

Regelung Nr. EMV 03

Technische Regeln zur Elektromagnetischen Ver- träglichkeit; Nachweis der Kompatibilität von Schienenfahrzeugen mit Gleisschaltmitteln - MK, DMK, WSSB- Impulsgeber -

Rev.-Nr.	Datum	Verantwortung	Bemerkungen
0.1	12.02.2010	AG MK/DMK	Überführung in Regelwerks-Layout
0.2	18.02.2010	AG MK/DMK	Durchsprache in der AG
0.3	23.02.2010	AG MK/DMK	Entwurf zur Vorlage beim AK EMV
0.4	11.03.2010	AG MK/DMK	Entwurf zur Vorlage beim LK Fahr- zeuge
1.0	26.05.2010	AK EMV	Freigabe durch LK Fahrzeuge

Die Mitglieder der Arbeitsgruppe MK/DMK zum Stand der Re-
gelung EMV 03, Rev. 0.4 sind in Anhang C aufgeführt.

Inhalt

1	Abkürzungen	3
2	Allgemeines	4
3	Begriffe, allgemeine Definitionen zur Nachweisführung	4
3.1	Definitionen	6
4	Messmethodik	8
4.1	Messsensorik	11
4.2	Vorbereitung der Messung	14
5	Messparameter – allgemein	15
5.1	Messparameter – elektrisch und dieselektrisch angetriebene Fahrzeuge	15
5.2	Messparameter – Wagen	18
6	Fahrzeuggrenzwert und Auswerteverfahren für MK	18
7	Fahrzeuggrenzwert und Auswerteverfahren für DMK	21
8	Überfahrversuche MK	24
9	Anforderungen	26
10	Normative Verweise	27

1 Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung
B	Magnetische Flussdichte
B_{peak}	Scheitelwert(e) der bei Überfahrt eines Fahrzeugs gemessenen Flussdichte
DC	Gleichstrom
DMK	Doppel-Magnetschienenkontakt
EBO	Eisenbahn-Bau und Betriebsordnung
ETCS	European Train Control System
EWL	Einwirklänge des MK
f	Frequenz
FEW	Forschung- und Entwicklungswerk Blankenburg
f_i	Resultierende Frequenz im Bereich von B_{peak}
f_u	Untere Filtereckfrequenz (Hochpass)
IG	Impulsgeber
LZB	Linienförmig Zugbeeinflussung
MK	Magnetschienenkontakt
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
SO	Schienenoberkante
Tfz	Triebfahrzeug (Lok oder Triebwagen)
t_i	Impulsdauer im Bereich von B_{peak}
TSI	Technische Spezifikation für Interoperabilität
UIC	Internationaler Eisenbahnverband
v	Fahrzeuggeschwindigkeit
WSSB	VEB Werk für Signal- und Sicherheitstechnik Berlin, jetzt Siemens AG Braunschweig

2 Allgemeines

Anwendungsbereich

- (1) Die in den vorliegenden Technischen Regeln gestellten Anforderungen betreffen Fahrzeuge des Eisenbahnverkehrs, die einer Inbetriebnahmegenehmigung nach TEIV oder einer Abnahme nach §32 Abs. 1 EBO bedürfen. Die Regeln finden Anwendung bei Lokomotiven, Triebfahrzeugen, Triebzügen und Wagen mit eigenen Magnetfeldquellen.

Zweck des Dokuments

- (2) Dieses Dokument beschreibt Messverfahren und enthält Magnetfeldgrenzwerte zur Sicherstellung der Kompatibilität von Schienenfahrzeugen mit den permanentmagnetisch arbeitenden Gleisschaltmitteln MK, DMK sowie WSSB-Impulsgeber.
- (3) Die Anforderungen dieser Technischen Regeln sind zur Sicherstellung des störungs- und fehlerfreien Einsatzes von neuen oder umgebauten Fahrzeugen mit relevanten Änderungen (EMV-Plan [3]) einzuhalten.

3 Begriffe, allgemeine Definitionen zur Nachweisführung

Gleisschaltmittel

- (1) Die in diesem Dokument betrachteten permanentmagnetischen Gleisschaltmittel MK, DMK und WSSB-Impulsgeber werden auf nicht elektrifizierten und auf mit 15 kV/16,7 Hz elektrifizierten Strecken eingesetzt.

Typ	Hersteller	Arbeitsfrequenz
DMK	Siemens	Permanentmagnete

Tabelle 2: Zählpunkte mit magnetischem Wirkprinzip

Typ	Hersteller	Arbeitsfrequenz
MK	Siemens	Permanentmagnete
WSSB-Impulsgeber	WSSB / Siemens	Permanentmagnete
FEW-Impulsgeber	FEW	Permanentmagnete

Tabelle 2: Radsensoren mit magnetischem Wirkprinzip

FEW-Impulsgeber

- (2) Die derzeit bekannten Einsatzbedingungen des FEW-Impulsgebers erfordern keine Festlegung von Grenzwerten. Magnetfeldbeeinflussungen bei Überfahrt von Fahrzeugen über FEW-Impulsgeber können nicht zu unzulässigen Reaktionen führen. Der FEW-Impulsgeber ist damit nicht Bestandteil der durchzuführenden Untersuchungen.

WSSB-Impulsgeber

- (3) Der WSSB-Impulsgeber ist in seinem Störverhalten unempfindlicher als der MK. Mit Einhaltung der Vorgaben für den MK ist zugleich auch die Kompatibilität mit dem WSSB-Impulsgeber gegeben. Der WSSB-Impulsgeber ist bei den durchzuführenden Untersuchungen nicht gesondert zu betrachten.

- | | |
|--|--|
| <p>(4) Zum Nachweis der Kompatibilität sind die Vorgaben für MK (abgedeckt durch Nachweis für MK) und im Radbereich zusätzliche Grenzwertvorgaben zur Vermeidung der Radauslöschung einzuhalten.</p> | <p>DMK</p> |
| <p>(5) Von Fahrzeugen in den Gleisbereich abgestrahlte niederfrequente Magnetfelder können bei MK, DMK und WSSB-Impulsgeber dazu führen, dass:</p> <ul style="list-style-type: none"> - vorhandene Räder nicht detektiert werden (Radauslöschung), - nicht auswertefähige Impulsmuster generiert werden, - eine Reaktion wie bei der Überfahrt eines Rades hervorgerufen wird, obwohl kein Rad vorhanden ist (Raderzeugung). | <p>Beeinflussung durch niederfrequente Magnetfelder</p> |
| <p>(6) Typische Störquellen auf Fahrzeugen können sein:</p> <p>a) aktive Störquellen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Streufelder von Motoren, Transformatoren, Drosseln, Kabeln, etc. - Zugsicherungseinrichtungen auf dem Fahrzeug wie z.B. Integra-Magnete, <p><i>Anmerkung: Aufmagnetisierte Wagen oder Ladung von Wagen sind nicht Gegenstand dieser Technischen Regeln, da es sich hierbei um temporäre Phänomene handelt, welche bei einem zuzulassenden Fahrzeug nicht vorhanden sein sollten.</i></p> <p>b) passive Störquellen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Magnetschienenbremsen (nicht erregt), - Metallteile im Einwirkungsbereich der Gleisschaltmittel (z.B. Schneeräumer, etc.). | <p>Fahrzeugeitige Störquellen</p> |
| <p>(7) Die erregte Magnetschienenbremse ist nicht zu betrachten (siehe hierzu auch Regelung Nr. EMV 04 [1]).</p> | <p>Magnetschienenbremse</p> |
| <p>(8) Der Einfluss der Wirbelstrombremse wird in dieser Technischen Regelung nicht betrachtet (zur Wirbelstrombremse siehe [1]).</p> | <p>Wirbelstrombremse</p> |
| <p>(9) Die Technischen Regeln gelten für Regelfahrzeuge nach Absatz 2(1) mit Raddurchmessern von 600 mm bis 1250 mm. Untersuchungsbasis sind neue Räder der Fahrzeuge. Die Untersuchungsergebnisse gelten für die Abnutzung der Räder innerhalb der jeweils zulässigen Abnutzungstoleranzen. Fahrzeuge mit einem Raddurchmesser kleiner 600 mm sind gesondert zu betrachten.</p> | <p>Raddurchmesser</p> |
| <p>(10) Aufgrund des Aufbaus und der Funktionsweise der permanentmagnetisch arbeitenden Gleisschaltmittel sind keine Beeinflussungen durch im Gleisbereich auftretende elektrische Felder zu erwarten. Elektrische Felder müssen bei den Untersuchungen nicht berücksichtigt werden.</p> | <p>Elektrische Felder</p> |

3.1 Definitionen

- Einwirklänge** (1) Die Empfindlichkeit der permanentmagnetisch arbeitenden Gleisschaltmittel MK und DMK kann mittels einer Lehre justiert werden. Die Lehre bildet den magnetischen Einfluss eines Rades nach. Der Verschiebebereich der Lehre, in dem das Schaltmittel anspricht, wird als Einwirklänge bezeichnet. Eine steigende Einwirklänge vergrößert den Einflussbereich gegenüber ferromagnetischen Komponenten (z.B. Räder) sowie magnetischen Feldern. Dadurch erhöht sich die Empfindlichkeit des Magnetschienenkontaktes.
- Filtereckfrequenz** (2) Die Filtereckfrequenz entspricht der Frequenz, bei der die Dämpfung des Filters einen Wert von 3 dB annimmt.
- Radbereich** (3) Bereich in Schienenlängsrichtung (x-Richtung), innerhalb von ± 250 mm von Radmitte aus gesehen.

