

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

Bericht 2020

Lambert Bodewein, Dagmar Dechent, Tanja Emonds, David Gräfrath, Thomas Kraus,
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

März 2021

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



Inhalt

1.	Einleitung.....	3
1.1	Hintergrund	3
1.2	Nutzer-Statistik	4
1.3	Referenzen.....	5
2.	Ziel des Forschungsvorhabens.....	5
3.	Ergebnisse.....	6
3.1	Systematische Recherche aktueller Studien.....	6
3.2	Kategorisierung neu aufgenommener Studien	6
3.3	Integration aktueller Studien in den bestehenden Wissenskontext und Darstellung im EMF-Portal	10
3.4	Extraktion experimenteller und epidemiologischer Publikationen.....	14
3.5	Aktualisierung der eingesetzten server- und clientseitigen Software.....	17
4.	Ausblick.....	18

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Das EMF-Portal (www.emf-portal.org; Abb. 1) wurde 2005 mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) mit dem Ziel gegründet, wissenschaftliche Forschungsergebnisse und Hintergrundinformationen zu den Wirkungen von elektromagnetischen Feldern auf die Gesundheit zu recherchieren, zu sammeln und öffentlich zugänglich zu machen. Zusätzlich wurde das EMF-Portal im Rahmen weiterer Projekte, insbesondere auch durch die Forschungsstelle für Elektropathologie (FfE), finanziell unterstützt. Der Datenbestand des EMF-Portals umfasst derzeit rund 32.900 Publikationen und 6.850 Zusammenfassungen einzelner wissenschaftlicher Studien (Stand: 03.03.2021).

The screenshot shows the homepage of the EMF-Portal. At the top, there is a navigation bar with links for TEAM, FÖRDERUNG, SPENDEN, ANMELDUNG, and SPRACHE. Below this is a large blue header with the EMF-PORTAL logo and a menu with options: 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 several sections: 'Home' with a brief description of the portal's mission and a list of recent publications; 'EMF-Quellen' with information on technical sources; and 'Aktuelles' with news updates, including the postponement of the European EMF Forum conference and the location of the BioEM2021 conference.

Abb. 1: Ansicht der Homepage des EMF-Portals

1.2 Nutzer-Statistik

Die Anzahl der einzelnen Nutzer und der Seitenzugriffe ist im Laufe der letzten Jahre stetig gestiegen, in 2020 wurde jedoch im Vergleich zu den Jahren davor ein erheblicher Anstieg bei den Seitenzugriffen und eine Verdopplung der Nutzerzahlen verzeichnet (siehe Abb. 2 und 3). 2020 gab es durchschnittlich 43.672 Seitenaufrufe pro Monat (Vergleich 2019: 26.873) von 22.923 Nutzern (Vergleich 2019: 10.179 Nutzer). Die Spitzenwerte wurden dabei jeweils im April des Jahres erreicht (68.169 Seitenaufrufe von 34.441 Nutzern), was einen Zusammenhang mit der Corona-Pandemie vermuten lässt. Diese nahm im Frühjahr 2020 in Deutschland und vielen anderen Ländern ihren Anfang und schnell kursierten viele Theorien zur Entstehung und Verbreitung in den Medien, auch im Zusammenhang mit elektromagnetischen Feldern (Stichwort: 5G und Corona). Auch die Analyse der eingegebenen Suchbegriffe im EMF-Portal ergab, dass vermehrt nach 5G und Corona gesucht wurde.

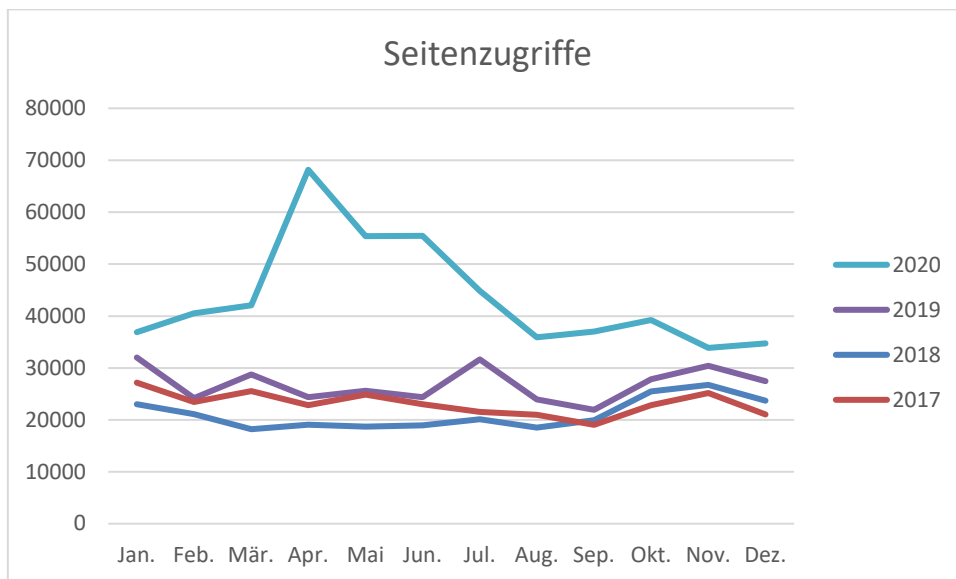


Abb. 2: Anzahl der Seitenzugriffe pro Monat von 2017 bis 2020

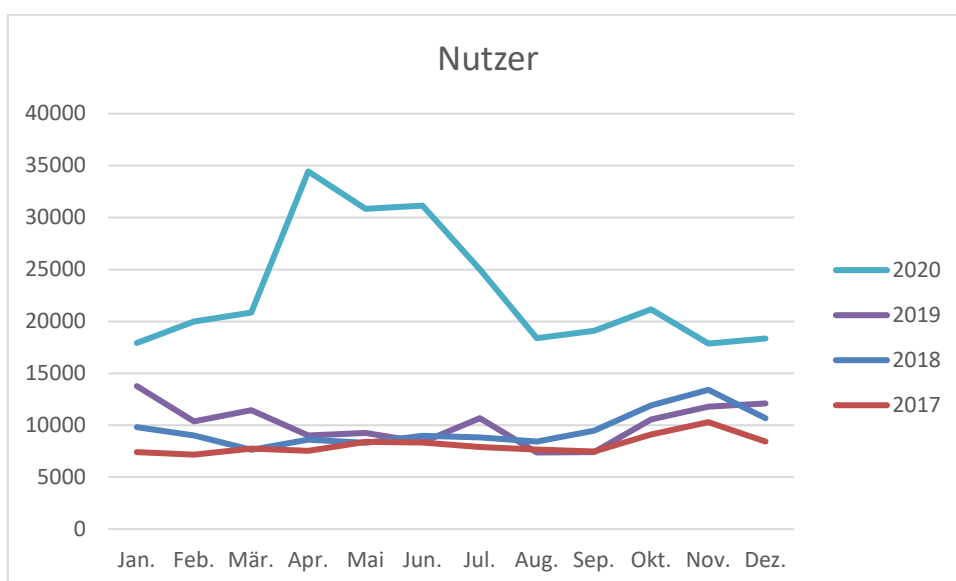


Abb. 3: Anzahl der Nutzer pro Monat von 2017 bis 2020

1.3 Referenzen

Das EMF-Portal bietet mit seinem umfangreichen Datenmaterial die ideale Basis zur Bewertung der wissenschaftlichen Literatur zu den Wirkungen elektromagnetischer Felder. Internationale Beratungsgremien und Forschergruppen greifen bei der Bewertung des aktuellen Sachstands regelmäßig auf die Recherche im EMF-Portal zurück, wie die folgenden Referenzen aus dem Berichtsjahr beispielhaft belegen.

