

H. Stockhausen (Münster)

Eine digitale Meßwerterfassung für das Gough – Reitzel – Magnetometer

Das Gough-Reitzel-Magnetometer ist ein Meßgerät, das Magnetfeldvariationen in drei Komponenten nach dem Prinzip des Torsionsmagnetometers mißt. Über Lichtzeiger werden die Stellungen von Sensormagneten abgetastet, und Magnetfeldvariationen werden als Punktfolgen auf einem Film abgebildet. Um die Daten einer EDV-Auswertung zugänglich zu machen, müssen die registrierten Filme von Hand digitalisiert werden.

Um die aufwendige Digitalisierung der Filme zu umgehen, sind grundsätzlich zwei Lösungswege möglich: zum einen ist eine Modifikation der Digitalisierung möglich, zum andern eine Modifikation der Meßwerterfassung. Während die zuerstgenannte Möglichkeit auf eine Automatisierung der Digitalisierung hinausläuft und damit immer noch auf den Film als Registriermedium angewiesen ist, besteht bei einer Modifikation der Meßwerterfassung die Gelegenheit, durch den Einsatz eines geeigneten Meßwertwandlers die registrierten Meßwerte direkt im Magnetometer in digitaler Form abzuspeichern.

Nach der Untersuchung verschiedener Möglichkeiten wurde ein optoelektronischer Meßwertwandler an der Stelle des Filmes eingebaut und zwar eine "Position Sensitive Diode" (PSD). Das einfache Funktionsprinzip dieses Bauelements ist in Abb.1 dargestellt.

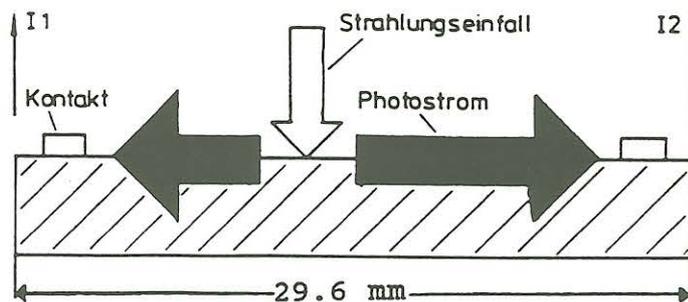


Abb. 1: Das Funktionsprinzip einer PSD

Die PSD ist ein analoger Meßwertwandler, der zwei zur Position des eintreffenden Lichtstrahls proportionale Photoströme abgibt. Die Einzelströme I_1 und I_2 selbst sind aber als Meßparameter noch ungeeignet, da sie sowohl von der Position des einfallenden Lichtes als auch von dessen Helligkeit abhängen. Als Parameter wird stattdessen die Spotposition P betrachtet, eine helligkeitsunabhängige Größe, die aus dem Quotienten aus Differenz und Summe der Photoströme I_1 und I_2 ergibt. Die Meßsignale können nach einer Analog-Digital Wandlung direkt im Magnetometer gespeichert werden. Ein wichtiges Merkmal der PSD ist, daß sie bei mehreren Lichtsignalen den Schwerpunkt der einfallenden Lichtverteilung als Spotposition mißt. Daraus folgt, daß es nicht möglich ist, gleichzeitig die Positionen aller drei Sensormagneten zu vermessen.

