

EMF-Portal – Literatur zum niederfrequenten Frequenzbereich (NF) (Fortsetzung)

Bericht 2018

Lambert Bodewein, Dagmar Dechent, Tanja Emonds, David Gräfrath, Thomas Kraus, Anne-
Kathrin Petri, Sarah Drießen

Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (*femu*)
Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin
Leitung: Univ.-Prof. Dr. med. Thomas Kraus
Uniklinik RWTH Aachen
Pauwelsstrasse 30
52074 Aachen

Januar 2019

Dieses Projekt wurde von der Forschungsstelle für Elektropathologie (FfE), Ginsterstraße 10,
72202 Nagold, finanziell gefördert.

Einleitung

Seit rund 15 Jahren betreibt das Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (*femu*) der RWTH Aachen das EMF-Portal (www.emf-portal.org; Abb. 1). Hier werden wissenschaftliche Forschungsergebnisse und Hintergrundinformationen zu den Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder auf die Gesundheit gesammelt und öffentlich zugänglich gemacht. Das EMF-Portal wurde im Rahmen des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms gegründet und seitdem durch zahlreiche Projekte, insbesondere auch durch die Forschungsstelle für Elektropathologie (FfE), finanziell unterstützt. Der Datenbestand des EMF-Portals umfasst derzeit rund 27.200 Publikationen und 6.250 Zusammenfassungen einzelner wissenschaftlicher Studien (Stand: 30.01.2019). Die Ziele und Hintergründe des EMF-Portals wurden in den früheren Berichten (siehe *femu*-Jahresberichte 2015-2017) detailliert dargestellt.

The screenshot shows the homepage of the EMF-Portal. At the top, there is a navigation bar with links for 'TEAM', 'FÖRDERUNG', 'SPENDEN', 'KONTO', and 'SPRACHE'. Below this is a large blue header with the 'EMF-PORTAL' logo and a menu with 'Literatur', 'Technologie', 'Glossar', 'Wirkungen', and 'Mehr'. A search bar is located below the header, with tabs for 'Suche', 'Literatursuche', and 'Studienübersichten'. The main content area is divided into two columns. The left column features a 'Home' section with a brief description of the portal's mission and a list of 'Neue Publikationen' (New Publications) and 'Neue Zusammenfassungen' (New Summaries). The right column features an 'EMF-Quellen' (EMF Sources) section with information about the portal's content and a list of 'Aktuelles' (Current News) items.

Home

Die Internet-Informationsplattform EMF-Portal der RWTH Aachen fasst wissenschaftliche Forschungsergebnisse zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder (EMF) systematisch zusammen und stellt diese in englischer und deutscher Sprache zur Verfügung. Kernstück des EMF-Portals ist eine umfangreiche Literaturlatenbank mit einem Bestand von **27.175** Publikationen und **6.247** Zusammenfassungen einzelner wissenschaftlicher Studien zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder.

Das EMF-Portal ist ein Projekt der Arbeitsgruppe *femu* des [Instituts für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin](#) der Uniklinik RWTH Aachen.

Erfahren Sie mehr zur Zielsetzung des EMF-Portals ...

| Neue Publikationen | Neue Zusammenfassungen |
|---|------------------------|
| 25.01.19 Infrared Spectroscopic Demonstration of Magnetic Orientation in SH-SY5Y Neuronal-Like Cells Induced by Static or 50 Hz Magnetic Fields. <i>Calabrò E, Magazù S, Int J Radiat Biol</i> 2019: 1-22 [im Druck] | |
| 24.01.19 Cortical Inhibition of Face and Jaw Muscle Activity and Discomfort Induced by Repetitive and Paired-Pulse TMS During an Overt Object Naming Task. <i>Weiss Lucas C, Kallioniemi E, Neuschmelting V, Nettekoven C, Pieczewski J, Jonas K, Goldbrunner R, Karhu J, Grefkes C, Julkunen P, Brain Topogr</i> 2019 [im Druck] | |
| 24.01.19 A comprehensive overview on utilizing electromagnetic fields in bone regenerative medicine. <i>Azadian E, Arjmand B, Khodaii Z, Ardeshiryajimi A, Electromagn Biol Med</i> 2019: 1-20 [im Druck] | |

Alle Publikationen der letzten 30 Tage anzeigen →

EMF-Quellen

Informieren Sie sich über die wichtigsten Eigenschaften technischer Quellen elektromagnetischer Felder, denen man im Alltag begegnet, und nutzen Sie diese Informationen, um verschiedene Feldquellen zu vergleichen.

Aktuelles

BioEM 2019 in Montpellier, Frankreich
16.01.19
Die gemeinsame Jahrestagung 2019 der Bioelectromagnetics Society (BEMS) und European...

Erice-Schule 2019
16.11.18
Vom 24.-30. März wird der 9. Kurs der Internationalen Schule für Bioelektromagnetismus...

FSM Science Brunch 29
06.11.18
Die Schweizer Forschungsstiftung für Strom und Mobilkommunikation (FSM; Zürich, Schweiz) lädt ein...

Alle Neuigkeiten anzeigen →

Abb. 1: Ansicht der Homepage des EMF-Portals

Die Anzahl der einzelnen Nutzer, die auf das EMF-Portal zugreifen, ist im Laufe der letzten Jahre stetig gestiegen (siehe Abb. 2), die Anzahl der Seitenzugriffe war 2018 im Durchschnitt leicht rückläufig (siehe Abb. 3): 2018 gab es durchschnittlich 21.311 Seitenaufrufe pro Monat (Vergleich 2017: 23.119) von 9599 Nutzern (Vergleich 2017: 8.123 Nutzer). Ein Grund für diese auf den ersten Blick widersprüchliche Entwicklung könnte in der neuen einfachen Suche im EMF-Portal zu finden sein (siehe *femu*-

Jahresbericht 2017). Diese ermöglicht es den Nutzern, schneller und komfortabler ihre gesuchten Inhalte zu finden. Dies steigert zum einen die Attraktivität des EMF-Portals insgesamt (Zunahme der Nutzerzahlen) und reduziert gleichzeitig die Zugriffe auf einzelne Seiten, die den jeweiligen Nutzer nicht interessieren (Abnahme der Seitenaufrufe).

