



UNIVERSITÄT  
DES  
SAARLANDES

## **Bericht zum System der Einzelplatzerfassung im Parkhaus Lampertshof (LH)**

im Projekt:

„Realisierung neuer Verfahren zur Erfassung und Steuerung von Verkehrsflüssen“  
gefördert vom Saarländischen Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft  
unter der Fördernummer: D4-14.2.1.1-LFFP 0611

Stand: 27.09.2007

Stefan Bommer,  
Matthias Mussler  
und Jörg Wolff

Tel: +49 681 302 64133  
Fax: +49 681 302 3790

Universität des Saarlandes  
FR 7.2 Experimentalphysik  
AG Prof. Dr. U. Hartmann  
Geb. C6 3, 1.01a  
66123 Saarbrücken  
E-Mail: [secretary.hartmann@mx.uni-saarland.de](mailto:secretary.hartmann@mx.uni-saarland.de)

## Inhalt

Inhalt.....	2
Abbildungsverzeichnis .....	3
Begriffs- und Abkürzungsverzeichnis.....	3
1. Systemüberblick.....	4
1.1 Systemstruktur.....	4
1.2 Installation.....	5
1.3 Vorwiegende Einflussfaktoren der Detektion .....	7
1.4 Flusskonzentration durch ferromagnetische Strukturen.....	7
1.5 Beeinflussung der Detektion durch Umwelteinflüsse .....	7
1.5.1 MRT in der Bahnhofstrasse .....	8
1.5.2 Saarbahn in der Kaiserstrasse.....	8
1.6 Ausfall von Detektoren.....	8
2. Detektionsalgorithmus.....	9
2.1 Erfassung von statischen Zuständen .....	9
2.2 Erfassung von Signaländerungen .....	9
2.3 Kalibrierung der Detektoren .....	9
3. Inklination und Ausrichtung in der Horizontalen .....	10
4. Auswertung beispielhafter Parkvorgänge.....	11
4.1 Detektion mit Hilfe von zwei Achsen .....	11
4.2 Detektion mit Hilfe einer gewichteten Zwei-Achsen-Anordnung.....	12
4.3 Detektion mit Hilfe der z-Achse.....	12
4.4 Detektion in Richtung des magnetischen Pols .....	12
4.5 Vergleich der Detektionsvarianten .....	12
5. Ergebnisse der Messungen.....	13
5.1 Messungen in Drei-Achsen Anordnung.....	13
5.2 Messungen in Zwei-Achsen Anordnung.....	14
5.3 Messungen bei gewichteter Zwei-Achsen Anordnung .....	14
6. Optimierungsmöglichkeiten .....	15
6.1 Einmessen jedes einzelnen Detektors .....	15
6.2 Detektion mit Hilfe einer Gradiometeranordnung .....	15
6.2.1 Simulation einer Gradiometeranordnung .....	16
6.2.2 Messungen einer Gradiometeranordnung .....	21
6.3 Einbeziehung von Zuständen der Nachbarparklücken.....	26
7. Anhang.....	27
7.1 Daten beispielhafter Parkvorgänge im LH.....	27
7.2 Nutz-/Störsignalabstände aus den Voruntersuchungen im LH.....	29

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1: Plan des LH mit Richtung des Norpols.....	4
Bild 1-2: Ausrichtung der Achsen bei den Detektoren 439-457 .....	4
Bild 1-3: Lage der Achsen bei Boden- bzw. Wandmontage .....	4
Bild 1-4: Logische Struktur des Systems im LH.....	5
Bild 1-5: Installationsplan LH.....	6
Bild 1-6: Gemessene magnetische Flussdichten.....	7
Bild 3-1: Offset-Werte der Detektoren im LH.....	10
Bild 4-1: Beispielhafter Ausparkvorgang beim Detektor 474 .....	12
Bild 6-1: Fahrzeugsimulation, Ansicht 1 .....	17
Bild 6-2: Fahrzeugsimulation, Ansicht 2 .....	17
Bild 6-3: Fahrzeugsimulation, Ansichten 3 und 4 .....	18
Bild 6-4: Simulierte Signale einer Gradiometeranordnung in Bodenmontage .....	19
Bild 6-5: Simulierte Signale einer Gradiometeranordnung in Wandmontage .....	21
Bild 6-6: Detektorposition und Fahrzeug bei der Gradiometermessung .....	22
Bild 6-7: Messergebnisse der Gradiometeranordnung.....	23
Bild 6-8: Aufbau des C-Serien Detektors als Gradiometer .....	23
Bild 6-9: Im Boden eingelassener Detektor .....	23
Bild 6-10: Belegung der Parklücke .....	24
Bild 6-11: Belegung der Nachbarparklücke .....	24
Bild 6-12: Messergebnisse der Gradiometeranordnung für Einparken vorwärts ..	25
Bild 6-13: Messergebnisse der Gradiometeranordnung für Einparken rückwärts.	25

## Begriffs- und Abkürzungsverzeichnis

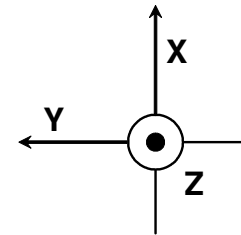
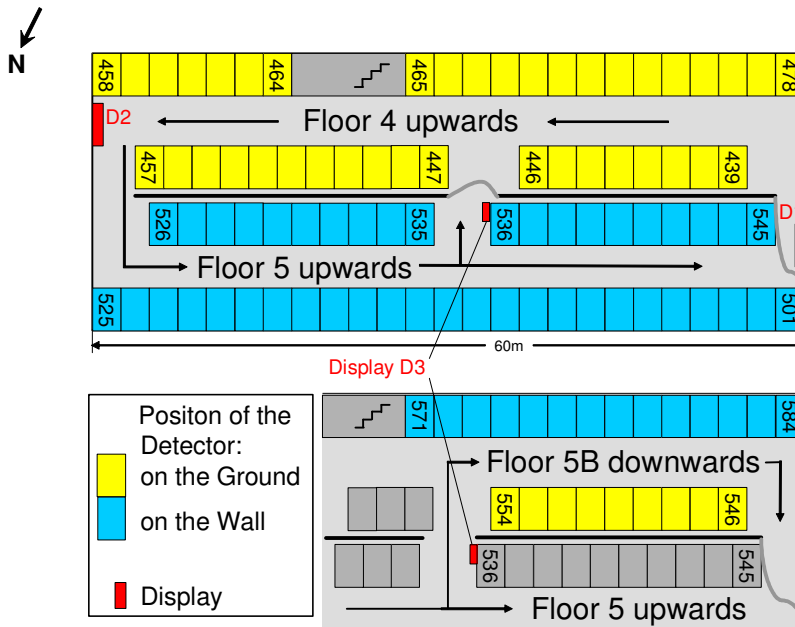
A/D	Analog zu Digital Wandler
AMR	Anisotropic Magnetic Resistance
Basislänge	Gradiometer: Abstand zwischen den Sensoren
D/A	Digital zu Analog Wandler
Deklination	Abweichung zwischen geografischer und magnetischer Nord- richtung
Detektor	hier: Magnetfelddetektor in Dreiachsenanordnung, wenn nicht anders bezeichnet
FEM	Finite Elementen Methode
Inklination	Neigungswinkel zur Horizontalen
LH	Parkhaus Lampertshof
Sensor	hier: AMR-Sensor

# 1. Systemüberblick

## 1.1 Systemstruktur

Im Parkhaus Lampertshof wurde ein System installiert, das die Erfassung der Belegung von einzelnen Parklücken erlaubt. Erfasst wird die Deformation des Erdmagnetfeldes durch ferromagnetische Komponenten, wie sie in Fahrzeugen vorkommen.

Bild 1-1 zeigt eine Übersichtsplan des Parkhauses mit den relevanten Ebenen 4, 5 und 5B. Es wurden 108 Detektoren in zwei verschiedenen Positionen angebracht: auf dem Boden und an der Wand. Die Detektoren sind jeweils mit drei empfindlichen Achsen ausgestattet. Die Lage der Achsen auf den Plätzen 439-457 zeigt das Bild 1-2. Wenn nötig, wird im nachfolgenden diese Ausrichtung als Referenz herangezogen.



**Bild 1-1: Plan des LH mit Richtung des Nordpols**

**Bild 1-2: Ausrichtung der Achsen bei den Detektoren 439-457**

Bild 1-3 zeigt die Lage der empfindlichen Achsen für die jeweilige Installationsvariante.



**Bild 1-3: Lage der Achsen bei Boden- bzw. Wandmontage**

Bild 1-4 zeigt die logische Struktur des installierten Systems im LH. Es ist zu erkennen, dass in jeder Buslinie die Detektoren vom Busabschluss beginnend nummeriert wurden. Die Nummern entsprechen den verwendeten Busadressen.

