



Edison liess dieses Schild für die Nutzung von elektrischem Licht produzieren. Interessant ist - wie so oft - das Kleingedruckte.

Von der Antike bis zu 5G

Elektrosmog in der Geschichte | Nicht erst seit der fünften Generation der Mobilfunktechnologie werden eventuelle gesundheitliche Auswirkungen drahtloser Kommunikationsdienste untersucht und diskutiert. Eine historische Perspektive ermöglicht eine Einordnung der aktuellen Debatte und verhilft so zu einem tieferen Verständnis.

HUGO LEHMANN

Elektrische und magnetische Phänomene sind Teil der Natur. Der Mensch als Beobachter dieser Erscheinungen hätte sich ohne den Schutz des Erdmagnetfelds, das die kosmische Teilchenstrahlung von der Erdoberfläche abhält, gar nicht entwickeln können.

Von den Anfängen

Schon der Steinzeitmensch hat mit Furcht Blitze - eine natürliche Form

elektrischen Stroms - betrachtet und diese mit übermenschlicher Kraft in Verbindung gebracht. So nutzte der griechische Gottvater Zeus den Blitz als potentes Mittel im Kampf gegen Titanen und anderes Geziefer. Kraft und Vernichtung wurden also bereits in der Antike mit Elektromagnetismus in Verbindung gebracht.

Aus der Antike stammen auch die Bezeichnungen. So hat schon Thales im alten Griechenland gewusst, dass

durch Reiben von Wolle an Bernstein kleine Blitze erzeugt werden können. Bernstein wird im Altgriechischen als «ηλεκτρον» (elektron) bezeichnet. Auch der Magnetismus war den Griechen bekannt. Ein natürlich vorkommendes magnetisches Eisenoxid wurde in der Region Magnesia gefunden und Magnetit genannt. Bereits früh wurden elektromagnetische Phänomene auch genutzt, beispielsweise durch die Chinesen, die seit

dem 11. Jahrhundert n. Chr. eine schwimmende, nasse Kompassnadel einsetzten.

Nach den Veränderungen der Renaissance erwachte die Wissenschaft aus ihrer mediävalem Siesta und machte sich auf, die Natur zu erforschen. Zuerst wurden Erkenntnisse im Bereich der Mechanik und Technik gemacht: 1687 veröffentlichte Newton seine «Philosophiae Naturalis Principia Mathematica» und zu Beginn des 18. Jahrhunderts wurde in England die Dampfmaschine erfunden. Mit ihr konnte menschliche bzw. tierische Arbeit in Bergbau und Landwirtschaft durch Energieträger wie Holz oder Kohle ersetzt werden. Die industrielle Revolution veränderte die Wirtschaft und die Gesellschaft massiv. Ab diesem Zeitpunkt begann das Bruttoinlandsprodukt in Westeuropa seit der Antike erstmals merklich anzusteigen.[1] Geht man davon aus, dass ein steigendes Bruttoinlandsprodukt die Wohlfahrt einer Gesellschaft erhöht, zeigt sich hier exemplarisch, wie technologische Entwicklungen den Wohlstand verbessern.

Mechanische Installationen erlaubten, das antike Reiben an Bernstein zu automatisieren. Mit diesen Elektrifiziermaschinen wurden unterschiedlichste Experimente mit elektrischen Ladungen gemacht. So machte Luigi Galvani in Bologna die zufällige Beobachtung, dass abgetrennte Froschschenkel, wenn sie sich in der Nähe einer Elektrifiziermaschine befinden, wieder zu zucken beginnen.[2] Galvani war überzeugt, dass Tieren eine animalische Elektrizität innewohnt. Er versuchte auch bereits, den Tumorwachstum mit elektrischem Strom einzuschränken.

