

Elektromagnetische Felder und Wellen

1. Von der Wissenschaft zur Technik
2. Die Vollendung des Elektromagnetismus durch Maxwell
3. James Clerk Maxwell – Leben und Persönlichkeit
4. Elektromagnetische Wellen und die Natur des Lichts
5. Heinrich Hertz – Leben und Persönlichkeit
6. Die Vorstellung vom Äther als Beispiel für falsche Anschaulichkeit
7. Auf dem Weg zur Vereinheitlichung der Physik

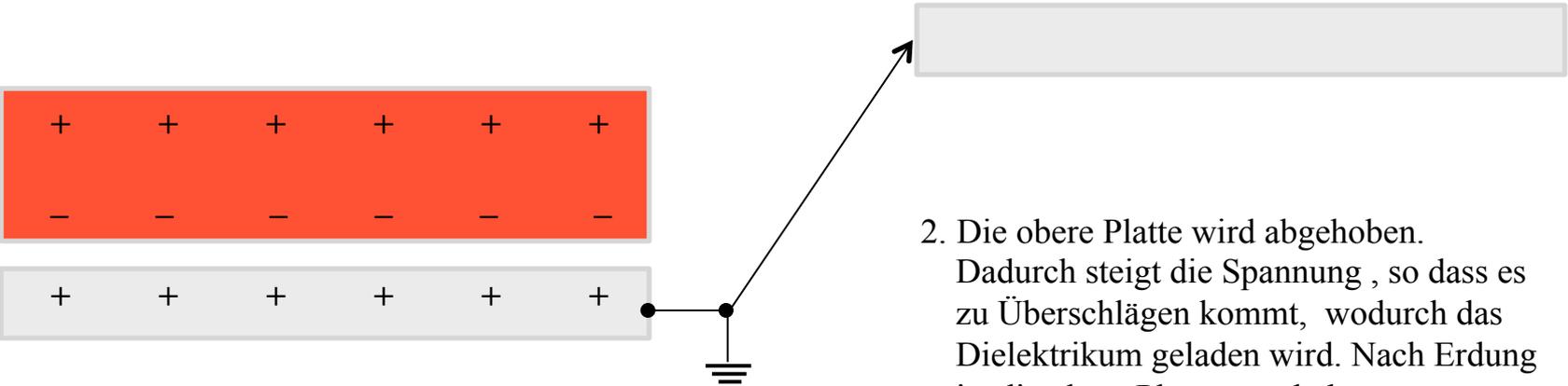
Probleme beim Entladen eines Kondensators?

1.



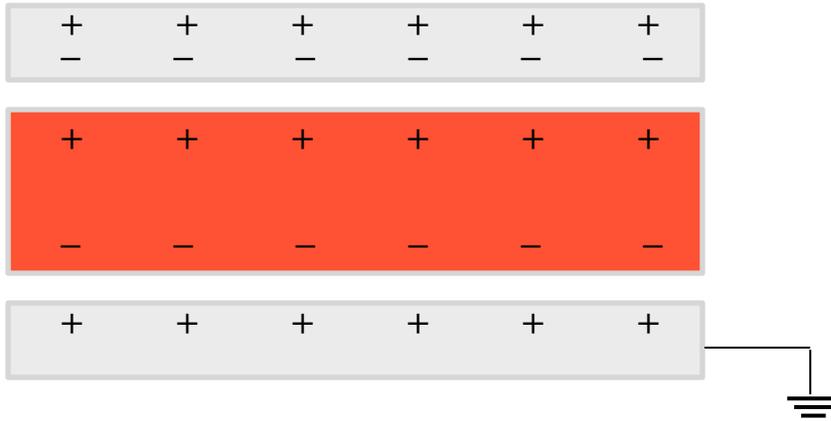
1. Der Kondensator wird auf 25 kV aufgeladen, die untere Platte ist geerdet, auf dem Dielektrikum befinden sich keine zusätzlichen Ladungen.

2.



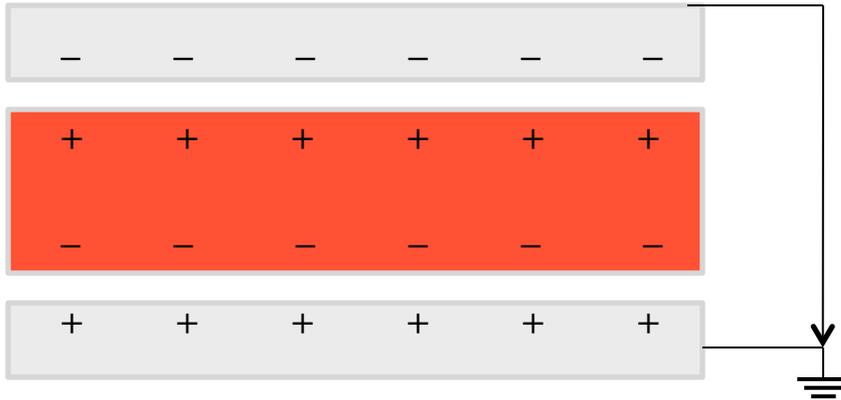
2. Die obere Platte wird abgehoben. Dadurch steigt die Spannung, so dass es zu Überschlügen kommt, wodurch das Dielektrikum geladen wird. Nach Erdung ist die obere Platte ungeladen.

3.



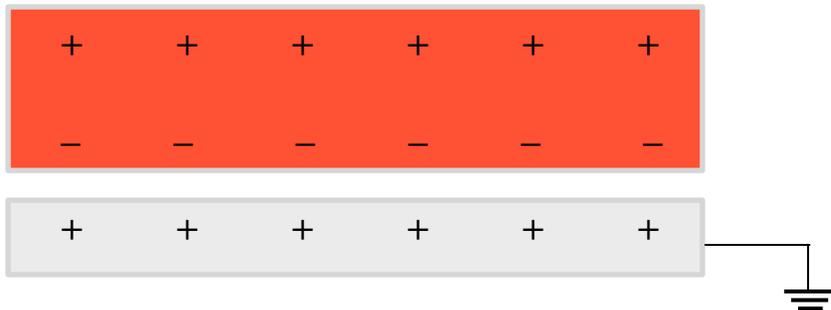
3. Bringt man die obere Platte zurück, so findet auf ihr durch Influenz eine Ladungstrennung statt.

4.



4. Verbindet man die obere Seite der oberen Platte mit der Erde, so fließt die positive Ladung ab, wobei ein Funke entsteht. Die negative Ladung der Platte wird durch die obere Ladung des Dielektrikums festgehalten.

5.