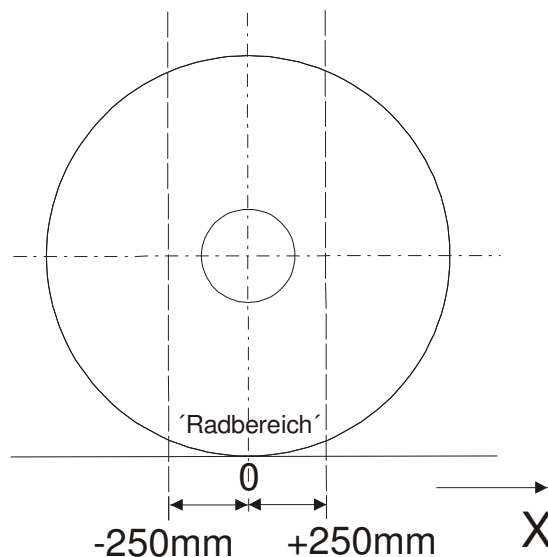


Abbildung 1: Radbereich

- Koordinatensystem** (4) Die betrachteten Feldvektoren werden axial (Feldorientierung x) bzw. orthogonal aufgenommen. Alle Feldvektoren stehen im rechten Winkel zueinander. Die Bezeichnungen der dargestellten Vektoren bedeuten nach EN 12663:
- $\mathbf{x} \triangleq$ **x**-Komponente - Schienenparallele (längs zur Fahrtrichtung)
 - $\mathbf{y} \triangleq$ **y**-Komponente - Schienenhalsnormale (quer zur Fahrtrichtung und parallel zum Boden)
 - $\mathbf{z} \triangleq$ **z**-Komponente - Bodennormale (senkrecht zur Fahrtrichtung und senkrecht zum Boden)

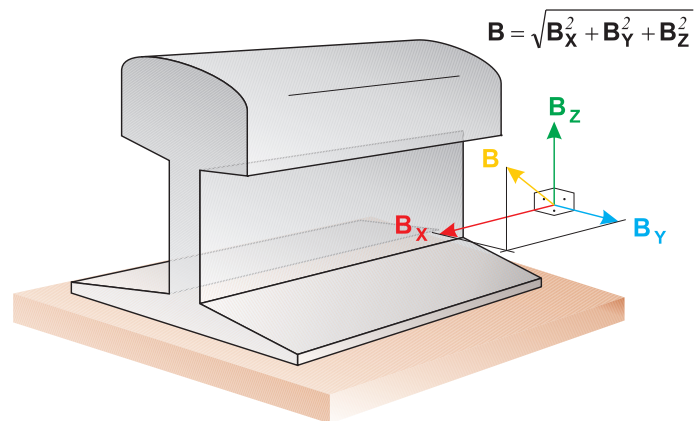


Abbildung 2: Koordinatensystem der Schiene nach EN 12663

- (5) Für drehende Maschinen wie Drehstrommotoren entspricht f_i der Motorgrundschwingungsfrequenz, d.h. v/f_i bildet einen konstanten Wert. Für Drehstrommotoren auf Bahnfahrzeugen ist v/f_i in den meisten Fällen kleiner als 2.

Verhältnis v/f_i

4 Messmethodik

Magnetfeldmessungen

- (1) Der Nachweis der Kompatibilität von Fahrzeugen mit den in Kapitel 3 genannten Gleisschaltmitteln beruht primär auf der Messung der magnetischen Flussdichte (x-Komponente) mittels Messsensoren (Magnetfeldsonden) an einer zur Schiene definierten Referenzposition. Die Messungen erfolgen bei Überfahrt der Fahrzeuge mit verschiedenen Betriebsparametern.

Die messtechnisch erfasste magnetische Flussdichte wird analysiert und an Hand der Grenzwerte für MK und DMK bewertet.

Überfahrversuche über Gleisschaltmittel MK

- (2) MK, DMK und WSSB-Impulsgeber können auch bei Einhaltung der vorgegebenen Grenzwerte der magnetischen Flussdichte u.a. durch

- vom Fahrzeug abgestrahlte, ausgeprägte inhomogene Magnetfeldanteile im Wirkungsbereich der Gleisschaltmittel (vgl. nachfolgenden Absatz (3)),
- tiefhängende ferromagnetische Metallteile innerhalb des in nachfolgenden Absatz (4) definierten Bereiches

beeinflusst werden. Zusätzlich zu den Magnetfeldmessungen sind daher - sofern die in Absatz (3) oder Absatz (4) aufgeführten Bedingungen gegeben sind - Überfahrten über das Gleisschaltmittel MK zur Bewertung des ordnungsgemäßen Schaltverhaltens erforderlich.

Anmerkung: Die Prüfanforderungen für DMK und WSSB-Impulsgeber werden durch die MK-Überfahrten abgedeckt.

Stark inhomogene Feldanteile

- (3) Es ist davon auszugehen, dass starke inhomogene Feldanteile auftreten können, wenn stromdurchflossene Leiter - hierzu gehören u.a. auch Trafo-/Spulenwicklungen - am Fahrzeug innerhalb des in Abbildung 3 skizzierten Bereiches um die Messposition vorhanden sind.

Tiefhängende, ferromagnetische Metallteile

- (4) Die Beeinflussungszone eines Radsensors, in der durch tiefhängende ferromagnetische Metallteile wie z.B. Magnetschienenbremsen, Schienenräumer, Sandrohre, etc., Beeinflussungen auftreten können, ist gemäß [2] Anhang A.9, Bild A.11 in Abbildung 4 dargestellt. Ob aufgrund tiefhängender, ferromagnetischer Metallteile ein zusätzlicher Nachweis durch Überfahrversuche über den MK zu erbringen ist, muss im Einzelfall entschieden werden. Die hierzu getroffenen Festlegungen sind im EMV-Plan [3] zu dokumentieren.

Hinweis: Der messtechnische Nachweis kann ggf. durch Bescheinigung der Konformität ersetzt werden (z.B. wenn die Verträglichkeit eines bestimmten Typs Schienenräumer positiv bestätigt wurde und derselbe Typ gleicher Ausführung und Montage an unterschiedlichen Fahrzeugen zum Einsatz kommt).

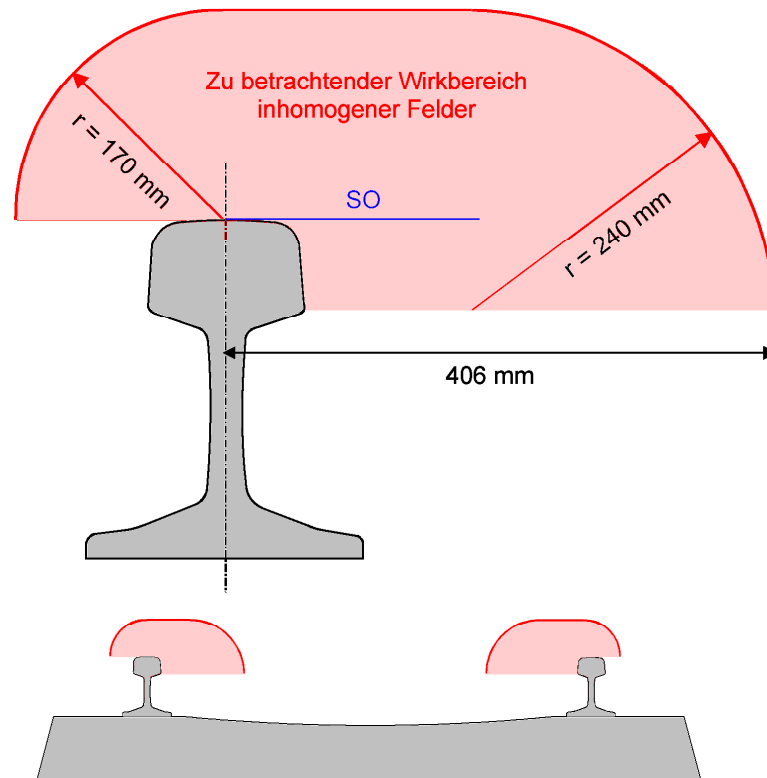


Abbildung 3: Bereich von stromdurchflossenen Leitern durch die stark inhomogene Magnetfelder resultieren können

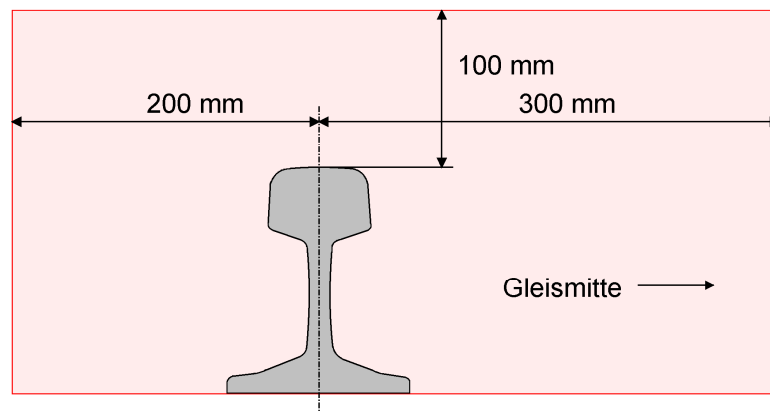


Abbildung 4: Beeinflussungszone eines Radsensors nach [2] Anhang A.9, Bild A.11

- (5) Treten bei den Magnetfeldmessungen nach Kapitel 6 gradiente Feldanteile¹⁾ auf, die den zugehörigen MK-Grenzwert gemäß Abbildung 9 überschreiten, den Maximalwert von $440 \mu\text{T}$ jedoch einhalten, kann der Verträglichkeitsnachweis nach Kapitel 6 auch durch Überfahrversuche MK gemäß Kapitel 8 erfolgen. Für die Überfahrversuche ist dabei - abweichend von Abschnitt 8 (5) - stets eine MK-Einwirklänge von 180 mm zu wählen.

**Gradiente
Feldanteile**

¹⁾ ausgenommen Streufelder von Gleichfeldquellen

Hinweis: Überschreiten die gemessenen gradienten Magnetfelder die zugehörigen Grenzwerte gemäß Abbildung 9 um mehr als 50%, so sind die Erfolgchancen für einen positiven Nachweis mittels Überfahrten MK als eher gering einzustufen.

Die Untersuchung und Bewertung der Radauslöschung DMK durch die Magnetfeldwerte gemäß Kapitel 7, Abbildung 10 bleiben hiervon unberührt.

4.1 Messensorik

- (1) Die von Fahrzeugen in den Gleisbereich emittierten Magnetfelder können bei der Fahrt über die Messsensoren infolge der Multiplikation (Faltung) des Zeitverlaufs mit dem räumlichen Feldprofil sowohl höhere als auch niedrigere Frequenzkomponenten enthalten. Neben reinen Wechselfeldquellen (Transformatoren, AC-Motoren etc.) können auch Gleichfeldquellen (Gleichstrommotoren, Permanentmagnete etc.) sowie überlagerte Gleich- und Wechselfeldquellen auf dem Fahrzeug vorhanden sein.
- (2) Zur Messung der magnetischen Flussdichte sind Gleichfeldsonden und Wechselfeldsonden zu verwenden:
- Gleichfeldsonden werden bei Überfahrten mit niedriger Geschwindigkeit zur Messung von sehr niederfrequenten Feldanteilen eingesetzt (siehe Absatz (5)),
 - Wechselfeldsonden werden bei Überfahrten mit höherer Geschwindigkeit eingesetzt (siehe Absatz (6)).
- (3) Aufgezeichnet und ausgewertet wird die x-Komponente der magnetischen Flussdichte (B_x) (vgl. Abbildung 2).
- (4) Im Gleisbereich sind folgende magnetische Flussdichten zu erwarten:
- Gleich- und Wechselfelder bis $f = 250$ Hz von Motoren, Trafos, Drosseln usw. bis zu 1 mT,
 - Gleichfelder bis zu 10 mT (z.B. Gleichfeld des Integrarmagneten).
- (5) Gleichfeldsonden (z.B. Hallsonden) erfassen die magnetische Flussdichte punktförmig über eine Querschnittsfläche von wenigen Quadratmillimetern. Sie können zur Messung von Gleichfeldern ($f_u=0$ Hz) und Wechselfeldern bis zu einigen hundert Hertz eingesetzt werden.

Allgemein

Kennwerte:

- Ausrichtung der Gleichfeldsonden in x-Richtung (vgl. Abbildung 2).
- Messbereich der Gleichfeldsonden von 1 μ T bis mindestens 220 μ T (Empfehlung: 500 μ T).
- Messfehler der maximalen Magnetfeldamplituden kleiner als 10 % exklusive Messposition.
- Filterparameter:
Tiefpassfilter, Butterworth 6. Ordnung, Filtereckfrequenz 250 Hz.

