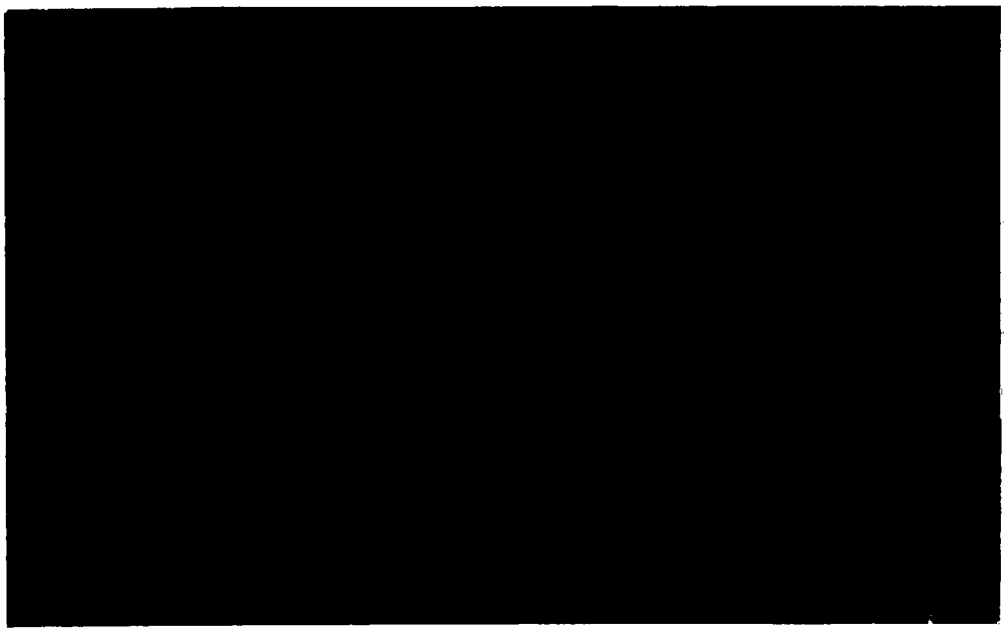


Arbeitsberichte der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt
Rapports de travail de l'Institut Suisse de Météorologie
Rapporti di lavoro dell'Istituto Svizzero di Meteorologia
Working Reports of the Swiss Meteorological Institute

Zürich

Nr. 20

Automatischer Niederschlagsmesser für kaltes Klima

Regenmesser nach dem Waageprinzip mit geregelter Heizung und Fernübertragung der Messwerte

von E. Tognini
(Osservatorio Ticinese della CMS, Locarno-Monti)

Angewandte Meteorologie 551.508.77

April 1971

Zusammenfassung

Um die Fernmessung der Niederschläge zu ermöglichen, wurde ein Wippenregenmesser konstruiert. Eine regulierbare elektrische Heizung erlaubt auch Messungen in kalten Gebieten.

Resumé

Pour mesurer les précipitations aussi à distance, on a construit un pluviograph après le principe de la balance. Pour lui permettre de fonctionner aussi dans les régions froides, il a été doté d'un chauffage électrique réglable.

Riassunto

Per la misurazione delle precipitazioni anche a distanza, si é costruito un pluviografo secondo il principio della bilancia. Per consentire il funzionamento anche in regioni fredde, l'apparecchio é stato dotato di un riscaldamento elettrico regolabile.

Summary

A tipping-bucket rain-gauge has been constructed for remote measurements. A regular electrical heating device also guarantees proper functioning in cold areas.

1. Einleitung

In Locarno-Monti ist seit Jahren ein automatischer Regenmesser in Betrieb, der im Rahmen wolkenphysikalischer Studien entwickelt wurde. Ueber die Konstruktion nach dem Waageprinzip haben J.Joss und E.Tognini bereits berichtet (1).

Gestützt auf die guten Resultate, welche in diesem Jahre erzielt worden sind, haben wir eine bessere Ausführung mit geregelter Heizung gebaut und ausprobiert. Der Regenmesser kann damit auch bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt in Funktion bleiben.

2. Konstruktion

Die Apparatur besteht aus folgenden Teilen:

a) dem Auffanggefäss (Typ Hellmann, Fig. 1),
b) der Einrichtung zur automatischen Niederschlagsmessung,
c) der entwickelten Heizvorrichtung.

a) 1. Das Auffanggefäss

Die Niederschläge werden im wesentlichen mit einem Regenmesser-Auffanggefäss nach Hellmann erfasst. Das Auffanggefäss (Fig. 1) wird durch einen scharfkantigen, abgeschrägten Messingring auf eine 200 cm^2 grosse Auffangfläche begrenzt, der an einen Kupferzylinder von 18 cm Durchmesser und 30 cm Höhe angelötet ist. Ein runder Gummiring auf dem Messingring dient zur Abdichtung zwischen Auffanggefäss und Aussenzylinder.

2. Der Aussenzylinder

Eine Messinghülle (Fig. 2), im Innern mit Asbestfolie und Isolationsmaterial verkleidet, dient als mechanischer Schutz sowie zur thermischen und elektrischen Abschirmung der Auffangvorrichtung. Zur Befestigung des Regenmessers an einem Mast (siehe Fig. 4) ist eine Messingplatte mit zwei Briden und

vier Schrauben angelötet. Auffanggefäss und Aussenzylinder sind nur bei Reparaturen zu demontieren. Zum Schutz gegen die Sonnenstrahlung sind beide Zylinder vernickelt. Ihr Gewicht beträgt zusammen ca. 7 kg.

b) Die Einrichtung zur automatischen Niederschlagsmessung

Von dem sich im Innern des Auffanggefässes befindlichen Trichter wird der Niederschlag aufgefangen, und auf das in Locarno entwickelte Messsystem geleitet (siehe oben erwähnte Publikation). Das Messsystem besteht aus einer als Kippwaage ausgebildeten Wippe (Fig. 3) aus Messing, mit einem Inhalt von 2 cm^3, entsprechend einem Niederschlag von 0,1 mm Regen. Für schwache und starke Intensitäten kann mit einer Genauigkeit von $\pm$ 5% gerechnet werden.

Auf der Wippe ist ein Permanentmagnet (5) angebracht, welches bei jedem Kippvorgang einen Reedkontakt (6) während 60-80 ms schliesst.

Um die Lebensdauer des Kontaktes zu erhöhen, wurde er mit einem Transistor-Verstärker ausgerüstet (belastbar bis 300 mA). Ein auf der Frontplatte des Steuergerätes montierter Impulszähler registriert die Anzahl Kippvorgänge der Wippe. Mit einem Druckknopf kann der Zähler wieder in die Nullstellung gebracht werden (Fig. 4).

Ueber 2 Buchsenanschlüsse am Speisegerät können weitere Zähler, sowie Tonbandgeräte, Telefonleitungen, Computer oder Lochstreifengeräte angeschlossen werden.

Die Figur 5 zeigt die Registrierung eines Niederschlages vom 20. August 1970. Der Drucker druckt jede Minute die Anzahl Impulse (1 Impuls entspricht 0,1 mm Niederschlag); falls der Regenmesser keine Impulse abgibt, erfolgt kein Ausdruck.

Da im Sommer bei Gewittern öfters Netzausfälle vorkommen, wird das Wippensystem mit Gleichstrom aus einer Akkumulatorenbatterie

gespeist (Fig. 6).

Das Gerät arbeitet seit 5 Jahren einwandfrei.

c) Geregelte Heizung (Fig. 7 und 8)

Die auf konstante Temperatur einstellbare Heizvorrichtung soll tadelloses Arbeiten des Niederschlagsmessers, selbst bei sehr kalter Witterung, erlauben.

Eine brauchbare Heizungskonstruktion muss einige wichtige Anforderungen erfüllen: z.B. guter thermischer Kontakt mit der zu heizenden Fläche, Verwendung von Wechselspannung unter 50 V (SEV-Vorschriften; Vermeidung von elektrolytischer Korrosion), kontaktlose Schaltungen.
Ferner sind an die Einzelteile in bezug auf Heizintensität verschiedene Anforderungen gestellt. Die Temperatur am Messingring und am Ablauftrichter muss hoch genug sein, um auch bei tiefen Temperaturen und starkem Wind die Niederschläge sicher zu schmelzen (sonst fallen die am Messingring angehäuften Schnee- und Eisteilchen ebenfalls in das Affanggefäss oder werden vom Wind dort hinein geblasen).

Am Auffangtrichter hingegen darf die Temperatur nicht zu hoch sein, um Verdampfung der Niederschlagsteilchen zu vermeiden. Es sind deshalb zwei verschiedene, voneinander unabhängige, vollelektronische Regelkreise vorgesehen worden.