5. Entfernt man die obere Platte vom Dielektrikum, so kann man durch Entladung eine negative Ladung feststellen.

Von der Wissenschaft zur Technik

- Ab 1800 polytechnische Schulen (Paris 1794, Berlin 1821, Karlsruhe 1825, München 1827, Hannover 1831)
- Ab 1850 Überseekabel für die Telegrafie
- 1866 Erfindung des selbsterregenden Dynamos als Grundlage des Generators
- 1879 Erste elektrische Lokomotive durch Siemens
- 1882 Erstes Kraftwerk in den USA durch Edison
- 1909 Physik-Nobelpreis an Ferdinand Braun und Guglielmo Marconi für die Erfindung der drahtlosen Telegrafie

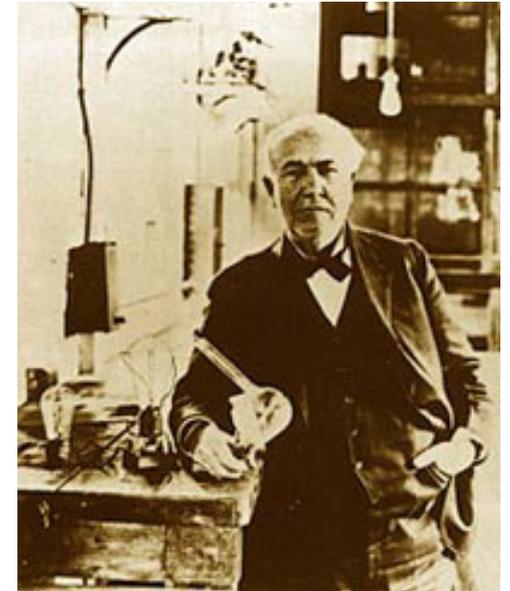
Große Erfinder des 19. Jahrhunderts



Samuel Morse (1791 – 1872)

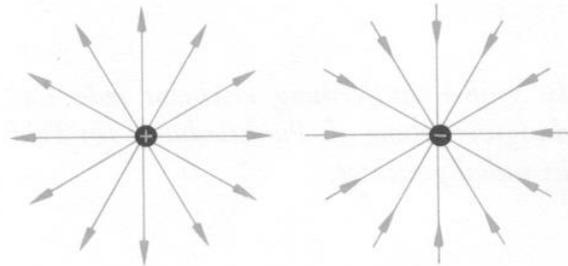


Werner von Siemens (1816 – 1892)

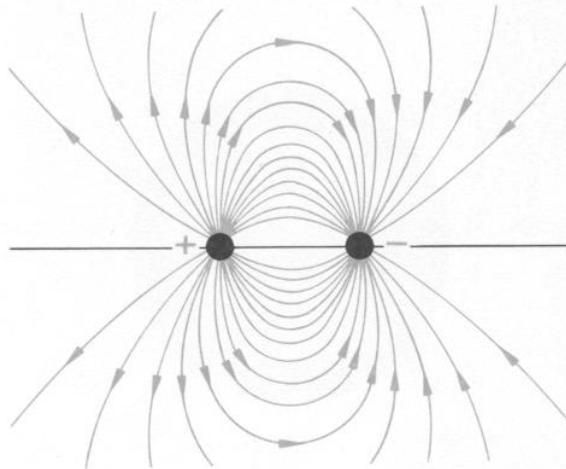


Thomas Edison (1847 – 1931)

Bilder elektrischer Feldlinien um statische Ladungen



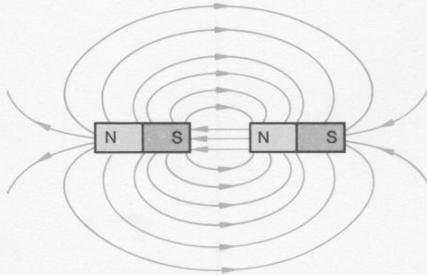
*Das Feldlinienbild für eine
positive Ladung negative Ladung*



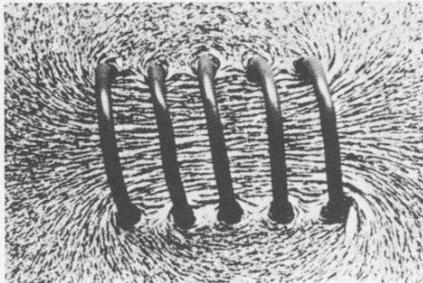
*Das Feldlinienbild einer positiven und einer
negativen Ladung in geringem Abstand
(Dipol)*

Zugehörige Maxwellgleichung: $\text{div } \mathbf{E} = \rho/\epsilon_0$

Bilder magnetischer Feldlinien



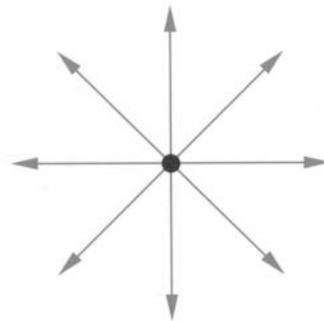
Denken wir uns einen Stabmagneten in zwei Teile geschnitten, so sehen wir, daß die Feldlinien auch in seinem Inneren den Feldlinien von Kreisströmen entsprechen.



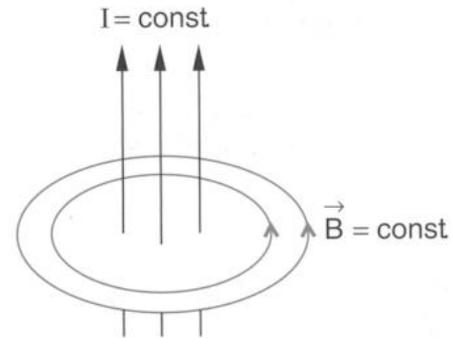
Im Inneren einer langen Spule herrscht ein homogenes Magnetfeld. Es kann zu Präzisionsmessungen dienen.