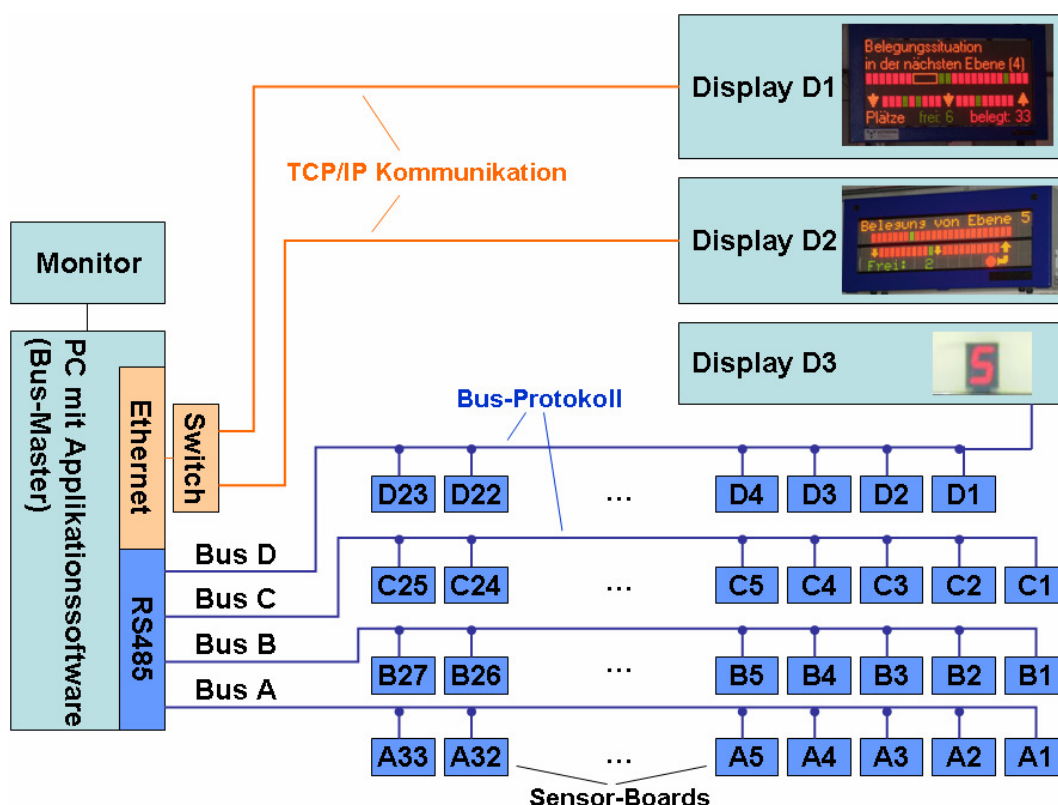


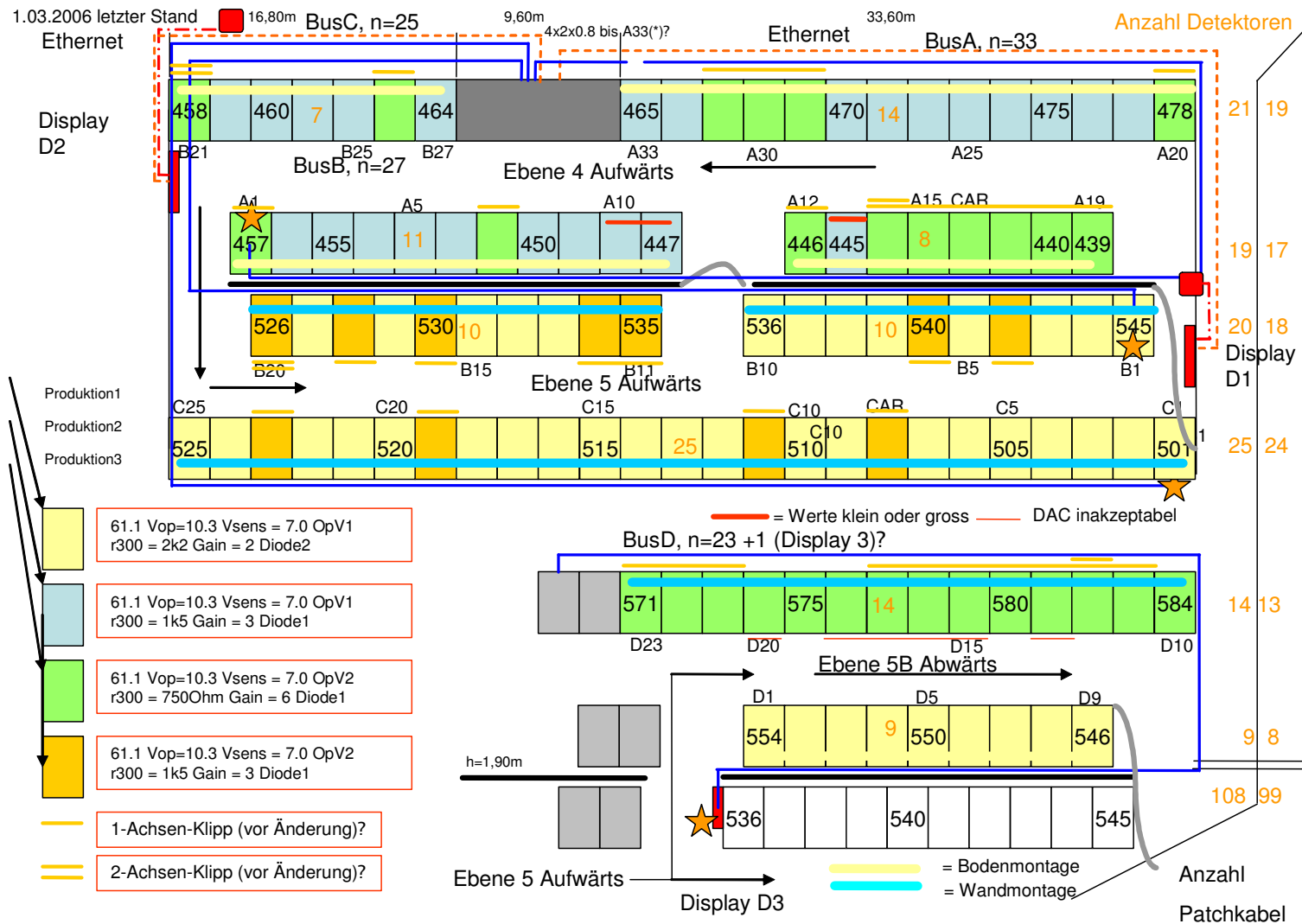
Bild 1-4: Logische Struktur des Systems im LH

## 1.2 Installation

In dem nachfolgend im Bild 1-5 dargestellten Installationsplan sind die Lage der vier Busleitungen und der Ethernet-Verbindungen eingezeichnet. Dargestellt sind ebenfalls die vier verschiedenen Hardwareversionen, die im LH eingebaut wurden. Dazu zählen die drei verschiedenen Empfindlichkeiten, die durch den Wert des Widerstands R300 bestimmt werden. Durch diesen Widerstand wird der Feldbereich festgelegt, für den der Strom durch die Kompensationswicklung des AMR-Sensors ausreicht, um das externe Feld zu kompensieren.

In der ersten Version mit  $R300=2,2k\Omega$  beträgt der Feldbereich bis zu  $\pm 65\mu T$ . Im LH wurden außerdem Versionen mit  $1,5k\Omega$  und  $750\Omega$  installiert, die damit auf  $\pm 95\mu T$  bzw.  $\pm 190\mu T$  kommen. Durch verschiedene Verstärkungseinstellungen wurden diese verschiedenen Versionen auf einen einheitlichen Pegel eingestellt.

Außerdem wurden die Detektoren mit zwei verschiedenen Operationsverstärkern OpV1 und OpV2 bestückt, wobei der letztgenannte in der Kompensationswicklung der AMR-Sensoren mehr Strom treiben kann.



**Bild 1-5: Installationsplan LH (mit freundlicher Genehmigung der Votronic GmbH, St. Ingbert)**

### 1.3 Vorwiegende Einflussfaktoren der Detektion

Bereits vor der Installation wurden die ersten Messungen im LH anhand der Nutzu- zu Störsignalverhältnisse ausgewertet (siehe 7.2 Nutz-/Störsignalabstände aus den Voruntersuchungen im LH). Schon hier war deutlich zu erkennen, dass dem Nutzsinal eines Parkplatzes hauptsächlich Störsignale durch Fahrzeuge auf den Nachbarparkplätzen entgegenstehen. Darum wurde schon bei der Auswahl der Installationsvarianten darauf geachtet, den Detektor so nah wie möglich am zu detektierenden Fahrzeug zu platzieren.

Im Abschnitt 7.2 ist zudem zu erkennen, dass bei der Bodenmontage der Einfluss der Parkplätze hinter der Wand vernachlässigt werden kann. Bei Wandmontage ist hingegen auch hier mit einer Beeinflussung zu rechnen. Weitere relevante Einflussfaktoren werden nun folgend dargelegt.

### 1.4 Flusskonzentration durch ferromagnetische Strukturen

Die im Bild 1-6 dargestellten magnetischen Flussdichten wurden in der unmittelbaren Nähe der jeweiligen Detektorachsen gemessen. Es ist deutlich zu erkennen, dass die Werte die Größe des Erdmagnetfelds deutlich überschreiten. Es wird angenommen, dass diese Flusskonzentration durch ferromagnetische Strukturen in den Betonböden des Parkhauses hervorgerufen wird.

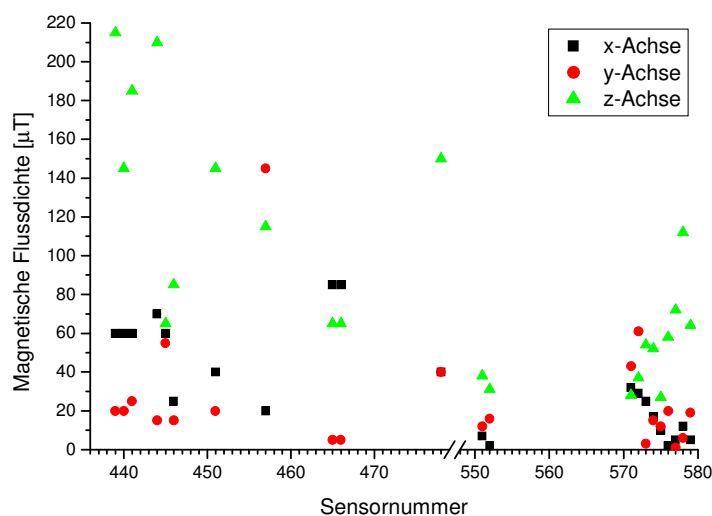


Bild 1-6: Gemessene magnetische Flussdichten

Problematisch ist dabei, dass die Detektoren z.T. nicht in der Lage sind, diese Feldstärken vollständig zu kompensieren. Natürlich können auch die durch Fahrzeuge hervorgerufenen Signale durch diese Strukturen verzerrt werden.

### 1.5 Beeinflussung der Detektion durch Umwelteinflüsse

Durch Recherchen wurden in der Umgebung des Lampertshofs die zwei nachfolgend beschriebenen Magnetfeldquellen gefunden, die die Detektion beeinflussen könnten.

### 1.5.1 MRT in der Bahnhofstrasse

In der Bahnhofstrasse gibt es eine Radiologische Praxis mit zwei Kernspintomographen (MRT), mit einem offenen bzw. einem geschlossenen Magneten. Bei letzterem wird eine statische Flussdichte im Inneren von 2T angegeben. Zu dem statischen Feld werden während der Untersuchung starke Gradientenfelder eingekoppelt (ungefähr im Millisekundenbereich alternierend). Die außerdem eingekoppelten hochfrequenten elektromagnetischen Pulse können unsere Anwendung nicht beeinflussen.

Um eine Vorstellung zur Größenordnung der Felder in der Umgebung zu bekommen, folgende Info:

Nach der Strahlenschutzkommission muss ein Sicherheitsabstand im Umkreis der MRT-Anlagen festgelegt werden. Als Grenze dieses sog. Kontrollbereichs wird eine Linie  $B_0=500\mu\text{T}$  betrachtet. Das Innere dieses Bereichs wird gegen unbeabsichtigtes Betreten gesichert, d.h. dieser Bereich befindet sich im selben Gebäude.

<http://www.berlin.de/laetsi/Themen/13555.html>

Die Grenzwerte alternierender Magnetfelder definiert das Bundesamt für Strahlenschutz mit  $B_0=300\mu\text{T}$  @ 16 2/3 Hz und  $B_0=100\mu\text{T}$  @ 50Hz.

<http://www.bfs.de/elektro/nff/recht.html>

Ausgehend von einer großen Entfernung zum magnetischen Dipol (gegenüber der Ausdehnung des Dipols) ergibt sich in der Entfernung  $r$  eine Flussdichte  $B \sim B_0/(r^3)$ . Da die radiologische Praxis etwa  $r=150\text{m}$  Luftlinie vom Parkhaus entfernt ist, sollten wir den Einfluss vernachlässigen können<sup>1</sup>. Der Link zur Praxis in der Bahnhofstrasse:

<http://home.arcor.de/patrickgwmueller/schliffke/>

### 1.5.2 Saarbahn in der Kaiserstrasse

Die Saarbahn wird in der Stadt mit 750V Gleichstrom betrieben. Die Leistung eines Zuges beträgt  $8 \times 120\text{kW}$ . Damit könnte also theoretisch ein Spitzenstrom von rund  $I=1\text{kA}$  auftreten. Für einen langen Leiter ergibt sich rund  $B=2 \times 10^{-7} \times I/r$ , in einer Entfernung von  $r=25\text{m}$  wären also u.U. bis zu  $8\mu\text{T}$  messbar<sup>1</sup>.

Ausgehend von einem Erdmagnetfeld von  $50\mu\text{T}$  liegt der Wert also durchaus im Bereich des durch KFZ hervorgerufenen Messsignals. Sicher handelt es sich hierbei um eine Worst-Case-Betrachtung. Beobachten konnten wir diese Beeinflussung bisher nicht.

## 1.6 Ausfall von Detektoren

Der Ausfall des Detektors 504 (Sept. 2006) ist auf einen Kurzschluss an den Anschlussklemmen zurückzuführen. Die Isolierung der Stichleitung am Detektor wurde geschmolzen aufgefunden. Die Ursache konnte nicht weiter untersucht werden.

Am Detektor 506 wurde durch ein Fahrzeug der Kabelkanal beschädigt (Okt. 2006). Dadurch wurde der Quarz auf der Detektorplatine abgerissen. Durch den Ausfall des 506 wurde die Kommunikation auf dem gesamten Bus C gestört.

<sup>1</sup> Annahme: relative Permeabilität=1, Luft und somit keine Flusskonzentration



## 2. Detektionsalgorithmus

### 2.1 Erfassung von statischen Zuständen

In den durchgeführten Untersuchungen wurde auf eine einfache Auswertung mit Hilfe eines Schwellwertes zurückgegriffen. Mit einfachen Mitteln lässt sich dabei der Einfluss von Nachbarparklücken nicht ausblenden (siehe auch 6.2 Detektion mit Hilfe einer Gradiometeranordnung). Zur Verbesserung des Signal/Störsignal-Verhältnisses wurde dabei der Detektor vergleichsweise nah an dem zu detektieren Fahrzeug positioniert.

Bei der Erfassung von statischen Zuständen ist eine weitergehende Optimierung des Detektors zur Erfassung ruhenden Verkehrs möglich. Insbesondere besteht hierbei das Potential, den Energieverbrauch durch die Einrichtung von Schlaf- und Wachphasen erheblich zu senken.

