

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

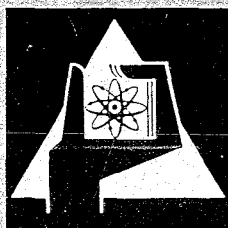
Dezember 1968

KFK 915

Institut für Experimentelle Kernphysik

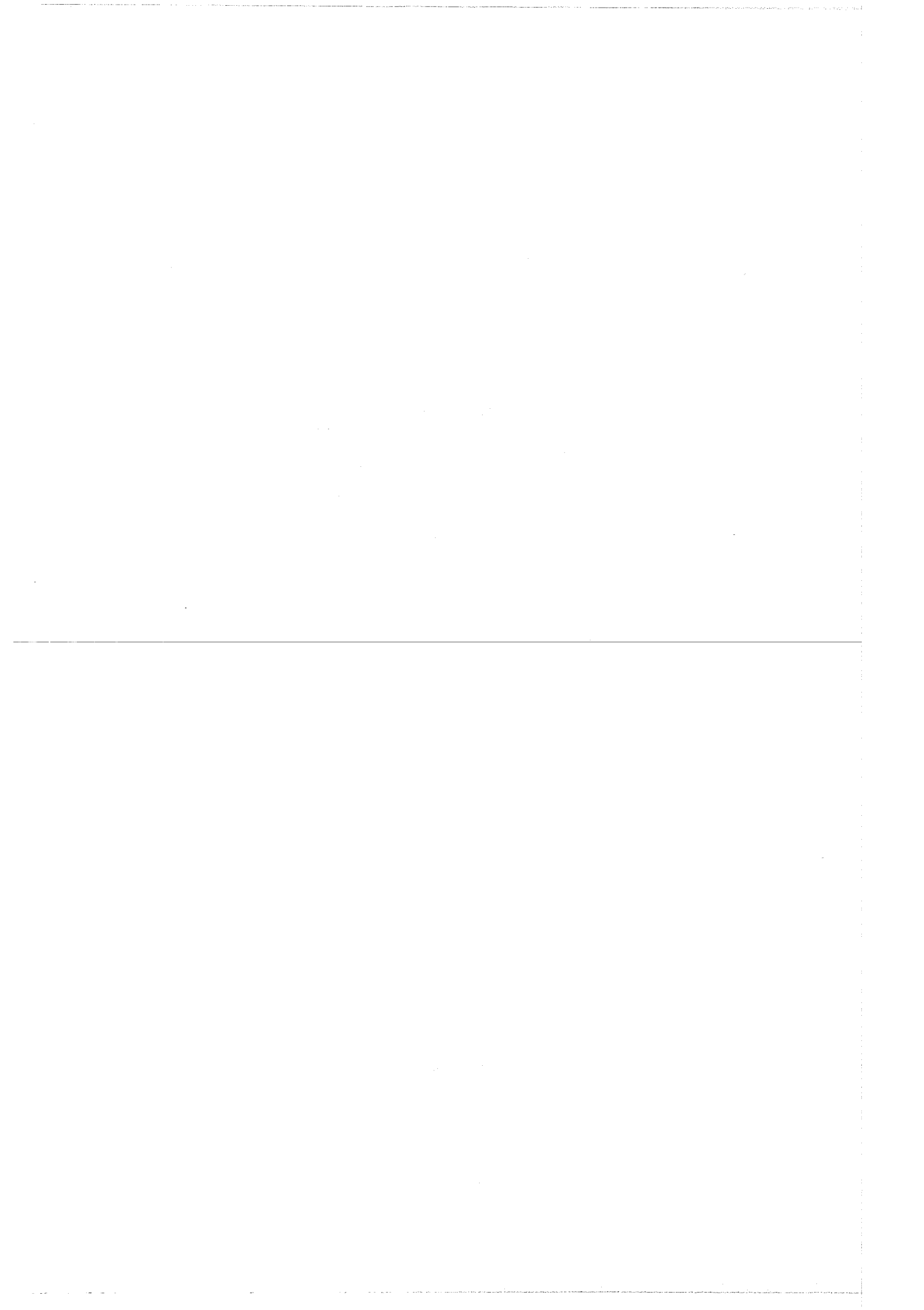
Ein stabilisiertes Netzgerät mit dem integrierten
Schaltkreis LM 300

P. Fluck



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Dezember 1968

KFK 915

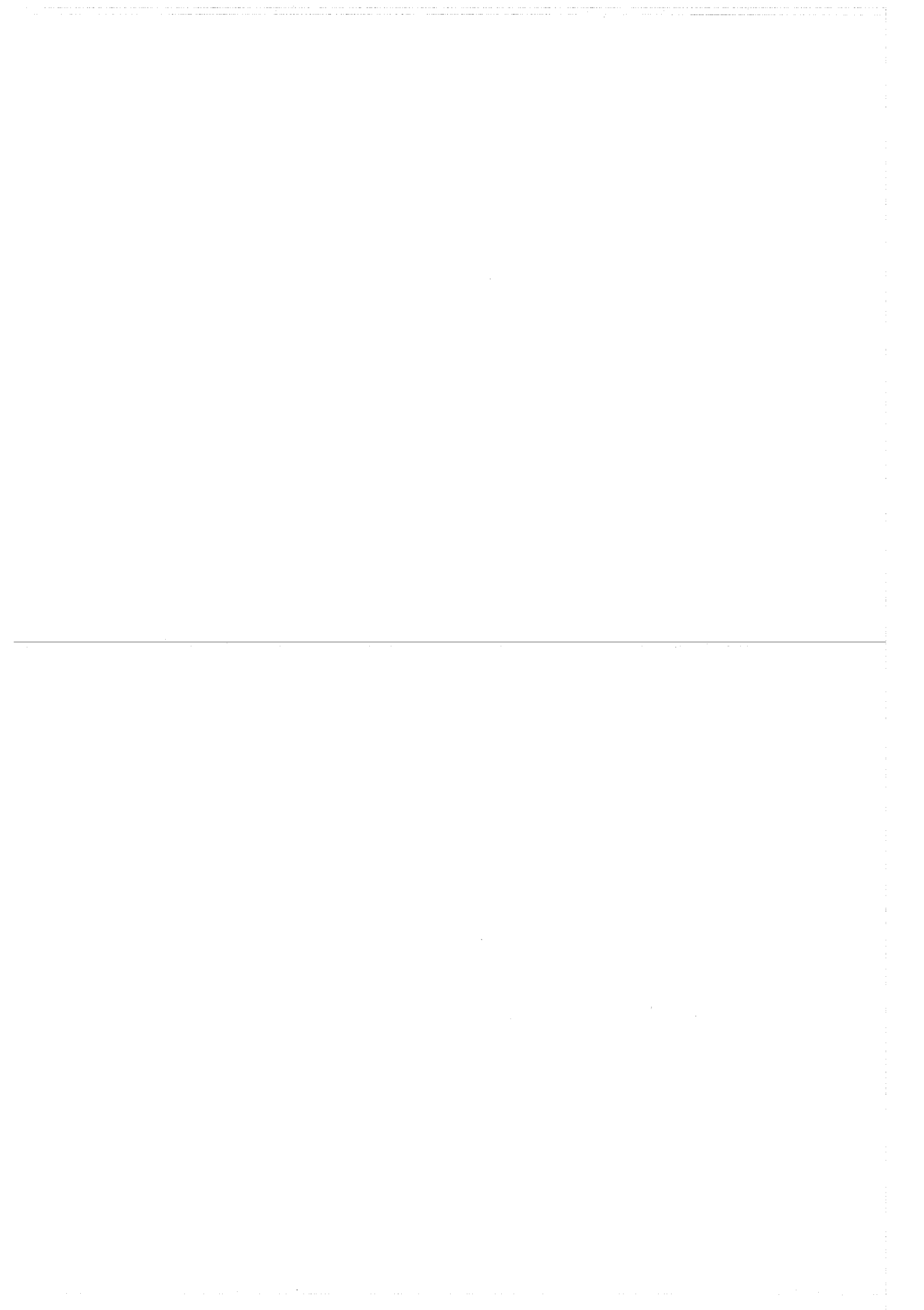
Institut für Experimentelle Kernphysik

Ein stabilisiertes Netzgerät mit dem integrierten

Schaltkreis LM 300

P. Fluck

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H. Karlsruhe



Abstract

Using the integrated circuit LM 300 the power supply "EKP - LM 300" was developed to power electronic equipment, in particular the universal data handling system DATA. In spite of the very compact and economical construction the supply has a load regulation of 0,5 % between 0 and 2 Amperes and a line regulation of 0,05 %/V. The first series of 20 show a reliability adequate for the demands of commercial equipment.

