

Rolf Goedecke
Werner Herzer

März 1986

Universität Bremen
Fachbereich 1 - Physik
Abt. Kernstrahlungsmeßtechnik
Achterstraße NW I
2800 Bremen 33

Konstruktion und Anpassung eines Regendetektors an eine Meßapparatur zur Luft- γ -Überwachung von atomtechnischen Anlagen

Zusammenfassung

Einen etwa dreimonatigen Probetrieb unserer Meßapparatur zur Luft- γ -Überwachung von atomtechnischen Anlagen führten wir im Herbst 1984 auf dem Dach des Gebäudes NW I der Universität Bremen sowie im folgenden (kalten) Winter 1984/85 im Freigelände an der Universität durch. Hierbei machten wir die Erfahrung, daß die zwei von uns verwendeten hochempfindlichen NaJ-Detektoren gelegentlich Zählratenerhöhungen um bis zu 50% über den Normalwert zeigten. (Diese Effekte waren auf dem verwendeten GM-Zählrohr meist nicht zu erkennen). Eine Überprüfung ergab, daß die Zählratenerhöhungen zusammen mit atmosphärischem Niederschlag auftraten. Für den Betrieb einer Meßapparatur in der Nähe eines Atomkraftwerkes erschien es daher notwendig, die Niederschlagsintensität (zumindest die in Form von Regen) mit den anderen Daten zusammen, d.h. in Meßintervallen von 5 Minuten, zu erfassen und aufzuzeichnen. Angesichts der hohen Kosten eines passenden kommerziellen Regendetektors haben wir das hier beschriebene, auf dem Prinzip des Tropenzählers basierende Gerät selbst entwickelt und gebaut und an die vorhandene Elektronik angepaßt.

1. Einleitung und Zielsetzung

Der Betrieb hochempfindlicher γ -Strahlungsdetektoren (wie z.B. NaJ-Detektoren) zur Messung der allgemeinen (ionisierenden) Umgebungsstrahlung sowie von Emissionen radioaktiver Stoffe aus atomaren Anlagen erfordert eine besonders umsichtige und qualifizierte Datenauswertung und -Interpretation.

Die gewünschte Unterscheidung der Ursachen von Zählratenerhöhungen kann offensichtlich nur mit Hilfe zusätzlicher Informationen über die jeweils vorherrschenden meteorologischen Bedingungen getroffen werden. An wichtigen Einflußgrößen sind hier in erster Linie Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Niederschlag und Temperatur zu nennen. Beim Probetrieb unserer Luft- γ -Meßstation, bestehend aus zwei großvolumigen NaJ-Detektoren, einem großflächigen Geiger-Müller-Zählrohr, einem Temperatursensor sowie der zugehörigen Elektronik im Herbst 1984 machten wir die Erfahrung, daß Regenfälle eine bis zu 50%ige Erhöhung des mit den NaJ-Detektoren gemessenen γ -Flusses bewirken können.

Ein so starker Einfluß üblicher, normal auftretender Wetterbedingungen war von uns vorher nicht bedacht worden, so daß wir das vorhandene Meßsystem erweitern mußten. Der ausschließliche, zusätzliche Anschluß eines Regendetektors ist dabei ein Kompromiß zwischen der Schwierigkeit, die vorhandene Elektronik (Hardware, Software sowie die bereits erfolgte Festlegung auf ein Datenaufzeichnungsformat) nachträglich zu erweitern sowie der Notwendigkeit, zumindest eine stark lokal variable Größe vor Ort zu erfassen. Bei der Durchsicht von Unterlagen und Preislisten kommerziell gefertigter Regendetektoren ergab sich bald, daß ein entsprechend empfindliches Gerät für unseren Etat zu teuer war⁺; andererseits waren wir aber auch nicht darauf angewiesen, ein eichfähiges Gerät zu verwenden, so daß wir eine Eigenkonstruktion vornehmen konnten.

Die Zielsetzung für die Konstruktion läßt sich also wie folgt zusammenfassen:

- das Gerät soll billig sein.
- es sollen auch geringe Niederschlagsmengen nachgewiesen werden können. Das vom Deutschen Wetterdienst verwendete Prinzip der Kippwaage besitzt hierfür eine zu geringe Auflösung.
- die Niederschläge sollen in ihrer Stärke und in ihrer Zeitdauer einigermaßen genau erfaßt werden können, um spätere Korrelationen mit der Erhöhung des γ -Flusses zu ermöglichen.
- die Daten sollen vom verwendeten Microcomputer am Ende der fünfminütigen Meßzeitintervalle abgefragt und verarbeitet werden.