Anmerkung: Zur Identifikation von Gleichfeldanteilen auf dem Fahrzeug (vgl. Absatz 5(5)) können auch niedrigere Filtereckfrequenzen gewählt werden.

- (6) Wechselfeldsonden (z.B. Messspulen) erfassen die magnetische Flussdichte über die gesamte Spulenfläche (Mittelung) und zeigen damit ein Verhalten, welches die räumliche Ausdehnung bzw. den Wirkungsbereich der hier betrach-

Gleichfeldsonde

Wechselfeldsonde

teten Gleisschaltmittel besser als die punktförmig arbeitenden Gleichfeldsonden nachbildet.

Die Messanordnung besitzt aufgrund der zur Integration erforderlichen Elimination des Gleichanteils (Filterung) eine Hochpass-Charakteristik mit einer unteren Grenzfrequenz $f_U > 0$ Hz.

Kennwerte:

- Messspule mit einer effektiven, kreisförmigen Querschnittsfläche von 100 cm^2 .
- Windungszahl angepasst an die erwartete Signalintensität, dem verwendeten Abschlusswiderstand (50Ω bis $\geq 1 \text{ M}\Omega$), die Eigenschaften des Messgerätes (Datenrekorder, Datenlogger), die Empfindlichkeit, das Rauschverhalten und die Dynamik des Datenloggers sowie die Länge der Anschlussleitungen.

Empfehlung: Die Windungszahl sollte zwischen 100 und ca. 1000 Windungen liegen.

Hinweis: In der DIN VDE 0848 Teil 1 werden für eine 100 cm^2 Sonde 318 Windungen empfohlen. Bei diesen Parametern resultiert bei einer magnetischen Flussdichte von $1 \mu\text{T}$ und einer Frequenz von 50 Hz eine Signalspannung von etwa 1 mV.

- Spulenlänge max. 1 cm.
- Ausrichtung der Spulenachse in x-Richtung (vgl. Abbildung 2).
- Ermittlung der magnetischen Flussdichte durch Integration der in der Spule induzierten Spannung mittels analoger (Operationsverstärker) oder digitaler Messsysteme.

Hinweis: Statische magnetische Gleichfelder von Tzf lassen sich mit Messspulen und Integratoren nur bei Überfahrt mit ausreichender Geschwindigkeit messen. Je niedriger dabei die untere Grenzfrequenz f_U des Integrators ist, umso niedriger kann dabei die Überfahrtgeschwindigkeit gewählt werden. Es hat sich gezeigt, dass z.B. mit $f_U=0,16$ Hz eine Geschwindigkeit von 30 km/h ausreichend ist.

- Messfehler der maximalen Magnetfeldamplituden kleiner als 10 % exklusive Messposition.

Hinweis: Eine Spulengröße von 100 cm^2 verringert die Empfindlichkeit der Sondenanordnung gegenüber kleineren Abweichungen der Messposition von der Sollposition.

- Filterparameter:
 - o Hochpassfilter: Butterworth 1. Ordnung mit 0,16 Hz Filtereckfrequenz (Zeitkonstante 1 s).

Hinweis: Wenn Signale mit Hochpass-Filtern mit Filtereckfrequenzen von 0,16 Hz und 0,5 Hz bzw. 1,0 Hz gut übereinstimmen, ist keine auf einen vorhandenen, niederfrequenten Feldanteil zurückzuführende Verfälschung gegeben.

- Tiefpassfilter: Butterworth 6. Ordnung mit 250 Hz Filtereckfrequenz.
 - Abtastfrequenz: Minimum: 2,5 kHz.
- (7) Die Messposition der Magnetfeldsonden ist - in Bezug auf die Schiene - in y- und z-Richtung festgelegt und befindet sich in etwa an der Stelle der auf Magnetfelder empfindlich reagierenden Elemente der Gleisschaltmittel.

Messposition

Die Messsensoren sind jeweils in der Mitte eines Schwellenfaches bzw. zwischen zwei Schienenbefestigungen an beiden Schienen zu montieren (siehe Abbildung 5).

Um die erfasste magnetische Flussdichte dem Ort der Quelle am Fahrzeug zuordnen zu können, sind Referenzsensoren (z.B. Radsensor, Lichtschranke, etc.), die die Überfahrt des Rades detektieren, gegenüber den Messsensoren anzubringen.

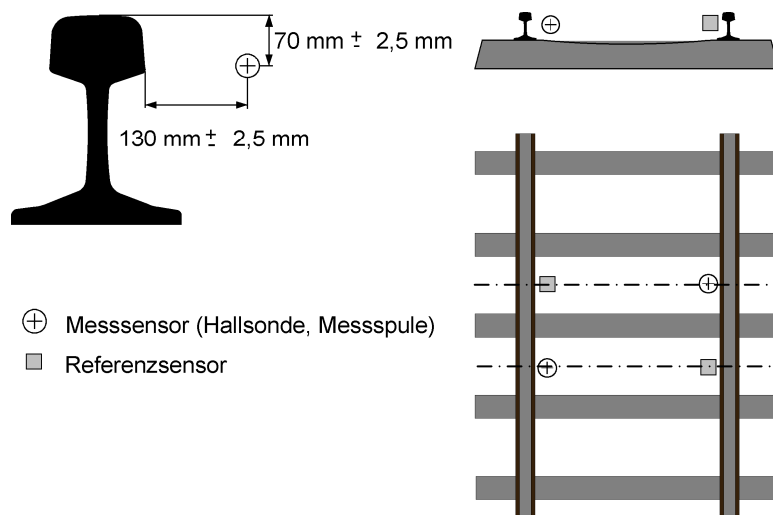


Abbildung 5: Messposition am Gleis (Empfehlung für Messaufbau)

4.2 Vorbereitung der Messung

Anforderungen an die Messstelle

(1) Die Untersuchungen sind an einer geraden, nicht überhöhten Gleistrasse mit den Schientypen UIC 60 oder S54 durchzuführen.

Festlegung Versuchsumfang

(2) Zur Festlegung des Versuchsumfanges (Auswahl der Versuchsparameter) sind vom Fahrzeughersteller – soweit erforderlich – folgende Angaben bereitzustellen:

- Lage von felderzeugenden Quellen wie z.B. Trafo, Drossel, Motor, Umrichter und hochstromführende Leitungen, etc.,
- Schaltbilder / Stromlaufpläne,
- Motorkennlinien hinsichtlich der Festlegung der Worst-case-Betriebspunkte,
- Geschwindigkeitsbereiche und Zugkräfte, bei denen der max. magnetische Fluss auftritt,
- Geschwindigkeits-Zugkraft-Diagramm (Z-v-Diagramm),
- Geschwindigkeits-Bremskraft-Diagramm (B-v-Diagramm),
- Verhältnis von Fahrgeschwindigkeit zu Motorfrequenz (v/f_i) bei Drehstromfahrmotoren (vgl. Kapitel 7),
- Lage von stromführenden Leitungen im inhomogenen Bereich gemäß Absatz 4(3),
- Lage von ferromagnetischen Bauteilen innerhalb des Bereich gemäß Absatz 4(4),
- Lage von Gleichfeldquellen (permanentmagnetische Komponenten).

Weitere Festlegungen zum Untersuchungsumfang sind je nach Fahrzeugcharakteristik sowie aufgrund von während der Messungen gewonnenen Erkenntnissen vorzunehmen.

5 Messparameter – allgemein

- (1) Die Leistung der Hilfsbetriebe ist maximal zu wählen. Alle elektrischen Verbraucher in und am Fahrzeug (z.B. Beleuchtung, Klimaanlage, Heizung, etc.) sind einzuschalten und – sofern möglich und technisch realisierbar – mit max. Leistung zu betreiben.
- (2) Alle im Regelbetrieb im Geltungsbereich der EBO eingesetzten Einrichtungen und Systeme der Zugbeeinflussung (PZB, LZB, ETCS, etc.) müssen in Betrieb sein.
- (3) Zur Berücksichtigung möglicher Unsymmetrien sind die rechte und linke Fahrzeugseite in beiden Fahrtrichtungen zu untersuchen.
- (4) Es wird empfohlen je Fahrtrichtung traktionslose Überfahrten (bei E-Traktion mit gesenktem Stromabnehmer, bei Dieseltraktion ohne zugeschaltetem Generator) durchzuführen.
- (5) Zur Identifikation von Gleichfeldquellen am Fahrzeug sind Messungen mit einer Gleichfeldsonde gemäß Abschnitt 4.1(5) bei Überfahrten mit sehr geringer Geschwindigkeit (≤ 5 km/h) durchzuführen.

**Allgemeine
Messparameter**

Je Fahrtrichtung sind mindestens zwei Überfahrten durchzuführen.

Gleichfelder

5.1 Messparameter – elektrisch und diesel- elektrisch angetriebene Fahrzeuge

- (1) Die Untersuchungen sind mit maximalem magnetischen Fluss im Fahrmotor durchzuführen.
- (2) Die empfohlene Mindestgeschwindigkeit beträgt 30 km/h (aus Gründen der Messtechnik/Wechselfeldsonden), wobei sichergestellt sein muss, dass bei dieser Geschwindigkeit keine Flussabsenkung auftritt. Andernfalls ist eine Geschwindigkeit oberhalb von 30 km/h zu wählen, bei welcher der maximale Fluss anliegt (vgl. Abbildung 6).

Die Messung ist bei 30 km/h je Fahrtrichtung mindestens 2-mal durchzuführen. Wenn höhere Geschwindigkeiten notwendig sein sollten, ist für jede Geschwindigkeitssteigerung um je 10 km/h eine weitere Fahrt je Fahrtrichtung notwendig (z.B. bei 40 km/h mindestens 3 Fahrten je Fahrtrichtung).

**Drehstrom-
Fahrmotoren**

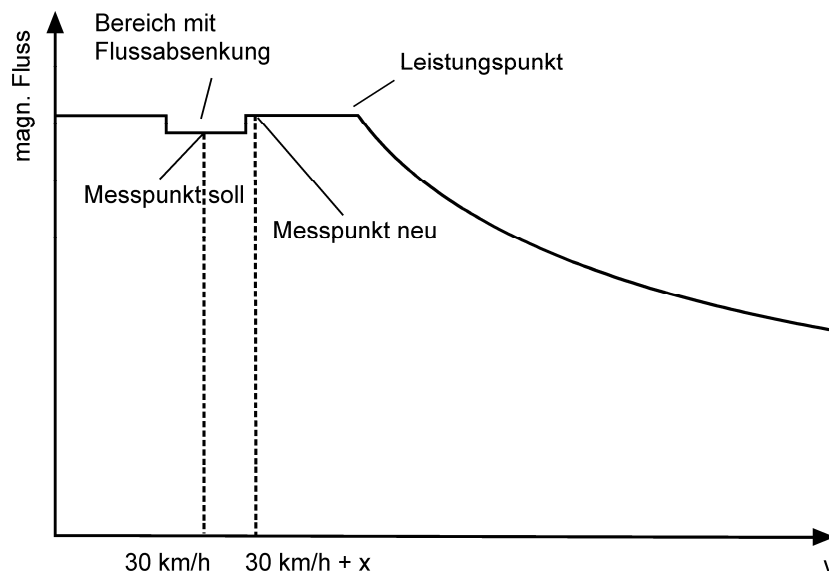


Abbildung 6: Fluss-v-Diagramm, beispielhafter Verlauf mit Flussabsenkung

- (3) Fahrten mit der elektrischen Bremse sind nicht erforderlich, sofern der magnetische Fluss im Fahrmotor in diesem Betriebszustand nicht höher als bei beschleunigenden Fahrten ist.
- (4) Untersuchung bei der Geschwindigkeit, bei welcher der maximale Fahrmotorstrom erreicht wird. Liegt der maximale Fahrmotorstrom über einen größeren Geschwindigkeitsbereich an, ist hiervon die niedrigste Geschwindigkeit zu wählen (vgl. Abbildung 7).