Einleitung

In fast allen elektronischen Geräten sind heute geregelte Versorgungsspannungen notwendig. Während sich auf vielen Gebieten integrierte Schaltungen bereits durchgesetzt haben, sind auf dem Gebiet der geregelten Netzgeräte nur sehr wenige Anwendungen integrierter Bauelemente bekannt.

Von der Firma NSC (National Semiconductor Corporation) wird ein monolithischer Spannungsregler LM 300 angeboten. Mit dem Typ LM 300 können Netzgeräte in einem weiten Spannungsbereich zwischen 3 V und 24 V gebaut werden. Durch Zuschalten von externen Transistoren können Ströme bis zu 3 A geliefert werden. In Tabelle 1 sind die wichtigsten Daten des LM 300 aufgeführt.

Diese technischen Eigenschaften und auch der relativ günstige Preis lassen den LM 300 zum Bau von modernen stabilisierten Netzgeräten geeignet erscheinen.

Tabelle 1

Typische Daten des Spannungsreglers LM 300 von NSC
(Nach Firmenangaben NSC)

Bereich der Eingangsspannung	8 V - 30 V
Bereich der Ausgangsspannung	3 V - 24 V
Diff. zwischen Ein- und Ausgangsspannung	3 V - 20 V
Last Regelung	0,1 %
Spannungsregelung gegenüber Schwankung der Eingangsspannung	0,05 %/V
Temperaturstabilität $0\text{ }^{\circ}\text{C} < T_u < +75\text{ }^{\circ}\text{C}$	0,3 %
Ausgangsbrummspannung (in % der Ausgangsspannung)	0,005 %
Langzeitstabilität (Thermisch)	0,1 %

1. Aufbau eines geregelten Netzgerätes

Abb. 1 zeigt das Blockschaltbild eines spannungsgeregelten Netzgerätes.

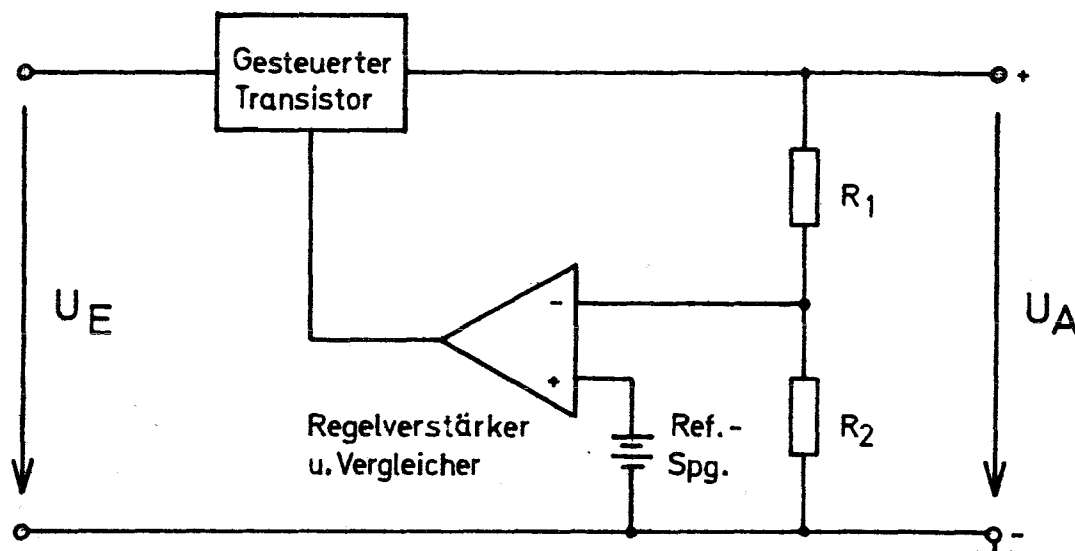


Abb. 1 Blockschaltbild eines spannungsgeregelten Netzgerätes

Das Kernstück eines spannungsgeregelten Netzgerätes ist eine Vergleicherstufe, die einen Sollwert (Referenzspannung) mit dem Istwert (Ausgangsspannung, über die Widerstände R_1 und R_2 geteilt) vergleicht. Bei einer Differenz zwischen Ist- und Sollwert werden über einen Regelverstärker ein oder mehrere Transistoren angesteuert. Dadurch wird die Ausgangsspannung solange verändert, bis diese wieder mit dem Sollwert übereinstimmt.

Im TO 5 Gehäuse des LM 300 sind ein Vergleicher und Regelverstärker (Operationsverstärker), ein gesteuerter Transistor und das Referenzelement untergebracht. Die Referenzspannung wird über eine temperaturstabilisierte Avalanche-Diode erzeugt. Derartige Dioden haben normalerweise eine Durchbruchspannung von 6,5 V - 8,2 V. Da man die Ausgangsspannung nie unter den Wert der Referenzspannung regeln kann, muß die Referenzspannung auf ca. 1,7 V herabgesetzt werden, um die minimale Ausgangs-

spannung von 3 Volt zu erreichen. Dies wird durch eine monolithische Schaltanordnung, die gleichzeitig auch zur Temperaturkompensation dient, erreicht. (Abb. 2)