Jeder Regelkreis besteht aus einer integrierten Schaltung. Sie ist von einer Brücke gesteuert, die aus einem Thermistor NTC (als Istwert-Fühler) und einem Potentiometer zur Sollwerteinstellung zusammengesetzt ist. Die integrierte Schaltung steuert ihrerseits über Triacs die Heizwiderstände.

Als Heizkörper haben wir einen dünnen, isolierten und von einem Ni-Cr-Mantel geschützten Heizdraht gewählt und an die erwähnten Flächen angelötet.

Ein Rohrwiderstand auf dem Ablauftrichter garantiert, dass sich das Regenwasser entleert ohne zu gefrieren.

Die Einrichtung wird mit 220 V oder 110 V, 50 Hz über einen Trafo 220/40 V von 180 W Leistung gespeist. Von diesem Betrag wurden ca. 95 W für den Aussenzylinder und 85 W für den Auffangtrichter benötigt, falls die Heizung in Betrieb ist.

Die zum Auftauen der Niederschläge erforderliche Leistung kann nur grob im voraus berechnet werden; dies gilt vor allem für den am Wind exponierten Messingring. Wir haben deshalb diesen Leistungsbedarf durch Messungen in Locarno-Monti nachkontrolliert und zwar bei Lufttemperaturen bis -10° C und einem künstlich erzeugten Wind(Ventilator!) von 22 km/Std. (Fig. 9). Bei diesen Verhältnissen wurden max. 45 W benötigt. Durch Extrapolation der erhaltenen Resultate (Kurve 4) ist zu erwarten, dass bei der vorhandenen Trafo-Leistung das Gerät bei Temperaturen bis -20° C bei einer gleichzeitigen Windstärke von 50 km/Std (Mittelwert) noch einwandfrei funktionieren dürfte.

Der Transformator ist zusammen mit dem Impulstotalisator in einem Speisegerät eingebaut, das mit einem Kabel an den Regenmesser angeschlossen wird. Kontrollampen zeigen die jeweils eingeschalteten Heizungen an. Ueber Potentiometer können Temperatursollwerte zwischen 6 - 10° C für den Ring bzw. zwischen 4 - 8° C für das Auffanggefäss eingestellt werden.

3. Eichungen und Betriebserfahrungen

Vor der Aufstellung des Regenmessers wird im Labor der Kippinhalt der Wippe durch zahlreiche Eichungen auf 2 cm^3 eingestellt. Es ist ratsam, einige Male im Jahr die Messgenauigkeit zu kontrollieren. Hierfür wird das Regenwasser gesammelt und das Gewicht mit dem Total der Impulse verglichen. Der Mittelwert muss zwischen 1,90 bis 2,10 cm^3 liegen (2,0 cm^3 $\pm$ 5%). Der Kippinhalt kann durch Anpassung der Lage der Wippenanschläge reguliert werden. (2 Schrauben, Fig. 4).

Unter Umständen ist auch der Wippenbehälter zu reinigen (durch Zuschütten vom Warmwasser mit einem Waschmittel).

Die Fig. 10 zeigt den Kippinhalt der Wippe für den in Locarno aufgestellten Regenmesser, in Abhängigkeit von der Regenintensität bzw. der Anzahl von Kippvorgängen pro Minute und zwar nach Labormessungen, (wie wir sie einige Male im Jahr durchführen, siehe Tabelle 1).

Bei starken Niederschlägen ist der Fehler relativ hoch; Gewitterregen von mehr als 2,0 mm/min sind allerdings selten. Die Mehrheit der Niederschläge liegt um 1,0 mm/min, hier beträgt der Messfehler ca. 3%.

Eine andere Kontrolle gab der Vergleich des Wippenmesssystems mit einem normalen, handbedienten Hellmann-Pluviometer, bei welchem die Regenhöhe zweimal im Tag mit Messzylinder abgelesen wurde, (Fig. 11). Man sieht die gute Uebereinstimmung der Messungen der beiden Regenmesser. Die Abweichungen sind in der gleichen Grössenordnung wie sie bei Regenmessern vom gleichen Typ gefunden werden.

Die Verwendung des ergänzten Gerätes mit regulierbarer Heizung ist besonders auf den Bergstationen zu empfehlen; anstatt nach jedem Schneefall den Niederschlag mit heissem Wasser zu schmelzen, erfolgt dies unmittelbar durch die Heizung und die Werte können direkt auf einen Impulszähler in einem Raum übertragen werden. Dies hat sich bei dem im Dezember 1970 in unserer Bergstation Airolo (1145 m/M) aufgestellten, automatischen, heizbaren Regenmesser mit Fernübertragung der Messwerte bestätigt (Fig. 12).

Zur Registrierung der Impulse ist ein Sodeco-Drucker aufgestellt. Eine am Buchsenanschluss des Speisegerätes angeschlossene Zusatzschaltung bewirkt, dass die Werte jede Minute gezählt werden, wobei der Zählerstand auf Null zurückgesetzt wird. Während den niederschlagsfreien Zeiten wird der Registriervorschub blockiert. Die Minutenimpulse werden mit einem 220 V 50 Hz Synchronmotor erzeugt.

Obwohl es noch zu früh ist, um umfassende Resultate bekannt zu geben, möchten wir doch zum Abschluss die Wirksamkeit der regulierten Heizung an einem Beispiel demonstrieren. Die Fig. 13 zeigt die an zwei Punkten des Pluviometers gemessenen Temperaturen und zwar bei einer Lufttemperatur bis -12° C und starkem Wind. Die Temperaturen wurden dabei direkt an den NCT-Widerständen gemessen und mit einem Registriergerät festgehalten. Die Aussentemperaturen sind den üblichen Termographen-Aufzeichnungen entnommen.

Literatur

1) J.Joss und E. Tognini: Ein automatisch arbeitender Ombrograph mit grossem Auflösungsvermögen und mit Fernübertragung der Messwerte.

