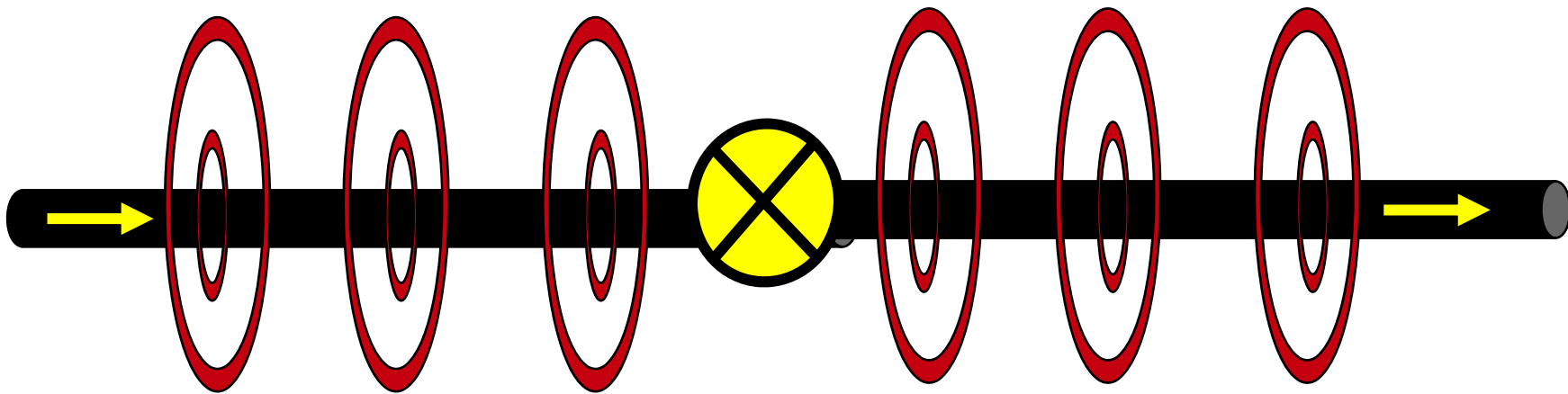




Umweltmedizin - Elektromagnetische Felder und Strahlung

Teil 3: Magnetische Wechselfelder

Magnetische Wechselfelder



Strom [Ampere = A] $\Rightarrow$

Magnetische Feldstärke [Ampere pro Meter = A/m]

Magnetische Flussdichte [Mikrotesla = μT / Nanotesla = nT]

Physikalische Größen zur Bewertung der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern

Die magnetische Feldstärke [A/m] ist eine Vektorgröße, die neben der magnetischen Flussdichte [T] zur Beschreibung des magnetischen Feldes in jedem Raumpunkt dient.

Physikalische Größen zur Bewertung der Exposition gegenüber magnetischen Feldern



Die magnetische Flussdichte ist eine Vektorgröße, aus der sich eine Kraft auf bewegte Ladungen ergibt; sie wird in Tesla (T) ausgedrückt.

Im leeren Raum und in biologischem Material können magnetische Flussdichte und magnetische Feldstärke umgerechnet werden:

$H = 1 \text{ A/m}$ entspricht $B = 1,256 \text{ } \mu\text{T}$

Physikalische Größen zur Bewertung der Exposition gegenüber magnetischen Feldern



Magnetische Felder induzieren im exponierten Körper einen elektrischen Strom (Körperstrom) mit der Einheit Ampere [A].

Magnetische Induktion -> Körperströme

[Vignati und Giuliani, 1997]

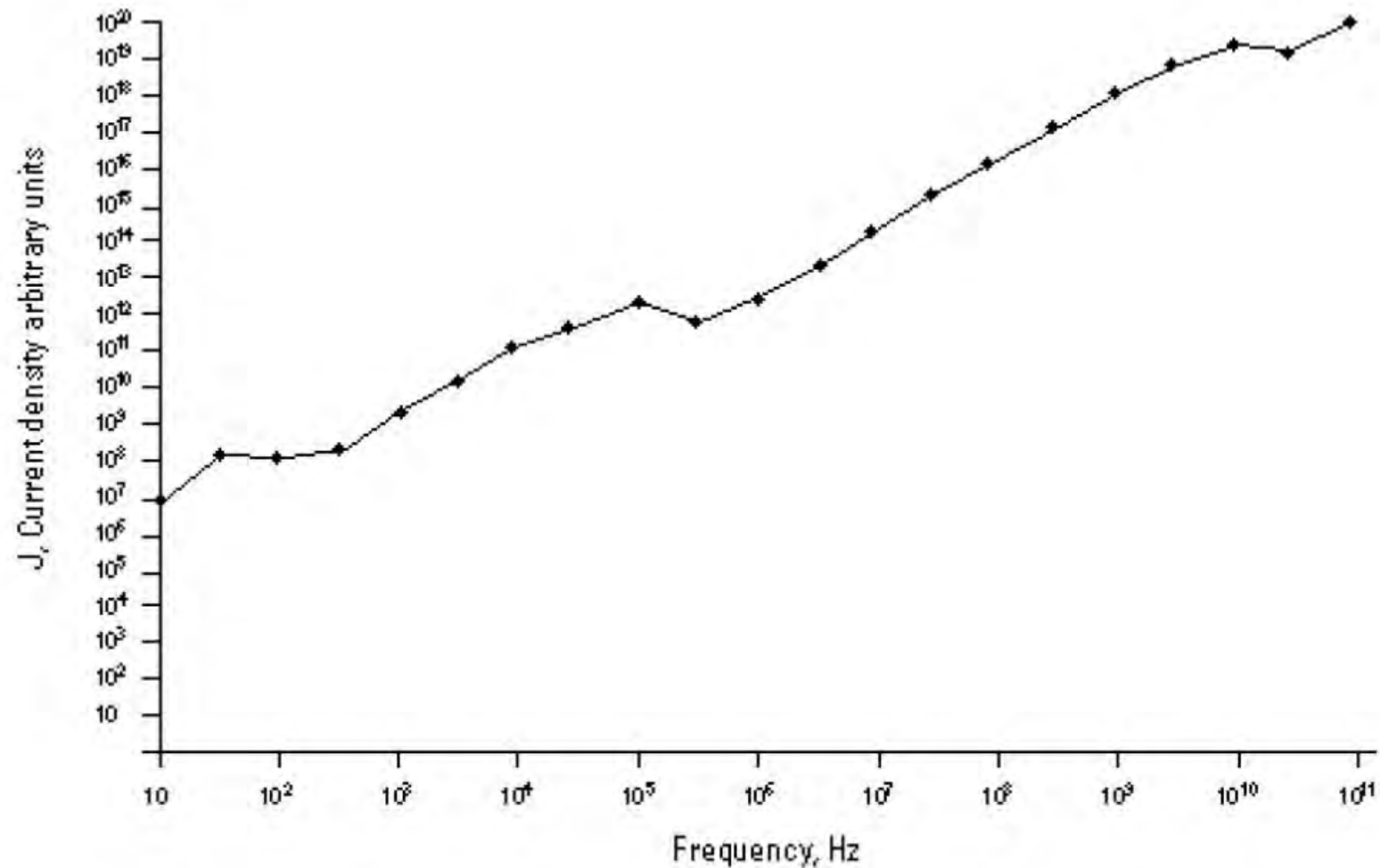


Figure 2. Capacitive current density in a toroid of human muscle tissue (unitary radius) exposed to a unitary magnetic induction.

Magnetische Wechselfelder

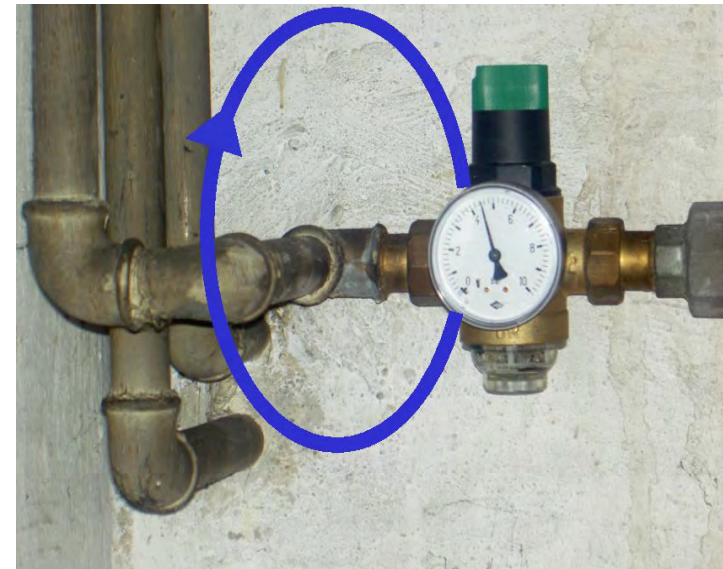
- Hochspannungsleitungen
- Bahnstromanlagen
- Trafos



