

## Heinrich Hertz (1857 bis 1894):

Die bahnbrechenden Ergebnisse seiner Arbeiten an der Technischen Hochschule Karlsruhe und die Veröffentlichung "**Über Strahlen elektrischer Kraft**" in den Sitzungsberichten der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom 13. Dezember 1888

von Prof. Dr.-Ing. Volker Krebs

---

Karlsruhe, Dienstag, 22. Mai 2012

**Heinrich Hertz**, geboren am 22.02.1857 (gestorben am 01.01.1894) gehört zu den weltweit größten Physikern. Er ist der bedeutendste Forscher der an der damaligen Technischen Hochschule Karlsruhe, dem heutigen KIT, von 1885 bis 1889 als Ordinarius für Physik und Nachfolger von **Ferdinand Braun** gelehrt hat.

Sein Freund, Förderer und Lehrer in Berlin, **Hermann von Helmholtz**, schrieb über ihn:

*Er war ein Geist, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des logischen Denkens fähig war, wie der größten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene.*

### Das Physikalische Problem:

1. Es existierte damals bereits die **Maxwellsche Theorie der Elektrodynamik** und die an sie anknüpfende Lichttheorie. Das war, von **Faraday** ausgehend, die sogenannte **Nahewirkungstheorie**, nach der elektrische und magnetische Kräfte zwischen Körpern durch das zwischen den Körpern befindliche Medium (im leeren Raum den sogenannten Äther) vermittelt wird und mit endlicher Geschwindigkeit erfolgen sollte.
2. Ältere Theorien (**Wilhelm Weber**) auf dem Kontinent vertraten die **Fernwirkungstheorie**, nach der die elektrischen und magnetischen Kräfte, den Raum überspringend, unvermittelt von einem Körper auf einen anderen übertragen werden, so dass ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit unendlich groß sein muss. Diese Theorie war orientiert an der Newtonschen Mechanik.

### Die zu findende Lösung:

Die Entscheidung zwischen der Fern- und der Nahewirkungstheorie, gleichbedeutend mit der Beantwortung der Frage, ob die elektromagnetischen Wirkungen sich mit endlicher Geschwindigkeit ausbreiten, war der eigentliche Zweck der Hertz'schen Versuche.

**Maxwell** hatte bereits erkannt, dass die Schwingungen eines offenen Schwingkreises von der Frequenz  $\nu$  eine elektromagnetische Welle von der Wellenlänge  $\lambda = c / \nu$  zur Folge hat, wobei  $c$  die Geschwindigkeit der Welle ist.

Nach der **Fernwirkungstheorie** galt daher für die Geschwindigkeit  $c \rightarrow \infty$ , also auch  $\lambda \rightarrow \infty$ , d.h. eine unendlich große Wellenlänge.

Die **Nahewirkungstheorie** war also gültig, wenn es gelang, Wellen von endlicher Wellenlänge nachzuweisen.

### Wesentliche Ergebnisse seiner Arbeiten

in Karlsruhe lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Heinrich Hertz hat die nach ihm benannten elektromagnetischen Wellen, die wir heute als Radio- und Mikrowellen kennen, entdeckt und im Experiment nachgewiesen.

2. Mit Hilfe von 2 Parabolspiegeln aus Blech gelang es ihm, Wellen zu reflektieren und damit stehende Wellen zu erzeugen. Er demonstrierte die Brechung der Wellen mit einem Asphaltprisma (wie mit Licht in einem Glasprisma).
3. Hiermit bestätigte er die von dem englischen Physiker J.C. Maxwell ausgearbeitete Theorie des elektromagnetischen Feldes und des Lichtes (beschrieben durch die sogenannten Maxwellschen Gleichungen) auf dem Boden der Nahwirkungstheorie.

Am 11. November 1886 gelang ihm in Karlsruhe im Hörsaal die Übertragung von elektromagnetischen Wellen vom Sender zu einem Empfänger.

Der Sender war ein **Hertz'scher Dipol mit Kugel-Funkenstrecke**, der zur Vergrößerung der Kapazität an seinen Enden Metallkugeln trug. Über einen Funkeninduktor und einen Hochspannung-Transformator wurde der Dipol zu elektromagnetischen Schwingungen angeregt. Im Prinzip wurde dieser Induktor durch eine Gleichspannungsquelle im Primärkreis gesteuert, die an- und abgeschaltet wurde. Später in der technischen Realisierung – die aber nicht von Heinrich Hertz betrieben wurde - in der drahtlosen Telegrafie vollzogen sich diese Schaltvorgänge im Takt des Morsealphabets. Beim An- und Abschalten der Batterie kam es zur Entladung an der Funkenstrecke.

Als Empfänger diente ein einfacher Drahring mit einer kleinen Unterbrechung, dessen Eigenfrequenz möglichst gut mit der Eigenfrequenz des Senders abgestimmt war. Dies war eine einfache **Rahmenantenne** mit nur einer Windung. Hertz beobachtete, dass jedes Mal, wenn zwischen dem ersten Kugelpaar des Senders ein Funke übersprang, auch in dem Empfänger Funken zu beobachten waren. Dazu musste der Hörsaal abgedunkelt werden und mittels Mikrometerschraube und Mikroskop konnten die ein hundertstel Millimeter langen Funken beobachtet werden. Bei stehenden Wellen, gelang ihm Vermessung der aufeinander folgenden Knoten und Bäuche der elektrischen und magnetischen Feldstärke im abgedunkelten Hörsaal. Die von Hertz ermittelte Wellenlänge  $\lambda$  lag bei ungefähr 1 m (**Ultrakurzwellen UKW**), dann bei 30 cm und weniger. Das sind in heutigem Sprachgebrauch **Mikrowellen**.

Damit war auch die elektromagnetische Lichttheorie äußerst wahrscheinlich gemacht. Der Nachweis gelang, indem Hertz zeigte, dass sich die elektromagnetischen Wellen wie Lichtwellen verhielten, indem er im Experiment nachwies, dass sie den Reflexions- und Brechungsgesetzen gehorchten und am Rande von Hindernissen gebeugt wurden.

Diese Experimente wurden in etwa 6 Wochen durchgeführt, wobei Hertz die experimentellen Hilfsmittel größtenteils selbst herstellen musste.

**Die Abhandlung von Heinrich Hertz "Über Strahlen elektrischer Kraft"** in den Sitzungsberichten der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin vom **13. Dezember 1888**.

Die Ergebnisse seiner oben erwähnten Arbeiten legte Hertz in dieser Abhandlung vor. Sie traf noch rechtzeitig für die Sitzung der Akademie am 13. Dezember 1888 ein Berlin ein. Helmholtz stellte diesen Bericht in dieser Akademiesitzung mit großem Erfolg vor. Heinrich Hertz schreibt selbst dazu:

*Wir haben die von uns untersuchten Gebilde als Strahlen elektrischer Kraft eingeführt. Nachträglich dürfen wir dieselben vielleicht auch als Lichtstrahlen von sehr großer Wellenlänge bezeichnen. Mir wenigstens erschienen die beschriebenen Versuche in hohem Grad geeignet, Zweifel an der Identität von Licht, strahlender Wärme und elektrodynamischer Wellenbewegung zu beseitigen.*

**Prof. Dr.-Ing. Volker Krebs**

Wolfweg 2

76227 Karlsruhe

Tel: 0721 41546

Mobil: 0173 321 41 72

E-Mail: volker.krebs@kit.edu