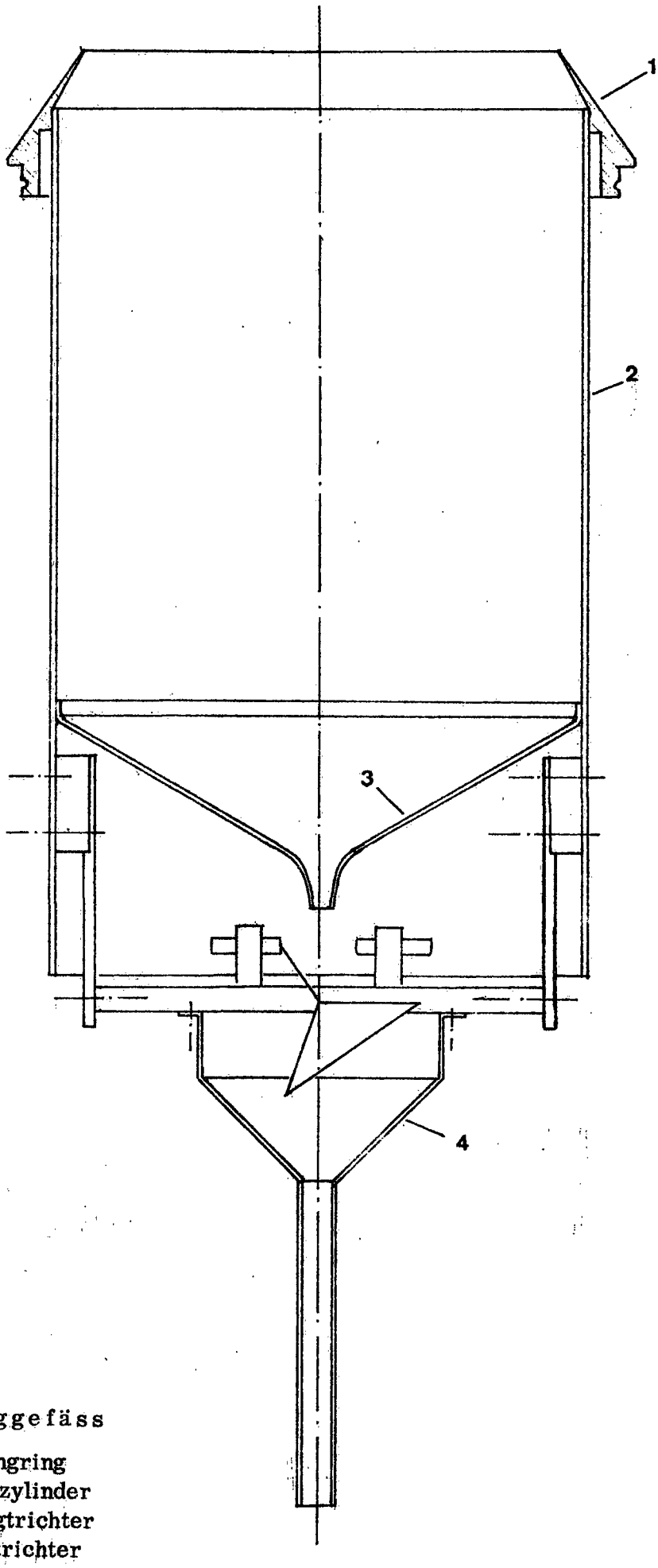


Fig. 1 das Auffanggefäss

1 Messingring
2 Kupferzylinder
3 Auffangtrichter
4 Ablauftrichter

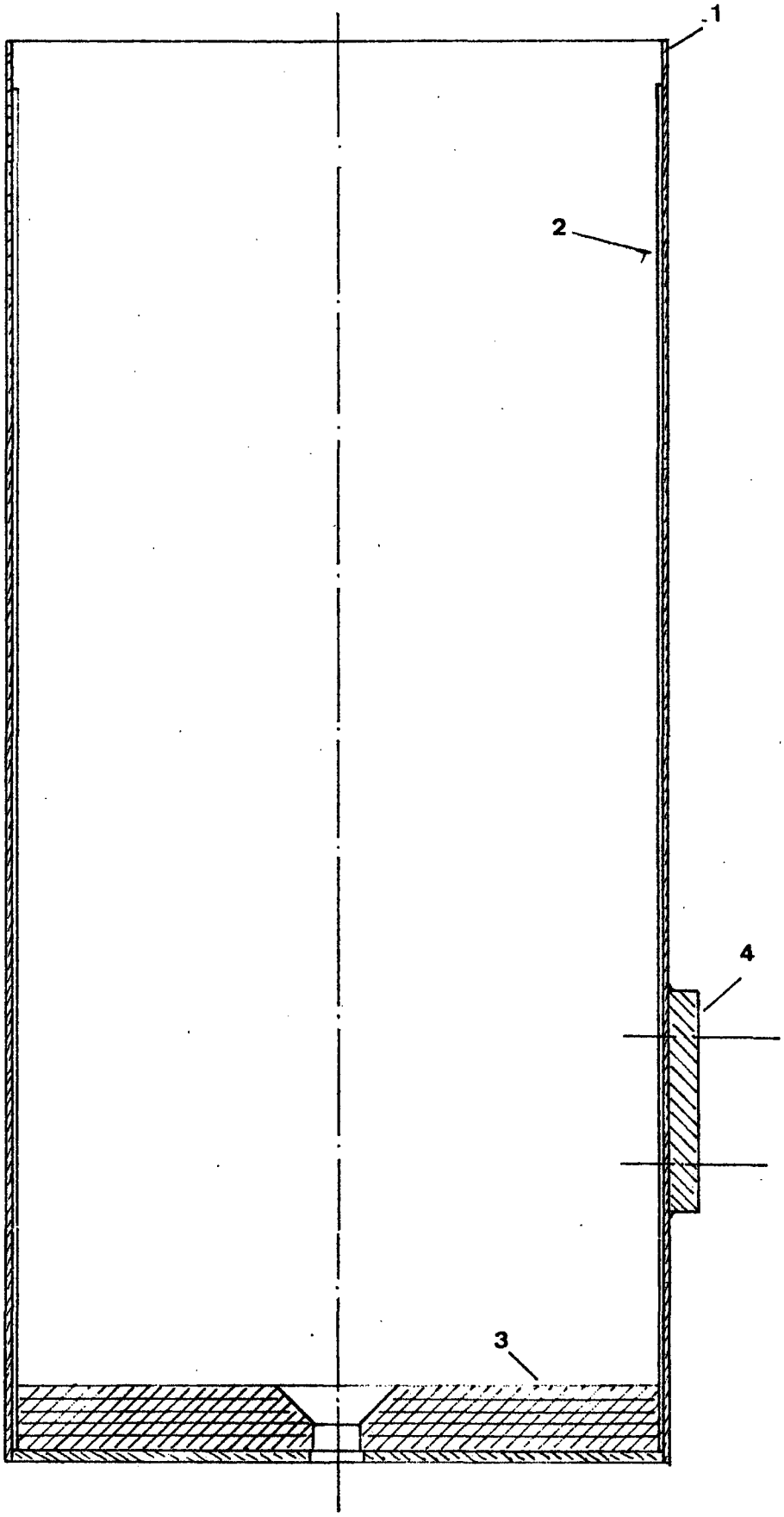


Fig. 2 der Aussenzylinder

1 Messinghülle
2 Asbestfolie
3 Isoliermaterial
4 Befestigungs-Messingplatte

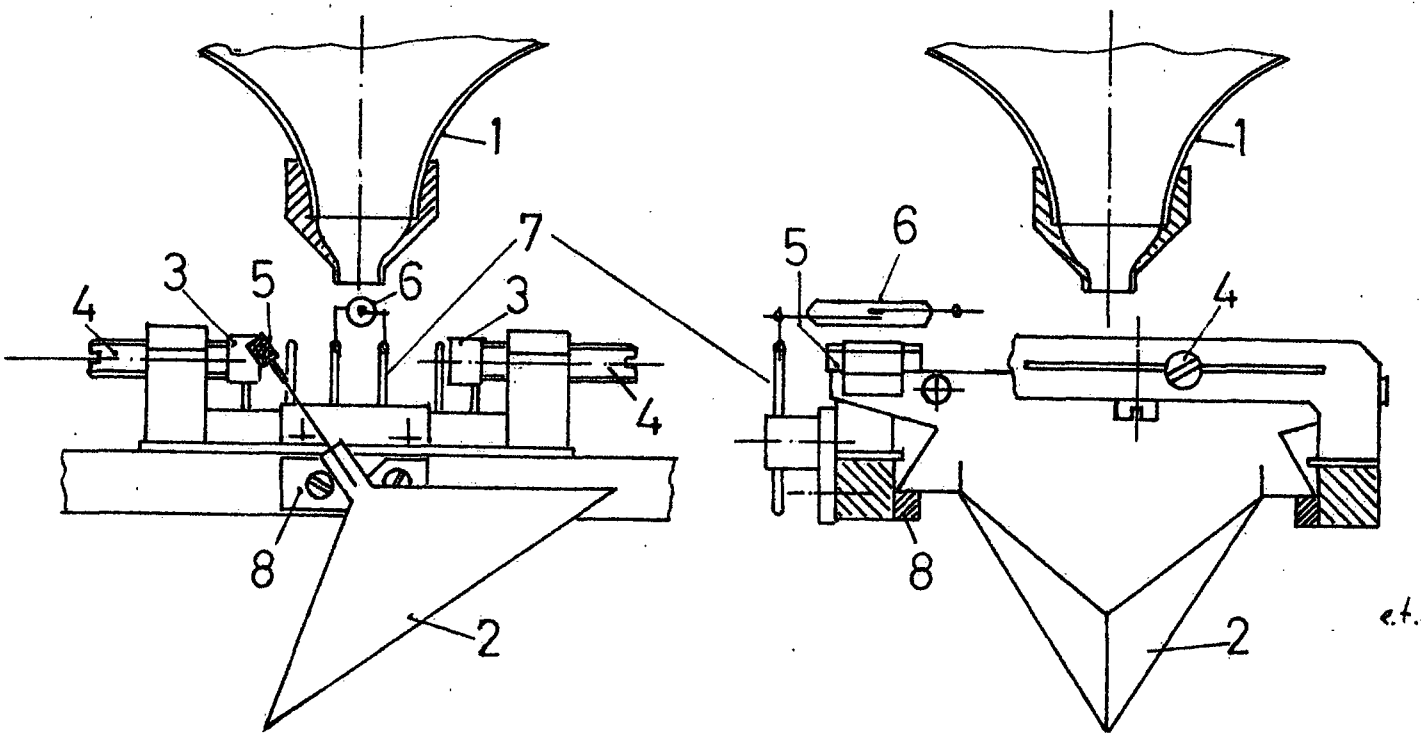


Fig. 3- Längs- und Querschnitt des Wippenmessystems

1. Auffangtrichter
2. Wippe
3. Anschläge
4. Einstellungs-Schrauben
5. Permanentmagnet
6. Reedschalter
7. Lötstifte
8. Teflonlager

