

S P E K T R O M E T E R
M I T M I K R O C O M P U T E R S T E U E R U N G
U N D - A U S W E R T U N G

Ein Beitrag zum Wettbewerb "JUGEND FORSCHT" 1984

Inhaltsverzeichnis

- Kurzfassung -
- 1. Einleitung
- 2. Prinzipielle Arbeitsweise des
Spektrometers
- 3. Optik
 - 3.1. Konzepte
 - 3.2. Beschreibung des gewählten Aufbaus
 - 3.3. Sensorbahn
- 4. Mechanik
 - 4.1. Sensorführung
 - 4.2. Antrieb
- 5. Hardware
 - 5.1. Sensor
 - 5.2. A/D-Wandler, Spitzenwertgleichrichter
 - 5.3. Interface
- 6. Software
 - 6.1. Programmübersicht, Benutzerführung
 - 6.2. Korrekturprogramme
 - 6.3. Linienanalyse
- 7. Meßergebnisse
- 8. Abschließende Betrachtung
und Möglichkeiten der Verbesserung
- Anhang -

von Heiko Purnhagen, Bremen, Elsassers Str. 64
(geb. 2.4.1969) Schüler der Klasse 9c am
Gymnasium Hamburger Straße, Bremen

SPEKTROMETER MIT MIKROCOMPUTERSTEUERUNG UND - AUSWERTUNG

Kurzfassung

Mit meiner Arbeit wollte ich feststellen, ob es möglich ist, mit einfachen Mitteln ein leistungsfähiges Spektrometer zu bauen, das von einem Computer angesteuert und ausgewertet wird.

Das von mir entwickelte Spektrometer analysiert Licht im Bereich von etwa 320 nm - 800 nm Wellenlänge. Es besteht aus vier Funktionsgruppen:

- Der Optik, die das durch einen Spalt fallende Licht mit Hilfe eines Objektivs und eines Gitters in die Spektralfarben zerlegt.
- Der Mechanik, die einen Sensor auf einer Bahn maximaler Schärfe am Spektrum vorbeibewegt.
- Der Elektronik, die zur Messung der Lichtstärke der einzelnen Spektralfarben und der Umwandlung in für den Computer verständliche Daten benötigt wird. Zur Elektronik gehört auch die Ansteuerung des durch einen Schrittmotor bewegten Sensors.
- Den Programmen, die die Daten von der Elektronik einlesen, korrigieren, darstellen und analysieren sowie das Spektrometer steuern.

Die Leistungsfähigkeit meines Spektrometers habe ich mit Hilfe von speziellen Lampen getestet, die definierte Spektrallinien aussenden. Mit dem endgültigen Aufbau meines Spektrometers erreiche ich eine Linienauflösung von ca. 2 nm, so daß ich z.B. die Quecksilber-Doppellinie bei 557/559 nm noch sauber trennen kann. Die Abweichung der Meßergebnisse von den für diese Lampen angegebenen Werten beträgt 1 - 2 nm.

Zur vereinfachten Auswertung von Linienspektren habe ich zusätzlich ein Programm geschrieben, das die Wellenlängen und relativen Amplituden der Linien ermittelt und darstellt.

1. Einleitung

Ich habe es mir als eine reizvolle Aufgabe vorgestellt, ein computergesteuertes Spektrometer zu bauen, da sich ein Computer zum einen sehr gut zur Steuerung beweglicher mechanischer Konstruktionen eignet und er zum anderen auch umfangreiche Korrekturen von Meßwerten sehr schnell und genau ausführen kann.

Bei der Entwicklung meines Spektrometers habe ich darauf geachtet mit möglichst wenig Geld- und Materialaufwand auszukommen.

Die Vielzahl und Vielfalt der bei der Entwicklung des Spektrometers zu bewältigenden Probleme (von der mechanischen Konstruktion bis zur Erstellung eines Mikrocomputerprogramms) machten sie zu einer interessanten und spannenden Forschungsaufgabe.

2. Prinzipielle Arbeitsweise des Spektrometers

Ein Spektrometer dient zur Messung der spektralen Verteilung der von einer Lichtquelle ausgehenden Strahlung. Es wird auch oft zur chemischen Analyse verwendet, da man Elemente anhand ihres Spektrums gut identifizieren kann.

Das von mir entwickelte Spektrometer besteht im wesentlichen aus vier Funktionsgruppen, die folgende Aufgaben erfüllen:

Die erste ist die Optik, die das durch einen Spalt fallende Licht mit Hilfe eines Objektivs und eines Gitters in die Spektralfarben zerlegt. Die zweite Funktionsgruppe ist die Mechanik, die einen Sensor auf einer Bahn maximaler Schärfe am Spektrum vorbeibewegt. Die dritte besteht aus der Elektronik (Hardware), die zur Messung der Lichtstärke der einzelnen Spektralfarben und der Umwandlung in für den Computer verständliche Daten benötigt wird. Zu ihr gehört auch die Ansteuerung der Bewegungsmechanik. Die letzte Gruppe sind die Programme (Software), die die Daten von der Elektronik einlesen, korrigieren, darstellen und analysieren sowie das Spektrometer steuern.

3. Optik

3.1. Konzepte

Im Prinzip arbeitet jedes Spektrometer so, daß es das durch einen schmalen Spalt kommende zu analysierende Licht mit einem Gitter oder einem Prisma in die Spektralfarben aufspaltet und dann mit einer Optik entweder scharf auf eine Leinwand projiziert oder es

für Beobachtungen mit dem Auge vergrößert. Bei meinem Spektrometer tue ich so, als ob ich das Spektrum auf eine Leinwand projizieren wollte, nur mit dem Unterschied, daß sich dort statt der Leinwand ein lichtempfindlicher Sensor befindet, der entlang der gedachten Leinwand bewegt wird. Die gedachte Leinwand muß sich natürlich dort befinden, wo das projizierte Abbild des Spaltes möglichst schmal ist, um eine hohe Auflösung zu erreichen.

Die Zerlegung des Lichtes in die Spektralfarben kann entweder mit einem Prisma oder mit einem Gitter durchgeführt werden. Ich habe ein Gitter gewählt, weil es das Licht wesentlich stärker als ein Prisma aufspalten kann. Das von mir verwendete Gitter hat ungefähr 1000 Linien / mm. Es spaltet den Bereich des sichtbaren Lichtes in der ersten Ordnung auf ungefähr 30 Grad auf. Die zweite Ordnung kann, bedingt durch die kleine Gitterkonstante, gar nicht erst entstehen.

Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, ein Spektrum zu projizieren. Sie unterscheiden sich im wesentlichen dadurch, daß die Lichtstrahlen einmal parallel und einmal nicht parallel durch das Gitter laufen. Der Aufbau mit dem parallelen Licht hat den Vorteil, daß sich die Bahn maximaler Abbildungsschärfe des Spaltes auf einem Kreis mit dem Gitter im Mittelpunkt befindet. Sie hat aber den Nachteil, daß man sowohl vor als auch hinter dem Gitter eine Linse bzw. ein Linsensystem benötigt. Dieses Prinzip wird bei Spektrometern, die zur Beobachtung mit dem Auge dienen, verwendet, nur mit dem Unterschied, daß sich anstelle des 2. Objektives ein auf unendlich fokussiertes Fernrohr befindet.

Bei dem anderen Prinzip benötigt man nur auf einer Seite des Gitters eine Linse bzw. ein Objektiv. Dieses hat jedoch den Nachteil, daß die Bahn maximaler Schärfe sehr unerwartet gekrümmt verläuft, und daß das Abbild des Spaltes etwas unscharf wird. Ich habe diesen Aufbau trotz dieser Nachteile verwendet, da er mit geringem Aufwand verwirklicht werden kann.

3.2. Beschreibung des gewählten Aufbaus

Für meinen Aufbau verwende ich eine Spaltblende, ein Objektiv eines Fotoapparates mit 135 mm Brennweite und ein Gitter mit etwa 1000 Linien / mm, das ich - mit geringen Mängeln - sehr günstig bekommen habe. Der Spalt wird mit dem zu untersuchenden Licht beleuchtet. Das Abbild dieses Spaltes, der eine Breite von ungefähr 0,1 mm hat und aus 2 auf ein Blech geschraubten Hobelklingen besteht, wird durch das Objektiv auf eine Entfernung von ungefähr

50 cm scharf projiziert. Es hat dort eine Größe von ca. 0,3 - 0,4 mm. Bei der Ablenkung durch das Gitter wird dieses Abbild noch etwas unschärfer. Das Licht wird hinter dem Objektiv durch ein Gitter abgelenkt. Dort wird es dann von einem etwa 1 mm breiten Sensor abgetastet, vor dem sich zur Erhöhung der Auflösung eine etwa 0,3 - 0,4 mm schmale Blende befindet.

3.3. Sensorbahn

Um eine möglichst große Auflösung zu erreichen, muß sich der Sensor auf der Bahn bewegen, auf der das Spektrum am schärfsten abgebildet ist. Dieses ist nun nicht, wie bei parallelem Licht und zwei Objektiven, eine Kreisbahn mit dem Gitter im Mittelpunkt, sondern eine Bahn, bei der der Sensor bei den kleinen Wellenlängen (ca. 400 nm) ungefähr 1,4 mal so weit vom Gitter entfernt ist wie bei den großen Wellenlängen (ca. 800 nm). Diese Tatsache habe ich bei meinen ersten Versuchen mit einer kreisförmigen Sensorbahn mit dem Gitter im Mittelpunkt festgestellt. Bei einem solchen Aufbau erreichte das Spektrum immer nur bei einer Wellenlänge die maximale Schärfe und wurde bei allen anderen Werten langsam unscharf. Natürlich konnte ich die Stelle der maximalen Schärfe durch Verschieben des Objektives verändern.

Diesen Effekt konnte ich mir dadurch erklären, daß das Licht zum einen nicht parallel durch das Gitter kommt. Zum anderen lag es auch daran, daß die Ablenkung von Lichtstrahlen einer bestimmten Wellenlänge auch von deren Einfallswinkel abhängt (Erklärung siehe Anhang - A 23 -). Ein weiterer wesentlicher Grund war, daß ich das Gitter relativ zum Strahlengang des nullten Maximums um etwa 15 Grad von der Senkrechten abweichend aufgestellt habe, um eine möglichst hohe Lichtausbeute zu erreichen. Dieses hängt damit zusammen, daß das Gitter in Wirklichkeit kein Strichgitter sondern ein Phasengitter ist. Für die restlichen Berechnungen habe ich aber angenommen, daß sich ein Phasengitter nicht von einem Strichgitter unterscheidet.

Ich habe nun bei einer erneuten Berechnung der Sensorbahn diese Effekte berücksichtigt. Um mir das Errechnen dieser Bahn zu vereinfachen, habe ich mir Programme für einen programmierbaren Tascherechner des Typs HP-67 erstellt. Ein Programm zur Berechnung der Sensorbahn in BASIC mit der anschließenden graphischen Darstellung der Sensorbahn erschien mir zu aufwendig (Herleitung und Formeln siehe Anhang - A 21 -).

Diese neu errechnete Bahn ähnelt zum Glück sehr einer Kreisbahn,

so daß sich der mechanische Aufbau relativ leicht gestalten läßt, wenn Radius und Mittelpunkt bekannt sind.

4. Mechanik

4.1. Sensorführung

Da sich der Sensor auf einer Kreisbahn bewegen soll, hat mir seine Führung keine ernsthaften mechanischen Probleme bereitet. Ich habe im Mittelpunkt des Kreises ein Holzbrett gelagert, an dessen anderem Ende sich 2 kleine Räder befinden, mit denen es auf der Grundplatte rollen kann. Es ist daher auch bei stärkerer Belastung sehr leichtgängig. Am äußeren Ende dieses Sensorarmes ist ein mit einem Kugellager um eine senkrechte Achse gelagertes zweites kleines Brett befestigt. Auf diesem Brett befindet sich der Sensor, dessen lichtempfindliche Stelle genau über dem Lagerpunkt angeordnet ist, so daß sich der Sensor genau auf der Kreisbahn bewegt. Dieses Brett - und damit der Sensor - wird mit Hilfe einer langen Feder immer genau auf das Gitter ausgerichtet. Die Feder läuft kurz vor dem Gitter um eine auf der Grundplatte befestigte kleine Rolle, damit die Längenänderung der Feder gegenüber ihrer Gesamtlänge klein bleibt und sich so die von dieser Feder ausgeübte Kraft nicht stark ändert. Auf diesem Brett befindet sich auch ein innen schwarz gefärbter Tubus, um den Sensor vor Störlicht und Reflektionen zu schützen. (Fotos siehe Anhang - A 4 -).

4.2. Antrieb

Der Sensorarm, auf dem die übrige Sensormechanik befestigt ist, wird von einem Fadenzug bewegt. Der Faden läuft am Boden der Grundplatte über mehrere Umlenkrollen. Diese Umlenkrollen sind so angeordnet, daß der Faden immer eine möglichst große Kraft auf den Sensorarm ausüben kann. Dieser Kunststofffaden hat einen Durchmesser von 1 mm und ist 5 bis 6 mal um eine aufgerauhte 4 mm-Achse gewickelt. Er wird von einer Feder straff gehalten. Die 4 mm-Achse wird durch einen Schrittmotor bewegt, den ich aus einem defekten Drucker ausgebaut habe. Die Achse dieses Schrittmotors dreht sich bei jedem Schritt (Vollschritt) um 9 Grad. Das bedeutet eine Bewegung des Fadens pro Schritt um etwa 0,4 mm. Der Sensorarm hat an beiden Enden einen mechanischen Anschlag. Zusätzlich sind vor jedem Anschlag auch noch 2 Gabellichtschranken

angebracht, die vom Computer abgefragt werden.