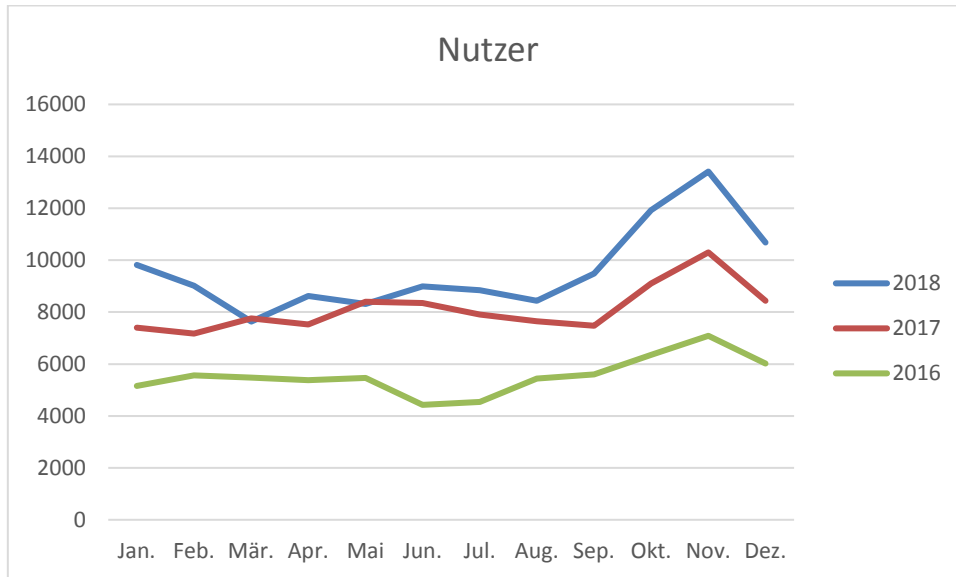


Abb. 2: Monatliche Anzahl der Nutzer in 2018 und Entwicklung seit 2016

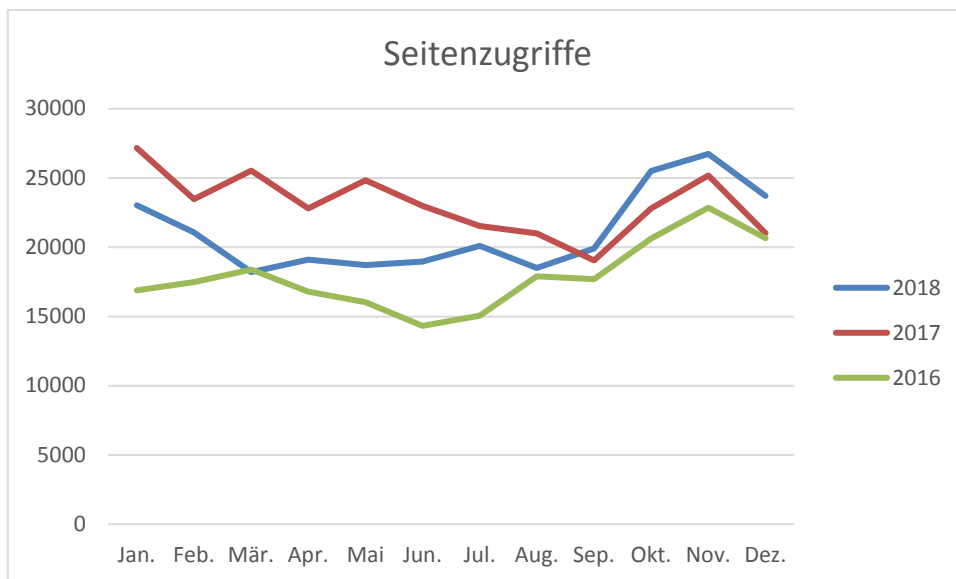


Abb. 3: Monatliche Anzahl der Seitenzugriffe in 2018 und Entwicklung seit 2016

Das EMF-Portal findet weiterhin international Beachtung und wird regelmäßig zur Literatursuche, Analyse und Bewertung des wissenschaftlichen Kenntnisstands zum Thema EMF genutzt, wie die folgenden Referenzen aus dem Berichtsjahr beispielhaft belegen.

- Amoon AT, Crespi CM, Ahlbom A, Bhatnagar M, Bray I, Bunch KJ, Clavel J, et al. (2018): Proximity to overhead power lines and childhood leukaemia: an international pooled analysis; Br J Cancer; 119 (3): 364-373; doi:10.1038/s41416-018-0097-7
- Bailey WH, Williams AL, Leonhard MJ (2018): Exposure of laboratory animals to small air ions: a systematic review of biological and behavioral studies. Biomed Eng Online 2018; 17 (1): 72; doi:10.1186/s12938-018-0499-z
- Huss A, Spoerri A, Egger M, Kromhout H, Vermeulen R, Swiss National Cohort (2018): Occupational extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) exposure and hematolymphopoietic cancers - Swiss National Cohort analysis and updated meta-analysis. Environ Res 2018; 164: 467-474; doi:10.1016/j.envres.2018.03.022
- Huss A, Peters S, Vermeulen R (2018): Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and the risk of ALS: A systematic review and meta-analysis. Bioelectromagnetics; 39 (2): 156-163; doi:10.1002/bem.22104
- Jalilian H, Teshnizi SH, Rösli M, Neghab M (2018): Occupational exposure to extremely low frequency magnetic field and risk of Alzheimer disease: A systematic review and meta-analysis. Neurotoxicology 69: 242-252; doi:10.1016/j.neuro.2017.12.005
- Leach V, Weller S, Redmayne M (2018): A novel database of bio-effects from non-ionizing radiation. Rev Environ Health; 33 (3): 273-280; doi:10.1515/reveh-2018-0017

Das EMF-Portal kann somit als international gut etabliertes Tool zur Literatursuche zum Thema der biologischen und gesundheitlichen Wirkungen elektromagnetischer Felder bezeichnet werden.

Ziel des Forschungsvorhabens

Ziel des Forschungsvorhabens war die Fortsetzung des Projektes zum Monitoring und der Analyse aktueller Forschungsergebnisse zu den gesundheitlichen Wirkungen Netzfrequenz-relevanter niederfrequenter Felder und deren Darstellung im EMF-Portal.

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden neue wissenschaftliche Publikationen zu den gesundheitlichen Wirkungen Netzfrequenz-relevanter niederfrequenter Felder systematisch recherchiert (Punkt 1), kategorisiert (Punkt 2), im Rahmen grafischer und tabellarischer Übersichten in den bestehenden Wissensstand eingebettet (Punkt 3) sowie ausgewählte experimentelle und epidemiologische Publikationen extrahiert und online zur Verfügung gestellt (Punkt 4).

Ein weiteres Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens bestand außerdem darin, ein Design für die Webseite zu implementieren, das eine verbesserte Darstellung auf diversen Endgeräten, wie Smartphones und Tablets, erlaubt (Punkt 5).

Ergebnisse

1. Systematische Recherche aktueller Studien

In einem ersten Schritt wurden relevante Artikel mit Hilfe automatisierter Suchabfragen in wissenschaftlichen Literaturdatenbanken (wie z.B. PubMed, IEEE Xplore) recherchiert. Darüber hinaus wurde auch manuell in Fachzeitschriften gesucht, die nicht in bekannten Literaturdatenbanken aufgeführt sind. Relevante Artikel wurden mit den bibliografischen Angaben in das EMF-Portal aufgenommen und, sofern kein Online-Zugang existiert, über die Universitätsbibliothek der RWTH

Aachen bestellt. Seit dem letzten Jahresbericht (seit 28.02.2017) konnten auf diese Weise 459 Studien aus dem Niederfrequenz-Bereich identifiziert und in das EMF-Portal aufgenommen werden (Stand 25.01.2019). Von den 459 neu aufgenommenen Studien stammten 368 aus dem Jahr 2018 oder wurden Anfang dieses Jahres (2019) veröffentlicht. Davon untersuchten wiederum 97 Publikationen Netzfrequenzen (50/60 Hz).

2. Kategorisierung neu aufgenommenener Studien

Bei Aufnahme einer neuen Publikation erfolgte ihre inhaltsgemäße Zuordnung in bestimmte Kategorien und Themenbereiche. Darüber hinaus wurde bei den experimentellen und epidemiologischen Studien im 50/60-Hz-Bereich eine grobe Klassifizierung des exponierten Systems (*in vivo*, *in vitro*, Mensch, Tier, Zelle), der Endpunkte, des untersuchten Frequenzbereichs bis hin zur Feldquelle (Hochspannungsleitung, Erdkabel, Haushaltsgerät) und der Art des Feldes (Magnetfeld, elektrisches Feld) oder eine detaillierte Extraktion (vgl. Punkt 4) vorgenommen. Diese Schritte sind Voraussetzung für die komparative Analyse der vorhandenen Publikationen und die unter Punkt 3 beschriebene Integration aktueller Studien in den bestehenden Wissenskontext und unterscheidet die Methodik des EMF-Portals wesentlich von anderen Literaturdatenbanken. Von den 459 neu in das EMF-Portal aufgenommenen Publikationen aus dem Niederfrequenz-Bereich sind 176 experimentelle und 16 epidemiologische Studien. Zudem wurden 112 Studien der Kategorie „Technik/Dosimetrie“, 8 Studien der Kategorie „Störbeeinflussung“, 33 Studien der Kategorie „Therapie“ und 114 Studien der Kategorie „Sonstige“ (z.B. Übersichtsartikel, Kommentare) zugeordnet. Tabelle 1 bietet eine detaillierte Übersicht über alle neu aufgenommenen Publikationen aus dem Niederfrequenz-Bereich und gibt zudem an, wie viele davon neu erschienen sind (Erscheinungsjahr 2018 oder 2019) und wie viele Studien von den Neuaufnahmen eine Netzfrequenz-relevante Exposition (50/60 Hz) untersucht haben.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass im Berichtszeitraum lediglich 49 experimentelle und 9 epidemiologische Studien mit 50/60-Hz-Exposition neu erschienen sind. Das macht ca. 13 Prozent aller Neuaufnahmen im Niederfrequenz-Bereich aus (Vergleich 2017: 8 Prozent). Gleichzeitig wird deutlich, wie wichtig eine kontinuierliche und systematische Recherche ist, die auch ältere Studien berücksichtigt. 91 der 459 Neuaufnahmen wurden vor 2018 veröffentlicht und fehlten bislang im EMF-Portal (s.o.).

