



Auto, Hybridauto

Datum:

26. Oktober 2016

Im Auto können relativ grosse niederfrequente Magnetfelder auftreten. Die Hauptquelle dafür sind magnetisierte Stahleinlagen in den Autoreifen, welche beim Fahren ein niederfrequentes Magnetfeld erzeugen. Zusätzlich erzeugen auch die Zündung, die Lichtmaschine, die Klimaanlage etc. Magnetfelder im Auto.



Hybridautos besitzen einen Verbrennungs- und einen Elektromotor. Das Antriebssystem wandelt die Bewegungsenergie, die beim Bremsen und beim Fahren im Leerlauf überschüssig wird, in elektrische Energie um. Der Elektromotor verwendet diese Energie und unterstützt damit den Verbrennungsmotor beim Antrieb des Fahrzeuges. Die Ströme, die dadurch im Stromkreis des Fahrzeuges fließen, erzeugen magnetische Felder.

Gesundheitliche Wirkungen

Die gesundheitlichen Auswirkungen bei langfristiger Belastung durch niederfrequente Magnetfelder sind noch mit Unsicherheiten behaftet. Kurzfristige Auswirkungen der Magnetfelder sind keine zu erwarten. Personen, welche im Sinne einer persönlichen Vorsorge die Magnetfeldbelastung klein halten wollen, können in der Schweiz in einigen spezialisierten Garagen die Autoreifen entmagnetisieren lassen.

Die in den Passagierräumen von zwei Hybridfahrzeugen gemessenen Magnetfelder, die vom Hybridantrieb verursacht wurden, liegen weit unter dem Grenzwert für bekannte gesundheitliche Auswirkungen.



1 Technische Daten

Auto

Verschiedene Bauteile im Auto benötigen elektrische Energie. Diese wird im Stillstand durch die Batterie und während der Fahrt durch die Lichtmaschine geliefert, welche mechanische Energie in Strom umwandelt. In den Strom führenden Leitungen und Bauteilen wird dabei ein niederfrequentes Magnetfeld erzeugt. Da das Chassis als Neutraleiter verwendet wird, fliesst auch durch dieses Strom, welcher ein niederfrequentes Magnetfeld erzeugt.

Die Stahleinlagen von Reifen sind, möglicherweise durch einen Herstellungsprozess, magnetisiert. Die magnetischen Reifen erzeugen beim Stillstand ein statisches und während der Fahrt ein niederfrequentes Magnetfeld. Die Frequenz des Magnetfeldes ist dabei abhängig von der Fahrgeschwindigkeit. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht der Quellen von elektromagnetischen Feldern im Auto. Neben der aufgezeigten Grundfrequenz treten auch Magnetfelder bei höheren Harmonischen (Vielfachen) der Frequenz auf. Als Referenz ist auch der von ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) empfohlene Grenzwert angegeben. Der Grenzwert hängt von der Frequenz des Magnetfeldes ab.

Tabelle 1: Verschiedene Magnetfeldquellen im Auto und ihre Grundfrequenz [1].

Quelle	Frequenz (Hz)	ICNIRP-Grenzwert (μT)
Sitzheizung	0	40'000
Autoreifen (80 km/h)	10-12	500
Ventilator	~15	334
Zündung	~35	143
Klimaanlage	~500	6,25
Benzinpumpe	~600	6,25
Lichtmaschine	~1200	6,25

Hybridautos

Hybridautos verfügen einen Verbrennungsmotor, der die hauptsächliche Antriebsarbeit übernimmt, sowie einen Elektromotor, der den Verbrennungsmotor dabei unterstützt. [^]

Im Unterschied zu konventionellen Autos wandeln Hybridautos die Energie, die beim Fahren nicht genutzt wird, in elektrische Energie um. Ungenutzte Energie entsteht beim Bremsen und beim Schubbetrieb, wenn das fahrende Auto mit eingekuppeltem Getriebe den Verbrennungsmotor mitdrehen lässt.

Das fahrende Auto treibt in diesen Fällen den Elektromotor an, der jetzt als Generator arbeitet. Der Elektromotor bzw. -generator wechselt somit je nach Fahrroute ständig zwischen Motorbetrieb mit Energieverbrauch und Generatorbetrieb mit Energieproduktion. Eine Batterie speichert die elektrische Energie. Sie ist wegen ihrer grossen Abmessungen oft im Kofferraum in der Nähe der Rücksitze eingebaut.

