

Entwicklung und Anwendung eines Messsystems für niederfrequente magnetische Störungen im Fahrzeug

Dr. Thomas Rinkleff, Audi AG, Deutschland
Thomas Kuttenberger, Audi AG, Deutschland

1 Einleitung

In modernen Fahrzeugen finden vermehrt magnetfeldsensitive Bauteile Verwendung. Häufig bestimmen Hall-Sensoren Rotations-, Kipp- oder Längs-Bewegungen [1]. Vorteilhafte Eigenschaften von Hall-Sensoren [2] sind ihre berührungslose Messmethode, geringe Größe und kostengünstige Herstellung. Für eine Bewegungsmessung ist es ausreichend am beweglichen Bauteil einen Permanentmagnet anzubringen, der sich vor einem Hall-Sensor bewegt. Über die gemessene Hall-Spannung kann auf die Bewegung geschlossen werden. Je nach Auslegung des Sensorsystems reagieren diese auf externe (Stör-)Magnetfelder.

Im Fahrzeug gibt es verschiedenste Quellen für externe Magnetfelder. Insbesondere stromdurchflossene Leiter, die an Verbrauchern mit großen Leistungsaufnahmen angeschlossen sind, sind Quellen für hohe Magnetfelder.

Für eine Risiko-Bewertung müssen Magnetfelder im Fahrzeug mittels Messung bestimmt werden. Kritisch sind Bereiche in denen Leitungen mit hohen Nutzströmen sehr dicht an Komponenten mit magnetfeldsensitiven Sensoren vorbeigeführt werden. In diesen Bereichen schwanken die Magnetfelder räumlich stark. Eine Messung mit einer Loop Antenne, die Magnetfelder über eine vergleichsweise große Fläche integriert, ist bei der Risikobewertung und Magnetfeldbestimmung, an der Sensorposition, nur eingeschränkt hilfreich.

In diesem Beitrag wird die Entwicklung und erste Anwendung für ein niederfrequentes Magnetfeld-Messsystem vorgestellt, dass die Anforderung an Genauigkeit, Sensorgröße, zeitliche Auflösung für Automotiv-Risikobetrachtungen erfüllt.

2 Anforderungen an das Messsystem im Fahrzeug

Das Magnetfeld-Messsystem dient zur Risikobewertung. Sind gemessene Magnetfelder an der Sensorposition im Bereich der Komponenten-Anforderung, müssen nachgelagerte Schritte erfolgen. Beispielsweise kann eine funktionale Bauteilerprobung unter Lastbedingung durchgeführt werden.

Die Störfestigkeitsanforderung von Komponenten liegt typischerweise zwischen 100 A/m und 4000 A/m. Für eine Risikobewertung ist es ausreichend Magnetfelder zwischen 20A/m und ~ 4000A/m mit einer Genauigkeit von +/- 25% zu ermitteln.

Ein besonderes Störfestigkeits-Risiko besteht, wenn Nutzsignal oder Abstraten des Sensors und externes Stör-Magnetfeld im gleichen Frequenzbereich liegen. Da Abstraten von Magnetfeldsensoren typischerweise im Bereich von einigen 100 Hz bzw. wenigen kHz liegen, sollte eine Zeitauflösung des Magnetfeld-Messsystems von etwa 0,2 ms bzw. 5000 Sample/Sekunde ausreichend sein.

Nur in den seltensten Fällen hat die Störung im Fahrzeug einen Sinus-Charakter (z.B. E-Maschinen), häufiger sind Dirac-ähnliche Pulse verursacht durch Zu- und Abschalten von elektrischen Verbrauchern (z.B. Motorstart). Da für die Störbewertung das zeitliche Verhalten des Magnetfelds entscheidend ist, darf das Messsystem keine ausgeprägte Frequenzabhängigkeit haben und muss eine lineare Abhängigkeit zur Feldstärke aufweisen.

Der Sensor sollte klein und nicht größer als wenige Zentimeter in jeder Raumrichtung sein. Da das Magnetfeld ein Vektorfeld ist, muss jede Raumrichtung gleichzeitig gemessen werden.