- Bushberg JT, Chou CK, Foster KR, Kavet R, Maxson DP, Tell RA, Ziskin MC (2020): IEEE Committee on Man and Radiation-Comar Technical Information Statement: Health and Safety Issues Concerning Exposure of the General Public to Electromagnetic Energy from 5G Wireless Communications Networks. Health Phys 119 (2): 236-246; doi:10.1097/HP.0000000000001301
- Food and Drug Administration (FDA) (2020): Review of Published Literature between 2008 and 2018 of Relevance to Radiofrequency Radiation and Cancer. Review: 1-112; <https://www.fda.gov/media/135043/download>
- Health Council of the Netherlands (2020): 5G and health. Publication no. 2020/16e: 1-33; <https://www.healthcouncil.nl/binaries/healthcouncil/documents/advisory-reports/2020/09/02/5g-and-health/Advisory-report-5G-and-health.pdf>
- Huss A, Poulsen AH, Dasenbrock C, van Rongen E, Danker-Hopfe H, Mjones L, Moberg L, Rösli M (2020): Recent Research on EMF and Health Risk - Fourteenth report from SSM's Scientific Council on Electromagnetic Fields, 2019. SSM Report 04: 1-72; <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/contentassets/47542ee6308b4c76b1d25ae0adcea15/2020-04-recent-research-on-emf-and-health-risk---fourteenth-report-from-ssms-scientific-council-on-electromagnetic-fields-2019.pdf>
- Romeo S, Zeni O, Sannino A, Lagorio S, Biffoni M, Scarfi MR (2021): Genotoxicity of radiofrequency electromagnetic fields: Protocol for a systematic review of in vitro studies. Environ Int 148: 106386 [im Druck]; doi:10.1016/j.envint.2021.106386

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

2. 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 (Kapitel 3.1), kategorisiert (Kapitel 3.2), im Rahmen grafischer und tabellarischer Übersichten in den bestehenden Wissensstand eingebettet (Kapitel 3.3) sowie ausgewählte experimentelle und epidemiologische Publikationen extrahiert und online zur Verfügung gestellt (Kapitel 3.4).

Ein weiteres Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens bestand außerdem darin, eine vollständige Aktualisierung der eingesetzten server- und clientseitigen Software durchzuführen, um die zukünftige Versorgung mit Sicherheitspatches und Bugfixes gewährleisten zu können (Kapitel 3.5). Begleitend dazu

wurden alle Schritte dokumentiert, um den Aufbau der bestehenden Infrastruktur und Prozessabläufe festzuhalten, damit Systemänderungen und -anforderungen mit geringem Aufwand nachvollzogen werden können.

3. Ergebnisse

3.1 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 19.02.2020) konnten auf diese Weise 1.029 Studien aus dem Niederfrequenz-Bereich identifiziert und in das EMF-Portal aufgenommen werden (Stand 18.02.2021). Von den 1.029 neu aufgenommenen Studien stammten 906 aus dem Jahr 2020 oder wurden Anfang dieses Jahres (2021) veröffentlicht. Davon untersuchten wiederum 105 Publikationen Netzfrequenzen (50/60 Hz).

3.2 Kategorisierung neu aufgenommener 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. Kapitel 3.4) vorgenommen. Diese Schritte sind Voraussetzung für die komparative Analyse der vorhandenen Publikationen und die in Kapitel 3.3 beschriebene Integration aktueller Studien in den bestehenden Wissenskontext. Von den 1.029 neu in das EMF-Portal aufgenommenen Publikationen aus dem Niederfrequenz-Bereich sind 211 experimentelle und 22 epidemiologische Studien. Zudem wurden 191 Studien der Kategorie „Technik/Dosimetrie“, 163 Studien der Kategorie „Therapie“, 14 Studien der Kategorie „Störbeeinflussung“, und 428 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 2020 oder 2021) und wie viele Studien von den Neuaufnahmen eine Netzfrequenz-relevante Exposition (50/60 Hz) untersucht haben.

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, dass im Berichtszeitraum 43 experimentelle und 10 epidemiologische Studien mit 50/60-Hz-Exposition neu erschienen sind. Gleichzeitig wird deutlich, wie wichtig eine kontinuierliche und systematische Recherche ist, die auch ältere Studien berücksichtigt. 123 der 1.029 Neuaufnahmen wurden vor 2020 veröffentlicht und fehlten bislang im EMF-Portal (s.o.).

Tabelle 1: Übersicht über Neuaufnahmen im Berichtszeitraum (19.02.2020–18.02.2021). Die Zahlen in der rechten Spalte geben an: Anzahl der neu aufgenommenen Studien Niederfrequenz insgesamt / Anzahl der Neuaufnahmen Niederfrequenz mit Erscheinungsjahr 2020/21 / Anzahl der Neuaufnahmen mit Erscheinungsjahr 2020/21 und mit Netzfrequenz-Exposition (50/60 Hz)

Medizin/Biologie (experimentelle Studien)	insgesamt / seit 2020 / 50/60-Hz-Exposition
Auditorisches System	2/2/2
Blut-Parameter	2/1/1
Di-/elektrische Eigenschaften, Körperwiderstand, Gewebe	1/1/0
Elektrosensibilität	1/0/0
Endokrinologische Prozesse, Hormone	2/2/2
Fertilität, Eierstöcke, Hoden	4/4/3
Genotoxizität, Genexpression, Chromosomenveränderungen	12/12/2
Haut	2/2/1
Herz-Kreislauf-System	4/3/2
Immunsystem	3/3/0
Insekten, Invertebraten	9/9/4
Krebs, Tumor, <i>in vivo</i>	2/1/0
Magnetorezeption, Feldwahrnehmung	20/17/0
Membranen, Ionenkanäle	4/4/0
Mikroorganismen, Viren, Bakterien	21/19/2
Moleküle, niedermolekulare Strukturen	11/9/1
Multiple Parameter	6/6/1
Muskelreizung	1/1/1
Neuronen, periphere Nerven (außer Gehirn)	2/2/0
Organe, Gewebe, Physiologie	17/16/2
Pflanzen	14/12/3
Schmerz	1/1/0
Teratogenität, Embryogenese	2/2/1
Verhalten, Kognition	4/2/1
Visueller Kanal, Phosphene	1/0/0

