



Berner Fachhochschule

Hochschule für  
Technik und Informatik Biel

Fachbereich Automobiltechnik

[www.hti.bfh.ch](http://www.hti.bfh.ch)

# ENTMAGNETISIEREN DER STAHLGÜRTEL VON FAHRZEUGREIFEN

---

DOKUMENTATION

V 1.2

19.08.2004



mit Unterstützung des Bundesamtes für Gesundheit BAG



Bundesamt  
für Gesundheit



## Verdankung

Diese Arbeit konnte dank dem freundlichen Entgegenkommen folgender Firmen ausgeführt werden:



ESA Burgdorf  
Maritzstrasse 47  
3401 Burgdorf

[www.esa.ch](http://www.esa.ch)

### **Auto-Besch AG**

Bözingenstrasse 100  
2502 Biel-Bienne

### **Garage du Jura SA**

J.Renferstrasse 1  
2504 Biel-Bienne

### **AMAG**

Auto und Motoren AG  
Neue Bernstrasse  
2555 Brugg

## Projektbetreuung:

### **Projektleiter**

Karl Meier-Engel  
Quellgasse 21  
2502 Biel

Tel.: 032 321 63 62  
e-mail: [karl.meier@hta-bi.bfh.ch](mailto:karl.meier@hta-bi.bfh.ch)

### **Projektingenieur**

Andreas Kessi  
Quellgasse 21  
2502 Biel

Tel.: 032 321 63 61  
e-mail: [andreas.kessi@hta-bi.bfh.ch](mailto:andreas.kessi@hta-bi.bfh.ch)

### **Berater für Physikalische Grundlagen**

Dr. Stefan Stankowski  
Quellgasse 21  
2502 Biel

Tel.: 032 321 64 04  
e-mail: [stefan.stankowski@hta-bi.bfh.ch](mailto:stefan.stankowski@hta-bi.bfh.ch)



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
2.1	Zweck	4
<b>3</b>	<b>Auftragsumschreibung</b>	<b>4</b>
3.1	Endprodukt	4
3.2	Zeitplan	4
<b>4</b>	<b>Entmagnetisierung</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Messungen der Reifen</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>Messaufbau</b>	<b>6</b>
6.1	Ausrüstung	6
6.2	Funktionsprinzip	6
6.3	Technische Daten	6
6.4	Geräte-Einstellungen	6
<b>7</b>	<b>Messungen im Fahrzeuginnern</b>	<b>7</b>
7.1	Messpunkte	7
7.2	Messstrecken	8
7.3	Fahrzeugliste	8
7.4	Messresultate	9
7.4.1	Ford Focus	9
7.4.1.1	Ausstattung	9
7.4.1.2	Bereifung	9
7.4.1.3	Diagramm	9
7.4.2	Opel Zafira	12
7.4.2.1	Ausstattung	12
7.4.2.2	Bereifung	12
7.4.2.3	Diagramm	12
7.4.3	VW Polo	15
7.4.3.1	Ausstattung	15
7.4.3.2	Bereifung	15
7.4.3.3	Diagramm	15
7.5	Analyse	18
7.5.1	Messwerte am Reifen	18
7.5.2	Im Innenraum	18
<b>8</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>19</b>
<b>10</b>	<b>Herstellerverzeichnis</b>	<b>19</b>
<b>11</b>	<b>Anhang</b>	<b>20</b>



## 1 Zusammenfassung

Die an der HTI Biel im Fachbereich Automobiltechnik entwickelte Methode zur Entmagnetisierung von Fahrzeugreifen erweist sich als sehr wirksam.

Das Magnetfeld aller Reifen wird durch die Entmagnetisierung auf einen Bruchteil reduziert.

Bei allen gemessenen Fahrzeugen erreichten die magnetischen Flussdichten bei der Drehfrequenz des Rades oder einem ganzzahligen Vielfachen, typischerweise unter 50 Hz ihren Spitzenwert. Die magnetisierten Reifen wiesen an den untersuchten Fahrzeugen Spitzenwerte am Reifen zwischen 90 $\mu$ T und 45 $\mu$ T auf. Die Spitzenwerte am Reifen wurden durch die Entmagnetisierung auf <4 $\mu$ T reduziert.

Die gemessenen Werte im Innenraum hängen von drei Faktoren ab: Dem Magnetfeld des Reifens, der Abschirmwirkung des Radkastenbleches und der Distanz zum Reifen.

In den untersuchten Fahrzeugen betragen die Spitzenwerte:

Bei magnetisierten Reifen <2.5 $\mu$ T

Bei entmagnetisierten Reifen <0.5 $\mu$ T

Die ICNIRP Werte sinken im Innenraum nach der Entmagnetisierung deutlich und bleiben unter 1.5% des gültigen Grenzwertes.

## Glossary

ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection
ICNIRP -Formel:	$\sum_{n=5}^8 \frac{B_n * n^2}{40000} + \sum_{n=9}^{200} \frac{B_n * n}{5000}$ <p>(<math>B_n</math> = Messwert in <math>\mu</math>T falls dieser ein Maximum im Spektrum darstellt) (<math>B_{n-1} &lt; B_n &gt; B_{n+1}</math>)</p>
Isotrop	In alle Richtungen gleiche Eigenschaften
Simultan	gleichzeitig, parallel verlaufend
Orthogonal	Rechtwinklig, senkrecht aufeinander stehend
Auswuchtmaschine	Einrichtung zum Messen der Unwucht an Fahrzeugrädern
Magnetische Flussdichte B	Magnetischer Fluss pro Flächeneinheit, (Zahl der Kraftlinien pro Fläche) Einheit: Tesla (T)



## 2 Einleitung

Die Fach- und Informationsstelle „Nichtionisierende Strahlung“ des Bundesamtes für Gesundheit befasst sich mit den Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf die Gesundheit der Bevölkerung. Da viele Menschen täglich einige Stunden im Automobil verbringen, werden vertiefte Kenntnisse über Art und Grösse der magnetischen Feldbelastung in Fahrzeugen benötigt. Es besteht der Verdacht, dass bereits tiefe Frequenzen unter 50Hz und Feldstärken über  $0.5\mu\text{T}$  bei längerer Einwirkung bei empfindlichen Menschen Beschwerden oder Krankheiten verursachen.

Im Rahmen einer Diplomarbeit [1] wurde festgestellt, dass die Fahrzeugelektrik nur eine geringe Abstrahlung von magnetischen Feldern erzeugt. Weitaus grössere magnetische Felder strahlen die Reifen ab. [3] [4]

### 2.1 Zweck

Diese Arbeit soll die bisherigen Erkenntnisse erhärten und die Wirksamkeit des im Fachbereich Automobiltechnik der HTI-Biel entwickelten Entmagnetisiergerätes [2] sowohl am Reifen wie auch im Fahrzeuginnern untersuchen.

## 3 Auftragsumschreibung

Messung niederfrequenter magnetischer Felder in Automobilen

- Die in den Messarbeiten „Messung von Magnetfeldern in Automobilen“ [3] und „Entmagnetisierung von Fahrzeugreifen“ [2] HTI-Biel Fachbereich Automobiltechnik 2003 (Meier, Kessi, Stankowski) erarbeiteten Resultate bezüglich niederfrequenter magnetischer Felder werden durch weitere Messungen an Automobilen untersucht. Es werden total 3 Fahrzeuge ausgemessen.
- Folgende Messungen werden zuerst mit definiert magnetisierten Reifen, danach mit entmagnetisierten Reifen im Fahrzeuginnern durchgeführt:
  1. Messung Stillstand bei abgestelltem Motor auf Beckenhöhe des Fahrers
  2. Messung bei 80 km/h im Fussraum Beifahrer
  3. Messung bei 80 km/h auf Beckenhöhe des Fahrers
  4. Messung bei 80 km/h auf Kopfhöhe des Fahrers
  5. Messung bei 80 km/h auf dem Rücksitz über dem Radkasten
- Messresultate grafisch darstellen
- Bericht über die Studie erstellen

### 3.1 Endprodukt

Folgendes Endprodukt muss abgeliefert werden:

- Schlussbericht mit graphischer Darstellung der Resultate, lesbar mit MS-Office-Tools
- Sämtliche Resultate, Graphiken und Berichte in elektronischer Form auf CD-Rom

### 3.2 Zeitplan

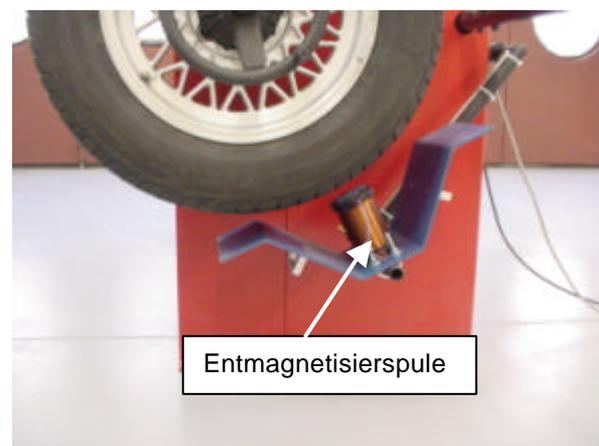
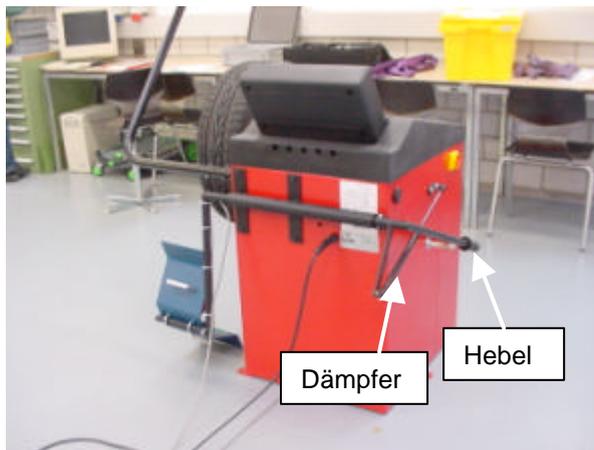
Beginn der Arbeiten: 01. März 2004  
Abschluss: 30. Juni 2004

