

Prof. Dr. Horst Völz

Information und Verstärker

Gibt es eventuell doch ein Objekt Information?

Die meisten Verstärker können nur beschrieben, aber nicht erklärt werden. Erklären ist hierbei als Ableitung aus einem übergeordneten Allgemeinen zu verstehen – etwa so wie die Planetengesetze aus der Gravitation folgen. Dennoch sprechen viele Beispiele dafür, dass Verstärkung ein grundlegendes Prinzip sehr vieler Naturerscheinungen ist. Ohne sie wäre u. a. keine Evolution möglich. Wahrscheinlich werden daher auch Relais, Röhre und Transistor als so grundlegend anerkannt, dass diesen Erfindungen der Nobel-Preis zugesprochen wurde. Es wird versucht, diese Schwierigkeiten zu ergründen. Eine Schlussfolgerung könnte sein, dass ein allgemeiner „Verstärker“ das Fundament der Information ist und zwar so, wie Stoff für die Chemie und Energie für die Physik.

Dies ist eine Kurzfassung von

Das Unerklärbare bei Verstärkern und Oszillatoren
und
Wie Wirkungen zustande kommen

herunterladbar von:

[aes.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/ als Verstärker.pdf](http://aes.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/als_Verstärker.pdf) bzw. [Wirkungen.pdf](http://aes.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/Wirkungen.pdf)

Bei Angabe der Quelle ist das Material zum privaten Gebrauch voll nutzbar.

Bei kommerzieller Nutzung bzw. in Publikationen usw. ist eine Abstimmung mit mir notwendig.

Bilder sind in höherer Qualität ca. 2000×3000 Pixel oder *.cdr Version 12 verfügbar.

Email: [horst.voelz\(at\)campus.tu-berlin.de](mailto:horst.voelz@campus.tu-berlin.de) bzw. [h.voelz\(at\)online.de](mailto:h.voelz@online.de)

Prof. Dr. Horst Völz, Koppenstr. 59, 10243 Berlin, Tel./Fax 030 288 617 08

1. Einführung und Problem

2. Verstärker

3. Schwingungserzeuger

4. Auslöseeffekt, Kybernetik

5. Schlussfolgerungen

Drei Schritte in der Wissenschaft

1. Erkunden

Praktisch: erfahren, beobachten, erkunden, erfassen, entdecken, messen

Geistig: **sammeln** $\Rightarrow$ **ordnen** $\Rightarrow$ systematisieren $\Rightarrow$ klassifizieren

2. Darstellen

Unmittelbar $\approx$ einfach: **beschreiben** $\Rightarrow$ **erklären** $\Rightarrow$ begründen $\Rightarrow$ berechnen

Theoretisch: glauben, behaupten (Postulat), **vermuten** (Hypothese), schließen (schlussfolgern, Analogschluss)

Folgernd: abstrahieren, verallgemeinern, definieren, axiomatisieren, Gesetz, Theorie $\Rightarrow$ Vorhersage

3. Überprüfen und Nutzen

Praktisch: Experiment, Messung; langfristige Bewährung

Geistig (Gewissheit, Wahrheit): Beweis, Paradigma, Verifikation, Falsifizierung

Angewandt: Lehre, Technik

Beschreiben $\Leftrightarrow$ Erklären

Beschreiben	Erklären $\approx$ Begründen
Erfolgt sprachlich, schriftlich, bildlich, mimisch, gestisch. Dient der Informationsweitergabe. Betrifft Erlebnisse, Tatbestände, Personen, Sachen, Ideen. Erfolgt phänomenologisch, deskriptiv. Schilderung, Erzählung, Mitteilung.	Ableiten aus Gesetzen, Theorien, Hypothesen, Zusammenhängen. Abbilden eines Sachverhaltes in einer Theorie. Deuten und Begründen der Zusammenhänge. Logisches Denken, Verstehen, Lehren.
Beschreibungs-Sprachen der Rechentechnik für Programme und Geräte. Achtung: spottet jeder Beschreibung.	Mitteilung = (offizielle) Äußerung: z. B. Kriegs-, Liebes-, Willens-, eidesstattliche, bindende, feierliche Erklärung.
Im Gegensatz zur Beschreibung sollen Erklärung und Begründung zum Wesen bzw. Zusammenhang der Sachverhalte (Wirkungen) vordringen und so u. a. wissenschaftliche Voraussagen ermöglichen	

Erklärung bei:

IMMANUEL KANT (1724 - 1804): „Ableitung aus einem deutlich angebbaren Prinzip“

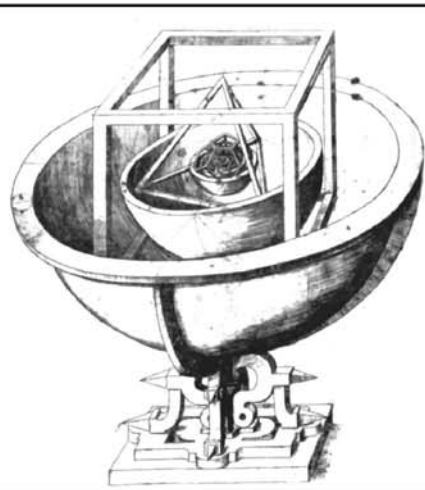
GEORG WILHELM FRIEDRICH HEGEL (1770 - 1831): „Rückführung von Erscheinungen auf vertraute Verstandesbestimmungen“

Beispiel Himmelsphären

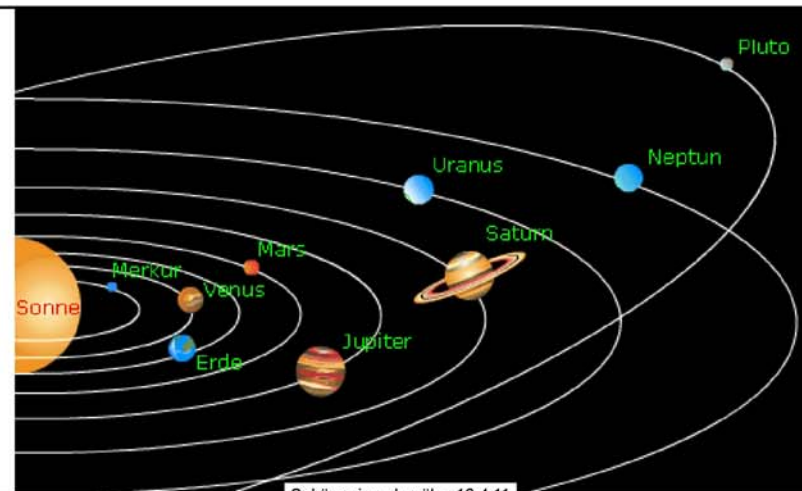
Im **Altertum** **ruhte die Erde** im Zentrum; Sonne, Mond, Planeten, Fixsterne umkreisten sie auf ewigen Bahnen. Wegen rückläufiger Bewegungen schlug EUDOXOS (~410 - ~355 v. Chr.) **rotierende konzentrische Sphären** vor. ARISTOTELES (384 - 322 v. Chr.) erweitert Modell auf 55 **hierarchisch** angeordnete, sich berührende Sphären. Er nahm einen abstrakten „**Beweger**“ an, der später für das Christentum und die islamische Welt wichtig wurde. CLAUDIUS PTOLEMÄUS (87 - 150) kompliziertes System **aufeinander abrollender Kreise**, Erde im Zentrum. NIKOLAUS KOPERNIKUS (1473 - 1543) **heliocentrisch**, Sonne steht im Zentrum. JOHANNES KEPLER (1571 - 1630), GALILEO GALILEI (1564 - 1642) endgültige **Gesetze Planetenbewegung**. ISAAC NEWTON (1643 - 1727) Einführung **Gravitation**, Anziehung der Himmelskörper. Folgerungen von PIERRE SIMON DE LAPLACE (1749 - 1827) Universum als großes Uhrwerk: LAPLACE Dämon.



PTOLEMÄUS



KEPLER



NEWTON

Weitere Natur-Gesetze

Gesetz der **Trägheit** Ohne äußeren Einfluss bleibt Bewegung erhalten

OHM'sches Gesetz: Strom und Spannung sind proportional. GEORG SIMON OHM (1789 - 1854)

MAXWELL'sche Gleichungen der Elektrodynamik, JAMES CLERK MAXWELL (1831 - 1879)

Vakuum-Lichtgeschwindigkeit ist unabhängig von Bewegung der Körper im Raum

Die drei **Hauptsätze der Thermodynamik**

Thermische **Zustandsgleichung** idealer Gase

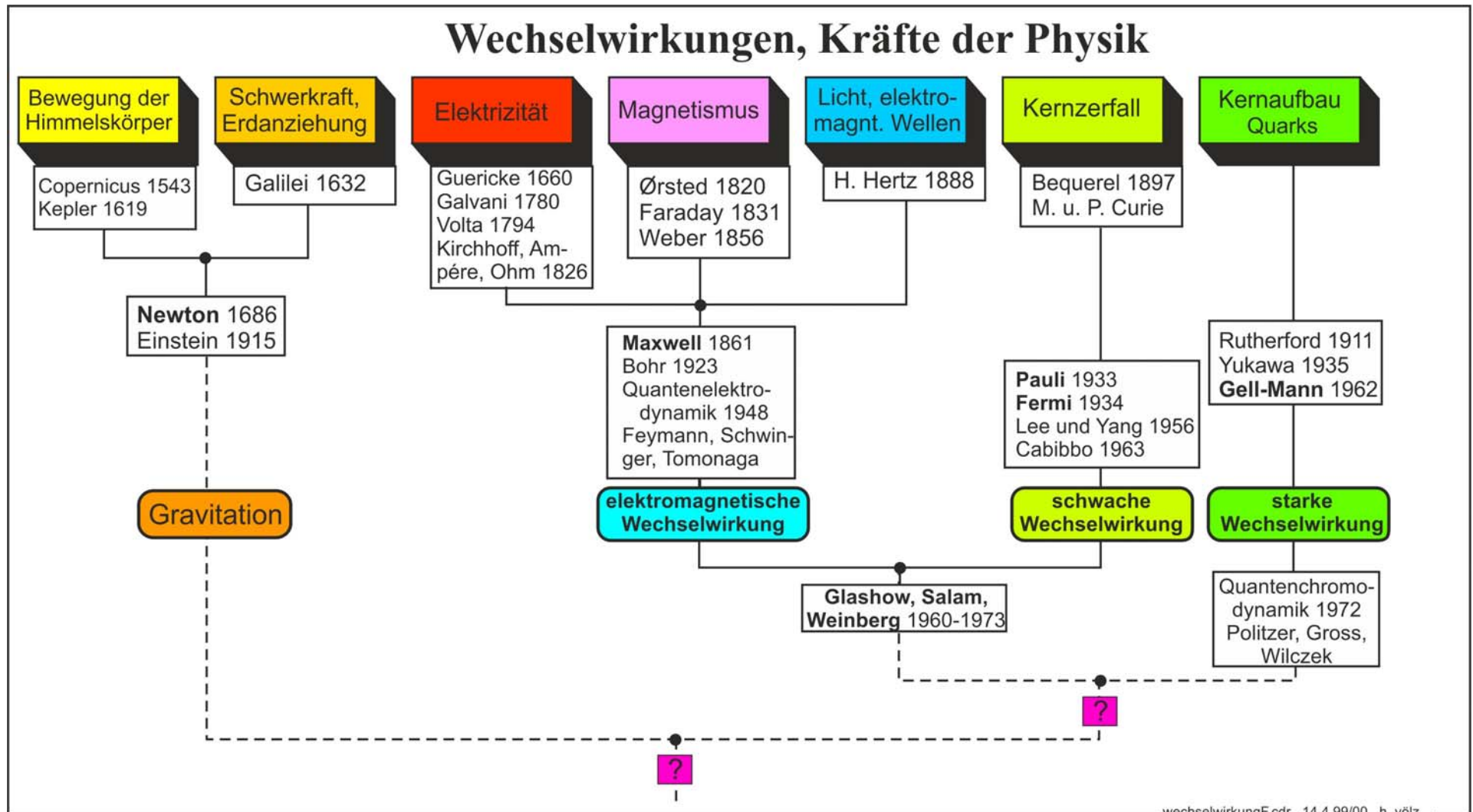
Evolution CHARLES ROBERT DARWIN (1809 - 1882) Durchsetzen des Fittesten

Genetische Information fließt von DNA nach RNA und nicht umgekehrt

Achtung!

Mathematische Gesetze sind keine Naturgesetze

Empirische Gesetze erklären nichts, sondern funktionieren einfach erfahrungsgemäß und gut genug



Relativitätstheorie und **MAXWELL-Gleichungen** gelten für Gravitation und elektromagnetische Kraft
Quantenmechanik beschreibt die schwache und starke Wechselwirkung.

Die heutigen vier Grundkräfte

Kraft, Wechselwirkung	Reich- weite	relative Stärke	wirkt auf	Austausch- teilchen	Ruhe- masse	Ruhe- energie
Gravitation	∞	10^{-39}	jede Materie	Graviton	0	0
elektromagnetische Kraft	∞	1/137	geladene Teilchen (Chemie)	Photon	0	0
schwache entdeckt ≈ 1930	$< 10^{-18}$ m	10^{-5}	alles außer Photonen (β -Zerfall)	W- und Z- Bosonen	$1,5 \cdot 10^{-25}$ kg	100 GeV
starke entdeckt ≈ 1970	$< 10^{-15}$ m	1	Hadronen, Quarks (Kernreaktionen)	Gluon	$1,5 \cdot 10^{-27}$ kg	1 GeV

Viele Versuche zum **Finden der Weltformel**

Eine Möglichkeit **String-Theorie**? Aber keine Möglichkeit zur experimentellen Überprüfung bekannt.

1. Einführung und Problem

2. Verstärker

3. Schwingungserzeuger

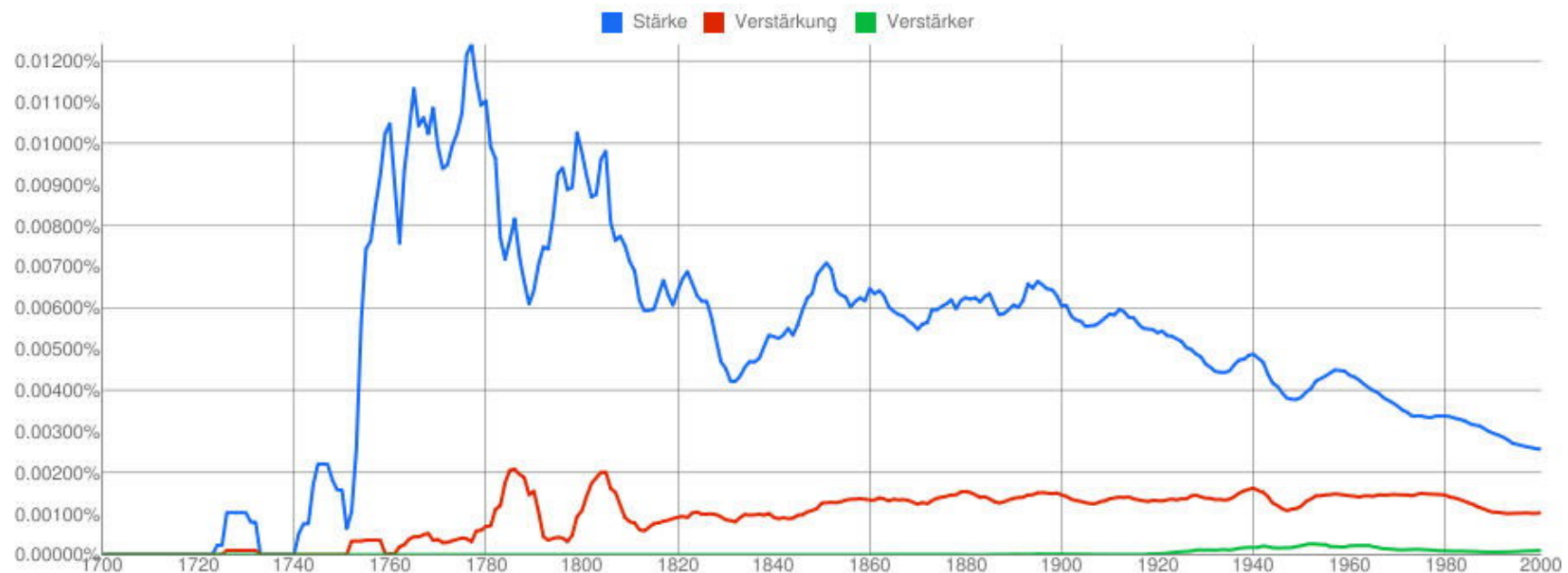
4. Auslöseeffekt, Kybernetik

5. Schlussfolgerungen

Etwas verstärken kann bedeuten

1. Es **stärker, stabiler machen**: eine Mauer, einen Deich, die Socken sind an den Fersen verstärkt.
2. Es **forcieren, vorantreiben**, intensivieren, Dampf machen.
3. Es **zahlenmäßig vergrößern**: Truppen, Besatzung, Wache, Orchester.
4. Die **Ausprägung** einer Eigenschaft **vergrößern**: (physikalisch, chemisch usw.): elektrischen Strom, Druck, Spannung, Farbe, Redner durch Lautsprecher, der Schmerz hat sich verstärkt.

Hier interessiert der 4. Punkt und z. T. 3., jedoch nicht die Stärke an sich.





Das Maximum um 1800 liegt zeitlich vor dem elektromagnetischen Relais.
Verstärker im elektrisch-elektronischen Sinn beginnen erst nach 1900.

Versuch einer Definition

- Verstärkung betrifft die (messtechnische) *Ausprägung von Eigenschaften*.
- Die Verstärkung **vergrößert** die Ausprägungen.
- In wenigen Sonderfällen, z. B. für **Störungen** kann auch ein Verkleinern auftreten.
- Die Änderungen erfolgen (deterministisch) im Sinne von *Ursache* $\Rightarrow$ *Wirkung*.
- Die Änderungen müssen dabei **zeitlich** (vor $\Rightarrow$ nach) und/oder **räumlich** (von $\Rightarrow$ nach) erfolgen.

Arten der Verstärkung

	G-Verstärker	S-Verstärker	E-Verstärker
betreffen	Geräte, Formeln, Gesetze	Systeme, Strukturen	Effekte, Erscheinungen
Beispiele	Hebel, Schraube, Getriebe $\text{Wirkung} = \text{Weg} \cdot \text{Kraft}$ Elektrisch: $U = I \cdot R$ $\text{Energie} = \text{Leistung} \cdot \text{Zeit}$	Relais Röhre Transistor	Laufzeit von Teilchen Stimulierte Emission Evolution Katalysator
Bedingungen	Erhaltungssätze	Zusätzliche Energie	allgemein unbekannt

G-Verstärker = Austausch von Parametern

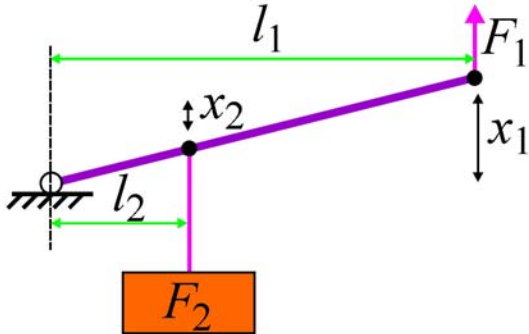
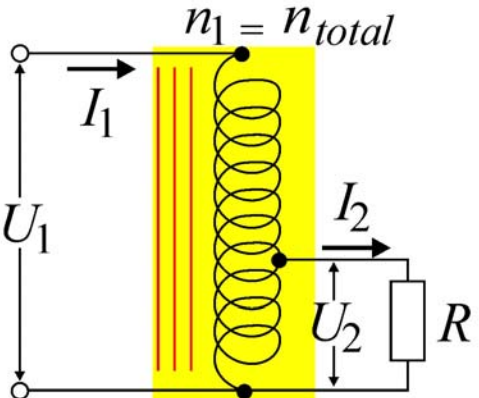
setzen Summe, Produkt usw. von Parametern in einer Formel voraus

Sie bleiben erhalten, z. B. **Energie-Erhaltungssatz** $\Rightarrow$ **Trafo** die Spannungsverstärkung $N = U \cdot I = \text{konstant}$