Wachstum	1/1/0
Zellproliferation, Zelleigenschaften, Apoptose	48/43/10
Zellstoffwechsel, oxidativer Stress	6/6/2
Zentralnervensystem, Gehirn, EEG, Neurotransmitter, Schlaf, Neurophysiologische Effekte	8/8/2
Summe	211/189/43
Epidemiologie	
Epidemiologische Studien	22/16/10
Störbeeinflussung (EMV)	
Störbeeinflussung von Implantaten	12/10/0
Störbeeinflussung von medizinischen Geräte	2/2/0
Summe	14/12/0
Technik/Dosimetrie	
Abschätzung Exposition, Bias, Confounder	2/2/2
Dosimetrie, Feldbedingungen	77/58/18
Methoden, Technik, Verfahren	80/68/8
Wirkungsmechanismen; physikalische, biologische, theoretische Aspekte	32/29/0
Summe	191/157/28
Therapie	
Therapeutische Anwendungen	46/36/6
Transkranielle Gleichstromstimulation	2/1/0
Transkranielle Magnetstimulation	115/112/0
Summe	163/149/6
Sonstiges	
Gesetze, Empfehlungen, Richtlinien	6/5/0
Grenzwertdiskussion, Entscheidungsfindung	1/1/0
Grundlagen	64/51/2
Kommentare/Errata	32/26/1
Prävention, Sicherheit	1/1/0

Publikation nicht Englisch oder Deutsch	27/20/1
Reviews, Übersichten	167/155/2
Risikokommunikation, Risikowahrnehmung	3/3/1
Stellungnahmen, Berichte	7/2/1
bestellte Literatur	120/119/10
Summe	428/383/18
Gesamtsumme	1029/906/105

Im experimentellen Bereich erschienen im Berichtszeitraum, wie auch im Jahr zuvor, die meisten Netzfrequenz-relevanten Studien zum Endpunkt „Zellproliferation, Zelleigenschaften, Apoptose“ (n=10). Darüber hinaus wurde am zweithäufigsten zum Thema „Insekten, Invertebraten“ publiziert (n=4) (vgl. Tabelle 1). Neben den experimentellen Studien wurden auch 10 epidemiologische Studien mit Netzfrequenz-relevanten Frequenzen neu in das EMF-Portal aufgenommen. Im Folgenden finden sich die entsprechenden Referenzen.

Zellproliferation, Zelleigenschaften, Apoptose (n=10)

- Chen L, Xia Y, Lu J, Xie Q, Ye A, Sun W (2020): A 50-Hz magnetic-field exposure promotes human amniotic cells proliferation via SphK-S1P-S1PR cascade mediated ERK signaling pathway. *Ecotoxicol Environ Saf* 194: 110407; doi:10.1016/j.ecoenv.2020.110407
- Consales C, Butera A, Merla C, Pasquali E, Lopresto V, Pinto R, Pierdomenico M, Mancuso M, Marino C, Benassi B (2020): Exposure of the SH-SY5Y Human Neuroblastoma Cells to 50-Hz Magnetic Field: Comparison Between Two-Dimensional (2D) and Three-Dimensional (3D) In Vitro Cultures. *Mol Neurobiol* [im Druck]; doi:10.1007/s12035-020-02192-x
- Hesari R, Keshvarinia M, Kabiri M, Rad I, Parivar K, Hoseinpoor H, Tavakoli R, Soleimani M, Kouhkan F, Zamanlui S, Hanaee-Ahvaz H (2020): Combination of low intensity electromagnetic field with chondrogenic agent induces chondrogenesis in mesenchymal stem cells with minimal hypertrophic side effects. *Electromagn Biol Med* 39 (2): 154-165; doi:10.1080/15368378.2020.1737809
- Lekovic MH, Drekovic NE, Granica ND, Mahmutovic EH, Djordjevic NZ (2020): Extremely low-frequency electromagnetic field induces a change in proliferative capacity and redox homeostasis of human lung fibroblast cell line MRC-5. *Environ Sci Pollut Res Int* 27 (31): 39466-39473; doi:10.1007/s11356-020-10039-0
- Martínez MA, Úbeda A, Trillo MÁ (2020): Role of NADPH oxidase in MAPK signaling activation by a 50 Hz magnetic field in human neuroblastoma cells. *Electromagn Biol Med*: 1-14 [im Druck]; doi:10.1080/15368378.2020.1851250
- Naghibzadeh M, Gholampour S, Naghibzadeh M, Sadeghian-Nodoushan F, Nikukar H (2020): The effect of electromagnetic field on decreasing and increasing of the growth and proliferation rate of dermal fibroblast cell. *Dermatol Ther* 33 (4): e13803; doi:10.1111/dth.13803

- Samiei M, Aghazadeh Z, Abdolahinia ED, Vahdati A, Daneshvar S, Noghani A (2020): The effect of electromagnetic fields on survival and proliferation rate of dental pulp stem cells. *Acta Odontol Scand* 78 (7): 494-500; doi:10.1080/00016357.2020.1734655
- Xu A, Wang Q, Lin T (2020): Low-Frequency Magnetic Fields (LF-MFs) Inhibit Proliferation by Triggering Apoptosis and Altering Cell Cycle Distribution in Breast Cancer Cells. *Int J Mol Sci* 21 (8): E2952; doi:10.3390/ijms21082952
- Yuan LQ, Wang C, Lu DF, Zhao XD, Tan LH, Chen X (2020): Induction of apoptosis and ferroptosis by a tumor suppressing magnetic field through ROS-mediated DNA damage. *Aging (Milano)* 12 (4): 3662-3681; doi:10.18632/aging.102836
- Zuo H, Liu X, Li Y, Wang D, Hao Y, Yu C, Xu X, Peng R, Song T (2020): The mitochondria/caspase-dependent apoptotic pathway plays a role in the positive effects of a power frequency electromagnetic field on Alzheimer's disease neuronal model. *J Chem Neuroanat* 109: 101857; doi:10.1016/j.jchemneu.2020.101857

Insekten, Invertebraten (n=4)

- Migdał P, Murawska A, Strachecka A, Bieńkowski P, Roman A (2020): Changes in the Honeybee Antioxidant System after 12 h of Exposure to Electromagnetic Field Frequency of 50 Hz and Variable Intensity. *Insects* 11 (10): E713; doi:10.3390/insects11100713
- Piechowicz B, Sadło S, Woś I, Białek J, Depciuch J, Podbielska M, Szpyrka E, Koziół K, Piechowicz I, Kozirowska A (2020): Treating honey bees with an extremely low frequency electromagnetic field and pesticides: Impact on the rate of disappearance of azoxystrobin and λ -cyhalothrin and the structure of some functional groups of the probabilistic molecules. *Environ Res* 190: 109989; doi:10.1016/j.envres.2020.109989
- Todorović D, Ilijin L, Mrdaković M, Vlahović M, Grčić A, Petković B, Perić-Mataruga V (2020): The impact of chronic exposure to a magnetic field on energy metabolism and locomotion of *Blaptica dubia*. *Int J Radiat Biol* 96 (8): 1076-1083; doi:10.1080/09553002.2020.1770360
- Wang Y, Sun Y, Zhang Z, Li Z, Zhang H, Liao Y, Tang C, Cai P (2020): Enhancement in the ATP level and antioxidant capacity of *Caenorhabditis elegans* under continuous exposure to extremely low-frequency electromagnetic field for multiple generations. *Int J Radiat Biol* 96 (12): 1633-1640; doi:10.1080/09553002.2020.1828657