## 4 Entmagnetisierung

Um das Magnetfeld der Reifen zu reduzieren, wurde das von der HTI-Biel Fachbereich Automobiltechnik entwickelte Entmagnetisiergerät eingesetzt. [2]

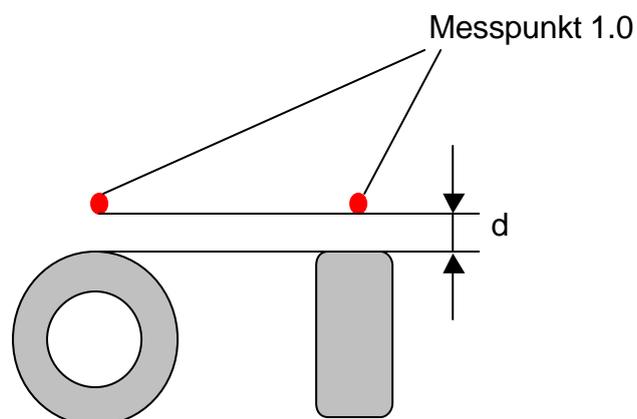
Es wurde an folgende Reifenauswuchtmaschine angebaut:

Marke:CEMB  
Typ:C 61 Z  
Serie:D  
Maschinen Nr.90061Z1D2/6



## 5 Messungen der Reifen

Zur Messung der magnetischen Flussdichte wurde der Messpunkt wie folgt definiert:



Messpunkt 1.0: Reifen ist auf Felge montiert, Rad dreht mit einer Drehzahl von ca.  $400\text{min}^{-1}$ , Messpunkt in der Mitte der Lauffläche mit einem Abstand  $d$  von 1 cm  
Zum Durchführen dieser Messung wird das Rad auf einer Reifen-Auswuchtmaschine aufgespannt.

## 6 Messaufbau

### 6.1 Ausrüstung

Zur Messung der magnetischen Flussdichte wurden folgende Geräte eingesetzt:

1. B-Feldsonde 100cm<sup>2</sup> BN 2245/90.10 Hersteller: Narda Safety Test Solution [A]  
Lieferant CH: Telemeter Electronic Ellighausen [B]
2. Electromagnetic Field Analysator EFA-200 Hersteller: Narda Safety Test Solution [A]  
Lieferant CH: Telemeter Electronic Ellighausen [B]
3. Notebook mit Datenaquisitions-Software EFA-200/-300

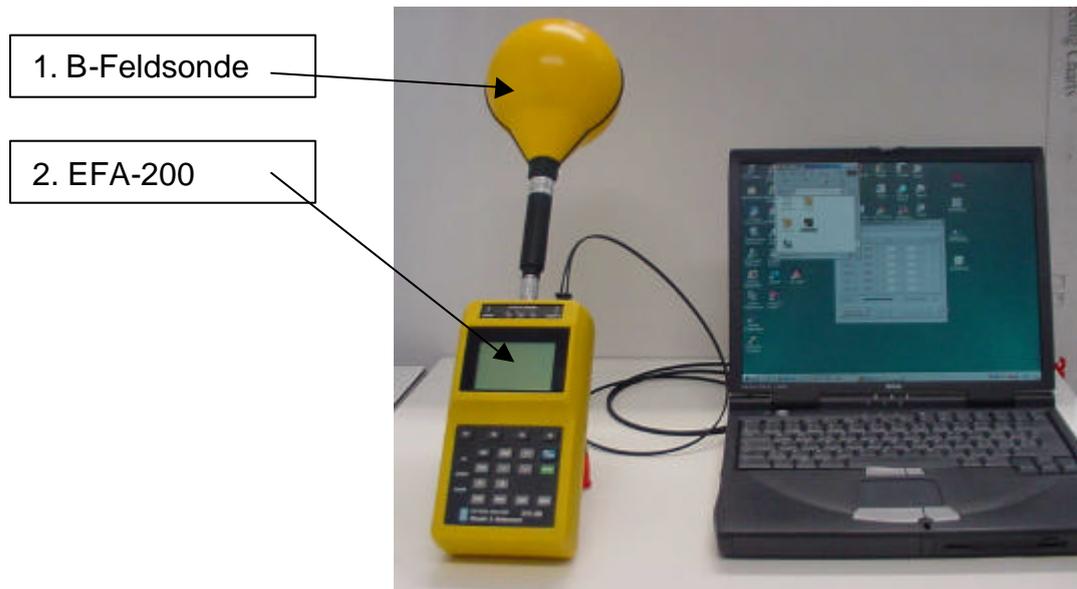


Bild1 Messaufbau

### 6.2 Funktionsprinzip

Zur Messung der magnetischen Flussdichte wird die in einer Messspule (Sonde) induzierte Spannung gemessen. Die Signalspannung wird digitalisiert und mit einem Digitalen Signalprozessor (DSP) ausgewertet. Der DSP berechnet daraus die magnetische Flussdichte. Die orthogonale Ausrichtung der dreifach vorhandenen Messspulen erlaubt eine isotrope (Raumrichtung unabhängige) Messung des Magnetfeldes.

### 6.3 Technische Daten

Frequenzbereich:	5Hz...2kHz
Auflösung:	1Hz
Richtcharakteristik:	Isotrop, simultanes Messen in den drei Raumachsen X, Y und Z
Messabweichung:	±3% ± 1nT @ ≥ 40nT Signalfrequenz f=50Hz...400Hz ±5% ± 1nT @ ≥ 40nT Signalfrequenz f=16,7Hz

Siehe auch Technische Daten im Anhang

### 6.4 Geräte-Einstellungen

Alle Messungen in dieser Arbeit wurden mit folgenden Geräte-Einstellungen ausgeführt:

Betriebsart:	Spectrum FFT
Frequenzbereich:	5Hz...2kHz
Detektion:	Effektivwert ACT RMS
Anzeigeart:	LIVE
Y-Scaling	-100....0dB

## 7 Messungen im Fahrzeuginnern

### 7.1 Messpunkte

Folgende Messpunkte wurden definiert

:

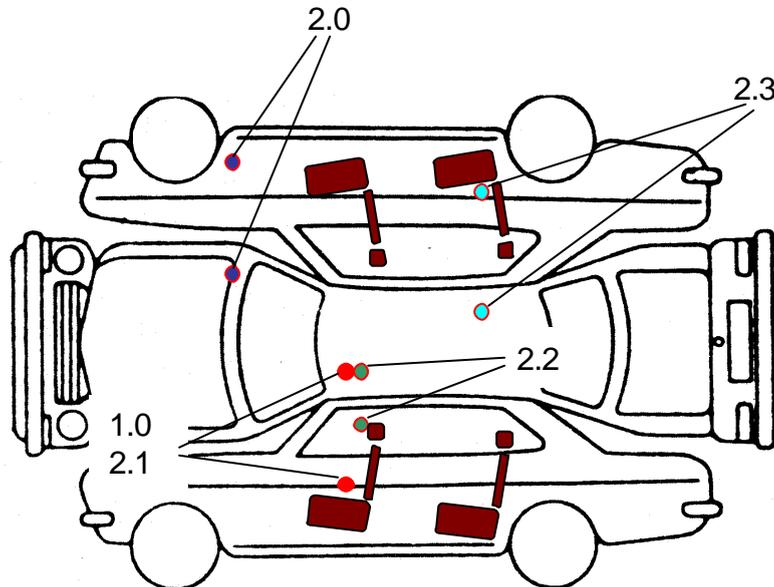


Bild 3 Messpunkte im Fahrzeug

- Messpunkt 1.0: Motor abgestellt, stehendes Fahrzeug, Messpunkt auf Beckenhöhe des Fahrers.  
Um vergleichbare Messresultate zu erhalten, werden mit dieser Messung die in der Messumgebung vorhandenen magnetischen Felder festgehalten.
- Messpunkt 2.0: Laufender Motor, Fahrgeschwindigkeit 80km/h, Messpunkt im Fussbereich des Beifahrers.  
Mit dieser Messung wird das vom Reifen abgestrahlte magnetische Feld im Fussbereich des Beifahrers im Innenraum des Fahrzeuges gemessen.
- Messpunkt 2.1: Laufender Motor, Fahrgeschwindigkeit 80km/h, Messpunkt auf Beckenhöhe des Fahrers.  
Diese Messung erfasst die magnetischen Felder im Beckenbereich des Fahrers. Diese Felder stammen hauptsächlich von der Bordelektrik des Fahrzeuges.
- Messpunkt 2.2: Laufender Motor, Fahrgeschwindigkeit 80km/h, Messpunkt auf Kopfhöhe des Fahrers.  
Diese Messung erfasst die magnetischen Felder im Kopfbereich des Fahrers. Diese Felder stammen hauptsächlich von der Bordelektrik des Fahrzeuges.
- Messpunkt 2.3: Laufender Motor, Fahrgeschwindigkeit 80km/h, Messpunkt auf Beckenhöhe des rechten Rücksitzes.  
Diese Messung erfasst die magnetischen Felder im Bereich des rechten Rücksitzes, auf dem vielfach auch Kleinkinder auf ihrem Kindersitz transportiert werden. Diese Felder stammen hauptsächlich vom Hinterreifen des Fahrzeuges.