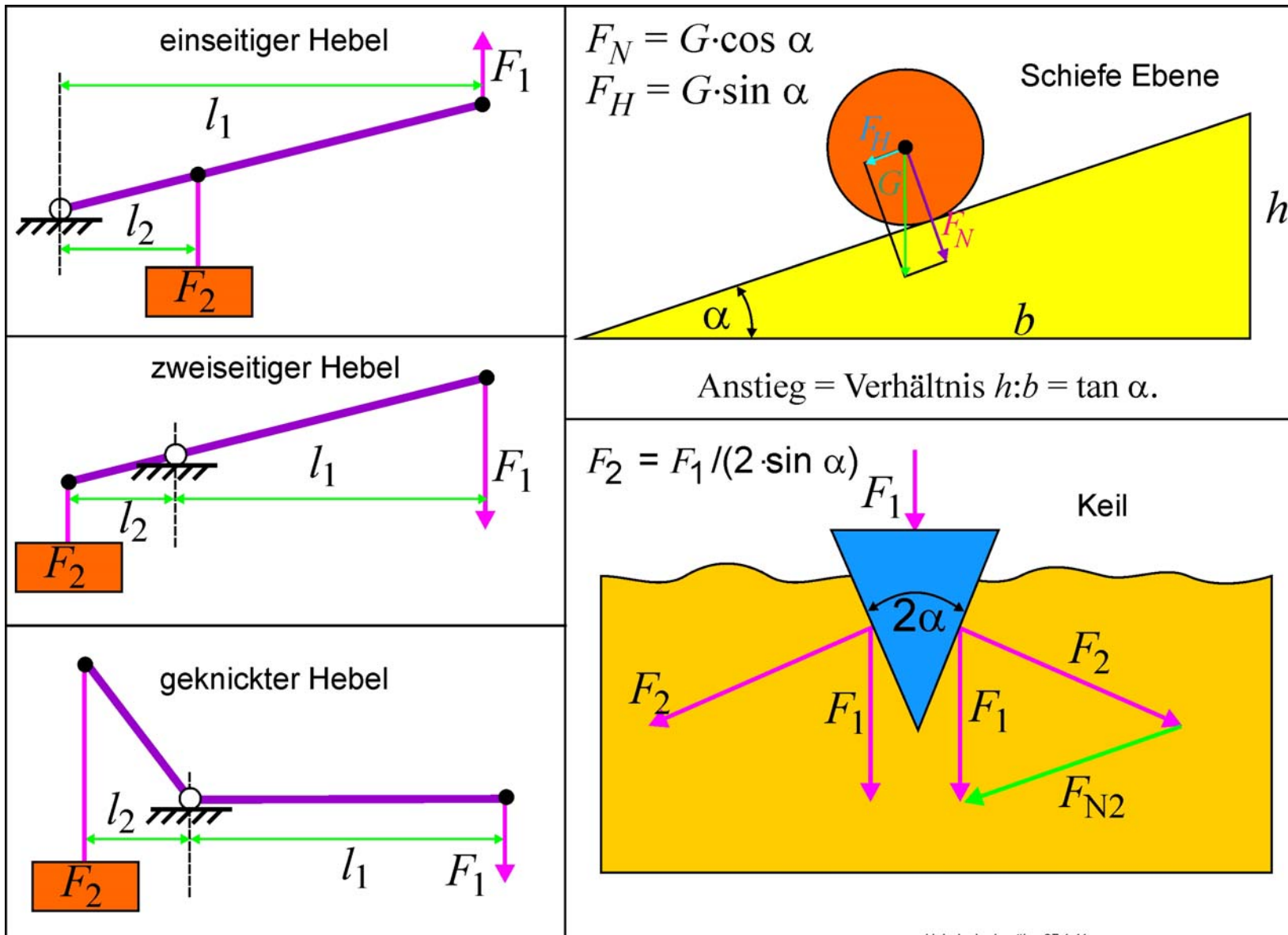
Je nach primär $\Leftrightarrow$ sekundär kann **Strom oder Spannung** verstärkt werden

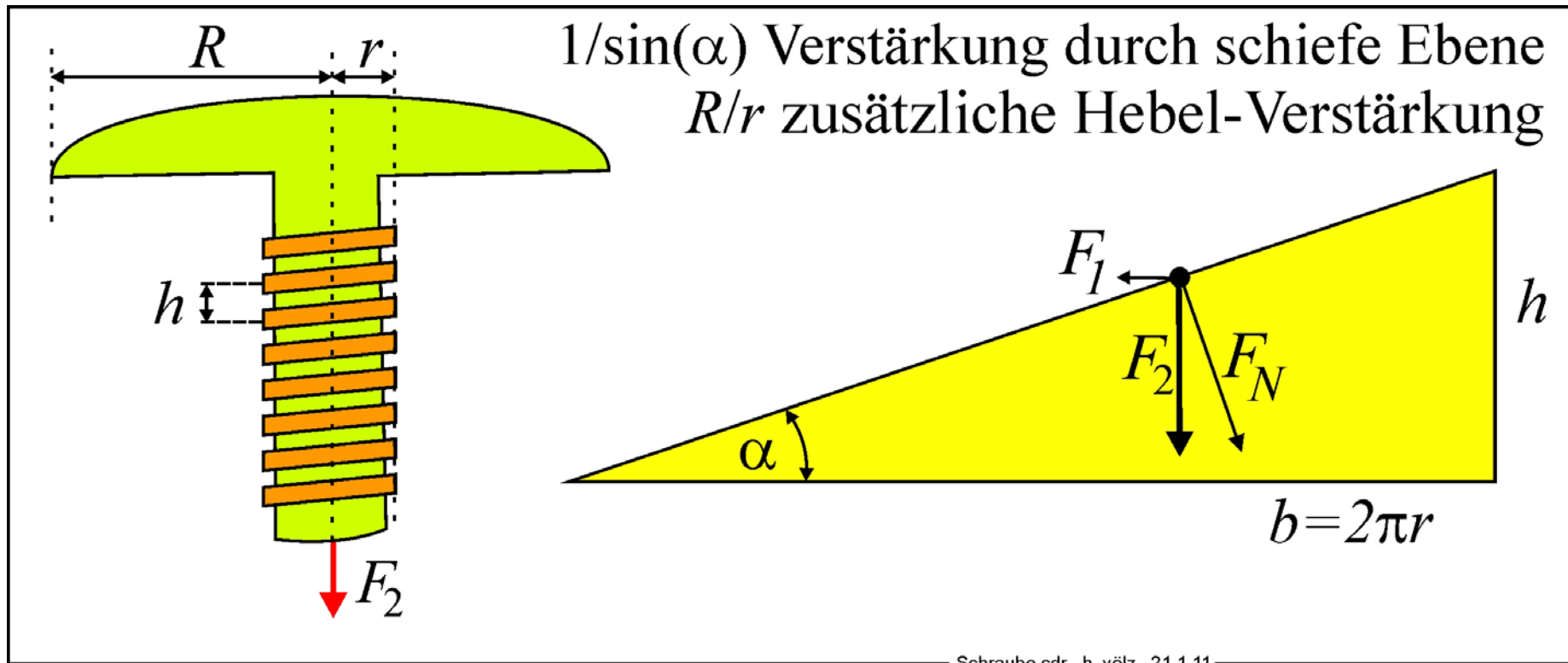
$\Rightarrow$ **Hebel, Keil, Schraube, Rollen, Flaschenzug** usw. Produkt aus Druckkraft $F \times \text{Weg } l$

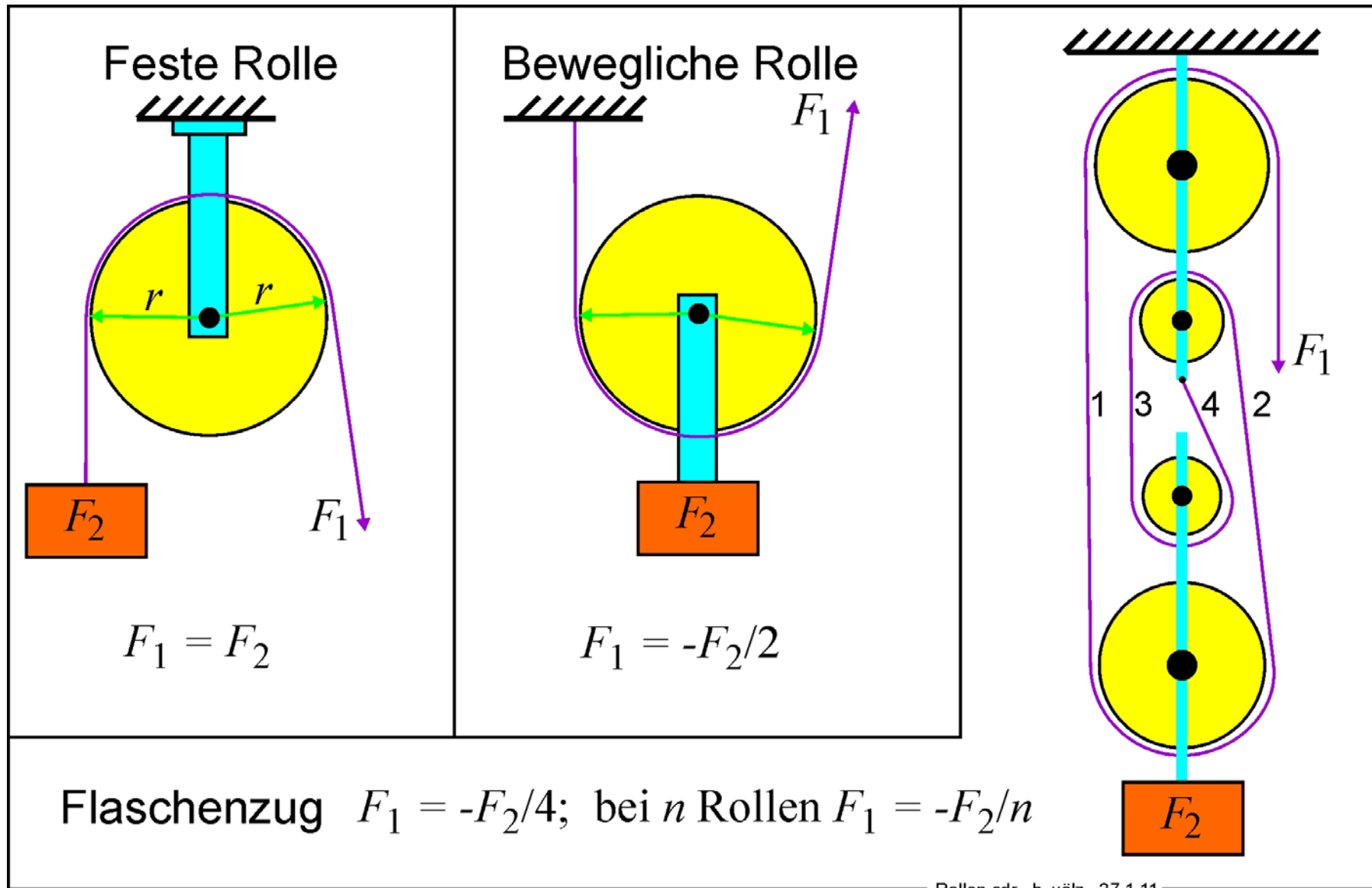
Sie ermöglichen die **menschliche Kraft zu vervielfachen** (ARCHIMEDES)

Hebel 	Transformator 
$\frac{F_1}{F_2} = \frac{l_2}{l_1} = \frac{x_2}{x_1}$	$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$

HebelTrafo.cdr h. vözl 28.1.11







Rollen.odr h. vözl 27.1.11

Getriebe

sind *mechanische Bauteile, Maschinenelemente*

existieren u.a. als **Riemen-, Ketten-, Reibrad- und Zahnrad-**Getriebe

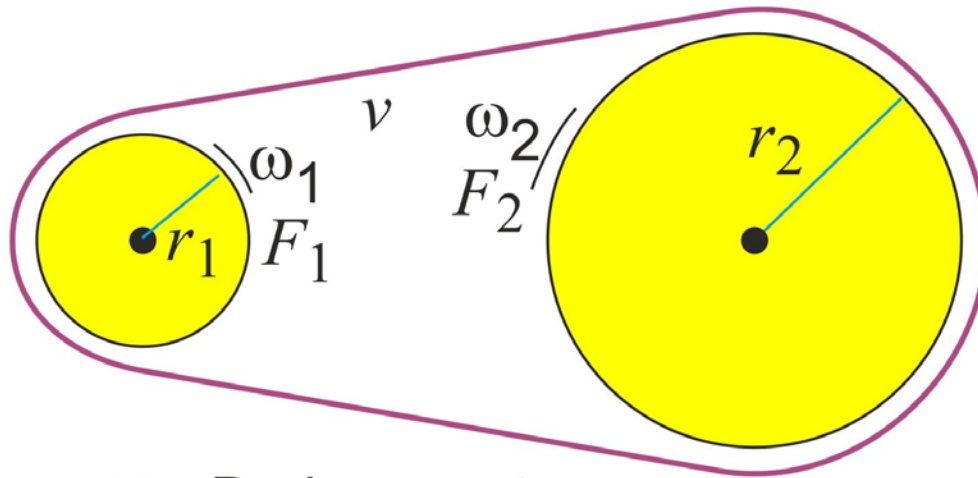
ermöglichen vor allem die *Wandlung, Anpassung von*

- *Drehzahlen*
- *Drehmomenten*
- *Kräften*
- *Drehrichtungen*
- *Trägheitsmomenten*

Spezielle Getriebe sind u. a. Planeten-, Ausgleichs-, Differential- und Schalt-Getriebe

Besonders übersichtlich ist der *Analogie-Vergleich* mit einem *Trenntransformator*

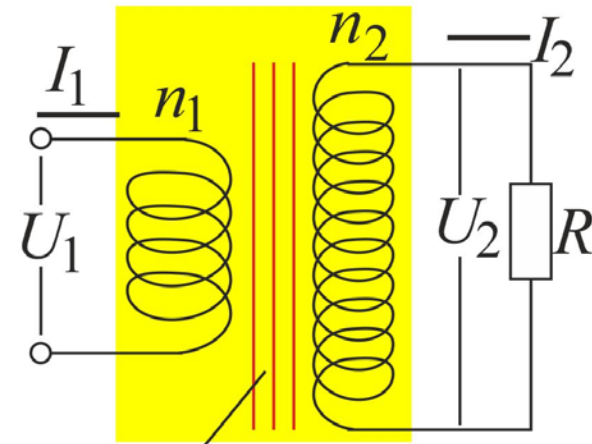
Getriebe



$F = \text{Drehmoment}$

$$\frac{1/\omega_1}{1/\omega_2} = \frac{r_1}{r_2} = \frac{F_2}{F_1}$$

Transformator

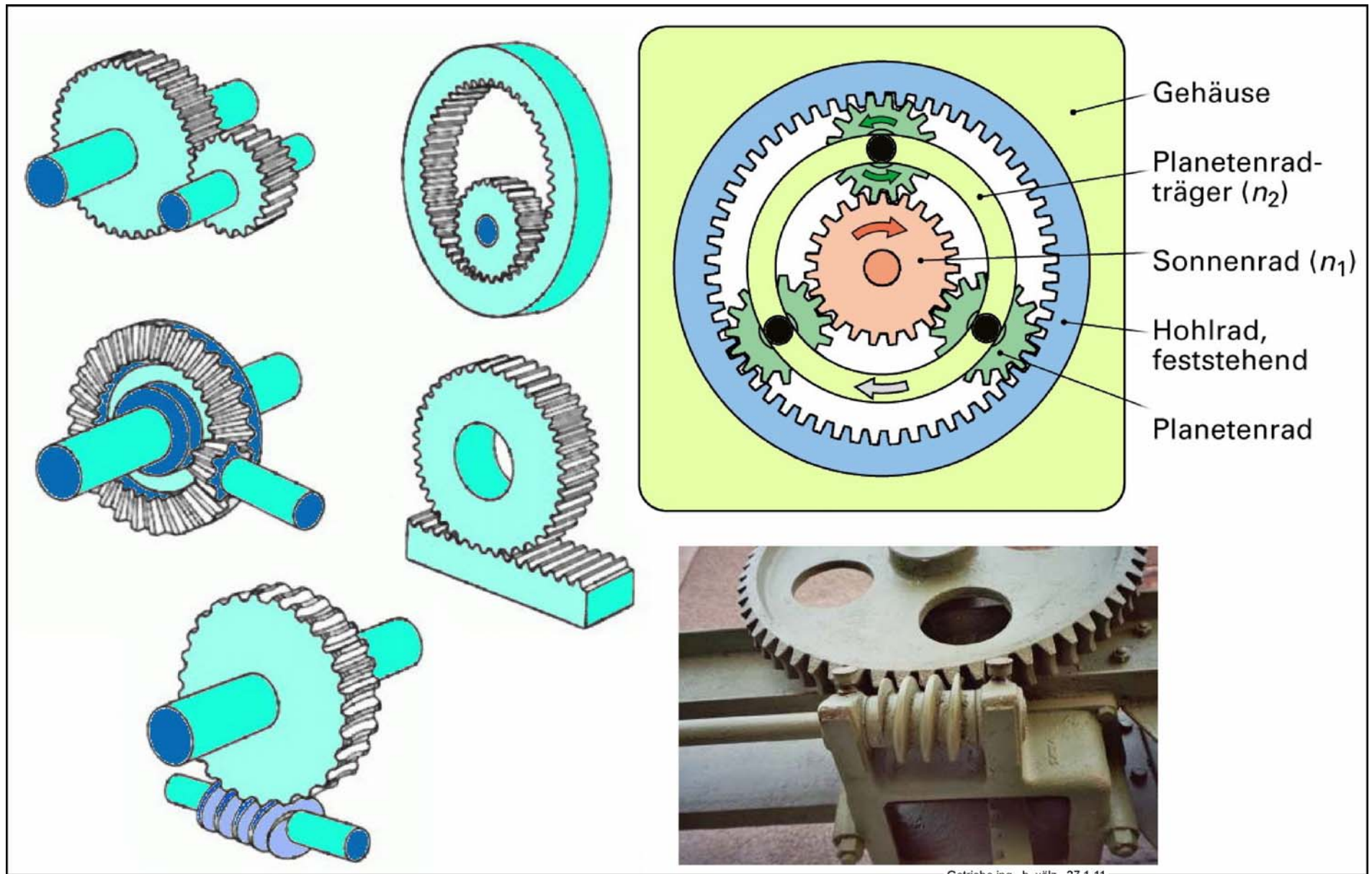


Magnetisierung M

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Es entsprechen sich

$$v \Leftrightarrow M \quad r \Leftrightarrow n \quad 1/\omega \Leftrightarrow U \quad F \Leftrightarrow I$$



Getriebe.jpg h. vözl 27.1.11

Hydraulik

ähnelt Hebel, setzt jedoch
Inkompressibilität von Flüssigkeit voraus

Der **Druck** p überall gleich
Folglich gilt mit den Durchmessern D

$$p \sim F_1/D_1^2 = F_2/D_2^2$$

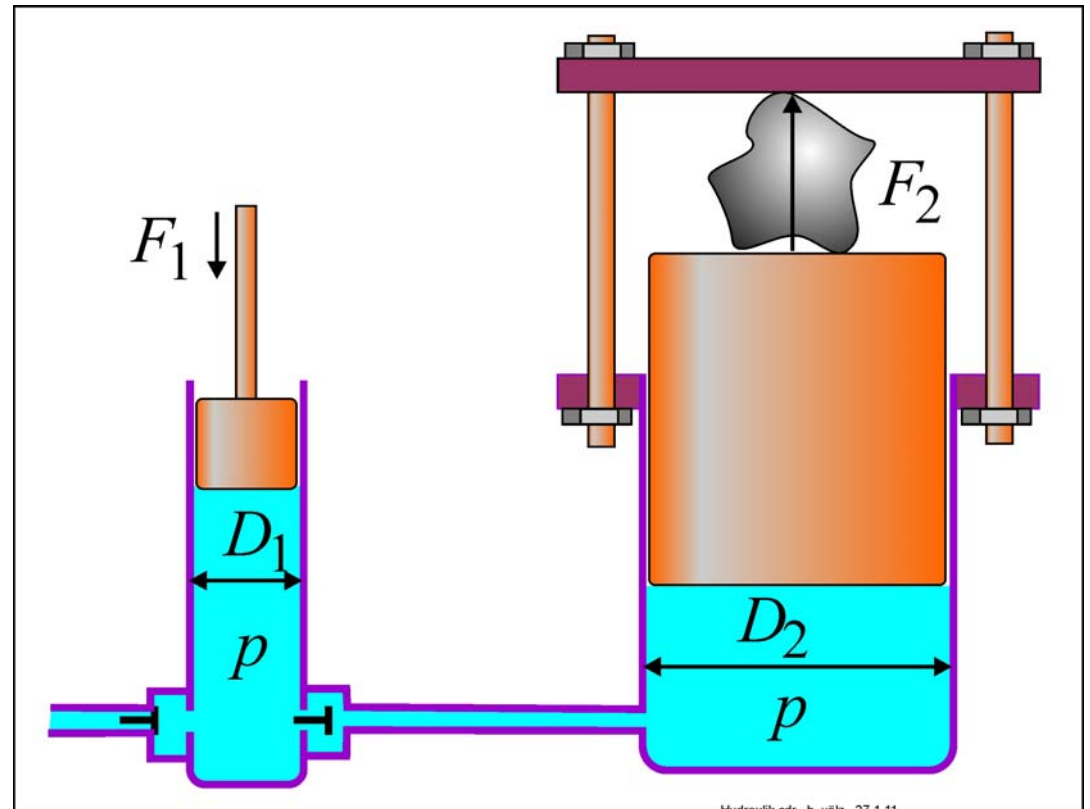
bzw.

$$F_2 = F_1 \frac{D_2^2}{D_1^2}$$

Für einen großen Hub bei F_2 muss ständig
Flüssigkeit nachgeliefert werden.

Daher die **Ventile**

Kolben bei F_1 wird **periodisch** auf-/abbewegt



Mechanische Impulse

Umgangssprachlich sind auch **Wucht** bzw. **Schwung** gebräuchlich.
Mit Masse m und Geschwindigkeit v gilt

$$p = m \cdot v \text{ [N} \cdot \text{s} = \text{kg} \cdot \text{m/s}].$$

Hierzu gehört die kinetische (Bewegungs-) **Energie**

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2.$$

Verwandt mit dem Impuls ist der **Kraftstoß** = Impulsänderung gemäß

$$I = F \cdot \Delta t.$$

Unter Einhaltung des **Impuls-Erhaltungssatzes** kann der Impuls übertragen werden.

Bei **Hammer, Axt** bzw. **Ramme** erfolgt das mit **indirekter Verstärkung** für $\Delta t \rightarrow 0$.