Elektrische Bremse

DC-Fahrmotoren

Je Fahrparameter und je Fahrtrichtung sind mindestens zwei Überfahrten durchzuführen.

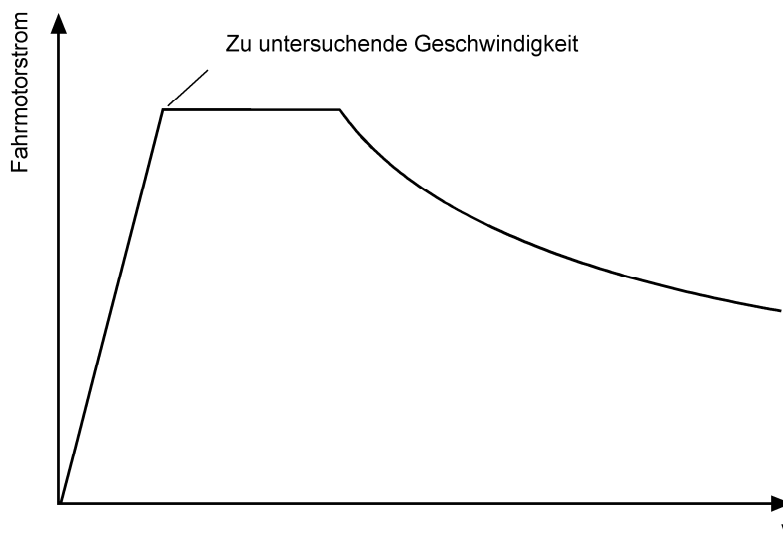


Abbildung 7: Fahrmotorstrom-v-Diagramm, beispielhafter Verlauf

- (5) Fahrten mit der elektrischen Bremse sind nicht erforderlich, sofern der Fahrmotorstrom in diesem Betriebszustand nicht höher als bei beschleunigenden Fahrten ist.

Elektrische Bremse

Trafo und Saugkreisdrossel

- (6) Zur Untersuchung der Beeinflussung durch magnetische Feldanteile von Trafo und Saugkreisdrosseln sind Fahrten am Leistungspunkt (maximaler Netzstrom bei minimaler Geschwindigkeit) mit maximaler Zugkraft durchzuführen (vgl. Abbildung 8).

Je Fahrparameter und je Fahrtrichtung sind mindestens zehn Überfahrten durchzuführen.

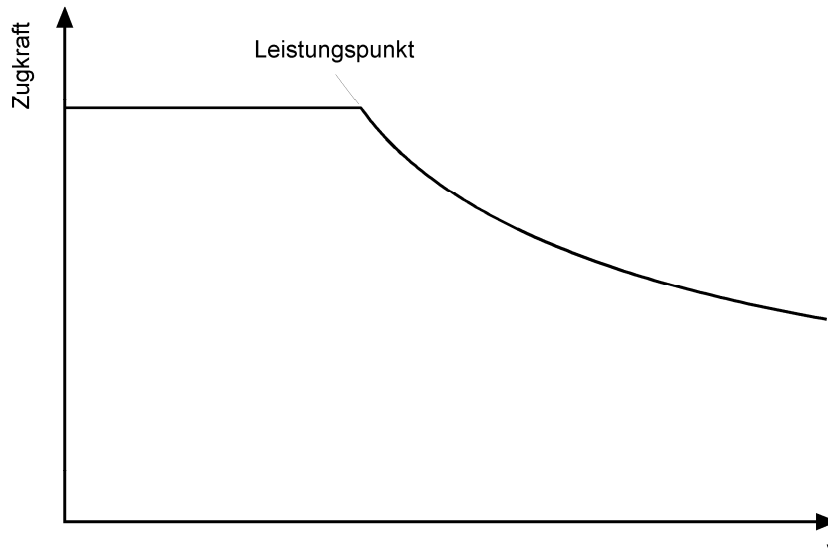


Abbildung 8: Beispielhaftes Z-v-Diagramm

Ausfallbetriebe

- (7) Betrieblich relevante Ausfallbetriebe sind in Abstimmung mit dem Fahrzeughersteller gemäß EMV-Plan [3] festzulegen und punktuell zu untersuchen. In diesem Fall werden die im Normalbetrieb durchlaufenen Parameter (auszugsweise) für relevante und repräsentative Kombinationen ausgefallener Fahrmotoren bzw. Antriebseinheiten sowie Geschwindigkeiten wiederholt.

Anmerkung:

- *Es sind nur die Ausfallbetriebe zu untersuchen, welche im Regelbetrieb technisch auch tatsächlich vorkommen können.*
- *Fahrten mit ausgeschalteten Fahrmotoren und/oder Antriebseinheiten sind durchzuführen, wenn dies Auswirkungen auf die verbleibenden, eingeschalteten Fahrmotoren bzw. Antriebseinheiten hat, wie z.B. Erhöhung der Leistung und/oder Zugkraft je verbliebenen Fahrmotor bzw. Antriebseinheit, etc.*
- *Der Notfederbetrieb ist nicht zu betrachten.*

- (8) Das Ausschalten von Antrieben und / oder Antriebseinheiten kann zu magnetischen Unsymmetrien des Haupttransformators und somit zu erhöhten Trafostreufeldern führen.

**Ausfallbetriebe
– Einfluss auf
Trafostreufelder**

Im Vorfeld der Messungen ist daher durch den Fahrzeug- oder Transformatorhersteller durch Messung im Labor, Simulation oder Analogieschluss zu ermitteln, unter wel-

chen Bedingungen die stärksten Streufelder im Schienenbereich am Messpunkt zu erwarten sind.

Die Konstellation, bei der im Gleisbereich die stärksten Streufelder auftreten, ist bei den Streckenmessungen zu untersuchen. Wenn diese Konstellation nicht durch Labormessungen oder Analogieschluss ermittelt werden kann, sind alle Ausfallzustände bei den Streckenmessungen zu überprüfen. Der volltaugliche Betriebszustand (alle Traktionswicklungen in Betrieb) ist in jedem Fall zu untersuchen.

5.2 Messparameter – Wagen

- (1) Alle elektrischen Verbraucher im Fahrzeug müssen in Betrieb sein und mit möglichst maximaler Leistung arbeiten.
- (2) Die Messungen sind mit Sinus-Speisung 16,7 Hz durchzuführen.
- (3) Überfahrt mit $v = 30$ km/h.
- (4) Je Fahrparameter und je Fahrtrichtung sind mindestens zehn Überfahrten durchzuführen.

6 Fahrzeuggrenzwert und Auswerteverfahren für MK

- (1) Für die Überprüfung der Einhaltung des Grenzwertes des Gleisschaltmittels MK ist folgendes Verfahren anzuwenden:
 - I. Die bei der Überfahrt eines Fahrzeugs auftretende magnetische Flussdichte in x-Richtung (vgl. Abbildung 2) wird mit einer Messsensorik gemäß Abschnitt 4.1 sowie unter Anwendung der Messparameter von Kapitel 5 aufgezeichnet.
 - II. Die magnetische Flussdichte wird im Zeitbereich analysiert. Das Zeitsignal $B(t)$ wird als eine Folge von Impulsen mit wechselnder Polarität betrachtet, zwischen denen jeweils ein Nulldurchgang liegt.
 - a) Der Grenzwert ist eingehalten, wenn kein Signalpegel $|B_{\text{peak}}(t)| > 200 \mu\text{T}$ auftritt.
 - b) Bei Signalpegeln $|B_{\text{peak}}(t)| > 200 \mu\text{T}$ hängt der Grenzwert des zulässigen Magnetfeldes bei unifrequenten Störern von dessen Frequenzanteil im Bereich von B_{peak} ab. Abhängig von der Art der Feldquelle auf dem Fahrzeug ist für die Bewertung der, bei der diesbezüglich minimalen relevanten Überfahrtgeschwindigkeit resultierende Grenzwert anzunehmen. Für Streufelder von Gleichfeldquellen und Drehstrommotoren ist der Grenzwert generell $200 \mu\text{T}$.

Hinweis: Drehstrommotoren können z.B. im Stand oder bei langsamer Überfahrt sehr niedrige Frequenzen aufweisen.

Bei allen Signalpegeln $|B_{\text{peak}}(t)| > 200 \mu\text{T}$ wird die Impulsdauer t_i aus der Differenz der benachbarten beiden Nulldurchgänge ermittelt. Beispiele zur Ermittlung von t_i zeigen in Anhang A die Abbildungen A.3 bis A.6.

Der Grenzwert $B_{\text{Grenz}}(f_i)$ wird aus der in Abbildung 9 dargestellten Grenzwertkurve bestimmt.

- c) Bei mehrfrequenten Störern sind die ermittelten Feldamplituden an den relevanten Stellen des Fahrzeugs - Signalpegel $B_{\text{peak}}(t)$ mit Betrag größer als $200 \mu\text{T}$ - auf den jeweiligen frequenzbezogenen Grenzwert $B_{\text{Grenz}}(f_i)$ gemäß Abbildung 9 zu beziehen. Die gewichtete Summe der einzelnen Feldanteile darf gemäß nachstehender Formel den Wert 1 nicht überschreiten.

$$\frac{|B(f_{i1})|}{B_{\text{Grenz}}(f_{i1})} + \frac{|B(f_{i2})|}{B_{\text{Grenz}}(f_{i2})} + \dots + \frac{|B(f_{in})|}{B_{\text{Grenz}}(f_{in})} \leq 1$$

$B(f_{i1})$ kann dabei auch von einer Gleichfeldquelle auf dem Fahrzeug herrühren. Die resultierende Frequenz f_{i1} ist in diesem Fall vom Feldprofil und der Überfahrteschwindigkeit abhängig und nahezu Null. Der Grenzwert $B_{\text{Grenz}}(f_{i1})$ beträgt dann gemäß der Grenzwertkurve (Abbildung 9) $200 \mu\text{T}$.

