

Berner Fachhochschule

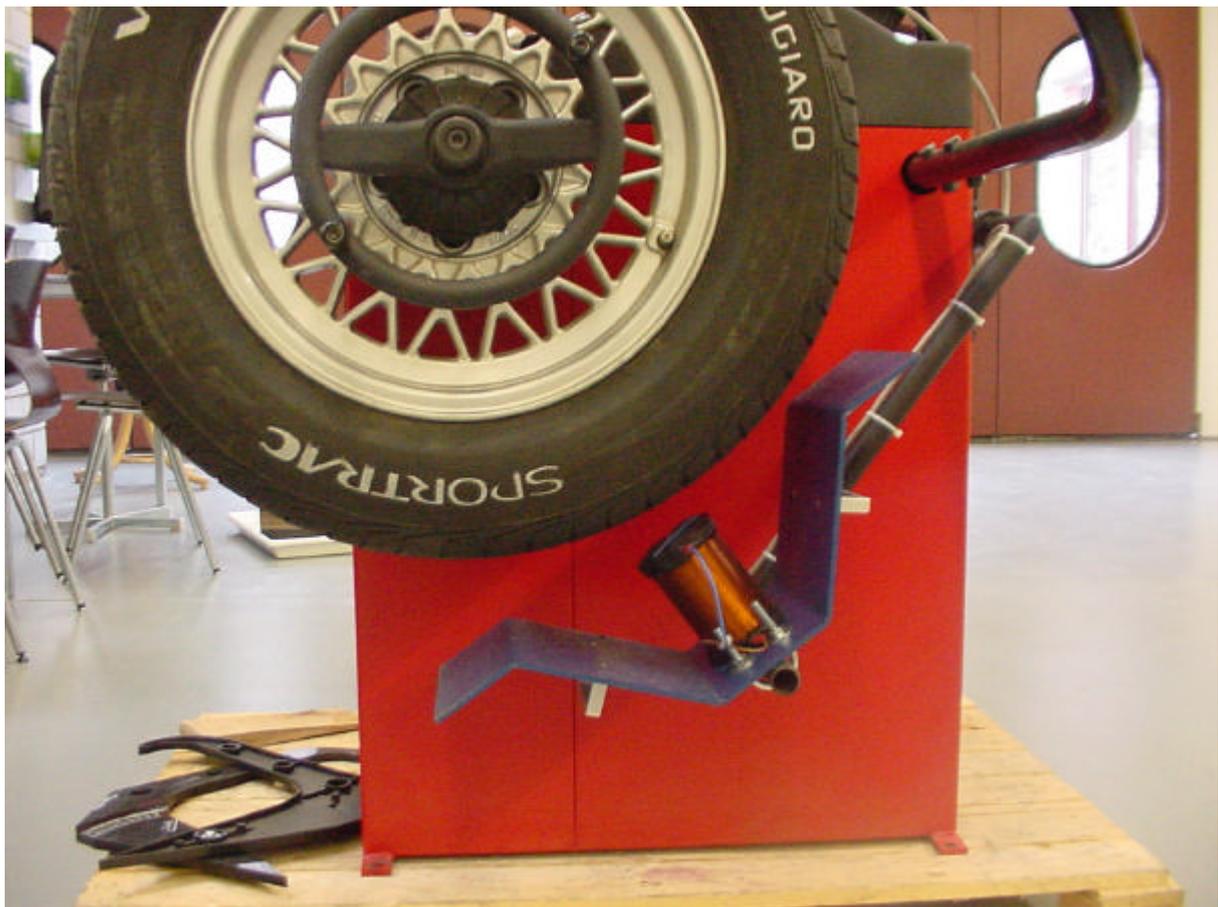
Hochschule für
Technik und Informatik Biel

Fachbereich Automobiltechnik

www.hti.bfh.ch

ENTMAGNETISIERUNG VON FAHRZEUGGREIFEN

V 1.4
1. März 2004



mit Unterstützung des Bundesamtes für Gesundheit BAG



Bundesamt
für Gesundheit



Verdankung

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



ESA Burgdorf
Herr H.Tschanz
Maritzstrasse 47
3401 Burgdorf

www.esa.ch

Projektbetreuung:

Projektleiter

Karl Meier-Engel
Quellgasse 21
2502 Biel

Tel.: 032 321 63 62
e-mail: karl.meier@hti.bfh.ch

Projektingenieur

Andreas Kessi
Quellgasse 21
2502 Biel

Tel.: 032 321 63 61
e-mail: andreas.kessi@hti.bfh.ch

Berater für Physikalische Grundlagen

Dr. Stefan Stankowski
Quellgasse 21
2502 Biel

Tel.: 032 321 64 04
e-mail: stefan.stankowski@hti.bfh.ch

Inhalt

1	Zusammenfassung	3
2	Einleitung	4
2.1	Zweck	4
3	Auftragsumschreibung	4
3.1	Endprodukt	4
3.2	Zeitplan	4
4	Untersuchung der Messgenauigkeit EFA200	5
4.1	Messaufbau Ausrüstung	5
4.1.1	Helmholtzspulen-Paar	5
4.1.2	Variac	5
4.1.3	Funktionsgenerator	5
4.1.4	Teslameter mit Hall-Sensor:	5
4.1.5	Magnetfeldmessgerät EFA200	6
4.2	Messresultate	7
4.2.1	Verfahren	7
4.2.2	Vergleich verschiedener Einstellungen und Vergleich mit Hallsonde	7
4.2.2.1	mit Variac (definierte Frequenz)	7
4.2.2.2	mit Funktionsgenerator (Auftreten von Harmonischen)	7
4.2.3	Vergleich der ICNIRP-Bewertungen	8
5	Entmagnetisierung	9
5.1	Entmagnetisiergeräte	9
5.1.1	HTI	9
5.1.2	Swisstool	9
5.2	Wirkungsweise:	9
5.3	Entmagnetisierereinrichtung	10
5.4	Aufbau der Entmagnetisierereinrichtung an der Auswuchtmaschine	10
5.5	Auswuchtmaschine	10
6	Wirksamkeit der Entmagnetisierungsmethode	11
6.1	Messaufbau Ausrüstung	11
6.1.1	Messgerät	11
6.1.2	Messpunkt	11
6.1.3	Reifenliste	12
6.2	Messresultate	13
6.2.1	Rad Nr.1	13
6.2.2	Rad Nr.2	14
6.2.3	Rad Nr.3	15
6.2.4	Rad Nr.4	16
6.2.5	Rad Nr.5	17
6.2.6	Vergleich der Messwerte	18
6.2.7	Vergleich der Entmagnetisiergeräte	20
7	Schlussfolgerung	21
8	Literaturverzeichnis	21
9	Links	22
10	Herstellerverzeichnis	22

1 Zusammenfassung

Die stärksten Magnetfelder im Auto werden von magnetisierten Felgen und Stahlgürtel in den Reifen hervorgerufen. Die Magnetfelder sind für jeden einzelnen Reifen unterschiedlich und hängen weder vom Typ, der Marke noch vom Alter der Reifen ab.

Mit einer Versuchsreihe konnte demonstriert werden, dass diese Magnetfelder relativ einfach dauerhaft abgebaut werden können.

Es wurde eine Entmagnetisierereinrichtung entwickelt, die an eine Auswuchtmaschine angebaut werden kann. Auf diese Weise können die Räder einfach und effizient entmagnetisiert werden.

Die Messgenauigkeit des Magnetfeldmessgerätes wurde überprüft. Sie beträgt in der Betriebsart „Effektivwert ACT RMS“ $\pm 1\%$. Alle ermittelten Werte wurden in dieser Betriebsart gemessen.

