

ElektroMagnetische Verträglichkeit
Energieversorgung
& Mobilfunk

9. EMV-Tagung des VDB

5. Mai 2017 in München
In Kooperation mit dem
Referat für Gesundheit und Umwelt
der Landeshauptstadt München

Magnetische Wechselfelder in Kraftfahrzeugen

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen
Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 1

24 Jahre schlafen

Dafür geht unsere Lebenszeit drauf

So verbringen wir unsere Lebenszeit:

- etwa 24 Jahre und 4 Monate schlafen wir
- 12 Jahre sitzen wir vorm Fernseher
- ebenfalls 12 Jahre unterhalten wir uns, davon geht es in zwei Jahren und 10 Monaten um Klatsch, Tratsch und Witze
- 8 Jahre arbeiten wir
- 5 Jahre widmen wir uns dem Essen, 2 Jahre und 2 Monate werden ~~Mahlzeiten gekocht und Beste geschmiert~~
- 2 Jahre und 6 Monate verbringen wir im Auto
- 1 Jahr und 10 Monate gehen zur Schul- und Weiterbildung drauf
- 1 Jahr und 7 Monate treiben wir Sport
- ganze 16 Monate wird geputzt
- 12 Monate gehen wir ins Kino, Theater oder Konzerte
- 9 Monate wird gewaschen und gebügelt
- 9 Monate spielen wir mit den eigenen Kindern
- 6 Monate sitzen wir auf der Toilette
- 4 Monate spielen wir am Computer
- 3 Monate verbringen wir auf Vereinsitzungen und ebensoviel Zeit in Kneipen oder beim Arzt

Am wenigsten Aufmerksamkeit schenken wir im Laufe unseres Lebens laut "P.M." übrigens Gott - gebetet wird gerade mal zwei Wochen.

Quelle: <http://www.stern.de/panorama/gesellschaft/24-jahre-schlafen-dafuer-geht-unsere-lebenszeit-drauf-3136732.html>

Slide 2

- Motivation
- Untersuchte Fahrzeuge
- Eingesetzte Messsysteme
- Beschreibung der Messung
- Randbedingungen der Messungen
- Messergebnisse „Stadtfahrt“
- Messergebnisse „Stationäre Messungen“
- Vergleich verschiedener Messgeräte
- Zusammenfassung und Schlussbemerkung

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 3

E-SMOG**Volvo überstrahlt alle**

Gleich drei Volvo-Modelle weisen elektromagnetische Felder auf, die 80 mal stärker sind als in schwedischen Gesundheits-Richtlinien vorgesehen.

15.02.2002

Gleich drei Volvo-Modelle weisen elektromagnetische Felder auf, die 80 mal stärker sind als in schwedischen Gesundheits-Richtlinien vorgesehen. Dies geht aus einem jetzt veröffentlichten Test des schwedischen Auto-Magazins "Vi bilägare" hervor.

Nur die BMW 5er-Reihe wies ähnlich hohe Werte auf

Demnach kommen die Modelle S60 (15 Mikrottesla), V70 (18 Mikrottesla) und S80 (12 Mikrottesla) auf deutlich überhöhte Werte. Zum Vergleich: Der Saab 9-3 erreichte 1,3, der Ford Mondeo 0,5 Mikrottesla. Lediglich die BMW 5er-Reihe erreicht ähnlich hohe Werte wie die Volvo-Modelle. In Mikrottesla wird die Stärke eines elektromagnetischen Feldes gemessen, in einer durchschnittlichen Wohnung gilt ein Wert von 0,1 als normal. In Büros werden unter anderem aufgrund von Computerabstrahlungen ungefähr 0,2 Mikrottesla gemessen. Höhere Werte gelten in Schweden bereits als gesundheitsgefährdend.

Volvo spart an Erdungskabel

Bei der Studie erreichte Volvo die schlechtesten Werte aller getesteten 14 Fahrzeuge. Geprüft wurden dabei die elektromagnetischen Felder in allen Bereichen rund um die Wagensitze, die höchste Belastung trat dabei im Bereich des linken Fahrer-Fußes und auf den Rücksitzen auf. Dies könnte daran liegen, dass bei Volvo die Batterien wegen der

Quelle: <http://www.auto-motor-und-sport.de/news/e-smog-volvo-ueberstrahlt-alle-661601.html>

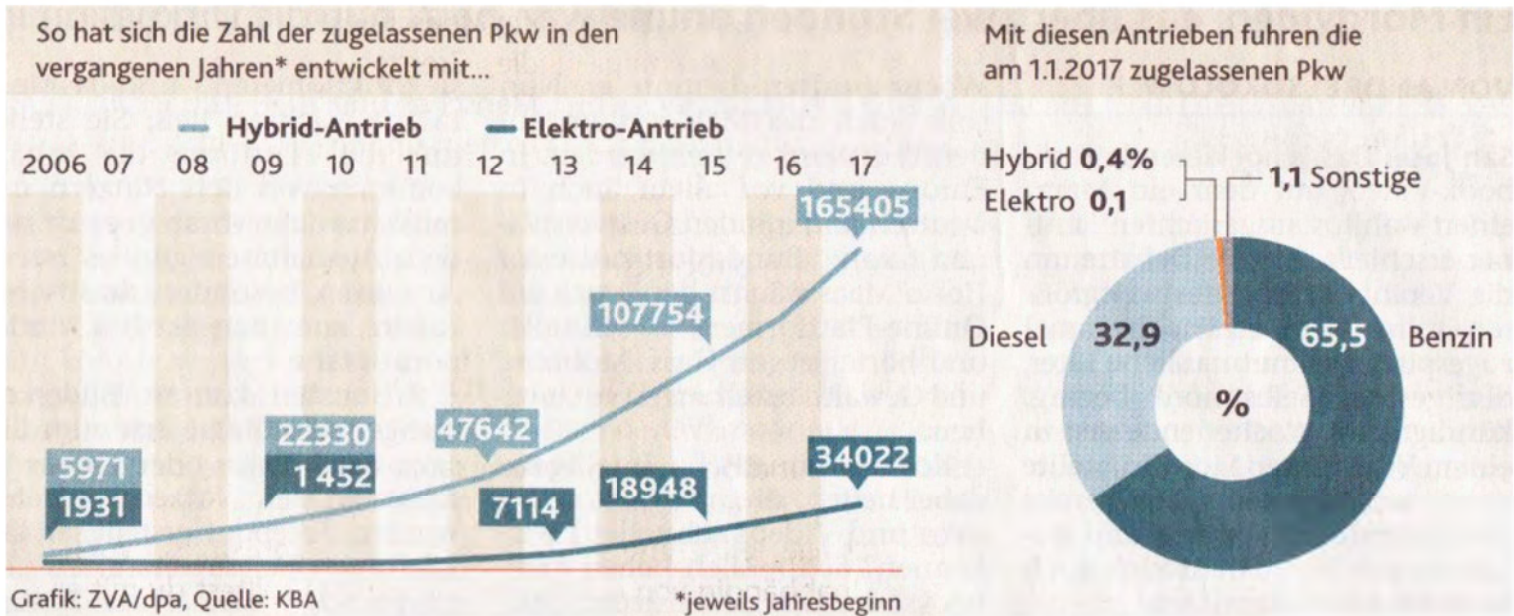
Slide 4

Zeitungs-Ausschnitte aus den Aachener Nachrichten im April 2017



Quelle:

Slide 5



Quelle: Aachener Nachrichten, 28. April 2017

Slide 6

Diskutierte Fragestellungen:

- Bei E-Fahrzeugen ist aufgrund des Antriebskonzeptes mit Magnetfeldern zu rechnen. Doch welche Magnetfelder treten in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor auf?
- Hat sich das über die Jahre/Baureihen verändert? Gibt es ausgeprägte Unterschiede von Hersteller zu Hersteller?
- Wie stark sind Magnetfelder an Ereignisse wie Beschleunigen und Bremsen, an den Betrieb von Lüftung, Klimaanlage oder anderen elektrischen Verbrauchern gekoppelt?

Slide 7

Diskutierte Fragestellungen:

- Sind die Messergebnisse gut reproduzierbar bzw. allgemeingültig bei Messungen an der gleichen Position im Fahrzeug?
- Gibt es „Serienstreuungen“ beim gleichen Fahrzeugtyp?
- Wie stark weichen die Messergebnisse zwischen den verschiedenen Fahrzeugherstellern ab?
- Wie unterscheiden sich die Magnetfelder an den verschiedenen Sitzpositionen im Fahrzeug? Wie an einer festen Sitzposition in der Höhe?

Slide 8

Diskutierte Fragestellungen:

- Lassen sich alle Betriebszustände ausreichend abbilden (Stadtfahrt, Autobahn, Volllast, Teillast, Konstantfahrt, Rekuperation, Sommerbetrieb, Winterbetrieb, Nachtfahrt (Licht) u.v.m.)?
- In welchem Frequenzbereich sind starke Einflüsse zu verzeichnen?
Wie beeinflusst die untere Grenzfrequenz der Sonde oder des Messsystems die Ergebnisse?
- Gibt es unterschiedliche Ergebnisse in Abhängigkeit vom verwendeten Messgerät?

Slide 9

Diskutierte Fragestellungen:

- Kann eine „magnetfeldschonende Fahrweise“ beschrieben werden?
- Welche Normen sind bei dieser Art von Messungen zu berücksichtigen?
- Wie stark dringen externe Felder von außen in ein Fahrzeug ein, die durch Erdmagnetfeld, Freileitungen, Erdkabel, Straßenbahn etc. permanent vorhanden sind?
- Wie stark sind Magnetfelder bei elektrisch betriebenen Zweirädern wie E-Bike und Elektroscooter, die inzwischen auch sehr beliebt sind?