Epidemiologische Studien (n=10)

- Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Ebrahimi MH, Mousavi SH, Nazarkhani F (2020): Investigating the effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic fields on job burnout syndrome and the severity of depression; the role of oxidative stress. *J Occup Health* 62 (1): e12136; doi:10.1002/1348-9585.12136
- Carlberg M, Koppel T, Ahonen M, Hardell L (2020): Case-control study on occupational exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields and the association with acoustic neuroma. *Environ Res* 187: 109621; doi:10.1016/j.envres.2020.109621
- Carles C, Esquirol Y, Turuban M, Piel C, Migault L, Pouchieu C, Bouvier G, Fabbro-Peray P, Lebaillly P, Baldi I (2020): Residential proximity to power lines and risk of brain tumor in the general population. *Environ Res* 185: 109473; doi:10.1016/j.envres.2020.109473
- Chen GX, 't Mannetje A, Douwes J, Berg LH, Pearce N, Kromhout H, Glass B, Brewer N, McLean DJ (2020): Associations of Occupational Exposures to Electric Shocks and Extremely Low-

Frequency Magnetic Fields With Motor Neurone Disease. *Am J Epidemiol*: kwaa214 [im Druck]; doi:10.1093/aje/kwaa214

- Ingle ME, Mínguez-Alarcón L, Lewis RC, Williams PL, Ford JB, Dadd R, Hauser R, Meeker JD, EARTH Study Team (2020): Association of personal exposure to power-frequency magnetic fields with pregnancy outcomes among women seeking fertility treatment in a longitudinal cohort study. *Fertil Steril* 114 (5): 1058-1066; doi:10.1016/j.fertnstert.2020.05.044
- Li DK, Chen H, Ferber JR, Hirst AK, Odouli R (2020): Association Between Maternal Exposure to Magnetic Field Nonionizing Radiation During Pregnancy and Risk of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder in Offspring in a Longitudinal Birth Cohort. *JAMA Netw Open* 3 (3): e201417; doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.1417
- Núñez-Enríquez JC, Correa-Correa V, Flores-Lujano J, Pérez-Saldivar ML, Jiménez-Hernández E, Martín-Trejo JA, Espinoza-Hernández LE, Medina-Sanson A, Cárdenas-Cardos R, Flores-Villegas LV, Peñaloza-González JG, Torres-Nava JR, Espinosa-Elizondo RM, Amador-Sánchez R, Rivera-Luna R, Dosta-Herrera JJ, Mondragón-García JA, González-Ulibarri JE, Martínez-Silva SI, Espinoza-Anrubio G, Duarte-Rodríguez DA, García-Cortés LR, Gil-Hernández AE, Mejía-Arangur JM (2020): Extremely Low-Frequency Magnetic Fields and the Risk of Childhood B-Lineage Acute Lymphoblastic Leukemia in a City With High Incidence of Leukemia and Elevated Exposure to ELF Magnetic Fields. *Bioelectromagnetics* 41 (8): 581-597; doi:10.1002/bem.22295
- Shih YW, O'Brien AP, Hung CS, Chen KH, Hou WH, Tsai HT (2021): Exposure to radiofrequency radiation increases the risk of breast cancer: A systematic review and meta-analysis. *Exp Ther Med* 21 (1): 23; doi:10.3892/etm.2020.9455
- Suri S, Dehghan SF, Sahlabadi AS, Ardakani SK, Moradi N, Rahmati M, Tehrani FR (2020): Relationship between exposure to Extremely Low-Frequency (ELF) magnetic field and the level of some reproductive hormones among power plant workers. *J Occup Health* 62 (1): e12173; doi:10.1002/1348-9585.12173
- Toledano MB, Shaddick G, de Hoogh K, Fecht D, Sterrantino AF, Matthews J, Wright M, Gulliver J, Elliott P (2020): Electric field and air ion exposures near high voltage overhead power lines and adult cancers: a case control study across England and Wales. *Int J Epidemiol* 49 Suppl 1: i57-i66; doi:10.1093/ije/dyz275

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

Im EMF-Portal werden zur Studienlage zu bestimmten Themengebieten verschiedene grafische Übersichten angeboten, wie z.B. zu Wirkungen durch Mobilfunk, statischen Feldern 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 Kapitel 3.2), 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) werden alle verfügbaren wissenschaftlichen Studien angezeigt und, sofern sie vollständig extrahiert vorliegen (vgl. Kapitel 3.4), 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.