Nachfolgend wird beispielhaft die Bewertung eines zweifrequenten Störers betrachtet (Feld einer Gleichfeldquelle (f_{i1}) und einer Wechselfeldquelle (f_{i2}) des Fahrzeugs, die sich an der Messstelle überlagern, siehe hierzu auch Anhang A, Abbildungen A.1 und A.2).

Die Positionen von Gleichfeldquellen auf dem Fahrzeug sind durch Überfahrversuche mit möglichst niedriger Geschwindigkeit mittels Gleichfeldsonde bzw. Wechselfeldsonde sowie der Kenntnis über die Fahrzeugtechnik zu erfassen (vgl. Absatz 5(5)).

Aus den gemäß Abschnitt 5.1 bzw. Abschnitt 5.2 gemessenen Zeitsignalverläufen werden die relevanten Bereiche des Fahrzeugs (Betrag der magnetischen Flussdichten am Messort größer $200 \mu\text{T}$) identifiziert.

Die Frequenz der Wechselfeldquelle (f_{i2}) wird aus dem Kehrwert der Periodendauer des Zeitsignals ermittelt. Der zugehörige Grenzwert $B_{\text{Grenz}}(f_{i2})$ für die Wechselfeldquelle ergibt sich nach Abbildung 9.

Für die Gleichquellen ist ein Grenzwert $B_{\text{Grenz}}(f_{i1})$ von $200 \mu\text{T}$ ($f_{i1}=0 \text{ Hz}$) anzusetzen.

Für die relevanten Stellen des Fahrzeugs sind die zugehörigen Feldanteile $B(f_{i1})$ und $B(f_{i2})$ aus den Zeitverläufen zu ermitteln und unter Anwendung obiger Summationsformel ortsrichtig auf Einhaltung der Grenzwertvorgabe zu prüfen. Der Grenzwert gilt als eingehalten, wenn die Summe der einzelnen, auf den jeweiligen max. zulässigen Feldanteil bezogenen Feldanteile kleiner gleich eins ist (siehe Formel).

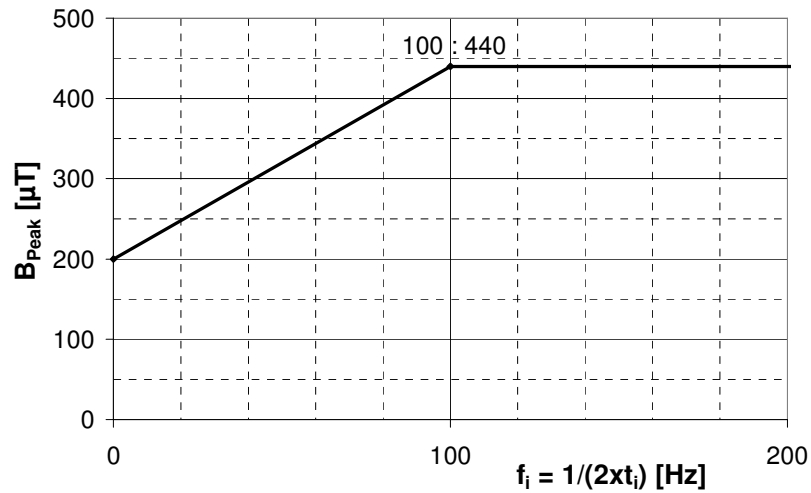


Abbildung 9: Fahrzeuggrenzwerte für die Kompatibilität mit MK und DMK (Radnachbildung) in x-Richtung

7 Fahrzeuggrenzwert und Auswerteverfahren für DMK

- (1) Das bei der Überfahrt eines Fahrzeuges entstehende Feld in x-Richtung (vgl. Abbildung 2) wird mit einer Messsondore gemäß Abschnitt 4.1 sowie unter Anwendung der Messparameter von Kapitel 5 aufgezeichnet.
- I. Für den Effekt der Radnachbildung gilt der Grenzwert und das Auswerteverfahren für MK aus Kapitel 6.
 - II. Für den zusätzlich zu betrachtenden Effekt der Radauslöschung gilt ausschließlich innerhalb des Radbereiches (siehe Absatz 3.1(3)):
 1. Die magnetische Flussdichte wird im Zeitbereich analysiert. Das Zeitsignal $B(t)$ wird als eine Folge von Impulsen mit wechselnder Polarität betrachtet, zwischen denen jeweils ein Nulldurchgang liegt.
 2. Abhängig vom Raddurchmesser des Fahrzeugs gelten unterschiedliche Grenzwertkurven für die DMK-Radauslöschung (siehe Abbildung 10).
 3. Wenn keine Signalpegel $B_{\text{peak}}(t)$ mit einem Betrag $> 100 \mu\text{T}$ für Räder mit 600 mm Durchmesser bzw. $> 150 \mu\text{T}$ für Räder mit 1250 mm Durchmesser auftritt, dann ist der Grenzwert eingehalten. Für Raddurchmesser, die zwischen 600 mm und 1250 mm liegen, sind die Grenzwerte linear zu interpolieren.
 4. Bei allen Signalpegeln $|B_{\text{peak}}(t)|$, die in Abhängigkeit vom jeweiligen Raddurchmesser die Grenzwerte von 3. überschreiten, wird das Verhältnis v/f_i wie folgt ermittelt:
 - Anhand t_i - abgeleitet aus dem Zeitsignal $B(t)$ der magnetischen Flussdichte im Radbereich (Beispiele hierzu siehe Anhang A, Abbildung A.7 bis A.10) - wird die Frequenz f_i

$$f_i = \frac{1}{2 \cdot t_i} \text{ in [Hz]}$$

bestimmt und der Quotient v/f_i mit v (Fahrgeschwindigkeit) in [km/h] gebildet.

- Wenn für den gesamten Geschwindigkeitsbereich des Fahrzeugs ein konstantes Verhältnis v/f_i im Bereich der Signalpegel $B_{\text{peak}}(t)$ aus der Fahrzeugdokumentation ermittelt werden kann, wird dieses verwendet.

Bei von Drehstrom-Fahrmotoren verursachten Magnetfeldern wird das konstante, motorspezifische Verhältnis v/f_i des Fahrmotors verwendet.

- Für den DMK beträgt die maximal zu betrachtende Geschwindigkeit 140 km/h.

a) v/f_i ist konstant

Störquellen sind z.B. Drehstromfahrmotor incl. Zuleitung, DC-Fahrmotor.

Wenn das Wertepaar $(B_{peak}(t), v/f_i)$ die Grenzwertkurve in Abbildung 10 nicht überschreitet, dann ist der Grenzwert eingehalten. Für Raddurchmesser, die zwischen 600 mm und 1250 mm liegen, ist die Grenzwertkurve linear zu interpolieren.

Anmerkung: Gleichfeldquellen führen zu einem konstanten Verhältnis v/f_i .

b) v/f_i ist variabel

Störquellen sind z.B. Saugkreisdrossel oder Trafo incl. Zuleitung.

Wenn kein Signalpegel $B_{peak}(t)$ mit einem Betrag $> 100 \mu T$ für Räder mit 600 mm Durchmesser bzw. $> 150 \mu T$ für Räder mit 1250 mm Durchmesser auftritt, dann ist der Grenzwert eingehalten. Für Raddurchmesser, die zwischen 600 mm und 1250 mm liegen, ist der Grenzwert linear zu interpolieren.

Wird der vorgenannte, vom Raddurchmesser abhängige Grenzwert überschritten, so ist das tatsächliche v/f_i für die relevanten Betriebspunkte zu ermitteln. Die zugehörigen Feldwerte sind dann auf Grenzwerteinhaltung entsprechend Abbildung 10 zu prüfen.

Bei mehrfrequenten Störquellen kann grundsätzlich, soweit aufgrund der Signalverläufe noch sinnvoll, sinngemäß wie beim MK verfahren werden.

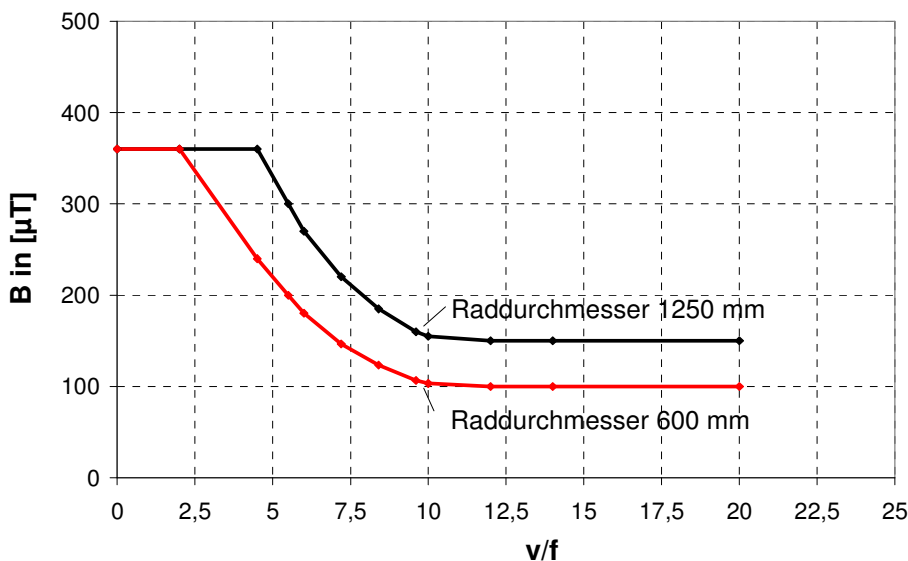


Abbildung 10: Fahrzeuggrenzwerte für die Kompatibilität mit DMK in x-Richtung (Radauslöschung)

Raddurchmesser 600 mm		Raddurchmesser 1250 mm	
$v/f_i \left[\frac{km}{h} \cdot \frac{1}{Hz} \right]$	B [μ T]	$v/f_i \left[\frac{km}{h} \cdot \frac{1}{Hz} \right]$	B [μ T]
0	360	0	360
2	360	2	360
4,5	240	4,5	360
5,5	200	5,5	300
6	180	6	270
7,2	147	7,2	220
8,4	123	8,4	185
9,6	107	9,6	160
10	103	10	155
12	100	12	150

Tabelle 3: Stützpunkte Grenzwerttabelle DMK zu Abbildung 10

8 Überfahrversuche MK

	(1) Überfahrversuche über MK sind erforderlich, wenn die unter Absatz 4(2) definierten Bedingungen gegeben sind.	Bedingung
	(2) Für die Überfahrversuche sind MK für Bahnübergangs- und Stellwerksanwendungen (Siemens-Sach-Nr. S25000-Q968-172) zu verwenden.	Messsensorik
	(3) Messtechnisch erfasst wird das Schaltspiel des Öffner-Kontaktes.	
Montage MK	(4) MK sind nach Herstellervorgabe (Montageanleitung / Betriebshandbuch) zur Berücksichtigung möglicher Unsymmetrien an beiden Schienen anzubringen. <i>Hinweis: Nach dem Anbau des Magnetschienenkontaktes ändert sich infolge der Aufmagnetisierung der Schienen die Einwirklänge. D.h. je kurzfristiger vor Beginn der Messungen die Montage erfolgt, umso häufiger ist während der Messungen die Einwirklänge des MK zu kontrollieren. Es wird empfohlen, den MK mindestens 24 h vor Beginn der Messungen zu montieren.</i>	
Einstellparameter MK	(5) Die für die Messungen verwendeten MK werden wie folgt kalibriert: - MK-Einwirklänge 165 mm +4 mm / -2 mm, wenn die Untersuchungen mit größtmöglicher Radabnutzung und maximaler betrieblicher Einfederung durchgeführt werden können. - MK-Einwirklänge 180 mm +4 mm / -2 mm zur Berücksichtigung fehlender größtmöglicher Radabnutzung und maximaler betrieblicher Einfederung <i>Anmerkung: 180 mm entspricht einer um ca. 30 % höheren Empfindlichkeit gegenüber der Standardeinwirklänge von 148 mm.</i> Die Einwirklänge der MK ist während der Messungen auf Einhaltung zu überprüfen und ggf. auf die o.g. Werte einzustellen.	
Messparameter	(6) Die Anzahl der Überfahrten sowie die Auswahl der Betriebsparameter des zu untersuchenden Fahrzeugs erfolgt analog zu dem Vorgehen der Magnetfeldmessungen (vgl. Kapitel 5). <i>Hinweis: Die Überfahrversuche können zeitgleich mit den Magnetfeldmessungen durchgeführt werden.</i>	
	(7) Zur Berücksichtigung möglicher Unsymmetrien sind die rechte und linke Fahrzeugseite (nacheinander oder gleichzeitig) in beiden Fahrrichtungen zu untersuchen.	
Bewertungskriterien	(8) Schaltimpulse, die nicht von Rädern erzeugt worden sind, dürfen nicht auftreten.	

