

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

## Bericht 2015

Sarah Drießen, Lambert Bodewein, Dagmar Dechent, Tanja Emonds, Frank Gollnick, David  
Gräfrath, Anne-Kathrin Petri

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

Februar 2016

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



## Einleitung

Das EMF-Portal ([www.emf-portal.org](http://www.emf-portal.org)) 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. Das EMF-Portal richtet sich gleichermaßen an interessierte Laien, Wissenschaftler, Politiker, Ärzte und Journalisten. Betrieben wird das EMF-Portal durch das Forschungszentrum für elektromagnetische Umweltverträglichkeit (*femu*) der Rheinisch-Westfälisch Technischen Hochschule (RWTH) Aachen. Hintergrund der Gründung des EMF-Portals war die Ende der 1990er Jahre aufkommende Diskussion zur elektromagnetischen Umweltverträglichkeit des Mobilfunks. Man ging davon aus, dass die transparente und umfassende Information über den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand mit Hilfe einer öffentlichen und frei zugänglichen Internetseite in deutscher und englischer Sprache einen erheblichen Beitrag zur Versachlichung von kontrovers geführten Diskussionen in der Öffentlichkeit leisten würde.

Mit weiterer finanzieller Unterstützung verschiedener Förderer<sup>1</sup>, wie z.B. Forschungsgemeinschaft Funk (FGF) oder Forschungsstelle für Elektropathologie (FFE), war es möglich, das Angebot des EMF-Portals stetig auszubauen, sodass der Datenbestand des EMF-Portals heute 22.431 Publikationen und 5.471 Zusammenfassungen einzelner wissenschaftlicher Studien umfasst (Stand: 4.2.2016). Außerdem werden umfangreiche Hintergrundinformationen und ein Glossar mit ca. 2900 Fachbegriffen angeboten. Das EMF-Portal ist seit 2011 Referenz-Datenbank der Weltgesundheitsorganisation (WHO)<sup>2</sup>. Seit 2015 wird an einer vollständigen Übersetzung aller Inhalte auch ins Japanische gearbeitet.

Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens ist die Fortsetzung des Monitorings und der Analyse aktueller Forschungsergebnisse zu den gesundheitlichen Wirkungen Netzfrequenz-relevanter niederfrequenter Felder (50/60 Hz) und deren Darstellung im EMF-Portal. Seit dem Einstieg in die Energiewende wird den möglichen gesundheitlichen Risiken durch Stromleitungen wieder eine verstärkte öffentliche Aufmerksamkeit zuteil, sodass hier derzeit ein hohes Informationsbedürfnis besteht.

## Ergebnisse

### 1. Identifizierung neuer wissenschaftlicher Studien

In einem ersten Schritt wurden relevante Artikel sowohl mit Hilfe automatisierter Suchabfragen systematisch recherchiert als auch manuell in Journals gesucht, die nicht in bekannten Literaturdatenbanken (wie z.B. PubMed) gelistet sind. Zusätzlich wurden einschlägige Blogs und News-Seiten im Internet nach neu aufkommenden Studien mit Relevanz für die öffentliche Diskussion sondiert. Relevante Artikel wurden mit den bibliographischen Angaben in das EMF-Portal aufgenommen und, sofern kein online-Zugang existiert, über die Universitätsbibliothek der RWTH Aachen bestellt. Seit dem letzten Jahresbericht (17.03.2015) konnten auf diese Weise 557 Studien aus dem Niederfrequenz-Bereich identifiziert und in das EMF-Portal aufgenommen werden (Stand

---

<sup>1</sup> <http://www.emf-portal.de/funding.php?l=g>

<sup>2</sup> <http://www.who.int/peh-emf/research/database/en/index1.html>

26.01.2016). Von den 557 Studien befassten sich 166 mit Netzfrequenz-relevanten Frequenzen (50/60 Hz), wovon wiederum 105 im Jahre 2015 oder Anfang 2016 erschienen. 318 der 557 Niederfrequenz-Studien (57%) erschienen im Berichtszeitraum (17.03.2015-26.01.2016), d.h. sie hatten das Veröffentlichungsjahr 2015 oder 2016. Somit stammen 239 Studien (43%) aus früheren Jahren. Die relativ große Menge an Neuaufnahmen von älteren Studien ist darauf zurückzuführen, dass derzeit im *femu* verschiedene systematische Reviews durchgeführt werden. Dafür werden bestimmte Themengebiete aufgearbeitet, wie z.B. die Wirkungen statischer elektrischer Felder, was eine gezielte Recherche nach älteren Studien mit sich bringt. Bisher erfolgte die systematische Suche im EMF-Portal rückblickend nur bis 1980.

## 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 und des untersuchten Frequenzbereichs bis hin zur Feldquelle (Hochspannungsleitung, Haushaltsgerät) oder eine detaillierte Extraktion (vgl. Abschnitt 4) vorgenommen. Dieser Schritt ist für die komparative Analyse der vorhandenen Publikationen und die unter Punkt 3 beschriebene Integration aktueller Studien in den bestehenden Wissenskontext eine unabdingbare Voraussetzung und unterscheidet die Methodik des EMF-Portals wesentlich von anderen Literaturdatenbanken.