Slide 10

- Motivation
- Untersuchte Fahrzeuge
- Eingesetzte Messsysteme
- Beschreibung der Messung
- Randbedingungen der Messungen
- Messergebnisse „Stadtfahrt“
- Messergebnisse „Stationäre Messungen“
- Vergleich verschiedener Messgeräte
- Zusammenfassung und Schlussbemerkung

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 11

Mercedes 190 E

Baujahr 1987

Ottomotor

90 kW / 122 PS



Slide 12

9. EMV-TAGUNG

Peugeot 306 Cabrio

Baujahr 2000

Ottomotor

65 kW / 88 PS



Slide 13

Berufsverband
Deutscher
Baubiologen e.V. **VDB**

9. EMV-TAGUNG

Opel Zafira Tourer

Baujahr 2012

Dieselmotor

96 kW / 130 PS



Slide 14

Berufsverband
Deutscher
Baubiologen e.V. **VDB**

Volkswagen Touran

Baujahr 2006

Dieselmotor

77 kW / 105 PS



Slide 15

BMW i3

Baujahr 2016

Elektromotor

125 kW



Slide 16

Tesla Model S
Baujahr 2016
Elektromotor
310 kW



Slide 17

Renault Twizy
Baujahr 2015
Elektromotor
4 kW



Slide 18

Toyota Prius II

Baujahr 2005

Elektromotor 50 kW

Ottomotor 58 kW



Quelle: https://de.wikipedia.org/wiki/Toyota_Prius

Slide 19

- Motivation
- Untersuchte Fahrzeuge
- **Eingesetzte Messsysteme**
- Beschreibung der Messung
- Randbedingungen der Messungen
- Messergebnisse „Stadtfahrt“
- Messergebnisse „Stationäre Messungen“
- Vergleich verschiedener Messgeräte
- Zusammenfassung und Schlussbemerkung

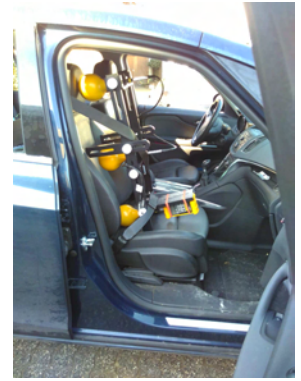
EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 20

9. EMV-TAGUNG

Einstellungen ELT-400

- Expositionsbewertung ICNIRP 1998 Gen. Pub.
- Hochpass 10 Hz
- Empfindlichkeit „LOW“



Slide 21

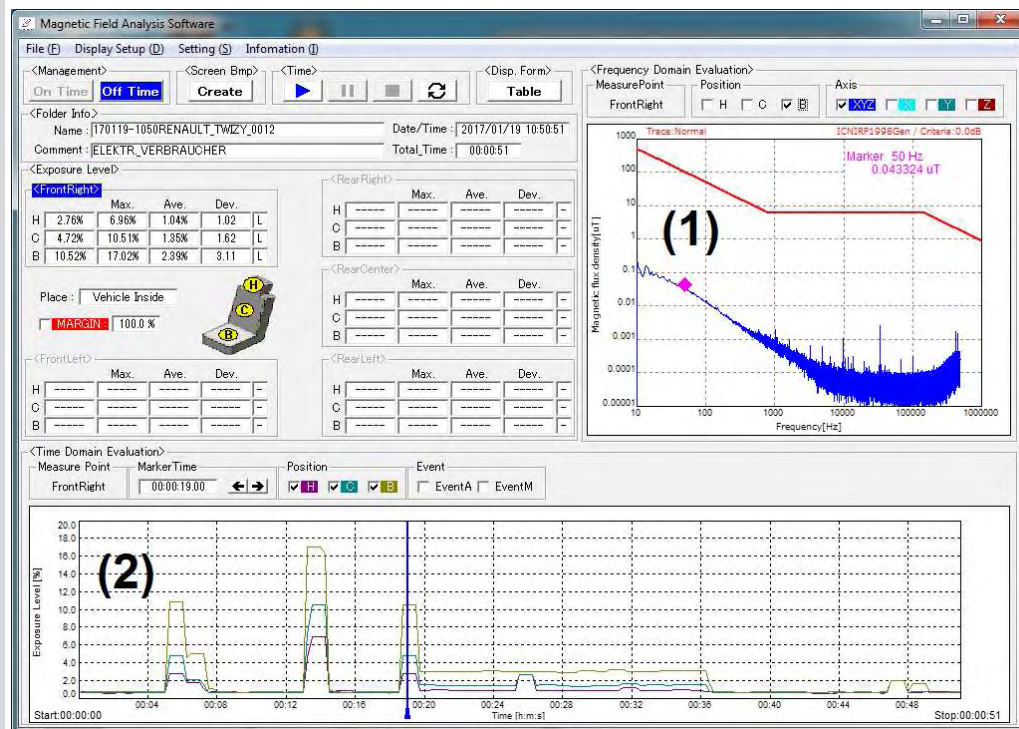
9. EMV-TAGUNG

Bevorzugte Position:

Beifahrerseite

Vorne rechts (VR)

- Kopf
- Brust
- Gesäß



Slide 22

9. EMV-TAGUNG

Messgeräte:

- PAK-MKII
- NFA 1000
- DL-MW 10



Slide 23

9. EMV-TAGUNG

Typ	Frequenzbereich	Auflösung	Speicherintervall	Gespeicherter Wert
ELT-400 / 7904A	1/10/30 Hz-400 kHz	1 nT	0,25 s	„Gleitendes Maximum“ über 1 s
ELT-400 / PAK	1 Hz-320 kHz	1 nT	beliebig	Basis Zeitrohdaten frei parametrierbar
NFA 1000	5/16 Hz-1000 kHz	1 nT	0,1 s	Mittelwert des 0,1 s-Intervalls bei RMS
DL-MW 10	5-30 Hz und 37-2000 Hz	10 nT	1 s	Mittelwert des 1 s-Intervalls

Slide 24

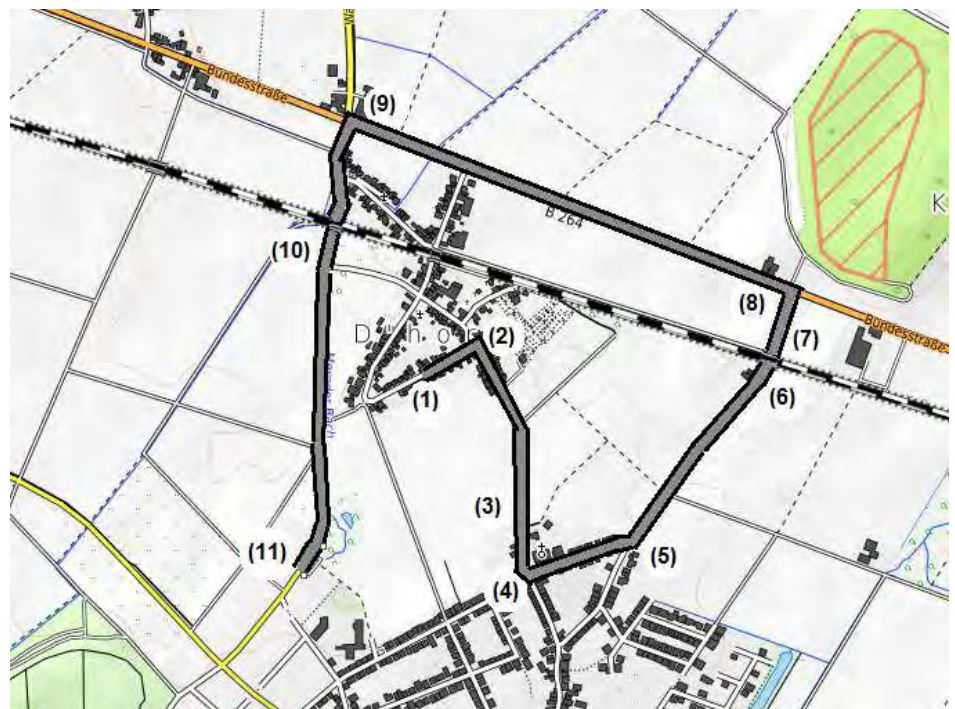
- Motivation
- Untersuchte Fahrzeuge
- Eingesetzte Messsysteme
- Beschreibung der Messung
- Randbedingungen der Messungen
- Messergebnisse „Stadtfahrt“
- Messergebnisse „Stationäre Messungen“
- Vergleich verschiedener Messgeräte
- Zusammenfassung und Schlussbemerkung

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 25

Messstrecke für:

- Mercedes 190 E
- Peugeot 306 Cabrio
- Opel Zafira Tourer



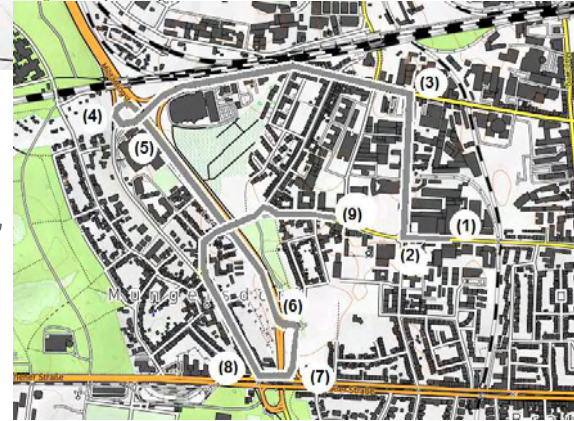
Quelle: OpenTopoMap, topographische Karten; <https://opentopomap.org>

Slide 26

Messstrecke für:

- Tesla Model S

- BMW i3



Quelle: OpenTopoMap, topographische Karten; <https://opentopomap.org>

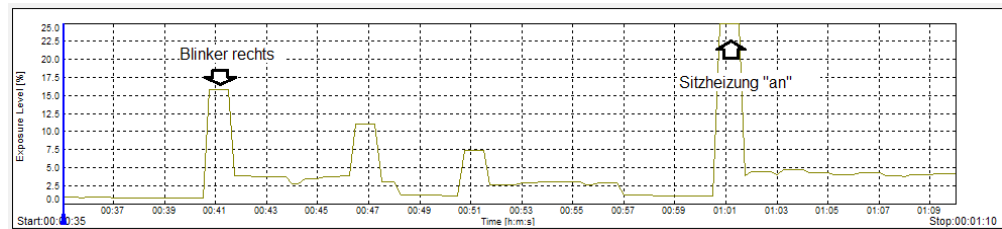
Slide 27

Hintergrundmessungen

Ort	Abgelesene Werte in %
Natur 1	0,65 – 0,73
Natur 2	0,63 – 0,73
Im Wohnhaus	0,67 – 0,77
Langerwehe	0,60 – 0,80
Köln Deutz	0,63 – 0,83
Köln Braunsfeld	0,59 – 0,70
Hambuch	0,65 – 0,75
Min/Max	0,59 / 0,83

Slide 28

Reproduzierbarkeit der Messungen



Messung	1. Blinker [%]	2. Sitzheizung [%]
..REP_0003	15,8	217,1
..REP_0004	16,2	216,1
..REP_0005	15,5	216,4
..REP_0006	15,8	216,2
..REP_0007	15,9	217,4
..REP_0008	16,3	218,1
Min/Max	15,5 / 16,3	216,1 / 218,1

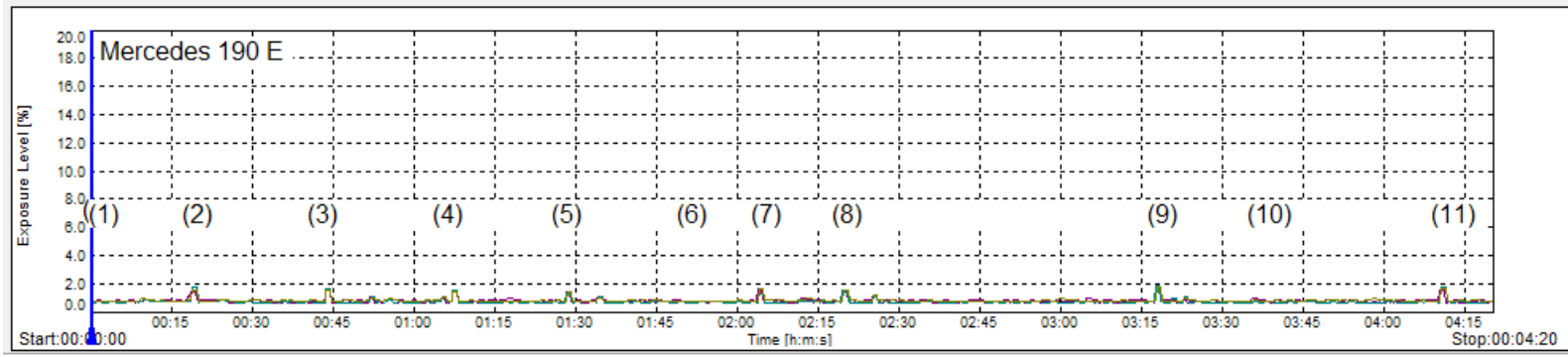
Slide 29

- Motivation
- Untersuchte Fahrzeuge
- Eingesetzte Messsysteme
- Beschreibung der Messung
- Randbedingungen der Messungen
- Messergebnisse „Stadtfahrt“
- Messergebnisse „Stationäre Messungen“
- Vergleich verschiedener Messgeräte
- Zusammenfassung und Schlussbemerkung

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

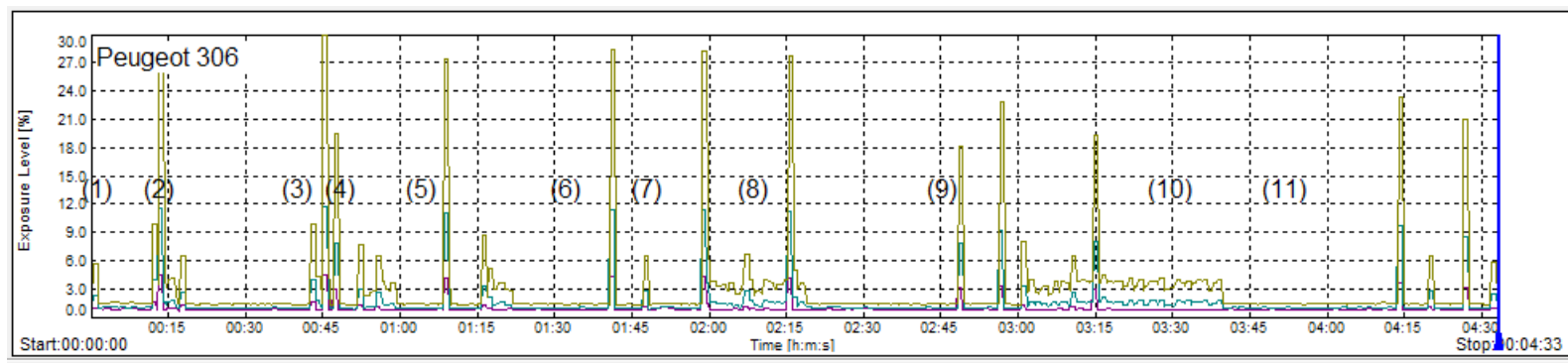
Slide 30

Stadtfahrt Mercedes 190 E

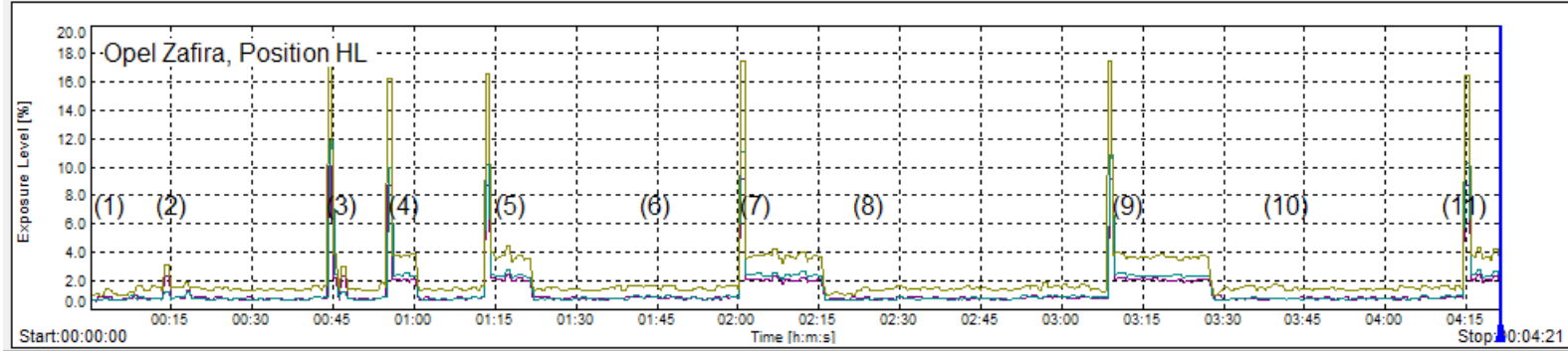
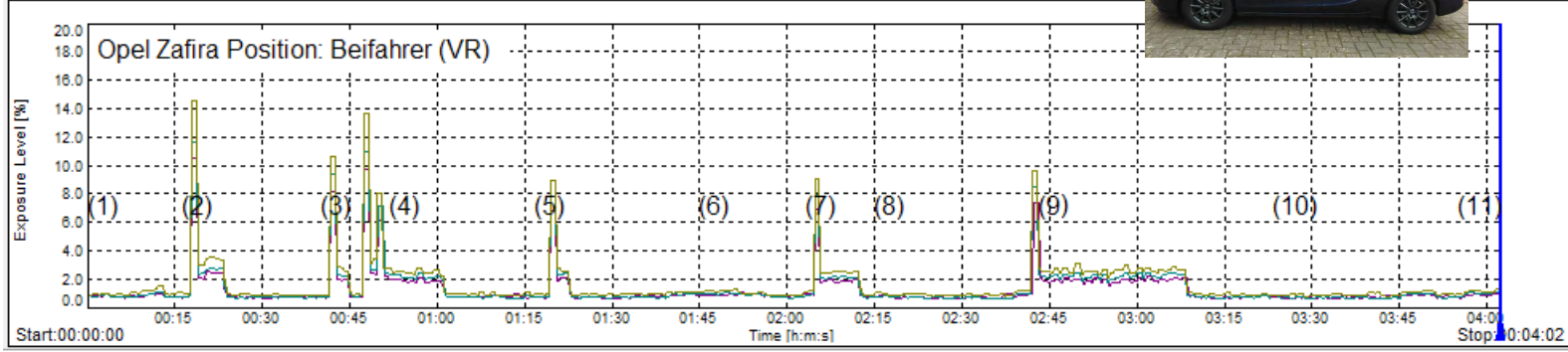