### 2.2 Erfassung von Signaländerungen

Bei der Erfassung von Änderungen tritt das Problem der Unwissenheit über den aktuellen Zustand auf. Ein Fehler würde damit eine alternierende Signalisierung von Belegungszuständen verursachen.

Durch die Eingrenzung von Bewegungsgeschwindigkeiten könnten Störungen ausgeblendet werden. Die Hauptstörungen im LH - Signale aus Nachbarparklücken - lassen sich jedoch auch mit dieser Methode nicht ausblenden. Auch bei dieser Detektion ist selbstverständlich Voraussetzung, dass veränderliche Signale erfasst werden können, die Detektoren sich also nicht durch äußere Felder in der Sättigung befinden.

Die Erfassung von Signaländerungen steht einer weitergehenden Optimierung des Detektors in Bezug auf den Energieverbrauch konträr gegenüber.

### 2.3 Kalibrierung der Detektoren

Die Kalibrierung der Detektoren wurde nachts bei unbelegtem Parkhaus durchgeführt. Kalibrierung bedeutet hierbei, dass die Offset-Kompensation der Detektoren ausgeführt wurde.

Wie bereits unter 1.2 Installation beschrieben, wurden im LH Detektoren mit drei verschiedenen Empfindlichkeiten eingebaut. Die Empfindlichkeit wird in der Sensor-Regelschleife durch den Wert für den Widerstand R300 definiert. In der nachfolgenden Stufe wird vom gemessenen Signal ein Offset abgezogen. Dadurch wird immer nur ein Ausschnitt des vollen Dynamikbereichs des Detektors erfasst. In derselben Stufe kann die Verstärkung in sechs verschiedenen Stufen eingestellt werden. Das resultierende Signal wird dann im A/D-Wandler des Mikrocontrollers zu 12Bit digitalisiert, also in Werte von 0 bis 4095.

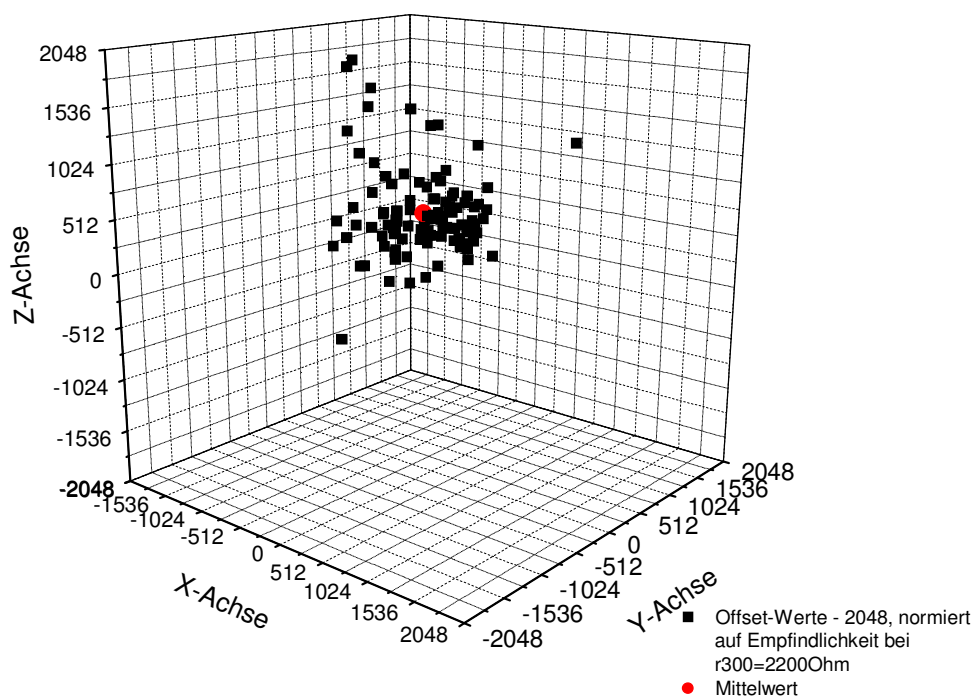
Ziel der Offset-Kompensation ist es, das Signal im Mikrocontroller auf einen Wert um 2048 einzustellen, also genau in der Mitte des Wertebereichs. Dazu wird durch den Mikrocontroller und den externen D/A-Wandler eine Offset-Spannung generiert, die vom Messsignal abgezogen wird. Während der Offset-Kompensation wird also eine Regelschleife genutzt. Da die Subtraktion der Offset-Spannung vom Messsignal quasi vor der einstellbaren Verstärkung vorgenommen wird, sind die Offset-Werte unabhängig von den Werten dieser Verstärkungseinstellung.

Die Offset-Werte sind aber selbstverständlich von der jeweiligen Empfindlichkeit des Detektors abhängig. Da im LH drei verschiedene Empfindlichkeiten (respekti-

ve Widerstandswerte R300) verbaut wurden, müssen diese Werte für eine einheitliche Auswertung normiert werden. Vorgenommen wurde diese Normierung auf den kleinsten Wert für  $R300=2200\Omega$ , also die höchste Empfindlichkeit.

### 3. Inklination und Ausrichtung in der Horizontalen

Um die Inklination und die Ausrichtung in der Horizontalen der Detektoren zu ermitteln, wurden die Offset-Werte aller Detektoren ausgewertet. Da die Lage der Achsen von der Montageposition der Detektoren abhängig ist, wurden die korrespondierenden Achsen zusammengefasst. Die Ausrichtung der Achsen wurde dabei so festgelegt, wie sie in der Reihe der Detektoren 439 bis 457 zu finden ist (siehe auch Bild 1-2). Die Messwerte minus des Quasi-Nullpunkts bei 2048 sind im Bild 3-1 dargestellt. Sie repräsentieren also genau die Messwerte des Erdmagnetfelds im durch Fahrzeuge ungestörten Zustand.



**Bild 3-1: Offset-Werte der Detektoren im LH**

Rot eingezeichnet ist in diesem Bild der Mittelwert über alle Detektoren. Die Werte für jede Achse betragen:

x	y	z
-201	97	478

Aus diesem Ergebnis lässt sich eine Inklination von  $64,97^\circ$  berechnen. Dieser Wert stimmt gut mit dem Erwarteten überein. In der horizontalen Ebene ergeben sich die folgenden Winkel:

Winkel zwischen Vektorprojektion und neg. x-Achse:  $25,76^\circ$

Winkel zwischen Vektorprojektion und y-Achse: 64,24°

Bei Vernachlässigung der Deklination entspricht dies der Ausrichtung gen Norden. Grob abgeschätzt stimmt dies mit der realen Ausrichtung des Parkhauses überein.

## 4. Auswertung beispielhafter Parkvorgänge

Um Daten zur Bewertung von Parametern zur Verfügung zu haben, wurden beispielhafte Parkvorgänge aufgenommen. Dabei wurden unterschiedliche Fahrzeuge von Besuchern des LH und auch der Peugeot 307 der UdS erfasst. Genutzt wurde dazu die Streaming-Funktionalität der Detektoren, die eine kontinuierliche Übertragung von Messdaten über den Bus erlaubt.

In der Drei-Achsen-Anordnung wird das Ergebnis S wie im Detektor nach folgender Formel berechnet:

$$S = |x - x_{zero}| \cdot \text{mulx} + |y - y_{zero}| \cdot \text{muly} + |z - z_{zero}| \cdot \text{mulz} \quad (4-1)$$

Dabei sind die Zero-Werte  $x_{zero}$ ,  $y_{zero}$  und  $z_{zero}$  im Detektor abgelegte Werte, die während der Offset-Kompensation ermittelt wurden. (siehe 2.3 Kalibrierung der Detektoren) Diese Zero-Werte bilden quasi den Nullpunkt und liegen dabei ca. im Bereich von 2048.

Die Multiplier  $\text{mulx}$ ,  $\text{muly}$  und  $\text{mulz}$  wurden eingerichtet, um auf einfache Weise eine Gewichtung oder das „Abschalten“ von Achsen zu ermöglichen.

Der Schwellwert (Treshold) wird mit einem Parameterwert von 25 (0x19 hex) definiert, das entspricht einem Wert von 400.

In den nachfolgenden Auswertungen wurde anhand der aufgenommenen Daten untersucht, welche Veränderung der Detektor-Konfiguration im LH sinnvoll ist und das System optimiert. Nachfolgend werden die untersuchten Möglichkeiten dargestellt und unter 4.5 Vergleich der Detektionsvarianten gegenübergestellt.

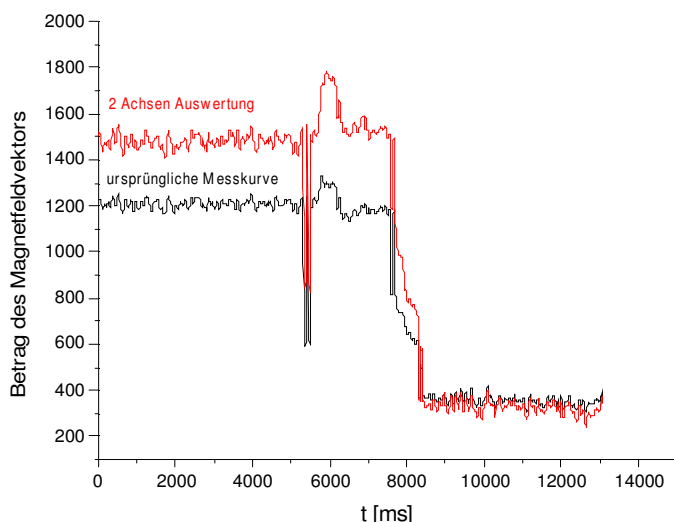
Grundlage dieser Auswertungsmethode ist die Annahme, dass die empfindlichen Achsen des Detektors keine räumliche Ausdehnung besitzen.

### 4.1 Detektion mit Hilfe von zwei Achsen

Anstelle der Auswertung aller drei Achsen wurden hier die beispielhaften Parkvorgänge mit nur zwei empfindlichen Achsen ausgewertet. Dazu wurde die Achse, die in Richtung der Nachbarparklücke zeigt, ausgelassen. Bei der Durchsicht der aufgenommenen Parkvorgänge zeigt diese Achse das kleinste Signal, trägt also am wenigsten zum Ergebnis bei. Dies wird durch die nachfolgende Rechnung bestätigt.

Bei den Bodendetektoren wurden damit die y-Achse und bei den Wanddetektoren die x-Achse aus der Auswertung ausgenommen. Um nun weiterhin das Ergebnis S vergleichen zu können, wurden die verbleibenden Achsen mit jeweils einem Faktor „mul“ von 1,5 multipliziert (siehe Formel (4-1)).

Das Ergebnis eines beispielhaften Ausparkvorgangs ist im Bild 4-1 dargestellt. Die schwarz eingezeichnete Kurve gibt das Ergebnis S für die Auswertung aller drei Achsen wieder. Demgegenüber zeigt die rote Kurve das Ergebnis S für die Auswertung von nur zwei Achsen (in diesem Fall der Achsen x und z). Deutlich zu erkennen ist, dass die Auswertung von zwei Achsen in einem größeren Signal resultiert.



**Bild 4-1: Beispielhafter Ausparkvorgang beim Detektor 474**

## 4.2 Detektion mit Hilfe einer gewichteten Zwei-Achsen-Anordnung

Bei dieser Variante wurde ebenfalls eine Zwei-Achsen-Anordnung ausgewertet. Im Unterschied zu dem zuvor beschriebenen Beispiel wurden die beiden Achsen in der Horizontalen ausgewertet, die zusätzlich noch mit Faktoren gewichtet wurden. Diese Faktoren geben das Verhältnis der Ausrichtung der Detektoren zum magnetischen Pol wieder. Auf die Ausrichtung im Bild 1-2 bezogen sind die Faktoren  $m_{lx}=2$  und  $m_{ly}=1$  (siehe Formel (4-1)). Damit bleibt auch hier das Ergebnis  $S$  vergleichbar zu den anderen Varianten.

## 4.3 Detektion mit Hilfe der z-Achse

Bei beiden Montagepositionen ist die z-Achse diejenige, die direkt in Richtung des parkenden Fahrzeugs zeigt. Bei Ansicht der Parkvorgänge zeigt die z-Achse in vielen Fällen ein sehr deutliches Signal. Deshalb wurde auch diese Möglichkeit ausgewertet.