## 7.2 Messstrecken

Die Messungen wurden auf folgenden Strassenabschnitten ausgeführt:

Hauptstrasse Vauffelin-Romont

Koordinaten: Start 587 669/225032 Ende 589508/218 556

## 7.3 Fahrzeugliste

Marke, Typ	Baujahr	Ch.Nummer	Messdatum
Ford Focus 1.8	16.7.2003	WFOAXXGDA1G86231	17.05.2004
Opel Zafira 2.2 16V	Neuwagen	W0L0 TGF 75 236 07 663	26.05.2004
VW Polo 1.4	26.4.2003	WVWZZZ9NZ3D083865	24.06.2004

## 7.4 Messresultate

### 7.4.1 Ford Focus

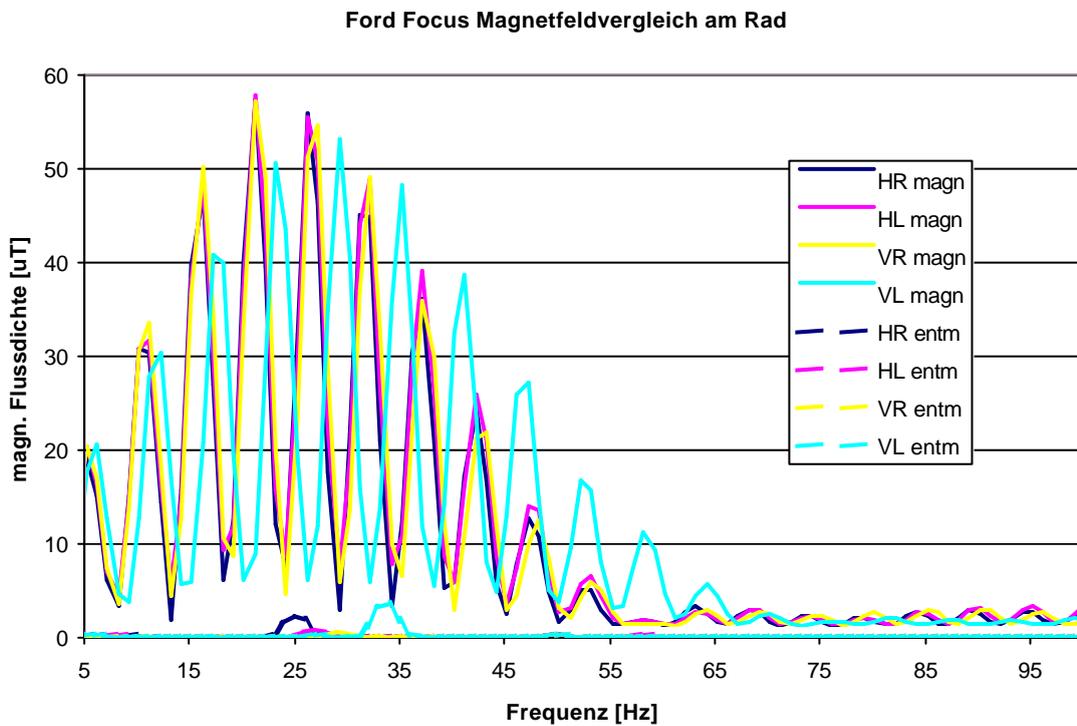
#### 7.4.1.1 Ausstattung

Modellbezeichnung	Focus 1.8
Jahrgang	7.2003
Km	17311
Datum	17.05.2004

#### 7.4.1.2 Bereifung

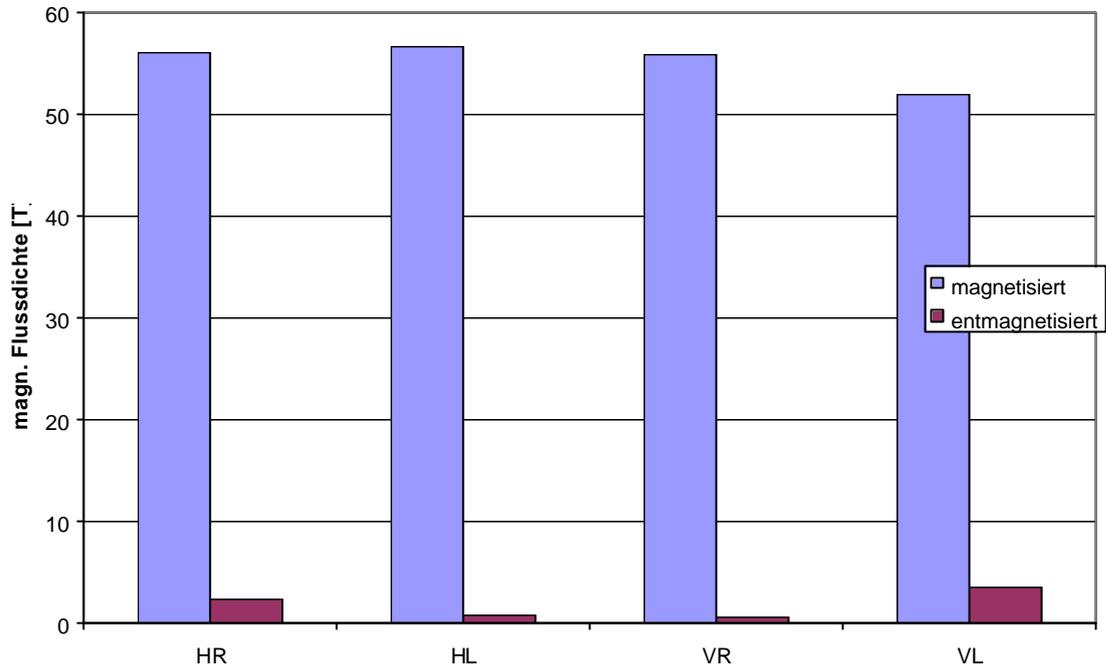
Reifenmarke	Good Year
Typ	Eagle NTC 5
Dimension	195/60 R15 - 88V