Magnetische Wechselfelder

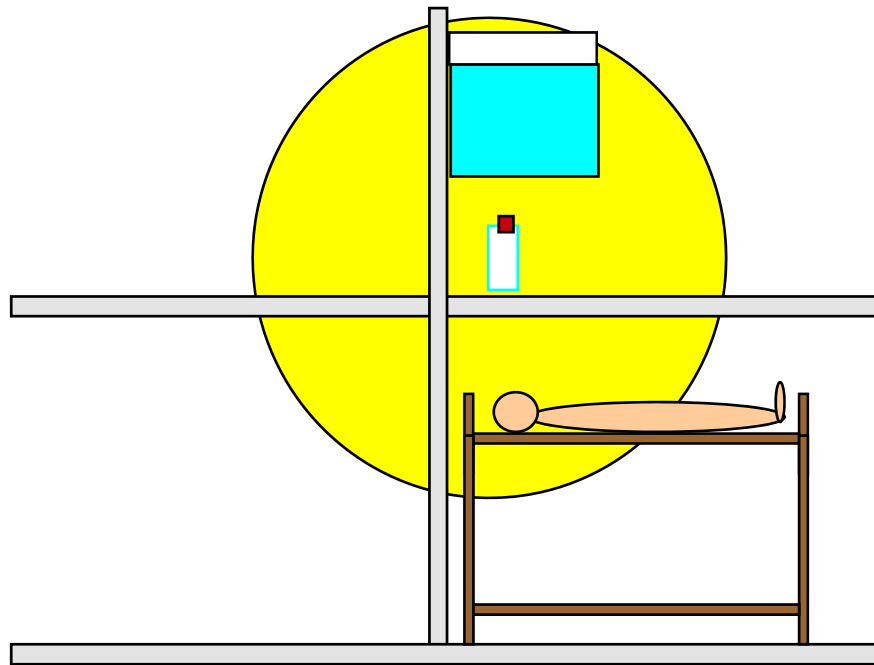
Ausgleichsströme oder Differenzströme

- Wasserleitungen
- Gasleitungen
- Schutzleiter



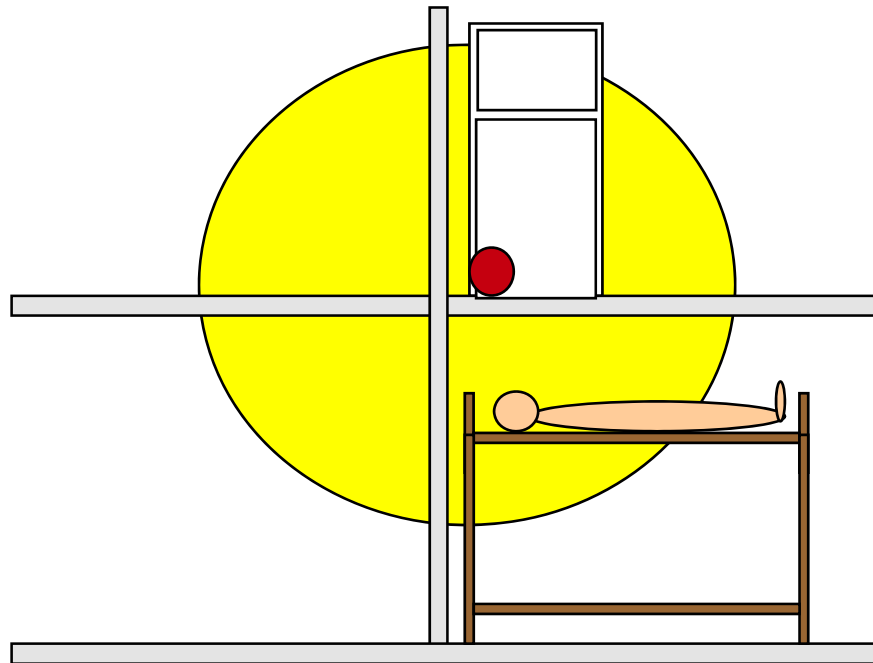
Magnetische Wechselfelder

Aquariumpumpe



Magnetische Wechselfelder

Kompressorkühlschrank



Magnetische Wechselfelder

Radiowecker



Magnetische Wechselfelder

- Elektroherde (12 Volt Trafo der elektrischen Uhr!)
- Induktionsherde (im kHz-Bereich!)



Magnetische Wechselfelder

Elektromotoren

- Stand- und Handmixer
- Staubsauger
- Bohrmaschine



Magnetische Wechselfelder

Einheit

magnetische Flussdichte
[Tesla = T]

Frequenzbereich

> 0 Hz bis 30 kHz

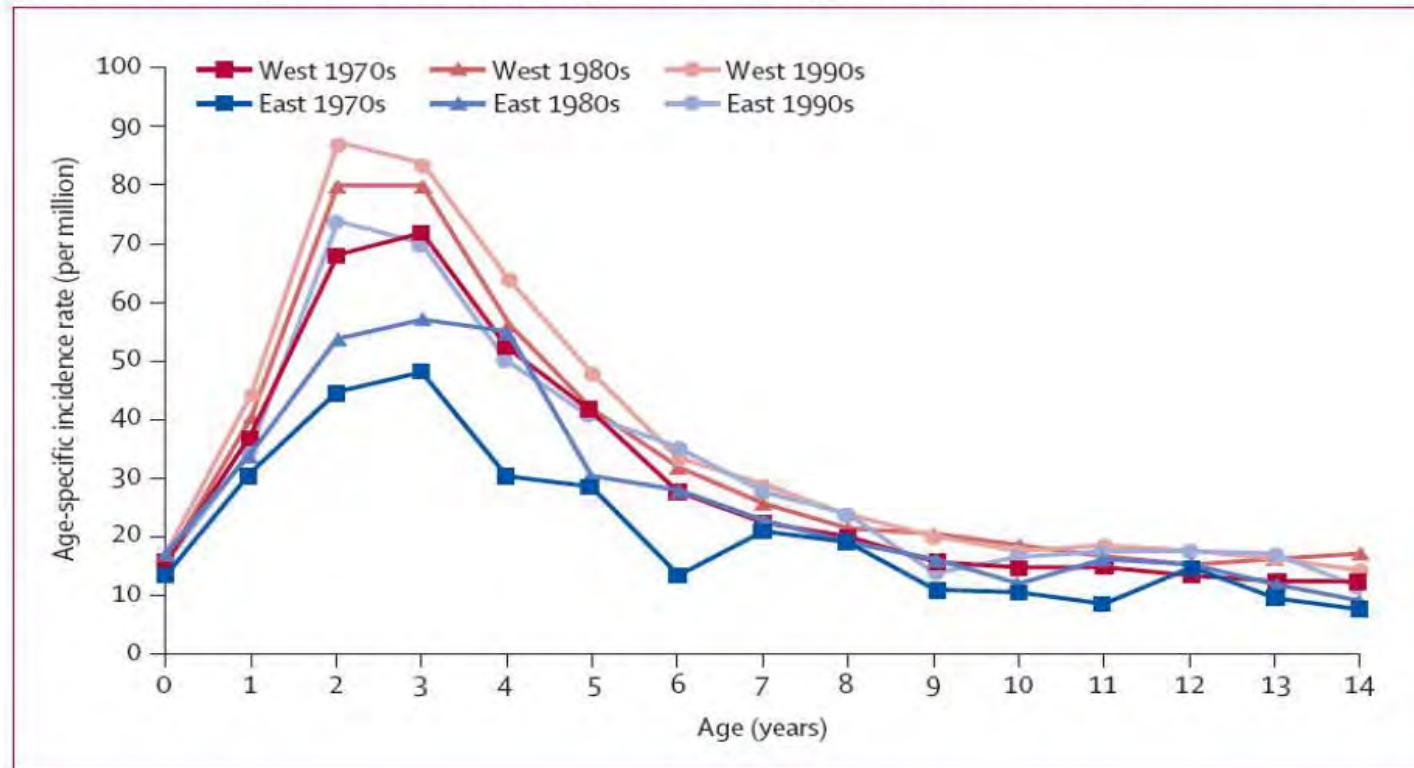
Messgeräte

isotrope Magnetfeldsonden
Datenaufzeichnung für 16,7 Hz
und 50 Hz



Kindliche Leukämie

Den Inzidenzverlauf der lymphatischen Leukämie in der Altersgruppe 0-14 zeigt die nachfolgende Abbildung, getrennt nach Ost- und Westeuropa in Dezennien. Zum einen ist ein Anstieg in den letzten drei Jahrzehnten erkennbar, zum anderen ein Unterschied zwischen Ost- (blaue Kurven) und Westeuropa (rote Kurven), mit höheren Inzidenzraten für Westeuropa.



