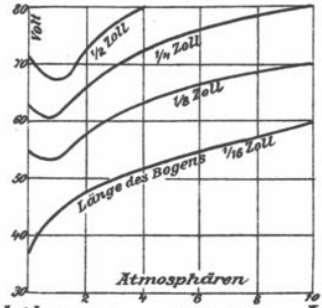
1



Lichtbogen

Beziehung zwischen Spannung, Stromstärke und Bogenlänge (nach Ayrton)

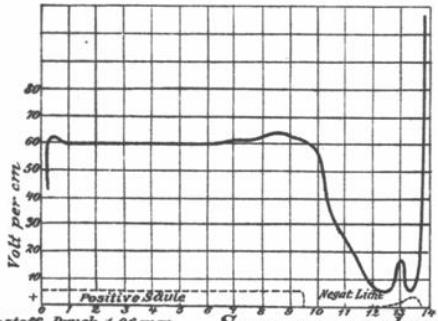
2



Lichtbogen verschiedener Länge

bei variablem Druck

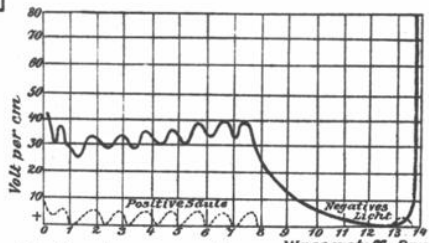
3



Stickstoff. Druck 1,06 mm
Strom 0,676 m.a.

ungeschichtet

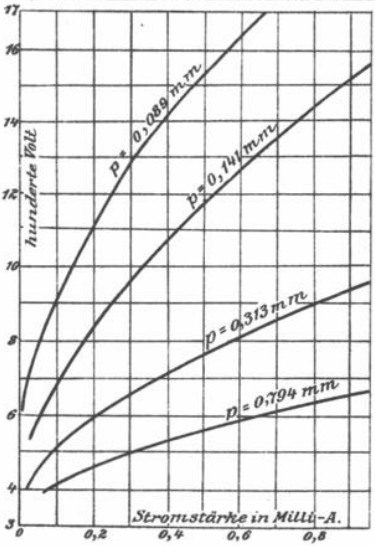
Spannungskurve im Entladungsrohr



Wasserstoff. Druck 2,25 mm
Strom 0,586 m.a.

geschichtet

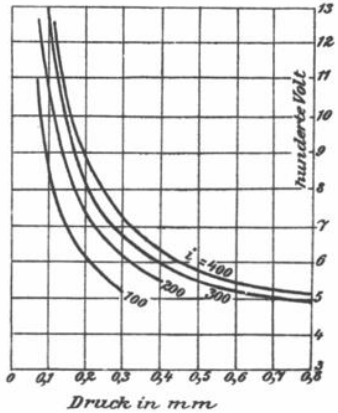
4

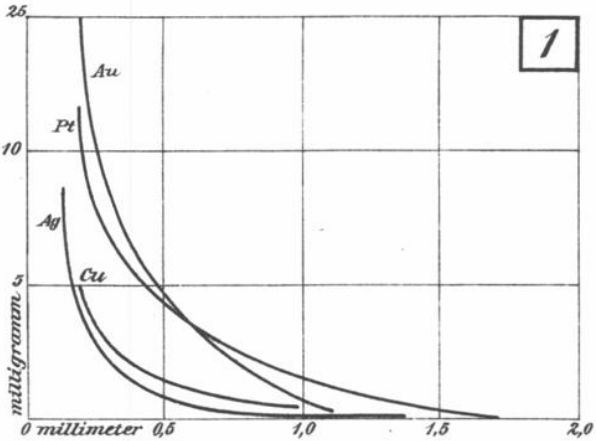


Spannungsabfall im Glimmstrom

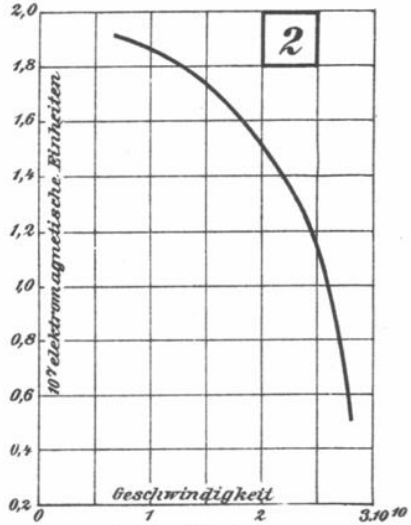
(nach Stark)

(links als Funktion der Stromstärke f. verschied. Drucke, rechts als Funktion des Druckes f. versch. Stromstärken).

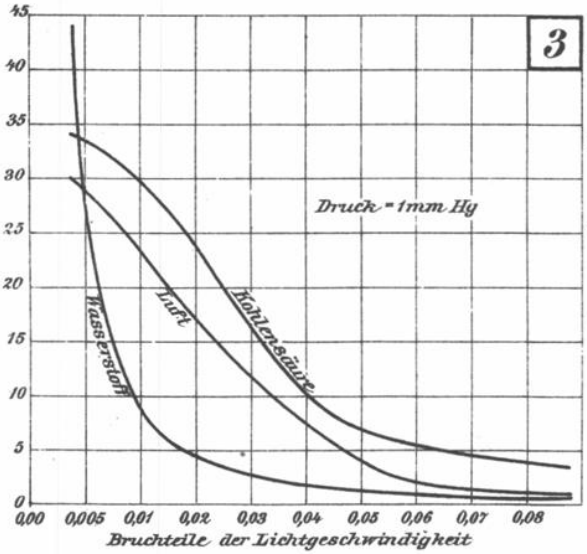




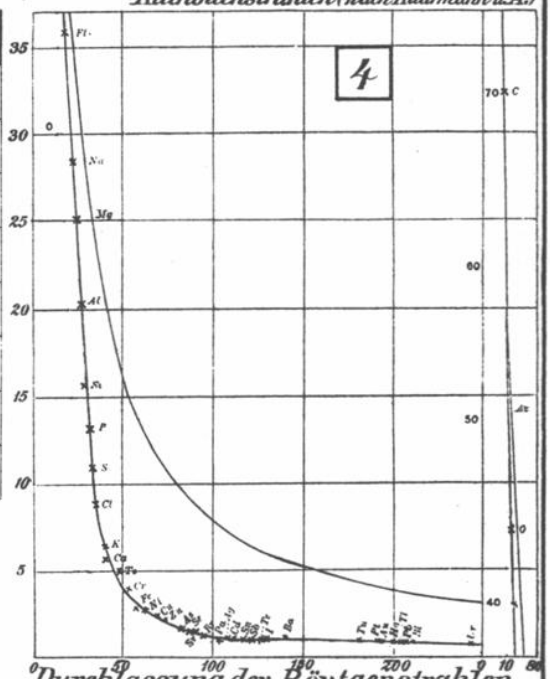
Zerstäubung der Kathode
versch. Metalle
bei verschiedenen Drucken



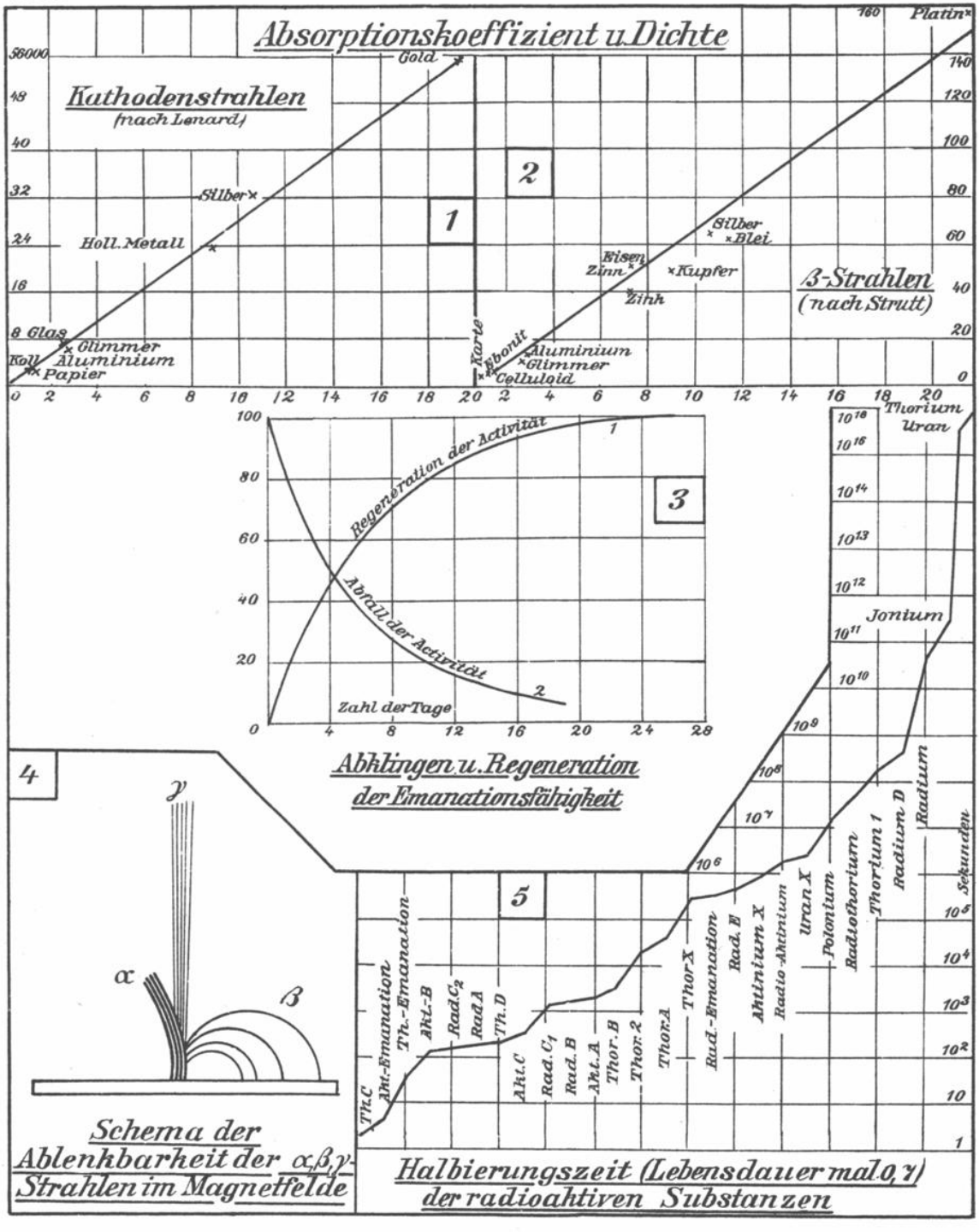
Verhältnis von Ladung zu Masse
bei versch. Geschwindigkeit der Kathodenstrahlen (nach Kaufmann u. A.)

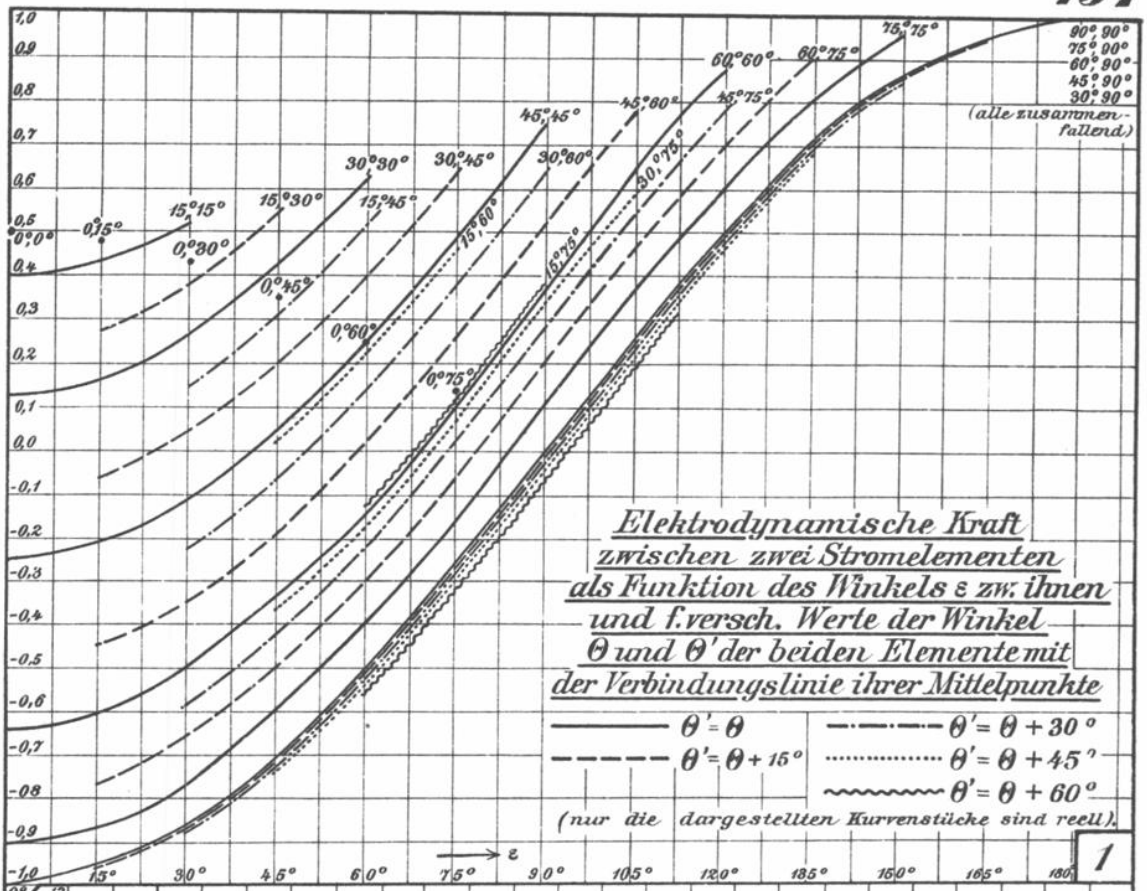


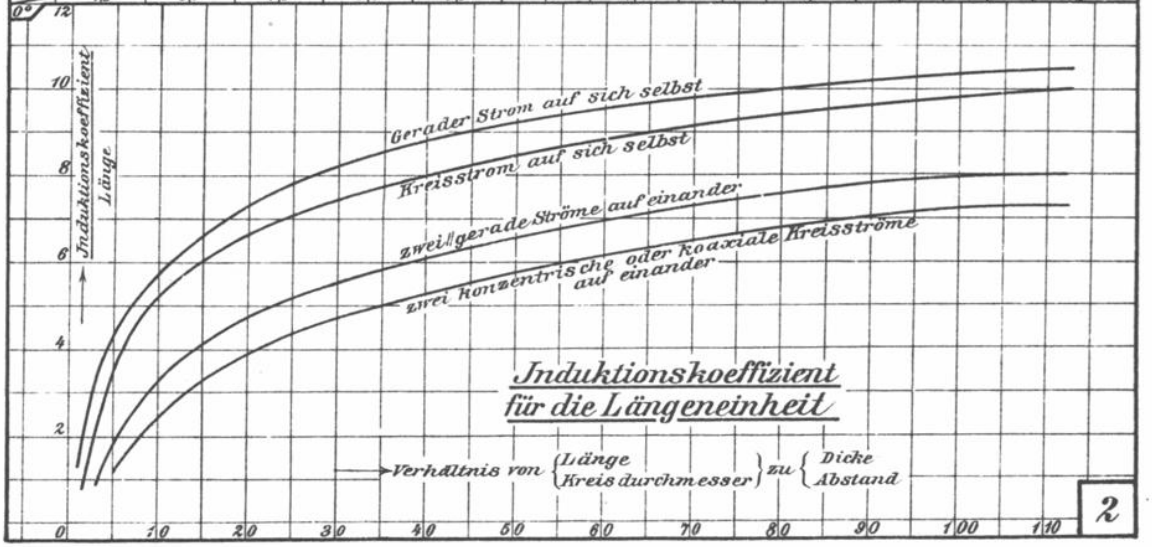
Spez. Absorption der Kathodenstrahlen
versch. Geschwindigkeit
(nach Lenard)

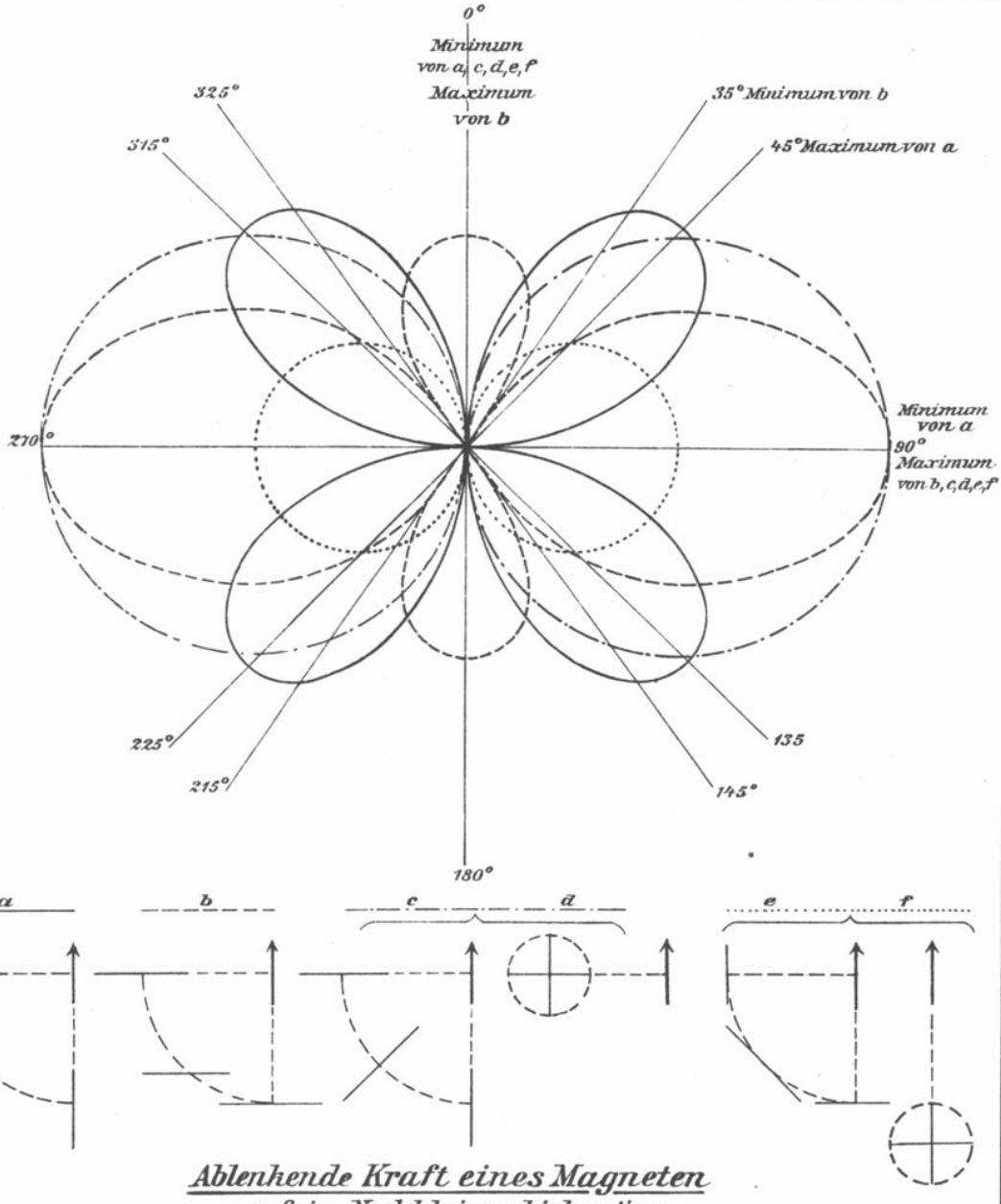


Durchlassung der Röntgenstrahlen durch Stoffe versch. Atomgewichts
(nach Benoist)


Absorptionskoeffizient u. Dichte
Kathodenstrahlen
(nach Lenard)
1
2
Gold
Silber
Holl. Metall
Glas
Glimmer
Aluminium
Papier
Kork
Ebonit
Aluminium
Glimmer
Celluloid
Silber
Blei
Eisen
Zinn
Kupfer
Zink
Platin
β-Strahlen
(nach Strutt)
3
Regeneration der Activität
Abfall der Activität
Zahl der Tage
Abklingen u. Regeneration
der Emanationsfähigkeit
4
γ
α
β
Schema der
Ablenkbarkeit der α, β, γ-
Strahlen im Magnetfelde
5
Th.C
Akt.-Emanation
Th.-Emanation
Akt.-B
Rad.C2
Rad.A
Th.D
Akt.C
Rad.C1
Rad.B
Akt.A
Thor.B
Thor.2
Thor.1
Thor.X
Rad.-Emanation
Rad.E
Aktinium X
Radio-Aktinium
Uran X
Polonium
Radiothorium
Thorium 1
Radium D
Radium
Jonium
Thorium
Uran
Sekunden
Halbierungszeit (Lebensdauer mal 0,7)
der radioaktiven Substanzen


Elektrodynamische Kraft
zwischen zwei Stromelementen
als Funktion des Winkels ε zw. ihnen
und f. versch. Werte der Winkel
θ und θ' der beiden Elemente mit
der Verbindungslinie ihrer Mittelpunkte
θ' = θ
θ' = θ + 15°
θ' = θ + 30°
θ' = θ + 45°
θ' = θ + 60°
(nur die dargestellten Kurvenstücke sind reell).
90°, 90°
75°, 90°
60°, 90°
45°, 90°
30°, 90°
(alle zusammenfallend)
0°, 0°
0, 15°
15°, 15°
0, 30°
15°, 30°
30°, 30°
0, 45°
15°, 45°
30°, 45°
45°, 45°
0, 60°
15°, 60°
30°, 60°
45°, 60°
60°, 60°
0, 75°
15°, 75°
30°, 75°
45°, 75°
60°, 75°
75°, 75°
ε
1


Induktionskoeffizient
Länge
Gerader Strom auf sich selbst
Kreisstrom auf sich selbst
zwei ∥ gerade Ströme auf einander
zwei konzentrische oder koaxiale Kreisströme auf einander
Induktionskoeffizient
für die Längeneinheit
Verhältnis von {Länge / Kreisdurchmesser} zu {Dicke / Abstand}
2

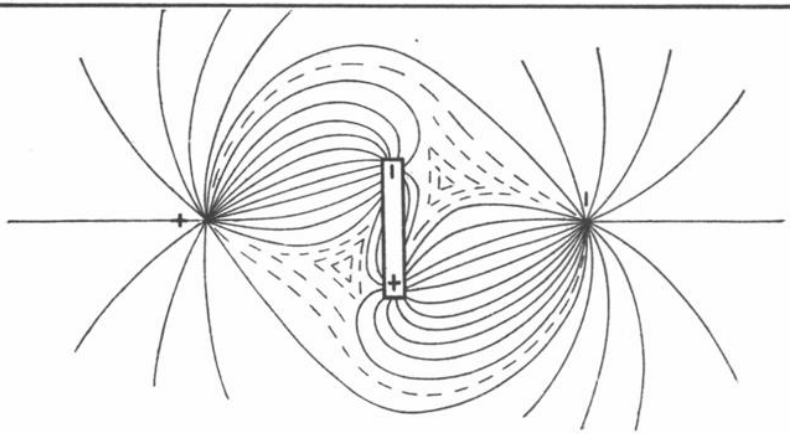


Ablenkende Kraft eines Magneten

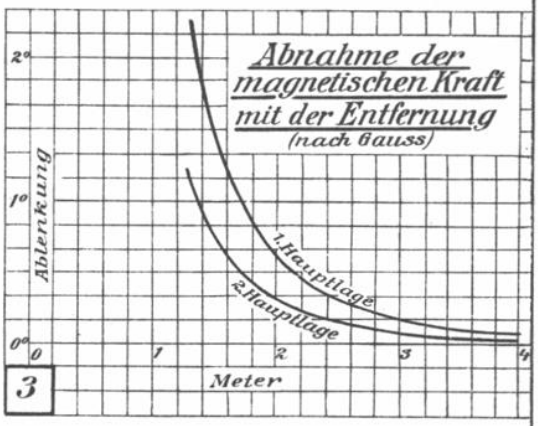
auf eine Nadel bei verschiedenartiger

Herumführung desselben im Kreise

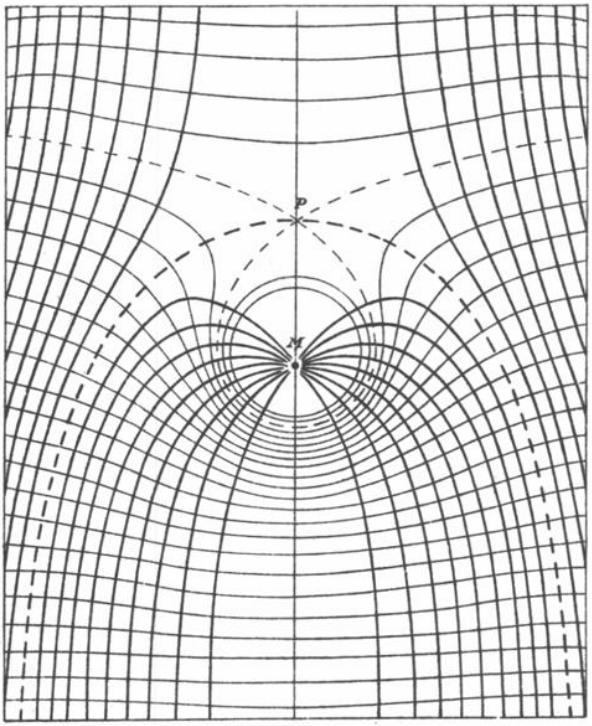
(a, b, c, e: im Kreise um die Nadel, und zwar: a in Längslage, b in Querlage, c in Radiallage, e in Tangentiallage; d, f: im Kreise um sich selbst, und zwar: d in West-(Ost-)lage, f in Süd-(Nord-)lage. Das Vorzeichen der Kraft ist nicht berücksichtigt.)



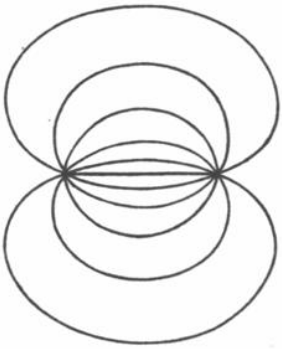
1 Quergestellter Magnet zwischen zwei entgegengesetzten Polen



3



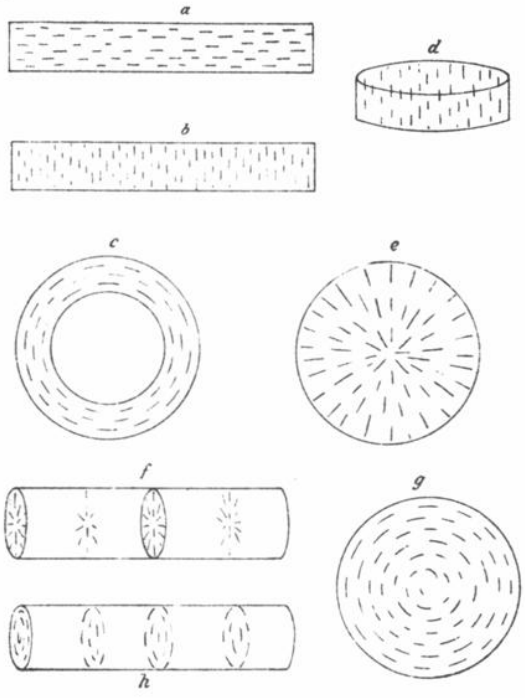
2 Magnetpol im gleichförmigen Felde



Magnetfeld (Niveauflächen) einer Kreisschale

4

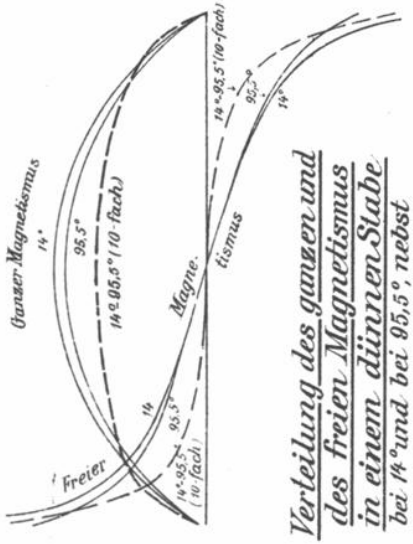
1



Magnetisierungsweisen

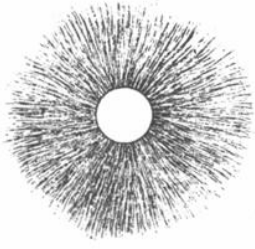
a Stab, longitudinal	e Scheibe, radial
b " , transversal	f Stab, "
c Ring, longitudinal	g Scheibe, peripher
d Scheibe, transversal	h Stab, "

2



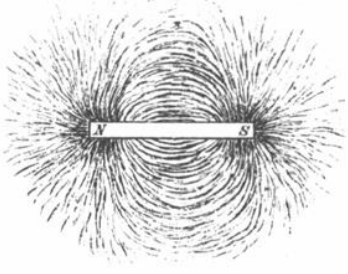
Verteilung des ganzen und des freien Magnetismus in einem dünnen Stabe bei 14° und bei 95,5°, nebst Differenz beider Werte.