## 4.4 Detektion in Richtung des magnetischen Pols

Bei dieser Detektionsvariante wird untersucht, wie die Ergebnisse der beispielhaften Parkvorgänge aussehen, wenn der Detektor nur eine empfindliche Achse in der Horizontalen besitzt, und diese in Richtung des magnetischen Südpols (also in Richtung des geografischen Nordpols) ausgerichtet wird. Dabei wird nur die horizontale Ebene betrachtet, die z-Komponente geht nicht in die Auswertung ein.

Erzeugt wurde ein neues Koordinatensystem  $x'$ ,  $y'$  dessen Achse  $x'$  der Richtung des magnetischen Nordpols entspricht. Danach wurde der gemessene Vektor auf diese neue Achse  $x'$  projiziert.

## 4.5 Vergleich der Detektionsvarianten

Um die einzelnen zuvor genannten Detektionsvarianten vergleichen zu können, wurde die Drei-Achsen-Detektion als Referenz gewählt. Die unterschiedlichen Auswertungen der beispielhaften Parkvorgänge zeigen folgendes Ergebnis:

Ebene	3 Achsen (Standard)	2 Achsen	2 Achsen gewichtet	z-Achse	Echte Nordpolachse
4 (Boden)	501(100%)	864(172%)	603(120%)	811(161%)	916(182%)
5 (Wand)	568(100%)	726(127%)	641(112%)	555(97%)	946(167%)
4+5 (Gesamt)	543,5(100%)	795(146%)	622(114%)	683(126%)	931(171%)

**Tabelle 4-1: Vergleich der Detektionsvarianten bei Auswertung der beispielhaften Parkvorgänge**

Dargestellt sind hierbei die Signaländerungen zwischen belegtem und freiem Zustand, also das Ergebnis S (siehe Formel (4-1)). Es ist deutlich zu erkennen, dass Änderungen der 3-Achsen Auswertung Gewinne versprechen. Zu beachten ist dabei, dass die Ergebnisse Mittelungen über alle beispielhaften Parkvorgänge der jeweiligen Ebene widerspiegeln.

Die einzelnen Werte dieser Parkvorgänge mit den Auswertungen finden sich im Anhang unter: 7.1 Daten beispielhafter Parkvorgänge im LH.

## 5. Ergebnisse der Messungen

Die nachfolgenden Messergebnisse wurden durch Erhebungen im Lampertshof gewonnen. Dazu wurde zu festen Zeitpunkten die reale Belegungssituation per Hand in Belegungsbögen erfasst. Gleichzeitig wurde mit Hilfe des Bus-Master-PC die aktuelle Parksituation, wie sie von den Detektoren angezeigt wurde, aufgenommen und in Dateien gespeichert. Durch den Vergleich wurden Daten in der Weise „falsch belegt angezeigt“ – „richtig“ – „falsch frei angezeigt“ aufgenommen. Damit war es möglich, nicht nur die Anzahl der Fehler auszuwerten, sondern auch die Lage des Schwellwerts zu überprüfen.

Um möglichst für alle Detektoren die Zustände „frei“ und „belegt“ zu erfassen, wurden die Messungen hauptsächlich morgens durchgeführt. Bis auf wenige Dauerparker ist das Parkhaus in der Nacht leer. Morgens füllt sich das Parkhaus kontinuierlich bis auf den mit Detektoren ausgestatteten Ebenen eine fast vollständige Belegung zu beobachten ist.

### 5.1 Messungen in Drei-Achsen Anordnung

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse für die Drei-Achsen Anordnung. Bei diesen Messungen wurden also die Signale aller drei Achsen gleich gewichtet nach der Berechnung (4-1) zusammengefasst. Die Multiplikatoren  $m_{ux}$ ,  $m_{uy}$  und  $m_{uz}$  sind jeweils eins.

<b>27.03.06</b>			
	Gesamtanzahl Stichproben	Fehler	Fehlerquote
Ebene 4 Boden	560	63	11,25%
Ebene 5 Wand	630	197	31,27%
Ebene 5 abwärts Boden	196	43	21,94%
Ebene 5 abwärts Wand	126	38	30,16%
<b>04.04.06</b>			
	Gesamtanzahl Stichproben	Fehler	Fehlerquote
Ebene 4 Boden	240	13	5,42%
Ebene 5 Wand	270	46	17,04%
Ebene 5 abwärts Boden	84	10	11,90%

Ebene 5 abwärts Wand	54	20	37,04%
<b>Gesamt</b>			
	Gesamtanzahl Stichproben	Fehler	Fehlerquote
Ebene 4 Boden	800	76	9,50%
Ebene 5 Wand	900	243	27,00%
Ebene 5 abwärts Boden	280	53	18,93%
Ebene 5 abwärts Wand	180	58	32,22%

Bei Auswertung aller drei Achsen zeigen die Detektoren an der Wand die höchsten Fehlerquoten. Beobachtet wurde, dass eine Ursache dafür die Variation der Einfahrtiefe der Fahrzeuge bildet.

Die Bodendetektoren zeigen wesentlich bessere Ergebnisse. Als Ursache dafür kann die geringere Entfernung zum Fahrzeug angesehen werden. Zusätzlich werden insbesondere die ferromagnetischen Komponenten der Vorderachse und des Motorraumes bzw. der Hinterachse aus nächster Nähe erfasst. Zu beachten ist hierbei, dass sich dadurch eine detaillierte Auflösung der Fahrzeugstrukturen ergibt. Da diese stark variieren, können hier lokal sehr unterschiedliche Feldstärken auftreten.

## 5.2 Messungen in Zwei-Achsen Anordnung

Für diese Messungen wurden die Multiplikatoren so eingestellt, dass nur zwei Achsen in die Auswertung eingehen. Die Achse zum Nachbarparkplatz zeigende Achse wurde quasi abgeschaltet, also mit dem Faktor 0 gewichtet. Um den Schwellwert nicht ändern zu müssen, wurden die beiden verbleibenden Achsen in gleicher Weise mit dem Faktor 1,5 gewichtet.

Prozentuale Auswertung der Messung vom 18.10.06 im Parkhaus Lampertshof			
Messung über eine 2-Achsen Auswertung			
Ebene	Gesamtanzahl Stichproben	Fehler	Fehlerrate (%)
4 Boden	400	57	14,25%
5 Wand	190	42	22,11%

Die Fehlerrate der Wanddetektoren konnte mit dieser Methode verbessert werden. Bei den Bodendetektoren ist jedoch ein Anstieg gegenüber der vorhergehenden Auswertung aller drei Achsen zu verzeichnen.

## 5.3 Messungen bei gewichteter Zwei-Achsen Anordnung

Für diese Ergebnisse wurde eine Gewichtung der Zwei-Achsen Anordnung im Anschluss an die Messungen durchgeführt. Dazu wurden die Protokolldateien aus dem LH eingelesen, aus den aufgenommenen Momentanwerten ein Ergebnis S berechnet und mit dem Schwellwert verglichen. Der so ermittelte Belegungsstatus wurde dann mit dem real vorhandenen Zustand verglichen.

Dabei wurden nur die Achsen der horizontalen Ebene ausgewertet. Beide Achsen wurden entsprechend der Ausrichtung zum magnetischen Pol im Norden gewichtet (siehe auch 3. Inklination und Ausrichtung in der Horizontalen). Auf die Ausrichtung im Bild 1-2 bezogen, ergeben sich also die Faktoren  $m_{lx}=2$  und  $m_{ly}=1$  (siehe Formel (4-1)). Damit sind die Ergebnisse S auch hier zu den vorhergehenden Messungen vergleichbar und der Schwellwert muss nicht angepasst werden. Die vertikale Achse wurde mit dem Faktor 0 gewichtet.

Prozentuale Auswertung der Messung vom 30.11.2006 im Parkhaus Lampertshof			
Messung über eine gewichtete 2-Achsen Auswertung			
Ebene	Gesamtanzahl Stichproben	Fehler	Fehlerrate (%)
4 Boden	360	32	8,89
5 Wand (< 546)	405	32	7,9
5 Abwärts (Boden & Wand, (> 546))	207	25	12,08

Bei den Bodendetektoren zeigt sich gegenüber der Drei-Achsen-Anordnung nur eine sehr geringe Reduktion der Fehlerrate. Bei den Wanddetektoren kann die Nutzung einer gewichteten Zwei-Achsen-Anordnung die Fehlerrate gegenüber der Drei-Achsen-Anordnung und der gleich gewichteten Zwei-Achsen-Anordnung erheblich verbessern.

Auf Grundlage der im Kapitel 5 mit Hilfe der beispielhaften Parkvorgänge ermittelten Ergebnisse wurden Messungen in unterschiedlichen Detektionsvarianten durchgeführt. Bei den Bodendetektoren konnten keine signifikanten Verbesserungen der Fehlerraten erreicht werden. Bei den Wanddetektoren konnten die Fehler dadurch wesentlich verringert werden. Dennoch liegen die Fehlerraten in einem Bereich, der von den Nutzern nicht angenommen werden kann. Als Ursachen müssen dabei die ferromagnetischen Strukturen im Boden des LH und die damit verbundenen Feldkonzentrationen herangezogen werden. Zusätzlich ist bei einigen Detektoren der Kompensationsbereich nicht ausreichend, d.h. es kann nur ein Teil des magnetischen Signals erfasst werden. Ein sehr wichtiger Faktor ist zudem der Einfluss der Nachbarparklücken. Durch eine geeignete Installation in der Nähe des Fahrzeugs kann dieser Einfluss mit einfachen Mitteln reduziert werden. Bei der Installation an der Wand wurde als ein zusätzlicher Einflussfaktor der variierende Abstand des Fahrzeugs vom Detektor beobachtet.

## 6. Optimierungsmöglichkeiten

### 6.1 Einmessen jedes einzelnen Detektors

Um die speziellen Gegebenheiten zu berücksichtigen, ist auch das Einmessen eines jeden Detektors denkbar. Dazu muss ein definiertes Feld bei jedem Detektor in gleicher Art und Weise eingebracht werden. Dann können die Verstärkung und die Multiplikatoren eingestellt werden, z.B. automatisiert durch Software.

In der praktischen Realisierung stellt das Einbringen eines definierten Felds die größte Schwierigkeit dar. Eine Spulenanordnung müsste mechanisch exakt immer in der gleichen Art und Weise zu den Detektoren ausgerichtet werden. Die Nutzung eines Fahrzeugs stellt eine weitere Alternative zum Einbringen eines Feldes dar. Hier sind jedoch keine definierten Verhältnisse zu erwarten, so lässt sich z.B. der Einfluss der Überfahrposition nicht mit einfachen Mitteln ausschließen. Im Ergebnis würde zudem eine Optimierung für ein spezielles Fahrzeug durchgeführt werden.

### 6.2 Detektion mit Hilfe einer Gradiometeranordnung

Mit Hilfe eines Gradiometers ließe sich der Einfluss von Nachbarparklücken reduzieren. Ein Gradiometer erster Ordnung kann durch die Ausrichtung der empfindli-

chen Achsen zweier Sensoren auf einer Linie realisiert werden. Wie in (6-1) dargestellt, wird das Differenzsignal beider Sensoren ausgewertet.

$$\Delta B = B_{(d)} - B_{(d-h)} \quad (6-1)$$

Felder, die in gleicher Weise auf beide Sensoren einwirken, werden damit unterdrückt. Wenn die Basislänge  $h$  so gewählt wird, dass die Einflüsse von Nachbarparkklücken homogen auf beide Sensoren einwirken, kann der Einfluss dieser Störungen verringert werden.

Sinnvoll ist dabei eine Ausrichtung der empfindlichen Achsen in Richtung des Fahrzeugs. Damit kommen also Achsen analog den verwendeten Installationsvarianten unterhalb des Fahrzeugs und vor dem Fahrzeug in Betracht. Bei beiden Anordnungen sind in der Praxis nur relativ kurze Basislängen realisierbar.