Tabelle 1: Übersicht über Neuaufnahmen im Berichtszeitraum (01.03.2018–25.01.2019). Die Zahlen in der rechten Spalte geben an: Anzahl der neu aufgenommenen Studien Niederfrequenz insgesamt / Anzahl der Neuaufnahmen Niederfrequenz mit Erscheinungsjahr 2018/19 / Anzahl der Neuaufnahmen mit Erscheinungsjahr 2018/19 und mit Netzfrequenz-Exposition (50/60 Hz)

| Medizin/Biologie (experimentelle Studien) | insgesamt / seit 2018 / 50/60-Hz-Exposition |
|--|--|
| Auditorisches System | 1/1/1 |
| Blut-Parameter | 3/3/1 |
| Endokrinologische Prozesse, Hormone | 1/1/1 |
| Enzymaktivität | 3/3/0 |
| Fertilität, Eierstöcke, Hoden | 6/5/2 |
| Genotoxizität, Genexpression, Chromosomenveränderungen | 11/8/3 |
| Haut | 1/1/1 |
| Herz-Kreislauf-System | 1/1/0 |
| Immunsystem | 4/4/4 |
| Insekten, Invertebraten | 10/10/4 |
| Krebs, Tumor, <i>in vivo</i> | 4/4/2 |
| Magnetorezeption, Feldwahrnehmung | 9/6/0 |
| Membranen, Ionenkanäle | 2/2/0 |
| Mikroorganismen, Viren, Bakterien | 11/11/1 |
| Moleküle, niedermolekulare Strukturen | 3/3/1 |
| Multiple Parameter | 1/1/1 |
| Neuronen, periphere Nerven, außer Gehirn | 3/2/1 |
| Organe, Gewebe, Physiologie | 9/9/2 |
| Pflanzen | 11/11/0 |
| Schmerz | 1/1/0 |
| Teratogenität, Embryogenese | 5/2/0 |
| Verhalten, Kognition | 6/4/0 |
| Zellproliferation, Zelleigenschaften, Apoptose | 49/42/15 |
| Zellstoffwechsel, oxidativer Stress | 7/6/4 |

| | |
|---|-------------------|
| Zentralnervensystem, Gehirn, EEG, Neurotransmitter, Schlaf, Neurophysiologische Effekte | 14/12/5 |
| Summe | 176/153/49 |
| Epidemiologie | |
| Epidemiologische Studien | 16/15/9 |
| Störbeeinflussung (EMV) | |
| Störbeeinflussung von Implantaten | 7/7/0 |
| Störbeeinflussung von medizinischen Geräte | 1/1/0 |
| Summe | 8/8/0 |
| Technik/Dosimetrie | |
| Dosimetrie, Feldbedingungen | 48/32/10 |
| Methoden, Technik, Verfahren | 32/28/3 |
| Wirkungsmechanismen; physikalische, biologische, theoretische Aspekte | 32/26/5 |
| Summe | 112/86/18 |
| Therapie | |
| Therapeutische Anwendungen | 20/17/2 |
| Transkranielle Magnetstimulation | 13/11/0 |
| Summe | 33/28/2 |
| Sonstiges | |
| Abschätzung Exposition, Bias, Confounder, Methoden, Validierung | 1/1/0 |
| Grenzwertdiskussion/Entscheidungsfindung | 2/2/0 |
| Grundlagen | 17/9/0 |
| Kommentare/Errata | 10/9/1 |
| Publikation nicht Englisch oder Deutsch | 13/4/2 |
| Reviews, Übersichten | 31/21/4 |
| Risikokommunikation, Risikowahrnehmung | 8/2/0 |
| Stellungnahmen, Berichte | 6/4/4 |
| bestellte Literatur | 26/26/8 |
| Summe | 114/78/19 |
| Gesamtsumme | 459/368/97 |

Im experimentellen Bereich erschienen im Berichtszeitraum, wie auch im Jahr zuvor, die meisten Netzfrequenz-relevanten Studien (d.h. ≥ 5 Publikationen) zu den Endpunkten „Zellproliferation, Apoptose“ (n=15) und „Wirkungen auf das Zentralnervensystem“ (n=5) (vgl. Tabelle 1). Neben den experimentellen Studien wurden auch 9 epidemiologische Studien mit Netzfrequenz-relevanten Frequenzen neu in das EMF-Portal aufgenommen. Im Folgenden finden sich die entsprechenden Referenzen.

Zellproliferation, Apoptose (n=15)

- Amiri M, Basiri M, Eskandary H, Akbarnejad Z, Esmaeeli M, Masoumi-Ardakani Y, Ahmadi-Zeidabadi M (2018): Cytotoxicity of carboplatin on human glioblastoma cells is reduced by the concomitant exposure to an extremely low-frequency electromagnetic field (50 Hz, 70 G). *Electromagn Biol Med*: 37 (3): 138-145. doi: 10.1080/15368378.2018.1477052
- Consales C, Panatta M, Butera A, Filomeni G, Merla C, Carrì MT, Marino C, Benassi B (2018): 50-Hz Magnetic Field Impairs the Expression of Iron-related Genes in the in vitro SOD1(G93A) Model of Amyotrophic Lateral Sclerosis. *Int J Radiat Biol*: 1-28. doi: 10.1080/09553002.2019.1552378 [Epub ahead of print]
- Errico Provenzano A, Amatori S, Nasoni MG, Persico G, Russo S, Mastrogiacomo AR, Gambarara A, Fanelli M (2018): Effects of Fifty-Hertz Electromagnetic Fields on Granulocytic Differentiation of ATRA-Treated Acute Promyelocytic Leukemia NB4 Cells. *Cell Physiol Biochem*: 46 (1): 389-400. doi: 10.1159/000488473
- Han Q, Chen R, Wang F, Chen S, Sun X, Guan X, Yang Y, Peng B, Pan X, Li J, Yi W, Li P, Zhang H, Feng D, Chen A, Li X, Li S, Yin Z (2018): Pre-exposure to 50 Hz-electromagnetic fields enhanced the antiproliferative efficacy of 5-fluorouracil in breast cancer MCF-7 cells. *PLoS One*: 13 (4): e0192888. doi: 10.1371/journal.pone.0192888
- Kakikawa M, Maeda T, Yamada S (2018): Combined Effect of 60 Hz Magnetic Fields and Anticancer Drugs on Human Hepatoma HepG2 Cells. *IEEE J-ERM*. doi: 10.1109/JERM.2018.2880341
- Kozirowska A, Romerowicz-Misielak M, Sotek P, Kozirowski M (2018): Extremely low frequency variable electromagnetic fields affect cancer and noncancerous cells in vitro differently: Preliminary study. *Electromagn Biol Med*: 37 (1): 35-42. doi: 10.1080/15368378.2017.1408021
- Nasrabadi N, Soheili ZS, Bagheri A, Ahmadi H, Amizadeh Y, Sahebjam F, Tabeie F, Rezaei Kanavi M (2018): The effects of electromagnetic fields on cultured human retinal pigment epithelial cells. *Bioelectromagnetics* 39 (8): 585-594. doi: 10.1002/bem.22154
- Qiu L, Chen L, Yang X, Ye A, Jiang W, Sun W (2019): S1P mediates human amniotic cells proliferation induced by a 50-Hz magnetic field exposure via ERK1/2 signaling pathway. *J Cell Physiol*. doi: 10.1002/jcp.28102 [Epub ahead of print]
- Solek P, Majchrowicz L, Kozirowski M (2018): Aloe arborescens juice prevents EMF-induced oxidative stress and thus protects from pathophysiology in the male reproductive system in vitro. *Environ Res*: 166: 141-149. doi: 10.1016/j.envres.2018.05.035
- Song K, Im SH, Yoon YJ, Kim HM, Lee HJ, Park GS (2018): A 60 Hz uniform electromagnetic field promotes human cell proliferation by decreasing intracellular reactive oxygen species levels. *PLoS One*: 13 (7): e0199753. doi: 10.1371/journal.pone.0199753
- Wang D, Zhang L, Shao G, Yang S, Tao S, Fang K, Zhang X (2018): 6-mT 0-120-Hz magnetic fields differentially affect cellular ATP levels. *Environ Sci Pollut Res Int*: 25 (28): 28237-28247. doi: 10.1007/s11356-018-2868-3
- Wu S, Yu Q, Sun Y, Tian J (2018): Synergistic effect of a LPEMF and SPIONs on BMMSC proliferation, directional migration, and osteoblastogenesis. *Am J Transl Res* 10 (5): 1431-1443
- Wu X, Du J, Song W, Cao M, Chen S, Xia R (2018): Weak power frequency magnetic fields induce microtubule cytoskeleton reorganization depending on the epidermal growth factor receptor