Bei Hammer und Axt **sammeln** wir **auf einen längeren Weg** die Geschwindigkeit v .

Ein Hammer kann auch mit einem Seil umgekehrt zum „Herausziehen“ von Nägeln usw. genutzt werden.

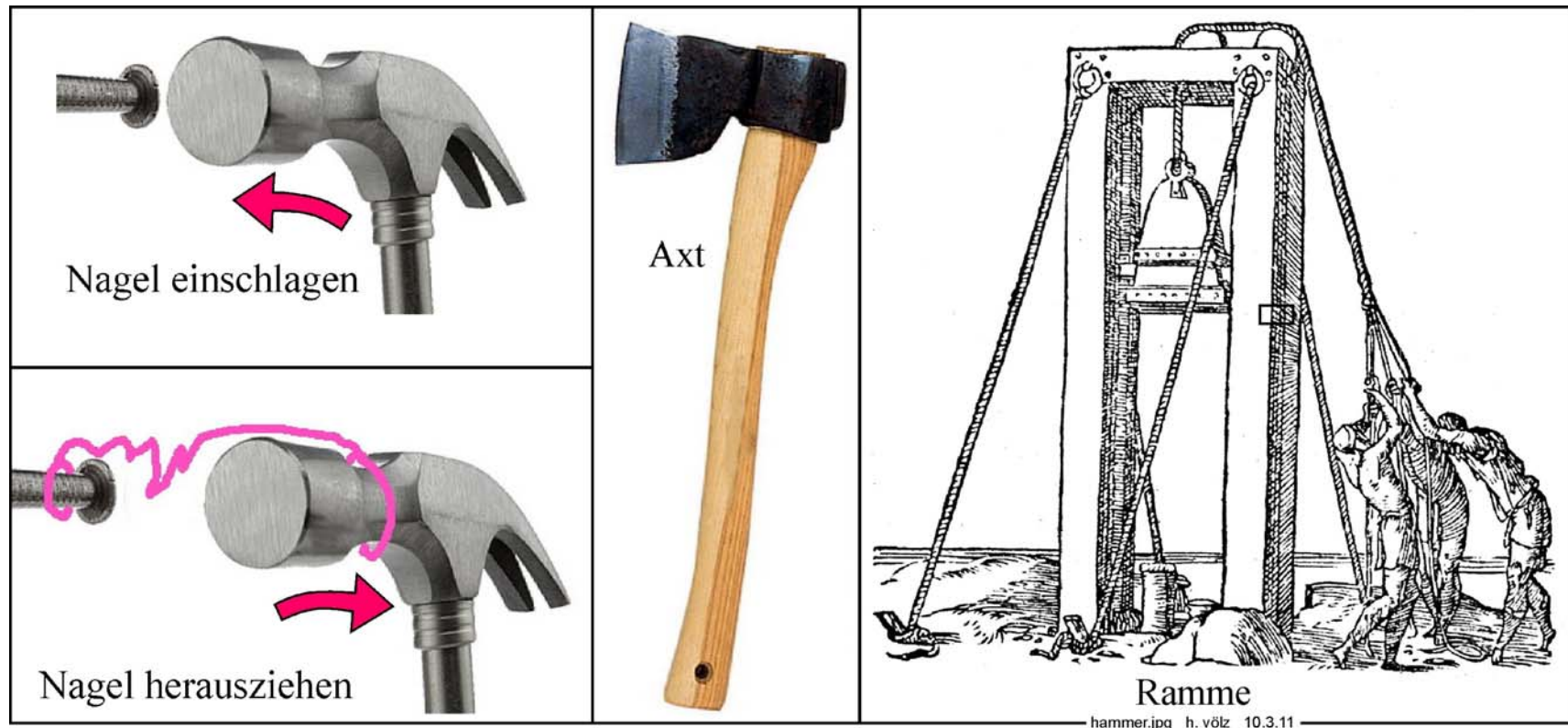
Bei der Axt wird zusätzlich die Wirkung eines **Keils** genutzt.

Die **Ramme** nutzt die Fallgeschwindigkeit aus der Höhe h und die Erdbeschleunigung g

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \text{ und dem daraus folgenden Impuls } p = m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}.$$

Daher wird die Energie übertragen

$$E_{\text{kin}} = m \cdot g \cdot h.$$



Die Wirkung des **Hammers** dürfte schon in der **frühen Steinzeit** genutzt worden sein.
 Für die **(Stein-) Axt** liegen Funde aus mindesten **6000 v. Chr.** vor.
 Die **Ramme** ist **relativ** spät erfunden worden, erstmalig erwähnt wurde sie 1475.
 Ursprünglich dürfte sie in Kriegen zur Zerstörung von Festungen eingesetzt gewesen sein.
 Es gibt **verschiedene Rammen**, die sich durch den „Antrieb“ unterscheiden.
 u. a. Schlagramme, Dampf-, Explosions-, Pressluft-, Diesel- und Hydraulik-Ramme.
 Bei der **Vibrations-Ramme** werden die Schläge periodisch wiederholt.

S-Verstärker = Elektrische, elektronische Verstärker

Es gibt drei historisch wichtige Varianten: Relais, Elektronen-Röhre und Transistor.

Das **Relais** war für die Telegrafie entscheidend, ermöglicht jedoch nur Ein-Aus-Schalten.

Röhre und **Transistor** sind dagegen primär für kontinuierliche Signale wesentlich.

Alle drei ermöglichen **gleichermaßen** mit geringer Energie weitaus größer Leistungen zu „steuern“.

Deshalb werden sie als die **fundamentalen Bauelemente** der Elektrotechnik und Elektronik angesehen.

Zur Geschichte von Relais

Französisch **relaier** zurücklassen, **relais** Relais, Poststation, Umspann-Ort, Zwischenstation.

Ursprünglich (Relais-) Station für Pferdewechsel (Postverkehr, Militär).

Auch an bestimmten Orten aufgestellte Reiter, die der Überbringung von Befehlen, Nachrichten dienten.

Außerdem: Weg zwischen Wall und Graben einer Festung.

1837 SAMUEL FINLEY BREESE MORSE (1791 - 1872) baut das erste Relais.

1838 CHARLES WHEATSTONE (1802 - 1875) baut Relais für **Telegrafie**.

1883 Industrielle Anwendungen von Relais.

1908 Erstes Relais der **Fernsprechtechnik**.

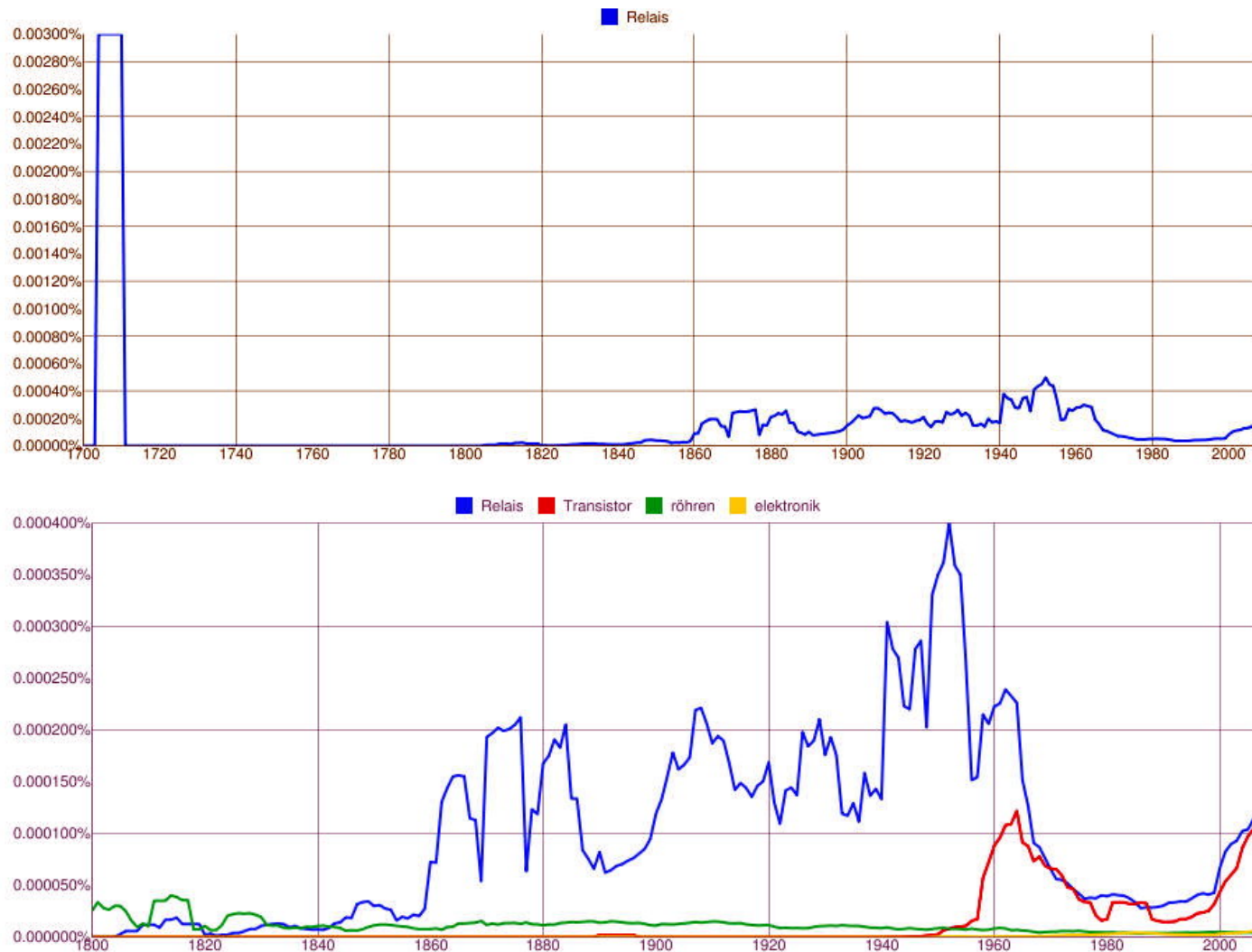
1925 **Thyratron** eingeführt.

1927 Das **Flachrelais** wird eingeführt.

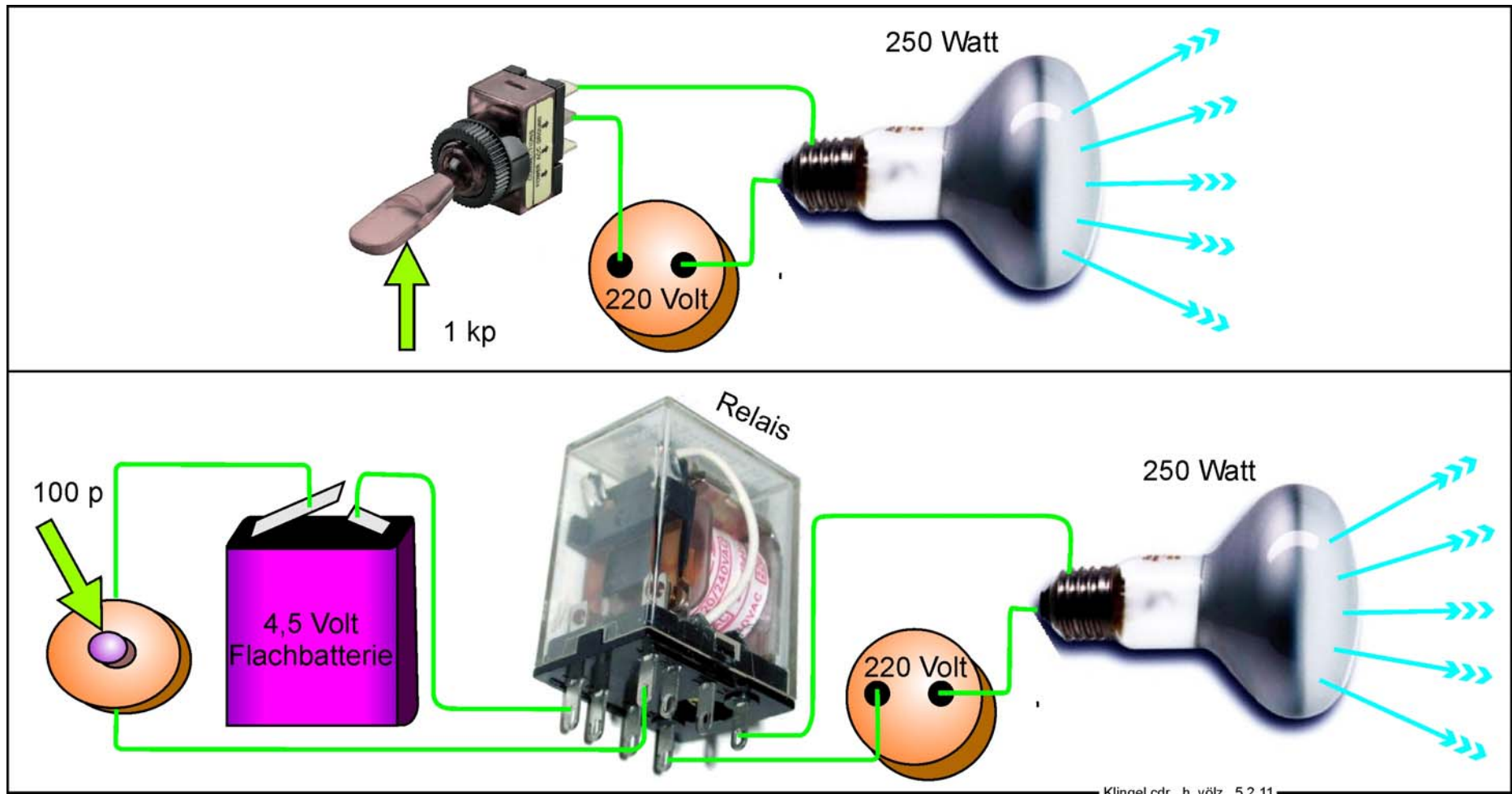
1936 **Reed-Kontakt** von W. B. ELWOOD (Bell Laboratories) wird patentiert, aber erst seit 1950 produziert.

1939 **Relais-Rechner** Z3 von KONRAD ZUSE (1910 - 1995) in der elterlichen Wohnung fertig gestellt.

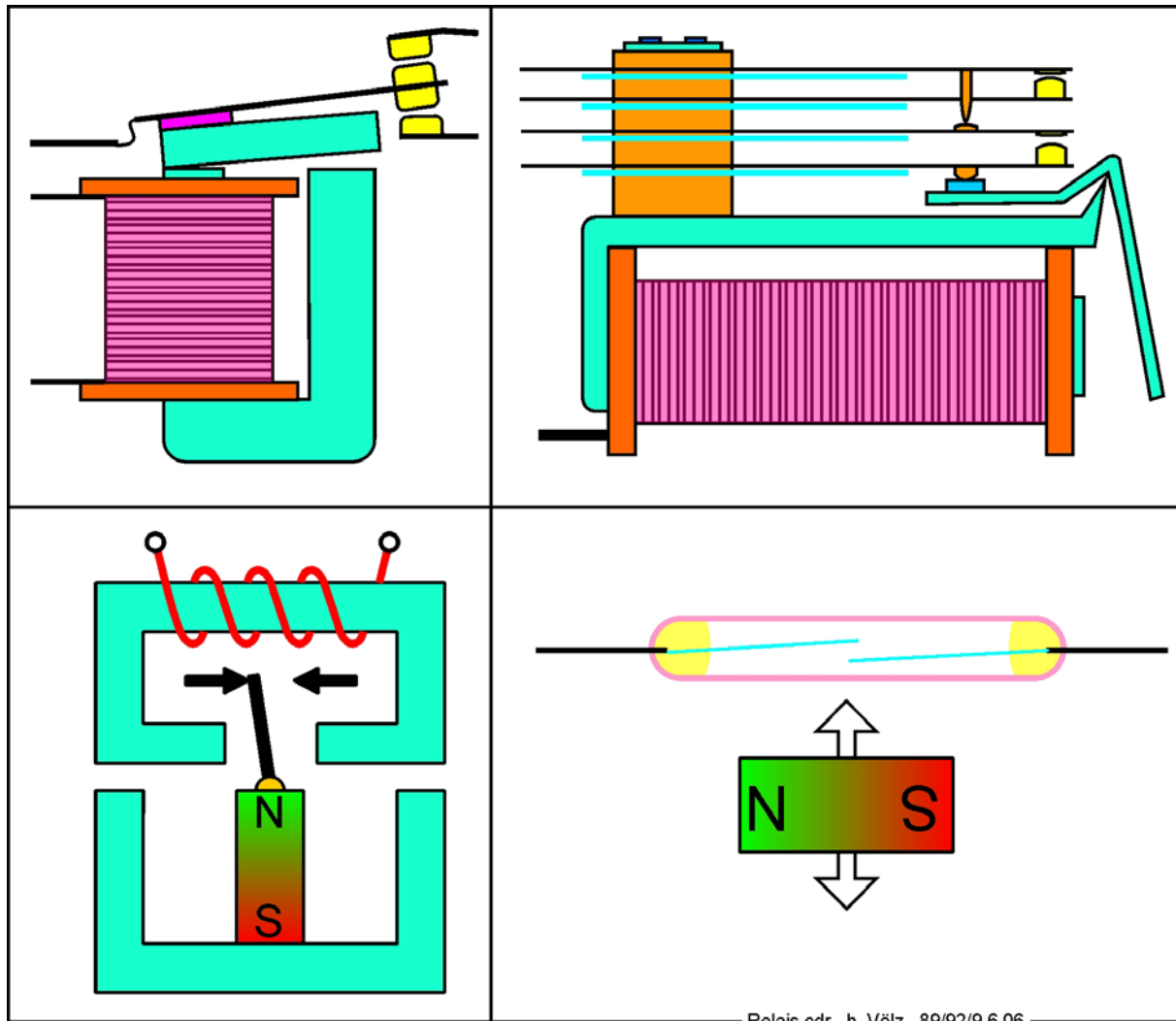
1957 **Thyristor** entsteht.



Das auffällige Maximum um 1710 hat offensichtlich nichts mit dem elektromagnetischen Relais zu tun.
Relais Schwerpunkt zunächst um 1870 für Telegrafie, ab etwa 1940 für Computer



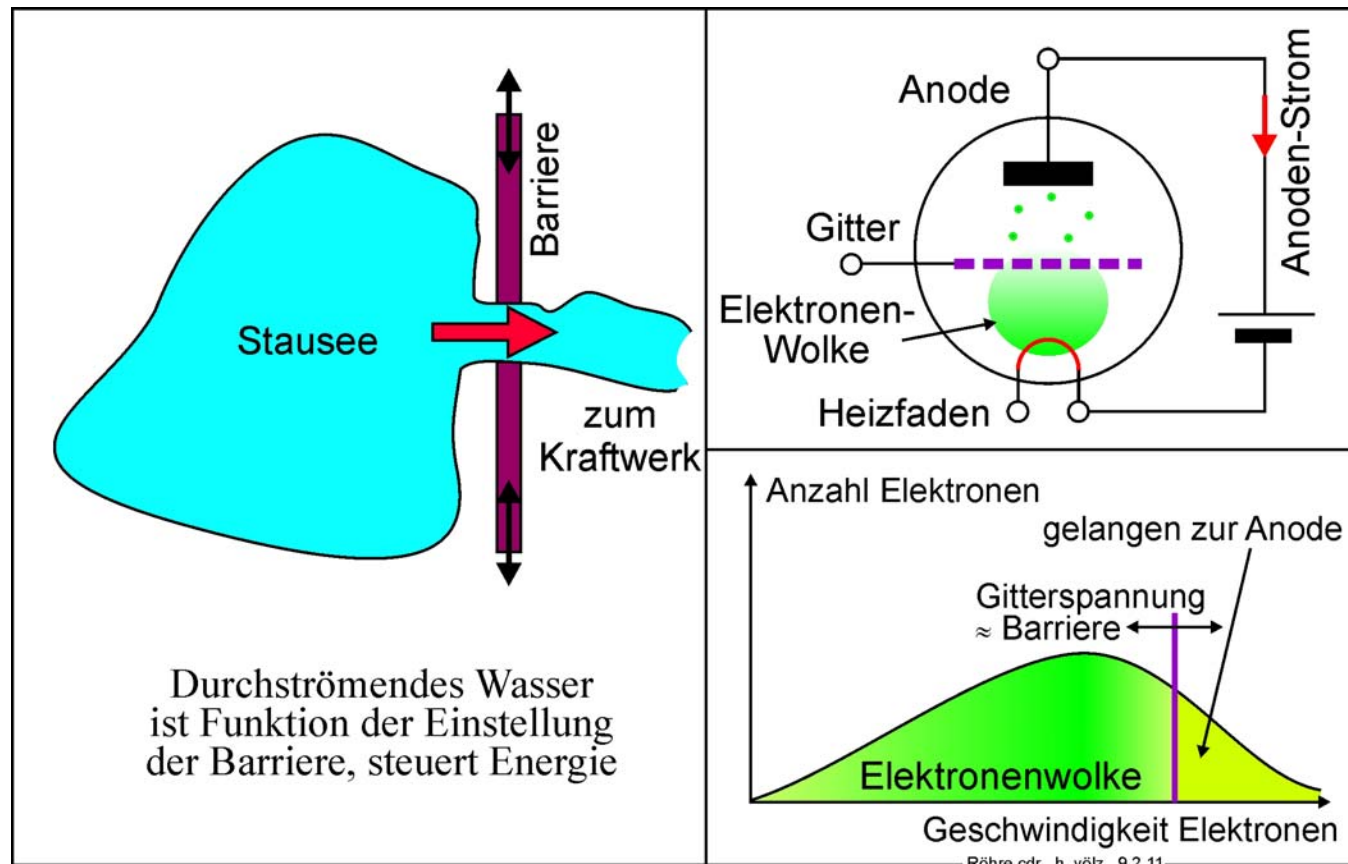
Klingel.cdr h. völg 5.2.11



Relais.cdr h. Völz 89/92/9.6.06

Elektronenröhre

Beruht auf der Steuerung frei beweglicher Elektronen $\approx$ Steuerung



Warum wird so gut wie keine Energie zur Verstellung der Barriere benötigt?