Der Elektromotor und die Batterie sind mit einem Elektrokabel verbunden. Die elektrischen Ströme,



die während der Fahrt in Motor, Kabel und Batterie fließen, erzeugen magnetische Felder. Da Kabel und Batterie in der Nähe des Passagierraumes liegen, besteht die Möglichkeit, dass ein Teil der Felder in den Passagierraum eindringt

2 Expositionsmessungen

Auto

In einer Studie [1] wurden die niederfrequenten Magnetfelder (5-2000 Hz) in sieben stehenden Autos mit laufendem Motor und Klimaanlage auf allen vier Sitzen bestimmt. Der Ganzkörperwert wurde durch eine gewichtete Summierung der Messungen im Bereich Knöchel, Knie, Becken, Brust und Kopf erhalten. Da die Messungen im Stillstand durchgeführt wurden, tragen die Reifen nichts zu diesen Magnetfeldern bei.

Tabelle 2: Magnetfeld (5-2'000 Hz) gemittelt über den Körper [1].

Magnetfeld (μT)	Auto 1	Auto 2	Auto 3	Auto 4	Auto 5	Auto 6	Auto 7
Sitz vorne links	0,11	0,12	0,15	0,22	0,14	2,6	3,2
Sitz vorne rechts	0,15	0,13	0,33	0,37	0,11	1,1	0,78
Sitz hinten links	0,04	0,06	0,03	0,03	0,06	2,4	4,0
Sitz hinten rechts	0,1	0,11	0,04	0,04	0,03	1,3	1,5

Bei den Autos, bei welchen sich die Batterie vorne befindet (Auto 1-5) sind die gemessenen Magnetfelder sehr klein. Höhere Werte wurden im Auto 6 und 7 gemessen. Bei diesen Autos befindet sich die Batterie im Kofferraum oder unter dem Rücksitz, weshalb der Strom aus der Lichtmaschine von vorne nach hinten geleitet werden muss. Dies erzeugt ein relativ starkes Magnetfeld, vor allem links im Auto. Beim linken Rücksitz wurde beim Fuss ein maximaler Magnetfeldwert von 14 μT gemessen.

Ein Vergleich mit den von ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) empfohlenen Grenzwerten [2] ist schwierig, da sich das gemessene Magnetfeld aus einzelnen Magnetfeldern mit unterschiedlichen Frequenzen und Grenzwerten (Tabelle 1) zusammensetzt

Autoreifen

Das BAG hat eine Studie in Auftrag gegeben, in welcher die von den Autoreifen erzeugten Magnetfelder bestimmt wurden. Da die niederfrequenten Magnetfelder beim Drehen der magnetischen Reifen entstehen, wurden Messungen in Autos durchgeführt, welche mit 80 km/h fahren. In 12 verschiedenen Autos wurden die Magnetfelder zwischen 5 und 2000 Hz gemessen (Tabelle 3) [3].

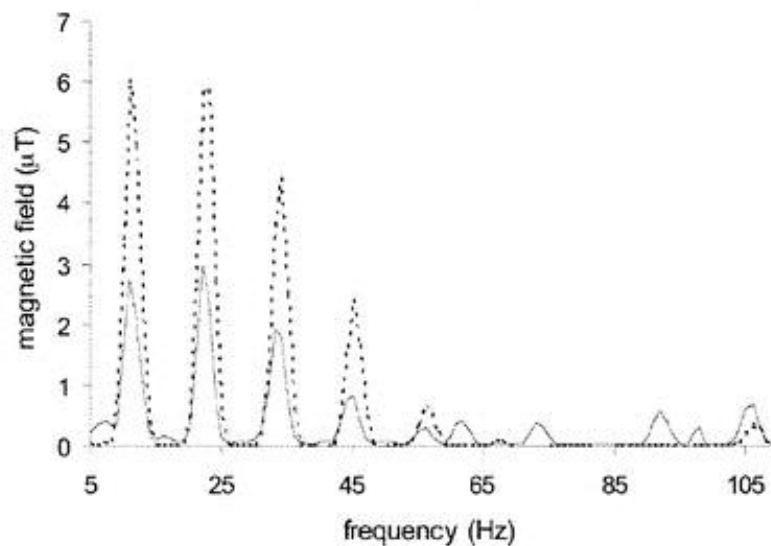


Tabelle 3: Spitzenwerte im Magnetfeldspektrum an verschiedenen Positionen in 12 fahrenden Autos bei 80 km/h [3].