+ Ein passender kommerzieller Detektor ist zum Beispiel das Ombrometer HP, Nr. 5.4031.10.000 der Firma Thies Klima, Göttingen (Preis am 1.3.84: 2450,-- DM + Mwst.). Dies ist allerdings nur der reine Detektor (ohne Montagematerial).

Neben der Konstruktion des eigentlichen Detektors war die Anpassung an den verarbeitenden Microcomputer sowie die Änderung dessen Maschinenprogramms notwendig.

2. Realisierung

Eine Gesamtansicht des fertigen Regendetektors zeigt Bild 1. Da die Auflösung sehr hoch, d.h. die kleinste nachweisbare Regenmenge sehr klein sein sollte, kam nur das Prinzip eines Tropfenzählers in Frage.

Der Regen wird in einem Trichter definierter Querschnittsfläche aufgefangen, grob gefiltert und in ein Auffanggefäß geleitet (vgl. Bild 2).

Hier durchfließt das Regenwasser einen feineren Filter und gelangt an ein Ventil, dessen Durchfluß bei Aufstellung des Systems justiert wird. Die durchgelaufene Flüssigkeit läuft nach unten in einen Rohrstutzen ab und sammelt sich an dessen Ende zu einem Tropfen. Nachdem der Tropfen eine gewisse Größe erreicht hat (stark abhängig u.a. von der Form des Rohrendes), reißt er vom Rohrende ab und fällt hinab. Unter der Annahme, daß die Tropfen im Betrieb ein einigermaßen gleiches Volumen besitzen, ist die Zahl der Tropfen proportional zur eingefallenen Niederschlagsmenge. In kommerziellen, auf dem Prinzip des Tropfenzählers basierenden Geräten wird für den eigentlichen Tropfennachweisvorgang meist eine Lichtschranke verwendet; zur Zeit unserer Konstruktion hielten wir hierbei die Justierung für besonders schwierig und den per Lichtschranke zu unterscheidenden Kontrast für schwach. Wir entschieden uns daher für ein anderes Nachweisprinzip:

Der oben beschriebene Tropfer befindet sich windsicher am oberen Ende eines etwa 1m hohen Rohres. Während des Falls nimmt der Tropfen im Schwerfeld der Erde Bewegungsenergie auf und prallt nach etwa 75cm Fall auf eine schräge, locker gespannte Plastikfolie, unter der sich ein (als Mikrofon arbeitender) Kleinlautsprecher befindet.