Für jedes Rad des Fahrzeugs muss je ein zählbarer Radimpuls erzeugt werden.

Die Breite der Radimpulse ist abhängig vom Durchmesser des Rades sowie von der Überfahrgeschwindigkeit. Je größer der Raddurchmesser, umso breiter sind die Radimpulse. Je höher die Überfahrgeschwindigkeit, umso schmaler sind die Radimpulse.

Unter Beachtung der Geschwindigkeit müssen die von baugleichen Rädern erzeugten Radimpulse an der linken und rechten Schiene etwa gleich breit sein.

Bei Nichteinhaltung der Kriterien sind die MK-Herstellerfirma Siemens AG (siehe Anhang B), die Bauartbetreuer der Deutschen Bahn AG (DB Systemtechnik, siehe Anhang B) oder ein entsprechender Gutachter für die weitere Bewertung der Signale hinzuzuziehen.

- (9) Mit zunehmender Überfahrgeschwindigkeit neigen die mechanischen Schalteinsätze des MK zum Prellen. Das Prellen kann durch Alterungseffekte der Schalteinsätze sowie der Dämpfungselemente noch verstärkt werden. Mechanisch bedingtes Schalterprellen ist mit vergleichbarer Ausprägung auch bei traktionslosen Überfahrten oder bei Überfahrten mit abgerüstetem Fahrzeug erkennbar. Für diesbezügliche Vergleichsfahrten ist es notwendig, dass die Überfahrten im traktionslosen / abgerüsteten Zustand des Fahrzeugs mit derselben Geschwindigkeit durchgeführt werden, wie im aufgerüsteten Zustand mit Traktion.

**Hinweise zum
Schaltverhalten
des MK (Prellen)**

Anmerkung:

Impulse mit einer Zeitdauer von ≤ 1 ms (unmittelbar) am Beginn und/oder Ende einzelner Radimpulse sind als Kontaktprellen anzunehmen.

9 Anforderungen

- | | |
|--|--|
| (1) Die vorgenannten Grenzwerte dürfen bei keinem Betriebszustand (Normal- und Ausfallbetrieb) des Fahrzeugs überschritten werden. | Überschreitungs-
ausschluss |
| (2) Das Fahrzeug muss sich zum Zeitpunkt der Untersuchung im endgültigen zuzulassenden Zustand befinden. | |
| (3) Das Fahrzeug muss die Anforderungen dieser Technischen Regeln auch nach einer Änderung einhalten. Die Nachweispflicht liegt beim Halter. | Einfluss von
Änderungen
am Fahrzeug |
| (4) Der Fahrzeughalter hat die Einhaltung der Grenzwerte sicherzustellen. | Pflichten des
Fahrzeughalters |

Hinweis:

Der Nachweis kann vom Fahrzeughalter oder einer von ihm beauftragten Stelle auch anhand von Messberichten, Messprotokollen oder Einschätzungen zum Einfluss von ggf. seit der Messung eingetretenen oder durchgeführten Änderungen am Fahrzeug geführt werden. Grundlage kann der EMV-Plan [3] bilden.

10 Normative Verweise

Diese Technischen Regeln gelten in Zusammenhang und Ergänzung mit:

- [1] Regelung Nr. EMV 04 – Technische Regeln zur elektromagnetischen Verträglichkeit; Nachweis der Kompatibilität von Schienenfahrzeugen mit Gleisschaltmitteln.
- [2] DIN EN 50238:2003; Bahnanwendungen, Kompatibilität zwischen Fahrzeugen und Gleisfreimeldesystemen.
- [3] DIN EN 50121-1:2000; Bahnanwendungen, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV).

Anhang A - Abbildungen

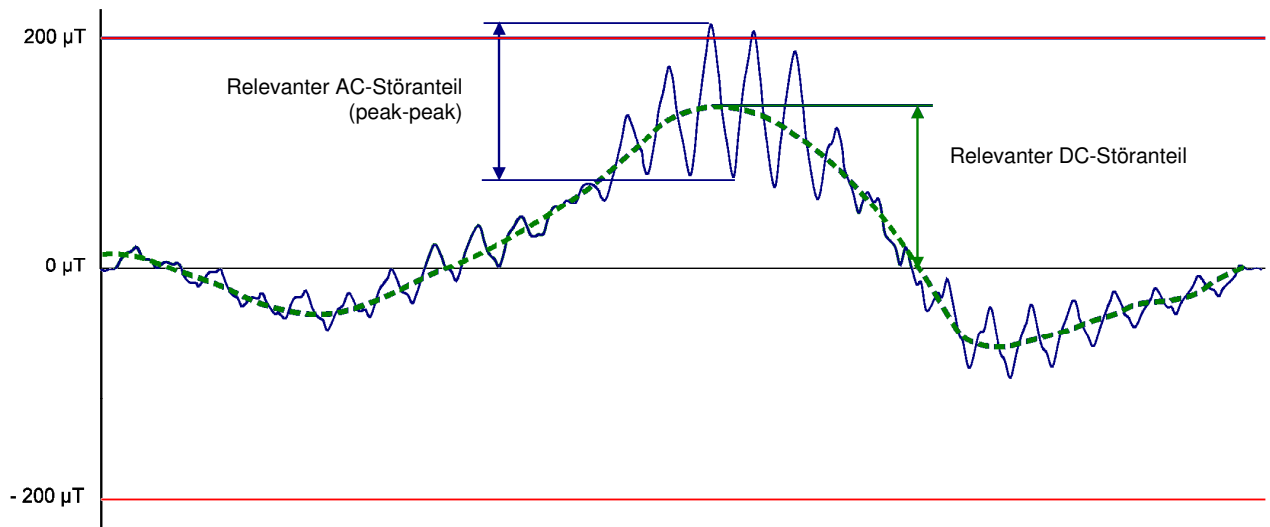


Abbildung A.1: Ermittlung DC- und AC-Störanteil aus dem Zeitsignal der Magnetfeldsonde(n)

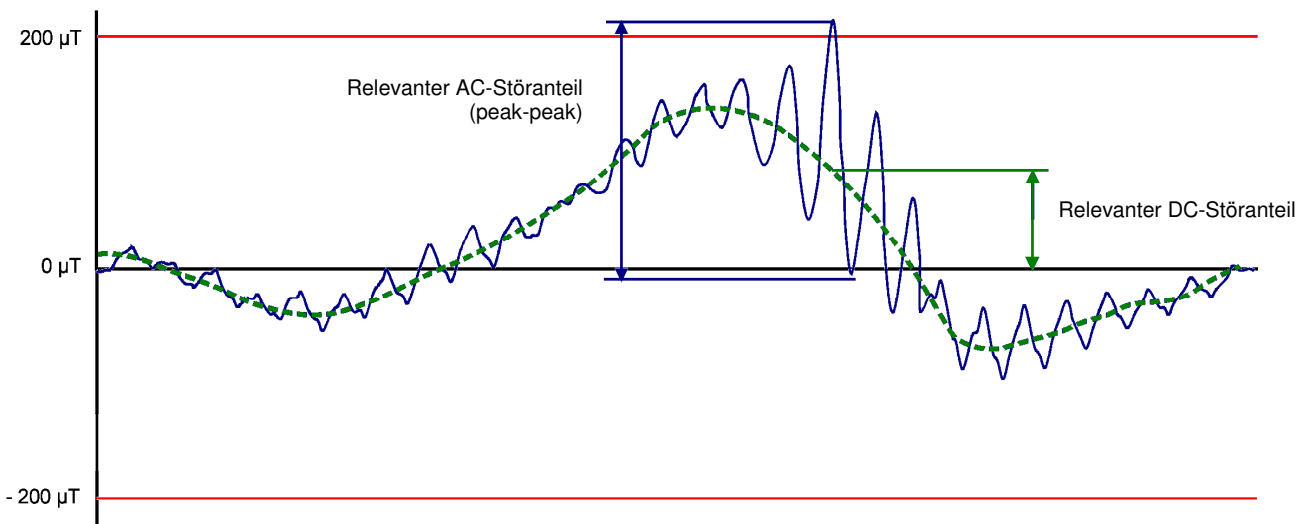


Abbildung A.2: Ermittlung DC- und AC-Störanteil aus dem Zeitsignal der Magnetfeldsonde(n)