3



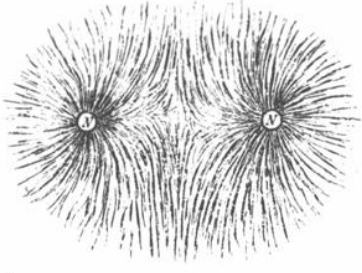
Feld eines Poles

4



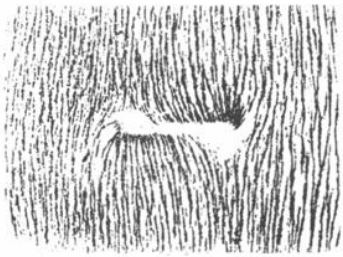
Feld eines Stabes

5



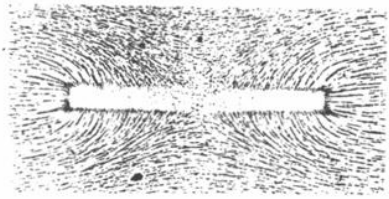
Feld zwier gleichnamiger Pole

1



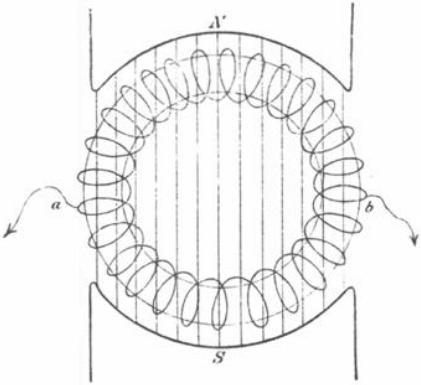
Magnet quer im Felde

2



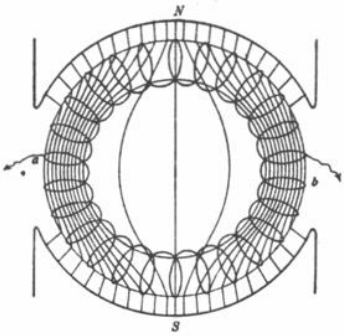
Magnet Längs im Felde

3



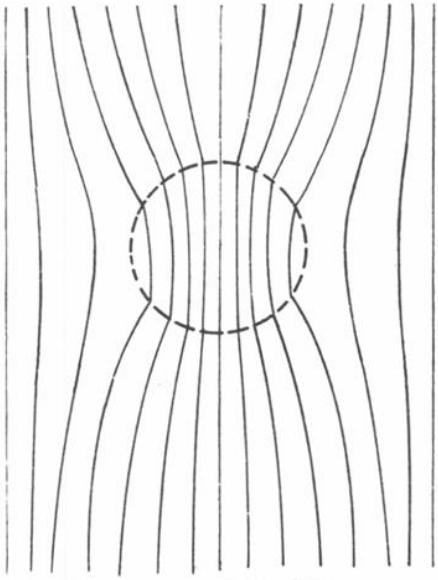
Spule mit Holzkern im Felde

4



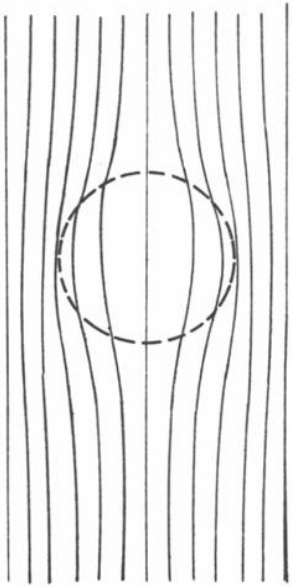
Spule mit Eisenkern im Felde

5

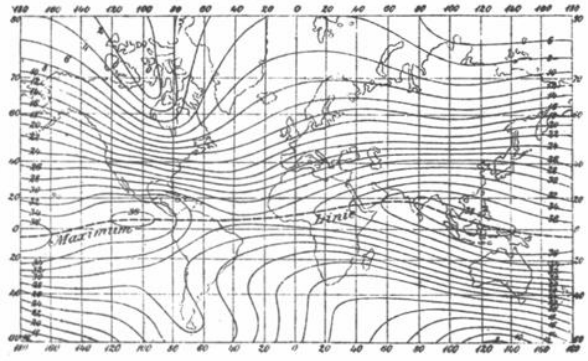


Paramagnetischer Körper im Felde

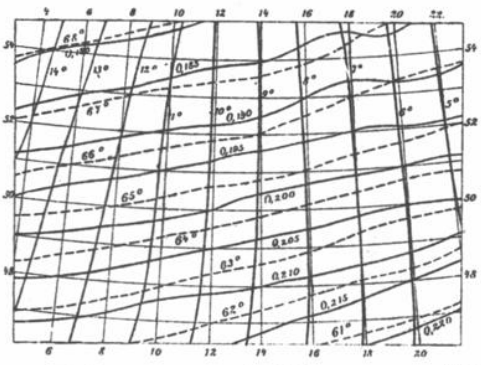
6



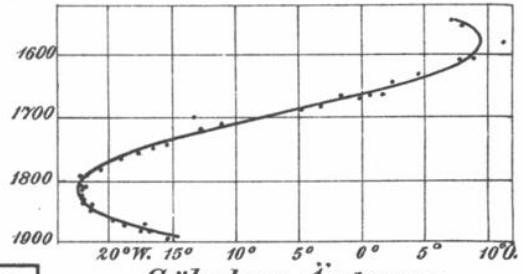
Diamagnetischer Körper im Felde



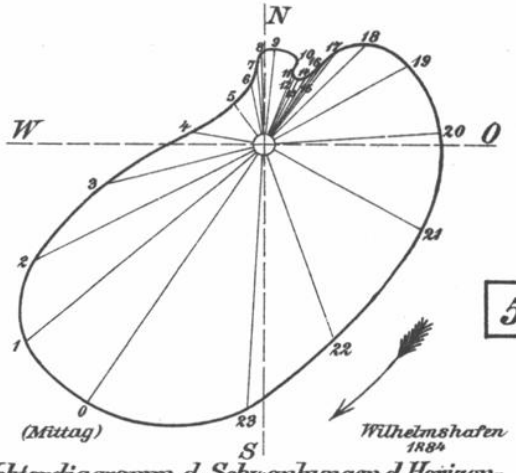
1 Horizontal-Isodynamen



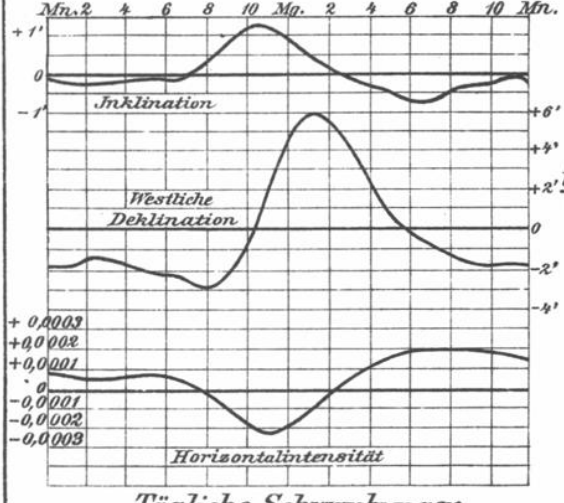
Erdmagnetische Elemente für Mitteleuropa (1905) 2



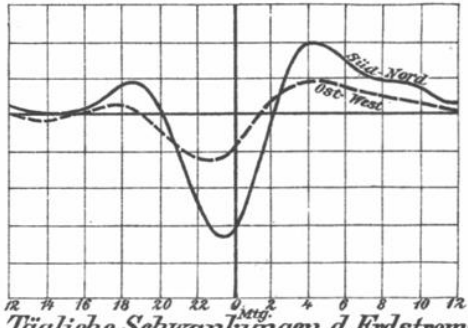
3 Säkulare Änderung der Deklination in Paris



5 Vektordiagramm d. Schwankungen d. Horizontalintensität nach Grösse und Richtung.

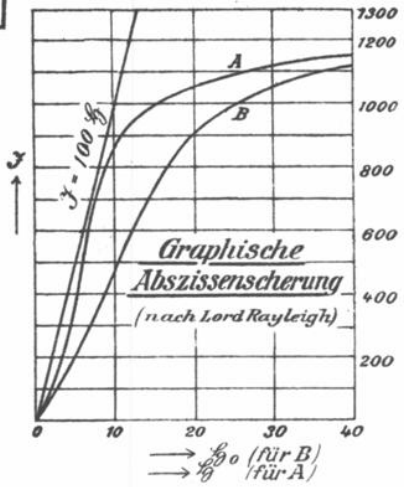


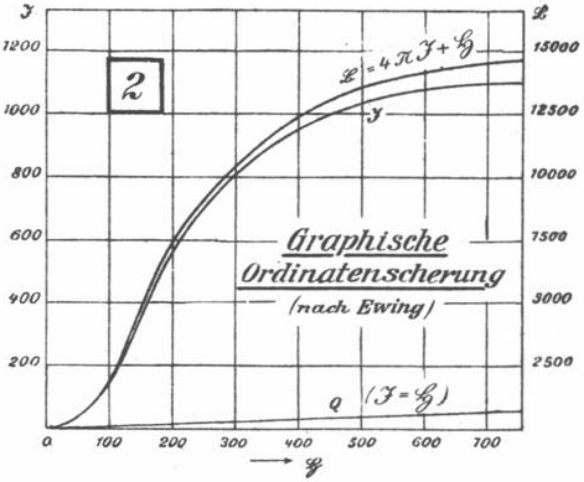
Tägliche Schwankungen der erdmagnetischen Elemente (Wilhelmshafen, 1883) 4

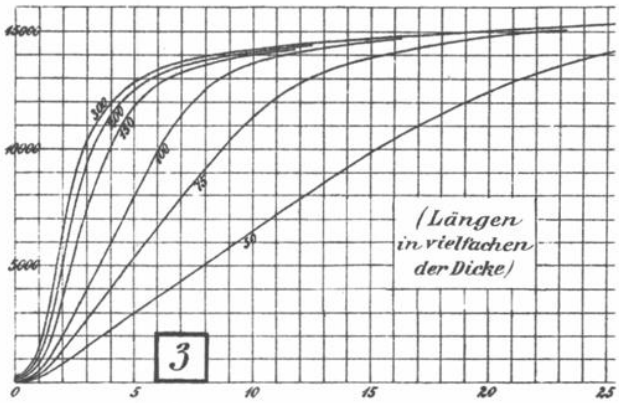


6 Tägliche Schwankungen d. Erdstroms (Berlin – Dresden) [nach Weinstein] (" – Thorn)

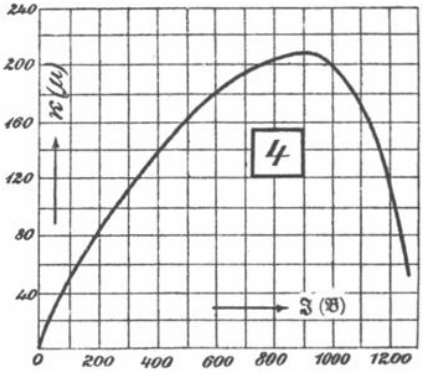
1



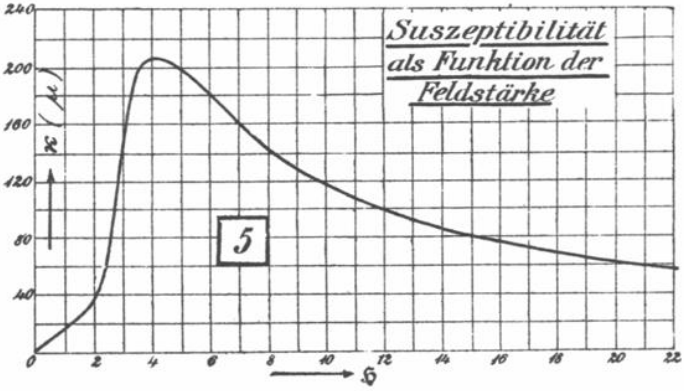


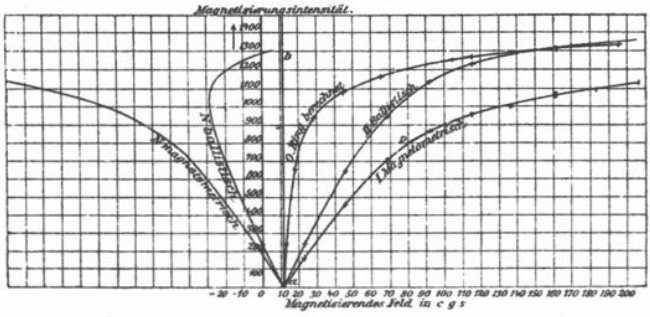


Magnetisierungskurven versch. langer Drähte



Suszeptibilität bezw. Permeabilität als Funktion der Jntensität bezw. Jnduktion.



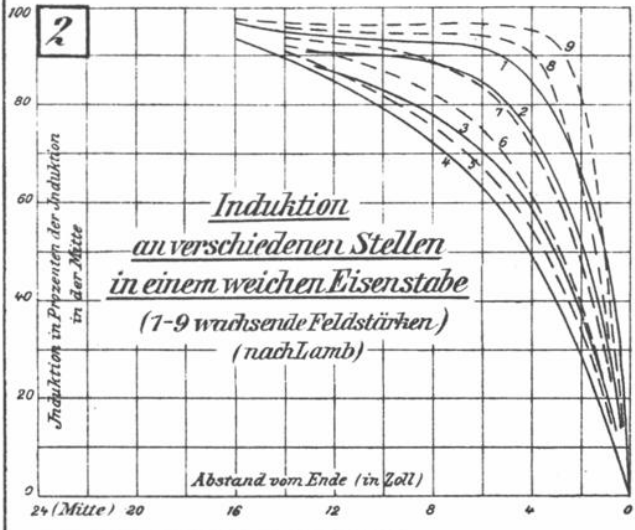


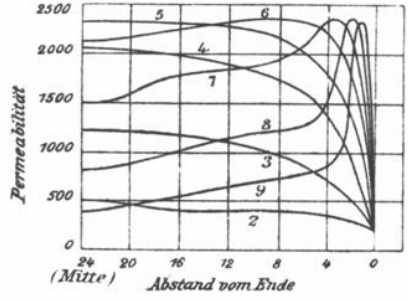
Magnetisierungskurven für Ring und Zylinder,

für letzteren nach der ballistischen und magnetometrischen Methode mit den zugehörigen Entmagnetisierungskurven (Scherungskurven).

(nach Benedicks)

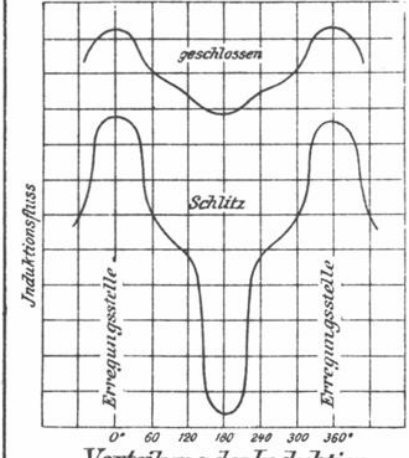
1





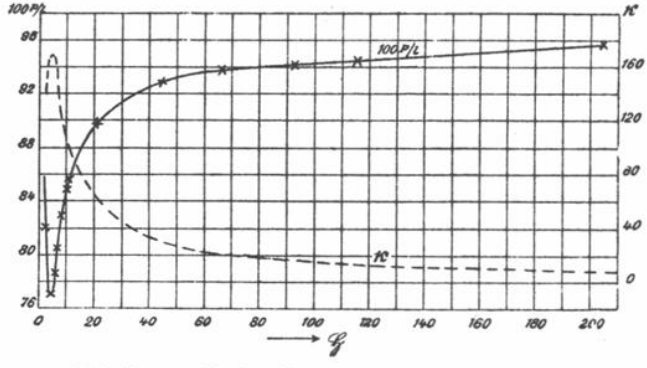
Entsprechende Werte der Permeabilität

3



Verteilung der Induktion in einem lokal erregten Ringe
(geschlossen u. geschlitzt)

4

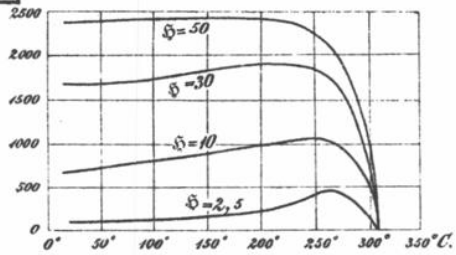


Polabstand eines langen dünnen Drahtes für versch. Feldstärken (Suszeptibilitäten) in Prozenten der ganzen Länge

(nach Benedicks)

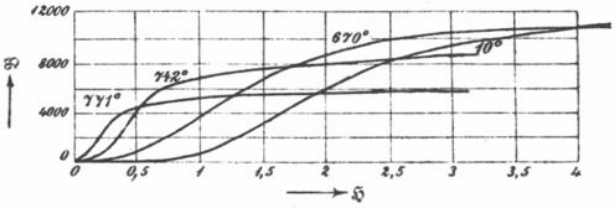
5

1



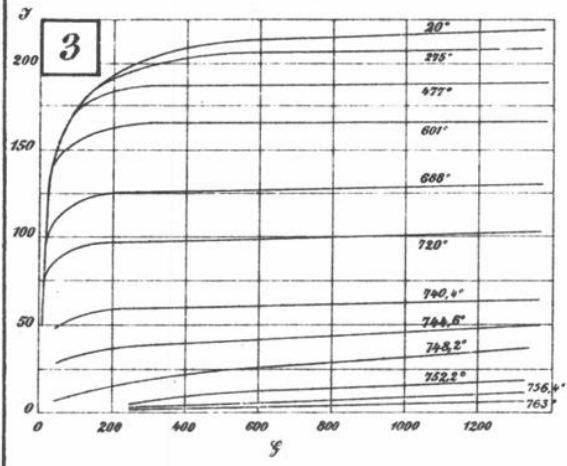
Induktion als Funktion der Temperatur für versch. Feldstärken
(Nickelring, nach Hopkinson)

2



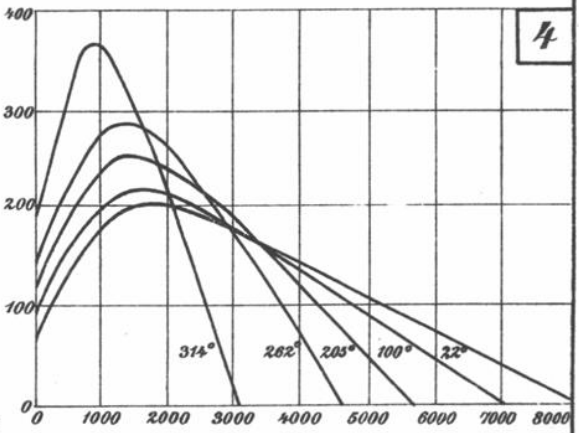
Induktion als Funktion der Feldstärke bei schwachem Feld u. versch. Temperaturen
(Eisenring nach Hopkinson)

3

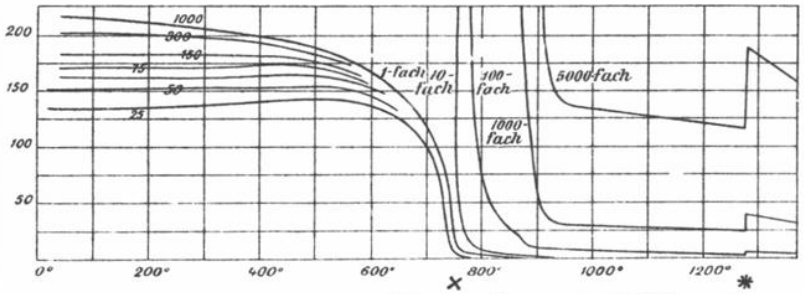


Magnetisierungskurven des Eisens für versch. Temperaturen (nach Curie)

4



Suszeptibilität K
(des Nickels)
für sehr grosse Kräfte bei versch. Temperaturen
(nach Perkins)

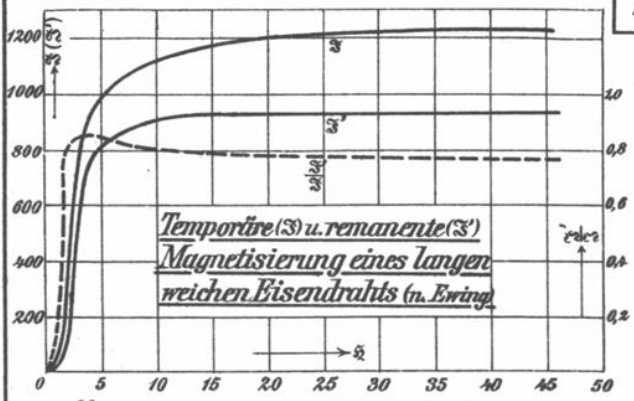


Temperaturkurven des Eisens f. versch. Feldstärken
(nach Curie)

5

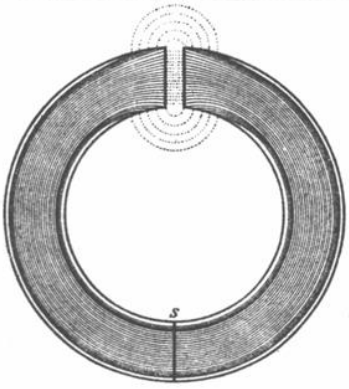
× kritischer Punkt ✱ Restitutionspunkt

1

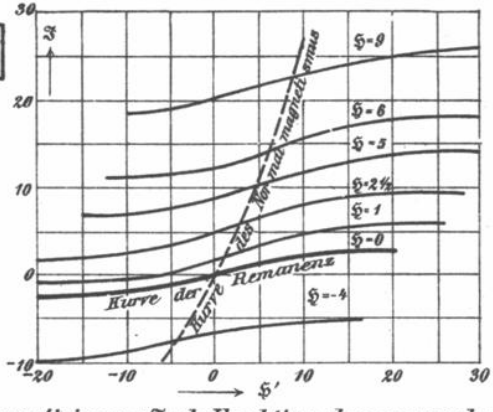


Temporäre (𝔍) u. remanente (𝔍') Magnetisierung eines langen weichen Eisendrahts (n. Ewing)

2



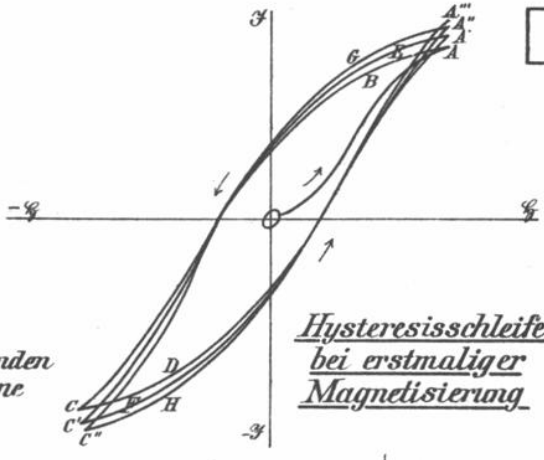
3



Magnetisierung 𝔍 als Funktion der maassgebenden vorangegangenen Feldstärke 𝔍'; für verschiedene augenblickliche Feldstärken 𝔍.

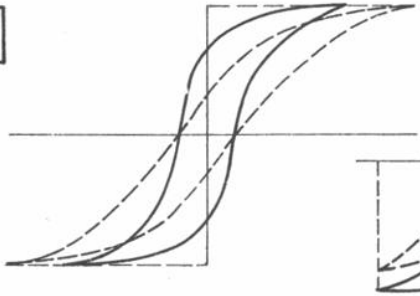
Magnetische Nachwirkung
(nach Auerbach)

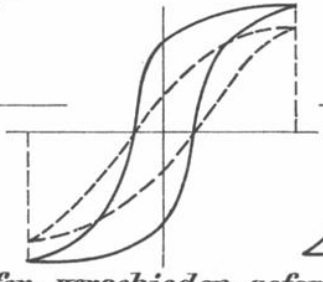
4

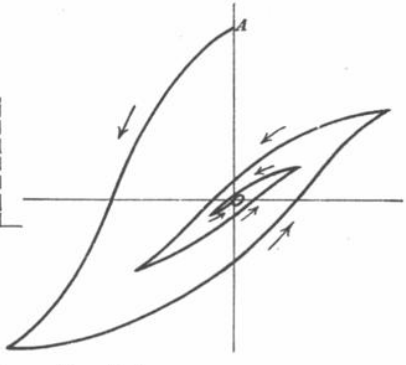


Hysteresisschleife bei erstmaliger Magnetisierung

5





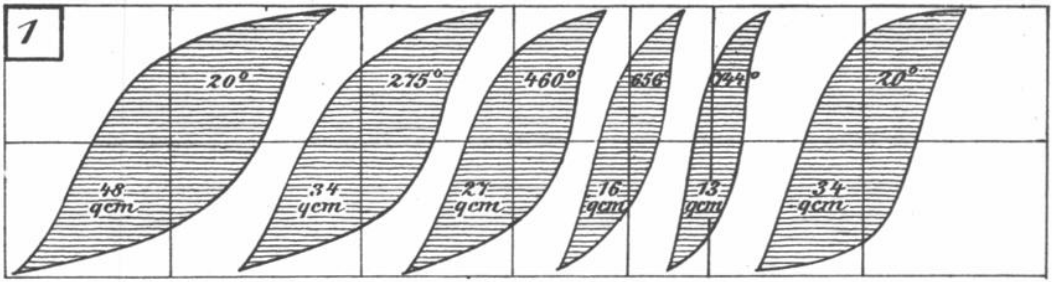


Hysteresisschleifen verschieden geformter Körper

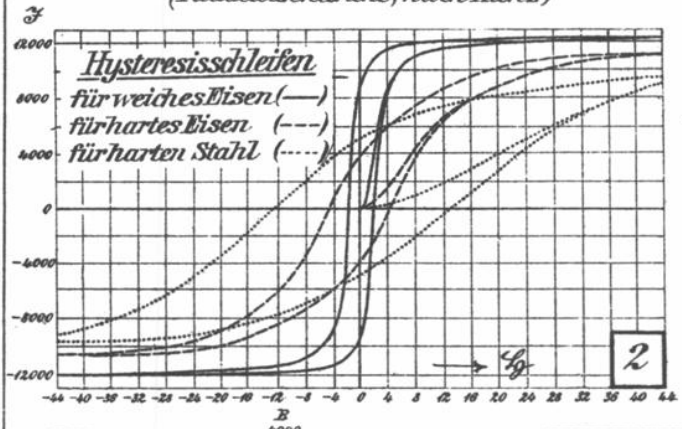
a) bei gleicher maximaler Magnetisierung (Flächen gleich)

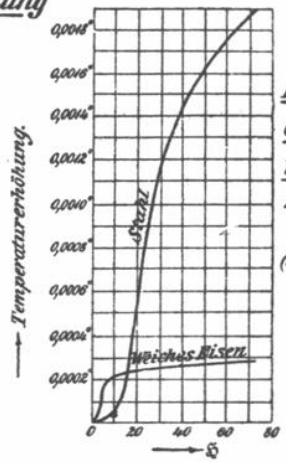
b) bei gleicher maximaler Feldstärke (Flächen ungleich)

Hysteresisschleife bei Entmagnetisierung

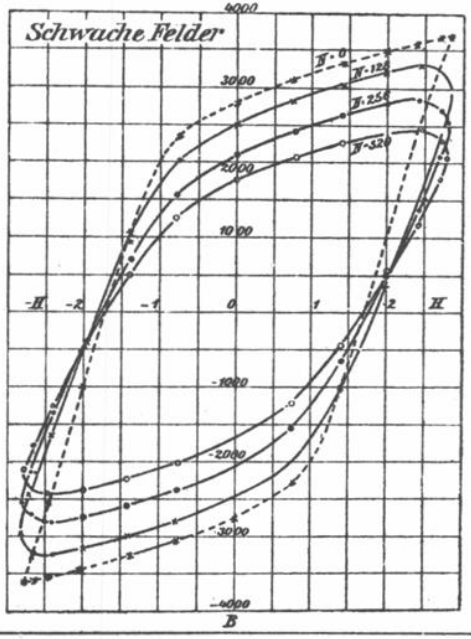


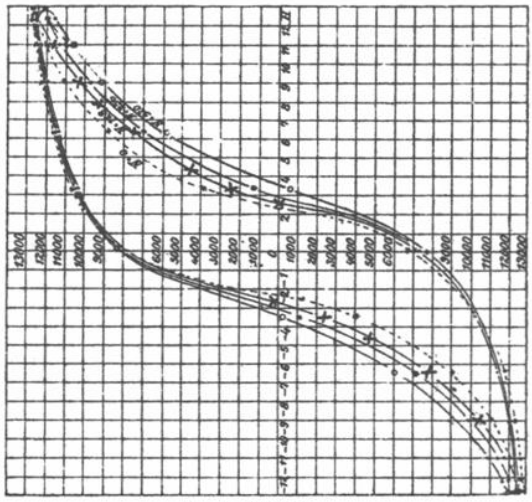
Hysteresisschleifen bei Erwärmung und Wiederabkühlung
(Puddeleisendraht, nach Kunz)





Erwärmung durch Magnetisierung zwischen versch. Grenzen
(nach Tanahadaté)

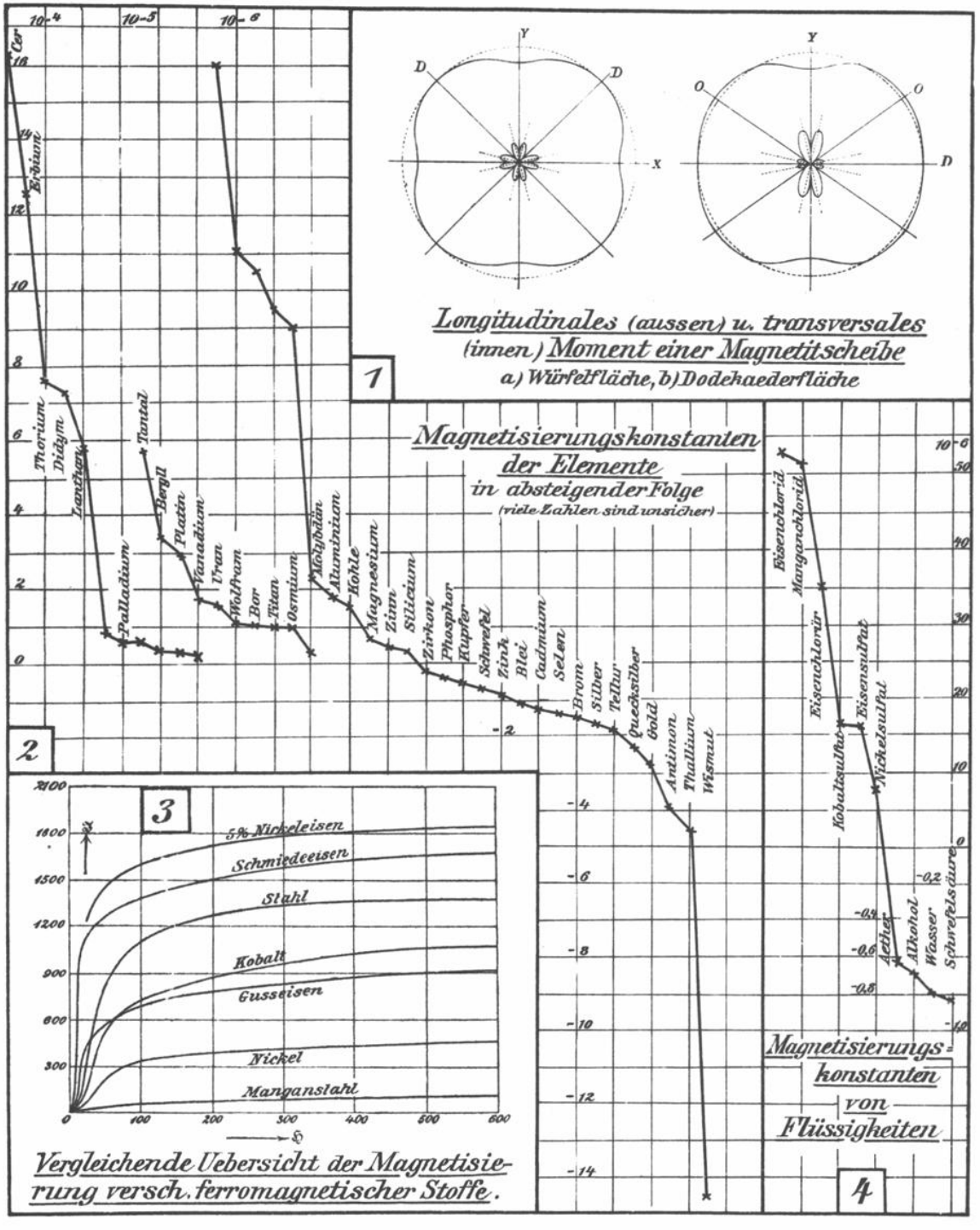


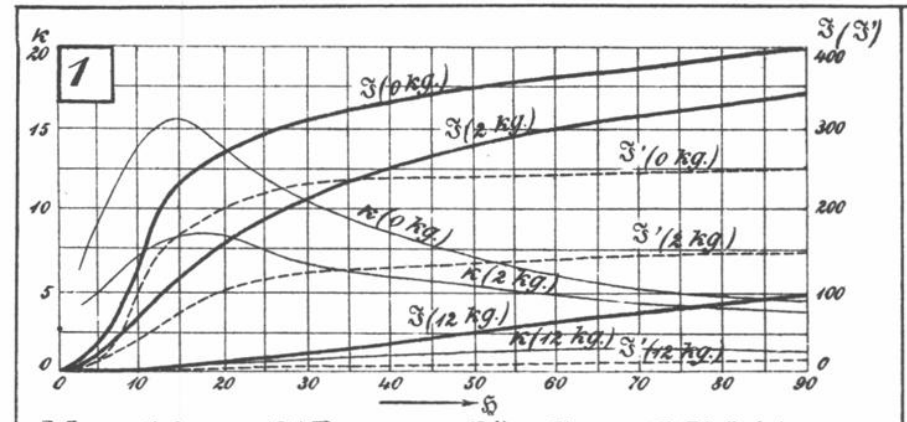


starke Felder

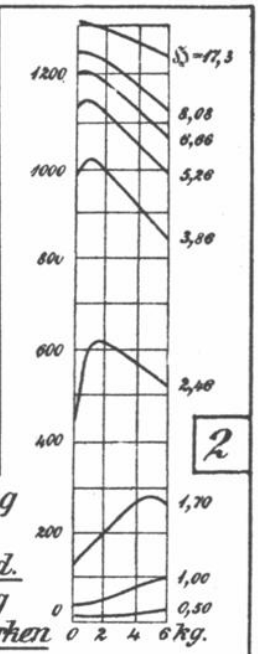
Hysteresisschleifen für Magnetisierung in raschem Wechsel
(nach M. Wien; N = Wechselzahl)

