

Vortrag cand. phys. H. Lauche, Braunschweig

"Entwurf einer Apparatur zur digitalen Registrierung erdmagnetischer Variationen auf Magnetband"

Donnerstag, den 30.9.1965

Eingangs soll ganz kurz auf die Anregungen eingegangen werden, die zur Entwicklung dieser Apparatur führten.

Ich darf hier an den Vortrag erinnern, den Herr Dr. Melbig am 1.2. 1963 in Kassel gehalten hat. Es bestehen viele Möglichkeiten, irgendwelche meßbaren Ereignisse zu registrieren. Doch mit einer Registrierung allein ist es nicht getan, und sie ist geradezu nutzlos, wenn sie nicht ausgewertet wird. Es ist leicht möglich, sich eine große Menge Registrierungen zu beschaffen, die sehr viel an Information enthalten. Die Auswertung jedoch kostet soviel an Aufwand, daß sie kaum in einem vernünftigen zeitlichen Verhältnis zur Messung steht. Es stehen jedoch den Auswertern schon viele geeignete Hilfsmittel zur Verfügung. Diese Geräte verarbeiten fast ausnahmslos elektrische Signale. Es ist daher notwendig, diese Maschinen, die sicher tausendmal schneller arbeiten als ein Mensch, mit elektrischen Signalen zu füttern. Eine Registrierung auf Photo-papier ist dafür ungeeignet, auch wenn es automatische Nachführ-einrichtungen gibt. Es bleiben daher von den bisher ausgereiften Möglichkeiten nur der Lochstreifen und das Magnetband. Der Lochstreifen hat den Vorteil, daß man ihn, wenn auch erst nach einiger Übung, lesen kann. Auf einem braunen Magnetband dagegen ist mit dem bloßen Auge nicht einmal festzustellen, ob es bespielt ist oder nicht. Für die vorliegende Aufgabe sind über 40 km Lochstreifen oder 1500 m normales Magnetband erforderlich. 40 km Lochstreifen sind auf einer Spule von 2,4 m Durchmesser aufzuwickeln. Über das Gewicht konnte ich leider nichts erfahren. Das Gewicht einer vollen Spule schätze ich auf mehr als 30 kg.

Hier soll nicht auf die Auswertungsmöglichkeiten eingegangen werden. Sie sind leicht aus den Eigenschaften abzuleiten, die ich aufzeigen werde.

Die ganze Apparatur besteht aus vier Teilen (s. Figuren 1 und 2):
a) dem Sondentripel mit 100 m Kabel,
b) den Oszillatoren und Verstärkern für die drei Sonden,
c) dem Digitalumsetzer und
d) der Registriereinrichtung.