Leukämie und Umweltfaktoren [Schüz, 2002]

Umweltfaktoren	OR (95%-KI) ^a	Andere Faktoren	OR (95%-KI) ^a
Einsatz von Insektiziden im Haus ^b mehr als 1 mal pro Jahr	1,2 (0,9-1,6)	Alter der Mutter bei Geburt ^f ≥ 35 Jahre	1,1 (0,8-1,5)
Einsatz von Pestiziden ^b im Garten	1,0 (0,8-1,2)	Rauchen der Mutter (Schwangerschaft) ^f 1-10 Zigaretten pro Tag	0,8 (0,6-1,1)
in der Landwirtschaft	1,5 (1,0-2,2)	11-20 Zigaretten pro Tag	0,5 (0,3-0,9)
Berufliche Pestizidexposition ^b Mutter (Schwangerschaft)	3,6 (1,5-8,8)	> 20 Zigaretten pro Tag	1,3 (0,4-4,7)
Vater (vor Schwangerschaft)	1,5 (1,1-2,2)	Rauchen des Vaters (vor Schwangerschaft) ^f 1-10 Zigaretten pro Tag	1,1 (0,8-1,5)
Magnetische Felder während der Nacht ^c ≥ 0,2 Mikro-Tesla	2,8 (1,4-5,5)	11-20 Zigaretten pro Tag	1,0 (0,8-1,2)
Berufliche Strahlenexposition (ionisierend) ^d Vater (vor Schwangerschaft)	1,2 (0,8-1,7)	> 20 Zigaretten pro Tag	0,9 (0,7-1,2)
Röntgen der Mutter (Schwangerschaft) ^d ≥ 1 mal	0,9 (0,7-1,4)	Geburtsgewicht ^f < 2,5 kg	1,7 (1,1-2,8)
Berufliche Expositionen (Schwangerschaft) ^e Mutter mit Lösungsmitteln	1,2 (0,9-1,7)	> 4 kg	1,4 (1,0-1,8)
Mutter mit Farben, Lacken	1,6 (1,1-2,4)	Vorangegangene Fehlgeburten ^f ≥ 1 mal	1,1 (0,9-1,3)
Mutter, Metallindustrie	1,0 (0,6-1,7)	Stillen (mehr als ein halbes Jahr) ^g 2-6 Monate	1,2 (0,9-1,5)
		nicht oder 1 Monat	1,2 (0,9-1,6)

^a Odds Ratio und 95%-Konfidenzintervall; ^b aus Meinert et al. (2000); ^c aus Schüz et al. (2001a); ^d aus Meinert et al. (1999);

^e aus Schüz et al. (2000b); ^f aus Schüz et al. (1999a); ^g aus Schüz et al. (1999b)

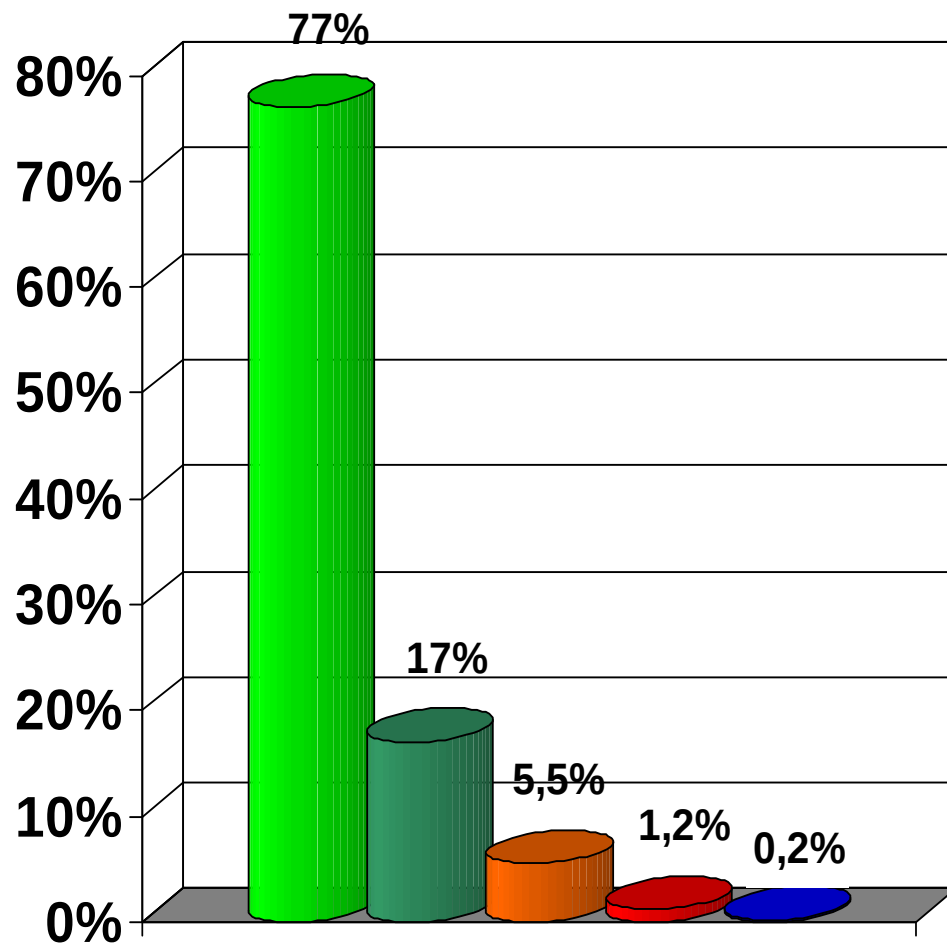
EMF II-Studie Deutschland

Kindliche Leukämie 50 Hz [Schüz 2000]

- Fall-Kontroll-Studie
- 514 Fälle / 1301 Kontrollen
- Altersverteilung (Fälle)
 - 0 bis 4 Jahre: 56 %
 - 5-9 Jahre: 30 %
 - 10+ Jahre: 14 %
- Expositionsmessung: Tag 6-22 Uhr; Nacht 22-6 Uhr

EMF II-Studie Deutschland

Expositionsverteilung [Schüz 2000]



magnetische
Wechselfelder 50 Hz
Kontrollen
24 Stundenmedianwerte
Kinderzimmer

- 0 nT - <50 nT
- 50 nT - <100 nT
- 100 nT - < 200 nT
- 200 nT - <400 nT
- >400 nT

Gepoolte Analyse deutsche EMF-Studien

Nachtwert (Median 22-6 Uhr)

Exposition (Mittelwert) [nT]	Fälle [n]	Kontrollen [n]	OR	95%CI
<100	625	1607	1	
100-<200	44	91	1,33	0,9-1,97
200-<400	14	12	2,40	1,07-5,37
>=400	7	5	4,28	1,25-14,7

OR adjustiert: Alter; Geschlecht, Geburtsjahr, Sozialstatus, Gebietstyp, Studienzugehörigkeit (vierstufig) und Ost-/Westdeutschland

Kanadische Fall-Kontroll-Studie kindliche Leukämie, Ontario [Green 1999]



- Fall-Kontroll-Studie
- 88 Fälle / 133 Kontrollen
- Alter 0-14 Jahre
- Südliches Ontario
- Magnetfeldlogger 60 Hz zwei Tage am Körper getragen

Kanadische Fall-Kontroll-Studie kindliche Leukämie, Ontario [Green 1999]

Exposition (Mittelwert) [nT]	Fälle [n]	Kontrollen [n]	OR	95%CI
<30	14	33	1	
30-70	18	32	2	0,6-6,8
70-140	27	33	4	1,1-14,4
>140	29	33	4,5	1,3-15,9

