

Nuncius Hamburgensis –  
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften, Band 6

Gudrun Wolfschmidt (Hrsg.)

# Von Hertz zum Handy

## Entwicklung der Kommunikationstechnik





Nuncius Hamburgensis  
Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften  
Band 6

---

Gudrun Wolfschmidt (Hrsg.)

**Von Hertz zum Handy**  
**Entwicklung der Kommunikation**

Ausstellung anlässlich des 150. Geburtstags  
von Heinrich Hertz (1857–1894)  
von Gudrun Wolfschmidt und Karl Heinrich Wiederkehr



2007

# Nuncius Hamburgensis

## Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften

---

Hrsg. von Gudrun Wolfschmidt,  
Schwerpunkt Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik,  
Department Mathematik, MIN-Fakultät, Universität Hamburg  
ISSN 1610-6164

*Diese Reihe „Nuncius Hamburgensis“  
wird gefördert von der Hans Schimank-Gedächtnisstiftung.  
Dieser Titel wurde inspiriert von „Sidereus Nuncius“ und von „Wandsbeker Bote“.*

Wolfschmidt, Gudrun (Hrsg.):  
Von Hertz zum Handy – Entwicklung der Kommunikation.  
Ausstellung anlässlich des 150. Geburtstags von Heinrich Hertz (1857–1894),  
zusammengestellt von Gudrun Wolfschmidt und Karl Heinrich Wiederkehr.  
Nuncius Hamburgensis – Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften; Band 4.  
Herstellung und Verlag: Books on Demand GmbH, Norderstedt 2007  
(ISBN 978-3-8334-8744-6).

Web-Seite der Ausstellung:  
<http://www.math.uni-hamburg.de/spag/ign/events/hertz-exh.htm>

*Abbildung auf dem Cover vorne und auf Titelblatt:  
Vision (1930): Bildtelefon*

*Abbildung Frontispiz:  
Heinrich Hertz (1857–1894)*

*Abbildung auf dem Cover hinten:  
Cover hinten: Alte Post (ehemaliger optischer Telegraph) und Heinrich-Hertz-Turm*

*Zu besonderem Dank verpflichtet sind wir gegenüber den Firmen Siemens AG,  
München, und NXP Semiconductors (ehemals Philips), Hamburg-Lokstedt, sowie der  
Hans Schimank-Gedächtnisstiftung, die uns zuverlässig finanzielle Unterstützung gewährt  
haben.*

Schwerpunkt Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik (SPGN),  
Fachbereich Mathematik, Universität Hamburg  
Bundesstraße 55 – Geomatikum, D-20146 Hamburg

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Herausgeberin	8
Grußwort – Heinz Thieme, Wittenberg-Lutherstadt	10
Vorwort – Dr. Uwe Reimer, Johanneum	11
Von Hertz bis Handy – Elektromagnetismus, Hertzsche Wellen und die Entwicklung der Telekommunikation <i>Gudrun Wolfschmidt</i>	13
1.1 Elektromagnetismus . . . . .	13
1.1.1 Vom galvanischen Element zum Akkumulator . . . . .	13
1.1.2 Anfänge des Elektromagnetismus . . . . .	16
1.2 Vorgeschichte der Telekommunikation . . . . .	20
1.2.1 Optische und elektrochemische Telegraphie . . . . .	20
1.2.2 Elektromagnetische Telegraphie . . . . .	22
1.3 Das Telefon als neues Kommunikationsmittel . . . . .	27
1.4 Heinrich Hertz – Leben und Werk . . . . .	30
1.5 Hertz und die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie . . . . .	31
1.6 Rundfunk- und Halbleitertechnik – Kristalldetektor, Röhren- und Transistorradio . . . . .	37
1.6.1 Anfänge des Rundfunks – der Kristalldetektor . . . . .	37
1.6.2 Entwicklung der Elektronenröhren – Röhrenradios . . . . .	39
1.6.3 Transistortechnik – Der Weg zum Transistorradio . . . . .	42
1.7 Von der Kathodenstrahlröhre zum Fernseher – ein neues Kommunikationsmedium entsteht . . . . .	46
1.8 Mobiltelefon und Handy – das mobile Zeitalter . . . . .	50
1.9 Literatur . . . . .	53
Heinrich Hertz (1857–1894) – Leben und Werk <i>Karl Heinrich Wiederkehr</i>	61
2.1 Literatur . . . . .	67
Die Karlsruher Experimente (1886/88) von Heinrich Hertz <i>Karl Heinrich Wiederkehr</i>	69