Glossary

Isotrop	In alle Richtungen gleiche Eigenschaften
Simultan	gleichzeitig, parallel verlaufend
Variac	Variable Wechselspannungsquelle, Netzfrequenz
Funktionsgenerator	Erzeugt verschiedene Signalformen mit veränderbaren Frequenzen
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)
Helmholtzspule	Spule ohne Eisenkern aus Kupferdraht zum Erzeugen von definierten Magnetfeldern
Hallsensor	Erfasst die magnetische Flussdichte und wandelt den Wert in ein elektrisches Signal um

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 wurde festgestellt, dass die Fahrzeugelektrik nur eine geringe Abstrahlung von magnetischen Feldern erzeugt. Weitaus grössere magnetische Felder bei tiefen Frequenzen strahlen die Reifen ab.

2.1 Zweck

Zweck dieser Arbeit ist es, eine wirksame Methode zum Entmagnetisieren der Räder zu demonstrieren. Die Wirksamkeit dieser Entmagnetisierungsmethode soll mit Messungen belegt werden.

3 Auftragsumschreibung

Folgende Arbeiten sollen ausgeführt werden:

- Untersuchung der Messgenauigkeit von Magnetfeldmessungen mit dem Messgerät EFA200. Gesamtbelastung der Werte gemäss ICNIRP-Summenformel
- Erarbeiten der Grundlagen für den Bau eines für Fahrzeugräder geeignetes Entmagnetisiergerätes.
- Bau eines Prototypen eines Entmagnetisiergerätes, Aufbau von Versuchseinrichtungen
- Literaturstudium Entmagnetisierung. Kopien der Originalliteratur (ev. auf CD) zu Händen des BAG
- Durchführen von Entmagnetisierungsversuchen an Autorädern verschiedener Bauart, mit verschiedenen Felgen und verschiedenen Reifen zum Testen der Effizienz der Entmagnetisierungseinrichtung
- Bericht über die Studie erstellen

3.1 Endprodukt

Folgende Endprodukte müssen abgeliefert werden:

- Prototyp eines, in der Praxis einsetzbaren Entmagnetisierungsgerätes
- 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. Mai 2003
Abschluss:	28. Februar 2004

4 Untersuchung der Messgenauigkeit EFA200

4.1 Messaufbau Ausrüstung

4.1.1 Helmholtzspulen-Paar

Hersteller: Phywe Systeme GmbH

Technische Daten:

Spulendurchmesser: 400mm
Windungszahl: je 130
Spulenwiderstand: 2,1 Ω
max. Strom je Spule: 5 A (Dauerbelastung)
max. Flußdichte bei $I = 5$ A in Helmholtz-Anordnung: 3,5 mT



4.1.2 Variac

Technische Daten:

Typ: E401AB/040
In: 230V/50Hz
Out: 0...260V/50Hz



4.1.3 Funktionsgenerator

Hersteller: SF Denmark

Technische Daten:

Speisung: 230V/50Hz
Frequenzgang: 0.1Hz...100kHz
Amplitude: 0..12V



4.1.4 Teslameter mit Hall-Sensor:

Teslameter Koshava 3
Serien Nr. 9151001
Hall-Messsonde KSM1
Serien Nr. 9151016
Hersteller: Altrona AG



Bereiche

2mT/20mT/200mT/2000mTesla mit Umschalter am Sondenkörper x 10 bis max. 20 Tesla.

Anzeige

3 ½-stellige LCD-Anzeige 1,999 mT/1 9,99 mT/199,9 mT/1999 mTesla und 19,99 Tesla (entspricht: 19,99 G/199,9 G/1,999 KG/1 9,99 KG und 199,9 KG).

Genauigkeit

$\pm 1\%$ bei DC bis 10 Hz, $\pm 1,5\%$ bei 10 Hz bis 1 KHz, $\pm 2,5\%$ bei 1 KHz bis 4 KHz, $\pm 5,5\%$ bei 4 KHz bis 10 KHz, $\pm 10\%$ bei 20 Tesla von DC bis 10 KHz.

Langzeitstabilität

0,5% pro Jahr

Reproduzierbarkeit

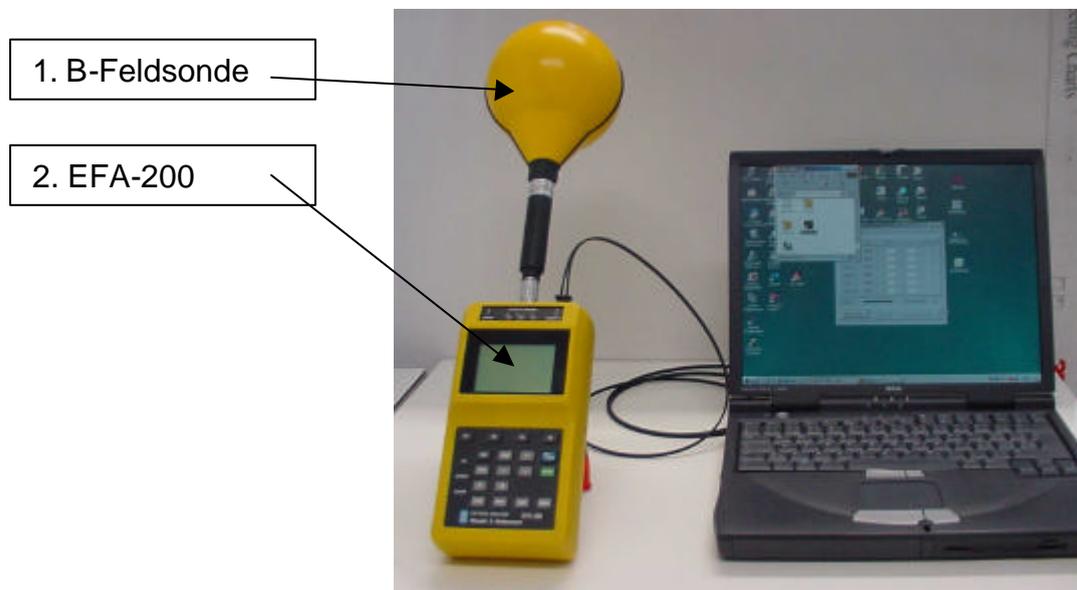
0,5% vom vollen Bereich (Gerät mit Sonde)

Betriebstemperatur

0° C bis + 45° C

4.1.5 Magnetfeldmessgerät EFA200

B-Feldsonde 100cm² BN 2245/90.10 Hersteller: Narda Safety Test Solution [A]
Lieferant CH: Telemeter Electronic Ellighausen [B]
Electromagnetic Field Analysator EFA-200 Hersteller: Narda Safety Test Solution [A]
Lieferant CH: Telemeter Electronic Ellighausen [B]
Notebook mit Datenaquisitions-Software EFA-200/-300



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

4.2 Messresultate

Messungen: Jonas Rihs,
Auswertung: Dr. Stefan Stankowski, Februar 2004

4.2.1 Verfahren

Getestet wurde an einem Paar Helmholtz-Spulen. Der Spulenstrom wurde erzeugt mittels einem Variac (klarer Peak bei 50 Hz mit einem kleinen Nebenpeak bei 150 Hz) einem Funktionsgenerator (Betrieb als Sinusgenerator bei 10 Hz, 12 Hz oder 20 Hz, Auftauchen von Harmonischen vor allem bei grösseren Strömen durch Übersteuerungseffekte)

Gemessen wurde mit dem EFA-200 bei verschiedenen Einstellungen und einer Hallsonde Koshava 3 (Probe KSM1) mit zwei verschiedenen Probenköpfen.

Im Folgenden werden alle Feldwerte in μT angegeben.