Slide 31

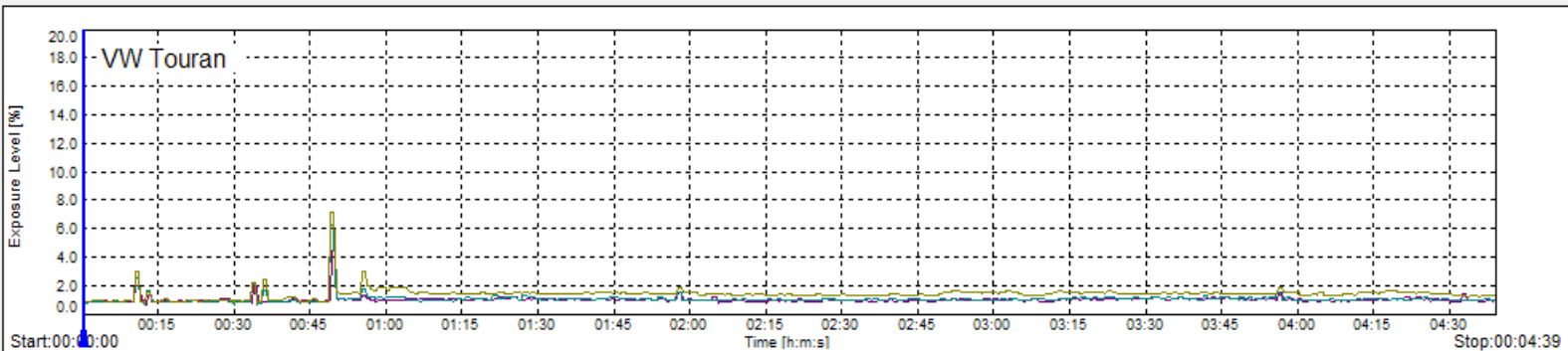
Stadtfahrt Peugeot 306 Cabrio



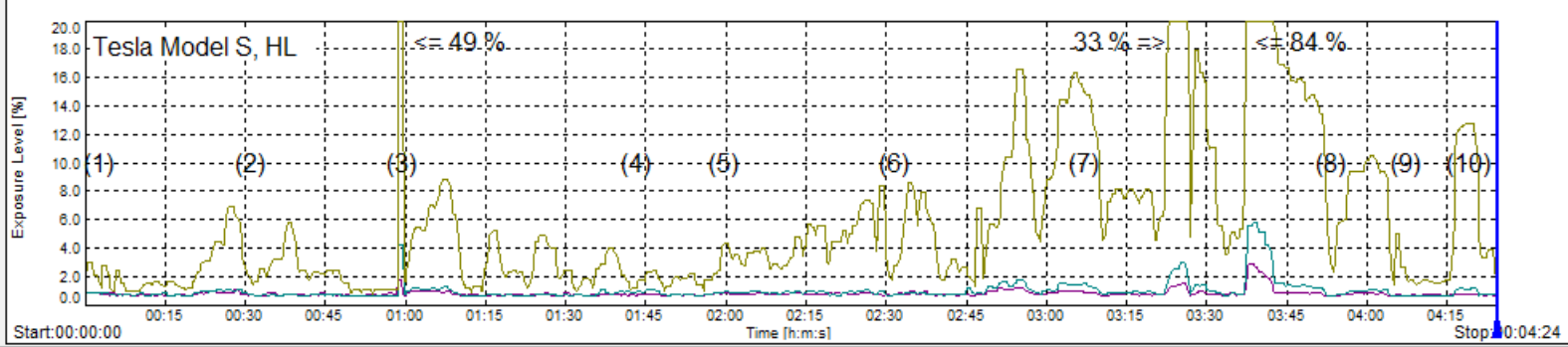
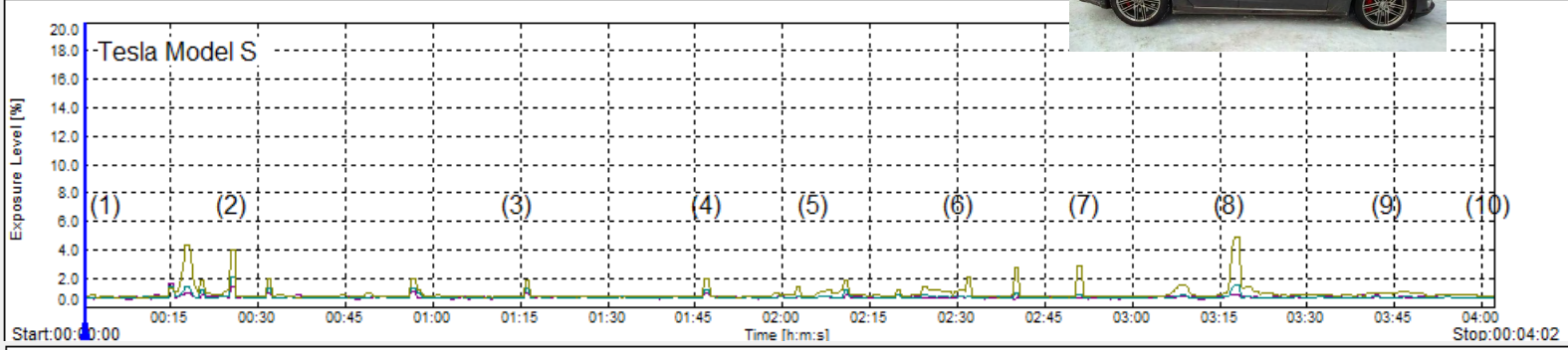
Slide 32



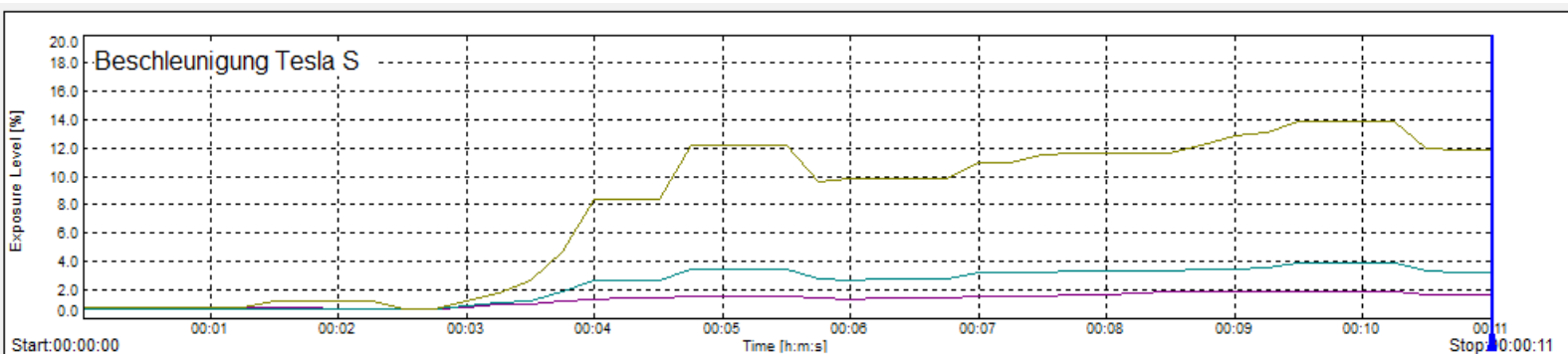
Slide 33



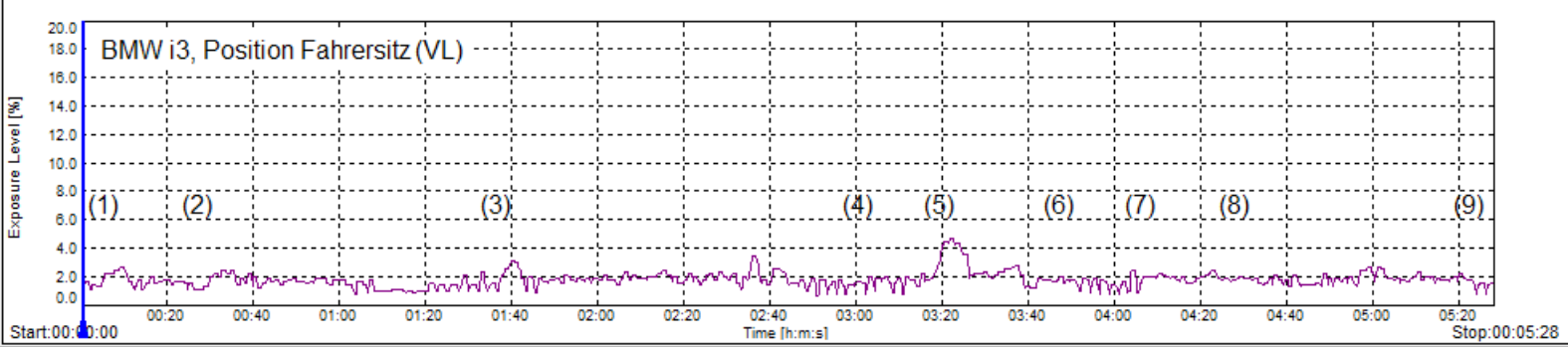
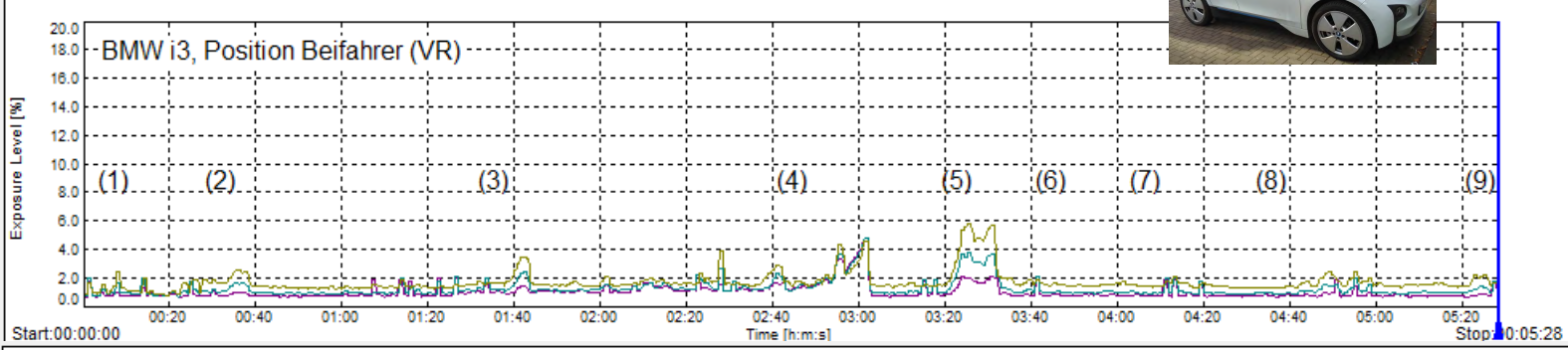
Slide 34