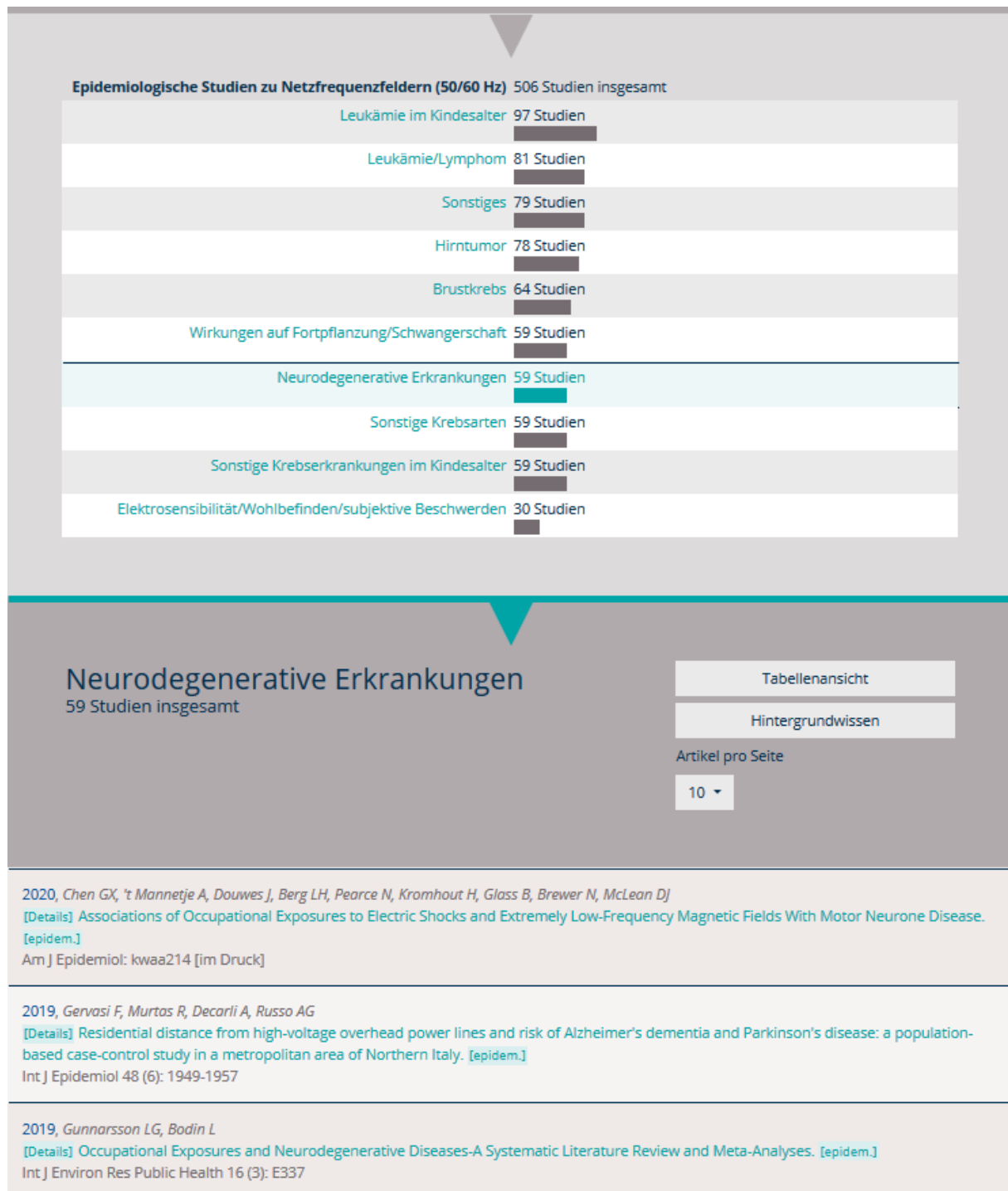


Abb. 4: Epidemiologische Studien mit Netzfrequenz-relevanter Exposition (n=506, Stand: 03.03.2021); <https://www.emf-portal.org/de/article/overview/power-line-frequencies-epidem#level-1>

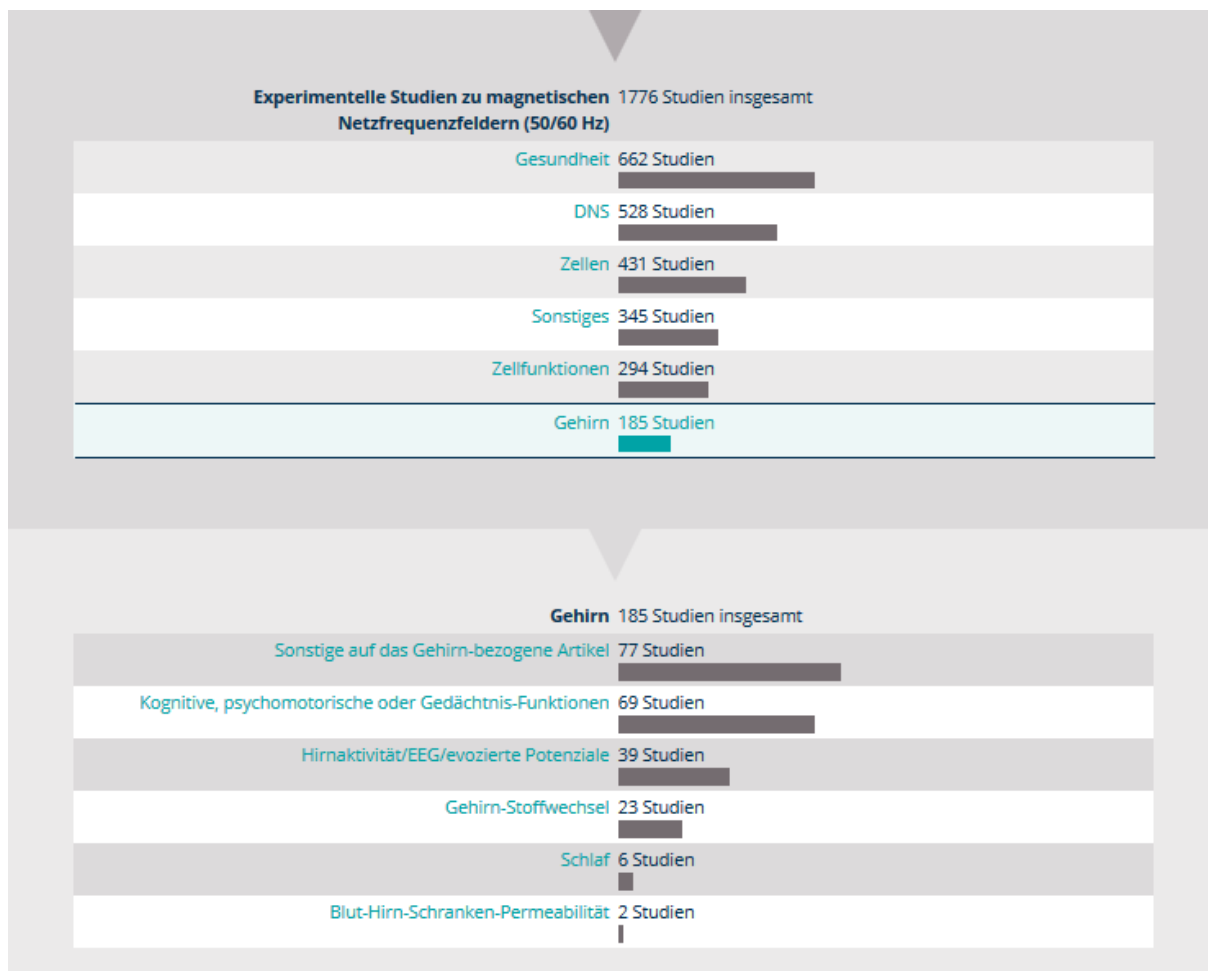


Abb. 5: Experimentelle Studien mit Netzfrequenz-relevanter Magnetfeld-Exposition (n=1.776, Stand 03.03.2021); <https://www.emf-portal.org/de/article/overview/power-line-frequencies-magnetic#level-1>

