

KEINE ANGST VOR STROM- LEITUNGEN

Elektromagnetische Felder wecken immer wieder Befürchtungen wegen möglicher gesundheitlicher Beeinträchtigungen. Gemeint sind damit einerseits hochfrequente elektromagnetische Felder, wie sie z.B. der Mobilfunk nutzt, andererseits magnetische Felder niedriger Frequenz, wie sie etwa bei der Stromübertragung mit Hochspannungsleitungen auftreten. Eine Literatur-Studie zu niederfrequenten Magnetfeldern relativiert die Befürchtungen: Von ihnen geht nach heutigem Wissen keine wesentliche Gefahr für die Gesundheit der Bevölkerung aus. Die Autoren regen aber vertiefte Untersuchungen für ausgewählte Bereiche an, um mit besseren Daten heute noch nicht klar beurteilbare Risiken robuster einschätzen zu können.

Wenn der Toaster eingesteckt ist, herrscht im Gerät eine elektrische Spannung und als Folge davon ein elektrisches Feld. Wird der Toaster eingeschaltet, fließt ein elektrischer Strom, und dieser erzeugt dann zusätzlich ein magnetisches Feld. Elektromagnetische Felder sind aus unserem modernen Alltag nicht mehr wegzudenken: Sie machen es möglich,



Von Stromleitungen geht nach heutigem Wissen keine wesentliche Gefahr für die Gesundheit der Bevölkerung aus, wie eine Literaturstudie der Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation zeigt. Foto: Swissgrid

in induktiven Ladestationen elektrische Energie kabellos zu übertragen. Oder sie übertragen Gespräche und andere Informationen: zum Beispiel das Telefongespräch vom Handy zur nächsten Mobilfunkantenne, das Radioprogramm von der Uetliberg-Antenne zum Radiogerät in der Zürcher Altstadt, oder die Internetseite vom Router über das WLAN zum PC.

Bei den zuletzt erwähnten Anwendungen schwingen elektromagnetische Felder mit hoher Frequenz (30 kHz bis 300 GHz). In der Stromversorgung dagegen sind niederfrequente elektromagnetische Felder im Spiel (< 1 kHz). So verwendet unsere Stromversorgung 50 Hz (USA: 60 Hz). Die zugehörigen niederfrequenten elektrischen und magnetischen Felder begleiten uns im Alltag. Abgestrahlt werden sie vom Trafo im Radiowecker, von konventionellen Ladegeräten, von der Wärmespule der Kaffeemaschine, aber auch vom Staubsauger und der Bohrmaschine und sogar von den in den Wohnungswänden verlegten Stromkabeln. In den meisten Fällen und in üblichem Gebrauchsabstand haben diese Felder eine geringe Stärke. Niederfrequente Felder begleiten uns auch unterwegs; dann stammen sie etwa von den Oberleitungen von Tram, Bus und Eisenbahn. Wer sich direkt unter einer Hochspannungsleitung aufhält, ist vergleichsweise starken elektromagnetischen Feldern ausgesetzt. Mit der Distanz nimmt die Feldstärke aber schnell ab, so dass die Felder schon in geringer Entfernung vergleichbar sind mit denjenigen, die in Haushalten vorkommen.