Warum steuert die negative Gitterspannung praktisch leistungslos den Anodenstrom?

Es können nur Elektronen mit einer größeren Bewegungs-Energie die negative Spannungsbarriere überwinden

Geschichte der Elektronenröhre

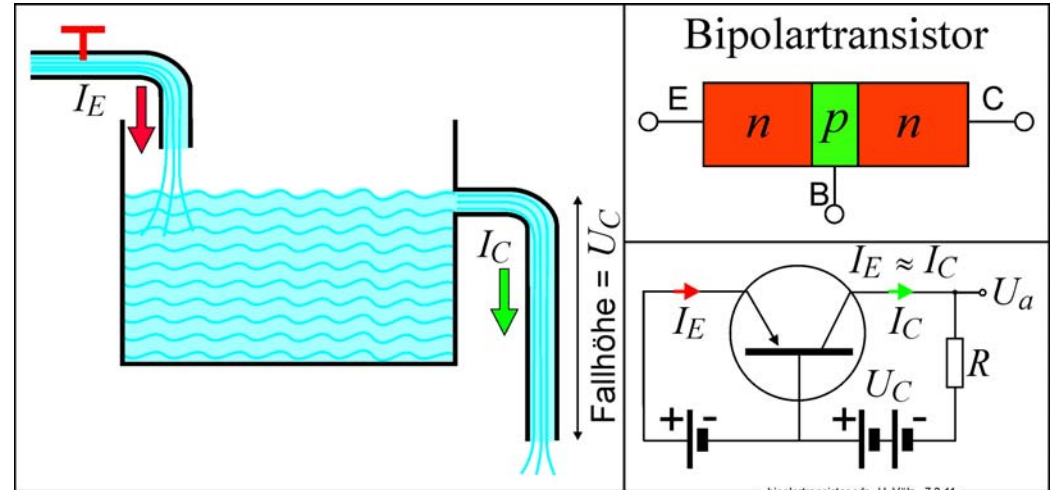
- 1883 THOMAS ALVA EDISON (1847 - 1931) entdeckt **Glüh effekt**, Elektronenaustritt, Zusatzelektrode (Diode)
- 1879 WILLIAM CROOKES (1832 - 1919) beschreibt wesentliche Eigenschaften der **Katodenstrahlen**
- 1897 KARL FERDINAND MARQUIS DE BRAUN (1850 - 1918) erfindet mit JONATHAN ZENNECK die **Katodenstrahlröhre**
- 1901 OWEN WILLIAMS RICHARDSON (1879 - 1959) Gesetz der **Glüh emission**
- 1906 ROBERT VON LIEBEN (1878 - 1913) Patent **quecksilbergefüllte Verstärkerröhre, 2 Elektroden**, elektrische oder magnetische Beeinflussung
- 1902 PETER COOPER-HEWITT patentiert **Quecksilberdampfgleichrichter**
- 1904 JOHN AMBROSE FLEMING (1849 - 1945) patentiert **Vakuum-Diode**
- 1906 LEE DE FOREST (1873 - 1961) meldet **gasgefüllte Audionröhre** mit zusätzlichem Gitter zum Patent an
- 1912 FOREST von Bell Telephone Laboratories stellt **Röhrenverstärker** vor
- 1913 Röhrenverstärker für **Telefonverbindungen** zwischen New York und Baltimore
- 1914 Röhrenverstärker für **Atlantik-Seekabel**
- 1916 Bei Siemens & Halske entwickelt WALTER SCHOTTKY (1886 - 1976) **Tetrode** (Schirmgitterröhre)
- 1924 Französische Firma Métal produziert **Doppelgitter-Röhre** als Mischröhre für Radioempfänger
- 1926 BERNARD D. H. TELLEGEN (1900 -1990) entwickelt bei Philips die **Pentode** zur Serienreife
- 1926 MANFRED BARON VON ARDENNE (1907 - 1997) mit SIEGMUND LOEWE Mehrsystemröhren = **Dreifachröhre**
- 1928 RICHARDSON **Nobelpreis** für Physik (Glüh emission)

Transistoren

Es sind mehrer Varianten entstanden:

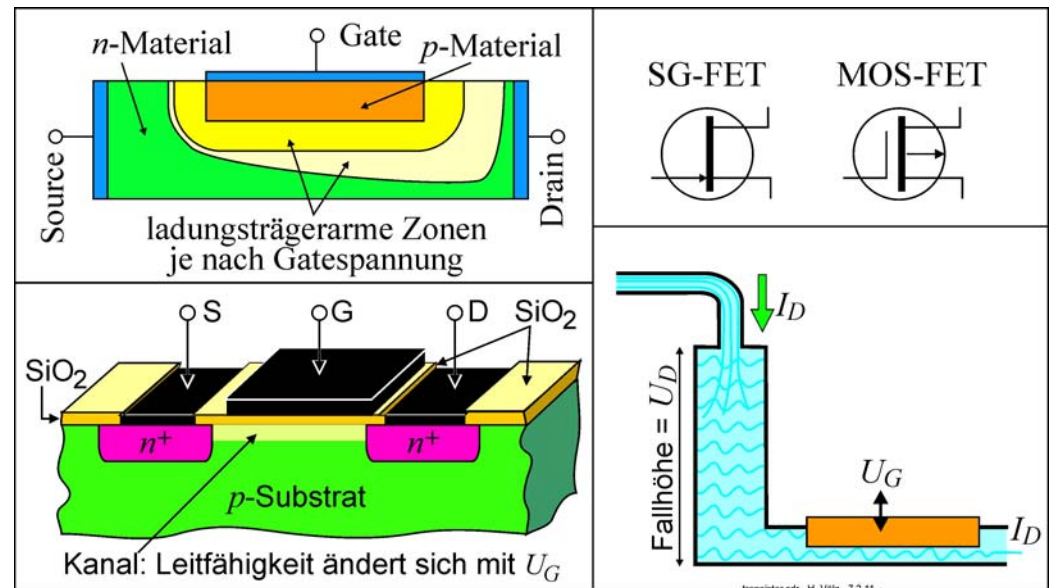
Bipolar-Transistor

Der Strom I_E wird eingeschleust
dann nahezu vollständig zu I_C übernommen
Die Leistungs-Verstärkung erfolgt
mittels $U_C \sim \text{Fallhöhe}$



Feldeffekt-Transistoren

Die Steuerung von I_D erfolgt über U_G
gemäß dem Kanal-Widerstand



Transistor Geschichte

1925 JULIUS EDGAR LILIENFELD (1881 - 1963) meldet elektronisches Bauelement (**FET**) an

1934 OSKAR HEIL konstruiert und patentiert ersten **FET mit isoliertem Gate**

1948 JOHN R. PIERCE prägt **Begriff Transistor**

1942 HERBERT MATARÉ experimentiert bei Telefunken mit **Duodiode** für Doppler-Funkmeß-Systeme (RADAR)

1947 William Bradford SHOCKLEY (1910 - 1989) und John PEARSON (1908 - 1991) funktionierenden **Bipolar-Spitzen-Transistor** Bell Labs

1948 Patentanmeldung für europäische Erfindung „**Transistron**“

1955 Beginn der **Planartechnik**

1956 SHOCKLEY, JOHN BARDEEN (1901 - 1991) und WALTER Houser BRATTAIN (1902 - 1987) **Nobelpreis für Physik**

1962 P. WEIMER entwickelt **Dünnschichttransistoren** (thin film transistor, **TFT**)

1966 CARVER MEAD entwickelt **Feldeffekttransistor** (MESFET) mittels **GaAs**

E-Verstärker =

Benutzen Effekte und Erscheinungen

Führten u. a. zu speziellen Röhren

- 1912 entwickelt HEINRICH GREINACHER (1880 - 1974) ein Gerät zur *Messung von e/m* bei Elektronen
- 1921 bestimmt hierauf ALBERT W. HULL die Theorie der *Flugbahnen* von Elektronen und baut das **Magnetron**
ursprüngliches Ziel war allerdings kein *Verstärker*
unabhängig bauen ERICH HABANN in Jena (100 MHz) und AUGUST ŽÁČEK in Prag (1 GHz) ein Magnetron
- 1935 meldet HANS ERICH HOLLMANN Patent für das Vielschlitze-Magnetron, erteilt 1938
- 1937 **Klystron** von RUSSELL und SIGURD VARIAN unter Mithilfe von WILLIAM WEBSTER HANSEN erfunden
- 1942 RUDOLF KOMPFFNER (England): entwickelt **Wanderfeldröhre** unter Nutzung von *Laufzeiteffekten*
- 1954 WILLIAM BRADFORD SHOCKLEY (1910 - 1989) vermutet **Tunneldioden** (*negative Kennlinie*)
- 1957 LEO ESAKI (*1925) baut erste Tunnel-Diode mit hochdotierten Halbleitern
- 1963 **GUNN-Diode** wird von JOHN BATTISCOMBE GUNN (1928 - 2008) vorgestellt (*Laufzeit*)

Maser, Laser

microwave bzw. light amplification by stimulated emission of radiation

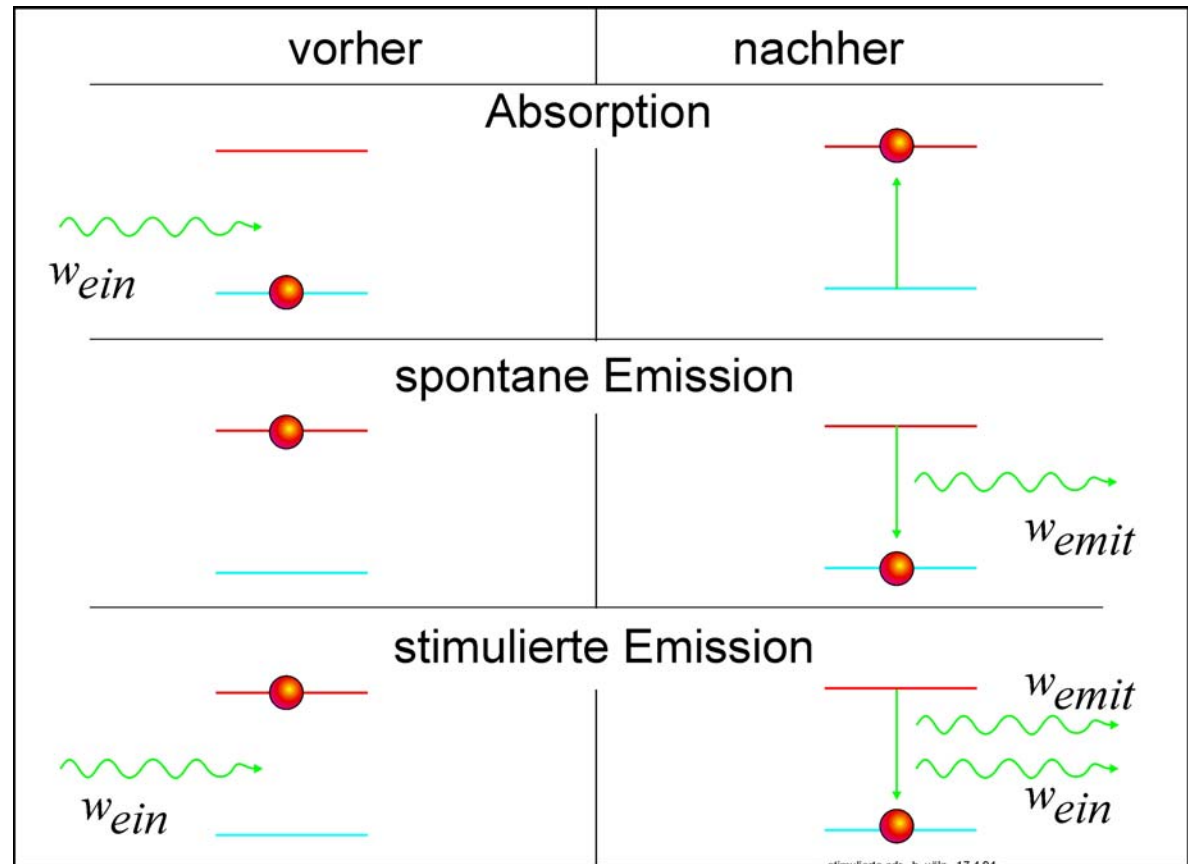
- 1916 ALBERT EINSTEIN (1879 – 1955) sagt **Stimulierte Emission** voraus
- 1928 RUDOLF LADENBURG (*1882) und HANS KOPFERMANN (*1895) weisen stimulierte Emission nach
- 1951 CHARLES HARD TOWNES (*1915) **Idee des Lasers**, unabhängig auch JOSEPH WEBER
- 1953 mit JAMES P. GORDON und HERBERT ZEIGER **Ammoniak-Maser** realisiert
- 1956 NICOLAAS BLOEMBERGEN (*1920) **Festkörper-Maser**, 1957 von DERRICK SCOVIL realisiert
- 1957 ARTHUR LEONARD SCHAWLOW (1921 – 1999) **Infrarot-Laser**
- 1957 CHIHIRO KIKUCHI demonstriert **Rubin-Maser**
- 1958 NIKOLAJ GENNADIJEWITSCH BASSOW (*1922) schlägt **Halbleiter-Laser** vor
- 1959 GORDON GOULD (*1920) wesentliche **theoretische Arbeit** zur Definition des Lasers
- 1960 NORMAN FORSTER RAMSEY (*1915) baut **Wasserstoff-Maser**
- 1960 THEODORE HAROLD MAIMAN (*1927) Laser mit Rubin-Kristall und Blitzlampe für 694 nm
- 1962 BASSOW realisiert Injektions-Halbleiter-Laser mit GaAs
- 1964 TOWNES, BASSOW und ALEXANDER MICHAJLOWITSCH PROCHOROW (1916 - 2002) **Nobelpreis** für Physik.
- 1978 **Laserdisk** mit He-Ne-Gaslaser
- 1982 **CD-Spieler** mit Halbleiterlaser
- 2004 weltweit $>5 \cdot 10^8$ Laser **produziert**, $\frac{2}{3}$ für CD-/DVD-Laufwerke, $<\frac{1}{3}$ für Nachrichtentechnik
- Anwendungen** u.a. Werkstoffbearbeitung, Medizin, Messtechnik, Wissenschaft, Holographie, Daten- und Militärtechnik, speziell z. B. Laserpointer, Lasershow, RGB-Projektoren

Stimulierte Emission

Absorption: Licht (oder andere Energie) hebt ein Elektron auf eine höhere Bahn (Term, Band). Das Elektron bzw. Atom befindet sich dann im „angeregten“ Zustand

Spontane Emission: das angeregte Elektron geht zu einer Bahn mit niedriger Energie über. Die **Energie-Differenz ΔE** wird als **Photon** mit der Frequenz $\nu = \Delta E/h$ **abgestrahlt**

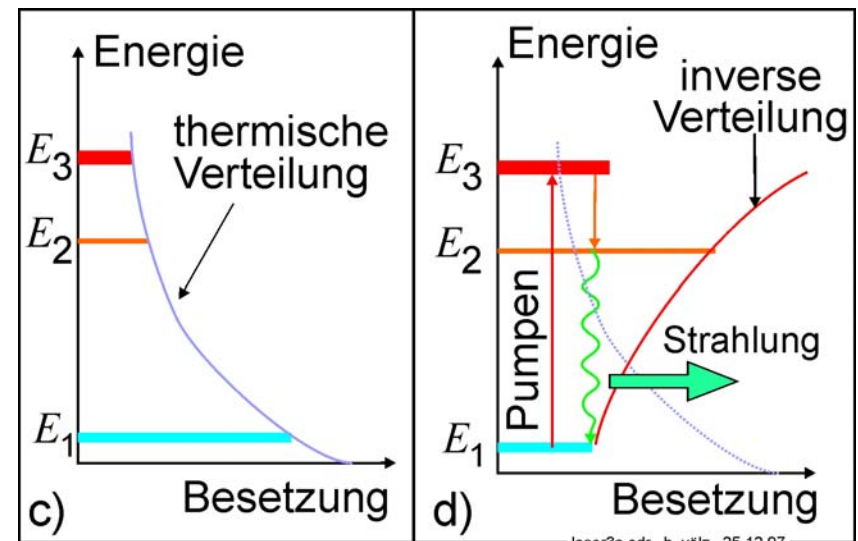
Stimulierte Emission: angeregtes Elektron mit ΔE wird durch ein Photon mit ΔE quasi resonanzartig in den Grundzustand überführt. So werden zwei Photonen **phasenstarr als ein Wellenpaket** abgestrahlt, bedeutet **Lichtverstärkung**



3-Term-System, Pumpen und Interferrometer

E_2 ist **metastabil** und kann daher gegenüber der thermischen Verteilung Elektronen „speichern“.

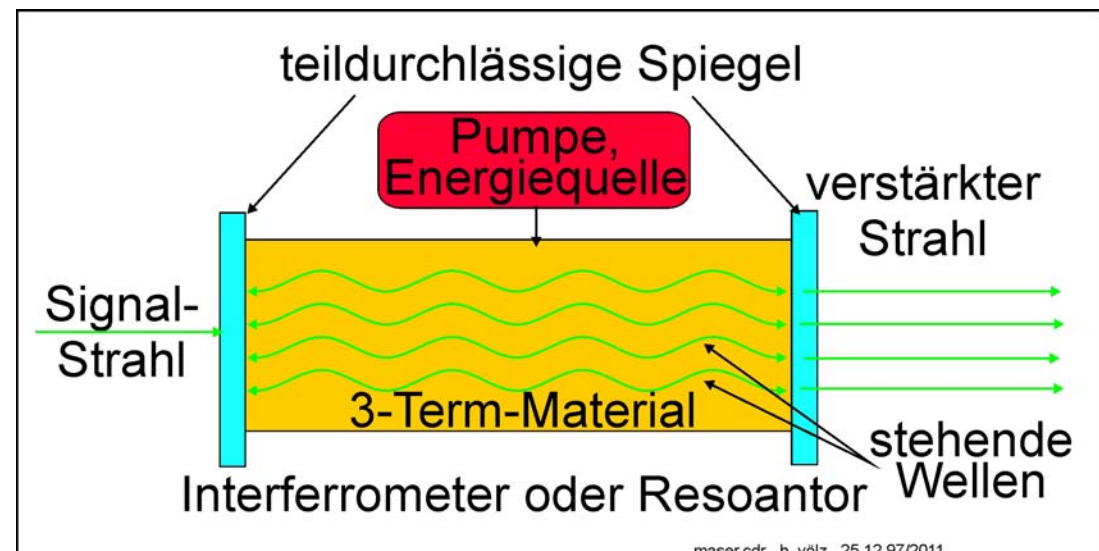
Dies erfolgt absichtlich durch **Pumpen** und Speichern der Elektronen im metastabilen Zustand.



Durch einen Signalstrahl fallen einzelne Elektronen gemäß der **stimulierten Emission** herunter auf E_1 .

Im **Interferrometer** bilden sich dann **stehende Wellen** aus, die weitere Elektronen von E_2 holen.