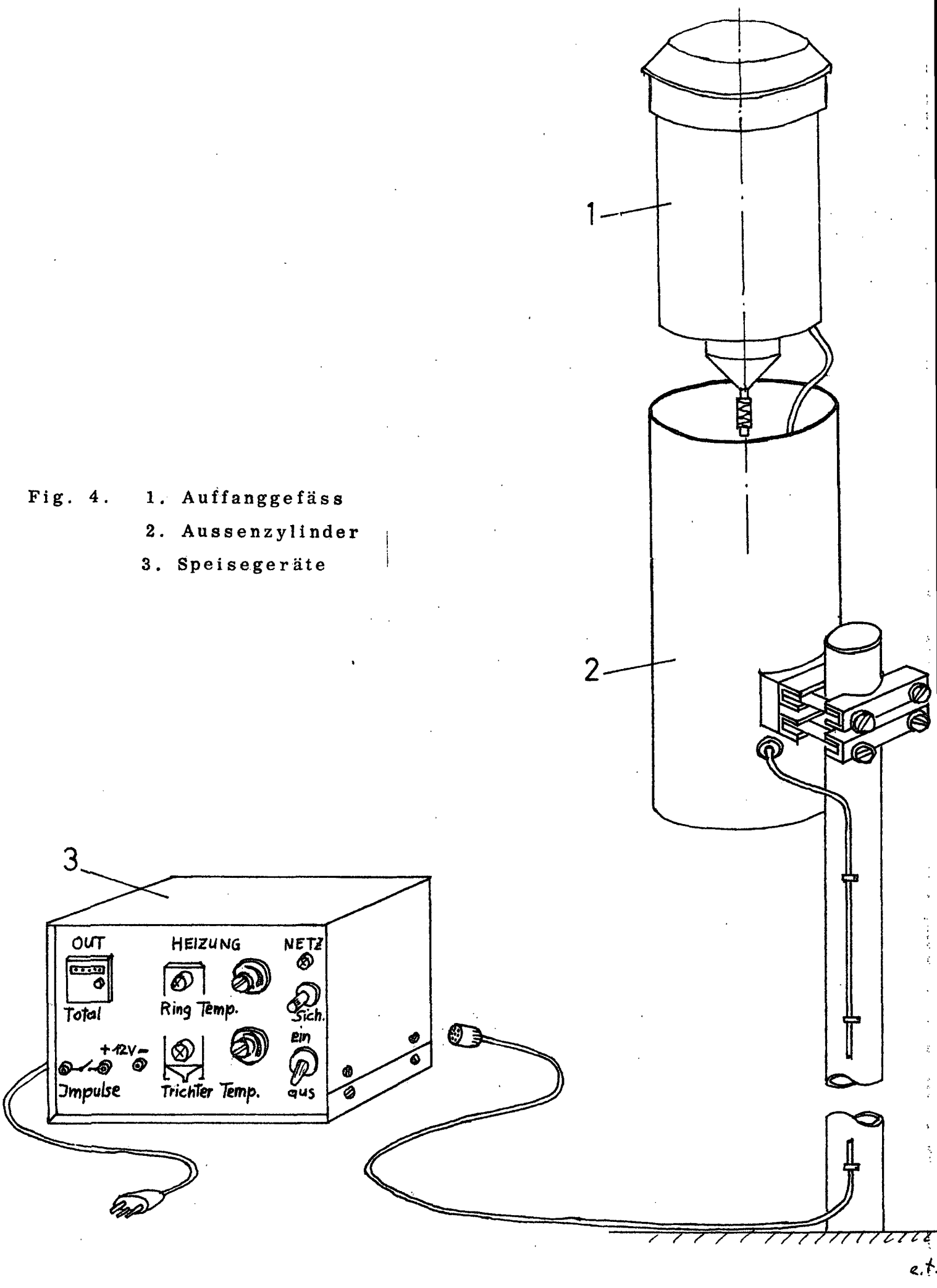


Fig. 4. 1. Auffanggefäss
2. Aussenzylinder
3. Speisegeräte

2	0	VIII	09	5	4	0	0	0	0	0	1
2	0	VIII	09	5	2	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	09	5	1	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	09	5	0	0	0	0	0	0	4
2	0	VIII	09	4	9	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	09	4	8	0	0	0	0	0	7
2	0	VIII	09	4	7	0	0	0	0	0	8
2	0	VIII	09	4	6	0	0	0	0	1	3
2	0	VIII	09	4	5	0	0	0	0	2	1
2	0	VIII	09	4	4	0	0	0	0	1	4
2	0	VIII	09	4	3	0	0	0	0	2	4
2	0	VIII	09	4	2	0	0	0	0	2	2
2	0	VIII	09	4	1	0	0	0	0	1	9
2	0	VIII	09	4	0	0	0	0	0	1	9
2	0	VIII	09	3	9	0	0	0	0	1	3
2	0	VIII	09	3	8	0	0	0	0	0	7
2	0	VIII	09	3	7	0	0	0	0	0	4
2	0	VIII	09	3	6	0	0	0	0	0	3
2	0	VIII	09	3	5	0	0	0	0	0	3
2	0	VIII	09	3	4	0	0	0	0	0	3
2	0	VIII	09	3	3	0	0	0	0	0	3
2	0	VIII	09	3	2	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	09	3	0	0	0	0	0	0	1
2	0	VIII	09	2	8	0	0	0	0	0	1
2	0	VIII	09	1	4	0	0	0	0	0	1
2	0	VIII	09	1	1	0	0	0	0	0	1
2	0	VIII	09	1	0	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	09	0	9	0	0	0	0	0	4
2	0	VIII	09	0	8	0	0	0	0	0	5
2	0	VIII	09	0	7	0	0	0	0	0	5
2	0	VIII	09	0	6	0	0	0	0	0	4
2	0	VIII	09	0	5	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	09	0	4	0	0	0	0	0	9
2	0	VIII	09	0	3	0	0	0	0	1	2
2	0	VIII	09	0	2	0	0	0	0	1	2
2	0	VIII	09	0	1	0	0	0	0	1	4
2	0	VIII	09	0	0	0	0	0	0	1	4
2	0	VIII	08	5	9	0	0	0	0	0	8
2	0	VIII	08	5	8	0	0	0	0	0	6
2	0	VIII	08	5	7	0	0	0	0	0	4
2	0	VIII	08	5	6	0	0	0	0	0	1
2	0	VIII	08	5	5	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	08	5	4	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	08	5	3	0	0	0	0	0	2
2	0	VIII	08	5	1	0	0	0	0	0	1
2	0	VIII	08	5	0	0	0	0	0	0	1
2	0	VIII	08	4	9	0	0	0	0	0	3
2	0	VIII	08	4	8	0	0	0	0	0	6
2	0	VIII	08	4	7	0	0	0	0	0	3
2	0	VIII	08	4	6	0	0	0	0	0	6
2	0	VIII	08	4	5	0	0	0	0	0	4