Zugehörige Maxwellgleichung: $\operatorname{div} \mathbf{B} = 0$

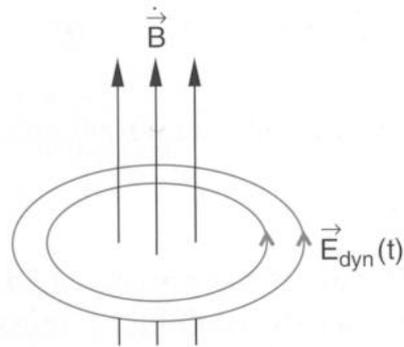
Maxwellgleichungen



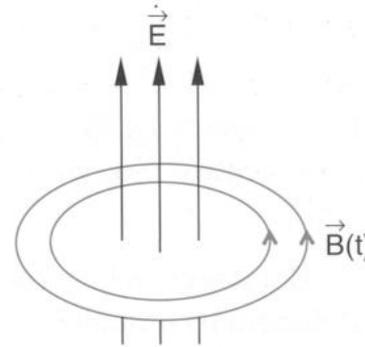
$\vec{E}_{\text{stat}}(q)$



$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{j}$

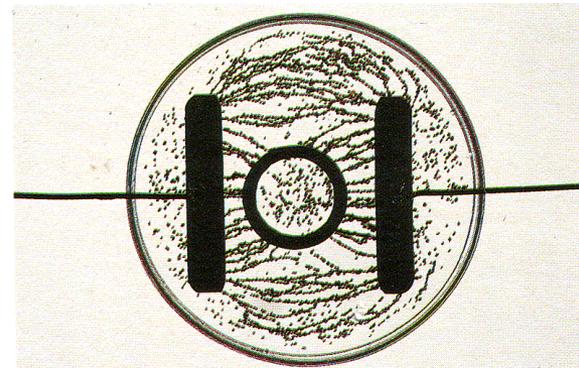
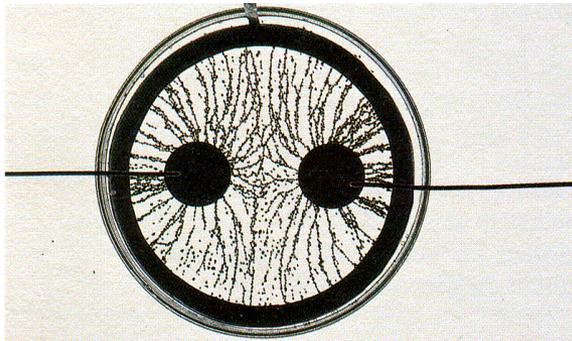
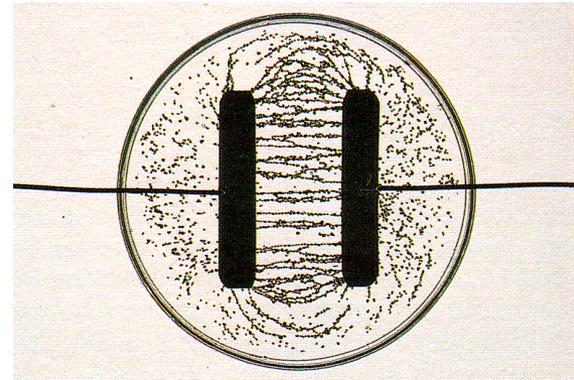
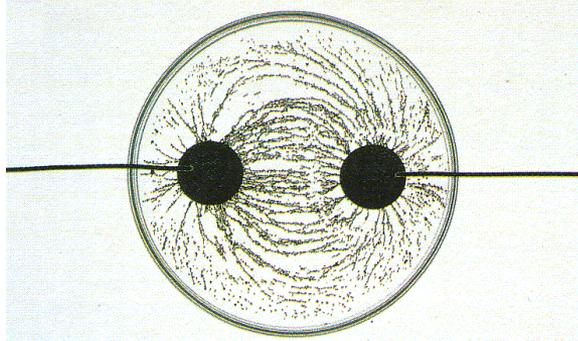
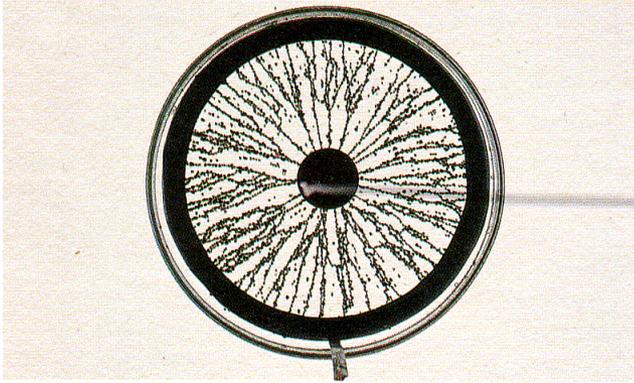


a) $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \neq 0; \text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$



b) $\frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \neq 0; \text{rot } \vec{B} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