### 6.2.1 Simulation einer Gradiometeranordnung

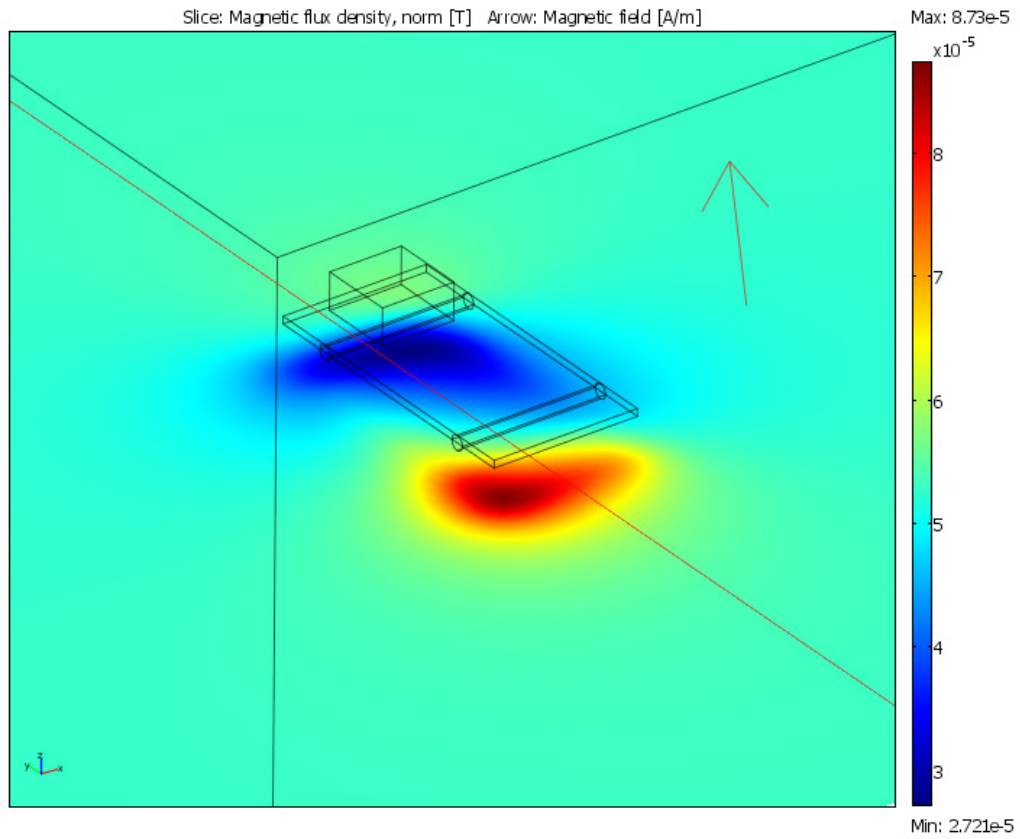
Um den Gewinn einer Gradiometeranordnung abschätzen zu können, wurden 3D-FEM-Simulationen mit COMSOL Multiphysics durchgeführt. Dabei wurden die folgenden Parameter<sup>2</sup> angenommen: relative Permeabilität Unterboden (4mx2m) 150, Motorblock 300, Achsen 1000, Erdmagnetfeld  $40\mu\text{T}$  mit einer Ausrichtung wie in der Reihe der Detektoren 439 bis 457 (siehe Bild 1-2 und Abschnitt 3. Inklination und Ausrichtung in der Horizontalen). Das Fahrzeugmodell wurde in der Mitte eines Würfels zentriert. Im Bild 6-3 sind verschiedene Ansichten des Modells dargestellt. Die türkisfarbene Ebene repräsentiert dabei den Boden und der rote Pfeil gibt die Richtung des Erdmagnetfelds an. Entlang der eingezeichneten roten Linie wurde der Betrag der magnetischen Flussdichte ermittelt und ausgewertet.

---

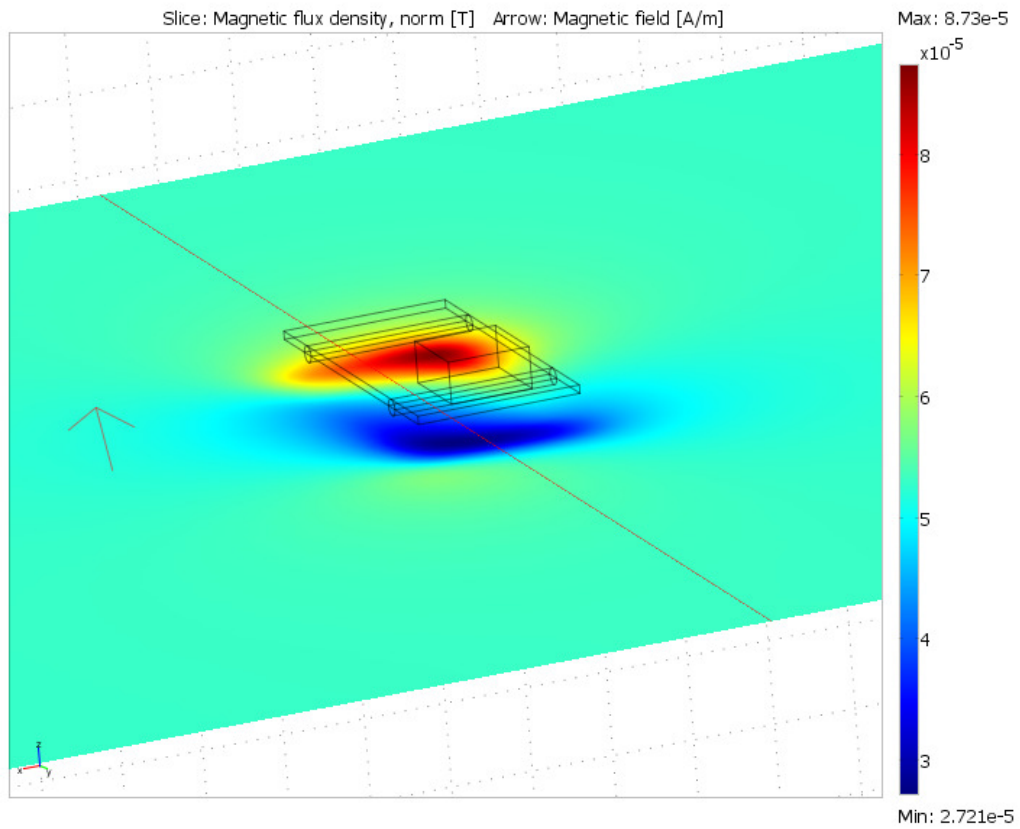
<sup>2</sup> analog:

J. Wolff, Th. Heuer, H. Gao, M. Weinmann, S. Voit and U. Hartmann, PARKING MONITOR SYSTEM BASED ON MAGNETIC FIELD SENSORS, Proc. IEEE ITSC 2006, Toronto, Canada, 2006; 1275 (2006 )

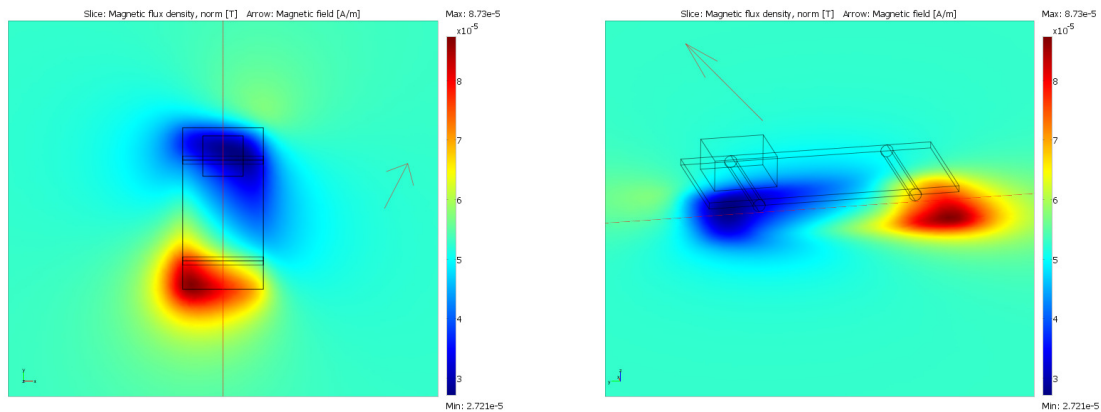




**Bild 6-1: Fahrzeugsimulation, Ansicht 1**



**Bild 6-2: Fahrzeugsimulation, Ansicht 2**

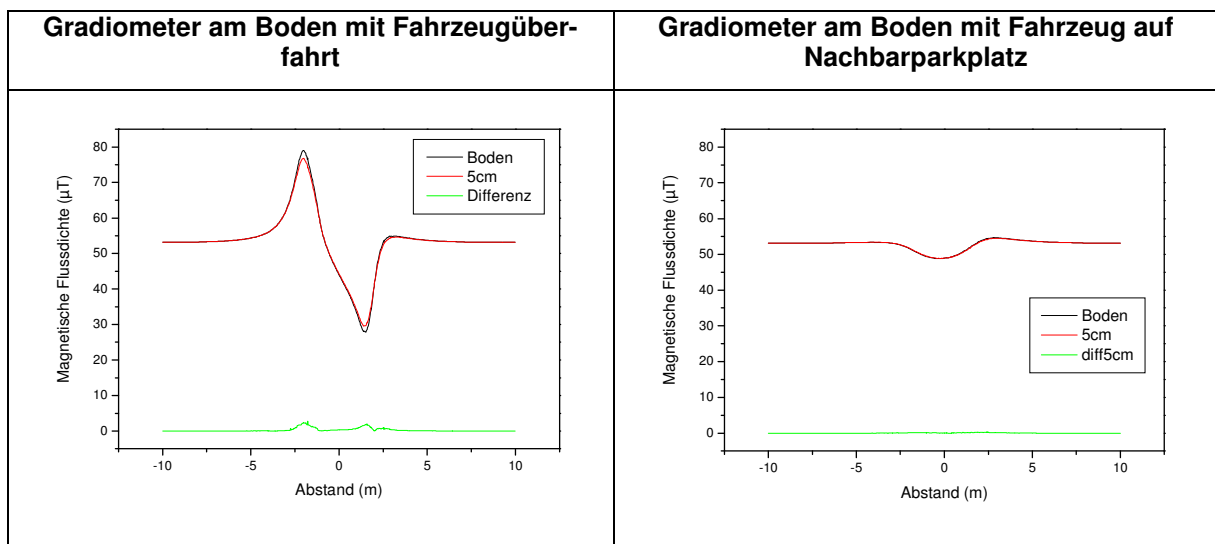


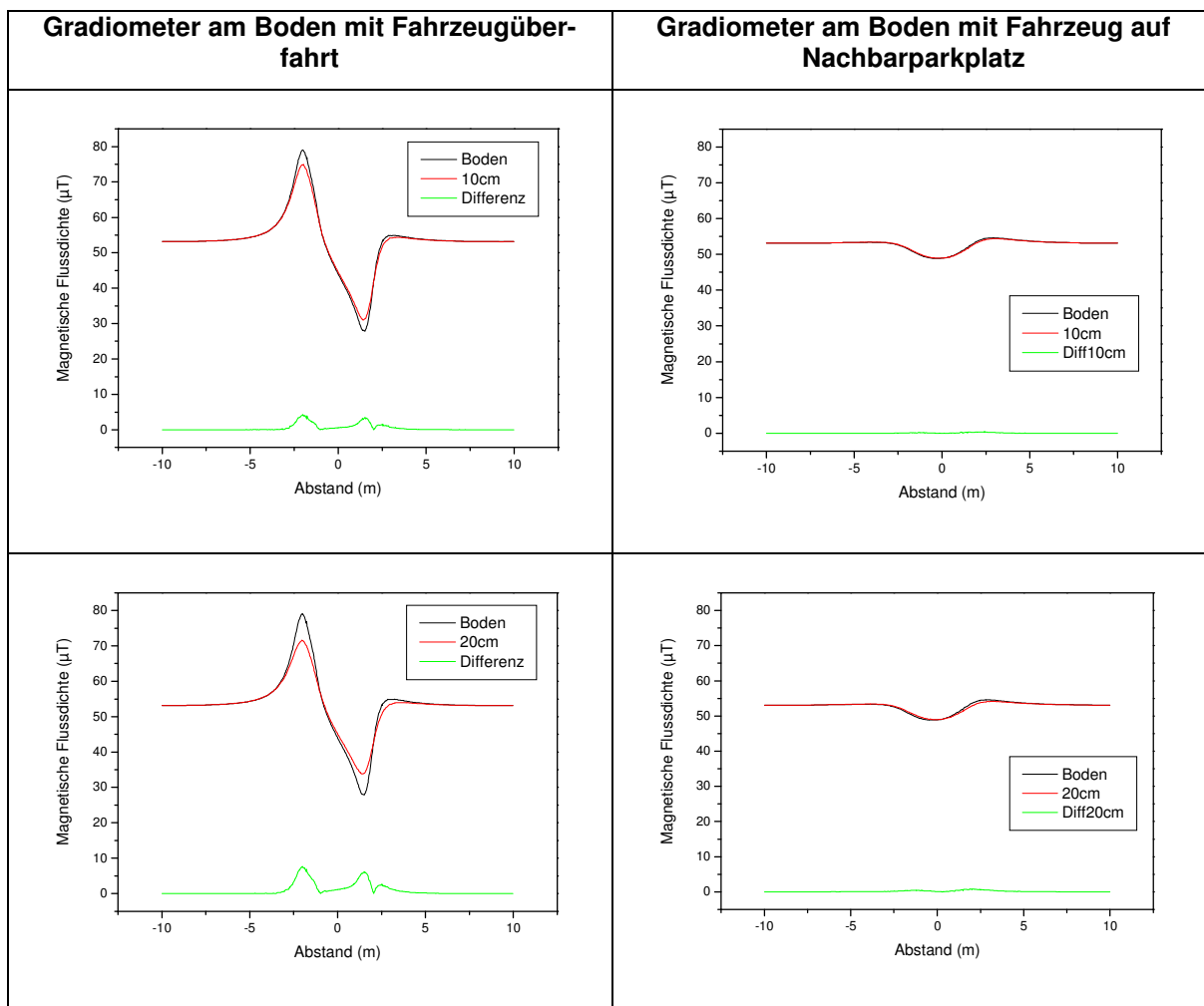
**Bild 6-3: Fahrzeugsimulation, Ansichten 3 und 4**

