

Measurement-, Actuator-, and Simulation-Technology

Hendrik Husstedt

**Measurement of Magnetic Fields
for the Testing of Automotive Sensors**

Shaker Verlag
Aachen 2012

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Klagenfurt, Univ., Diss., 2012

Copyright Shaker Verlag 2012

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-1299-6

ISSN 2195-0288

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Hendrik Husstedt – Dissertation

Messung von Magnetfeldern für das Testen von Automobilsensoren

Kurzfassung

Im modernen Auto werden mit Hilfe von Magnetfeldern und magnetischen Sensoren unterschiedliche Messgrößen, wie Winkel, Position oder Drehzahl, berührungslos erfasst. Bevor ein Sensor in ein Auto eingebaut wird, muss dieser einen umfassenden Funktionstest durchlaufen. Bei magnetischen Sensoren bedeutet dies, dass neben elektrischen Stimuli auch magnetische Referenzfelder benötigt werden. Das Ziel der Arbeit ist es Konzepte zu entwerfen, um die für diese Tests verwendeten Magnetfelder genau untersuchen zu können. Dies bedeutet, dass alle drei Freiheitsgrade von Magnetfeldern an verschiedenen Positionen im Raum gemessen werden sollen. Die Amplitude der im Automobil eingesetzten Magnetfelder ist typischerweise im Bereich von $10 \mu\text{T}$ – 200mT , und das zu untersuchende Volumen besitzt eine Größe von einigen Kubikzentimetern. Bei manchen Tests werden stark inhomogenen Magnetfelder verwendet, welche beispielsweise einen Gradienten von 1% pro $10 \mu\text{m}$ besitzen. Deshalb muss für genaue Messungen eine hohe Positionsgenauigkeit erreicht werden. In der Arbeit werden zwei Messkonzepte entwickelt.

Als erstes werden das Konzept und der Aufbau eines Messplatzes präsentiert, mit welchem die Geometrie und das Magnetfeld beliebiger Feldquellen genau vermessen werden können. Dieser Messaufbau wird als „Magnetfeld- und Koordinatenmessgerät“ (MKMG) bezeichnet, und dieser besteht aus einem optischen und magnetischen Sensor, welche beide an einem Positioniersystem befestigt sind (siehe Abb. 1). Bevor eine Messung gestartet werden kann muss das MKMG genau kalibriert werden. Aus diesem Grund werden optische und magnetische Kalibriermethoden vorgestellt, und es wird eine ausführliche Fehlerabschätzung durchgeführt. Schließlich werden das Messprinzip und die Funktionsweise des MKMG an zwei Messbeispielen veranschaulicht.

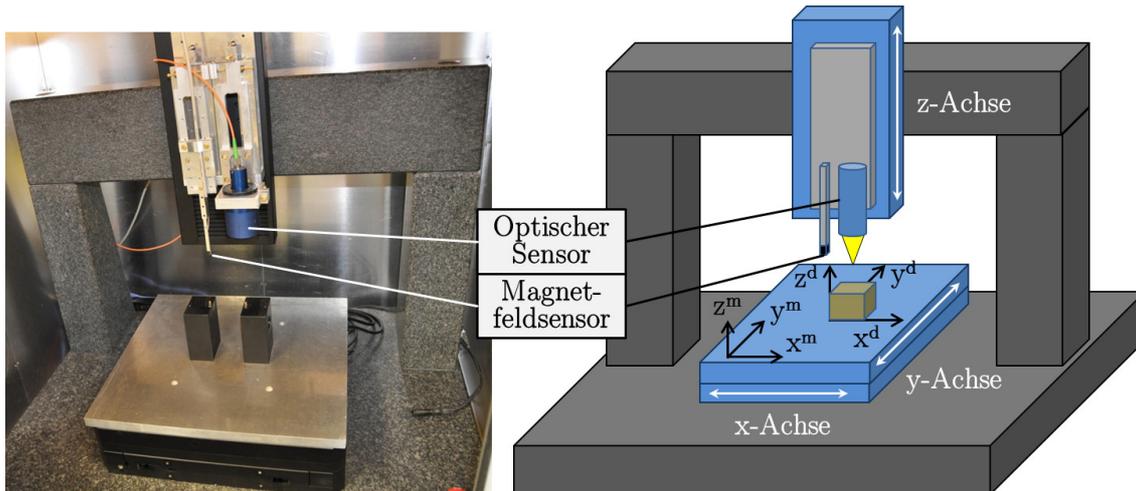


Abbildung 1: Fotografie (links) und schematische Zeichnung (rechts) des Messaufbaus des MKMG. Das Koordinatensystem des Positioniersystems besitzt die Koordinaten x^m , y^m , z^m , und das Koordinatensystem der Feldquelle die Koordinaten x^d , y^d , z^d .

