

UVP-Verfahren  
Viergleisiger Ausbau der Westbahn  
Linz Hbf-Westseite inkl. LILO  
km 188.639 – km 190.890

Umweltmedizinisches Gutachten  
Teilbereich elektromagnetische Felder

Verfasser:

Dr. med. univ. Gerd Oberfeld

Auftraggeber:

Stadtgemeinde Leonding, Stadtplatz 1, 4060 Leonding  
Vertreten durch HASLINGER/NAGELE & PARTNER,  
RECHTSANWÄLTE GMBH, 1010 Wien, Mülkerbastei 5

Salzburg, 17. Mai 2012

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
1. Befund.....	3
1.1 Beauftragung und Fragestellung.....	3
1.2 Unterlagen .....	4
1.3 Zweck des Vorhabens .....	5
1.4 Vorgehensweise bei der umweltmedizinischen Beurteilung im Befundteil .	6
1.5 Herausarbeitung der Fragestellung.....	7
1.6 Immission- Bestand, Immission-Ausbau bei magnetischen Wechselfeldern	8
1.7 Darstellung der humanmedizinischen Begutachtung im Einreichprojekt (UVE) im Hinblick auf magnetische Wechselfelder .....	11
1.8 Darstellung der Zusammenfassenden Bewertung der Umweltauswirkungen im Hinblick auf magnetische Wechselfelder .....	16
1.9 Aktueller umweltmedizinischer Stand des Wissens bei magnetischen Wechselfeldern .....	19
1.10 Definition von Gesundheit und Wohlbefinden .....	52
2. Gutachten.....	55
3. Literaturverzeichnis .....	63

# **1. Befund**

## **1.1 Beauftragung und Fragestellung**

Der unterfertigte umweltmedizinische Sachverständige ist umweltmedizinischer Amtssachverständiger beim Amt der Salzburger Landesregierung, Referent für Umweltmedizin der Ärztekammer Salzburg und der Österreichischen Ärztekammer, Diplomverantwortlicher für den Spezialdiplomkurs Umweltmedizin der Österreichischen Ärztekammer, Mitglied der Arbeitsgruppe Elektromagnetische Felder beim Bundesministerium für Gesundheit und Mitglied der EMF Stakeholder Dialogue Group der Europäischen Kommission – Generaldirektion Öffentliche Gesundheit und wurde am 19. April 2012 von der Stadtgemeinde Leonding, Stadtplatz 1, 4060 Leonding, vertreten durch HASLINGER/NAGELE & PARTNER, RECHTSANWÄLTE GMBH, 1010 Wien, Mülkerbastei 5, mit der Erstellung eines umweltmedizinisches Fachgutachtens zur Frage der Auswirkungen elektromagnetischer Felder des Vorhabens der ÖBB „Viergleisiger Ausbau der Westbahn Linz Hbf-Westseite inklusive Linzer Lokalbahn (LILO) (km 188.639 – km 190.890) auf die Stadtgemeinde Leonding im Hinblick auf eine Gesundheitsgefährdung betraut.

## 1.2 Unterlagen

Im Folgenden wurden neben den im Literaturverzeichnis angeführten Dokumenten nachfolgende Dokumente für die Beurteilung herangezogen:

- U1. ÖBB Infrastruktur, Strecke WIEN- SALZBURG, Viergleisiger Ausbau der Westbahn, Linz Hbf-Westseite inkl. LILO, EINREICHPROJEKT 2011, km 188.639 – km 190.890, UMWELTVERTRÄGLICHKEITSERKLÄRUNG, Verfasser: Dipl.-Ing. Wilfried Pistecky, 11.11.2011
- U2. ÖBB Infrastruktur, Strecke WIEN- SALZBURG, Viergleisiger Ausbau der Westbahn, Linz Hbf-Westseite inkl. LILO, EINREICHPROJEKT 2011, km 188.639 – km 190.890, HUMANMEDIZIN, Verfasser: Univ.-Prof. Dr. med. Christian Vutuc, 11.11.2011
- U3. ÖBB Infrastruktur, Strecke WIEN- SALZBURG, Viergleisiger Ausbau der Westbahn, Linz Hbf-Westseite inkl. LILO, EINREICHPROJEKT 2011, km 188.639 – km 190.890, Elektromagnetische Felder, Verfasser: TU Graz, Institut für elektrische Anlagen, 11.11.2011
- U4. Umweltverträglichkeitsprüfung Umbau Linz Hbf. Westseite einschließlich Linzer Lokalbahn km 188,643 – km 190,846. Zusammenfassende Bewertung der Umweltauswirkungen gemäß § 24d UVP-G 2000 idgF. Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Gruppe Schiene, Abteilung IV/Sch 2, Radetzkystraße 2, A - 1030 Wien. Verfasser: Dipl.-Ing. Oliver Rathschüler, Liechtensteinstraße 63, A - 1090 Wien. Wien, 07.05.2012.

## 1.3 Zweck des Vorhabens

Der Umbau des Westkopfs des Hauptbahnhofs Linz (Richtung Salzburg) dient der Einbindung der künftig viergleisigen Westbahn (HL-Strecken 1 und 2) in den Linzer Hauptbahnhof mit folgenden Rahmenbedingungen:

- Durchbindung der viergleisigen Westbahn zwischen dem Hbf. Linz und der bestehenden Überleitstelle Jetzing;
- Anpassung des Weichenkopfs West des Hbf. Linz an den viergleisigen Ausbau der Westbahn;
- Definitivlage der Linzer Lokalbahn im Bereich Linz Hbf. Westseite;
- Neuerrichtung der Haltestelle Untergaumberg der Linzer Lokalbahn.

## **1.4 Vorgehensweise bei der umweltmedizinischen Beurteilung im Befundteil**

1. Herausarbeitung der Fragestellung
2. Darstellung der Immissionen beim Bestand und der Immissionen beim Ausbau im Hinblick auf magnetische Wechselfelder bei den am stärksten betroffenen Anrainern der Stadtgemeinde Leonding
3. Darstellung der humanmedizinischen Begutachtung im Einreichprojekt (UVE) im Hinblick auf magnetische Wechselfelder
4. Darstellung der Zusammenfassenden Bewertung der Umweltauswirkungen im Hinblick auf magnetische Wechselfelder
5. Darstellung des aktuellen umweltmedizinischen Standes des Wissens im Hinblick auf magnetische Wechselfelder

## 1.5 Herausarbeitung der Fragestellung

Bedingt durch den elektrischen Betrieb der bestehenden Bahnstrecke bzw. deren Ausbau ergeben sich elektrische und magnetische Felder im Frequenzbereich von  $16 \frac{2}{3}$  Hz (kurz 16,7 Hz). Die physikalischen Eigenschaften der beiden Feldarten sind stark unterschiedlich. Elektrische Wechselfelder werden durch die Gebäudehülle sehr stark geschirmt. Hingegen durchdringen magnetische Felder Baumaterialien im Wesentlichen ungehindert. Die umweltmedizinische Datenlage ist im Hinblick auf Langzeitwirkungen bei magnetischen Wechselfeldern sehr gut, bei elektrischen Wechselfeldern bisher eher mäßig. Aus diesen Gründen erfolgt die nachfolgende umweltmedizinische Beurteilung im Hinblick auf die vom Vorhaben ausgehenden magnetischen Wechselfelder bzw. Ersatzflussdichten.

## **1.6 Immission- Bestand, Immission-Ausbau bei magnetischen Wechselfeldern**

Der Fachbeitrag „Elektromagnetische Felder“ des Einreichprojektes [U3] hat basierend auf den lokalen Gegebenheiten und den bestehenden und erwarteten Bahnströmen und Kompensationsleiterströmen für 11 verschiedene typische Querprofile die magnetischen Flussdichten (für den thermischen Strom, maximalen Laststrom, 24-h-Mittelwert des Stroms) ermittelt. Die Höhe des Stromes (Einheit Ampere [A]) geht dabei linear in die Höhe des magnetischen Wechselfeldes (Einheit Ampere/Meter [A/m]) bzw. der daraus abgeleiteten magnetischen Flussdichte (Einheit Tesla [T]) ein.

Der Fachbeitrag „Elektromagnetische Felder“ des Einreichprojektes [U3] hat für 130 Objekte (Wohn- und Betriebsgebäude) im Nahbereich des Vorhabens die Immissionen für elektrische und magnetische Wechselfelder unterschieden nach Bestand und Ausbau berechnet. Die gegenständliche umweltmedizinische Beurteilung beschränkt sich auftragsgemäß auf das Gebiet der Stadtgemeinde Leonding, das über eine Länge von rund 486 m am westlichen Ende des Vorhabens betroffen ist. Von den berechneten 130 Objekten liegen 32 Objekte (davon 31 Wohnobjekte) in der Stadtgemeinde Leonding.

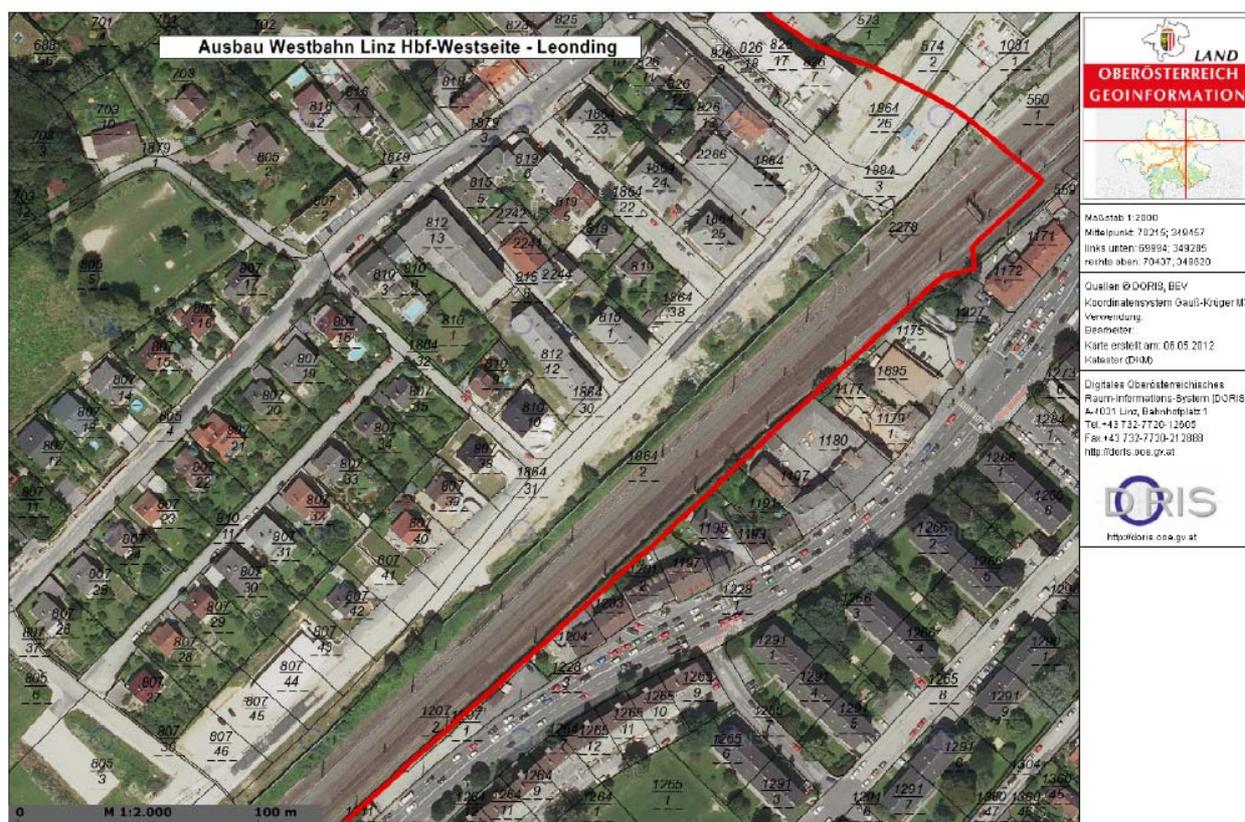


Abbildung 1: Orthofoto mit Katasterdaten: Ausbau Westbahn Linz Hbf-Westseite  
Der Bereich des Stadtgebietes von Leonding befindet sich nordwestlich der roten Linie.

Objekt-Nr.	Grundstücks-Nr.	Objekt-bezeichnung	Magnetische Flussdichten in $\mu\text{T}$						Querprofil
			Max. therm. Strom		Max. Laststrom		24-h-Mittelwert		
			B	A	B	A	B	A	
39	826/7	Wohngeb.	3,4	4,5	1,2	2,6	0,4	0,8	5a
40	1864/17	Techn. Werkst.	6,7	12,7	2,4	7,2	0,9	2,2	6a
41	2266	Wohngeb.	3,1	4,1	1,1	2,3	0,4	0,7	6a
42	628/11	Wohngeb.	1,8	1,8	0,5	1,0	0,2	0,3	6a
43	628/12	Wohngeb.	1,9	2,2	0,6	1,2	0,2	0,4	6a
44	628/13	Wohngeb.	2,4	2,9	0,8	1,7	0,3	0,5	6a
45	1864/25	Wohngeb.	7,3	13,5	2,6	7,7	1,0	2,3	6a
46	1864/24	Wohngeb.	2,8	3,6	1,0	2,0	0,4	0,6	6a
47	1864/23	Wohngeb.	1,7	1,9	0,6	1,1	0,2	0,3	6a
48	819/7	Wohngeb.	4,0	5,8	1,4	3,3	0,5	1,0	6a
49	819/1	Wohngeb.	2,7	3,4	0,9	1,9	0,3	0,6	6a

Objekt-Nr.	Grundstücks-Nr.	Objekt-bezeichnung	Magnetische Flussdichten in $\mu\text{T}$						Querprofil
			Max. therm. Strom		Max. Laststrom		24-h-Mittelwert		
			B	A	B	A	B	A	
50	819/5	Wohngeb.	2,0	2,3	0,7	1,3	0,3	0,4	6a
<b>51</b>	<b>815/1</b>	<b>Wohngeb.</b>	<b>8,7</b>	<b>20,8</b>	<b>3,1</b>	<b>11,8</b>	<b>1,2</b>	<b>3,6</b>	<b>6a</b>
52	2244	Wohngeb.	2,4	3,0	0,8	1,7	0,3	0,5	6a
53	2241	Wohngeb.	2,1	2,4	0,7	1,4	0,3	0,4	6a
54	1864/30	Wohngeb.	8,7	19,2	3,1	10,9	1,2	3,3	6a
55	812/12	Wohngeb.	4,0	5,8	1,4	3,3	0,5	1,0	6a
56	812/13	Wohngeb.	1,8	2,1	0,6	1,2	0,2	0,4	6a
57	810/10	Wohngeb.	6,3	12,0	2,2	6,8	0,8	2,1	6a
58	810/9	Wohngeb.	3,2	4,3	1,1	2,5	0,4	0,7	6a
59	807/38	Wohngeb.	5,4	9,2	1,9	5,2	0,7	1,6	6a
60	807/39	Wohngeb.	5,6	10,1	2,0	5,7	0,7	1,7	6a
61	807/40	Wohngeb.	6,0	10,7	2,1	6,1	0,8	1,8	6a
62	807/42	Wohngeb.	6,7	12,7	2,4	7,2	0,9	2,2	6a
63	807/35	Wohngeb.	2,2	2,6	0,8	1,5	0,3	0,4	6a
64	807/34	Wohngeb.	2,2	2,7	0,8	1,5	0,3	0,5	6a
65	807/33	Wohngeb.	2,3	2,8	0,8	1,6	0,3	0,5	6a
66	807/32	Wohngeb.	2,4	3,0	0,8	1,7	0,3	0,5	6a
67	807/31	Wohngeb.	2,6	3,3	0,9	1,8	0,3	0,6	6a
68	807/30	Wohngeb.	2,6	3,3	0,9	1,8	0,3	0,6	6a
69	807/29	Wohngeb.	2,5	3,2	0,9	1,8	0,3	0,5	6a
70	807/28	Wohngeb.	2,5	3,1	0,9	1,8	0,3	0,5	6a
71	807/27	Wohngeb.	2,9	3,8	1,0	2,1	0,4	0,6	6a

Tabelle 1: Immissionen durch magnetische Wechselfelder für den Bestand (B) und den Ausbau (A) im Bereich der Stadtgemeinde Leonding (45306 KG Leonding)

Die obenstehende Tabelle wurde aus Daten des Einreichprojektes „Fachbeitrag Elektromagnetische Felder“ [U3] zusammengestellt. Sie zeigt, dass die höchsten Immissionen durch magnetische Wechselfelder, angegeben als magnetische Flussdichten beim Objekt Nr. 51, Grundstücksnummer 815/1, 45306 KG Leonding (Wohngebäude, Klimtstraße 10, 4060 Leonding), sowohl für den Bestand als auch für den Ausbau ermittelt wurden. **Für den 24-h-Mittelwert ergeben sich für den Bestand Immissionen von 1,2  $\mu\text{T}$  bzw. für den Ausbau von 3,6  $\mu\text{T}$ .**

## **1.7 Darstellung der humanmedizinischen Begutachtung im Einreichprojekt (UVE) im Hinblick auf magnetische Wechselfelder**

Der Fachbeitrag Humanmedizin [U2] behandelt auf den Seiten 43 bis 48 den Bereich elektromagnetische Felder.

Die medizinische Beurteilung betrachtet die maximalen Expositionen (für den thermischen Grenzstrom und den 24-h-Mittelwert) der magnetischen Flussdichten im Nahbereich des Vorhabens und beurteilt diese nach der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850. Sie zieht für die Beurteilung den entsprechenden Wert für die Frequenz 16 2/3 Hz von 300 µT heran. Im Folgenden wird die medizinische Begründung des Gutachtens [U2] für die Heranziehung dieses Wertes wörtlich aus dem Gutachten [U2] angeführt.