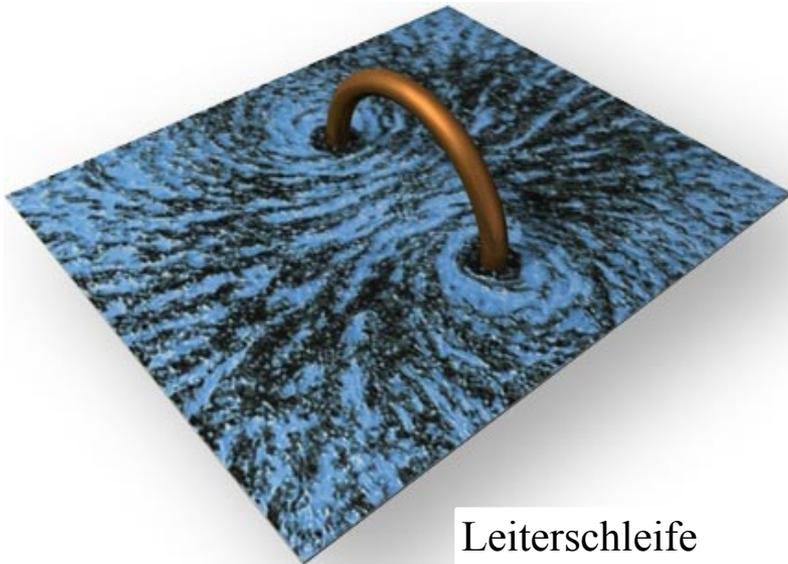
Elektrische Feldlinien



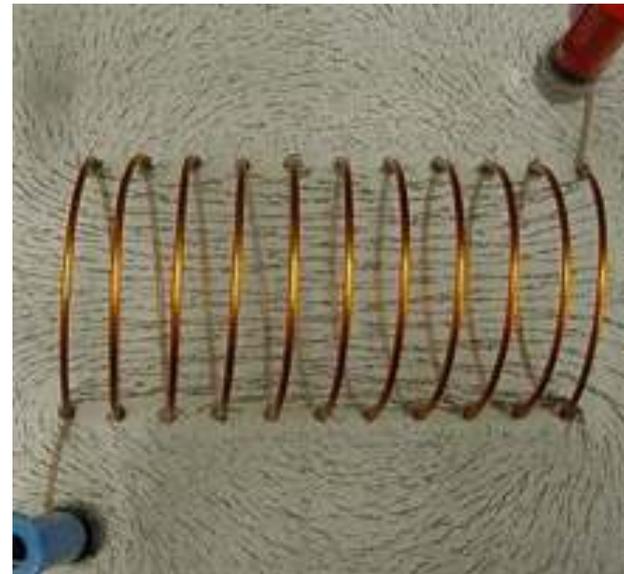


Geradliniger Leiter

Magnetfelder stromdurchflossener Leiter

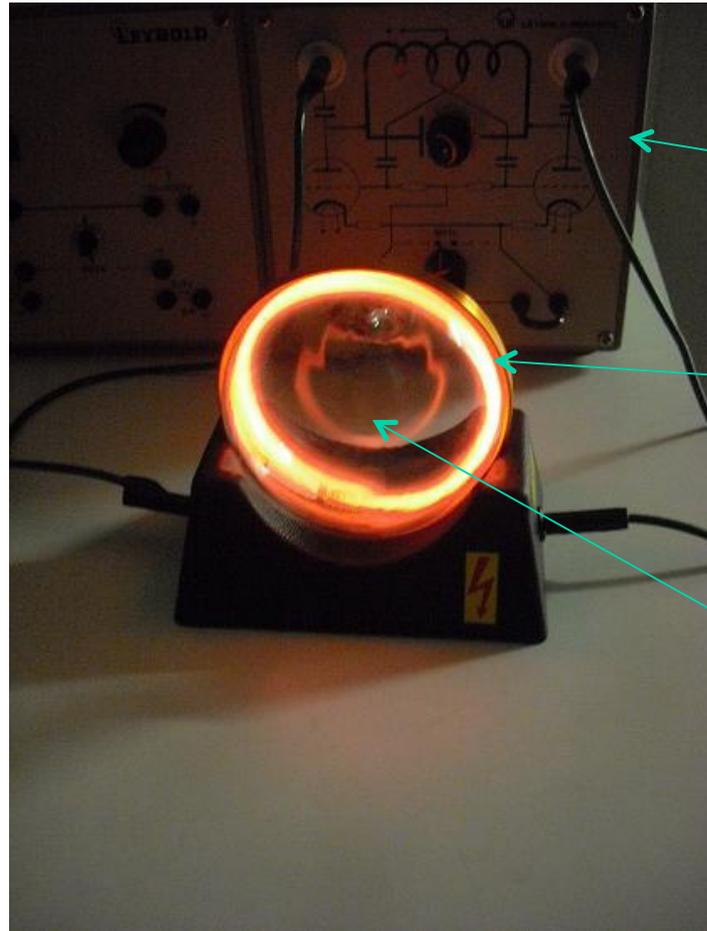


Leiterschleife



Spule

Elektrodenlose Ringentladung



Hochfrequenzgenerator

Spule mit 4 Windungen

Mit Edelgas gefüllte Glaskugel



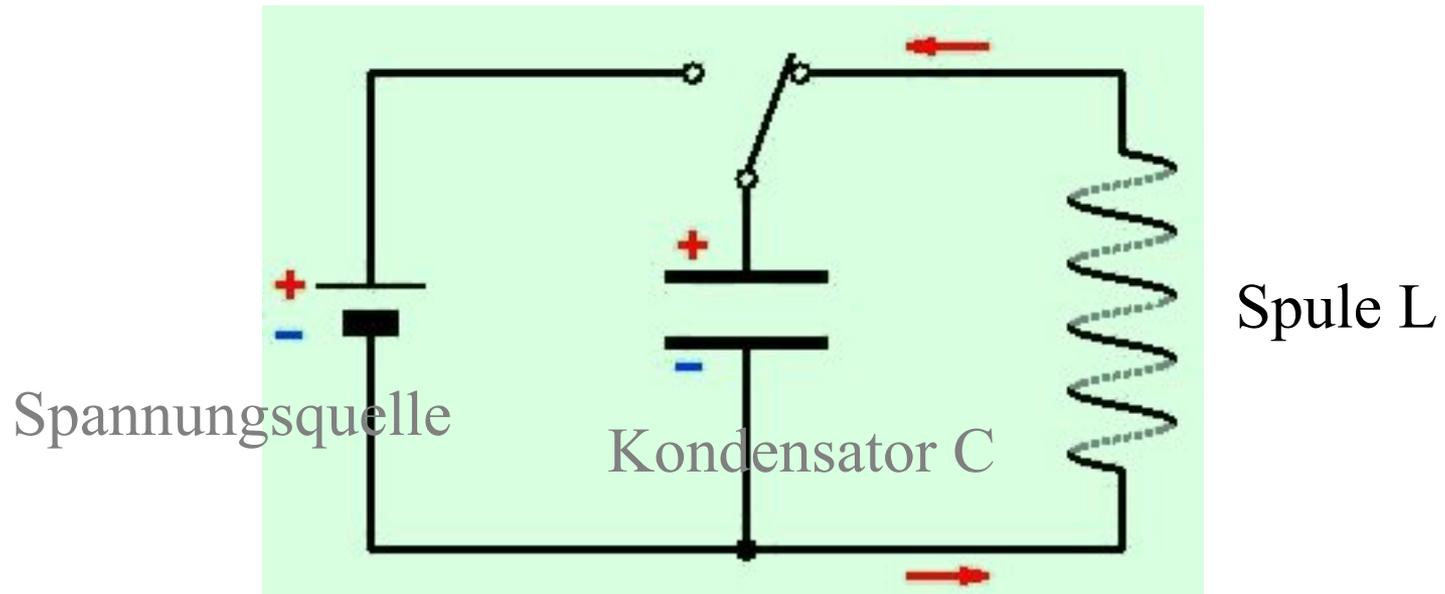
James Clerk Maxwell (1831 – 1879)

- 1831 geboren in Edinburgh in eine begüterte und gebildete Familie
- 1847 Studium der Mathematik, Philosophie und Physik, zunächst in Edinburgh, später in Cambridge
- 1855 Beginn seiner Arbeiten zur Elektrizitätslehre
- 1860 Professor für Naturphilosophie am King's College in London
- 1873 Veröffentlichung seines Hauptwerks „Treatise on electricity and magnetism“
- 1870 Cavendish-Professor in Cambridge
- 1879 Tod in Cambridge

"From a long view of the history of mankind - seen from, say, ten thousand years from now - there can be little doubt that the most significant event of the 19th century will be judged as Maxwell's discovery of the laws of electrodynamics"