and the calcium related signaling. PLoS One: 13 (10): e0205569. doi: 10.1371/journal.pone.0205569

- Yin Y, Chen P, Yu Q, Peng Y, Zhu Z, Tian J (2018): The Effects of a Pulsed Electromagnetic Field on the Proliferation and Osteogenic Differentiation of Human Adipose-Derived Stem Cells. *Med Sci Monit*: 24: 3274-3282. doi: 10.12659/MSM.907815
- Zhang Y, Yan J, Xu H, Yang Y, Li W, Wu H, Liu C (2018): Extremely low frequency electromagnetic fields promote mesenchymal stem cell migration by increasing intracellular Ca(2+) and activating the FAK/Rho GTPases signaling pathways in vitro. *Stem Cell Res Ther*: 9 (1): 143. doi: 10.1186/s13287-018-0883-4

Wirkungen auf das Zentralnervensystem (n=5)

- Dong L, Zheng Y, Li ZY, Li G, Lin L (2018): Modulating effects of on-line low frequency electromagnetic fields on hippocampal long-term potentiation in young male Sprague-Dawley rat. *J Neurosci Res*: 96 (11): 1775-1785. doi: 10.1002/jnr.24276
- Karimi SA, Salehi I, Shykhi T, Zare S, Komaki A (2019): Effects of exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on spatial and passive avoidance learning and memory, anxiety-like behavior and oxidative stress in male rats. *Behav Brain Res*: 359:630-638. doi: 10.1016/j.bbr.2018.10.002
- Martínez-Sámamo J, Flores-Poblano A, Verdugo-Díaz L, Juárez-Oropeza MA, Torres-Durán PV (2018): Extremely low frequency electromagnetic field exposure and restraint stress induce changes on the brain lipid profile of Wistar rats. *BMC Neurosci*: 19(1):31. doi: 10.1186/s12868-018-0432-1
- Sofiabadi M, Esmaeili MH, Haghdooost-Yazdi H, Dezfulian M, Afshari Z.H, Goodarzvand K, Chegini (2018): Effects of Prenatal Combined Stress on Passive Avoidance Learning and Memory in Rats. *Neurophysiology*: 50: 116. doi: 10.1007/s11062-018-9725-3
- Zuo H, Liu X, Wang D, Li Y, Xu X, Peng R, Song T (2018): RKIP-Mediated NF-κB Signaling is involved in ELF-MF-mediated improvement in AD rat. *Int J Med Sci*: 15 (14): 1658-1666. doi: 10.7150/ijms.28411

Epidemiologische Studien (n=9)

- Amoon AT, Crespi CM, Ahlbom A, Bhatnagar M, Bray I, Bunch KJ, Clavel J, Feychting M, Hémon D, Johansen C, Kreis C, Malagoli C, Marquant F, Pedersen C, Raaschou-Nielsen O, Rösli M, Spycher BD, Sudan M, Swanson J, Tittarelli A, Tuck DM, Tynes T, Vergara X, Vinceti M, Wünsch-Filho V, Kheifets L (2018): Proximity to overhead power lines and childhood leukaemia: an international pooled analysis. *Br J Cancer*: 119 (3): 364-373. doi: 10.1038/s41416-018-0097-7
- Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Ebrahimi MH, Haji B, Abdolahfard M (2018): The effect of chronic exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on sleep quality, stress, depression and anxiety. *Electromagn Biol Med*: 2018 Dec 14: 1-6. doi: 10.1080/15368378.2018.1545665 [Epub ahead of print]
- Carlberg M, Koppel T, Ahonen M, Hardell L (2018): Case-Control Study on Occupational Exposure to Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields and the Association with Meningioma. *Biomed Res Int*: 2018:5912394. doi: 10.1155/2018/5912394
- Gunnarsson LG, Bodin L (2018): Amyotrophic Lateral Sclerosis and Occupational Exposures: A Systematic Literature Review and Meta-Analyses. *Int J Environ Res Public Health*: 15 (11). pii: E2371. doi: 10.3390/ijerph15112371
- Huss A, Spoerri A, Egger M, Kromhout H, Vermeulen R (2018): Occupational extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) exposure and hematolymphopoietic cancers - Swiss National Cohort analysis and updated meta-analysis. *Environ Res*: 164: 467-474. doi: 10.1016/j.envres.2018.03.022

- Ren Y, Chen J, Miao M, Li DK, Liang H, Wang Z, Yang F, Sun X, Yuan W (2019): Prenatal exposure to extremely low frequency magnetic field and its impact on fetal growth. *Environ Health*: 18 (1): 6. doi: 10.1186/s12940-019-0447-9
- Rösli M, Jalilian H (2018): A meta-analysis on residential exposure to magnetic fields and the risk of amyotrophic lateral sclerosis. *Rev Environ Health*: 33(3): 295-299. doi: 10.1515/reveh-2018-0019
- Su L, Zhao C, Jin Y, Lei Y, Lu L, Chen G (2018): Association between parental occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and childhood nervous system tumors risk: A meta-analysis. *Sci Total Environ*: 642: 1406-1414. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.142
- Swanson J, Bunch KJ (2018): Reanalysis of risks of childhood leukaemia with distance from overhead power lines in the UK. *J Radiol Prot*: 38 (3): N30-N35. doi: 10.1088/1361-6498/aac89a

3. Integration aktueller Studien in den bestehenden Wissenskontext und Darstellung im EMF-Portal

Im EMF-Portal sind seit mehreren Jahren grafische Übersichten zur Studienlage zu bestimmten Themengebieten integriert, wie z.B. zu Wirkungen durch Mobilfunk, statische Felder oder zu Wirkungen auf Kinder & Jugendliche („Studienübersichten“). Im Rahmen des vorliegenden Forschungsvorhabens wurden die Inhalte der grafischen Übersichten zum Thema „Netzfrequenzen“ aktualisiert, d.h. die entsprechenden Parameter aus den neu erschienenen und neu in das Portal aufgenommenen Studien wurden so kategorisiert (siehe Punkt 2), dass sie im Rahmen dieser übergeordneten Struktur in den bestehenden Wissenskontext eingebettet werden konnten. Die Abbildungen 4-6 zeigen die grafischen Übersichten der epidemiologischen Studien (Abb. 4) sowie der experimentellen Studien mit Netzfrequenz-relevanter Exposition (Abb. 5 für Magnetfeld-Exposition, Abb. 6 für elektrische Feld-Exposition).