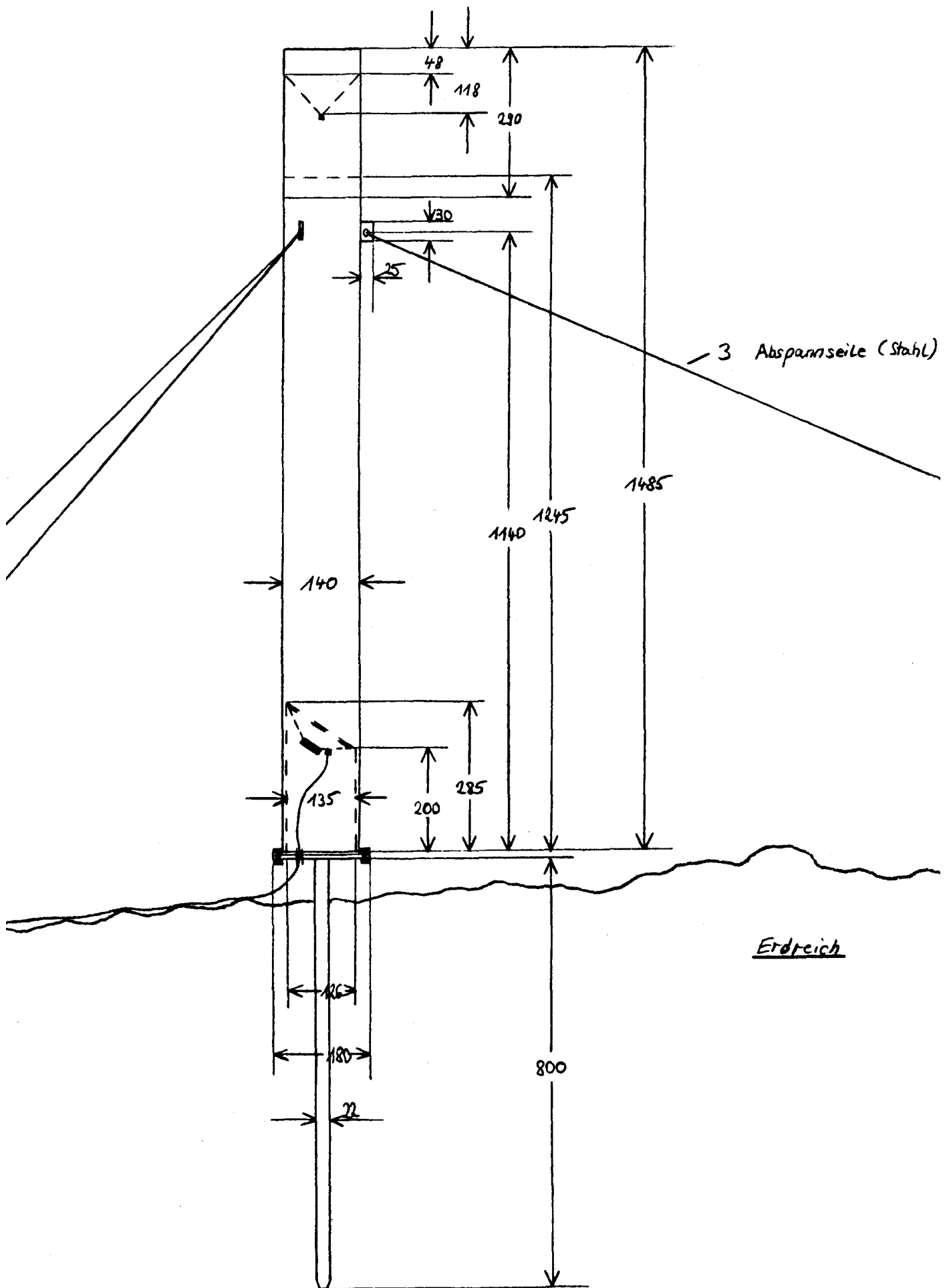


Bild 1: Gesamtansicht des aufgestellten Regendetektors

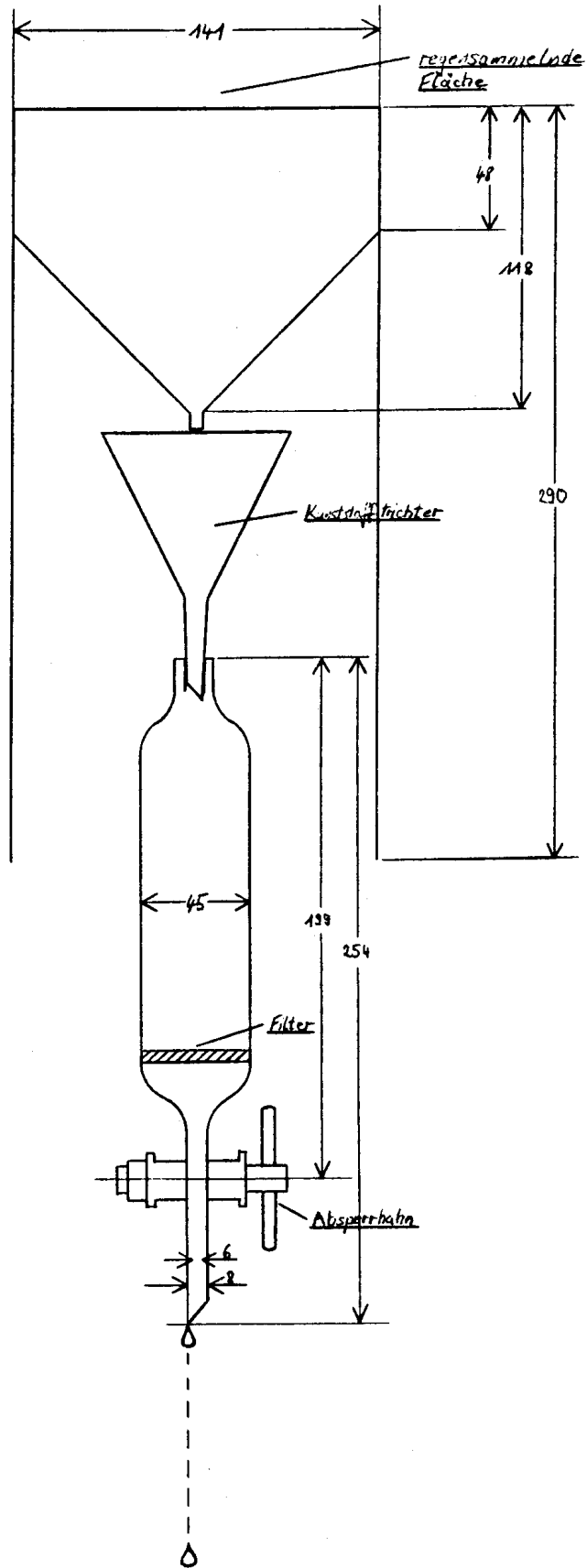


Bild 2: Detailansicht des Tropfenerzeugers

Der Aufprall des Tropfens auf die Folie erzeugt einen dumpfen, rasch abklingenden Ton, der im Lautsprecher in ein elektrisches Signal umgesetzt wird.

Dieses Signal wird im Rechner-Interface (vgl. Bild 3) zunächst verstärkt und gefiltert, anschließend gleichgerichtet und geglättet und dann einem Pegeldetektor (Schmitt-Trigger) zugeführt, der zu jedem registrierten gefallenem Tropfen einen Impuls abgibt.

Die Impulse gelangen auf einen Zähler (3-stellig dezimal), der die Tropfenzahl aufsummiert; der Zähler wird am Ende des fünfminütigen Meßintervalls vom verarbeitenden Microcomputer ausgelesen und anschließend auf Null zurückgesetzt. Für Justierzwecke wird jeder gezählte Impuls außerdem durch kurzes Aufblitzen einer Leuchtdiode angezeigt.