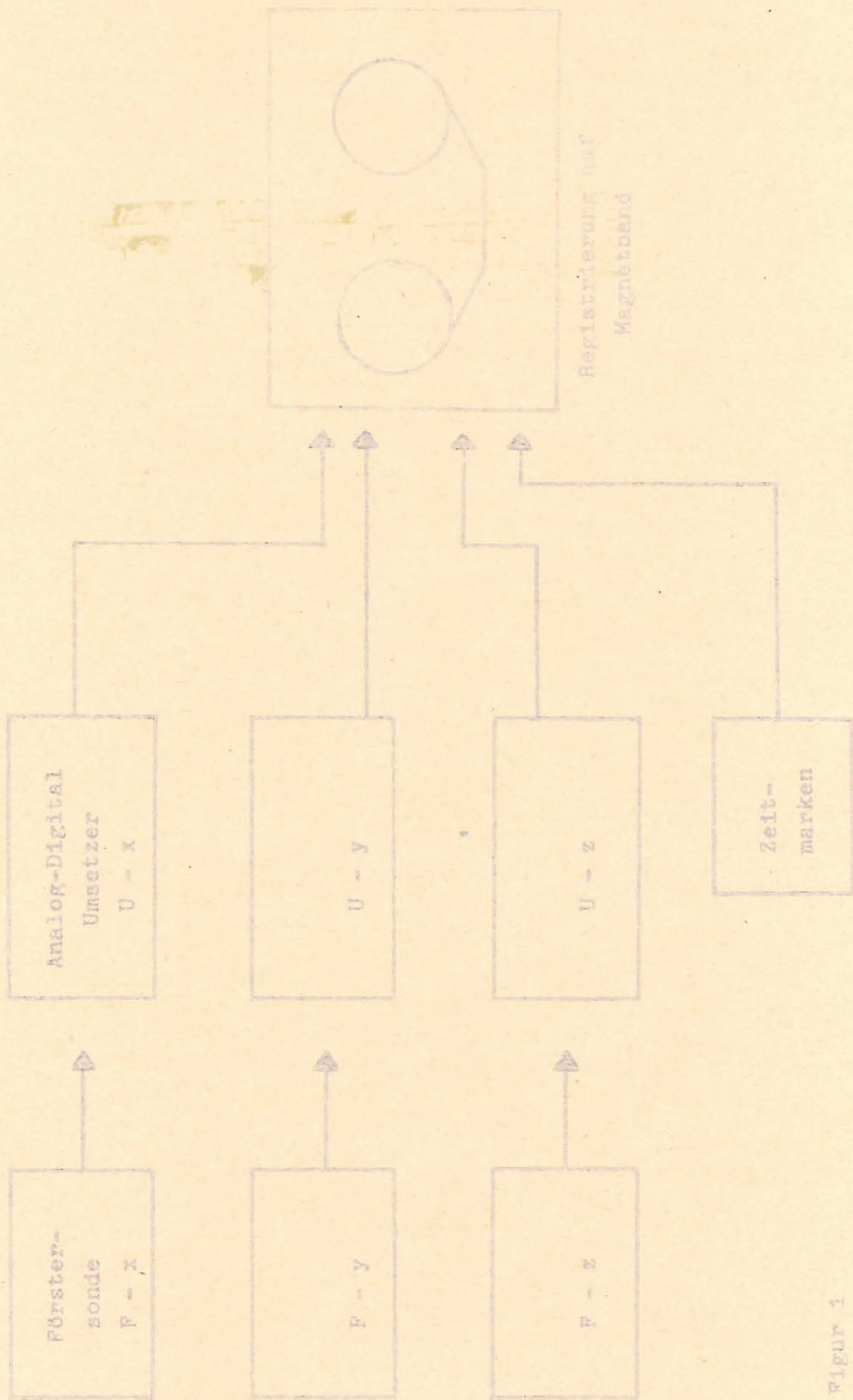
Registriert wird auf einem normalen, 6,25 mm breiten und 2,6 μ m dicken Magnetband. Auf eine Spule von 25 cm Durchmesser sind 1500 m Magnetband aufgewickelt. Das reicht bei einer Bandgeschwindigkeit von 0,59 mm/s = 15/480 ips für 29-Tage Registrierdauer. Verwendet man ein 18 μ m dickes Band - z.B. PES 18 -, so ergibt sich eine Registrierdauer von 6 Wochen.

An das mechanische Laufwerk werden im Gegensatz zu anderen Aufzeichnungsverfahren wie Direktaufzeichnung, Frequenzmodulation oder Impulslängenmodulation keine besonderen Anforderungen gestellt. Die Fehler in der Registrierung mit den eben genannten Verfahren sind bei niedrigen Bandgeschwindigkeiten fast ausnahmslos auf Geschwindigkeitsschwankungen zurückzuführen. Man erreicht damit bei der Wiedergabe selten eine Genauigkeit, die besser als 2% ist.