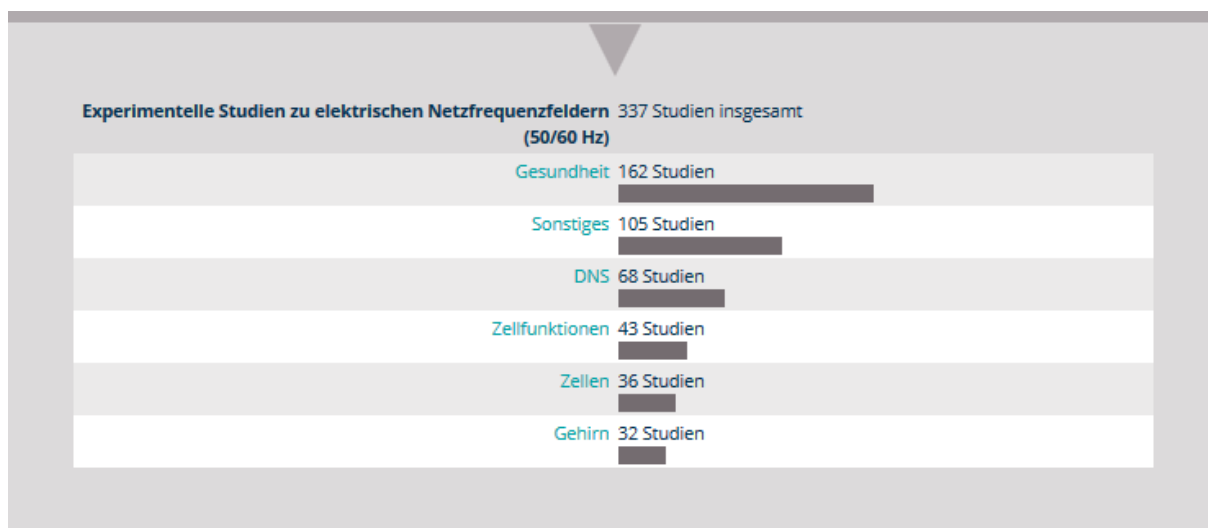


Abb. 6: Experimentelle Studien mit Netzfrequenz-relevanter elektrischer Feld-Exposition (n=337, Stand 03.03.2021); <https://www.emf-portal.org/de/article/overview/power-line-frequencies-electric#level-1>

3.4 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 extrahiert. Das heißt, die Inhalte wurden verständlich in deutscher und englischer Sprache zusammengefasst, Fachbegriffe mit dem Glossar verlinkt und 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 30 der neu aufgenommenen experimentellen medizinisch/biologischen Studien sowie 10 ältere Studien extrahiert (insgesamt demzufolge 40 Studien aus dem experimentellen Bereich). Zusätzlich wurden 10 epidemiologische Publikationen mit Netzfrequenz-relevanter Exposition extrahiert. Insgesamt stehen somit 1.147 experimentelle Studien und 226 epidemiologische Studien aus dem Netzfrequenz-Bereich mit extrahierten Details zur Verfügung (Stand 03.03.2021). Im Folgenden finden sich die Referenzen zu allen im Berichtszeitraum extrahierten experimentellen und epidemiologischen Studien.

Extrahierte experimentelle medizinisch/biologische Artikel (n=40)

- Antonia P, Erica C, Alessio F, Mirko P, Francesca D, Oriana T, Marcella R (2020): Short ELF-EMF Exposure Targets SIRT1/Nrf2/HO-1 Signaling in THP-1 Cells. *Int J Mol Sci* 21 (19): E7284; doi:10.3390/ijms21197284
- Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Atashi A, Norouzi P, Mirbadie SR, Mirzaii M (2020): The effect of vitamin E and C on comet assay indices and apoptosis in power plant workers: A double blind randomized controlled clinical trial. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen* 850–851: 503150; doi:10.1016/j.mrgentox.2020.503150
- Binboğa E, Tok S, Munzuroğlu M (2020): The Short-Term Effect of Occupational Levels of 50 Hz Electromagnetic Field on Human Heart Rate Variability. *Bioelectromagnetics* [im Druck]; doi:10.1002/bem.22308
- Bouisset N, Villard S, Legros A (2020): Human Postural Control Under High Levels of Extremely Low Frequency Magnetic Fields *IEEE Access* 8: 101377-101385; doi:10.1109/ACCESS.2020.2997643
- Bouisset N, Villard S, Legros A (2020): Human Postural Responses to High Vestibular Specific Extremely Low-Frequency Magnetic Stimulations. *IEEE Access* 8: 165387-165395; doi:10.1109/ACCESS.2020.3022554
- Burcu A, Nevin E, Ilkay A, Amac K, Alper BH, Muge K (2020): The effects of prenatal and postnatal exposure to electromagnetic field on rat ovarian tissue. *Toxicol Ind Health* 36 (12): 1010-1018; doi:10.1177/0748233720973136
- Burgos-Molina AM, Mercado-Sáenz S, Sendra-Portero F, Ruiz-Gómez MJ (2020): Effect of low frequency magnetic field on efficiency of chromosome break repair. *Electromagn Biol Med* 39 (1): 30-37; doi:10.1080/15368378.2019.1685541
- Consales C, Butera A, Merla C, Pasquali E, Lopresto V, Pinto R, Pierdomenico M, Mancuso M, Marino C, Benassi B (2020): Exposure of the SH-SY5Y Human Neuroblastoma Cells to 50-Hz Magnetic Field: Comparison Between Two-Dimensional (2D) and Three-Dimensional (3D) In Vitro Cultures. *Mol Neurobiol* [im Druck]; doi:10.1007/s12035-020-02192-x
- De Souza-Torres A, Sueiro-Pelegrín L, Zambrano-Reyes M, Macías-Socarras I, González-Posada M, García-Fernández D (2020): Extremely low frequency non-uniform magnetic fields induce

changes in water relations, photosynthesis and tomato plant growth. *Int J Radiat Biol* 96 (7): 951-957; doi:10.1080/09553002.2020.1748912