4

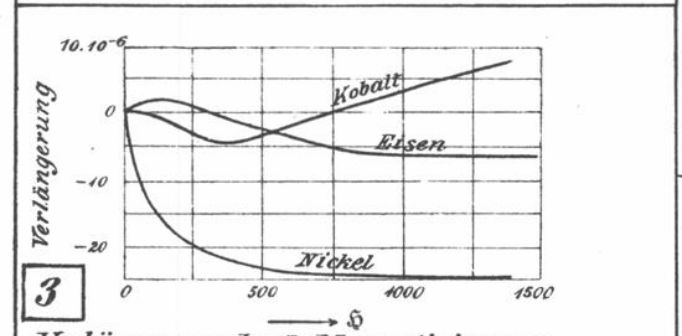

Magnetisierungskonstanten der Elemente in absteigender Folge
(viele Zahlen sind unsicher)
10-4
10-5
10-6
Cer
Erbium
Thorium
Didym
Lanthan
Palladium
Tantal
Bergll
Platin
Vanadium
Uran
Wolfram
Bor
Titan
Osmium
Molybdän
Aluminium
Kohle
Magnesium
Zinn
Silicium
Zirkon
Phosphor
Kupfer
Schwefel
Zink
Blei
Cadmium
Selen
Brom
Silber
Tellur
Quecksilber
Gold
Antimon
Thallium
Wismut
Eisenchlorid
Manganchlorid
Eisenchlorür
Kobaltsulfat
Eisensulfat
Nickelsulfat
Aether
Alkohol
Wasser
Schwefelsäure
Longitudinales (aussen) u. transversales (innen) Moment einer Magnetitscheibe
a) Würfelfläche, b) Dodekaederfläche
Y
X
D
O
1
2
3
4
5% Nickeleisen
Schmiedeeisen
Stahl
Kobalt
Gusseisen
Nickel
Manganstahl
Vergleichende Uebersicht der Magnetisierung versch. ferromagnetischer Stoffe.
Magnetisierungskonstanten von Flüssigkeiten



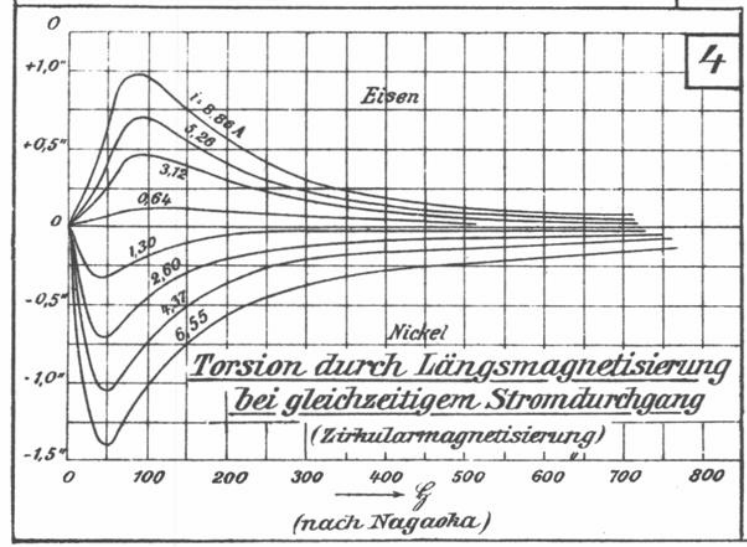
Magnetisierung (𝔍), Remanenz, (𝔍') u. Suszeptibilität (κ) des Nickels bei versch. Belastungen



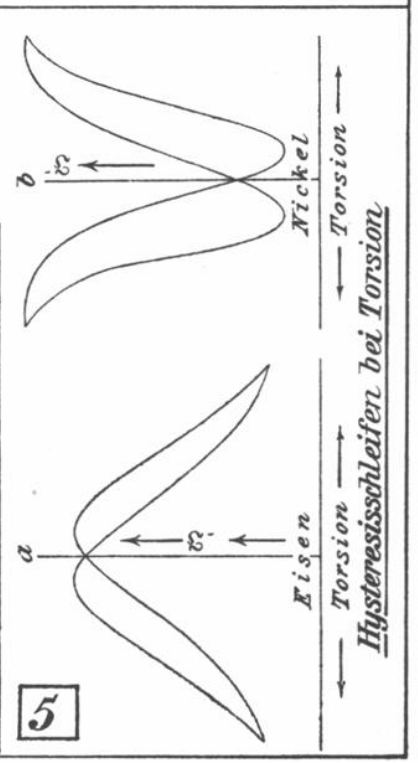
Magnetisierung des Eisens als Funktion d. Zugbelastung f. versch. Feldstärken



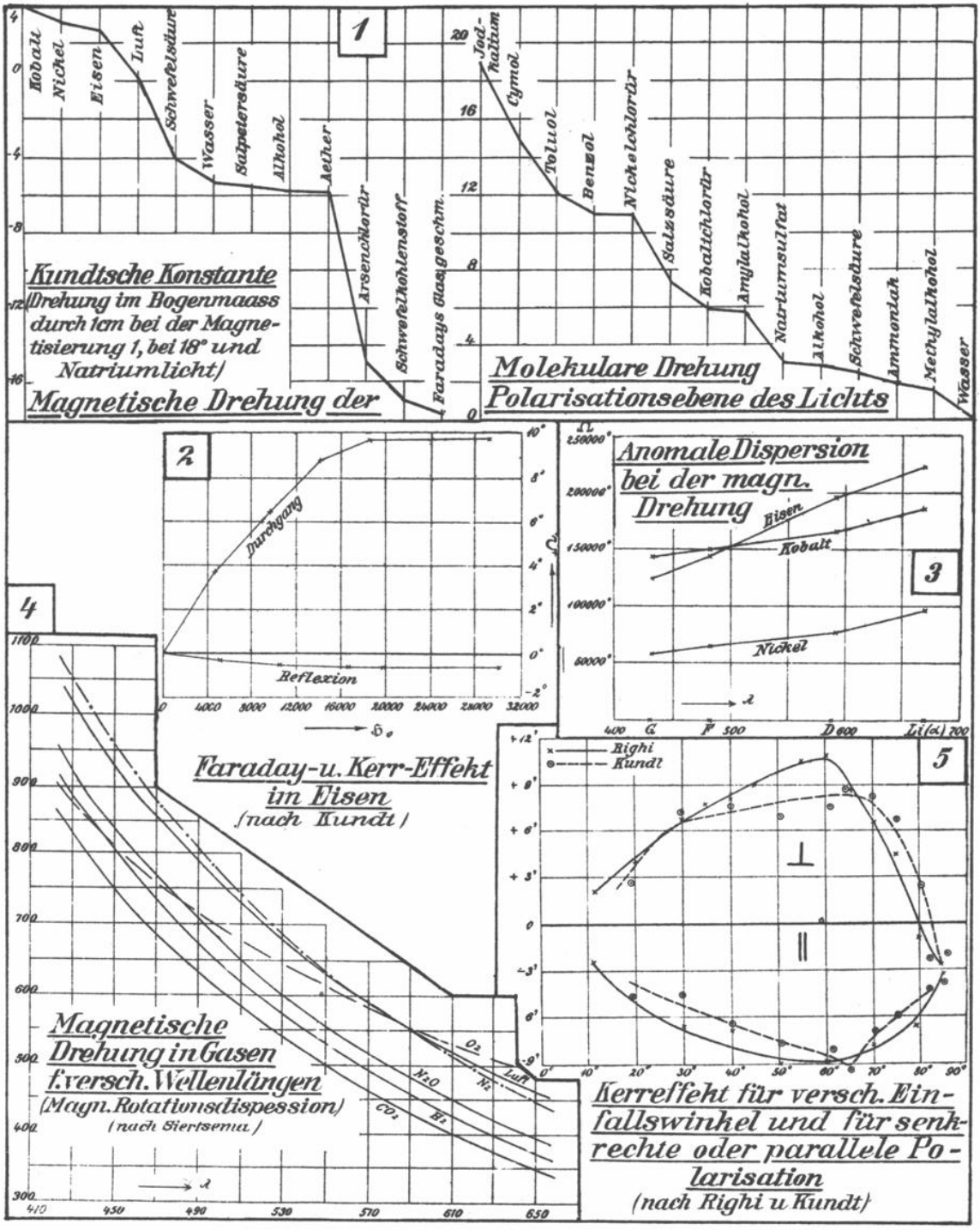
Verlängerung durch Magnetisierung



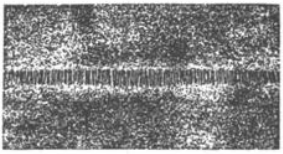
Torsion durch Längsmagnetisierung bei gleichzeitigem Stromdurchgang (Zirkularmagnetisierung)

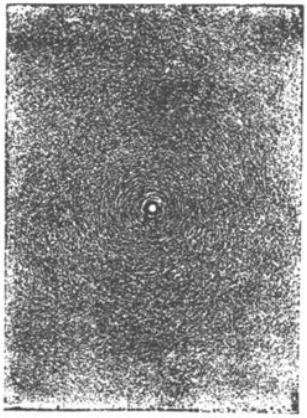


Hysteresisschleifen bei Torsion


1
Kobalt
Nickel
Eisen
Luft
Schwefelsäure
Wasser
Salpetersäure
Alkohol
Aether
Arsenchlorür
Schwefelkohlenstoff
Faradays Glas geschm.
Jodkalium
Cymol
Toluol
Benzol
Nickelchlorür
Salzsäure
Kobaltchlorür
Amylalkohol
Natriumsulfat
Alkohol
Schwefelsäure
Ammoniak
Methylalkohol
Wasser
Kundtsche Konstante
(Drehung im Bogenmaass durch 1cm bei der Magnetisierung 1, bei 18° und Natriumlicht)
Magnetische Drehung der
Molekulare Drehung
Polarisationsebene des Lichts
2
Durchgang
Reflexion
Faraday-u. Kerr-Effekt im Eisen
(nach Kundt)
Anomale Dispersion bei der magn. Drehung
Eisen
Kobalt
Nickel
3
4
Magnetische Drehung in Gasen f. versch. Wellenlängen
(Magn. Rotationsdispession)
(nach Siertsema)
O₂
N₂O
N₂
Luft
CO₂
H₂
5
Righi
Kundt
Kerreffekt für versch. Einfallswinkel und für senkrechte oder parallele Polarisation
(nach Righi u Kundt)

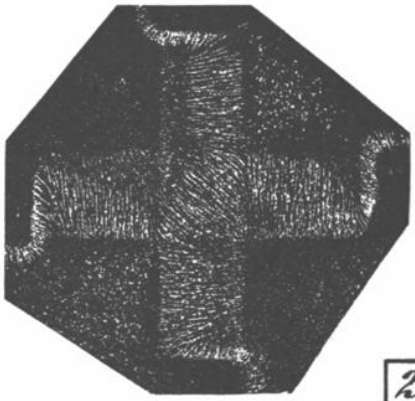
1





Feld eines Stromes

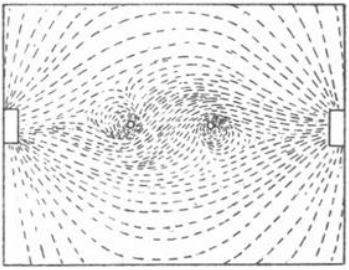
in seiner Ebene senkrecht zu ihr



2

Feld gekreuzter Ströme

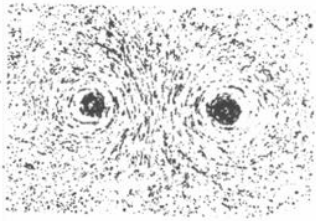
(nach Lommel)



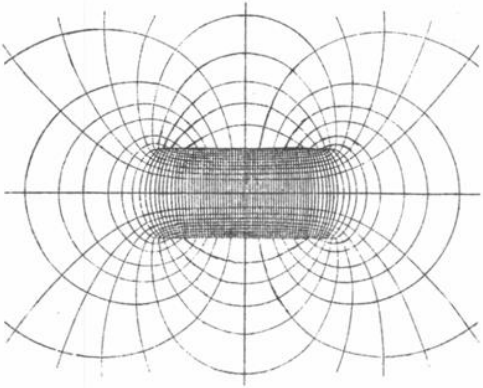
4

Kreisstrom im magnetischen Felde

3

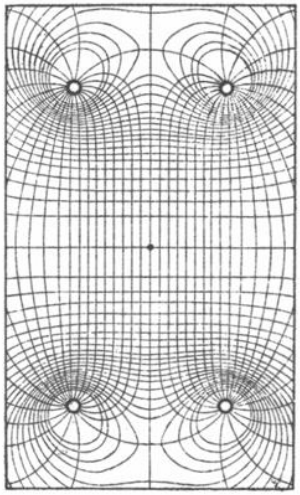


Feld eines Kreisstroms



5

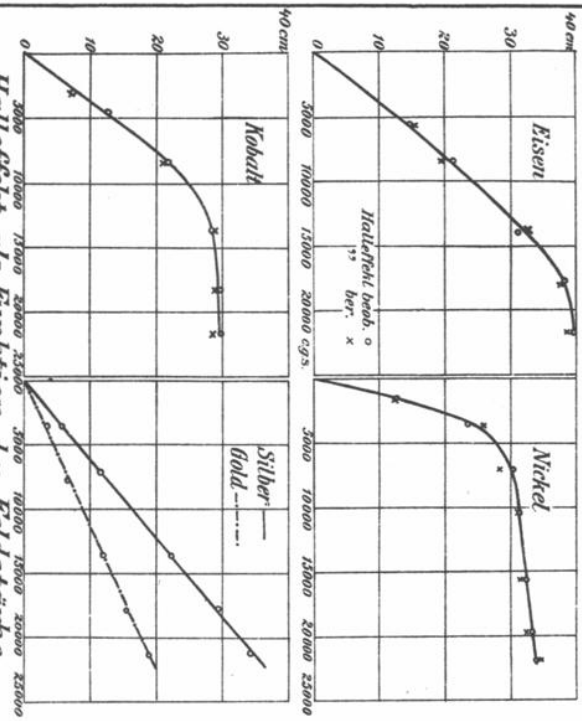
Feld einer Stromspule



6

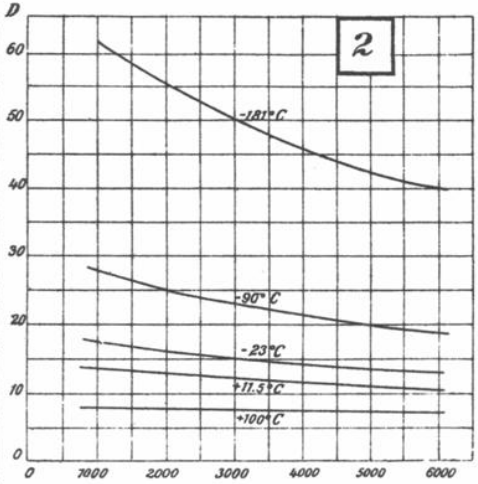
Feld der Helmholtzschen Tangentenbussole

1



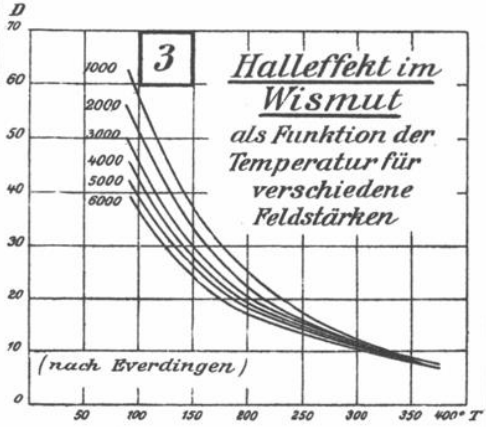
Halleffekt als Funktion der Feldstärke
(nach Kundt)

2

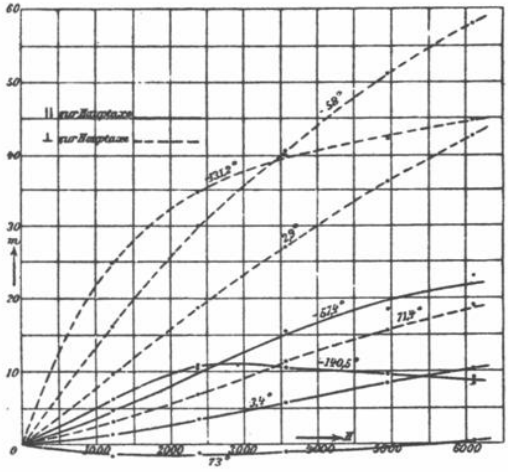


Halleffekt im Wismut
als Funktion der Feldstärke
für verschiedene Temperaturen

3



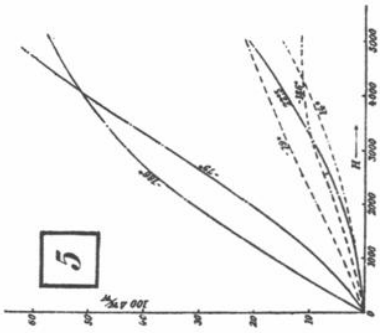
Halleffekt im Wismut
als Funktion der Temperatur für verschiedene Feldstärken



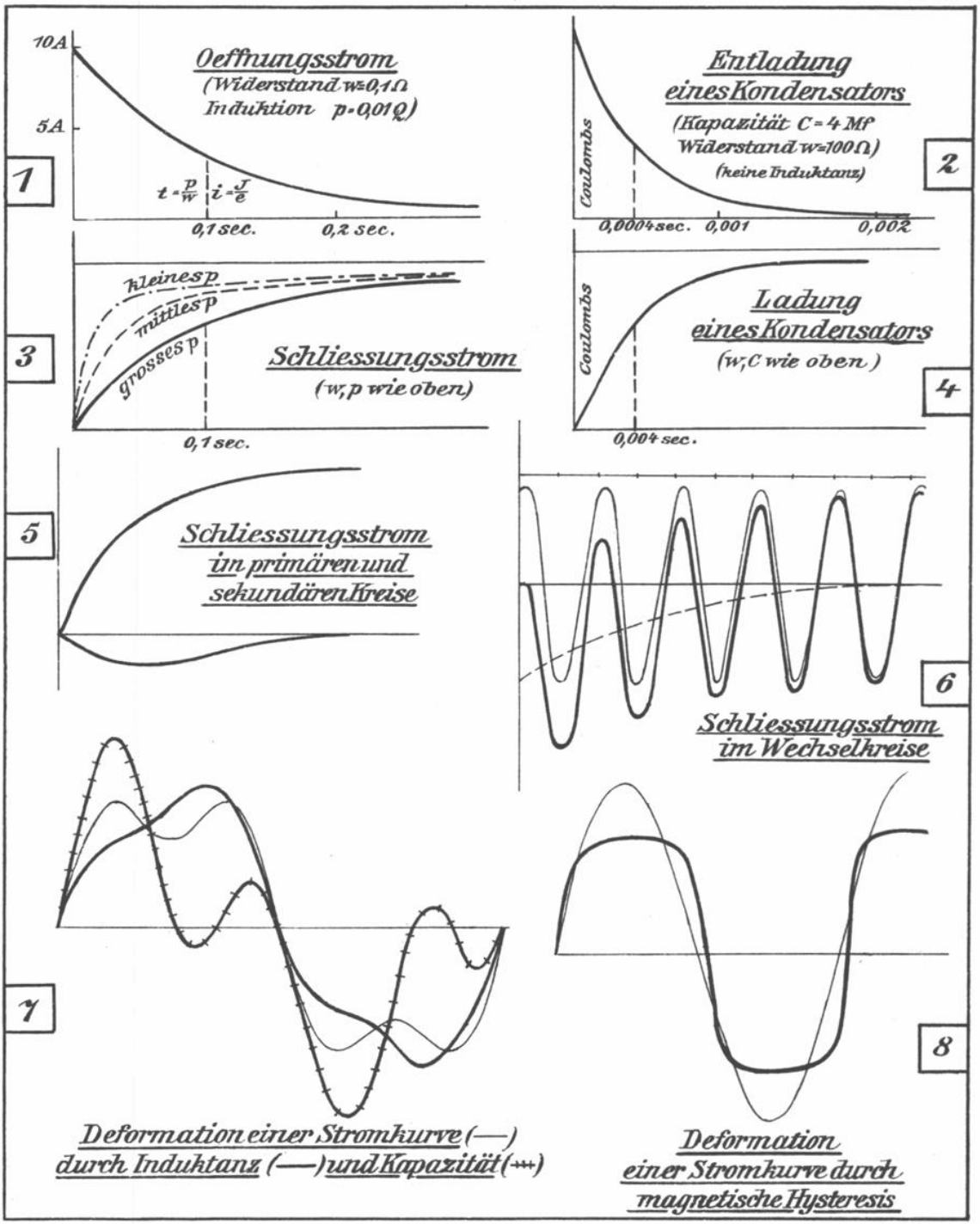
Thermomagnetischer Transversaleffekt
(Elektromotorische Kraft eines Wärmestroms im Magnetfelde)
(nach Lownds)

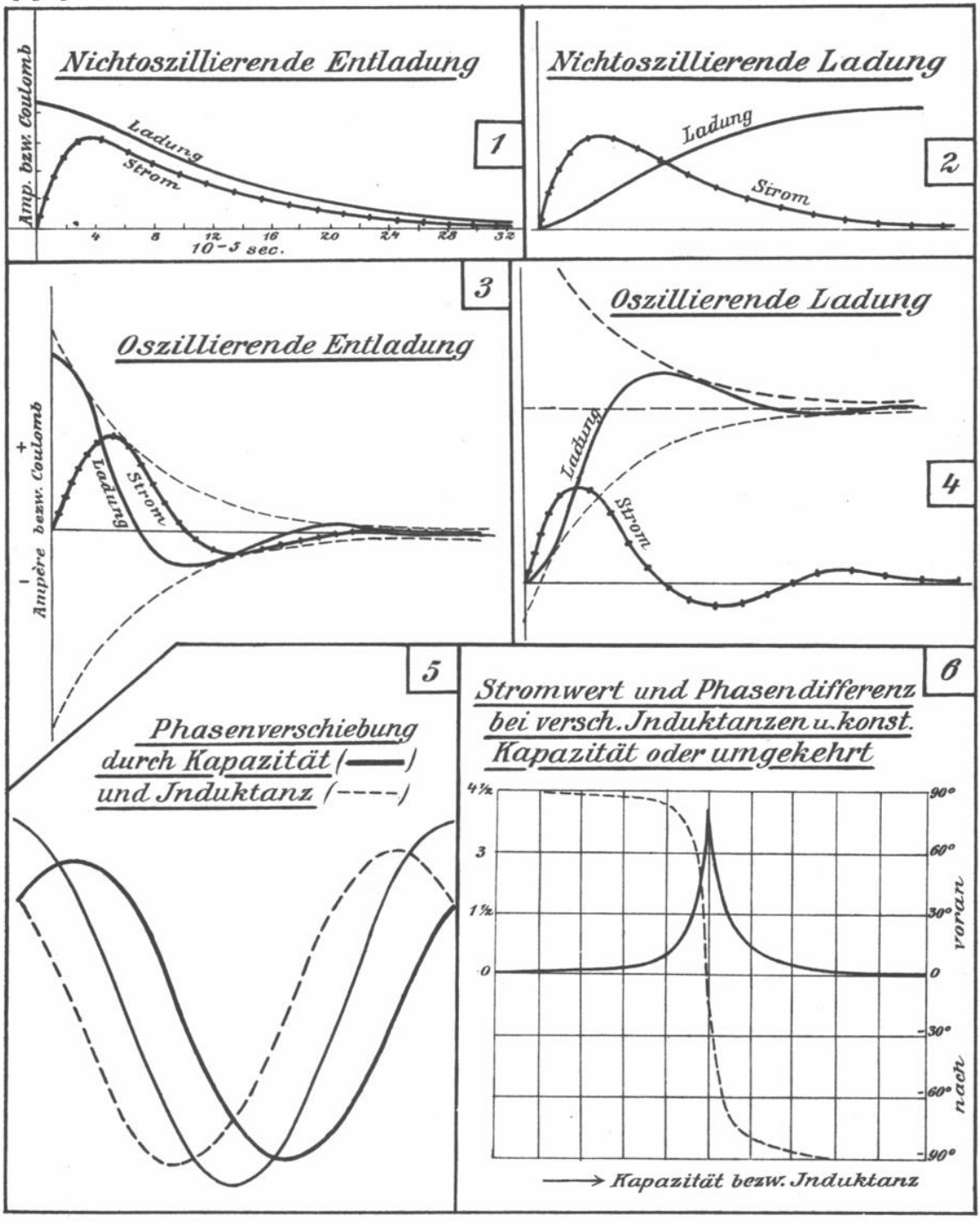
4

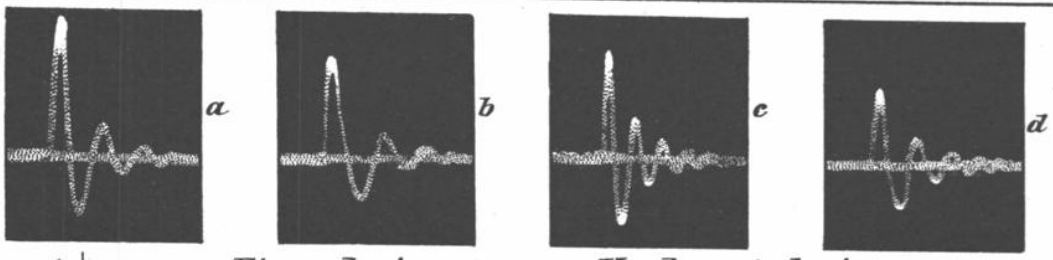
5



Widerstandsänderung des Wismut im Magnetfelde (nach Lownds)


1
10A
5A
Oeffnungsstrom
(Widerstand w=0,1Ω
Induktion p=0,01Ω)
t = p/w
i = J/e
0,1 sec.
0,2 sec.
2
Entladung
eines Kondensators
(Kapazität C=4 MF
Widerstand w=100Ω)
(keine Induktanz)
Coulombs
0,0004 sec.
0,001
0,002
3
kleines p
mittles p
grosses p
Schliessungsstrom
(w, p wie oben)
0,1 sec.
4
Coulombs
Ladung
eines Kondensators
(w, C wie oben)
0,004 sec.
5
Schliessungsstrom
im primären und
sekundären Kreise
6
Schliessungsstrom
im Wechselkreise
7
Deformation einer Stromkurve (—)
durch Induktanz (—) und Kapazität (+++)
8
Deformation
einer Stromkurve durch
magnetische Hysteresis


Nichtoszillierende Entladung
1
Amp. bzw. Coulomb
Ladung
Strom
4
8
12
16
20
24
28
32
10-3 sec.
Nichtoszillierende Ladung
2
Ladung
Strom
3
Oszillierende Entladung
+
Ampère bezw. Coulomb
-
Ladung
Strom
Oszillierende Ladung
4
Ladung
Strom
5
Phasenverschiebung
durch Kapazität (——)
und Jnduktanz (- - - -)
6
Stromwert und Phasendifferenz
bei versch. Jnduktanzen u. konst.
Kapazität oder umgekehrt
4½
3
1½
0
90°
60°
30°
0
-30°
-60°
-90°
voran
nach
Kapazität bezw. Jnduktanz



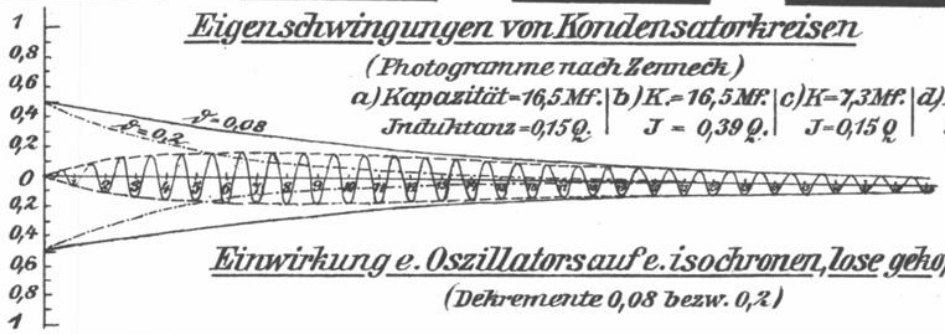
1

Eigenschwingungen von Kondensatorkreisen

(Photogramme nach Zenneck)

a) Kapazität = 16,5 Mf. Induktanz = 0,15 Ω	b) K. = 16,5 Mf. J = 0,39 Ω	c) K = 7,3 Mf. J = 0,15 Ω	d) K = 7,3 Mf. J = 0,39 Ω

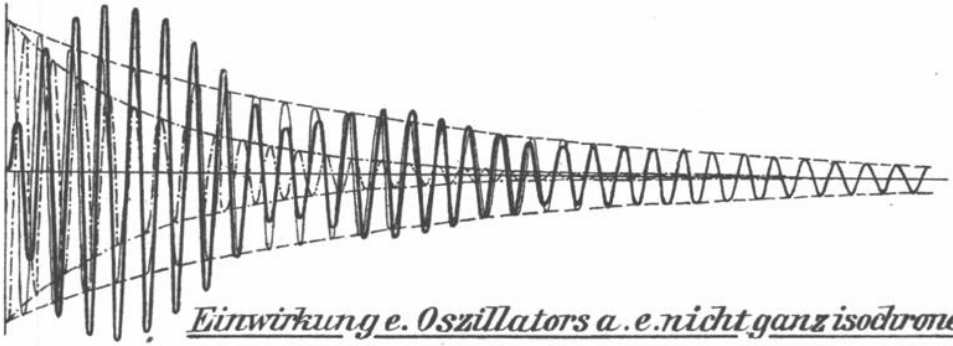
2



Einwirkung e. Oszillators auf e. isochronen, lose gekoppelten.