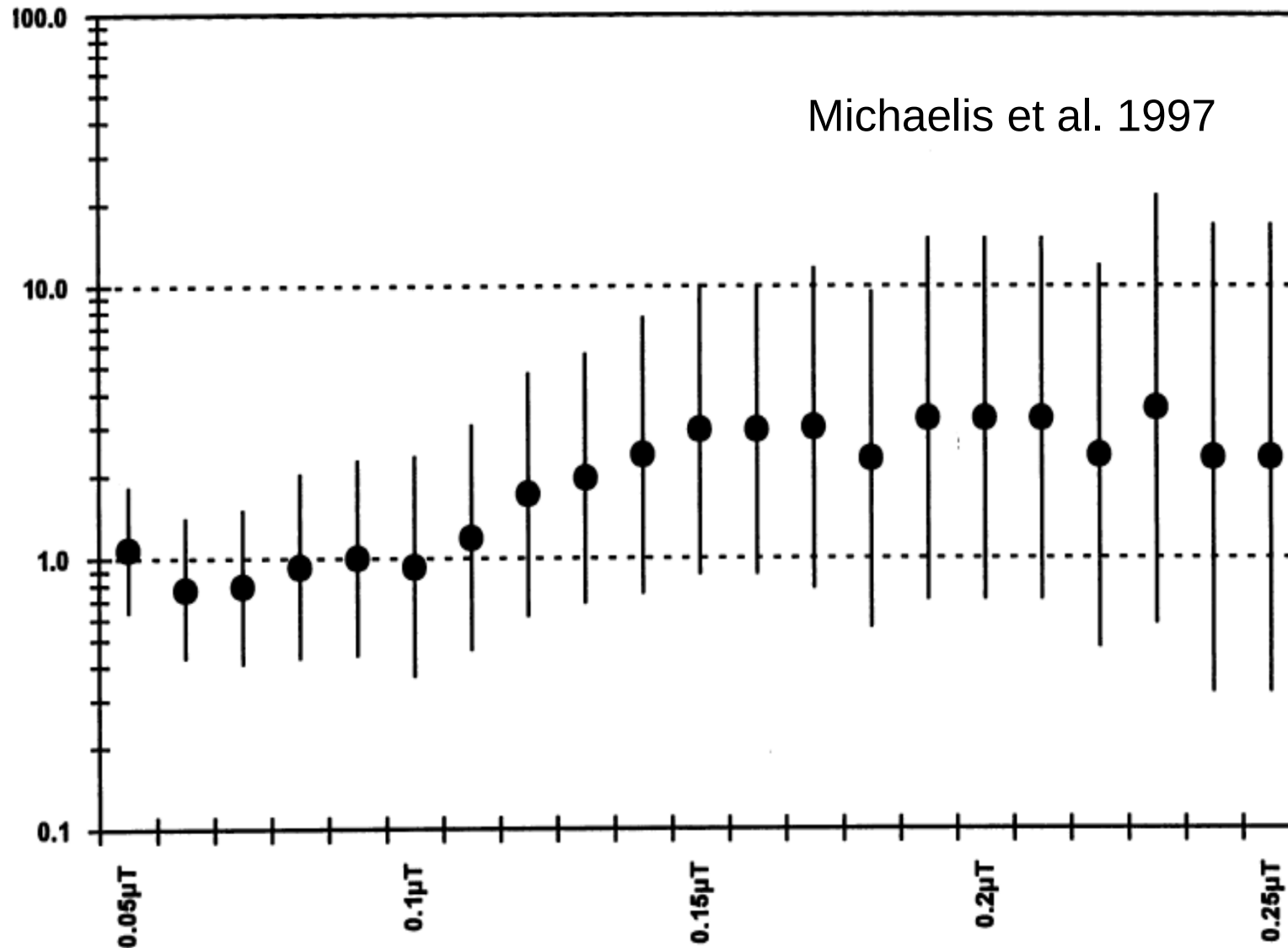
A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia [Ahlbom et al., 2000]

Table 3 Total leukaemia. Relative risks (95% CI) by exposure level and with exposure as continuous variable (RR per 0.2 μ T) with adjustment for age, sex, and SES (measurement studies) and East/West in Germany. Reference level: < 0.1 μ T. Observed (O) and expected (E) case numbers $\geq$ 0.4 μ T, with expected nos. given by modelling probability of membership of each exposure category based on distribution of controls including covariates.

Type of study	0.1–< 0.2 μ T	0.2–<0.4 μ T	$\geq$ 0.4 μ T	O	E	Continuous analysis
Measurement studies						
Canada	1.29 (0.84–1.99)	1.39 (0.78–2.48)	1.55 (0.65–3.68)	13	10.3	1.21 (0.96–1.52)
Germany	1.24 (0.58–2.64)	1.67 (0.48–5.83)	2.00 (0.26–15.17)	2	0.9	1.31 (0.76–2.26)
New Zealand	0.67 (0.20–2.20)	4 cases/0 ctrls	0 cases/0 ctrls	0	0	1.36 (0.40–4.61)
UK	0.84 (0.57–1.24)	0.98 (0.50–1.93)	1.00 (0.30–3.37)	4	4.4	0.93 (0.69–1.25)
USA	1.11 (0.81–1.53)	1.01 (0.65–1.57)	3.44 (1.24–9.54)	17	4.7	1.30 (1.01–1.67)
Calculated fields studies						
Denmark	2.68 (0.24–30.45)	0 cases/8 ctrls	2 cases/0 ctrls	2	0	1.50 (0.85–2.65)
Finland	0 cases/19 ctrls	4.11 (0.48–35.1)	6.21 (0.68–56.9)	1	0.2	1.15 (0.79–1.66)
Norway	1.75 (0.65–4.72)	1.06 (0.21–5.22)	0 cases/10 ctrls	0	2.7	0.78 (0.50–1.23)
Sweden	1.75 (0.48–6.37)	0.57 (0.07–4.65)	3.74 (1.23–11.37)	5	1.5	1.31 (0.98–1.73)
Summary						
Measurement studies	1.05 (0.86–1.28)	1.15 (0.85–1.54)	1.87 (1.10–3.18)	36	20.1	1.17 (1.02–1.34)
Calculated fields studies	1.58 (0.77–3.25)	0.79 (0.27–2.28)	2.13 (0.93–4.88)	8	4.4	1.11 (0.94–1.30)
All studies	1.08 (0.89–1.31)	1.11 (0.84–1.47)	2.00 (1.27–3.13)	44	24.2	1.15 (1.04–1.27)

Kindliche Leukämie

Bewegter Schnittpunkt 24h Exposition



Zunahme kindlicher Leukämie bei Elektrifizierung USA [Milham 2001]

- Ausgangspunkt: Zunahme der kindlichen Leukämien (2-4 jährige) in den USA in den letzten 80 Jahren
- Analyse der Leukämietodesfälle und Grad der Elektrifizierung für die Jahre 1928-1932 und 1949-1951 alle US-Staaten

Fehlgeburten in Kalifornien magnetische Wechselfelder 60 Hz [Li 2002]

- Fall-Kontroll-Studie [Lee 2002] und prospektive Kohortenstudie [Li 2002]
- Fehlgeburten in den ersten 20 SSW San Francisco
- 24-h Personendosimeter 60 Hz Wechselfelder
- 25.-Perzentil 1600 nT (75 % der Frauen)

Fehlgeburten in Kalifornien magnetische Wechselfelder 60 Hz [Li 2002]



- Ergebnisse repräsentativer Expositionsmessung
- Risiko für Fehlgeburt bei magnetischer Flussdichte >1600 nT (Maximalwert):
 - ersten 20 SSW: $RR = 2,9$ (95%-CI 1,6-5,3)
 - ersten 10 SSW: $RR = 5,7$ (95%-CI 2,1-15,7)
- 40 % aller Fehlgeburten waren mit Magnetfeldern >1600 nT assoziiert
- Bei grober Übertragung auf Österreich ca. 5800 Fehlgeburten pro Jahr

Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014



*Umwelthygienische Bewertung des Berichtes zur
Bestimmung der Feldstärken niederfrequenter magnetischer
Wechselfelder im Bereich der 110 kV Hochspannungsleitung im
Siedlungsbereich der Gemeinde Kottingbrunn
von Dr.-Ing. Dietrich Moldan vom 20.08.2014*

Auftraggeber:

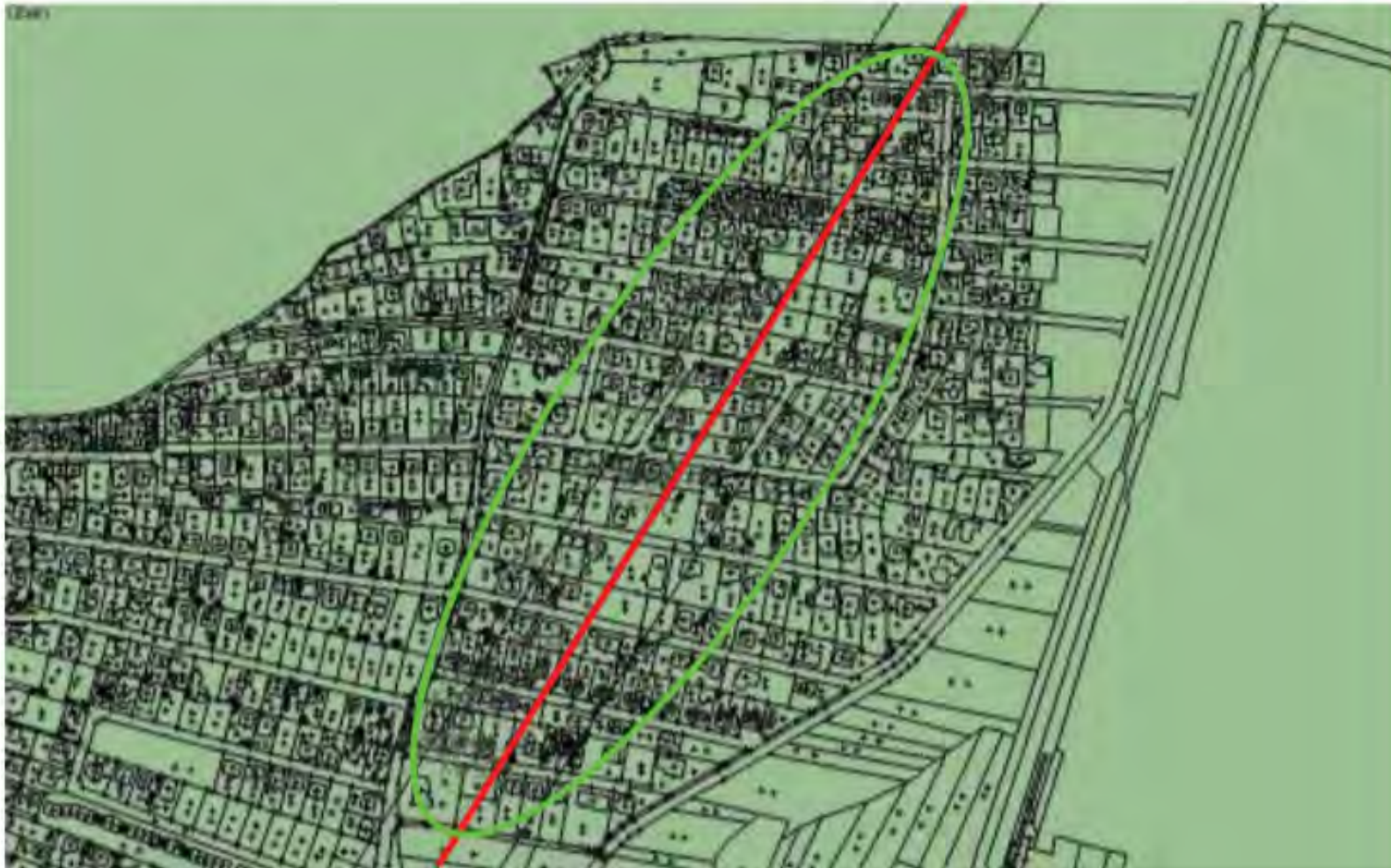
Bürgermeister und Gemeinderat Kottingbrunn
2542 Kottingbrunn