Die Anfänge der Funktechnologie

<i>Jan Gollwitzer</i>	77
4.1 Einleitung . . . . .	77
4.2 Die Hertz'schen Wellen . . . . .	77
4.3 Frühe drahtlose Kommunikation . . . . .	85
4.3.1 Feuerzeichen der Antike . . . . .	85
4.3.2 Moderne optische Telegraphensysteme . . . . .	86
4.3.3 Weg zur Funktechnologie . . . . .	86
4.4 Beginn der modernen Kommunikation . . . . .	89
4.4.1 Der Kohärer . . . . .	90
4.4.2 Marconi's Siegeszug . . . . .	92
4.4.3 Die deutsche Position in der Funktechnologie . . . . .	96
4.5 Die Geburtsstunde des Radios . . . . .	102
4.5.1 Lichtbogensender . . . . .	104
4.5.2 Maschinensender . . . . .	105
4.5.3 Frequenzvervielfachung . . . . .	107
4.5.4 Empfängermodifikationen . . . . .	108
4.6 Die Ära der Röhrentechnik . . . . .	110
4.6.1 Die Dioden . . . . .	110
4.6.2 Die Triode . . . . .	114
4.7 Schluss . . . . .	119
4.8 Literatur . . . . .	120

100 Jahre drahtlose Seefunktelegrafie –

Anfang und Ende einer spannenden Zeit in der Kommunikation

<i>Hans Blank</i>	125
5.1 Einleitung . . . . .	125
5.2 Entdeckung der elektromagnetischen Wellen . . . . .	126
5.2.1 Heinrich Hertz (1857–1894) . . . . .	126
5.3 Technische Entwicklung . . . . .	127
5.3.1 Guglielmo Marconi (1874 – 1937) . . . . .	128
5.3.2 Entwicklung in Deutschland . . . . .	132
5.3.3 Technische Sende- und Empfangseinrichtungen . . . . .	138
5.4 Telegrafie im Seefunk . . . . .	143
5.5 Archivmaterial . . . . .	153
5.6 Literatur . . . . .	154

Katalog „Von Hertz bis Handy“

<i>Gudrun Wolfschmidt und Karl Heinrich Wiederkehr</i>	157
6.1 Heinrich Hertz (1857–1894) – Leben und Werk . . . . .	159
6.2 Vom Bernstein zum Voltaelement – Funken und Elektrizität . . . . .	172
6.3 Physik vor Hertz – Elektromagnetismus und Elektrodynamik . . . . .	193
6.4 Anfänge der Telegraphie . . . . .	208
6.5 Theorieentwicklung: Felder, Elektronen, Röhren . . . . .	221