[U2] Seite 44 ff:

*„Der gesicherte Wissensstand der medizinischen Forschung über elektromagnetische Wechselfelder (und Gleichfelder) findet seinen Niederschlag in Richtlinien über Grenzwerte; in einigen Ländern in Form eines Gesetzes oder - wie in Österreich - in Form einer Empfehlung - Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 [5]. Nach heutigem Kenntnisstand sind eine Gefährdung der Gesundheit und eine Störung des Wohlbefindens bei der Einhaltung dieser Grenzwerte nicht zu erwarten.*

### **6.2.1 Grenz- und Richtwerte**

*In Österreich gibt es noch kein gesetzlich verbindliches Regelwerk zum Schutz vor nicht-ionisierenden elektromagnetischen Feldern. Für die Beurteilung werden die Grenzwerte herangezogen, die in der österreichischen Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 (2006) festgelegt sind und dem Stand der Technik entsprechen [5].*

*Der Empfehlungswert = Grenzwert für zulässige Expositionen der Allgemeinbevölkerung für zeitlich unbegrenzten Aufenthalt für die magnetische Flussdichte [T] der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 entspricht mit 100  $\mu$ T (elektrische Feldstärke 5 kV/m) den Richtlinien der ICNIRP [6] und der EU (Ratsempfehlung, 1999/519/EG) (Tabelle 6-1). Der Grenzwert für zeitlich begrenzten Aufenthalt wurde abgeschafft.*

*Für Berufstätige, für die der Umgang mit EMF zur Berufstätigkeit gehört, ist ein Wert von 500  $\mu$ T (elektrische Feldstärke 10 kV/m) vorgesehen.*

*Die Schweiz hat darüber hinaus in ihrer Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV vom Dezember 1999, Verordnung 815.710) auch einen Anlagegrenzwert - vorsorgliche Emissionsbegrenzung für die von einer Anlage allein erzeugte Strahlung - festgeschrieben [7]. Dieser Anlagengrenzwert von 1  $\mu$ T gilt für Neuanlagen und soll an Orten mit empfindlicher Nutzung eine vorsorgliche Verminderung der Langzeitbelastung sicherstellen (ist ein Vorsorgewert, um auch hypothetische - wissenschaftlich nicht bewiesene - Risiken abzudecken).*

*Die Schweizer Verordnung über Anlagegrenzwerte ist derzeit weltweit die strengste vorsorgliche Emissionsbegrenzung mit gesetzlich festgelegter Umsetzung.*

*In Italien wurde 2003 für Hochspannungsleitungen (Neuanlagen) zum vorbeugenden Schutz von Kindern ein eigener Grenzwert von 10  $\mu$ T bei einer Aufenthaltsdauer von mehr als 4 Stunden und ein Zielwert von 3  $\mu$ T als 24 h-Mittel gesetzlich verankert.*

*In Tabelle 6-1 sind ausgewählte internationale und nationale Grenzwerte zum Schutz der Allgemeinbevölkerung für unbegrenzte Expositionsdauer und für zeitlich begrenzte Expositionsdauer zum Schutz beruflich exponierter Personen dargestellt.*

Land/Organisation (Verbindlichkeit, Jahr)	Elektrische Felder [E] kV/m	Magnetische Flußdichte [B] $\mu$ T
Österreich (ÖVE/ÖNORM E 8850)	5 (Dauerexposition)	100 (Dauerexposition)
	10 (EMF-Berufe)	500 (EMF-Berufe)
	10 (Bahnstrom, 16,7 Hz)	300 ( Bahnstrom, 16,7 Hz)
Deutschland (Gesetz, 1996)	5	100
Schweden (Empfehlung, 2003)	5	100
Finnland (Empfehlung, 2002)	5	100
	15 (zeitlich begrenzt)	500 (zeitlich begrenzt)
Polen (Gesetz, 2001)	5	20
	1 (Wohnungen, Krankenhaus, Schulen)	
Schweiz (Gesetz, 1999)	5	100
		1 (24h-Mittel für Einzelanlage) <sup>a</sup>
Italien (Gesetz, 1992 und 2003 <sup>b</sup> )	5	100
		10 (Kinder >4h) <sup>b</sup>
		3 (Kinder 24h) <sup>c</sup>
WHO (Empfehlung, 1998)	5	100
EU (Ratsempfehlung, 1999/519/EG)	5	100

<sup>a</sup> Grenzwert für Wohnungen, Schulen und Krankenhäuser für den Eintrag einer einzelnen Feldquelle (Anlagengrenzwert für Neuanlagen);

<sup>b</sup> Grenzwert für Hochspannungsleitungen für Kinder bei Aufenthalt von über 4 Stunden;

<sup>c</sup> Zielwert für Hochspannungsleitungen für Kinder, 24 h-Mittel.

Tabelle 6-1: Nationale und internationale Grenzwerte für elektrische [E] und magnetische [B] Felder (Frequenz 50 Hz bzw.. 16,7 Hz für den Bahnstrom).

*Die in verschiedenen Ländern bzw.. von Organisationen empfohlenen und gesetzlich verankerten Grenzwerte stimmen bezüglich der Dauerexposition überein. Schweden hat die ICNIRP Empfehlung übernommen, weist aber darauf hin, dass Maßnahmen zur Verringerung der Exposition umgesetzt werden sollen, wenn es wirtschaftlich vertretbar ist. Vor allem bei neuen Installationen soll bereits bei der Planung auf eine Begrenzung der Expositionen geachtet werden.*

*In der Schweiz ist auch ein Grenzwert für den Eintrag einer einzelnen ortsfesten Feldquelle (einschließlich der elektrischen Hausinstallation) gesetzlich vorgegeben. In Österreich gibt es diesbezüglich keine Empfehlung.*

*Die Gesetze in der Schweiz und Italien enthalten für Neuanlagen mit den Anlagegrenzwerten als Vorsorgewerte eine Regelung, die über die österreichischen Empfehlungen sowie der anderen Staaten und von Organisationen hinausgehen.*

*Im Freiland kommt es an Querungen von Hochspannungsleitungen zu deutlich höheren magnetischen Flussdichten. Bei kurzzeitigen Einwirkungen magnetischer Felder sind nach derzeitigem Wissensstand mögliche Beeinflussungen technischer Geräte von Interesse, die dem Schutz der Träger dienen. Im Vordergrund stehen Personen mit Herzschrittmachern. Bei Herzschrittmachern älterer Bauart sind theoretisch Beeinflussungen der Funktion bei Magnetfeldern über 20  $\mu\text{T}$  vorstellbar, bis zu 100  $\mu\text{T}$  eher unwahrscheinlich [8]. Als Richtwert können daher 100  $\mu\text{T}$  herangezogen werden.“*

**[U2] Seite 47 ff:**

6.5 Literatur

- [1] Silny J.: Nichtionisierende elektromagnetische Felder. In: Wichmann H.E, H.W. Schlipkötter G. Fülgraff: Handbuch der Umweltmedizin. Bd. III, Ecomed, 1993/94, VII-2.1, 21. Erg.3/01
- [2] Schütz J., J. Michaelis: Nichtionisierende elektromagnetische Felder - Epidemiologie. In: Wichmann H.E, H.W. Schlipkötter G. Fülgraff: Handbuch der Umweltmedizin. Bd. III, Ecomed, 1993/94, VII-2.1.1, 21. Erg.3/01
- [3] Bundesministerium für Gesundheit und Konsumentenschutz: Studie dokumentierter Forschungsergebnisse über die Wirkung elektromagnetischer Felder. Teil 1: Niederfrequente elektrische und magnetische Felder, Wien 1996
- [4] EU Ratsempfehlung (1999/519/EG - Council Recommendation on the Limitation of Exposure of the General Public to Electromagnetic Fields - 0 Hz to 3000 GHz).

[5] *Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850: Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz - Beschränkung der Exposition von Personen.*

2006

[6] *ICNIRP: Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields, 1998*

[7] *Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV). Erläuternder Bericht, 1999; siehe auch BUWAL Unterlagen in [www.elektrosmog-schweiz](http://www.elektrosmog-schweiz)*

[8] *Strahlenschutzkommission: Elektrische und magnetische Felder im Alltag. Empfehlungen der Strahlenschutzkommission. Bundesanzeiger Nr. 144 vom 6. August 1991, Band 24*

## 1.8 Darstellung der Zusammenfassenden Bewertung der Umweltauswirkungen im Hinblick auf magnetische Wechselfelder

Das humanmedizinische Gutachten im Rahmen der zusammenfassenden Bewertung der Umweltauswirkungen wurde von Univ.-Prof. Dr. Manfred Neuberger erstellt [U4].

Im Folgenden werden die den Bereich elektromagnetische Felder berührenden Aussagen angeführt.

[U4] Seite 41 ff:

FRAGE 3

*Wie werden die zur Beurteilung der verbleibenden Auswirkungen des Vorhabens vorgelegten Unterlagen im Hinblick auf den Stand der Technik und der sonst in Betracht kommenden Wissenschaften bewertet? Ist eine Ergänzung der fachlichen Aussagen zu den Auswirkungen des Vorhabens erforderlich?*

Befund - Sachverhalt:

.....

*Die Grenzwerte der ÖNORM E 8850 für elektromagnetische Felder werden nur bei einem unbewohnten Objekt (Nr. 107, im Abstand von nur 3,4 m vom Gleis 505) überschritten. Schon auf Grund des Bauverbotes bis 12 m Entfernung von der Bahn sollten keine Ausnahmen für eine Wohnnutzung durch Familien mit Kindern in Bereichen erhöhter EMF-Belastung existieren. Mit Ausnahme des Objekts Nr. 107 werden die von der WHO und EU empfohlenen Grenzwerte unterschritten und mit Ausnahme der Wohnobjekte Nr. 35 und Nr. 91 auch die strengeren polnischen Grenzwerte.*

Gutachten - Schlussfolgerungen:

[Anmerkung des gefertigten Gutachters: Der Bereich Elektromagnetische Felder wird hier nicht erwähnt bzw. beurteilt].

FRAGE 4

Werden die Genehmigungskriterien des § 24f UVP-G sowie die im Rahmen des nach § 24 Abs. 1 durchzuführenden Genehmigungsverfahren anzuwendenden Verwaltungsvorschriften aus fachlicher Sicht eingehalten?

4a 1 Werden Immissionen vermieden, die das Leben oder die Gesundheit von Menschen gefährden? [§ 24f Abs. 1 Z 2 lit. a UVP-G]

4a 2 Werden Immissionen vermieden, die zu einer unzumutbaren Belästigung der NachbarInnen führen? [§ 24f Abs. 1 Z 2 lit. c UVP-G, § 77 GewO]

4a 3 Werden Immissionen vermieden, die erhebliche Belastungen der Umwelt durch nachhaltige Einwirkungen verursachen, jedenfalls solche, die geeignet sind, den Boden, die Luft, den Pflanzen- oder Tierbestand oder den Zustand der Gewässer bleibend zu schädigen?

4a 4 Ist das Vorhaben (oder Teile davon) in einem Gebiet geplant, in dem bereits eine Überschreitung eines Grenzwerts vorliegt oder durch die Genehmigung zu erwarten ist?

Falls ja: 1. Leisten die Emissionen des Vorhabens keinen relevanten Beitrag zur Immissionsbelastung?

2. Wird der zusätzliche Betrag durch emissionsbegrenzende Auflagen im technisch Möglichen und wirtschaftlich zumutbaren Ausmaß beschränkt und werden die zusätzlichen Emissionen erforderlichenfalls durch Maßnahmen zur Senkung der Immissionsbelastung, insbesondere auf Grund eines Programms oder eines Maßnahmenkatalogs ausreichend kompensiert, so dass in einem realistischen Szenario langfristig keine weiteren Grenzüberschreitungen anzunehmen sind, sobald diese Maßnahmen wirksam geworden sind?

Werden andernfalls Immissions-/Depositionsgrenzwerte zum langfristigen Schutz der menschlichen Gesundheit eingehalten?

Befund - Sachverhalt:

Elektromagnetische Felder: Der elektrotechnische UVP-SV stellte fest, dass feldmindernde Maßnahmen entsprechend dem Stand der Technik geplant wurden und damit sichergestellt

*ist, dass elektromagnetische Felder durch die geplanten Ausbaumaßnahmen nur sehr gering zunehmen.*

*Dadurch kommt es in den allgemein zugänglichen Bereichen, wo eine dauerhafte Exposition von Personen möglich ist, weder hinsichtlich der magnetischen Ersatzflussdichte noch hinsichtlich der elektrischen Felder zu einer Überschreitung der Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung (für zeitlich unbegrenzten Aufenthalt gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850, Ausgabe: 2006-02-01). Die Grenzwerte 5 kV/m und 100 µT bei 50 Hz bzw. 10 kV/m und 300 µT bei 16⅔ Hz und entsprechen auch den aktuellen Empfehlungen der WHO und der EU. Lediglich das leerstehende Gebäude 107 wird mit 570 µT im 24-Std.-Mittel von einer höheren Magnetfeldbelastung betroffen sein. Von den für Wohnzwecke genutzten Gebäuden wird die relativ höchste Zunahme der Magnetfeldbelastung beim Objekt Nr. 35 erwartet (von 6,4 auf 25,7 µT), während sie in anderen Gebäuden abnimmt (z.B. im Objekt Nr. 73 von 27,4 auf 4,2 µT) oder nur leicht zunimmt (z.B. im Objekt Nr. 91, in dem ein Pub untergebracht ist, von 32 auf 33,1 µT). Die übrigen Wohngebäude weisen auch nach dem Ausbau eine Magnetfeldbelastung im 24 Std.-Mittel von unter 20 µT auf. In 34 Wohngebäuden und 10 Geschäften und Gaststätten von insgesamt 111 bahnnahen Wohngebäuden wird nach dem Ausbau der Vorsorgewert der NISV überschritten, allerdings in der Regel auch schon vor dem Ausbau.*

*Für berufliche Expositionen innerhalb abgeschlossener elektrischer Betriebsräume und Schaltstationen attestiert der elektrotechnische UVP-SV den geplanten Ausführungen den aktuellen Stand der Technik. Im Rahmen der Inbetriebsetzungen der elektrischen Anlagen und Ausrüstungen sind die Referenzwerte zu erheben und mit den Referenzwerten gemäß Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 für berufliche Exposition (10 kV/m und 500 µT bei 50 Hz bzw. 20 kV/m und 1.500 µT bei 16,7 Hz) zu vergleichen und im Bedarfsfall organisatorische Maßnahmen für die Betriebsführung zu ihrer Einhaltung festzulegen.*

#### *Gutachten - Schlussfolgerungen:*

*Elektromagnetische Felder: Wenn die oben angeführten messtechnischen Kontrollen und allfällig resultierende Nutzungsbeschränkungen für die Gebäude 35, 91 und 107 umgesetzt werden, sind die Feldbelastungen gesundheitlich unbedenklich.*

## 1.9 Aktueller umweltmedizinischer Stand des Wissens bei magnetischen Wechselfeldern

### Vorbemerkung

Die öffentliche Diskussion über gesundheitliche Wirkungen elektromagnetischer Felder hat eine ihrer Wurzeln in den epidemiologischen Studien von Wertheimer und Leeper über den Zusammenhang zwischen der Nähe zu Hochspannungsleitungen und dem gehäuften Auftreten von kindlichen Leukämien (Wertheimer und Leeper 1979) bzw. von Krebs bei Erwachsenen (Wertheimer und Leeper 1982) in Colorado, USA. Diese ersten Ergebnisse wurden in den nunmehr letzten 30 Jahren in einer Vielzahl von weiteren Beobachtungsstudien bestätigt.

### Eigenschaften

Wird ein Leiter von einem Wechselstrom durchflossen, entsteht ein zirkuläres magnetisches Wechselfeld. Das Magnetfeld setzt dabei einen Stromfluss voraus und hängt linear von der Stromstärke ab, jedoch nicht von der Spannung. Die Einheit der magnetischen Feldstärke ist A/m (Ampere pro Meter), davon abgeleitet ist die magnetische Induktion (Erregung elektrischer Ströme und Spannungen durch bewegte Magnetfelder) mit der Einheit T (Tesla). Die magnetische Flussdichte  $B$  des homogenen Feldes ist direkt proportional zur magnetischen Feldstärke  $H$ . Die Proportionalitätskonstante ist  $\mu_0$ . Es ist eine Naturkonstante mit der Bezeichnung magnetische Feldkonstante oder magnetische Induktionskonstante.

$$B = \mu_0 * H \quad (\mu_0 = 1,257 * 10^{-6})$$

Die Größe der Feldstärkeabnahme mit der Entfernung ist unter anderem von der Kompensation abhängig. Bei Einleitersystemen wie z.B. bei Ausgleichs- und

Fehlströmen erfolgt die Abnahme mit etwa  $1/r$ , bei Zweileitersystemen mit etwa  $1/r^2$ , bei Trafospulen mit etwa  $1/r^3$ .

Magnetische Wechselfelder durchdringen beinahe alle Materialien ungehindert. Eine Feldablenkung ist z.B. mit hochleitfähigen Nickel-Eisenlegierungen (Mu-Metall), Trafoblechen oder Kombinationen dieser Materialien mit Aluminium (Sandwichplatten) möglich. Bestimmte Magnetfeldquellen können mit Hilfe einer aktiven Magnetfeldkompensation reduziert werden.

Die magnetische Feldstärke bzw. Flussdichte nimmt zu oder ab durch z.B.:

- die Höhe der Stromstärke
- den Phasenwinkel
- die Anordnung (Entfernung) der stromführenden Hin- und Rückleiter zueinander (Kompensationseffekte)
- Ausgleichsströme auf elektrisch leitfähigen Rohren, Schutzleitern, im Erdreich etc.
- die Qualität von Kompensations- und Abschirmmaßnahmen
- Abstand zu Feldverursachern

### **Feldquellen für magnetische Wechselfelder**

Grundsätzlich müssen hier kleinräumige Magnetfelder mit „Reichweiten“ im Bereich einiger Dezimeter mit Übergängen zu großräumigen Magnetfeldern unterschieden werden. Im Folgenden wird eine grobe Einteilung nach dieser Abstufung gegeben:

- körpernahe Kleinlautsprecher in Kopf- und Telefonhörern
- Trafos z.B. von 230V-Radiowecker, 230V-CD-Player, 230V-Radios, 230V-Schreibmaschinen, 230V-Rechenmaschinen // 230V-Magnetfeldmatten // Elektromotoren von Werkzeugen, Haushalts- und Küchengeräten, Uhren, Aquariumpumpen, Overheadprojektoren // E-Herde

- Zu- und Steigleitungen in Mehrfamilien- und Hochhäusern (ohne Fehlströme)
- Verseilte 12V-Halogenbeleuchtungen je nach Abstand der Leiter
- Erdkabel
- Einzeldrahtdachständerzuleitungen
- Nieder- und Mittelspannungsleitungen in Einzeldrähten
- Ausgleichsströme und/oder Fehlströme auf leitfähigen Strukturen wie z.B. Wasserleitungsrohren, Heizungsrohren, Fernwärmeleitungen, Gasleitungen, Schutzleitern, Computernetzwerkkabel mit beidseitig geerdetem Schirm etc. sowie bei Leitungen mit oder ohne Ringbildungen
- Elektrifizierte Bahnlinien mit und ohne Ausgleichsströme
- Hoch- und Höchstspannungsleitungen

Diese Unterscheidung nach der Ausdehnung eines Feldes, gemeint ist damit die zunehmende Distanz bis zu der der übliche Hintergrundpegel erreicht wird, ist von großer Relevanz für die Exposition.