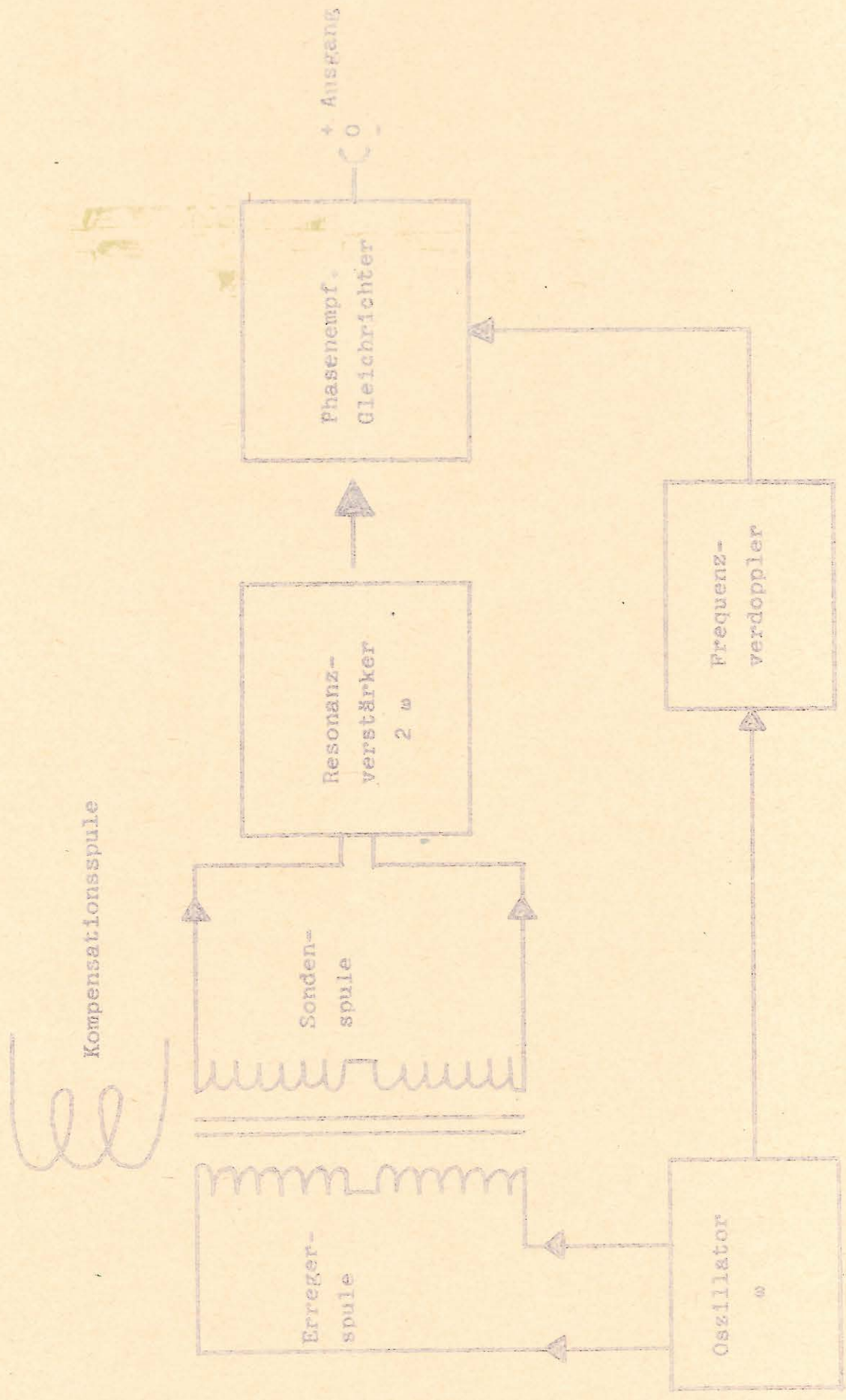
Darum war es notwendig, die Meßwerte zu digitalisieren. Hierbei läßt sich die Amplitudenauflösung auf Kosten der Zeitauflösung beliebig weit treiben. Als brauchbarer Kompromiß erschien mir ein Meßbereich von 1000 Stufen, entsprechend $\pm 500 \gamma$, und eine Abfragefolge von 1 Sekunde. Bevor ich nun die Bauteile einzeln bespreche, muß ich noch die Form des Ergebnisses andeuten.