Auftragnehmer:

Ao. Univ. Prof. Dr. Michael Kundi
Assoz. Prof. DI. Dr. Hans-Peter Hutter
Institut für Umwelthygiene
Medizinische Universität Wien

Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014

Nordöstlicher Bereich

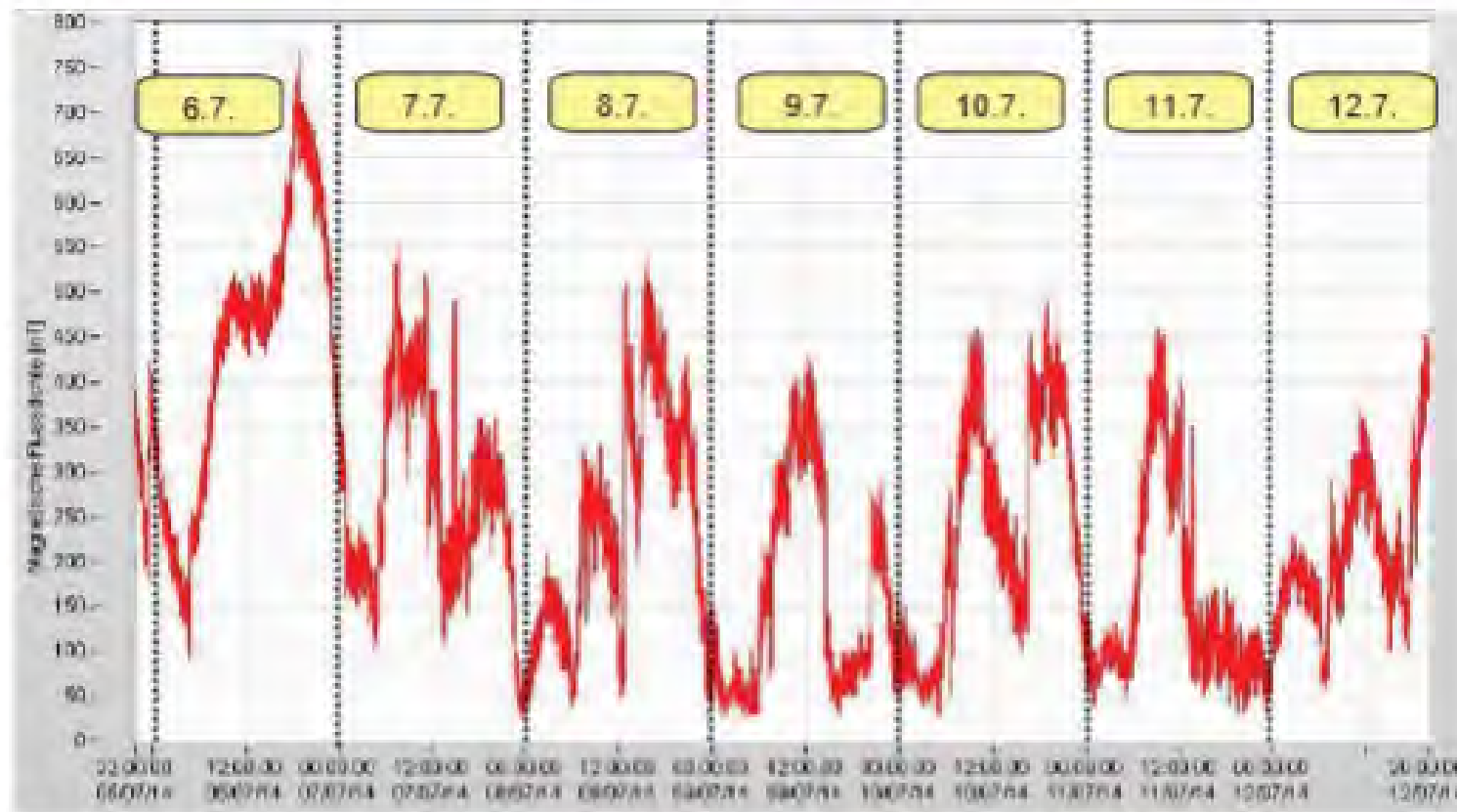


Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014



Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014

Der zeitliche Verlauf an Messpunkt 6 in der Trassenmitte während 7 Tagen vom 5. bis 12. Juli 2014 zeigt deutlich, dass während dieser Messdauer nachts mit etwa 50 nT die niedrigsten Werte waren, während tagsüber bis zu 750 nT (am Sonntag Abend) aufgetreten sind.
Zeitraum: 05.07. um 22 Uhr bis 12.07.14 um 20 Uhr.



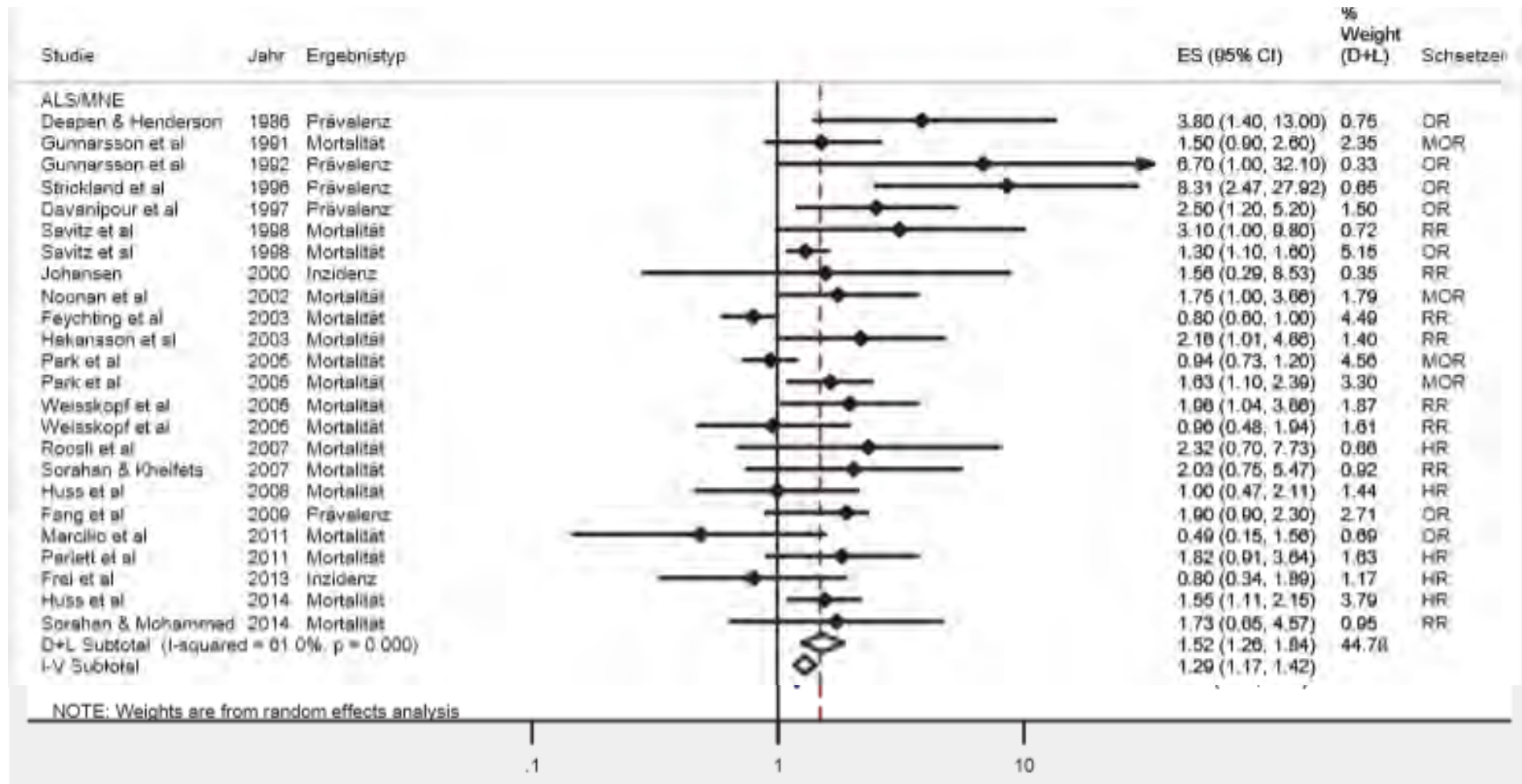
Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014