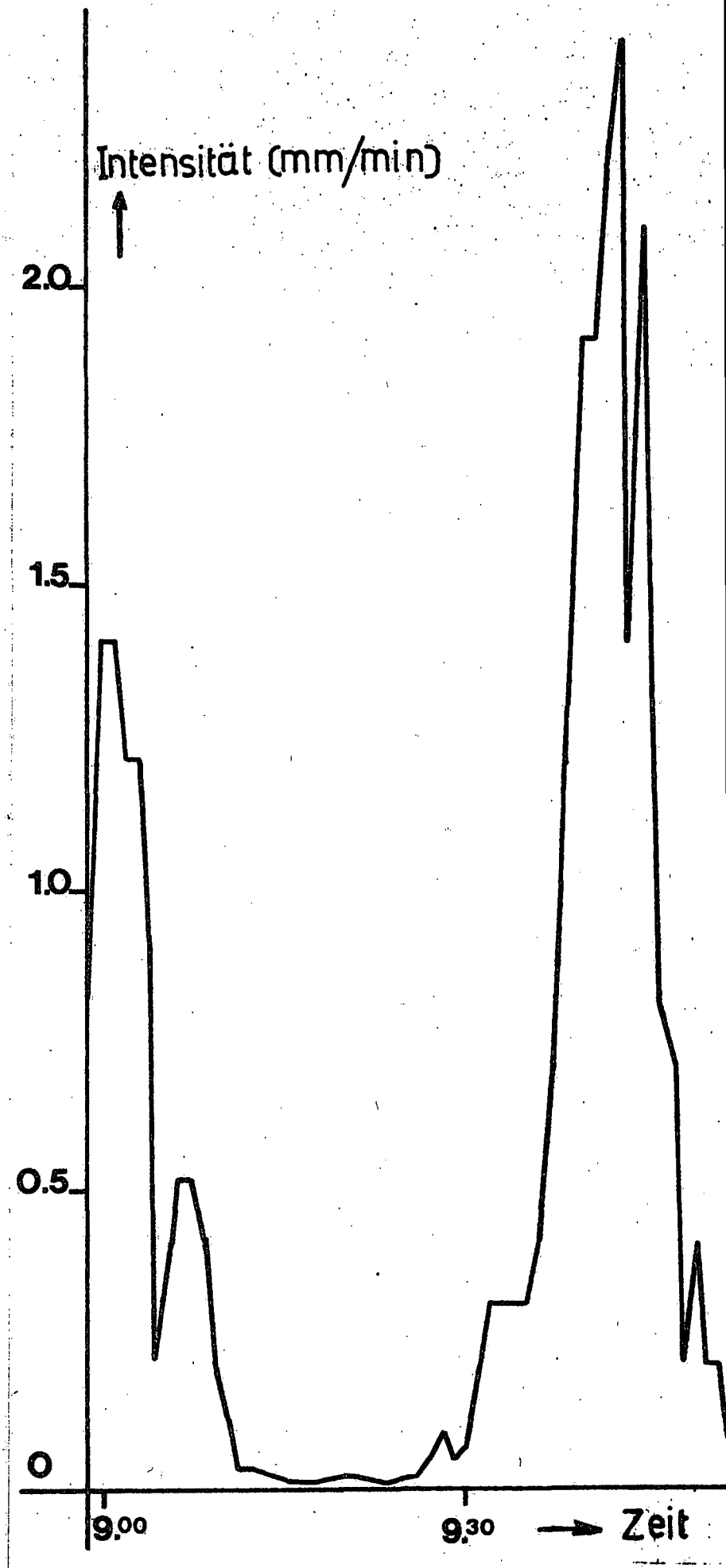


Fig. 5. Beispiel einer Registrierung mit Drucker in Locarno-Monti mit den digitalen Werten übertragen auf eine graphische Darstellung

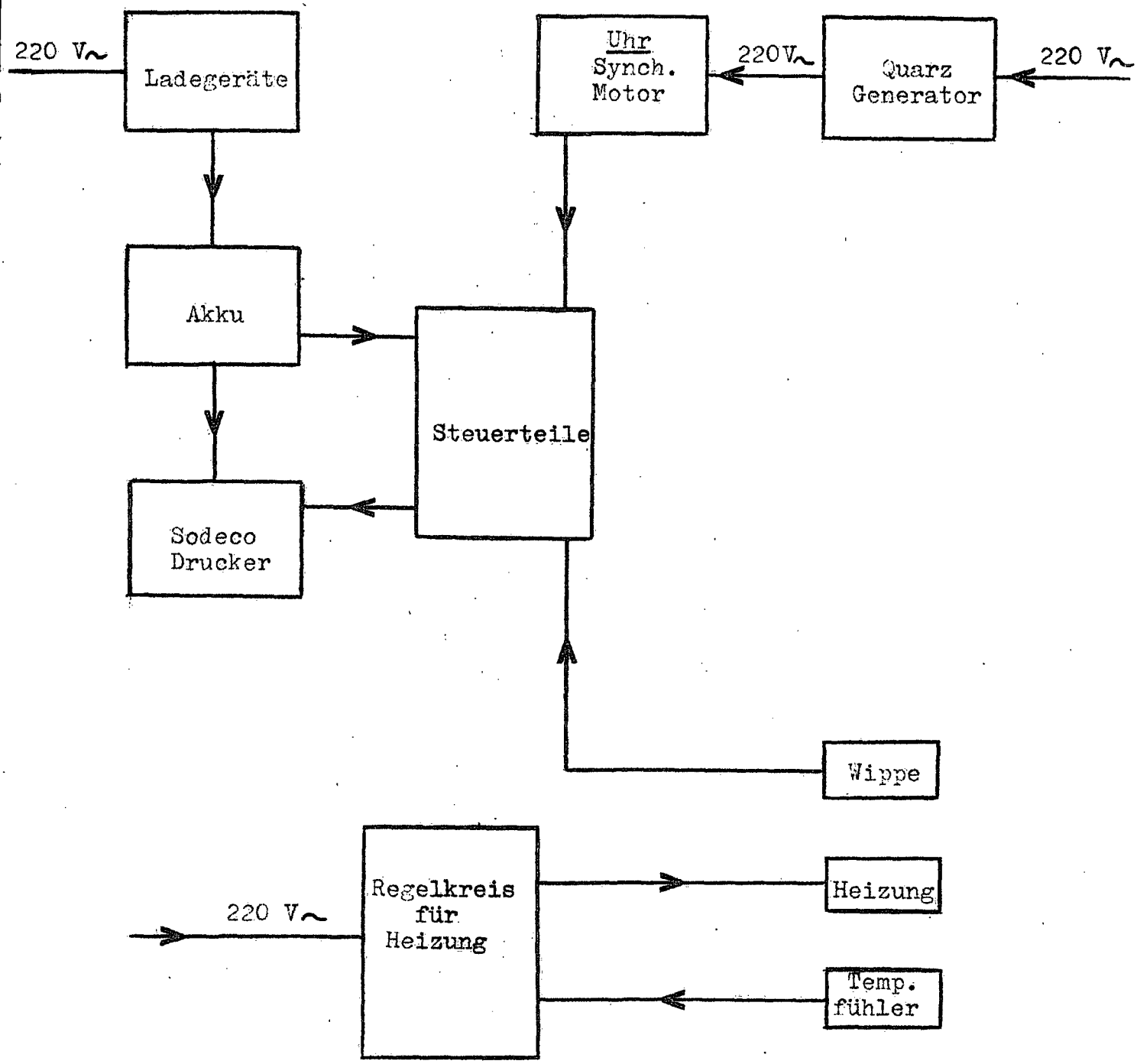
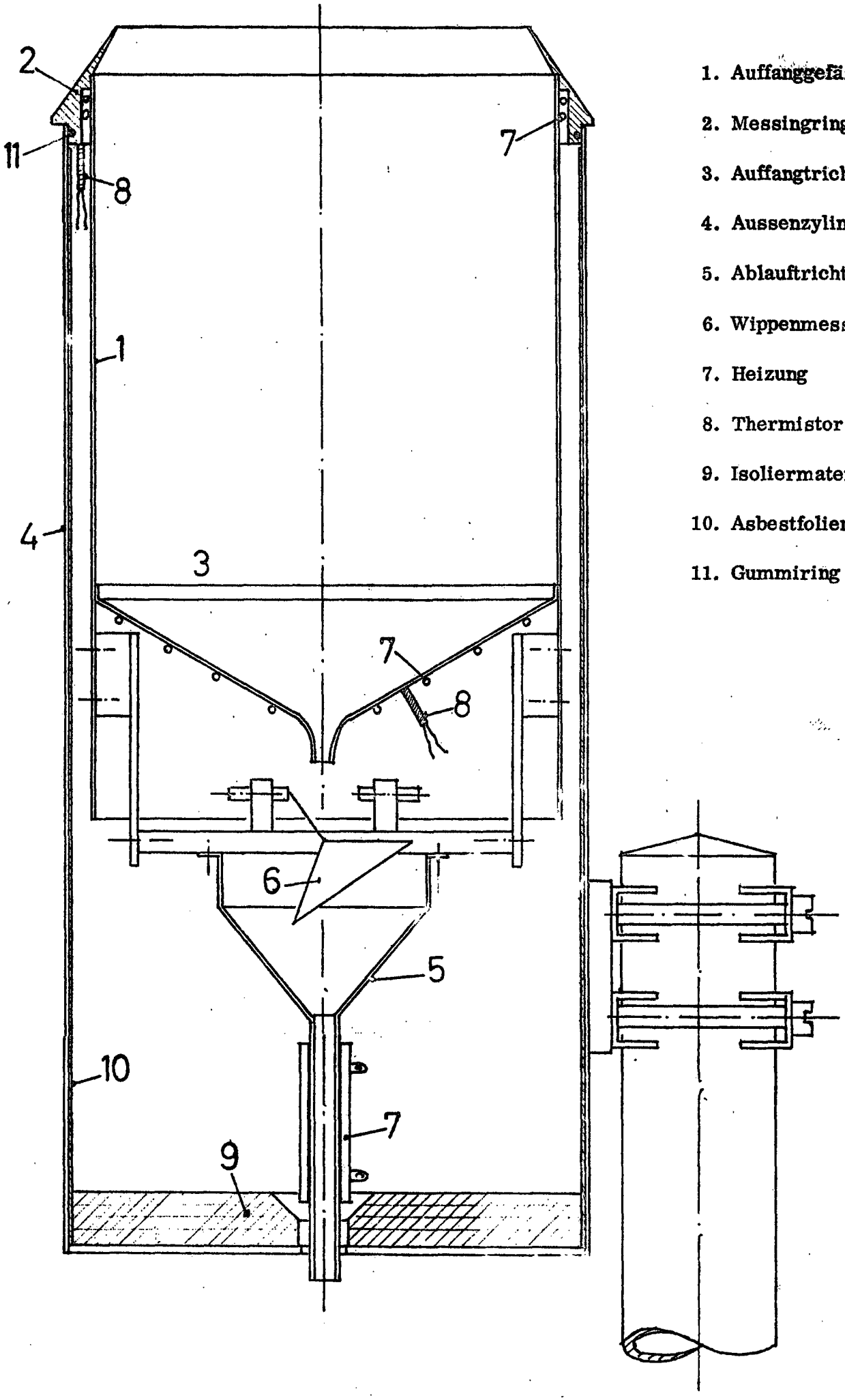


Fig.6 Blockschema des atomatischen Regenmessers von Locarno-Monti mit Heizung und Regler.
Speisung mit Akkumulator und Registrierung des Wertes mit einem Drucker.