#### 7.4.1.3 Diagramm

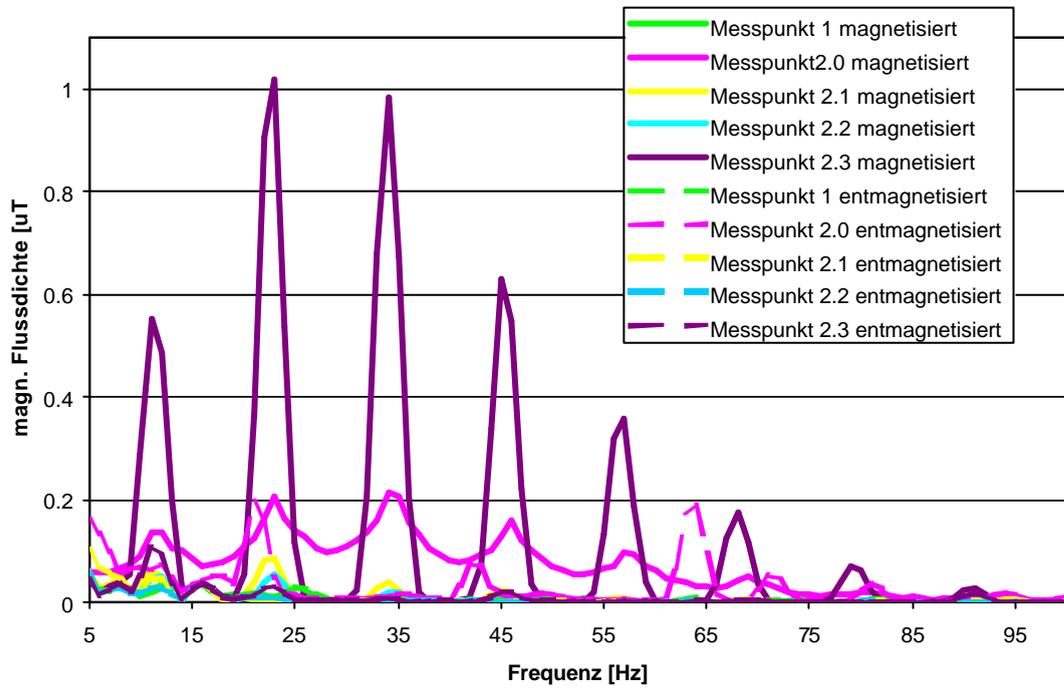




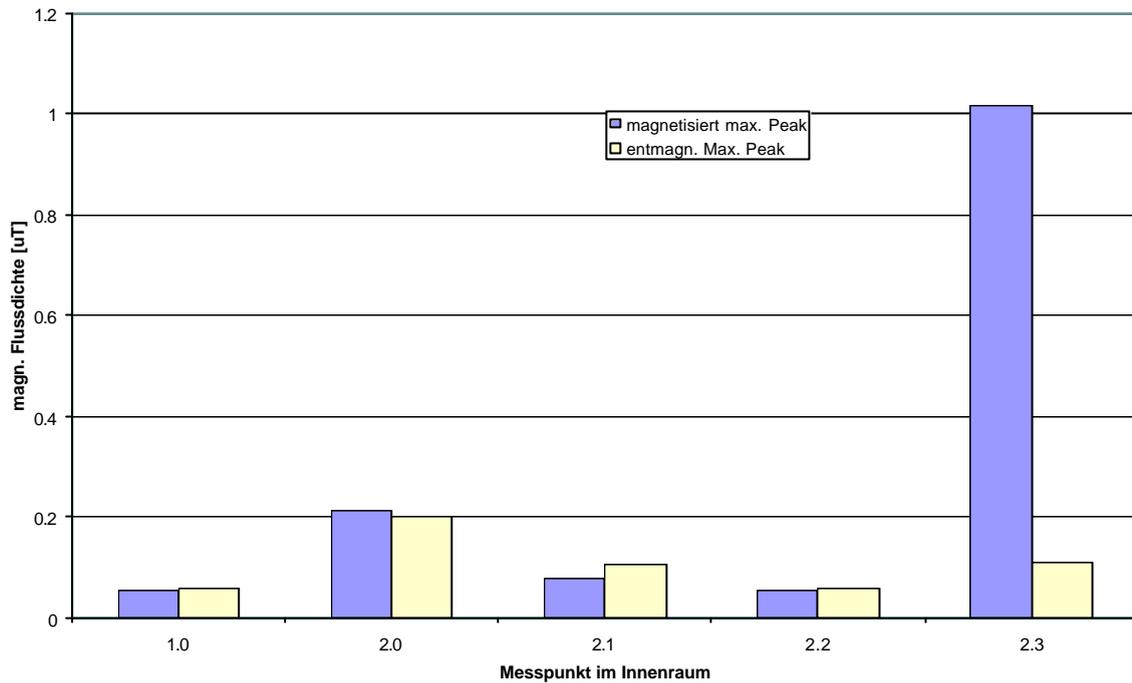
Ford Focus, Maximalwerte am Rad



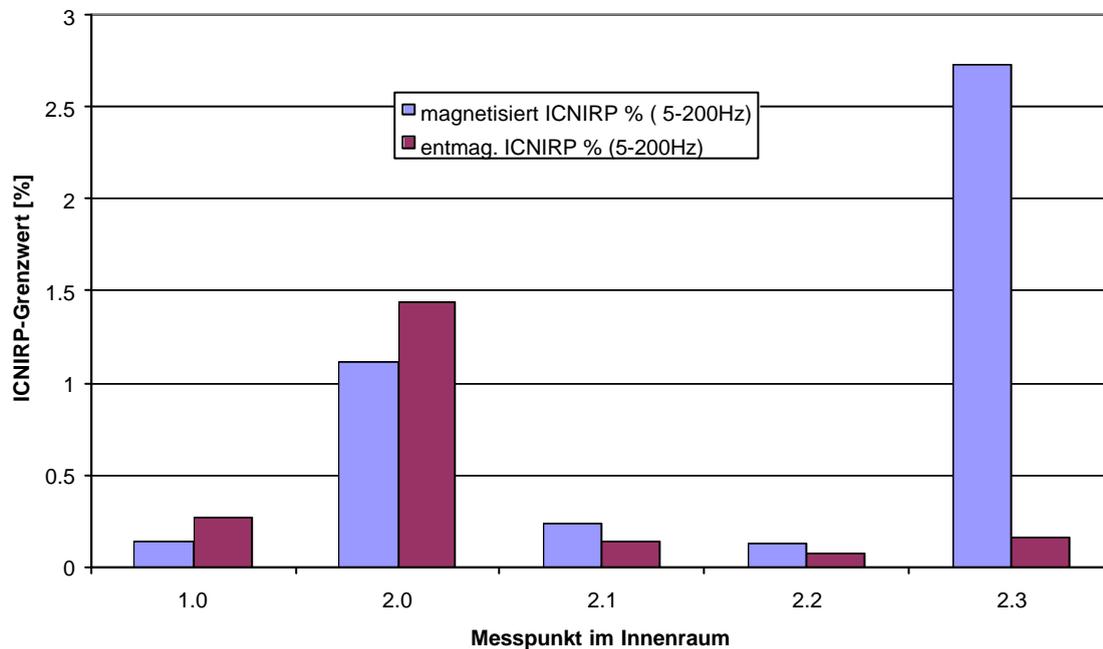
Ford Focus Innenraummessungen 80 km/h



Ford Focus Innenraummessungen bei 80 km/h



Ford Focus Innenraummessungen bei 80km/h



Die Messung am Messpunkt 2.0 (entmagnetisiert) zeigt eine grosse Zahl von Peaks, die nicht alle in einem harmonischen Verhältnis zueinander stehen. Dies gilt besonders für einen markanten Peak bei 163Hz (0.425µT), der stark zum ICNIRP-Wert beiträgt. Das ungewöhnliche Spektrum deutet auf äussere Einflüsse hin, weshalb diese Messung mit Vorsicht zu betrachten ist.



## 7.4.2 Opel Zafira

### 7.4.2.1 Ausstattung

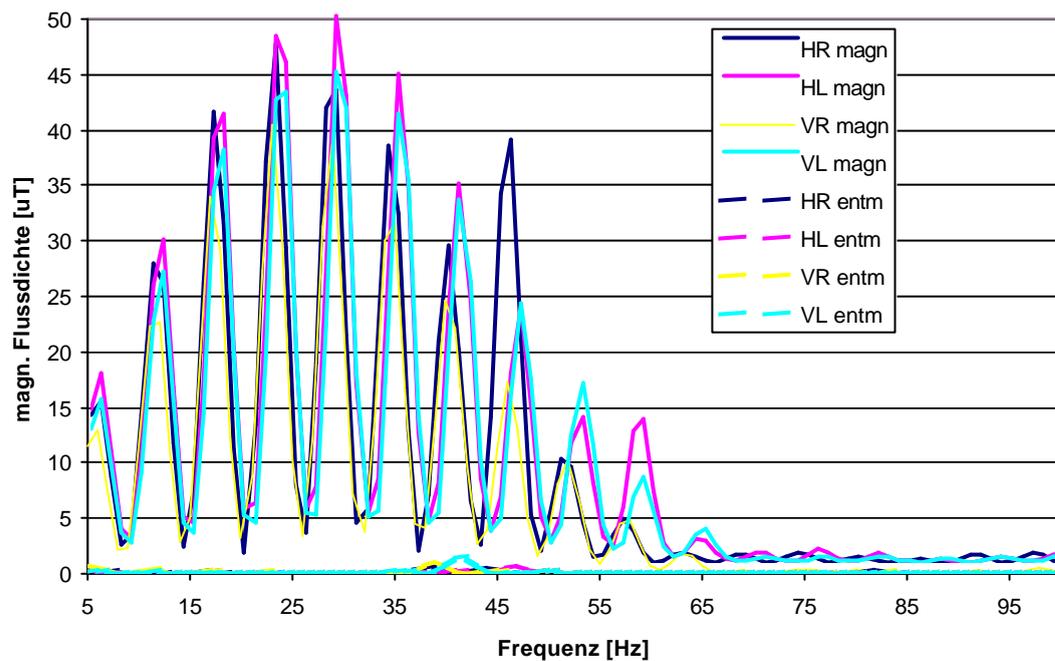
Modellbezeichnung	Zafira 2.2 16V
Jahrgang	2004
Km	Neuwagen
Datum	26.05.2004

### 7.4.2.2 Bereifung

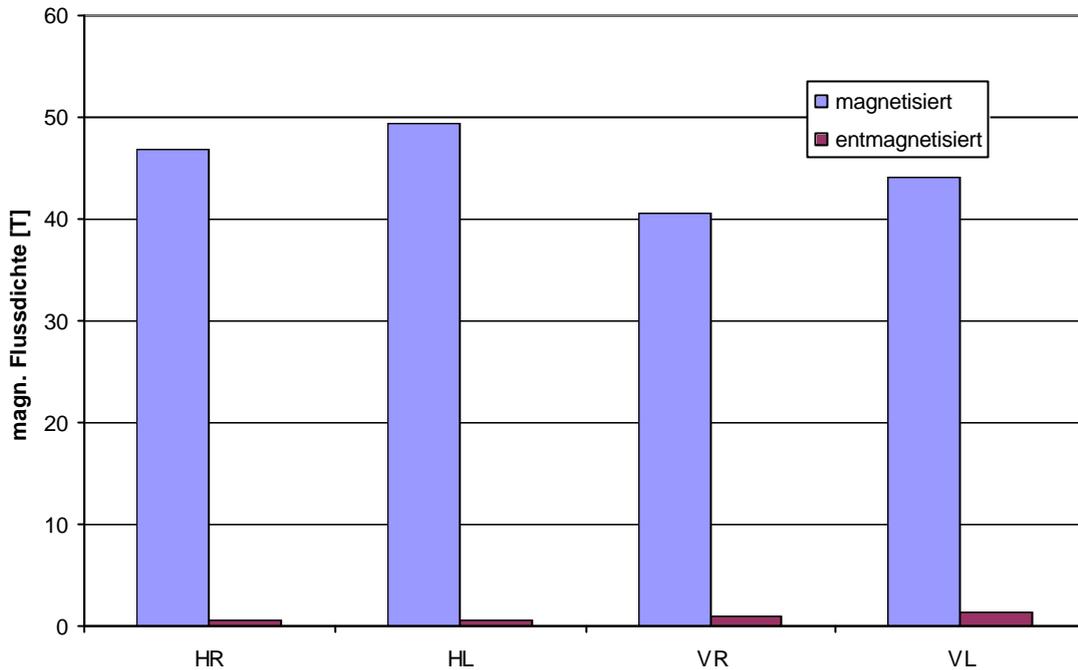
Reifenmarke	Pirelli
Typ	P6000 Powergy
Dimension	205/55 R16 91v