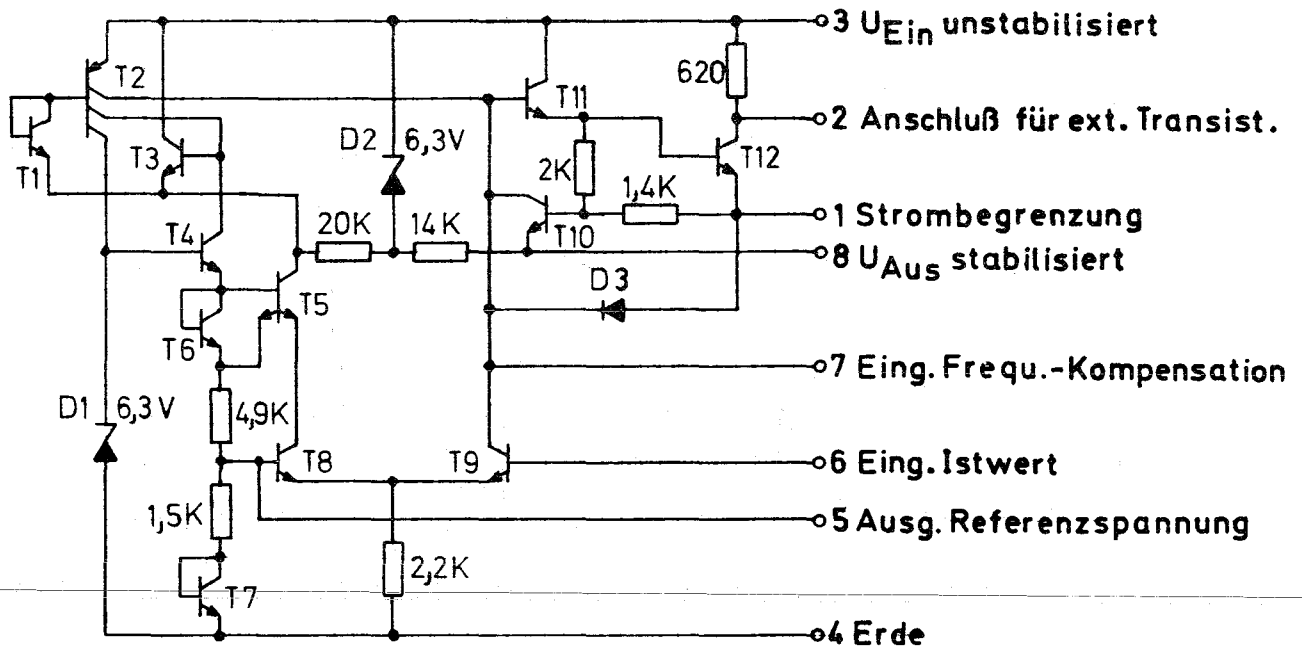


Abb. 2 Schaltbild des LM 300. (Nach Firmenangabe)

2. Entwurf von Netzgeräten mit dem Spannungsregler LM 300

Bei Verwendung des Spannungsreglers LM 300 zum Bau von stabilisierten Netzgeräten kommt man mit relativ geringem Aufwand an äußerer Beschaltung aus. Die gewünschte Ausgangsspannung wird durch den Spannungsteiler R_1 und R_2 bestimmt. (Siehe Abb. 1) Zur genauen Einstellung des Istwertes kann zwischen R_1 und R_2 ein Potentiometer R_3 geschaltet werden. (Abb. 5) Die Werte der Widerstände R_1 und R_2 können aus dem Diagramm Abb. 3 entnommen werden. R_3 soll ungefähr $1/4 \cdot R_2$ betragen.

Die Differenzspannung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung darf nicht kleiner als 3 V sein. Je größer sie ist, desto kleiner ist die prozentuale Änderung der Ausgangsspannung je Volt Eingangsspannungsänderung. Aus Abb. 4 können diese Werte abgelesen werden.

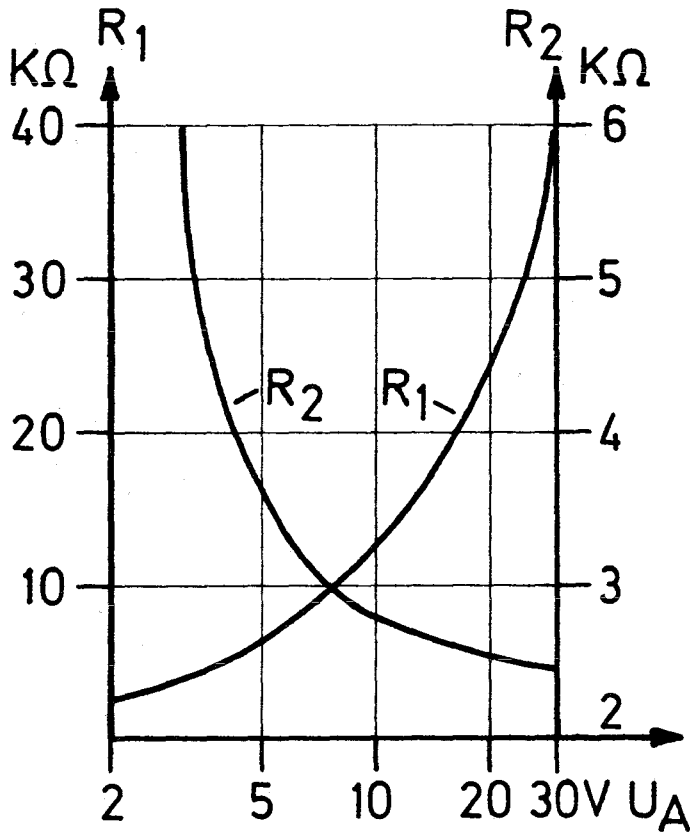


Abb. 3 Teilerwiderstände R_1 und R_2 als Funktion von U_A

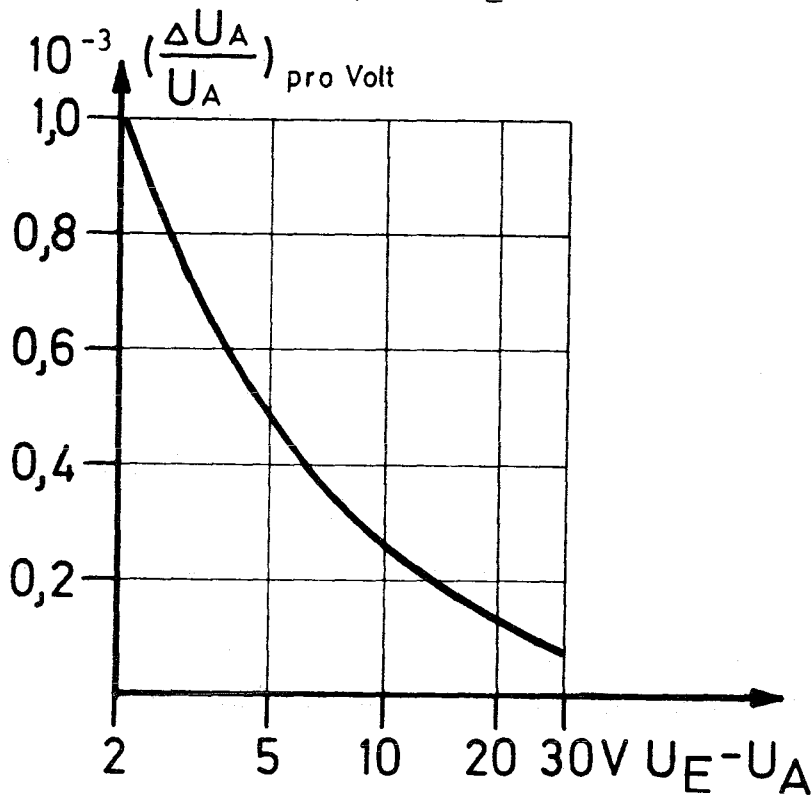


Abb. 4 Relative Ausgangsspannungsänderung $\left(\frac{\Delta U_A}{U_A} \right)$ für eine Eingangsspannungsänderung von 1 Volt, $\frac{\Delta U_A}{U_A}$ aufgetragen als Funktion der Spannungsdifferenz zwischen Eingang und Ausgang.

3. Grundschtaltung für 20 mA

Abb. 5 zeigt die Grundschtaltung für ein geregeltes Netzgerät für max. 20 mA.