4.2.2 Vergleich verschiedener Einstellungen und Vergleich mit Hallsonde

4.2.2.1 mit Variac (definierte Frequenz)

Spulenstrom	Hallsonden		EFA-200			
	Hallsonde 1	Hallsonde 2	mean field RMS	mean field Peak	FFT RMS	FFT Peak
0.69 A	488	485	489	701	489	703
0.85 A	598	595	601	857	603	858
0.97 A	690	691	690	---	693	987
1.14 A	808	802	799	1138	798	1203 (?)
1.28 A	892	883	886	1257	884	1262
1.41 A	1000	1000	988	1416	995	1422

RMS-Werte:

Die Übereinstimmung zwischen Hallsonden und EFA-200 ist sehr gut. Die Abweichungen sind in der Grössenordnung von 1% .

Peak-Werte, RMS-Werte

Diese Werte liegen weit auseinander.

FFT-Modus, Mean-Field-Modus

Die Messwerte stimmen gut überein.

(Es ist zu berücksichtigen, dass bei dieser Messung auch kleinere Stromschwankungen in den Spulen auftreten).

4.2.2.2 mit Funktionsgenerator (Auftreten von Harmonischen)

Ausgewertet wurden vor allem höhere Ströme, da dort merklich Harmonische auftraten (Übersteuerungseffekt); bei 20 Hz war der Gehalt an Harmonischen gering (niedrigere Ausgangsleistung, daher weniger Übersteuern möglich).

Spulenstrom	Frequenz	Hallsonden		EFA-200			
		Hallsonde 1	Hallsonde 2	mean field RMS	mean field Peak	FFT RMS	FFT Peak
0.75 A	10 Hz	507	502	552	778	557	800
1.38 A	10 Hz	972	966	1023	1592	1026	1461
1.53 A	10 Hz	1120	1082	1128	2185 <--	1088	1556
1.55 A	10 Hz	1140	1130	1135	2451 <--	1067	1532
0.46 A	20 Hz	307	303	338	481	337	466
0.89 A	20 Hz	596	594	661	940	659	928

Hier tendiert das EFA-200 zu grösseren Feldwerten als die Hallsonden. Während Hallsonden und EFA-200 bei den grössten Feldwerten übereinstimmen, liegt das EFA-200 bei kleineren Feldwerten um 8-10% höher.

Während bei kleineren Strömen RMS- und Peak-Wert gut zusammenpassen, ist der überhöhte Peak-Wert auffällig, der bei hohen Strömen (hoher Gehalt an Harmonischen) ausschliesslich in der „Mean-Field“- Einstellung auftritt. Offenbar werden dabei die Harmonischen stark gewichtet. Nach dem FFT-Spektrum entspricht der „Mean-Field-Peak“-Wert der Summe mehrerer (3-4) harmonischer Peaks.

Dasselbe Phänomen trat auch bei den Messungen unter 4. auf.

4.2.3 Vergleich der ICNIRP-Bewertungen

Verglichen werden die ICNIRP-Werte (general public) in %, die vom EFA-200 direkt ausgegeben werden (STD-Modus) und die aus dem zugehörigen FFT-Spektrum von uns selbst berechnet wurden.

Messung Nr.	mean field RMS	mean field Peak	ICNIRP direkte Ablesung	ICNIRP Berechnung aus FFT*)	Speisung mit
1	1160	2145	412%	840%	Funktions-generator
2	540	828	135%	197%	
3	257	422	75%	125%	
4	65	115	31%	42%	
5	25.6	40.4	37%	40%	Variac
6	414	600	410%	473%	

*) Summe von 5-100 Hz; im Fall des Variac bis 200 Hz, um die Harmonische bei 150 Hz mit zu berücksichtigen.

Nur beim Variac (gut definierte Frequenz) sind die Abweichungen vertretbar (7.5 – 15%). Beim Auftreten von zahlreichen Harmonischen sind die Abweichungen erheblich.

Der Grund ist unbekannt.

Summation von Hand über die dominanten Peaks anhand der ICNIRP-Formel*) liefert bereits höhere Werte als das EFA-200 anzeigt.

Beispiele:

Messung 6 Hauptpeak liefert 414%, Nebenpeak 40% --> 454%

(Rest: kleinere Zusatzpeaks)

Dass das EFA-200 nur den Hauptpeak berücksichtigt, kann aber nicht sein, denn bei der Messung 5 liefert der Hauptpeak allein nur 25% (Nebenpeak 14%).

Messung 3 liefert einen Peak bei 11 Hz und klar sichtbare Harmonische bei 21, 32, 43, 54, 64 Hz. Addiert man die 6 Beiträge gemäss der ICNIRP-Formel, so erhält man bereits 105%.

(erste 5 Beiträge = 97%, erste 4 Beiträge = 86%, erste 3 Beiträge = 78%, sogar das liegt schon über der Geräteanzeige!).

Messung 1 zeigt 5 besonders prominente Peaks bei 12, 25,37,50, 62 Hz und eine grosse Zahl weiterer, kleinerer Harmonischer. Summiert man die ersten 3 Peaks nach der ICNIRP-Formel, so ergibt sich bereits 493%, 4 Peaks = 559%, 5 Peaks = 683%.

*)ICNIRP-Formel: Grenzwert = 5000/f in µT im Bereich ab 8 Hz.

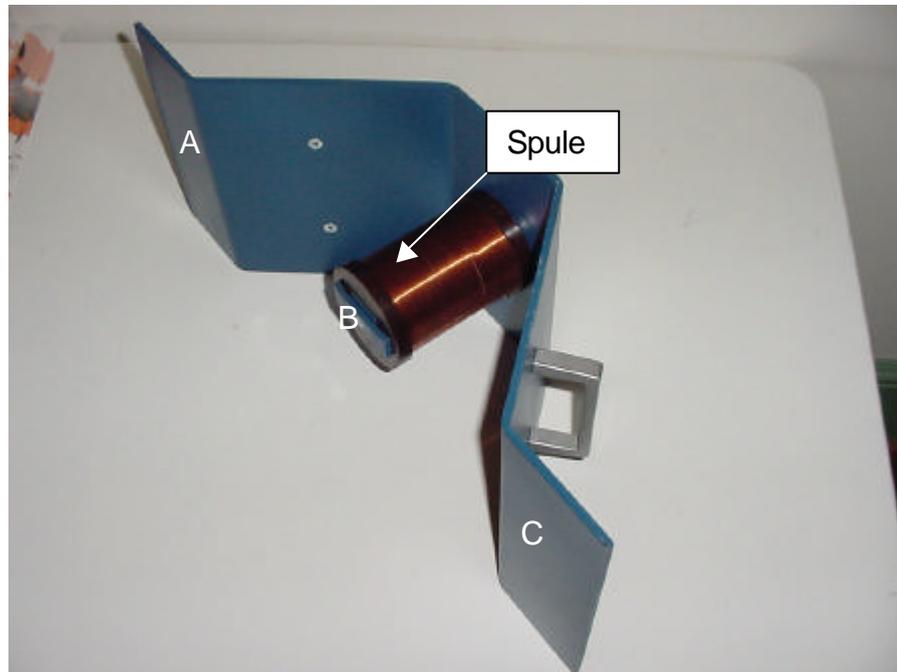
5 Entmagnetisierung

Um das Magnetfeld der Reifen zu reduzieren, wurden folgende Entmagnetisiergeräte eingesetzt:

5.1 Entmagnetisiergeräte

5.1.1 HTI

Dieses Entmagnetisiergerät wurde von der HTI Biel speziell für diese Messungen entwickelt.



..Entmagnetisiergerät HTI

5.1.2 Swisstool

Lieferant: Firma Maurer Magnetic AG.