Hinweis: Typische Hintergrundwerte in Gebäuden in ländlichen Bereichen liegen bei etwa 0,01 bis 0,02  $\mu\text{T}$  und werden durch die eigene Stromversorgung des Hauses verursacht.

Die Relevanz der Ausdehnung des Magnetfeldes ergibt sich aus der Wahrscheinlichkeit für eine länger dauernde Exposition. Diese ist bei großräumigen Expositionen eher gegeben, da ein Ausweichen in diesen Fällen häufig nicht möglich ist. Dazu kommt, dass mit Ausnahme offensichtlicher Quellen, wie z.B. Nieder-, Hoch- und Höchstspannungsleitungen flächige Magnetfelder auch von Fachleuten durch einfache Besichtigung nicht erkannt werden können, da etwa ein Ausgleichsstrom auf einem Gasrohr nur durch entsprechende Strom- oder

Magnetfeldmessungen erkannt werden kann. Eine Ausnahme stellen hier Bahnströme (16 2/3Hz) dar, die im Bereich von einigen 0,1  $\mu\text{T}$  bei Kathodenbildschirmen zu Bildstörungen führen können und so den Nutzer aufmerksam machen. Längeren Expositionszeiten können besonders an Schlaf- und Arbeitsplätzen gegenüber kleinräumigen Feldquellen auftreten.

### Statistische Verteilung magnetischer Wechselfelder

Zur Frage der Verteilung magnetischer Wechselfelder liegen für Österreich keine Zahlen vor. In Deutschland wurden von (Schüz et al. 2000) im Rahmen der deutschlandweit durchgeführten Fall-Kontroll Studie zu den Ursachen kindlicher Leukämien 24-Stunden-Messungen für magnetische Wechselfelder durchgeführt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Verteilung magnetischer Wechselfelder (50Hz) für die Ergebnisse der 24-Stunden Messungen im Kinderzimmer von n=1314 Kontrollen für den Median.

Feldverteilung	Median	
	n	%
< 0,05	1006	76,6
0,05-<0,1	217	16,5
0,1-<0,15	49	3,7
0,15-<0,2	24	1,8
0,2-<0,3	13	1,0
0,3-<0,4	2	0,2
0,4-<0,5	0	0,0
$\geq 0,5$	3	0,2

Tabelle 2: Statistische Verteilung magnetischer Wechselfelder (50Hz) aus verschiedenen Quellen in Deutschland als 24-Stunden-Median im Kinderzimmer von n=1314 Kontrollen.

Fasst man die Kategorie von  $0 < 0,1 \mu\text{T}$  zusammen, ergibt sich ein Anteil von 93,1% (n=1223).

Fasst man die Kategorie von  $0 < 0,2 \mu\text{T}$  zusammen, ergibt sich ein Anteil von 98,6% (n=1296).

Statistische Größe	$\mu\text{T}$
Arithmetischer Mittelwert	0,040
25er Perzentil	0,016
Median (50er Perzentil)	0,027
75er Perzentil	0,048
95er Perzentil	0,117
Maximum	0,682

Tabelle 3: Statistische Verteilung magnetischer Wechselfelder (50Hz) aus verschiedenen Quellen in Deutschland im Kinderzimmer von n=1314 Kontrollen.

Die Verteilung der Exposition gegenüber magnetischen Wechselfeldern ist von vielen Faktoren abhängig. (Schüz et al. 2000) beschreiben etwa, dass in ländlichen Gebieten von Niedersachsen etwa 0,9% der untersuchten Kontrollpopulation 24-Stunden Mediane über  $0,2 \mu\text{T}$  zeigten. In Westberlin waren dies 3,5% und in Ost-Berlin 10,3%, weniger als 20% dieser Werte waren nahen Hochspannungsleitungen zuzuordnen.

### Wirkungen magnetischer Wechselfelder

Die öffentliche Diskussion über gesundheitliche Wirkungen elektromagnetischer Felder hat eine ihrer Wurzeln in den epidemiologischen Studien von Wertheimer und Leeper über den Zusammenhang zwischen der Nähe zu Hochspannungsleitungen und dem gehäuften Auftreten von kindlichen Leukämien (Wertheimer und Leeper 1979) bzw. von Krebs bei Erwachsenen (Wertheimer und

Leeper 1982) in Colorado, USA. Die Autoren fanden Expositions-Wirkungsbeziehungen, die unabhängig vom Alter, der Urbanisierung oder dem sozioökonomischen Status waren.

1982 wurde erstmals in der Literatur von (Milham 1982), basierend auf einer Untersuchung der Leukämiersterblichkeit bei beruflich gegenüber elektrischen und magnetischen Feldern exponierten Männern der Verdacht auf einen Zusammenhang bei beruflichen Expositionen geäußert, wörtlich: „*The findings suggest that electrical and magnetic field may cause leukemia*“. Diese ersten Arbeiten lösten eine intensive Forschungstätigkeit im Bereich magnetischer Wechselfelder besonders für die Frequenzen 50 Hz und 60 Hz aus.

In dieser Übersicht erfolgt eine Beschränkung auf den Endpunkt kindlicher Leukämien.

### **Daten zu kindlichen Leukämien und magnetischen Wechselfeldern**

Die längste und umfassendste Evidenz zu adversen Wirkungen magnetischer Wechselfelder bestehen im Zusammenhang mit der kindlichen Leukämie. Daher wird am Beispiel der Daten zu kindlichen Leukämien gezeigt, dass die vorhandene Evidenz für gesundheitsschädigende (insbesondere) Langzeiteffekte durch magnetische Wechselfelder bei Feldstärken ausreichend belegt ist. Besonders der Zusammenhang zwischen magnetischen Wechselfeldern und kindlichen Leukämien war und ist Gegenstand epidemiologischer Forschungen. Die folgenden Informationen beziehen sich auf Deutschland, das im Gegensatz zu Österreich über ein internationales Anforderungen entsprechendes Kinderkrebsregister verfügt und sind der Publikation von (Schüz 2002) entnommen:

*Leukämie ist die häufigste Krebserkrankung im Kindesalter mit einem Anteil von etwa 35% an allen malignen Erkrankungen. In Deutschland erkranken von 13,2 Millionen Kindern*

unter 15 Jahren etwa 620 jährlich neu an Leukämie. Dies entspricht einer Inzidenz von 4,8 Leukämiefällen pro 100 000 Kinder pro Jahr. Die Heilungschance liegt heute bei über 80%. Die Prognose ist für Kinder mit einer akuten lymphatischen Leukämie (ALL), die etwa 85% der Leukämien im Kindesalter ausmachen, deutlich günstiger als für Kinder mit einer akuten myeloischen Leukämie (AML), bei denen die Fünfjahres-Überlebensrate noch unter 60% liegt. Die AML macht fast die restlichen 15% der kindlichen Leukämien aus. Nur wenige Kinder erkranken an einer chronischen Leukämie oder einer lymphatisch-myeloischen Mischform.

In einer Übersichtsarbeit zur Rolle von Umwelteinflüssen bei der Entstehung von Leukämien im Kindesalter (Schüz 2002) fasst der Autor die Ergebnisse der in mehreren Journalen publizierten Ergebnisse in der nachfolgenden Tabelle zusammen. Dabei wird deutlich, dass das höchste odds ratio mit OR 3,6 (1,5-8,8) mit einer Pestizidexposition der Mutter während der Schwangerschaft verbunden ist, gefolgt von der Exposition gegenüber magnetischen Feldern während der Nacht  $\geq 0,2 \mu\text{T}$  OR 2,8 (1,4-5,5).

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

<sup>a</sup> Odds Ratio und 95%-Konfidenzintervall; <sup>b</sup> aus Meinert et al. (2000); <sup>c</sup> aus Schüz et al. (2001a); <sup>d</sup> aus Meinert et al. (1999);  
<sup>e</sup> aus Schüz et al. (2000b); <sup>f</sup> aus Schüz et al. (1999a); <sup>g</sup> aus Schüz et al. (1999b)

Abbildung 2: Ausgewählte Ergebnisse einer bundesweiten Fallkontrollstudie (1992-2000) zu den Ursachen von Leukämien im Kindesalter (Quelle: Schüz 2002).

Der Erkrankungsgipfel der akuten lymphatischen Leukämie liegt im Kindesalter bei zwei bis vier Jahren. Dieser Umstand wird als „Childhood Leukemia Peak“ bezeichnet und hat sich erst im Laufe des letzten Jahrhunderts herausentwickelt. Dies wurde von (Court Brown und Doll 1961 zit. in Milham und Ossiander 2001) wie folgt berichtet: „ ... a new leukemogenic agent ...“, *had been introduced first into Britain in about 1920, and later into the United States and other countries.*“ Diese Aussage basierte auf der bedeutenden Beobachtung eines Anstiegs der Leukämierblichkeit bei den unter Zehnjährigen in den etwa 50 Jahren seit 1911 um 4,5% im Mittel pro Jahr. Eine Analyse über den Zusammenhang der Leukämierblichkeit in der Altersgruppe der 2-4jährigen zeigte einen signifikanten Zusammenhang mit dem Elektrifizierungsgrad der untersuchten Population in den USA (Milham und Ossiander 2001). Die Autoren kommen in der Publikation zu dem Schluss, dass der „childhood leukemia peak“ der Elektrifizierung zuzuordnen ist und 75% der akuten lymphatischen Leukämien vermeidbar wären.

Von (Steliarova-Foucher et al. 2004) wurden Daten über den Inzidenzverlauf zu Krebs bei Kindern und Jugendlichen in Europa publiziert. Dabei wurden nur Daten von Krebsregistern herangezogen, die Mindeststandards entsprachen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die auswertbaren Daten der beteiligten Länder in Prozent. Österreich ist aufgrund der unzureichenden Datenqualität nicht beteiligt.



Abbildung 3: Bevölkerungsabdeckung der Krebsregister in der Untersuchung für Kinder und Jugendliche in Prozent (Quelle: Steliarova-Foucher et al. 2004).

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.

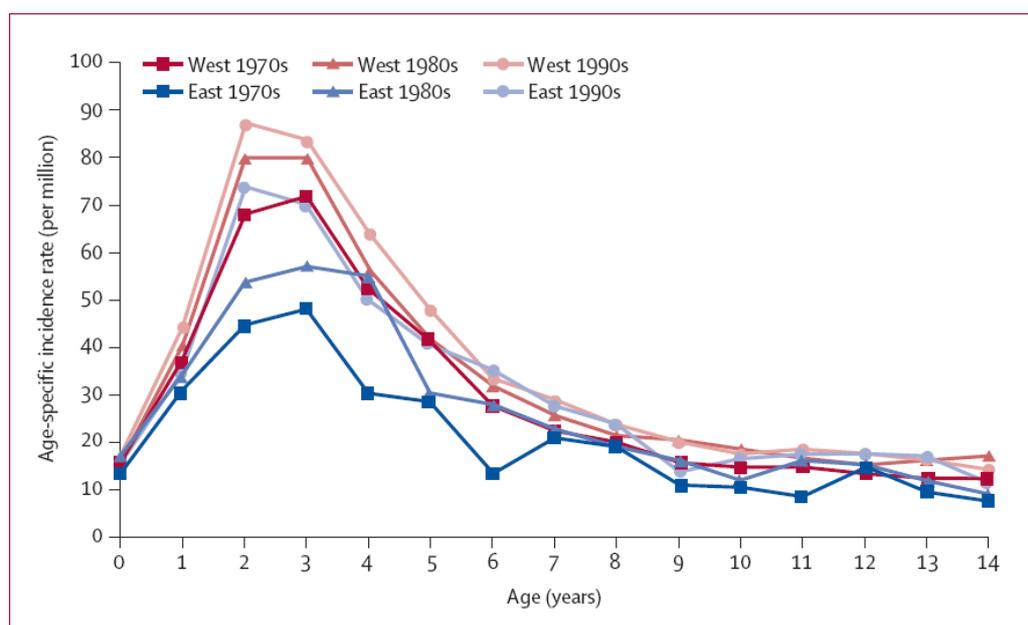


Abbildung 4: Altersspezifische Inzidenzraten der lymphatischen Leukämie bei Kindern und Jugendlichen bis 14 Jahre (Quelle: Steliarova-Foucher et al. 2004).

(Milham und Ossiander 2002) führen an, dass zur Frage der Beziehungen zwischen einer Exposition gegenüber magnetischen Wechselfeldern und Krebserkrankungen incl. Leukämie seit den frühen 80er Jahren etwa 100 epidemiologische Untersuchungen bei Arbeitnehmern und etwa 40 bei der Wohnbevölkerung publiziert wurden (NIEHS 1999). Weiters geben sie an, dass von den etwa 500 einzelnen Risikoschätzern für jeden verringerten Risikoschätzer sechs erhöhte Risikoschätzer vorliegen.

Bis dato liegen zur Frage der kindlichen Leukämie und der Exposition gegenüber magnetischen Wechselfeldern eine Metaanalyse (Wartenberg 1998) und zwei gepoolte Auswertungen (Ahlbom et al. 2000, Greenland et al. 2000) vor.

Wartenberg kommt bei der Auswertung von 16 Studien zu kindlichen Leukämien zu folgendem Schluss: „... the data provide relatively strong and consistent support for a somewhat weak elevated risk of leukemia for children living in proximity to power lines.“

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Verteilung der Risikoschätzer als odds ratio (OR). Dabei bedeutet ein OR über 1,0 ein erhöhtes Risiko, ein OR <1,0 ein erniedrigtes Risiko. Z.B. entspricht ein OR von 1,6 einem um den Faktor 1,6 oder 60% erhöhten Risiko. Es ist aus dieser Abbildung klar ersichtlich, dass die überwiegende Mehrheit der ORs über 1,0 liegt. Die Auswertung zeigt auch die weiten Konfidenzintervalle bei vielen, aber nicht bei allen Studien, die die Zahl 1 einschließen.

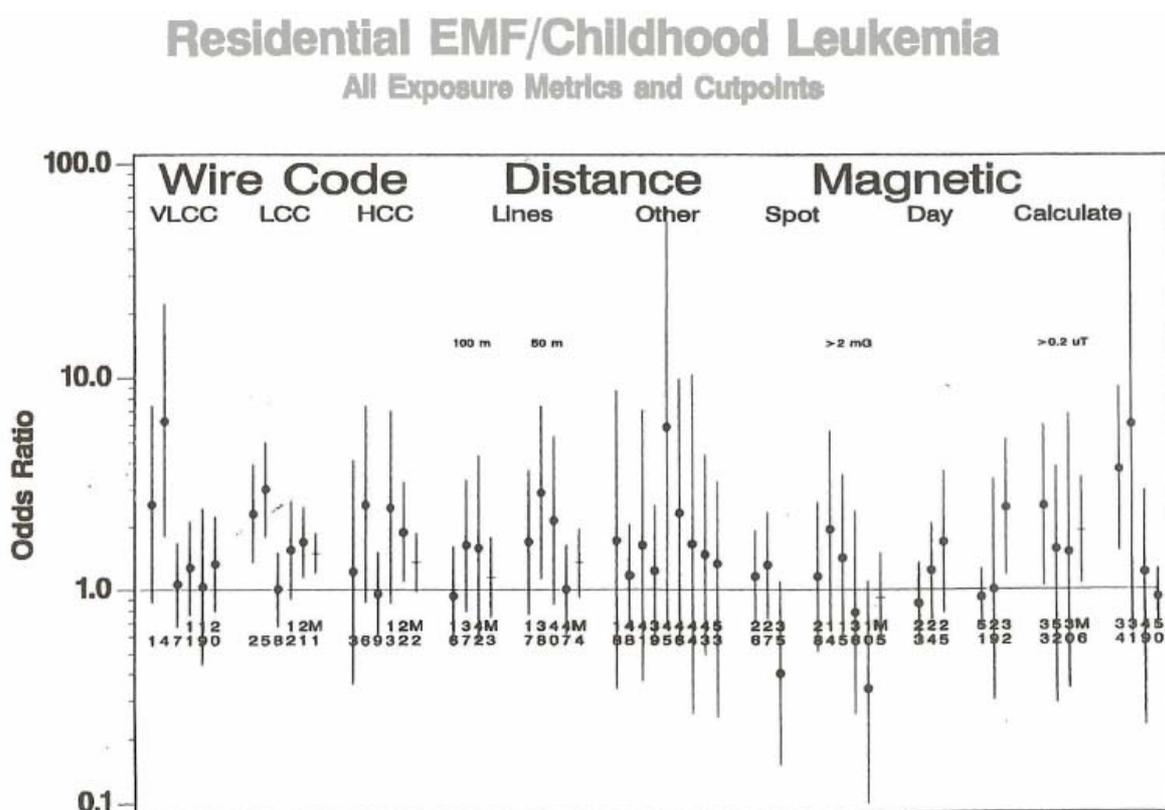


Abbildung 5: Ergebnisse der Analyse der einzelnen Studien über die Beziehung zwischen elektrischen und magnetischen Feldern und Krebs bei Kindern und der ausgewählten Metaanalyse (Quelle Wartenberg 1998).