Von den 557 neu in das EMF-Portal aufgenommenen Publikationen aus dem Niederfrequenz-Bereich sind 195 experimentelle und 19 epidemiologische Studien. Zudem wurden 124 Studien der Kategorie „Technik/Dosimetrie“, 15 Studien der Kategorie „Störbeeinflussung“, 14 der Kategorie „Therapie“ und 190 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 Studien von den Neuaufnahmen Netzfrequenz-relevante Exposition untersucht haben und wie viele davon neu erschienen sind (Veröffentlichungsjahr 2015 oder 2016). Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass im Berichtszeitraum lediglich 37 experimentelle und 14 epidemiologische Studien mit 50/60 Hz-Exposition neu erschienen sind. Das macht nur knapp 10 Prozent aller Neuaufnahmen aus. Gleichzeitig wird deutlich, wie wichtig eine kontinuierliche und systematische Recherche ist, die auch ältere Studien berücksichtigt. 213 der 318 Neuaufnahmen mit Netzfrequenz-Relevanz wurden vor 2015 veröffentlicht und fehlten bislang im EMF-Portal.

Im experimentellen Bereich erschienen im Berichtszeitraum die meisten Netzfrequenz-relevanten Studien zu den Endpunkten „Genotoxizität, Genexpression“ (n=9) und „Zellproliferation“ (n=8). Die restlichen Artikel verteilen sich relativ gleichmäßig auf die verschiedenen Themengruppen und es ist keine weitere Tendenz erkennbar (vgl. Tabelle 1).

**Tabelle 1:** Übersicht über Neuaufnahmen im Berichtszeitraum (17.03.2015-26.01.2016). Die Zahlen in der rechten Spalte geben an: Anzahl Studien Neuaufnahmen insgesamt / Anzahl der Neuaufnahmen mit Erscheinungsjahr 2015/16 / Anzahl der Neuaufnahmen mit Erscheinungsjahr 2015/16 und mit Netzfrequenz-Exposition (50/60 Hz)

<b>Medizin/Biologie (experimentelle Studien)</b>	<b>insgesamt / seit 2015 / 50/60 Hz-Exposition</b>
Augen	1/0/0
Blut-Hirn-Schranke	1/0/0
Blut-Parameter	5/4/3
Calcium	1/1/1
Elektrosensibilität	2/2/1
Endokrinologische Prozesse, Hormone	3/2/1
Enzymaktivität	1/1/0
Fertilität, Eierstöcke, Hoden	1/1/1
Genotoxizität, Genexpression, Chromosomenveränderungen, RNA-Synthese	11/10/9
Haut	3/1/0
Herz-Kreislauf-System	2/2/0
Immunsystem	2/1/1
Insekten, Invertebraten	32/3/0
Krebs, Tumor, <i>in vivo</i>	1/1/0
Magnetorezeption, Feldwahrnehmung	9/3/0
Melatonin	6/1/1
Membranen, Ionenkanäle	2/2/1
Mikroorganismen	9/7/0
Mortalität	3/0/0
Multiple Parameter	15/5/3
Neuronen, periphere Nerven, außer Gehirn	4/2/1
Organe, Gewebe, Physiologie	9/7/1
Pflanzen	28/2/1
Verhalten, Kognition, Verhaltensänderungen	8/1/0

Zellproliferation (Krebs-Zelllinien), in vitro, Zellen, Zellkulturen, Vermehrung von Krebszelllinien	4/4/2
Zellproliferation, Zelleigenschaften, Apoptose	17/13/6
Zellstoffwechsel, oxidativer Stress	7/3/1
Zentralnervensystem, Gehirn, EEG, Neurotransmitter, Schlaf, Neurophysiologische Effekte	8/6/3
Summe	195/84/37
<b>Epidemiologie</b>	
Epidemiologie, Odds Ratio, Relatives Risiko, Fall-Kontroll-Studie, Kohortenstudie	19/17/14
<b>Störbeeinflussung (EMV)</b>	
Implantate	14/8/0
medizinische Geräte	1/1/0
Summe	15/9/0
<b>Technik/Dosimetrie</b>	
Dosimetrie, Feldbedingungen, SAR	69/44/12
Inaktivierungsprozesse biologisches Material	3/3/0
Methoden, Technik, Verfahren	30/23/0
Wirkungsmechanismen, Physikalische, Biologische, Theoretische Aspekte	22/14/2
Summe	124/84/14
<b>Therapie</b>	
Therapeutische Anwendungen	14/13/1
<b>Sonstiges</b>	
Abschätzung Exposition, Bias, Confounder, Methoden, Validierung	3/3/3
Errata	2/1/0
Gesetze, Empfehlungen, Richtlinien	3/1/0
Grenzwerte-Diskussion	3/2/2
Grundlagen, Einführungen, Fallbefunde	26/10/2
Kommentare, Briefe an den Herausgeber	7/1/0
Publikation nicht Englisch/Deutsch	31/20/7