5. Hardware

5.1. Sensor

Der Sensor wird zur Messung der Intensität des in die Spektralfarben zerlegten zu analysierenden Lichtes benötigt. Ich brauche für diese Anwendung einen Sensor mit guten Linearitätseigenschaften und einer sehr hohen Empfindlichkeit (er muß noch Beleuchtungsstärken von weniger als 10 mlx feststellen können). Für solche Anwendungen kommt ein Fotoelement aufgrund der geringen Empfindlichkeit überhaupt nicht in Frage, und auch bei einer Fotodiode oder einem Fototransistor kann eine vernünftige Linearität der Ausgangssignale nicht gewährleistet werden. Ich habe nach längerem Suchen eine Fotodiode mit integriertem Verstärker gefunden, die sonst z.B. für Belichtungsmesser in Fotoapparaten verwendet wird. Bei diesem Licht-Strom-Wandler TFA 1001 W ist eine Einstufung des Dunkelstroms und damit eine Linearisierung der Kennlinie möglich (Datenblatt siehe Anhang - A 9 -). Dieser Sensor liefert einen der Beleuchtungsstärke proportionalen Strom mit ungefähr 5 uA/lx. Diesen Strom wandle ich mit einem CMOS-Operationsverstärker (ICL 7611 DCPA) in eine Spannung um. Da ich jedoch bei der Helligkeit einen Dynamikbereich von fast 1 : 100000 habe, muß ich die Verstärkung des Strom-Spannungs-Wandlers computergesteuert umschalten können. Hierzu habe ich diese Schaltung mit fünf verschiedenen Rückkopplungswiderständen im Verhältnis 1 : 4 : 16 : 64 : 256 aufgebaut, die ich von 5 Reed-Relais schalten kann. Diese Reed-Relais werden von einem TTL-Decoder angesteuert. Die gesamte Schaltung habe ich in einer kleinen Kiste aus Kupferblech untergebracht, da ich vorher große Probleme mit Einstreuungen (z.B.: 50 Hz Netz, 1 MHz (Mittelwellensender) u. ä.) hatte. Diese Abschirmung liegt elektrisch an Masse. Der gesamte Aufbau des Sensors hat 2 Verbindungskabel mit insgesamt 9 benutzten Adern und ist etwa 2,5 x 6,5 x 9,5 cm groß (Fotos siehe Anhang - A 3 -).

Für die optimale Einstellung der Linearität habe ich mir einen Meßaufbau konstruiert. Er besteht aus einem von innen mattschwarzem Pappkanal, an dessen einem Ende sich der Sensor befindet. In diesen Pappkanal habe ich eine Glühbirne auf einem Schlitten verschiebbar eingebaut, so daß ich Entfernungen von etwa 15 - 90 cm zwischen der Glühbirne und dem Sensor einstellen konnte. Ich

hatte so eine Zuordnung zwischen der Entfernung von der Glühlampe zum Sensor und der Beleuchtungsstärke (doppelte Entfernung = ein Viertel Beleuchtungsstärke). Zusätzlich konnte ich auch die Helligkeit der Glühbirne verändern. Die so erhaltenen Daten habe ich dann mit dem Computer mit Hilfe eines BASIC-Programmes ausgewertet und auf dem Bildschirm bzw. dem Drucker sehr übersichtlich dargestellt (Fotos und Programm siehe Anhang - A 3 -/- A 11 -). Dieses Programm benötigte zur Auswertung, Darstellung und dem Druck der Meßwerte nur etwa 8 Minuten. Als ich dagegen die ersten Meßwerte von Hand aufgezeichnet hatte, benötigte ich dafür mehr als eine Stunde. Nach längerem Suchen habe ich so eine optimale Einstellung des Dunkelstrompotis gefunden. Bei dieser Einstellung habe ich auch noch in den Bereichen sehr geringer Beleuchtungsstärke eine hohe Empfindlichkeit.

5.2. A/D-Wandler, Spitzenwertgleichrichter

Die vom Sensor kommende Spannung wird mit einem Spitzenwertgleichrichter und einem Analog-Digital-Umsetzer weiterverarbeitet. Der Spitzenwertgleichrichter dient dazu, über einen bestimmten Zeitraum die maximal aufgetretene Spannung zu speichern. Dieses benötige ich, weil sehr viele netzbetriebene Lichtquellen, z.B. Glühbirnen, Leuchtstoffröhren kein kontinuierliches Licht aussenden, sondern mit 100 oder 50 Hz flimmern. Der Spitzenwertgleichrichter besteht aus 2 Operationsverstärkern. Hinter den Ausgang des 1. ist eine Diode geschaltet, mit der dann ein Kondensator aufgeladen wird. Die Diode dient dazu, daß der Kondensator, wenn die gemessene Helligkeit wieder absinkt, nicht entladen wird. Die am Kondensator anliegende Spannung geht über einen weiteren Operationsverstärker, der als Impedanzwandler dient, an einen Analog-Digital-Wandler. Dieser Analog-Digital-Wandler (uA 9708) ist ein Spannungs-Zeit-Wandler, dessen Zeit vom Computer gemessen wird.

5.3. Interface

Ich benötige ein Interface, um das Spektrometer vom Computer steuern zu lassen. Dieses Interface hat 16 Eingabe- und 16 Ausgabe-Bits. Es besteht aus mehreren TTL-ICs. Zum einen sind dies 16 D-Flip-Flops für die Ausgänge und zum anderen 16 Buffer mit Tristate-Ausgängen für die Eingänge. Die Taktsignale für diese ICs werden mit einer kleinen Logikschaltung erzeugt.

An diesen Eingängen sind sowohl der Analog-Digital-Wandler als auch 3 Tasten, die als Bedienungselemente benötigt werden, angeschlossen. Außerdem verwende ich noch einen 4-Stellungsschalter zur Einstellung der Meßzeit des Spitzenwertgleichrichters, dessen Stellung auf 2 Bit kodiert ist. Die Ausgänge steuern den Analog-Digital-Wandler und zum anderen die Bereichsumschaltung für den Sensor. Auch kann ich über 1 Bit den Spitzenwertgleichrichter zurücksetzen. An 4 weiteren Ausgangs-Bits ist ein schaltender Transistortreiber für den Schrittmotor angeschlossen, der den Sensor bewegt. Er besteht aus einem als Buffer geschalteten TTL-IC und 4 Darlington-Transistoren. Um eine größere Wiederholgenauigkeit zu erreichen, habe ich neben den mechanischen Anschlägen des Sensorarmes auch noch 2 Gabellichtschranken an den beiden Endstellungen angebracht. Diese Gabellichtschranken sind über jeweils einen einfachen Transistor-Verstärker an das Interface angeschlossen.

6. Software

6.1. Programmübersicht, Benutzerführung

Die Programme für den Betrieb meines Spektrometers habe ich in der 8085-Assembler-Sprache geschrieben. Sie sind etwa 3 K lang und dienen dazu, das Spektrometer zu steuern, die Meßwerte zu erfassen, zu korrigieren und für den Benutzer gut darzustellen. Als Ausgabeeinheit benutze ich einen Bildschirm mit einer Auflösung von 512 x 256 Punkten, der von einem speziellen Grafik-Controller (EF 3966) angesteuert wird. So ist es mir möglich, mit geringem Softwareaufwand auf dem Bildschirm Grafik und Texte darzustellen. Ich habe versucht, die Programme mit einer möglichst guten Benutzerführung auszustatten. Diese erfolgt über den Bildschirm und drei Tasten. Sie haben folgende Funktionen:

<A> und : dienen der Benutzerführung (siehe - A 37 -)

COPY : kopiert den Bildschirminhalt auf einen Drucker

Zusätzlich blinkt eine Warnlampe, wenn gerade eine Messung läuft.

6.2. Korrekturprogramme

Die Korrekturprogramme dienen zur Aufbereitung der vom Sensor kommenden und im Speicher abgelegten Meßwerte. Die Korrektur ist insgesamt in sechs Teile unterteilt:

Im ersten Programmteil wird von allen ungefähr 900 Meßwerten der

Dunkelstrom des Sensors abgezogen. Der Dunkelstrom wird an einer Endstellung des Sensorarmes gemessen, bei der sich der Sensor hinter einer schwarze Pappblende befindet.

Im zweiten Programmteil werden die Meßwerte in eine zweite Tabelle übertragen. Dabei wird die Wellenlänge linearisiert, so daß in der neu entstandenen Tabelle eine sehr einfache Zuordnung zwischen Tabellenplatz und Wellenlänge vorhanden ist. Auf dem ersten Tabellenplatz befindet sich der Wert für 320 nm. Jedem weiteren Tabellenplatz ist eine um 0,5 nm höhere Wellenlänge zugeordnet. Im letzten der 1024 Tabellenplätze befindet sich der Wert für 832 nm. Die Linearisierung der Wellenlänge erfolgt über eine Tabelle, in der für jeden 128. Tabellenwert der linearisierten Tabelle die Position steht, aus der dieser Wert in der alten Tabelle zu holen ist. Die dazwischenliegenden Positionen errechne ich durch eine sehr einfach gestaltete lineare Interpolation. Da ich die Definition für die linearisierte Tabelle schon getroffen habe, bevor ich die genauen Anfangs- und Endwerte in der noch unkorrigierten Tabelle wußte, sind in der linearisierten Tabelle auch Meßwerte eingetragen, die ich in Wirklichkeit gar nicht gemessen habe. Damit keine Störungen auftreten, habe ich dort in der unkorrigierten Meßwerttabelle Nullen eingetragen. Bei dieser Wellenlängenlinearisierung verändere ich keine Tabelleninhalte, sondern ich überspringe gegebenenfalls Meßwerte, oder ich übernehme sie doppelt. Ich halte dieses für sinnvoll, da ich, wenn ich z.B. die jeweils auf der Verbindungsgeraden zwischen 2 Meßwerten liegenden Punkte in die korrigierte Tabelle eingetragen hätte, die Schärfe der Spitzen und Täler in den Meßwerten wesentlich verschlechtert hätte.

Das dritte Teilprogramm sucht sich die größten Meßwerte in der linearisierten Tabelle unter Berücksichtigung der Farbempfindlichkeitskurve des Sensors (Funktionsweise wie fünfter Programmteil).

Der vierte Programmteil multipliziert nun jeden Meßwert mit dem vom vorherigen Programm gefundenen Kehrwert des Maximalwertes, so daß nachher der höchste Meßwert eines Spektrums immer eine genormte Höhe hat.

Der fünfte Programmteil korrigiert jeden Meßwert mit dem dazugehörigen Farbempfindlichkeitsfaktor des Sensors. Diesen Faktor erhält das Programm aus einer Tabelle, in der - ähnlich wie für die Wellenlängenlinearisierung - für jeden 128. Tabellenplatz der Korrekturfaktor steht. Die Werte für die dazwischenliegenden Tabellenplätze werden wiederum durch eine lineare Interpolation

errechnet. Die Filterwirkung des Objektivs und des Gitters konnte ich nicht korrigieren, da ich darüber keine genaueren Informationen habe.

Der sechste Programmteil begrenzt noch einmal alle Tabellenwerte auf den vorgeschriebenen Maximalwert, da in den beiden vorhergehenden Korrekturprogrammen leicht Rundungsfehler bei der Multiplikation aufgetreten sein könnten.

6.3. Linienanalyse

Um mir die Auswertung von Linienspektren wesentlich zu vereinfachen, habe ich ein Programm geschrieben, daß die korrigierte Tabelle auf ihre Linien hin untersucht. Diese Linien markiere ich zur Kontrolle im dargestellten Spektrum durch kleine Pfeile. Zum anderen kann ich diese Linien in Form einer Tabelle auf dem Bildschirm darstellen, in der die Wellenlängen und die jeweilige zugehörige prozentuale Amplituden eingetragen sind. Ich stelle eine Linie im Spektrum dadurch fest, daß der vorhergehende Meßwert kleiner ist und der nachfolgende entweder kleiner oder genauso groß ist. Zusätzlich muß dieses Maximum eine Amplitude von mindestens 7 % haben. Dieses Prinzip ist sehr einfach zu realisieren, weist aber einige Nachteile, besonders bei außergewöhnlich geformten Linien auf. Dieses hätte man z.B. dadurch verbessern können, daß man bei einer Linie jeweils die Stelle sucht, bei der die Summe der links und rechts davon liegenden Meßwerte gleich hoch ist. Ich habe es jedoch zeitlich nicht geschafft, diese Idee bis zur Fertigstellung der schriftlichen Arbeit zu verwirklichen.

7. Meßergebnisse

Für erste Tests habe ich eine 12 V / 75 W-Glühbirne benutzt, die sonst in Schmalfilmprojektoren verwendet wird, da man hierbei das Spektrum noch mit dem Auge auf einer Leinwand sehr hell erkennen kann. Für die Tests mit der Linienauflösung habe ich anfangs eine Glimmlampe verwendet, da diese fast 20 Linien im Bereich von 570 - 750 nm zeigt. Ich habe die Glimmlampe mit Gleichstrom betrieben, damit sie nicht mit 50 Hz "blinkt".

Nach dem endgültigen Fertigstellen des Spektrometers und der zugehörigen Programme habe ich es mit drei Spektrallampen (Rb, Hg, He), die ich mir aus dem Labor für Lichttechnik der Hochschule Bremen ausleihen durfte, geeicht und danach mit insgesamt

acht Lampen getestet (Meßergebnisse siehe Anhang - A 28 -). Ich konnte mit diesen Lampen feststellen, daß ich mit meinem Spektrometer eine relativ hohe Wiederholgenauigkeit - auch bei der Linienanalyse - erreichen kann. Sie liegt bei etwa 1 nm. Die Abweichung der Meßergebnisse meines Spektrometers von den angegebenen Werten betrug nach der Eichung ungefähr 1 nm bis zu max. 2 nm. Diese Fehler könnte man durch einen besseren und stabileren Antriebsmechanismus als mit einem Fadenzug und einer Feder sicherlich wesentlich verringern.