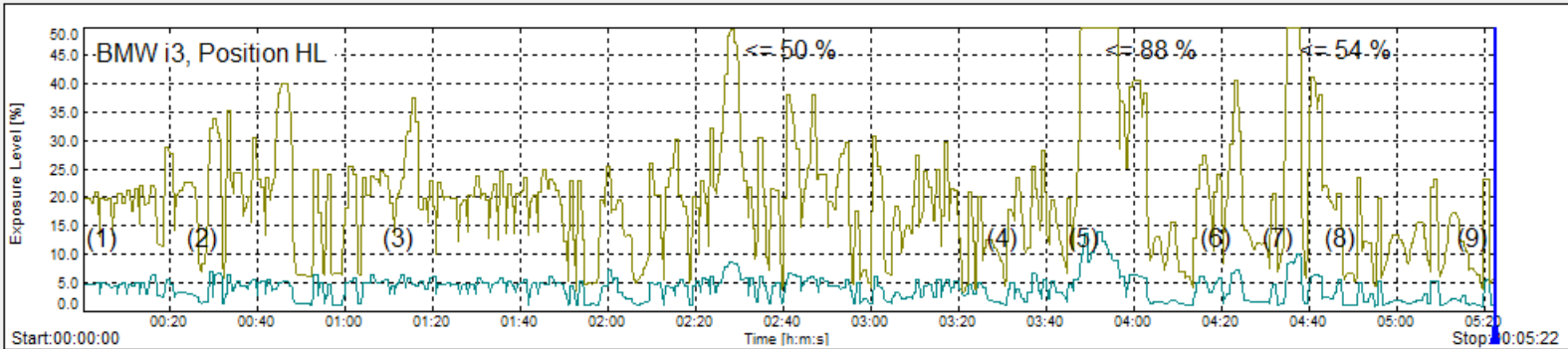
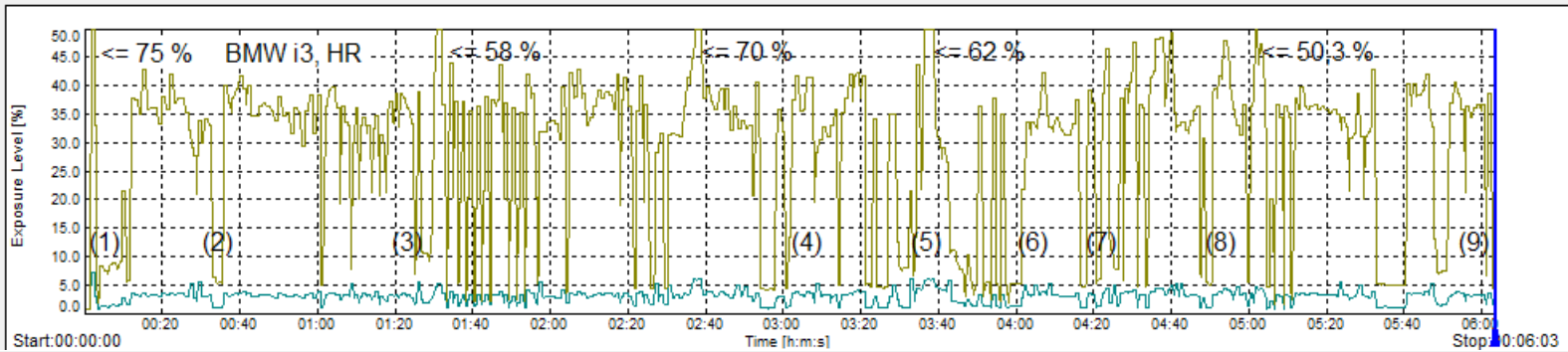
Slide 35



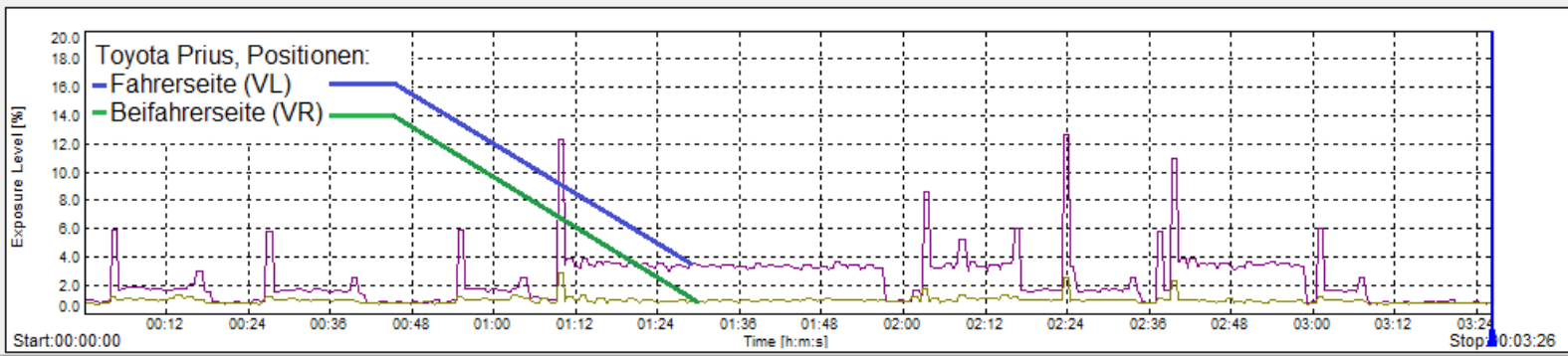
Slide 36



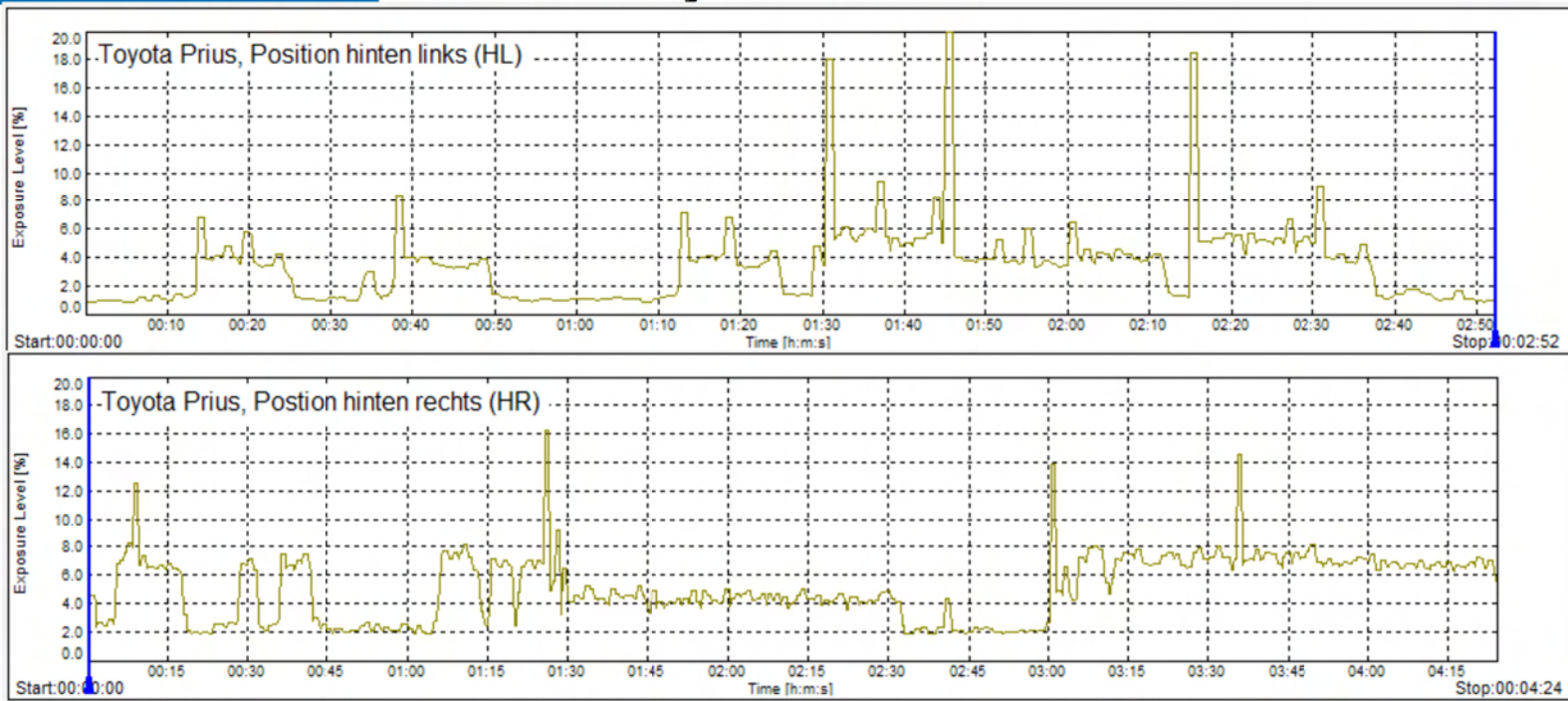
Slide 37



Slide 38



Slide 39



Slide 40

- Motivation
- Untersuchte Fahrzeuge
- Eingesetzte Messsysteme
- Beschreibung der Messung
- Randbedingungen der Messungen
- Messergebnisse „Stadtfahrt“
- Messergebnisse „Stationäre Messungen“
- Vergleich verschiedener Messgeräte
- Zusammenfassung und Schlussbemerkung