### 7.4.2.3 Diagramm

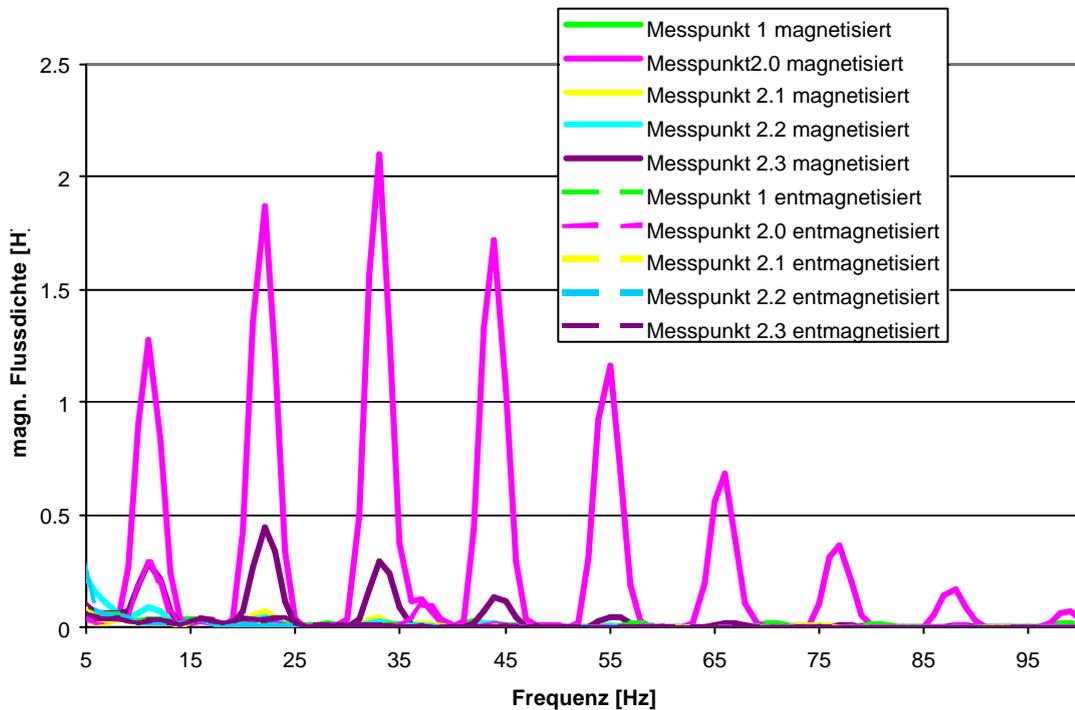
Opel Zafira Magnetfeldvergleich am Rad



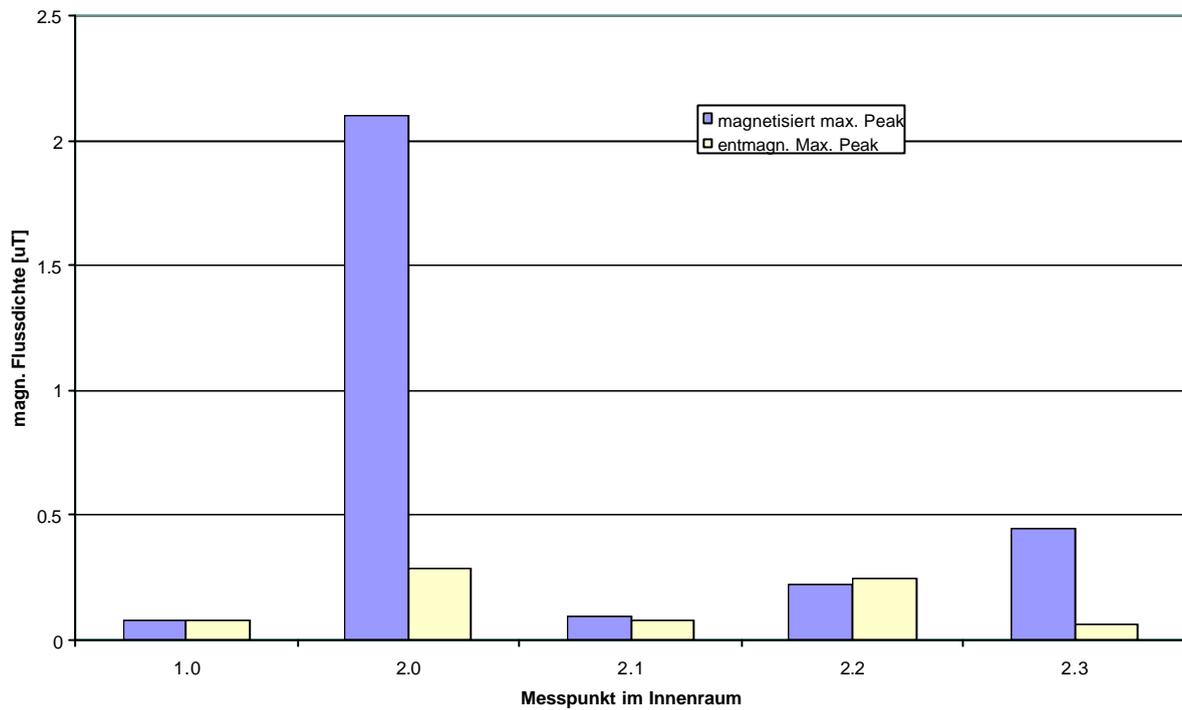
Opel Zafira, Maximalwerte am Rad



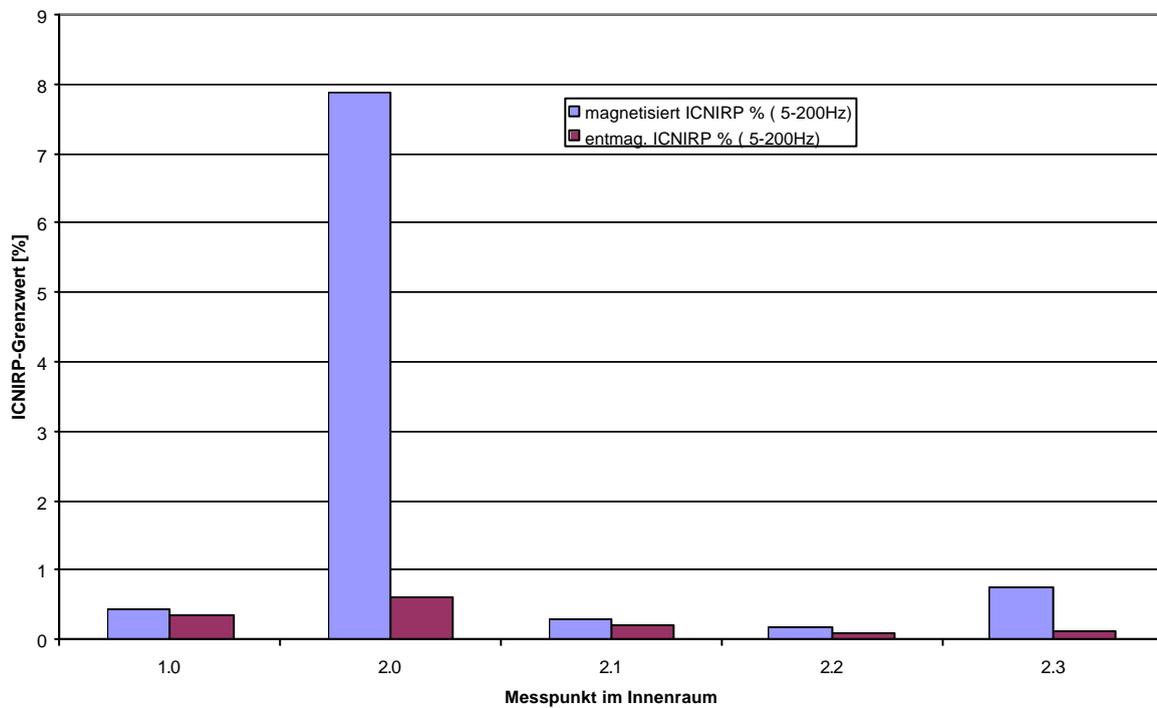
Opel Zafira Innenraummessungen 80km/h



## Opel Zafira Innenraummessungen bei 80km/h



## Opel Zafira Innenraummessungen bei 80km/h



### 7.4.3 VW Polo

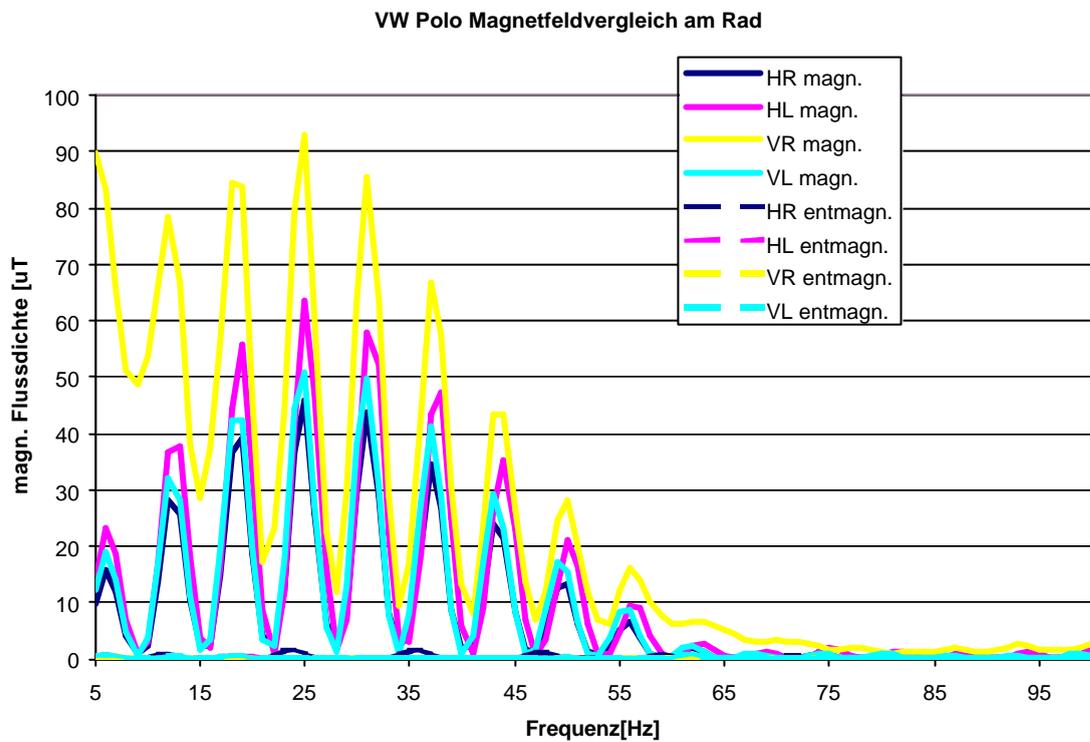
#### 7.4.3.1 Ausstattung

Modellbezeichnung	Polo 1.4
Jahrgang	26.04.2003
Km	26785
Datum	24.06.2004

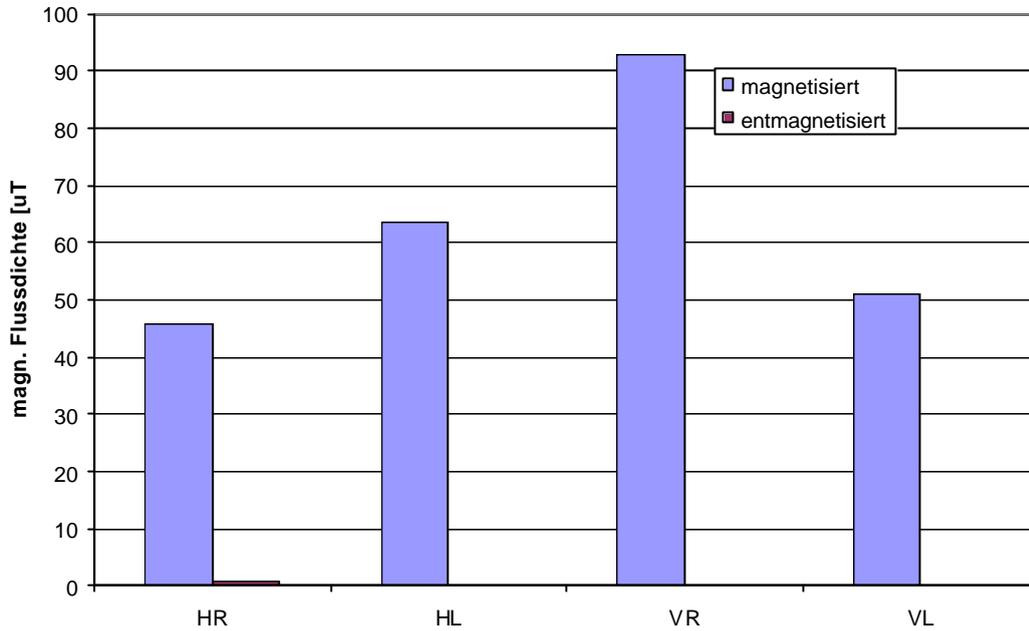
#### 7.4.3.2 Bereifung

Reifenmarke	Hankook
Typ	Optimo K406
Dimension	205/45 R16 83W

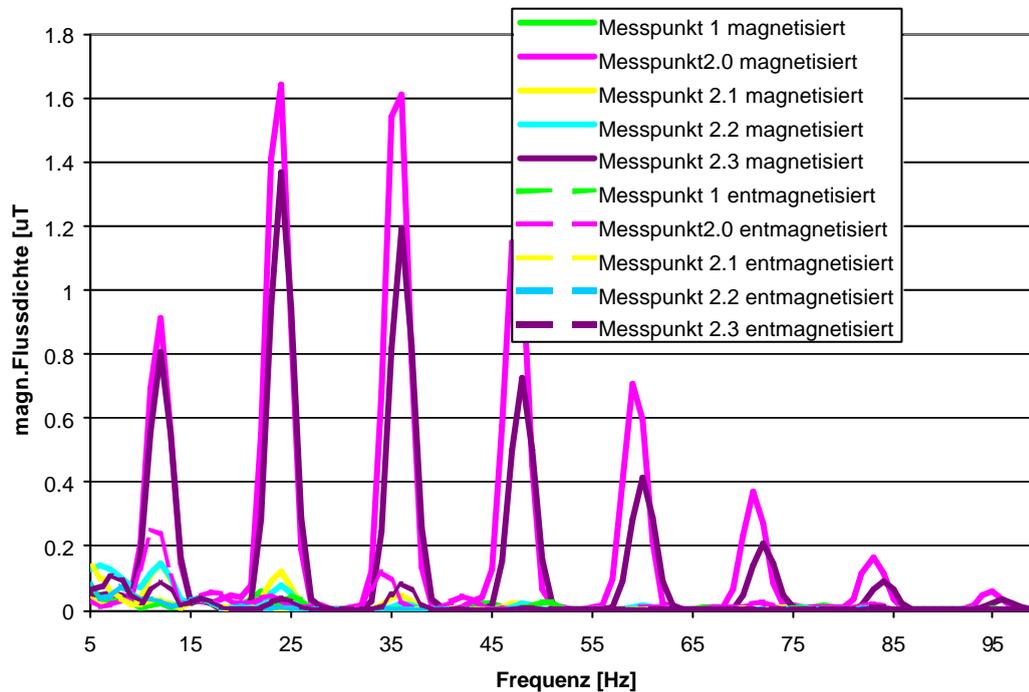
#### 7.4.3.3 Diagramm



VW Polo Magnetfeldvergleich am Rad

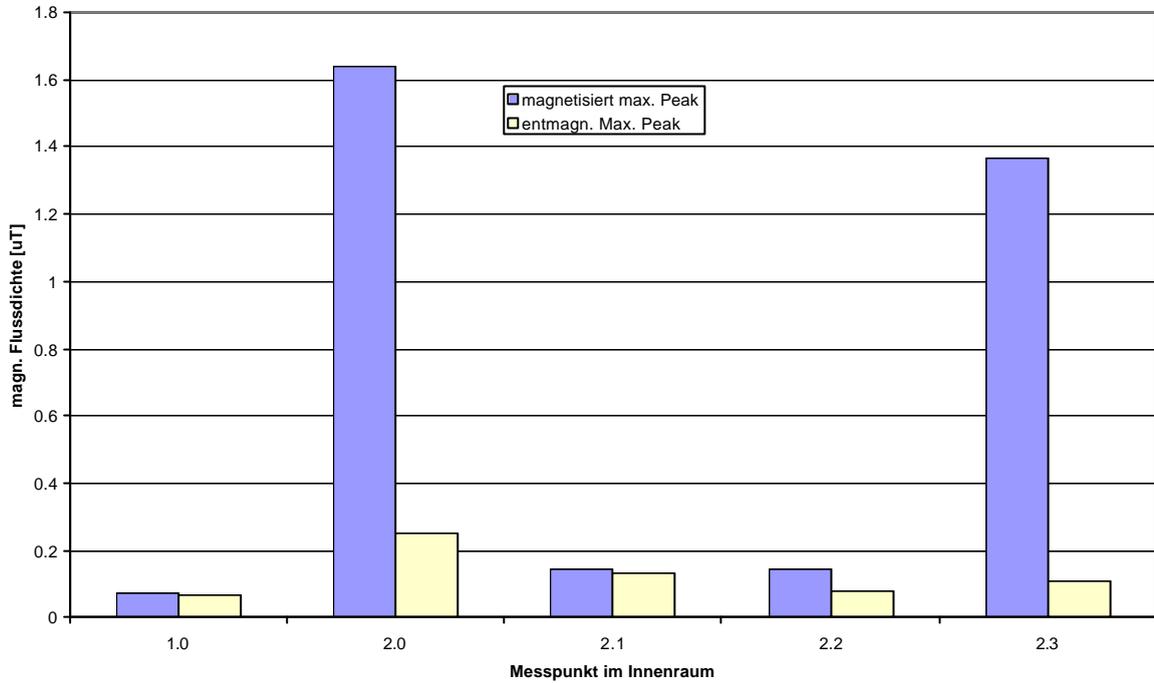


VW Polo Innenraummessungen 80km/h

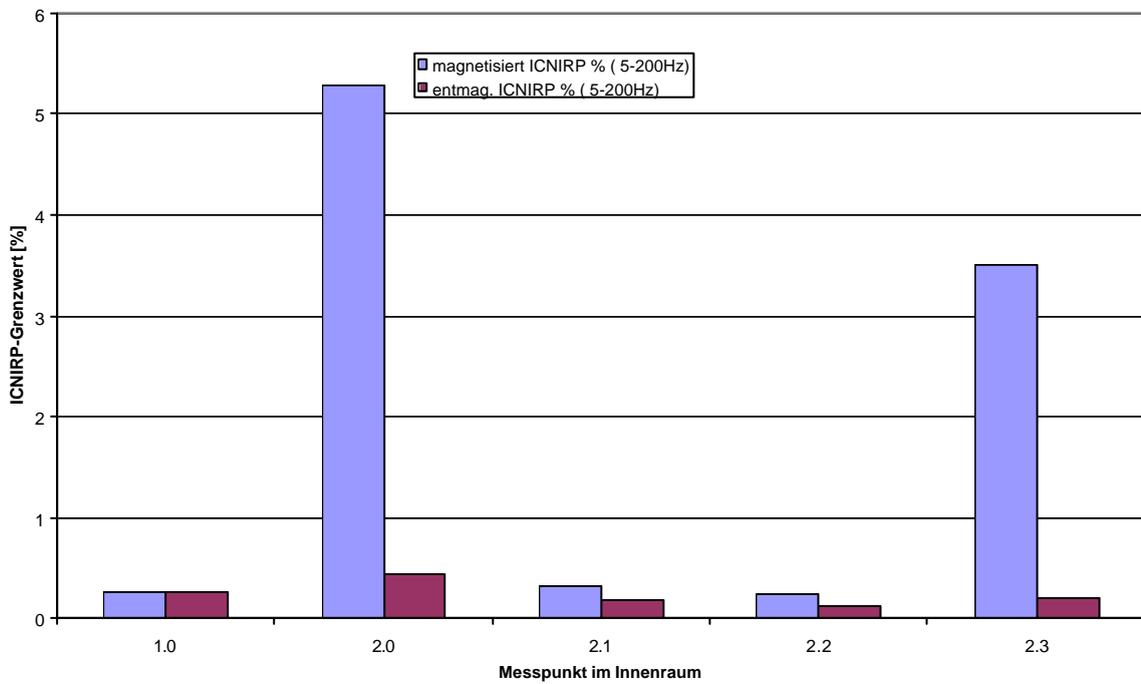




VW Polo Innenraummessungen bei 80 km/h



VW Polo Innenraummessungen bei 80km/h



## 7.5 Analyse

### 7.5.1 Messwerte am Reifen

Die magnetischen Flussdichten erreichen bei allen gemessenen Fahrzeugen bei der Drehfrequenz des Rades oder einem Vielfachen, unter 50Hz ihren Spitzenwert. Die magnetisierten Reifen weisen Spitzenwerte zwischen  $90\mu\text{T}$  und  $45\mu\text{T}$  auf. Die Spitzenwerte am Reifen werden durch die Entmagnetisierung auf  $< 4\mu\text{T}$  reduziert.