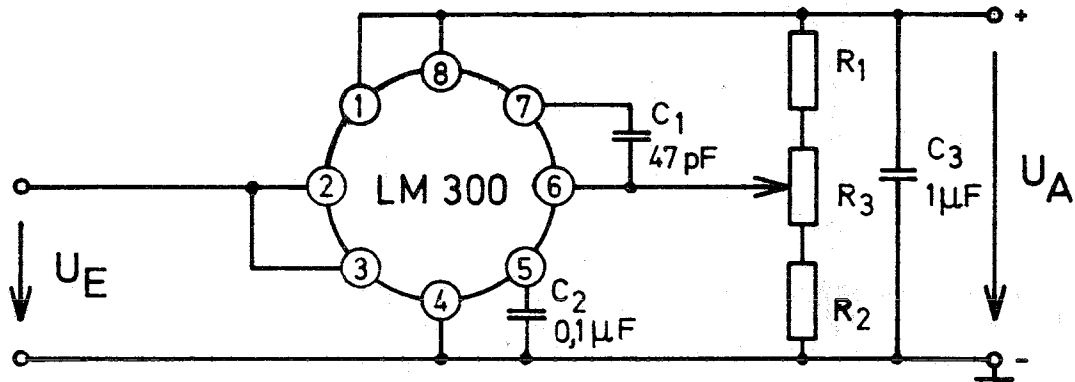


Abb. 5 Grundschtaltung des geregelten Netzgerätes mit monolithischem Baustein LM 300

Diese Schaltung gilt unverändert für alle nachfolgend beschriebenen Netzgeräte. Zwischen Anschluß 6 und 7 wird zur Frequenzkompensation des Verstärkers ein Kondensator von 47 pf angeschlossen. Zwischen Anschluß 5 und Erde (Anschluß 4) kann ein Kondensator von 100 nf angeschlossen werden. Damit erreicht man eine Siebung und damit eine Unterdrückung des Rauschens des Referenzelementes.

4. Netzgeräte für höheren Strom

Obwohl der LM 300 nur eine Verlustleistung von 300 mW hat, lassen sich mit diesem Baustein Netzgeräte für wesentlich höhere Lastströme bauen. Man muß lediglich die Kaskadenschaltung des Spannungsreglers um einen oder mehrere externe Transistoren erweitern. Der erreichbare Ausgangsstrom ist dann nur durch die Verlustleistung und den Kollektorstrom der verwendeten Transistoren begrenzt.

Abb. 6 zeigt die Ausführung eines stabilisierten Netzgerätes für einen Ausgangsstrom von 200 mA, der durch einen zusätzlichen Transistor (Abb. 7) auf 2 A erhöht werden kann.

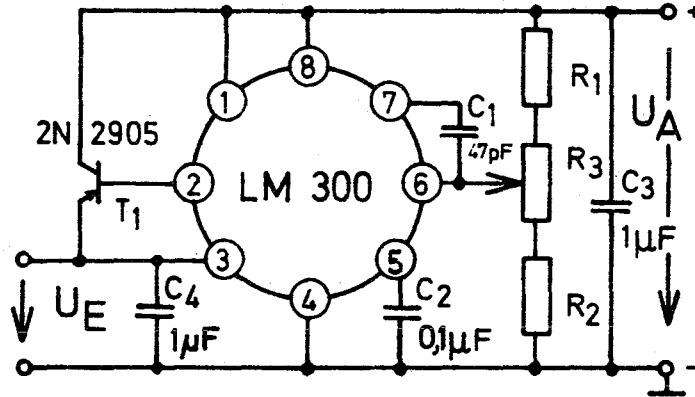


Abb. 6 Netzgerät für 200 mA Laststrom mit einem externen Transistor

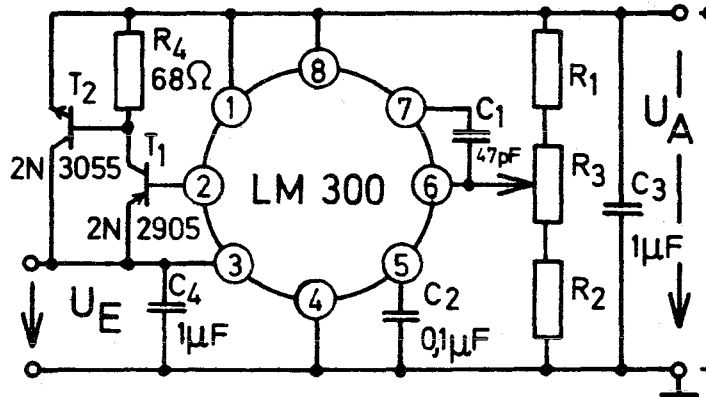


Abb. 7 Netzgerät für 2 A Laststrom mit zwei externen Transistoren

Um Schwingungen zu vermeiden, die durch die externe Rückkopplung über die zusätzlichen Transistoren entstehen können, müssen Eingang und Ausgang mit Tantal-Kondensatoren abgeblockt werden.

5. Strombegrenzung

Schaltet man zwischen die Anschlüsse 1 und 8 einen Widerstand R_5 , so erhält man für das Netzgerät eine strombegrenzende Wirkung. Der Strom durch diesen Widerstand (gleichzeitig der Ausgangsstrom des stabilisierten Netzgerätes) liefert den zur Strombegrenzung nötigen Spannungsabfall, mit dem der Ausgangstransistor T.12. (Abb. 2) des integrierten Bausteines LM 300 gesperrt wird. Aus der Kurve in Abb. 8 kann man entnehmen, daß zur Strombegrenzung ca. 0,35 V notwendig sind. Der Wert dieses Widerstandes ergibt sich aus $E = 0,35 \text{ V}$ und dem Ausgangsstrom I , bei dem die Strombegrenzung einsetzen soll.

Bei einer reinen Strombegrenzung fällt im Kurzschlußfall die gesamte Spannungsdifferenz zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung ($U_A \approx 0 \text{ Volt}$) an den gesteuerten Transistoren ab. Dadurch kann die Verlustleistung über den zulässigen Wert ansteigen und das Netzgerät trotz Strombegrenzung zerstört werden.

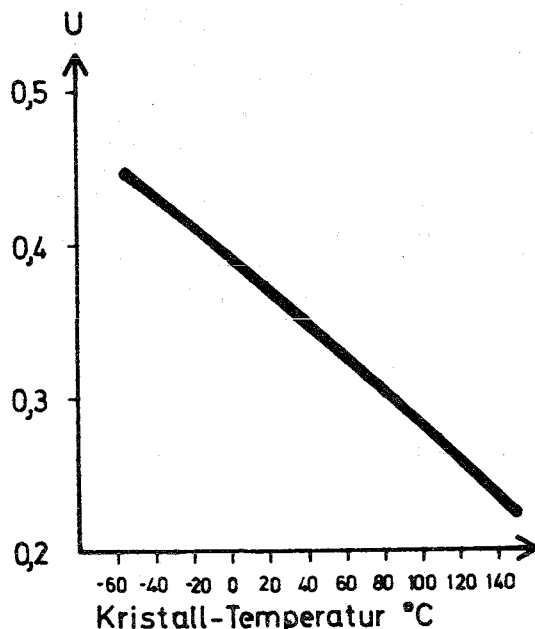


Abb. 8 Zur Strombegrenzung erforderliche Spannung in Abhängigkeit von der Kristalltemperatur.

Um die Verlustleistung in allen Fällen unter dem Grenzwert für den LM 300 und die externen Transistoren zu halten, muß der Ausgangsstrom eine Kennlinie nach Abb. 9 aufweisen. Der Ausgangsstrom fällt nach Erreichen des Kippunktes linear zum Kurzschlußstrom ab.

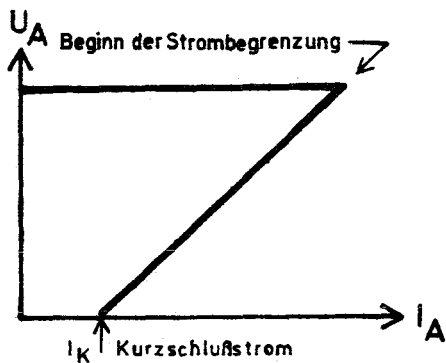


Abb. 9 Verhalten des Ausgangsstroms bei Kurzschluß

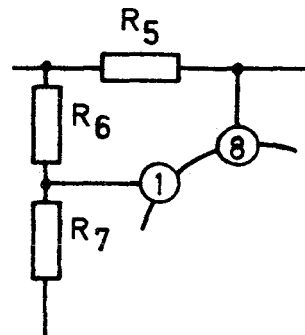


Abb. 10 Die zur Strombegrenzung erforderlichen Widerstände

Diese Forderung kann folgendermaßen erfüllt werden:

- a) Der Wert von R_5 richtet sich nach dem maximal zugelassenen Strom für kurzgeschlossenen Ausgang.

