

# Qualitätskontrolle für permanentmagnetische Rotorsysteme durch 3D-Hall- und magnetooptische Sensorik

*Matthias Schmidt<sup>1</sup>, Sandra Lindner<sup>1</sup>, Ulrich Büttner<sup>2</sup>, Morris Lindner<sup>2</sup>, Benjamin Wenzel<sup>2</sup>, Rocco Holzhey<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Matesy GmbH, Otto-Schott-Straße 13, 07745 Jena, Deutschland*

*<sup>2</sup>INNOVENT e.V. Technologieentwicklung, Bereich Magnetische und Optische Systeme, Prüssingstraße 27b, 07745 Jena, Deutschland*

## Zusammenfassung

Höchste technische Anforderungen an die Qualität magnetischer Komponenten von Elektromotoren und vielseitiger Einsatz magnetischer Bauteile im Maschinen- und Fahrzeugbau verlangen eine optimale Qualitätskontrolle in Entwicklung und Produktion. Adäquate Prüfmethode zur hochauflösenden Charakterisierung der Feldstärkeverteilungen haben eine zunehmende Bedeutung im Rahmen der Qualitätssicherung. Die Matesy GmbH und die Forschungseinrichtung INNOVENT e.V. haben einen Messplatz für fertig montierte Rotoren auf der Basis eines 3D-Hall-Sensors sowie eines magnetooptischen Sensors für eine schnelle, hochauflösende Vermessung und Visualisierung des oberflächennahen Feldes entwickelt.

**Keywords:** Messsystem für Rotoren, magnetische Sensoren, magnetooptische Sensoren, Qualitätssicherung

### Bedeutung von Permanentmagneten wächst in technischen Lösungen

Permanentmagnete werden mehr und mehr für Positionier-, Sensorik- und Motoranwendungen eingesetzt. Zudem finden Magnetfelder im Bereich der Datenspeicherung und der Fälschungssicherung von Dokumenten ihren Einsatz. Bei dieser wachsenden Zahl von bedeutenden Anwendungsbereichen muss auch dem Bedürfnis nach Belastbarkeit von Messungen und einer allgemeinen Verbesserung der verwendeten Technologien Sorge getragen werden.

Um die vom Endnutzer geforderten, hohen Anforderungen erfüllen zu können ist eine umfassende Qualitätskontrolle von Nöten.

### Komponentenkontrolle für effiziente Rotor-Bestückungen

Um für eine optimale Kraftübertragung zu sorgen und zu große Anlaufmomente zu vermeiden, müssen die permanentmagnetischen Rotoren entsprechend aufwendig konzipiert und technisch umgesetzt werden. Der geforderte ideale funktionelle Magnetfeldverlauf des Rotors hängt dabei maßgeblich von der Qualität der verwendeten Permanentmagneten, deren geometrischer Anordnung und von der Einstellung der Magnetisierungspräzision beim

Aufmagnetisieren bzw. der Montage des Rotors ab.

Zur Charakterisierung der eingesetzten Permanentmagnete wird das magnetische Feld in gewissem Abstand gemessen, wo die magnetischen Streufelder vernachlässigbar sind und der Magnet als Dipol betrachtet werden kann. Neben einer Vermessung durch Helmholtzspulen kann man die magnetischen Kenngrößen auch durch eine Reihe von magnetoresistiven Sensoren bestimmen. Das von Matesy und INNOVENT entwickelte System m-axis kann hierbei magnetisches Moment, Fehlwinkel der Magnetisierung sowie die offene Remanenz schnell und präzise messen!

### Oberflächennahe Magnetfeldvisualisierung

Im Gegensatz zur Fernfeld-Charakterisierung arbeiten magnetooptische Sensoren im magnetischen Nahfeld und können unter Umständen sogar direkt an der Oberfläche des Untersuchungsobjekts eingesetzt werden. Durch diese Methodik können sowohl kritische Aspekte wie lokale Defekte der Magneten als auch sehr fein strukturierte Multipole im Mikrometerbereich dargestellt und vermessen werden. Ein großer Vorteil der magnetooptischen Technologie ist, dass in einem Bild die magnetischen Informationen eines ausgedehnten Bereiches mit guter Ortsauflösung wiedergegeben werden können.

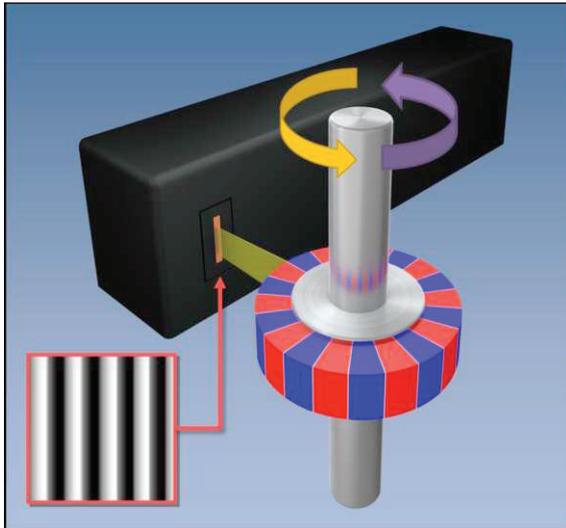


Abb. 1: Magnetooptischer Linienscanner zur schnellen Vermessung von Rotorsystemen.