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 41

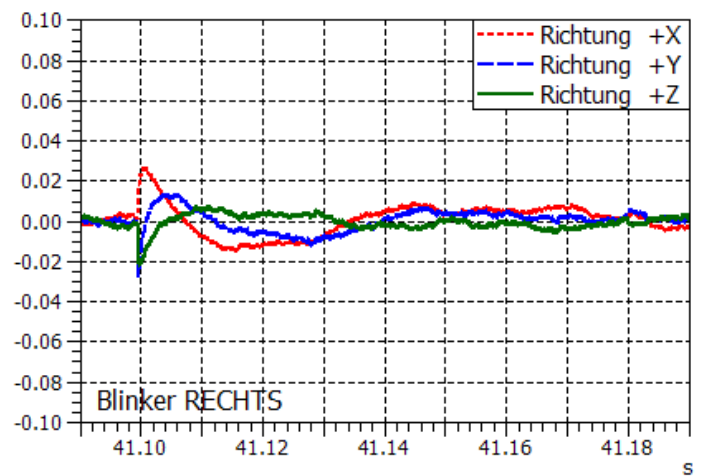
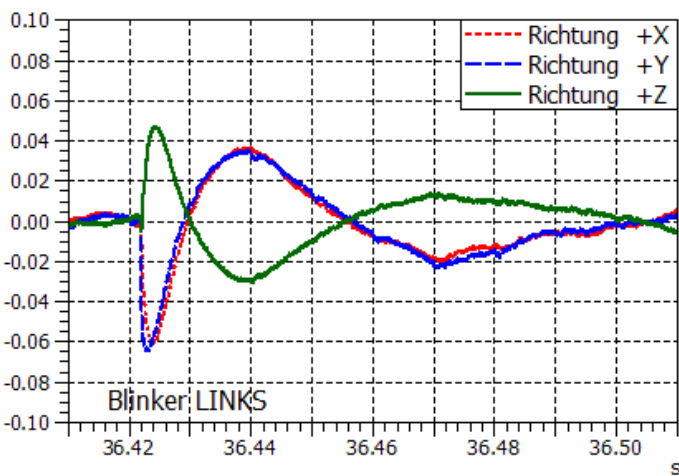
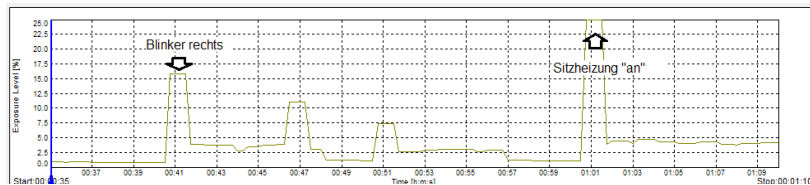
Stationäre Messungen, Einfluss elektr. Verbraucher

Fahrzeug		Zündung ein	Startvorgang	Blinker	Fensterheber	Licht	Sitzheizung
Peugeot 306 Cabrio	H	0,71 %	1,22 %	1,87 %	0,90 %		
	C	0,65 %	1,92 %	4,79 %	1,69 %		
	B	1,51 %	4,83 %	11,15 %	2,68 %		
Opel Zafira	H	2,00 %	1,99 %	8,57 %	0,76 %	1,19 %	6,57 %
	C	2,07 %	2,29 %	7,50 %	0,73 %	0,94 %	64,91 %
	B	3,13 %	3,01 %	12,36 %	1,77 %	2,96 %	208,9 %
Volkswagen Touran	H	6,96 %	2,96 %	1,60 %	1,74 %	4,25 %	0,99 %
	C	4,68 %	2,49 %	1,44 %	1,65 %	4,35 %	7,70 %
	B	8,72 %	3,10 %	2,76 %	2,73 %	6,21 %	41,4 %

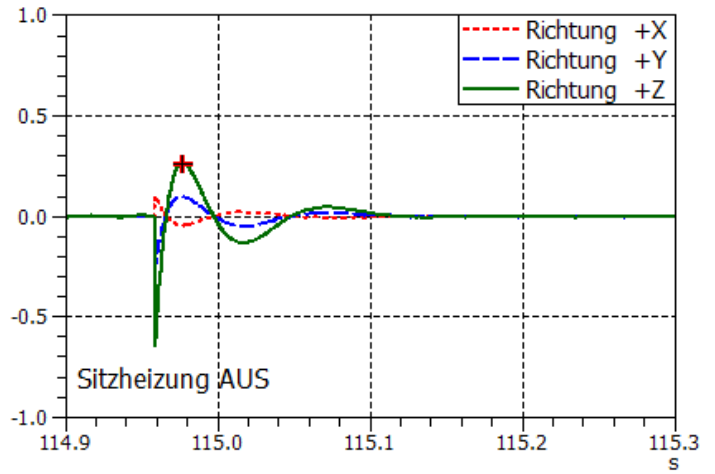
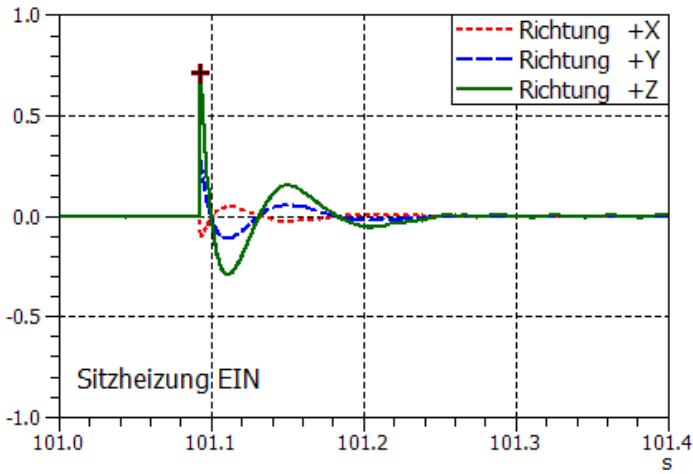
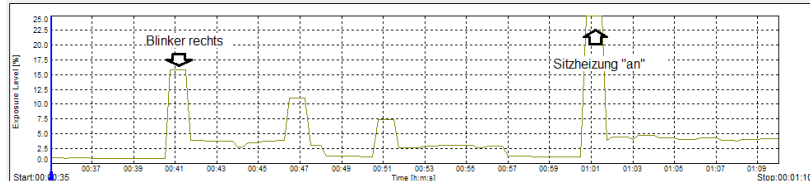
Slide 42

Fahrzeug		Zündung ein	Startvorgang	Blinker	Fensterheber	Licht	Sitzheizung
BMW i3	H	2,02 %		2,01 %	1,47 %		
	C	3,64 %		2,94 %	2,75 %		
	B	5,72 %		3,99 %	4,12 %		
Tesla Model S	H	5,20 %		0,70 %	1,05 %		1,64 %
	C	8,19 %		0,86 %	1,15 %		25,9 %
	B	14,1 %		1,42 %	0,99 %		87,5 %
Toyota Prius	H	1,61 %		2,59 %	3,97 %	5,39 %	
	C	2,17 %		2,61 %	4,67 %	5,80 %	
	B	2,43 %		2,49 %	4,06 %	5,39 %	

Slide 43



Slide 44



Slide 45

The screenshot shows a software interface with two main windows. On the left, a graph displays magnetic field components over time, with a table of data points:

Time [s]	Value [µT]
1.092773	706.58
1.154205	145.15

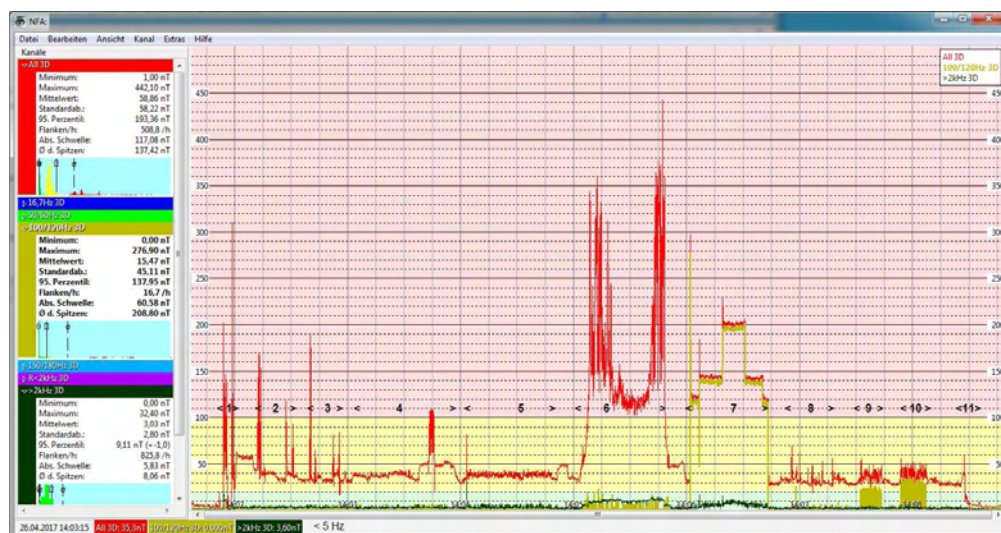
On the right, a 3D vector diagram shows a circular base with several vectors originating from a central point. A control panel on the far right includes 'Play Control', 'Display' settings, 'Rotation' (X: -40°, Y: 38°, Z: -1°), 'Offsets', and 'Enlargement' (200%). The bottom status bar indicates 'L(G) = 2.57358 m'.