Reviews, Übersichten, Zusammenfassungen	43/21/5
Risikokommunikation, Risikowahrnehmung	5/2/1
Stellungnahmen, Berichte, Informationsmaterial	12/2/1
bestellte Literatur	55/48/18
Summe	190/111/39
Gesamtsumme	557/318/105

### *Wirkungen auf Genotoxizität und Genexpression*

Die meisten neuen experimentellen Studien mit Netzfrequenz-relevanter Exposition erschienen im Themenbereich „Wirkungen auf DNA, Genexpression und Genotoxizität“ (n=9). Dies waren:

- Liu et al. (2015): Effect of 50 Hz Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields on the DNA Methylation and DNA Methyltransferases in Mouse Spermatoocyte-Derived Cell Line GC-2.
- Liu et al. (2015): Extremely Low-Frequency Electromagnetic Fields Affect the miRNA-Mediated Regulation of Signaling Pathways in the GC-2 Cell Line.
- Liu et al. (2015): Overexpression of miR-26b-5p regulates the cell cycle by targeting CCND2 in GC-2 cells under exposure to extremely low frequency electromagnetic fields.
- Manzella et al. (2015): Circadian gene expression and extremely low-frequency magnetic fields: An in vitro study.
- Mun et al. (2015): Effects of 60-Hz magnetic fields on DNA damage responses in HT22 mouse hippocampal cell lines.
- Udrouiu et al. (2015): Genotoxicity induced by foetal and infant exposure to magnetic fields and modulation of ionising radiation effects.
- Villarini et al. (2015): Primary DNA damage in welders occupationally exposed to extremely-low-frequency magnetic fields (ELF-MF).
- Woodbine et al. (2015): The rate of X-ray induced DNA double strand break repair in the embryonic mouse brain is unaffected by exposure to 50 Hz magnetic fields.
- Yoon et al. (2015): Effects of 60-Hz Time-Varying Electric Fields on DNA Damage and Cell Viability Support Negligible Genotoxicity of the Electric Fields.

Von den Studien dieses Themenbereichs waren drei verblindete in vivo-Studien (Villarini et al. 2015, Udrouiu et al. 2015 und Woodbine et al. 2015). Die sechs restlichen Studien waren in vitro-Studien, bei welchen nur in einer Studie (Manzella et al. 2015) explizit ein Blind-Design beschrieben wurde. Yoon et al. (2015) untersuchten als einzige Gruppe in diesem Themenbereich eine Exposition bei elektrischen Feldern und fanden keine genotoxische Wirkung. Drei weitere Studien (Villarini et al. 2015, Mun et al. 2015 und Woodbine et al. 2015) fanden keine genotoxische Wirkung einer Magnetfeld-Exposition. Nur eine Studie (Udrouiu et al. 2015) beschrieb eine geringe genotoxische Wirkung, wobei die Gruppengrößen nicht vollständig nachvollziehbar waren. Drei Studien von Liu et al. 2015, welche eine Veränderung der Genexpression bei Zellen beschrieben, stammten von

demselben Forschungsteam und untersuchten Magnetfeld-Expositionen weit über dem Grenzwert (> 1 mT). Ob die Studien verblindet waren, wurde nicht angegeben. Manzella et al. (2015) fanden als einzige Gruppe in einer verblindeten Studie bei einer Expositionsstärke unterhalb des Grenzwerts eine Erhöhung der Genexpression. Letztlich geben diese wenigen neu veröffentlichten Studien kaum Hinweise auf eine genotoxische Wirkung niederfrequenter Magnetfelder, sondern deuten allenfalls auf eine Wirkung auf die Genexpression und Genregulation hin.

### *Wirkungen auf Zellproliferation und Zelleigenschaften*

Im Themenbereich „Wirkungen auf Zellen, Zelleigenschaften und Proliferation“ erschienen weitere acht Studien:

- Benassi et al. (2015): Extremely low frequency magnetic field (ELF-MF) exposure sensitizes SH-SY5Y cells to the pro-Parkinson's disease toxin MPP+.
- Cheng et al. (2015): Extremely low-frequency electromagnetic fields enhance the proliferation and differentiation of neural progenitor cells cultured from ischemic brains.
- de Groot et al. (2015): In vitro developmental neurotoxicity following chronic exposure to 50 Hz extremely low frequency electromagnetic fields (ELF-EMF) in primary rat cortical cultures.
- Fan et al. (2015): 50 Hz electromagnetic field exposure promotes proliferation and cytokine production of bone marrow mesenchymal stem cells.
- Lee et al. (2015): Effect of extremely low frequency magnetic fields on cell proliferation and gene expression.
- Martinez et al. (2015): Power-Frequency Magnetic Field Inhibits Adipogenic Differentiation in Human ADSC.
- Patruno et al. (2015): mTOR Activation by PI3K/Akt and ERK Signaling in Short ELF-EMF Exposed Human Keratinocytes.
- Percherancier et al. (2015): Effects of 50 Hz magnetic fields on gap junctional intercellular communication in NIH3T3 cells.