Insgesamt entsteht so eine erhebliche **Verstärkung des Signalstrahls**



Parametrische Verstärker = Reaktanz-Verstärker

Es wird eine **Kapazität** (Induktivität) benutzt, deren Wert von der angelegten Spannung abhängt
= Variaktor, z. B. pn-, Impatt-Diode, MIS-Variaktor (Metall Isolation Silizium) oder SCHOTTKY-Kontakt

Sie wird in einem **Schwingkreis** benutzt, der auf die **Signalfrequenz f_s abgestimmt** ist

Das Signal wird mit einer relativ kleinen Amplitude angelegt

Zusätzlich wird die Diode mit einer **Pumpfrequenz $f_p \approx 2 \cdot f_s/2$** und erheblich höherem Pegel angeregt

Dadurch ändert sich die Resonanzfrequenz im Takt der Pumpfrequenz

Infolge dieser periodischen **Parameter-Änderungen** wird die Signalfrequenz deutlich verstärkt

Die Schaltung wirkt auf die Signalfrequenz wie ein **negativer Widerstand**
exponentieller Anstieg, s. **Pendelrückkopplung**

Insgesamt treten auch Vielfache **Summen- und Differenzfrequenzen** auf: $f_x = n \cdot f_p \pm m \cdot f_s$

Am schlechtesten lässt sich die **Idler**-Frequenz (=Hilfsfrequenz) $f_i = f_p - f_s$ ausfiltern (*englisch idler* Müßiggänger)

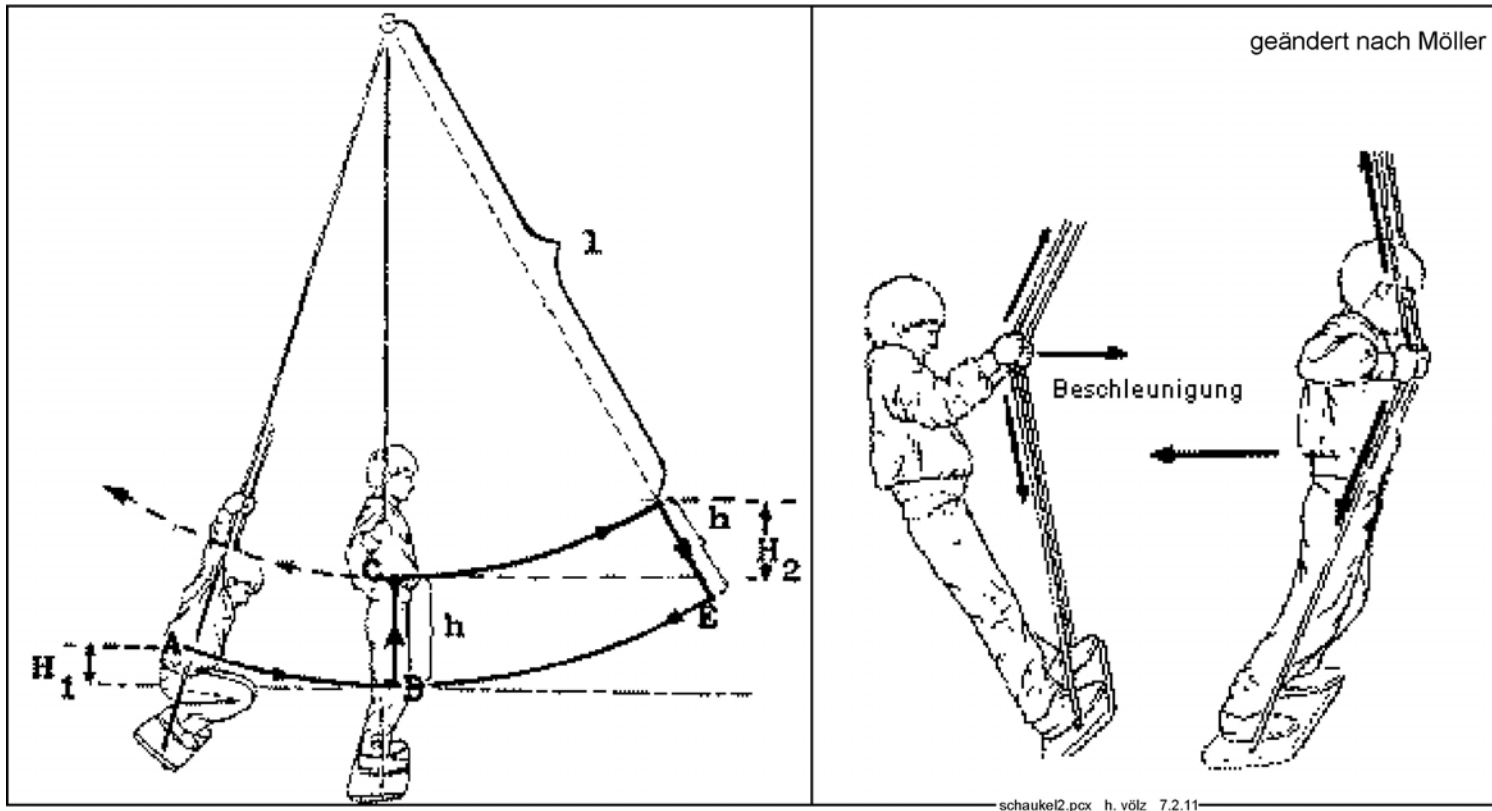
Analogie-Model der Schaukel

Das in die Hockegehen und sich Ausstrecken entspricht der **Pumpfrequenz**

Ausstrecken erfolgt im jeweils tiefsten Punkt (Mitte), Ausstrecken in den höchsten Punkten, rechts und links

Die **Signalfrequenz** entspricht der **Schaukelschwingung** $\approx \frac{1}{2}$ vom Wechsel Erheben $\Leftrightarrow$ Hocke

Mit diesen Bewegungen kann jedoch die Schaukel nicht von der Ruhe in Bewegung gebracht werden [9]



Verstärkung im Raum

Für Licht kann eine „Raum-Verstärkung durch **Linsen** und **Spiegel erfolgen**

Dabei kann die **Energiedichte** im „**Brennpunkt**“ beachtlich groß werden

Auch mit **Laufzeiteffekten** und **Wellenlängen-Dispersion** ist eine Energiekonzentration möglich

Laufzeitverstärker, aber auch mittels **Impuls-Versichtung** für Kurzeitimpulse der Laser

Bild-Verstärkung = **Vergrößerung** eines **Bildes** bewirken einige optischen Instrumente,

z. B. **Lupe**, **Mikroskop** und **Fernrohr** als

Ähnliche Prinzipien sind **für alle Wellen** möglich

In der **Akustik** u. a. Lausch-, bzw. **Flüster-Ecken**, -Bögen, Grammophon-Trichter usw.

Antike z. B. „Ohr des Dionysos“ auf Sizilien

Katalysator

Griechisch *katálysis* Auflösung, *katalýein* auflösen

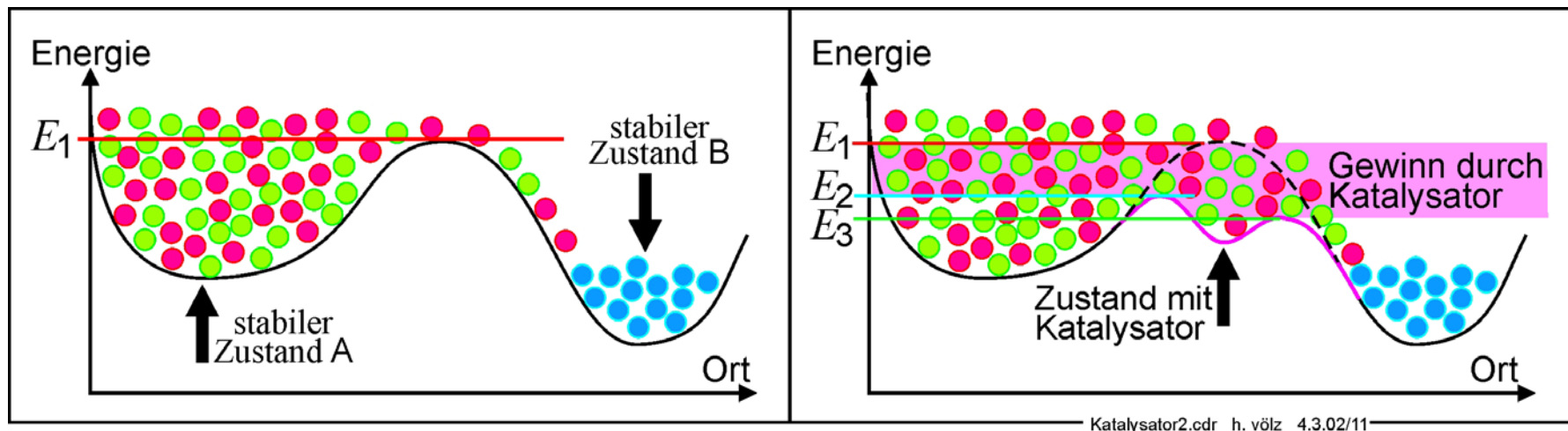
Katalysatoren senken in Chemie und Biologie die Energieschwelle für eine Reaktion

Das erhöht spontan die Intensität und damit Geschwindigkeit der Reaktion

In der **Genetik** gilt entsprechend für Enzyme das **Schlüssel-Schloß-Prinzip**
der Prozess läuft nur dann ab, wenn das entsprechende **Enzym** vorliegt

Hormone wirken ähnlich

Beim **Immunsystem** müssen erst die passenden **Antikörper** gebildet werden



Weitere nichttechnische Verstärker

Psychologie: ein Reiz, der als Konsequenz eines bestimmten Verhaltens auftritt
Konditionierung, Belohnung, Motivierung, Bestrafung, Schmerz, Hunger
auch *Intelligenz-V.*: Computer $\Leftrightarrow$ Drogen

Konditionierung: Belohnung, Motivierung (positiv, z. B. Geld, Lob) bzw. unangenehmer Reize (negativ, z. B. Schmerz, Hunger) für wirksames *Lernen, Lerntheorien*

Medienwirkung: Hypothese: Massenkommunikation kann Verstärkung bestehender Einstellungen bewirken

Zusammenfassung Verstärkung

Es gibt viele unterschiedliche Effekte, Methoden usw., die eine Verstärkung bewirken

- **Auf Kosten anderen Größen** bei Energieerhaltung, z. B. Hebel, Rolle, Keil, Getriebe, Transformator
- **Impulsverstärker**, z. B. Hammer, Axt und Ramme
- **Steuerung von Elektronen**, vor allem Röhre, Transistor, wichtig Kennliniensteilheit dy/dx + **Linearität**
- **Nutzung metastabiler Zustände**: Maser, Laser (Quantenphysik)
- **Laufzeiteffekte** = räumliche Zusammenführung von Elektronen, u. a. bei Mikrowellen-Röhren
- **Parametrische Verstärker** = systematische Änderung von Bauelemente-Eigenschaften, vgl. Schaukel
- **Konzentration bei Licht, Schall** usw. u. a. Lupe, Mikroskop, Fernglas und Abbildungen
- **Negative Kennlinie**, negativer Widerstand (Rückkopplung), Bistabilität = Kompensation von Verlusten *)
- **Resonanz-Verstärkung**, (Akustik: Musik-Instrumente) exponentieller Anstieg, Pendel-Rückkopplung *)
- Wichtig ist auch die Unterscheidung von **Signal-** und **Leistungs-**Verstärkern wichtig *)
- Weitere, meist **spezielle Techniken**, die hier nicht behandelt sind *)

Es fehlt eine allgemeine, gemeinsame wissenschaftliche Grundlage!

*) Hierauf wird z. T. noch eingegangen, siehe außerdem die Vorversionen dieses Beitrages.

1. Einführung und Problem

2. Verstärker

3. Schwingungserzeuger

4. Auslöseeffekt, Kybernetik

5. Schlussfolgerungen

Grund-Begriffe

Schwingung

Deutsch 8 Jh. Zusammenhang mit Schwang, Schwank, schwanken, schwenken

- **Physik:** periodische Änderung einer oder mehrerer Größen (Wellen), u.a. als Sinus, Rechteck, Sägezahn
- **Allgemein:** annähernd regelmäßig wiederkehrende Bewegung, Erscheinung
- **Psychologie:** durch einen Anlass bewirkte Regung, Reaktion, etwa seelische Schwingung
- **Räumlich, Architektur:** bogenförmiger Verlauf: die Brücke besitzt eine eleganter Schwingung

Oszillator

selbsttätiger *Schwingungserzeuger*, **Generator**. *Lateinisch. oscillare* sich schaukeln, *oscillum* Schaukel

Generator

Lateinisch generator Erzeuger

- **Maschine, Gerät** wandelt mechanische in elektrische Energie um, erzeugt elektrische Spannung/Strom
- **Schachtofen, Apparat** erzeugt Gas aus festen Brennstoffen wie Kohle u. Koks

Verstärker $\Leftrightarrow$ Oszillator

Verstärkung und Schwingungserzeugung hängen eng zusammen

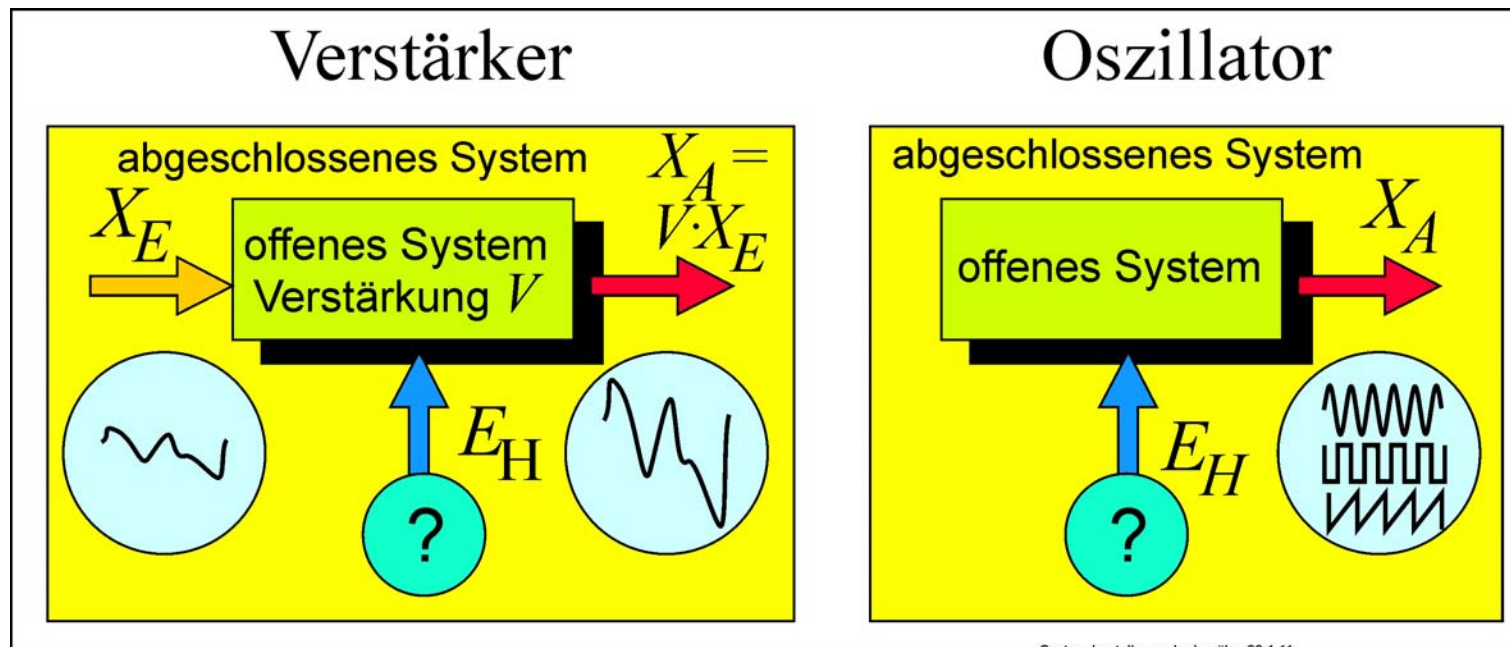
Verstärker vergrößern, verstärken, erhöhen ein Geschehen oder eine Wirkung

Oszillatoren erzeugen periodische **Schwingungen**, heißen auch Generatoren oder Schwingungserzeuger

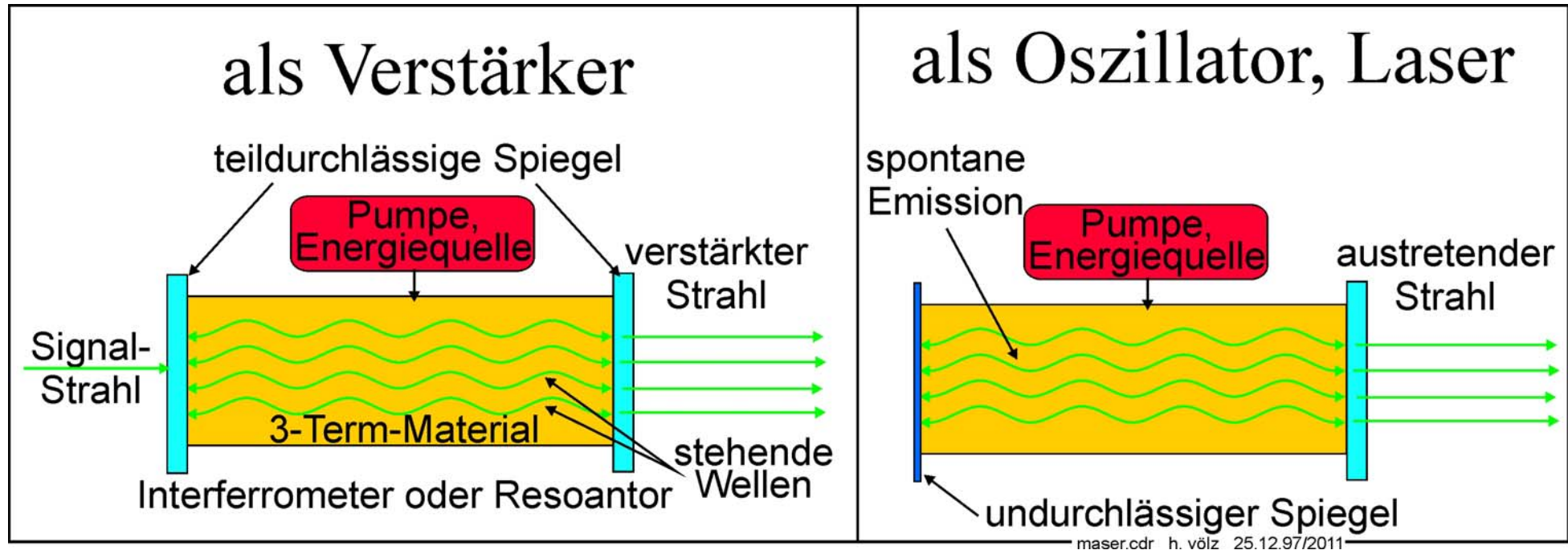
Schwingungen treten oft infolge von **Rückkopplung bei Verstärken** auf

Periodisches Geschehen hängt oft mit **Resonanz-Erscheinungen** zusammen, die **verstärkend** wirken

Das Bild gilt etwas vereinfacht für Signale



Beim Maser bzw. Laser



Vierpol als Verallgemeinerung

Vierpole werden hauptsächlich in der *Nachrichtentechnik* benutzt

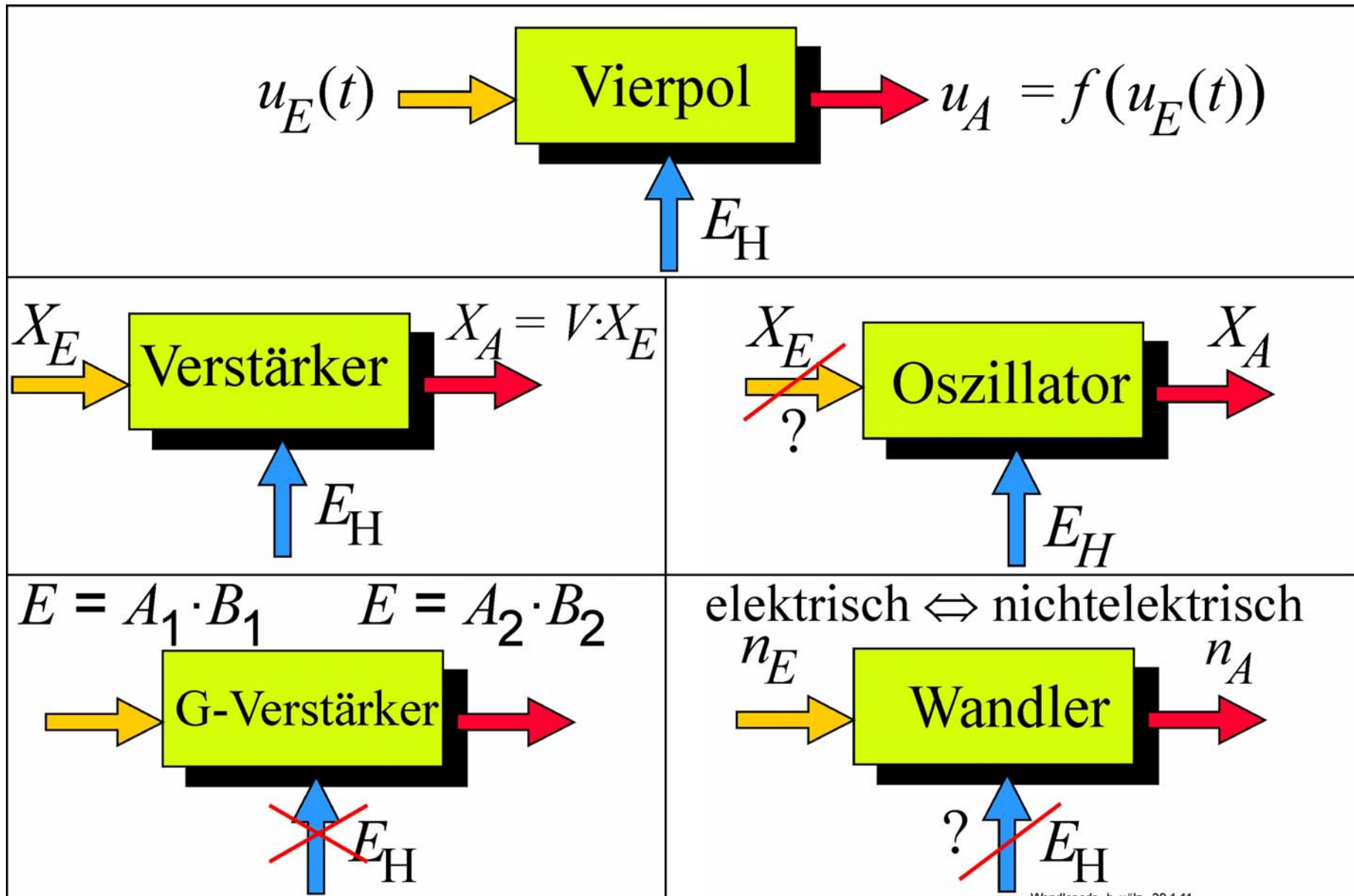
Es gibt vor allem **vier Vierpol-Varianten**, typische Unterschiede ergeben sich durch **Fehlen** einiger Größen

Aktive Vierpole verlangen eine **Zusatz-Energie E_H** ; **passive** kommen ohne sie aus