(Dekremente 0,08 bezw. 0,2)

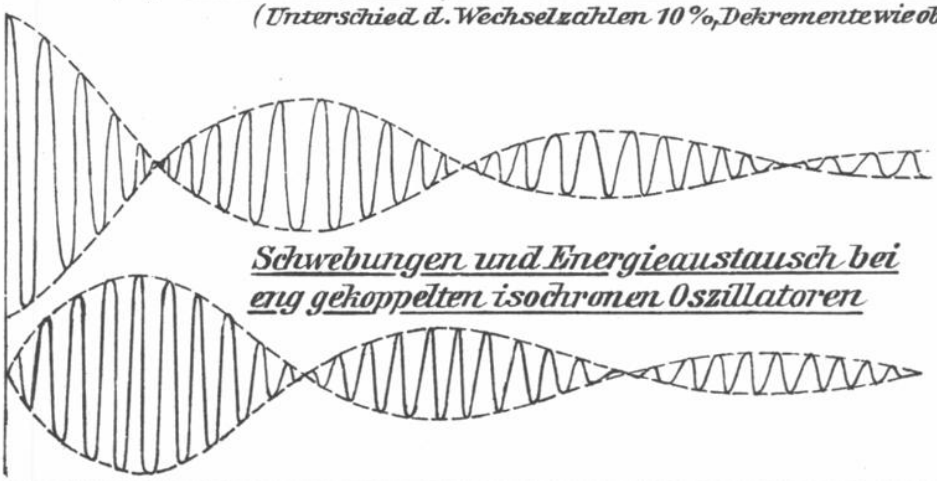
3



Einwirkung e. Oszillators a. e. nicht ganz isochronen

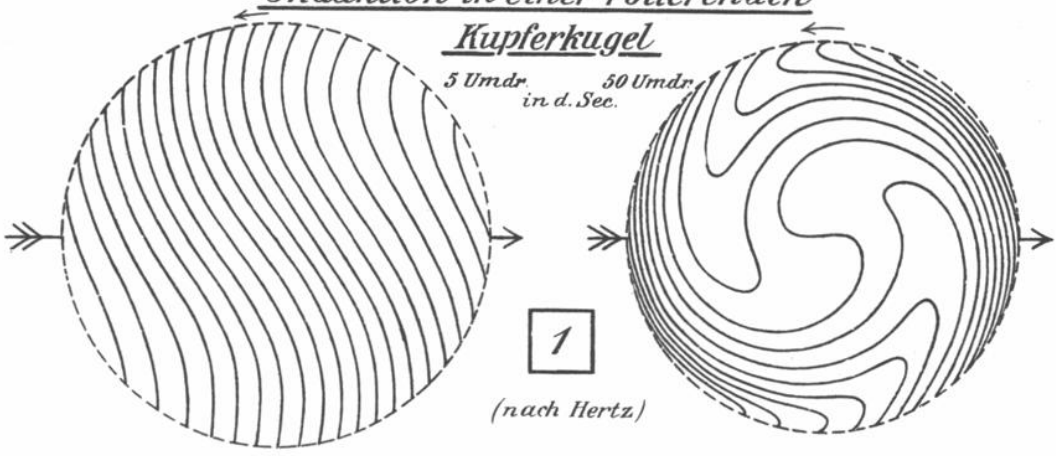
(Unterschied d. Wechselzahlen 10 %, Dekremente wie oben)

4



Schwebungen und Energieaustausch bei eng gekoppelten isochronen Oszillatoren

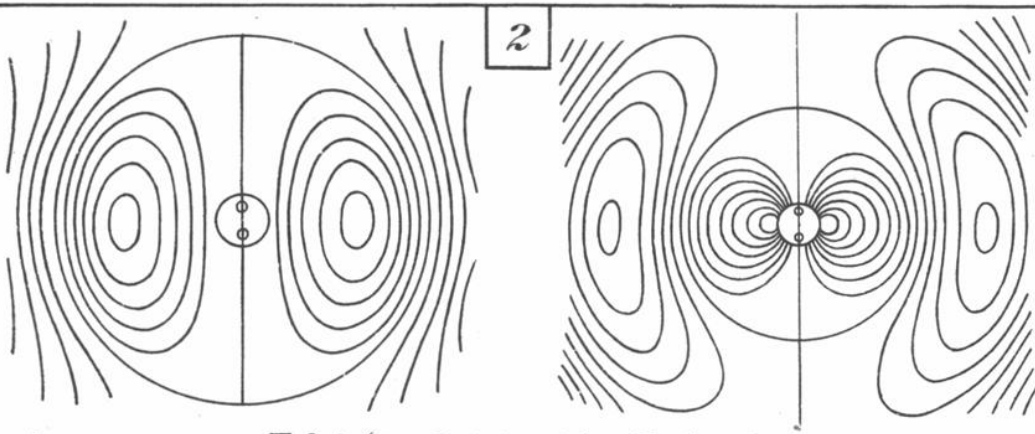
Induktion in einer rotierenden Kupferkugel



1

(nach Hertz)

2

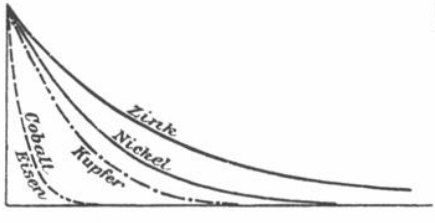


$t = 0$
(Pole ungeladen, Strom maximal)

Feld (Kraftlinien) des Hertzschen Oszillators

$t = \frac{T}{4}$
(nach Hertz)

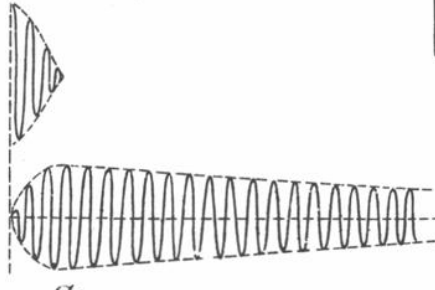
3



Absorption elektrischer Wellen

(nach V. Bjerknes)

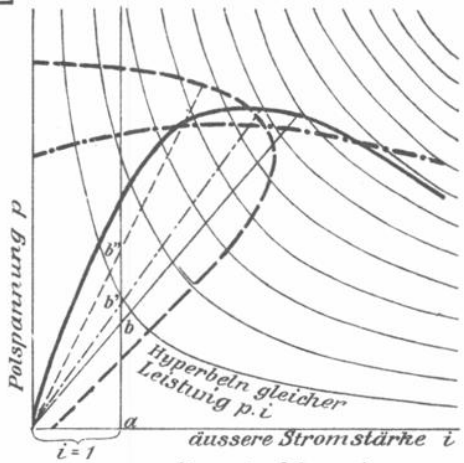
4



Stosserregung mit Löschfunken

(nach M. Wien)

1

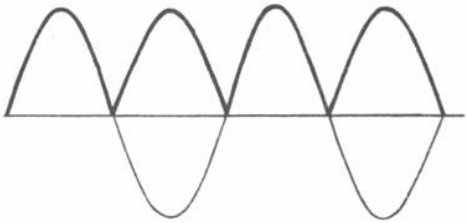


——— Hauptschluss-
– – – – – Nebenschluss- } Maschine
–·–·–·– Verbund -

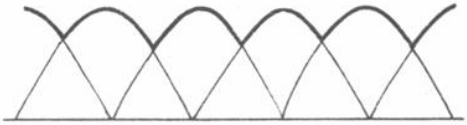
ab, ab', ab'' äusserer Widerstand bei der dem Endpunkte des Leitstrahles entspr. Betriebsart

Äussere Charakteristik vom Dynamomaschinen

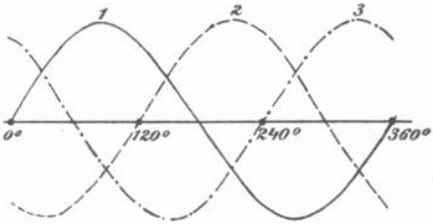
2 **Umwandlung von Wechselstrom in (schwankenden) Gleichstrom**



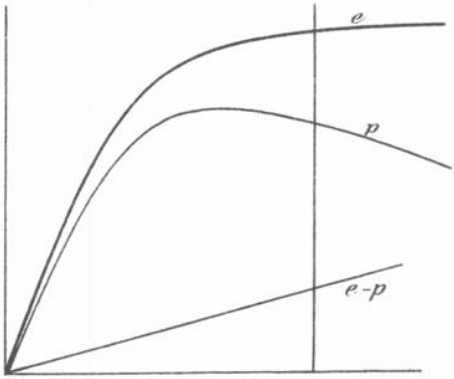
3 **Verringerung d. Schwankungen durch zweiphasige Erregung**



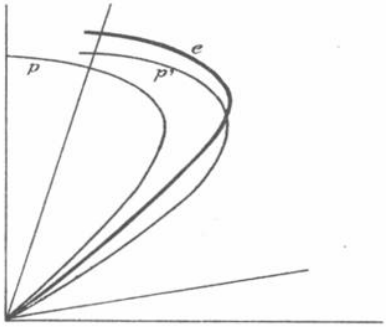
Dreiphasen - oder Drehstrom



4



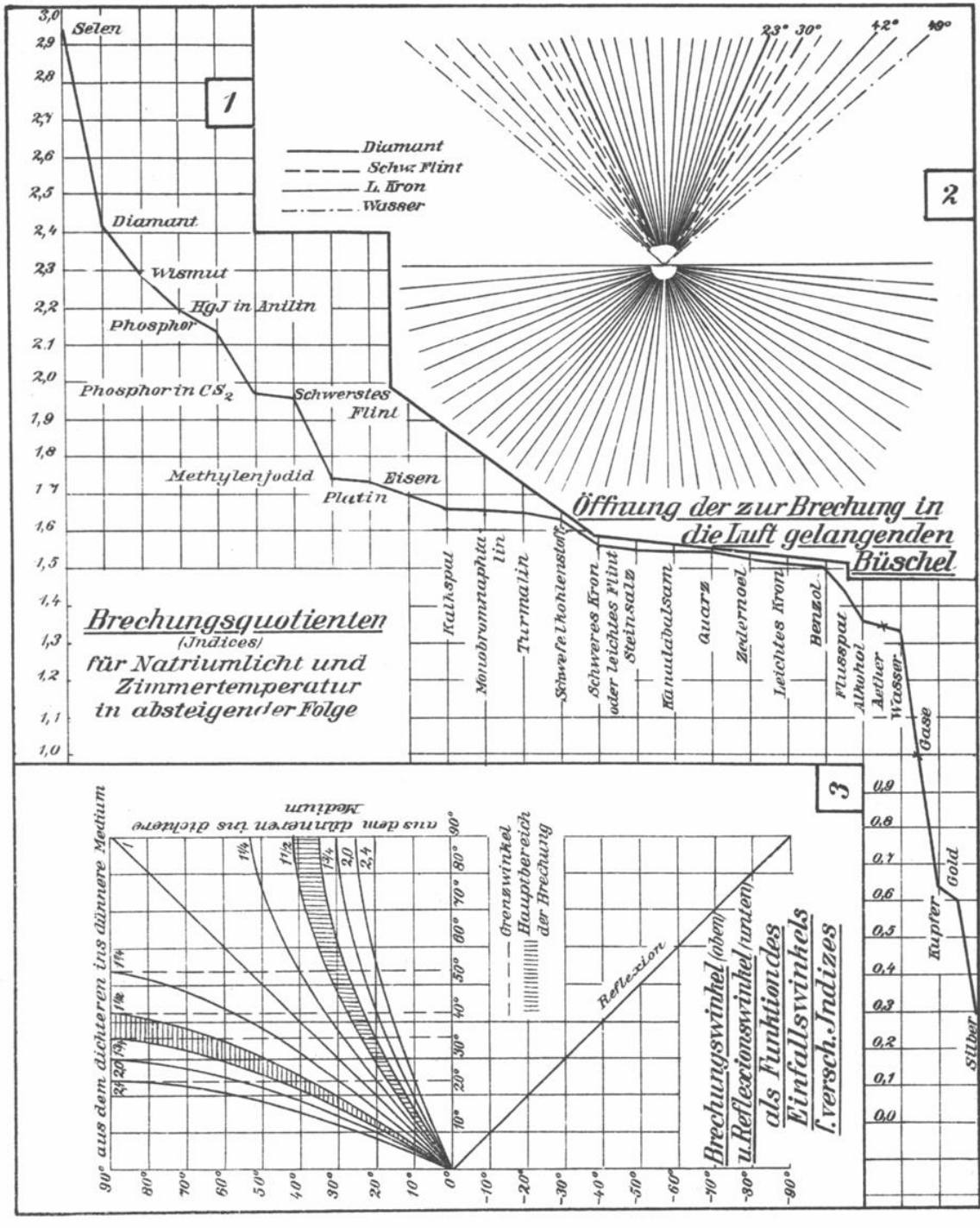
5

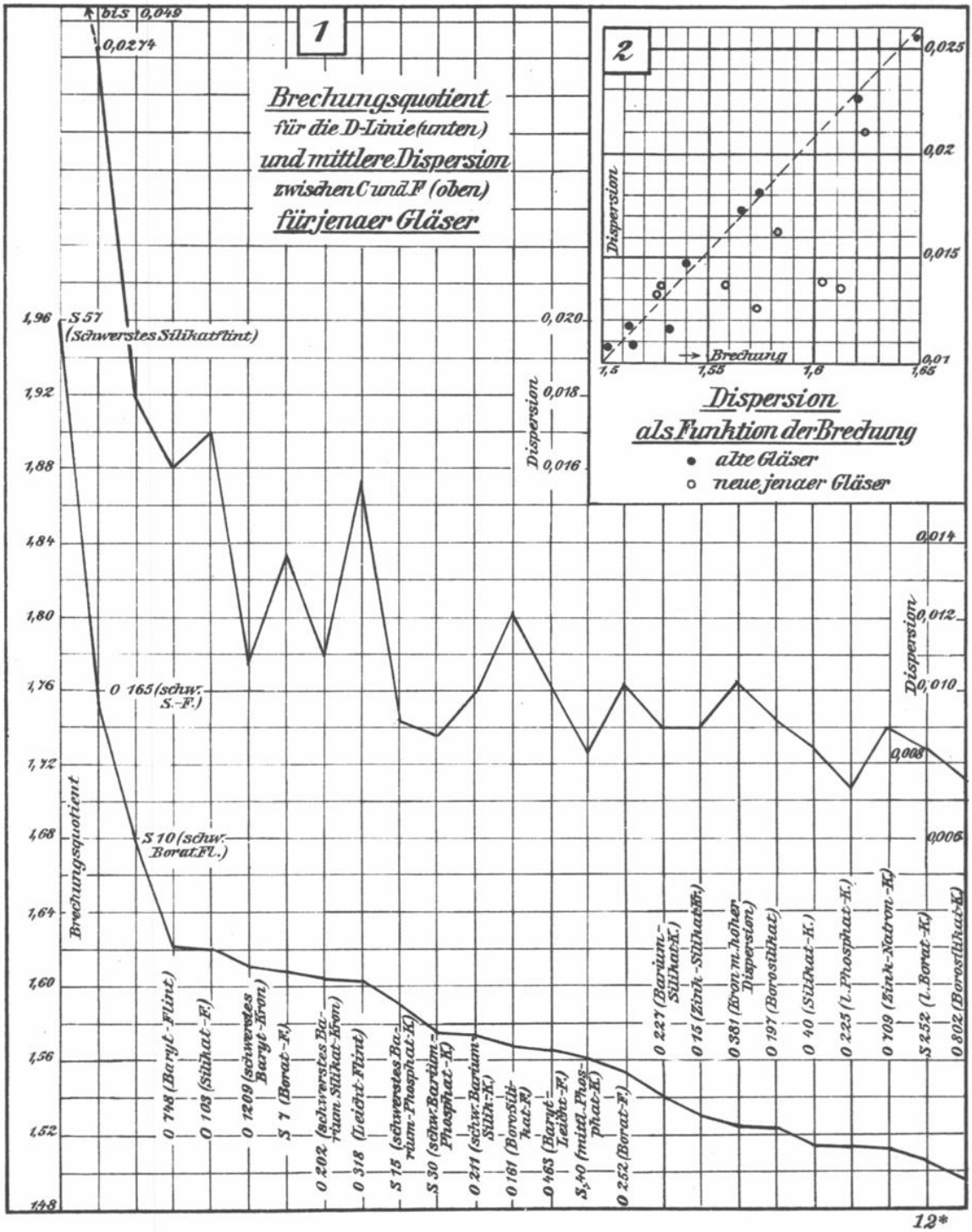


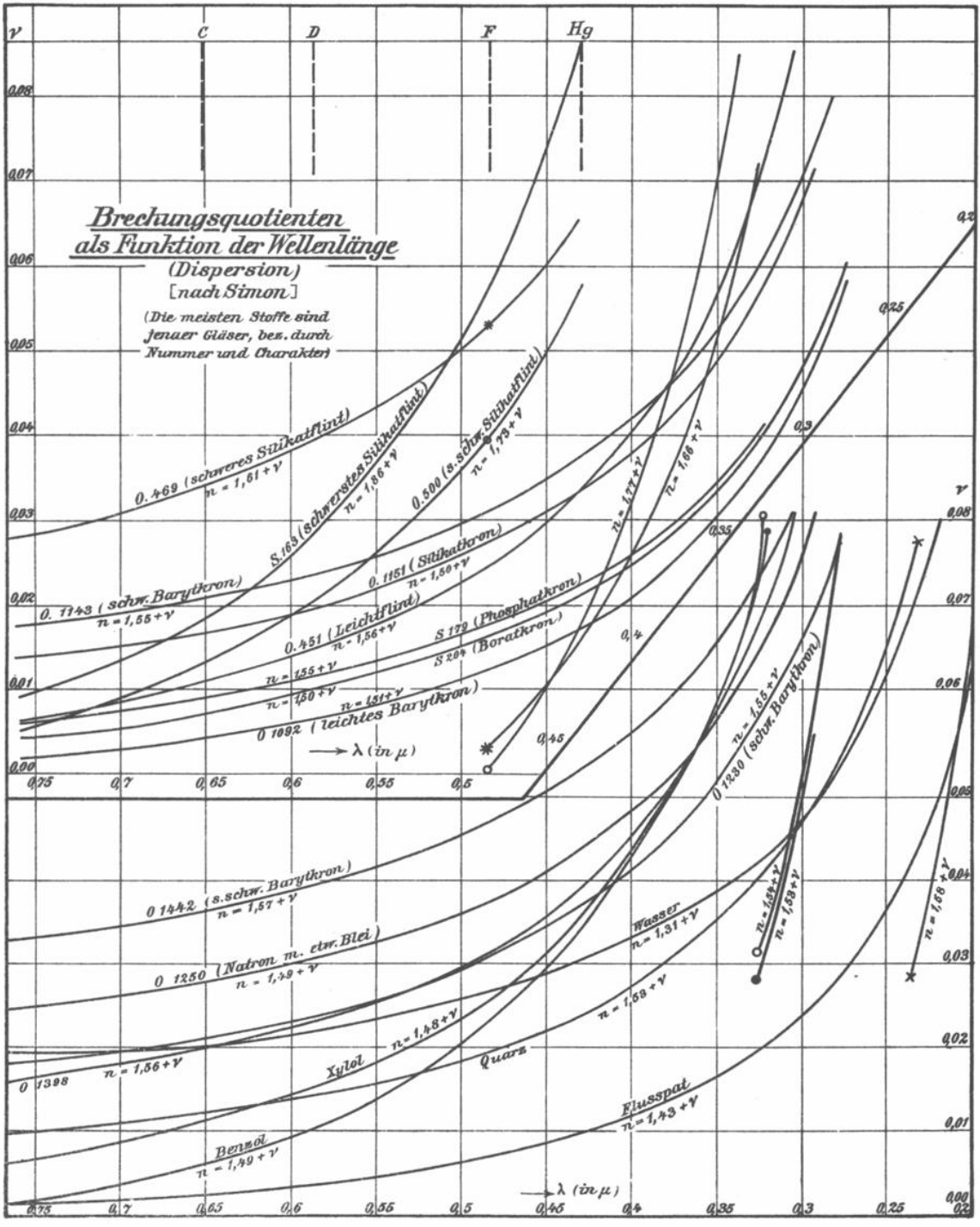
Ableitung der inneren Charakteristik e aus der äusseren p

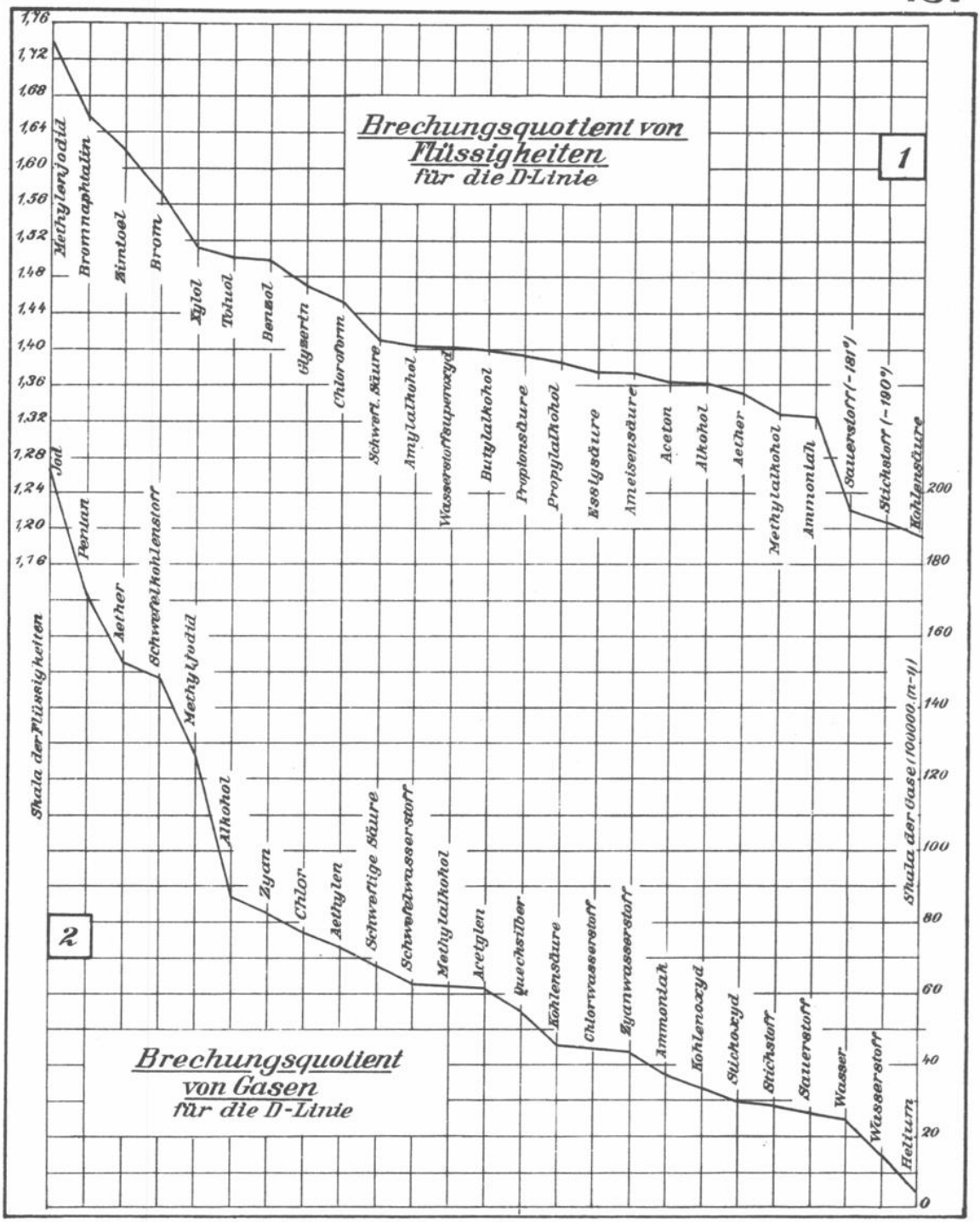
a) Hauptschlussmaschine (Ordinatenscherung)

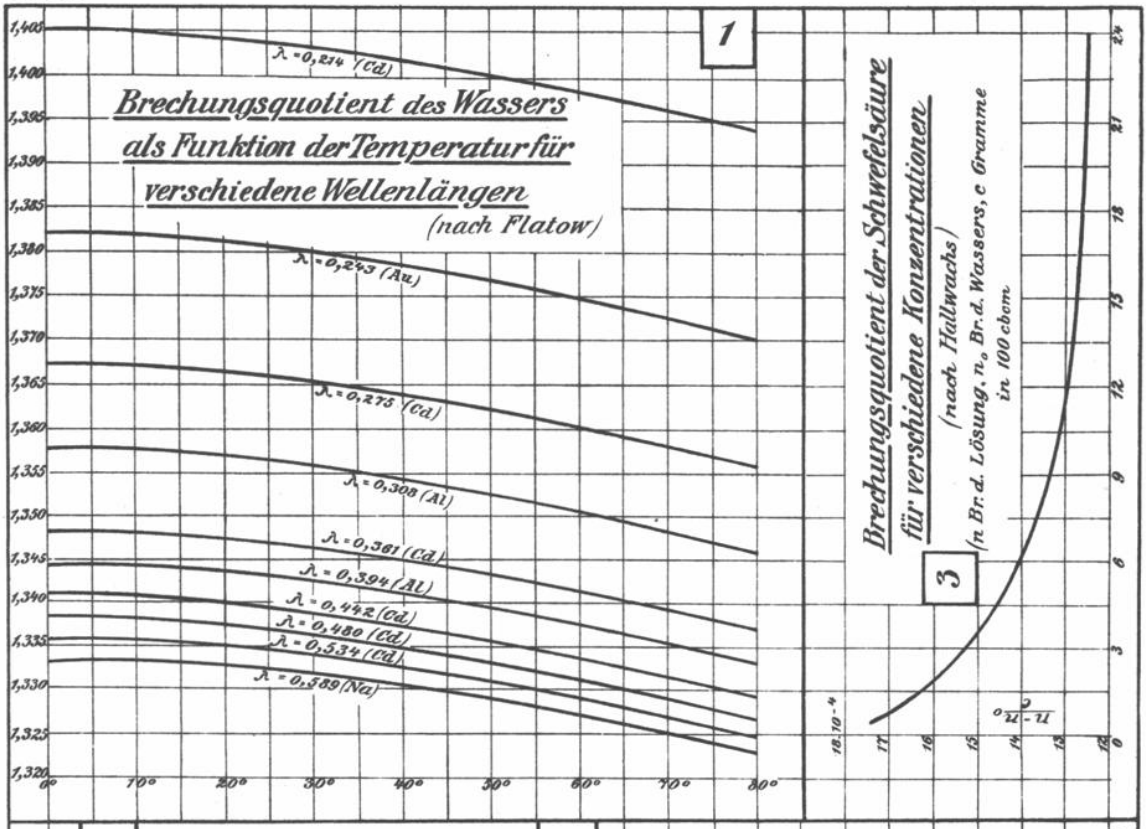
b) Nebenschlussmaschine (Ord. u. Abszissen-Scherung)

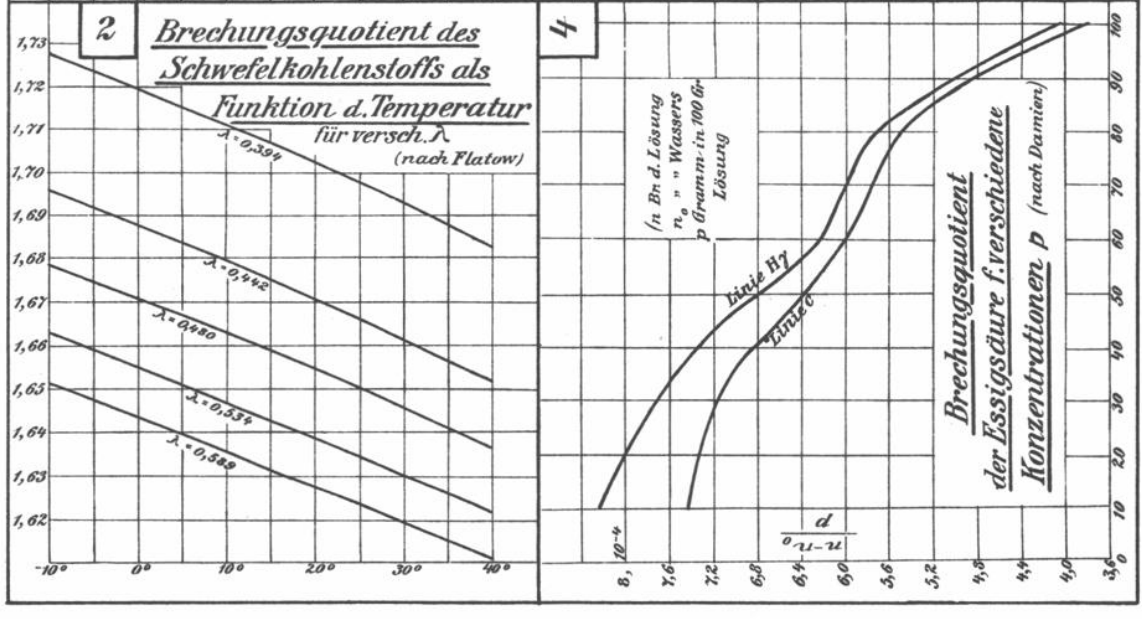

1
2
3
Selen
Diamant
Wismut
HgJ in Anilin
Phosphor
Phosphor in CS_2
Schwerstes Flint
Methylenjodid
Eisen
Platin
Diamant
Schw. Flint
L. Kron
Wasser
23° 30° 42° 49°
Öffnung der zur Brechung in die Luft gelangenden Büschel
Brechungsquotienten (Indices) für Natriumlicht und Zimmertemperatur in absteigender Folge
Kalkspat
Monobromnaphtalin
Turmalin
Schwefelkohlenstoff
Schweres Kron oder leichtes Flint
Steinsalz
Kanadabalsam
Quarz
Zedernoel
Leichtes Kron
Benzol
Flusspat
Alkohol
Aether
Wasser
Gase
Kupfer
Gold
Silber
aus dem dichteren ins dünnere Medium
aus dem dünneren ins dichtere Medium
Grenzwinkel
Hauptbereich der Brechung
Reflexion
Brechungswinkel (oben) u. Reflexionswinkel (unten) als Funktion des Einfallswinkels f. versch. Indizes

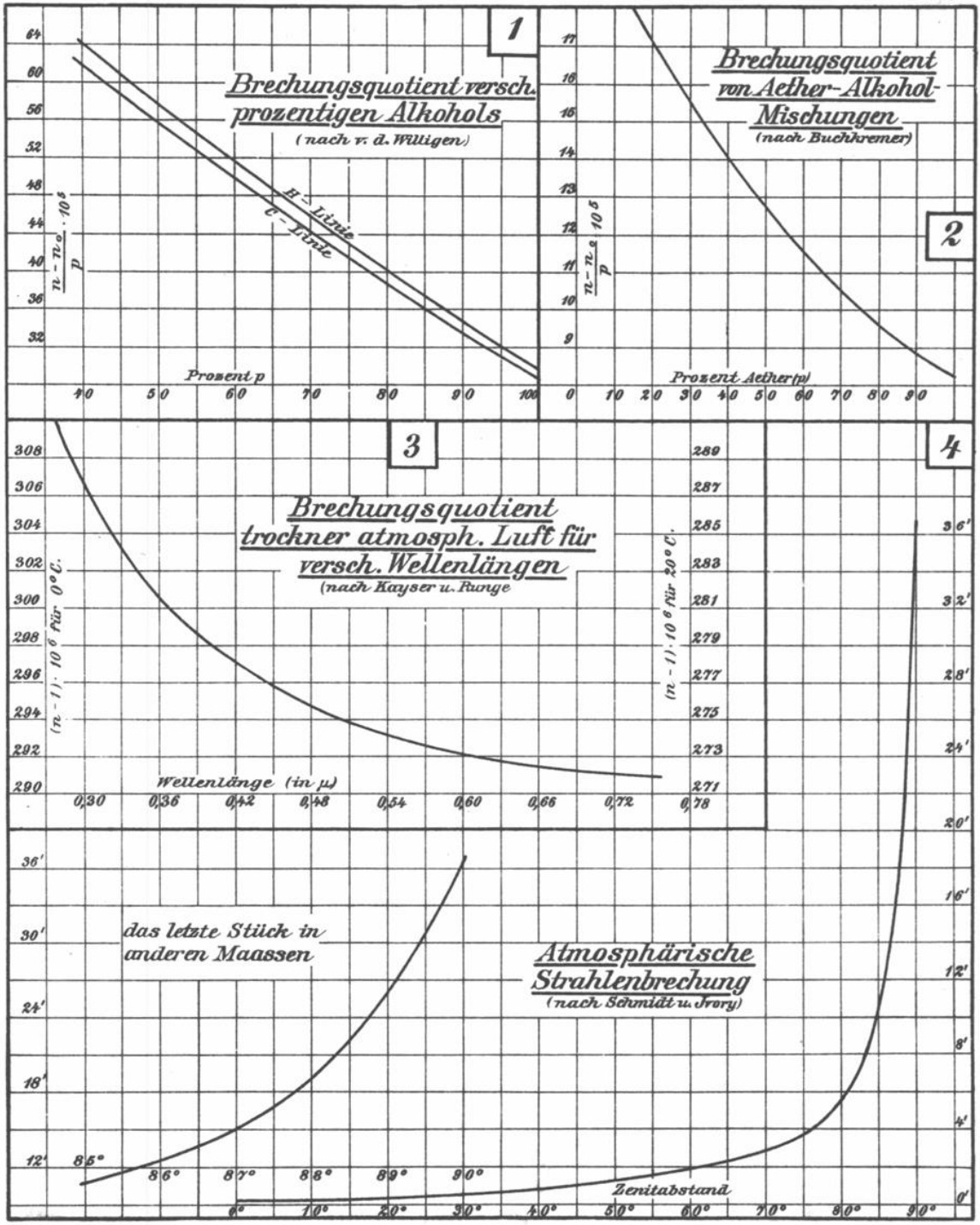

1
Brechungsquotient
für die D-Linie (unten)
und mittlere Dispersion
zwischen C und F (oben)
für jenaer Gläser
bis 0,049
0,0274
S 57
(Schwerstes Silikatflint)
0 165 (schw. S.-F.)
S 10 (schw. Borat Fl.)
Brechungsquotient
Dispersion
0 748 (Baryt-Flint)
0 103 (Silikat-F.)
0 1209 (schwerstes Baryt-Kron)
S 1 (Borat-F.)
0 202 (schwerstes Barium Silikat-Kron)
0 318 (Leicht-Flint)
S 15 (schwerstes Barium-Phosphat-K.)
S 30 (schw. Barium-Phosphat-K.)
0 211 (schw. Barium Silik.-K.)
0 161 (Borosilikat-F.)
0 465 (Baryt-Leicht-F.)
S 40 (mitt. Phosphat-K.)
0 252 (Borat-F.)
0 227 (Barium-Silikat-K.)
0 15 (Zink-Silikat-Kr.)
0 381 (Kron m. hoher Dispersion)
0 197 (Borosilikat)
0 40 (Silikat-K.)
0 225 (L. Phosphat-K.)
0 709 (Zink-Natron-K.)
S 252 (L. Borat-K.)
0 802 (Borosilikat-K.)
2
Dispersion
Brechung
Dispersion
als Funktion der Brechung
alte Gläser
neue jenaer Gläser