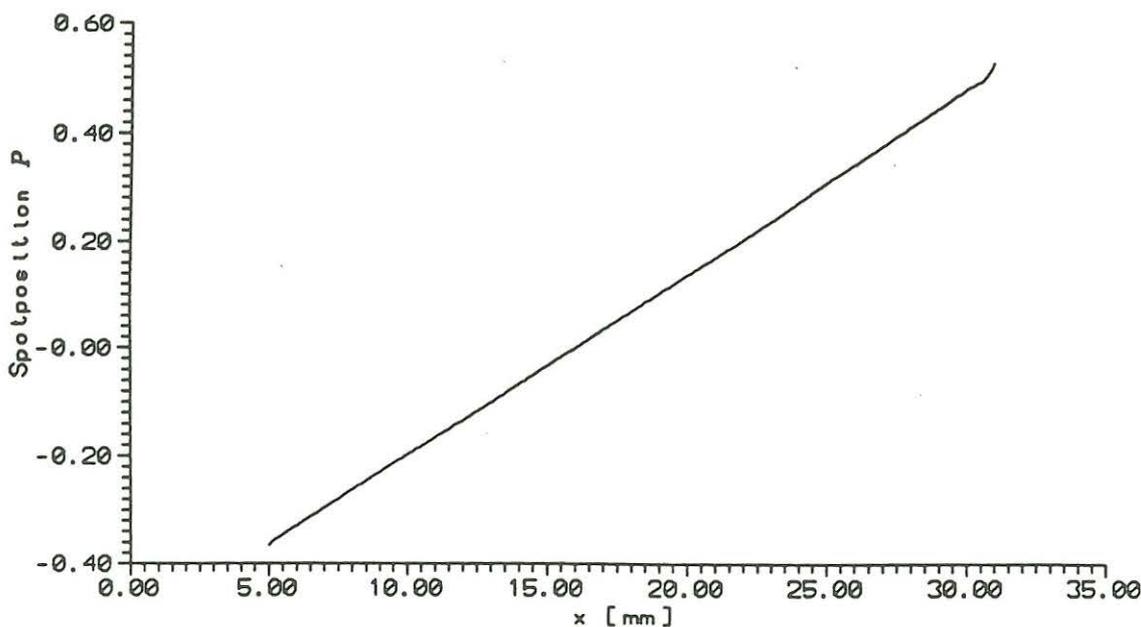


Abb. 2: Die Abhängigkeit der Spotposition P vom Auftreffort des Lichtsignals

Im Magnetometer wurde deshalb ein mechanisches Verschlusssystem installiert, daß die Freigabe der Lichtwege zu den drei Sensormagneten steuert. Eine weitere Eigenschaft der PSD ist, daß eine gewisse Mindestleistung des einfallenden Lichtsignals vorausgesetzt werden muß. Bei geringen Lichtleistungen verschlechtert sich sonst das Signal-Rausch-Verhältnis aufgrund des stärker ins Gewicht fallenden Eigenrauschens des Halbleiterbauelementes PSD. Die Auswahl einer geeigneten Lichtquelle gestaltet sich aber nicht einfach, da Restriktionen im Hinblick auf den Stromverbrauch und im Hinblick auf die im Gerät bereits vorhandene Abbildungsoptik, die auch weiterhin genutzt werden soll, bestehen. Die Eigenschaften der PSD wurden vor dem Einbau in das Magnetometer mit einer speziellen Laborvorrichtung untersucht, die es erlaubte, den Auftreffpunkt des einfallenden Lichtes exakt vorzugeben. Es war ferner möglich, die Helligkeit des einfallenden Lichtsignals zu variieren.

In einem ersten Versuch wurde ein Lichtsignal konstanter Helligkeit entlang der PSD verschoben. Für den bekannten Auftreffpunkt des Lichtsignals wurde die Abhängigkeit der berechneten Spotposition P vom tatsächlichen Auftreffpunkt untersucht. Abb.2 zeigt, daß die Spotposition P linear vom Auftreffpunkt x des Lichtsignals abhängt. Auf das Magnetometer übertragen bedeutet das, daß P linear von den Amplituden der registrierten Magnetfeldvariationen abhängt. Randeffekte machen sich erst ab etwa $x=30\text{mm}$ in Abb.2 bemerkbar; sie sind darauf zurückzuführen, daß das einfallende Licht die aktive Fläche der PSD zu verlassen beginnt.

In einem zweiten Versuch wurde untersucht, ob die Position P von der Helligkeit des einfallenden Lichtes abhängt. Dabei beleuchtete ein Lichtsignal die PSD an einer festen Stelle, und die Helligkeit des Lichtes wurde durch verschiedene Werte von I_{LED} variiert (Abb.3). Man erkennt in der Abbildung, daß P wie erwünscht eine helligkeitsunabhängige Größe ist.