Eine einfache Linie erscheint beim Darstellen der Meßwerte als eine Spitze, die unten etwa 2 - 3 nm breit ist (bei langen Wellenlängen können es auch 4 nm sein). Diese Tatsache bedeutet, daß ich die Quecksilber-Doppellinie bei 557/559 nm noch sehr sauber trennen kann. Der Meßwert erreicht zwischen den beiden Spitzen fast wieder den Nullpunkt. Dies ist jedoch abhängig von der Einstellung des Spitzenwertgleichrichters.

8. Abschließende Betrachtung und Möglichkeiten der Verbesserung

Mit diesem Spektrometer kann ich zeigen, daß man auch mit geringem Materialaufwand ein relativ leistungsfähiges Gerät aufbauen kann. Jedoch tauchen bei der spektralen Analyse von Chemikalien Probleme mit der Empfindlichkeit des Spektrometers auf. So konnte ich zwar die Linien von Kalium und Natrium analysieren, andere Linien waren aber nicht intensiv genug (siehe - N 1 -).

Eine höhere Meßgeschwindigkeit wäre zwar wünschenswert, läßt sich aber nicht mit dem Prinzip der sequentiellen Abtastung erreichen. Hierzu müßte man anstelle eines bewegten Sensors eine Vielzahl fester Sensoren haben, zum Beispiel einen CCD-Liniensensor. Dieses hätte zusätzlich den Vorteil, daß die umfangreiche toleranzbehaftete Mechanik entfallen könnte, nur wäre dabei wieder ein 2. Objektiv notwendig.

Aus Kostengründen könnte man anstelle des von mir verwendeten Computers auch einen kleinen Einplatinen-Computer benutzen (z.B. den EMUF aus der Zeitschrift mc). Die Ausgaben könnten dann über einen D/A-Wandler und ein Oszilloskop bzw. einen X/T-Schreiber erfolgen. Eine andere Möglichkeit wäre die Benutzung des NDR-Kleincomputers, wie er zur Zeit in der Fernsehserie "Mikroelektronik" aufgebaut wird. Mein Programm wäre auf diesem Rechner wegen der relativ ähnlichen Hardware mit nur geringen Änderungen lauffähig (ähnliche CPU (Z80), gleicher Grafikcontroller EF 9366, genügend RAM und EPROM).

S P E K T R O M E T E R
M I T M I K R O C O M P U T E R S T E U E R U N G
U N D - A U S W E R T U N G

Ein Beitrag zum Wettbewerb " JUGEND FORSCHT " 1984

A N H A N G

Inhaltsverzeichnis

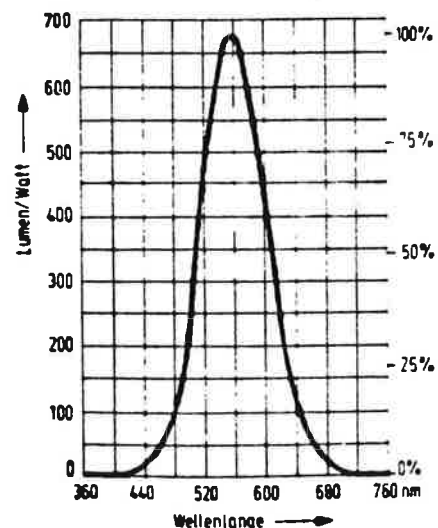
Nachtrag: Versuche zur chemischen Analyse	- N 1 -
Gemessene Spektren	- N 2 -
1. Literaturverzeichnis und Hilfen	- A 1 -
2. Fotos	- A 2 -
3. Schaltzeichnungen	- A 5 -
4. Sensor	- A 9 -
4.1. Datenblätter	- A 9 -
4.2. Linearität	- A 11 -
5. Datenblätter	- A 17 -
5.1. ICL 7611 DCPA	- A 17 -
5.2. uA 9708	- A 18 -
5.3. Spektrallampen	- A 19 -
6. Mechanik	- A 20 -
6.1. Aufbauskizze des Spektrometers	- A 20 -
6.2. Sensorbahn und Formeln	- A 21 -
7. Meßergebnisse	- A 24 -
7.1. Spektren von Glüh- und Glimmlampen	- A 24 -
7.2. Spektren von Spektrallampen	- A 28 -
8. Assemblerprogramm	- A 36 -
8.1. Programmablaufplan	- A 36 -
8.2. Benutzerführung (Beispielausdruck)	- A 37 -
8.3. Korrekturkurven	- A 41 -
8.4. Listing des Assemblerprogramms	- A 42 -

Nachtrag: Versuche zur chemischen Analyse

Nach der Fertigstellung des Spektrometers habe ich versucht, durch Salze bunt gefärbte Flammen zu analysieren. Hierzu habe ich die verschiedenen Salze auf einem Magnesia-Stäbchen in eine Bunsenbrennerflamme gehalten, die sich vor dem Spalt befand. Ich habe aber nur bei den Salzen Natriumchlorid und Kaliumchlorid eine Färbung mit dem Spektrometer analysieren können. Die Flammenfärbung der beiden anderen verwendeten Salze Calciumchlorid und Strontiumchlorid war nicht intensiv genug (Meßergebnisse siehe - N 2 -).

Ich habe auch versucht, das Licht von rotleuchtenden Bengalhölzern zu analysieren. Diese enthielten zwar die Kaliumlinie 767/770 nm (Grenze Dunkelrot/Infrarot) sehr stark, da diese aber aufgrund der in diesem Bereich schon sehr geringen Augenempfindlichkeit (kleiner 0.1 %) nicht für die Rotfärbung verantwortlich sein kann, müssen auch noch andere Linien enthalten sein. In etwa 30 Messungen stellte ich auch noch einige andere Linien fest, die aber relativ schwach waren. Bei ungefähr der Hälfte der Messungen waren Linien im Bereich um 674 nm und 685 nm vorhanden (Rot, Augenempfindlichkeit etwa 2% bis 5%). Diesen Linien konnte ich jedoch nach meinen Unterlagen kein chemisches Element zuordnen. Die einzige eindeutige Linie war Natrium (589 nm), die bei vier Messungen erkennbar war. (Meßergebnisse siehe - N 3 -). An diesen Messungen kann man erkennen, daß der Farbeindruck des Menschen und die farbkorrigierten Meßergebnisse eines Spektrometers sehr stark voneinander abweichen können. Dieses läßt sich zum einen durch die Art und Weise, wie das Auge Farben wahrnimmt (verschiedene Spektren rufen den gleichen Farbeindruck hervor), und zum anderen durch die stark wellenlängenabhängige Empfindlichkeit des menschlichen Auges erklären.

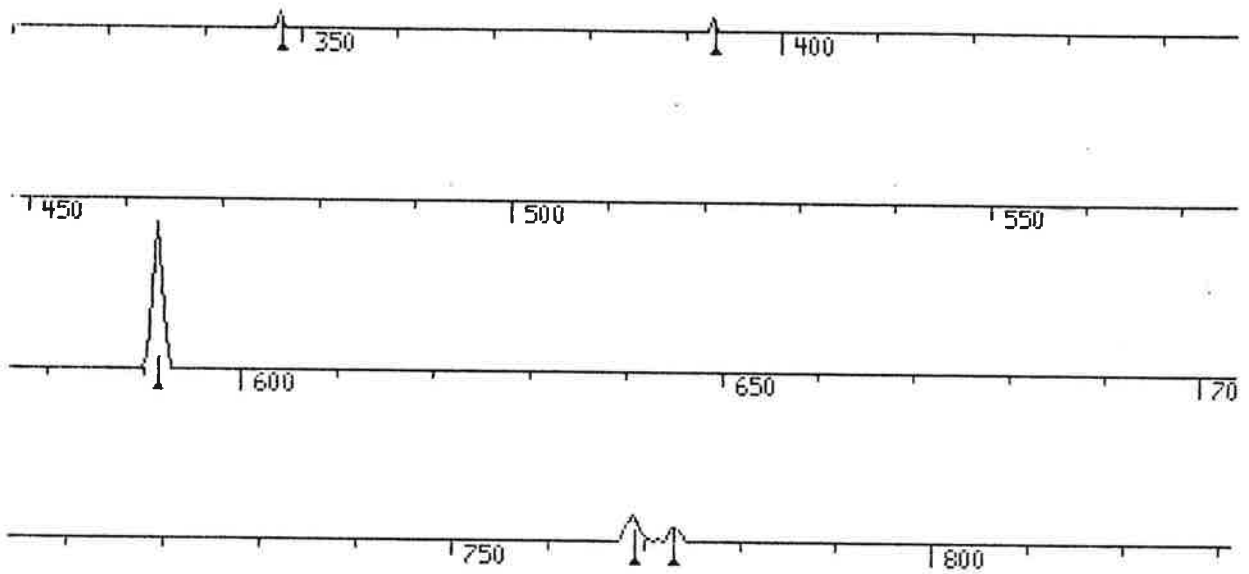
Empfindlichkeitskurve für das menschliche Auge (V_λ = Normempfindlichkeitsgrad für Tagessehen)



Spektren von Salzen

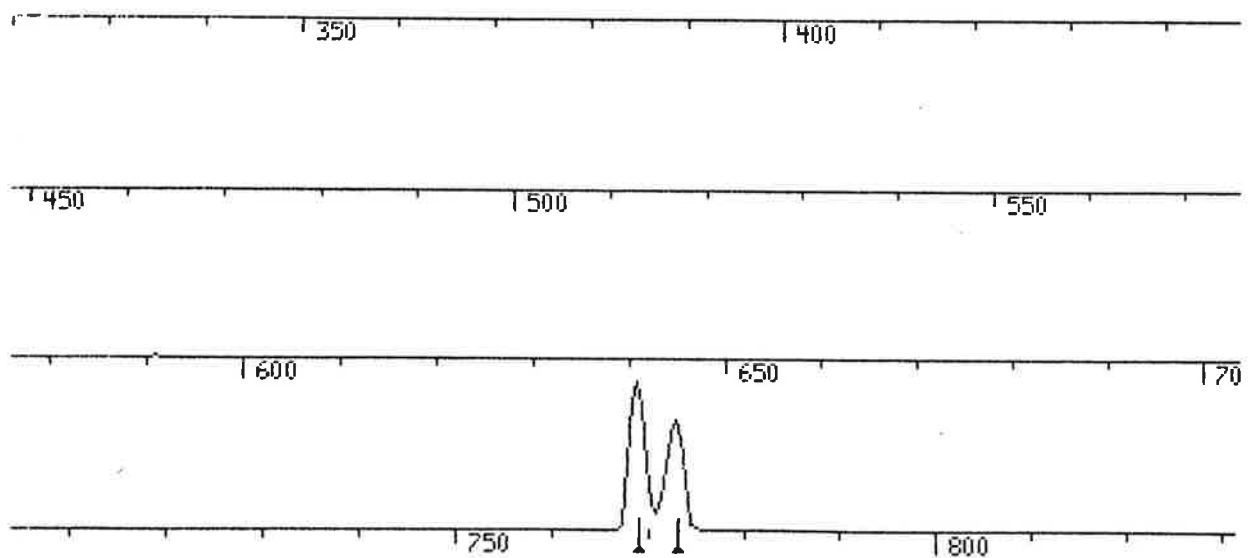
Natriumchlorid in der Bunsenbrennerflamme

<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: LINIENTABELLE



Kaliumchlorid in der Bunsenbrennerflamme

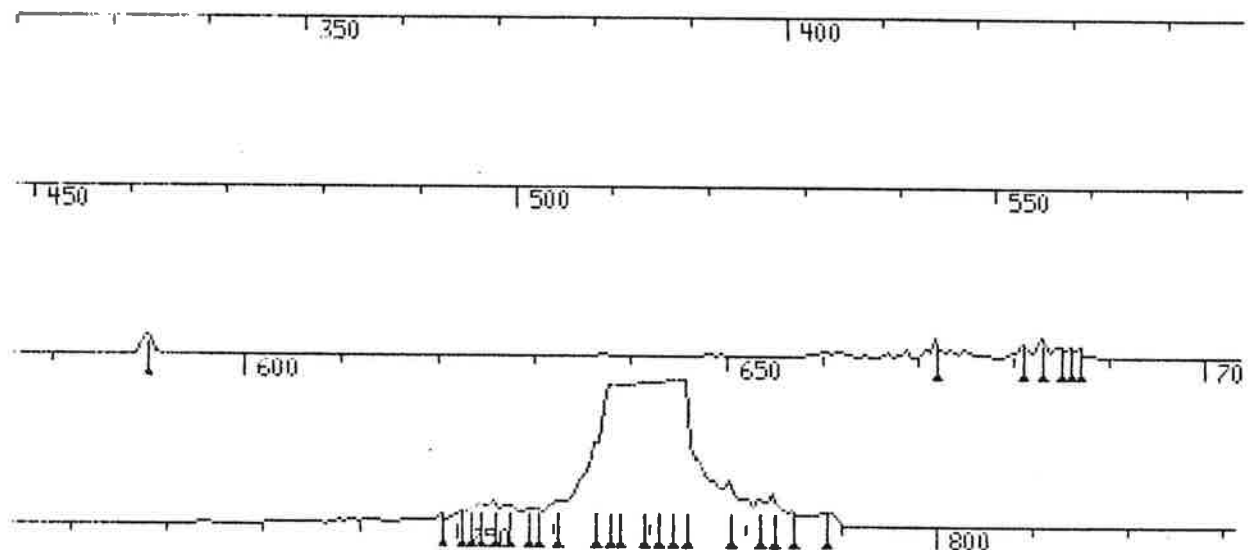
<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: LINIENTABELLE