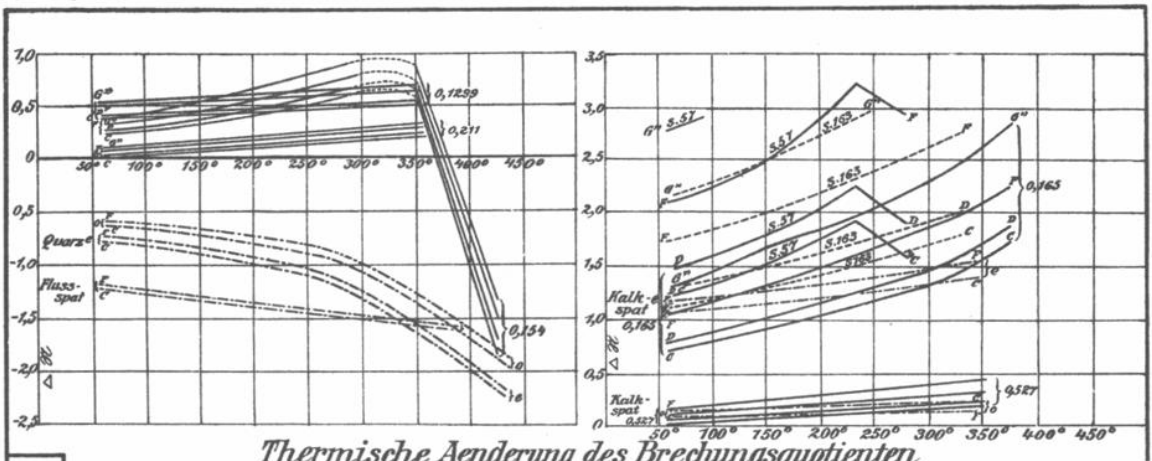

Brechungsquotienten
als Funktion der Wellenlänge
(Dispersion)
[nach Simon]
(Die meisten Stoffe sind
Jenaer Gläser, bez. durch
Nummer und Charakter)
ν
C
D
F
Hg
0.469 (schweres Silikatflint)
n = 1,61 + ν
S.163 (schwerstes Silikatflint)
n = 1,86 + ν
0.500 (s.schw. Silikatflint)
n = 1,73 + ν
n = 1,77 + ν
n = 1,66 + ν
0. 1143 (schw. Barytkron)
n = 1,55 + ν
0. 1151 (Silikatkron)
n = 1,50 + ν
0.451 (Leichtflint)
n = 1,56 + ν
S 179 (Phosphatkron)
S 204 (Boratkron)
n = 1,55 + ν
n = 1,50 + ν
n = 1,51 + ν
0 1092 (leichtes Barytkron)
→ λ (in μ)
0 1230 (schw. Barytkron)
n = 1,55 + ν
0 1442 (s.schw. Barytkron)
n = 1,57 + ν
0 1250 (Natron m. etw. Blei)
n = 1,49 + ν
Wasser
n = 1,31 + ν
n = 1,58 + ν
n = 1,53 + ν
n = 1,66 + ν
0 1398
n = 1,56 + ν
Xylol
n = 1,48 + ν
Quarz
n = 1,53 + ν
Flusspat
n = 1,43 + ν
Benzol
n = 1,49 + ν
→ λ (in μ)


Brechungsquotient von Flüssigkeiten für die D-Linie
1
Brechungsquotient von Gasen für die D-Linie
2
Skala der Flüssigkeiten
Skala der Gase (100000 (n-1))
1,76
1,72
1,68
1,64
1,60
1,56
1,52
1,48
1,44
1,40
1,36
1,32
1,28
1,24
1,20
1,16
Methylenjodid
Bromnaphtalin
Nitroöl
Brom
Xylol
Toluol
Benzol
Glycerin
Chloroform
Schwefl. Säure
Amylalkohol
Wasserstoffsuperoxyd
Butylalkohol
Propionsäure
Propylalkohol
Essigsäure
Ameisensäure
Aceton
Alkohol
Aether
Methylalkohol
Ammoniak
Sauerstoff (-181°)
Stickstoff (-190°)
Kohlensäure
Jod
Pentan
Aether
Schwefelkohlenstoff
Methyljodid
Alkohol
Zyan
Chlor
Aethylen
Schweflige Säure
Schwefelwasserstoff
Methylalkohol
Acetylen
Quecksilber
Kohlensäure
Chlorwasserstoff
Cyanwasserstoff
Ammoniak
Kohlenoxyd
Stickoxyd
Stickstoff
Sauerstoff
Wasser
Wasserstoff
Helium
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0


1
Brechungsquotient des Wassers als Funktion der Temperatur für verschiedene Wellenlängen
(nach Flatow)
λ = 0,214 (Cd)
λ = 0,243 (Au)
λ = 0,275 (Cd)
λ = 0,308 (Al)
λ = 0,361 (Cd)
λ = 0,394 (Al)
λ = 0,442 (Cd)
λ = 0,480 (Cd)
λ = 0,534 (Cd)
λ = 0,589 (Na)
1,405
1,400
1,395
1,390
1,385
1,380
1,375
1,370
1,365
1,360
1,355
1,350
1,345
1,340
1,335
1,330
1,325
1,320
0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
3
Brechungsquotient der Schwefelsäure für verschiedene Konzentrationen
(nach Hallwachs)
(n Br. d. Lösung, n₀ Br. d. Wassers, c Gramme in 100 cbcm
18.10⁻⁴
17
16
15
14
13
12
0
3
6
9
12
15
18
21
24

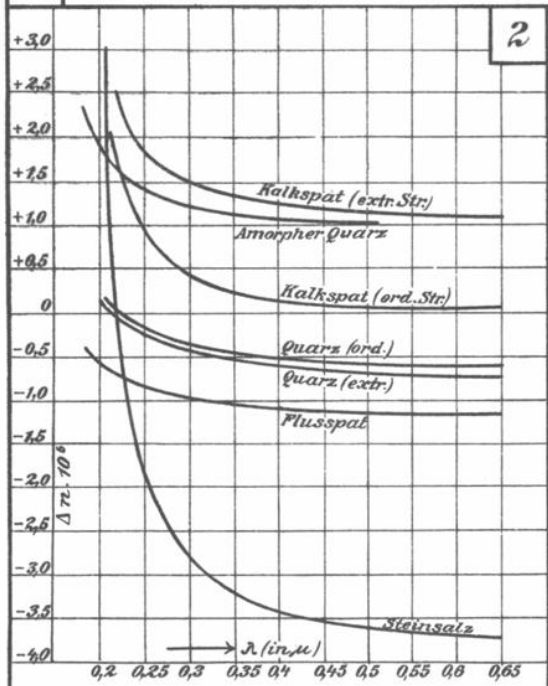

2
Brechungsquotient des Schwefelkohlenstoffs als Funktion d. Temperatur
für versch. λ
(nach Flatow)
λ = 0,394
λ = 0,442
λ = 0,480
λ = 0,534
λ = 0,589
1,73
1,72
1,71
1,70
1,69
1,68
1,67
1,66
1,65
1,64
1,63
1,62
-10°
0°
10°
20°
30°
40°
4
(n Br. d. Lösung
n₀ " " Wassers
p Gramm in 100 Gr Lösung
Linie Hγ
Linie C
Brechungsquotient der Essigsäure f. verschiedene Konzentrationen p
(nach Damien)
8,10⁻⁴
7,6
7,2
6,8
6,4
6,0
5,6
5,2
4,8
4,4
4,0
3,6
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100


1
Brechungsquotient versch. prozentigen Alkohols
(nach v. d. Willigen)
$\frac{n - n_0}{p} \cdot 10^5$
64
60
56
52
48
44
40
36
32
H - Linie
C - Linie
Prozent p
40
50
60
70
80
90
100
2
Brechungsquotient von Aether-Alkohol-Mischungen
(nach Buchkremer)
$\frac{n - n_0}{p} \cdot 10^5$
17
16
15
14
13
12
11
10
9
Prozent Aether (p)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
3
Brechungsquotient trockner atmosph. Luft für versch. Wellenlängen
(nach Kayser u. Runge)
$(n - 1) \cdot 10^6$ für 0° C.
308
306
304
302
300
298
296
294
292
290
$(n - 1) \cdot 10^6$ für 20° C.
289
287
285
283
281
279
277
275
273
271
Wellenlänge (in μ)
0,30
0,36
0,42
0,48
0,54
0,60
0,66
0,72
0,78
4
Atmosphärische Strahlenbrechung
(nach Schmidt u. Jrory)
das letzte Stück in anderen Maassen
36'
30'
24'
18'
12'
85°
86°
87°
88°
89°
90°
36'
32'
28'
24'
20'
16'
12'
8'
4'
0'
Zenitabstand
0°
10°
20°
30°
40°
50°
60°
70°
80°
90°

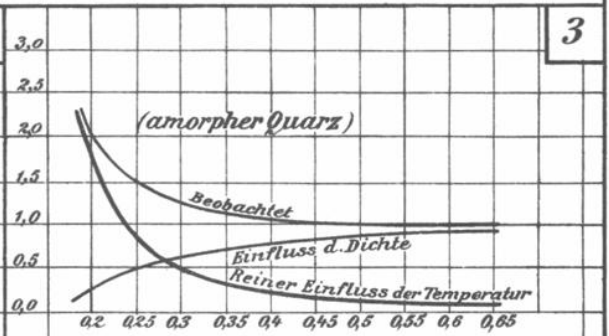


1

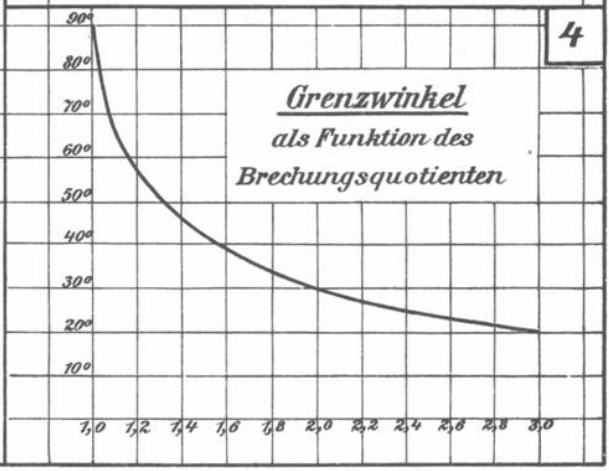
Thermische Aenderung des Brechungsquotienten
(nach Reed)



Thermische Aenderung des Brechungsquotienten als Funktion der Wellenlänge
(nach Micheli)



Ableitung der reinen aus der beobachteten thermischen Aenderung des Brechungsquotienten



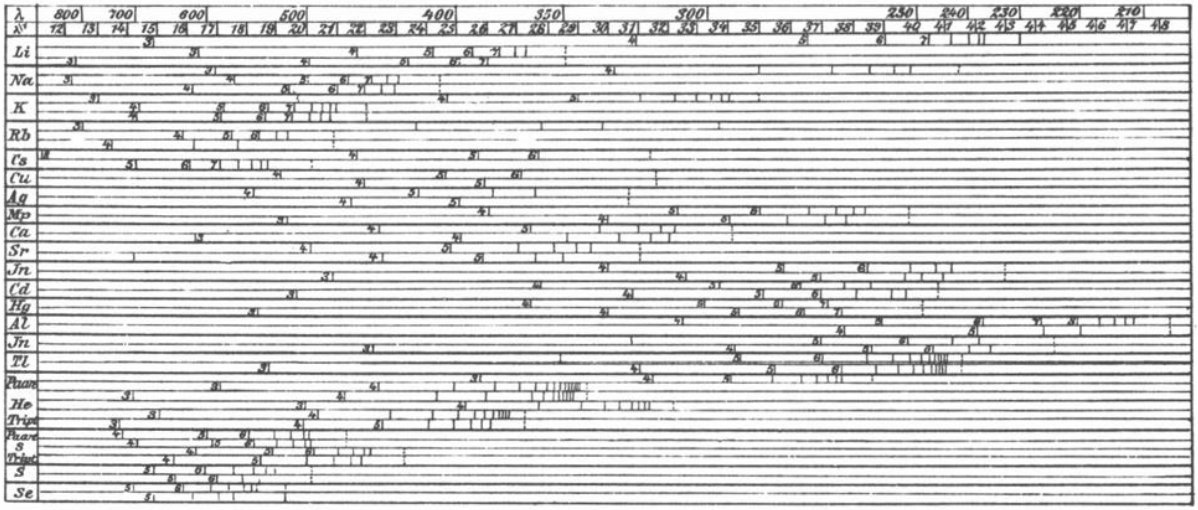
Grenzwinkel als Funktion des Brechungsquotienten

Das Spektrum mit seinen Wellenlängen, Schwingungszahlen, entsprechenden Tönen

(Linie A gleich dem c von 129,3 Schw. gesetzt), Linien, Elementen und Farben.

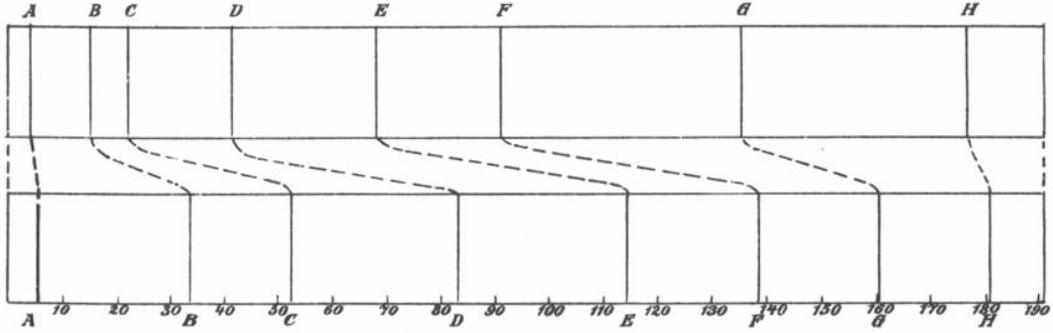
Wellenlängen in μ (= 0,0001 cm)	Element	Linie	Farbe	Schwingungszahl in Hundertbillionen	Ton	Schwingungszahl
0,18	Aluminium	–			[c_2]	16
0,21						15
	Cadmium	–				14
0,24						13
	Kohlenstoff	–				12
0,27			Ultraviolett (Fluoreszenz, chemische Wirkung)			11
0,30	Eisen	U				10
0,33						
	Eisen	P				9
0,36						
0,39	Eisen	L			c_1	8
	Calcium	H	äusserstes Violett		h +	
0,42	Wasserstoff δ	h	Violett		b bis h	
	Eisen, Calcium	G	bläuliches Violett		b –	7
0,45	Wasserstoff δ	–	Indigoblau		a	
0,48	Cadmium 3 (E)	–				
	Wasserstoff β	F	Zyanblau		gis	
0,51	Cadmium 2 (E)	–				6
	Magnesium, Eisen	b	bläuliches Grün		ges bis g	
0,54	Eisen, Calcium	E	Grün		ges	
	Quecksilber α	–	grünliches Gelb		f bis fis	
0,57						
	Quecksilber β	–	Hellgelb		f +	
0,60	Natrium	D_2, D_1	Vollgelb		eis	5
0,63						
	Cadmium 1 (E)	–	Orange		dis +	
0,66	Wasserstoff α	C	Rotorange		dis –	
	Lithium α	–	Rot		d	
0,69	Sauerstoff	B	Hochrot		cis bis d	
0,72		a	tiefes Rot		cis	
0,75						
	Sauerstoff	A	äusserstes Tiefrot		c	4
0,78						
0,81						
		Z				
0,84						
		X_1				
0,87			Ultrarot (Wärmewirkung)			
0,90		Y				
0,93						
0,96					[As]	
						3

1



Harmonische Serien bei Linienspektren

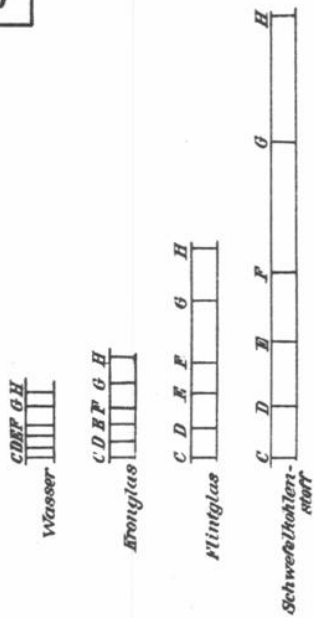
(nach Kayser)



Vergleich des Brechungs- (oben) mit dem Beugungsspektrum (unten).

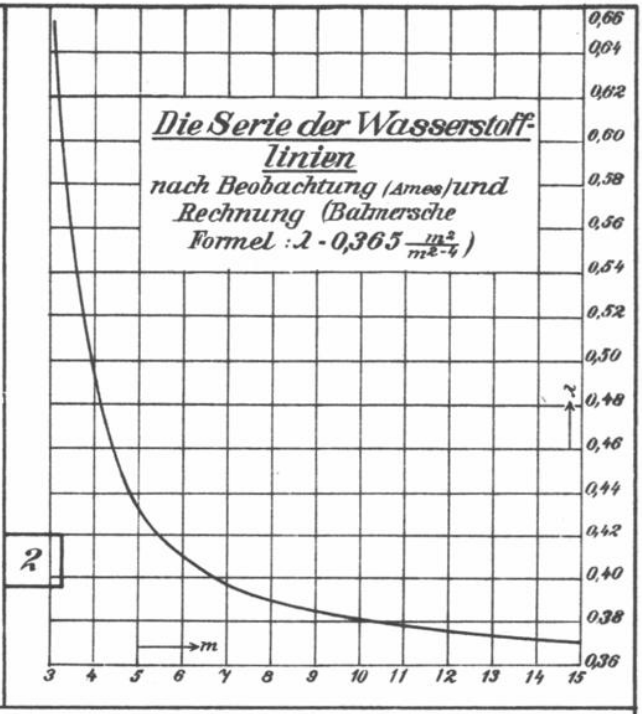
2

1



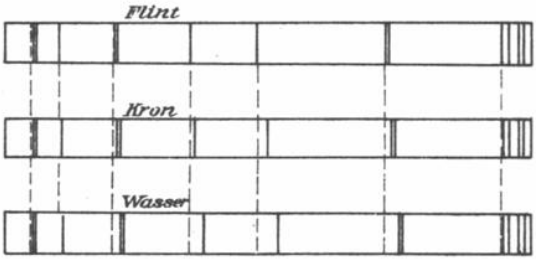
Vergleichung verschieden starker Dispersion

2



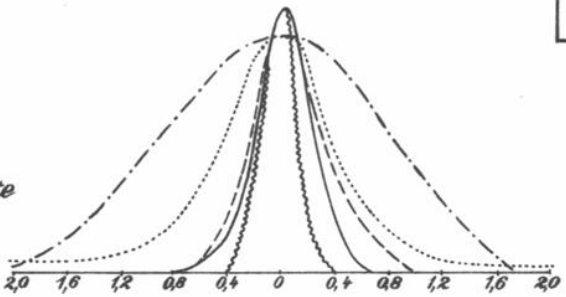
3

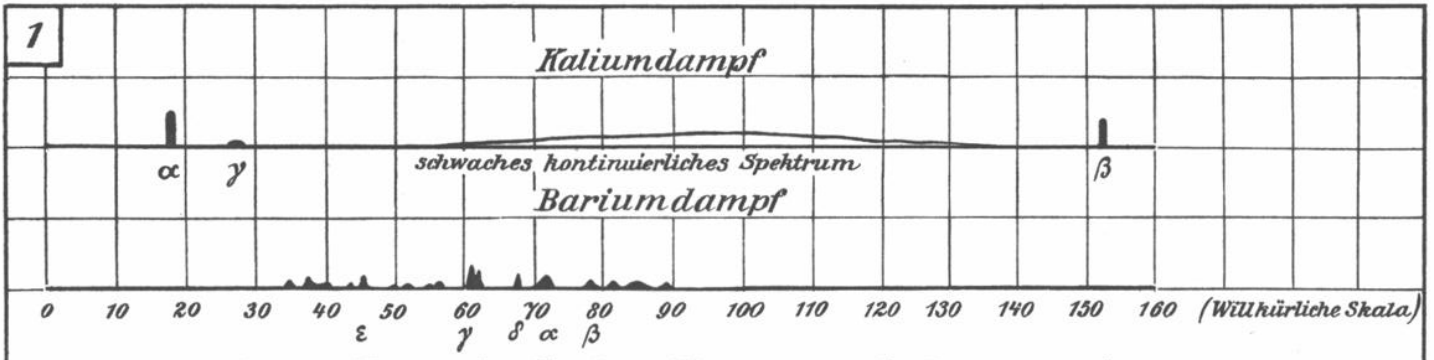
Vergleichung verschieden verteilter Dispersionen
(bei gleicher Gesamt-D.)



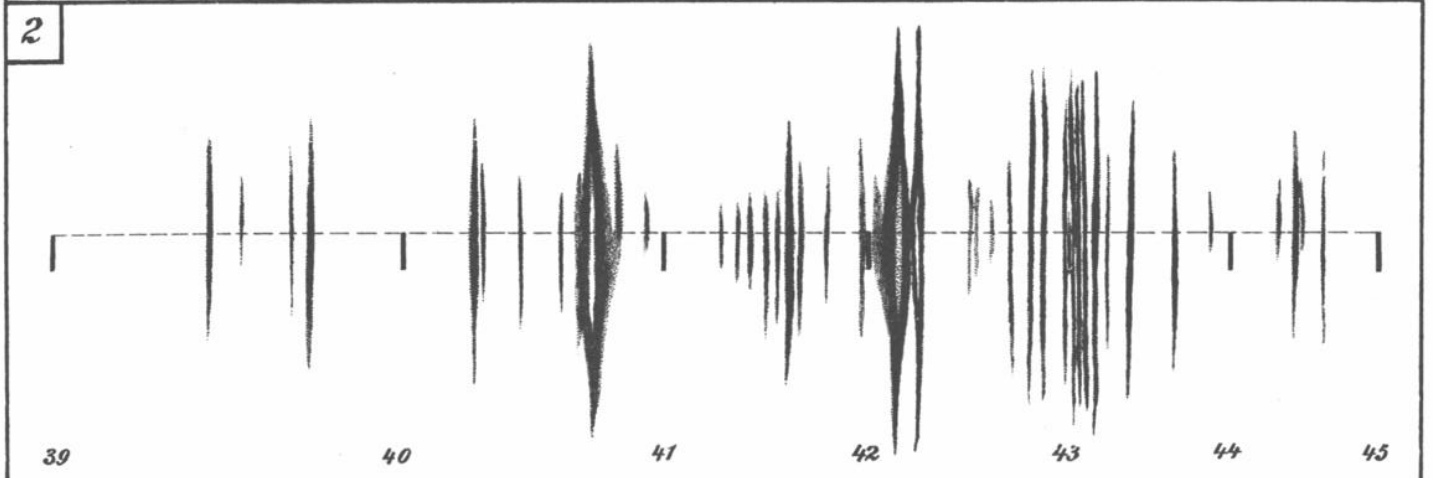
4

Helligkeitsverteilung in der roten Cadmiumlinie
(nach P. Koch)

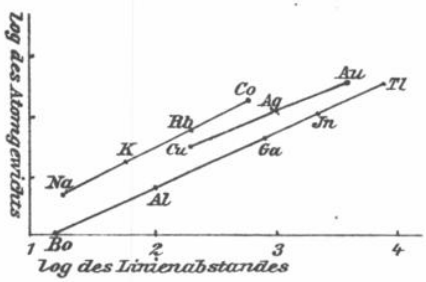




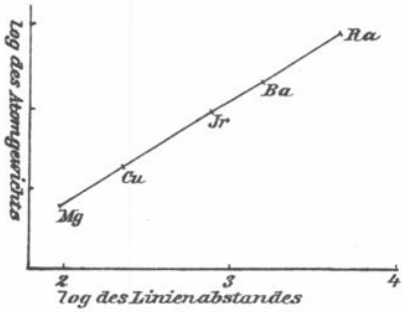
Darstellung der Spektrallinien nach Breite und relativer Helligkeit (nach Bunsen)



Kurze und lange Spektrallinien je nach der Temperatur der Schichten des Lichtbogens (nach Lockyer)

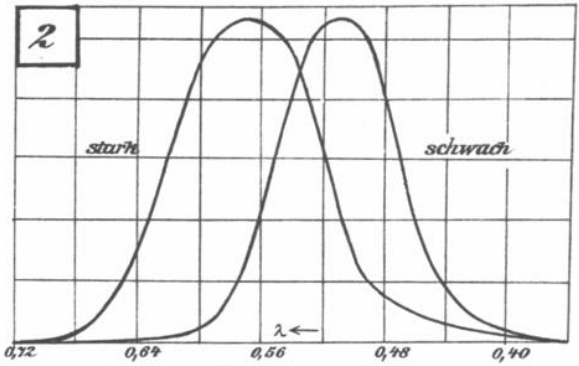


1



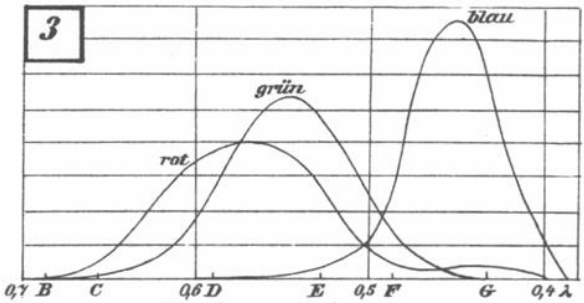
Beziehung der Spektrallinien zum Atomgewicht
(nach Runge u. Precht.)