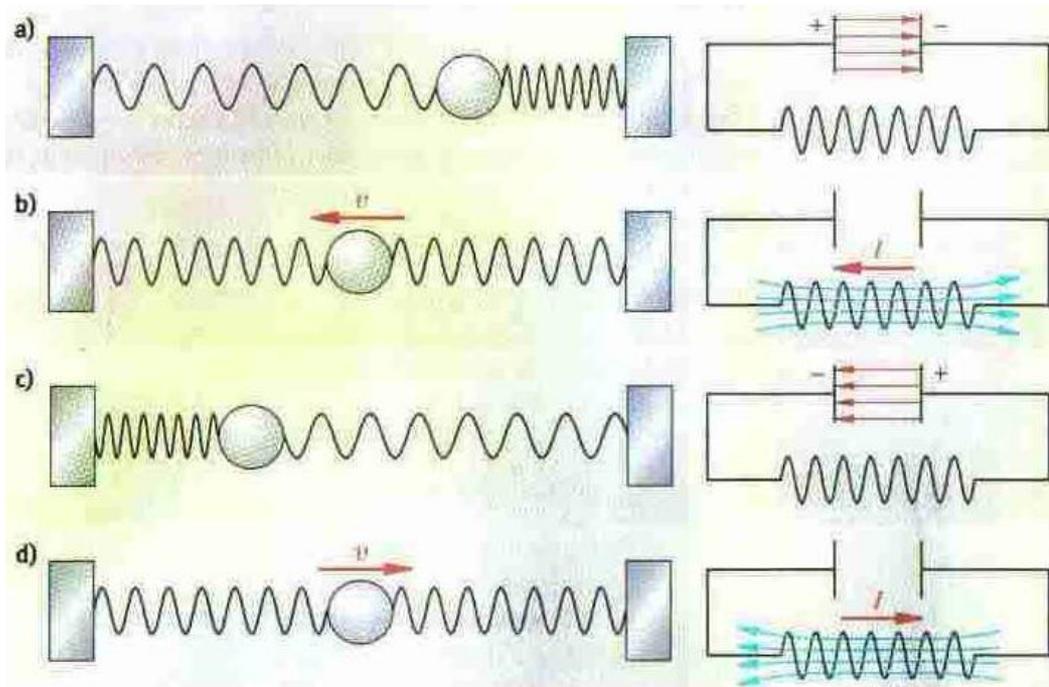
Richard P Feynman

Elektromagnetischer Schwingkreis

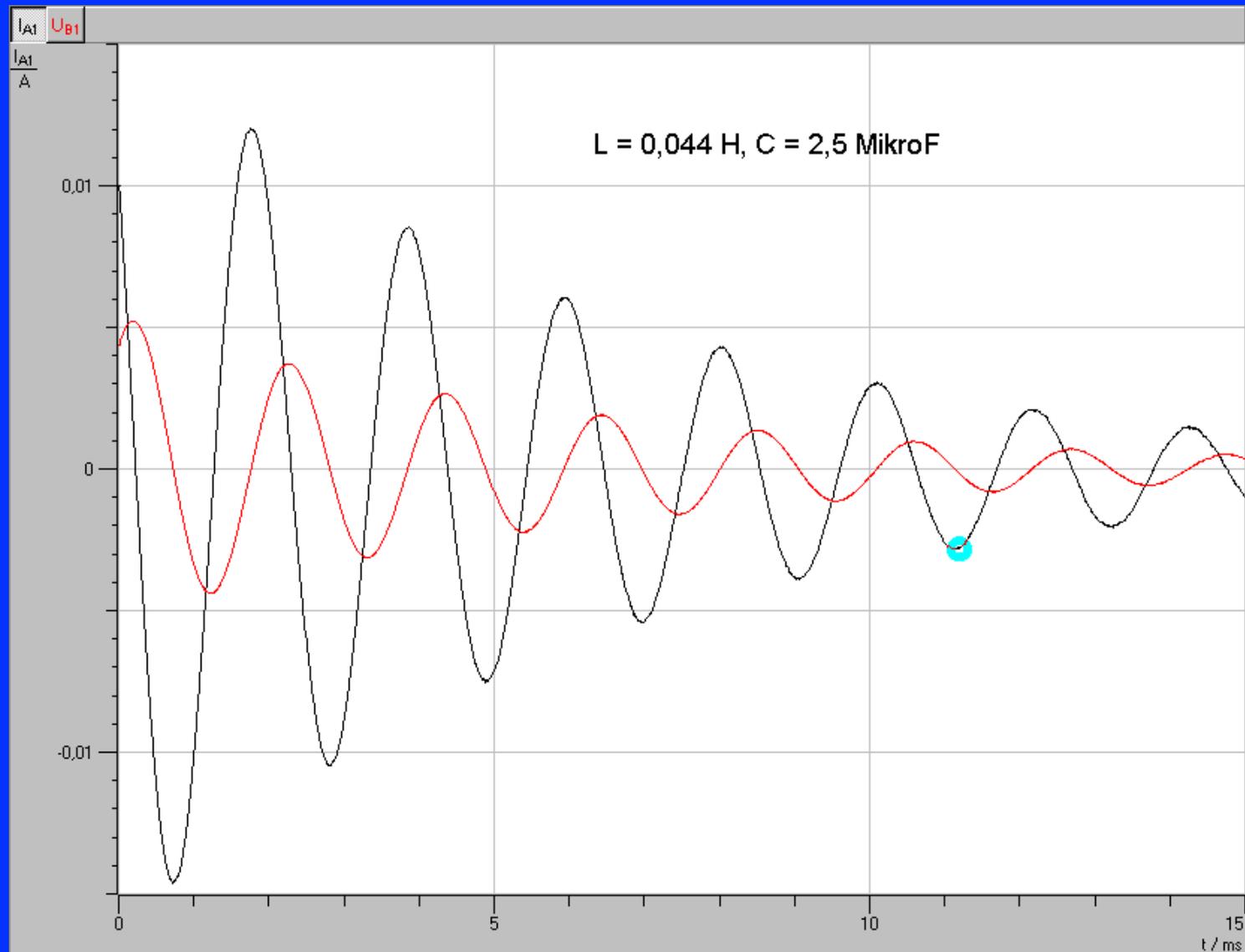


Ein Applet findet man unter folgender Adresse:
<http://www.walter-fendt.de/ph14d/schwingkreis.htm>