Mit Hilfe dieser Übersichten kann sich der Nutzer einen einfachen Überblick über die aktuelle Studienlage zu Untersuchungen mit Netzfrequenz-relevanten niederfrequenten Feldern (50/60 Hz) verschaffen. Zu einem bestimmten Thema (z.B. neurodegenerative Erkrankungen) bekommt er alle verfügbaren wissenschaftlichen Studien angezeigt und, sofern sie vollständig extrahiert vorliegen (vgl. Punkt 4), mit weiteren Details in einer einheitlichen und leicht vergleichbaren Form zur Verfügung gestellt. Dadurch soll der Nutzer aktuelle Forschungsergebnisse besser einschätzen und unterschiedliche Bewertungen der Studienergebnisse durch Dritte besser einordnen können.

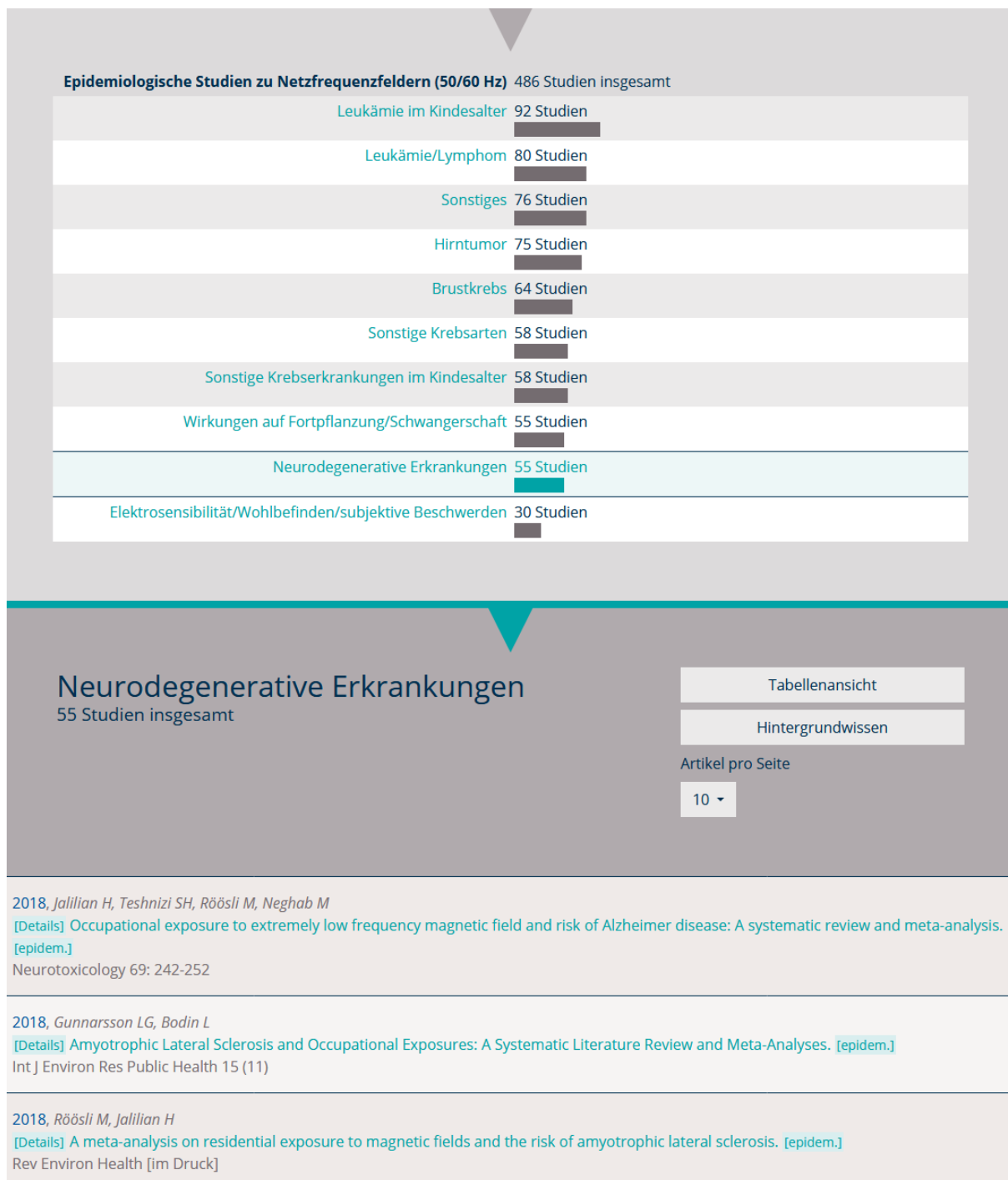


Abb. 4: Epidemiologische Studien mit Netzfrequenz-relevanter Exposition (n=486, Stand: 30.01.2019); <https://www.emf-portal.org/de/article/overview/power-line-frequencies-epidem#level-1>

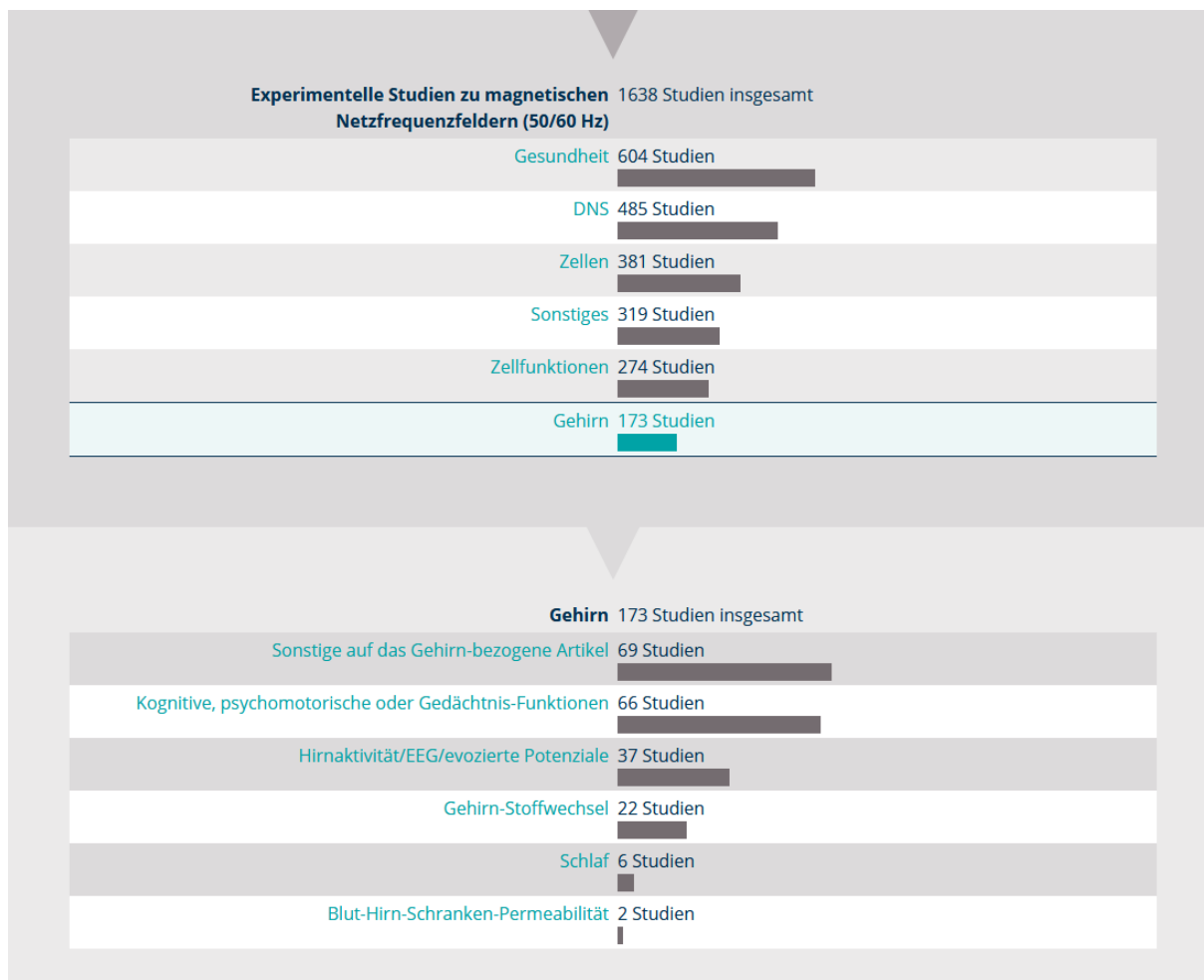


Abb. 5: Experimentelle Studien mit Netzfrequenz-relevanter Magnetfeld-Exposition (n=1.638, Stand 30.01.2019); <https://www.emf-portal.org/de/article/overview/power-line-frequencies-magnetic#level-1>