Spektren von rotleuchtenden Bengalhölzern

charakteristisches Beispiel

<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: LINIENTABELLE



Ergebnisse aus 30 Messungen

mittlere Wellenlänge	Häufigkeit in 30 Messungen	vermutetes Element
591	4	Natrium
607	2	-
637	2	-
648	1	-
662	9	-
674	17	-
685	13	-
768	30	Kalium
771	30	Kalium

1. Literaturverzeichnis und Hilfen

1.1. Benutzte Literatur

- 1.) Oskar Höfling
Physik Lehrbuch für Unterricht und Selbststudium
13. Auflage, 1981, Dümmler, Bonn
- 2.) Eilhard Wiedemann, Hermann Ebert
Physikalisches Praktikum
5. Auflage, 1904, Vieweg, Braunschweig
- 3.) Datenbuch: Lineare Schaltungen
1981/82, Siemens
- 4.) Datenbuch: Opto-Halbleiter
1981/82, Siemens
- 5.) Datenblatt: ICL 7611 DCPA
1979, Intersil / Spezial-Elektronik KG
- 6.) Datenblatt: uA 9708
1978, Fairchild
- 7.) Datenblatt: EF 9365/66
Thomson-CSF
- 8.) Datenblatt: Osram-Spektrallampen
Osram

1.2. Hilfen

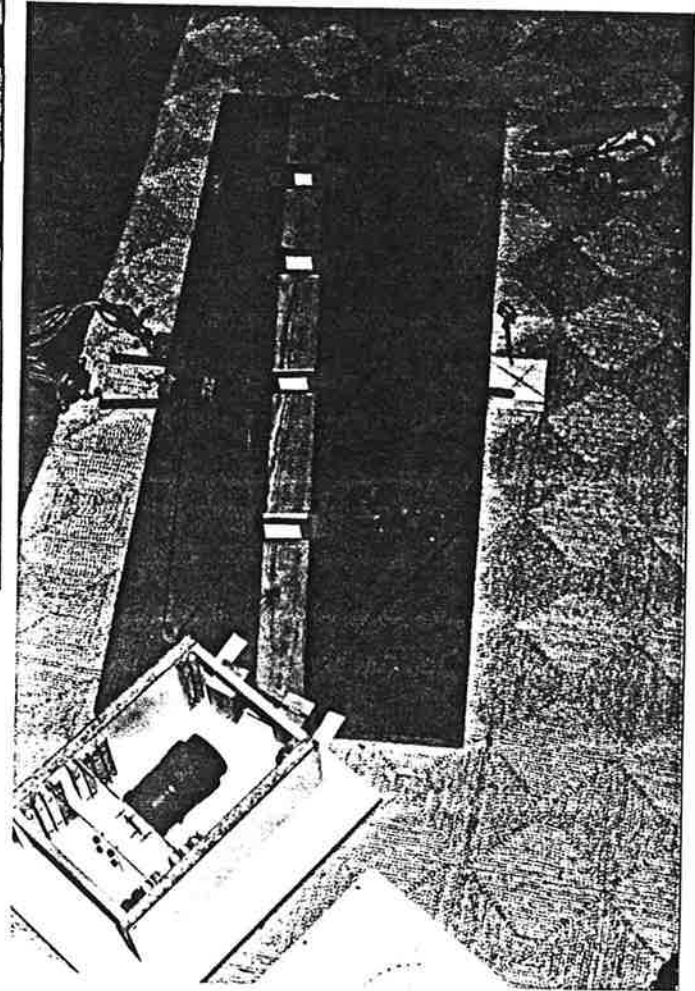
beratend: mein Vater Heinz Purnhagen
Herr Klefke, Physiklehrer

Gitter: Spindler u. Hoyer GmbH u. Co
Werk für Feinmechanik und Optik, Göttingen

Spektrallampen: Lichtlabor der Hochschule Bremen



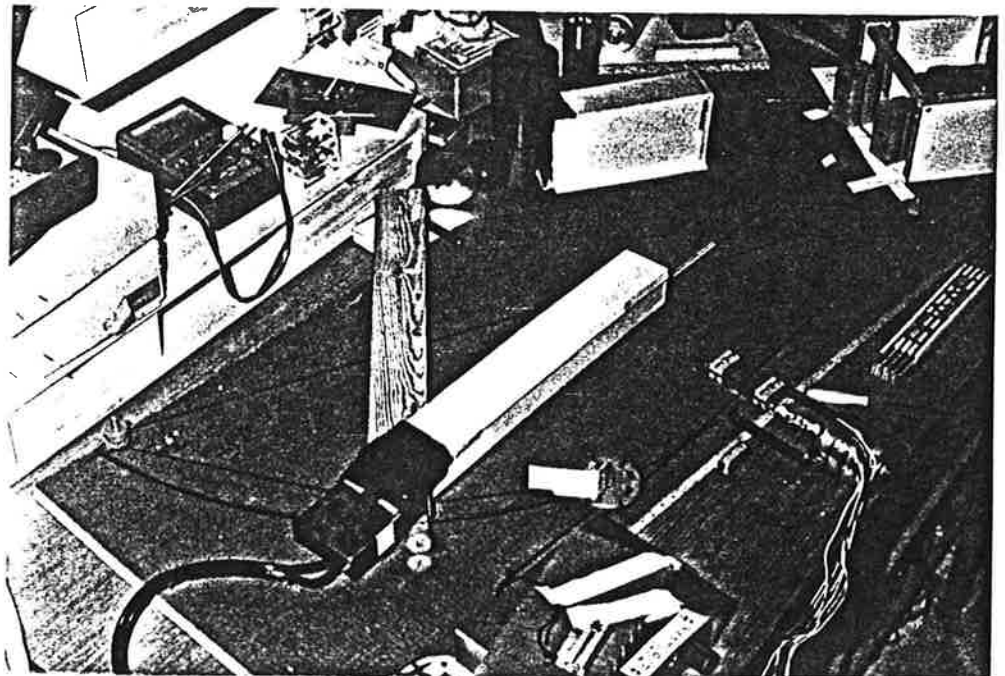
Erste Versuche

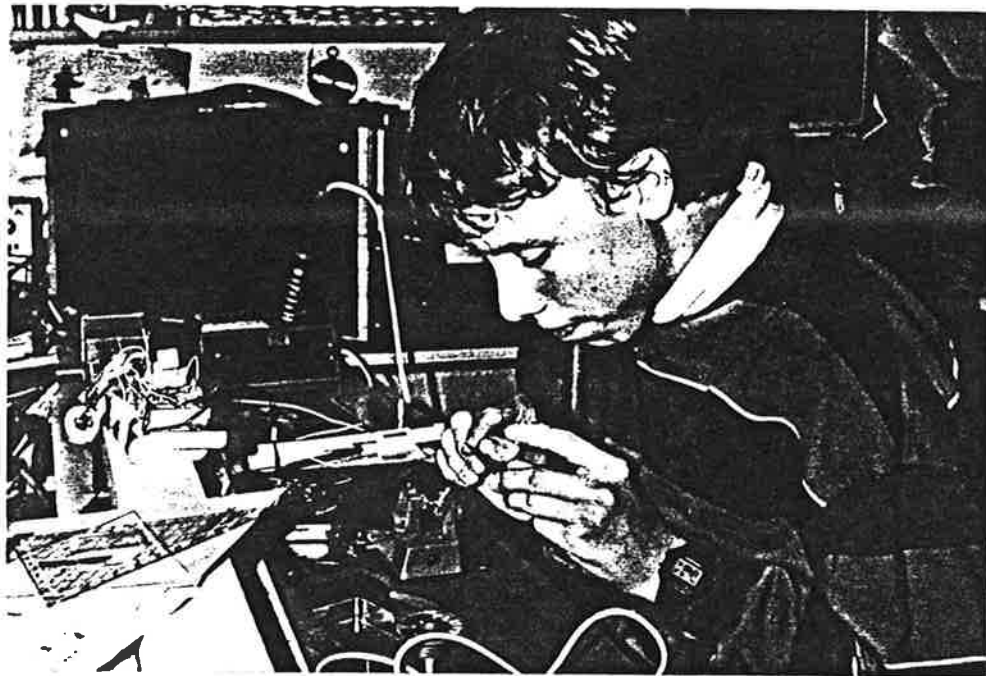


Versuchsaufbauten

Kreisbahn um
Gitter →

Korrigierte Bahn →

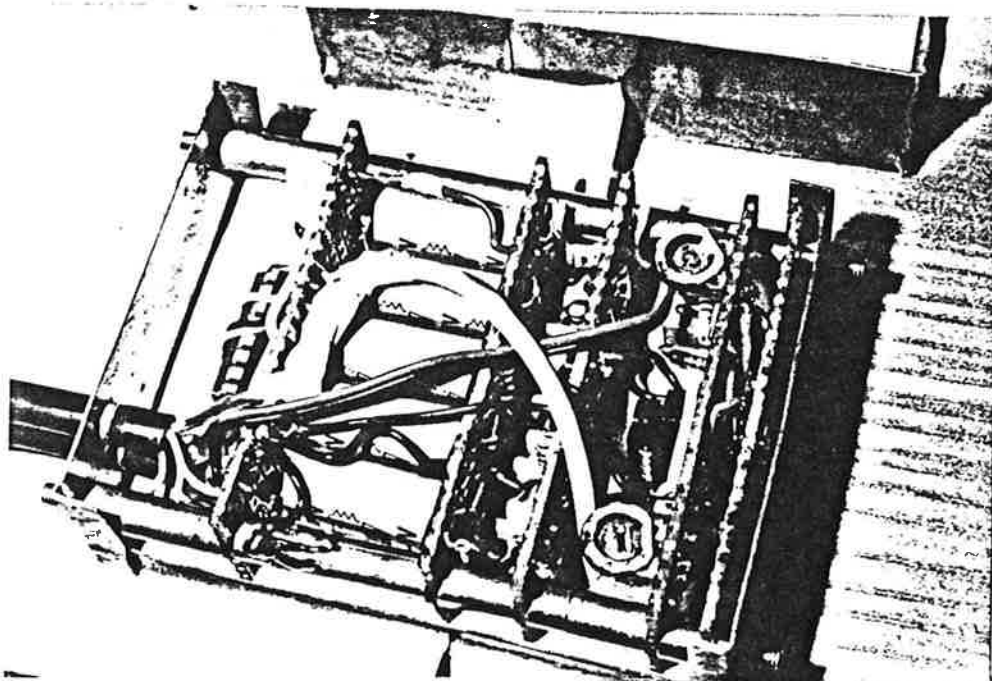




Löten des
Sensors



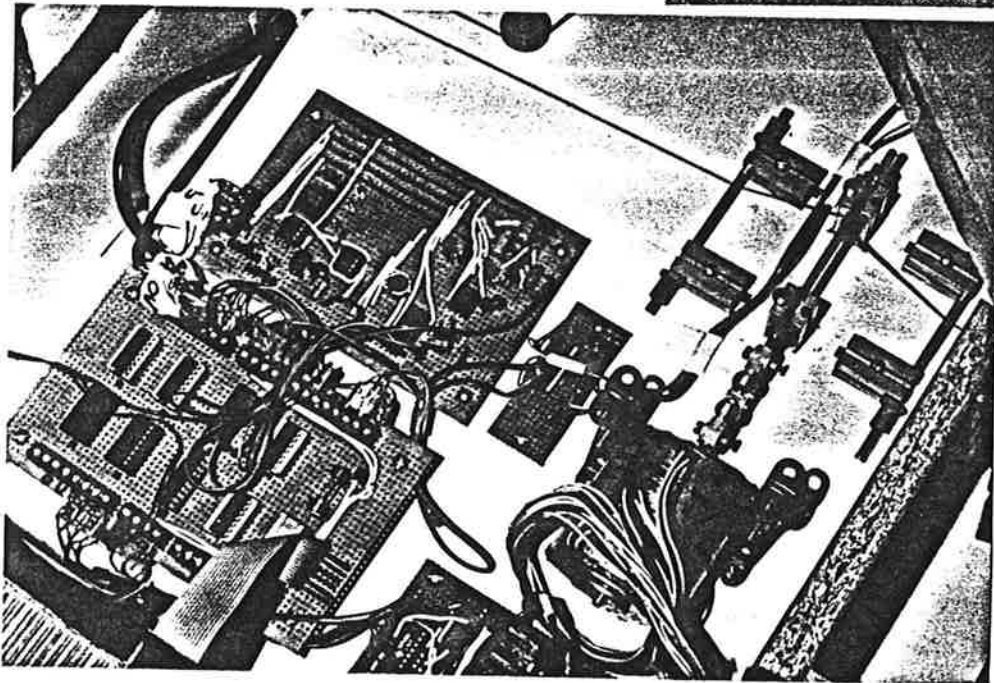
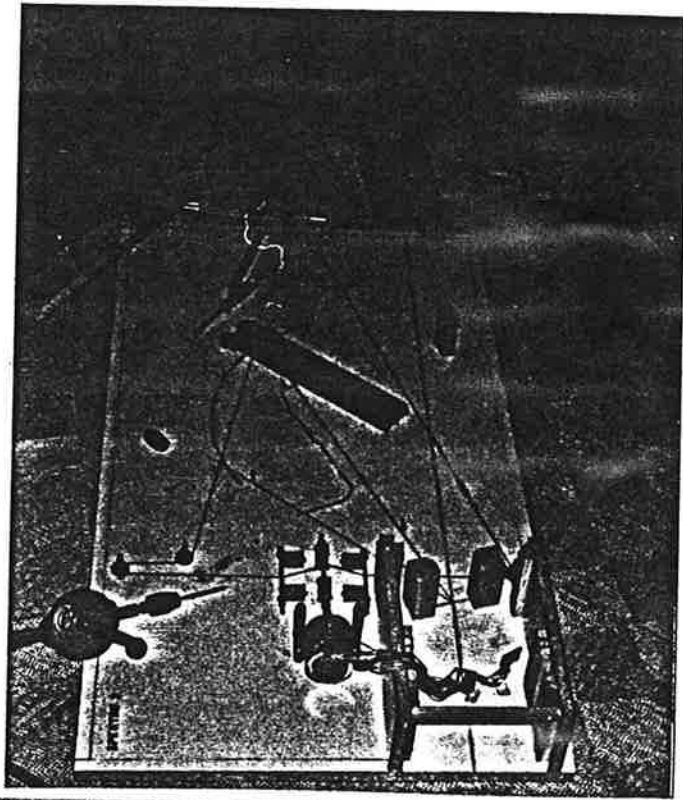
Linearitäts-
messung