Im zweiten Teil der Arbeit wird das Konzept und die Umsetzung eines dreidimensionalen magnetischen Überwachungssensors vorgestellt. Dieses Sensorsystem besteht aus drei eindimensionalen Hallensensoren, welche an einem gemeinsamen Aluminiumrahmen befestigt sind (siehe Abb. 2). Dieser Rahmen verfügt über Passlöcher, sodass in Kombination mit Passstiften eine genaue Positionierung ermöglicht wird. Darüber hinaus sind drei Luftspulen in den Rahmen verbaut, mit denen die Funktionalität der Hallensensoren in der Anwendung überprüft werden kann. Der gesamte Überwachungssensor ist für einen weiten Temperaturbereich ausgelegt, damit dieser im produktiven Umfeld von Automobilsensoren eingesetzt werden kann. Des Weiteren wird ein Messaufbau bestehend aus 12 Spulen präsentiert, mit dem wichtige geometrische Parameter des Überwachungssensors bestimmt werden können.

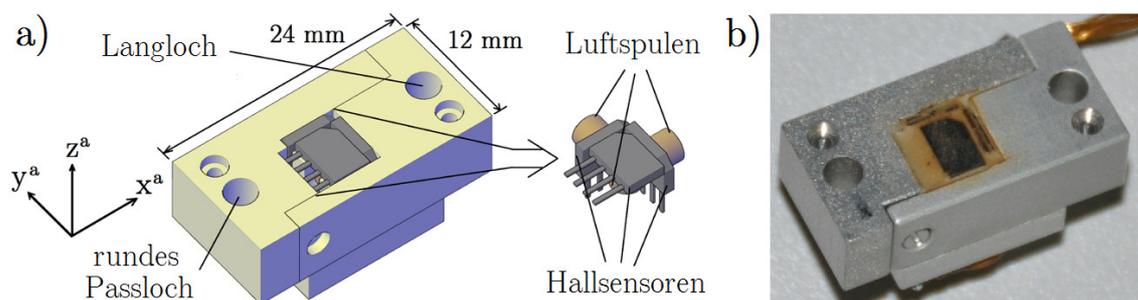


Abbildung 2: a) Schematische Zeichnung des magnetischen 3D Überwachungssensors mit Rahmen (links) und ohne Rahmen (rechts). b) Fotografie des magnetischen 3D Überwachungssensors.

Keywords: Scannen, Magnetfeld, Messtechnik, Koordinatenmessgerät, magnetisches Testen, Hallensensor.

17. April 2012

Hendrik Husstedt — Ph.D.–Thesis

Measurement of Magnetic Fields for the Testing of Automotive Sensors

Abstract

In modern cars, magnetic fields are used in combination with magnetic sensors to contactlessly measure parameters such as angle, position, or angular velocity. Before a sensor is assembled in a car, it has to pass extensive tests where the full functionality is checked. For magnetic sensors, these tests include not only electric but also magnetic checks where an accurate reference field is needed. The focus of this thesis is to find concepts for the accurate measurement of magnetic reference fields used for the testing of automotive sensors. This means all three degrees of freedom of magnetic fields have to be measured at different positions in space. The fields, typically used in automotive applications, have amplitudes in the range of $10 \mu\text{T} - 200 \text{mT}$, and the volume, where the field has to be measured, has a size of a few cubic centimeters. Moreover, the magnetic fields may be strongly inhomogeneous with a gradient in the range of 1% per $10 \mu\text{m}$. In this thesis, two different measurement concepts are presented.

First, the design and realization of a measurement station is shown which allows for scanning the geometry and the magnetic field of an arbitrary field source. This setup is denoted as "magnetic and coordinate measuring machine" (MCMM), and consists of an optical probe and a magnetic sensor which both are connected to moving axes (see Fig. 1). For accurate measurements, the MCMM has to be calibrated. Therefore, optical and magnetic calibration methods are discussed, and an extensive estimation of accuracy is performed. Finally, the functionality of the measurement station is demonstrated with two measurement examples.