Vergleich zwischen einer mechanischen und einer elektromagnetischen Schwingung

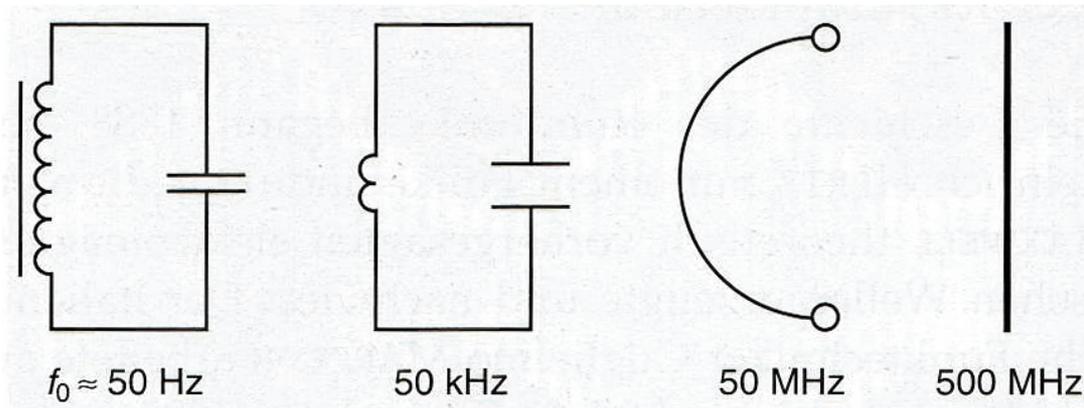


Gedämpfte elektromagnetische Schwingung

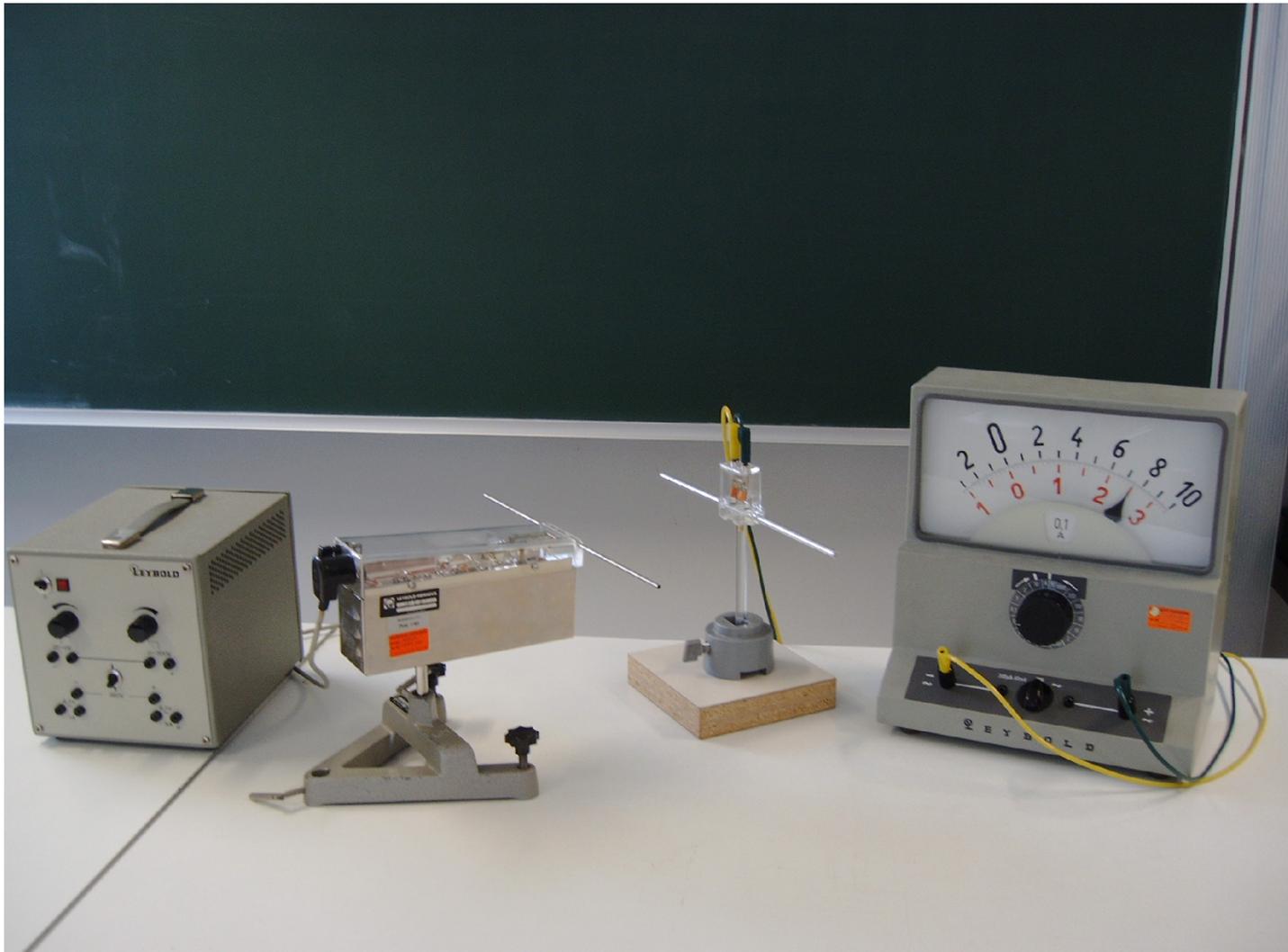


Elektromagnetische Schwingkreise

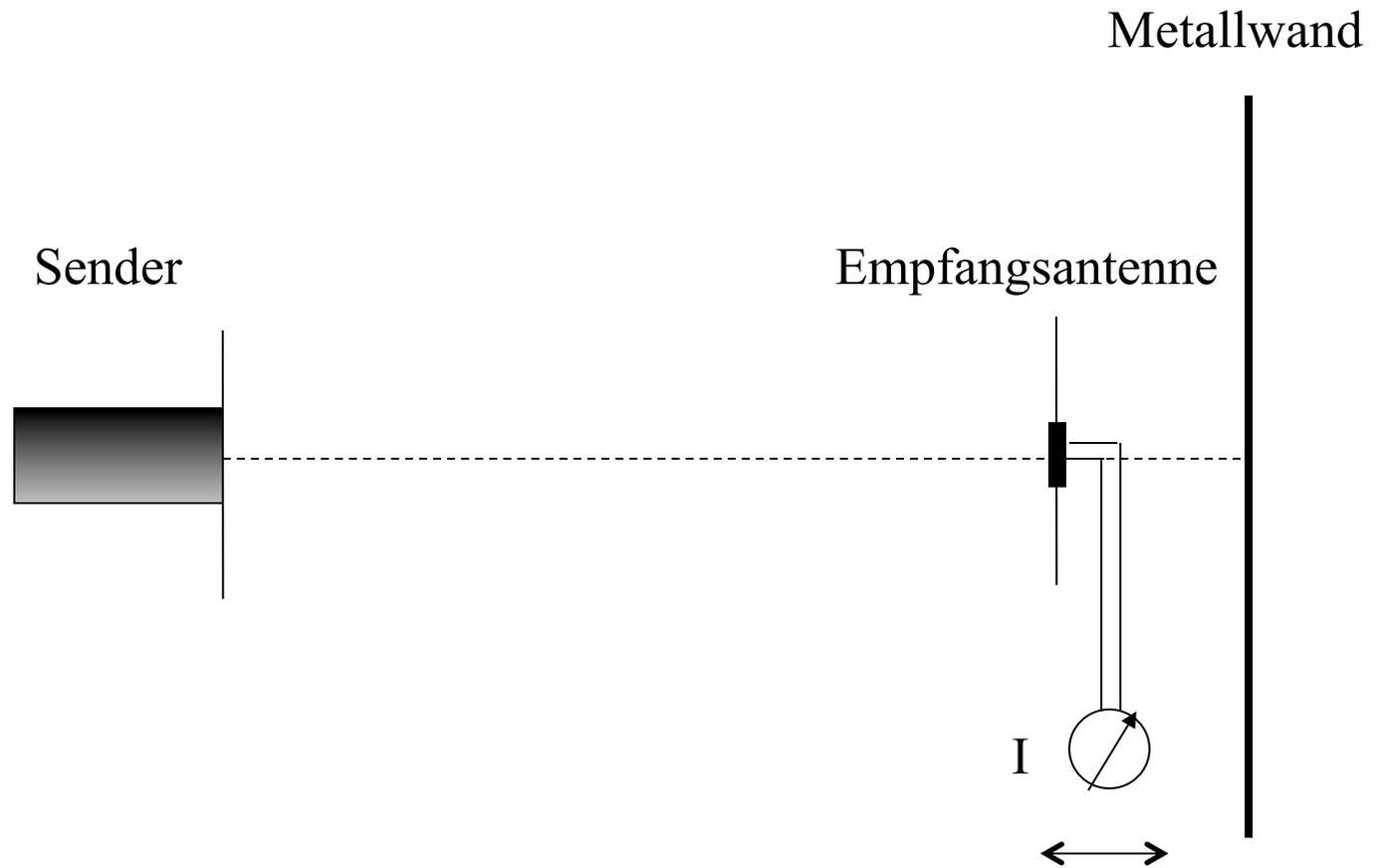
Übergang zu höheren Frequenzen



Dezimeterwellen – Sender und Empfänger



Messung der Wellenlänge von Dezimeterwellen





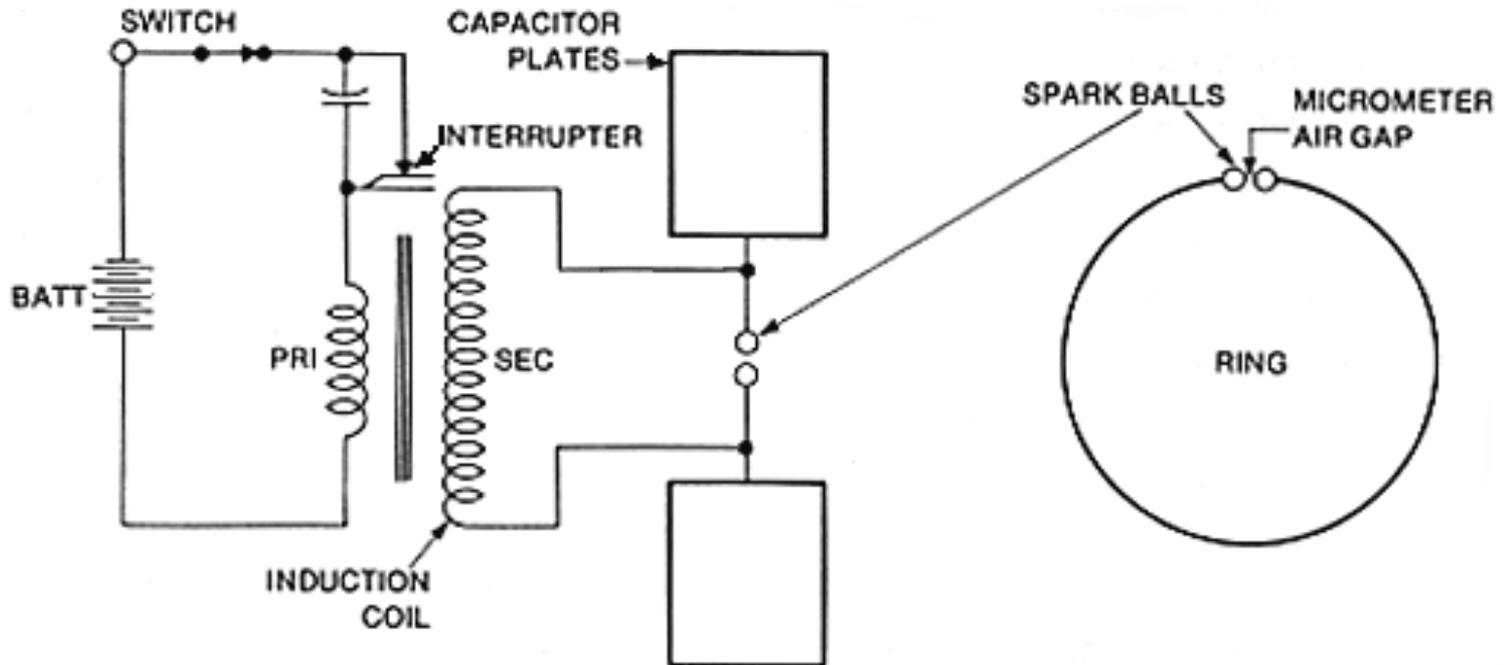
Heinrich Hertz (1857 -1894)