Keine grossen Risiken entdeckt

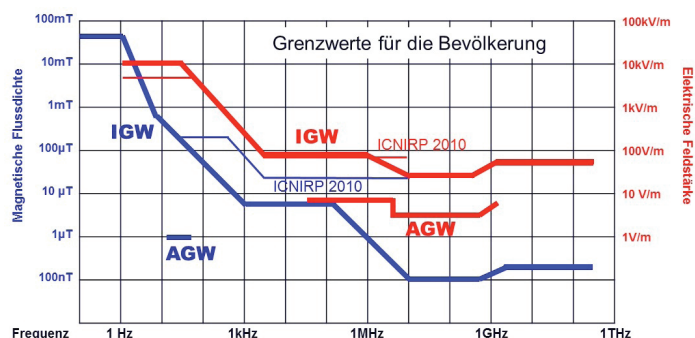
Elektromagnetische Felder wecken mitunter Besorgnis wegen einer möglichen Gesundheitsbelastung. Eine Literatur-Studie im Auftrag des Bundesamts für Energie hat diese Frage nun für niederfrequente Felder, wie sie für unsere Stromversorgung typisch sind, bestmöglich zu klären versucht. Hochfrequente Felder wie beim Mobilfunk waren somit nicht Gegenstand der Studie. Die Arbeit konzentrierte sich auf die Effekte von niederfrequenten Magnetfeldern. Niederfrequente elektrische Felder, wie man sie im Alltag antrifft, sind gesundheitlich gesehen vergleichsweise unproblematisch. Durchgeführt hat die Untersuchung die Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM), eine Gründung der ETH Zürich und von Mobilfunkunternehmen (u. a. Swisscom), zu deren Trägern unter anderem auch das Bundesamt für Gesundheit, das Bundesamt für Umwelt und das Bundesamt für Energie gehören. Die FSM hat in ihrer Untersuchung die wissenschaftliche Literatur zu niederfrequenten magnetischen Feldern (insbesondere 50/60 Hz und 16.7 Hz/Bahnstrom)



FSM-Geschäftsleiter und Hauptautor der Literaturstudie zu den niederfrequenten Magnetfeldern: Dr. Gregor Dürrenberger. Foto: Landbote/Johanna Bossart

ausgewertet, die zwischen 2010 und März 2017 veröffentlicht wurde. Der Schwerpunkt lag auf Gesundheitsstudien. Die berücksichtigten Studien waren fast alle «peer reviewed», ihre Qualität wurde also gesichert durch Wissenschaftler, die in diesem Feld tätig sind.

In der Zusammenfassung der Studie resümieren die Autoren: «Insgesamt zeigt die Literaturanalyse, dass die Wissenschaft in den letzten Jahren keine grossen gesundheitlichen Risiken identifiziert hat.» Im Zentrum der Diskussion um die möglichen Risiken niederfrequenter Magnetfelder stehen seit längerem Leukämieerkrankungen bei Kindern. Neuere Studien untersuchten insbesondere das Risiko für Kinder, die vergleichsweise starken Magnetfeldern ausgesetzt sind. Gemeint sind hier Belastungen grösser als 0.4 Mikro-Tesla,



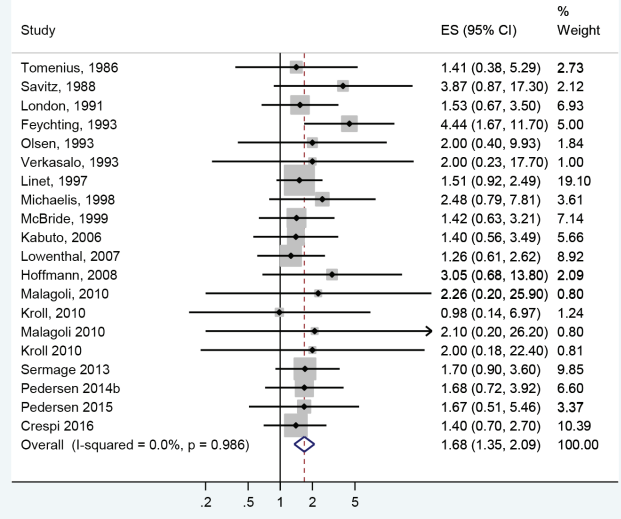
Grenzwerte der Verordnung zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (NISV) begrenzen elektromagnetische Felder von Infrastrukturanlagen, etwa der Energieversorgung. Die Abkürzungen bedeuten: IGW = Immissionsgrenzwert der NISV; AGW = Anlagegrenzwert der NISV; ICNIRP 2010 = Empfehlung der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierender Strahlung. Gegen die Belastung durch elektromagnetische Felder am Arbeitsplatz gibt es darüber hinaus Grenzwerte der SUVA. Quelle: FSM

wie sie z.B. unter und nahe bei einer Hochspannungsleitung oder in der Nähe eines Quartiertrafos auftreten. Neuere Studien bestätigen, was die zur Weltgesundheitsorganisation WHO gehörende Krebsforschungsagentur IARC bereits im Jahr 2001 festgestellt hatte: niederfrequente Magnetfelder sind «möglicherweise kanzerogen». Möglicherweise krebserregend meint: die vorliegenden Studien weisen zwar auf ein erhöhtes Risiko hin, dieses lässt sich aber nicht wissenschaftlich erhärten (vgl. Tabelle rechts). Um dem Problem eine Größenordnung zu geben: Falls dieses Risiko tatsächlich besteht, würden in der Schweiz nach Berechnung der Wissenschaftler jährlich 1 bis 2 Leukämiefälle bei Kindern mit Magnetfeldern zusammenhängen.