3 Umsetzung Magnetfeld-Messsystem

Das entwickelte Messsystem ist in Abbildung 1 dargestellt. Rechts unten ist der Sensor mit Schutzkappe abgebildet. Magnetfelder lassen sich auf verschiedene weisen messen z.B. mit Loop-Antenne, magnetoresistive Widerstände oder Hall-Sensoren. Für den Einsatzbereich sind Hall-Sensor am besten geeignet und findet in dem Messsystem Verwendung. Über ein mehradriges Kabel ist der Sensor mit der Spannungsstabilisierung und Sensorverstärker-Box (rechts oben) verbunden. Die Spannungsstabilisierung ermöglicht die Verwendung des Messsystems bei variabler oder gestörter Bordnetzspannung. Die Verstärkung ist so eingestellt, dass bei 4000 A/m das Ausgangssignal einige Volt groß ist. Bewertet werden die Signal mit Oszilloskop oder Datenlogger (in der Abbildung links).

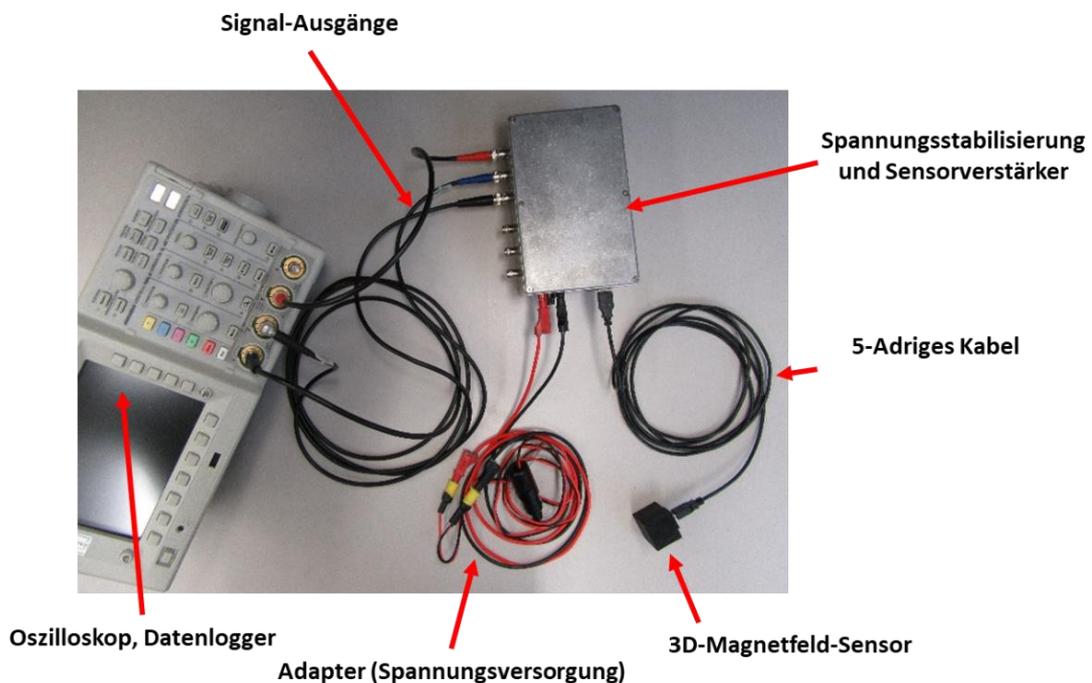


Abbildung 1 Magnetfeld-Messsystem ausgelegt für mehrere Sensoren

Der 3D-Magnetfeld-Sensor besteht aus drei orthogonal zueinander positionieren linearen 1D-Hall-Sensoren, die auf einem Kunststoff-Quader montiert sind. In Abbildung 2 ist

rechts der Frequenzgang und links die Abhängigkeit der Ausgangsspannung des Hall-Sensors vom angelegten Magnetfeld dargestellt. Bis etwa 5 kHz bzw. 0,2 ms ist der Frequenzgang bei dem verwendeten Sensortyp ausreichend konstant. Die Hallspannung steigt linear mit steigendem Magnetfeld und die maximale Feldstärke liegt im zweistelligen Kiloampere Bereich.