6.5.1	Mathematisierung der Elektrodynamik – Maxwellsche Gleichungen und Elektronentheorie . . . . .	223
6.5.2	Von der Kathodenstrahlröhre zum Fernseher – ein neues Kommunikationsmedium entsteht . . . . .	229
6.6	Von den elektromagnetischen Wellen zur drahtlosen Telegraphie . . . . .	237
6.6.1	Die Hertzsche Entdeckung – eine Revolution in der Physik . . . . .	239
6.6.2	Nachrichten über den Äther – Anfänge der Funktechnik . . . . .	248
6.7	Rundfunk, Röhren- und Halbleitertechnik – Kristalldetektor, Röhrenradio, Transistor . . . . .	258
6.7.1	Anfänge des Rundfunks – Vom Kristalldetektor zum Röhrenradio	261
6.7.2	Halbleitertechnik – die zweite Revolutionierung des Nachrichtewesens . . . . .	283
6.8	Vom Telefon zum Handy . . . . .	290
6.8.1	Anfänge des Telefons . . . . .	292
6.8.2	Entwicklung vom Mobiltelefon zum Handy . . . . .	297
6.9	Elektromagnetisches Spektrum – Von Radio bis Röntgen und Gamma . . . . .	303
6.9.1	Radartechnik bis Mikrowelle . . . . .	305
6.9.2	Wärmestrahlen, sichtbares Licht und Ultraviolette Strahlung . . . . .	309
6.9.3	Röntgen- und Gammastrahlen . . . . .	311
6.9.4	Sonstige Anwendungen wie elektronische Musik oder Laser . . . . .	316
6.10	Astronomie in neuen Wellenlängen – Wirkung von Hertz in der Astronomie	318
6.10.1	Unsere Milchstraße in verschiedenen Wellenlängen . . . . .	321
6.10.2	Radioastronomie . . . . .	322
6.10.3	UV-, optischer und IR-Bereich . . . . .	324
6.10.4	Röntgen- und Gammaastronomie . . . . .	328
Anhang: Leihgeber für die Ausstellung		335
7.1	Leihgeber: Personen . . . . .	335
7.2	Leihgeber: Institutionen in Hamburg . . . . .	336
7.3	Leihgeber: Institutionen außerhalb Hamburgs . . . . .	338
7.4	Helfer bei der Ausstellung . . . . .	339
Abbildungsverzeichnis		339
Autoren		349
Nuncius Hamburgensis		353
Index		355



## Vorwort „Von Hertz bis Handy“

Warum gibt es eine Ausstellung zu Heinrich Hertz in Hamburg? Heinrich Rudolf Hertz (1857–1894) wurde am 22. Februar 1857 – also vor 150 Jahren – in Hamburg geboren. Nach ihm wurde der Hamburger Fernsehturm benannt.

Was waren seine bedeutenden Leistungen? Der Physiker Heinrich Hertz machte 1886/88 in Karlsruhe seine epochemachende Entdeckung. Er untersuchte schnelle elektrische Schwingungen und die Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen. Dabei stellte er fest, daß die elektromagnetischen Wellen die typischen Eigenschaften des Lichts wie Reflexion, Brechung und Polarisation besaßen und sich mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiteten. Mit seinen Experimenten bestätigte Hertz die Voraussagen der Maxwellschen Elektrodynamik und der elektromagnetischen Lichttheorie. Er gab auch den vier Maxwellschen Grundgleichungen der Elektrodynamik die heutige Gestalt. Die von ihm entdeckten Hertzschen Wellen bilden die Grundlage der Funktechnik, die sich ab den 1890er Jahren entwickelte.

Hertz' Nachweis des Einflusses ultravioletten Lichtes auf die elektrische Entladung (1887) führte zur Entdeckung des äußeren lichtelektrischen Effektes und seiner Klärung durch Wilhelm Hallwachs (1859–1922). Hertz beobachtete 1892 den Durchgang von Kathodenstrahlen durch dünne Metallschichten – ein wichtiger Hinweis dafür, daß die Materie zum großen Teil aus leerem Raum besteht. Philipp Lenard (1862–1947) erforschte dann später eingehend die Kathodenstrahlen (schnell fliegende Elektronen). Ebenfalls stammt von Hertz die exakte Definition der Härte.

In der letzten großen Arbeit von Hertz – den „Prinzipien der Mechanik“ – sind Gedanken, Ideen und Zusammenhänge enthalten, wie man sie später bei Einstein wiederfindet.

Die Wirkung von Hertz umfaßt die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie, des Radios, des Fernsehens, des Computers, des Mobiltelefons, usw. Die Entdeckung der elektromagnetischen Wellen durch Hertz bildet also die Voraussetzung unseres heutigen Kommunikations- und Medien-Zeitalters.

Mit dem Namen Hertz verbunden ist das Heinrich-Hertz-Institut für Schwingungsforschung, gegründet 1927 von der Deutschen Reichspost und dem Verband Deutscher Elektrotechniker. „Hertz“ (Hz) wurde 1935 als physikalische Einheit der Frequenz (Anzahl der Schwingungen pro Sekunde) von der „International Electrical Commission“ (IEC) eingeführt (Vorschlag von Seiten Deutschlands 1930).