Entmagnetisiergerät Swisstool

5.2 Wirkungsweise:

Die Spule in der Mitte des Gerätes wird mit einer Wechselspannung von 230V 50Hz gespeist. Dadurch wird ein Magnetfeld erzeugt, das 50 mal in der Sekunde seine Polarität wechselt. Dieses Wechselfeld wird vom einen Pol der Spule über das Eisenblech an die beiden Enden A und C geleitet. Dadurch entsteht zwischen den Polen A,C, und B ein starkes magnetisches Wechselfeld. Durch diese Wechselwirkung wechseln die Elementarmagnete im Stahlgürtel dauernd ihre Polarität. Wird die Magnetfeldstärke nun kontinuierlich reduziert, werden immer weniger der Elementarmagnete ausgerichtet.

5.3 Entmagnetisierereinrichtung

Zur Entmagnetisierung eines Stahlgürtels müssen durch die Entmagnetisierungseinrichtung folgende Anforderungen erfüllt werden:

- Zuschaltbar
- Anbaubar an Auswuchtmaschine
- Stufenloses Abschwächen des Magnetfeldes
- Stromversorgung: Wechselstrom
- Leichte Bedienbarkeit
- Kostengünstig, einfach

Es wurde ein Hebelsystem entwickelt mit welchem die Entmagnetisierspule mit einem Hebel zur Lauffläche des Reifens geschwenkt werden kann. Nach dem Einschalten der Speisespannung kann der Hebel losgelassen werden. Die Entmagnetisierspule schwenkt nun langsam vom drehenden Rad weg.

5.4 Aufbau der Entmagnetisierereinrichtung an der Auswuchtmaschine

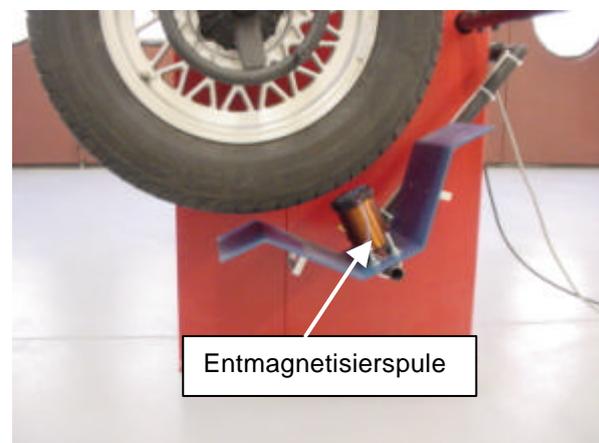
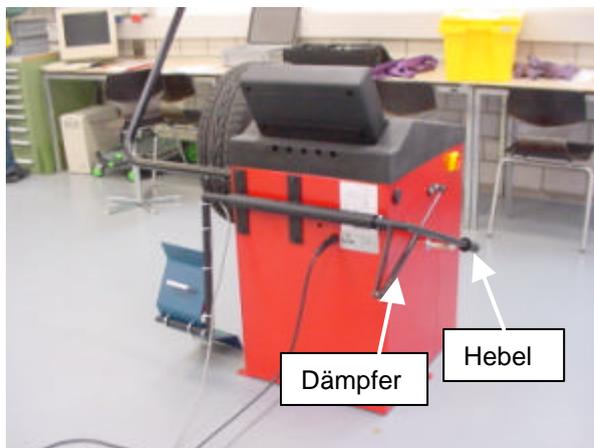
5.5 Auswuchtmaschine

Marke:CEMB

Typ:C 61 Z

Serie:D

Maschinen Nr.90061Z1D2/6



6 Wirksamkeit der Entmagnetisiermethode

Um die Wirksamkeit der Entmagnetisierereinrichtung zu überprüfen wurden 5 Räder ausgemessen.

Vorgehen:

1. Magnetisieren des Rades an einem Punkt auf der Lauffläche
2. Messen der magnetischen Flussdichte, speichern der Daten
3. Entmagnetisieren mit dem Entmagnetisiergerät HTI
4. Messen der magnetischen Flussdichte, speichern der Daten
5. Magnetisieren des Rades an einem Punkt auf der Lauffläche
6. Messen der magnetischen Flussdichte, speichern der Daten
7. Entmagnetisieren mit dem Entmagnetisiergerät Swisstool
8. Messen der magnetischen Flussdichte, speichern der Daten
9. Auswerten

6.1 Messaufbau Ausrüstung

6.1.1 Messgerät

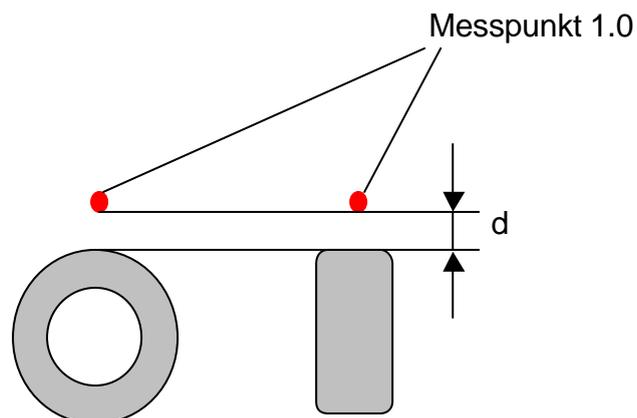
EFA200 Alle Messungen in dieser Arbeit wurden mit dem Messgerät EFA200 (siehe 4.1.5) durchgeführt

Geräte-Einstellungen:

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

6.1.2 Messpunkt

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. 400min^{-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.

**6.1.3 Reifenliste**

Folgende Reifen wurden gemessen:

Marke, Typ	Dimension
Vredestein Sportrac2	225/60 ZR15 96W
Yokohama A539	205/55 ZR16 93W
Continental Contact	165/70 R13 79T CT22
Nokian NRV	205/55R25 88V
Semperit	255/60 R15 96W

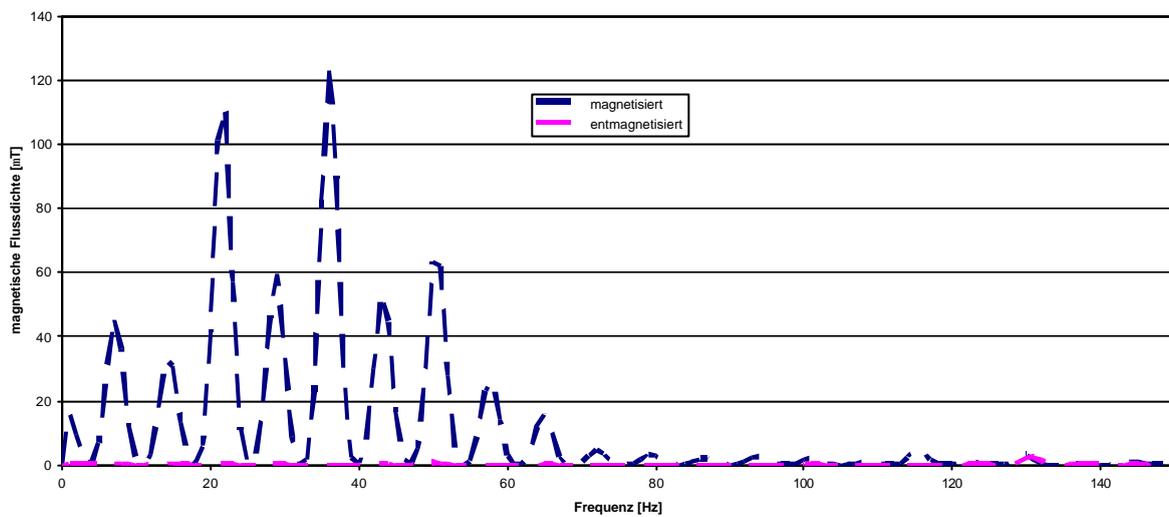
6.2 Messresultate

6.2.1 Rad Nr.1

Felgenwerkstoff	Aluminium
Reifenmarke	Vredestein
Typ	Sportrac
Dimension	225/60 ZR15 96W