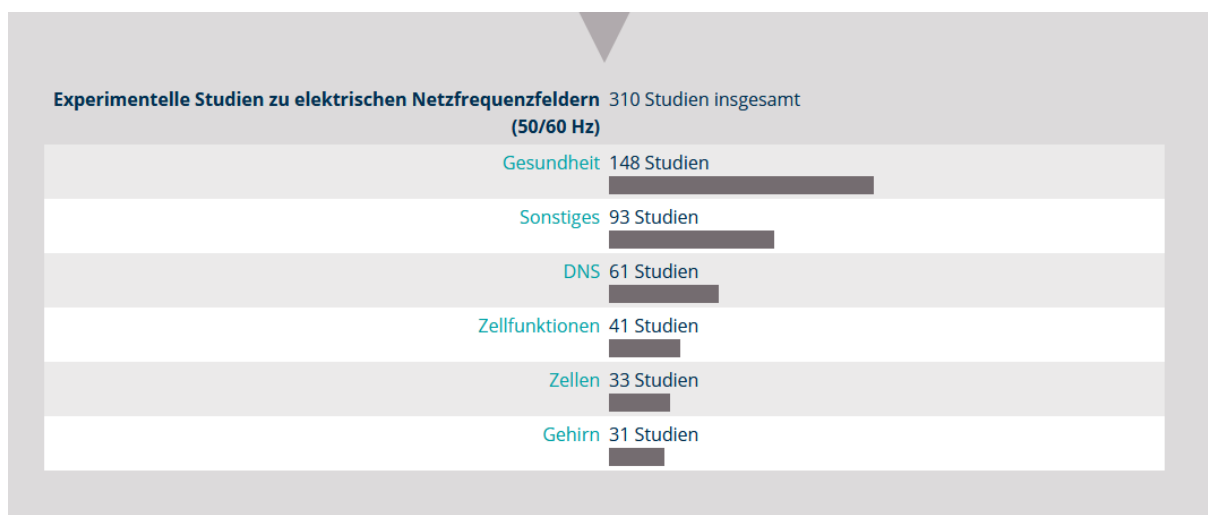


Abb. 6: Experimentelle Studien mit Netzfrequenz-relevanter elektrischer Feld-Exposition (n=310, Stand 30.01.2019); <https://www.emf-portal.org/de/article/overview/power-line-frequencies-electric#level-1>

4. Extraktion experimenteller und epidemiologischer Publikationen

Ein großer Teil der aktuellen und neu in das Portal aufgenommenen Studien mit Netzfrequenz-relevanter Exposition wurde nach einem einheitlichen Vorgehen, welches in einem internen Leitfadens dokumentiert ist, extrahiert. Das heißt, die Inhalte wurden verständlich in deutscher und englischer Sprache zusammengefasst, Fachbegriffe mit dem Glossar verlinkt und als Gesamtpaket kostenlos über das Internet zur Verfügung gestellt. Bei den Extraktionen wurden zunächst die neu erschienenen Publikationen berücksichtigt und sukzessive rücklaufend auch ältere Studien extrahiert. Im Berichtszeitraum wurden 24 der neu aufgenommenen experimentellen medizinisch/biologischen Studien sowie 12 ältere Studien extrahiert (insgesamt demzufolge 36 Studien aus dem experimentellen Bereich). Zusätzlich wurden 8 epidemiologische Publikationen mit Netzfrequenz-relevanter Exposition und eine Publikation im Niederfrequenz-Bereich (allgemein) extrahiert, wobei alle extrahierten epidemiologischen Studien neu erschienen sind. Insgesamt stehen somit 1.055 experimentelle Studien und 201 epidemiologische Studien aus dem Netzfrequenz-Bereich mit extrahierten Details zur Verfügung (Stand 24.01.18). Im Folgenden finden sich die Referenzen zu allen im Berichtszeitraum extrahierten experimentellen und epidemiologischen Studien.

Extrahierte Medizinisch/Biologische Artikel (n=36)

- Aslankoc R, Gumral N, Saygin M, Senol N, Asci H, Cankara FN, Comlekci S (2018): The impact of electric fields on testis physiopathology, sperm parameters and DNA integrity-The role of resveratrol. *Andrologia*: doi: 10.1111/and.12971. [Epub ahead of print]
- Aydemir S, Tayman C, Tonbul A, Tatli M (2016): Effects of the magnetic field constituted by the incubators on the behavior models of newborn rats. *Ponte*: 72 (4) Pt 1: 17-27. doi:10.21506/j.ponte.2016.4.29
- Bahaodini A, Owjifard M, Tamadon A, Jafari SM (2015): Low frequency electromagnetic fields long-term exposure effects on testicular histology, sperm quality and testosterone levels of male rats. *Asian Pac J Reprod*: 4(3): 195–200. doi: 10.1016/j.apjr.2015.06.001
- Bayat PD, Darabi MR, Ghanbari A, Amiri S, Sohoul P (2012): Effects of prenatal exposure to extremely low electro-magnetic field on in vivo derived blastocysts of mice. *Iran J Reprod Med*: 10 (6): 555-60
- Bua L, Tibaldi E, Falcioni L, Lauriola M, De Angelis L, Gnudi F, Manservigi M, Manservigi F, Manzoli I, Menghetti I, Montella R, Panzacchi S, Sgargi D, Strollo V, Vornoli A, Mandrioli D, Belpoggi F (2018): Results of lifespan exposure to continuous and intermittent extremely low frequency electromagnetic fields (ELFEMF) administered alone to Sprague Dawley rats. *Environ Res*: 164: 271-279. doi: 10.1016/j.envres.2018.02.036
- Davarpanah Jazi S, Modolo J, Baker C, Villard S, Legros A (2017): Effects of A 60 Hz Magnetic Field of Up to 50 milliTesla on Human Tremor and EEG: A Pilot Study. *Int J Environ Res Public Health*: 14 (12). pii: E1446. doi: 10.3390/ijerph14121446
- Di G, Gu X, Lin Q, Wu S, Kim HB (2018): A comparative study on effects of static electric field and power frequency electric field on hematology in mice. *Ecotoxicol Environ Saf*: 166: 109-115. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.09.071
- Gadhia P, Chakraborty S, Pithawala M (2010): Cytogenetic Studies on Railway Engine Drivers Exposed to Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields (ELF-EMF). *Int J Hum Genet* 2010: 10 (4): 263-269. doi:10.1080/09723757.2010.11886116
- Gao Q-H, Cai Q, Fan Y (2017): Beneficial effect of catechin and epicatechin on cognitive impairment and oxidative stress induced by extremely low frequency electromagnetic field. *J Food Biochem*: 41: e12416. doi: 10.1111/jfbc.12416
- Hori T, Nedachi T, Suzuki H, Harakawa S (2018): Characterization of the suppressive effects of extremely-low-frequency electric fields on a stress-induced increase in the plasma glucocorticoid level in mice. *Bioelectromagnetics*: 39 (7): 516-528. doi: 10.1002/bem.22138