Die gepoolte Analyse (Ahlbom et al. 2000) wertete neun Fall-Kontroll-Studien (n=3203/10338) zu kindlichen Leukämien und magnetischen Wechselfeldern gemeinsam aus. Unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht wurde unter

Heranziehung einer Referenzkategorie von  $<0,1\mu\text{T}$  für die Expositionsklasse  $>0,4\mu\text{T}$  ein signifikant erhöhtes OR 2,0 (1,27-3,13) ermittelt (siehe Abbildung, letzte Zeile „All studies“). Eine Auswertung der akuten lymphatischen Leukämie unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und Verkehrsabgasen ergab für die Expositionsklasse  $>0,4\mu\text{T}$  ein signifikant erhöhtes OR 3,24 (1,22-8,63).

Type of study	0.1-<0.2 $\mu\text{T}$	0.2-<0.4 $\mu\text{T}$	$\geq 0.4 \mu\text{T}$	O	E	Continuous analysis
<b>Measurement studies</b>						
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)
<b>Calculated fields studies</b>						
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)
<b>Summary</b>						
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)

Abbildung 6: Auswertung für Einzelstudien und die gepoolte Analyse, alle Leukämien. (Quelle: Ahlbom et al. 2000)

In einer gepoolten Analyse wertete (Greenland et al. 2000) unter anderem elf Fall-Kontroll-Studien (n=2078/5516) mit Daten zu kindlichen Leukämien und magnetischen Wechselfeldern gemeinsam aus. Unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht, sozialen und ökonomischen Variablen wurde unter Heranziehung einer Referenzkategorie von  $<0,1 \mu\text{T}$  für die Expositionsklasse  $>0,3 \mu\text{T}$  ein signifikant erhöhtes OR 2,06 (1,4-3,01) errechnet. Damit ergeben die beiden Auswertungen, basierend auf zum Teil sich überschneidenden Ausgangsstudien, ein übereinstimmendes Ergebnis.

Eine Fall-Kontroll-Studie (n=251/495) aus Japan (Kabuto et al. 2006) zeigte ein signifikant erhöhtes Risiko OR=4,67 (1,15-19,0) für akute lymphatische Leukämie bei 0-15 jährigen Kindern und Expositionen gegenüber magnetischen Wechselfeldern ermittelt als Ein- Wochenmittelwert im Kinderzimmer von über 400nT gegenüber

der Referenzkategorie  $0,1 \mu\text{T}$ . Das Ergebnis erwies sich gegenüber Co-Variablen und Sensitivitätsanalysen für Selektionsbias als stabil.

In einer Fall-Kontroll-Studie in Australien / Tasmanien (Lowenthal et al. 2007) für die zusammenfassende Auswertung bestimmter Diagnosen (z.B. M. Hodgkin, NHL, CLL, ALL, AML, CML, M. Myelom) zeigte sich für Erwachsene die in den ersten 15 Lebensjahren innerhalb von 300 m einer Hoch- bzw. Höchstspannungsfreileitung (88, 110 oder 220 kV) lebten, ein dreifach erhöhtes Risiko OR 3,23 (1,26–8,29), in den ersten fünf Jahren ein fünffach erhöhtes Risiko OR 4,74 (0,98–22,9). Die Daten legen die Interpretation nahe, dass das Risiko für die Ausbildung maligner Erkrankungen nicht nur im Kindesalter erhöht ist (siehe diesbezügliche Datenlage), sondern bei der Exposition im Kindesalter auch die Wahrscheinlichkeit zur Ausbildung im Erwachsenenalter erhöht.

Ein weiterer Aspekt betrifft die Untersuchung des Krankheitsverlaufs der akuten lymphatischen Leukämie bei Kindern – hier die Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Höhe der Magnetfeldexposition. In einer prospektiven Kohortenstudie (Foliart et al. 2006) über 5,07 Jahre (Median des follow up) wurde die Überlebensrate bei 361 Kindern im Alter von 1 bis 15 Jahren mit akuter lymphatischer (B-Zell) Leukämie in den USA untersucht. In diesem Zeitraum verstarben 28 Kinder vorwiegend durch einen Rückfall (Rezidiv). Innerhalb der ersten Monate nach der Erstdiagnose wurden magnetische Wechselfelder durch ein personal monitoring über 24 Stunden erhoben. Obwohl nur diese erste Messreihe zur Auswertung herangezogen werden konnte (die Teilnahmeraten bei den weiteren Messungen nach einem und zwei Jahren waren zu gering) zeigten sich bei den Kindern mit Expositionswerten über  $300\text{nT}$  für einen tödlichen Verlauf ein HR (hazard ratio) von 4,53 (1,49–13,76) gegenüber der Referenzkategorie  $0,1 \mu\text{T}$ . Beinahe idente Ergebnisse, jedoch bei deutlich geringeren Expositionen wurden in einer Untersuchung von (Svendsen et al. 2007) berichtet. 595 Kinder (Deutschland)

mit akuter lymphatischer Leukämie (ALL), für die Expositionswerte für magnetische Wechselfelder (24-Stunden-Mittelwert) vorlagen, wurden über einen Zeitraum von im Median 9,5 Jahren im Hinblick auf ihr Überleben (survival) beobachtet. Kinder, die magnetischen Wechselfeldern im Bereich zwischen 0,1 und 0,2  $\mu\text{T}$  exponiert waren, hatten ein 2,6-fach höheres Todesrisiko HR (hazard ratio) 2,6 (1,3-5,2).

Speziell im Bereich epidemiologischer Untersuchungen ist die Qualifizierung und Quantifizierung der (historischen) Exposition eine der größten Schwierigkeiten. Zu Beginn der Untersuchungen etwa zu Magnetfeldern von Hochspannungsleitungen wurde versucht, über Berechnungen der Feldstärken über Draht-Codes (wire codes) die Exposition zu bestimmen. Diese Vorgangsweise hat allerdings den Nachteil, dass andere Feldquellen, die ebenfalls zu erhöhten Magnetfeldern führen, nicht erfasst werden und damit zu einer Fehlklassifikation der Exposition führen (exposure misclassification). Dies führt immer zu einem Verdünnungseffekt und kann soweit gehen, dass ein Effekt nicht entdeckt wird. In weiterer Folge wurde versucht, durch so genannte Spotmessungen, das sind Kurzzeitpunktmessungen etwa vor der Haustüre, im Wohnzimmer oder im Schlafzimmer, das Magnetfeld zu bestimmen. Der Nachteil dieser Methode liegt darin, dass durch die in der Regel zum Teil stark schwankenden Magnetfeldstärken ausgehend von Hochspannungsleitungen, Erdkabeln, Ausgleichsströmen, Trafos und Hausleitungen (z.B. Nachtstromheizungen) wieder eine Fehlklassifikation der Exposition erfolgt.

So ist es zielführender eine kleinere gut definierte Stichprobe zu untersuchen, als ein großes Kollektiv mit schlechter Expositionsanalyse. Auch die personenbezogene Expositions-messung über zumindest 24 Stunden bringt gewisse Nachteile mit sich, da grundsätzlich aktuelle Messungen nicht unbedingt gut mit historischen Expositionen übereinstimmen müssen und hier der wire-code je nach Region, soweit alle relevanten Leitungen erfasst werden, wieder Vorteile haben kann. Entscheidend für die Qualität epidemiologischer Studien ist in diesem Zusammenhang, dass die

Exposition im ätiologisch relevanten Zeitraum bestmöglich erfasst wird und Fälle/Kontrollen mit unvollständiger Expositionsanalyse von der Risikoberechnung entweder ausgeschlossen, oder zumindest dafür adjustiert werden. Dies ist nicht bei allen Untersuchungen der Fall und ist bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen.

Der Referenzgruppe wird dabei im Modell ein RR oder OR von 1 zugeordnet. Ergibt sich nun z.B. im Verhältnis dazu im 2. Quantil ein RR/OR von 2,1, so bedeutet dies, dass statistisch im Mittel für alle n aus dem 2. Quantil ein um 210% höheres Risiko/Chancenverhältnis für die untersuchte Ausprägung (z.B. kindliche Leukämie) beobachtet wurde.

### **Beurteilungen von Fachgremien**

Im Entwurf des **Nationalen Strahlenschutzkomitees** (NCRP) der USA im Frequenzbereich von nahe 0 Hz bis 3 kHz als „Option 2“ finden sich Expositionsrichtwerte von 0,2  $\mu\text{T}$  für die magnetische Flussdichte (NCRP 1995). Für künftige Planungen empfiehlt der Entwurf Wohnungen, Kindergärten und Schulen nicht in Zonen mit magnetischen Flussdichten über 0,2  $\mu\text{T}$  zu bauen bzw. sollten neue Leitungen bei bestehenden Gebäuden eine magnetische Flussdichte von 0,2  $\mu\text{T}$  nicht überschreiten. Bei neuen Büro- und Industriebauten sollte die Exposition unter 0,2  $\mu\text{T}$  bleiben.

Die **ICNIRP-Richtlinie** (ICNIRP 1998 bzw. 2010) basiert auf kurzfristigen, unmittelbaren gesundheitlichen Auswirkungen wie z. B. der Reizung peripherer Nerven und Muskeln, Schocks und Verbrennungen, die durch Berührung leitfähiger Objekte verursacht werden sowie erhöhten Gewebetemperaturen, die aus der Absorption von Energie während der Exposition durch EMF resultieren. In der ICNIRP-Richtlinie 1998 betrug der für den Frequenzbereich von 25 Hz bis 800 Hz empfohlene Referenzwert für die Exposition der Allgemeinbevölkerung für

magnetische Wechselfelder  $5/f$ . Bei  $f=50\text{Hz}$  ergibt sich  $5/0,050\text{ kHz}=100\ \mu\text{T}$ . Dieser wurde in der ICNIRP-Richtlinie 2010 für den Frequenzbereich 25 Hz bis 400 Hz auf  $200\ \mu\text{T}$  angehoben. Beim Frequenzbereich 8 bis 25 Hz wurde ICNIRP-Richtlinie 2010 gegenüber 1998 nicht verändert und beträgt etwa für  $f=16,66\text{ Hz}$  der Richtwert für die Exposition der Allgemeinbevölkerung  $300\ \mu\text{T}$ .

Die **Richtlinie 2004/40/EG** über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (elektromagnetische Felder) wurde durch die Richtlinie 2012/11/EU des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 19. April 2012 nunmehr bis zum 31.10.2013 verlängert. Die Richtlinie normiert die Referenzwerte der ICNIRP – die bei magnetischen Wechselfeldern von 50 Hz als arbeitsplatzbezogene Werte ( $500\ \mu\text{T}$ ) um den Faktor 5 höher liegen als die Referenzwerte für die Allgemeinbevölkerung ( $100\ \mu\text{T}$ ). Artikel 1 (3) der Richtlinie legt fest, dass diese Richtlinie nicht die vermuteten Langzeitwirkungen betrifft.

1999 wurde vom **National Institute of Environmental Health Sciences** (NIEHS 1999) der USA ein Bericht zu Gesundheitseffekten elektrischer und magnetischer Felder im Frequenzbereich der Stromversorgung herausgegeben. Darin kommt die Gruppe zum Schluss, dass die Exposition gegenüber „Powerline Frequency ELF-EMF“ ein mögliches Karzinogen darstellt. Eine für das gegenständliche Vorhaben relevante Empfehlung des Berichtes ist, dass das NIEHS den Energieversorgern empfiehlt, die gegenwärtige Praxis der Expositionsreduktion bei der Situierung von Stromleitungen fortzusetzen sowie die Erforschung zur Reduktion der Entstehung magnetischer Felder bei Übertragungs- und Verteilungsleitungen fortzusetzen, ohne dabei neue Gefährdungen zu generieren. Wörtlich: *“NIEHS suggests that the power industry continue its current practice of siting power lines to reduce exposures and continue to explore ways to reduce the creation of magnetic fields around transmission and distribution lines without creating new hazards. We also encourage technologies that lower exposures*

*from neighbourhood distribution lines provided that they do not increase other risks, such as those from accidental electrocution or fire."*

Im Juni 2001 überprüfte eine Arbeitsgruppe wissenschaftlicher Experten auf Einladung der **International Agency for Research on Cancer (IARC)**, einer Teilorganisation der WHO mit Sitz in Lyon, Studien über die Kanzerogenität von statischen und niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern (IARC 2002). Anhand der Standardklassifizierung der IARC, die an Menschen und Tieren sowie in Laborversuchen festgestellte Befunde abwägt, wurden niederfrequente magnetische Wechselfelder aufgrund von epidemiologischen Studien über kindliche Leukämien als möglicherweise krebserregend für den Menschen eingestuft (Einstufungs-Gruppe 2B).

Von der **kalifornischen Gesundheitsbehörde** (California Department of Health) wurde im Zeitraum 1993 bis 2002 unter dem Titel "California EMF-Program" eine Evaluierung der möglichen Risiken durch elektrische und magnetische Felder bei Stromleitungen, Hausinstallationen, Elektroarbeitsplätzen und -geräten durchgeführt (CDH 2002). Der im Herbst 2002 veröffentlichte Endbericht listet umfassende wissenschaftliche Daten zu gesundheitlichen Wirkungen auf und führt eine Risikoabschätzung durch. Dieser Bericht beinhaltet eine detaillierte Risikoabschätzungen über den Zusammenhang zwischen niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern und verschiedenen Krankheitsendpunkten. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Bewertung des California Department of Health (DHS).

Gesundheitsendpunkt	Einstufung	Gefahr
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

Tabelle 4: Ergebnisse der Bewertung des California Department of Health (DHS) 2002 zum Zusammenhang zwischen der Exposition gegenüber niederfrequenten magnetischen Feldern (ELF) und bestimmten Krankheitsendpunkten.

Am 1.2.2006 wurde die **ÖVE/ÖNORM E 8850** - Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz - Beschränkung der Exposition von Personen als Vornorm herausgegeben und ersetzt die bis dahin gültigen Normen ÖNORM S1119 und ÖNORM S1120. Die ÖVE/ÖNORM E 8850 orientiert sich an den Empfehlungswerten der ICNIRP-Richtlinie aus dem Jahr 1998. Mit Schreiben vom 29.9.2005 wurde seitens der Österreichischen Ärztekammer Einspruch gegen die Verabschiedung der ÖNORM E 8850 eingelegt:

*Die Österreichische Ärztekammer erhebt Einspruch gegen die Verabschiedung des vorliegenden Entwurfs der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 vom 1.8.2005.*

*Der Einspruch wird wie folgt begründet:*

- 1. Unter Punkt 1 Anwendungsbereich ist der Zweck der Norm wie folgt definiert:*

*„Zweck der vorliegenden Bestimmung ist es, Grenzwerte für die Exposition durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder (EMF) festzulegen, deren Einhaltung Schutz gegen bekannte schädliche Effekte auf die Gesundheit bietet. Das Schutzziel soll durch die Vorgabe von Basisgrenzwerten und Referenzwerten erreicht werden.“*

*Nun sind die im Entwurf definierten Basisgrenzwerte und Referenzwerte zum Teil um Größenordnungen über jenen Expositionen, bei denen in der Literatur in substantiellen Umfang und Qualität eine Reihe von schädliche Effekten auf die Gesundheit, oder besser gesagt Krankheiten dokumentiert sind. Es stellt sich die Frage, welchen Wert ein Dokument hat, das nachweislich die bestehende Evidenz negiert.*

*2. Eine wissenschaftliche Diskussion über fachlich und sachlich notwendige alternative Grenzwertkonzepte war für die Österreichische Ärztekammer in der Arbeitsgruppe nicht möglich, da vor der Aufnahme des Vertreters der Österreichischen Ärztekammer eine Orientierung an den Vorschlägen von ICNIRP bereits vor zwei Jahren beschlossen worden war.*

*3. Das Dokument orientiert sich an den Vorschlägen der ICNIRP aus 1998 und entspricht daher nicht dem Stand der medizinischen Wissenschaften und Erfahrungen. Die Referenzwerte des Dokumentes sind in keiner Weise geeignet den erforderlichen Schutz der individuellen und öffentlichen Gesundheit zu garantieren. Vielmehr besteht Grund zur Annahme, dass Öffentlichkeit und Politik auf ein fachlich unzureichendes Dokument vertrauen und damit erforderliche Maßnahmen zur Expositionsvermeidung und Reduktion unterbleiben.*

*4. Die IARC stufte im Juni 2001 niederfrequente magnetische Wechselfelder aufgrund der epidemiologischen Evidenz bei kindlichen Leukämien als „possible human carcinogen“ ein. Aufgrund der Bestätigung der karzinogenen Wirkung durch aktuelle Tierversuche [Löscher 2004] ist eine Verschärfung der Einstufung als definitives Karzinogen, wie im Bericht des California Departments of Health vom Juni 2002 angeführt, angezeigt. Risikoerhöhungen bei kindlichen Leukämien wurden etwa bei Mittelwerten von etwa 200 nT (50/60 Hz) gefunden. Die Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 sieht zum „Schutz“ der Allgemeinbevölkerung einen Referenzwert von 100.000 nT vor.*

*5. Aktuelle Untersuchungen des REFLEX Projektes zeigen bei verschiedenen Zellen (in vitro) bei Einhaltung der Referenzwerte dieser Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 sowohl für niederfrequente magnetische Wechselfelder als auch für hochfrequente elektromagnetische Wellen im Frequenzbereich des Mobilfunks unter anderem Einzel- und Doppelstrangbrüche der Chromosomen, also gentoxische Effekte. Diese Ergebnisse werden durch Tierversuche (in vivo) bestätigt und unterstützt.*

*6. Die ärztliche Erfahrung zeigt, dass immer mehr Menschen bei gewissen umweltbezogenen Feldeinwirkungen mit zum Teil ernsthaften Störungen des Regulationssystems und der Ausbildung von Krankheiten reagieren. Diese Erfahrungen werden durch epidemiologische Untersuchungen unterstützt. Diese Tatsachen werden in der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 nicht berücksichtigt.*

7. Eine Unterstützung der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 wird aus haftungsrechtlichen Überlegungen abgelehnt, da nicht ein Dokument mitgetragen werden kann, das offensichtlich die erforderlichen Schutzerwartungen nicht erfüllt.