### 7.5.2 Im Innenraum

Die gemessenen Werte im Innenraum hängen von drei Faktoren ab: Dem Magnetfeld des Reifens, der Abschirmwirkung des Radkastenbleches und der Distanz zum Reifen.

#### **Max. Peak-Werte**

Sie weisen Spitzenwerte unter  $2.5\mu\text{T}$  bei magnetisierten Reifen und unter  $0.5\mu\text{T}$  bei entmagnetisierten Reifen auf.

#### **ICNIRP-Werte**

Die maximalen ICNIRP-Werte der magnetisierten Reifen erreichen im Innenraum fast 8% des Grenzwertes. Bei allen entmagnetisierten Reifen bleiben die ICNIRP-Werte im Innenraum unterhalb 1% des Grenzwertes.

Gelegentlich tauchen zusätzliche Peaks bei höheren Frequenzen auf, die nicht Harmonische des restlichen Spektrums sind. Dies ist vor Allem bei Messpunkt 2.0 /Ford Focus / entmagnetisiert der Fall. Da der ICNIRP-Toleranzwert bei hohen Frequenzen niedrig ist, beeinflussen solche Peaks das Resultat der ICNIRP-Bewertung negativ. Wegen des nicht-harmonischen Charakters besteht allerdings der Verdacht, dass diese vereinzelt Peaks von äusseren Quellen und nicht vom Reifen stammen.

## 8 Schlussfolgerung

Die gemessenen Werte bestätigen die bisherigen Erkenntnisse:

- Die Magnetfelder der Reifen können mit einfachen Mitteln (Entmagnetisierungsspule) deutlich reduziert werden.
- Die Entmagnetisierung bewirkt auch im Fahrzeuginnern bei Fahrt entsprechend reduzierte Feldbelastungen.