Der Portale
Pump



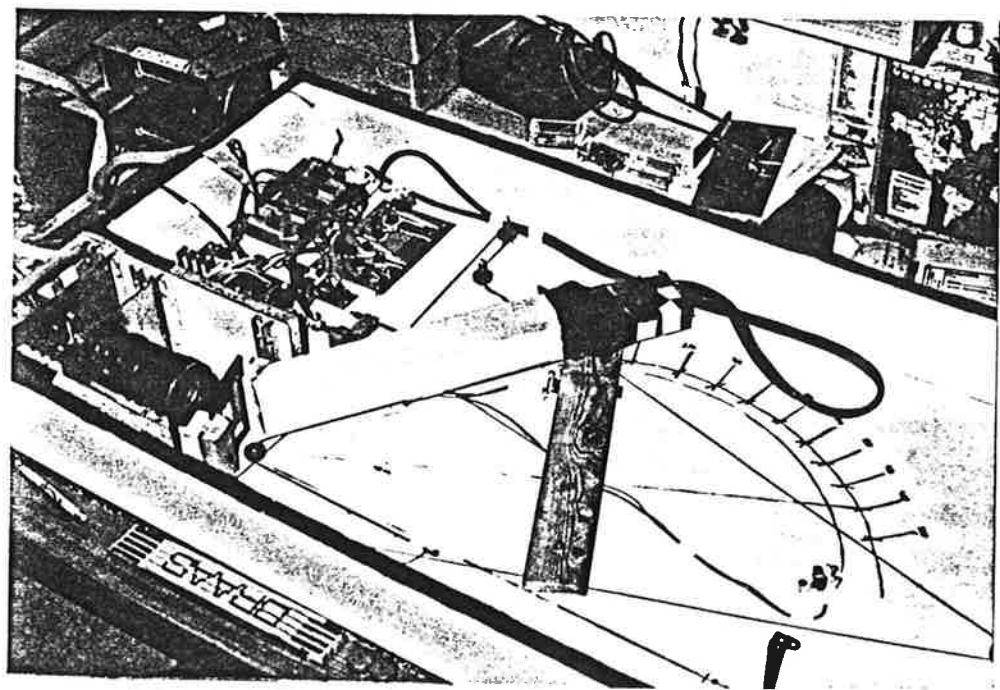
Entstehungsphase →



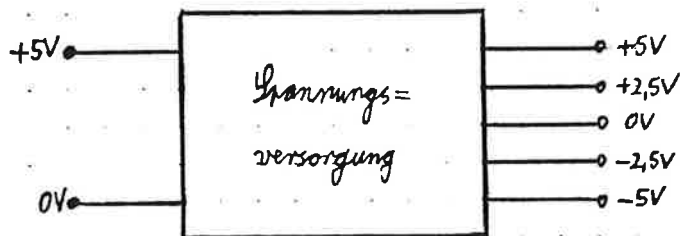
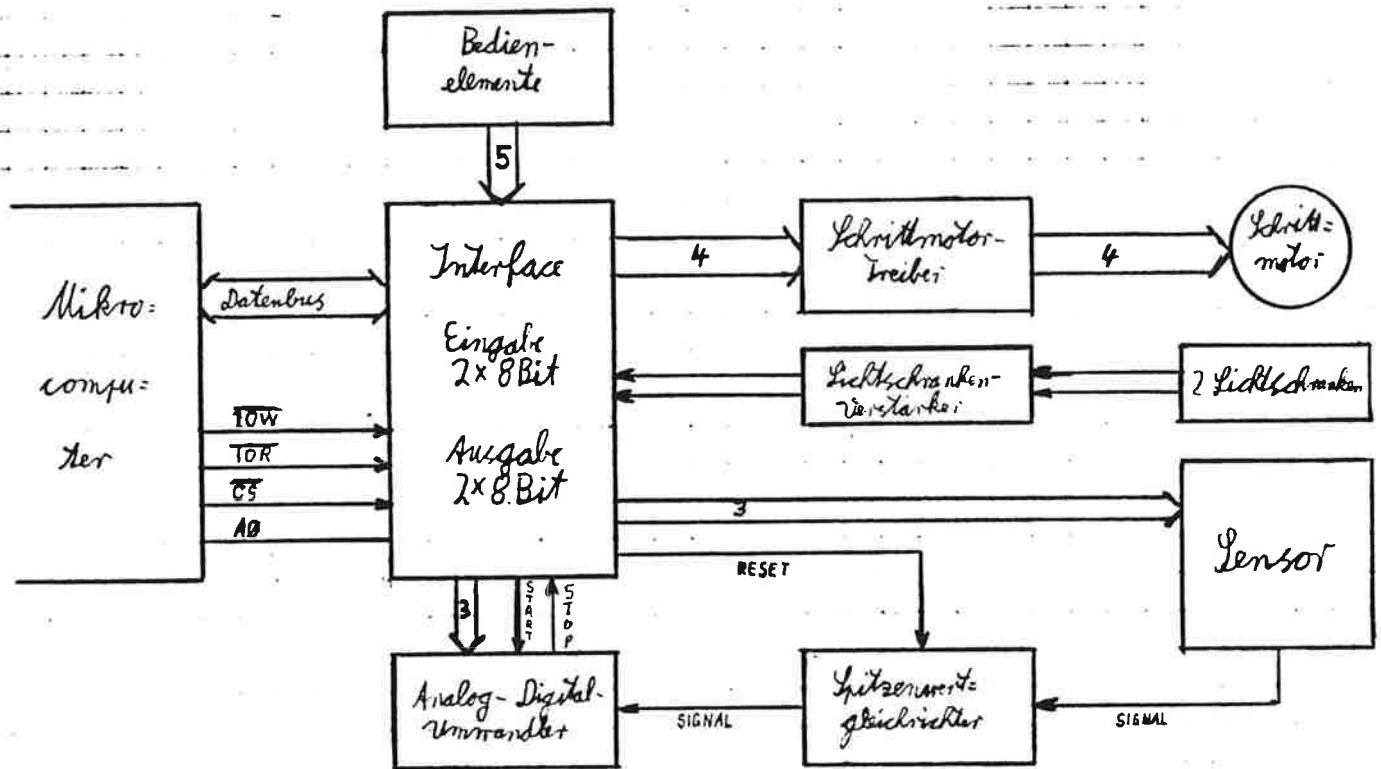
"Hardware"



Das fertige
Spektrometer



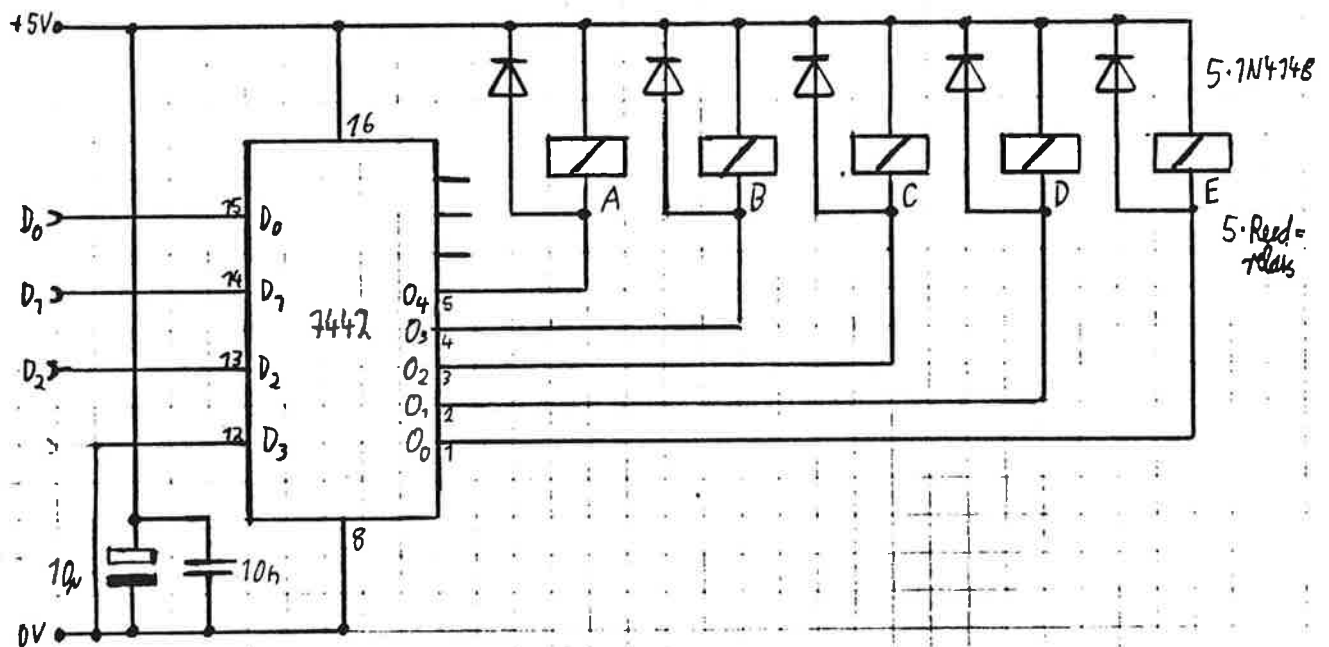
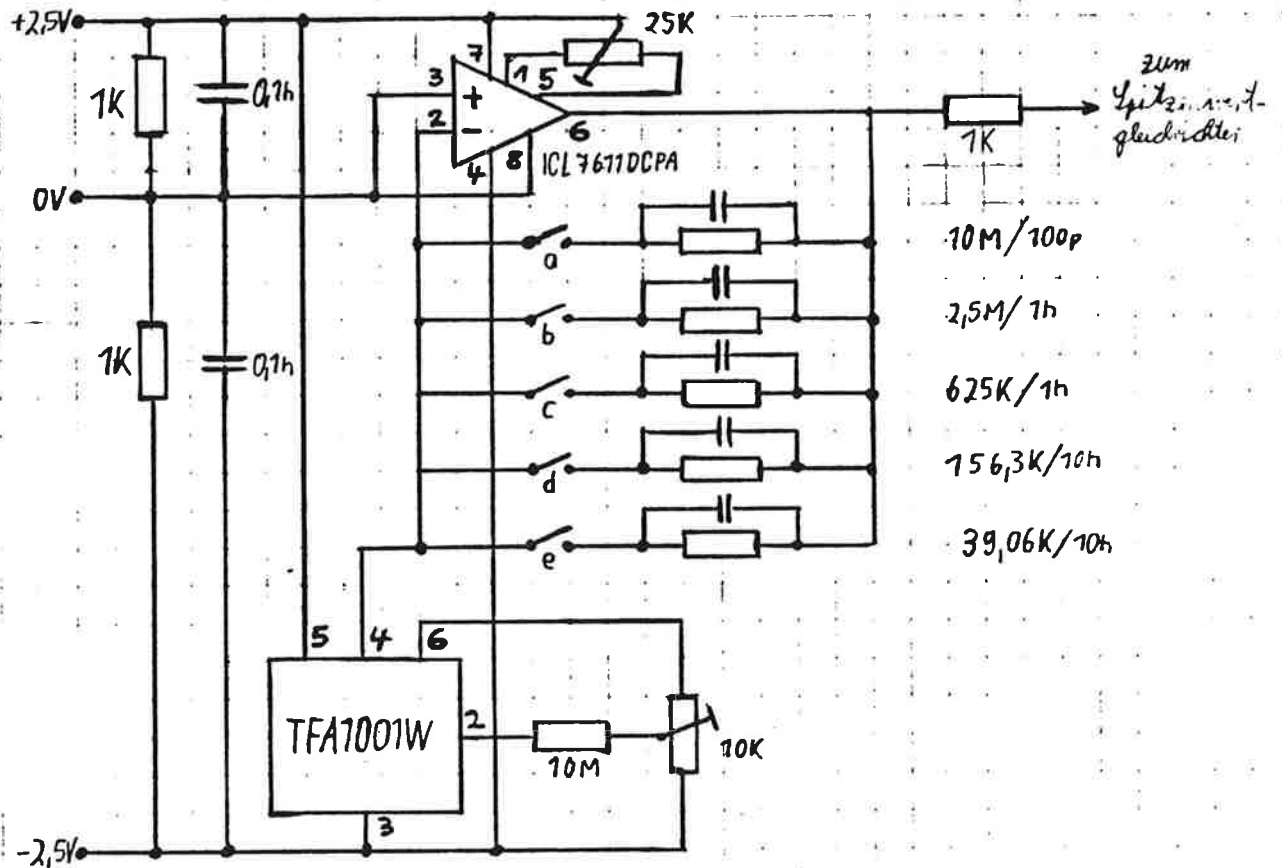
SPEKTROMETER BLOCKSCHALTBILD