Diagramm

Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät HTI



Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät Swisstool

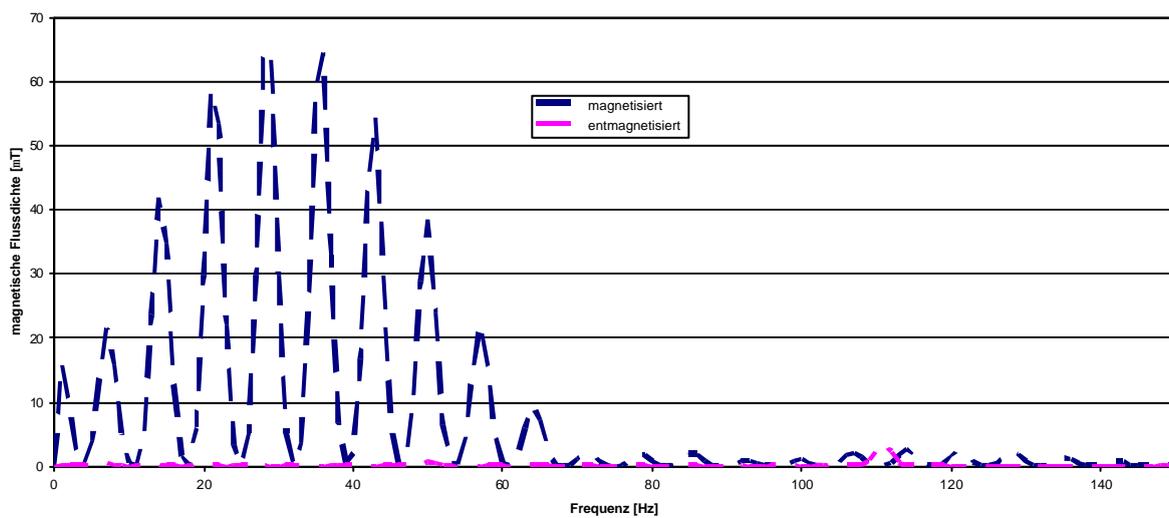


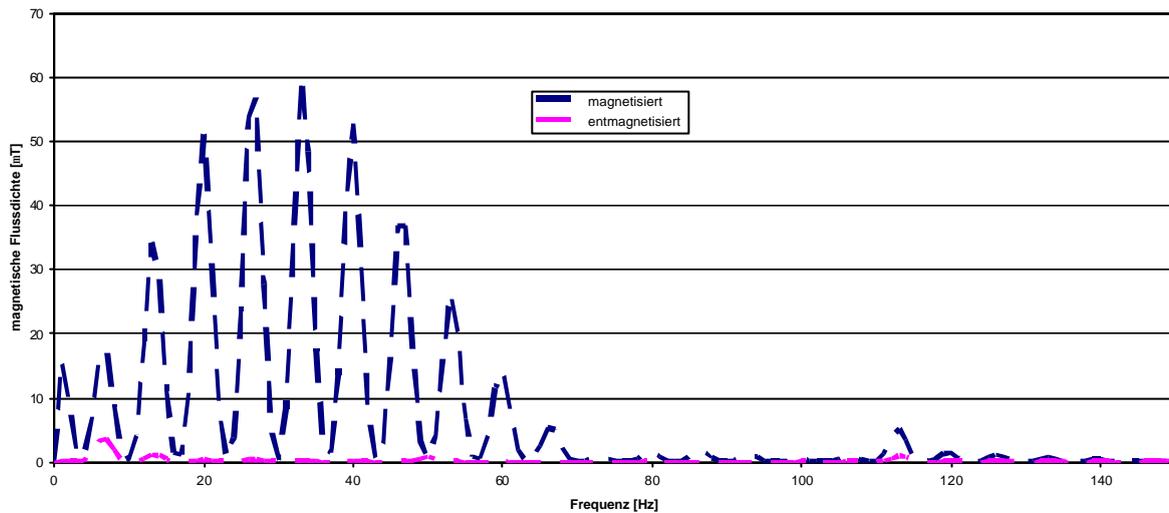
Bild 23 Vergleich des Rades vor und nach der Entmagnetisierung

6.2.2 Rad Nr.2

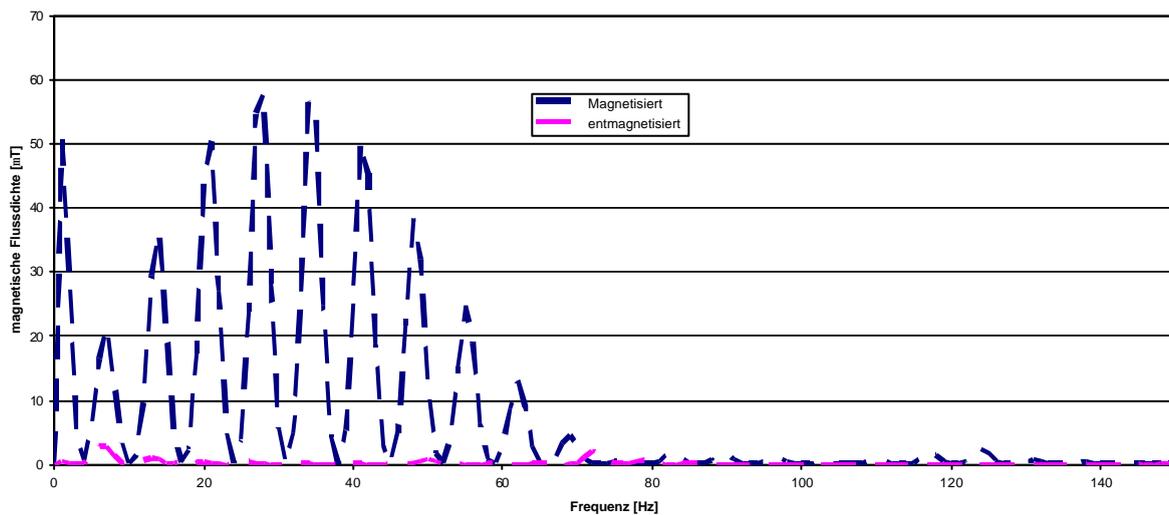
Felgenwerkstoff	Stahl
Reifenmarke	Yokohama
Typ	A539
Dimension	205/55 ZR16 93W