1. Auffanggefäss
2. Messingring
3. Auffangtrichter
4. Aussenzylinder
5. Ablauftrichter
6. Wippenmessystem
7. Heizung
8. Thermistor NTC
9. Isoliermaterial
10. Asbestfolien
11. Gummiring

Fig. 7. Automatischer Regenmesser mit Heizung

e.t.

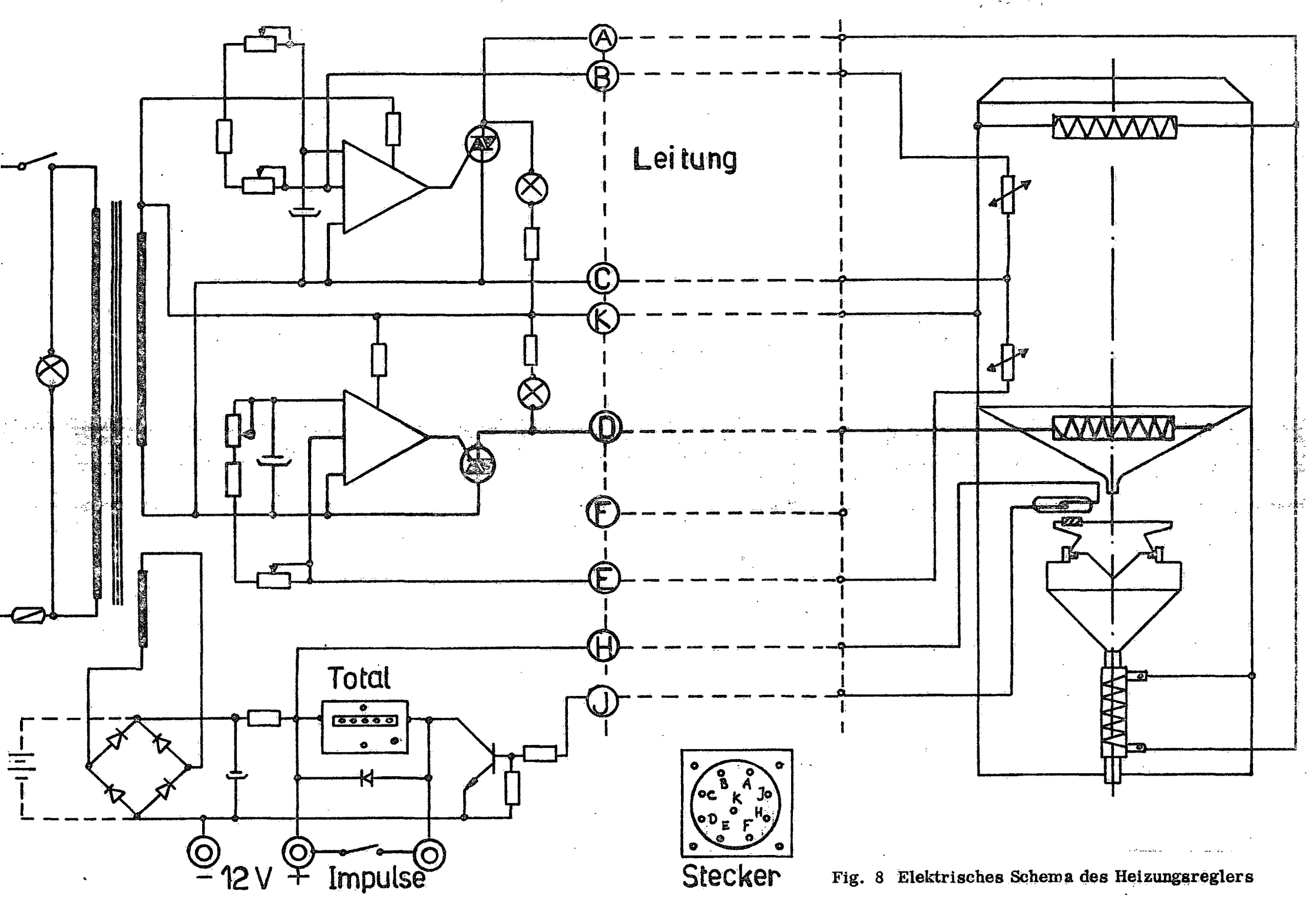


Fig. 8 Elektrisches Schema des Heizungsreglers

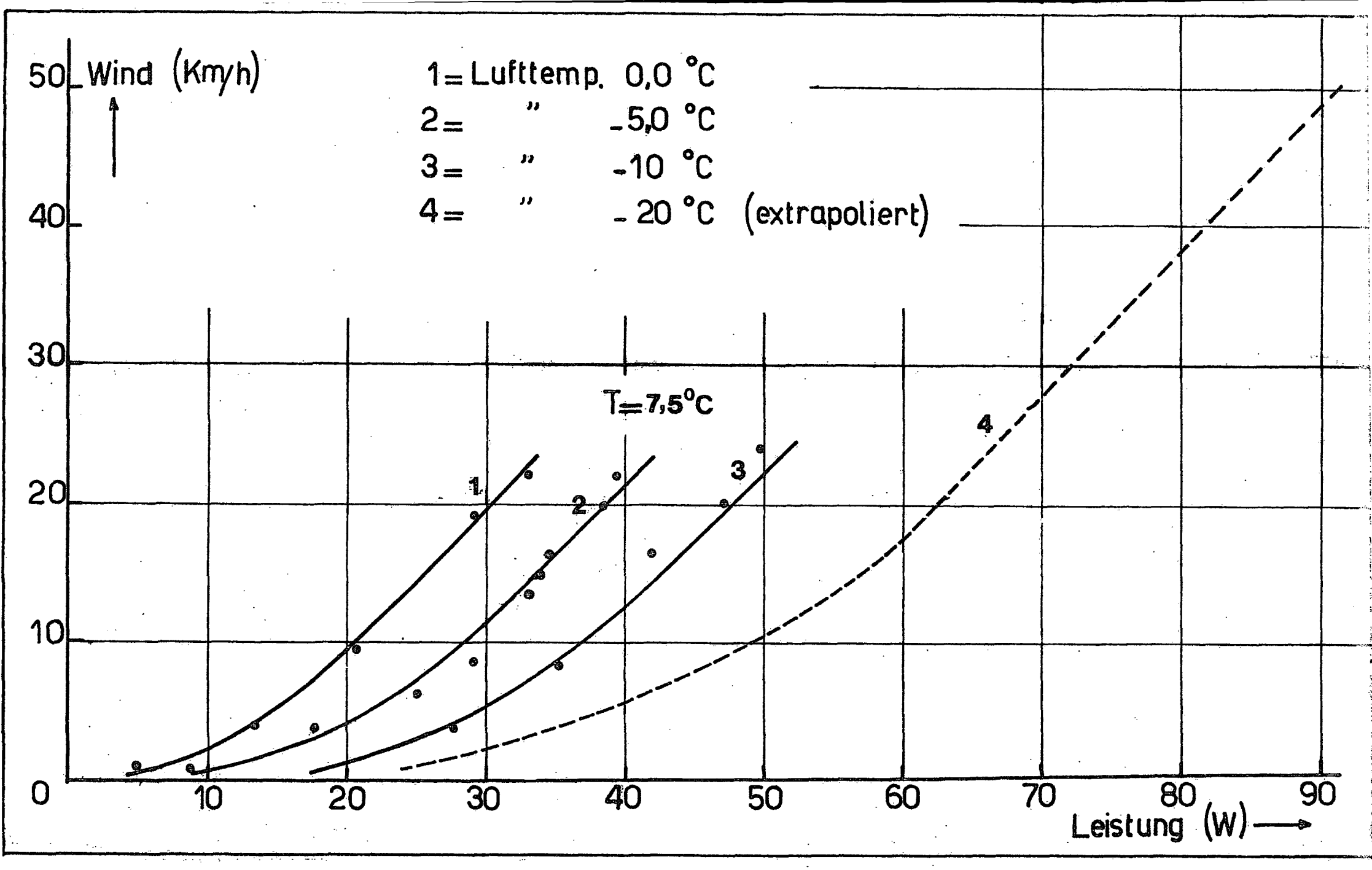


Fig. 9 Leistung (W) in Abhängigkeit der Windstärke (Ventilator) bei verschiedenen Lufttemperaturen