Ergebnis der Langzeitmessungen magnetischer Wechselfelder
vom 5. bis 12. Juli 2014:

Die Mittelwerte der Langzeitmessungen an den 63 Messorten überschritten 0,1 μT an 21 Punkten, 0,2 μT an 6 Punkten und 0,3 μT an einem Punkt. Die für die Neuerrichtung oder den Umbau von Hochspannungsleitungen zu berücksichtigenden Werte beim thermischen Grenzstrom überschritten an allen Messpunkten bis auf einen 1 μT , an 36 Messorten wurde ein Wert von 2 μT und an 16 Messorten ein Wert von 3 μT überschritten.

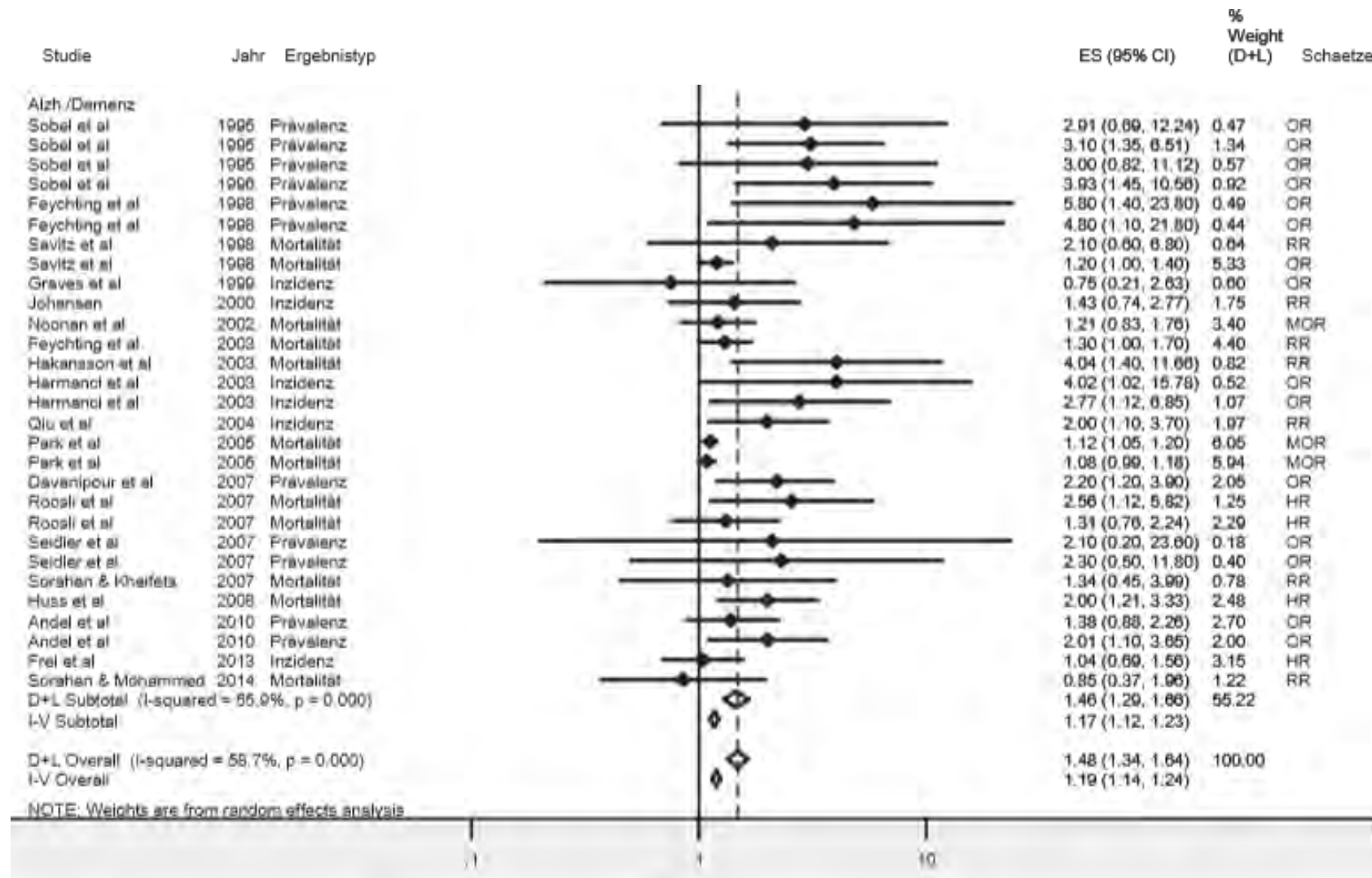
Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014

Effektschätzer für Amyotrophe Lateralsklerose und andere MND:



Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottlingbrunn, 20.8.2014

Effektschätzer für Alzheimer Demenz:



Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014

Tabelle 5: Zusammenfassung der Metaanalyse aller Untersuchungen zur Exposition gegenüber NF-EMF am Arbeitsplatz und im Wohnbereich aufgegliedert nach Erkrankung

Erkrankung	Modell	RR	95% Konf.interv.	p-Wert	I ²	Heterogenität p-Wert
ALS/MNE	D-L	1,52	1,26 – 1,84	<0,001	61,0%	<0,001
	F	1,29	1,17 – 1,42			
Alzheimer/Demenz	D-L	1,46	1,29 – 1,66	<0,001	55,9%	<0,001
	F	1,17	1,12 – 1,23			
RR...Schätzer des relativen Risikos, D-L...Schätzung nach DerSimonian-Laird, F...Schätzung nach Modell fixer Effekte, I ² ...Heterogenität in %, ALS...Amyotrophe Lateralsklerose, MNE...Motoneuronenerkrankung						

Tabelle 5 zeigt die Ergebnisse der Metaanalyse aller Studien im Überblick. Sowohl für Alzheimer/Demenz als auch für ALS/MNE ergab sich ein hoch-signifikant erhöhtes Risiko.

Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014

Bei der Betrachtung der Gesamtheit der vorliegenden Untersuchungen ergibt sich, dass trotz der unleugbaren methodischen Mängel und z.B. der Schwierigkeiten allein aufgrund von Angaben zum Beruf auf dem Totenschein oder ähnlicher Registerdaten die Exposition abzuschätzen, tatsächlich ein Zusammenhang zwischen Demenzerkrankungen und Motoneuronerkrankungen mit NF-EMF vorliegt. Die Vielzahl der Untersuchungen mit

Gutachten der Medizinischen Universität Wien zur 110 kV-Leitung in Kottingbrunn, 20.8.2014

Wenn wir vom Ergebnis der von uns durchgeführten Metaanalyse ausgehen, dann ist mit einer etwa 50%igen Erhöhung des Risikos für die Alzheimer Demenz zu rechnen, wenn eine langfristige Exposition gegenüber höheren Niveaus von NF-MF erfolgt. Obwohl die Daten

auszugehen ist. Bei einer jährlichen Inzidenz von 1% bei den über 65-jährigen Personen bedeutet eine 50%ige Erhöhung der Inzidenz, dass bei 100 exponierten Personen durchschnittlich alle 2 Jahre eine zusätzliche Erkrankung auftreten wird.

Aus ärztlicher Sicht sind daher Maßnahmen zu ergreifen, die sicherstellen, dass der Grenzwert der NISV eingehalten wird und durchschnittliche Flussdichten unter $0,1 \mu\text{T}$ bleiben.