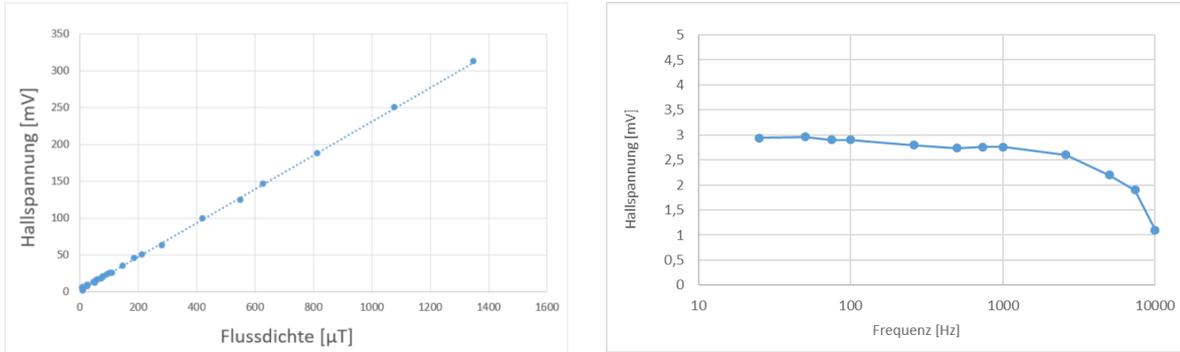


Abbildung 2 Links ist die Hallspannung in Abhängigkeit vom Magnetfeld und Rechts ist die Hallspannung in Abhängigkeit von der Frequenz dargestellt

Anhand der Messergebnisse ist erkennbar, dass sich Hall-Sensoren für die Messung niederfrequenter Magnetfelder im Fahrzeug eignen.

In Abbildung 3 ist der Messaufbau für eine Vergleichsmessung in einer Helmholtz-Spule dargestellt. Verglichen wird ein kommerzielles Magnetfeld-Messsystem (Gelbe Kugel in der Abbildung) mit dem Magnetfeld-Messsystem (siehe Abbildung 1). Drei Sensoren des Magnetfeld-Messsystems (siehe Abbildung 3 unten) sind orthogonal zueinander in der Helmholtz-Spule positioniert, um zusätzlich verschiedenen Sensoren des Magnetfeld-Messsystems und verschiedenen Messachsen der Sensoren zu vergleichen. Für das dargestellte Beispiel wird die Helmholtz-Spule mit einem Rechtecksignal (100 Hz Wiederholrate und 30% Duty Cycle) angeregt. In Abbildung 4 ist das Messergebnis dargestellt. Kanal 1 ist das Messergebnis des kommerziellen Messsystems, Kanal 2,3 und 4 sind die Messergebnisse für die drei Sensoren (jeweils die dominante Achse).

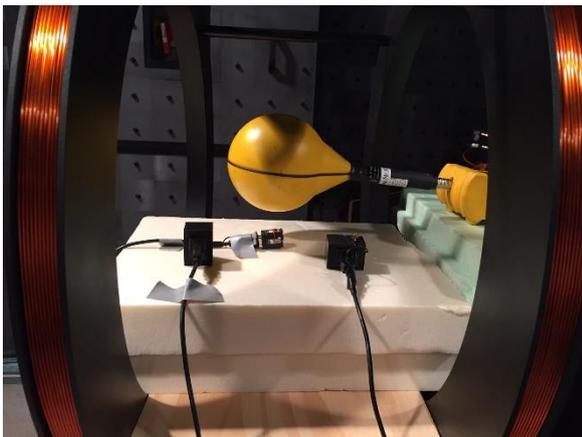


Abbildung 3 Messaufbau für eine Vergleichsmessung in einer Helmholtz-Spule zwischen drei Messsystemen nach Abbildung 1 mit einem kommerziellen System

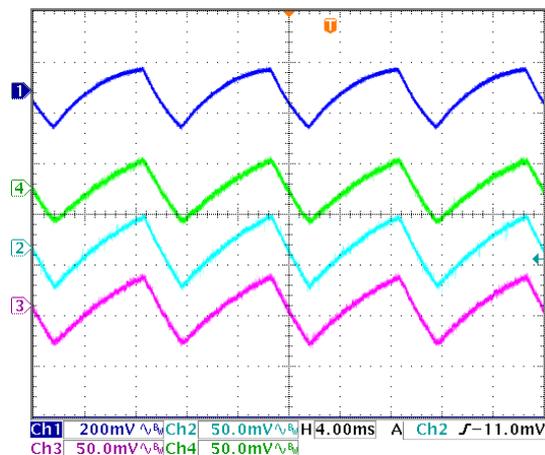


Abbildung 4 Messergebnis Kanal 1 kommerzielles System Kanal 2-4 Messsystem nach Abbildung 1