In dieser Zeit der Umwälzungen zwischen Ancien Regime und der Französischen Revolution machte sich auch ein charismatischer Mediziner die wissenschaftliche Unkenntnis zunutze. Franz Anton Mesmer war bekannt für seine Massenhypnosen, die er durch die Kraft von Stabmagneten zu vermitteln glaubte. Durch die «Magnetisierung» konnte er Leute heilen. Aber Mesmer stellte fest, dass er die empfänglichen Leute auch ohne Hilfe der Magnete in Hypnose versetzen und dasselbe erreichen konnte. Damals wie heute ist der Glaube an die Wirkung eine wichtige Voraussetzung zur Heilung oder aber zur Induktion von Beschwerden. Ob sie

kausal mit dem Geglauten zusammenhängen, ist sekundär. Für Friedrich den Grossen war die Sache jedoch klar:

«Allerdings erhebe ich mich gegen die animalische Elektrizität, den Einfluss des Mondes und ähnliche Scharlatanerien, die von Spitzbuben erfunden werden, um die dummen und abergläubischen Leute zu täuschen.» [3]

Abschliessend sei bemerkt, dass im Englischen der Begriff «mesmerising» auch heute noch für etwas Hypnotisierendes steht.

Wissenschaftliche Erkenntnisse und Anwendungen

Nach den Wirren der Französischen Revolution ging es nun endlich vorwärts mit dem Erkenntnisgewinn im Elektromagnetismus – und zwar in Italien. Dort machte ein Freund von Galvani eine wichtige Erfindung: Alessandro Volta entwickelte um 1800 die elektrische Batterie. Da Elektrizität nicht mehr an umständliche Elektrifiziermaschinen gebunden war, sondern durch Batterien vergleichsweise einfach verfügbar wurde, wurden dadurch zahlreiche Experimente möglich. Wie das Smartphone das Internet mobil gemacht hat, verschaffte die Batterie der Erforschung der Elektrizität mehr Mobilität.

1820 entdeckte Oersted die magnetische Wirkung von stromdurchflossenen Leitern. Erste Elektromagneten wurden entwickelt, und 1826 veröffentlichte Ohm das nach ihm benannte Gesetz. Schon bald wurden diese Erkenntnisse eingesetzt, um Informationen mobiler zu machen. Anfang des 19. Jahrhunderts waren Informationen meist an die Übermittlung eines Gegenstands gebunden. Um das Jahr 1830 änderte sich dies, als Henry und Wheatstone unabhängig voneinander den Telegrafen entwickelten. Eine Information konnte nun ohne Brief und Kutsche in kurzer Zeit von A nach B geschickt werden. Die Welt wurde kleiner: Dauerte es früher Tage, bis eine Information von Europa in die USA kam, waren es mit dem Telegrafen bald nur noch Stunden.[4]

Diese Entwicklungen führten zu einer äusserst positiven Wahrnehmung der neuen technischen Möglichkeiten, insbesondere der Elektrizität. Man glaubte im 19. Jahrhundert an den Aufbruch; die bessere Welt lag um die Ecke. So erstaunt es auch nicht, dass Johannes Strauss um 1850 die Elektromagnetische Polka (Op. 110) komponierte, die auch heute noch aufgeführt wird.

Der Erfolg des Telegrafen hatte auch dazu geführt, dass man versuchte, Kabel für die Sprachübermittlung zu nutzen. Alexander Graham Bell war nicht der Einzige, aber der Erste, der ein Patent für diese Erfindung erhielt. Vorerst konnte sich die Sprachtelefonie aber nicht durchsetzen.

Thomas Alva Edison verfeinerte um 1880 die Glühlampe so weit, dass sie hell und lange brennen konnte. Aus dieser Zeit stammt auch das Schild im Einstiegsbild, welches Edison 1882 bei der Einführung des elektrischen Lichts in New York herstellen liess. Erst durch Edisons Erfindung wurde New York zur Stadt, die niemals schläft, was aber – nach Edison – nicht an der Nutzung der Elektrizität liegen sollte: «The use of electricity is in no way harmful to health, nor does it affect the soundness of sleep.» Wir lassen hier offen, ob Edisons Behauptung durch Doppelblindstudien erhärtet wurde.