Sofern keine Hysterese auftritt, gilt zwischen den **Eingangs- und Ausgangssignalen**

$$u_A(t) = f(u_E(t))$$

- **Verstärker** vergrößern den **Input X_E** mittels zugeführter **Energie E_H** zum **Output X_A** ,
- **Umformer (G-Verstärker)** wandeln **Energiearten** ineinander um. Sie benötigen meist **keine Hilfsenergie E_H** . Beispiele sind Wechselrichter, Transformatoren, Spannungswandler, Hebel und Getriebe
- **Oszillatoren** erzeugen aus der zugeführten Energie E_H einen **periodischen Output X_A** ; Sie besitzen nur in Sonderfällen einen Input X_E . Er steuert dann Parameter der Schwingung oder bewirkt eine Synchronisation
- **Wandler** dienen meist der Umsetzung zwischen **nichtelektrischen Größen n_E** und **elektrischen Signale u_A** , Beispiele sind Mikrofone und Lautsprecher bzw. Fotoapparate und Monitore. Sie benötigen oft E_H . Da kein direkter Bezug zum Thema besteht werden hier nicht weiter behandelt [11]



Wandler.cdr h. vözl 29.1.11

Rückkopplung

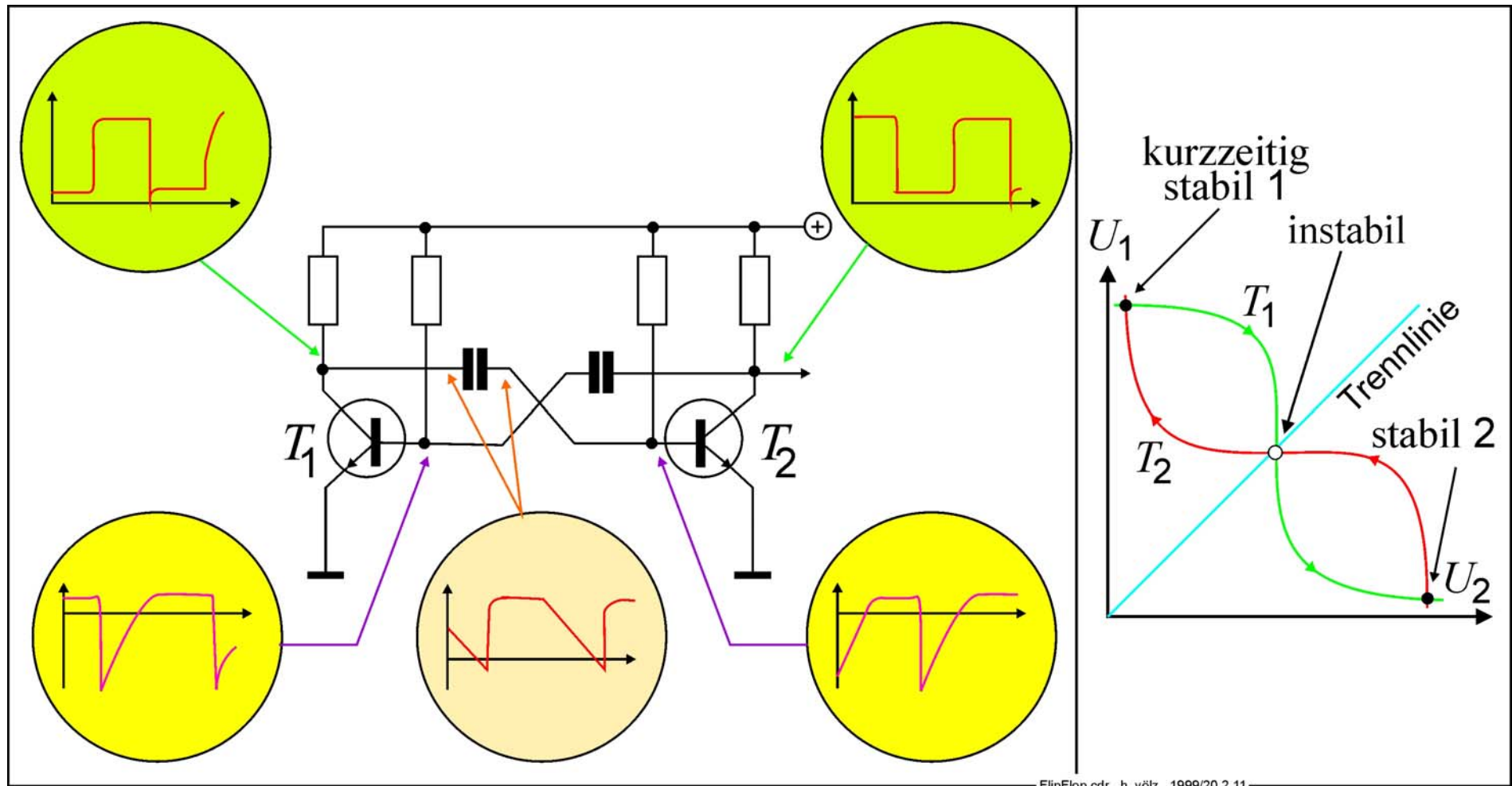
Englisch **feed back** ist meist entscheidend für das Auftreten bzw. die Erzeugung von Schwingungen
Verwandt mit der Rückkopplung sind die **rekursive Methoden bzw.** Funktionen der Mathematik

Geschichte

- 1888 DEDEKIND: Einführung der **primitiv-rekursiven Funktionen**, Beginn der Berechenbarkeitstheorie
- 1904 LORD KELVIN OF LARGS (William Thomson): **Rückkopplungsprinzip** für Verstärker
- 1912 - 1914 viele Vorschläge, Patente für Rückkopplungen mit Trioden-Röhre für **Empfänger, Sender**:
ALEXANDER MEISSNER (1883 – 1958); EDWIN HOWARD ARMSTRONG (1890 - 1954), S. STRAUSS;
WILHELM SCHLOEMILCH, LEE DE FOREST, E. REISZ, C. S. FRANKLIN, H. J. ROUND und I. LANGMUIR
- 1919 WILLIAM HENRY ECCLES (1903 - 1997) und F. W. JORDAN entwickeln bistabile Kippschaltung, **Flipflop**
- 1920 EDWIN ARMSTRONG erfindet **Pendelrückkopplung** = Pendel-Audion
- 1928 ACKERMANN stellt eine **nicht berechenbaren**, primitiv-rekursiven Funktion vor
- 1934 HERBRAND und GÖDEL definieren **Klasse rekursiver Funktionen**
- 1936 ALAN MATHISON TURING (1912 - 1954) definiert **TURING-Automat** (Rekursivität)
- 1948 NORBERT WIENER (1894 - 1964) führt Rückkopplung als **universelles Prinzip** ein.
- 1967 ROGERS: **Theorie der Rekursion** und effektiven Programmierung
- 1992 PEITGEN definiert die Rückkopplungsmaschine zur Iteration von **Fraktalen**

Flipflop = Multivibrator (deutsch $\approx$ Vielfachschwinger)

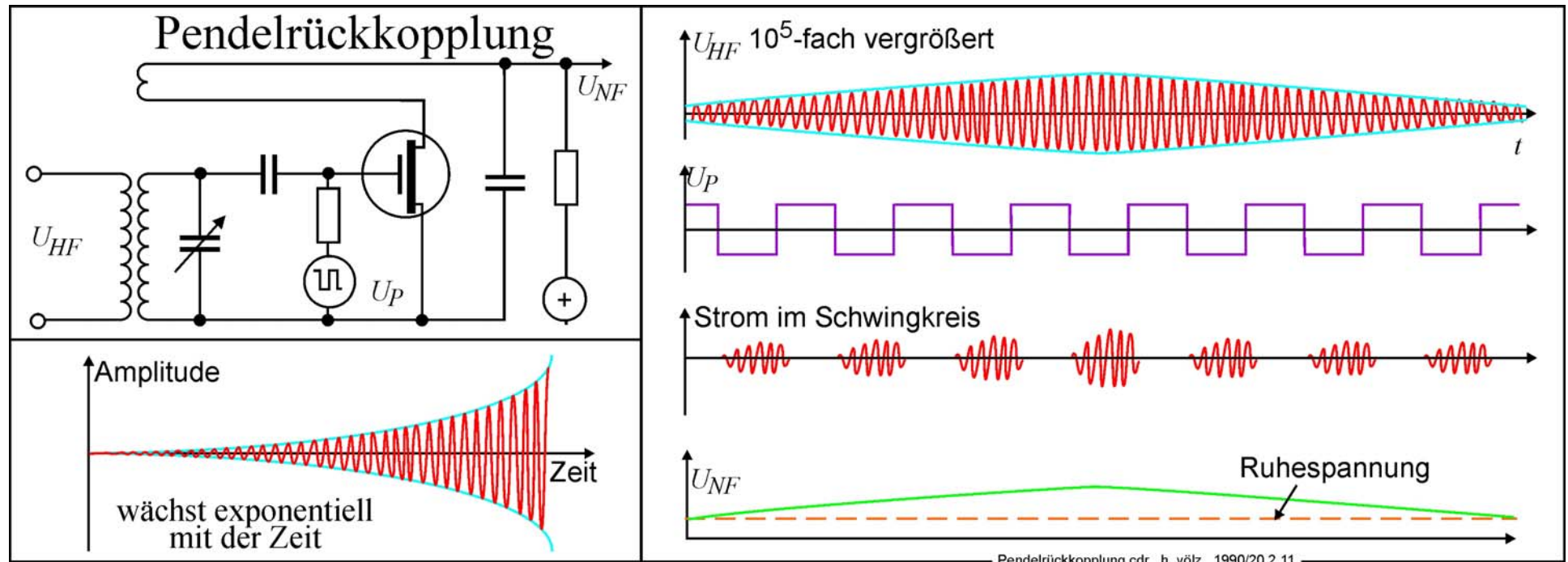
erzeugt eine **Rechteckschwingung** mit vielen **Oberwellen**; ist besonders **schwer zu erklären**



FlipFlop.cdr h. vözl 1999/20.2.11

Pendelrückkopplung

war in der Anfangszeit des Radio sehr wichtig, sie ermöglichte mit einer Röhre vieltausendfache Verstärkung



Die Rechteckspannung schaltet die Rückkopplung periodisch für Δt ein und dann kurzzeitig aus
 Bei eingeschalteter Rückkopplung wird das Eingangssignal exponentiell mit Δt verstärkt $u_a = u_e \cdot e^{k\Delta t}$
 Durch Wahl von Δt und der Konstanten k können vieltausendfache Verstärkungen erreicht werden

Chemische und biologische Oszillationen

- 1750 ca. JEAN JACQUES D'ORTOUS DE MAIRAN von täglichen **Blattbewegungen der Mimose**
- 1751 KARL VON LINNÉ entwarf den **Blumen-Taktgeber**
- 1759 JOHANN GOTTFRIED ZINN beschreibt **circadianen** Rhythmus der Gartenbohne
- 1825 JOHANN FRIEDRICH HERSCHEL entdeckt Periodische Oszillationen **Eisen-Salpetersäure** (1834 publiziert)
- 1828 Publikation oszillierender **chemische $\approx$ Prozesse** durch GUSTAV THEODOR FECHNER
- 1842 CHRISTIAN FRIEDRICH SCHÖNBEIN. 1844 JAMES PRESCOTT JOULE berichten über oszillierende Reaktionen
- 1910 ALFRED JAMES LOTKA periodische **Populationsdynamik** (LOTKA-VOLTERRA-REGELN, **Räuber-Beute**) s. u.
- 1921 WILLIAM C. BRAY oszillierende Reaktion im **homogenen Medium** Wasserstoffperoxid + Iodat
- 1925 ALFRED LOTKA: „The Elements of Physical Biology“ = **Räuber-Beute-Verhalten** s.u.
- 1927 VON DER POL entdeckt am Röhrenoszillator **chaotische Schwingungen**
- 1940 NORBERT WIENER (1894 - 1964) bemerkt bei seinen Forschungsarbeiten über Flugabwehrmethoden im 2. Weltkrieg, dass **Rückkopplung fundamental für die Automatisierung** ist.
- 1950 BORIS PAWLOWITSCH BELOUSSOW entdeckt zufällig BELOUSOV-ZHABOTINSKY-Reaktion
- 1953 ASERINSKI und KLEITMAN entdecken etwa 2-stündigen Rhythmus von **REM-Schlaf**
- 1970 KONOPKA stellt bei der **Taufliege** Drosophila melanogaster circadiane **Schlüpf-Rhythmen** fest
- 1977 ILYA PRIGOGINE Nobelpreis: Thermodynamik, vom Gleichgewicht entfernte (dissipative) Systeme

Ergänzungen zu Schwingungen

Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Effekte:

- **Periodischer Energieaustausch**, z. B. Pendel, Feder-Masse, elektrischer Schwingkreis
≈ **schwingfähige Gebilde** mit genau definierter Energie-Zufuhr
- **Rotierende Bewegungen**, u. a. Eigenrotation (Erde), Planeten, Galaxien: Gleichgewicht von Anziehung (Gravitation) und Fliehkraft
- **Chemische Oszillationen**; eigentliche Ursachen meist unklar
- **Bio-Rhythmen**. Es gibt vielfältige Taktgeber, Funktionsweise meist kaum bekannt
- **Populationen**, z. B. Räuber-Beute-Zyklus
- **Gesellschaftliche, soziale Prozesse**, z. B. Hype-Kurve, 85%-Regel, Kondratieff-Zyklen
- **Quantentheorie**: $\Delta E = h \cdot \nu \Rightarrow$ Materie-Wellen
- **Räumliche Periodizitäten**, z. B. Kristalle, Wellen, Fraktale

Auch hier **fehlt** also eine **einheitliche Theorie!**

- 1. Einführung und Problem**
- 2. Verstärker**
- 3. Schwingungserzeuger**
- 4. Auslöseeffekt, Kybernetik**
- 5. Schlussfolgerungen**

Auslösung

Eine extrem *kleine Ursache* kann *sehr große Wirkungen* auslösen = **einmalige Verstärkung!**

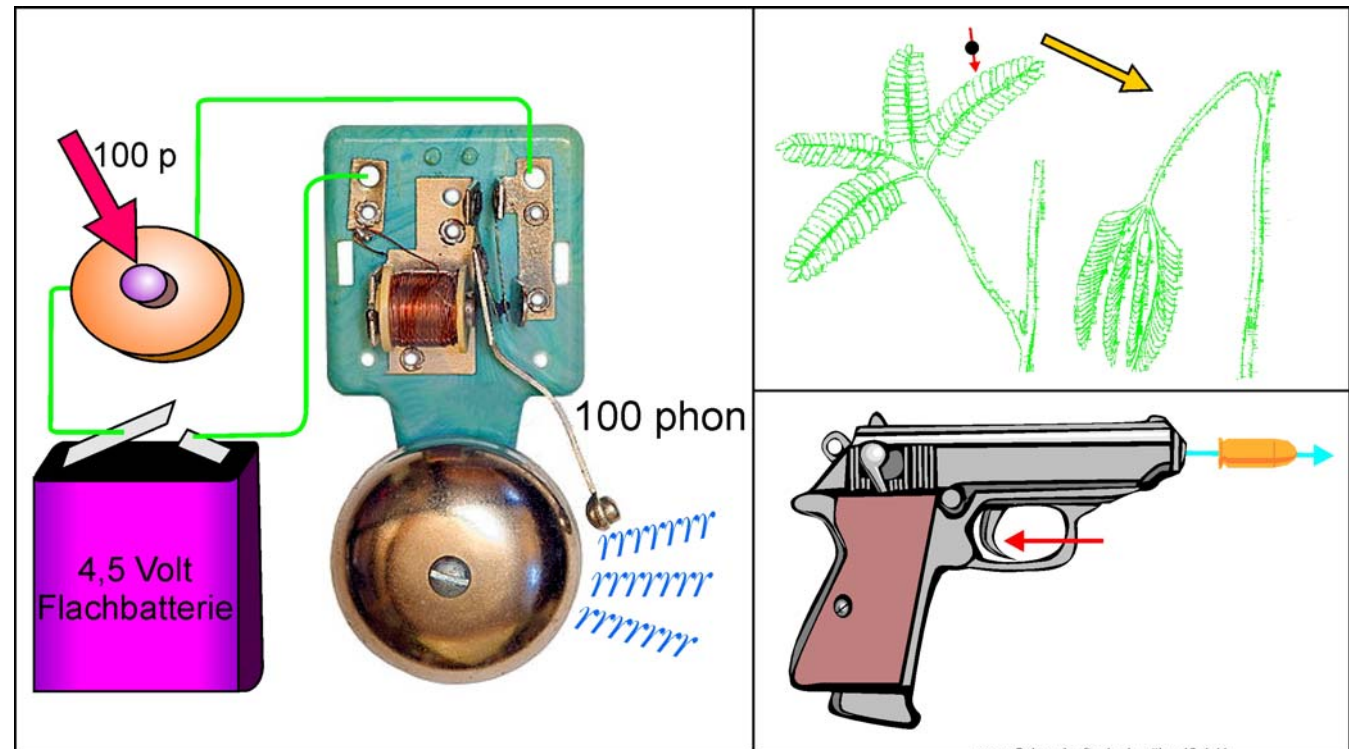
So etwas *erleben wir ständig*. Daher sind uns diese Erscheinungen *gut vertraut*

Wir *glauben zu wissen*, wie es funktioniert, können es beschreiben, aber meist nicht *begründen*.

Oft hat es sogar den *Anschein*, dass solche Auslösungen gegen den *Energieerhaltungssatz* und die *Hauptsätze der Thermodynamik verstoßen*

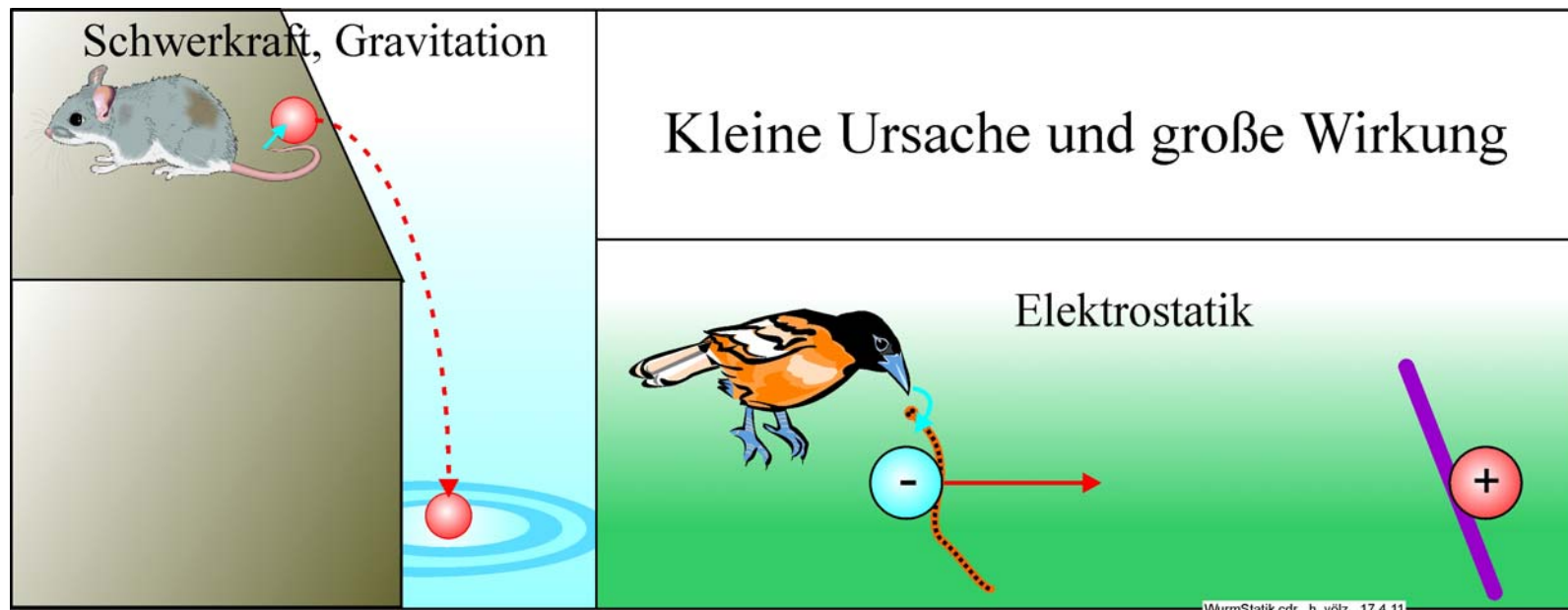
Ganz wesentlich, vielleicht
sogar ausschließlich
**bestimmen sie jedoch
Fortschritt und Entwicklung**

Grundsätzlich **eingeführt** von
NORBERT WIENER
(1894 - 1964)
mit seiner **Kybernetik** 1943
S. u.



Zwei einfache Beispiele

1. Sehr leichte Verschiebung einer Masse auf der Ebene, dann beim Fall großer Höhe
2. Elektrostatische Anziehung wird zunächst verhindert durch einen Wurm, den dann ein Vogel frisst



Wesentlich ist in beiden Fällen die **Beschleunigung auf dem Weg!** und die dadurch auftretende **Wirkung**.
Der **Schmetterlings-Effekt** und die **Instabilität des Planetensystems** werden so „verständlich“.
Auslösungen können **nützlich** und **schädlich** sein.