- Messpunkte auf Kopf- und Beckenhöhe des Fahrers ergaben in keinem der gemessenen Fahrzeuge signifikante magnetische Feldbelastungen (z.B. durch die Bordelektrik).



## 9 Literaturverzeichnis

- [1] Devaux Philippe, Siéro Corinne: *Messung der elektromagnetischen Felder in Automobilen*; HTA-Biel Abteilung Automobiltechnik; Diplomarbeit 2001; [www.hta-bi.bfh.ch](http://www.hta-bi.bfh.ch)
- [2] Meier, Stankowski, Kessi: *Entmagnetisierung von Fahrzeugreifen*; HTI-Biel Fachbereich Automobiltechnik; [www.hti.bfh.ch](http://www.hti.bfh.ch)
- [3] Meier, Stankowski, Kessi: *Messung von Magnetfeldern an Automobilen*; HTI-Biel Fachbereich Automobiltechnik; [www.hti.bfh.ch](http://www.hti.bfh.ch)
- [4] Stankowski Stefan: *Low frequency magnetic fields in cars, induced by tire magnetization* HTI Biel Fachbereich Automobiltechnik; [www.hti.bfh.ch](http://www.hti.bfh.ch)
- [5] Boll Richard u.a.: *Magnettechnik*, Expert Verlag, Band 56, ISBN 3-88508-632-8
- [6] Meier-Engel Karl: *Magnetismus*, HTI Biel Fachbereich Automobiltechnik

## 10 Herstellerverzeichnis

- [A] EFA-200/-300 EM-Feldanalysator, Bedienungsanleitung;  
Narda Safety Test Solutions, Pfullingen, Deutschland; [www.narda-sts.de](http://www.narda-sts.de)
- [B] Telemeter Electronic GmbH  
Im Gree 79  
CH 8566 Ellighausen