In diesen Themenbereich fallen Studien, die sich primär mit Zellwachstum und -entwicklung beschäftigen, beispielsweise als Grundlagen-Forschung für therapeutische Zwecke oder auch in Hinblick auf mögliche schädliche Wirkungen. Entsprechend heterogen sind die einzelnen Endpunkte. Alle Studien untersuchten die Wirkung von Magnetfeldern. Benassi et al. (2015) konzipierten eine Blindstudie zur Ätiologie von Parkinson und fanden eine Erhöhung von oxidativem Stress durch eine Magnetfeld-Exposition in Neuroblastom-Zellen. Cheng et al. (2015) fanden eine Erhöhung der Proliferation und Ausdifferenzierung bei exponierten neuronalen Vorläuferzellen und sahen darin therapeutisches Potenzial, eine Verblindung wird jedoch nicht erwähnt. Die Studie von de Groot et al. (2015) wurde als einzige Studie der o.a. Studien explizit als Doppelblindstudie durchgeführt und fand nur eine sehr begrenzte neurotoxische Wirkung bei Feldern deutlich oberhalb des Grenzwerts (1 mT). Fan et al. (2015) fanden eine erhöhte Zellproliferation und Zytokin-Produktion bei exponierten Zellen, wobei auch hier nicht angegeben wurde, ob es sich um eine Blindstudie handelte. Lee et al. (2015) exponierten unterschiedliche Zelllinien bei Magnetfeldern und fanden inkonsistente Wirkungen einer Exposition bei einem sehr starken Feld (2 mT) auf das Zellwachstum und Veränderungen bei der Genexpression. Auch hier wurde keine Verblindung erwähnt. Martinez et al. (2015) führten eine Blindstudie zur Ätiologie von Lipoatrophia semicircularis (Vertiefungen in den Oberschenkeln, eine

seltene idiopathische Krankheit bei Büroangestellten an Computerarbeitsplätzen) durch und fanden eine Behinderung der Differenzierung von Stammzellen in Fettzellen durch die Magnetfeld-Exposition. Patruno et al. (2015) kamen in ihrer Studie zu dem Schluss, dass eine Magnetfeld-Exposition die Zellproliferation über eine Veränderung der Proteinkinase B- und ERK-Signalwege erhöhen könnte. Ob es sich um eine Blindstudie handelte, wurde nicht beschrieben. Percherancier et al. (2015) untersuchten in einer Pilotstudie die Wirkung des Magnetfelds auf die Zellkommunikation über Gap-Junctions und fanden keine Wirkung.

Der Schwerpunkt der Studienverteilung spiegelt die aktuellen Fragestellungen zu den Wirkungen niederfrequenter Felder wider. Bereits 2002 wurden niederfrequente Felder von der Internationalen Krebsforschungsagentur (IARC) in die Klasse 2B "möglicherweise kanzerogen" eingestuft. Ausschlaggebend hierfür waren statistische Assoziationen von Leukämie bei Kindern und einer Magnetfeld-Exposition in epidemiologischen Studien. Dieser Zusammenhang konnte bisher weder entkräftet werden noch konnte ein biologischer Wirkungsmechanismus gefunden werden, der diesen kausal erklären könnte (BfS, Stand 27.5.15<sup>3</sup>). Nach Einschätzung des wissenschaftlichen Ausschusses für neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken der Europäischen Kommission (SCENIHR, 2015<sup>4</sup>) deutet die Datenlage jedoch darauf hin, dass niederfrequente Magnetfelder mit magnetischen Flussdichten von etwa 100 µT und höher in *in vitro*-Studien sowohl genotoxische als auch andere biologische Wirkungen haben könnten. Die Wirkungsmechanismen sowie eine Relevanz für den Zusammenhang von Kinder-Leukämie und niederfrequenten Magnetfeldern bleiben aber bis dato unklar (s.o.).

Die große Zahl an beschriebenen Wirkungen scheint die Einschätzung von SCENIHR zu stützen, dass niederfrequente Magnetfelder *in vitro* biologische Wirkungen haben könnten. Die Inhomogenität der verwendeten Expositionsparameter und der untersuchten Endpunkte sowie die vielfach ungewisse Verblindung führen jedoch dazu, dass die Fragestellungen auch weiterhin als nicht geklärt angesehen werden müssen.

### **Epidemiologische Studien**

Insgesamt wurden im Berichtszeitraum 14 epidemiologische Publikationen im Netzfrequenz-Bereich veröffentlicht. Dabei wurde Krebs am häufigsten untersucht. Es liegen dazu acht Veröffentlichungen vor:

- Bunch et al. (2015): Magnetic fields and childhood cancer: an epidemiological investigation of the effects of high-voltage underground cables.
- Grundy et al. (2016): Occupational exposure to magnetic fields and breast cancer among Canadian men.
- Kato et al. (2015): Electric Blanket Use and Risk of Thyroid Cancer in the Women's Health Initiative Observational Cohort.
- Pedersen et al. (2015): Residential exposure to extremely low-frequency magnetic fields and risk of childhood leukaemia, CNS tumour and lymphoma in Denmark.
- Tabrizi and Bidgoli (2015): Increased risk of childhood acute lymphoblastic leukemia (ALL) by prenatal and postnatal exposure to high voltage power lines: a case control study in Isfahan, Iran.