2



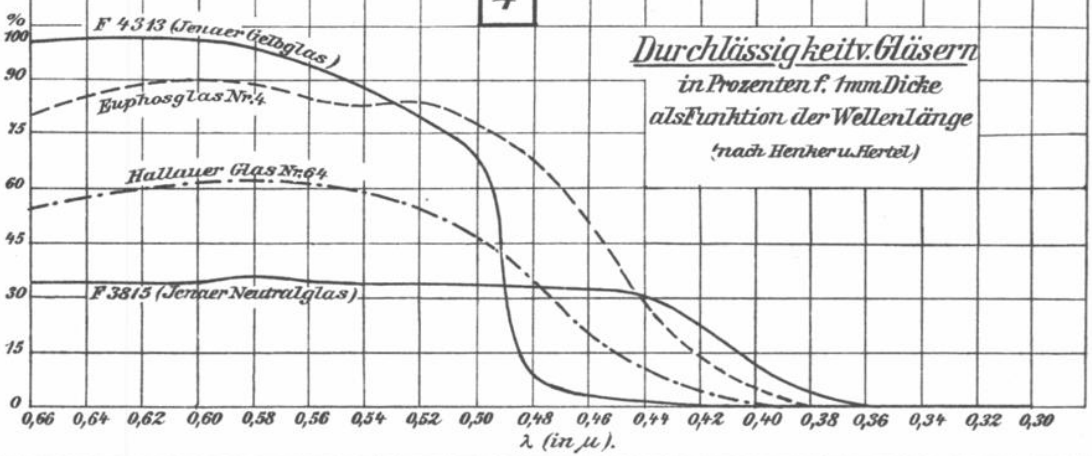
Subjektive Helligkeit im Spektrum für schwächste und starke Beleuchtung
(nach A. König)

3

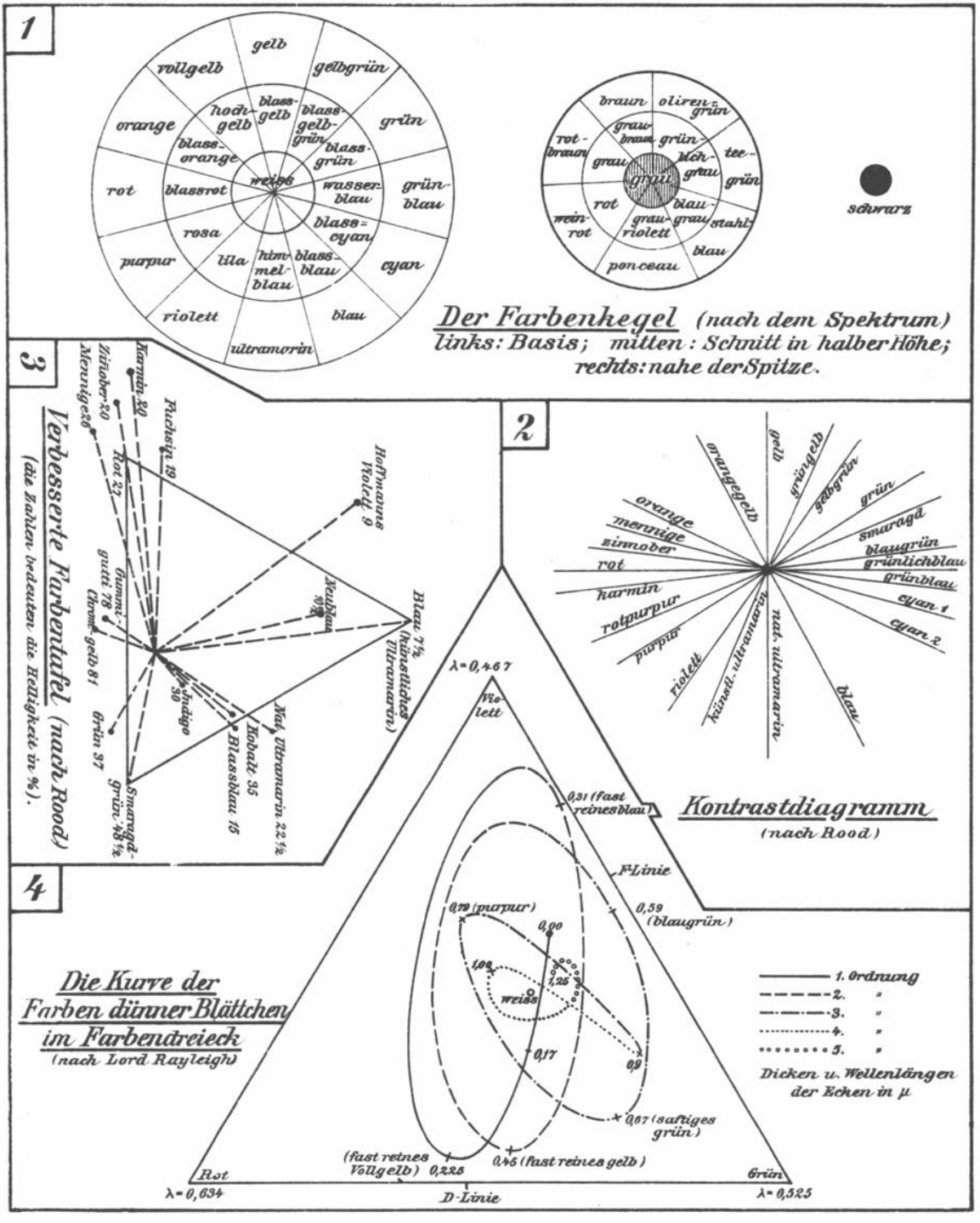


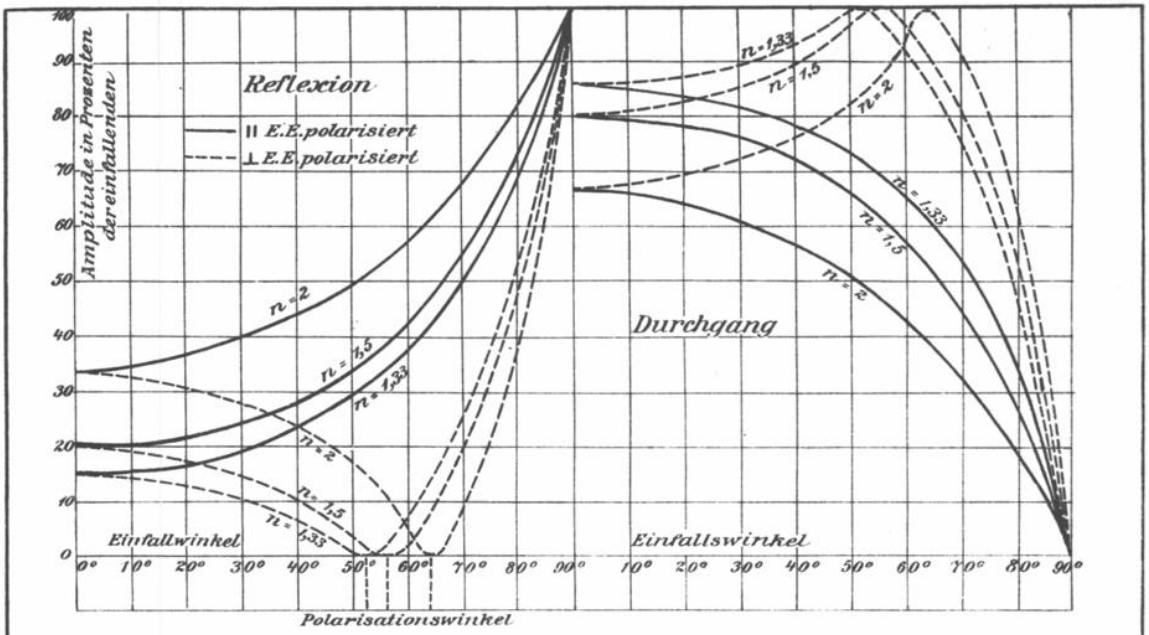
Die Intensitätskurven der drei Grundfarben
(nach A. König u. Dieterici)

4



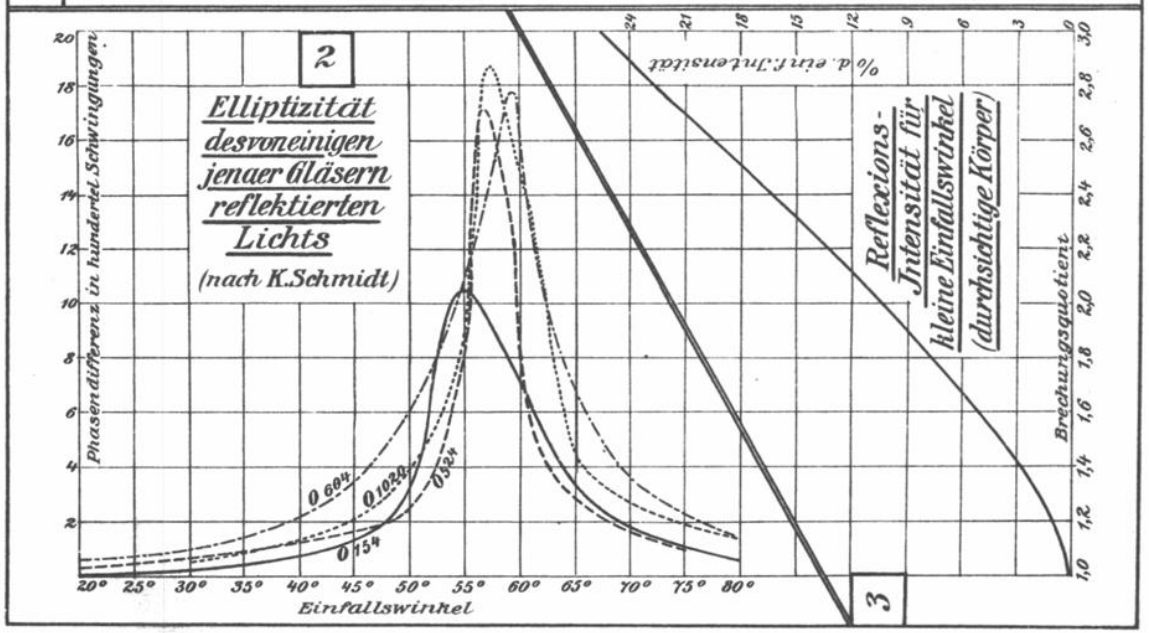
Durchlässigkeit v. Gläsern in Prozenten f. 1 mm Dicke als Funktion der Wellenlänge
(nach Henker u. Hertel)


1
gelb
gelbgrün
grün
grün-blau
cyan
blau
ultramarin
violett
purpur
rot
orange
rosa
blass-orange
blass-grün
blass-cyan
blass-blau
hell-blau
lila
blassrot
wasser-blau
weiss
hoch-gelb
blass-gelb
blass-gelb-grün
braun
oliven-grün
grau-braun
grün
rot-braun
grau
Moh-grau
tee-grün
grau
rot
blau-grau
wein-rot
grau-violett
stahl-blau
ponceau
schwarz
Der Farbenkegel (nach dem Spektrum)
links: Basis; mitten: Schnitt in halber Höhe;
rechts: nahe der Spitze.
2
gelb
grüngelb
gelbgrün
grün
smaragd
blaugrün
grünlichblau
grünblau
cyan 1
cyan 2
blau
nat. ultramarin
künstl. ultramarin
violett
purpur
rotpurpur
karmin
rot
zinnober
mennige
orange
orangegelb
Kontrastdiagramm
(nach Rood)
3
Verbesserte Farbentafel (nach Rood)
(die Zahlen bedeuten die Helligkeit in %).
Karmin 20
Fuchsin 19
Zinnober 20
Mennige 26
Rot 27
Gummi-gutt 78
Chrom-gelb 81
Grün 37
Smaragd-grün 48½
Russ 30
Blassblau 16
Kobalt 35
Nat. Ultramarin 22½
Blau 7½ (künstliches Ultramarin)
Neublau 10½
Hoffmanns Violett 9
4
Die Kurve der Farben dünner Blättchen im Farbendreieck
(nach Lord Rayleigh)
λ = 0,467
Violett
0,31 (fast reines blau)
F-Linie
0,59 (blaugrün)
0,79 (purpur)
0,90
1,00
1,25
weiss
0,17
0,9
0,67 (saftiges grün)
(fast reines Vollgelb) 0,225
0,45 (fast reines gelb)
Rot
λ = 0,634
D-Linie
Grün
λ = 0,525
1. Ordnung
2. "
3. "
4. "
5. "
Dicken u. Wellenlängen der Ecken in μ



Amplitude des reflektierten und des gebrochenen Lichts
als Funktion des Einfallswinkels bei paralleler und senkrechter Polarisation
(für durchsichtige Stoffe u. elektrische Kraft als Lichtvektor).

1



1

Polarisationsgrad natürlichen Lichts

(Verh. d. beiden Amplituden ⊥ und ∥ Einfallsebene)

a) nach der Reflexion $A_s : A_p$

b) nach einmaligem Durchgange $A_p : A_s$

Einfallswinkel

Einfallswinkel

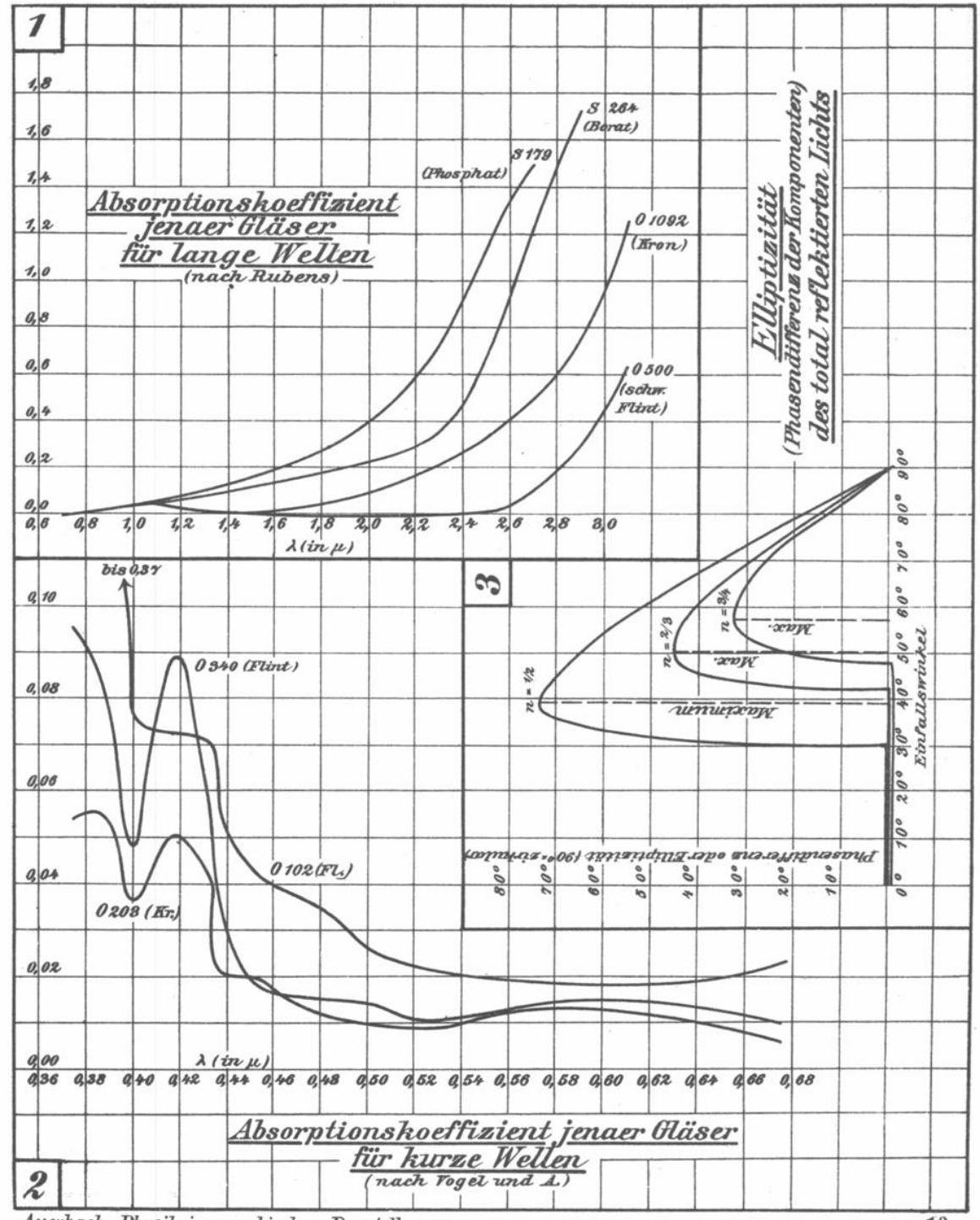
2

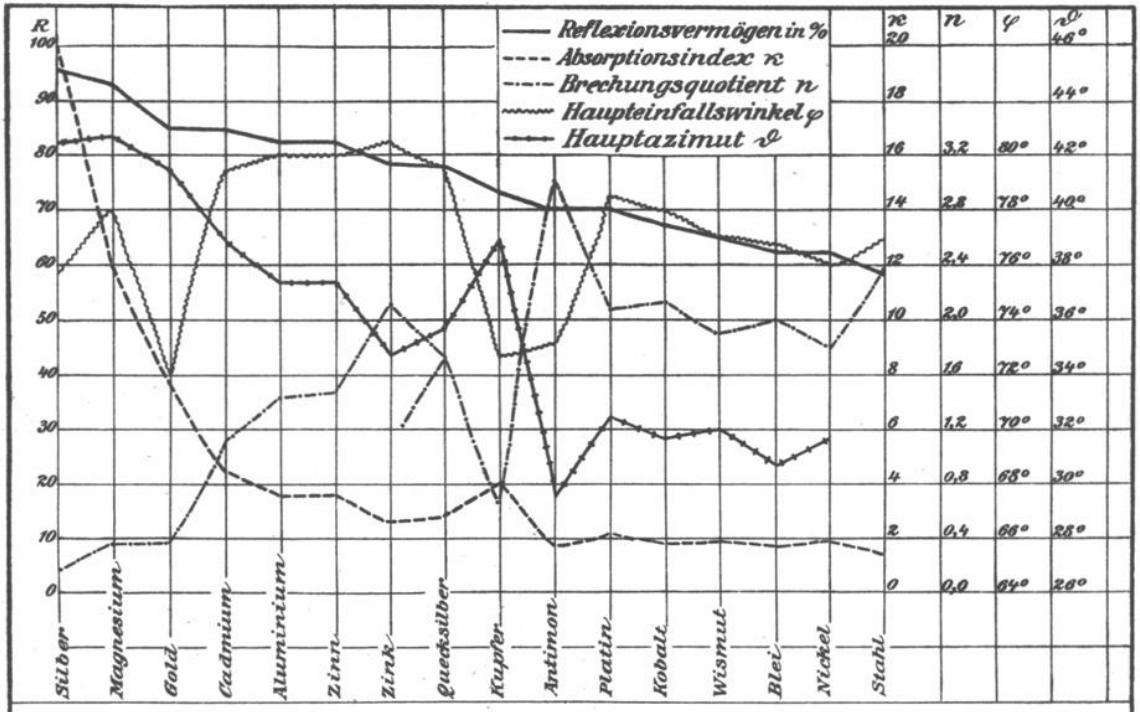
Polarisationsgrad (Intensitätsverhältnis $J_p : J_s$) nach Durchgang durch Planplatten im Polarisationswinkel.

Plattenzahl

3

Polarisationswinkel als Funktion des Brechungsquotienten

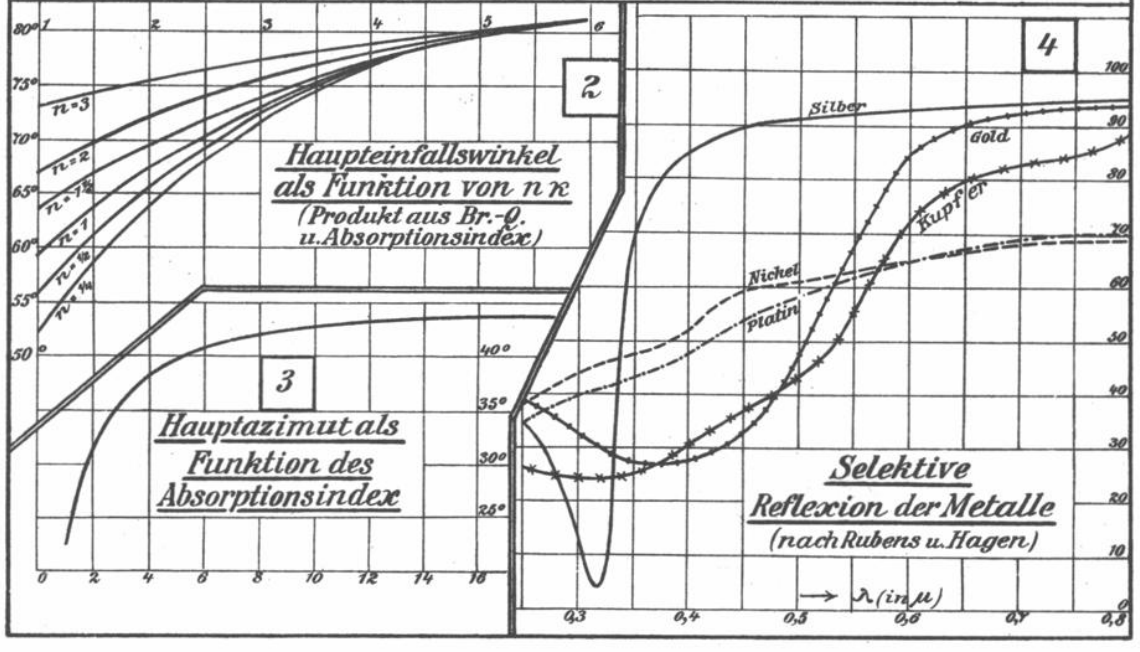

1
Absorptionskoeffizient jenaer Gläser für lange Wellen
(nach Rubens)
S 264 (Borat)
S 179 (Phosphat)
O 1092 (Kron)
O 500 (schw. Flint)
λ (in μ)
Ellipticität
(Phasendifferenz der Komponenten) des total reflektierten Lichts
3
Maximum
Max.
n = 1/2
n = 2/3
n = 3/4
Einfallswinkel
Phasendifferenz oder Ellipticität (90° = Kreis)
bis 0,37
O 340 (Flint)
O 102 (Fl.)
O 203 (Kr.)
λ (in μ)
Absorptionskoeffizient jenaer Gläser für kurze Wellen
(nach Vogel und A.)
2



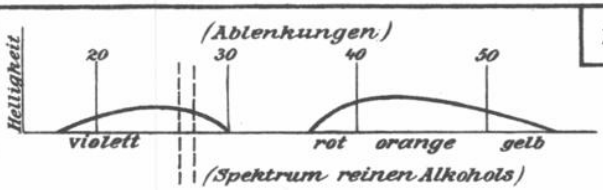
1

Optische Eigenschaften der Metalle (nach Drude u. A.)

(geordnet nach dem Reflexionsvermögen)

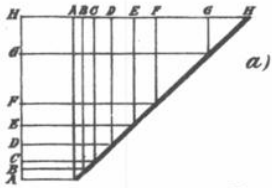


1

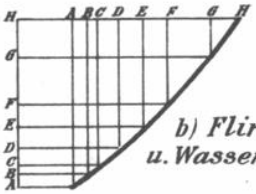


Anomale Dispersion alkoholischer Fuchsinlösung
(nach Christiansen)

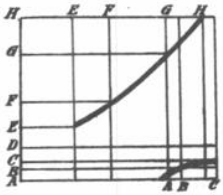
2



a) Flint u. Flint

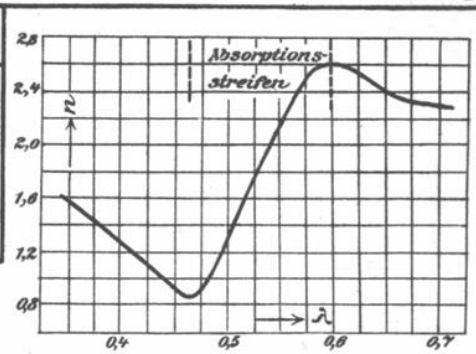


b) Flint u. Wasser



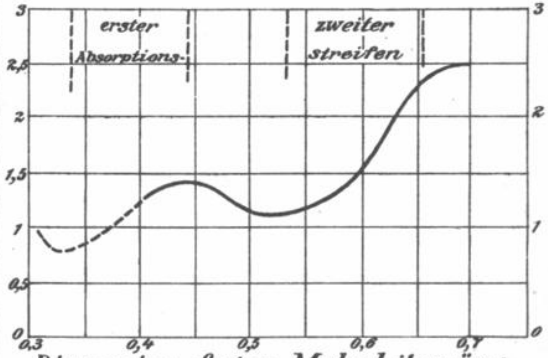
c) Flint u. Cyaninlösung

Dispersion durch gekreuzte Prismen
(nach Kundt)



Dispersion festen Fuchsins
(nach Pflüger)

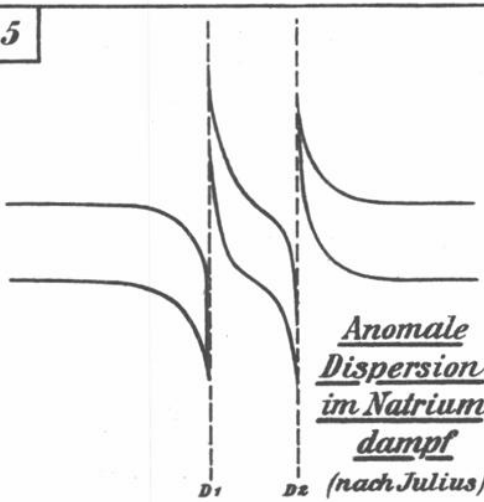
3



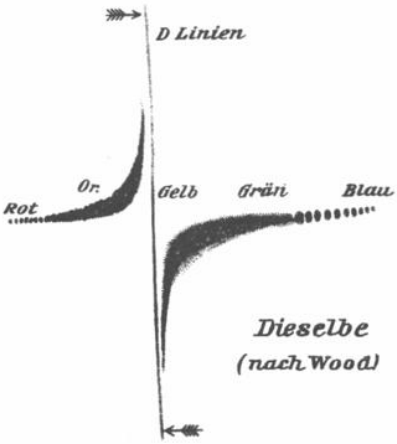
Dispersion festen Malachitgrüns
(nach Pflüger)

4

5



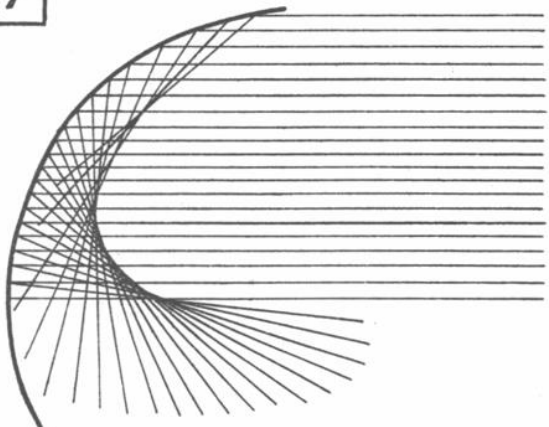
Anomale Dispersion im Natriumdampf
(nach Julius)



Dieselbe
(nach Wood)

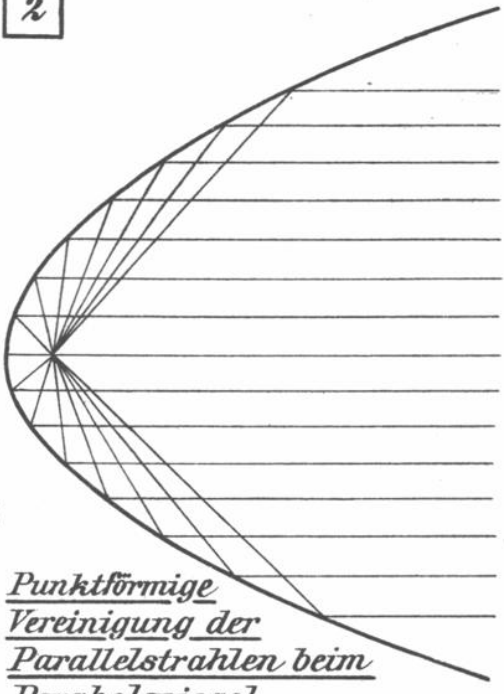
6

1



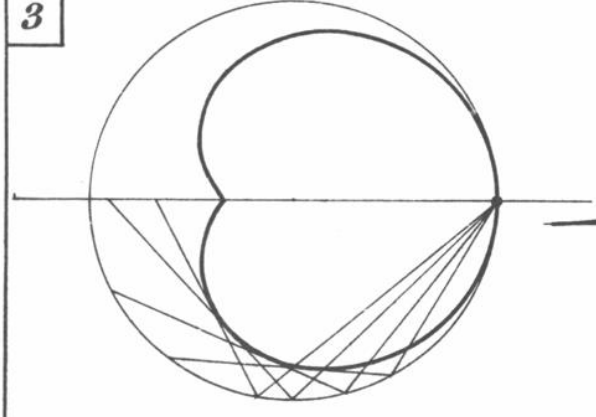
Katakaustik des Kreises (Brennfläche des sphärischen Spiegels)
für ∞ entfernten Punkt

2



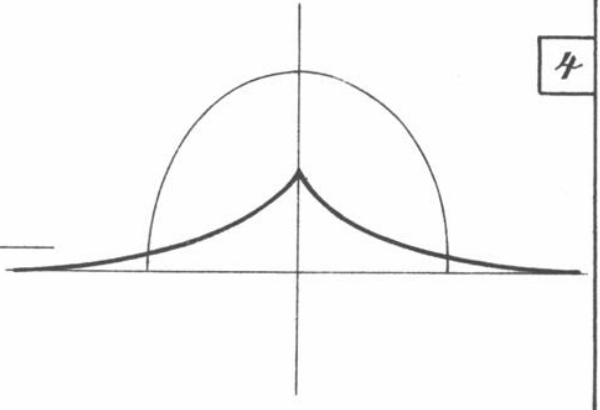
Punktförmige Vereinigung der Parallelstrahlen beim Parabolspiegel

3

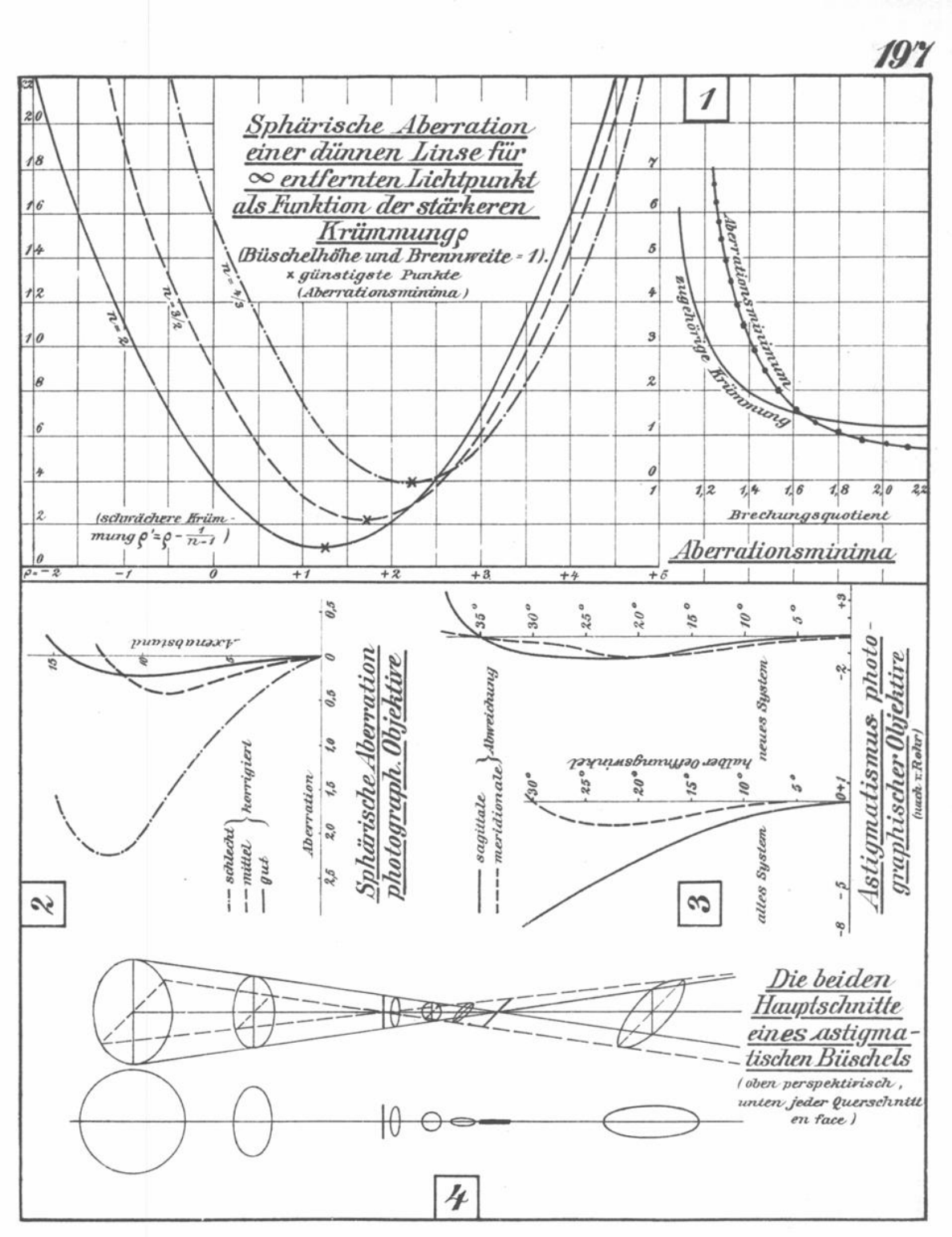


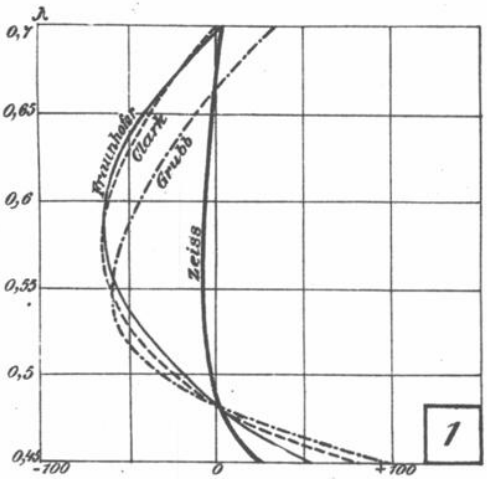
Katakaustik des Kreises (Brennfläche des sphärischen Spiegels) f. e. Punkt a. d. Kreise (a. d. Kugel) selbst

4

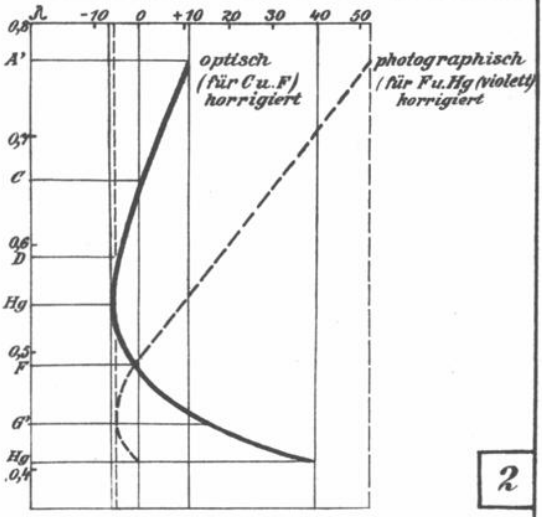


Diakaustik der Geraden (Brennfläche f. d. Brechung an einer Ebene)
[die halbe Ellipse ist die Wellenlinie, die Diakaustik ihre Evolute]