Dieses Beispiel illustriert, dass Befürchtungen über mögliche Einflüsse neuer Technologien nichts Neues sind. Im Gegenteil, sogar die Themen waren damals wie heute identisch. Beispielsweise wurden in den Jahren des grossen Mobilfunkbooms zwei Forschungsprojekte [5] am Schlaflabor der Universität Zürich durchgeführt, die den Einfluss von GSM-Mobilfunk auf den Schlaf untersuchten. Diese zwei Studien fanden einen Einfluss auf die Gehirnströme, die sich später in Studien von anderen Labors bestätigen sollten. Die Frage, ob dieser Effekt die Gesundheit des Menschen beeinträchtigt, kann wissenschaftlich nicht abschliessend beantwortet werden. Weder die kognitive Leistungsfähigkeit noch die Schlafqualität werden jedoch negativ beeinflusst.[6] Da die Alltags-Exposition durch Handys tiefer ist als in den Studien, dürfte dieser Effekt kaum zu Gesundheitsrisiken führen.

Die Telegrafie basierte auf Kabeln, die deshalb Ende des 19. Jahrhunderts omnipräsent waren. Könnte man diese Kabel nicht durch die von James Clerk Maxwell bereits 1873 vorausgesagten elektromagnetischen Wellen ersetzen? Erst 1887 gelang es dem deutschen Physiker Heinrich Hertz, diese Wellen mit einer Funkenstrecke experimentell nachzuweisen. Hertz verstand zudem, dass diese von nun an auch als Funk bezeichneten Wellen die gleichen Eigenschaften wie Licht haben.

Vom Labor von Hertz bis zur Anwendung im Funkentelegraph von Marconi dauerte es nur zehn Jahre. Guglielmo Marconi war kein grosser Theoretiker, aber anwendungsorientiert und geschäftstüchtig. Ihn kümmerte es auch nicht, dass die zwei renommierten Physiker Poincaré und Rayleigh nichts von seiner Idee hielten, mit Funkwellen eine transatlantische Verbindung zu realisieren. Da sich elektromagnetische Wellen geradlinig ausbreiten und die Erde rund ist, sollte eine transatlantische Verbindung eigentlich nicht möglich sein. Marconi aber glaubte daran, dass sich Funkwellen entlang der Erdkrümmung ausbreiten könnten. Trotz diesem Irrtum schaffte er 1901 die transatlantische Übertragung und bekam dafür sogar den Nobelpreis. Erst zwei Jahre später wurde die Hypothese aufgestellt, dass Funk an einer elektrisch leitenden Schicht, der Ionosphäre, reflektiert wird.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts waren sowohl die Elektrifizierung wie auch die drahtlose Übertragung von Informationen auf dem Vormarsch. Auch die Wahrnehmung von elektromagnetischen Feldern (EMF) war bereits geprägt. Elektromagnetismus wurde früh in Zusammenhang mit biologischen Effekten gebracht. Ihm wurden neben möglichen Nebenwirkungen auch mythische und heilende Kräfte zugeordnet. Das Bühnenbild steht, unsere Geschichte kann vor diesem Hintergrund ihren Lauf nehmen.

Die Geburt der Polemik

Die drahtlose Kommunikation entwickelte sich Anfang des 20. Jahrhunderts rasant weiter. Bereits 1903 wurde auf dem Eiffelturm ein militärischer drahtloser Telegrafiesender aufgebaut.[7] Auch in Deutschland, in der Nähe von Berlin, entstand 1906 ein Sendeturm zur Erprobung von Funktelegrafie. Die Bauern auf den umliegenden Höfen standen dieser Versuchsanstalt sehr skeptisch gegenüber [8]:

«... dass von den Drähten in der Luft Wellen ausgingen. Sehen konnte man sie nicht und fühlen auch nicht - elektrisch sollten sie sein. Aber wo Wellen sind, man weiss das ja vom Wasser, da ist Unruhe ...

... wenn ein Huhn Kalkbeine bekam oder eine Kuh verkalbte - die Wellen waren schuld. Die Rüben, die Kartoffeln, der Roggen, das Gras - ... Die verflixten Wellen! Von überall her kamen Klagen, und man drohte mit dem Gericht.

... das hatte Oberingenieur Siewert nicht erwartet ... Viel Mühe machte es ihm, die Bauerngemüter zu beruhigen. Viel Schnaps kostete es und gutes Zureden.»

Im 1. Weltkrieg waren Funkverbindungen militärisch bereits wichtig. In den goldenen Zwanzigerjahren entwickelte sich der Rundfunk, eine der ersten Sendestationen war 1922 die britische BBC. In der Schweiz wurde der nationale Rundfunk 1931 gestartet, die Sendestationen Sottens, Beromünster und Monte Ceneri wurden in Betrieb genommen. Vor allem während des 2. Weltkriegs waren diese Sender für die nationale Identität der Schweiz enorm wichtig.