In diesem Begleitbuch zur Ausstellung widmen sich – nach dem Überblicksartikel der Herausgeberin – die beiden Artikel von Karl Heinrich Wiederkehr ganz besonders dem Leben und Werk von Heinrich Hertz und seinen Experimenten. Der Artikel von Jan Gollwitzer schildert detailliert die Anfänge der Funktechnik. Schließlich beschäftigt sich der Artikel von Hans Blank mit der Entwicklung des Seefunks – ein für Hamburg besonders interessantes Thema.



Die Ausstellung, konzipiert von Karl Heinrich Wiederkehr und Gudrun Wolfschmidt, beleuchtet in zehn Abschnitten die Entwicklung der Physik vor Hertz, dann stehen Leben und Werk von Heinrich Hertz im Zentrum, schließlich wird die vielseitige Wirkung dargestellt, die Anwendung der Hertzschen Wellen. Die Ausstellung wurde mit verschiedenen Schwerpunkten in Hamburg gezeigt – und zwar zunächst an der Heinrich-Hertz-Schule<sup>1</sup> (*150 Jahre Heinrich Hertz – 100 Jahre Heinrich-Hertz-Schule*) und am Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung<sup>2</sup> (*Physik mit Her(t)z*), dann am Johanneum und bei DESY mit dem Thema *Von Hertz zum Handy*, ebenso in Wittenberg, unterstützt vom Freundeskreis Wilhelm Weber. Allen Institutionen sei für die Ermöglichung der Präsentation herzlich gedankt. Die Termine 2007/08 finden sich auf Seite 339. Die Eröffnung der Ausstellungen erfolgte jeweils mit einem Experimentalvortrag, meist von PD Dr. Karl Heinrich Wiederkehr. Alle Texte der Ausstellung sind in diesem Buch im Katalogteil veröffentlicht.

Allen Helfern sei gedankt für Ihre Mitwirkung beim Aufbau der Ausstellungen, insbesondere den Mitgliedern des Schwerpunkts Geschichte der Naturwissenschaften, an erster Stelle Karl Heinrich Wiederkehr, ferner Jürgen Gottschalk, Wolfgang Lange, Bernd Wolfram, Heidi und Manfred Tauber sowie Katrin Cura.

Umfangreiche Leihgaben stammen von Dipl.-Ing. Joachim Eggers (Halstenbek), Dipl.-Ing. Werner R. Diedrich (Hamburg / Hameln) und Heinz Thieme (Lutherstadt Wittenberg), denen wir zu besonderem Dank verpflichtet sind. Dank gebührt ferner dem Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg (Herr Kaack) sowie folgenden Hamburger Schulen und ihren Sammlungsleitern Physik für ihr Entgegenkommen: Gelehrtschule des Johanneums Hamburg (Herr Bartz), Matthias-Claudius-Gymnasium Hamburg, Wilhelm-Gymnasium Hamburg, Heinrich-Hertz-Schule, Hamburg-Winterhude (Herr Thiel). Den Herren Prof. Dr. Bernd Baumann, Dipl. Ing. Bodo Sass und Berthold Witte von der Physiksammlung und dem Labor der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW), FB Maschinenbau und Produktion, schulden wir besonderen Dank für Ihre großzügige Unterstützung. Herrn Peter Sienknecht vom Schulmuseum sei besonders gedankt für seine Bereitschaft und Hilfe, so auch Herrn Manfred Matschke, Sammlung des ehemaligen Museums Electrum der HEW. Besonderen Dank müssen wir Herrn R. Eggerstorf, Sammlung der Physik, Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg, und Herrn Prof. Dr. Friedrich Balck, Institut für Physik und Physikalische Technologien, Technische Universität Clausthal-Zellerfeld, aussprechen für wertvolle Hilfe und großzügiges Entgegenkommen.

---

<sup>1</sup> Wolfschmidt, Gudrun: Eine Revolution in der Physik: Heinrich Hertz und die Folgen seiner Entdeckung der elektromagnetischen Wellen. In: 100 Jahre Heinrich-Hertz-Schule. Festschrift zum Jubiläum. Hrsg. von Gerd Augustin. Hamburg 2007, S. 7–9.