Soll dieser Strom beispielsweise 0,7 A betragen, so wird

$$R_5 = 0,35/0,7 = 0,5 \text{ Ohm}$$

- b) Das Netzgerät soll aber im Normalbetrieb 2 A liefern. Dies ist jedoch mit dem oben berechneten Wert des Widerstandes nicht möglich, da die Spannung über dem Widerstand nach obiger Rechnung bereits bei einem Strom von 0,7 A den Wert von 0,35 V erreicht hat und die Strombegrenzung einsetzen würde. Es muß also eine Gegenspannung erzeugt werden, die im Normalbetrieb die Spannung über R_5 genügend klein hält. Diese Spannung wird über den Spannungsteiler R_6 und R_7 erzeugt. (Abb. 10)

Im Folgenden soll an einem praktischen Beispiel gezeigt werden, wie die Werte der Widerstände bestimmt werden können. Die Berechnung kann in gleicher Weise auch für jeden anderen gewünschten Wert der Strombegrenzung durchgeführt werden.

Das Netzgerät soll in diesem Beispiel 2 A Ausgangsstrom liefern und die Strombegrenzung soll bei 3 A einsetzen. Der Kurzschlußstrom soll 0,7 A sein, und die Ausgangsspannung soll 10 V betragen. Der Widerstand R_5 ergibt sich nach 5 a zu 0,5 Ohm.

Nach Festlegung von R_5 erhält man bei 3 A Ausgangsstrom an diesem Widerstand einen Spannungsabfall von 1,5 V.

Da aber zwischen Anschluß 1 und 8 nur 0,35 V anliegen dürfen, muß die Differenz zwischen 1,5 V und 0,35 V also 1,15 V kompensiert werden. Dies geschieht über den Spannungsteiler R_6 und R_7 .

Durch diesen Teiler sollen nach Angaben der Herstellerfirma des LM 300 etwa 20 mA fließen. (Zwischen 17 mA und 23 mA sind zugelassen) Bei einer Ausgangsspannung von 10 V liegen über diesem Spannungsteiler etwa 11 V. Für 20 mA ergibt sich damit ein Wert von 550 Ohm für $R_6 + R_7$.

An R_6 sollen bei 20 mA 1,15 V abfallen.

$$R_6 = 1,15 / 0,02 = 57,5 \text{ Ohm}$$

R_7 ergibt sich dann zu $550 \text{ Ohm} - 57,5 \text{ Ohm} = 492,5 \text{ Ohm}$.

Verwendet wurden für $R_6 = 56 \text{ Ohm}$ und für $R_7 = 470 \text{ Ohm}$.

Die Meßresultate für diese Auslegung sind in Abb. 16 dargestellt.

6. Praktische Ausführung eines Netzgerätes für 2 A Laststrom

Abb. 11 zeigt die komplette Schaltung eines von uns entworfenen und gebauten Netzgerätes. Die Werte der Teilerwiderstände, die die Ausgangsspannung festlegen, sind den Kurven der Abb. 3 entnommen. Für 10 V Ausgangsspannung ergaben sich $R_1 = 11 \text{ K}\Omega$ und

$R_2 = 2,2 \text{ K}$. Verwendet wurden $1/2$ Watt Widerstände der Normreihe E 24. Der in Abb. 5 gezeichnete regelbare Widerstand R_3 ist weggelassen, damit die Spannung nachträglich nicht mehr verändert werden kann. Um Exemplarstreuungen des LM 300 auszugleichen, werden die Werte der Widerstände R_1 und R_2 aus gesucht.

Die Berechnung der Werte der Widerstände für die Strombegrenzung wurde entsprechend Kapitel 5 durchgeführt. Für R_5 wurde ein mit 4 Watt belastbarer Drahtwiderstand und für R_6 und R_7 $1/2$ Watt Kohleschichtwiderstände verwendet.

Der 47 pF Kondensator für die Frequenzkompensation des Verstärkers ist ein Styroflexkondensator. Eingang und Ausgang wurden mit Tantalkondensatoren von $1 \text{ } \mu\text{F} / 35 \text{ V}$ abgeblockt.

Die externen Transistoren 2 N 2905 (pnp Silizium) und 2 N 3055 (nnp Silizium) wurden von der Herstellerfirma des LM 300 als zusätzliche Transistoren vorgeschlagen.

Die unregelmäßige Gleichspannung wird über einen Silizium Brückengleichrichter B 40 C 2200 gewonnen und mit einem Elko von $5000 \text{ } \mu\text{F} / 35 \text{ V}$ geglättet. Für alle unsere Netzgeräte wird einheitlich der gleiche Netztransformator verwendet. Kern und Primärwicklung sind für alle Anwendungen die gleichen. Lediglich die Sekundärwicklungen werden den gewünschten Ausgangsspannungen angepasst.

Kern: Schnittbandkern SM 65 x 0,30 mm aus Trafoperm N 2
Garantie N 2 - 110, Ausführung A der Fa. Vacuumschmelze,
Hanau

Spule: M 65

W_1 : $0,36 \text{ } \varnothing \text{ CuL}$ doppelt isoliert
1320 Windungen (Anfang gelb, Ende braun)

Wicklung in Epoxydharz vergossen. Eine Lage Cu Folie befindet sich als Abschirmung zwischen Primär- und Sekundärwicklung. Der Netztransformator und der Siebkondensator werden vom Netzgerät getrennt montiert.

Abb. 12 zeigt den Aufbau des oben beschriebenen Netzgerätes EKP - LM 300. Mit Ausnahme des Leistungstransistors 2 N 3055 sind alle Bauteile auf einer Epoxydharz Platine von 60 mm x 45 mm Größe untergebracht. Auf dieser Platine befinden sich alle Bauteile für die Erzeugung der stabilisierten Spannung mit einem Ausgangsstrom von 200 mA. Der Transistor 2 N 3055 ist auf einen Kühlkörper montiert. Der Kühlkörper ist 95 mm lang und wird von der Fa. Assmann unter der Nr. 104429 als Meterware geliefert. Die mittleren Kühlrippen sind vom unteren Ende aus 46 mm weit weggefräht, um Platz für die Platine und den Gleichrichter zu schaffen. Somit ergibt sich eine sehr kompakte Bauweise. (Größe 28 x 65 x 108 mm ohne Transformator) Die Netzteile wurden für die Spannungsversorgung der digitalen Einheiten des universellen Meßwerterfassungssystems DATA^{x)} entwickelt. Bisher arbeiten etwa 20 dieser Netzteile mit unterschiedlichen Ausgangsspannungen und Belastungen in unseren Geräten störungsfrei.