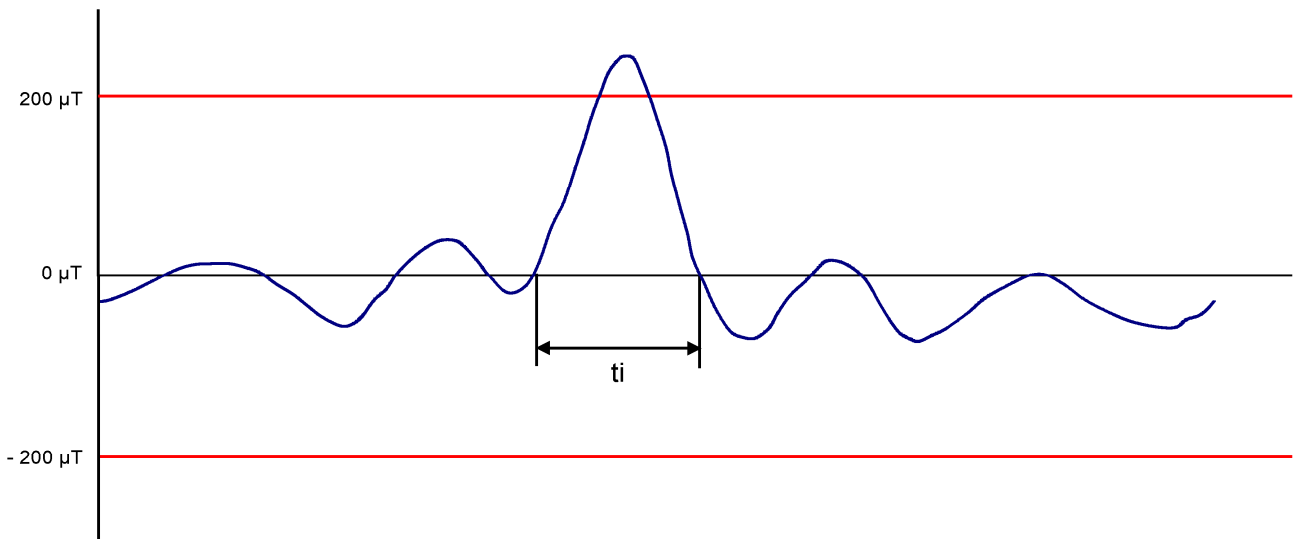


Abbildung A.3: Ermittlung t_i – Beispielsignal mit zwei Nulldurchgängen

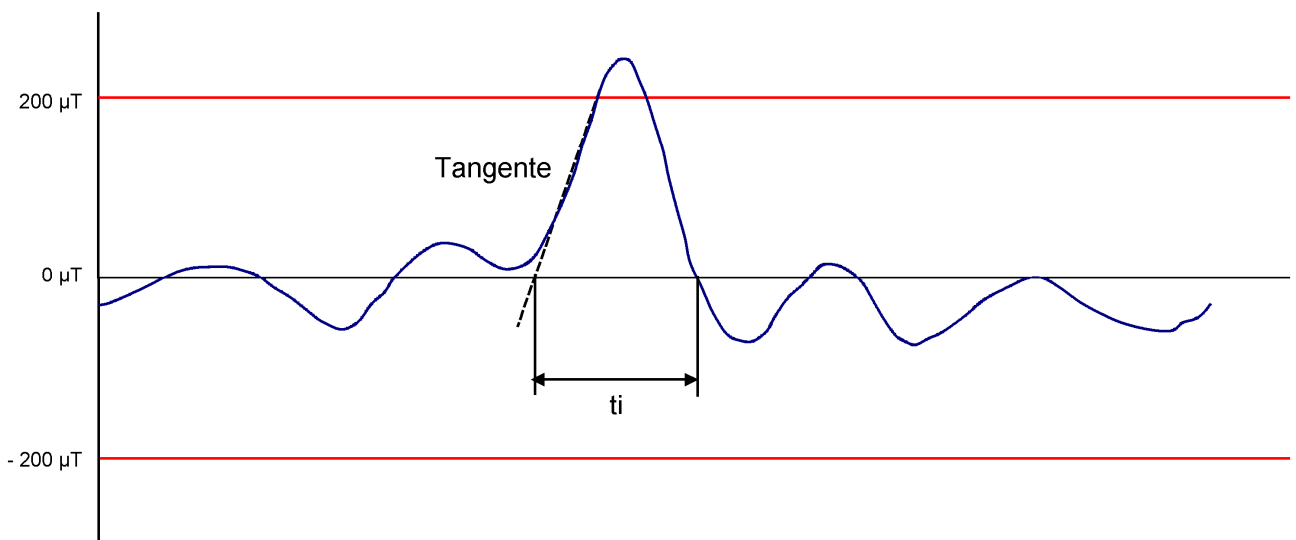


Abbildung A.4: Ermittlung t_i – Beispielsignal mit einem unmittelbaren Nulldurchgang

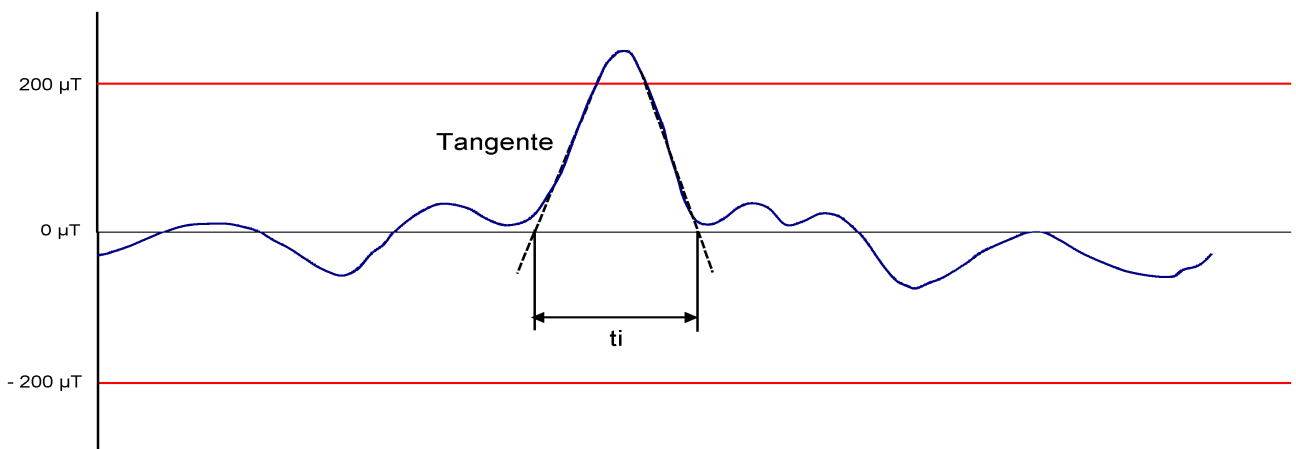


Abbildung A.5: Ermittlung t_i – Beispielsignal mit keinem unmittelbaren Nulldurchgang

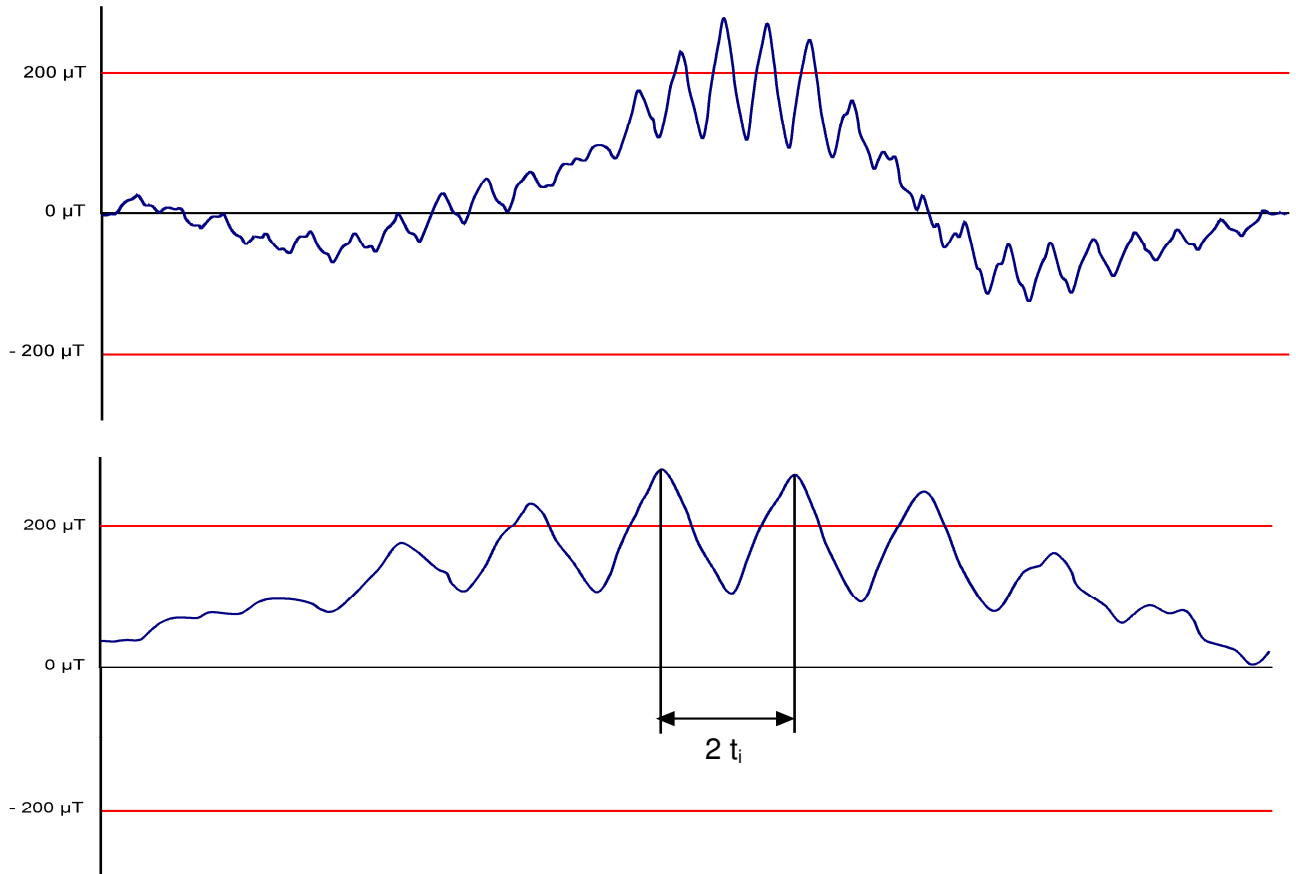


Abbildung A.6: Ermittlung t_i , Beispielsignal mit t_i bestimmt über die Periodendauer $2t_i$

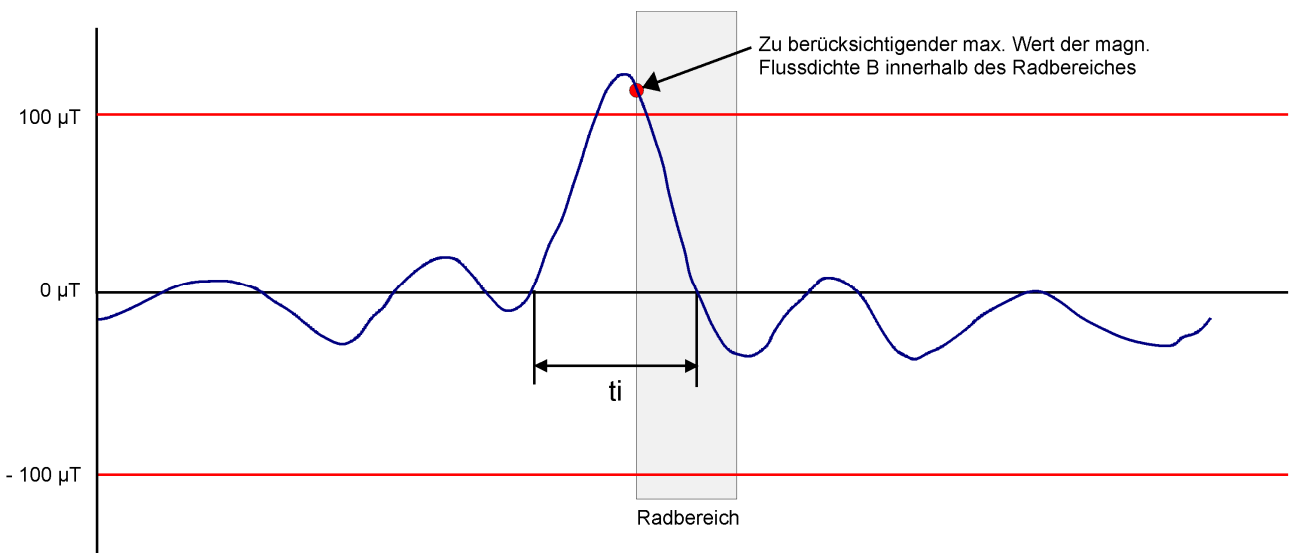


Abbildung A.7: Ermittlung t_i - Beispielsignal mit zwei Nulldurchgängen, Bewertung Feldverlauf im Radbereich