Negative Folgen bei Auslösungen

- **Brücken** zerbrechen durch die Resonanz einer darüber im Gleichschritt *marschierenden Truppe*
- Ein **Knopfdruck** kann *vernichtende Atomraketen auslösen* und so ganze Landschaften zerstören

Historische Beispiele

- 1986: **Tschernobyl**: Ein Notfallknopf, der den Reaktor des Atomkraftwerkes eigentlich abschalten soll.
bewirkt das genaue Gegenteil: Der Reaktor überhitzt und es kommt zu einer Explosion
- 2008: **Formel-1-Panne**: Ein Mechaniker drückt zu früh auf die Startampel beim Boxenstopp
Fahrer Felipe Massa zieht beim Losfahren einen Tankschlauch hinter sich her, kostet den Sieg
- 2008: **Nerpa-Unfall**: Testfahrt des Atom-U-Boots "Nerpa", ein Matrose spielt an den Temperaturreglern
Durch Knopfdruck aktiviert er die Feuerlöschanlage. Das austretende Gas erstickt 20 Menschen
- 2010: **Wasserschaden**, Bei einer Theaterprobe in Düsseldorf werden Spezialeffekte getestet
Ein Mitarbeiter erwischt dabei den falschen Knopf und löst die Löschanlage aus
10 000 Liter Wasser fluten das Gebäude
- 2011: **Erdbeben** und der dadurch ausgelöste Tsunami (*japanisch* hohe Wellen im Hafen) in Japan

Erste Schlussfolgerung

Ein **Auslöse-Effekt** verlangt ein **System** mit folgenden Eigenschaften:

- Es kann Stoff oder Energie **gespeichert** werden
- Sie müssen durch eine „**Sperre**“ festgehalten werden können
- Die Sperre muss mit wenig Stoff oder Energie **aufgehoben** werden können

Es ergeben sich so folgende **Aussagen**:

- In der **Welt** sind ständig solche Systeme **entstanden**, sie sind wesentlich für ihre **Evolution**
- Es ist weitgehend **unklar, wie** dies erfolgt, müsste bereits beim **Urknall** begonnen haben
- Häufig wird der „unerklärte“ Begriff **Emergenz** benutzt. Latein **emergere** auftauchen, **emergentia** das Hervorkommende
- Auch der **Mensch baut** (u. a. per Antizipation) derartige **Systeme** (Revolver)

Die **Auslösung** kann als **Information** angesehen werden, sie ruft **im System** wesentlich **größere Wirkung** hervor

Das leitet über zur **Kybernetik**

Kybernetik

Begriff und Wissenschaft wurden 1943 von NORBERT WIENER (1894 - 1964) auf einer Konferenz eingeführt
Ursprünglich sollte es **Analogie** heißen, dann wurde aber ein griechischer Ursprung vorgezogen. *Griechisch kybernetes, Latein gubernator, englisch govener* Steuermann, Lotse $\approx$ Steuermannskunst.

Alle vorhergehende Wissenschaft bezog sich auf Objekte, Strukturen, z. B. Physik, Chemie, Medizin, Biologie
Die Kybernetik berücksichtigt dagegen bevorzugt **Funktionen und Verhalten** von Systemen

Die wichtigsten neuen Aspekte waren

- **Information** später teilweise Übergang zur **Informatik**
- **Regelungs-, Steuerungstechnik**, Automatisierung: Konstanthaltung, vorgegebene Zeitabläufe, Fließgleichgewicht usw.; ein Hauptziel Konstanthaltung von Werten
- **Rückkopplung** $\approx$ Ursache-Wirkungs-Gefüge: Wirkung wird wieder Ursache $\Rightarrow$ Linearisierung, Stabilität, Rekursion, Fraktale, Dissipation, Selbsterregung usw.
- **Auslöse-Effekte** extrem kleine Ursachen rufen sehr große Wirkungen hervor
- **Automat**, der etwas von sich aus – ohne äußeren Anlass – tut
- **Systemklassifikationen $\approx$ Modelle**, u. a. multistabil, autonom, stochastisch, hysteretisch
- **Black-Box-Methode** mit Input und Output und Übergängen zur Gray- und Whitebox

Kybernetik besitzt ähnlich der Naturwissenschaft eine **große Breite**

Ermöglicht daher keine zusammenhängende Forschung und Lehre $\Rightarrow$ kein **Lehrstuhl**, Berufung

Deshalb ist sie seit etwa 1990 kein eigenständiges Gebiet, hinzu kommt Verunglimpfung von WIENER [3]

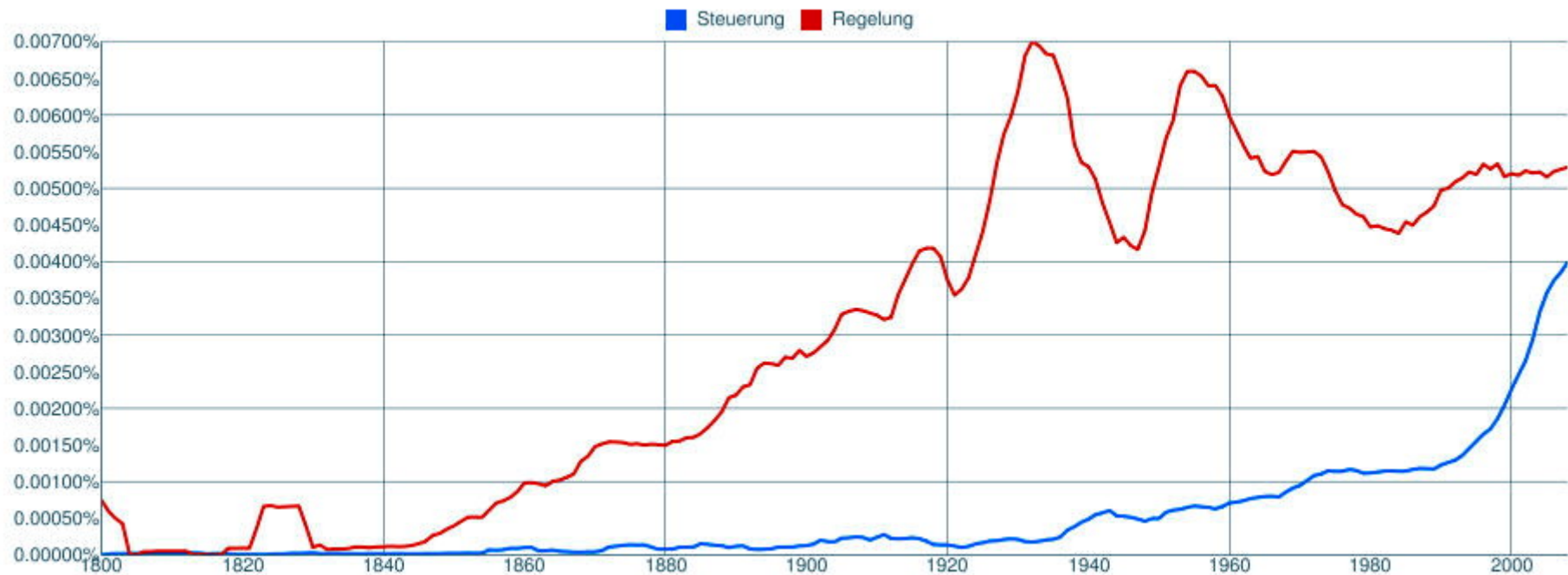
Es entsanden aber **viele neue Teilgebiete**, z. B.: Automatisierung, Bionik, Chaos-Theorie, Dissipation, Emergenz, Fuzzy-Logik, Informatik, Katastrophentheorie, Künstliche Intelligenz, Künstliches Leben, Neuronale Netze, Optimierung, Rekursion, Roboter, Selbstorganisation, Selbstregulation, Synergetik.

Regelungs- und Steuerungstechnik

Viele Aspekte reichen bis in die *Antike* zurück

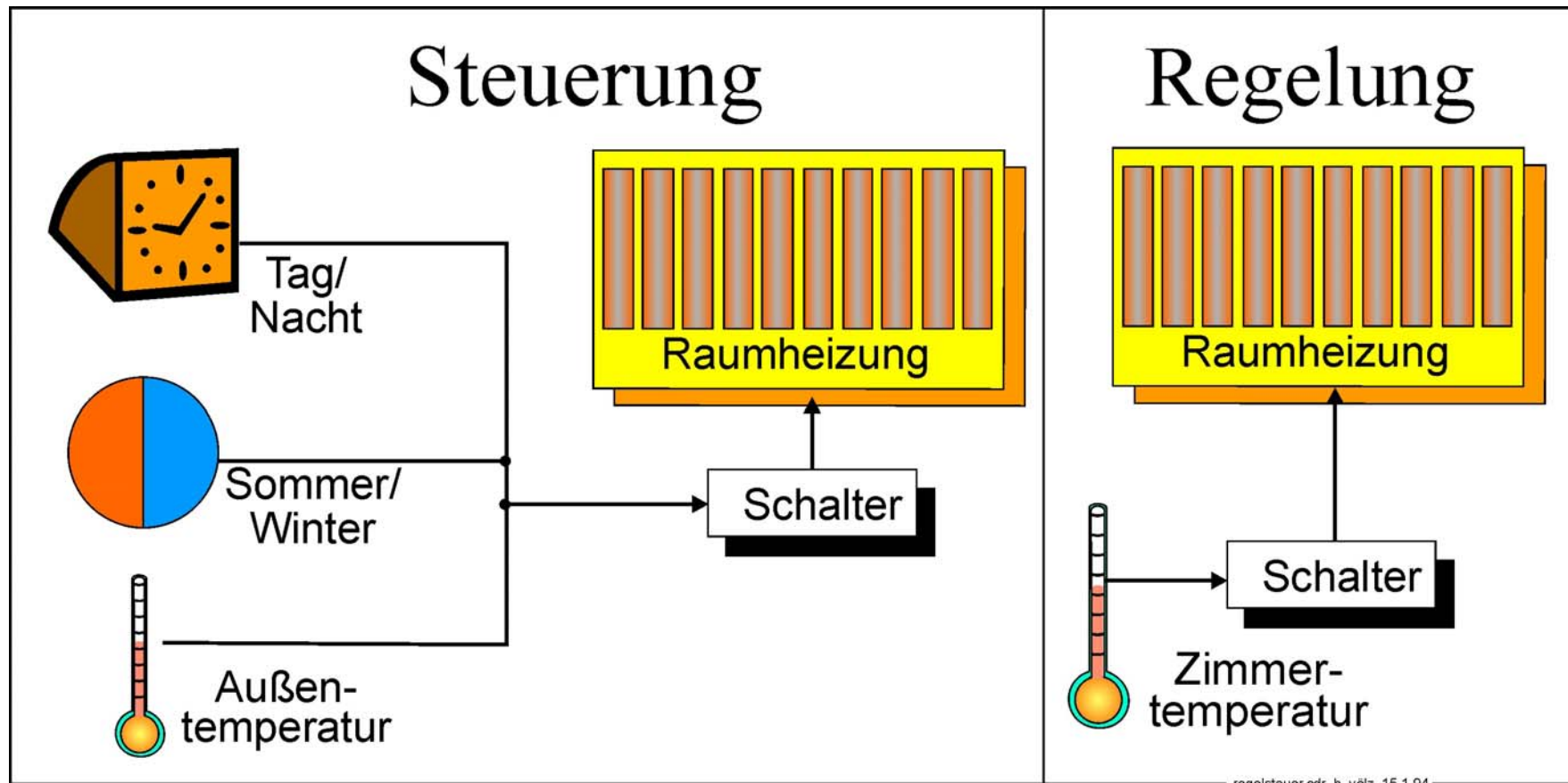
Als Fachgebiet wurde sie unabhängig 1941 von HERMANN SCHMIDT (1894 - 1968) in Deutschland eingeführt [4]

≈300 v.Chr.	erste Regleranwendungen, Öllampe usw.
≈50	HERON VON ALEXANDRIA (≈20 - 62) automatisches Theater, Türöffner, Programmwalze
≈1000	jüdische Sage von Golem als Synagogendiener der Prager Rabbi Löw
13. Jh.	WILHELM VON OCKHAM (≈1284 - 1350) Vereinfachung durch „Modelle“
16./17 Jh.	Nockensteuerung, einfache Regelungen
18. Jh.	Musikautomaten, programmierte Ente usw.
1784	Fliehkraftregler von JAMES WATT (1736 - 1819) konstante Drehzahl, bei wechselnder Last
1805	Joseph-Maria Jacquard (1752 - 1834): Lochbandsteuerung für Webstühle
1925	WAGNER beschreibt biologische Regelung
1930	W. R. HESS: Die Regelung des Blutkreislaufes
1933	FRISCH: Volkswirtschaftliche Regelkreise
1940/48	CL. SHANNON Arbeit zur Kommunikation
1941	H. SCHMIDT : Denkschrift: Gründung eines Instituts für Regelungstechnik
1942	N. WIENER : „Kybernetik, Steuerung und Informationsübertragung in Lebewesen“
1944	R. OLDENBOURG u. H. SARTORIUS: Dynamik selbsttätiger Regelungen
1950	J. TINBERGEN, N. F. MOREHOUSE und H. MITTELSTAEDT: Regelkreise in der Wirtschaft
1959	H. ROHRACHER: Psychologische Regelprobleme



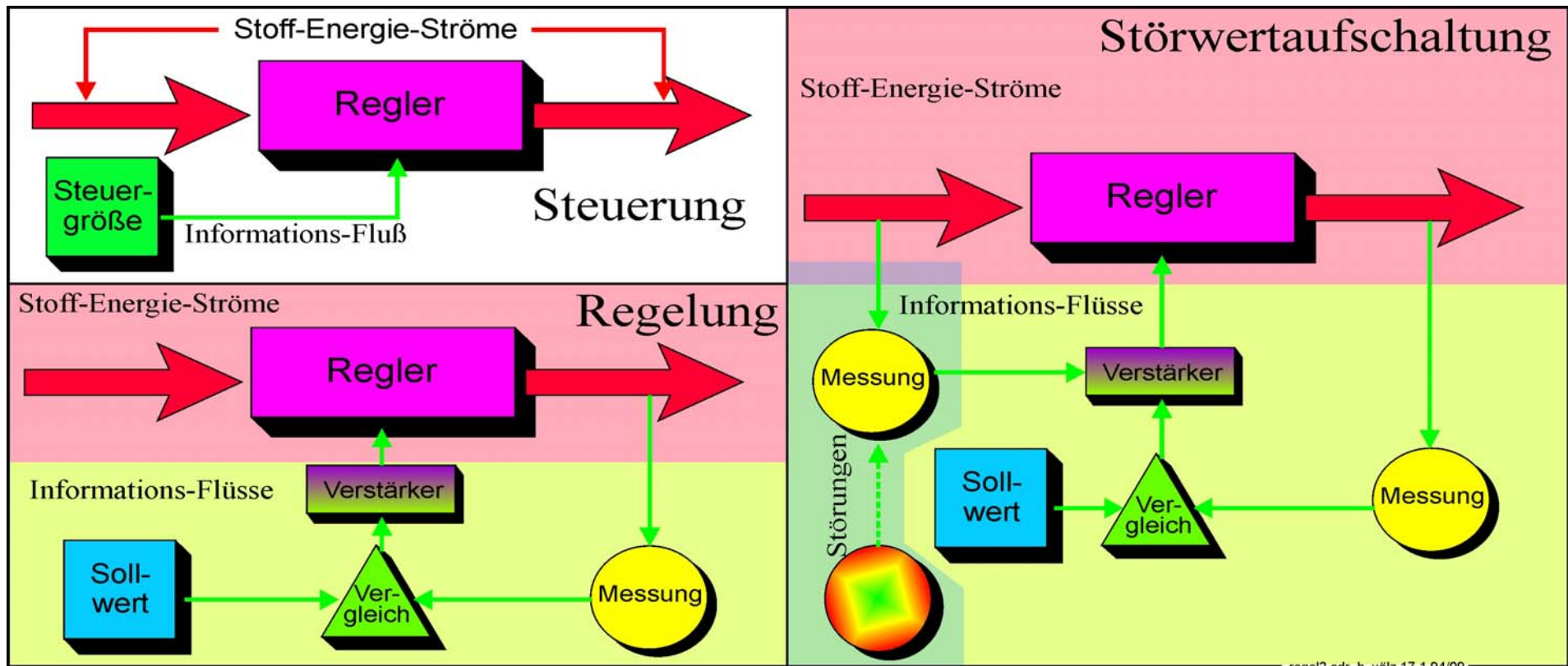
Steuerung beginnt eigentlich erst mit der Massenanwendung des Computers

Viele Maschinen einer Fabrik wurden von einer Dampfmaschine über Transmission angetrieben
Ein- und Ausschalten einzelner Maschinen führte zu erheblichen Drehzahl-Änderungen



Steuerung versucht alle **Störungen** zu **erfassen** und dann durch Ein-Aus-Schalten auszugleichen
 Dabei können im Prinzip **alle Abweichungen vom Sollwert ausgeschaltet** werden

Regelung **misst den vorhandenen Wert** und vergleicht ihn mit dem Sollwert
 Erst **Abweichungen** führen zum Ein-Aus-Schalten, sie sind her **immer vorhanden**
 Für **Kühlschränke** gilt daher der typische Bereich von $10 \pm 2 \text{ °C}$



Durch **Störwertaufschaltung** werden zusätzlich **Störungen gemildert**, z. T. **ausgeschaltet**

Es werden **Energie-Stoff-** und **Informations-**Ströme unterschieden

Gesteuert und geregelt werden **Energie bzw. Stoff**

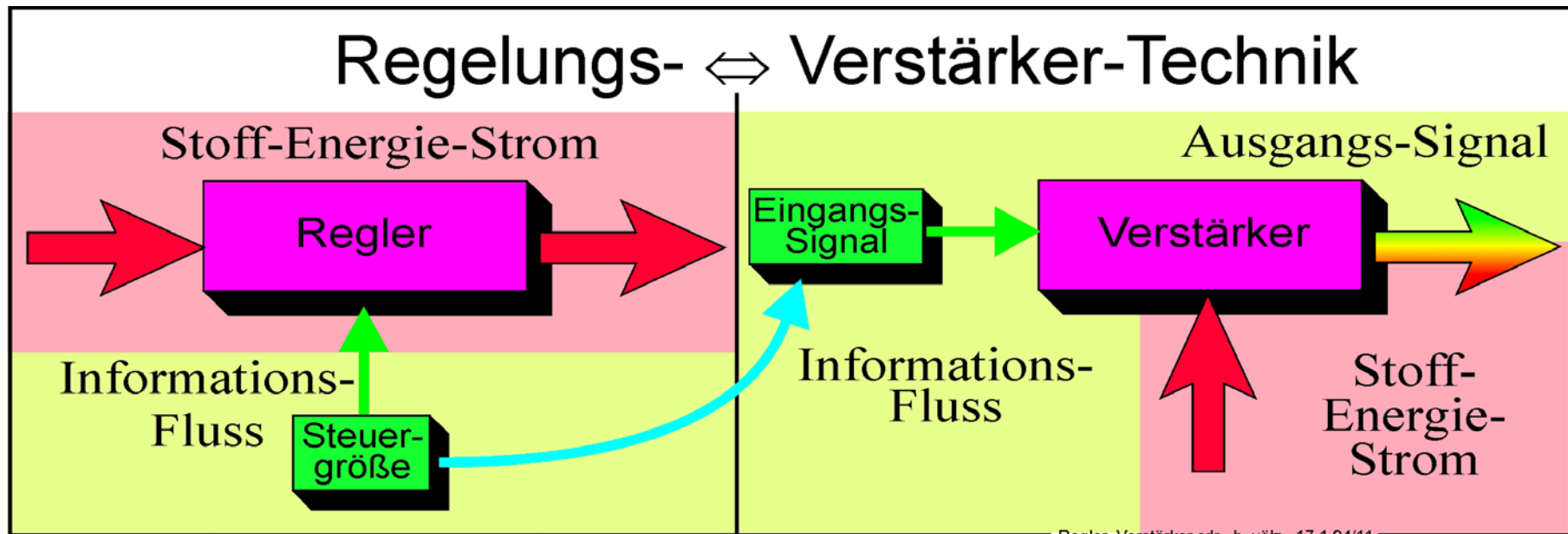
Bewirkt wird das durch die **Information**, die sehr geringe Stoff-Energie-Mengen benötigt

Ein Vergleich

Regler und Verstärker sind nur zwei verschiedene Betrachtungen desselben Inhalts

Beim **Regler** wird ein Stoff- oder Energiestrom durch eine Information beeinflusst

Beim **Verstärker** wird der Stoff oder die Energie dazu benutzt, dass die Intensität der Information größer wird



Zurück zur Kybernetik

Unglückliche Übersetzung

Zentral, jedoch fast immer stark verkürzt, ist die ins Deutsche übersetzte Aussage, S. 192 [1]

*„Als Schlußbemerkung darf ich andeuten, daß eine große **Rechenmaschine**, entweder in Form eines mechanischen oder elektrischen Gerätes oder in der Form des Gehirnes selbst, eine beträchtliche **Energiemenge** verbraucht, die insgesamt als Wärme abgegeben und verschwendet wird. Das Blut, das das **Gehirn** verläßt, ist ein Bruchteil eines Grades wärmer als jenes, das in das Gehirn eintritt. Keine andere Rechenmaschine erreicht die Wirtschaftlichkeit des Gehirnes. In einer großen Maschine wie der Eniac oder Edvac verbrauchen die Heizdrähte der Röhren einen Energiebetrag, der gut in Kilowatt gemessen werden kann, und wenn nicht hinreichende Ventilations- und Kühlvorrichtungen vorgesehen sind, wird das System unter etwas leiden, was das mechanische Äquivalent zum Fieber ist, bis die Konstanten der Maschine durch die Wärme radikal geändert werden und ihre Funktion zusammenbricht. Trotzdem ist die Energie, die für die einzelne Operation verbraucht wird, beinahe verschwindend gering und bildet sogar nicht einmal ein angemessenes Maß der Funktion selbst. Das mechanische Gehirn scheidet nicht Gedanken aus »wie die Leber ausscheidet«, wie frühere Materialisten annahmen, noch liefert sie diese in Form von Energie aus, wie die Muskeln ihre Aktivität hervorbringen. **Information ist Information, weder Materie noch Energie**. Kein Materialismus, der dieses nicht berücksichtigt, kann den heutigen Tag überleben.“* (Hervorhebungen H. V.)