8. Aus ärztlicher Sicht benötigen wir in Österreich eine offene, ernsthafte, den Prinzipien der Gesundheit verpflichtete Diskussion mit der Festlegung von verbindlichen Referenzwerten auf einem hohen Schutzniveau. Es wird angeregt eine entsprechende Arbeitsgruppe im Rahmen der österreichischen Akademie der Wissenschaften einzurichten.

Im August 2007 wurde der **Bioinitiative Working Group Report** publiziert. Er dokumentiert biologische Effekte, Gesundheitseffekte und Public Health Schlussfolgerungen zu den Auswirkungen nicht-ionisierender Strahlung – hier insbesondere zu niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern und Hochfrequenzstrahlung. Im Folgenden werden einige der für magnetische Wechselfelder zutreffenden Kernaussagen aus dem Bericht angeführt:

- *Es gibt kaum Zweifel daran, dass die Expositionen gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern Kinderleukämie verursacht.*
- *Es gibt einige Hinweise dafür, dass andere Kinderkrebsarten mit Expositionen gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern in Zusammenhang stehen könnten. Aber bisher sind nicht genügend Studien durchgeführt worden.*
- *Laut einer Studie haben Kinder die an Leukämie erkrankt sind und sich in Rekonvaleszenz befinden schlechtere Überlebenschancen, wenn sie zu Hause (oder wo sie sich zur Genesung aufhalten) magnetischen Wechselfeldern zwischen 0,1  $\mu$ T und 0,2  $\mu$ T ausgesetzt sind. Laut einer anderen Studie bei einer Exposition von mehr als 0,3  $\mu$ T.*
- *Die Befunde aus Studien zu beruflich exponierten Frauen machen es sehr wahrscheinlich, dass chronische Expositionen durch niederfrequente magnetische Felder von 1  $\mu$ T und darüber einen Risikofaktor für Brustkrebs bei Frauen darstellen.*
- *Studien an menschlichen Brustkrebszellen und einige Tierstudien zeigen, dass niederfrequente Magnetfelder wahrscheinlich einen Risikofaktor für Brustkrebs darstellen. Es gibt stützende Befunde aus Zell- und Tierstudien sowie Studien zu menschlichem Brustkrebs, die eine Verbindung zwischen Brustkrebs und der Exposition gegenüber niederfrequenten magnetischen Feldern belegen.*
- *Angesichts des sehr hohen Lebenszeitriskos für Brustkrebs und der entscheidenden Bedeutung vorbeugender Maßnahmen sollte die Expositionen gegenüber niederfrequenten elektromagnetischen Feldern für alle Personen reduziert werden, die sich für längere Zeit in Bereichen mit hohen Strahlungsintensitäten aufhalten.*

- *Die obige Diskussion der Krebserkrankungen hat nur einige wenige Aspekte berührt. Es scheint aber durchaus angemessen, von der Annahme auszugehen, dass alle Krebsarten sowie andere Krankheitsendpunkte mit der Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern (sowohl niederfrequente als auch hochfrequente) in Zusammenhang stehen oder dadurch verschlimmert werden können.*
- *Die Alzheimer-Krankheit ist eine Erkrankung des Nervensystems. Es gibt überzeugende Belege dafür, dass Langzeitexpositionen gegenüber niederfrequenten magnetischen Feldern einen Risikofaktor für Alzheimerkrankheit darstellen.*
- *Sowohl die Exposition gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern als auch hochfrequenter Strahlung kann unter bestimmten Bedingungen als erbgutschädigend (die DNA schädigend) eingestuft werden. Dies gilt auch für Expositionen unterhalb bestehender Grenzwerte.*
- *Es gibt gewichtige Belege dafür, dass niederfrequente Magnetfelder und hochfrequente Strahlung entzündliche und allergische Reaktionen auslösen und normale Immunfunktionen verändern können, selbst bei Strahlungsintensitäten, die nach den derzeit gültigen Sicherheitsgrenzwerten zulässig sind.*
- *Es sind bereits plausible biologische Wirkmechanismen identifiziert worden, die für die meisten biologischen Wirkungen im Niedrigdosisbereich der niederfrequenten Felder und hochfrequenten Strahlung eine hinreichende Erklärung bieten. (Oxidativer Stress und DNA-Schäden durch freie Radikale führen zu Genotoxizität; molekulare Wirkmechanismen bei sehr geringen Strahlungsintensitäten weisen auf eine plausible Verbindung mit Krankheiten hin, z.6. die Wirkung auf die mit oxidativem Schaden verbundene Elektronentransfer-Rate oder die mit krankhafter Biosynthese und Mutation verbundene DNA-Aktivierung). Man sollte dabei auch nicht vergessen, dass traditionellerweise zu dem Zeitpunkt, zu dem ein Risikofaktor nach volksgesundheitlichen und epidemiologischen Gesichtspunkten festgelegt wird, kein Beweis für seinen Wirkmechanismus erforderlich ist, aber bereits auf einen ursächlichen Zusammenhang zwischen EMF-Exposition und Krankheit geschlossen werden kann. In vielen Fällen ist der Wirkmechanismus zu dem Zeitpunkt noch nicht bewiesen, zu dem bereits kluge Strategien für die öffentliche Gesundheitsvorsorge umgesetzt werden.*
- *Angesichts der umfassenden Untersuchungen zu Kinderleukämierisiken und den damit verbundenen Magnetfeldexpositionen sowie angesichts der relativ übereinstimmenden Befunde, dass Expositionen im Bereich zwischen 0,2  $\mu$ T und 0,4  $\mu$ T mit einem erhöhten Risiko für Kinder verbunden sind, wird für Neubauten in Wohngebieten ein Grenzwert von 0,1  $\mu$ T empfohlen. Obgleich es schwierig und teuer ist, bestehende Wohnungen so zu sanieren, dass 0,1  $\mu$ T nicht überschritten wird, ist dieser Richtwert ebenfalls für bestehende Wohnungen und Orte anzustreben, an denen sich Kinder und schwangere Frauen dauerhaft aufhalten.*

- *Während neue Grenzwerte für den Niederfrequenzbereich entwickelt und eingeführt werden, wäre es vernünftig, einen Planungsgrenzwert anzustreben: 0,1µT für Wohnbereiche in der Umgebung von allen neuen und aufgerüsteten Stromversorgungsleitungen und 0,2 µT für alle anderen neuen Anlagen. Außerdem wird für Bereiche, in denen sich Kinder und/oder schwangere Frauen dauerhaft aufhalten, empfohlen, einen Vorsorgewert von 0,1 µT einzuführen. Diese Empfehlung beruht auf der Annahme, dass Kinder wesentlich schutzbedürftiger sind und sich vor allem auch nicht selbst schützen können, sich das Risiko Kinderleukämie zu entwickeln auch derart erhöht, dass das normalerweise gesetzliche Maßnahmen nach sich ziehen würde. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, dass der Grenzwert von 0,1µT auch auf bereits bestehende Gebäude ausgedehnt wird. In diesem Kontext wäre es sehr begrüßenswert, wenn zuständige Gesundheitsämter eine offizielle Warnung aussprechen würden. Während es nicht realistisch wäre, das gesamte elektrische Verbundnetz umbauen zu wollen, müssen kurzfristig Schritte eingeleitet und gefördert werden, um die Exposition gegenüber bestehenden Anlagen zu reduzieren - besonders an Orten, an denen Kinder viel Zeit verbringen.*

### **Weitere relevante Wirkungsdaten**

In Ergänzung zu den Aussagen des Bioinitiative Report betreffend einen Zusammenhang zwischen einer Langzeitexposition gegenüber niederfrequenten magnetischen Feldern und einem erhöhten Risiko für Alzheimer, ist eine Untersuchung aus der Schweiz von hoher Relevanz (Huss 2009). Im Zeitraum 2000 bis 2005 wurde die Schweizer Nationalkohorte (4,7 Mio. Personen) im Hinblick auf die Alzheimermortalität im Nahbereich von 220 kV und 380 kV Freileitungen untersucht. Dabei zeigte sich eine Zunahme des Risikos (Hazard Ratio) mit der Nähe zu den Leitungen sowie mit zunehmender Expositionsdauer. Für den Nahbereich bis zu 50 m zur Leitungssachse wurde nach mehr als 15-jähriger Exposition eine 2-fach erhöhte Alzheimermortalität HR 2,00 (1,21- 3,33) gegenüber der Referenzkategorie  $\geq 600$  m Distanz beobachtet.

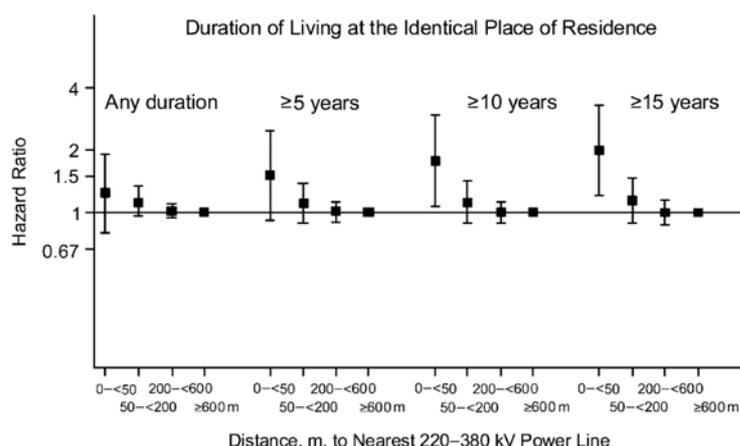


Abbildung 7: Mortalität für Morbus Alzheimer in Beziehung zur Nähe zu 220–380 kV Freileitungen, Schweiz, 2000–2005. Cox proportional hazard model für Personen die berichteten am Wohnort der Untersuchung im Jahr 2000 oder dem identen Ort für zumindest 5, 10, oder 15 Jahre gelebt zu haben.

Von Relevanz für die Beurteilung der kanzerogenen Wirkung magnetischer Wechselfelder ist die 2004 publizierte Arbeit einer Gruppe der Tierärztlichen Hochschule Hannover (Fedrowitz et al. 2004). Diese konnte klären, warum im Tierversuch die Arbeitsgruppe um Löscher bei weiblichen Ratten bei Induktion mittels DMBA (7,12-dimethylbenz(a)anthracene) jeweils ein signifikant erhöhtes Brustkrebsrisiko bei zusätzlicher Exposition gegenüber magnetischen Wechselfeldern fand (Baum et al. 1995, Mevissen et al. 1998, Thun-Battersby et al. 1999), eine andere Arbeitsgruppe um Anderson jedoch nicht (Anderson et al. 1999, Boorman et al. 1999a, Boorman et al. 1999b, Anderson et al. 2000). Die Erklärung liegt in der genetisch unterschiedlichen Empfindlichkeit der verwendeten Rattenstämme. Dies wurde in einer weiteren Arbeit (Fedrowitz und Löscher 2006) unter Ausdehnung auf andere Rattenstämme vertieft und bestätigt.

Bisher wurden die unterschiedlichen Ergebnisse aus diesen Tierversuchen als unschlussig bezeichnet und für die Einstufung nicht herangezogen. Mit der nun

vorliegenden Klärung erhalten die Ergebnisse aus Tierversuchen einen neuen Stellenwert. In Zusammenschau mit den Ergebnissen zu Chromosomenschäden im Tierversuch (Lai und Singh 2004), siehe nächster Absatz, ist eine Einstufung als definitives Karzinogen für den Menschen angezeigt.

Eine 2004 publizierte Untersuchung (Lai und Singh 2004) zeigte signifikant mehr Chromosomenbrüche in Hirnzellen von Ratten, die über 24 Stunden einem magnetischen Wechselfeld von 10  $\mu\text{T}$ , 60Hz Sinus, ausgesetzt waren. Eine Verdoppelung der Befeldungsdauer auf 48 Stunden zeigte noch stärkere Effekte im Sinne eines kumulativen Effekts. In einem zweiten Versuch wurde der mögliche Wirkmechanismus untersucht. Dazu wurden Ratten 2 Stunden einem magnetischen Wechselfeld von 500  $\mu\text{T}$  ausgesetzt. Ratten, die vor der Befeldung Trolox (Vitamin E Analogon), 7-Nitroindazole (Stickstoffoxidsynthesehemmer) oder Deferiprone (Eisenchelatbildner) erhielten, zeigten keine Chromosomenschäden. Die Autoren (Lai und Singh 2004) nehmen an, dass eine akute Exposition gegenüber magnetischen Wechselfeldern über einen eisenabhängigen Prozess, wie z.B. die Fentonreaktion, die direkte Bildung von freien Radikalen sowie die Bildung indirekt über eine Stoffwechsellkaskade und das Stickstoffmonoxid (NO) auslöst.

Als einer der zentralen pathophysiologischen Mechanismen in der Entstehung und Entwicklung von chronischen Krankheiten sowie Krebs hat sich in den letzten Jahren der Bereich der reaktiven Sauerstoffspezies (ROS) und reaktiven Stickstoffspezies (RNS), die im folgenden unter dem Begriff „freie Radikale“ zusammengefasst werden, etabliert. Freie Radikale sind hochreaktive Stoffwechselprodukte, die endogen (Mitochondrien, Cytochrom P450, Makrophagen, Peroxisomen) und exogen (Eisen und Kupfer via Fenton Reaktion, ionisierende Strahlung) entstehen und in einer ständigen Balance mit antioxidativen Regelungsvorgängen stehen. Wenn die antioxidativen Kontrollmechanismen erschöpft oder überfordert sind, verlagert sich das Redoxgleichgewicht der Zelle in Richtung oxidativer Stress mit der Folge eines

erhöhten Potentials für eine Schädigung der DNA im Zellkern, der DNA der Mitochondrien, von Lipiden und Proteinen. Nichtreparierte Schäden an der DNA können zu Mutationen und in weiterer Folge zu einem erhöhten Krebsrisiko führen. Neben der direkten Schädigung der Kern- und Mitochondrien-DNA können auch Interaktionen mit DNA-Reparaturmechanismen zu oxidativen Schäden führen. Weiters beeinflussen freie Radikale Zellsignalwege für die Kontrolle des Zellwachstums und können auch auf diesem Weg die Entstehung von Krebs beeinflussen. Die durch freie Radikale ausgelöste Modifikation der Genexpression hat direkte Auswirkung auf die Zellteilung und den Zelluntergang (Apoptose). DNA-Schäden, Mutationen und veränderte Genexpression sind Schritte im Prozess der Krebsentstehung (Touyz 2004, Young und Woodside 2001, Klauning und Kamendulis 2004).

Ein wichtiger Faktor im Hinblick auf krebsunterdrückende Effekte ist die Rolle des Melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamine) mit seinen vielfältigen Funktionen. Melatonin wird unter anderem als Neurohormon bei Dunkelheit in der Zirbeldrüse produziert. Es hat eine wichtige Rolle in zahlreichen physiologischen und pathophysiologischen Prozessen wie etwa der Regulation des Tag-Nacht-Rhythmus, antioxidative und immunmodulierende Funktionen. Melatonin hat krebsunterdrückende Effekte etwa bei Brustkrebs, Prostatakrebs, Eierstockkrebs, Hautkrebs, Leukämie und Leberkrebs (Büyükcavci et al. 2006, Henshaw und Reiter 2005, Blask et al. 1999).

Es besteht ausreichende, schlüssige und vernetzte Evidenz aus Zellversuchen (Ahuja et al. 1999, Ivancsits et al. 2002, Ivancsits et al. 2003, Ivancsits et al. 2005, Winker 2005, Moretti et al. 2005, Wolf et al. 2005) und Tierversuchen (Beniashvili et al. 1991, Lai und Singh 1997a, Lai und Singh 1997b, Mevissen et al. 1998, Thun-Battersby et al. 1999, Svedenstal et al. 1999, Lai und Singh 2004, Fedrowitz et al. 2004, Fedrowitz und Löscher 2006), dass magnetische Wechselfelder im Wege freier Radikale zum Teil im

Verbund mit Melatonin unter anderem zu Schäden an der DNA führen können (Übersichten siehe Simko und Mattson 2004, Henshaw und Reiter 2005, Simko 2007). Einige dieser Arbeiten konnten dosisabhängige Zusammenhänge zeigen.

Die zusammenfassende Arbeit von Simko aus dem Jahr 2007 gibt dabei einen aktuellen Überblick und wird im Folgenden die Zusammenfassung ausgeführt:

*„Aktuelle Laborforschung hat versucht, allgemeine biologische Wirkungen zu zeigen und solche, die mit der Entwicklung von Krebs und / oder Förderung von Krebs zusammenhängen können. Metabolische Prozesse, die Oxidantien und Antioxidantien erzeugen, können durch Umweltfaktoren, wie ELF-EMF beeinflusst werden. Erhöhte ELF-EMF-Exposition kann die Aktivität des Organismus durch reaktive Sauerstoffspezies, die zu oxidativem Stress führen modifizieren. Es ist etabliert, dass freie Radikale mit DNA interagieren können, und dies zu Einzelstrangbrüche führt. DNA-Schäden können ein Ort der Mutation werden - ein zentraler Schritt bei der Krebsentstehung. Des Weiteren reagieren verschiedenen Zelltypen unterschiedlich auf den gleichen Reiz, aufgrund ihres zelltypspezifischen Redoxzustandes. Die Modulation der zellulären Redox-Balance durch die Erhöhung von oxidativen Zwischenprodukten oder die Hemmung oder Reduktion von Antioxidantien, wird in diesem Beitrag diskutiert. Ein weiterer Aspekt der freien Radikale ist ihre Funktion andere Erkrankungen wie Parkinson und Alzheimer-Krankheit zu beeinflussen. Auf der anderen Seite kann die Modulation von Antioxidantien durch ELF-EMF die intrazelluläre Verteidigungsaktivität senken und die Entwicklung von DNA-Schäden fördern. Es wurde auch gezeigt, dass niedrige Konzentrationen von reaktiven Sauerstoffspezies intrazelluläre Signale auslösen, die die Transkription von Genen umfassen und zu Reaktionen einschließlich der Zellproliferation und Apoptose führen. In diesem Beitrag wird ein allgemeiner Überblick über oxidativen Stress gegeben, als auch werden experimentelle Studien überprüft, soweit diese im Zusammenhang mit Veränderungen im Oxidantien- und Antioxidantien-Gehalt nach ELF-EMF-Exposition stehen und unterschiedliche biologische Wirkungen auslösen. Abschließend folgern wir von unserer Übersichtsarbeit, dass*

*Modulationen des Oxidantien- und Antioxidantienspiegels bei ELF-EMF-Exposition eine kausale Rolle bei der Krebsentstehung spielen kann.“*

Epidemiologische Untersuchungen zeigen, dass die Exposition gegenüber magnetischen Wechselfeldern unter anderem mit einer Risikoerhöhung für bestimmte Krebsformen und neurodegenerativen Krankheiten einhergehen können (Übersichten siehe Stevens und Davis 1996, Erren 2001, IARC 2001, CDH 2001, Henshaw und Reiter 2005). Ebenso besteht Evidenz, dass magnetische Wechselfelder die Wirkung von Tamoxifen (Therapeutikum für Brustkrebs) an Brustkrebszellen in vitro hemmen können (Blackman et al. 2001, Ishido et al. 2001, Girgert et al. 2005).