Kein Wirkungsmechanismus bekannt

«Zwischen Magnetfeldern von über 0.4 Mikro-Tesla und Leukämie scheint es einen Zusammenhang zu geben, aber wir verstehen ihn noch nicht», sagt FSM-Geschäftsleiter und Co-Studienautor Dr. Gregor Dürrenberger. Bislang ist insbesondere offen, ob der Zusammenhang kausal ist, Leukämie also durch Magnetfelder verursacht wird. Laut Dürrenberger ist bis anhin kein Wirkungsmechanismus bekannt, wie ein magnetisches Feld Leukämie verursachen könnte. Der Zürcher Forscher plädiert für vertiefte Untersuchungen: «Gefragt sind neue Ansätze, z.B. Kohortenstudien mit vulnerablen Populationen (z.B. Kinder mit Down-Syndrom) oder mit hohem

Niederfrequente Magnetfelder und Kinderleukämie



Überblick über 20 Krebsstudien zu den Folgen niederfrequenter Magnetfelder aus den letzten 30 Jahren: Bei praktisch allen Studien liegt der Risikoschätzer (Punkt) rechts von der Null-Risikolinie (vertikaler Strich bei 1), was darauf hindeutet, dass ein Zusammenhang zwischen starken, niederfrequenten Magnetfeldern und Kinderleukämie zu bestehen scheint. Allerdings schneidet bei 19 der 20 berücksichtigten Studien das Konfidenzintervall (waagrechte Linie) die Null-Risiko-Linie, was bedeutet, dass dieser Zusammenhang nicht signifikant, d.h. nicht statistisch erhärtet ist. Tabelle: Schlussbericht BFE-Studie «EMF von Stromtechnologien»

	Zellstudien		Tierstudien		Humanstudien		
					Biologie	Gesundheit akut	Gesundheit chronisch
Krebs							
Tumore im Kopfbereich							
Tumore bei Kindern							
Andere Tumore							
Neurodegeneration neuronale Erkrankungen							
Parkinson, MS							
Alzheimer, Demenz, ALS							
Reproduktion							
Entwicklung							
Kardiovaskulär / Blutsystem							
EEG							
Kognition							
Kinder							
Schlaf							
Kinder							
Elektrosensibilität							
Nozeboeffekt							
Kinder							
Hormone							
Melatonin							
Stressproteine/Genexpression							
Blut-Hirn-Schranke							
Verhalten allg.							
Kinder und Jugendliche							
Wirkmechanismen							
Genschädigung							
Sauerstoffradikale							
Genexpression							
Zellfunktionen/Membran							

Die Tabelle fasst den aktuellen Forschungsstand zu Effekten niederfrequenter Magnetfelder zusammen: Rot: Effekt ausreichend nachgewiesen. Orange: Effekt limitiert nachgewiesen. Gelb: Effekt inadäquat nachgewiesen (Studienlage widersprüchlich; Studien nicht aussagekräftig; zu wenig Studien für seriöse Aussage). Grün: Hinweise auf Abwesenheit eines kausalen Effekts. Tabelle: G. Dürrenberger