California EMF-Program 2002 - Basisdaten



- **Programmtitel** „Evaluierung der möglichen Risiken durch elektrische und magnetische Felder bei Stromleitungen, Hausinstallationen, Elektroarbeitsplätzen und Elektrogeräten“
- **Auftraggeber** California Public Utilities Commission
- **Auftragnehmer** California Department of Health bzw. drei Wissenschaftler (Epidemiologen) des CDH
- **Programmleiter** Dr. Raymond Neutra MD
- **Fertigstellung** 2002

California EMF-Program - Bewertungsschema 2002



Einstufung der Ursächlichkeit in Prozent (0 bis 100 %)
mit Zuordnung zu vier verschiedenen Kategorien

Kategorie 1	definitiv
Kategorie 2A	wahrscheinlich (probable)
Kategorie 2B	möglich (possible)
Kategorie 3	nicht adäquat (inadequat)

California EMF-Program - Ergebnisse 2002

Gesundheitsendpunkt	Einstufung	
Leukämie beim Kind	2B bis 1	Möglich bis Definitiv
Leukämie beim Erwachsenen	2B bis 1	Möglich bis Definitiv
Hirntumor beim Erwachsenen	2B	Möglich
Fehlgeburt	2B	Möglich
Amyotrophe Lateralsklerose	2B	Möglich
Hirntumor beim Kind, Brustkrebs, Alzheimer, Selbstmord, plötzlicher Herztod	3	Inadequat

IARC-Einstufungen



International Agency for Research on Cancer (IARC)
Internationale Agentur für Krebsforschung
Lyon, Teil der WHO

Juni 2001: Niederfrequente magnetische Wechselfelder wurden aufgrund von epidemiologischen Studien über kindliche Leukämien als möglicherweise krebserregend für den Menschen eingestuft (Gruppe 2B)

Änderung der IARC-Einstufung angezeigt

Niederfrequente magnetische Wechselfelder (ELF MF)

IARC 2001:
möglicherweise (Gruppe 2B)



M. Kundi 2012:
Definitiv (Gruppe 1)

Kundi M. Evidence for childhood cancers (Leukemia). In: Sage C, Carpenter DO, Hrsg. The BioInitiative Report 2012. A Rationale for a Biologically-based Public Exposure Standard for Electromagnetic Fields (ELF and RF), 2012, <http://www.bioinitiative.org/>.

Evidence for Childhood Cancers (Leukemia)



SECTION 12

Evidence for Childhood Cancers (Leukemia)

2012 Supplement

(Replaces 2007 Chapter)

Prof. Michael Kundi, PhD med habil
Head: Institute of Environmental Health
Medical University of Vienna
Vienna, Austria

Evidence for Childhood Cancers (Leukemia)

Childhood leukemia is the most frequent childhood malignancy that peaks in the age group of 2 to about 5 years. This peak seems to have been newly evolved in the early quarter of the 20th century and may be due to electrification. This assumption is supported by the absence of this peak or it being much less pronounced in developing countries.

An overview of existing evidence from epidemiological studies indicates that there is a continuous increase of risk with increasing levels of average magnetic field exposure. Risk estimates reach statistical significance at levels of 3 to 4 mG. A low number of children are exposed at these or higher levels.

Evidence for Childhood Cancers (Leukemia)

I have pointed out (Kundi 2006) that under four conditions (temporal relation, association, environmental equivalence, and population equivalence) epidemiological evidence alone is sufficient to suggest disease causation. This is in line with the hazard assessment of IARC that specifies the default rule for assessing an agent as carcinogenic if there is sufficient evidence from epidemiological studies. Support from animal experiments or mechanistic studies is not necessary in these cases. Evidence from epidemiological studies is considered sufficient if a positive relationship has been observed between the exposure and cancer in studies in which chance, bias and confounding could be ruled out with reasonable confidence.

Evidence for Childhood Cancers (Leukemia)



Exposure guidelines of IEEE and ICNIRP are solely derived from immediate effects such as nerve and muscle excitations. These guidelines are indeed sufficient to protect from such acute effects (although indirect effects from contact currents cannot be ruled out). Evidence for long-term chronic effects has been collected in the past decades and has reached a state that it cannot longer be denied that these effects are real. Only under very exceptional and remote conditions of a combination of several unknown confounders, selection bias and differential exposure misclassification the established relationship could be spurious. These combinations must have been present all over the world. There is no other risk factor identified so far for which such unlikely conditions have been put forward to postpone or deny the necessity to take steps towards exposure reduction. As one step in the direction of precaution, measures should be implemented to guarantee that exposure due to transmission and distribution lines is below an average of about 1 mG. This value is arbitrary at present and only supported by the fact that in many studies this level has been chosen as a reference.

Evidence for Childhood Cancers (Leukemia)



For all these reasons it can be concluded that there is sufficient evidence from epidemiological studies of an increased risk from exposure to power frequency MF that cannot be attributed to chance, bias or confounding. Therefore, according to the rules of IARC such exposures can be classified as a group 1 carcinogen.

BioInitiative Report 2012



BioInitiative 2012

A Rationale for Biologically-based Exposure Standards for Low-Intensity Electromagnetic Radiation

BioInitiative Working Group 2012

BioInitiative Report 2012



There is little doubt that exposure to ELF causes childhood leukemia.

Children who have leukemia and are in recovery have poorer survival rates if their ELF exposure at home (or where they are recovering) is between 1mG and 2 mG in one study; over 3 mG in another study.

BioInitiative Report 2012



The evidence from studies on women in the workplace rather strongly suggests that ELF is a risk factor for breast cancer for women with long-term exposures of 10 mG and higher.

Given the very high lifetime risks for developing breast cancer, and the critical importance of prevention; ELF exposures should be reduced for all people who are in high ELF environments for prolonged periods of time.

Alzheimer's disease is a disease of the nervous system. There is strong evidence that long-term exposure to ELF is a risk factor for Alzheimer's disease.

BioInitiative Report 2012

BioInitiative: A Rationale for a Biologically-based Exposure Standard for Electromagnetic Radiation

Alzheimer's disease is a disease of the nervous system. There is strong evidence that long-term exposure to ELF is a risk factor for Alzheimer's disease.

Alzheimer ist eine Erkrankung des Nervensystems.

Es liegt eine starke Evidenz vor, dass die Langzeitexposition gegenüber Magnetfeldern ein Risikofaktor für Alzheimer ist.



BioInitiative Report 2007

BioInitiative: A Rationale for a Biologically-based Exposure Standard for Electromagnetic Radiation

- While new ELF limits are being developed and implemented, a reasonable approach would be a 1 mG planning limit for habitable space adjacent to all new or upgraded power lines and a 2 mG

... eine vernünftige Vorgangsweise wäre ein Planungsgrenzwert von 0,1 μT (100 nT) für Siedlungsräume bei allen neuen oder verstärkten Stromleitungen



Grenzwerte Arbeitsplätze Österreich

VEMF 2016

Die Auslösewerte für die Exposition von Gliedmaßen werden aus den Expositionsgrenzwerten für gesundheitliche Wirkungen interner elektrischer Felder in Bezug auf die elektrische Stimulation von Gliedmaßen gewebe abgeleitet, wobei berücksichtigt wird, dass das magnetische Feld weniger stark in die Gliedmaßen als in den gesamten Körper einkoppelt.

Frequenzbereich	Auslösewerte für die magnetische Flussdichte B (Kopf) (μT) (RMS)	Auslösewerte für die magnetische Flussdichte B (Rumpf) (μT) (RMS)	Auslösewerte für die magnetische Flussdichte B (Gliedmaßen) (μT) (RMS)
$1 \text{ Hz} \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^5 / f^2$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$8 \text{ Hz} \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 10^4 / f$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$25 \text{ Hz} \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^5$	$3,0 \times 10^5 / f$	$9,0 \times 10^5 / f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Tabelle B2 – Auslösewerte für elektrische Felder

$$50 \text{ Hz} = 1.000.000 \text{ nT}$$

$$50 \text{ Hz} = 6.000.000 \text{ nT}$$

Grenzwerte Bevölkerung 50 Hz

Deutschland – Summe aller Feldquellen	100.000 nT
Schweiz – Summe aller Feldquellen	100.000 nT
Schweiz – Anlagengrenzwert an Orten mit empfindlicher Nutzung für Hochspannungsleitungen, Transformatorstationen, Schaltanlagen	1.000 nT
Italien - Eingreifwert Hochspannungsleitungen	10.000 nT
Italien - neue Planungen Hochspannungsleitungen	3.000 nT
Niederlande - Empfehlung Gezondheidsraads für neue Stromleitungen in sensiblen Bereichen	400 nT

Anmerkung: In Österreich wurde bei einem UVP-Verfahren zu einer 380 kV-Freileitung ein Beurteilungswert von 1000 nT (für den Dauerstrom = 60% des thermischen Grenzstroms) ausjudiziert.