- Motivation
- Untersuchte Fahrzeuge
- Eingesetzte Messsysteme
- Beschreibung der Messung
- Randbedingungen der Messungen
- Messergebnisse „Stadtfahrt“
- Messergebnisse „Stationäre Messungen“
- Vergleich verschiedener Messgeräte
- Zusammenfassung und Schlussbemerkung

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

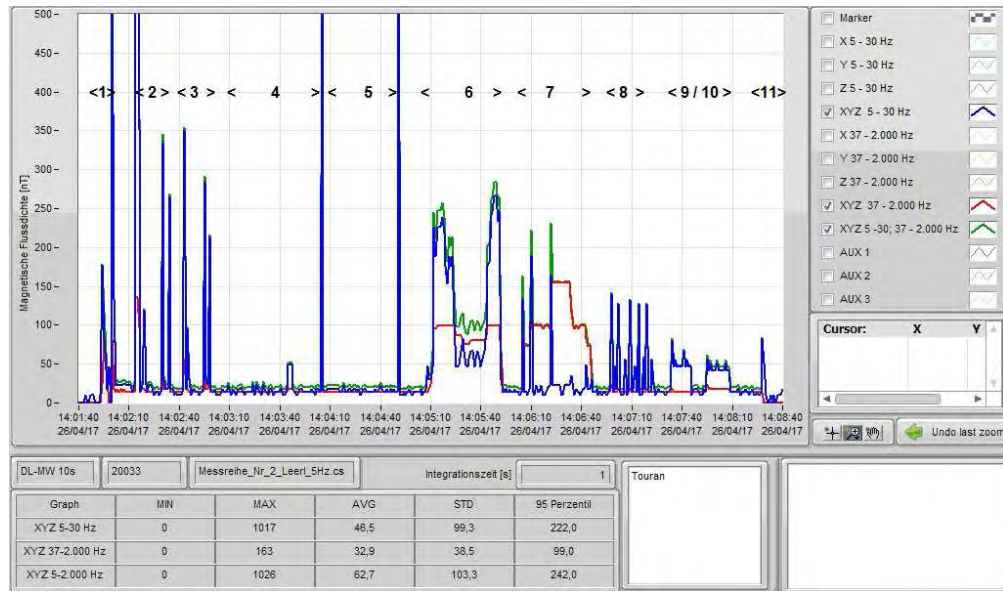
Slide 47

NFA 1000 mit Hochpass 5 Hz



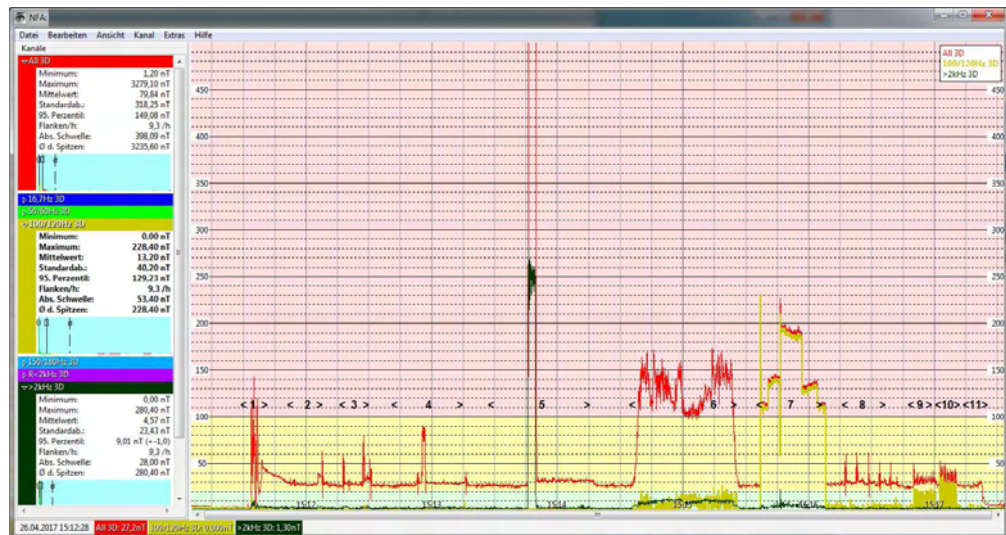
Slide 48

DL-MW 10 zeitgleich gemessen



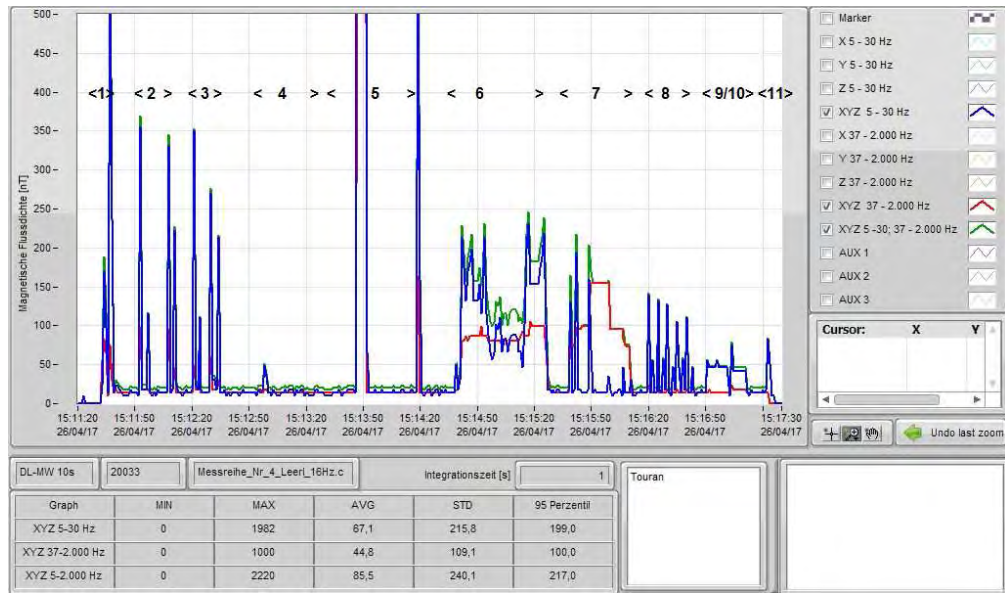
Slide 49

NFA 1000 mit Hochpass 16 Hz

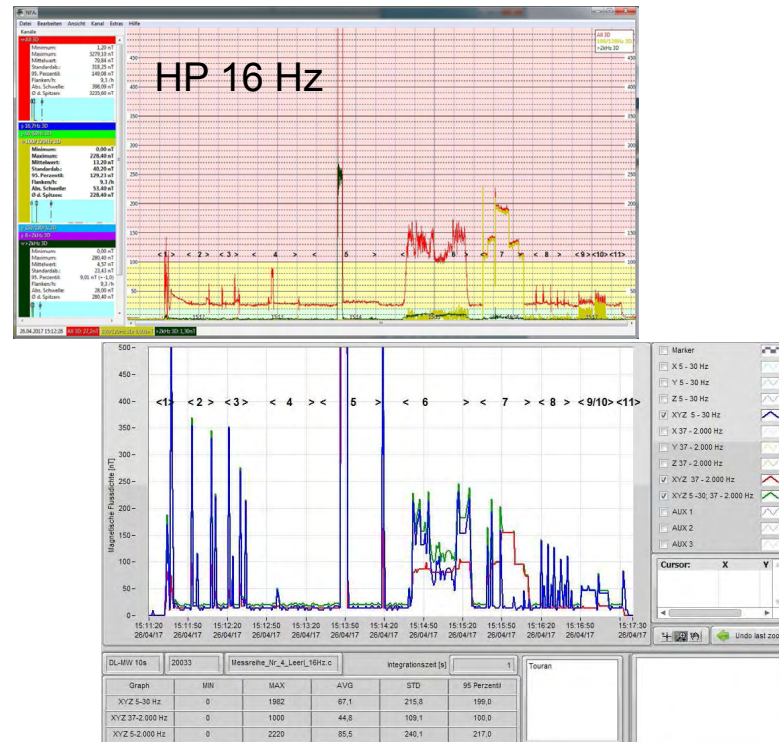
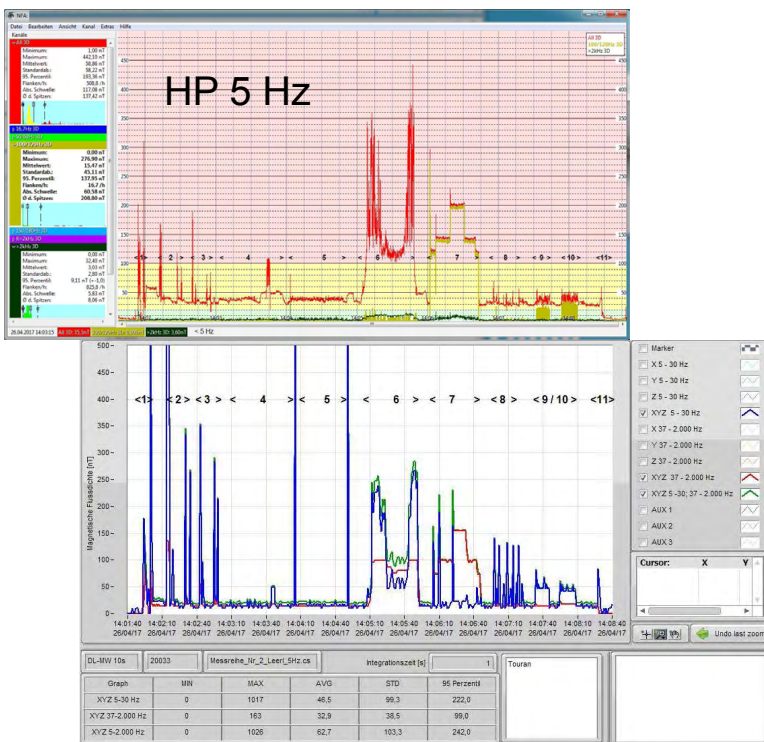