- Karimi SA, Salehi I, Shykhi T, Zare S, Komaki A (2019): Effects of exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on spatial and passive avoidance learning and memory, anxiety-like behavior and oxidative stress in male rats. *Behav Brain Res*: 359:630-638. doi: 10.1016/j.bbr.2018.10.002
- Kilfoyle AK, Jermain RF, Dhanak MR, Huston JP, Spieler RE (2018): Effects of EMF emissions from undersea electric cables on coral reef fish. *Bioelectromagnetics*: 39 (1): 35-52. doi: 10.1002/bem.22092
- Koziarowska A, Waszkiewicz EM, Romerowicz-Misielak M, Zglejc-Waszak K, Franczak A (2018): Extremely low-frequency electromagnetic field (EMF) generates alterations in the synthesis and secretion of oestradiol-17 β (E(2)) in uterine tissues: An in vitro study. *Theriogenology*: 110: 86-95. doi: 10.1016/j.theriogenology.2017.12.041
- Kunt H, Şentürk İ, Gönül Y, Korkmaz M, Ahsen A, Hazman Ö, Bal A, Genç A, Songur A (2016): Effects of electromagnetic radiation exposure on bone mineral density, thyroid, and oxidative stress index in electrical workers. *Onco Targets Ther*: 9: 745-54. doi: 10.2147/OTT.S94374
- Li H, Lin L, Li L, Zhou L, Hao S, Zhang Y, Ding Z (2018): Eotaxin-1 and MCP-1 serve as circulating indicators in response to power frequency electromagnetic field exposure in mice. *Mol Med Rep*: 18 (3): 2832-2840. doi: 10.3892/mmr.2018.9237
- Li H, Lin L, Li L, Zhou L, Zhang Y, Hao S, Ding Z (2018): Exosomal small RNA sequencing uncovers the microRNA dose markers for power frequency electromagnetic field exposure. *Biomarkers*: 23 (4): 315-327. doi: 10.1080/1354750X.2018.1423707
- Mahdavinejad L, Alahgholi-Hajibehzad M, Eftekharian MM, Zaerighane Z, Salehi I, Hajilooi M, Mahaki H, Zamani A (2018): Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields Decrease Serum Levels of Interleukin-17, Transforming Growth Factor- β and Downregulate Foxp3 Expression in the Spleen. *J Interferon Cytokine Res*: 38 (10): 457-462. doi: 10.1089/jir.2018.0048
- Maliszewska J, Marciniak P, Kletkiewicz H, Wyszowska J, Nowakowska A, Rogalska J (2018): Electromagnetic field exposure (50 Hz) impairs response to noxious heat in American cockroach. *J Comp Physiol A Neuroethol Sens Neural Behav Physiol*: 204: 605. doi: 10.1007/s00359-018-1264-2
- Ohnishi Y, Mizuno F, Sato T, Yasui M, Kikuchi T, Ogawa M (2002): Effects of power frequency alternating magnetic fields on reproduction and pre-natal development of mice. *J Toxicol Sci*: 27 (3): 131-8. doi: 10.2131/jts.27.131
- Park S, Kim YJ, Kim MS, Kim HS, Kim MW, Kang YM, Lee SK, Choi KC, Kim N, Gimm YM, Kim YW (2018): The effect of 20-week continuous 60 Hz magnetic field exposure on testicular function in sprague-dawley rats. *Bioelectromagnetics*: 39 (7): 539-546. doi: 10.1002/bem.22146
- Ruan G, Liu X, Zhang Y, Wan B, Zhang J, Lai J, He M, Chen C (2018): Power-frequency magnetic fields at 50 Hz do not affect fertility and development in rats and mice. *Electromagn Biol Med*: 1-12. doi: 10.1080/15368378.2018.1545664 [Epub ahead of print]
- Saito A, Takahashi M, Makino K, Suzuki Y, Jimbo Y, Nakasono S (2018): Response of Cultured Neuronal Network Activity After High-Intensity Power Frequency Magnetic Field Exposure. *Front Physiol*: 9: 189. doi: 10.3389/fphys.2018.00189
- Severini M, Giliberti C, Tarantino G, Loy M, Bonori M, Congiu Castellano A, Bedini A, Palomba R, Giuliani L (2009): Influence of Calcium Cyclotron Resonance on the Developmental Rates of *Xenopus Laevis* Tadpoles. *PIERS Proceedings, Beijing, China. The Electromagnetics Academy*, ISBN 9781934142080: 983-987
- Shepherd S, Lima MAP, Oliveira EE, Sharkh SM, Jackson CW, Newland PL (2018): Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields impair the Cognitive and Motor Abilities of Honey Bees. *Sci Rep*: 8 (1): 7932. doi: 10.1038/s41598-018-26185-y
- Sobhanifard M, Eftekharian MM, Solgi G, Nikzad S, Salehi I, Ghazikhanlou Sani K, Ganji M, Zamani A (2018): Effect of Extremely Low Frequency Electromagnetic Fields on Expression of T-bet and GATA-3 Genes and Serum Interferon- γ and Interleukin-4. *J Interferon Cytokine Res*: doi: 10.1089/jir.2018.0105 [Epub ahead of print]

- Solek P, Majchrowicz L, Bloniarz D, Krotoszynska E, Kozirowski M (2017): Pulsed or continuous electromagnetic field induce p53/p21-mediated apoptotic signaling pathway in mouse spermatogenic cells in vitro and thus may affect male fertility. *Toxicology*: 382: 84-92. doi: 10.1016/j.tox.2017.03.015
- Song K, Im SH, Yoon YJ, Kim HM, Lee HJ, Park GS (2018): A 60 Hz uniform electromagnetic field promotes human cell proliferation by decreasing intracellular reactive oxygen species levels. *PLoS One*: 13 (7): e0199753. doi: 10.1371/journal.pone.0199753
- Sowa P, Cieslar G, Sieron A, Sieron K (2018): Effect of 50 Hz electromagnetic field generated nearby high voltage alternating current transmission lines on prooxidant antioxidant balance in selected internal organs of rats. *IEEE Baltic URSI Symposium (URSI)*, ISBN 9781538613603: 7-8. doi:10.23919/URSI.2018.8406690
- Sun C, Wei X, Yimaer A, Xu Z, Chen G (2018): Ataxia telangiectasia mutated deficiency does not result in genetic susceptibility to 50 Hz magnetic fields exposure in mouse embryonic fibroblasts. *Bioelectromagnetics*: 39 (6): 476-484. doi: 10.1002/bem.22140
- Sun Y, Huang X, Wang Y, Shi Z, Liao Y, Cai P (2019): Lipidomic alteration and stress-defense mechanism of soil nematode *Caenorhabditis elegans* in response to extremely low-frequency electromagnetic field exposure. *Ecotoxicol Environ Saf*: 170: 611-619. doi: 10.1016/j.ecoenv.2018.11.137
- Sun Y, Shi Z, Wang Y, Tang C, Liao Y, Yang C, Cai P (2018): Coupling of oxidative stress responses to tricarboxylic acid cycle and prostaglandin E(2) alterations in *Caenorhabditis elegans* under extremely low-frequency electromagnetic field. *Int J Radiat Biol*: 94: 12, 1159-1166. doi: 10.1080/09553002.2019.1524943
- Touitou Y, Lambrozo J, Camus F, Charbuy H (2003): Magnetic fields and the melatonin hypothesis: a study of workers chronically exposed to 50-Hz magnetic fields. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*: 284 (6): R1529-35. doi: 10.1152/ajpregu.00280.2002
- Trimmel M, Schweiger E (1998): Effects of an ELF (50 Hz, 1 mT) electromagnetic field (EMF) on concentration in visual attention, perception and memory including effects of EMF sensitivity. *Toxicol Lett*: 96-97: 377-82
- Youngstedt SD, Kripke DF, Elliott JA, Assmus JD (2002): No association of 6-sulfatoxymelatonin with in-bed 60-Hz magnetic field exposure or illumination level among older adults. *Environ Res*: 89 (3): 201-9. doi: 10.1006/enrs.2002.4370
- Zhang D, Zhang Y, Zhu B, Zhang H, Sun Y, Sun C (2017): Resveratrol may reverse the effects of long-term occupational exposure to electromagnetic fields on workers of a power plant. *Oncotarget*: 8 (29): 47497-47506. doi: 10.18632/oncotarget.17668
- Zhang Y, Zhang Y, Yu H, Yang Y, Li W, Qian Z (2017): Theta-gamma coupling in hippocampus during working memory deficits induced by low frequency electromagnetic field exposure. *Physiol Behav*: 179: 135-142. doi: 10.1016/j.physbeh.2017.05.033