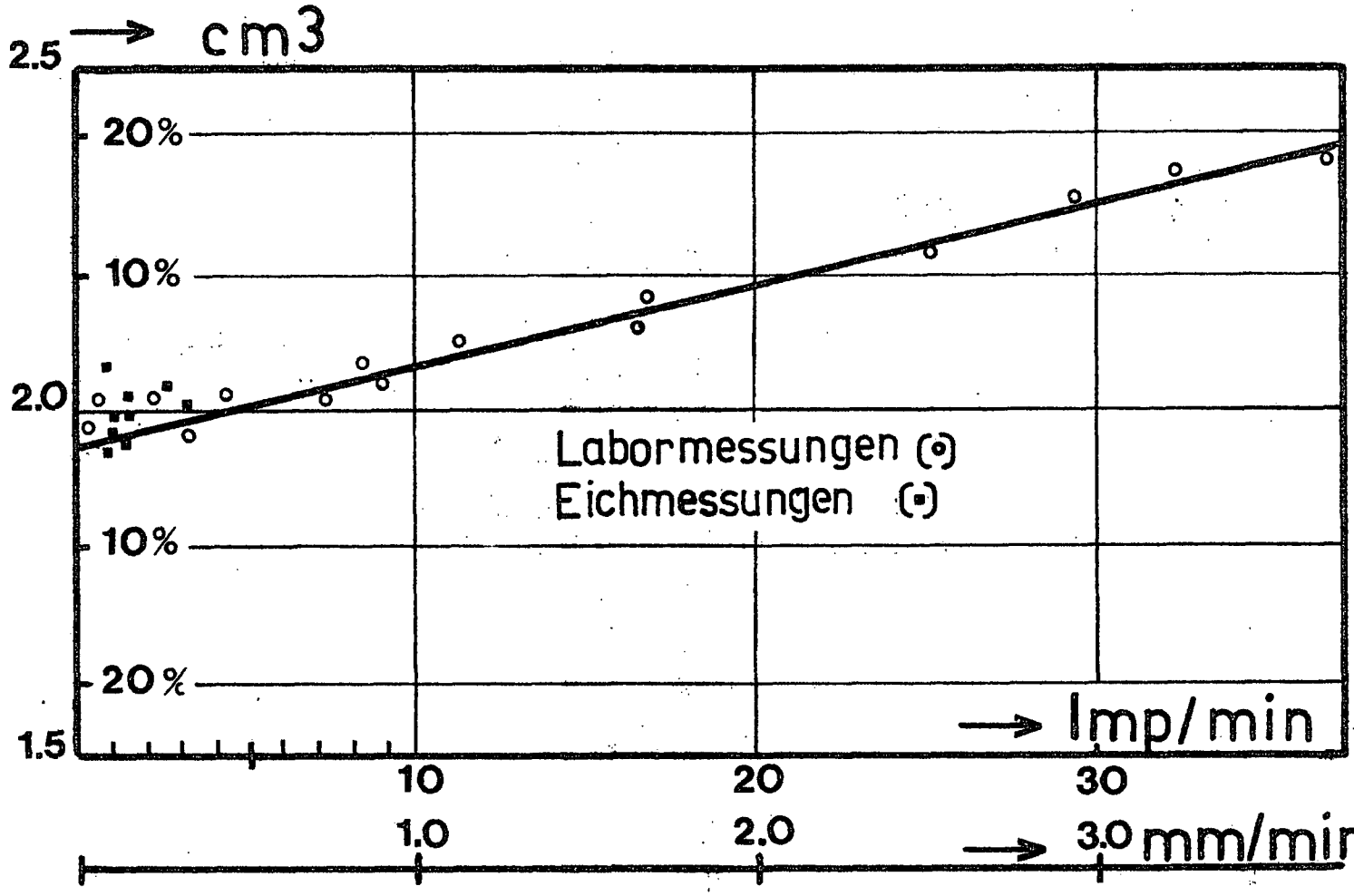


Fig. 10 Wirklicher Inhalt der Wippe in Abhängigkeit der Niederschlagsintensität(o) mit Kontrollmessungen (•)

Jahr	Dauer der Niederschlage in Minuten	Gewicht in Gramm	Totale Impulse	Wippe Inhalt $\frac{\text{Gewicht}}{\text{Impulse}}$	Mittelwert Intensität $\frac{\text{Impulse}}{\text{Zeit}}$	Maximale Impulse in einer Minute	Fehler der Messungen in %
1966	412	2905	1455	2.00	3.53	18	0
1966	1394	2920	1407	2.08	1.01	?	4.00
1966	1504	2945	1503	1.96	1.00	2	2.00
1967	892	1785	916	1.95	1.03	3	2.50
1967	602	1370	701	1.95	1.16	11	2.50
1967	248	1460	715	2.04	2.88	19	2.00
1968	826	2945	1428	2.06	1.73	17	3.00
1968	792	2550	1279	1.99	1.61	23	0.50
1969	881	2209	1132	1.95	1.28	9	2.50
1969	460	1150	568	2.02	1.23	15	1.00
1970	656	2540	1254	2.03	1.91	11	1.50

Tab. 1 Kontrollmessungen für den Wippeninhalt in 11 Niederschläge.

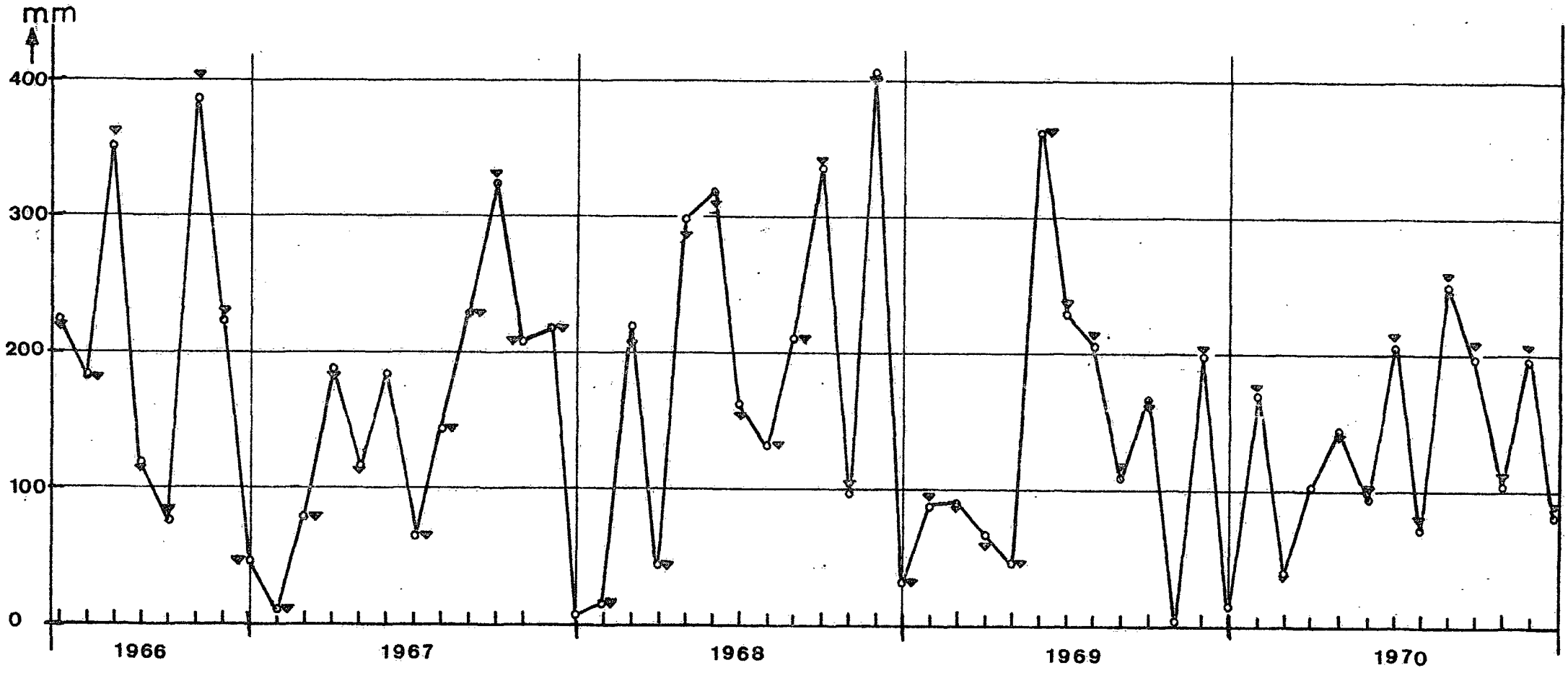


Fig. 11 Monatliche Werte des Wippen-Messystems (o)
vergleich mit Hellmann-Pluviometer (▼)