Bis vor kurzem erfolgte die Bestimmung der Exposition gegenüber magnetischen Wechselfeldern in der Regel als Mittelwert. Die im Jahr 2000 publizierten Ergebnisse aus Kalifornien zeigten erstmals einen Zusammenhang zwischen Fehlgeburten und dem erhobenen Maximalwert. Die beiden epidemiologischen Untersuchungen, eine Fall-Kontroll-Studie (Lee et al. 2002) und eine prospektive Kohortenstudie (Li et al. 2002), zeigten einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Fehlgeburten in den ersten 20 Schwangerschaftswochen und den mittels Personendosimeter über 24 Stunden gemessenen magnetischen Wechselfeldern (60Hz), und zwar mit den gemessenen Spitzenwerten im Bereich 1,6 $\mu$ T und darüber, jedoch nicht mit den erhobenen Mittelwerten. Das 25.Perzentil betrug 1,6 $\mu$ T – das bedeutet, dass 75% der Frauen gegenüber Magnetfeldspitzen von 1,6 $\mu$ T und mehr exponiert waren. Diese und weitere Daten führten im Rahmen der Studie des California Department of Health (CDH 2002) zur Einstufung eines möglichen Zusammenhangs zwischen Fehlgeburten und magnetischen Wechselfeldern. Aus Sicht des Autors sollte diesen möglichen Zusammenhängen vermehrte Beachtung geschenkt und präventive Schritte gesetzt werden.

### Daten, die sich speziell auf die Frequenz 16 2/3 Hz beziehen

Ein etabliertes Wirkungsmodell für EMF sind die Zusammenhänge mit den für die intrazelluläre Signalübertragung unverzichtbaren Kalziumionen-Aktivitäten. Hier zeigt sich etwa für den Bereich der Frequenz 16Hz ein Zusammenhang zwischen den Kalziumionen-Aktivitäten und der Intensität der magnetischen Flussdichte (Blackman et al. 1982).

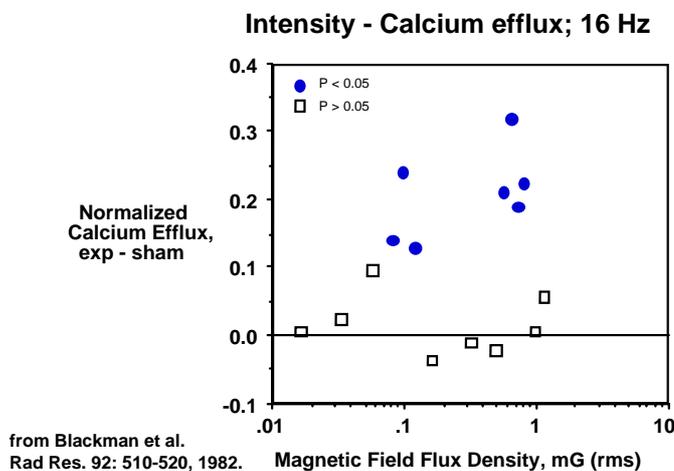


Abbildung 8: Kalziumionen-Aktivitäten in Hühnerhirnpräparaten als Funktion der Intensität des 16Hz Magnetfelds. Zwischen 28 und 32 Proben wurden pro Intensität verwendet, um Werte nach Exposition und Scheinexposition zu erhalten. Es gibt zwei gut definierte Intensitätsbereiche, die statistisch signifikante Unterschiede der Kalziumionen-Aktivitäten ergaben. (Anmerkung: 1mG = 0,1µT)

Neben der Beeinflussung der Kalziumionen-Aktivitäten durch EMF kommt den Auswirkungen auf den Melatoninspiegel eine große Bedeutung zu. Dieser hängt unter anderem von der Lichtstärke am Tag, in der Nacht, der geomagnetischen Aktivität (magnetisches Gleichfeld der Erde) und technischen Magnetfeldern

(magnetische Wechselfelder 60Hz) am Tag wie auch in der Nacht ab (Burch et al. 1999).

In einer Studie an 108 Eisenbahnbediensteten in der Schweiz wurde der Zusammenhang zwischen der Melatoninproduktion (erfasst über die Ausscheidung des Melatoninmetaboliten 6-Hydroxymelatonin sulfat = 6-OHMS) und der Höhe des 16 2/3 Hz Magnetfeldes des Bahnstroms untersucht. Die Expositionshöhe betrug 1  $\mu$ T bis 20  $\mu$ T. Die abendlichen 6-OHMS Werte waren um den Faktor 0,81 (95%CI: 0,73-0,90) an Arbeitstagen gegenüber freien Tagen verringert, jedoch nicht bei der Kontrollgruppe. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese, dass die Exposition gegenüber 16 2/3 Hz Magnetfeldern die Ausscheidung von 6-OHMS vermindert. Eine alternative Erklärung, die in dieser Studie nicht ausgeschlossen werden kann, ist, dass der Unterschied zwischen Exponierten und Kontrollen auf Grund unterschiedlicher Lichtexposition am Tag zu Stande kam (Pfluger et al. 1996).

Burch untersuchte Zusammenhänge zwischen der Exposition niederfrequenter magnetischer Wechselfelder (60Hz), der Lichtstärke und dem Melatoninspiegel über 3 x 24 Stunden bei Arbeitern eines Elektrizitätswerkes. Unter Berücksichtigung der Lichtexposition fanden sich Zusammenhänge zwischen verschiedenen Expositionsparametern des Magnetfeldes sowohl am Arbeitsplatz als auch zu Hause und einer verringerten Melatoninausscheidung im Harn. Die stärksten Effekte zeigten sich, wenn die Exposition am Arbeitsplatz und zu Hause kombiniert war (Burch et al. 1998).

In einer epidemiologischen Untersuchung wurde die Inzidenz (Neuaufreten) von ausgewählten Krebsarten in den Jahren 1961 bis 1979 bei schwedischen Eisenbahnern untersucht (Floderus et al. 1995). Die Studie wurde in zwei Dekaden aufgeteilt, mit erhöhten relativen Risiken (RR) in der ersten Dekade. In der ersten Dekade zeigte die kombinierte Gruppe von Lokführern und Schaffnern ein RR für chronisch

lymphatische Leukämie von 1,9 (95%CI: 0,9-4,0), für akute myeloische Leukämie von 1,4 (0,4-4,3) und bei Lymphomen von 1,0 (0,5-1,9). Für alle Hirntumoren war das RR 1,2 (0,8-1,9), mit einem höheren Risikoschätzer für unter 30 Jährige RR = 12,2 (2,8-52,5). Drei Fälle von Brustkrebs RR = 4,9 (1,6-11,8) und neun Fälle von Zirbeldrüsentumoren RR = 3,2 (1,6-6,2), traten unter Lokführern und Schaffnern auf. Die Arbeit in Zügen bringt hohe Expositionen gegenüber niederfrequenten magnetischen Feldern mit sich. Die Ergebnisse unterstützen die Hypothese der Beziehung zwischen EMF und verschiedenen Krebsarten.

Eine Sonderauswertung der EMF II-Studie, (Schüz et al. 2001) erbrachte in der Diktion der Autoren eine mäßige (moderate) aber statistisch nicht signifikante Beziehung zwischen  $16 \frac{2}{3}$  Hz Magnetfeldern und kindlicher Leukämie. Die Autoren sehen diese Arbeit als erste Studie, die der Frage bei der Bahnstromfrequenz von  $16 \frac{2}{3}$  Hz nachging – wenn auch diese Studie nur auf wenigen exponierten Fällen beruhte. Die Autoren folgern, dass diese Studie ein kleines Risiko nicht ausschließen könne, jedoch das zuordenbare Risiko (Anmerkung: gemeint ist das bevölkerungszuordenbare Risiko, nicht das individuelle Risiko) sehr gering sein muss. Die Auswertung zeigte bei einem Magnetfeld (Median über 24 Stunden) von über  $0,2 \mu\text{T}$  ein OR von 1,91 (95 % CI: 0,41-8,89).

Im Zuge von Bewertungen von gesundheitlichen Risiken von niederfrequenten elektromagnetischen Feldern ist es grundsätzlich zulässig bzw. sachlich geboten, neben Untersuchungen, die den Frequenzbereich  $16 \frac{2}{3}$  Hz untersucht haben, auch Untersuchungen zum Frequenzbereich 50 Hz bzw. 60 Hz heranzuziehen wenn in beiden Frequenzbereichen Arbeiten mit vergleichbaren biologischen bzw. gesundheitlichen Effekten vorliegen, was im Bereich  $16 \frac{2}{3}$  Hz und 50/60 Hz gegeben ist. So hat sich in der Untersuchung von Schüz (Schüz 2001) bei einer Exposition gegenüber magnetischen Flussdichten mit  $16 \frac{2}{3}$  Hz von mehr als  $0,2 \mu\text{T}$  (als Median über 24 Stunden) ein OR von 1,91 (95 % CI: 0,41-8,89) ergeben, und liegt

im Bereich der Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen mit Expositionen gegenüber magnetischen Flussdichten von 50 Hz.

Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC 2002) hat 2002 den gesamten Frequenzbereich der extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF) wozu neben 50/60 Hz auch die Frequenz von 16 2/3 Hz zählt, als mögliches Humankarzinogen eingestuft. Eine unterschiedliche Beurteilung der Frequenzen 16 2/3 Hz und 50 Hz, wie sie in der ICNIRP Richtlinie 1998 bzw. der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 vorgenommen wird, von 300  $\mu$ T für 16 2/3 Hz bzw. 100  $\mu$ T für 50 Hz, also einem Faktor 3 unterschiedliche Beurteilung ist für Langzeitexpositionen nicht ableitbar.

Im Hinblick auf eine quantitative Beurteilung sind in erster Linie epidemiologische Daten heranzuziehen, bei denen die Expositionsfehlklassifikation minimiert ist und die statistisch methodisch bestmöglich Auskunft über eine Expositions-Wirkungs-Beziehung geben.

### **Public Health Impact magnetischer Wechselfelder für kindliche Leukämien**

Unter Heranziehung der auf geometrischen (Albom et al. 2000) bzw. arithmetischen (Greenland et al. 2000) Mittelwerten basierten gepoolten Analysen magnetischer Wechselfelder ergeben sich nach den ELF Environmental Health Criteria (WHO 2007) basierend auf Expositionsdaten für Deutschland (Brix et al. 2001, Schüz et al. 2001) eine "population attributable risk fraction" von 0,7 % (Albohm et. al 2000) bzw. 3 % (Greenland et al. 2000). Diese Auswertung berücksichtigt nur Expositionen in Kategorien mit Mittelwerten über 0,3 bzw. 0,4  $\mu$ T und führt aus methodischen Überlegungen zu einer erheblichen Unterschätzung. Basierend auf den Ergebnissen des New York State Powerline Projektes wurde unter Heranziehung der Denver Daten (Savitz et al. 1988) von (Carpenter und Albohm 1988) (zit. in Bioinitiative 2007) der Risikoanteil durch magnetische Wechselfelder im Siedlungsbereich (residential) auf 10-15 % ermittelt. Unter Heranziehung weiterer Quellen (non residential) vor

allen elektrischer Geräte wurde der Anteil mit 20-30% angenommen. Unter der Annahme einer log-normal Verteilung der Exposition und unter Heranziehung der Daten von (Albohm et al. 2000) errechnete sich mit Hilfe einer Monte Carlo Simulation ein Risikoanteil von bis zu 80 % (Kundi 2007). Diese Größenordnungen wären vergleichbar mit den von (Milham und Ossiander 2001) ermittelten Risikoanteilen.

Aus Public Health Perspektive ergibt sich jedenfalls die Notwendigkeit vorsorglich eine Begrenzung der Exposition der Bevölkerung einzuleiten bzw. diese soweit begonnen fortzuführen.

### **Zielwertaspekte**

Die epidemiologische Forschung hat in einer Vielzahl von Studien eine Risikoerhöhung im Zusammenhang mit erhöhten Expositionen beobachten können. Bias, Confounding oder Zufall können dieses Risikomuster, das bei unterschiedlichen Studien in unterschiedlichen Populationen gefunden wurde, nicht plausibel erklären (Greenland 2005).

Die epidemiologische Evidenz bekommt zusätzliche Unterstützung durch den Nachweis von Chromosomenbrüchen *in vitro* und *in vivo* sowie von Brustkrebs bei Ratten im DMBA-Modell. Die gegenwärtig verfügbare Wirkungsevidenz weist unter anderem ein erhöhtes Leukämierisiko bei Werten von 0,2 und 0,3  $\mu\text{T}$  sowie in einzelnen Arbeiten auch darunter nach. In einem ersten Ansatz wird daher die Begrenzung der Gesamtimmission durch magnetische Wechselfelder auf einen Zielwert von 0,1 $\mu\text{T}$  als Mittelwert über 24 Stunden vorgeschlagen. Dieser Vorschlag deckt sich mit dem von der „Bioinitiative Working Group“ vorgeschlagenen Empfehlungswert (BioInitiative 2007).

An dieser Stelle wird festgehalten, dass die Feststellung eines möglichen, wahrscheinlichen oder definitiven kausalen Zusammenhanges zwischen Ursache und Wirkung ein lückenloses Wirkmodell nicht voraussetzt.

## 1.10 Definition von Gesundheit und Wohlbefinden

„Gesundheit ist nicht nur Freisein von Krankheit, sondern ein Zustand völligen körperlichen, psychischen und sozialen Wohlbefindens“. Dieser Gesundheitsbegriff der Weltgesundheitsorganisation sollte als Zielvorstellung angesehen werden.

Um diesem Ziel nahe zukommen und dem Motto „Gesundheit für alle bis zum Jahr 2000“ gerecht zu werden, hat die von der WHO ins Leben gerufene erste internationale Konferenz zur Gesundheitsförderung am 21. November 1986 die Ottawa Charta verabschiedet, die u.a. folgende Ziele verfolgt:

„Gesundheitsförderung zielt auf einen Prozess, allen Menschen ein höheres Maß an Selbstbestimmung über ihre Gesundheit zu ermöglichen und sie damit zur Stärkung ihrer Gesundheit zu befähigen. Um ein umfassendes körperliches, seelisches und soziales Wohlbefinden zu erlangen, ist es notwendig, dass sowohl einzelne als auch Gruppen ihre Bedürfnisse befriedigen, ihre Wünsche und Hoffnungen wahrnehmen und verwirklichen sowie ihre Umwelt meistern, bzw. sie verändern können. In diesem Sinne ist die Gesundheit als ein wesentlicher Bestandteil des alltäglichen Lebens zu verstehen und nicht als vorrangiges Lebensziel. Gesundheit steht für ein positives Konzept, das die Bedeutung sozialer und individueller Ressourcen für die Gesundheit ebenso betont, wie die körperlichen Fähigkeiten. Die Verantwortung für Gesundheitsförderung liegt deshalb nicht nur beim Gesundheitssektor, sondern bei allen Politikbereichen und zielt über die Entwicklung gesünderer Lebensweisen hinaus auf die Förderung von umfassendem Wohlbefinden.“

Um eine medizinische Beurteilung hinsichtlich der Auswirkung verschiedener Immissionen vornehmen zu können, wurden von Haider et al. (Haider 1984) Begriffsdefinitionen erarbeitet, die im Folgenden modifiziert wiedergegeben sind.

## **Gefährdung des Lebens**

Eine drohende Gefahr für das Leben liegt vor, wenn nach den Erfahrungen der medizinischen Wissenschaften eine Exposition eines Menschen gegenüber Noxen (gefährlichen Immissionen)

- nach ihrer Art
- nach ihrer Intensität
- nach ihrer Dauer
- nach Häufigkeit ihres Auftretens
- den Tod eines Menschen als adäquate Wirkung mit hoher Wahrscheinlichkeit hervorruft.

## **Gesundheitsschädigung**

Als gesundheitsschädigend gilt eine Exposition gegenüber Immissionen, die Krankheitszustände, Organschäden oder krankhafte organische bzw. funktionelle Veränderungen, die die situationsgemäße Variationsbreite von Körper- und Organformen bzw. -funktionen signifikant überschreiten, herbeigeführt hat oder nach den Erfahrungen der medizinischen Wissenschaften mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten lässt.

## **Gesundheitsgefährdung**

Als gesundheitsgefährdend gilt eine Exposition gegenüber Immissionen, durch die nach den Erfahrungen der medizinischen Wissenschaft die Möglichkeit besteht, dass Krankheitszustände, Organschäden oder unerwünschte organische oder funktionelle Störungen, die die situationsgemäße Variationsbreite von Körper- und Organformen bzw. -funktionen signifikant überschreiten, bei Einzelpersonen oder Personengruppen auftreten. Eintrittswahrscheinlichkeit und Ausmaß des Schadensereignisses bestimmen die Höhe des Risikos einer Gesundheitsgefährdung.