Richtwerte Bevölkerung 50 Hz



OVE-Richtlinie R 23-1: 2017 04 01	100.000 nT
TCO (Schweden) 30 cm zum Monitor	200 nT
NCRP (USA) Entwurf 1995	200 nT
BioInitiative Report 2007	100 nT (Mittelwert)
EUROPAEM EMF-Leitlinie 2016	100 nT (Mittelwert)
EUROPAEM EMF-Leitlinie 2016	1.000 nT (Maximum)

EUROPAEM EMF-Leitlinie 2016

Richtwerte

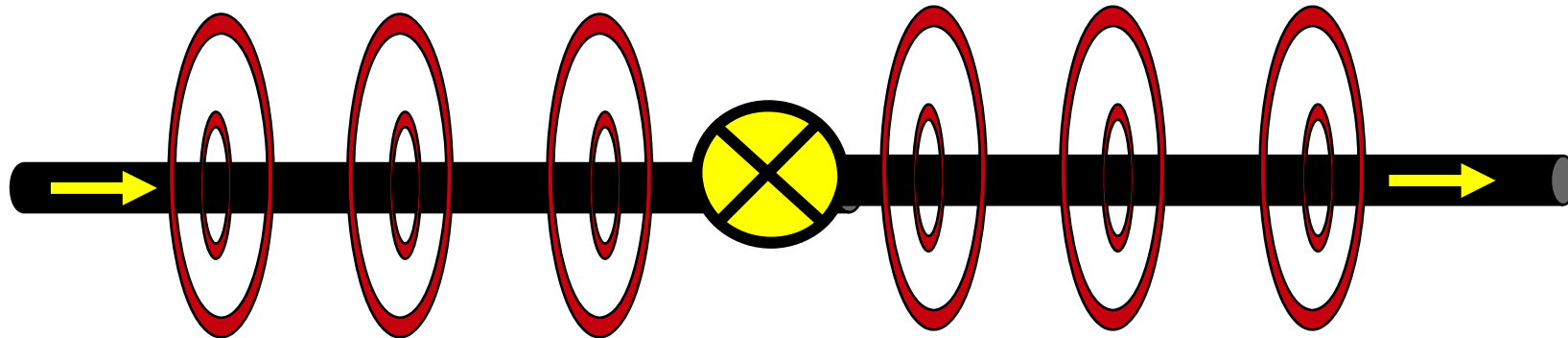
An Orten, wo sich Personen für längere Zeit aufhalten (> 4 Stunden pro Tag), soll die Exposition gegenüber niederfrequenten magnetischen Feldern (ELF MF) so weit wie möglich minimiert werden oder unterhalb der unten angegebenen Richtwerte liegen.

Tabelle 1: Richtwerte für niederfrequente magnetische Felder (ELF MF)

niederfrequente magnetische Felder (ELF MF)	Exposition am Tag	Exposition in der Nacht	empfindliche Personengruppen
arithmetisches Mittel (AVG)	100 nT (1 mG) ^{1), 2), 3)}	100 nT (1 mG) ^{1), 2), 3)}	30 nT (0,3 mG) ⁵⁾
Maximum (MAX)	1000 nT (10 mG) ^{2), 4)}	1000 nT (10 mG) ^{2), 4)}	300 nT (3 mG) ⁵⁾

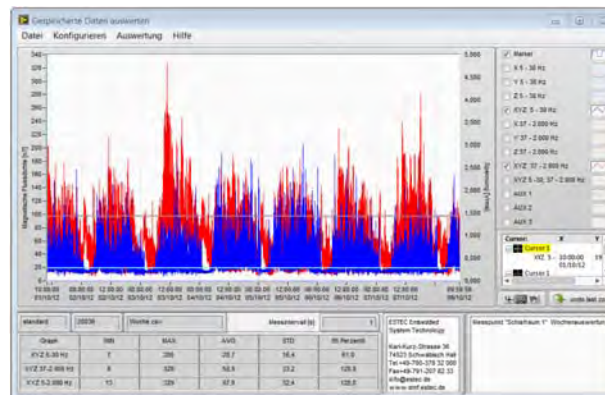
Auf der Grundlage von: ¹⁾ BioInitiative (9, 10); ²⁾ Oberfeld (262); ³⁾ Seletun Statement (40); ⁴⁾ NISV (264); ⁵⁾ Vorsorgeansatz beruht auf einem Faktor 3 (Feldstärke). Siehe auch IARC 2002 (30), Blank und Goodman (17) und TCO Development (265).

Magnetische Wechselfelder – Reduktionsmaßnahmen



- Expositionsabstand zur Feldquelle vergrößern
- Vermeidung von Ausgleichsströmen z.B. Brücken zwischen Neutralleiter und Erde entfernen!
- Kompensation nutzen
 - Hin- und Rückleiter eng und parallel führen mit identem Strom [A]!
 - Dreiphasenleiter mit identem Strom [A]!
- Abschirmen mit Mu-Metalle / Aluminium

Elektrosmog reduzieren Messungen



magnetische Felder z.B.
in Schlafbereichen
messen - am besten mit
Datenaufzeichnung



z.B. Differenzströme auf
Wasser-, Telefon-, Gas,
Daten-, Erdungsleitungen
messen (Amperemeter)
und beseitigen

Elektrosmog reduzieren „Blickdiagnose“

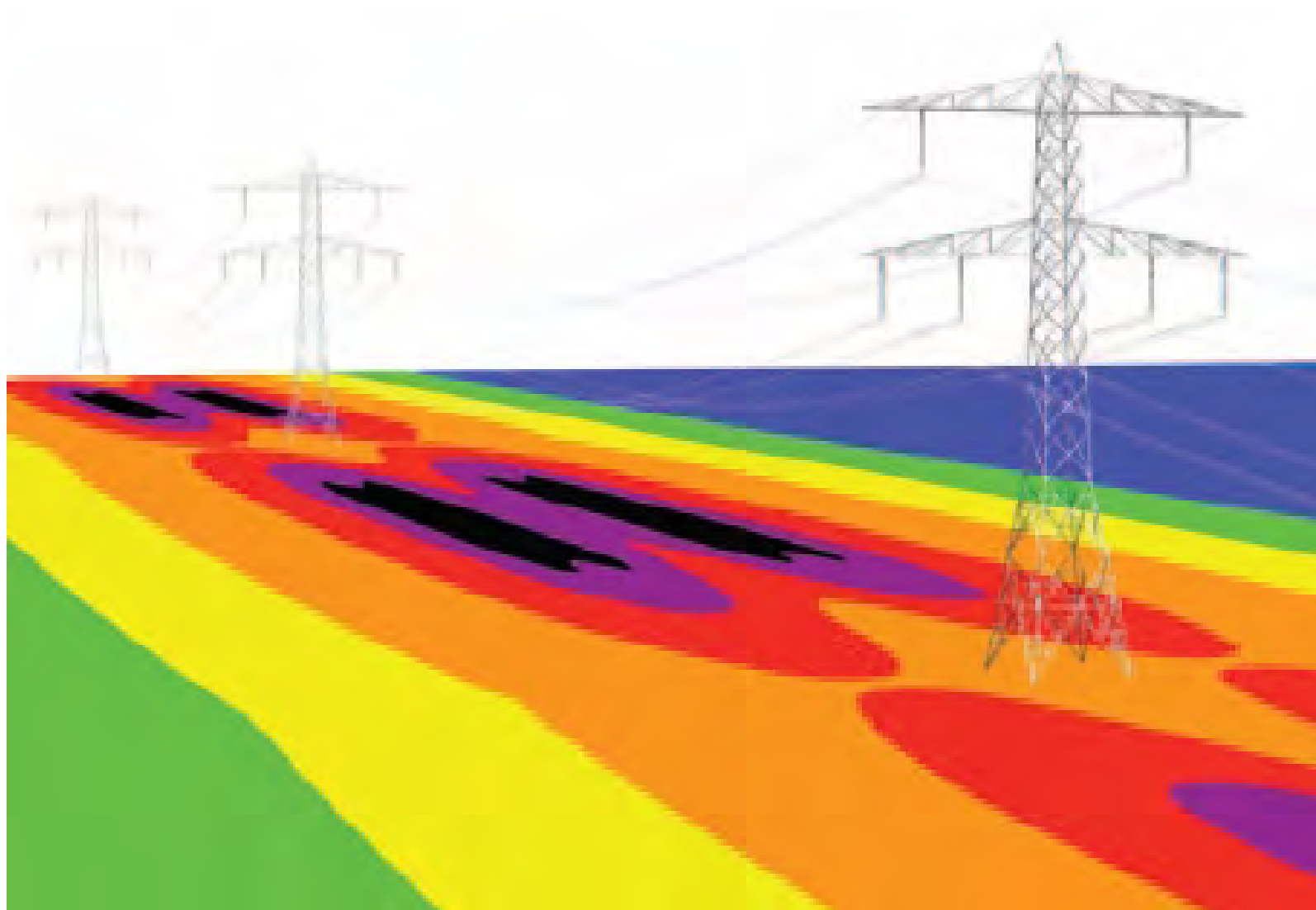


Radiowecker: starke
Magnetfelder (50 Hz)
vom 12 Volt Trafo



Batteriewecker mit Digital-
anzeige – auch Funkwecker =
nur Empfänger:
keine Magnetfelder

Magnetfeld und Abstand zur Leitungsachse



Magnetfeld und Abstand zur Leitungsachse



	1000 nT	100 nT
110 kV	33 m	110 m
220 kV	30 m	80 m
380 kV	70m	244 m

Beispiel für bestimmte 2-systemige Freileitungen
unter Dauerstrom (n-1) ~ 60% vom thermischen
Grenzstrom

380 kV Erdkabel



[Kabeltrommel 380kV Kabel bei der Verlegung 2004 in Wien]



[Gepölzter Schacht 380kV Kabel]

380 kV Erdkabel



Profil eines 400 kV XLPE – Kabels von ABB

Magnetfelder Freileitung-Kabel-GIL (jeweils 380 kV)