---

<sup>3</sup> <http://www.bfs.de/DE/themen/emf/nff/wirkung/niederfrequent-diskutiert/niederfrequent-diskutiert.html>

<sup>4</sup> <http://www.emf-portal.de/viewer.php?aid=26643>



- Tabrizi and Hosseini (2015): Role of Electromagnetic Field Exposure in Childhood Acute Lymphoblastic Leukemia and No Impact of Urinary Alpha-Amylase - a Case Control Study in Tehran, Iran.
- Talibov et al. (2015): Occupational exposure to extremely low-frequency magnetic fields and electrical shocks and acute myeloid leukemia in four Nordic countries.
- Zhang et al. (2015): Meta-analysis of extremely low frequency electromagnetic fields and cancer risk: a pooled analysis of epidemiologic studies.

In vier Publikationen wurde der Zusammenhang zwischen der häuslichen Exposition bei den Magnetfeldern von Hochspannungsfreileitungen oder Erdkabeln und dem Risiko für Krebs im Kindesalter erforscht:

Bunch et al. (2015) untersuchten in ihrer in Großbritannien durchgeführten Fall-Kontroll-Studie mit ca. 55.000 Fällen und 116.000 Kontrollen, ob das Auftreten verschiedener Krebsarten bei Kindern mit der Wohnnähe zu Erdkabeln zusammenhängt. Die Gruppen wurden in Bezug auf den Abstand von der Wohnadresse zur nächstgelegenen Erdkabel im Bereich zwischen 0 bis 500 m (Referenzgruppe: > 500 m) und anhand der berechneten magnetischen Flussdichte (0,1-0,19  $\mu\text{T}$ , 0,2-0,39  $\mu\text{T}$  und > 0,4  $\mu\text{T}$ , Referenzgruppe < 0,1  $\mu\text{T}$ ) eingeteilt. Es wurde kein erhöhtes Risiko in dieser Studienpopulation beobachtet, in der bereits im Jahr zuvor der Zusammenhang zwischen der Wohnnähe zu Hochspannungsfreileitungen und dem Risiko für Krebs im Kindesalter untersucht worden war. Bunch et al. schlussfolgerten, dass das seit etwa drei Jahrzehnten beobachtete erhöhte Risiko für Kinderleukämie in der Nähe von Hochspannungsfreileitungen vermutlich nicht mit den Magnetfeldern zusammenhängt, da kein Zusammenhang für Kinderleukämie und den Magnetfeldern von Erdkabeln gefunden wurde.

Pedersen et al. (2015) erweiterten eine in Dänemark durchgeführte Fall-Kontroll-Studie (Olsen et al., 1993) zum Zusammenhang zwischen der häuslichen Exposition bei Magnetfeldern von Hochspannungsfreileitungen und dem Risiko für Krebs im Kindesalter auf einen längeren Beobachtungszeitraum. Es wurden alle neu erkrankten Kinder im Zeitraum von 1968 bis 2003 (n=3277) berücksichtigt, zu denen über 9.000 Kinder als Kontrollen ausgewählt wurden. Insgesamt 16 erkrankte Kinder wurden der höchsten Expositionskategorie mit einer magnetischen Flussdichte von 0,4  $\mu\text{T}$  und mehr zugeordnet. Für den gesamten Zeitraum fanden Pedersen et al. ein erhöhtes, jedoch nicht signifikantes Risiko für das Auftreten von Krebserkrankungen bei Kindern, die in der Nähe von Hochspannungsfreileitungen gewohnt hatten.

Von Tabrizi et al. stammen zwei Publikationen, die in zwei Städten im Iran zu der Rolle einer pränatalen und postnatalen Exposition bei Hochspannungsfreileitungen und anderen Risikofaktoren auf die Inzidenz von akuter lymphatischer Leukämie im Kindesalter durchgeführt wurden. Die Anzahl der Fälle und Kontrollen sowie die Studienergebnisse und ganze Abschnitte dieser beiden Publikationen sind identisch. Da es unklar ist, ob es sich um eine Wiederholungsstudie aus derselben Studienpopulation handelt oder ob zwei Studien in unterschiedlichen Städten mit identischen Ergebnissen durchgeführt wurden, wurde vom *femu* ein ‚Letter to the Editor‘ bei der Zeitschrift mit der Bitte um Klärung eingereicht. Der Begutachtungsprozess ist zum Berichtszeitpunkt noch im Gange.