## **Belästigung**

Belästigung ist ein Gefühl des Unbehagens, welches durch Immissionen oder Umstände hervorgerufen wird, denen nach Ansicht des Wirkungsempfängers meist negative Auswirkungen auf sich selbst, andere Individuen oder Gruppen zugeschrieben werden. Die Wahrnehmung einer Immission an sich stellt noch keine Belästigung dar. Neben dem persönlichen Erleben sind vor allem soziale Interaktionen von wesentlicher Bedeutung für die Verarbeitung der empfundenen Belästigung. Bei ungenügender Konfliktverarbeitung im Rahmen der initialen Angriffs- oder Fluchtreaktion kann eine Sensibilisierung und/oder zunehmende Aggression oder aber Resignation und/oder Depression auftreten.

Unzumutbar ist eine Belästigung, wenn sie zu erheblichen Störungen des Wohlbefindens, zu psychosomatischen Beschwerden bzw. zu funktionellen oder organischen Veränderungen führen kann oder über das ortsübliche Ausmaß hinausgeht, wobei in diesem Fall wegen der bestehenden Erwartungshaltung auch die für die Widmung von Liegenschaften maßgebenden Vorschriften zu berücksichtigen sind.

## 2. Gutachten

Der gefertigte Gutachter wurde am 19. April 2012 von der Stadtgemeinde Leonding, Stadtplatz 1, 4060 Leonding, vertreten durch HASLINGER/NAGELE & PARTNER, RECHTSANWÄLTE GMBH, 1010 Wien, Mülkerbastei 5, mit der Erstellung eines umweltmedizinisches Fachgutachtens zur Frage der Auswirkungen elektromagnetischer Felder des Vorhabens der ÖBB „Viergleisiger Ausbau der Westbahn Linz Hbf-Westseite inklusive Linzer Lokalbahn (LILO) (km 188.639 – km 190.890) auf die Stadtgemeinde Leonding im Hinblick auf eine Gesundheitsgefährdung betraut.

Die Beurteilung erfolgt hierbei für das stromabhängige magnetische Wechselfeld (16 2/3 Hz), da zum Einen elektrische Wechselfelder von Gebäuden stark gemindert werden und zum Anderen die wissenschaftliche Datenlage bei magnetischen Wechselfeldern im Gegensatz zu den elektrischen Wechselfeldern im Hinblick auf Langzeitwirkungen sehr gut ist.

Zweck des Vorhabens ist der Umbau des Westkopfs des Hauptbahnhofs Linz (Richtung Salzburg) zur Einbindung der künftig viergleisigen Westbahn (HL-Strecken 1 und 2) in den Linzer Hauptbahnhof von km 188.639 – km 190.890, also über eine Länge von 2,251 km.

Der Fachbeitrag „Elektromagnetische Felder“ des Einreichprojektes [U3] hat für 130 Objekte (Wohn- und Betriebsgebäude) im Nahbereich des Vorhabens die Immissionen für elektrische und magnetische Wechselfelder unterschieden nach Bestand und Ausbau berechnet. Die gegenständliche umweltmedizinische Beurteilung beschränkt sich auftragsgemäß auf das Gebiet der Stadtgemeinde

Leonding, das über eine Länge von rund 486 m am westlichen Ende des Vorhabens betroffen ist. Von den berechneten 130 Objekten liegen 32 Objekte (davon 31 Wohnobjekte) in der Stadtgemeinde Leonding. Die höchsten Immissionen durch magnetische Wechselfelder, angegeben als magnetische Flussdichten, ergeben sich beim Objekt Nr. 51, Grundstücksnummer 815/1, 45306 KG Leonding (Wohngebäude, Klimtstraße 10, 4060 Leonding) sowohl für den Bestand als auch den Ausbau. Für den 24-Stunden-Mittelwert ergeben sich für den Bestand Immissionen von 1,2  $\mu\text{T}$  bzw. für den Ausbau von 3,6  $\mu\text{T}$ . Dies entspricht einer Erhöhung um den Faktor 3 bzw. umgerechnet 200 Prozent.

Diese Erhöhung um 200 % ist aus umweltmedizinischer Sicht als deutlich einzustufen, da schon derzeit sowohl der in Österreich in aktuellen UVP-Verfahren herangezogene Beurteilungswert von 1  $\mu\text{T}$  (als Maximalwert beim n-1 Kriterium) als auch der vom gefertigten Gutachter vorgeschlagene und fachlich im Kapitel 1.9 (Aktueller umweltmedizinischer Stand des Wissens bei magnetischen Wechselfeldern) umfangreich begründete Beurteilungswert von 0,1  $\mu\text{T}$  für den 24-Stunden-Mittelwert überschritten wird.

Als gesundheitsgefährdend gilt nach (Haider et al. 1984) eine Exposition gegenüber Immissionen, durch die nach den Erfahrungen der medizinischen Wissenschaft die **Möglichkeit** besteht, dass Krankheitszustände, Organschäden oder unerwünschte organische oder funktionelle Störungen, die die situationsgemäße Variationsbreite von Körper- und Organformen bzw. -funktionen signifikant überschreiten, bei Einzelpersonen oder Personengruppen auftreten. Eintrittswahrscheinlichkeit und Ausmaß des Schadensereignisses bestimmen die Höhe des Risikos einer Gesundheitsgefährdung.

Im Jahr 2002 hat die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) eine für die Bewertung von Krebsrisiken für den Menschen spezialisierte Einrichtung der

Weltgesundheitsorganisation, niederfrequente magnetische Wechselfelder aufgrund epidemiologischer Untersuchungen über kindliche Leukämien im Zusammenhang mit der Exposition gegenüber niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern, als **möglicherweise** krebserregend für den Menschen eingestuft. Dabei ergab sich bei Expositionen gegenüber magnetischen Flussdichten von 0,3 bzw. 0,4  $\mu\text{T}$  als 24-Stunden-Mittelwert eine Verdoppelung des Leukämierisikos bei Kindern.

Werte von derzeit 1,2  $\mu\text{T}$  bzw. künftig bis zu 3,6  $\mu\text{T}$  als 24-Stunden-Mittelwert lassen aus Sicht des gefertigten Gutachters bei Langzeitexposition ein deutlich erhöhtes Risiko für verschiedene auch schwere Krankheiten erwarten und sind nach dem Stand der umweltmedizinischen Wissenschaften als Gesundheitsgefährdung zu beurteilen. Eine Minimierung des Gesundheitsrisikos sollte sich in jenen Bereichen, in denen sich Menschen dauerhaft aufhalten, an einem Beurteilungswert von 0,1  $\mu\text{T}$  als 24-Stunden-Mittelwert orientieren.

#### **Stellungnahme zur Beurteilung des Bereiches elektromagnetische Felder in der UVE bzw. im UVP Gutachten der Behörde (BMVIT)**

Die Beurteilung der elektromagnetischen Felder im Fachbeitrag Humanmedizin der UVE [U2] und in der zusammenfassenden Bewertung der Umweltauswirkungen [U4] orientiert sich an dem Referenzwert von 300  $\mu\text{T}$  der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 und schließt darauf aufbauend eine gesundheitliche Gefährdung aus.

Dazu ist festzustellen, dass die Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 aus dem Jahr 2006 auf Basis der ICNIRP-Richtlinie aus dem Jahr 1998 erstellt wurde und unter anderem von der Österreichischen Ärztekammer im Begutachtungsverfahren aufgrund fachlicher Bedenken, die im Kapitel 1.9 angeführt sind, beeinsprucht wurde. Im Kern behandelt die Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 keine Langzeitexpositionen und ist daher für die Frage einer Exposition im Wohnbereich ungeeignet.

Zentrale Publikationen zur Frage von Langzeitwirkungen sind:

- Die Einstufung der **International Agency for Research on Cancer (IARC 2002)**, die niederfrequente magnetische Wechselfelder aufgrund von epidemiologischen Studien über kindliche Leukämien als möglicherweise krebserregend für den Menschen einstuft (Einstufungs-Gruppe 2B). In den Auswertungen waren Expositionen von kleiner 0,1  $\mu\text{T}$  als Referenzgruppe definiert, Expositionen über 0,3  $\mu\text{T}$  bzw. 0,4  $\mu\text{T}$  jeweils als 24-Stunden-Mittelwerte zeigte eine Verdoppelung des Risikos.
- Von der **kalifornischen Gesundheitsbehörde** (California Department of Health 2002) wurden in einem zehnjährigen wissenschaftlichen Programm Risiken durch elektrische und magnetische Felder bei Stromleitungen, Hausinstallationen, Elektroarbeitsplätzen und -geräten ermittelt. Expositionen gegenüber niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern wurden mit nachfolgenden Krankheitsendpunkten in Verbindung gesehen: Leukämie beim Kind (möglich bis definitiv), Leukämie beim Erwachsenen (möglich bis definitiv), Hirntumor beim Erwachsenen (möglich), Fehlgeburt (möglich) sowie Amyotrophe Lateralsklerose (möglich). Hirntumor beim Kind, Brustkrebs, Alzheimer, Selbstmord und plötzlicher Herztod wurden hinsichtlich der Evidenz als inadäquat klassifiziert.
- 2007 wurde der **Bioinitiative Working Group Report** (Bioinitiative 2007) publiziert. Er dokumentiert biologische Effekte, Gesundheitseffekte und Public Health Schlussfolgerungen zu den Auswirkungen nicht-ionisierender Strahlung – hier insbesondere zu niederfrequenten magnetischen Wechselfeldern und Hochfrequenzstrahlung. Im Folgenden werden einige der für magnetische Wechselfelder zutreffenden Kernaussagen aus dem Bericht angeführt:
- *Es gibt kaum Zweifel daran, dass die Expositionen gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern Kinderleukämie verursacht.*

- *Laut einer Studie haben Kinder die an Leukämie erkrankt sind und sich in Rekonvaleszenz befinden schlechtere Überlebenschancen, wenn sie zu Hause (oder wo sie sich zur Genesung aufhalten) magnetischen Wechselfeldern zwischen 0,1  $\mu\text{T}$  und 0,2  $\mu\text{T}$  ausgesetzt sind. Laut einer anderen Studie bei einer Exposition von mehr als 0,3  $\mu\text{T}$ .*
- *Die Befunde aus Studien zu beruflich exponierten Frauen machen es sehr wahrscheinlich, dass chronische Expositionen durch niederfrequente magnetische Felder von 1  $\mu\text{T}$  und darüber einen Risikofaktor für Brustkrebs bei Frauen darstellen.*
- *Die Alzheimer-Krankheit ist eine Erkrankung des Nervensystems. Es gibt überzeugende Belege dafür, dass Langzeitexpositionen gegenüber niederfrequenten magnetischen Feldern einen Risikofaktor für Alzheimerkrankheit darstellen.*
- *Sowohl die Exposition gegenüber niederfrequenten Magnetfeldern als auch hochfrequenter Strahlung kann unter bestimmten Bedingungen als erbgutschädigend (die DNA schädigend) eingestuft werden. Dies gilt auch für Expositionen unterhalb bestehender Grenzwerte.*
- *Angesichts der umfassenden Untersuchungen zu Kinderleukämierisiken und den damit verbundenen Magnetfeldexpositionen sowie angesichts der relativ übereinstimmenden Befunde, dass Expositionen im Bereich zwischen 0,2  $\mu\text{T}$  und 0,4  $\mu\text{T}$  mit einem erhöhten Risiko für Kinder verbunden sind, wird für Neubauten in Wohngebieten ein Grenzwert von 0,1  $\mu\text{T}$  empfohlen. Obgleich es schwierig und teuer ist, bestehende Wohnungen so zu sanieren, dass 0,1  $\mu\text{T}$  nicht überschritten wird, ist dieser Richtwert ebenfalls für bestehende Wohnungen und Orte anzustreben, an denen sich Kinder und schwangere Frauen dauerhaft aufhalten.*
- *Während neue Grenzwerte für den Niederfrequenzbereich entwickelt und eingeführt werden, wäre es vernünftig, einen Planungsgrenzwert anzustreben: 0,1  $\mu\text{T}$  für Wohnbereiche in der Umgebung von allen neuen und aufgerüsteten Stromversorgungsleitungen und 0,2  $\mu\text{T}$  für alle anderen neuen Anlagen. Außerdem wird für Bereiche, in denen sich Kinder und/oder schwangere Frauen dauerhaft aufhalten, empfohlen, einen Vorsorgewert von 0,1  $\mu\text{T}$  einzuführen. Diese Empfehlung beruht auf der Annahme, dass Kinder wesentlich schutzbedürftiger sind und sich vor allem auch nicht selbst schützen können, sich das Risiko Kinderleukämie zu entwickeln auch derart erhöht, dass das normalerweise gesetzliche Maßnahmen nach sich ziehen würde. Aus diesem Grund ist es besonders wichtig, dass der Grenzwert von 0,1  $\mu\text{T}$  auch auf bereits bestehende Gebäude ausgedehnt wird. In diesem Kontext wäre es sehr begrüßenswert, wenn zuständige Gesundheitsämter eine offizielle Warnung aussprechen würden. Während es nicht realistisch wäre, das gesamte elektrische Verbundnetz umbauen zu wollen, müssen kurzfristig Schritte eingeleitet und gefördert werden, um die Exposition gegenüber bestehenden Anlagen zu reduzieren - besonders an Orten, an denen Kinder viel Zeit verbringen.*

Im Zuge der öffentlichen UVP-Erörterung am 8. Mai 2012 haben die beiden humanmedizinischen Sachverständigen Dr. Manfred Neuberger und Univ. Prof. Dr. Christian Vutuc ausgeführt, dass elektromagnetische Felder die von der gegenständlichen Bahnlinie ausgehen, aufgrund deren niedrigeren Frequenzen weniger schädlich seien. Auch stehe auf der Ebene der ICNIRP bei 50 Hz Feldern eine Erhöhung des Wertes von 100  $\mu\text{T}$  auf 200  $\mu\text{T}$  bevor.

Dazu wird seitens des unterfertigen Gutachters wie folgt Stellung genommen:

Im Zuge von Bewertungen von gesundheitlichen Risiken von niederfrequenten elektromagnetischen Feldern ist es grundsätzlich zulässig bzw. sachlich geboten, neben Untersuchungen, die den Frequenzbereich 16 2/3 Hz untersucht haben, auch Untersuchungen zum Frequenzbereich 50 Hz bzw. 60 Hz heranzuziehen, wenn in beiden Frequenzbereichen Arbeiten mit vergleichbaren biologischen bzw. gesundheitlichen Effekten vorliegen, was im Bereich 16 2/3 Hz und 50/60 Hz gegeben ist. So hat sich in der Untersuchung von Schüz (Schüz 2001) bei einer Exposition gegenüber magnetischen Flussdichten mit 16 2/3 Hz von mehr als 0,2  $\mu\text{T}$  (als Median über 24 Stunden) ein OR von 1,91 (95 % CI: 0,41-8,89) ergeben und liegt im Bereich der Ergebnisse epidemiologischer Untersuchungen mit Expositionen gegenüber magnetischen Flussdichten von 50 Hz.

Die Internationalen Agentur für Krebsforschung (IARC 2002) hat 2002 den gesamten Frequenzbereich der extremely low frequency magnetic fields (ELF-MF), wozu neben dem Bereich von 50/60 Hz auch die Frequenz von 16 2/3 Hz zählt, als mögliches Humankarzinogen eingestuft. Eine unterschiedliche Beurteilung der Frequenzen 16 2/3 Hz und 50 Hz, wie sie in der ICNIRP Richtlinie 1998 bzw. der Vornorm ÖVE/ÖNORM E 8850 vorgenommen wird, von 300  $\mu\text{T}$  für 16 2/3 Hz bzw. 100  $\mu\text{T}$  für 50 Hz, also eine unterschiedliche Beurteilung um den Faktor 3 ist für Langzeitexpositionen nicht ableitbar.

Im Hinblick auf eine quantitative Beurteilung sind in erster Linie epidemiologische Daten heranzuziehen, bei denen die Expositionsfehlklassifikation minimiert ist und die statistisch methodisch bestmöglich Auskunft über eine Expositions-Wirkungs-Beziehung geben.

ICNIRP hat 2010 (ICNIRP 2010) den Bereich niederfrequenter Felder überarbeitet und dabei ua auch die Richtwerte für magnetische Felder geändert. Im Frequenzbereich 16 2/3 Hz wurde der Wert von 300  $\mu\text{T}$  beibehalten, im Frequenzbereich 50 bzw. 60 Hz wurde der Richtwert von 100  $\mu\text{T}$  auf 200  $\mu\text{T}$  angehoben.

Von zentraler Bedeutung für die Einordnung der ICNIRP Empfehlung 1998 und 2010 ist, dass Langzeitexpositionen durch die in ihr enthaltenen Richtwerte nicht abgedeckt sind.

## Zusammenfassung

Zusammenfassend wird aus umweltmedizinischer Sicht festgestellt, dass durch das Vorhaben „Viergleisiger Ausbau der Westbahn Linz Hbf-Westseite inklusive Linzer Lokalbahn (LILO) (km 188.639 – km 190.890)“ die magnetischen Flussdichten im Siedlungsbereich der Stadtgemeinde Leonding, definiert als 24-Stunden-Mittelwert, deutlich ansteigen würden. Beim derzeit am stärksten betroffenen Wohngebäude, Objekt Nr. 51, Grundstücksnummer 815/1, 45306 KG Leonding, Klimtstraße 10, 4060 Leonding, ergeben sich für den Bestand Immissionen von 1,2  $\mu\text{T}$  bzw. für den Ausbau von 3,6  $\mu\text{T}$ . Dies entspricht einer Erhöhung um das Dreifache.

Diese Erhöhung ist aus umweltmedizinischer Sicht als deutlich einzustufen, da schon derzeit sowohl der in Österreich in aktuellen UVP-Verfahren herangezogene Beurteilungswert von 1  $\mu\text{T}$  (als Maximalwert beim n-1 Kriterium) als auch der vom gefertigten Gutachter vorgeschlagene und fachlich im Kapitel 1.9 (Aktueller umweltmedizinischer Stand des Wissens bei magnetischen Wechselfeldern) umfangreich begründete Beurteilungswert von 0,1  $\mu\text{T}$  für den 24-Stunden-Mittelwert massiv überschritten wird. Damit liegt sowohl bei der Ist-Situation, als auch verschärfend im Ausbaufall, eine Gesundheitsgefährdung von Bewohnern im Nahbereich des Vorhabens vor.