Original „**Information is information, not matter or energy**“ (1948, p. 155) bzw. (1961, p. 132) wurde leider **unglücklich übersetzt**. Hierauf wies ich 1982 im Vorwort [2] hin: **Matter** Gegenstand, Angelegenheit, Sache, Thema, von Bedeutung sein, Inhalt, Stoff, Substanz, Satz, Ding, Grund. Gemäß dem Kontext ist **Stoff** korrekt

Kalter Krieg! ⇒ Widerlegungsversuch des dialektischen Materialismus bzgl.: Materie ⇔ Bewusstsein [3]

Inhaltlich korrekt gilt

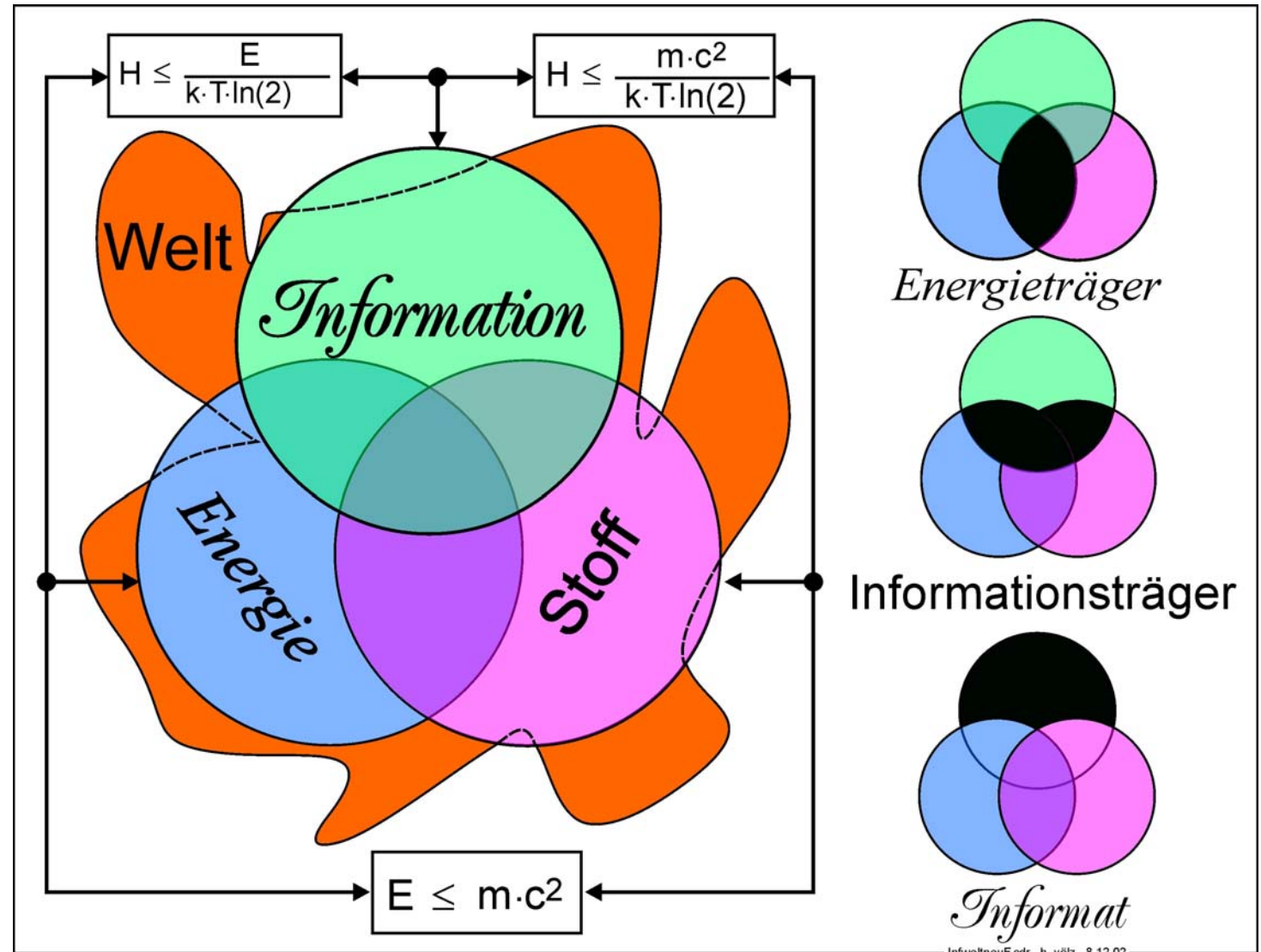
Stoff, Energie und Information sind drei Modelle der Welt

Stoff existiert unmittelbar

Energie und **Information**
benötigen einen Träger

Information besteht aus
1. dem stofflich energie-
tischem **Träger** und
2. dem im Empfangs-
system bewirkten
Informat

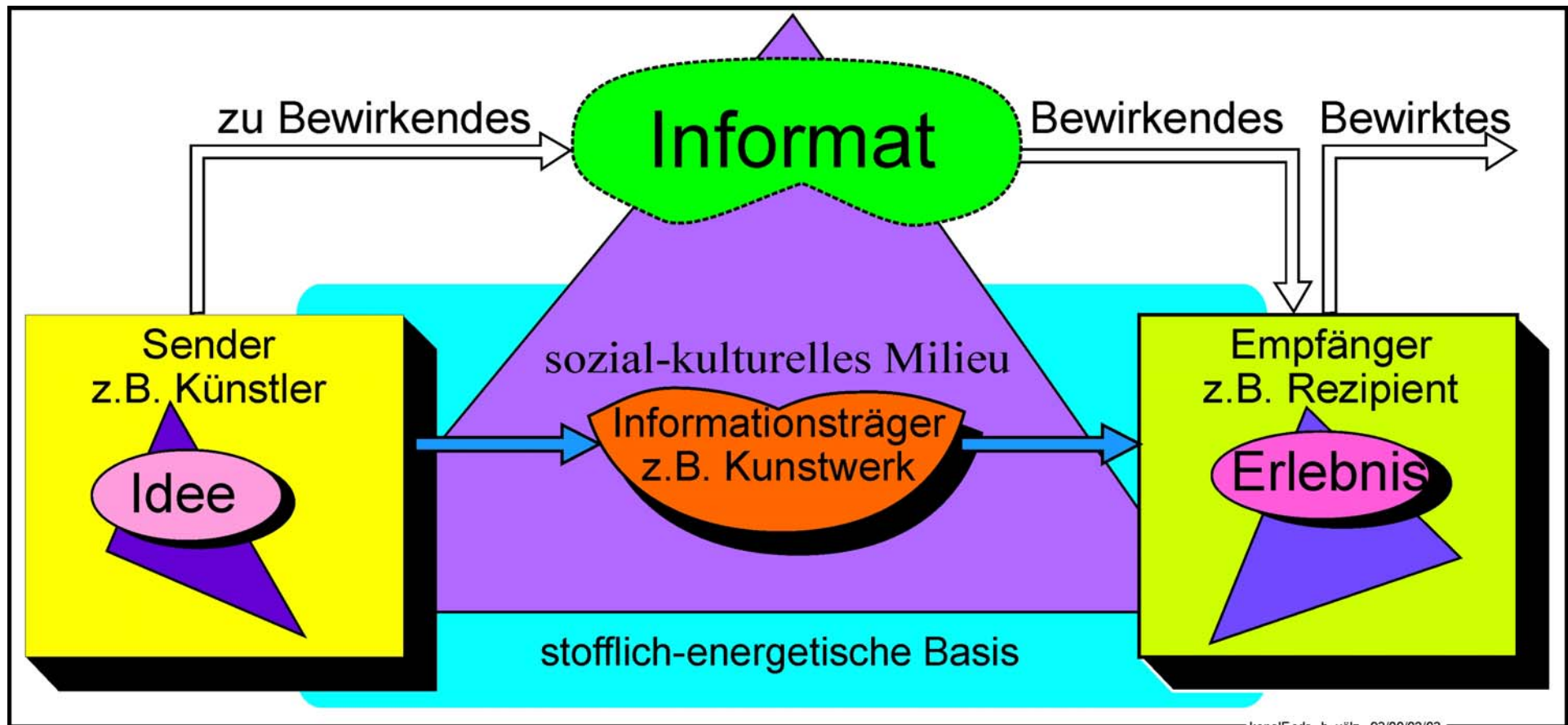
Doch was ist das
Informat?

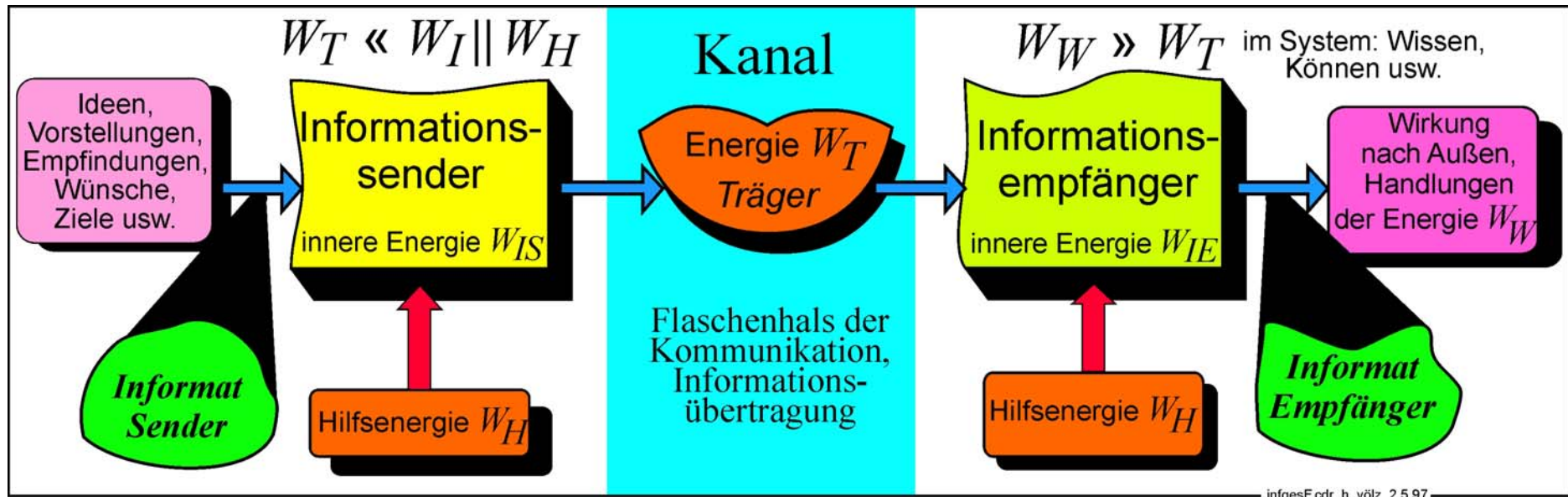


In der menschlichen Gesellschaft ergründet sich das Informat auf **Übereinkünfte und Sozialisierung**

Es wird erst **im Empfangssystem** durch den Informationsträger **erzeugt**

Eigenschaften des Empfangssystems legen fest, was mittels eines Informationsträgers möglich ist





Für den Auslöseeffekt interessiert **nur der rechte Teil** hinter dem Kanal

Der **Informations-Träger** kommt über den Kanal zum **Empfangssystem**

In ihm wird dadurch der **Auslöse-Effekt** mittels innerer und Hilfs-Energie wirksam

So tritt das **Informat** als „**verstärkte**“ **Wirkung** auf

1. Einführung und Problem

2. Verstärker

3. Schwingungserzeuger

4. Auslöseeffekt, Kybernetik

5. Schlussfolgerungen

Versuch einer Zusammenfassung

- **Auslösung**, einmalige direkte Wirkung
- **Verstärkung**, gesteuerte Vorgänge, Signale
- **Schwingungen**, automatisch ablaufendes Geschehen

erleben wir häufig, sie sind uns daher **äußerst vertraut** und erscheinen daher **selbstverständlich**

Wir können sie **beschreiben** aber **nicht erklären**

Ohne sie gäbe es **keine Evolution**, keinen kulturellen und technischen **Fortschritt**

Nur sie ermöglichen, dass **mehr bewirkt** wird als zuvor einleitend **geleistet wurde**

Sie sind **Grundlage für „Gewinne“** jeglicher Art, u. a.

Entstehen von Elementarteilchen, über Moleküle, Lebewesen bis zum menschlichen Mehrwert

Z. T. sind sie auch entscheidend für eine **gerichtete Zeit**

Sie sind also **wesentlich für das Erklären unserer Welt**

Sie **widersprechen** aber zumindest dem Grundsatz der **klassischen Physik** ($\approx$ Kausalität)

Kleine Ursache $\Rightarrow$ kleine Wirkung

Teilweise widersprechen sie auch dem **2. Hauptsatz der Thermodynamik** bzgl. wachsender Entropie

Er gilt jedoch nur statistisch und für **abgeschlossene Systeme**, die drei Systeme sind aber nicht abgeschlossen

Es bleibt eine **entscheidende Frage: „wie entstehen solche Systeme?“**

Zum Entstehen der Systeme

Quanten-Fluktationen sollen beim Urknall für den ***Beginn der Welt*** wesentlich gewesen sein

Es wird dann ausschließlich eine riesige Energie angenommen, die sich gemäß $E = m \cdot c^2$ in Stoff wandelt

Dabei treten u. a. Kernfusionen auf, z. B. $H \Rightarrow He$

Sobald ***Elementarteilchen***, u. a. Elektronen, Protonen und Neutronen vorhanden sind

Können sich daraus unter Energiegewinn ***Atome und Moleküle*** bilden

Sie können sich weiter unter Energiegewinn zu ***Kristallen*** zusammenfügen

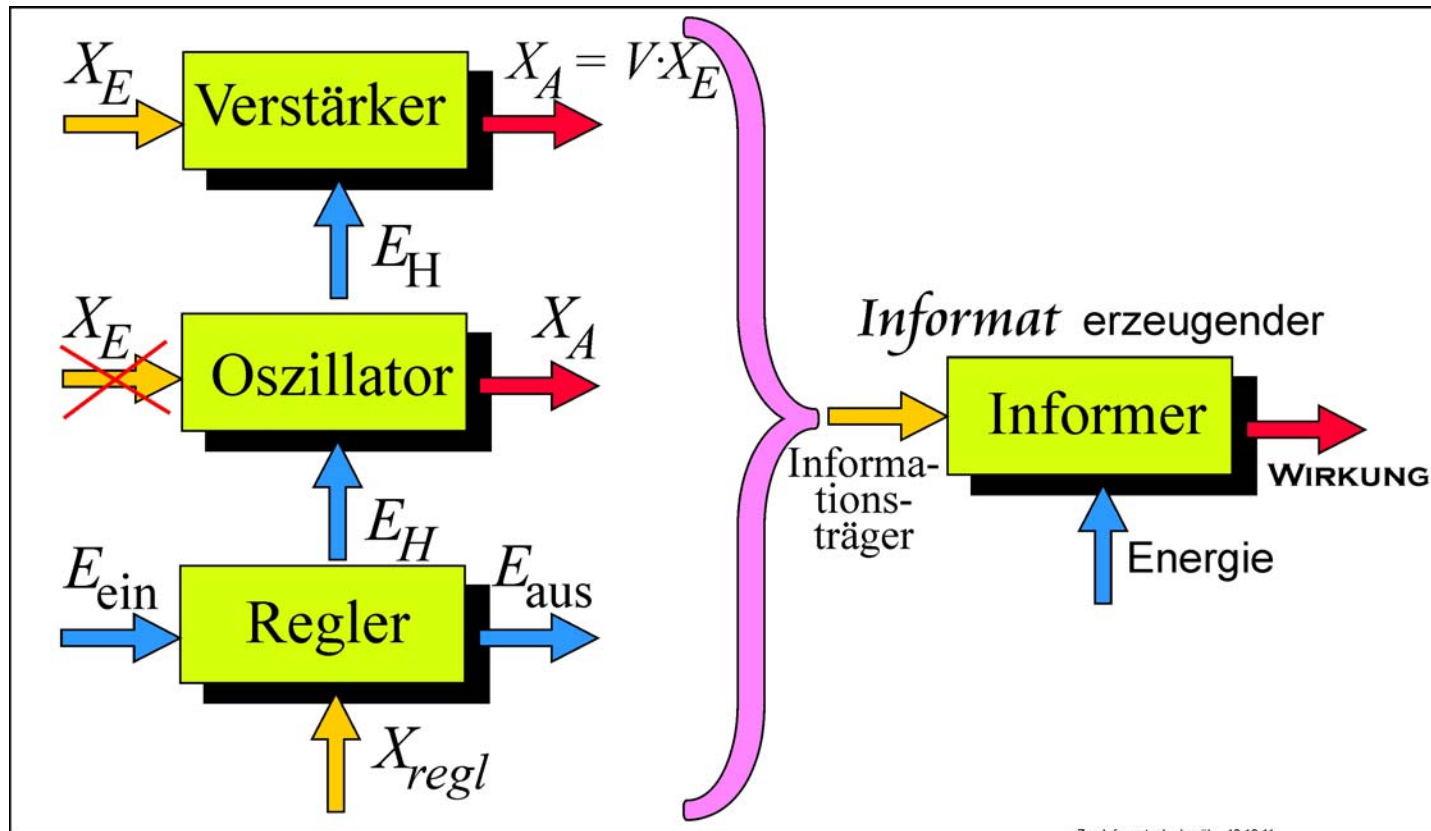
Bereits bei all diesen „Vorgängen“ müssten derartige Systeme entstehen und existieren

Der ***Mensch kann erfahrungsgemäß und systematisch geeignete Systeme antizipieren,***
dann bauen und benutzen

Die Entwicklung von ***Röhre und Transistor*** zeigt jedoch, wie ***schwierig*** das sein kann

Die Vergabe der entsprechenden ***Nobel-Preise*** macht das sehr deutlich

Vorschlag zur Zusammenfassung der drei „Effekte“



So ergäbe sich vielleicht zum *Modell Information* eine **objektive Realität für das Informat**

Insgesamt verbleibt *Unbehagen*

Es gibt (z. Z.) **keine allgemeingültige Basis**, ähnlich der Gravitation
für Verstärker, Oszillatoren und Regler

und damit wohl auch Information.



Literatur

- [0] aes.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/Verstärker.pdf vom 27.2.11
- [1] Wiener, N.: "Cybernetics or control and communication in the animal and the machine" Hermann, Paris 1948
„Regelung und Nachrichtenübertragung in Lebewesen und in der Maschine“, Econ - Verlag, Düsseldorf - Wien 1963, dito
Econ - Verlag, Düsseldorf - Wien - New York - Moskau, 1992
- [2] Völz, H.: „Information I – Studie zur Vielfalt und Einheit der Information“. Akademie Verlag, Berlin 1982
- [3] Völz, H.: „Ist Kybernetik nur noch Nostalgie?“ In: Abhandlungen der Leibniz-Sozietät, Band 11. Georg Klaus zum 90. Geburtstag. trafo verlag Berlin 2004, S. 73 – 83
- [4] Schmidt; H.: „Regelungstechnik. Die technische Aufgabe und ihre wirtschaftliche, sozialpolitische und kulturpolitische Auswirkung“. Z. Verein Deutscher Ingenieure 85 (25.1.1941) Nr. 4; 81 - 88
- [5] Völz, H.: Wissen - Erkennen - Information. Allgemeine Grundlagen für Naturwissenschaft, Technik und Medizin. Shaker Verlag, Aachen 2001; *dito*:. Digitale Bibliothek Bd. 159, Berlin 2007
- [6] Haruth, W. u. Claassen, M.: „Aktive Mikrowellendioden“. Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York 1981
- [7] Völz, H.: „Beitrag zum Verstärker mit extrem kleinem Innenwiderstand“. Frequenz 13 (1959) 7, 212 - 222
- [8] Völz, H.: „Elektronik - Grundlagen - Prinzipien - Zusammenhänge“. 5. Aufl. Akademie Verlag, Berlin 1989
- [9] Möller, H.: „Physik des Schaukelns und parametrische Verstärkung“, aus: „Wege in der Physikdidaktik“. Band 2. Verlag Palm & Enke, Erlangen 1991 von www.solstice.de, download am 2.2.11
- [10] Klages, L.: „Vom Wesen des Rhythmus“. Niels Kampmann Verlag, Kampen 1934
- [11] Völz, H.: „Das Mensch - Maschine - System“. Expert-Verlag, Renningen - Malsheim 1999

Für die **Zeitkurven** von Begriffen: downloads mit entsprechenden Eingaben 2.2.- 20.4.11
<http://www.culturomics.org/home> und <http://ngrams.googlelabs.com/graph>

Vertiefung zur Kybernetik: [aes.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/ als Information1.pdf](http://aes.cs.tu-berlin.de/voelz/PDF/als%20Information1.pdf), [Kybernetik.pdf](#) und [InforKybern.pdf](#)