In vier weiteren Publikationen wurden verschiedene Krebsarten vor allem bei Erwachsenen untersucht:

Zhang et al. (2015) führten eine Meta-Analyse zu den Wirkungen von Magnetfeldern im Netzfrequenzbereich und dem Risiko für verschiedene Krebsarten bei Erwachsenen und Kindern durch. Auf der Basis der insgesamt 42 berücksichtigten Studien mit 13.259 Fällen und 100.882 Kontrollen wurde ein um 8 Prozent erhöhtes Risiko für Krebs ermittelt. Bei der getrennten Analyse nach beruflicher, häuslicher oder persönlicher Exposition wurde ein erhöhtes Risiko bei einer Exposition im Wohnumfeld beobachtet. Eine nach Ländergruppen getrennte Analyse ergab ein erhöhtes Risiko in Nordamerika, vor allem in den USA. Die unterschiedlichen Ergebnisse der einzelnen Studien könnten auf den verschiedenen methodischen Ansätzen, wie z.B. der Abschätzung der Exposition, beruhen.

Grundy et al. untersuchten den möglichen Zusammenhang zwischen einer beruflichen Magnetfeld-Exposition und dem Risiko für Brustkrebs bei Männern in einer Fall-Kontroll-Studie mit 115 erkrankten Männern und 570 Kontrollen in Kanada. Es wurden schwache Hinweise auf einen Zusammenhang in den Gruppen mit der stärksten mittleren Exposition (magnetische Feldstärke  $\geq 0.6 \mu\text{T}$ ) sowie der längsten Expositionsdauer ( $> 30$  Jahre) beobachtet.

In der von Talibov et al. (2015) durchgeführten Fall-Kontroll-Studie mit rund 5.000 erkrankten Personen und rund 27.000 Kontrollen wurde der Zusammenhang zwischen der beruflichen Exposition bei niederfrequenten Magnetfeldern sowie Stromschlägen und dem Auftreten von akuter myeloischer Leukämie in vier skandinavischen Ländern erforscht. Die Autoren fanden keinen Hinweis auf ein erhöhtes Risiko von akuter myeloischer Leukämie.

Die Verwendung von elektrischen Heizdecken und das Risiko für Schilddrüsen-Krebs bei Frauen wurden in einer Kohortenstudie in den USA von Kato et al. (2015) untersucht. Von den knapp 90.000 Frauen, die im Mittel 12 Jahre beobachtet wurden, erkrankten 190 Frauen an Schilddrüsen-Krebs. Es wurde kein Zusammenhang zwischen der Verwendung von elektrischen Heizdecken und dem Risiko für Schilddrüsen-Krebs festgestellt.

In drei Publikationen wurde das Risiko für das Auftreten von neurodegenerativen Erkrankungen bei einer beruflichen Exposition untersucht.

- Fischer et al. (2015): Occupational Exposure to Electric Shocks and Magnetic Fields and Amyotrophic Lateral Sclerosis in Sweden.
- Huss et al. (2015): Extremely Low Frequency Magnetic Field Exposure and Parkinson's Disease - A Systematic Review and Meta-Analysis of the Data.
- Koeman et al. (2015): Occupational exposures and risk of dementia-related mortality in the prospective Netherlands Cohort Study.

Ob ein erhöhtes Risiko für amyotrophe Lateralsklerose bei einer beruflichen Exposition bei Magnetfeldern und Stromschlägen sowie in Elektroberufen besteht, erforschten Fischer et al. (2015) in einer Fall-Kontroll-Studie in Schweden. Sie schlussfolgerten, dass die früheren Beobachtungen eines erhöhten Risikos von amyotropher Lateralsklerose in Elektroberufen in dieser Studie nicht bestätigt werden konnten und es nur einen schwachen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen Stromschlägen und amyotropher Lateralsklerose gab.

In einer Studie von Koeman et al. (2015) wurde in einer niederländischen Kohortenstudie der Zusammenhang zwischen verschiedenen beruflichen Expositionen, wie z.B. niederfrequenten Magnetfeldern sowie Stromschlägen, und dem Risiko für Sterblichkeit aufgrund von Demenz

untersucht. Die Autoren berichteten von einem schwachen Hinweis auf einen möglichen Zusammenhang zwischen der beruflichen Exposition bei Magnetfeldern und der Sterblichkeit an Demenz.

Huss et al. (2015) führten eine Meta-Analyse zu dem Zusammenhang zwischen einer beruflichen Exposition bei niederfrequenten Magnetfeldern und der Sterblichkeit an der Parkinson-Krankheit durch und fanden auf der Grundlage der insgesamt elf berücksichtigten Publikationen kein erhöhtes Risiko.

Drei weitere Veröffentlichungen befassten sich mit anderen Endpunkten:

- Wang et al. (2016): Effects of electromagnetic fields exposure on plasma hormonal and inflammatory pathway biomarkers in male workers of a power plant.
- Wang et al. (2015): Effects of electromagnetic fields on serum lipids in workers of a power plant.
- Zarei et al. (2015): A Challenging Issue in the Etiology of Speech Problems: The Effect of Maternal Exposure to Electromagnetic Fields on Speech Problems in the Offspring.