Der ärztliche Gutachter:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Gerd Oberfeld', with a long horizontal stroke extending to the right.

Dr. med. univ. Gerd Oberfeld

Salzburg, am 17. Mai 2012

### 3. Literaturverzeichnis

Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockerty J, Linet M, McBride M, Michaelis J, Olsen JH, Tynes T, Verkasalo PK. 2000. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer*. 2000 Sep;83(5):692-8

Ahuja YR, Vijayashree B, Saran R, Jayashri EL, Manoranjani JK, Bhargava SC. 1999. In vitro effects of low-level, low-frequency electromagnetic fields on DNA damage in human leucocytes by comet assay. *Indian J Biochem Biophys*. 1999 Oct;36(5):318-22.

Anderson LE, Boorman GA, Morris JE, Sasser LB, Mann PC, Grumbein SL, Hailey JR, McNally A, Sills RC, Haseman JK. 1999. Effect of 13 week magnetic field exposures on DMBA-initiated mammary gland carcinomas in female Sprague-Dawley rats. *Carcinogenesis*. 1999 Aug;20(8):1615-20

Anderson LE, Morris JE, Sasser LB, Loscher W. 2000. Effects of 50- or 60-hertz, 100 microT magnetic field exposure in the DMBA mammary cancer model in Sprague-Dawley rats: possible explanations for different results from two laboratories. *Environ Health Perspect*. 2000 Sep;108(9):797-802

Baum A, Mevissen M, Kamino K, Mohr U, Loscher W. 1995. A histopathological study on alterations in DMBA-induced mammary carcinogenesis in rats with 50Hz, 100 muT magnetic field exposure. *Carcinogenesis*. 1995 Jan;16(1):119-25

Beniashvili DS, Bilanishvili VG, Menabde MZ. 1991. Low-frequency electromagnetic radiation enhances the induction of rat mammary tumors by nitrosomethyl urea. *Cancer Lett*. 1991 Dec 9;61(1):75-9

BioInitiative Working Group Report, URL: [www.bioinitiative.org](http://www.bioinitiative.org), accessed 31.8.2007

Blackman CF, Benane SG, Kinney LS, Joines WT, House DE. 1982. Effects of ELF fields on calcium-ion efflux from brain tissue in vitro; *Radiat Res*, Dec;92(3):510-20.

Blackman, C.F. 1985. The biological influences of low-frequency sinusoidal electromagnetic signals alone and superimposed on RF carrier waves, in: *Interaction between Electromagnetic Fields and Cells*, (A. Chiabrera, C. Nicolini, and H. P. Schwan, eds), NATO ASI Series A97, Plenum, New York, 521-535

Blackman CF, Benane SG, House DE. 2001. The influence of 1.2 microT, 60Hz magnetic fields on melatonin- and tamoxifen-induced inhibition of MCF-7 cell growth. *Bioelectromagnetics*. 2001 Feb;22(2):122-8

Blask DE, Sauer LA, Dauchy RT, Holowachuk EW, Ruhoff MS, Kopff HS. 1999. Melatonin inhibition of cancer growth in vivo involves suppression of tumor fatty acid metabolism via melatonin receptor-mediated signal transduction events. *Cancer Res*. 1999 Sep 15;59(18):4693-701

Boorman GA, Anderson LE, Morris JE, Sasser LB, Mann PC, Grumbein SL, Hailey JR, McNally A, Sills RC, Haseman JK. 1999a. Effect of 26 week magnetic field exposures in a DMBA initiation-promotion mammary gland model in Sprague-Dawley rats. *Carcinogenesis*. 1999 May;20(5):899-904

Boorman GA, McCormick DL, Findlay JC, Hailey JR, Gauger JR, Johnson TR, Kovatch RM, Sills RC, Haseman JK. 1999b. Chronic toxicity/oncogenicity evaluation of 60Hz (power frequency) magnetic fields in F344/N rats. *Toxicol Pathol*. 1999 May-Jun;27(3):267-78

Burch JB, Reif JS, Yost MG, Keefe TJ, Pitrat CA; Nocturnal excretion of a urinary melatonin metabolite among electric utility workers. *Scand J Work Environ Health* 1998 Jun;24(3):183-9.

Burch, J.B., Reif, J.S. and Yost, M.G. 1999. Geomagnetic disturbances are associated with reduced nocturnal excretion of melatonin metabolite in humans. *Neurosci Lett* 266(3):209-212.

Buyukavci M, Ozdemir O, Buck S, Stout M, Ravindranath Y, Savasan S. 2006. Melatonin cytotoxicity in human leukemia cells: relation with its pro-oxidant effect. *Fundam Clin Pharmacol*. 2006 Feb;20(1):73-79.

California Department of Education 2004. Electromagnetic Field Setback Exemption Protocol <http://www.cde.ca.gov/ls/fa/sf/emfstbckprotocol.asp>

California Department of Health (CDH). 2002. An Evaluation of the Possible Risks From Electric and Magnetic Fields (EMFs) From Power Lines, Internal Wiring, Electrical Occupations and Appliance; California department of health; Final Report June 2002. [www.dhs.ca.gov/ehib/emf/RiskEvaluation/riskeval.html](http://www.dhs.ca.gov/ehib/emf/RiskEvaluation/riskeval.html)

Draper G, Vincent T, Kroll ME, Swanson J. 2005. Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study. *BMJ*. 2005 Jun 4;330(7503):1290

- Erren TC. 2001. A meta-analysis of epidemiologic studies of electric and magnetic fields and breast cancer in women and men. *Bioelectromagnetics*. 2001;Suppl 5:S105-19
- Fedrowitz M, Kamino K, Loscher W. 2004. Significant differences in the effects of magnetic field exposure on 7,12-dimethylbenz(a)anthracene-induced mammary carcinogenesis in two substrains of Sprague-Dawley rats. *Cancer Res*. 2004 Jan 1;64(1):243-51
- Fedrowitz M, Loscher W. 2006. Power Frequency Magnetic Fields Increase Cell Proliferation in the Mammary Gland of Female Fischer 344 Rats but Not Various Other Rat Strains or Substrains. *Oncology*. 2006 Jan 16;69(6):486-498
- Floderus B, Tornqvist S, Stenlund C. 1995. Incidence of selected cancers in Swedish railway workers, 1961-79; *Bioelectromagnetics* 1995;16(1):48-59.
- Foliart DE, Pollock BH, Mezei G, Iriye R, Silva JM, Ebi KL, Kheifets L, Link MP, Kavet R. 2006. Magnetic field exposure and long-term survival among children with leukaemia. *Br J Cancer*. 2006 Jan 16;94(1):161-4.
- Girgert R, Schimming H, Korner W, Grundker C, Hanf V. 2005. Induction of tamoxifen resistance in breast cancer cells by ELF electromagnetic fields. *Biochem Biophys Res Commun*. 2005 Nov 4;336(4):1144-9
- Green LM, Miller AB, Agnew DA, Greenberg ML, Li J, Villeneuve PJ, Tibshirani R. 1999a. Childhood leukemia and personal monitoring of residential exposures to electric and magnetic fields in Ontario, Canada. *Cancer Causes Control*. 1999 Jun;10(3):233-43
- Greenland S, Sheppard AR, Kaune WT, Poole C, Kelsh MA. 2000. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group. *Epidemiology*. 2000 Nov;11(6):624-34
- Greenland, S. (2005), Multiple-bias modelling for analysis of observational data. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 168: 267-306. doi: 10.1111/j.1467-985X.2004.00349.x
- Haider M; Möse J R; Eder J; Strauss G; Neuberger M. 1984. Empfehlungen für die Verwendung medizinischer Begriffe im Rahmen umwelthygienischer Beurteilungsverfahren. In: *Mitt. d. Österr. San. Verw.* 85, Jg. 12, S. 277-279, Wien.
- Henshaw DL, Reiter RJ. 2005. Do magnetic fields cause increased risk of childhood leukemia via melatonin disruption? *Bioelectromagnetics*. 2005;Suppl 7:S86-97

Huss A, Spoerri A, Egger M, Rössli M; Swiss National Cohort Study. 2009. Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population. *Am J Epidemiol*. 2009 Jan 15;169(2):167-75. Epub 2008 Nov 5.

ICNIRP 1998. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys*. 1998 Apr;74(4):494-522.

ICNIRP 2010. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz). *Health Phys*. 2010 Dec;99(6):818-36.

International Agency for Research on Cancer (IARC). 2002. Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields, VOL. 80 (2002), IARC, Lyon.

Ishido M, Nitta H, Kabuto M. 2001. Magnetic fields (MF) of 50Hz at 1.2 microT as well as 100 microT cause uncoupling of inhibitory pathways of adenylyl cyclase mediated by melatonin 1a receptor in MF-sensitive MCF-7 cells. *Carcinogenesis*. 2001 Jul;22(7):1043-8

Ivancsits S, Diem E, Jahn O, Rudiger HW. 2003. Intermittent extremely low frequency electromagnetic fields cause DNA damage in a dose-dependent way. *Int Arch Occup Environ Health*. 2003 Jul;76(6):431-6

Ivancsits S, Diem E, Pilger A, Rudiger HW, Jahn O. 2002. Induction of DNA strand breaks by intermittent exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields in human diploid fibroblasts. *Mutat Res*. 2002 Aug 26;519(1-2):1-13

Ivancsits S, Pilger A, Diem E, Jahn O, Rudiger HW. 2005. Cell type-specific genotoxic effects of intermittent extremely low-frequency electromagnetic fields. *Mutat Res*. 2005 Jun 6;583(2):184-8

Kabuto M, Nitta H, Yamamoto S, Yamaguchi N, Akiba S, Honda Y, Hagihara J, Isaka K, Saito T, Ojima T, Nakamura Y, Mizoue T, Ito S, Eboshida A, Yamazaki S, Sokejima S, Kurokawa Y, Kubo O. 2006. Childhood leukemia and magnetic fields in Japan: A case control study of childhood leukemia and residential power-frequency magnetic fields in Japan, *Int. J Cancer*: 199,643-650.

Klaunig JE, Kamendulis LM. 2004. The role of oxidative stress in carcinogenesis. *Annu Rev Pharmacol Toxicol*. 2004;44:239-67.

Lai H and Singh N P. 1997a. Acute exposure to a 60Hz magnetic field increases DNA strand breaks in rat brain cells. *Bioelectromagnetics*. 1997;18(2):156-65

Lai H and Singh N. 1997b. Melatonin and N-tert-butyl-alpha-phenylnitronone block 60-Hz magnetic field-induced DNA single and double strand breaks in rat brain cells. *J Pineal Res.* 1997 Apr;22(3):152-62

Lai H, Singh NP. 2004. Magnetic-field-induced DNA strand breaks in brain cells of the rat. *Environ Health Perspect.* 2004 May;112(6):687-94

Lee GM, Neutra RR, Hristova L, Yost M, Hiatt RA. 2002. A nested case-control study of residential and personal magnetic field measures and miscarriages. *Epidemiology.* 2002 Jan;13(1):21-31

Li DK, Odouli R, Wi S, Janevic T, Golditch I, Bracken TD, Senior R, Rankin R, Iriye R. 2002. A population-based prospective cohort study of personal exposure to magnetic fields during pregnancy and the risk of miscarriage. *Epidemiology.* 2002 Jan;13(1):9-20

Lowenthal RM, Tuck DM, Bray IC. 2007. Residential exposure to electric power transmission lines and risk of lymphoproliferative and myeloproliferative disorders: a case-control study. *Intern Med J.* 2007 Sep;37(9):614-9.

Mevissen M, Haussler M, Lerchl A, Loscher W. 1998. Acceleration of mammary tumorigenesis by exposure of 7,12-dimethylbenz(a)anthracene-treated female rats in a 50-Hz, 100-microT magnetic field: replication study. *J Toxicol Environ Health A.* 1998 Mar 13;53(5):401-18

Michaelis J, Schüz J, Meinert R, Menger M, Grigat JP, Kaatsch P, Kaletsch U, Miesner A, Stamm A, Brinkmann K, Karner H. 1997a. Childhood leukemia and electromagnetic fields: results of a population-based case-control study in Germany. *Cancer Causes Control.* 1997 Mar;8(2):167-74

Michaelis J, Schüz J, Meinert R, Zemann E, Grigat JP, Kaatsch P, Kaletsch U, Miesner A, Brinkmann K, Kalkner W, Karner H. 1997b. Combined risk estimates for two German population-based case-control studies on residential magnetic fields and childhood acute leukemia. *Epidemiology.* 1997 Jan;9(1):92-4

Milham S Jr. 1982. Mortality from leukemia in workers exposed to electrical and magnetic fields. *N Engl J Med.* 1982 Jul 22;307(4):249

Milham S, Ossiander EM. 2001. Historical evidence that residential electrification caused the emergence of the childhood leukemia peak. *Med Hypotheses.* 2001 Mar;56(3):290-5

Moretti M, Villarini M, Simonucci S, Fatigoni C, Scassellati-Sforzolini G, Monarca S, Pasquini R, Angelucci M, Strappini M. 2005. Effects of co-exposure to extremely low

frequency (ELF) magnetic fields and benzene or benzene metabolites determined in vitro by the alkaline comet assay. *Toxicol Lett.* 2005 Jun 17;157(2):119-28

National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Draft Report of NCRP Scientific Committee 89-3 on Extremely Low Frequency Electric and Magnetic Fields, June 13, 1995. <http://www.microwavenews.com/ncrp1.html>

National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS 1999). NIEHS Report on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields. NIH Publication No. 99-4493

Pfluger DH, Minder CE, Effects of exposure to 16.7 Hz magnetic fields on urinary 6-hydroxymelatonin sulfate excretion of Swiss railway workers; *J Pineal Res* 1996 Sep;21(2):91-100.

Reiter RJ. 1993. Static and extremely low frequency electromagnetic field exposure: reported effects on the circadian production of melatonin. *J Cell Biochem.* Apr. 51(4): S 394-403

Schüz J. 2002. Leukämie im Kindesalter und die Rolle von Umwelteinflüssen bei der Entstehung *Umweltmed Forsch Prax* 7 (6) 309-320 (2002)

Schüz J, Grigat JP, Brinkmann K, Michaelis J. 2001. Residential magnetic fields as a risk factor for childhood acute leukaemia: results from a German population-based case-control study. *Int J Cancer.* 2001 Mar 1;91(5):728-35

Schüz J, Grigat JP, Stormer B, Rippin G, Brinkmann K, Michaelis J. 2000. Extremely low frequency magnetic fields in residences in Germany. Distribution of measurements, comparison of two methods for assessing exposure, and predictors for the occurrence of magnetic fields above background level. *Radiat Environ Biophys.* 2000 Dec;39(4):233-40

Schüz J, Grigat JP, Brinkmann K, Michaelis J. 2001. Childhood acute leukaemia and residential 16.7 Hz magnetic fields in Germany, *Br J Cancer* 2001 Mar 2;84(5):697-9.

Simko M, Mattsson MO. 2004. Extremely low frequency electromagnetic fields as effectors of cellular responses in vitro: possible immune cell activation. *J Cell Biochem.* 2004 Sep 1;93(1):83-92

Simkó M. 2007. Cell type specific redox status is responsible for diverse electromagnetic field effects. *Curr Med Chem.* 2007;14(10):1141-52.

Steliarova-Foucher E, Stiller C, Kaatsch P, Berrino F, Coebergh JW, Lacour B, Parkin M. 2004. Geographical patterns and time trends of cancer incidence and survival among children and adolescents in Europe since the 1970s (the ACCISproject): an epidemiological study. *Lancet.* 2004 Dec 11-17;364 (9451):2097-105

- Stevens RG, Davis S. 1996. The melatonin hypothesis: electric power and breast cancer. *Environ Health Perspect.* 1996 Mar;104 Suppl 1:135-40
- Svendsen AL, Weihkopf T, Kaatsch P, Schuz J. 2007. Exposure to magnetic fields and survival after diagnosis of childhood leukemia: a German cohort study. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 16(6) 1167-1171.
- Thompson CJ, Yang YS, Anderson V, Wood AW. 2000. A cooperative model for Ca(++) efflux windowing from cell membranes exposed to electromagnetic radiation; in: *Bioelectromagnetics.* Sep; 21(6):455-64
- Thun-Battersby S, Mevissen M, Loscher W. 1999. Exposure of Sprague-Dawley rats to a 50-Hertz, 100-microTesla magnetic field for 27 weeks facilitates mammary tumorigenesis in the 7,12-dimethylbenz(a)-anthracene model of breast cancer. *Cancer Res.* 1999 Aug 1;59(15):3627-33
- Touyz RM. 2004. Reactive oxygen species, vascular oxidative stress, and redox signaling in hypertension: what is the clinical significance? *Hypertension.* 2004 Sep;44(3):248-52. Epub 2004 Jul 19.
- Wartenberg D. 1998. Residential magnetic fields and childhood leukemia: a meta-analysis. *Am J Public Health.* 1998 Dec;88(12):1787-94
- Wertheimer N, Leeper E. 1979. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol.* 1979 Mar;109(3):273-84
- Wertheimer N, Leeper E. 1982. Adult cancer related to electrical wires near the home. *Int J Epidemiol.* 1982 Dec;11(4):345-55
- WHO - World Health Organization 2007. Extremely low frequency fields. *Environmental Health Criteria*, Vol. 238. Geneva, World Health Organization
- Winker R, Ivancsits S, Pilger A, Adlkofer F, Rudiger HW. 2005. Chromosomal damage in human diploid fibroblasts by intermittent exposure to extremely low-frequency electromagnetic fields. *Mutat Res.* 2005 Aug 1;585(1-2):43-9.
- Wolf FI, Torsello A, Tedesco B, Fasanella S, Boninsegna A, D'Ascenzo M, Grassi C, Azzena GB, Cittadini A. 2005. 50-Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell proliferation and DNA damage: possible involvement of a redox mechanism. *Biochim Biophys Acta.* 2005 Mar 22;1743(1-2):120-9
- Young IS, Woodside JV. 2001. Antioxidants in health and disease. *J Clin Pathol.* 2001 Mar;54(3):176-86.