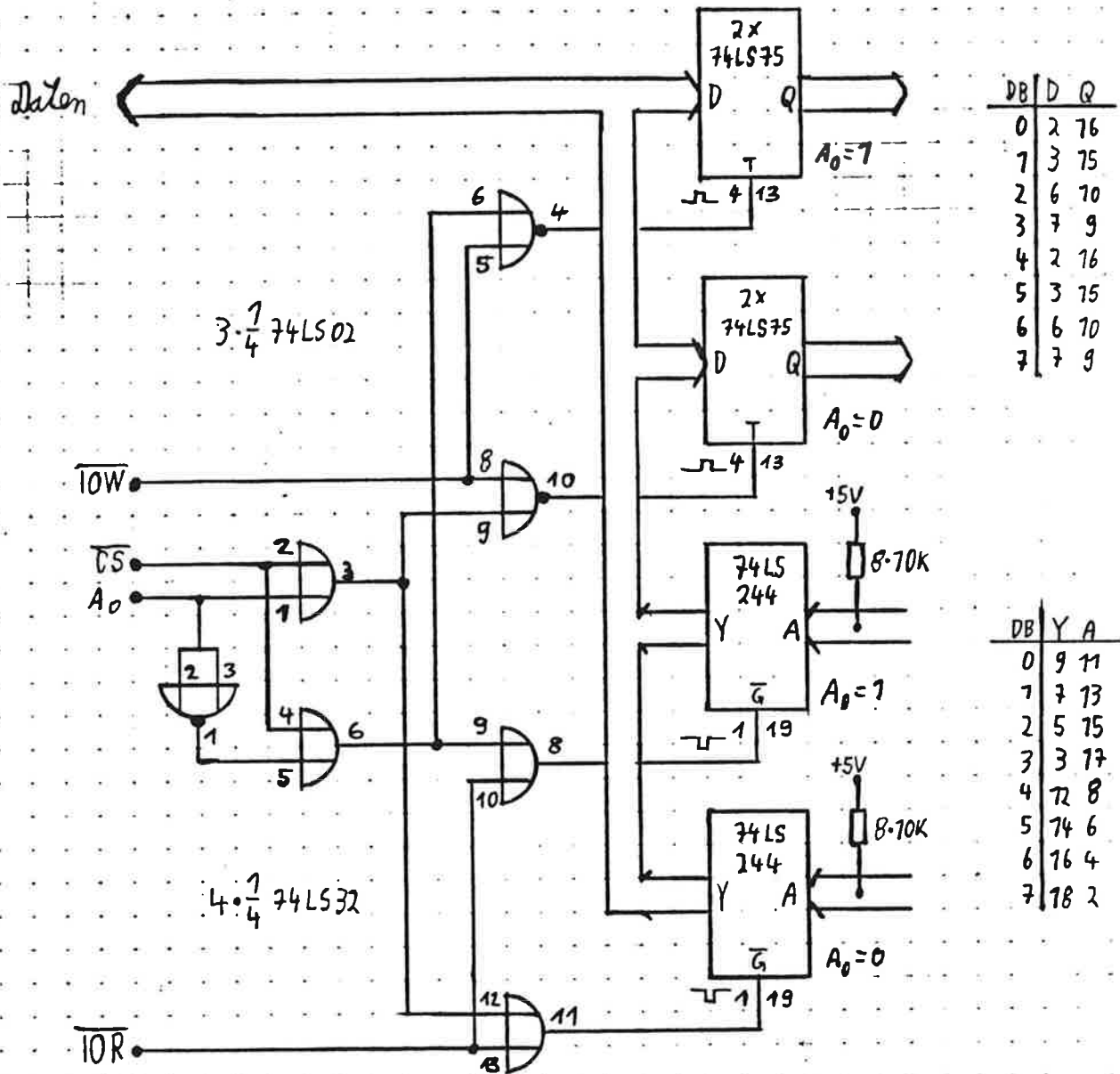
zusätzlich
+8V/1,2A
für Schrittmotor

SENSOR

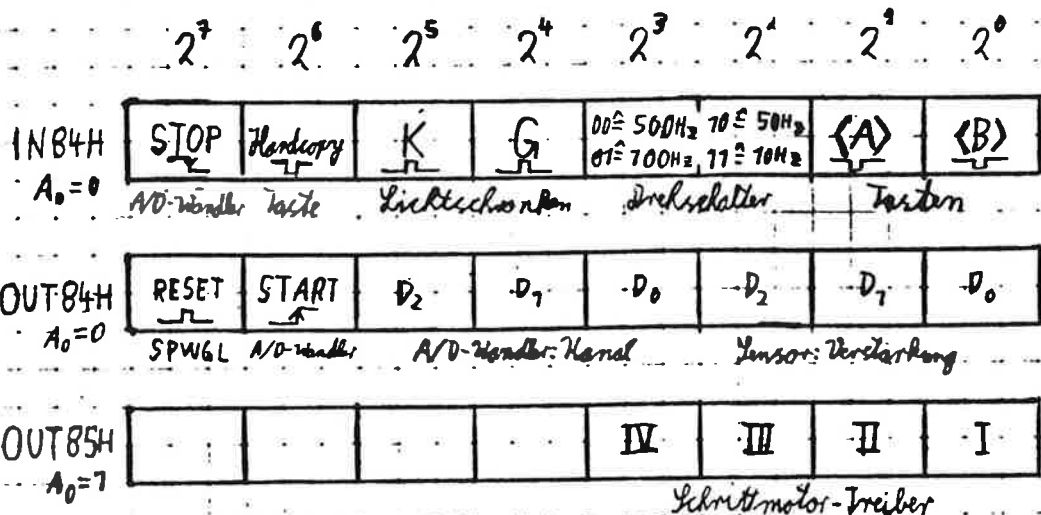
- A5a -



INTERFACE

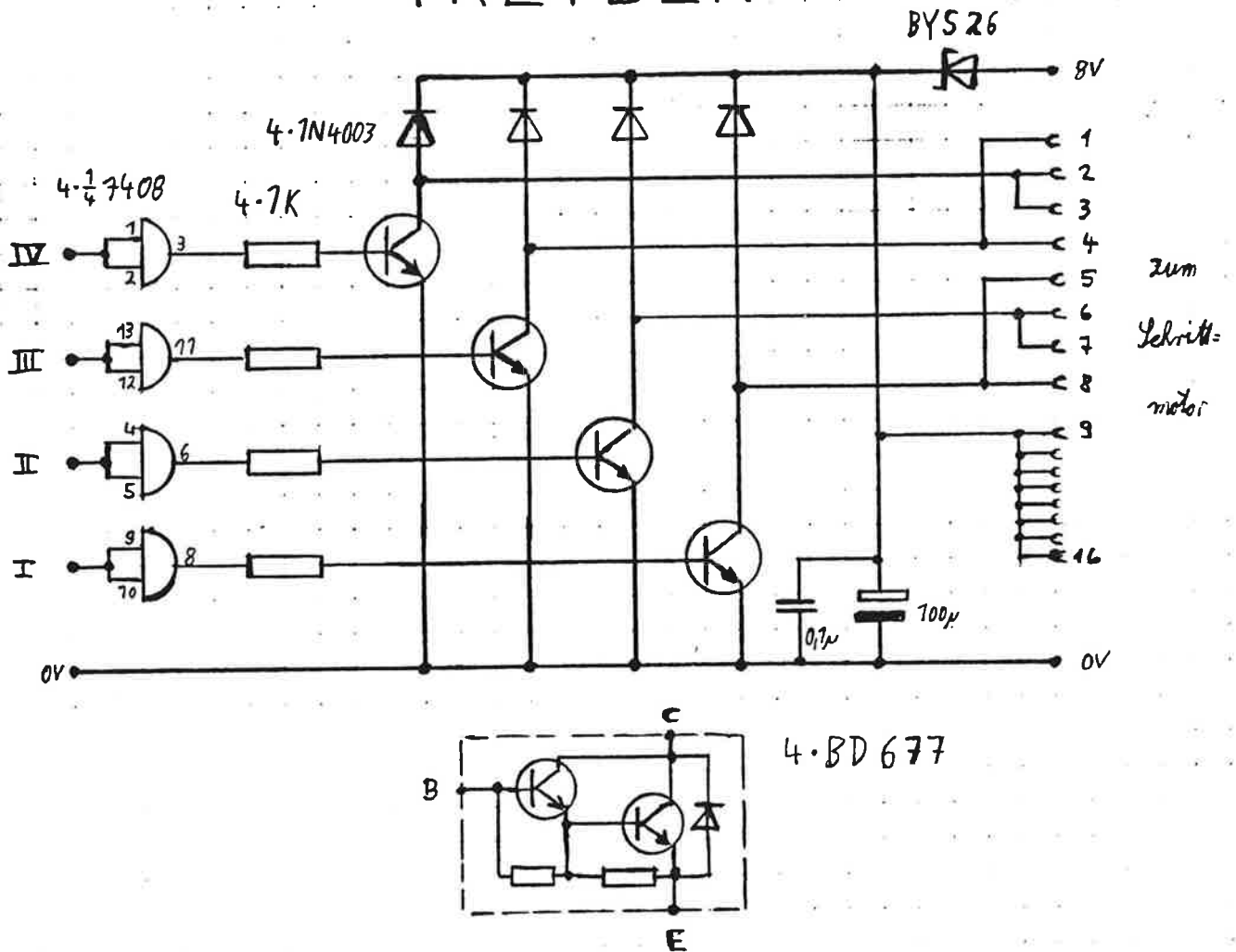


TORBELEGUNG

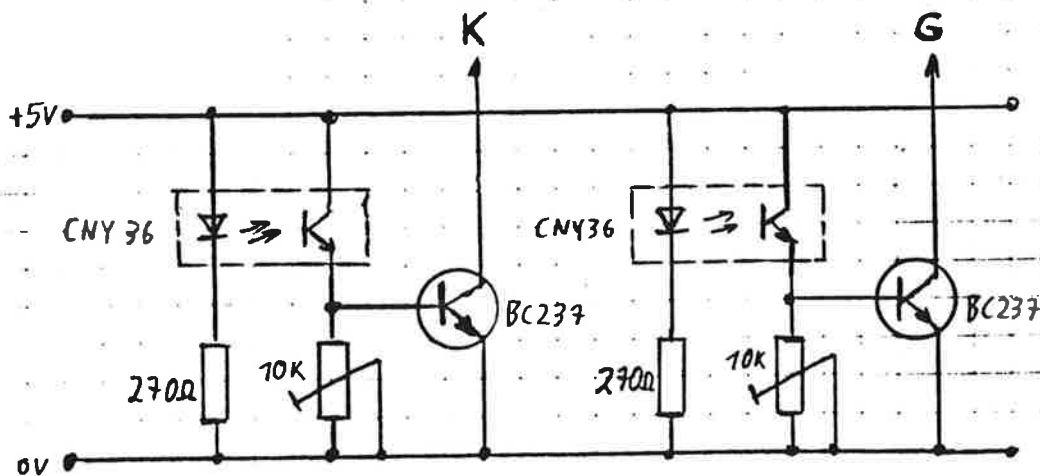


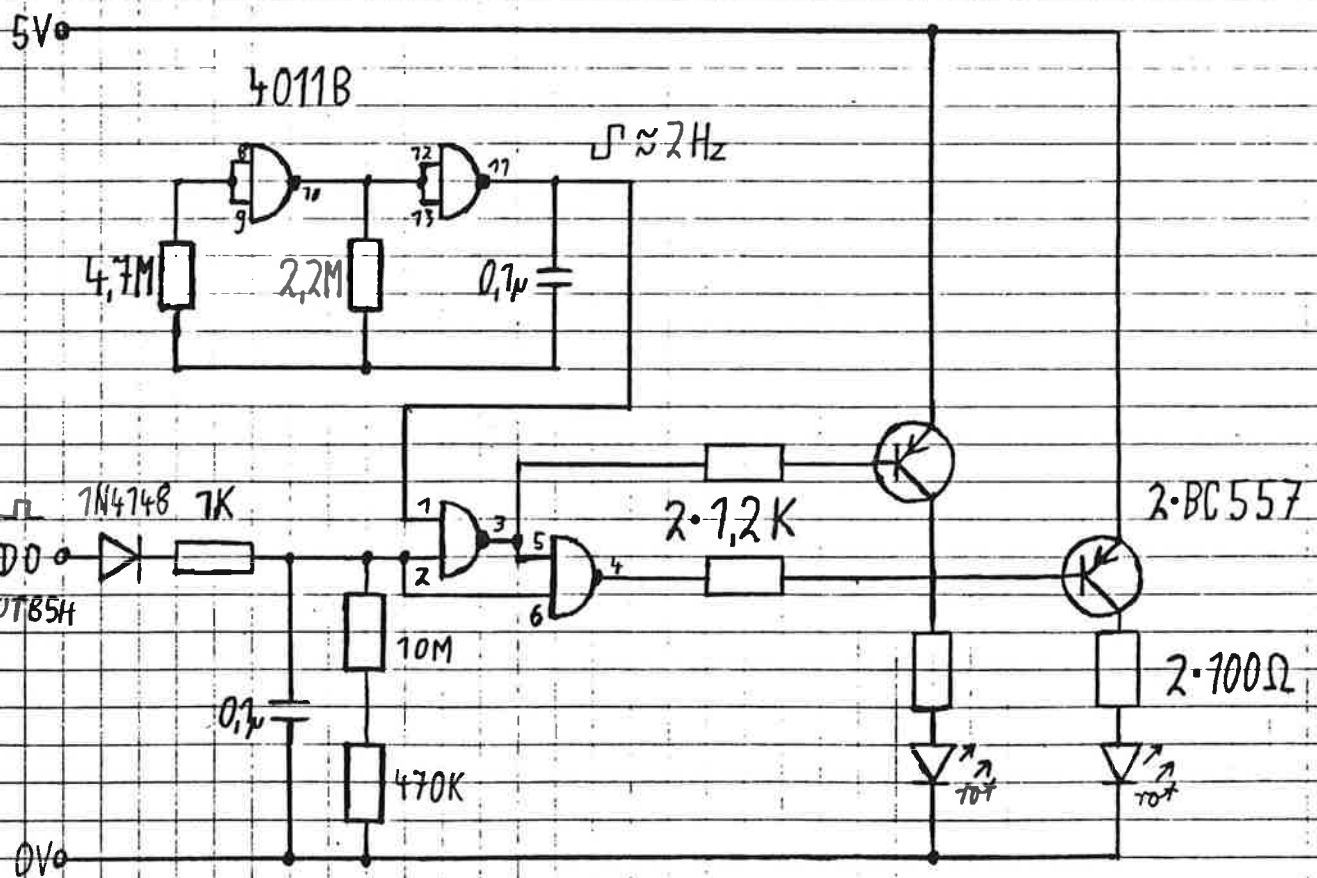
SCHRITTMOTOR -TREIBER

-A8-



LICHTSCHRANKEN -VERSTÄRKER





Fotodiode mit Verstärker

TFA 1001 W

Die in bipolarer Technik ausgeführte integrierte Schaltung TFA1001 W enthält eine Fotodiode und einen Verstärker. An seinem Ausgang (offener NPN-Kollektor) liefert der TFA 1001 W einen zur Beleuchtungsstärke direkt proportionalen Strom. An einem weiteren Anschluß steht eine stabilisierte Spannung von 1,35 V als Referenz zur Verfügung.