# 11 Anhang

Technische Daten		EFA-200/-300	
	Magnetisches (B-) Feld (EFA-200/-300)		Elektrisches (E-) Feld (nur EFA-300)
Sensor	Spulensystem (intern oder extern)		Plattenelektrode
Richtcharakteristik, wählbar	dreilachsig (isotrop) oder einachsig		
<b>Betriebsart Feldstärke</b>			
Frequenzbereich	5 kHz bis 2 kHz, 30 Hz bis 2 kHz, 5 Hz bis 32 kHz oder 30 Hz bis 32 kHz		
Breitband (+0/-3 dB), wählbar	15 Hz bis 2 kHz (Auflösung 0,1 Hz)		
Bandpass-/Bandsperrfilter, einstellbar	Effektivwert (Mittelungszeit 1sec) oder Spitzenwert (phasenrichtig)		
Messgröße, wählbar			
Messbereich	100cm <sup>2</sup> -Sonde	interne Sonde (ext. 3cm-Sonde)	
Aussteuerengrenze <sup>1</sup> (Spitzenwert)	87mT @ ≤125Hz	87mT @ ≤600Hz	200 kV/m
typ. Eigenrauschen Breitband (30 Hz bis 2 kHz bzw. 5 Hz bis 32 kHz, Effektivwert)	4nT bzw. 10nT	100nT (20nT) bzw. 200nT (50nT)	0,7V/m bzw. 4,5V/m
typ. Eigenrauschen Schmalband (Bandpassfilter 50 Hz bis 400 Hz, Effektivwert)	0,8nT	25nT (5nT)	0,14V/m
typ. Messabweichung <sup>2</sup> (5 Hz bis 2 kHz bzw. 5 Hz bis 32 kHz)	±3% @ ≥40nT bzw. ≥80nT	±5% (±4%) bzw. ±8% (±5%) @ ≥1µT (200nT) bzw. ≥2µT (400nT)	±3% @ ≥5V/m bzw. ≥40V/m
typ. Messabweichung <sup>2</sup> (Bandpassfilter 50 Hz bis 400 Hz)	±3% @ ≥10 nT	±5% (±4%) @ ≥250nT (50nT)	±3% @ ≥1V/m
<b>Betriebsart Bewertung STD</b>			
Frequenzbereich (+0/-3 dB)	5 Hz bis 32 kHz		
Bewertung	gemäß eingebauten Standards <sup>4</sup>		
Messbereich	100cm <sup>2</sup> -Sonde	interne Sonde (3cm-Sonde)	
Aussteuerengrenze	200%	200%	200%
typ. Empfindlichkeitsgrenze <sup>3</sup>	<2% @ BGV B11 Exp1	<4% (3%) @ BGV B11 Exp1	<2,5% @ BGV B11 Exp1
typ. Messabweichung <sup>2</sup>	±4%	±9% (±6%)	±4%
<b>Betriebsart Spektrumanalyse FFT/ Harmonischen- Analyse (optional)</b>			
Frequenzbereich, wählbar (nur Spektrumanalyse FFT)	5 Hz bis 2 kHz bzw. 40 Hz bis 32 kHz		
Einstellbereich Grundschiwingung (nur Harmonischen Analyse)	10 Hz bis 400 Hz bzw. 10 Hz bis 10 kHz		
Frequenzauflösung, mit Marker	0,01 Hz bzw. 0,1 Hz		
Skalierung, wählbar	5 Hz bis 2 kHz (logarithmisch) oder 100 Hz (linear) bzw. 40 Hz bis 32 kHz(logarithmisch) oder 1000 Hz (linear)		
Messgröße, wählbar	Effektivwert oder Spitzenwert (je Frequenzpunkt, phasenrichtig)		
Messbereich	20dB bis 120dB		20dB bis 120dB
Skalierung logarithmisch, wählbar	siehe Betriebsart Feldstärke		siehe Betriebsart Feldstärke
Aussteuerengrenze	siehe Tabelle 1		siehe Tabelle 1
Empfindlichkeitsgrenze (Rausch-/ Störkomponenten)	siehe Betriebsart Feldstärke		siehe Betriebsart Feldstärke
Messabweichung <sup>2</sup> (mit Marker-Verwendung)	siehe Betriebsart Feldstärke		siehe Betriebsart Feldstärke
Datenerfassung, (Start/ Stop manuell)	fortlaufend und überlappend (5 Hz bis 2 kHz) bzw. fortlaufend (40 Hz bis 32 kHz)		
Fensterlänge	1 sec (5 Hz bis 2 kHz) bzw. 0,1 sec (40 Hz bis 32 kHz)		
Ergebnis- Mittelung, wählbar	1, 2, 4, 8 sec (5 Hz bis 2 kHz) bzw. 4, 8, 16, 32 Spektren (40 Hz bis 32 kHz)		
Graphische Ergebnisdarstellung, wählbar (nur Spektrumanalyse FFT)	Feldgröße absolut oder bezogen auf Grenzwert des gewählten Standard <sup>8</sup> Auswertehilfe Marker: zeigt die 9 höchsten Ergebnisse innerhalb des gewählten Frequenzbereichs		
Tabellarische Ergebnisdarstellung (nur Harmonischen Analyse)	Feldgröße der 2. ten bis 9. ten Harmonischen <sup>7</sup> und des Gesamtklirfaktors (mit/ ohne Rauschkomponenten), jeweils bezogen auf die Grundschiwingung		

<sup>1</sup> oberhalb der angegebenen Frequenz verringert sich Aussteuerengrenze proportional mit zunehmender Frequenz  
<sup>2</sup> Die Messabweichung beinhaltet alle Teilabweichungen (Absolut-, Linearitäts-, Frequenzgang-, Isotropie-) sowie Temperatur- und Feuchte-  
 Abhängigkeit. Signalform sinusförmig, Signalpegel >10% des gewählten Messbereichs, zusätzliche Abweichungen an den steilflankigen  
 Bandgrenzen  
<sup>3</sup> von gewähltem Standard abhängig  
<sup>4</sup> begrenzt durch den gewählten Frequenzbereich



<b>Mesdatenspeicher</b> (jeweils für B- und E- Feldgerät)		
typ. Kapazität, einstellungsabhängig	3600 Einzelwerte bzw. 22 Spektren	3600 Einzelwerte bzw. 22 Spektren
Steuerung	manuell bzw. zeit-/ raumgeordnet (nur Feldstärke, Bewertung STD)	manuell bzw. zeit-/ raumgeordnet (nur Feldstärke, Bewertung STD)
<b>Allgemeine Daten</b>		
Anzeige	LCD Punktmatrix 128x64 Pixel, hinterleuchtet	nur bei Fernbedienung mittels B-Feldgerät
Alarm, Schwelle einstellbar	akustisch, optisch	nur bei Fernbedienung mittels B-Feldgerät
Strommessung, (in einzelnen Betriebsarten)	Eingabe des aktuellen und des Referenz- Stromwertes; Abspeichern mit Feldmesswert	
Schnittstelle (Fernsteuerung, Datenspeicher)	optisch, seriell (RS-232)	
Betriebstemperaturbereich	0 °C bis +50 °C	
Feuchte	<95% bzw. <29 g/m <sup>3</sup> , gelegentliche, kurze Befeuchtung zulässig	
Betriebsdauer	fortlaufenden Messung	typ. 10 h
	programmierte Langzeitmessung	typ. 24 h
Empfohlenes Bestätigungsintervall der Kalibrierung	24 Monate	
Stromversorgung	NiMH- Akkumulator, wechselbar (5x C-cell)	NiMH- Akkumulator, eingebaut
Abmessungen (bxhxt) in mm	ca. 110x200x60	ca. 105x105x105
Gewicht	ca. 1000 g	ca. 1000 g

	B- Feldgerät		E- Feldgerät
	100cm <sup>2</sup> -Sonde	interne Sonde (3cm- Sonde)	
5Hz bis 2kHz	<45nT @ <48Hz <4nT @ >48Hz <0,05nT @Rauschen	<400nT (<280nT) @ <48Hz <42nT (<23nT) @ >48Hz <2nT (<0,2nT) @Rauschen	<0,3V/m @ <48Hz <0,1V/m @ >48Hz <0,02V/m @Rauschen
40Hz bis 32kHz	<2nT @ <200Hz <0,3nT @ 200Hz bis 20kHz <0,6nT @ >20kHz <0,07nT @Rauschen	<22nT (10nT) @ <200Hz <11nT (2nT) @ 200Hz bis 20kHz <1nT (3nT) @ >20kHz <1,5nT (<0,3nT) @Rauschen	<0,1V/m @ <20kHz <3V/m @ >20kHz <0,05V/m @Rauschen

Tabelle 1: Empfindlichkeitsgrenze Spektralanalyse FFT (Rausch-/ Störkomponenten)

**Bestellangaben**

<b>EFA-200</b> kalibriertes Messgerät, inkl. Betriebsart Feldstärke und Bewertung STD mitgeliefertes Zubehör: Kalibrierschein, Ladegerät (universal), Transporttasche (BN 2245/90.09), O/E -Wandler, LWL 2 m, Transfer- Software, Bedienungsanleitung	<b>BN 2245/20</b>	<b>EFA-300</b> kalibriertes Messgeräte- System, inkl. Betriebsart Feldstärke und Bewertung STD mitgeliefertes Zubehör: Kalibrierschein, 2 Ladegeräte (universal), Transporttasche (BN 2245/90.09), Stativ (BN 2244/90.31), O/E -Wandler, LWL 2 m, LWL 10 m, Transfer- Software, Bedienungsanleitung	<b>BN 2245/30</b>
Kalibrierbericht EFA-200	BN 2245/91.02	Kalibrierbericht EFA-300	BN 2245/91.03

Optionale Betriebsart (auch für EFA-300 nur einmal bestellen)	Optionales Zubehör
Spektralanalyse FFT/ Harmonischen Analyse 5 Hz bis 2 kHz BN 2245/95.10	Präzisions- B-Feldsonde 100cm <sup>2</sup> BN 2245/90.10 Kalibrierbericht Präzisions- B-Feldsonde BN 2245/90.11
Spektralanalyse FFT/ Harmonischen Analyse 5 Hz bis 32 kHz BN 2245/95.15	B-Feldsonde 3cm, mit Anschlusskabel 1,2m BN 2245/90.20 Kalibrierbericht B-Feldsonde 3cm BN 2245/90.21 Verlängerungskabel für Sonde (1,2m) BN 2244/90.35 Holz- Stativ BN 2244/90.31

<sup>a</sup> eingebaute Bewertungs- Standards, nachladbar.  
u.a. BGV B11: Exp. (2nd), Exp. 1, Exp. 2, ICNIRP: occupational, general public, DIN VDE: Entwurf