- 1857 geboren in Hamburg in eine großbürgerliche Familie jüdischer Abstammung
- 1876 Studium der Mathematik und Physik, zunächst in München, dann in Berlin
- 1885 Professor an der Technischen Hochschule in Karlsruhe, Entdeckung der elektromagnetischen Wellen
- 1889 Professor an der Universität Bonn
- 1894 schon mit 36 Jahren in Bonn gestorben

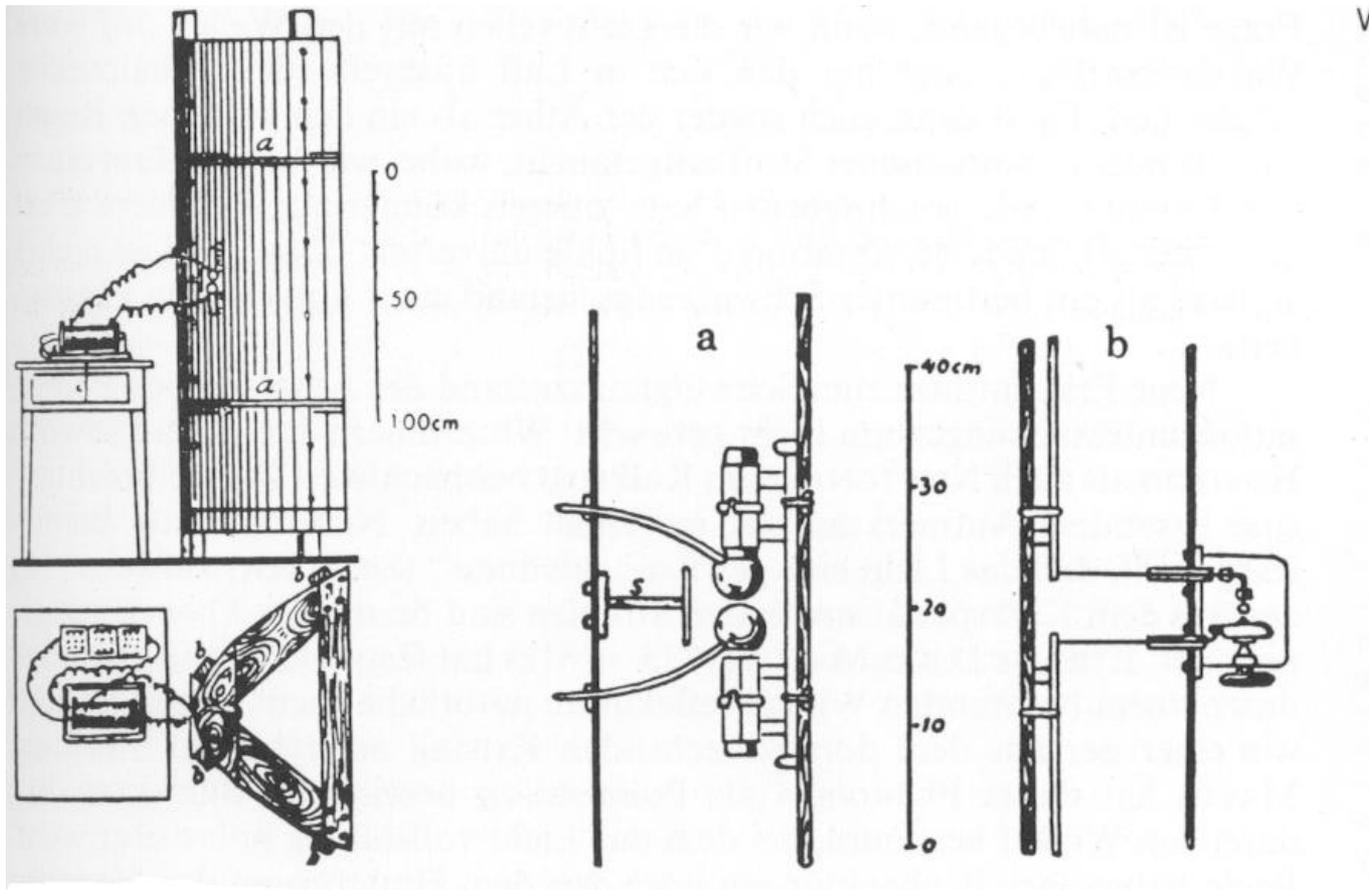
„Ich glaube nicht, dass die von mir entdeckten drahtlosen Wellen irgendeine praktische Anwendung finden werden.“