Frequenz grösser als	Wellenlänge kleiner als	Wellentyp/Band	Bandbreite ungefähr	Frequenz-Kategorie	Physikalische Wirkung	Beispielanwendung	Ausbreitungseigenschaften	
300 PHz	1 nm	Gammastrahlen		Ionisierende Strahlung	Aufbrechen von chemischen Bindungen	Kernphysik	Raumwellen; Eindringen in Körper	
3 PHz	100 nm	Röntgenstrahlen				Röntgeneräte		
0.75 PHz	400 nm	UV-Strahlen*		Höhensonne				
300 THz	1 µm	Licht		Lampen				
30 THz	10 µm			Heizung				
3 THz	100 µm							
300 GHz	1 mm	Infrarot		Optische Strahlung		Noch keine	Raumwellen; Sichtbarkeit	
30 GHz	1 cm	EHF	300 GHz	Hochfrequente Strahlung	Erwärmung von Gewebe	Radar (div. Frequenzen)	Raumwellen; Sichtbarkeit	
3 GHz	10 cm	SHF	30 GHz			SAT-Komm. (11-13 GHz) Radar (div. Frequenzen) Richtfunk (div. Frequenzen)	Raumwellen; Sichtbarkeit; 5 GHz ist Grenze der Gebäudepenetration	
300 MHz	1 m	UHF	3 GHz			Mikrowellenofen (2455 MHz) GPS (1575 MHz) Mobilfunk (900, 1800 MHz)	Raumwellen; ± Sichtbarkeit, Reflexion, bis ca. 30 km	
30 MHz	10 m	UKW (VHF)	300 MHz			TV (40-900 MHz) Radio (87-108 MHz)	Raumwellen; Reflexion möglich; durchdringen Ionosphäre, bis ca. 100 km	
3 MHz	100m	KW (HF)	30 MHz			Radio	(2,3-26 MHz)	Boden-, Raumwellen; Reflexion an Wasser, Ionosphäre, bis 10'000 km
300 KHz	1 km	MW (MF)	3 MHz				(530-1600 KHz)	Bodenwellen Bis ca. 1000 km
30 KHz	10 km	LW (LF)	300 KHz				(150-280 KHz)	Bodenwellen Bis ca. 5000 km
3 KHz	100 km	VLF	30 KHz			Unterwasserkommunikation, Bildschirme	Bodenwellen; Eindringen in Wasser, Reflexion an Ionosphäre	
300 Hz	1000 km	ELF	300 Hz			Niederfrequente Felder	Telefon	Keine nutzbare Abstrahlung
30 Hz	10'000 km						Stromversorgung Haushaltgeräte Eisenbahn	

Die Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation (FSM) hat in einer Literaturstudie die niederfrequenten Magnetfelder (grün) untersucht. Hochfrequente (orange), optische (gelb) und ionisierende (blau) Strahlung waren nicht Gegenstand der Studie. Alle Strahlenarten haben physikalische Wirkungen, auch auf den Körper: So führt hochfrequente und optische Strahlung (da v.a. das Infrarot) zu einer Erwärmung des Körpergewebes. Für die Funkanwendungen ist diese Erwärmung überaus gering und gesundheitlich unproblematisch. Auch die Reizung/Stimulation von Nerven durch niederfrequente Felder liegt in aller Regel unter der Wahrnehmungsschwelle des Menschen. Nur Magnetfelder, die die Grenzwerte massiv überschreiten würden, könnten zum Beispiel Muskelkontraktionen oder visuelle Wahrnehmungsstörungen hervorrufen. Gesetzliche Grenzwerte und SUVA-Bestimmungen stellen sicher, dass die verschiedenen Strahlungsarten beim Menschen keine Schäden bewirken. Das gilt nicht zuletzt auch für energiereiche Strahlung wie beispielsweise Röntgenstrahlung, die einen grossen medizinischen Nutzen hat, aber bei hoher Intensität zum Aufbrechen von chemischen Verbindungen und damit zu Schädigungen des Gewebes führen kann. Tabelle: FSM

Anteil an hoch exponierten Kindern (z.B. Kinder in Gebäuden mit Transformatoren). Ebenfalls interessant sind Gen-Umwelt-Interaktionsstudien, da diese Hinweise auf mögliche biologische Wirkungsmechanismen geben könnten.»

Die FSM-Untersuchung hat auch für andere mögliche Krankheiten die vorhandenen Studienergebnisse ausgewertet. Hier lauten die Befunde stark verkürzt: Bei Hirntumoren und Brustkrebs besteht nach heutigem Wissensstand kein erhöhtes Risiko durch niederfrequente Magnetfelder, bei Leukämien und Lymphomen (Lymphknotentumoren) sind die Forschungsergebnisse uneinheitlich. Bei Parkinson und Multiple Sklerose ist ein erhöhtes Risiko unwahrscheinlich, während bei Demenzerkrankungen wie ALS (Amyotrophe Laterals-

klerose) und Alzheimer bei stark exponierten Personen die Studien tendenziell ein leicht erhöhtes Risiko zeigen.