- Di G, Dong L, Xie Z, Xu Y, Xiang J (2020): Effects of power frequency electric field exposure on kidney. *Ecotoxicol Environ Saf* 194: 110354; doi:10.1016/j.ecoenv.2020.110354
- Fey DP, Greszkiewicz M, Jakubowska M, Lejk AM, Otremba Z, Andrulowicz E, Urban-Malinga B (2020): Otolith fluctuating asymmetry in larval trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum, as an indication of organism bilateral instability affected by static and alternating magnetic fields. *Sci Total Environ* 707: 135489; doi:10.1016/j.scitotenv.2019.135489
- Franczak A, Waszkiewicz EM, Kozłowska W, Zmijewska A, Koziorowska A (2020): Consequences of electromagnetic field (EMF) radiation during early pregnancy - androgen synthesis and release from the myometrium of pigs in vitro. *Anim Reprod Sci* 218: 106465; doi:10.1016/j.anireprosci.2020.106465
- Gao Q, Leung A, Yang YH, Lau BW, Wang Q, Liao LY, Xie YJ, He CQ (2021): Extremely low frequency electromagnetic fields promote cognitive function and hippocampal neurogenesis of rats with cerebral ischemia. *Neural Regen Res* 16 (7): 1252-1257; doi:10.4103/1673-5374.301020
- Górski R, Kotwicka M, Skibińska I, Jendraszak M, Wosiński S (2020): Effect of low-frequency electric field screening on motility of human sperm. *Ann Agric Environ Med* 27 (3): 427-434; doi:10.26444/aaem/116019
- Gunes S, Buyukakilli B, Yaman S, Turkseven CH, Ballı E, Cimen B, Bayrak G, Celikcan HD (2020): Effects of extremely low-frequency electromagnetic field exposure on the skeletal muscle functions in rats. *Toxicol Ind Health* 36 (2): 119-131; doi:10.1177/0748233720912061
- Harakawa S, Nedachi T, Suzuki H (2020): Extremely low-frequency electric field suppresses not only induced stress response but also stress-related tissue damage in mice. *Sci Rep* 10 (1): 20930; doi:10.1038/s41598-020-76106-1
- Hosseinabadi MB, Khanjani N, Norouzi P, Mirzaii M, Biganeh J, Nazarkhani F (2020): Investigating the effects of vitamins E and C on oxidative stress and hematological parameters among power plant workers: A double-blind randomized controlled clinical trial. *Toxicol Ind Health* 36 (2): 99-109; doi:10.1177/0748233720908993
- Jakubowska M, Urban-Malinga B, Otremba Z, Andrulowicz E (2019): Effect of low frequency electromagnetic field on the behavior and bioenergetics of the polychaete *Hediste diversicolor*. *Mar Environ Res* 150: 104766; doi:10.1016/j.marenvres.2019.104766
- Koziorowska A, Depciuch J, Koziół K, Nowak S, Lach K (2020): In vitro study of effects of ELF-EMF on testicular tissues of roe deer (*Capreolus capreolus*) - FTIR and FT-Raman spectroscopic investigation. *Anim Reprod Sci* 213: 106258; doi:10.1016/j.anireprosci.2019.106258
- Koziorowska A, Sołek P, Majchrowicz L, Romerowicz-Misielak M (2017): The impact of electromagnetic fields with frequency of 50 Hz on metabolic activity of cells in vitro. *Prz. Elektrotechniczny* 1 (1): 161–164; doi:10.15199/48.2017.01.39
- Lekovic MH, Drekovic NE, Granica ND, Mahmutovic EH, Djordjevic NZ (2020): Extremely low-frequency electromagnetic field induces a change in proliferative capacity and redox homeostasis of human lung fibroblast cell line MRC-5. *Environ Sci Pollut Res Int* 27 (31): 39466-39473; doi:10.1007/s11356-020-10039-0
- Liu Z, Lu M, Wang MS, Liu X, Chen Y, Wan H (2019): Behavioral characteristics of SD rats exposed to power frequency magnetic field. In: 2019 IEEE Sustainable Power and Energy Conference

(ISPEC), Beijing, China IEEE: 1042-1048, ISBN 9781728149318; doi:10.1109/ISPEC48194.2019.8974898

- Lola Costa EV, Silva Araújo VFD, Pereira Santos AP, de Albuquerque Nogueira R (2020): Morphometric evaluation of Japanese quail embryos and their extraembryonic vascular networks exposed to low-frequency magnetic field with two different intensities. *Electromagn Biol Med* 39 (4): 403-410; doi:10.1080/15368378.2020.1821708
- Martínez MA, Úbeda A, Trillo MÁ (2020): Role of NADPH oxidase in MAPK signaling activation by a 50 Hz magnetic field in human neuroblastoma cells. *Electromagn Biol Med*: 1-14 [im Druck]; doi:10.1080/15368378.2020.1851250
- Michalak I, Lewandowska S, Niemczyk K, Detyna J, Bujak H, Arik P, Bartniczak A (2019): Germination of soybean seeds exposed to the static/alternating magnetic field and algal extract. *Eng Life Sci* 19 (12): 986-999; doi:10.1002/elsc.201900039
- Migdał P, Murawska A, Strachecka A, Bieńkowski P, Roman A (2020): Changes in the Honeybee Antioxidant System after 12 h of Exposure to Electromagnetic Field Frequency of 50 Hz and Variable Intensity. *Insects* 11 (10): E713; doi:10.3390/insects11100713
- Migdał P, Roman P, Strachecka A, Murawska A, Bieńkowski P (2020): Changes of selected biochemical parameters of the honeybee under the influence of an electric field at 50 Hz and variable intensities. *Apidologie* [im Druck]; doi:10.1007/s13592-020-00774-1
- Naghibzadeh M, Gholampour S, Naghibzadeh M, Sadeghian-Nodoushan F, Nikukar H (2020): The effect of electromagnetic field on decreasing and increasing of the growth and proliferation rate of dermal fibroblast cell. *Dermatol Ther* 33 (4): e13803; doi:10.1111/dth.13803
- Pieroni L, Nafziger J, Arock M, Guillosson JJ (1997): Can a 50 Hz electromagnetic field influence the preintegrative steps of replication of a murine retrovirus responsible for leukemia/lymphoma? *Bioelectrochem Bioenerg* 44: 279-284
- Rauš Balind S, Manojlović-Stojanoski M, Šošić-Jurjević B, Selaković V, Milošević V, Petković B (2020): An Extremely Low Frequency Magnetic Field and Global Cerebral Ischemia Affect Pituitary ACTH and TSH Cells in Gerbils. *Bioelectromagnetics* 41 (2): 91-103; doi:10.1002/bem.22237
- Rodríguez-de la Fuente AO, Gomez-Flores R, Heredia-Rojas JA, García-Muñoz EM, Vargasvillarreal J, Hernández-García ME, Gonzálezsalazar F, Garza-González JN, Beltcheva M, Heredia-Rodríguez O (2019): *Trichomonas vaginalis* and *Giardia lamblia* Growth Alterations by Low-Frequency Electromagnetic Fields. *Iran J Parasitol* 14 (4): 652-656
- Samiei M, Aghazadeh Z, Abdolahinia ED, Vahdati A, Daneshvar S, Noghani A (2020): The effect of electromagnetic fields on survival and proliferation rate of dental pulp stem cells. *Acta Odontol Scand* 78 (7): 494-500; doi:10.1080/00016357.2020.1734655
- Shahbazi-Gahrouei D, Razavi S, Salimi M (2014): Effect of extremely low-frequency (50 Hz) field on proliferation rate of human adipose-derived mesenchymal stem cells. *J Radiobiol* 1 (2): 31-37
- Taormina B, Di Poi C, Agnalt AL, Carlier A, Desroy N, Escobar-Lux RH, D'eu JF, Freytet F, Durif CMF (2019): Impact of magnetic fields generated by AC/DC submarine power cables on the behavior of juvenile European lobster (*Homarus gammarus*). *Aquat Toxicol* 220: 105401; doi:10.1016/j.aquatox.2019.105401