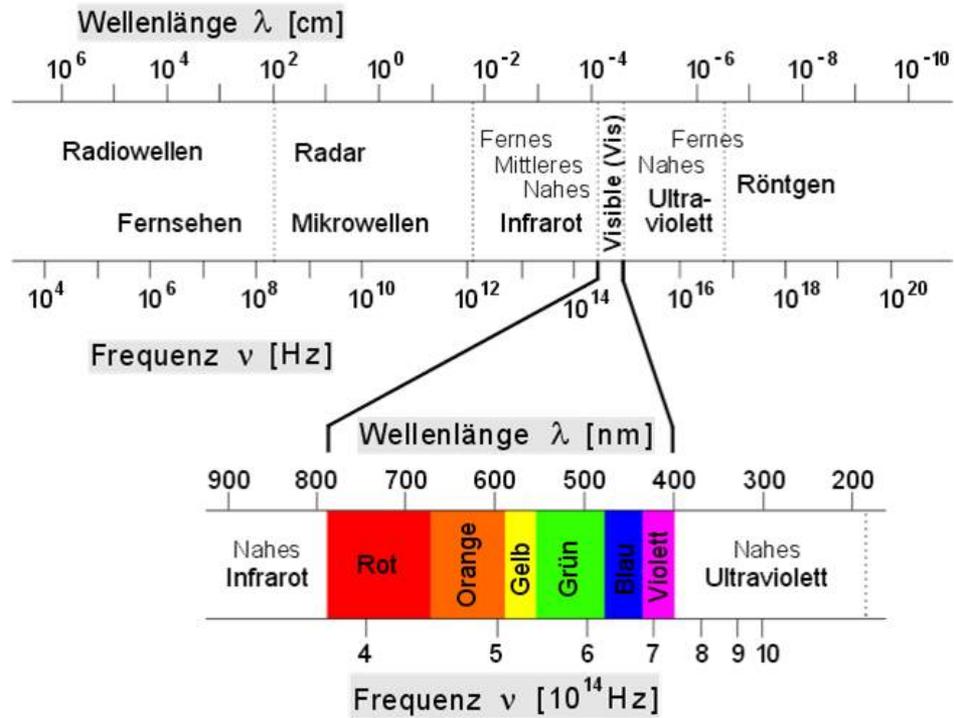
Heinrich Hertz

Schaltplan der Hertzschen Apparatur

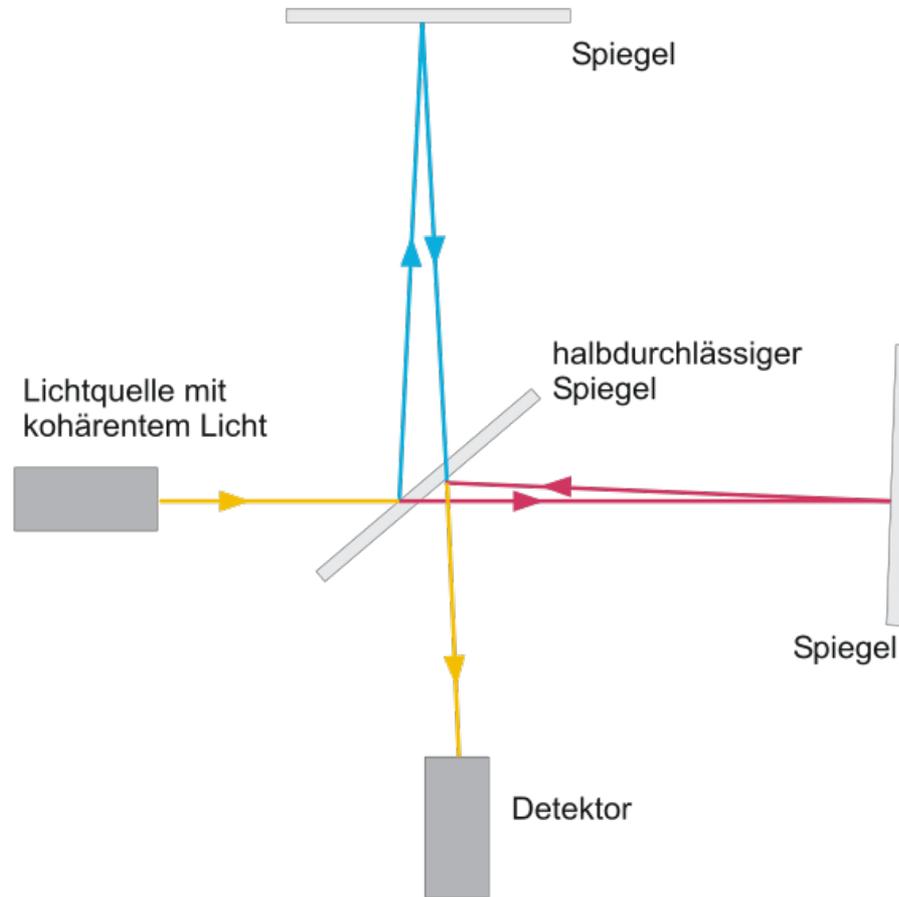


Hertz'sche Apparatur zur Erzeugung und zum Nachweis elektromagnetischer Wellen





Michelson-Experiment zum Nachweis der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit



Auf dem Weg zur Vereinheitlichung der Physik

- 1820 Oersted entdeckt den Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus
- 1862 Durch die Maxwellsche Theorie werden die Phänomene der Elektrizität, des Magnetismus und des Lichtes gemeinsam erklärt.

Einstein versucht vergeblich, die Gravitation und den Elektromagnetismus in einer Theorie zusammenzufassen.
- 1979 Abdus Salam und Stephen Weinberg erhalten den Nobelpreis für die Entdeckung der elektroschwachen Wechselwirkung, einer Zusammenführung des Elektromagnetismus und der schwachen Wechselwirkung