Magnetfeld (μT)	Beckenbereich Fahrer	Kopfbereich Fahrer	Fussbereich Beifahrer	Rücksitz
Mittelwert	0,29	0,21	3,22	3,28
Standardabweichung	0,18	0,10	2,53	2,55
Maximum	0,73	0,45	8,89	9,51
Minimum	0,12	0,10	0,76	0,65

Hohe Werte wurden im Fussbereich des Beifahrersitzes und auf dem Rücksitz gemessen. In 2/3 der Autos wurden Werte über $2 \mu\text{T}$ gemessen, in $\frac{1}{4}$ der Autos Werte über $6 \mu\text{T}$.

Die Grundfrequenz der Magnetfelder ist 10 -12 Hz bei einer Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h. In Figur 1 ist zu sehen, dass jedoch auch höhere harmonische Frequenzen gemessen werden.



Figur 1: Typisches Magnetfeldspektrum in einem mit 80 km/h fahrenden Auto (Magnetfeld in Abhängigkeit der Frequenz). Gestrichelte Linie: Fussregion Beifahrersitz, durchgezogene Linie: Rücksitz. Quelle [3]

Eine gewichtete Summierung der spektralen Magnetfeldanteile zwischen 5 und 100 Hz zeigt, dass bei den 12 gemessenen Autos auf dem Rücksitz im Mittel 4%, maximal 6,9% des ICNIRP-Grenzwertes ausgeschöpft werden (Tabelle 4).



Tabelle 4: Gewichtete Summierung der spektralen Magnetfelder im Fahrgastraum von 12 fahrenden Autos gemäss ICNIRP. 100 % entspricht der Grenzwertempfehlung von ICNIRP [3]

Ausschöpfung des ICNIRP-Grenzwertes	Fussbereich Beifahrer	Rücksitz
Mittelwert	4,6 %	4,0%
Maximum	14,3 %	6,9 %
Minimum	1,0 %	0,4 %

In der gleichen Studie wurden auf einer Auswuchtmaschine die Magnetfelder von 32 Reifen mit verschiedenen Felgen gemessen. Die Frequenz der Magnetfelder hängen von der Drehzahl der Auswuchtmaschine ab. Die Magnetfelder zwischen 5 und 2000 Hz wurden im Abstand von 2 cm vom Rad gemessen (Tabelle 5). Die Magnetfelder der gemessenen Reifen zeigen eine breite Streuung zwischen 0,8 und 97 μ T.

Tabelle 5: Spitzenwerte der spektralen Magnetfelder von Autoreifen, gemessen auf einer Auswuchtmaschine mit 2 cm Abstand zur Reifenoberfläche [3].

Magnetfeld (μ T)	Alle Reifen (n=32)	Neue Reifen (n=13)	Benutzte Reifen (n=19)	Alufelgen (n=25)	Stahlfelgen (n=7)
Mittelwert	25,2	22,4	29,2	21,5	38,1
Standardabweichung	22,3	7,8	34,0	18,8	29,9
Maximalwert	97,0	33,9	97,0	97,0	71,9
Minimalwert	0,8	10,1	0,8	0,8	6,4

Entmagnetisierung von Autoreifen

In der vom BAG in Auftrag gegebenen Studie wurde auch eine Methode zur Entmagnetisierung der Autoreifen entwickelt [4]. Dabei wird in unmittelbarer Nähe des Autorades, welches auf einer Auswuchtmaschine rotiert, ein 50 Hz Feld mit einer Spule erzeugt. Die Spule wird langsam vom Autoreifen entfernt, womit das 50 Hz Feld beim Autoreifen reduziert und dieser entmagnetisiert wird. Mit dieser Methode konnten die Magnetfelder der Autoreifen dauerhaft stark reduziert werden [3] (Tabelle 6). Auch nach fünf Monaten Gebrauch waren die Magnetfelder noch stark reduziert.

Tabelle 6: Spitzenwerte der spektralen Magnetfelder von vier Autoreifen, gemessen auf einer Auswuchtmaschine mit 2 cm Abstand zur Reifenoberfläche. Kontrollmessungen nach 1 und 5 Monaten Benutzung der Reifen [3].