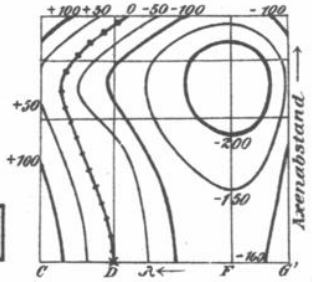

1
Sphärische Aberration einer dünnen Linse für ∞ entfernten Lichtpunkt als Funktion der stärkeren Krümmung ρ
(Büschelhöhe und Brennweite = 1).
× günstigste Punkte (Aberrationsminima)
n = 2
n = 3/2
n = 4/3
(schwächere Krümmung ρ' = ρ − 1/(n−1))
ρ = −2 −1 0 +1 +2 +3 +4 +5
Aberrationsminimum
zugehörige Krümmung
Brechungsquotient
Aberrationsminima
2
Sphärische Aberration photograph. Objektive
Axenabstand
Aberration
schlecht
mittel
gut
korrigiert
3
Astigmatismus photographischer Objektive (nach v. Rohr)
sagittale
meridionale
Abweichung
neues System
altes System
halber Oeffnungswinkel
4
Die beiden Hauptschnitte eines astigmatischen Büschels
(oben perspektivisch, unten jeder Querschnitt en face)



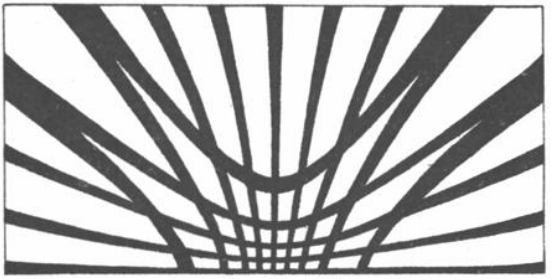
Chromatische Abweichung bei alten u. neuen Fernrohr-objektiven



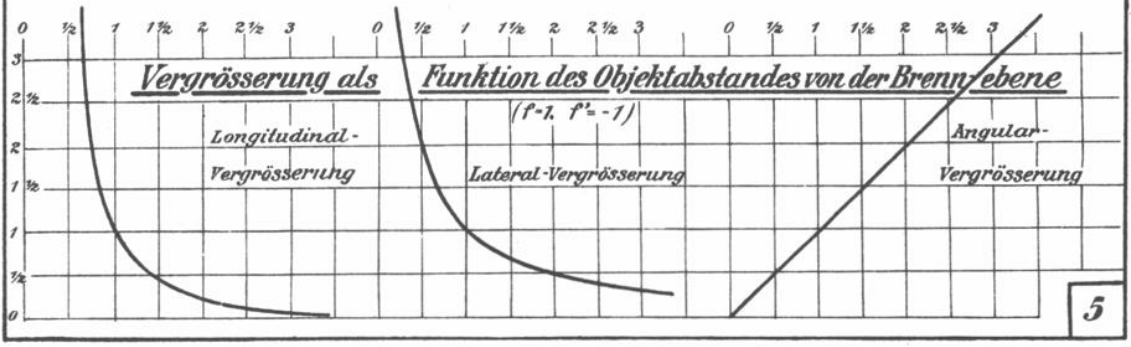
Vergleich eines optisch u. eines photographisch korrigierten, sonst gleichen Systems



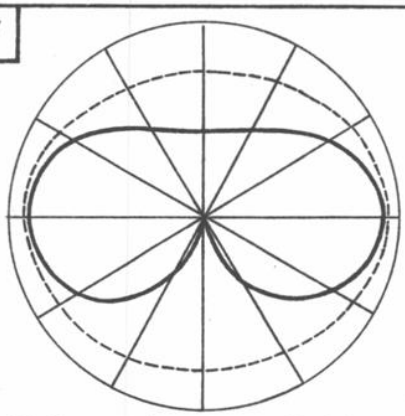
Kurven gleicher Schnittweiten f. versch. Axenabstände u. Wellenlängen (× Nullpunkt)



Objekt, das durch ein aplanatisches System betrachtet, als Netz rechtwinkliger gerader Linien erscheint (nach Abbe)

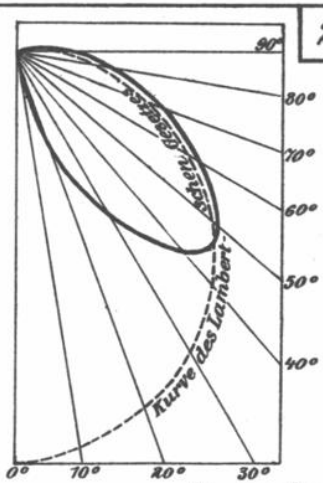


1



Lichtstärke einer Glühlampe im Vertikal- u. Horizontalkreis

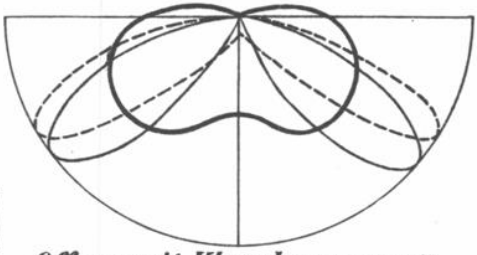
2



Bogenlampe

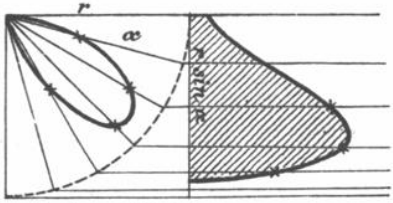
Gleichstrom Wechselstrom

3



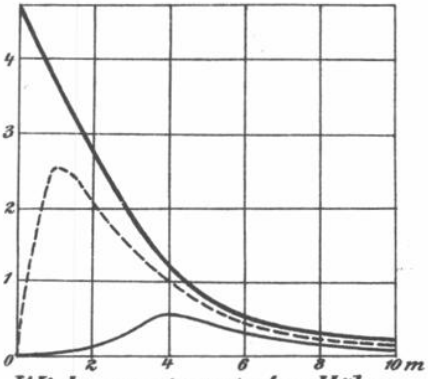
Offene, mit Klarglas und mit Milchglas umgebene Lampe

4



Lichtschleife und ganze (mittlere) Lichtmenge

5



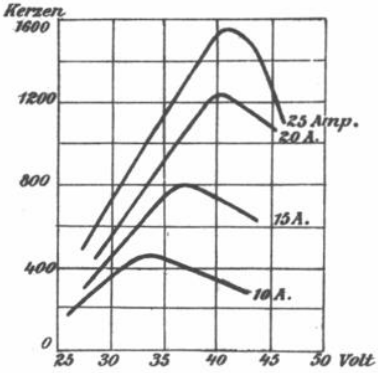
Wirkung einer in 4m Höhe aufgestellten Gleichstromlampe in verschiedenen Entfernungen

—— gew. ältere Bogenlampe

---- Flammenbogenlampe

—— Horizontalbogenlampe

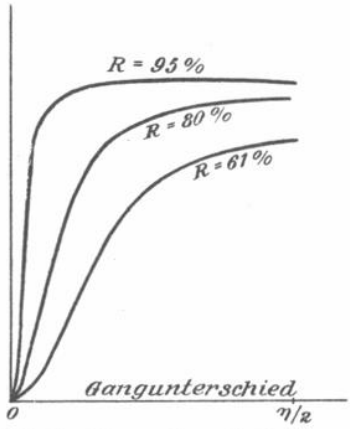
6



Lichtwirkung des Wechselstrombogens für verschiedene Spannungen u. Stromstärken

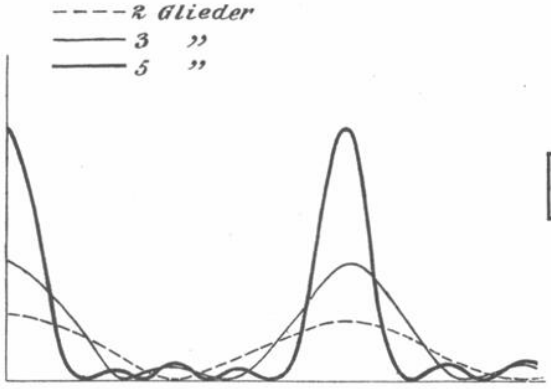
(nach Blondel)

1



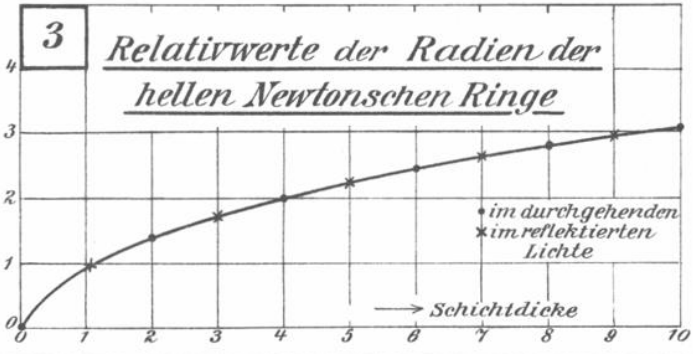
Helligkeitsverlauf der Interferenzkurven gleicher Dicke für versch. Reflexionskoeffizienten (nach Lummer)

2

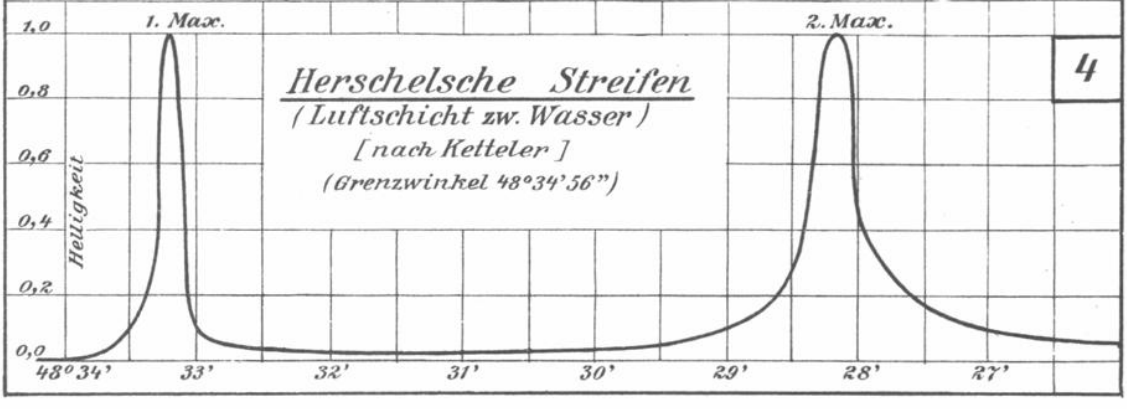


Helligkeitsverlauf der Kurven gleicher Dicke bei Berücksichtigung v. immer mehr interferierenden Strahlen (nach Lummer)

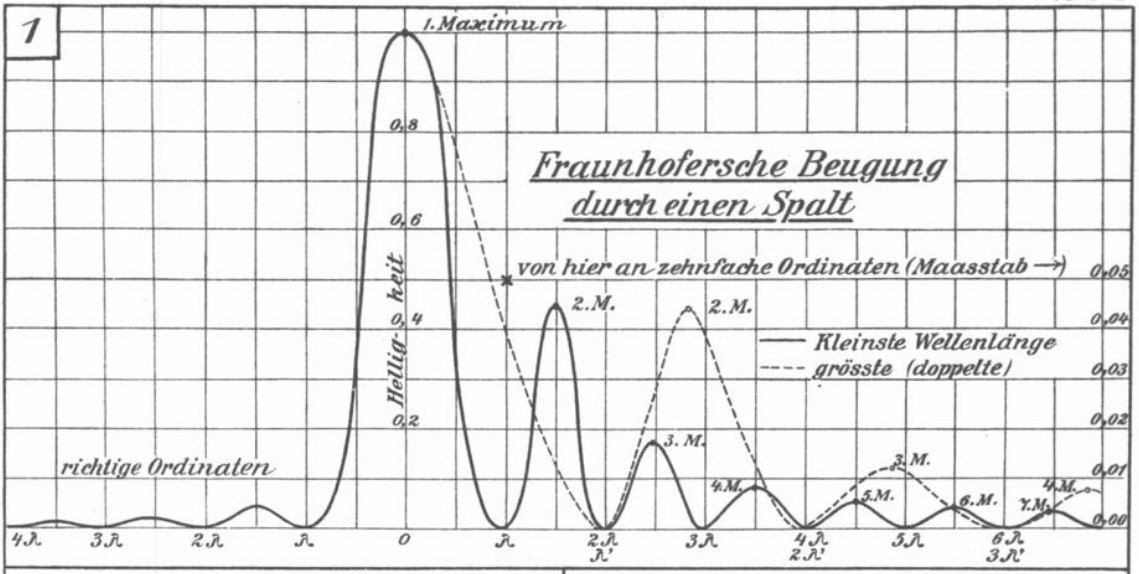
3

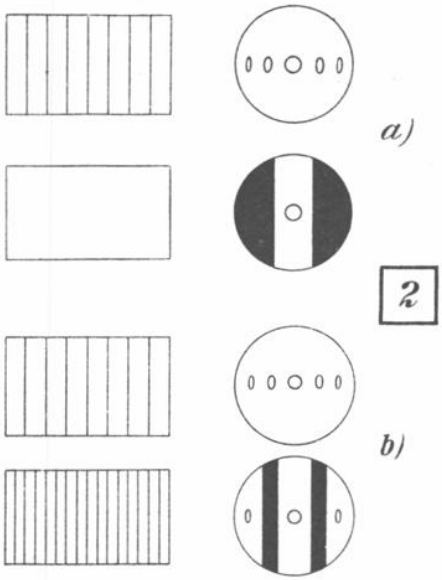


4



1

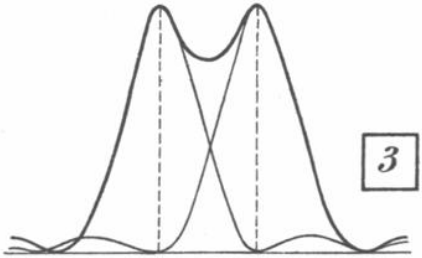




2

Objekte u. Bilder bei Verstümmelung (partieller Abblendung) der Beugungsfigur
(nach Abbe)

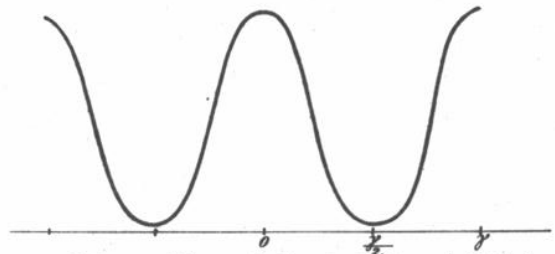
a) Objekt: Streifengitter, Bild: weisse Fläche
b) " : " , " : doppelt enges Str. G.
c) " : Kreuzgitter, " : Diagonalgitter



3

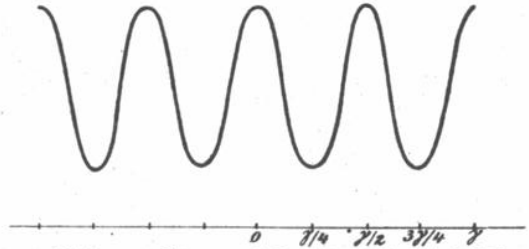
Superposition der Beugungskurven zweier benachbarter Punkte (Doppelstern)

Helligkeitsverteilung in Gitterbildern
(nach Wolfke).



3

Sekundäres (dioptrisches) Bild bei Zusammenwirken des 0. mit dem ±1. Beugungsbilde (Spaltenzahl ungerade)

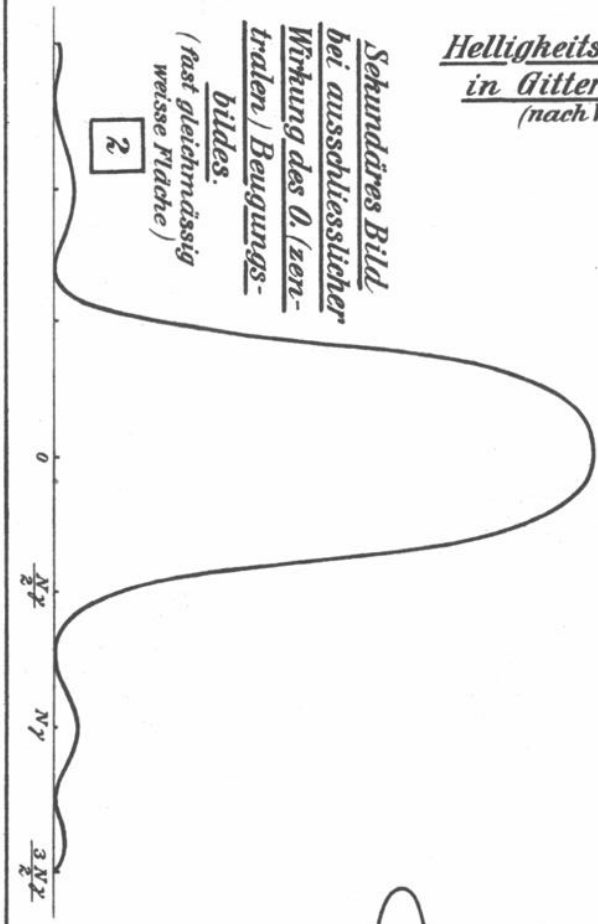


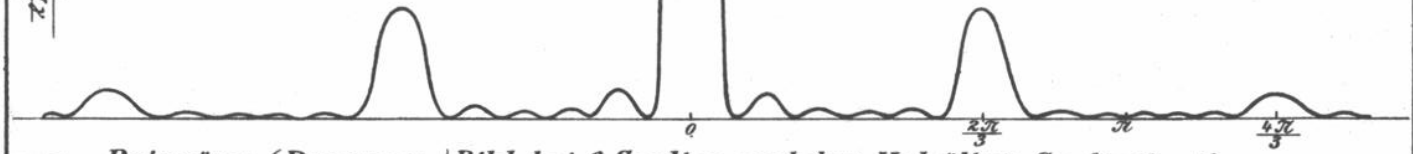
4

Sekundäres (dioptrisches) Bild bei Zusammenwirken des 0. mit dem 2. seitlichen Beugungsbilde

Sekundäres Bild bei ausschliesslicher Wirkung des 0. (zentralen) Beugungsbildes.
(fast gleichmässig weisse Fläche)

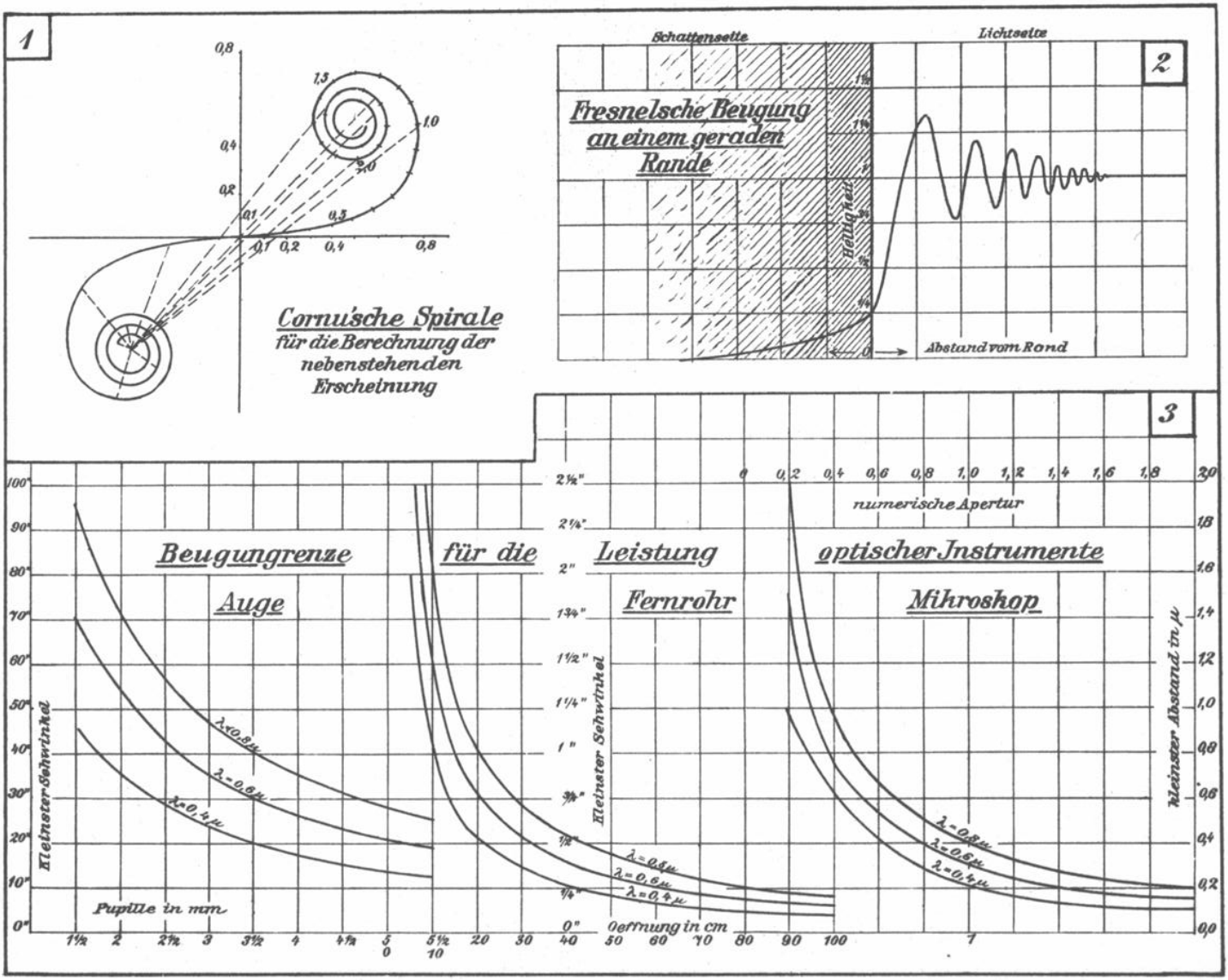
2

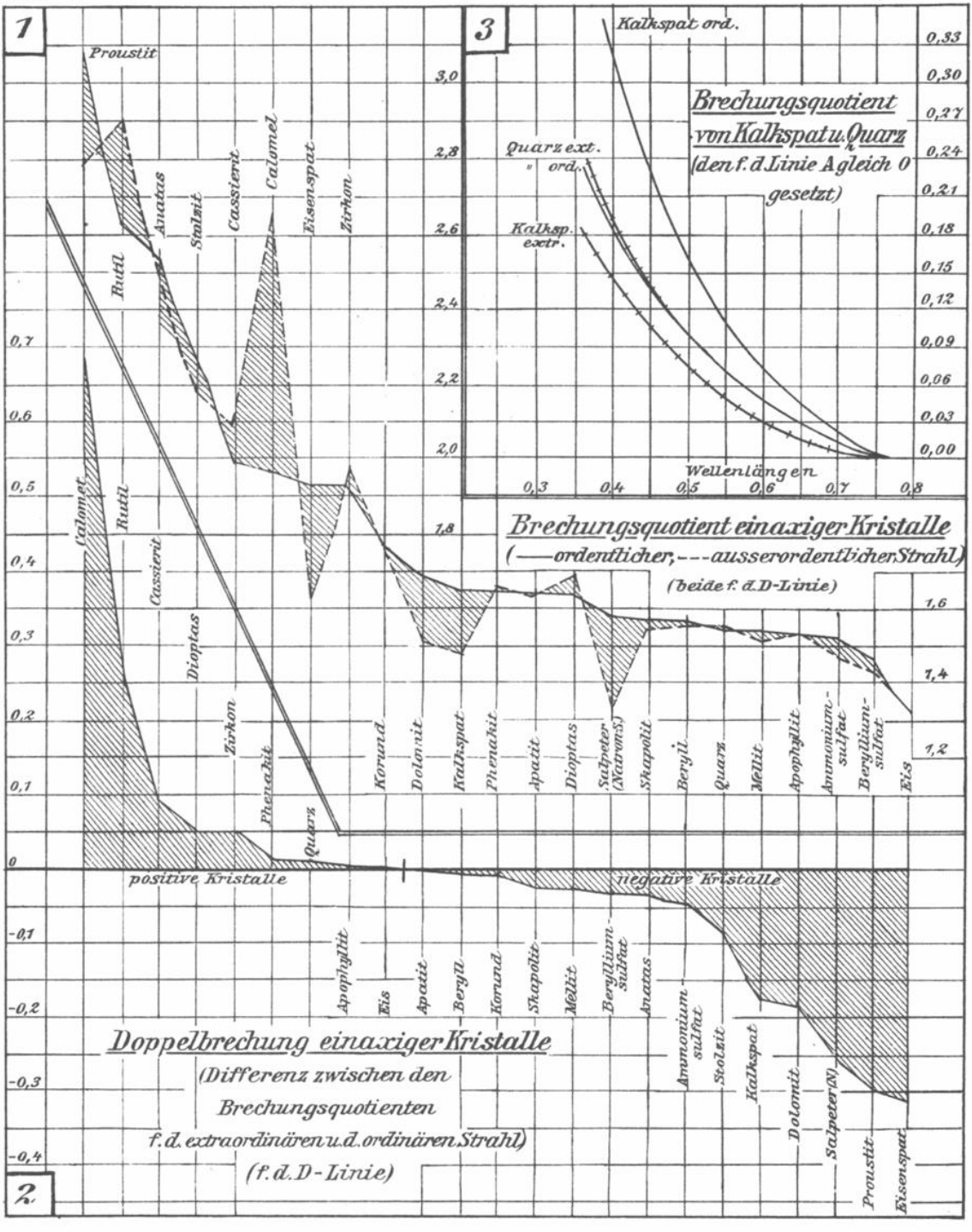


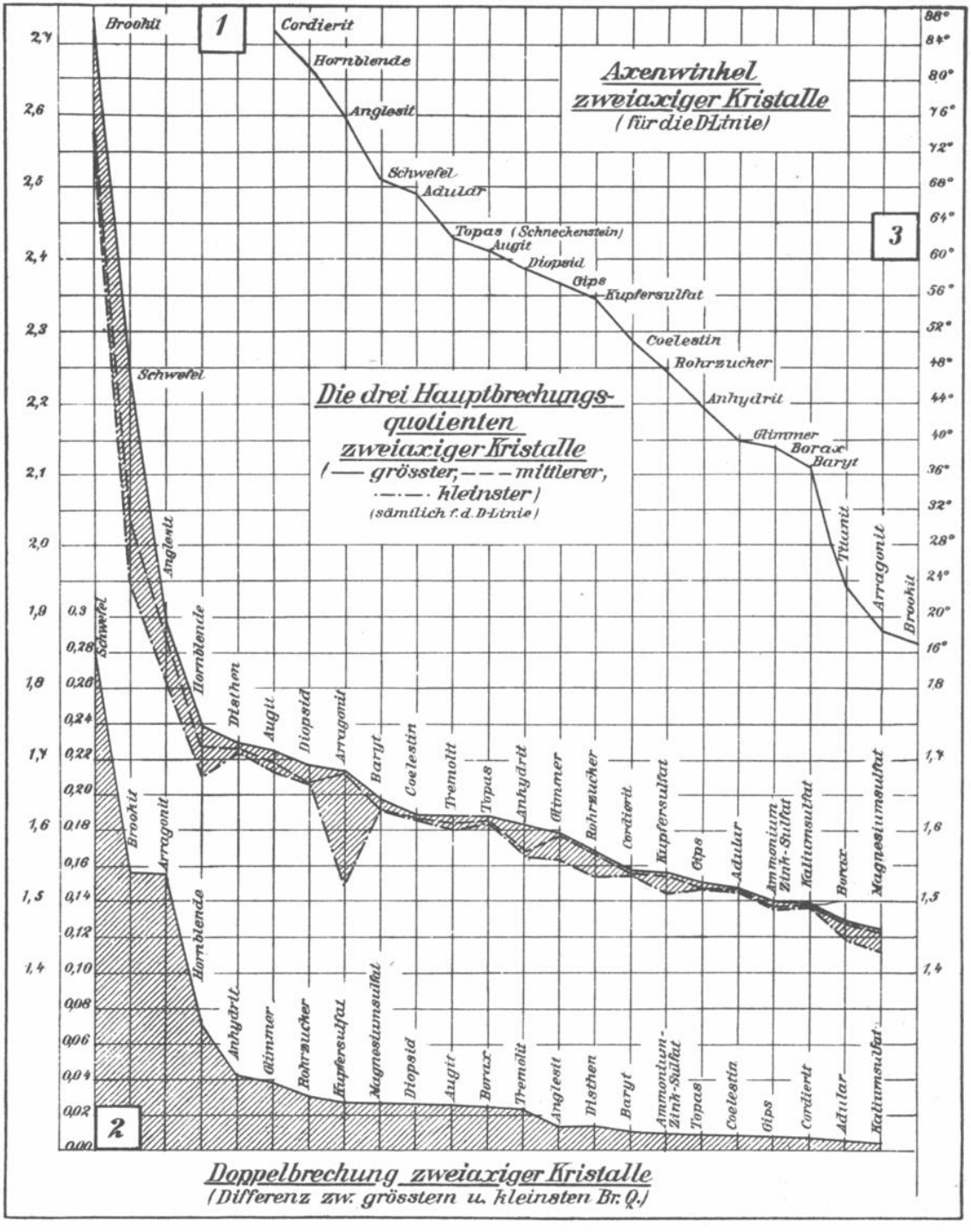


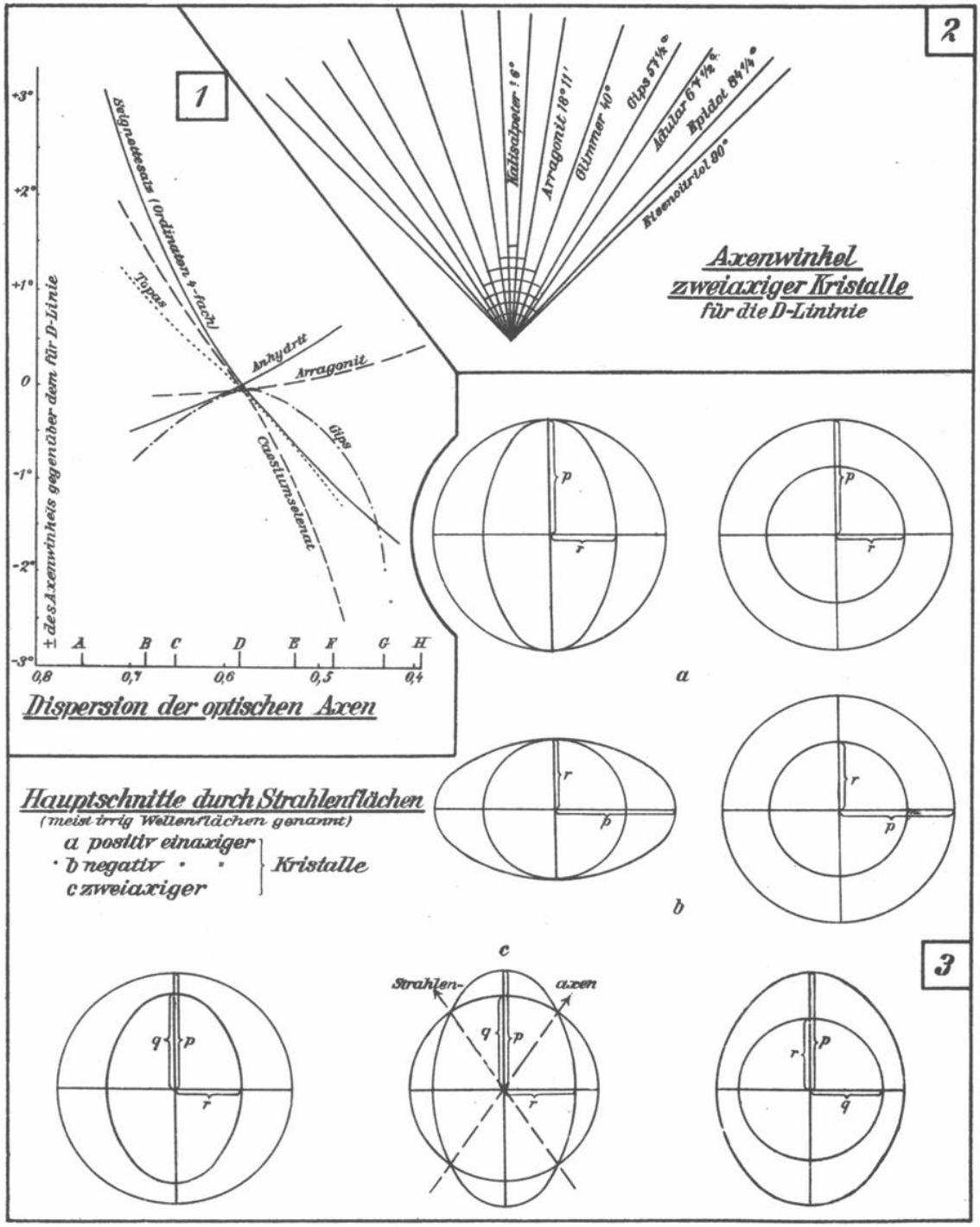
1

Primäres (Beugungs-)Bild bei 6 Spalten und dem Verhältnis Spaltenbreite zu Strukturbreite 2 : 3

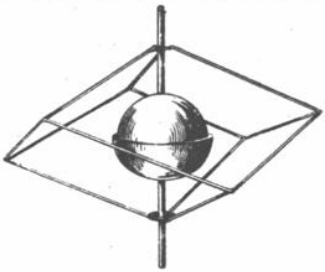

1
Cornu'sche Spirale
für die Berechnung der nebenstehenden Erscheinung
2
Fresnelsche Beugung an einem geraden Rande
Schattenseite
Lichtseite
Helligkeit
Abstand vom Rand
3
Beugungrenze für die Leistung optischer Jnstrumente
Auge
Fernrohr
Mikroskop
Kleinster Sehwinkel
Kleinster Abstand in μ
Pupille in mm
Oeffnung in cm
numerische Apertur
λ=0,8μ
λ=0,6μ
λ=0,4μ


1
Proustit
Rutil
Anatas
Stolzit
Cassierit
Calomel
Eisenspat
Zirkon
Calomel
Rutil
Cassierit
Dioptas
Zirkon
Phenakit
Quarz
Korund
Dolomit
Kalkspat
Phenakit
Apatit
Dioptas
Salpeter (Natron S)
Skapolit
Beryll
Quarz
Mellit
Apophyllit
Ammonium-sulfat
Beryllium-sulfat
Eis
3
Kalkspat ord.
Quarz ext.
" ord.
Kalksp. extr.
Brechungsquotient von Kalkspat u. Quarz
(den f. d. Linie A gleich 0 gesetzt)
Wellenlängen
Brechungsquotient einaxiger Kristalle
(—— ordentlicher, - - - ausserordentlicher Strahl)
(beide f. d. D-Linie)
positive Kristalle
negative Kristalle
Apophyllit
Eis
Apatit
Beryll
Korund
Skapolit
Mellit
Beryllium-sulfat
Anatas
Ammonium-sulfat
Stolzit
Kalkspat
Dolomit
Salpeter (N)
Proustit
Eisenspat
Doppelbrechung einaxiger Kristalle
(Differenz zwischen den Brechungsquotienten f. d. extraordinären u. d. ordinären Strahl)
(f. d. D-Linie)
2


1
Axenwinkel zweiaxiger Kristalle
(für die D-Linie)
Brookit
Cordierit
Hornblende
Anglesit
Schwefel
Adulär
Topas (Schneckenstein)
Augit
Diopsid
Gips
Kupfersulfat
Coelestin
Rohrzucker
Anhydrit
Glimmer
Borax
Baryt
Mumit
Aragonit
Brookit
3
Die drei Hauptbrechungsquotienten zweiaxiger Kristalle
(— grösster, – – – mittlerer, –·–·– kleinster)
(sämtlich f. d. D-Linie)
2
Doppelbrechung zweiaxiger Kristalle
(Differenz zw. grösstem u. kleinsten Br. Q.)