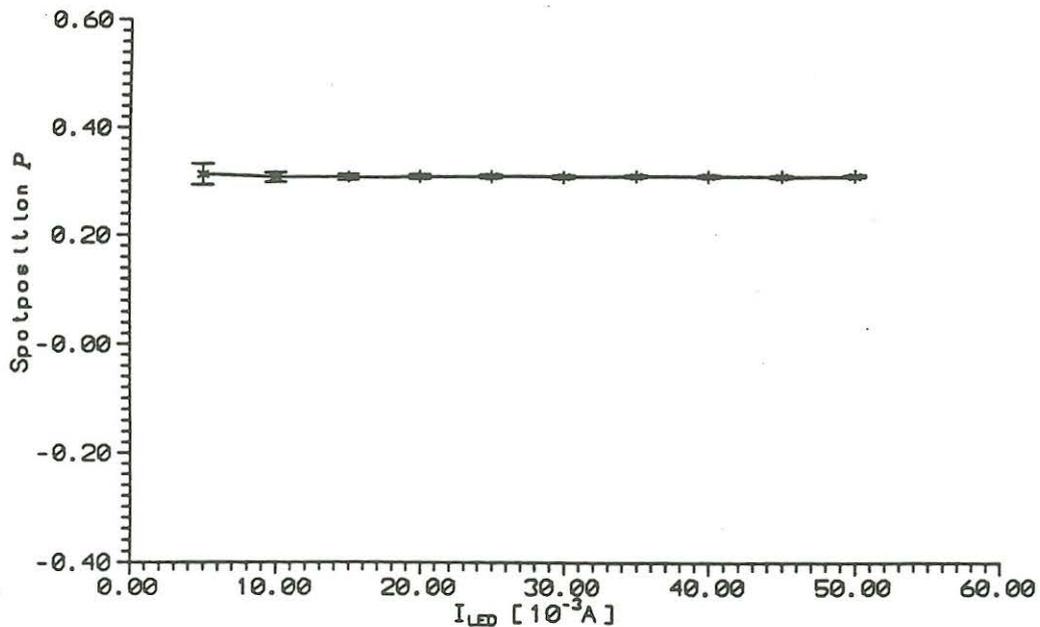


Abb. 3: Die Abhängigkeit der Spotposition P von der Helligkeit des einfallenden Lichtsignals

Der wachsende Fehler in P bei nachlassender Helligkeit spricht nicht gegen diese Aussage, denn er hat seine Ursache nicht in der nachlassenden Helligkeit an sich, sondern in dem bei geringerer Helligkeit stärker ins Gewicht fallenden Eigenrauschen des Halbleiterbauelementes PSD. Die geringste im Versuch vermessene Helligkeit ($I_{LED}=5mA$) entspricht etwa dem hellsten Lichtsignal, das im Magnetometer vorkommt. Überträgt man dann den gemessenen Fehler für die geringste Helligkeit auf die Verhältnisse im Magnetometer, so kann man einen zu erwartenden Fehler von etwa $\pm 4nT$ in jeder Komponente abschätzen. Abb.4 stellt einen Ausschnitt aus einer Feldmessung mit dem umgebauten Magnetometer (GRM - F) im Vergleich zu einer Registrierung eines ASKANIA-Variographen dar. Die Abbildung zeigt für jede Komponente die Spur des ASKANIA-Variographen in nT und die Ergebnisse des GRM-F als dimensionslose Spotpositionen P , die bereits durch ein gleitendes Mittel gefiltert sind. Neben einem phasenverkehrten Verlauf in der D-Komponente, der durch einen Fehler in der Montage des Sensormagneten zustande kam, ist in allen drei Komponenten eine gute Übereinstimmung der Signale zu konstatieren. In der Z-Komponente zeichnet sich für das GRM ein höheres Auflösungsvermögen als beim ASKANIA-Variographen ab.

Eine genaue Untersuchung der hochfrequenten Signalanteile ergab, daß es sich hierbei überwiegend um den Einfluß des Halbleiterrauschens der PSD handelt. Dieses Rauschen ist unabhängig von der betrachteten Komponente und vor allem helligkeitsunabhängig, so daß es sich verringern lassen wird, sobald eine hellere Lichtquelle für das Meßgerät erhältlich ist.

Man kann zusammenfassen, daß das umgebaute Magnetometer bei wesentlichen Vorteilen in der Datenerfassung die Leistungsfähigkeit eines nicht umgebauten Gough-Reitzel-Magnetometers derzeit noch nicht ganz erreicht hat.