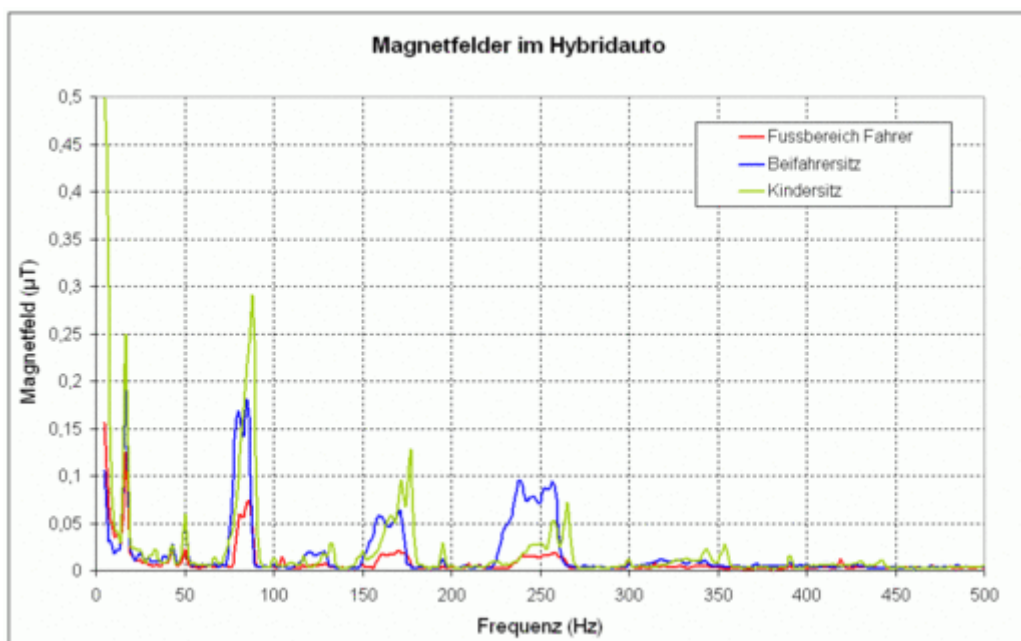
	Magnetfeld (μ T)
Vor Entmagnetisierung	11,7 \pm 3,1
Nach Entmagnetisierung	1,5 \pm 1,6
Kontrolle nach 1 Monat	1,1 \pm 0,9
Kontrolle nach 5 Monaten	1,4 \pm 1,5



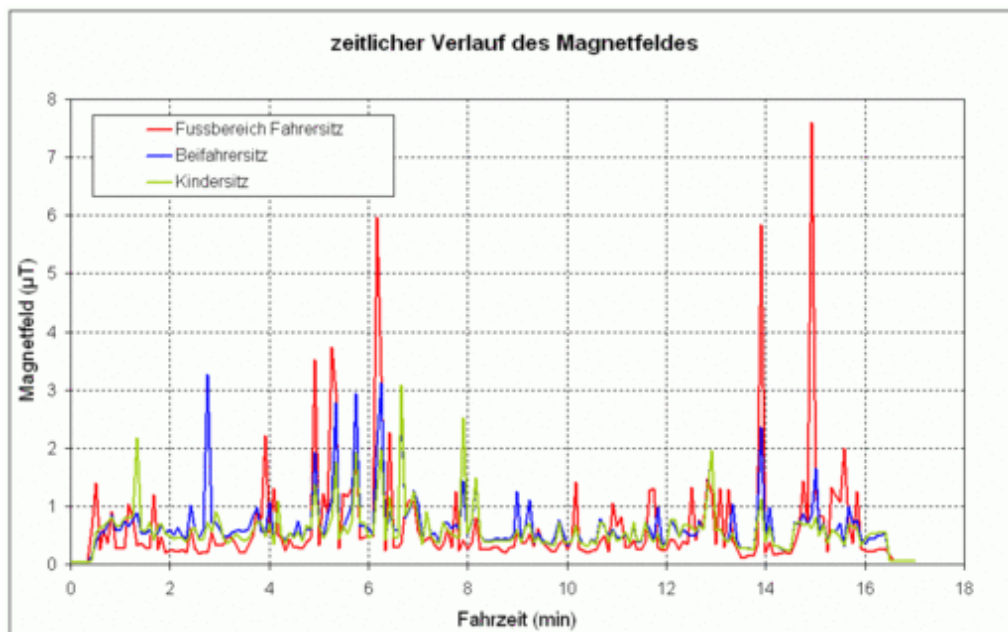
Hybridauto

Die Fachhochschule Biel hat im Auftrag des BAG die Magnetfelder im Passagierraum von zwei Hybridautos gemessen. Die Messungen erfolgten bei Fahrten in der Stadt Biel sowie im Labor unter definierten Fahrbedingungen. Die Messgeräte waren auf dem Beifahrersitz, im Fussbereich auf der Fahrerseite und auf Rückbank in einem Kindersitz platziert. Die Reifen der Fahrzeuge waren entmagnetisiert, um eine Verfälschung der Resultate durch magnetisierte Reifen auszuschliessen.