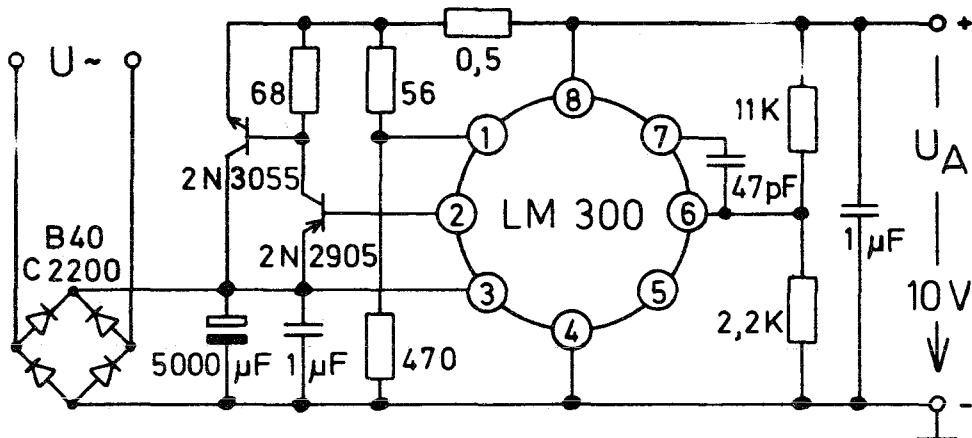


Abb. 11 Vollständiges Schaltbild des Netzgerätes EKP - LM 300

x) Eine Beschreibung des gesamten Systems DATA erscheint als KFK-Bericht. Nr. 912

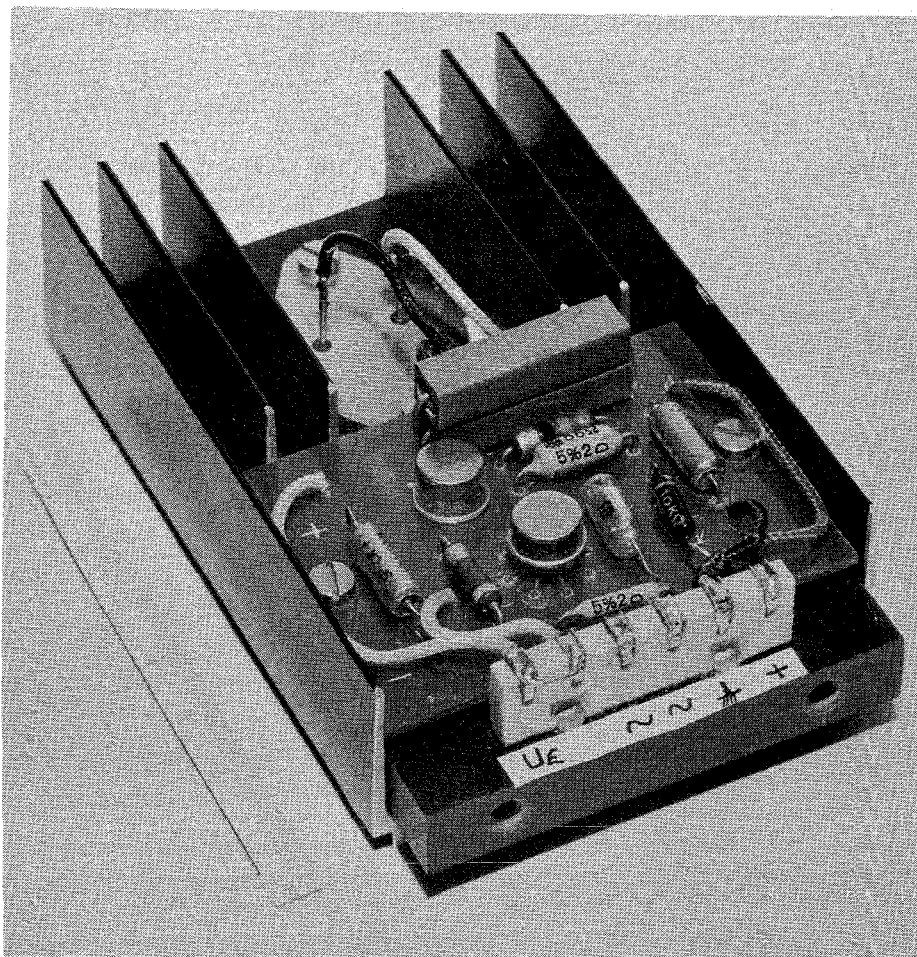


Abb. 12 EKP - LM 300

7. Meßergebnisse

An 5 Netzgeräten, die mit dem LM 300 aufgebaut worden waren wurden die elektrischen Eigenschaften untersucht. Die Messungen zeigten eine sehr gute Übereinstimmung zwischen diesen Netzgeräten. Die Messergebnisse, die in Abb. 14, Abb. 15 und Abb. 16 dargestellt sind stammen von demselben Gerät. Alle Messungen wurden bei Zimmertemperatur (ca. 20°C) durchgeführt.

Abb. 13 zeigt den Aufbau der Meßschaltung. Die Netzspannung wurde mit Hilfe eines Regeltrafos um +10 % und -15 % verändert. Der Ausgang des Netzgerätes wurde mit einem reinen Ohmschen Widerstand belastet und der Ausgangsstrom mit einem Vielfachinstrument der Güteklasse 1,5 gemessen. Die Ausgangsspannung wurde mit einem vierstelligen Digitalvoltmeter und die Restwelligkeit mit einem Oszillographen gemessen.

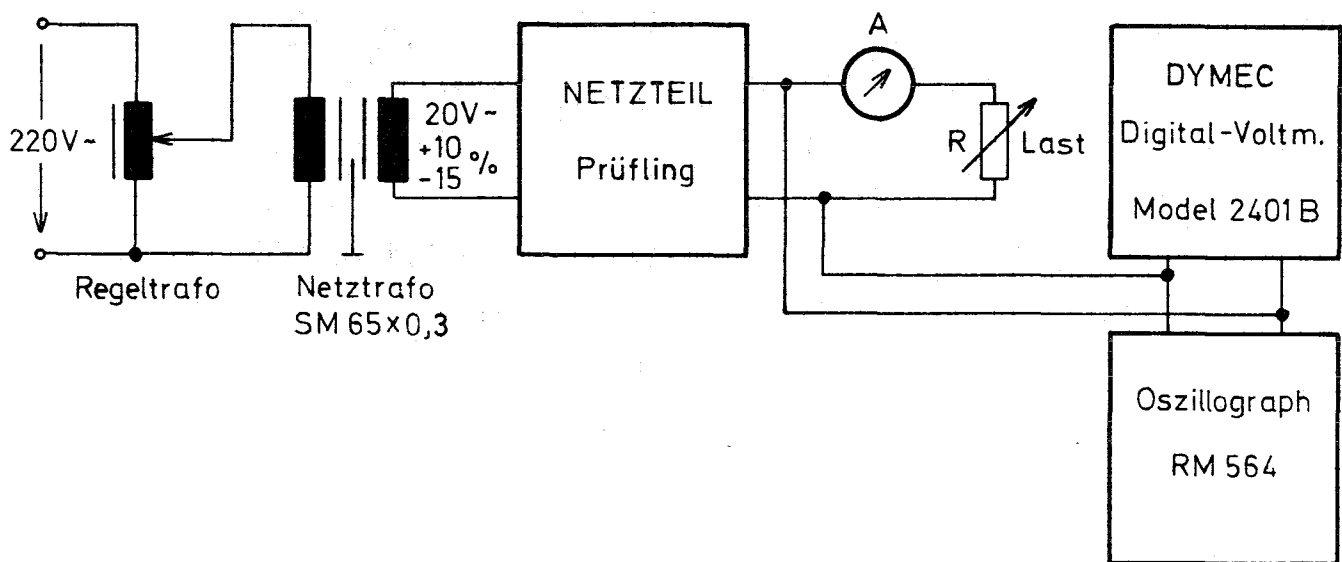


Abb. 13 Anordnung der Meßschaltung

Die erste Messung zeigt die Abhängigkeit der Ausgangsspannung von der Änderung der Eingangsspannung. (Abb. 14) Der Sollwert der Eingangswechselspannung betrug 20 Volt. Dieser Wert wurde zwischen 17 V (-15 %) und 22 V (+10 %) verändert. Die Ausgangsspannungsänderung wurde im Leerlauf, bei einem Laststrom von 1 A und bei 2 A gemessen. Die Kurven zeigen, daß sich die