Kurz vor dem 2. Weltkrieg wurde eine weitere Anwendung von elektromagnetischen Wellen entwickelt: Radio Detection and Ranging. Bei Radaranlagen auf Kriegsschiffen hatte man erstmals bemerkt, dass starke EMF den menschlichen Körper erwärmen können. Ausgehend von diesen Erfahrungen wurden in den USA erste grössere Forschungsprogramme zu EMF und ihrer Einwirkung auf den Menschen durchgeführt. Während des wirtschaftlichen Aufschwungs der Nachkriegsjahre wurden jedoch die neuen Möglichkeiten der Technik geschätzt, insbesondere das aufkommende Fernsehen war enorm beliebt. Die Menschen wollten an die Möglichkeiten der Technik glauben. Schliesslich waren es auch Funksignale, die es ermöglichten, den kleinen Schritt von Neil Armstrong 1969 live am Fernseher mitzuerleben.

Erst nach den Umwälzungen der 68er-Bewegung wurde dieser Glaube in die Verheissungen der Technologie hinterfragt. Im Heimatland von Neil Armstrong wurde in den ausgehenden 70er-Jahren die Debatte im Bereich der niederfrequenten Felder der Stromnetze lanciert. Nancy Wertheimer und Ed Leeper hatten entlang von Hochspannungsleitungen ein erhöhtes Risiko von Kinderleukämie gefunden. [9] Aber auch nach vier Jahrzehnten Forschung ist diese Assoziation nicht erhärtet. So wurde 2014 die ursprünglich festgestellte Korrelation zwischen Exposition und Kinderleukämie auf eine zu kleine Fallzahl zurückgeführt [10], die bei genügender Statistik verschwindet.

Während des kalten Kriegs wurde die US-Botschaft in Moskau durch ein Mikrowellensignal exponiert. Die Signalstärke war tief, Expositionszeit und Dauer veränderten sich durch den Tag und während der 23 Jahre wurden ver-

schiedene Signale benutzt. Das zuständige US-Ministerium hatte daher verfügt, diese Angelegenheit gründlich zu untersuchen. Man hatte die in dieser Zeitperiode exponierte Belegschaft der Moskauer Botschaft - immerhin 18 000 Personen - mit dem nicht exponierten Botschaftspersonal aus acht anderen Ostblockstaaten verglichen. Mehr als fünf Jahre lang wurden die Daten ausgewertet. Aus all den Auswertungen hat man keinerlei Effekte der Exposition durch Mikrowellen festgestellt.[11] Trotzdem hat diese Geschichte im Umfeld von Geheimniskrämeri und kaltem Krieg auch einen Einfluss auf die Perzeption der EMF-Thematik gehabt.

Ein weiteres Beispiel, wie das Thema EMF mit der gesellschaftspolitischen Aktualität mitzuschwingen vermag, zeigte sich in der Schweiz. Zu Beginn der 80er-Jahre diskutierte man das «Waldsterben». Als Grund wurden Luftverschmutzung und der saure Regen angeführt. Damit aber nicht genug, es wurde auch über einen Effekt von UKW-Signalen spekuliert. Mit mehreren Studien hat die altehrwürdige PTT nachweisen können, dass EMF keinen Einfluss auf die Baumgesundheit haben.[12] Auch hier Fehlalarm. Das ist aber nicht weiter schlimm, schliesslich ist die Wissenschaft dazu da, Hypothesen zu testen. Obwohl EMF nicht der Grund für das Waldsterben waren, wurde 1989 im deutschen Sprachgebrauch erstmals der umgangssprachliche Begriff «Esmog» [13] benutzt. Ein geschichtlicher Meilenstein, fast so eminent wie der Fall der Deutschen Mauer im gleichen Jahr.