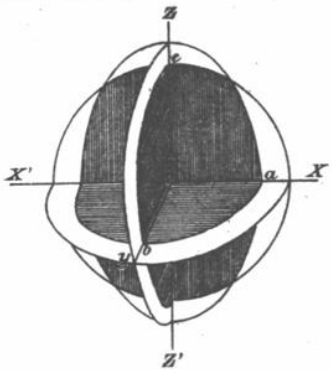

1
2
3
Salpetersaurer Kali 16°
Arragonit 18°11'
Glimmer 40°
Gips 57½°
Alaun 67½°
Epidot 84½°
Eisenvitriol 90°
Axenwinkel zweiaxiger Kristalle für die D-Linie
Salpetersaures Natron (Ordinaten 4-fach)
Topas
Anhydrit
Arragonit
Gips
Cölestinsaures Kali
± des Axenwinkels gegenüber dem für D-Linie
+3°
+2°
+1°
0
-1°
-2°
-3°
A B C D E F G H
0,8 0,7 0,6 0,5 0,4
Dispersion der optischen Axen
Hauptschnitte durch Strahlenflächen
(meist irrig Wellenflächen genannt)
a positiv einaxiger
b negativ "
c zweiaxiger
Kristalle
a
b
c
Strahlen-
axen
p
r
q

1



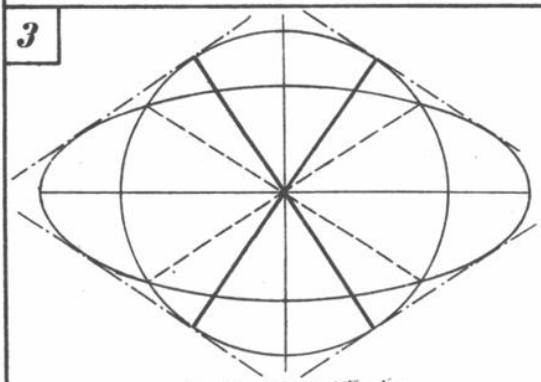
Strahlenfläche des Kalkspats
(von der ordentl. Schale die obere, von der ausserord. die untere Hälfte)

2



Die 3 Hauptschnitte der Strahlenflächen eines zweiaxigen Kristalls

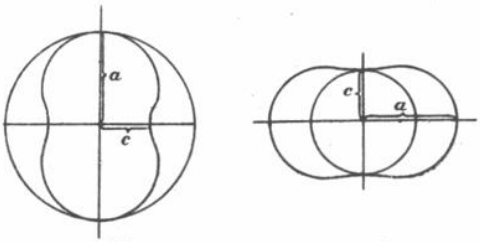
3



——— optische Mittellinien
——— optische Axen
- - - - Strahlenaxen
-·-·- gemeinsame Tangenten

Strahlenaxen und optische Axen

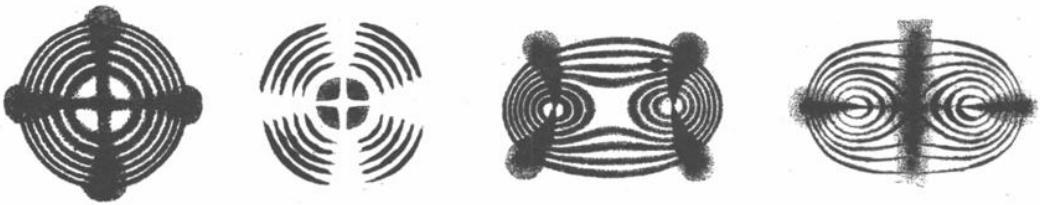
4



positiv negativ

Normalenfläche (eigentliche Wellenfläche) einaxiger Kristalle

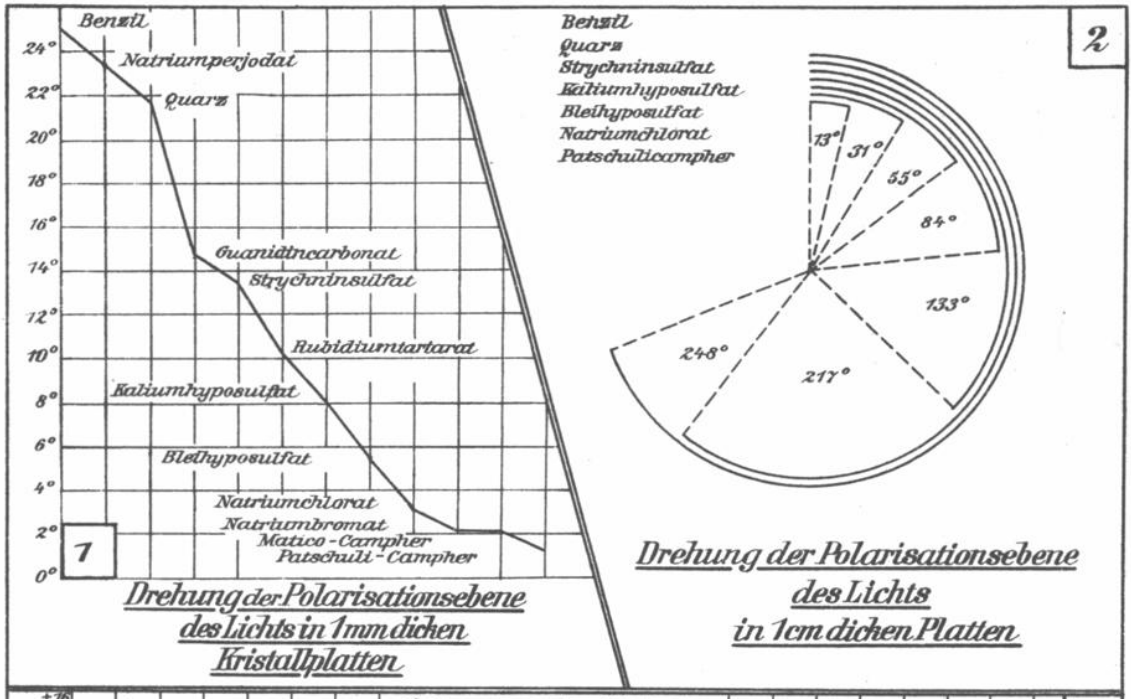
5

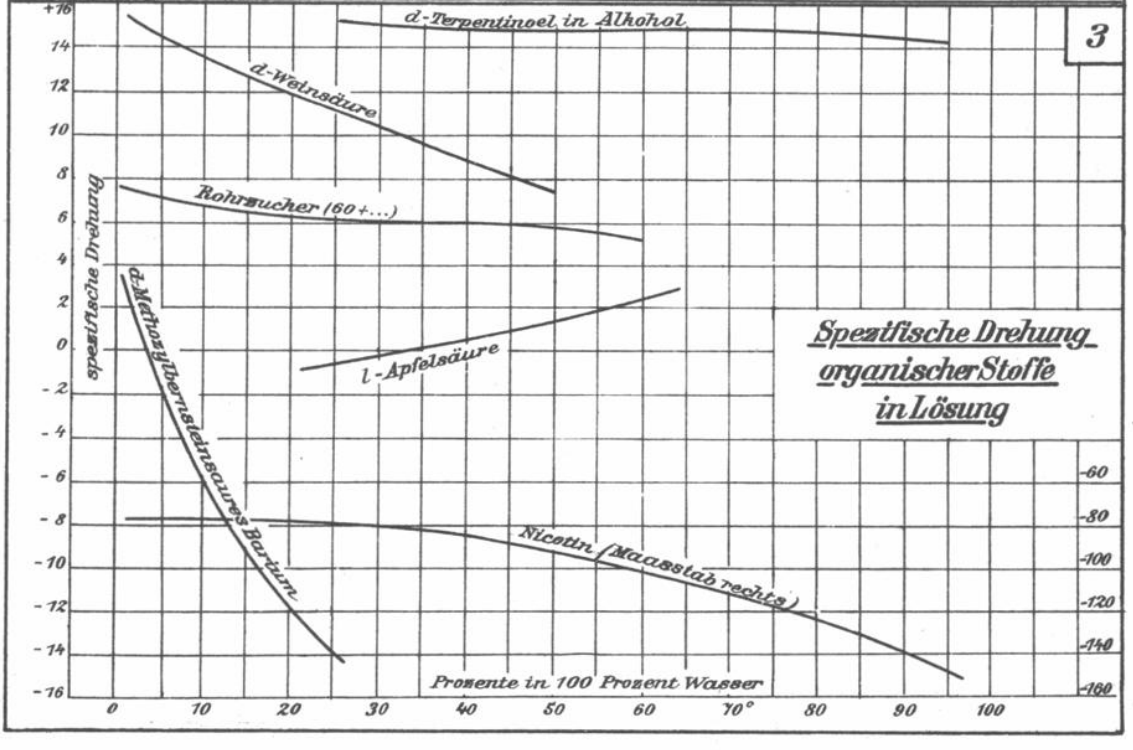


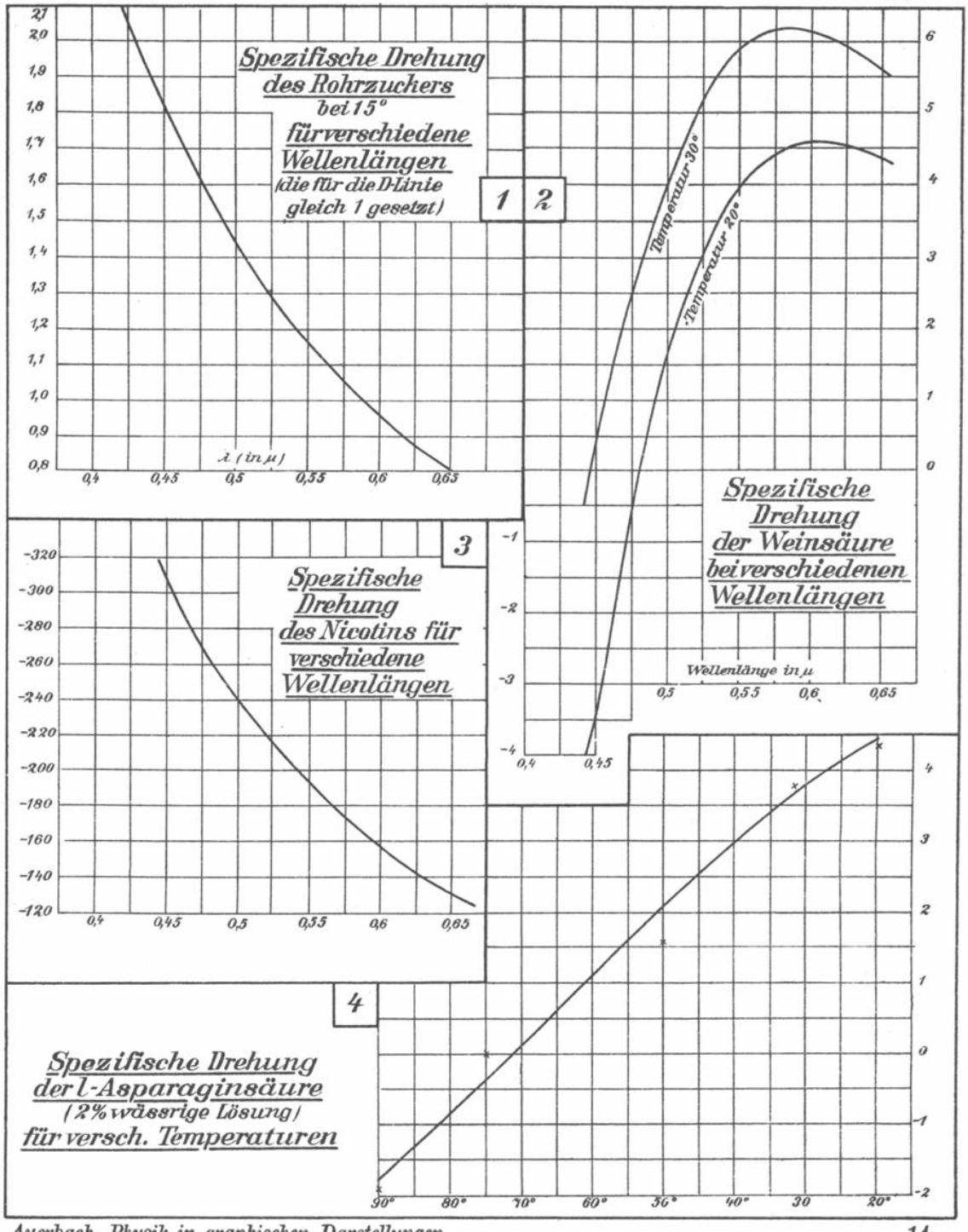
Jsochromatische und achromatishe Kurven

einaxig — zweiaxig

gekreuzte Nicols | parallele Nicols | parallel einem der gekreuzten Nicols | unter 45° gegen beide gekreuzte Nicols


7
Benzil
Natriumperjodat
Quarz
Guanidincarbonat
Strychninsulfat
Rubidiumtartarat
Kaliumhyposulfat
Bleihyposulfat
Natriumchlorat
Natriumbromat
Matico-Campher
Patschuli-Campher
24°
22°
20°
18°
16°
14°
12°
10°
8°
6°
4°
2°
0°
Drehung der Polarisationsebene des Lichts in 1mm dicken Kristallplatten
2
Benzil
Quarz
Strychninsulfat
Kaliumhyposulfat
Bleihyposulfat
Natriumchlorat
Patschulicampher
13°
31°
55°
84°
133°
217°
248°
Drehung der Polarisationsebene des Lichts in 1cm dicken Platten


3
d-Terpentinoel in Alkohol
d-Weinsäure
Rohrzucker (60+...)
d-Methoxybernsteinsaures Barium
l-Apfelsäure
Nicotin (Maasstab rechts)
spezifische Drehung
+16
14
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-16
-60
-80
-100
-120
-140
-160
0
10
20
30
40
50
60
70°
80
90
100
Prozente in 100 Prozent Wasser
Spezifische Drehung organischer Stoffe in Lösung


Spezifische Drehung des Rohrzuckers bei 15° für verschiedene Wellenlängen (die für die D-Linie gleich 1 gesetzt)
1
2
Temperatur 30°
Temperatur 20°
Spezifische Drehung der Weinsäure bei verschiedenen Wellenlängen
Wellenlänge in μ
3
Spezifische Drehung des Nicotins für verschiedene Wellenlängen
λ (in μ)
4
Spezifische Drehung der l-Asparaginsäure (2% wässrige Lösung) für versch. Temperaturen

1

einaxig

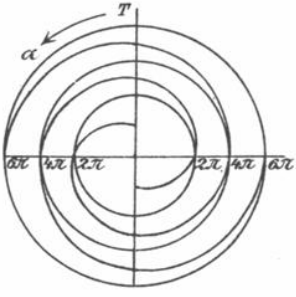
zweiaxig

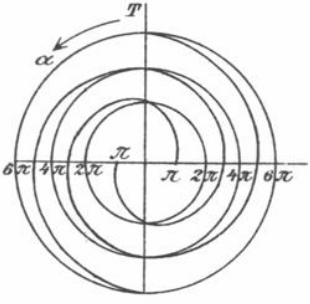
Fläche gleichen Gangunterschiedes

2

Quarzfigur
(⊥Axe)
im geradlinig
polarisiertenlicht

3



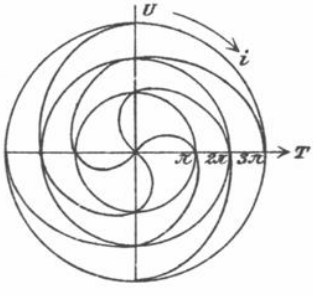


Jsochromaten eines Rechtsquarzes im zirkularpolarisierten Licht

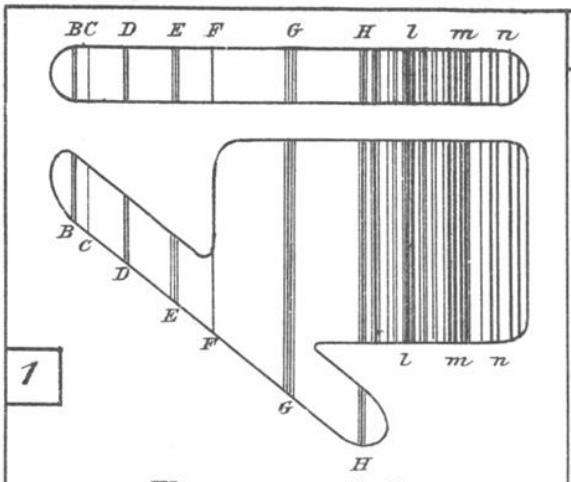
im linkszirkular
polarisierten Licht

im rechtszirkular
polarisierten Licht

4

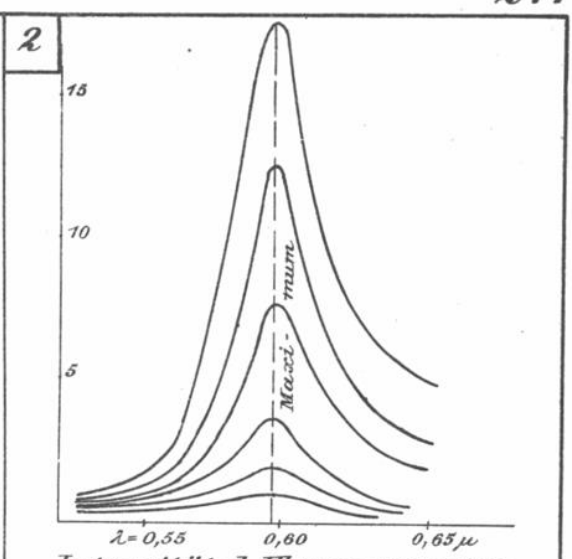


Jsochromaten zweier superponierter Quarze,
eines rechts-u. e. linksdrehenden

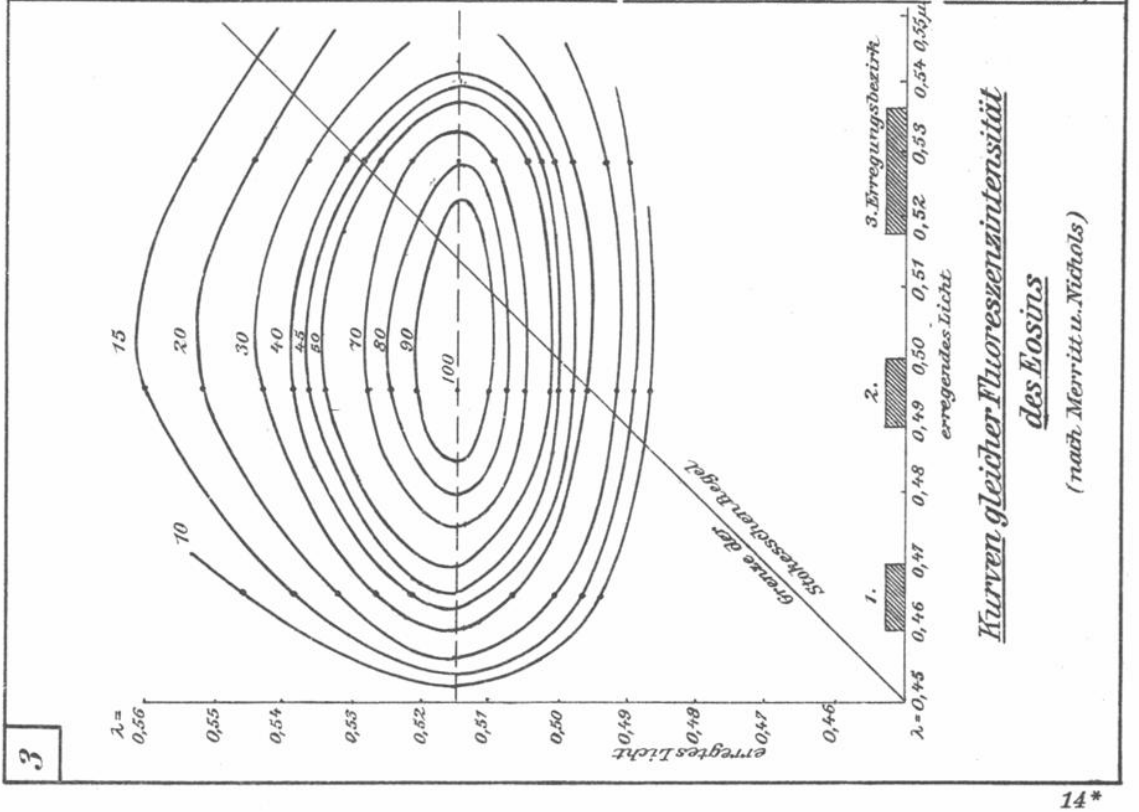


1

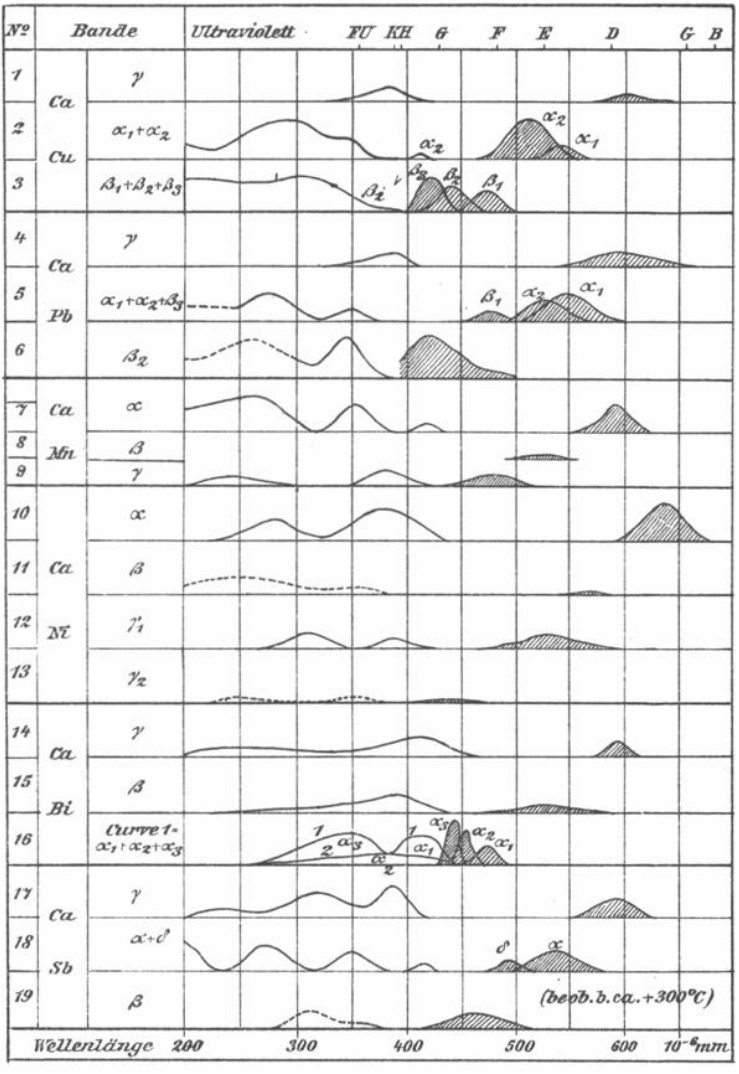
Fluoreszenz-Spektrum
(mit schwefelsaurem Chinin getränkter Papierstreifen zwischen gekreuzten Prismen)



Intensität d. Fluoreszenz von Resorufinlösung für 6 verschiedene Konzentrationen (nach Wick)

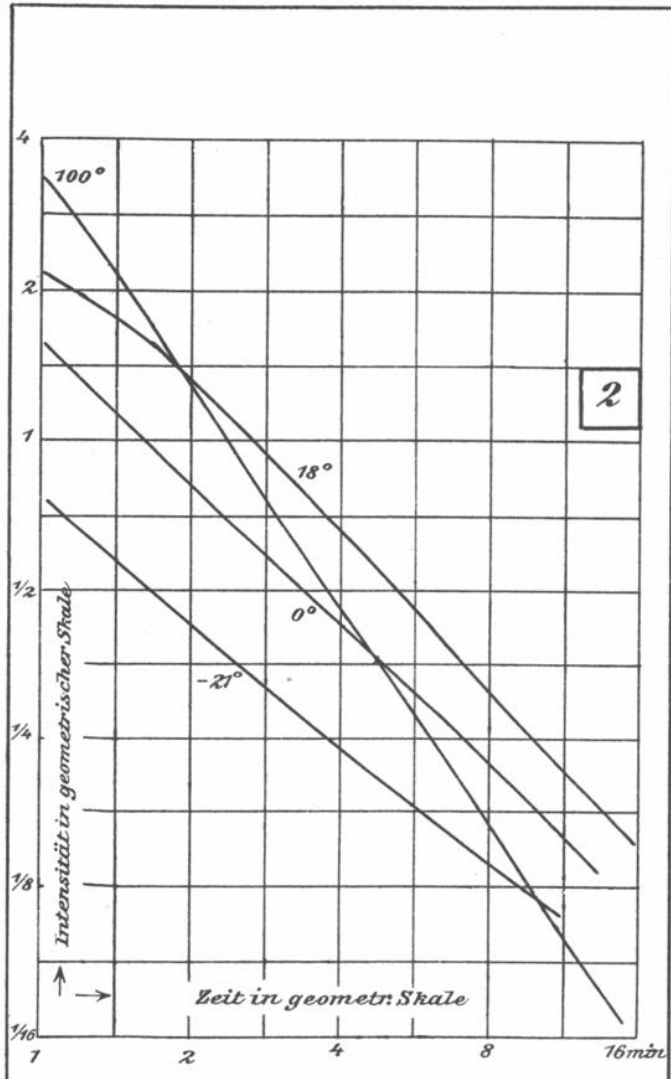


Kurven gleicher Fluoreszenzintensität des Eosins
(nach Merritt u. Nichols)



Erregende und phosphoreszierende Banden bei Ca-Sulfid und Metallen

(nach Lenard und Klatt)

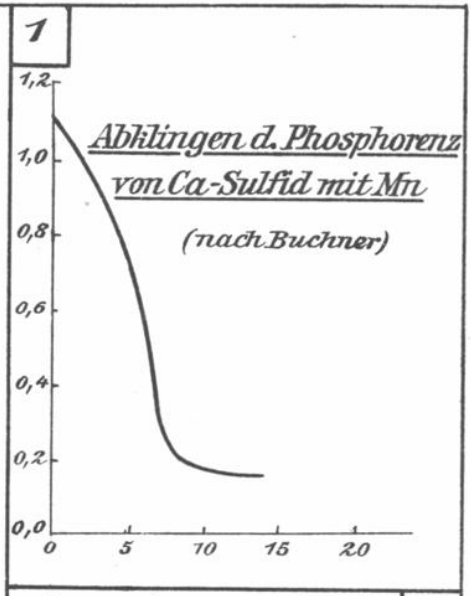


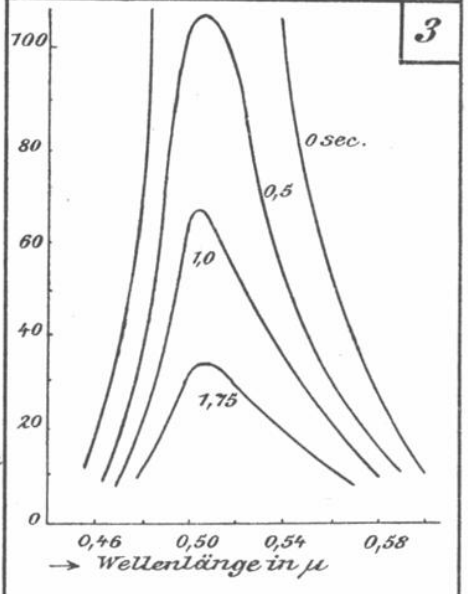
Zeitlicher Verlauf der Phosphorenz

Balmainscher Leuchtfarbe bei versch. Temperaturen

(nach Micheli)

(Erregungsdauer 5 Minuten)





Spektrale Intensität der Phosphorenz der Sidotblende

nach versch. Zeiten

(nach Nichols u. Merritt)