Diagramm

Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät HTI



Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät Swisstool

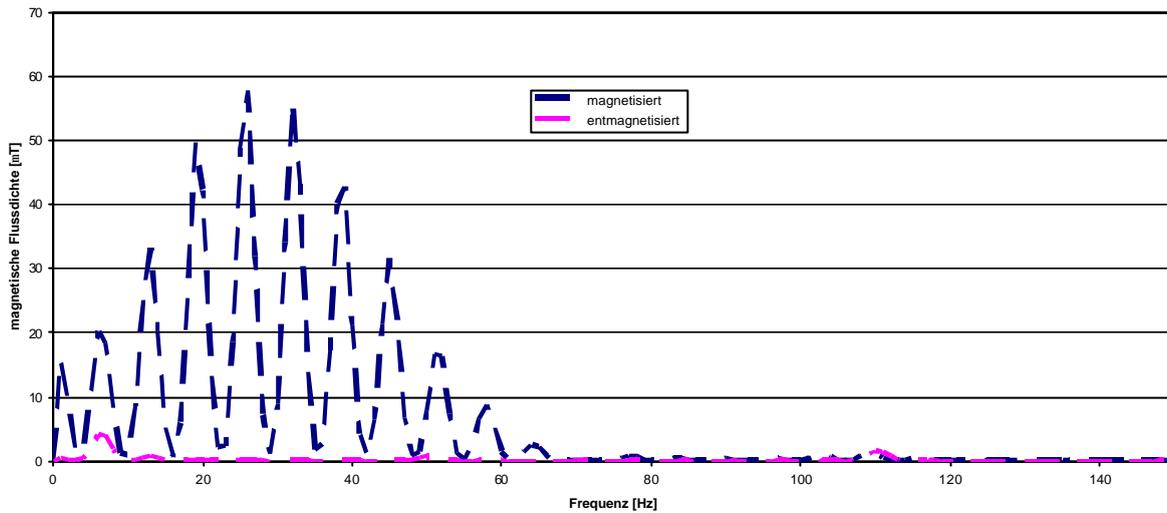


6.2.3 Rad Nr.3

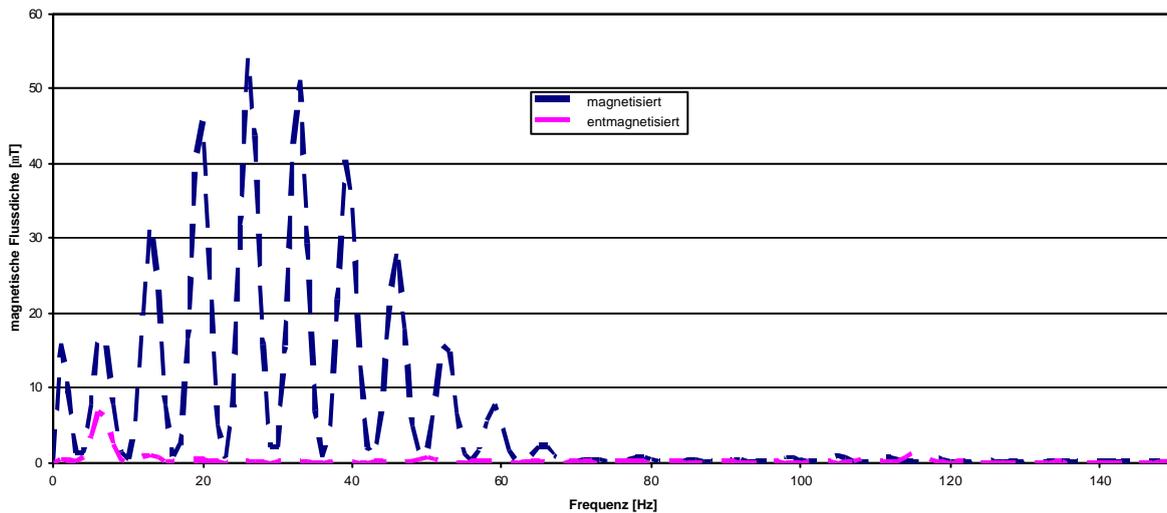
Felgenwerkstoff	Stahl
Reifenmarke	Continental
Typ	Contact
Dimension	165/70 R13 79T CT22

Diagramm

Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät HTI



Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät Swisstool

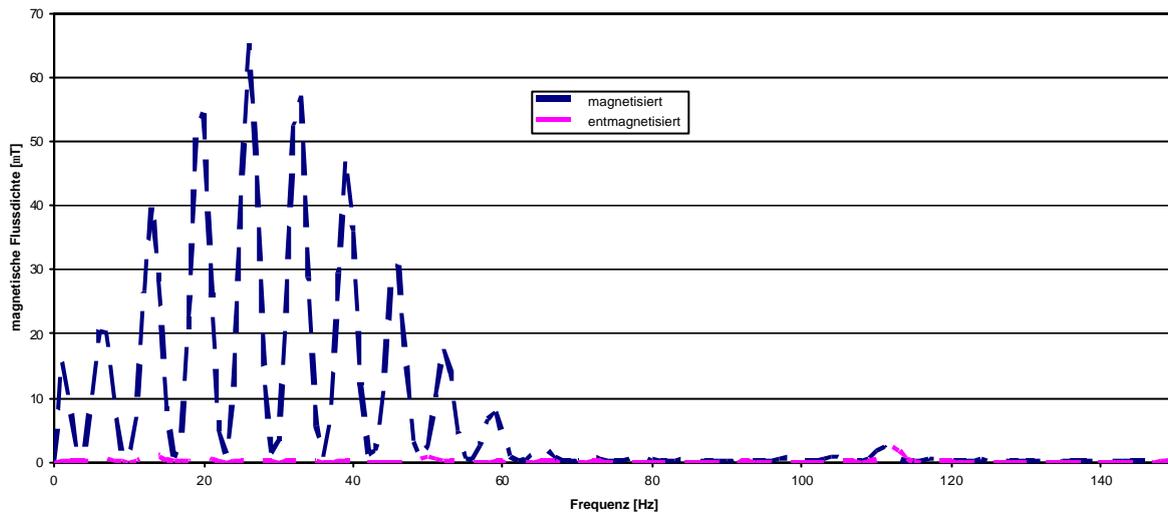


6.2.4 Rad Nr.4

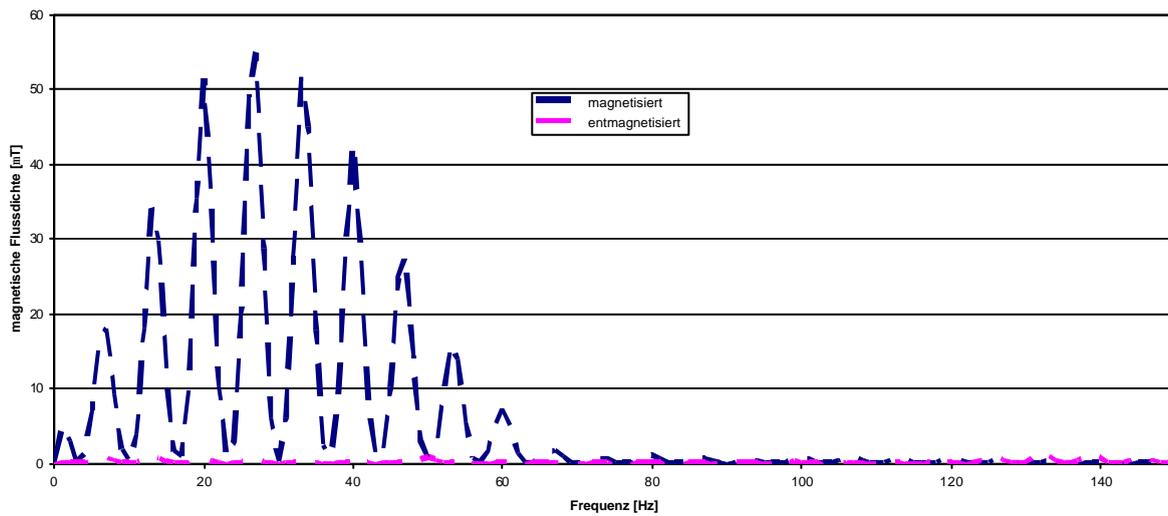
Felgenwerkstoff	Aluminium
Reifenmarke	Nokian
Typ	NRV
Dimension	205/55R25 88V