In den beiden Querschnittsstudien von Wang et al. (2015) wurden verschiedene Blutparameter von Arbeitern in einem Elektrizitätswerk in China untersucht und dabei Veränderungen im Testosteron- und Lipid-Gehalt beobachtet.

In einer im Iran durchgeführten Studie von Zarei et al. (2015) sollte der mögliche Zusammenhang zwischen der mütterlichen Exposition bei elektromagnetischen Feldern und Sprachproblemen bei den Kindern untersucht werden. Aufgrund unterschiedlicher Angaben zur Exposition in der Publikation ist unklar, ob nur Mobiltelefon-Nutzung oder auch andere Expositionen berücksichtigt wurden. Des Weiteren fehlen in der Publikation die Definition von Sprachproblemen sowie die Anzahl der Kinder mit und ohne Sprachproblemen in den verschiedenen Expositionsgruppen. Aufgrund der fehlenden Angaben ist es nicht möglich, die Ergebnisse der Studie nachzuvollziehen.

### 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. 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 1-3 zeigen die grafischen Übersichten der epidemiologischen Studien (Abb. 1) sowie der experimentellen Studien mit Netzfrequenz-relevanter Exposition (Abb. 2 für Magnetfeld-Exposition, Abb. 3 für elektrische Feld-Exposition).

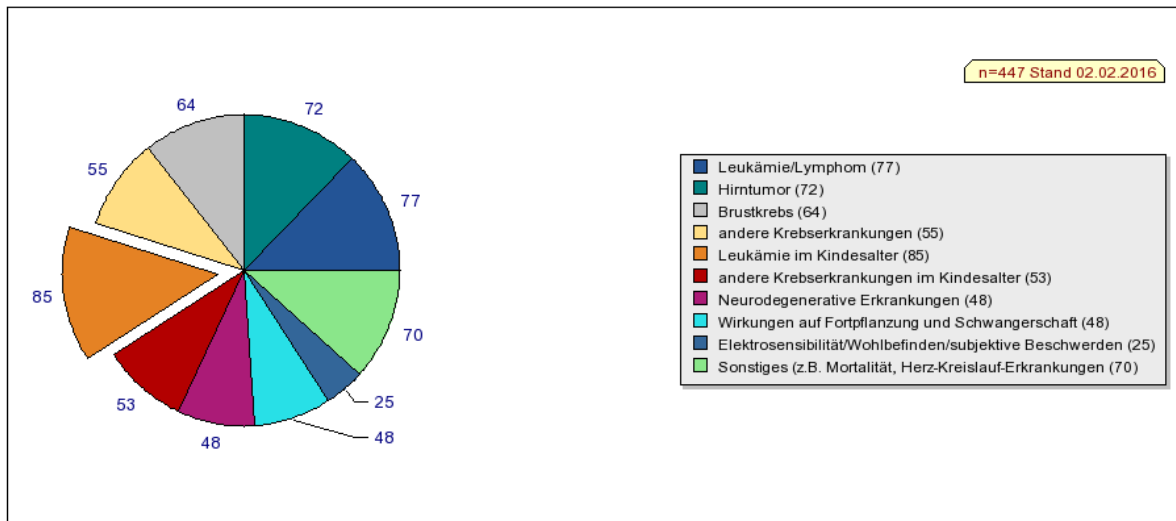


Abb. 1: Epidemiologische Studien mit Netzfrequenz-relevanter Exposition (n=447, Stand: 2.2.2016)

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. Krebs) 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.

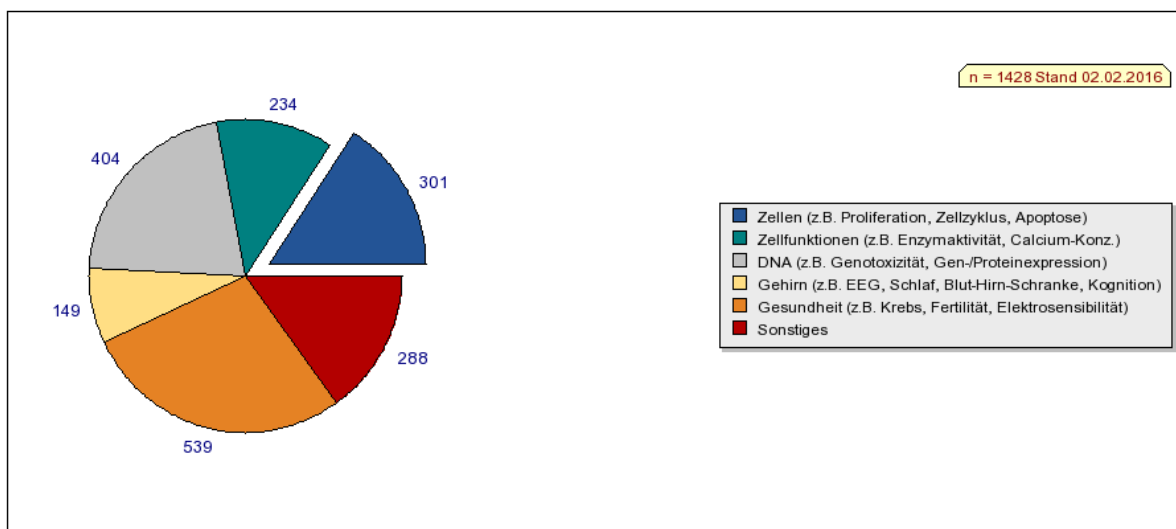


Abb. 2: Experimentelle Studien mit Netzfrequenz-relevanter Magnetfeld-Exposition (n=1428, Stand 2.2.2016)