<sup>2</sup> Wolfschmidt, Gudrun: „Physik mit Her(t)z“. Texte zur Ausstellung 150 Jahre Heinrich Hertz. Vorwort von Peter Daschner, Direktor. Hamburg: Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung in Hamburg 2007 (52 Seiten).

## Grußwort

Heinz Thieme, Freundeskreis Wilhelm Weber e. V.

Die Würdigung des Lebenswerkes von Heinrich Hertz anlässlich des 150. Jubiläums seines Geburtstages stand als Schwerpunktthema für das Jahr 2007 für die Sammler- und Interessengemeinschaft historische Nachrichtentechnik – Freundeskreis Wilhelm Weber e. V. Wittenberg. Die Mitglieder des Vereins haben sich zur Aufgabe gestellt, die Entwicklung der Nachrichtentechnik und Datenübertragung zu dokumentieren und einer breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Gilt doch unser Namensgeber, Wilhelm Eduard Weber, mit dem Bau des ersten brauchbaren elektromagnetischen Telegraphen als der Urvater und Begründer der drahtgebundenen elektromagnetischen Nachrichtenübertragung. Zudem erwies sich die Begründung der Elektrodynamik durch Weber als ein Baustein der Maxwellschen Elektrodynamik, die mit den Hertzschen Experimenten ihre praktische Bestätigung fand.

Dank einer schon über 15 Jahre währenden sehr freundschaftlichen und fruchtbringenden Zusammenarbeit des Herrn PD Dr. Karl Heinrich Wiederkehr mit dem Autor kam es auch zu diesem gemeinsamen Projekt mit dem Wittenberger Verein. Dessen sehr große, wohl sortierte und gut restaurierte nachrichtentechnische Sammlung erfährt auf diesem Wege eine weitere öffentliche Würdigung in Hamburg und in Wittenberg.

Der Vorstand des Freundeskreises Wilhelm Weber e. V. bedankt sich bei Prof. Dr. Gudrun Wolfschmidt vom Institut für Geschichte der Naturwissenschaften, Mathematik und Technik für die gute Zusammenarbeit und für die Bereitschaft, die Ausstellung auch in Wittenberg zeigen zu können.

Heinz Thieme  
Vorstandsmitglied  
Freundeskreis Wilhelm Weber e. V.  
Wittenberg



## Heinrich Hertz – Schüler des Johanneums Dr. Uwe Reimer, Johanneum

Heinrich Hertz ist einer der berühmtesten Absolventen des Johanneums. Schon während der Schulzeit zeigte er außergewöhnliche mathematische, sprachliche und technisch-handwerkliche Begabung. Zitate seiner Lehrer: „*Glänzt im Unterricht stets als Stern erster Größe*“; „*Heinrichs Betragen war tadellos*“; „*Er arbeitet viel und hat Spaß am Lernen*“. Hertz war Klassenbesten in Griechisch; nebenher lernte er sogar Arabisch.

Wir freuen uns, dass wir die von Frau Prof. Wolfschmidt konzipierte Ausstellung bei uns im Johanneum zeigen können. Damit erinnern wir an einen Forscher, der zum Wegbereiter der modernen Telekommunikation wurde. Seine bahnbrechenden Entdeckungen haben einen kaum zu unterschätzenden Einfluss auf unser Alltagsleben. Die von ihm erstmals nachgewiesenen elektromagnetischen Wellen sind es, die die Töne und Bilder übertragen, die wir mit Radio, Fernsehen oder Handy empfangen.

Mit dieser Ausstellung wollen wir nicht nur an einen großen Sohn unserer Schule erinnern, sondern zugleich deutlich machen, dass das Johanneum auf vielen Säulen ruht: Die Naturwissenschaften gehören genauso dazu wie die alten Sprachen und die Schönen Künste.

Die Ausstellung möge unseren Schülerinnen und Schülern Anregung und Ansporn sein – für den Physikunterricht, für die Teilnahme an Wettbewerben, für Wissensdurst und Forscherdrang.

Dr. Uwe Reimer  
Rector Johannei