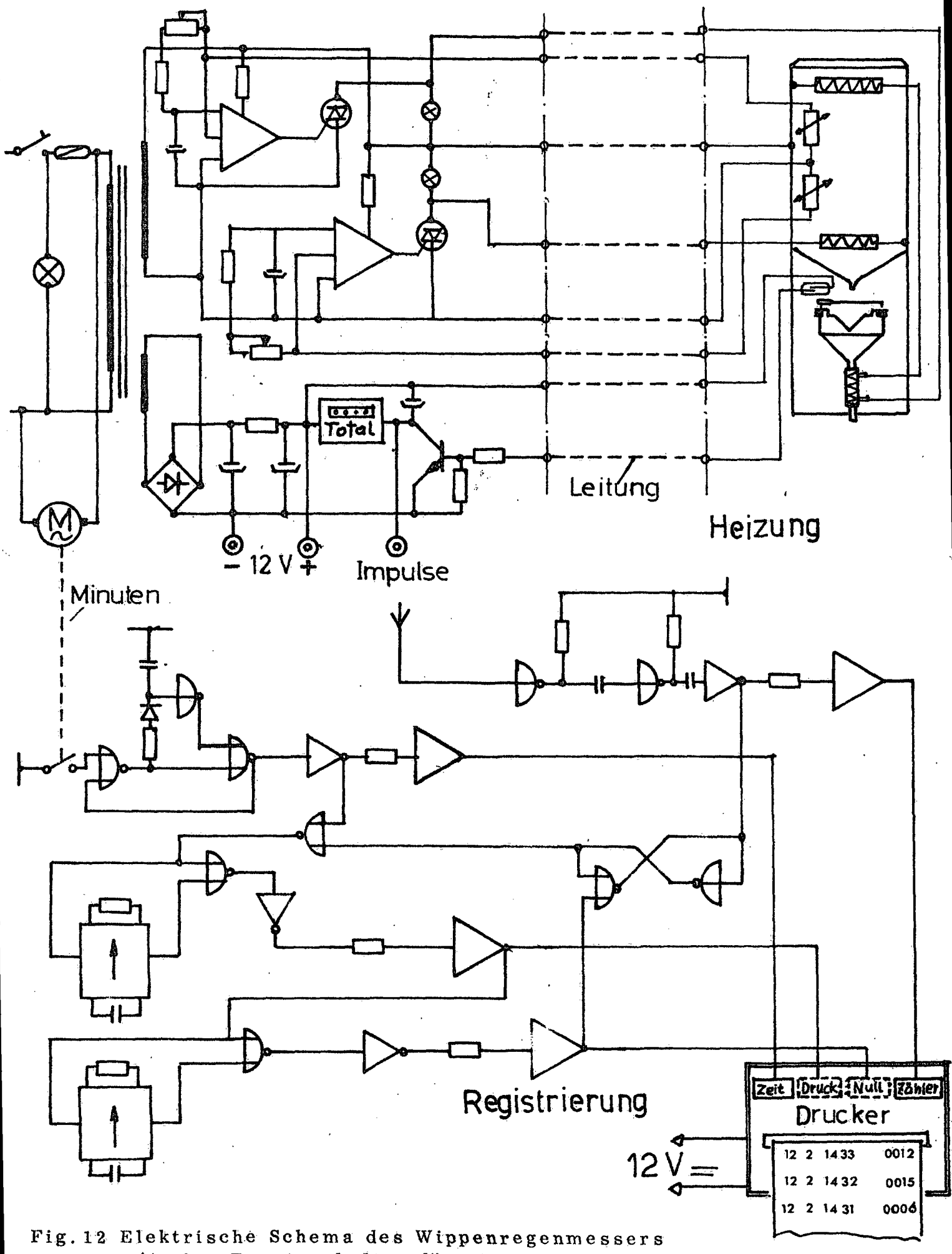


Fig. 12 Elektrische Schema des Wippenregenmessers mit eine Zusatzschaltug für einen Drucker.

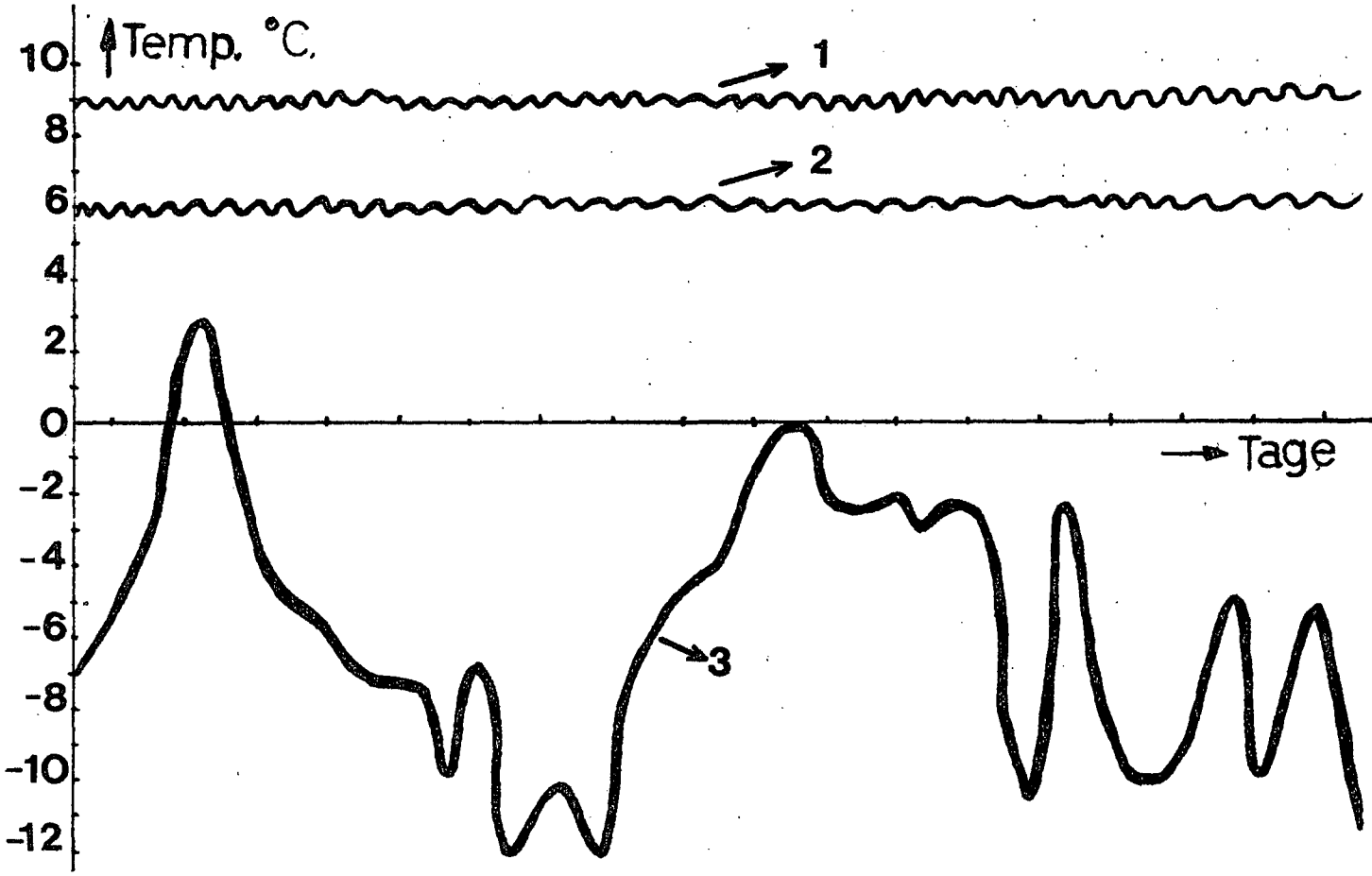


Fig. 13. Regenmesser von Airolo mit:
1. Aussenzylindertemperatur.
2. Auffangtrichtertemperatur
3. Lufttemperatur während 15 Tagen.