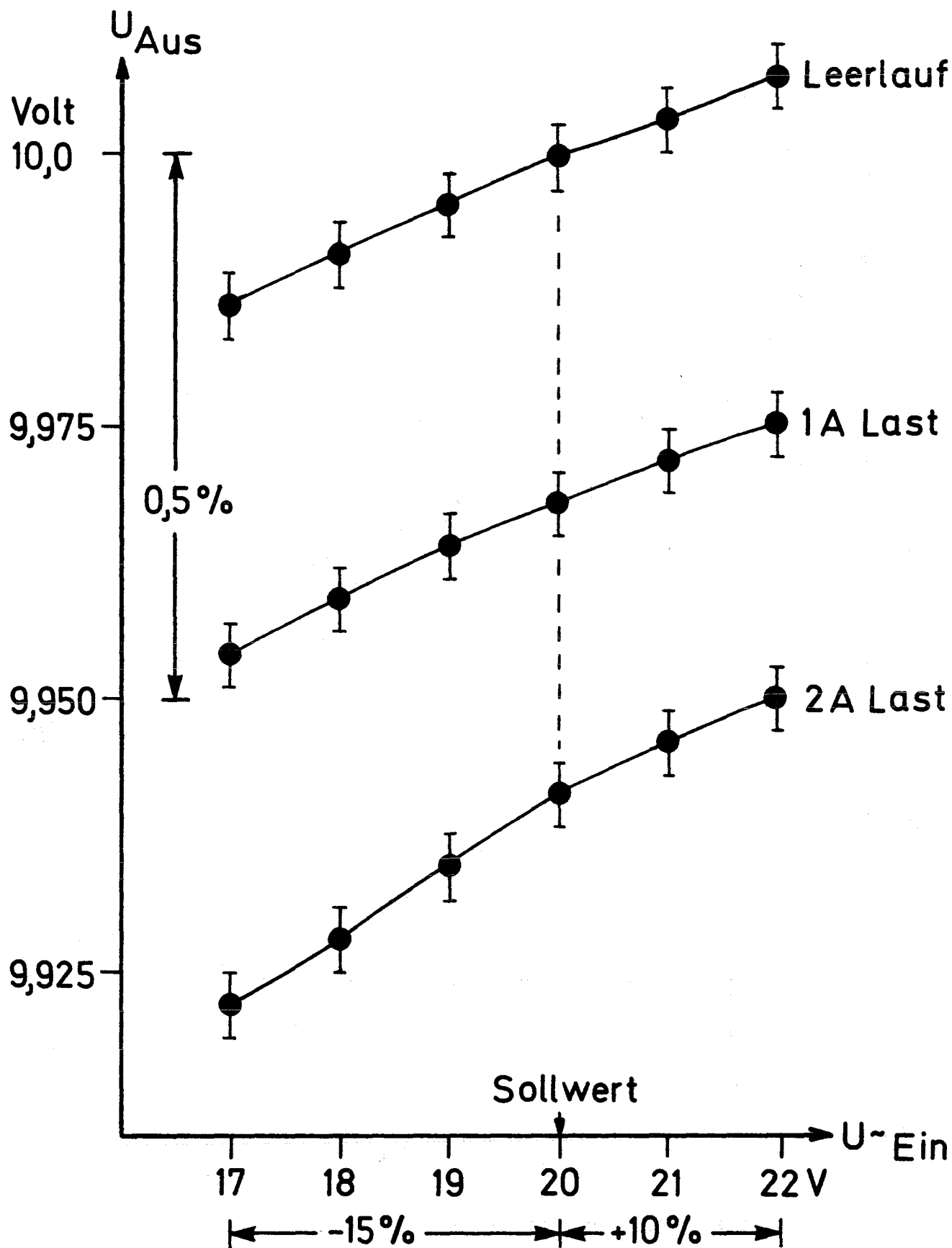


Abb. 14 Verhalten der Ausgangsspannung bei Änderung der Eingangsspannung.