Das analoge Signal - gemeint ist damit die augenblickliche Komponente des äußeren Feldes - soll einer entsprechenden Zahl zugeordnet werden. Dabei ist es wünschenswert, wenn diese Zahl gleich einem einfachen rationalen Verhältnis in den üblichen Einheiten entspricht, sie also die Komponente in γ gemessen bedeutet. Es ist dabei zweckmäßig, ein Zahlensystem zu benutzen, das sich leicht darstellen und auch auf Magnetband speichern läßt. Es bietet sich der Einfachheit wegen das binäre Zahlensystem an, das nur aus den Ziffern 0 und 1 besteht. Eine Zahl setzt sich dabei aus der Summe von Potenzen der Zahl 2 zusammen.

Blockschaltbild



Figur 1



Figur 2

Beispiel:

2^0	2^1	2^2	2^3	2^4
1	2	4	8	16
L	0	0	0	L

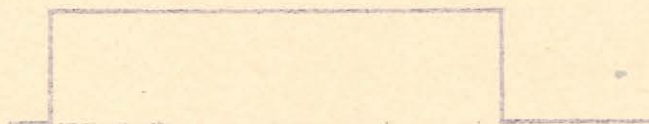
Die Zahl 17 besteht aus diesen Ziffern.

Das kann, ins Elektrische Übertragen, einer solchen Impulsfolge entsprechen:



R Z

In der Vorderkante des Impulses steckt schon genügend Information, um die Zahl zu beschreiben, so daß die Hinterkante einfach weglassen werden kann. Die Zahl 17 wird dann so dargestellt:



N R Z

Jede Ziffer L bedeutet dann nur noch Anfang oder Ende eines Impulses. Diese Darstellungsarten werden in der amerikanischen Literatur als R Z = return to zero und N R Z = no return to zero bezeichnet. Die N R Z benötigt ein kleineres Frequenzband. Außerdem läßt sie sich mit gewöhnlichen induktiven Magnetköpfen wieder vom Band abtasten; dabei ergibt sich die ursprüngliche Impulsfolge. Für R Z sind dagegen teure flußeempfindliche Köpfe notwendig. Deswegen wurde hier die zweite Darstellungsart gewählt.

Als nächstes sind die verschiedenen Baugruppen zu beschreiben (s. Figur 2): Die Förstersonde ist in der üblichen Anordnung aufgebaut (s.z.B. Abb.6, 127, Fanselau, Geomagnetismus und Aeronomie, Bd. II, Berlin, 1960). Auf das Prinzip dieser Sonde soll hier nicht eingegangen werden. Sie besteht aus einem hochpermeablen Kern mit

drei konzentrischen Spulen: der Meßspule, der Erregerspule und der Kompensationsspule. Diese Spulen sind mit dem Resonanzverstärker, dem Oszillator und dem Umsetzer über ein 100 m langes Kabel verbunden.

Der Oszillator erzeugt den für die Erregung notwendigen Wechselstrom mit einer Frequenz von 10 kHz. Dieser Wechselstrom soll weitgehend frei von Anteilen irgendwelcher harmonischer Frequenzen sein. Der Resonanzverstärker filtert und verstärkt das von der Sonde kommende 20 kHz-Signal. Das verstärkte Signal wird einem phaseneempfindlichen Gleichrichter zugeführt. Dieser erhält seine Steuerspannung über einen Verdoppler vom Oszillator. Am Ausgang dieses Gleichrichters können folgende Signale auftreten:

- a) positive Halbwellen,
- b) negative Halbwellen oder
- c) kein Signal.

Diese Signale steuern den Umsetzer.