Slide 50

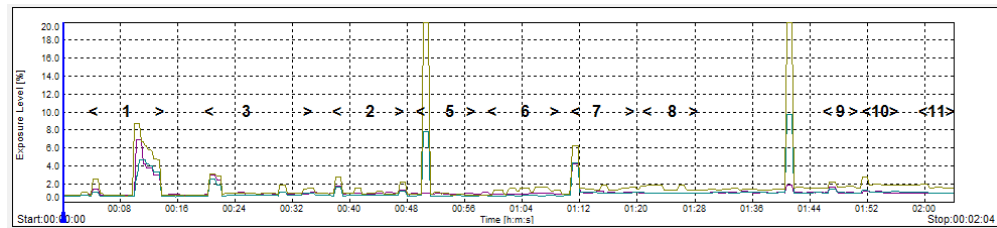
DL-MW 10 zeitgleich gemessen



Slide 51



Eiden 7904A



Slide 53

Resümee der stationären Vergleichsmessungen

Für die Brauchbarkeit von Messgeräten bei Magnetfeldmessungen in Kfz sind insbesondere die folgenden Parameter von großer Bedeutung:

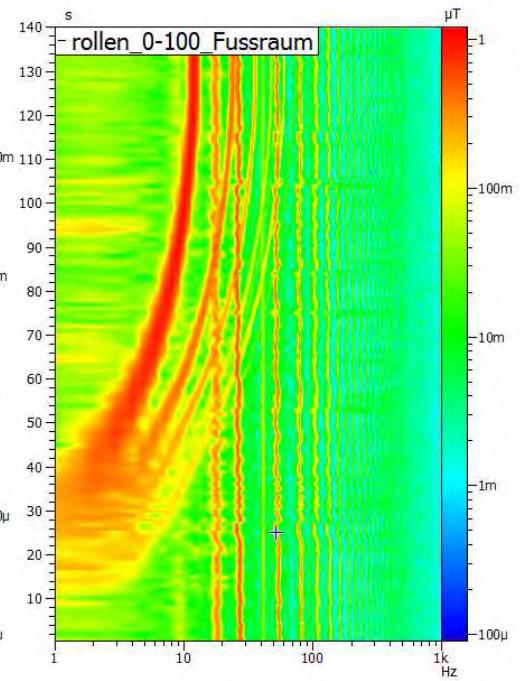
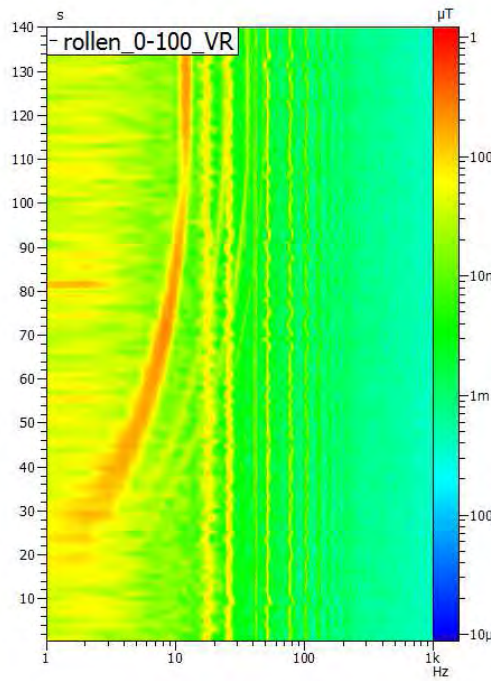
1. Obere Grenzfrequenz
2. Untere Grenzfrequenz
3. Berücksichtigung der Phasenbeziehungen zwischen den drei Messsignalen der X-, Y- und Z-Komponente des Magnetfeldes bei den Detektoren RMS bzw. Peak,
4. Art der Messwertspeicherung beim Loggerbetrieb,
5. Berücksichtigung von frequenzabhängigen Grenzwertkurven bei breitbandigen Messungen gemäß ICNIRP o.ä.

Slide 54

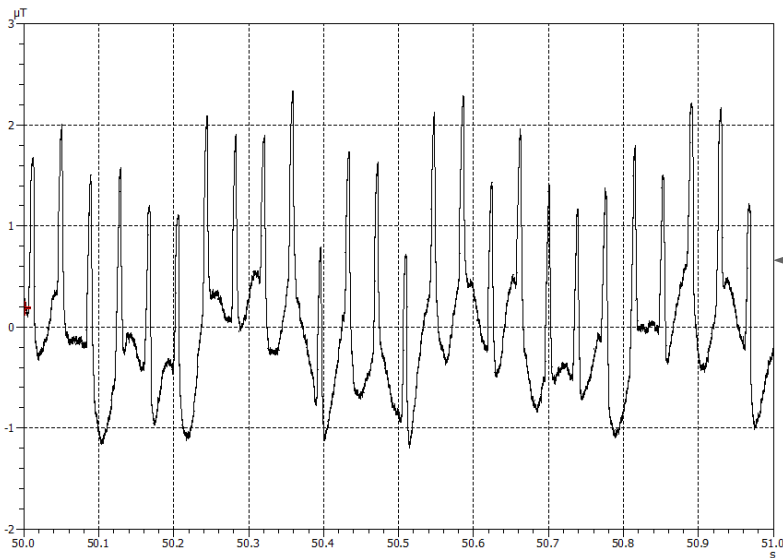
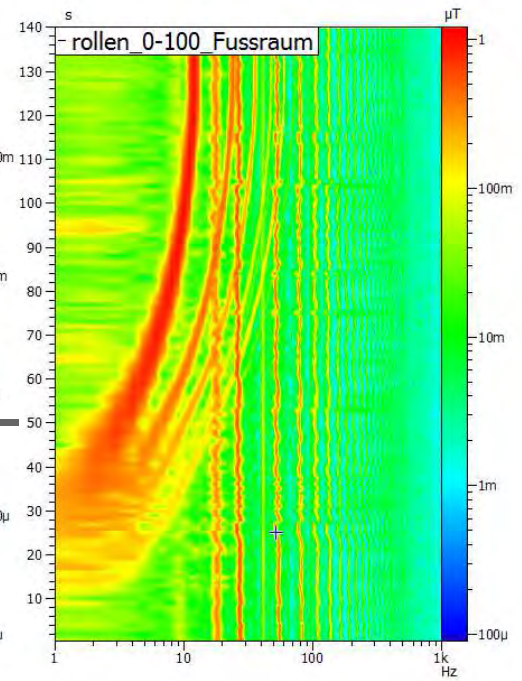
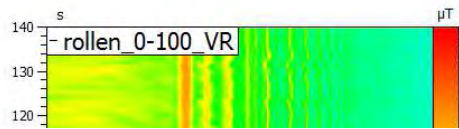
Rollen auf abschüssiger Straße

Vergleich von 2 Messpositionen

- VR= Beifahrers.
- Fussraum



Slide 55



Slide 56

- Motivation
- Untersuchte Fahrzeuge
- Eingesetzte Messsysteme
- Beschreibung der Messung
- Randbedingungen der Messungen
- Messergebnisse „Stadtfahrt“
- Messergebnisse „Stationäre Messungen“
- Vergleich verschiedener Messgeräte
- Zusammenfassung und Schlussbemerkung

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 57

Anzahl der Elektrik- / Elektronikkomponenten

Beispiel: Mittelklasse PKW



- 1 Steuergerät für Garagentoröffnung
- 2 Crashesensor für Frontairbag, Beifahrerseite
- 3 Steuergerät für Zusatzheizung
- 4 Steuergerät für ESP (Electronic Stability Program)
- 5 Crashesensor für Frontairbag
- 6 Motorsteuergerät
- 7 Steuergerät für Lenkhilfe
- 8 Steuergerät für automatisches Getriebe
- 9 Türsteuergerät, Beifahrerseite
- 10 Steuergerät für Neigungs-/Diebstahlschutz
- 11 Steuergerät für Airbag
- 12 Diagnose-Interface für Datenbus
- 13 Steuergerät für Leuchtweitenregelung
- 14 Steuergerät für Luftzusatzheizung
- 15 Crashesensor für Seitenairbag, Beifahrerseite
- 16 Steuergerät für Bordnetz
- 17 Electronic Stability Program -Sensoreinheit
- 18 Steuergerät für automatisches Getriebe
- 19 Steuergerät für Lenksäulenelektronik
- 20 Sende- und Empfangsgerät für Telefon
- 21 Crashesensor für Seitenairbag hinten
- 22 Türsteuergerät, Fahrerseite
- 23 Warnsummer für Einparkhilfe hinten
- 24 Steuergeräteträger mit Einparkhilfe
- 25 Crashesensor für Seitenairbag, Fahrerseite
- 26 Verstärker
- 27 Crashesensor für Seitenairbag hinten, Fahrerseite
- 28 Steuergerät für Navigation mit CD-Laufwerk
- 29 Verstärker mit Basslautsprecher
- 30 Empfänger für Funkuhr

Quelle: Hilgärtner, VDI-Wissensforum, 13.12.2016

Slide 58

Zusammenfassung:

- Gute Reproduzierbarkeit der Messungen
- Zunehmende Elektrifizierung führt zu mehr Magnetfeldbelastung
- Schaltmomente erzeugen hohe Peaks
- E-Fahrzeuge auf den vorderen Sitzen gut
- Messsysteme sind schwierig zu vergleichen
- Danke an alle Unterstützer
- Danke für Ihre Aufmerksamkeit

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 59



Berufsverband
Deutscher
Baubiologen e.V. **VDB**

ElektroMagnetische Verträglichkeit
Energieversorgung
& Mobilfunk

9. EMV-Tagung des VDB
5. Mai 2017 in München
In Kooperation mit dem
Referat für Gesundheit und Umwelt
der Landeshauptstadt München

Magnetische Wechselfelder in Kraftfahrzeugen

EMF in Kraftfahrzeugen: Feldmessungen in verschiedenen Fahrzeugtypen mit Elektro- bzw. Verbrennungsmotor im Vergleich

Slide 60