Anwendungen

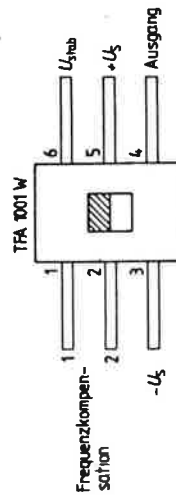
- Belichtungsmesser
- Belichtungsregler
- Elektronische Blitzlichtgeräte
- Optische Nachlaufsteuerung
- Rauchdetektoren
- Lineare Optokoppler

Besondere Merkmale

- Große Empfindlichkeit
- Hohe Linearität des Ausgangsstroms
- Günstige spektrale Empfindlichkeit
- Geringe Stromaufnahme
- Hoher Aussteuerbereich
- Weiter Betriebsspannungsbereich

Typ	Bestellnummer	Gehäusebauform
TFA 1001 W	Q67000-A1357	lichtdurchlässiges Kunststoff-Miniaturgeh. 6 Anschl.

Anschlußanordnung

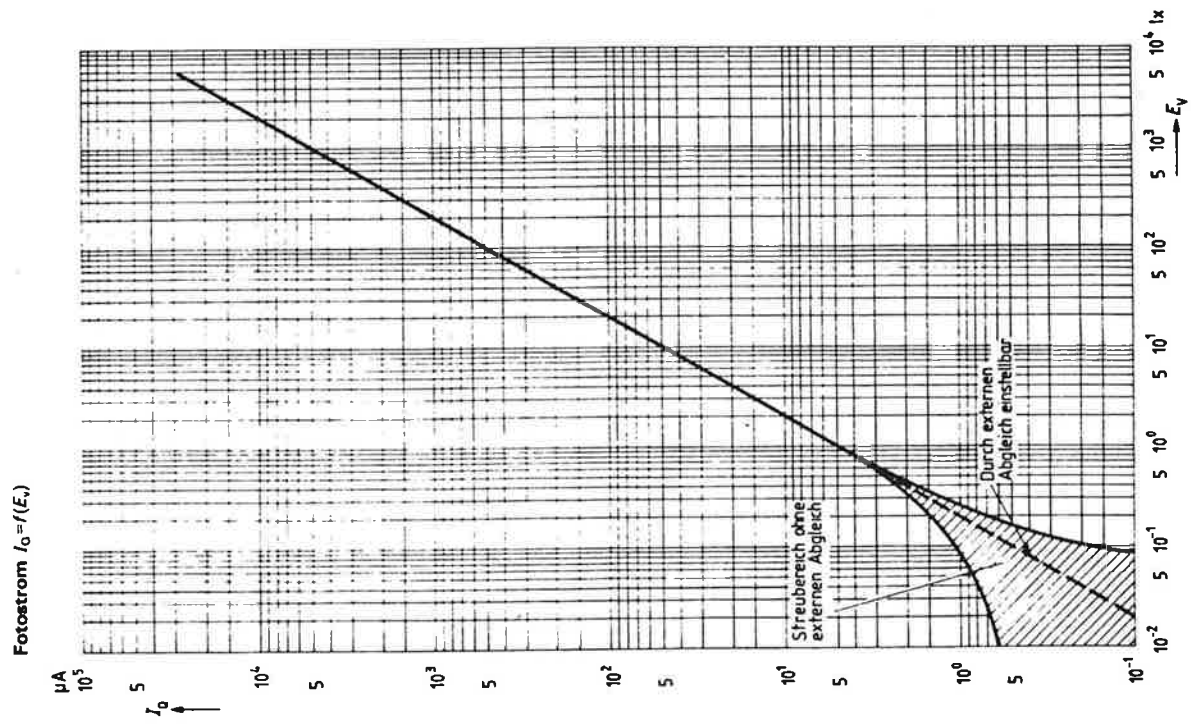


TFA 1001 W

Grenzdaten	untere Grenze B	obere Grenze A	Einheit
U_s		15	V
I_o		50	mA
Ausgangsstrom		200	mW
P_{tot}		200	mW
Verlustleistung		85	°C
Lagertemperatur	-40	100	°C
Sperrschichttemperatur		250	K/W
R_{thsu}			

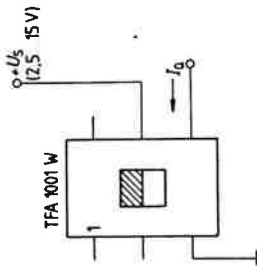
Kenndaten bei $T_U = 25^\circ\text{C}$, Batteriespannung an Anschluß 5 angelegt

	untere Grenze B	typ	obere Grenze A	Einheit
U_s	2,5		15	V
I_s			1	mA
Stromaufnahme bei $E_v = 0 \text{ lx}$			70	°C
Umgebungstemperatur	-10		5000	lx
Beleuchtungsstärke	0			
Empfindlichkeit im Bereich von $E_v = 1 \text{ lx}$ bis 1000 lx	2,5	5	7,5	$\mu\text{A}/\text{lx}$
Ausgangsstrom bei $E_v = 0,05 \text{ lx}$				
$E_v = 1 \text{ lx}$				
$E_v = 1000 \text{ lx}$	2,5	0,25	7,5	μA
$E_v = 5000 \text{ lx}$	2,5	5	7,5	μA
Stabilisierte Spannung an Anschluß 6				
Batteriespannungsabhängigkeit der stabilisierten Spannung U_{stab}	1,2	1,35	1,5	V
Temperaturabhängigkeit der stabilisierten Spannung U_{stab}		2		mV/V
		-0,3		mV/°C

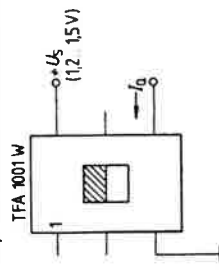


Einsatzmöglichkeiten des TFA 1001 W als Licht-Strom-Wandler

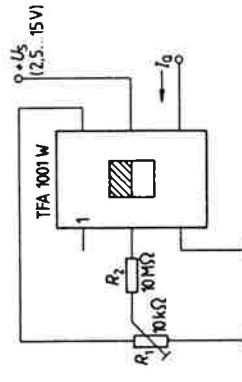
1) für Betriebsspannung 2,5 bis 15 V



2) für kleine Betriebsspannung 1,2 bis 1,5 V



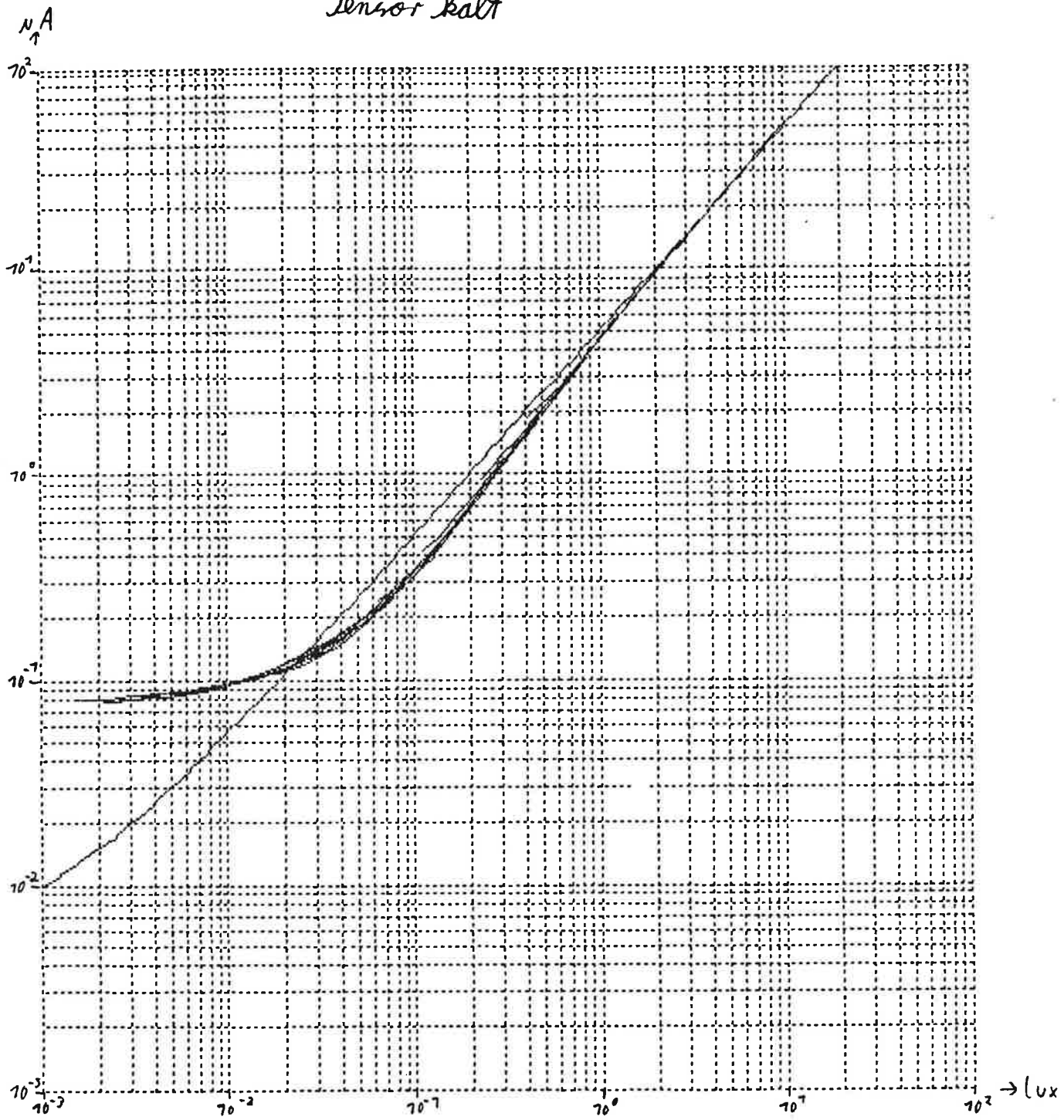
3) für besonders kleine Beleuchtungsstärke bis zu 0,01 lx herab