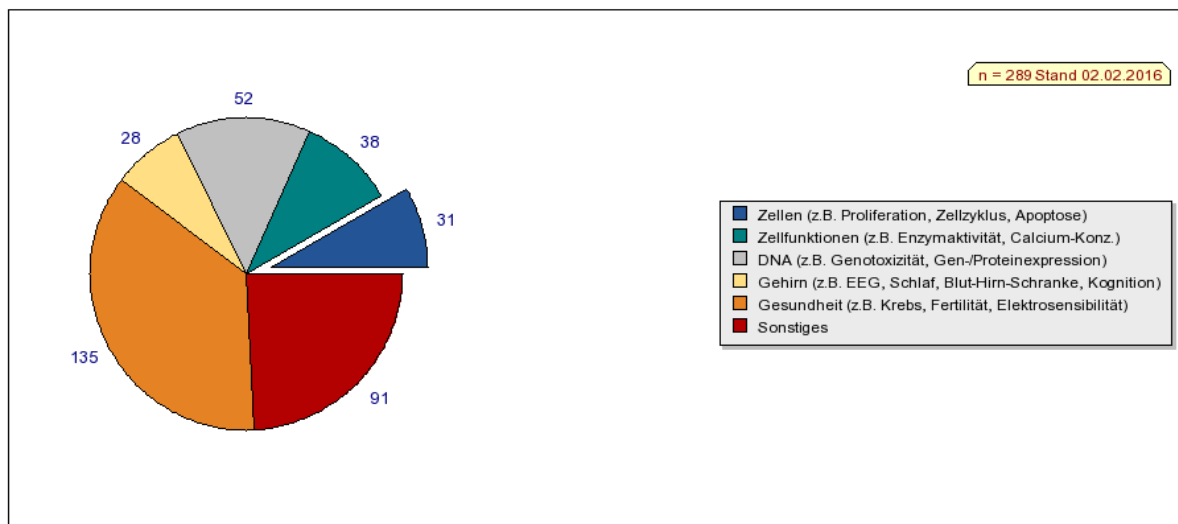


Abb. 3: Experimentelle Studien mit Netzfrequenz-relevanter elektrischer Feld-Exposition (n=289, Stand 2.2.2016)

#### 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. Darüber hinaus wurden auch solche Studien extrahiert, von welchen sich registrierte Nutzer eine Extraktion gewünscht hatten. Im Berichtszeitraum wurden alle 37 neu aufgenommenen experimentellen medizinisch/biologischen Studien sowie 38 ältere Studien extrahiert (insgesamt demzufolge 75 Studien aus dem experimentellen Bereich). Zusätzlich wurden 19 epidemiologische Publikationen (11 aktuelle und 8 ältere Studien) mit Netzfrequenz-relevanter Exposition extrahiert.

Insgesamt stehen somit 902 experimentelle Studien (820 mit Magnetfeld-Exposition, 82 mit elektrischem Feld) und 165 epidemiologische Studien aus dem Netzfrequenz-Bereich mit extrahierten Details zur Verfügung. Derzeit liegen noch 815 experimentelle (608 zu Magnetfeld, 207 zum elektrischen Feld) und 282 epidemiologische nicht extrahierte Studien mit 50/60 Hz-Exposition im EMF-Portal vor (Stand 26.01.2016).

#### 5. 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

Anfang 2016 wird es zu einem Relaunch des EMF-Portals kommen. Mit Hilfe eines von der BG ETEM (Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse) geförderten Projektes konnte die informationstechnische Infrastruktur des EMF-Portals konsolidiert und an den aktuellen Stand der Technik angepasst werden. Außerdem wird ein optisches Redesign der Webseite vorgenommen. Das Projekt steht kurz vor der Fertigstellung und wird im Februar 2016 als Beta-Test-Version an den Start gehen.

Darüber hinaus wird das EMF-Portal in Zukunft auch auf Japanisch verfügbar sein. Im Rahmen eines Kooperationsprojekts mit dem „Japan EMF Information Center“ (JEIC) wird der gesamte Inhalt des EMF-Portals ins Japanische übersetzt. Während das *femu* die informationstechnische Infrastruktur bereitstellt und entsprechend erweitert, wird die Übersetzungsarbeit von den japanischen Partnern geleistet. Das Projekt soll die internationale Sichtbarkeit stärken und dazu beitragen, das EMF-Portal in ein WHO Collaboration Centre zu integrieren.

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.