In den 90er-Jahren wurden in der Schweiz um den Kurzwellensender Schwarzenburg - der seit 1939 betrieben wurde - Untersuchungen zur Schlafqualität durchgeführt. Durch die hohen Sendeleistungen waren um den Sender stets Phänomene elektromagnetischer Verträglichkeit zu beobachten, daher wussten die Studienteilnehmer immer, wann der Sender eingeschaltet war. Das heisst aber auch: Die Resultate basieren nicht auf einem Blindtest und sind deshalb nicht sehr belastbar. Als 1998 der Kurzwellensender abgeschaltet wurde, da der Betreiber Schweizer Radio International sich auf die Verteilung der Inhalte übers Internet konzentrierte, interpretierten einige Kreise dies als

Eingeständnis der Gesundheitsschädigung durch den Sender. Gestärkt durch diesen gefühlten Sieg wurde seither mit viel Herz gegen Mobilfunknetze gekämpft.

Die Mobilfunkdebatte

Ende des 20. Jahrhunderts setzte die Mobilkommunikation – dank der internationalen Standardisierung der GSM-Technologie – zu einer fulminanten Entwicklung an. Mit GSM waren Sprachtelefonie und SMS weltweit kabellos möglich geworden. Durch die grosse Verbreitung wurden auch Fragen zu potenziellen Gesundheitseffekten gestellt. So wurden Langzeitstudien mit Mäusen, Experimente mit Zellkulturen, epidemiologische Untersuchungen und Erhebungen zur Schlafqualität und des Wohlbefindens durchgeführt. Einige der Studien zeigten Effekte, andere nicht. Anfänglich war die reproduzierbare Erfassung der Exposition ein Problem. Viele dieser ersten Studien waren auch explorativ und verfügten über (zu) kleine Stichproben. Trotzdem gab es Ende des 20. Jahrhunderts bereits Tausende von Studien zu biologischen Effekten von EMF sowie Grenzwerte [15], die vor den wissenschaftlich nachgewiesenen Effekten schützten. Aber durch den kontinuierlichen Ausbau der Mobilfunknetze kam vor allem vor Ort beim Bau von Anlagen immer wieder hartnäckiger Widerstand auf.

Ein gutes Beispiel dafür ist der Aufbau der 3. Generation des Mobilfunks um das Jahr 2003, rund zehn Jahre nach der Einführung von GSM. Zu diesem Zeitpunkt hatte sich Mobilfunk zur Übermittlung von Sprache etabliert. Allerdings zeichnete sich durch die Möglichkeiten neuer Geräte und dem Versenden von Bildern etwas Neues am Horizont ab. Bereits damals wurden Forderungen laut, dass die Unschädlichkeit der neuen Technologie zuerst bewiesen werden müsse und ein Moratorium angesagt sei. [14] Zudem könne man mit der früheren Technologie die Bedürfnisse ohne Weiteres erfüllen. Hätte man damals diesen Technologieschritt nicht

gemacht, hätte man in der Schweiz das Aufkommen der Smartphones und den Anschluss ans mobile Internet verpasst. Zehn Jahre später, bei der Einführung von 4G, waren dann weniger Einwände zu hören. Der Nutzen der Smartphones und die Omnipräsenz des mobilen Internets hatten vorerst zu einer scheinbaren Akzeptanz der Technologie geführt. Diese Verschnaufpause sollte aber nur von kurzer Dauer sein.

2019, bei der Einführung von 5G, kamen erneut Befürchtungen auf. Wie bereits bei der Einführung von 3G sollte die Technologie neue Möglichkeiten eröffnen, die sich der breiten Öffentlichkeit vorerst nicht erschlossen. Zudem erlaubte 4G den Nutzern alles, was sich die meisten wünschten. Ein Déjà-vu! Gestärkt durch die Möglichkeiten des (häufig mobilen) Internets und der sozialen Netzwerke entstanden neue Gruppierungen mit grosser Reichweite. Moratorien wurden verlangt [15] und in einigen Kantonen verhängt.

Auch wenn die Angst vor gesundheitlichen Schäden immer mitschwimmt, hat sich die heutige Debatte inhaltlich verbreitert. Verschiedene Faktoren fliessen mit in die 5G-Kritik ein: Technologieverdross und Angst vor Unbekanntem, Sorgen um Ressourcen- und Energieeffizienz, Schutz der Privatsphäre, Cybersecurity und staatliche Überwachung und schliesslich Verschwörungstheorien. Diese Symbiose mag einen Teil der gesellschaftspolitischen Debatte erklären, auch wenn die Virulenz vor dem Hintergrund der aktuellen entwarnenden wissenschaftlichen Evidenz [16] und der jahrzehntelangen Nutzung von Mobilfunk dann doch überrascht.