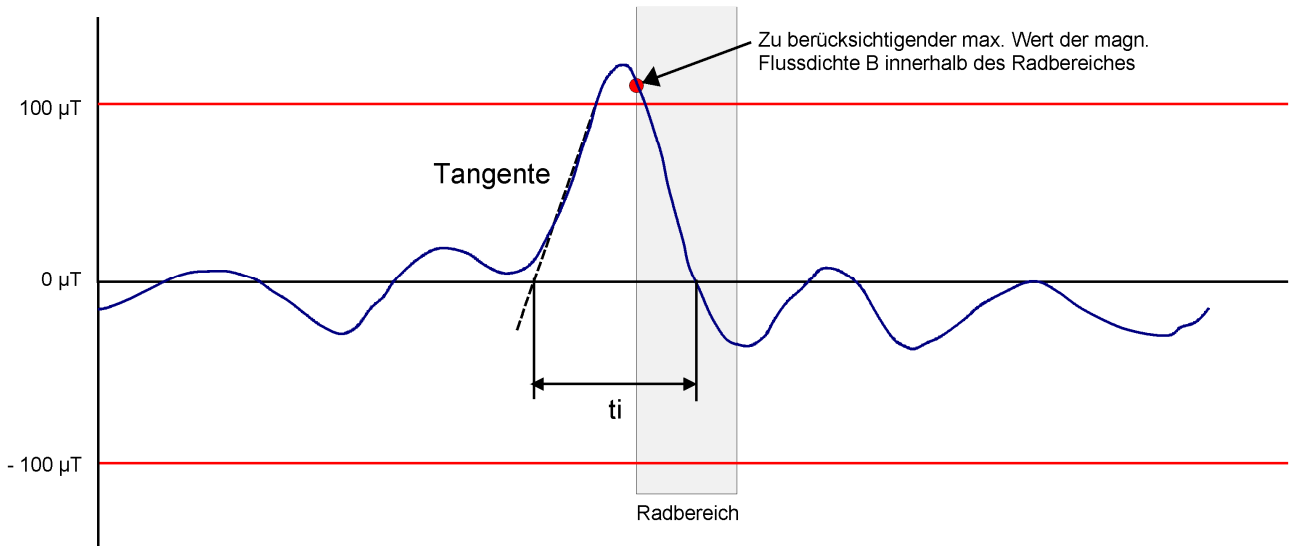


Abbildung A.8: Ermittlung t_i – Beispielsignal mit einem unmittelbaren Nulldurchgang, Bewertung Feldverlauf im Radbereich

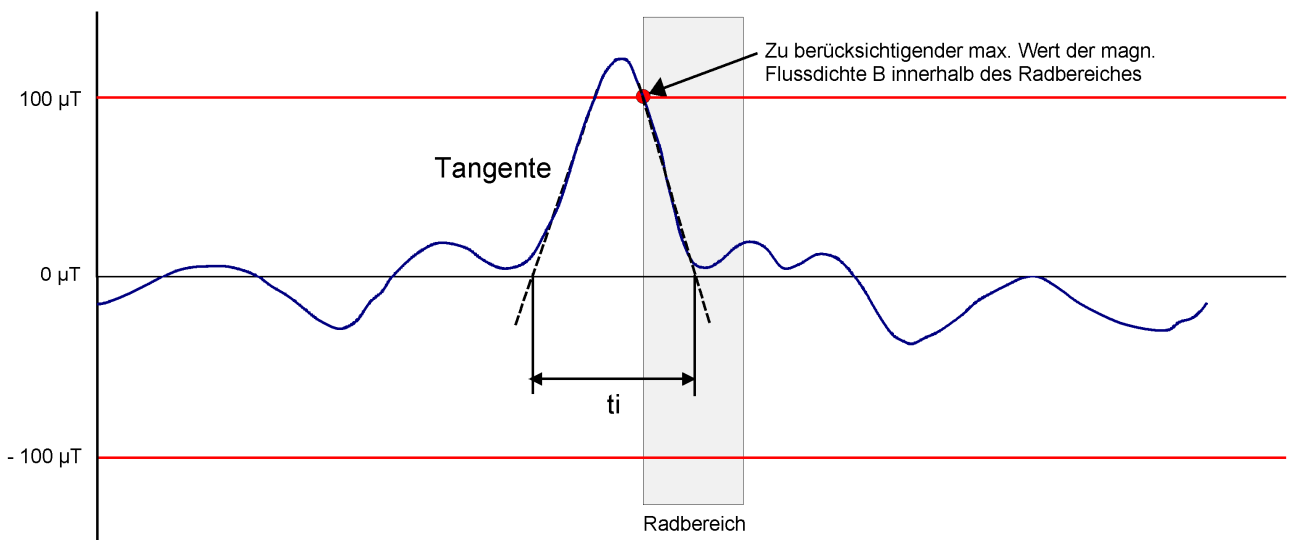


Abbildung A.9: Ermittlung t_i – Beispielsignal mit keinem unmittelbaren Nulldurchgang, Bewertung Feldverlauf im Radbereich

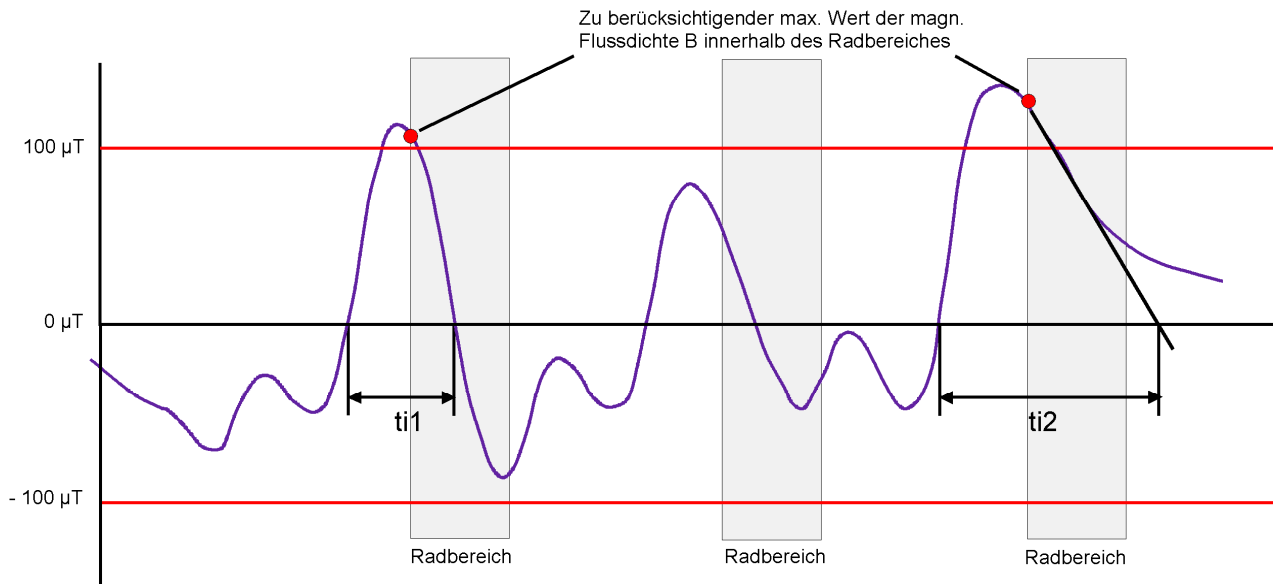


Abbildung A.10: Ermittlung t_i bei DC-Feldquellen, Bewertung Feldverlauf im Radbereich

**Anhang B – Bezugsadressen MK,
Ansprechpartner (Signalbewertung)**

Bezugsadresse MK

- Siemens AG
Produktmanagement Achszählung
und Gleisschaltmittel
Ackerstraße 22
38126 Braunschweig
Telefon: 0531-226-0
- DB Netz AG
Signalwerk Wuppertal
Vohwinkler Straße 268
42329 Wuppertal

Ansprechpartner (Signalbewertung)

- Siemens AG
Produktmanagement Achszählung
und Gleisschaltmittel
Ackerstraße 22
38126 Braunschweig
Telefon: 0531-226-0
- Deutsche Bahn AG
DB Systemtechnik, TTZ 122
Völckerstraße 5
80939 München

**Anhang C – Mitglieder der Arbeitsgruppe MK/DMK
zum Stand der Regelung EMV 03, Rev. 0.4**

Baldauf, Wilhelm, Dr.-Ing. Deutsche Bahn AG DB Systemtechnik, TTZ 127 Völckerstraße 5 80939 München	Hemmer, Bernhard Siemens AG I M O R S P T E N M T A E Werner-von-Siemens-Str. 67 91052 Erlangen
Kinze, Lothar Deutsche Bahn AG DB Systemtechnik, TTZ 122 Ruschestraße 104 10365 Berlin	Körkemeiner, Heiner Siemens AG I M O R A S P P L M T V D Ackerstraße 22 38126 Braunschweig
Meyer, Wolfgang Siemens AG, I I A C E D E E M C 2 Günther-Scharowsky-Str. 21 91058 Erlangen	Peter, Gerd Bombardier Transportation GmbH LOC/PHP Holländische Straße 195 34127 Kassel
Reinold, Harry, Dr.-Ing. Bombardier Transportation GmbH PPC/TEDSE Neustadter Strasse 62 68309 Mannheim	Runge, Wolfgang, Dr.-Ing. für Firma Bombardier Transportation GmbH PPC/TEDSE Neustadter Strasse 62 68309 Mannheim
Sauer, Carsten Eisenbahn-Bundesamt, Ref. 22 Steglitzer Damm 117 12169 Berlin	Schneider, Siegfried Siemens AG I M O R A O P I E D 5 Ackerstraße 22 38126 Braunschweig
Stark, Oliver Deutsche Bahn AG DB Systemtechnik, TTZ 127 Völckerstraße 5 80939 München	Thiele, Birgit DB Netz AG, I.NVT 34 Mainzer Landstraße 201 60326 Frankfurt
Zimmer, Gerhard, Dr.-Ing. Siemens AG, I I A C E D E E M C 2 Günther-Scharowsky-Str. 21 91058 Erlangen	

q