Mit diesem Modell wurden nun Simulationen einer Gradiometeranordnung in Boden- und Wandmontage durchgeführt.

Bild 6-4 zeigt die simulierten Signale bei Bodenmontage der Detektoren in Richtung des Fahrzeugs. Damit befindet sich ein Detektor in der türkisfarbenen Ebene, der Andere darunter, im Abstand der Basislänge. Zur Simulation genutzt wurden dabei die Basislängen 5, 10 und 20 cm. Die schwarze Linie zeigt den Betrag der magnetischen Flussdichte entlang einer Linie am Boden. Die rote Linie gibt das Signal des zweiten um die Basislänge im Boden versenkten Detektors wieder. Grün dargestellt ist das Gradiometersignal, also die Differenz beider Signale.

Die links angeordneten Grafiken im Bild 6-4 zeigen die Ergebnisse für eine mittige und vollständige Überfahrt des Fahrzeugs über die Detektoren. Die rechts angeordneten Grafiken zeigen die Signale, wenn das Fahrzeug einen Nachbarparkplatz in 2,2m Entfernung überfährt.





**Bild 6-4: Simulierte Signale einer Gradiometeranordnung in Bodenmontage**

Wie zu erwarten, bewirkt eine Vergrößerung der Basislänge ein größeres Gradiometersignal. Ziel der Gradiometeranordnung ist ja die Verringerung der Beeinflussung durch Nachbarparkplätze. Somit werden die Signale bei direkter Überfahrt als Nutzsingale und die der Nachbarparkplätze als Störsingale betrachtet.

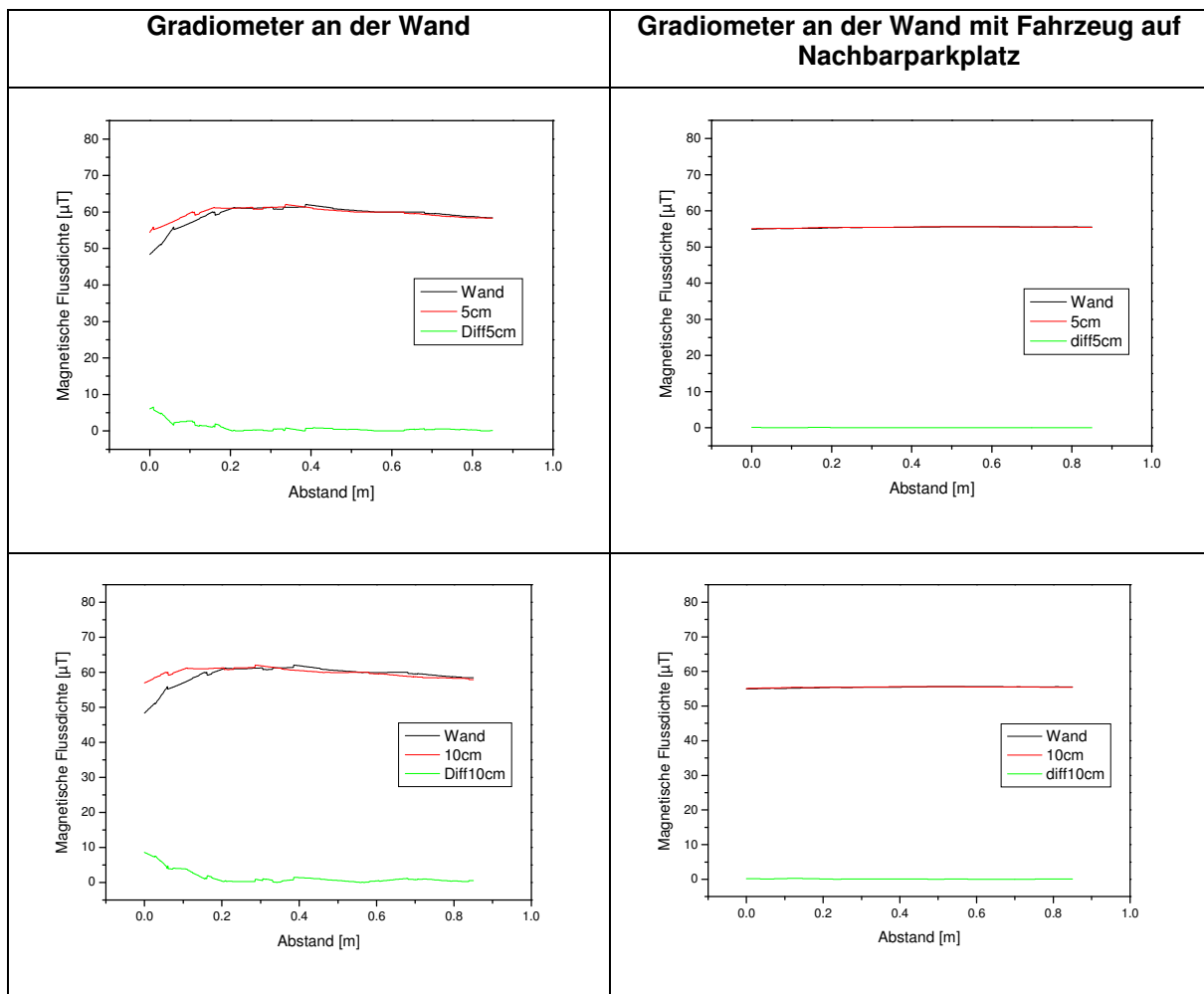
Ausgewertet werden nun die Änderungen der magnetischen Flussdichte  $\Delta B$ , und damit auch die genutzte Information. In Tabelle 6-1 wird das ermittelte Nutz- zu Störsingalverhältnis für die unterschiedlichen Basislängen dargestellt.

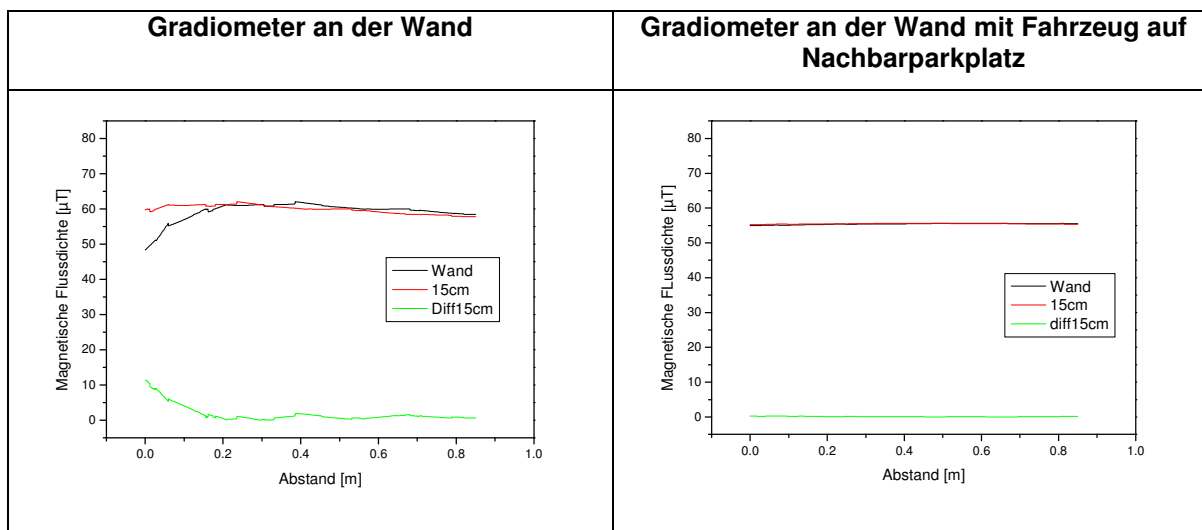
Basislänge des Gradiometers	Gradiometer am Boden mit Fahrzeugüberfahrt (Nutzsingal)	Gradiometer am Boden mit Fahrzeug auf Nachbarparkplatz (Störsingal)	Nutzsingal / Störsingal	normiert auf Werte des Einachsendetektors
keine (Einachsendetektor)	$\Delta B_{\text{Bodendet}}=24\mu\text{T}$	$\Delta B_{\text{Bodendet}}=4\mu\text{T}$	6	1
5cm	$\Delta B_{\text{Gradiom}}=2,21\mu\text{T}$	$\Delta B_{\text{Gradiom}}=0,31\mu\text{T}$	7,13	1,19
10cm	$\Delta B_{\text{Gradiom}}=4,14\mu\text{T}$	$\Delta B_{\text{Gradiom}}=0,41\mu\text{T}$	10,10	1,68
20cm	$\Delta B_{\text{Gradiom}}=7,4\mu\text{T}$	$\Delta B_{\text{Gradiom}}=0,73\mu\text{T}$	10,14	1,69

**Tabelle 6-1**

Es ist deutlich zu erkennen, dass die Gradiometeranordnung gegenüber dem Einzeldetektor einen Gewinn aufweist. Bei einer Basislänge von 5cm (bzw. 10cm) ist das Nutz- zu Störsignalverhältnis 19% (bzw. 68%) höher als bei einem Einzeldetektor. Eine Erhöhung der Basislänge auf 20cm bringt gegenüber 10cm so gut wie keine Vorteile.

Im Bild 6-5 sind die simulierten Signale einer Gradiometeranordnung an der Wand (in Richtung des Fahrzeugs) dargestellt. Wie zuvor werden auf der linken Seite die Signale für den Parkplatz dargestellt auf den das Fahrzeug einfährt. Rechts daneben sind die Signale für die Einfahrt des Fahrzeugs auf dem 2,20m entfernten Nachbarparkplatz angegeben. Damit lässt sich wiederum der Einfluss von Nachbarparkplätzen auf das Messsignal ermitteln.





**Bild 6-5: Simulierte Signale einer Gradiometeranordnung in Wandmontage**

Es ist deutlich zu erkennen, dass der Einfluss auf den Nachbarparkplätzen sehr gering ist. Damit ergibt sich ein hohes Nutz- zu Störsignalverhältnis. Bei der Detektion eines Fahrzeugs (linke Spalte im Bild 6-5) ergibt sich jedoch das Problem, dass nur bei kurzen Abständen des Fahrzeugs zum Gradiometer ein deutliches Signal gewonnen werden kann. Schon bei Abständen größer als 20cm ist die Detektion fast unmöglich. Da zudem in der Praxis der Abstand zwischen Fahrzeug und Wand stark variiert, soll diese Anordnung hier nicht weiter untersucht werden.