Diagramm

Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät HTI



Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät Swisstool

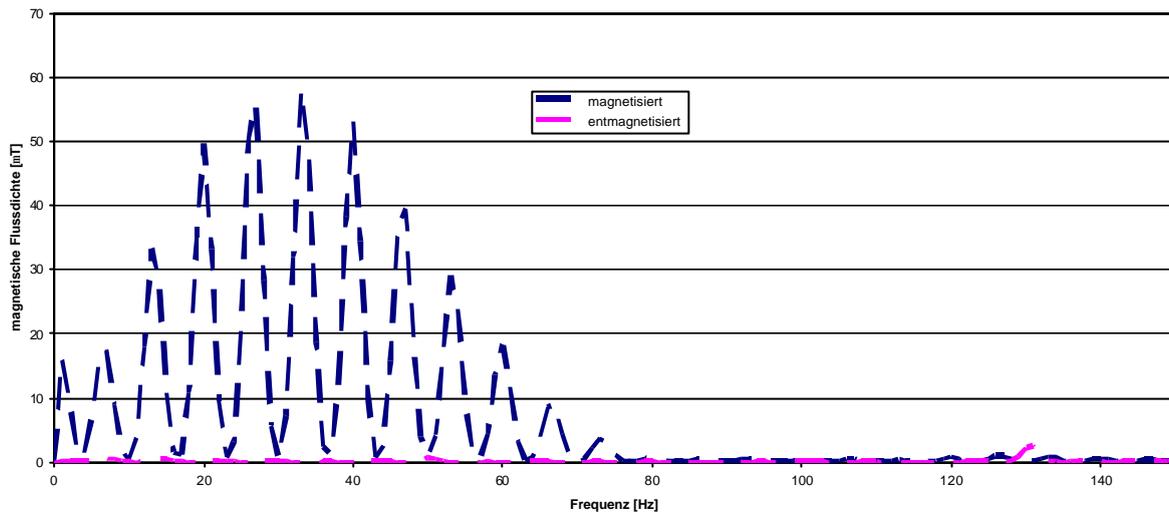


6.2.5 Rad Nr.5

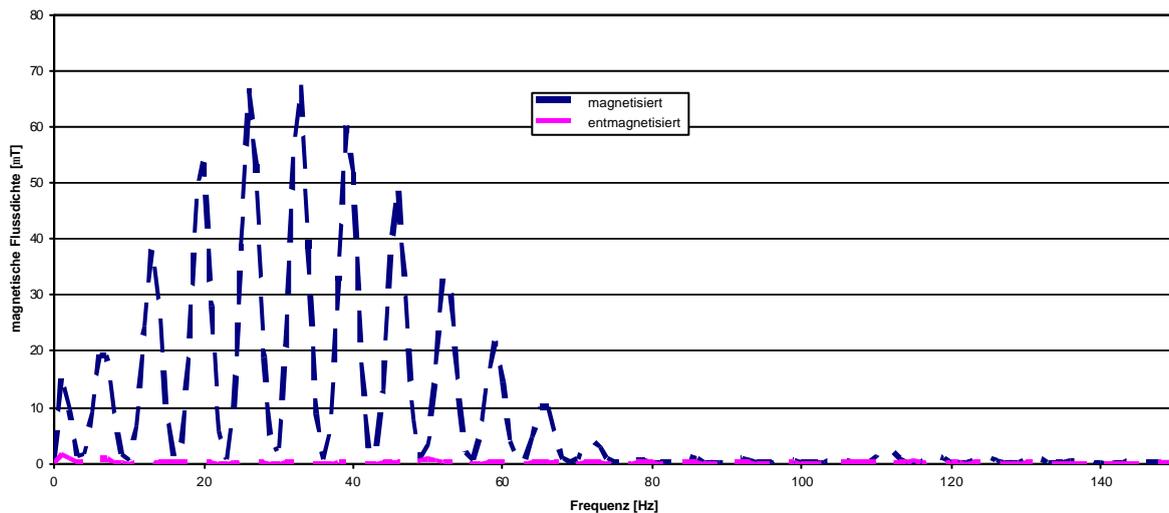
Felgenwerkstoff	Aluminium
Reifenmarke	Semperit
Typ	
Dimension	255/60 R15 96W

Diagramm

Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät HTI



Entmagnetisierung mit Entmagnetisierungsgerät Swisstool

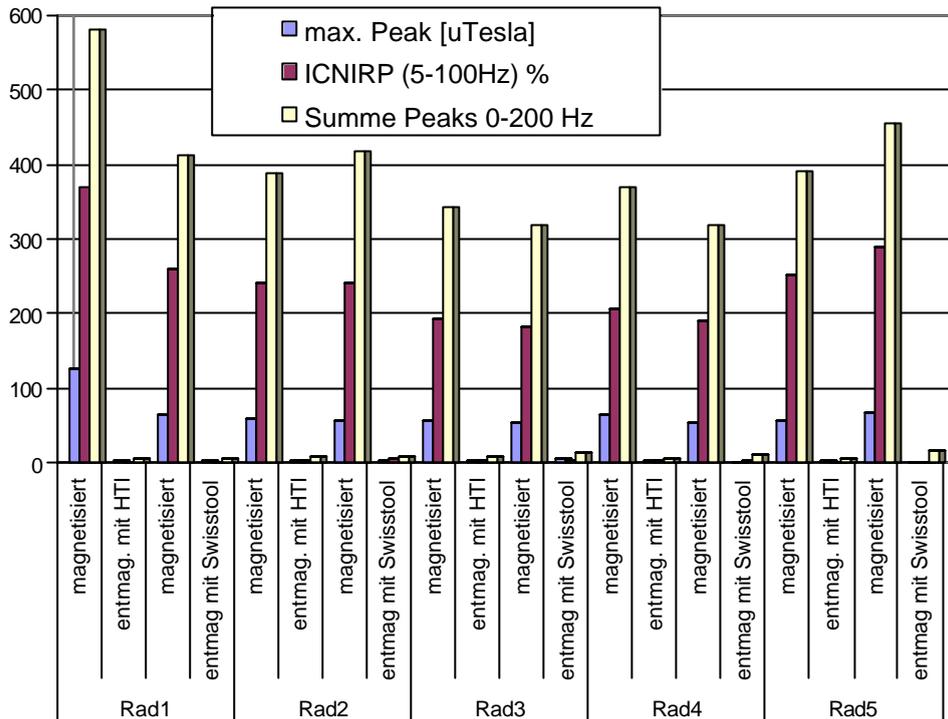


6.2.6 Vergleich der Messwerte

Durch den Vergleich der Messungen wird die Wirksamkeit dieser Entmagnetisierungsmethode ersichtlich. Die Entmagnetisierung der Reifen reduziert die Magnetische Gesamtbelastung erheblich.

		max. Peak [uTesla]	ICNIRP (5-100Hz) %	Summe Peaks 0-200 Hz
Rad1	magnetisiert	126	370	579
	entmag. mit HTI	2.56	1.55	5.89
	magnetisiert	64.5	258.6	413
	entmag mit Swisstool	3.72	1.84	7.4
Rad2	magnetisiert	60	240.23	388
	entmag. mit HTI	3.66	2.32	8.55
	magnetisiert	57.8	241.3	417
	entmag mit Swisstool	2.94	6.29	9.56
Rad3	magnetisiert	57.7	191.68	342
	entmag. mit HTI	4.22	2.03	9.24
	magnetisiert	54.1	181.65	318
	entmag mit Swisstool	6.86	2.71	12.93
Rad4	magnetisiert	65.2	207.59	369
	entmag. mit HTI	2.39	2.01	7.01
	magnetisiert	55	190.36	319
	entmag mit Swisstool	1.39	3.4	11.5
Rad5	magnetisiert	57.9	252.86	391
	entmag. mit HTI	2.56	1.55	5.89
	magnetisiert	67.6	289.74	454
	entmag mit Swisstool	1.31	1.7	18.1

Vergleich der Messungen



Legende:

Max. Peak in microTesla:

Entspricht dem maximalen Amplitudenwert

Die Daten zeigen erhöhte Peaks im Bereich 110 Hz – 130 Hz (1-2 µT)

Bei den entmagnetisierten Pneus dominieren diese Peaks und verschlechtern dadurch das Resultat.