Sollte der Zähler (dies ist nur bei äußerst starken Regengüssen möglich) in einem Meßintervall bereits 999 Tropfen gezählt haben, so wird er bei diesem Zählerstand gestoppt. Der Zählbereich geht also von 000 bis 998 Tropfen je 5 Minuten; das Ergebnis 999 bedeutet: 999 Tropfen oder mehr.

Die genaue Eichung erfolgt vor Ort mittels des Ventils im Tropfer (vgl. Bild 2) durch Bestimmung der Tropfenzahl eines bekannten Wasservolumens.

3. Betriebserfahrungen

Das beschriebene Gerät wurde in der Zeit vom 13.2. bis 14.9.85 (zusammen mit dem angeschlossenen Luft- \bar{V} -Meßgerät) in Beverungen in ca. 3km Entfernung vom AKW Würgassen erprobt. Hierbei traten keine Störungen oder Ausfälle auf; insbesondere gab es keine Probleme mit der Justierung des Gesamtsystems sowie mit der Dichtigkeit der Folie, die den (feuchteempfindlichen) Lautsprecher abdeckt. Bei der Demontage im September und anschließender Inspektion wurde lediglich eine Verschmutzung des im Glaseinsatz enthaltenen Filters bemerkt, so daß beim zukünftigen Betrieb zu beachten ist, daß der Filter etwa alle 1/2 bis 1 Jahr gründlich durchgespült oder bei Bedarf ausgewechselt werden muß.