Hybridautos erzeugen ein Gemisch von Magnetfeldern mit Frequenzen zwischen 5 bis 500 Hertz (Figur 2). Die Stärke der Magnetfelder ändert sich laufend während der Fahrt und hängt stark von Fahr- und Bremsverhalten ab (Figur 3). Ihre Stärke ist bei beiden Fahrzeugen ähnlich. Die Magnetfelder auf dem Kindersitz liegen während der Fahrt zwischen 0,1 und 3 Mikrottesla, was einer Ausschöpfung des Grenzwertes von einem bis vier Prozent entspricht. Die Magnetfelder auf dem Beifahrersitz und im Fussbereich des Fahrersitzes liegen im Bereich der Magnetfelder der Kindersitze.



Figur 2 Frequenzabhängigkeit der niederfrequenten Magnetfelder im Innenraum eines Hybridautos in Bezug zum Grenzwert. Messung bei einem Zeitpunkt während einer Stadtfahrt. Messpunkte: Fussbereich Fahrersitz, Sitzfläche Beifahrersitz, Rückenlehne eines auf der Rückbank befestigten Kindersitzes.



Figur 3 Niederfrequente Magnetfelder im Innenraum eines Hybridautos während einer Stadtfahrt. Messpunkte: Fussbereich Fahrersitz, Sitzfläche Beifahrersitz, Rückenlehne eines auf der Rückbank befestigten Kindersitzes.

3 Gesundheitliche Auswirkungen

Zu gesundheitlichen Wirkungen von Magnetfeldern in Autos und Hybridautos wurden bis jetzt keine spezifischen Studien durchgeführt.

Niederfrequente Magnetfelder können den Körper durchdringen und dort elektrische Ströme erzeugen. Sind die Ströme zu gross, können unter Umständen Nerven des Zentralnervensystems kurzfristig erregt werden. Die Grenzwertempfehlungen der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) erlauben nur so grosse Magnetfelder, dass die erzeugten Ströme mindestens einen Faktor 50 unter der Erregbarkeitsschwelle des Zentralnervensystems liegen. Die Magnetfelder im Innenraum von Autos und Hybridautos sind viel kleiner als diese Grenzwertempfehlungen. Kurzfristige gesundheitliche Wirkungen sind daher keine zu erwarten.

Die internationale Krebsagentur (IARC) hat im Jahre 2002 statische und niederfrequente Magnetfelder als möglicherweise krebserregend (Gruppe 2B) eingestuft [5]. Dies aufgrund von epidemiologischen Studien, die darauf hindeuten, dass langfristige und dauerhafte Magnetfeldbelastungen im Niedrigdosisbereich von 1 µT oder sogar noch darunter (< 0,4 µT) das Risiko erhöhen könnten an Alzheimer-Demenz [6, 7] oder an Kinderleukämie [8, 9] zu erkranken.

In welchem Mass die niederfrequenten Magnetfelder in Autos zu solchen Langzeitbelastungen beitragen, kann nicht abgeschätzt werden.



4 Rechtliche Regelung

Es gibt keine Regelung für elektromagnetische Felder in Autos. Sinngemäss können die angegebenen ICNIRP-Grenzwerte [2] als Referenz genommen werden. Alle gemessenen Magnetfelder liegen unterhalb dieser Grenzwerte.



5 Literatur

1. Vedholm K, Hamnerius Y. Personal Exposure Resulting from Low Level Low Frequency Electromagnetic Fields in Automobiles. 1996. Department of Electromagnetics, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden.
2. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Phys. 1998;494-521. Siehe "Weitere Informationen"
3. Stankowski S et al. Low frequency magnetic fields induced by car tire magnetization. Health Phys 2006;90:148-53. Siehe "Weitere Informationen"
4. Kessi A et al. Entmagnetisierung von Fahrzeugreifen. 2004. HTI Bericht.
5. International agency for research on cancer (IARC). Non-Ionizing Radiation, Part 1: Static and Extremely Low-Frequency (ELF) Electric and Magnetic Fields. IARC Press Lyon, 2002.
6. Huss et al. Residence near power lines and mortality from neurodegenerative diseases: longitudinal study of the Swiss population. American Journal of Epidemiology. 169(2):167-75. 2009
7. Kheifets et al. Future needs of occupational epidemiology of extremely low frequency electric and magnetic fields: review and recommendations. Occupational and Environmental Medicine. 66(2):72-80. 2009
8. Kheifets et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. British Journal of Cancer. 103(7):1128-35. 2010
9. Ahlbom IC et al.; ICNIRP. Review of the epidemiologic literature on EMF and Health. Environ Health Perspect. 2001 Dec;109 Suppl 6:911-33.

Kontakt für Rückfragen

Bundesamt für Gesundheit BAG
emf@bag.admin.ch