ICNIRP-Wert in %:

Nach ICNIRP-Summenformel berechnete Gesamtbelastung von 5..100Hz.

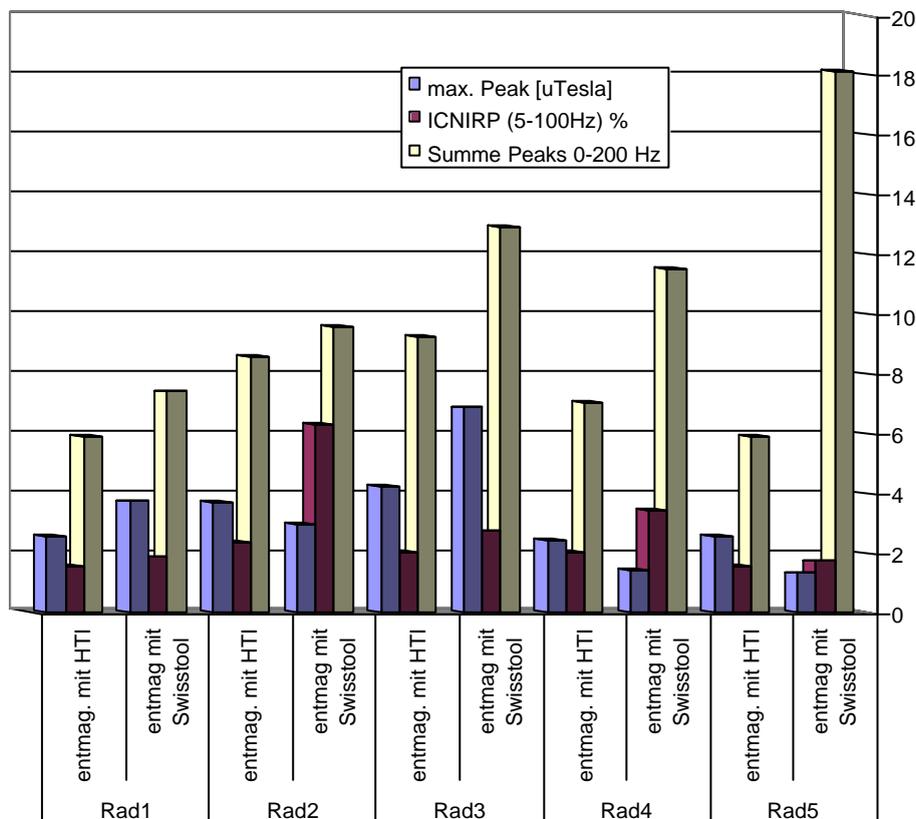
Summe Peaks in micro Tesla:

Die frequenzabhängigen magnetischen Flussdichten der Reifen wurden von 0 bis 200HZ aufintegriert. Damit wird die integrale Gesamtbelastung im niederfrequenten Bereich bis 200 Hz bestimmt, der ein Lebewesen am Messort ausgesetzt ist.

6.2.7 Vergleich der Entmagnetisiergeräte

		max. Peak [uTesla]	ICNIRP (5-100Hz) %	Summe Peaks 0-200 Hz
Rad1	entmag. mit HTI	2.56	1.55	5.89
	entmag mit Swisstool	3.72	1.84	7.4
Rad2	entmag. mit HTI	3.66	2.32	8.55
	entmag mit Swisstool	2.94	6.29	9.56
Rad3	entmag. mit HTI	4.22	2.03	9.24
	entmag mit Swisstool	6.86	2.71	12.93
Rad4	entmag. mit HTI	2.39	2.01	7.01
	entmag mit Swisstool	1.39	3.4	11.5
Rad5	entmag. mit HTI	2.56	1.55	5.89
	entmag mit Swisstool	1.31	1.7	18.1

grafischer Vergleich der beiden Entmagnetisiergeräte



7 Schlussfolgerung

Die Messgenauigkeit des Magnetfeldmessgerätes EFA200 mit der B-Feldsonde 100cm² BN 2245/90.10 ist in der Betriebsart Effektivwert ACT RMS sehr genau ($\pm 1\%$)

In allen anderen Betriebsarten wurden z.T. grosse Abweichungen gemessen. Aus diesem Grund wurden alle Messungen der magnetischen Flussdichte unter Kapitel 6 ausschliesslich in der Betriebsart Effektivwert ACT RMS durchgeführt.

Die dauerhafte Entmagnetisierung des Stahlgürtels in Fahrzeugreifen kann sehr einfach durchgeführt werden.

Das von der HTI entwickelte Entmagnetisierungssystem ist sehr wirksam und erlaubt eine effiziente Entmagnetisierung der Räder. Da im Frühling und Herbst jeweils von Sommer- auf Winterräder (Winter- auf Sommerräder) gewechselt wird und die Räder jedes Mal zum Auswuchten auf die Auswuchtmaschine gespannt werden, können sie im gleichen Arbeitsgang entmagnetisiert werden.

8 Literaturverzeichnis

- [1] Devaux Philippe, Sierro Corinne: Messung der elektromagnetischen Felder in Automobilen; HTA Biel Abteilung Automobiltechnik; Diplomarbeit 2001
- [2] Bécheiraz Olivier: Magnetfelder in Automobilen; HTA Biel-Bienne; Abteilung Automobiltechnik; Projektarbeit 2003
- [3] Boll Richard u.a.: Magnettechnik, expert verlag, Band 56, ISBN 3-88508-632-8

Devaux Philippe; Sierro Corinne: Mesure des champs électromagnétiques des automobiles/ Messung der elektromagnetischen Felder in Automobilen ; HTA Biel-Bienne ; Abteilung Automobiltechnik ; Diplomarbeit 2001
- [4] Dosch Jürg / Ifanger Bruno: Entwicklung eines Teslameter-Eichgerätes, IS Biel, Abteilung Automobiltechnik, Wahlfacharbeit 1993
- [5] Hoffmann Joachim: Der Geodynamo – so macht die Erde ihr Magnetfeld; Technische Rundschau; Nr. 15; 2000
- [6] Meier-Engel Karl: Magnetismus, HTA Biel-Bienne, Abteilung Automobiltechnik
- [7] Probst Martin und Waser Alex: Bestimmung der Speicherdrossel eines Tiefreglers, IS Biel, Abteilung Automobiltechnik, Wahlfacharbeit 1993
- [8] Gerfer A.; Rall B.; Zenkner H.:Trilogie der Induktivitäten; Würth Elektronik; Swiridoff Verlag; ISBN 3-934350-30-5

9 Links

www.narda-sts.de

www.ralf-woelfle.de

www.umweltministerium.bayern.de

www.icnirp.de

www.ssk.de

www.ekp.physik.uni-karlsruhe.de

www.phys.unsw.edu.au/~tmb/Thesis_online/Abstract_Table_of_Contents.PDF

10 Herstellerverzeichnis

EFA-200/-300 EM-Feldanalysator,
Narda Safety Test Solutions, Pfullingen, Deutschland; www.narda-sts.de

Maurer Magnetic AG Industriestrasse 8 8627 Grüningen www.maurermagnetic.ch

Phywe Systeme GmbH 37079 Göttingen (D) www.phywe.de

Altrona AG 8105 Regensdorf www.altronamesatec.ch

CEMB Spa. 23826 Mandello del Lario (LC) Italy www.cemb.com



Informationen aus dem Internet