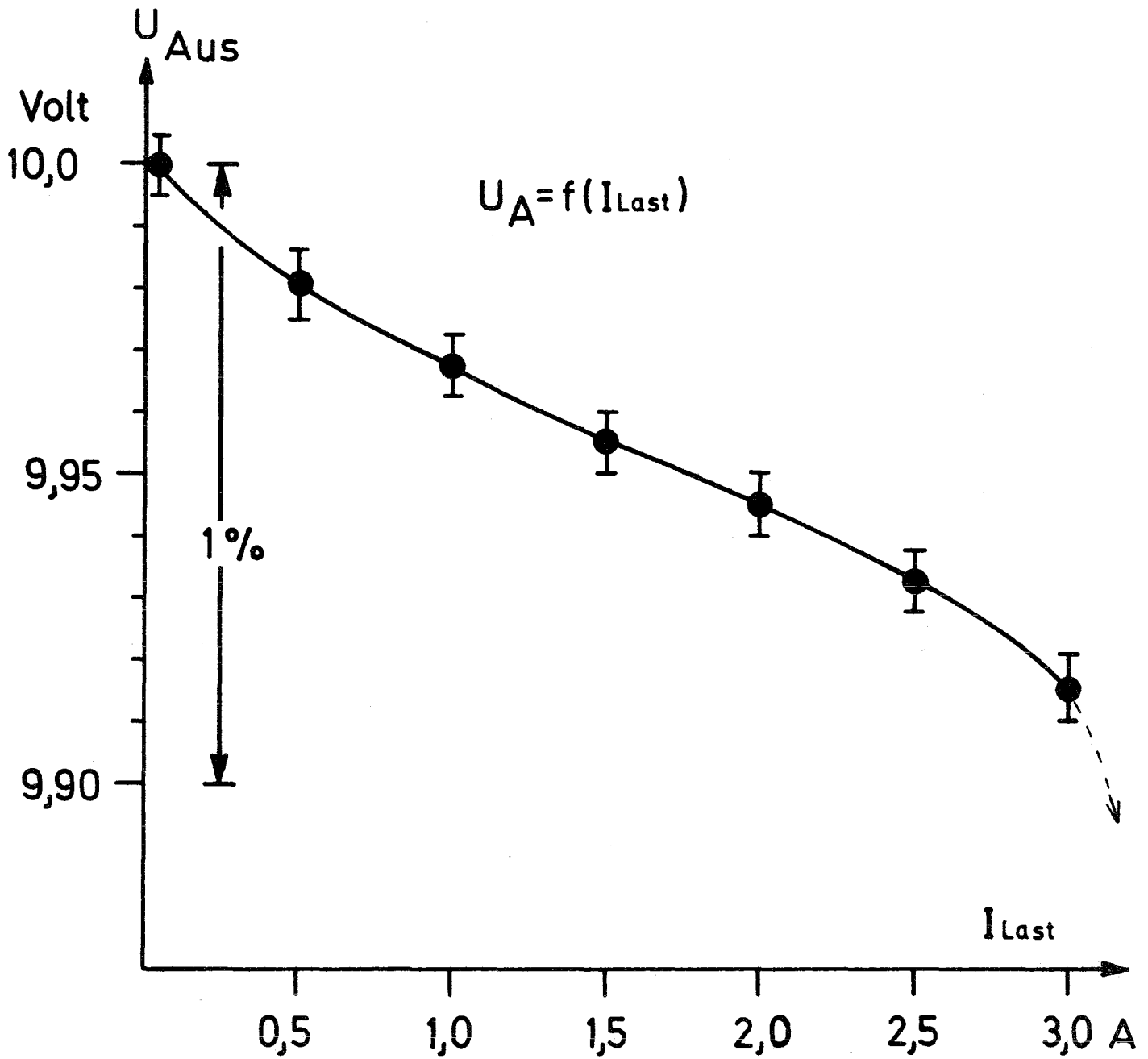


Abb. 15 Verhalten der Ausgangsspannung bei Laständerung

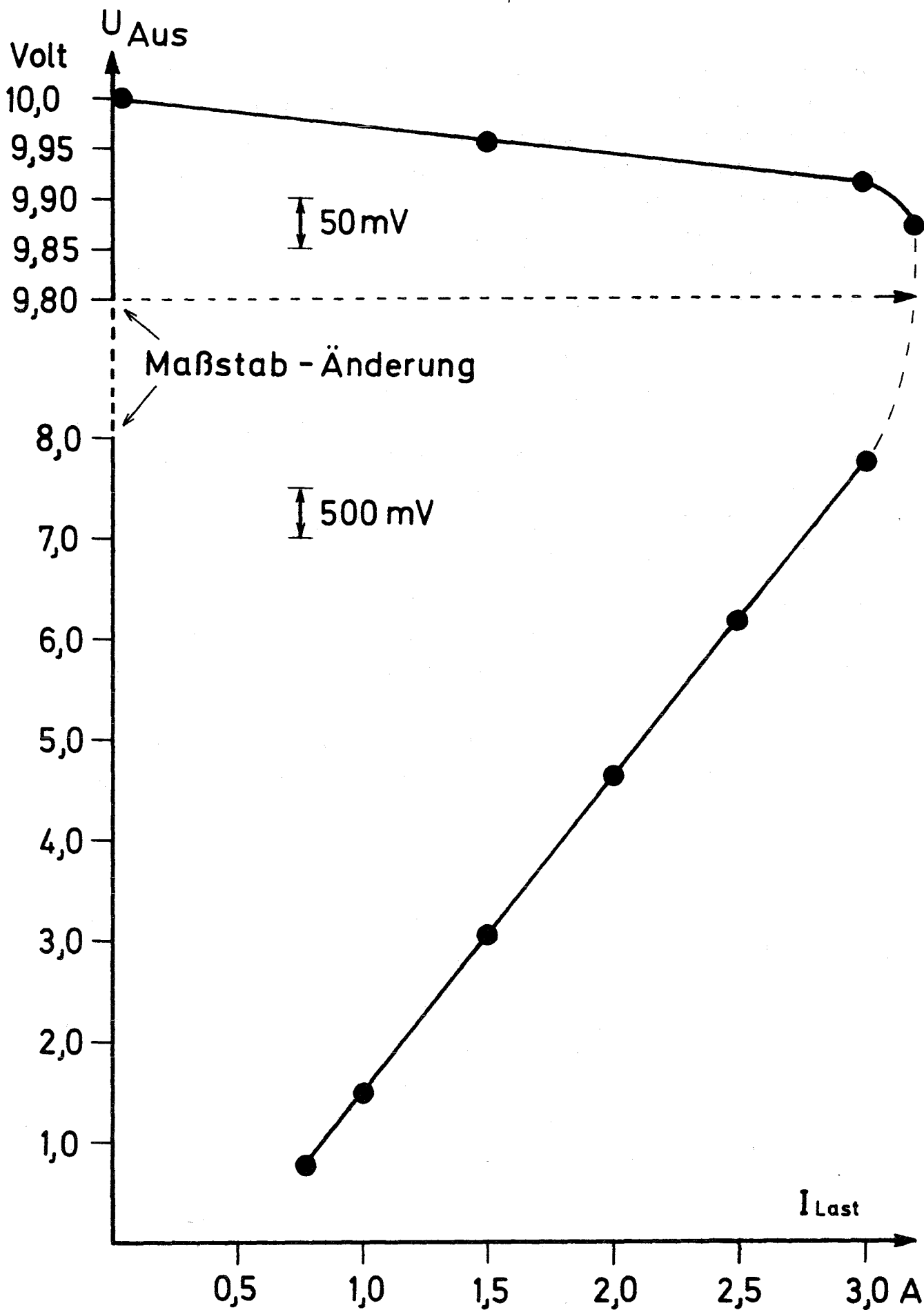


Abb. 16 Strombegrenzung

Ausgangsspannung bei einer Erhöhung der Eingangsspannung um 10 % bei allen drei Messungen jeweils um 0,08 % erhöht. Bei Verminderung der Eingangsspannung um 15 % erniedrigt sich die Ausgangsspannung bei Leerlauf und 1 Amp. Laststrom um 0,15 % und bei 2 Amp. um 0,18 %. Dies ergibt im Mittel eine Ausgangsspannungsänderung von 0,05 %/V. Wie aus Tabelle 1 hervorgeht, entspricht dieses Verhalten den von der Herstellerfirma angegebenen Werten.

Diese Eigenschaften gegenüber Ausgangsspannungsänderung entsprechen den Anforderungen für die Verwendung der Netzgeräte zur Spannungsversorgung in der digitalen Elektronik. Wird eine wesentlich höhere Konstanz der Ausgangsspannung gegenüber Eingangsspannungsänderungen gefordert, so kann dies durch zusätzliche Vorstabilisierung mit einem verhältnismäßig geringen Mehraufwand erreicht werden.

Abb. 15 zeigt die Abhängigkeit der Ausgangsspannung vom Laststrom. Der statische Innenwiderstand des Netzgerätes beträgt 25 mOhm. Die Ausgangsspannung ändert sich um 25 mV pro 1 Ampere Laststrom.

Abb. 16 zeigt die Messung der Strombegrenzung. Bei dieser Messung werden die nach Abschnitt 5 berechneten Werte für den Einsatz der Strombegrenzung und den Kurzschlußstrom voll bestätigt.

Die Restwelligkeit der Ausgangsspannung wurde bei 10 V und 2 Amp. Laststrom gemessen. Sie betrug bei allen Netzgeräten weniger als 1,5 mV.

Wie die vorliegenden Messungen zeigen, kann man mit dem LM 300 einfache Netzgeräte bauen, die eine außerordentlich gute Betriebssicherheit zeigen und nur wenige zusätzliche Bauelemente benötigen. Trotz des einfachen Aufbaues wird das Netzgerät EKP - LM 300 bereits vielen Anforderungen gerecht.

Herrn Dr. H. Brückmann danke ich für sein Interesse an dieser Arbeit und für seine wertvollen Anregungen. Herrn W. Augenstein danke ich für die Durchführung der Messungen und die Hilfe bei der Zusammenstellung der Zeichnungen.

Literaturverzeichnis

- | | |
|--|--|
| R. J. Widlar | "A versatile, monolithic voltage Regulator"
Applikationsbericht von NSC |
| Dipl.-Ing. H. Bienert | "Geregelte Netzgeräte mit integrierten Bausteinen"
Elektronikpraxis 3. Jahrgang Heft 6 |
| Tom Thorckelson | "LM 300 Current Limiting"
Applikationsbericht von NSC |
| H. Brückmann | DATA, ein elektronisches Meßwert-
erfassungssystem
KFK-Bericht 912 |
| H. Brückmann, P. Fluck
H. Matthäy, L. Schänzler | DATA-LOG ein Gerät für die Steuerung
der logischen Funktionen im System
DATA.
KFK-Bericht Nr. 897 |