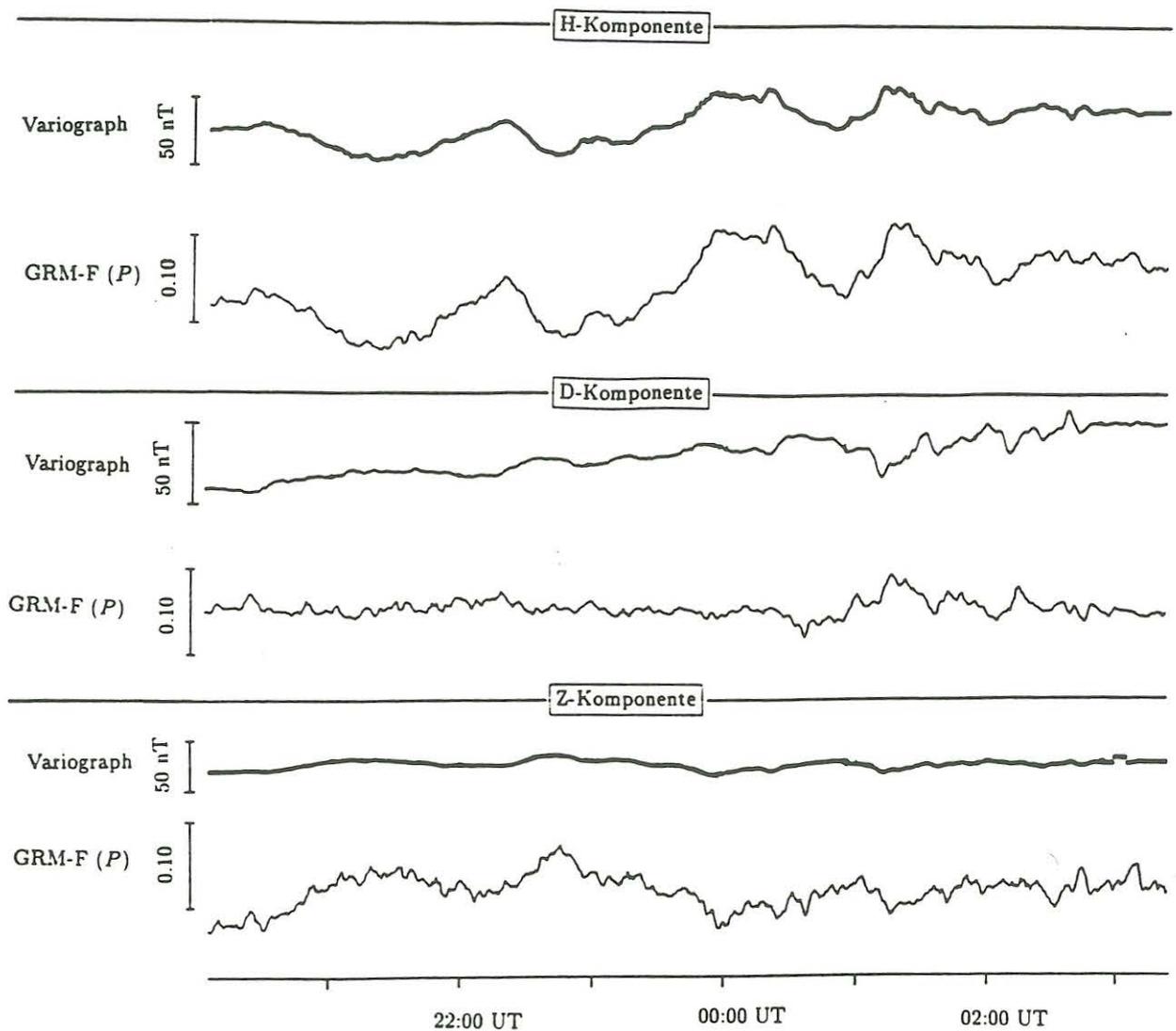


Abb. 4: Vergleich einer Registrierung des ASKANIA-Variographen mit einer Registrierung des umgebauten Magnetometers (GRM-F(P)).

Ursache hierfür sind die angesprochenen Rauschprobleme mit dem Halbleiterbauelement PSD, die aus Schwierigkeiten mit der zu niedrigen Intensität der Lichtquelle resultieren. Es besteht jedoch prinzipiell die Möglichkeit, diese Probleme durch eine Filterung der Daten oder durch eine Erhöhung der Intensität der Lichtquelle zu beheben.