Durch die flächige Untersuchung entsteht gegenüber Messungen mit Hall-Sensorik oder Fluxgates ein erheblicher Zeitgewinn, da die Messungen nicht auf einen punktuellen Oberflächenscan (field mapping) angewiesen sind. Eine neue Entwicklung ist der Linienscanner, der mit einer schnellen CCD Kamera viele aufeinanderfolgende Bilder eines Rotors aufnehmen und zusammensetzen kann.

#### Qualitätskontrolle im finalen Aufbau

Für den Einsatz in produktionsnahen Umgebungen ist eine schnelle und präzise Messtechnik erforderlich, die momentan in diesem Maße noch nicht existiert. Durch den ökonomisch-ökologischen Druck der Umsetzung politisch geförderter Technologien im Bereich der Elektromobilität und des damit angestrebten Zuwachses bei der Zulassung von Elektroautos und Hybrid-Fahrzeugen sind Rotorhersteller zunehmend im Zugzwang, perfekte magnetische Komponenten zu realisieren. Dementsprechend müssen magnetische Komponenten als Kernelement jedes Elektromotors hinreichend gut geprüft sein, um eine hohe Zuverlässigkeit und Effizienz im Einsatz zu gewährleisten.

Durch Verwendung schon geringfügig inhomogener Permanentmagnet-Rotoren verlieren die Elektromotoren deutlich an Effizienz und maximaler Leistung. Hierbei kann die Qualitätskontrolle der einzelnen Magnete nur ein erster Schritt zur Leistungsoptimierung sein. Für eine Beurteilung der Systemeffizienz ist letztlich aber eine magnetische Vermessung des gesamten permanentmagnetischen Rotors notwendig.



Abb. 2: Rotormessplatz zur 3D-Charakterisierung.

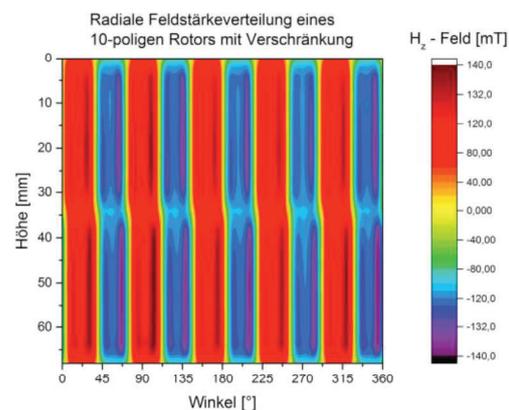


Abb. 3: Magnetfelddaten eines Rotors mit 2 verschränkten Lagen, mittlere Polbreite 36°, Messung mittels 3D-Hallsensoren im Abstand von 1,5 mm.

Die Matesy GmbH und die Forschungseinrichtung INNOVENT e.V. haben einen Messplatz für fertig montierte Rotoren auf der Basis eines 3D-Hall-Sensors sowie eines magnetooptischen Sensors für eine schnelle, hochauflösende Vermessung und Visualisierung des oberflächennahen Feldes entwickelt. Auch große Rotoren mit einem Durchmesser größer als 30 cm und einer Magnethöhe größer als 20 cm können charakterisiert werden. Ein zusätzlicher Abstandssensor gewährleistet die Datenerfassung in einem bestimmten Abstand zur

rotierenden Magnetoberfläche. Mittels hoher Trigger-Frequenzen bis 5 kHz des magnetooptischen Systems und einer automatisierten Datenanalyse kann eine schnelle Inline-Qualitätskontrolle realisiert werden. Durch die 3D-Hall-Sensorik mit hoher Ortsauflösung in Kombination mit präziser Mechanik lassen sich zudem Feldstärkeprofile in den drei Raumrichtungen mit hoher Genauigkeit messen. Neben der beispielsweise schon bestehenden Ermittlung von Pollängen, Nulldurchgängen und Amplitudenfeldstärken können kundenindividuell jederzeit weiterführende technische Lösungen verwirklicht werden.

Mit einem solchen System ist eine komplette Performance-Kontrolle von Rotorsystemen mit großer lateraler Auflösung möglich. In Kombination mit einer Qualitätssicherung der Permanentmagnete bei der Bestückung kann der gesamte Prozess mit automatisierbarer Messtechnik zuverlässig geprüft werden.