Ich gebrauche hier mit Absicht nicht den Ausdruck "Analog-Digital-Wandler" oder "-Konverter". Denn wie im folgenden leicht zu sehen ist, handelt es sich hierbei vielmehr um einen Digital-Analog-Wandler, bei dem eine zunächst willkürlich eingegebene Zahl in einen ihr äquivalenten Strom umgewandelt wird. Dieser Strom fließt durch die Kompensationsspule und erzeugt dort ein dem Erdfeld entgegengerichtetes Feld. War dieses Feld zu klein, so entsteht an der Förstersonde ein Signal. Das Signal wird über den phaseneempfindlichen Gleichrichter dem Umsetzer zugeführt, der dadurch den Befehl erhält, den Kompensationsstrom ansteigen zu lassen, bis in der Spule das Erdfeld total kompensiert ist. Dann bleibt das Signal an der Förstersonde aus, bis durch eine äußere Feldänderung das Gleichgewicht gestört wird. Auf die gleiche Weise wird der Strom zurückgeschaltet.

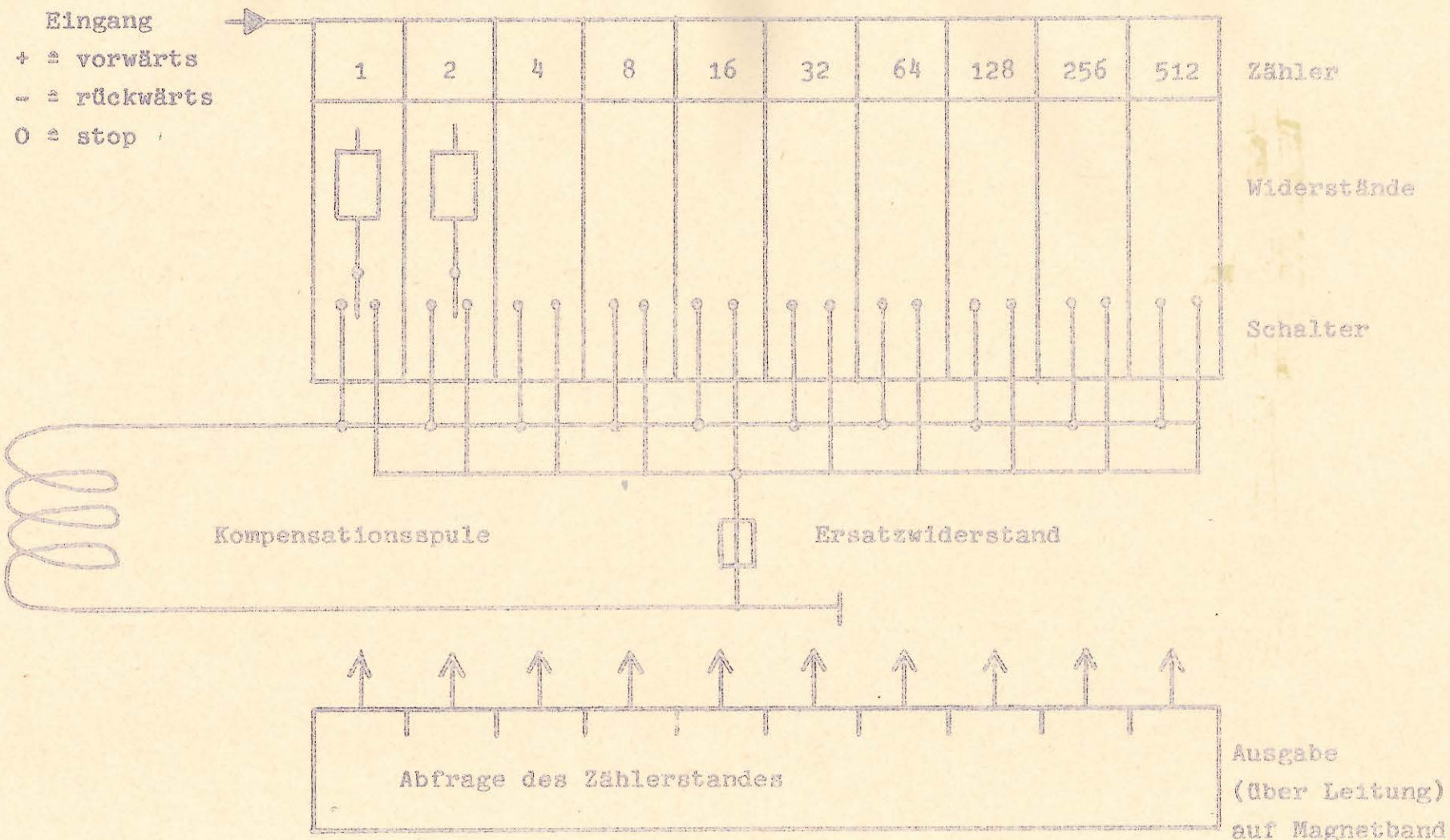
Dieses Verfahren sieht sehr umständlich aus, hat aber den Vorteil, daß es, fast völlig frei von irgendwelchen Eigenschaften der Verstärker, immer das richtige Ergebnis liefert.