Fazit und Ausblick

Die Elektromog-Thematik hat sich über die Zeit entwickelt, um in der Mobilfunkdebatte um 5G ihren vorläufigen Höhepunkt zu erlangen. Mobilfunknetze stellen eine ausgezeichnete Projektionsfläche für gesellschaftliche Ängste dar. Zudem ist die Schuldzuweisung einfach, da vordergründig die Schuld beim Betreiber liegt.

Obwohl das tatsächliche Risiko verglichen mit der Klimaerwärmung, der Luftverschmutzung oder Pandemien gering ist, hat die Thematik eine hohe gesellschaftliche Relevanz erlangt. In der heutigen kulturpessimistischen Zeit erscheint die EMF-Thematik wie der kleine Tropfen, der das Fass zum Überlaufen bringt. Es bleibt aber die Hoffnung, dass sich die gesellschaftspolitische Diskussion von der Elektromogthematik entfernt und sich weitaus dringenderen Problemen zuwendet.

Referenzen

- [1] «The road to the riches», The Economist, 1999.
- [2] Aloisius Galvani, De viribus electricitatis in motu musculari, 1791.
- [3] Thomas Knubben, Mesmer oder Die Erkundung der dunklen Seite des Mondes, Klöpfer & Meyer, 2015.
- [4] Allison Marsh, «The First Transatlantic Telegraph Cable Was a Bold, Beautiful Failure», IEEE Spectrum, 2019.
- [5] Brobély et al., Neurosci Lett. 1999 Nov 19;275(3): 207; Huber et al., Bioelectromagnetics 2003; 24 (4): 262.
- [6] «Handystrahlung verändert die Hirnaktivität im Schlaf», Basler Zeitung, 14.12.2017, www.bazonline.ch/digital/mobil/handystrahlung-veraendert-die-hirnaktivitaet-im-schlaf/story/30135684
- [7] La Tour Eiffel et les sciences, www.tourelleffil.paris/fr/le-monument/tour-eiffel-et-sciences
- [8] Friedrich Tiburtius, Telefunken – Odyssee
- [9] N. Wertheimer, E. Leeper, «Electrical wiring configurations and childhood cancer», Am J Epidemiol 109 (3) 1979, 273.
- [10] N Leitgeb, «Childhood Leukemia not linked with ELF Magnetic Fields», Journal of Electromagnetic Analysis and Applications 6, 2014,174.
- [11] J. Mark Elwood, «Microwaves in the cold war: the Moscow embassy study and its interpretation. Review of a retrospective cohort study», Environ Health 11, 2012, 85.
- [12] Katrin Joos et al., «Untersuchung über mögliche Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Wellen auf den Wald», 1988, Techn. Mitt PTT 1: 1; C. Stäger, «Felduntersuchung über eventuelle Schadenwirkungen von Mikrowellen auf den Wald», Techn. Mitt. PTT 67, 1989, 517.
- [13] Der deutsche Wortschatz von 1600 bis heute, www.dwds.de/d/ressources.
- [14] Breite Allianz fordert UMTS-Moratorium, www.aefu.ch/fileadmin/user_upload/aefu-data/b_documents/themen/elektromog/040101_AefU_Saez_2004_85_3_Allianz_UMTS_Moratorium_.pdf
- [15] Moratorium für die 5G- (und 4G+) Technologie in der Schweiz, www.aefu.ch/fileadmin/user_upload/aefu-data/b_documents/themen/elektromog/040101_AefU_Saez_2004_85_3_Allianz_UMTS_Moratorium_.pdf.
- [16] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP); www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdI2020.pdf.

Autor

Dr. **Hugo Lehmann** - ehemals Leiter des Kompetenzzenters EMF der Swisscom - wirkt heute als Chief Science Officer des Eidgenössischen Instituts für Metrologie.
→ Metas, 3003 Bern-Wabern
→ hugo.lehmann@metas.ch

La version française de cet article paraîtra dans le Bulletin 11/2020.