Eine Gradiometeranordnung kann also durchaus Vorteile in der Unterdrückung und damit der Detektion von Fahrzeugen bringen. Sinnvoll ist dabei eine Anordnung unterhalb des Fahrzeugs, wobei bei etwa 10cm Basislänge ein deutlicher Gewinn gegenüber der Einzelplatzanordnung erzielt wird. Im Falle ferromagnetischer Strukturen im Untergrund und daraus resultierenden Inhomogenitäten im Nahbereich wird jedoch auch eine Detektion mit einer Gradiometeranordnung nicht die Probleme lösen können (siehe auch 1.4 Flusskonzentration durch ferromagnetische Strukturen).

### 6.2.2 Messungen einer Gradiometeranordnung

Die Messungen einer Gradiometeranordnung wurden zuerst mit einem Detektor der B-Serie und dann mit einem umgebauten Detektor der C-Serie durchgeführt. Bei der B-Serie ist neben den drei empfindlichen Achsen x, y und z noch eine w-Achse vorhanden, die in derselben Richtung wie die y-Achse ausgerichtet ist. Der Basisabstand dieser beiden Sensoren beträgt etwa 4cm.

Für die nachfolgende Messung wurde ein Detektor der B-Serie verwendet, da dieser eine Gradiometeranordnung bereitstellt. Wie im Bild 6-6 dargestellt wurde für die Messungen der Detektor auf dem Campus der UdS in den Boden eingelassen. Die ausgewerteten Achsen 1 und 2 zeigen dabei in Richtung Himmel, also bei der Belegung der Parklücke in Richtung des Fahrzeugs.

**Belegung der Parklücke**



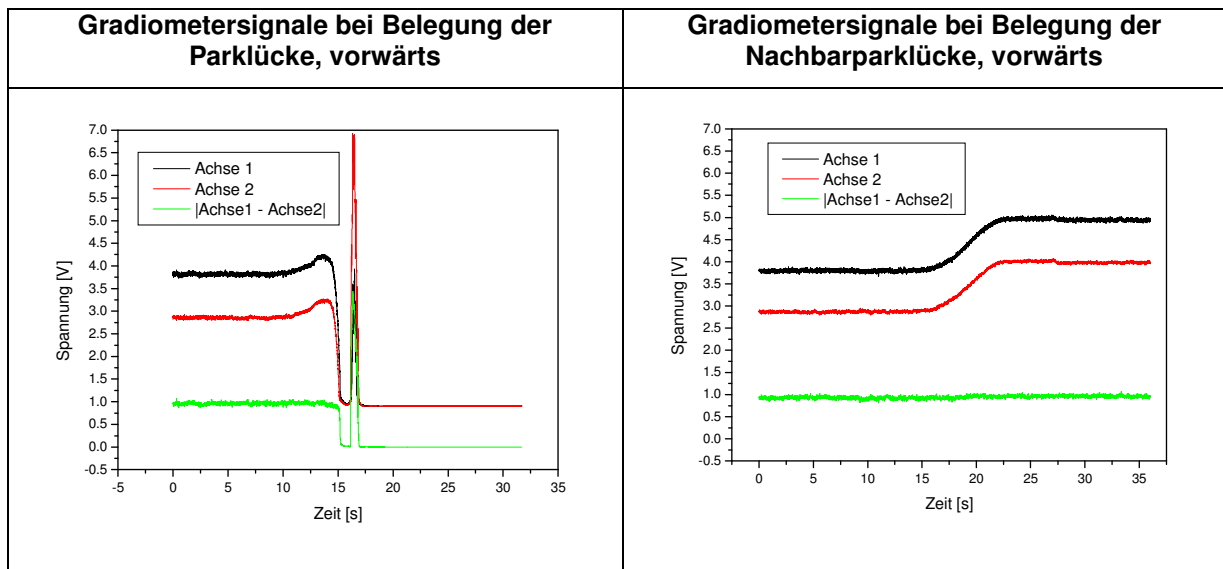
**Belegung der Nachbarparklücke**

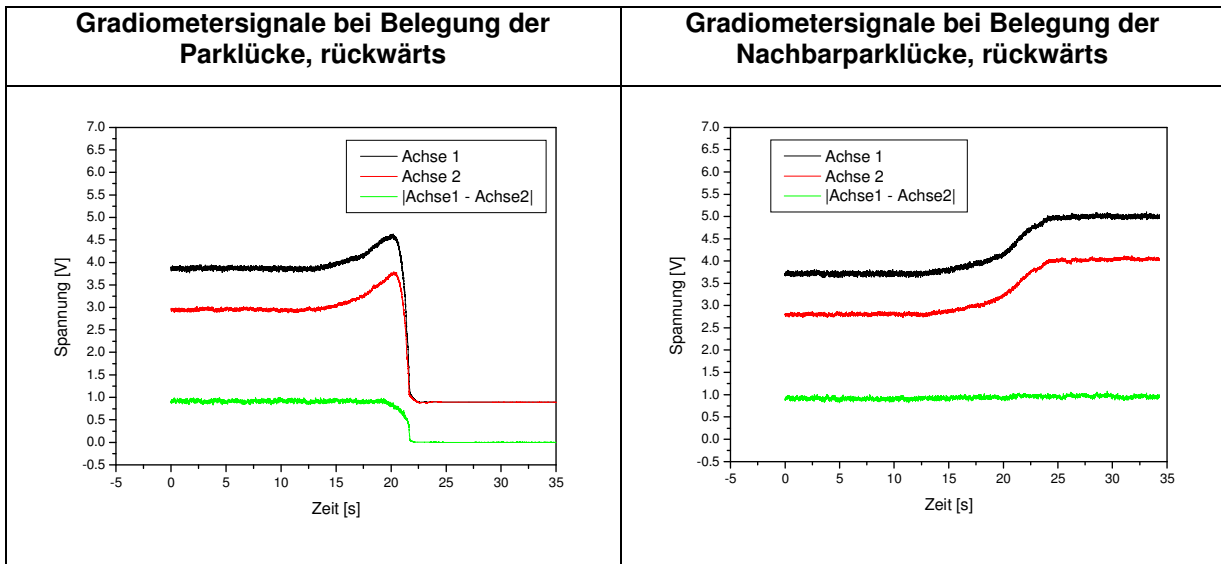


**Bild 6-6: Detektorposition und Fahrzeug bei der Gradiometermessung**

Die Signale wurden nun aufgenommen, wenn der Detektor direkt überfahren wird und wenn die Nachbarparklücke belegt wird.

Bild 6-7 zeigt die Ergebnisse der Messungen für das Einparken in der Parklücke und in der Nachbarparklücke, jeweils für vorwärts und rückwärts.

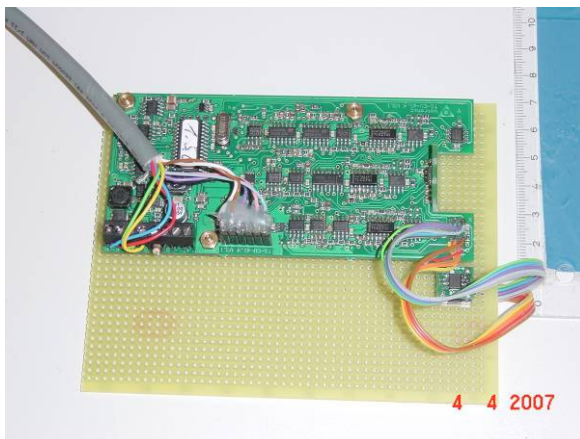




**Bild 6-7: Messergebnisse der Gradiometeranordnung**

Deutlich zu erkennen ist, dass der Detektor bei der direkten Überfahrt in die Sättigung geht. Das Differenzsignal resultiert aus den unterschiedlichen Werten nach dem Offset-Abgleich. Diese Messung ist hier aufgeführt, da sich u.U. dieser Effekt zur Detektion ausnutzen ließe. Die Gradiometermessung musste jedoch mit einem anderen Detektor wiederholt werden.

Genutzt wurde für diese zweite Messung ein Detektor der C-Serie, bei dem die x-Achse wie im Bild 6-8 dargestellt umgebaut wurde. Somit wurden die y- und die x-Achse des Detektors in dieselbe Richtung ausgerichtet. Die Basislänge beträgt etwa 4,8cm. Wie im Bild 6-9 gezeigt, wurde der Detektor in den Boden eingelassen, so dass die Messachse senkrecht zum Boden steht und direkt zum Fahrzeug zeigt.



**Bild 6-8: Aufbau des C-Serien Detektors als Gradiometer**



**Bild 6-9: Im Boden eingelassener Detektor**

Die Messung wurde nun analog zu der vorher durchgeführt. Bild 6-10 und Bild 6-11 zeigen noch einmal die Belegung der Parklücke mit Detektor und die der Nachbarparklücke.



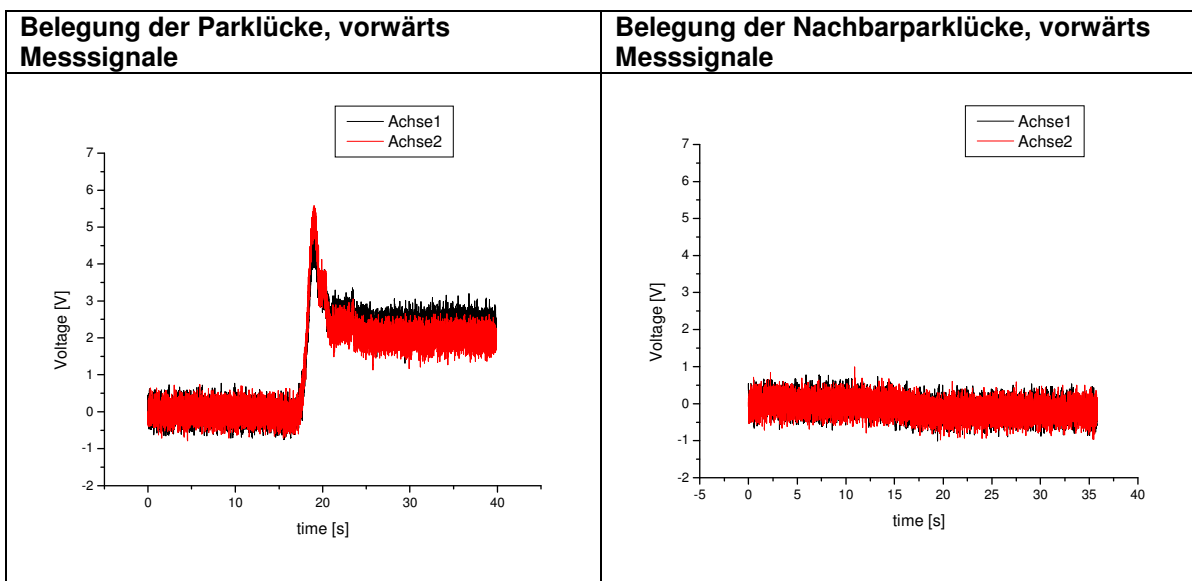
**Bild 6-10: Belegung der Parklücke**



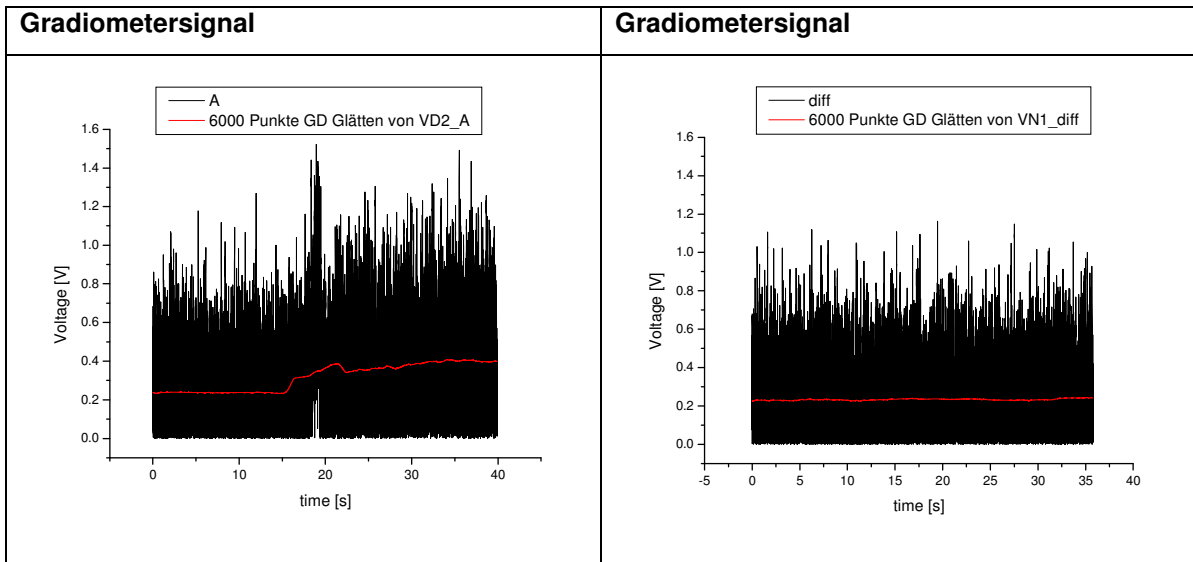
**Bild 6-11: Belegung der Nachbarparklücke**

Die Messergebnisse mit diesem Detektor sind stark verrauscht. Eine Ursache ist hierbei die Charge der verwendeten Sensoren. Ausserdem wurde eine C-Serie verwendet, die eine größere Bandbreite (bis ca. 70Hz) besitzt, also für die Erfassung von fließendem Verkehr gedacht ist. Die Gradiometersignale (Differenzsignale) wurden daher in der Nachbearbeitung mit einem gleitenden Mittelwert von 6000 Werten geglättet (bei einer Abtastrate von 1kS/s).