Aus den genannten Forderungen ergibt sich bereits der Aufbau des Umsetzers: Er besteht in der Hauptsache aus einem zehnstelligen Binärzähler, der also von 0 bis 1024 zählen kann. Dieser Zähler wird von einem Univibrator gesteuert. Er kann vorwärts und rück-

wärts zählen. Für positive Halbwellen aus dem phasensensitiven Gleichrichter wird vorwärts gezählt, für negative entsprechend rückwärts. An jede Stufe des Zählers ist ein Schalter angeschlossen. Es handelt sich dabei um ein besonderes Relais, das aus einer Spule und einem Schutzgaskontakt besteht. Das ist ein vergoldeter Kontakt, der in ein mit Edelgas gefülltes Glasröhrchen eingeschmolzen ist. Ich verwende hier einen Umschaltkontakt. Der Schalter schließt über einen Widerstand die Kompensationsspule an eine Stromquelle an. Zu jedem Schalter gehört ein Widerstand, der so bemessen ist, daß der Strom in jeder folgenden Stufe verdoppelt wird, z.B. 1; 2; 4; 8; ... Das erfordert bei den höheren Stufen eine immer steigende Genauigkeit. Die letzte Stufe darf nicht mehr als den 1024. Teil von ihrem Sollwert abweichen. Diese strenge Forderung läßt sich nur dadurch erfüllen, daß Stromquelle und Widerstände in einem Thermostaten untergebracht werden, der beides auf $1/10^{\circ}\text{C}$ konstant hält. Damit die Widerstände nicht ein- und ausgeschaltet werden müssen und sich so durch den hindurchfließenden Strom erwärmen und wieder abkühlen, bleiben sie ständig eingeschaltet, und der hindurchfließende Strom wird nur wahlweise über die Kompensationsspule oder einen gleichen hohen Ersatzwiderstand geführt. Das hat noch einen weiteren Vorteil: Dieser Ersatzwiderstand kann durch einen außen angebrachten Tintenschreiber oder Punktdrucker dargestellt werden, der als Monitor neben der Bandregistrierung herläuft. Mit einem Ringzähler aus Vierschichtdioden wird der Stand des Hauptzählers abgefragt. Die Impulse können über beliebig lange Leitungen auf das Magnetband zur Registrierung gegeben werden.

Das fertig bespielte Band kann an Hand der Zeitmarken mit anderen gleichartigen Registrierungen auf ein 1 Zoll breites Magnetband überspielt werden. Dieses läßt sich leicht mit elektronischen Rechenanlagen weiterverarbeiten.

U m s e t z e r



Figur 3