Die drei Sensoren (Kanal 2, 3 und 4) haben nahezu identische Ausgangssignale und der zeitliche Verlauf passt sehr gut zum Messergebnis des kommerziellen Sensors. Das Verhältnis von Spannung zu Magnetfeld ist bei den drei Sensoren identisch, somit ist das Magnetfeld-Messsystem geeignet für den Einsatz im Fahrzeug.

4 Messung im Fahrzeug

Im Beispiel Abbildung 5 ist ein Magnetfeld-Messergebnis in der Nähe eines Hochvolt-Nebenaggregats im Fahrzeug dargestellt. Das Magnetfeld wurde beim Abschalten der Komponente gemessen. Das Magnetfeld ist in den drei Raumrichtungen sehr unterschiedlich und das Peak-Magnetfeld liegt bei etwa $150\mu\text{T}$. Das Bauteil hat eine Leistungsaufnahme von wenigen kW und eine Stromaufnahme im unteren zweistelligen Ampere-Bereich. Beim Betrieb der Komponente ist kein nennenswertes niederfrequentes Magnetfeld messbar.

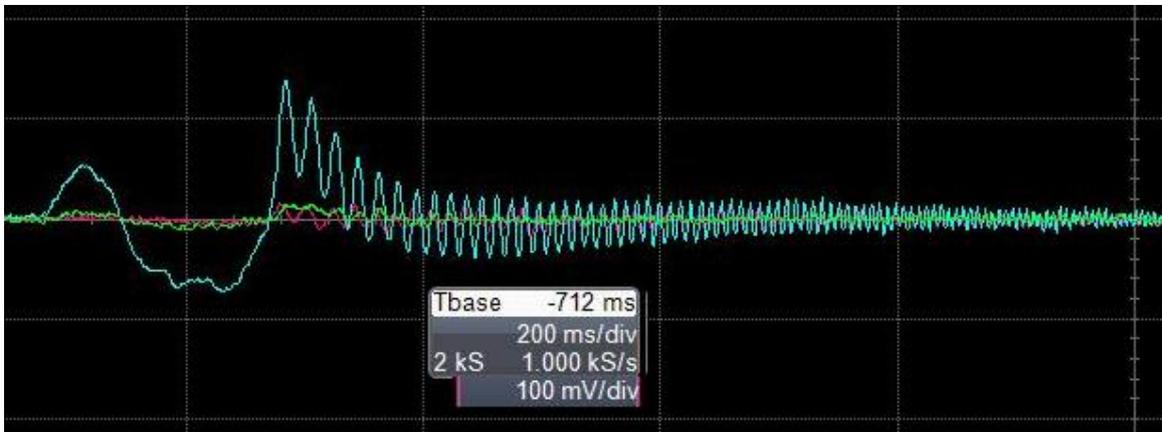


Abbildung 5 Magnetfeldmessung in der Nähe eine Hochvolt-Nebenaggregats im Fahrzeug

5 Abschluss

In Zukunft sind vermehrt EMV-Herausforderungen durch niederfrequente Magnetfelder im Fahrzeug zu erwarten. Das vorgestellte Messsystem ist ein erster Schritt um potentiell kritische Bereiche im Fahrzeug bewerten zu können. Weitere Entwicklungen sollen folgen, um beispielsweise eine Vielzahl von Messstellen gleichzeitig im Fahrbetrieb überwachen zu können.

Literaturangaben

[1] Bernd Heißing, Metin Ersoy, Stefan Gies: *Fahrwerkhandbuch Grundlagen · Fahrdynamik · Komponenten · Systeme · Mechatronik · Perspektiven*; Springer Fachmedien Wiesbaden; ISBN 978-3-658-01991-4; 4. Auflage 2013

[2] Peter Baumann: *Ausgewählte Sensorschaltungen Vom Datenblatt zur Simulation*; Springer Fachmedien Wiesbaden; ISBN 978-3-658-26567-0; 1. Auflage 2019