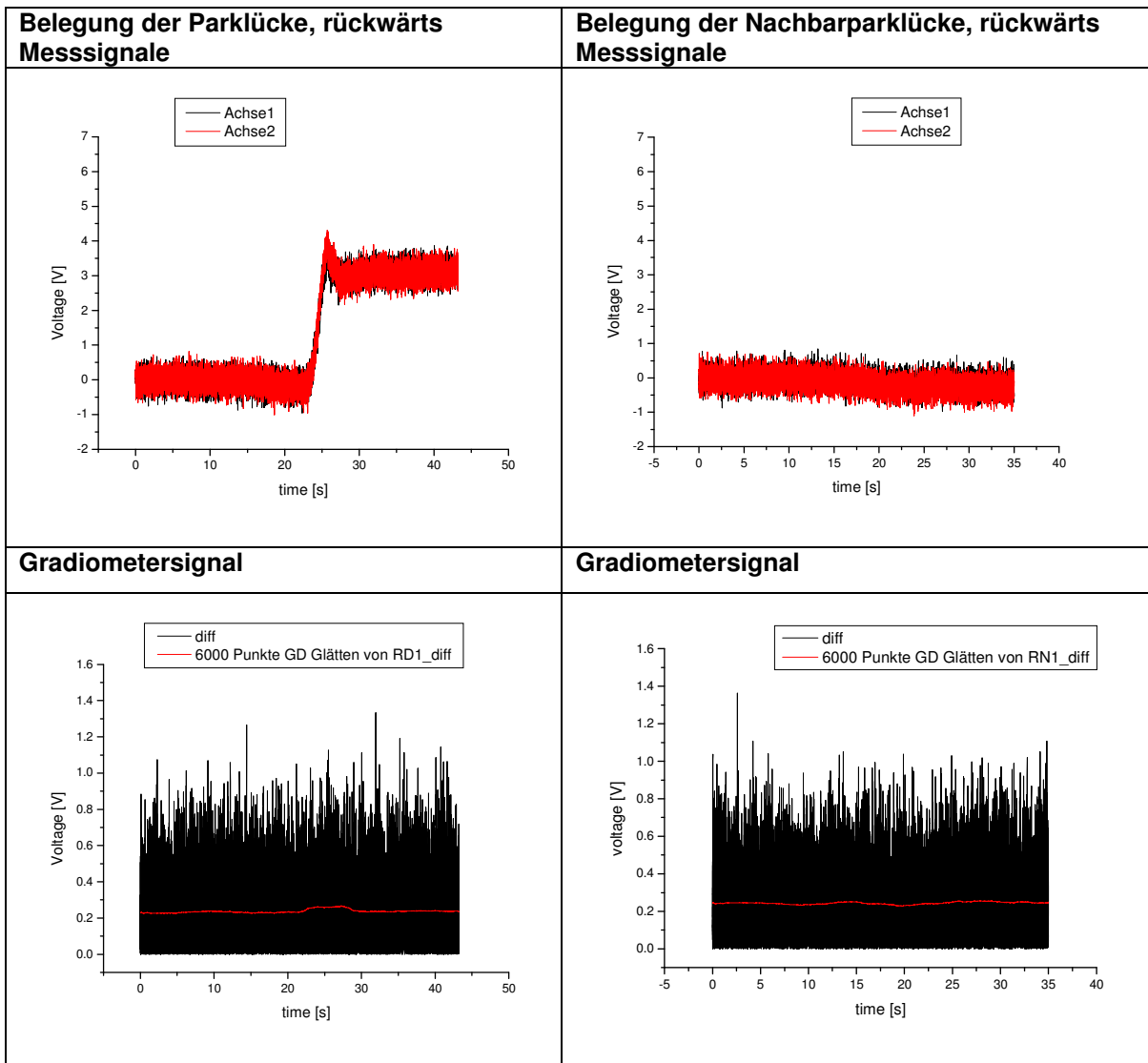
Die Messergebnisse beim Einparken vorwärts zeigt das Bild 6-12. Deutlich zu erkennen ist, dass (wie bei den durchgeführten Simulationen) im Bereich der Vorderachse ein Spitzenwert auftritt. Das Gradiometersignal lässt eine Detektion des Fahrzeugs zu, die Ermittlung des Nutz-zu-Störsignal-Abstandes ist jedoch bei diesen verrauschten Messwerten schwierig.







**Bild 6-12: Messergebnisse der Gradiometeranordnung für Einparken vorwärts**



**Bild 6-13: Messergebnisse der Gradiometeranordnung für Einparken rückwärts**

Bei den Messergebnissen zum Einparken rückwärts ist die Hinterachse deutlich sichtbar. Das Gradiometersignal ist schwach und eine Detektion schwierig. Rauscharme Sensoren sind hier unbedingt notwendig.

Sicher würde sich die Detektion verbessern, wenn der Basisabstand von knapp 5cm noch weiter erhöht wird. Auch die genaue Ausrichtung der beiden Sensoren auf einer Linie kann sicher noch verbessert werden. Mit einer Gradiometeranordnung kann der Einfluss von Nachbarparklücken verringert werden. Allerdings bestehen dabei hohe Anforderungen an die Sensoren und die mechanische Ausrichtung der Sensoren zueinander.

### **6.3 Einbeziehung von Zuständen der Nachbarparklücken**

Die Einbeziehung der Zustände der Nachbarparklücken in die Auswertung ist eine weitere Möglichkeit, die zu einer Optimierung der Ergebnisse führen könnte. Dazu ist es nötig, dass die aktuellen Messwerte von bis zu drei benachbarten Detektoren zu einem Ergebnis des mittleren Detektors führen.

Damit muss das grundlegende Konzept der vollständigen Signalauswertung auf dem Detektor verlassen werden. Die Auswertung der Daten muss hierbei durch die Bus-Master-Software durchgeführt werden, wobei Informationen zur Lage eines jeden Detektors vorhanden sein müssen. Zur Auswertung werden die ADC-Werte jedes Detektors abgefragt, die dann zusammen mit den Werten der direkt benachbarten Detektoren ausgewertet werden. Vorausgesetzt, die Detektoren decken einen genügend großen Feldbereich ab, dann kann anhand der Überlagerung der Messwerte eine Entscheidung getroffen werden. Es ist zu erwarten, dass durch diese Auswertung der Einfluss von Nachbarparklücken reduziert werden kann.

## 7. Anhang

### 7.1 Daten beispielhafter Parkvorgänge im LH

Nachfolgend sind die Werte der beispielhaft aufgenommenen Parkvorgänge dargestellt. Berechnet wurden die resultierenden Differenzen zwischen belegtem und unbelegtem Zustand für die entsprechenden Auswertungen. Weitere Informationen finden sich im Kapitel 4. Auswertung beispielhafter Parkvorgänge.

Nummer des Parkplatz	3 Achsen Auswertung belegter Zustand	3 Achsen Auswertung unbelegter Zustand	Differenz	2 Achsen Auswertung belegter Zustand	2 Achsen Auswertung unbelegter Zustand	Differenz
452	655	334	321	914	430	488
466	688	500	188	534	423	110
474	1208	340	868	1480	310	1370
456	1280	570	710	1750	610	1140
470	2214	1938	286	2000	990	1010
472	1160	336	824	1756	390	1366
439	673	263	310	900	335	565

Nummer des Parkplatz	3 Achsen Auswertung belegter Zustand	3 Achsen Auswertung unbelegter Zustand	Differenz	2 Achsen Auswertung belegter Zustand	2 Achsen Auswertung unbelegter Zustand	Differenz
579	611	80	531	692	41	651
506	1118	318	800	1317	233	1084
523	1208	340	868	1246	459	787
512	844	351	493	1756	690	1066
540	611	300	311	542	89	453
514	542	285	257	899	390	509
529	1014	292	722	861	327	534

Nummer des Parkplatz	z- Achsen Auswertung belegter Zustand	z- Achsen Auswertung unbelegter Zustand	Differenz	Gewichtete „Einachsen“ Auswertung belegter Zustand	Gewichtete „Einachsen“ Auswertung unbelegter Zustand	Differenz
452	160	90	70	1289	528	761
466	320	260	60	835	536	299
474	1530	420	1110	1141	303	838
456	1530	570	710	747	507	240
470	2800	333	2467	2407	1939	468
472	960	720	240	1660	120	1540
439	1700	480	1220	217	145	72

Nummer des Parkplatz	z- Achsen Auswertung belegter Zustand	z- Achsen Auswertung unbelegter Zustand	Differenz	Gewichtete „Einachsen“ belegt	Gewichtete „Einachsen“ unbelegt	Differenz
579	972	282	690	674	70	604
506	878	260	618	1680	310	1370
523	1410	643	767	661	146	515
512	1930	1155	775	1140	255	885
540	659	99	560	345	220	125
514	627	53	574	370	83	287
529	920	330	590	885	182	703

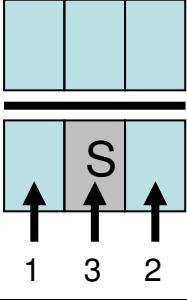
Nummer des Parkplatz	Echte Einachsen-Auswertung belegter Zustand	Echte Einachsen-Auswertung unbelegter Zustand	Differenz
579	1952	754	1198
506	877	590	280
523	1586	305	1281
512	884	586	298
540	1800	1029	771
514	2550	30	2520
529	259	195	64

Nummer des Parkplatz	Echte Einachsen-Auswertung belegter Zustand	Echte Einachsen-Auswertung unbelegter Zustand	Differenz
579	850	11	839
506	2600	292	2308
523	1047	150	897
512	1747	252	1495
540	249	153	96
514	400	100	300
529	969	284	685

## 7.2 Nutz-/Störsignalabstände aus den Voruntersuchungen im LH

Hier dargestellt sind die Nutz- zu Störsignalverhältnisse der Messungen 1-2 bis 7-4 im LH vom 13.06.2005. Genutzt wurde dazu ein Detektor der B-Serie.

	1.Position	2.Position	3.Position
<p><b>MessgNr :</b>  <math>\Delta_{\text{nutz}} / \Delta_{\text{stör}}</math>                      (hier Ergebnisse von allen Achsen x+y+z)</p> <p><b>Klassifikation</b>  <math>\Delta_{\text{nutz}} / \Delta_{\text{stör}}</math></p> <p>&gt;10                      5..10                      &lt;5</p>			
	1-2: >11,5	4-5: >7,3	
	1-3: >4,6 1-4: >4,3	4-3: >3,4 4-4: >3,2	
	2-1: >32,9 2-2: >32,9	5-1: >11,1	
	2-3: >8,8 2-4: >10,5	5-2: >2,3 5-3: >2	
	2-5: >20,9	5-4: >4,2	

	3-1: >4,4 3-2: >2	6-1: >4 6-2: 2,1	7-3: >3,2 7-4: 3,3
---	----------------------	---------------------	-----------------------