Extrahierte epidemiologische Artikel (n=9)

- Swanson J, Bunch KJ (2018): Reanalysis of risks of childhood leukaemia with distance from overhead power lines in the UK. *J Radiol Prot*: 38 (3): N30-N35. doi: 10.1088/1361-6498/aac89a
- Su L, Zhao C, Jin Y, Lei Y, Lu L, Chen G (2018): Association between parental occupational exposure to extremely low frequency magnetic fields and childhood nervous system tumors risk: A meta-analysis. *Sci Total Environ*: 642: 1406-1414. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.06.142
- Gunnarsson LG, Bodin L (2018): Amyotrophic Lateral Sclerosis and Occupational Exposures: A Systematic Literature Review and Meta-Analyses. *Int J Environ Res Public Health*: 15(11). pii: E2371. doi: 10.3390/ijerph15112371
- Carlberg M, Koppel T, Ahonen M, Hardell L (2018): Case-Control Study on Occupational Exposure to Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields and the Association with Meningioma. *Biomed Res Int*: 2018: 5912394. doi: 10.1155/2018/5912394

- Huss A, Spoerri A, Egger M, Kromhout H, Vermeulen R (2018): Occupational extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) exposure and hematolymphopietic cancers - Swiss National Cohort analysis and updated meta-analysis. *Environ Res*: 164: 467-474. doi: 10.1016/j.envres.2018.03.022
- Rösli M, Jalilian H (2018): A meta-analysis on residential exposure to magnetic fields and the risk of amyotrophic lateral sclerosis. *Rev Environ Health*: 33 (3): 295-299. doi: 10.1515/reveh-2018-0019
- Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Ebrahimi MH, Haji B, Abdolahfard M (2018): The effect of chronic exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields on sleep quality, stress, depression and anxiety. *Electromagn Biol Med*: 1-6. doi: 10.1080/15368378.2018.1545665 [Epub ahead of print]
- Amoon AT, Crespi CM, Ahlbom A, Bhatnagar M, Bray I, Bunch KJ, Clavel J, Feychting M, Hémon D, Johansen C, Kreis C, Malagoli C, Marquant F, Pedersen C, Raaschou-Nielsen O, Rösli M, Spycher BD, Sudan M, Swanson J, Tittarelli A, Tuck DM, Tynes T, Vergara X, Vinceti M, Wünsch-Filho V, Kheifets L (2018): Proximity to overhead power lines and childhood leukaemia: an international pooled analysis. *Br J Cancer*: 119 (3): 364-373. doi: 10.1038/s41416-018-0097-7
- Checkoway H, Ilango S, Li W, Ray RM, Tanner CM, Hu SC, Wang X, Nielsen S, Gao DL, Thomas DB (2018): Occupational exposures and parkinsonism among Shanghai women textile workers. *Am J Ind Med*: 61 (11): 886-892. doi: 10.1002/ajim.22906

5. Weiterentwicklung der Webseite zur optimierten Darstellung auf diversen Endgeräten

Das EMF-Portal wurde im Berichtszeitraum zur optimierten Darstellung auf diversen Endgeräten, wie z.B. Tablets und Smartphones, mithilfe der Technik des Responsive Web Design (RWD) weiterentwickelt.

Anstelle einer festen Seitenbreite (vormals 960 px) passt sich das Design nun automatisch an den zur Verfügung stehenden Platz an. Dabei „stapeln“ sich Elemente, die auf großen Displays nebeneinander angeordnet sind, sobald der Platz in der Horizontalen nicht mehr ausreicht (vgl. Abb. 7 und Abb. 8). Ebenso reduzieren sich ab einem bestimmten Breakpoint die Hauptnavigationsmenüs auf einen „Hamburger-Button“, mit dem man ein separates Navigationsmenü nach Bedarf aufrufen kann, damit der verfügbare Platz vollständig für den Inhalt der Seite zur Verfügung steht.



Abb. 7: EMF-Portal auf einem iPhone 6, Auflösung 375 px × 667 px; von links nach rechts: Homepage, Infotext zu „Krebs und Kinderleukämie“, Feldquellen-Darstellung „Hochspannungsfreileitung“, „Hamburger-Button“ jeweils oben rechts zu sehen

Der Vorteil der Nutzung eines Responsive Web Designs besteht darin, dass kein zusätzlicher Wartungsaufwand für die Bereitstellung separater Versionen der Webseite entsteht.

Im Rahmen der Weiterentwicklung des Portals wurden, neben allgemeinen Verbesserungen der Usability, auch Optimierungen bzgl. der Barrierefreiheit durchgeführt. Dabei wird die Unterstützung von Vorleseprogrammen durch den konsequenten Einsatz des Accessible-Rich-Internet-Applications-(ARIA)-Standards gewährleistet. Schriftgrößen und Kontrastverhältnisse wurden ebenfalls angepasst.

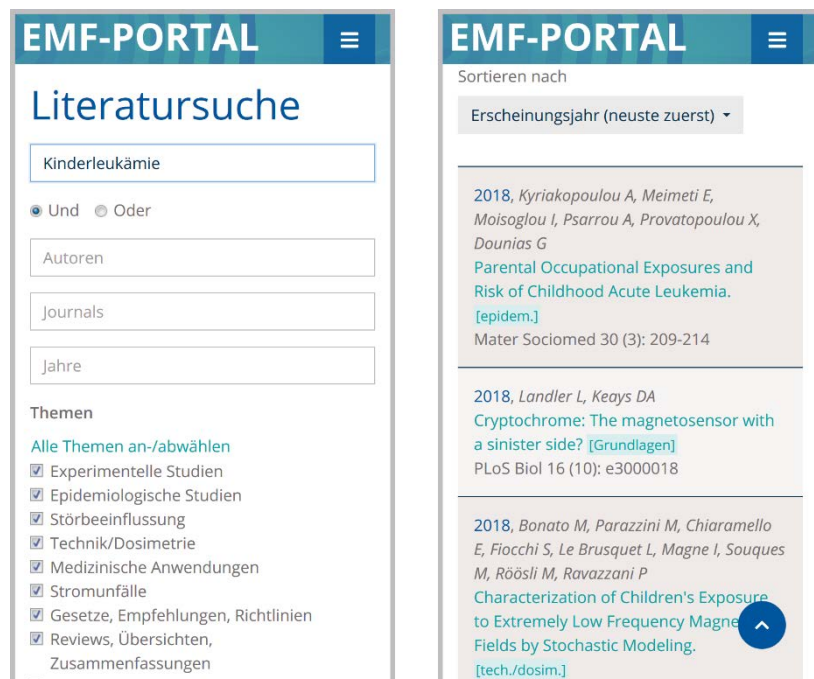


Abb. 8: Literatursuche (links) und Trefferliste (rechts) auf einem iPhone 6

6. Hard- und Softwarepflege

Die IT-Infrastruktur des EMF-Portals muss aufgrund der aufwändigen Systemarchitektur kontinuierlich gepflegt und gewartet sowie durch Updates auf den neuesten Stand gebracht, gesichert und synchronisiert werden. Diese Aufgaben wurden auch im Berichtszeitraum wahrgenommen, um eine optimale Funktionalität des EMF-Portals gewährleisten zu können.

Ausblick

Der Erhalt und die Pflege des EMF-Portals erfordern auch in Zukunft die laufende Recherche und Beschaffung aktueller Studien, deren Extraktion, die Pflege und Erweiterung des Glossars sowie den entsprechenden IT-Support. Die Schwerpunkte bei den Extraktionen (Studien zu Hochfrequenz, Niederfrequenz, Gleichstrom, Mobilfunk, Implantaten, Netzfrequenz usw.) und in den sonstigen Aufgabenbereichen werden entsprechend der vorhandenen Fördermittel gesetzt.