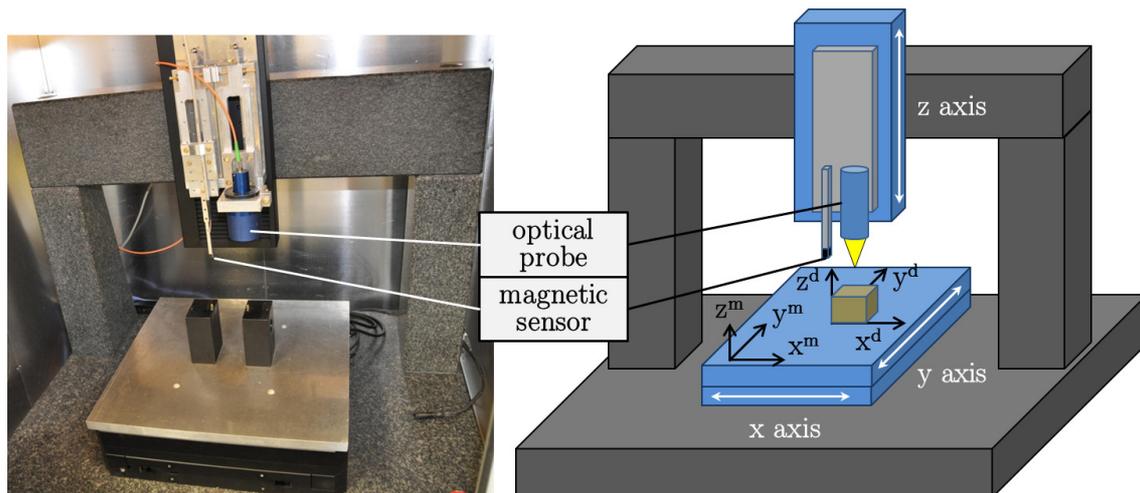


Figure 1: Photograph (left) and schematic drawing (right) of the setup of an MCMM. The reference frame of the moving system has the coordinates x^m , y^m , z^m , and the coordinate system of the field source (DUT) are denoted as x^d , y^d , z^d .

Second, the design and the realization of a monitoring sensor are depicted. This

sensor consists of three one dimensional Hall sensors attached to a framework which provides reamed holes for an accurate positioning (see Fig. 2). In addition, three air coils are integrated into the framework so that a self-test and self-calibration is possible in the application. The complete monitoring sensor is designed for a wide temperature range so that it can be applied to the test environment of automotive magnetic sensors. Furthermore, a measurement setup, consisting of 12 air coils, is presented which allows one to analyze important geometrical parameters of the monitoring sensor.

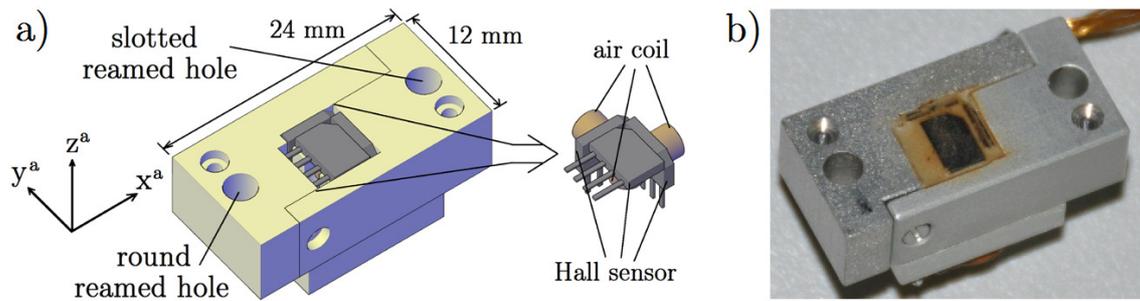


Figure 2: a) 3D magnetic monitoring sensor visualized with frame (left) and without frame (right). b) Photograph of the 3D magnetic monitoring sensor.

Keywords: scanning, magnetic field, measurement technology, coordinate measuring machine, magnetic testing, Hall sensor.

17th April 2012