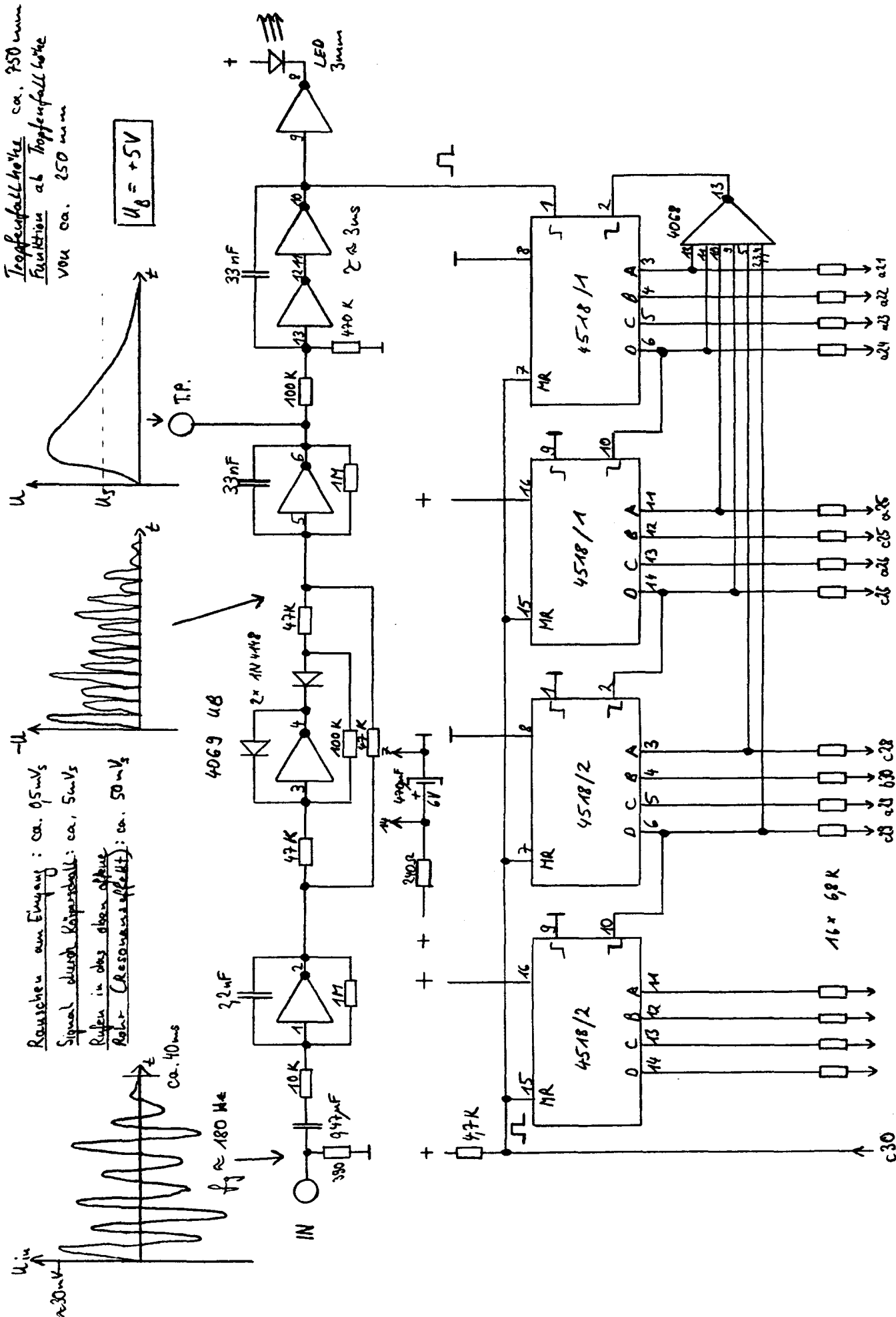


Bild 3: Schaltbild von Impulsaufbereitung und Zählerkette

Auch der Meßbereich des Detektors erwies sich als ausreichend; Niederschlagsintensitäten größer als die eingestellte Maximalintensität von 7,8mm Niederschlag je 5 Minuten (das wäre etwa 1% der Jahresniederschlagsmenge in 5 Minuten) traten im Versuchszeitraum nicht auf.

Die kleinste nachweisbare Regenmenge (1 Tropfen) betrug bei der verwendeten Justierung etwa 0,0079mm Niederschlag.

4. Verbesserungsmöglichkeiten und Ausblick

Trotz des relativen Erfolgs des Detektorbetriebs fielen einige Punkte auf, die beim Bau weiterer Detektoren beachtet werden sollten:

- die Konstruktion ist zu aufwendig und sollte vereinfacht werden.
- das Gerät ist sehr groß, auffällig und muß bei offener Aufstellung die Neugier von Passanten anziehen. Für einen zuverlässigen Langzeitbetrieb ist dies sicher nicht zuträglich.
- die notwendige genau senkrechte Justierung erfordert relativ lange (Stahl-) Abspannseile und verursacht damit einen großen Flächenbedarf bei der Aufstellung.
- die derzeitige Ausführung aus dem 'Idealwerkstoff' V₂A-Stahl ist für Vervielfältigungen einfach zu teuer.
- für die signalformende Elektronik sollten reguläre Operationsverstärker (samt der notwendigen Spannungsversorgung) verwendet werden, um eine noch stabilere und reproduzierbarere Funktion der Schaltung zu gewährleisten.

Alles in allem ist festzustellen, daß sich das gewählte Prinzip des Tropfenzählers mit seiner hohen Auflösung bewährt hat. Es ist jedoch erneut gründlich zu überdenken, ob ein anderes Tropfennachweisprinzip verwendet werden kann (eventuell doch mit Lichtschranke), das einen räumlich kleineren Aufbau bei einfacherer Justierung ermöglicht.