- Todorović D, Ilijin L, Mrdaković M, Vlahović M, Grčić A, Petković B, Perić-Mataruga V (2020): The impact of chronic exposure to a magnetic field on energy metabolism and locomotion of *Blaptica dubia*. *Int J Radiat Biol* 96 (8): 1076-1083; doi:10.1080/09553002.2020.1770360
- Vallejo D, Hidalgo MA, Hernández JM (2019): Effects of long-term exposure to an extremely low frequency magnetic field (15 μ T) on selected blood coagulation variables in OF1 mice. *Electromagn Biol Med* 38 (4): 279-286; doi:10.1080/15368378.2019.1641719
- Wang Y, Sun Y, Zhang Z, Li Z, Zhang H, Liao Y, Tang C, Cai P (2020): Enhancement in the ATP level and antioxidant capacity of *Caenorhabditis elegans* under continuous exposure to extremely low-frequency electromagnetic field for multiple generations. *Int J Radiat Biol* 96 (12): 1633-1640; doi:10.1080/09553002.2020.1828657
- Zhang Y, Li L, Liu X, Ding L, Wu X, Wang J, He M, Hou H, Ruan G, Lai J, Chen C (2020): Examination of the Effect of a 50-Hz Electromagnetic Field at 500 μ T on Parameters Related With the Cardiovascular System in Rats. *Front Public Health* 8: 87; doi:10.3389/fpubh.2020.00087
- Zhang Y, Wang J, Liu X, Ding L, Wu X, He M, Hou H, Ruan G, Lai J, Chen C (2020): An Investigation Into the Effects of Long-Term 50-Hz Power-Frequency Electromagnetic Field Exposure on Hematogram, Blood Chemistry, Fibrosis, and Oxidant Stress Status in the Liver and the Kidney From Sprague-Dawley Rats. *Bioelectromagnetics* 41 (7): 511-525; doi:10.1002/bem.22291
- Zheng Y, Cheng J, Dong L, Ma X, Kong Q (2019): Effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic fields on hippocampal long-term potentiation in hippocampal CA1 region. *Biochem Biophys Res Commun* 517 (3): 513-519; doi:10.1016/j.bbrc.2019.07.085

Extrahierte epidemiologische Artikel (n=10)

- Bagheri Hosseinabadi M, Khanjani N, Ebrahimi MH, Mousavi SH, Nazarkhani F (2020): Investigating the effects of exposure to extremely low frequency electromagnetic fields on job burnout syndrome and the severity of depression; the role of oxidative stress. *J Occup Health* 62 (1): e12136; doi:10.1002/1348-9585.12136
- Carlberg M, Koppel T, Ahonen M, Hardell L (2020): Case-control study on occupational exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields and the association with acoustic neuroma. *Environ Res* 187: 109621; doi:10.1016/j.envres.2020.109621
- Carles C, Esquirol Y, Turuban M, Piel C, Migault L, Pouchieu C, Bouvier G, Fabbro-Peray P, Lebailly P, Baldi I (2020): Residential proximity to power lines and risk of brain tumor in the general population. *Environ Res* 185: 109473; doi:10.1016/j.envres.2020.109473
- Chen GX, 't Mannetje A, Douwes J, Berg LH, Pearce N, Kromhout H, Glass B, Brewer N, McLean DJ (2020): Associations of Occupational Exposures to Electric Shocks and Extremely Low-Frequency Magnetic Fields With Motor Neurone Disease. *Am J Epidemiol*: kwaa214 [im Druck]; doi:10.1093/aje/kwaa214
- Huang LY, Hu HY, Wang ZT, Ma YH, Dong Q, Tan L, Yu JT (2020): Association of Occupational Factors and Dementia or Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Alzheimers Dis* 78 (1): 217-227; doi:10.3233/JAD-200605
- Ingle ME, Mínguez-Alarcón L, Lewis RC, Williams PL, Ford JB, Dadd R, Hauser R, Meeker JD, EARTH Study Team (2020): Association of personal exposure to power-frequency magnetic fields with pregnancy outcomes among women seeking fertility treatment in a longitudinal cohort study. *Fertil Steril* 114 (5): 1058-1066; doi:10.1016/j.fertnstert.2020.05.044
- Li DK, Chen H, Ferber JR, Hirst AK, Odouli R (2020): Association Between Maternal Exposure to Magnetic Field Nonionizing Radiation During Pregnancy and Risk of Attention-

Deficit/Hyperactivity Disorder in Offspring in a Longitudinal Birth Cohort. *JAMA Netw Open* 3 (3): e201417; doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.1417

- Núñez-Enríquez JC, Correa-Correa V, Flores-Lujano J, Pérez-Saldivar ML, Jiménez-Hernández E, Martín-Trejo JA, Espinoza-Hernández LE, Medina-Sanson A, Cárdenas-Cardos R, Flores-Villegas LV, Peñalosa-González JG, Torres-Nava JR, Espinosa-Elizondo RM, Amador-Sánchez R, Rivera-Luna R, Dosta-Herrera JJ, Mondragón-García JA, González-Ulibarri JE, Martínez-Silva SI, Espinoza-Anrubio G, Duarte-Rodríguez DA, García-Cortés LR, Gil-Hernández AE, Mejía-Arangur JM (2020): Extremely Low-Frequency Magnetic Fields and the Risk of Childhood B-Lineage Acute Lymphoblastic Leukemia in a City With High Incidence of Leukemia and Elevated Exposure to ELF Magnetic Fields. *Bioelectromagnetics* 41 (8): 581-597; doi:10.1002/bem.22295
- Suri S, Dehghan SF, Sahlabadi AS, Ardakani SK, Moradi N, Rahmati M, Tehrani FR (2020): Relationship between exposure to Extremely Low-Frequency (ELF) magnetic field and the level of some reproductive hormones among power plant workers. *J Occup Health* 62 (1): e12173; doi:10.1002/1348-9585.12173
- Toledano MB, Shaddick G, de Hoogh K, Fecht D, Sterrantino AF, Matthews J, Wright M, Gulliver J, Elliott P (2020): Electric field and air ion exposures near high voltage overhead power lines and adult cancers: a case control study across England and Wales. *Int J Epidemiol* 49 Suppl 1: i57-i66; doi:10.1093/ije/dyz275

3.5 Aktualisierung der eingesetzten server- und clientseitigen Software und Dokumentation

Die IT-Infrastruktur des EMF-Portals wurde auch im Berichtszeitraum kontinuierlich gepflegt und gewartet, um eine optimale Funktionalität des EMF-Portals gewährleisten zu können. Dabei wurden die Betriebssysteme der Server (Ubuntu), die Webserver-Software (Apache, PHP) und die vom Portal genutzten Software-Bibliotheken (Symfony, Doctrine) auf aktuelle Versionen gepatcht. Der Quellcode des Portals wurde entsprechend angepasst, um die Kompatibilität mit den neuen Versionen sicherzustellen und von Performance-Optimierungen profitieren zu können. Außerdem wurde die clientseitige Administrationsschnittstelle aktualisiert, um die Kompatibilität mit aktuellen Browserversionen sicherzustellen. Der Webserver unterstützt nun auch HTTP/2 sowie das Verschlüsselungsprotokoll TLS 1.3. Die mittlerweile als unsicher geltenden Protokolle TLS 1.0 und 1.1 wurden abgeschaltet, um den Nutzern die bestmögliche Sicherheit beim Besuch des Portals bieten zu können. Die Dokumentation der Infrastruktur wurde fertiggestellt.

4. 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.