Elektromagnetisch sensible Personen

Die FSM-Studie hat auch Untersuchungen zum Thema elektromagnetische Sensibilität ausgewertet. Bezeichnet ist hiermit das Phänomen, dass Personen Schlafstörungen, Kopfweh, Konzentrationsschwäche, Rheuma, Juckreiz und weitere Beeinträchtigungen auf die Anwesenheit elektromagnetischer Felder zurückführen. Dazu der Befund der FSM-Studie: «Möglicherweise gibt es eine kleine Gruppe von Personen, die gewisse elektromagnetische Felder physiologisch besser wahrnimmt als andere Menschen. Die vorliegenden Provokationsstudien zeigen insgesamt, dass es keinen Bezug gibt

zwischen Wohlbefinden und der An- oder Abwesenheit von elektromagnetischen Feldern. Hingegen ist das Symptomniveau fast immer mit der Überzeugung verknüpft, ob man gegenüber einem Feld exponiert ist oder nicht, ein deutlicher Hinweis auf die Wirksamkeit von Nozebo-Effekten. Es ist somit wahrscheinlich, dass Elektrosensibilität eine mentale und nicht eine physikalische Ursache hat.»

Gregor Dürrenberger hat die bisherigen wissenschaftlichen Einschätzungen zur gesundheitlichen Wirkung von niederfrequenten Magnetfeldern in einer Tabelle zusammengefasst (vgl. Tabelle S. 4). Dabei zeigt sich, dass die Wissenschaft für etliche Bereiche noch keine abschliessende Risikobeurteilung vorlegen kann. Dennoch hat Gregor Dürrenberger keinen Zweifel, dass die Wissenschaft das einzig taugliche Instrument zur sachlichen Beurteilung von Gesundheitsrisiken im Bereich der Elektrizitätsversorgung darstellt: «Wissenschaftliche Studien sind die einzige Quelle, um Gesundheitsrisiken verlässlich beurteilen zu können, die Intuition hilft uns in diesem Bereich nicht weiter», sagt der an der ETH ausgebildete Naturwissenschaftler.

- Den **Schlussbericht** zum Forschungsprojekt «Elektromagnetische Felder von Stromtechnologien» finden Sie bei: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=35901>
- **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Dr. Gregor Dürrenberger (gregor@emf.ethz.ch), Geschäftsleiter der Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Elektrizitätstechnologien unter: www.bfe.admin.ch/CT/strom.

ERDVERLEGUNG IST NICHT UNBEDINGT HILFREICH

Beim Bau bzw. der Erneuerung von Hochspannungsleitungen wird heute meist auch über eine mögliche Erdverlegung diskutiert. Der unterirdische Leitungsbau hat aber durchaus problematische Seiten, die mit bedacht werden müssen: aus Sicht des Landschaftsschutzes etwa sind in Wäldern breite Freihaltekorridore nötig, oder hinsichtlich Strahlenschutz erhöhen sich in unmittelbarer Nähe der Leitung die magnetischen Feldstärken (in grösserem Abstand sind sie dagegen kleiner), wie Gregor Dürrenberger von der Forschungsstiftung Strom und Mobilkommunikation ausführt. Das Erdreich schirmt magnetische Felder nämlich wie Luft praktisch nicht ab, ein Mensch ist dem Magnetfeld einer unterirdischen Leitung also mitunter stärker ausgesetzt als dem einer Überlandleitung, weil der Abstand zur erdverlegten Leitung kleiner ist als zur Freileitung. Bei einer Erdverlegung kommen die Leitungsstränge näher beieinander zu liegen, was aus physikalischen Gründen dazu führt, dass sich das Magnetfeld auf einen kleineren Raum konzentriert.

Eine Reduktion der magnetischen Felder wird hingegen erzielt, wenn eine gegebene Leistung mit höherer Spannung transportiert wird, zum Beispiel mit 380 kV statt mit 240 kV. Überträgt man eine bestimmte Leistung mit einer höheren Spannung, sinkt der Stromfluss – und damit auch das von der Hochspannungsleitung ausgehende Magnetfeld. BV