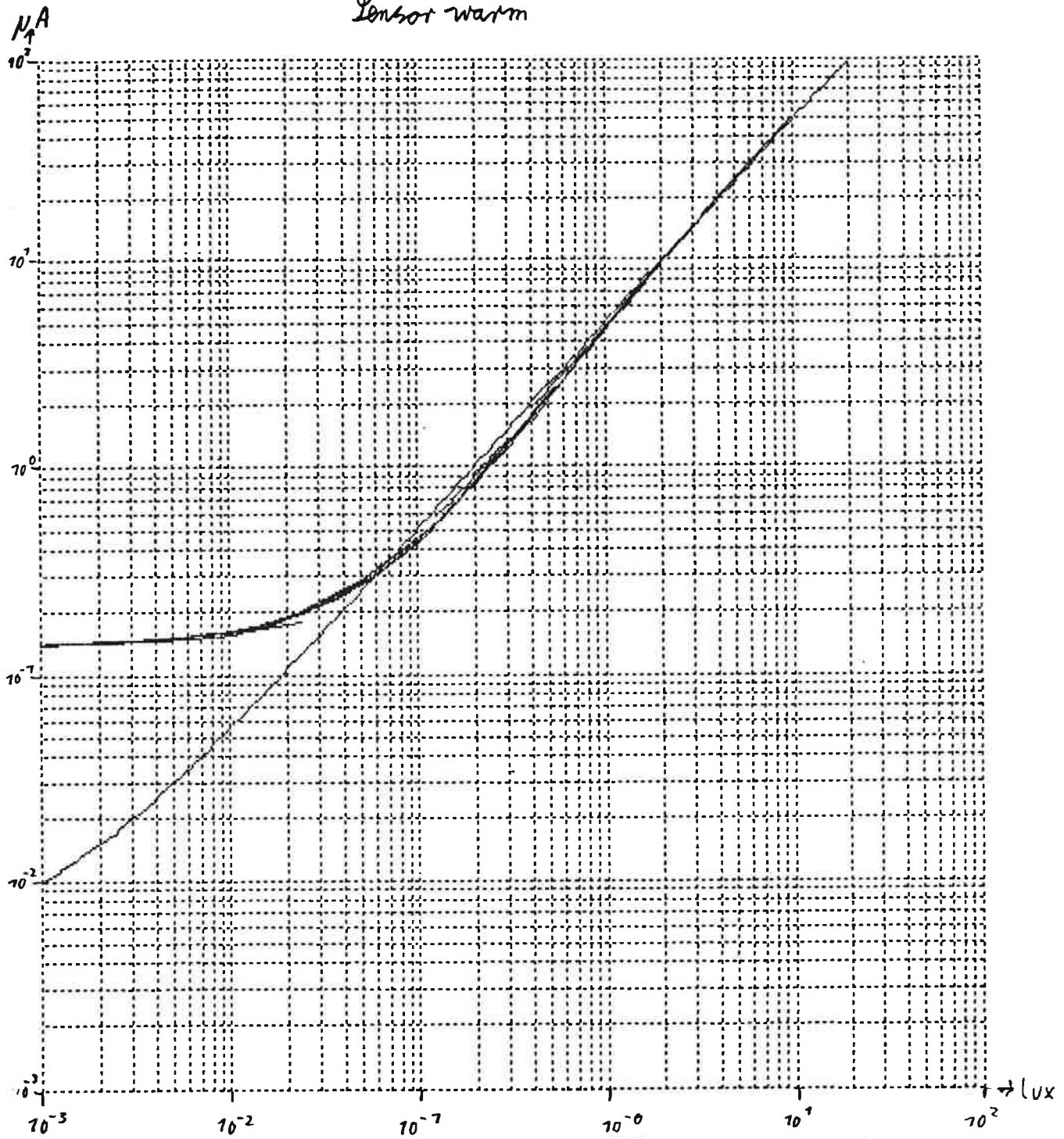
Für kleine Beleuchtungsstärken (siehe Kennlinie $I_0 = f(E_v)$) ist ein Abgleich des Ausgangsstromes mit dem Einstellregler R_1 möglich. Die Ausgangskennlinie kann im unteren Bereich noch etwas weiter linearisiert werden, indem ein Dunkelstrom von ca. 5 nA eingestellt wird.

LINEARITÄT

Sensor kalt



Sensor warm



PROGRAMM LINEARITÄTSMESSUNG -A13-

```

10 DIM M(20,10)
80 NR=0
90 IS=(2*(NR-1))/10
100 GOSUB 700
110 GOSUB 500
120 NR=NR+1
130 IF NR<=10 THEN 90
140 GOSUB 7000
150 END
500 REM EINLESEN NR
510 PRINT
520 PRINT "MESSWERTEINGABE NR. ";NR
530 PRINT
540 FOR S=2 TO 10
550 PRINT "BITTE S=";S;"EINSTELLEN! ";
560 PRINT "FERTIG ? (TASTE)";
570 TA=INP(132) AND 1
580 IF TA=1 THEN 570
590 PRINT
600 GOSUB 1000
610 PRINT " I (UA) = ";IM
620 M(NR,S)=IM
630 NEXT S
640 RETURN
700 REM HELL. EINST. IS
705 GOSUB 4400
710 PRINT
720 PRINT "BITTE S=2 EINSTELLEN"
730 PRINT
740 FOR K=0 TO 40
750 GOSUB 4500
760 ID=((IS-I)/IS)
770 IF ABS(ID)<.2 THEN PRINT "="; : GOTO 800
780 IF ID<0 THEN PRINT "-";
790 IF ID>0 THEN PRINT "+";
800 NEXT K
805 PRINT
810 IF ABS(ID)<.2 THEN RETURN
820 GOTO 740
1000 REM A/D-C + MITTELWERT -> IM
1010 GOSUB 4500
1020 IF FE=1 THEN GOTO 1010
1030 IM=0
1040 FOR Z=1 TO 10
1050 GOSUB 4500
1060 IM=IM+I
1070 NEXT Z
1080 IM=IM/10
1090 RETURN
1999 END
4000 REM A/D-C ABFRAGE
4010 REM VE = 0 BIS 4
4020 POKE 60192,VE
4030 HL=USR(60160)
4040 FOR II=0 TO 50 : NEXT II
4050 HL=USR(60160)
4060 HL=HL-4
4070 AD=HL*(4*(4-VE))
4080 I=AD/1000
4090 RETURN
4400 REM AUTO VE INIT
4410 VE=2
4420 RETURN
4500 REM A/D-C MIT VE-CORR.
4510 GOSUB 4000

```

```
4520 UU=VE
4530 IF HL>245 THEN IF UU>0 THEN UU=UU-1
4540 IF HL<48 THEN IF UU<4 THEN UU=UU+1
4550 FE=0 : IF UU<>VE THEN FE=1
4560 VE=UU
4570 RETURN
6000 PRINT
6010 PRINT "MESSWERTE"
6020 PRINT
6030 PRINT "NR";
6040 FOR K=1 TO 5
6050 PRINT TAB(K*12);K;"/";K+5;
6060 NEXT K
6065 PRINT
6070 FOR L=0 TO 10
6080 PRINT L;
6090 FOR O=1 TO 5
6100 PRINT TAB(O*12);M(L,O);
6110 NEXT O
6115 PRINT
6120 FOR O=6 TO 10
6130 PRINT TAB((O-5)*12);M(L,O);
6140 NEXT O
6145 PRINT
6150 NEXT L
6160 END
7000 REM GESAMMTES DIAGRAMM ZEICHNEN
7010 REM ENTZERRT AUSDRUCKEN
7015 VZ=2
7020 HL=USR(163)
7030 VS=256
7040 GOSUB 8000
7050 HL=USR(166)
7060 VS=0
7070 GOSUB 8000
7080 HL=USR(166)
7090 RETURN
7200 REM GESAMMTES DIAGRAMM ZEICHNEN
7210 REM ENTZERRT AUF BILDSCHIRM
7215 VZ=1
7220 VS=0
7230 GOSUB 8000
7240 RETURN
7500 REM EINE KURVE
7510 REM NR=NUMMER L2=LUX FUER S=2
7520 XS=L2 : XZ=XS
7530 YS=M(NR,2) : YZ=YS
7540 GOSUB 9000
7550 FOR SS=3 TO 10
7560 XZ=L2*4/SS#2
7570 YZ=M(NR,SS)
7580 GOSUB 9000
7590 NEXT SS
7600 RETURN
8000 REM GESAMMTES DIAGRAMM ZEICHNEN
8010 GOSUB 8500
8020 GOSUB 8700
8030 MN=10
8035 NR=MN
8040 L2=M(MN,2)/5
8050 GOSUB 7500
8060 FOR NR=MN-1 TO 0 STEP -1
8061 L0=L2*4/9
8063 I0=LOG(M(NR+1,2))
8064 I1=LOG(M(NR+1,3))
8065 I2=LOG(M(NR,2))
```

```
8066 H0=LOG(L2)
8067 H1=LOG(L0)
8070 H2=-(I0-I2)*(H0-H1)/(I0-I1)+H0
8072 L2=2.7183#H2
8080 GOSUB 7500
8090 NEXT NR
8100 RETURN
8500 REM MASSTAB ZEICHNEN
8505 OUT 98,1
8510 OUT 96,6
8520 FOR Z=-3 TO 1
8530 ZZ=10#Z
8540 FOR V=1 TO 10
8550 YS=.001 : YZ=.3
8560 XS=ZZ#V : XZ=XS
8570 GOSUB 9000
8580 YZ=100
8590 GOSUB 9000
8600 XS=.001 : XZ=.3
8610 YS=ZZ#V : YZ=YS
8620 GOSUB 9000
8630 XZ=100
8640 GOSUB 9000
8650 NEXT V
8660 NEXT Z
8665 OUT 98,0
8670 RETURN
8700 REM SOLLKURVE 5 UA/LUX
8710 REM DUNKELSTROM 5 NA
8720 FOR LU=-3 TO 1.3 STEP .1
8730 XZ=10#LU
8740 YZ=5#XZ+.005
8750 IF LU=-3 THEN XS=XZ : YS=YZ
8760 GOSUB 9000
8770 NEXT LU
8780 RETURN
9000 REM PLOT MIT LOG-KORREKTOR
9010 REM XS,YS,XZ,YZ
9020 REM .001<=X<=100 .001<=Y<=100
9022 IF XS<.001 THEN XS=.001
9023 IF XS>100 THEN XS=100
9024 IF XZ<.001 THEN XZ=.001
9025 IF XZ>100 THEN XZ=100
9026 IF YS<.001 THEN YS=.001
9027 IF YS>100 THEN YS=100
9028 IF YZ<.001 THEN YZ=.001
9029 IF YZ>100 THEN YZ=100
9030 X1=LOG(XS)*.434295
9040 X2=LOG(XZ)*.434295
9050 Y1=LOG(YS)*.434295
9060 Y2=LOG(YZ)*.434295
9070 X1=100*(X1+3)+3
9080 X2=100*(X2+3)+3
9090 Y1=50*(Y1+3)+3
9100 Y2=50*(Y2+3)+3
9110 GOSUB 9500
9120 XS=XZ : YS=YZ
9130 RETURN
```

```
9500 REM PLOT X1,Y1 NACH X2,Y2
9503 Y1=Y1XVZ-US
9504 YM=Y1
9505 IF Y1<0 THEN Y1=Y1+4096
9506 Y2=Y2XVZ-US
9510 GOSUB 9700
9515 Y1=YM
9520 X3=X2-X1 : Y3=Y2-Y1
9530 OUT 101,INT(ABS(X3))
9540 OUT 103,INT(ABS(Y3))
9550 X4=0 : IF X3<0 THEN X4=2
9560 Y4=0 : IF Y3<0 THEN Y4=4
9570 OUT 96,17+X4+Y4
9580 X1=X2 : Y1=Y2
9590 RETURN
9700 REM PLOT PUNKT X1,Y1
9710 OUT 104,INT(X1/256)
9720 OUT 105,INT(X1-INT(X1/256)*256)
9730 OUT 106,INT(Y1/256)
9740 OUT 107,INT(Y1-INT(Y1/256)*256)
9750 OUT 96,128
9760 RETURN
```

ICL 761 X/ 762X, 763X/764X CMOS-OPERATIONSVERSTÄRKER

EIGENSCHAFTEN

- Großer Versorgungsspannungsbereich ± 0.5 V bis ± 8 V.
- Betrieb mit einer einfachen NiCd-Batterie möglich.
- Hohe Eingangsimpedanz $> 10^{12} \Omega$
- Einstellbare Verlustleistung — bis hinab zu $10 \mu W$.
- Eingangsstrom niedriger als bei BIFET-Verstärkern-typisch $1 pA$.
- Einzelne, doppelte, dreifache und vielfache Verstärker.
- Ausgangsspannungsbereich reicht bis auf ein paar Millivolt an $V+$ oder $V-$.
- Ersatz mit niedriger Verlustleistung für viele Standard-Operationsverstärker
- Kompensierte und unkompensierte Versionen.

ANWENDUNGEN

- Tragbare Instrumente
- Hörgeräte
- Meßgeräteverstärker
- Medizinische Instrumente
- Pufferverstärker mit hoher Eingangsimpedanz

Es gibt eine Anzahl von Optionen. Dies sind:

- Einfache, doppelte, dreifache und vielfache Verstärker
- Intern kompensierte und unkompensierte Versionen
- Eingänge geschützt bis ± 200 V (ICL 7613/15)
- Eingangsspannungsbereich größer als Versorgungsspannungsbereich.

SCHEMATIC

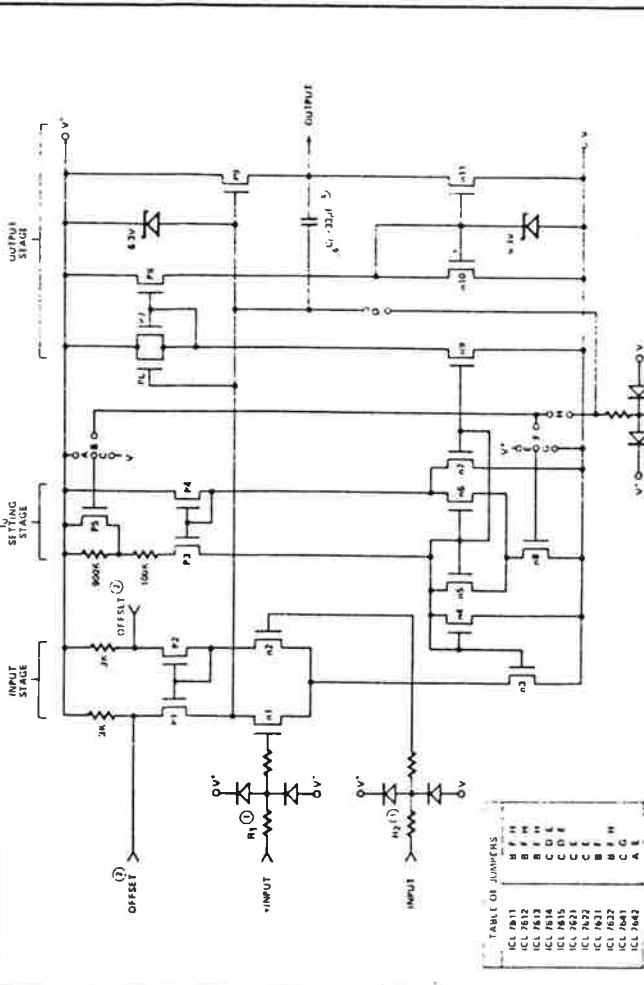


TABLE OF JUMPERS

ICL 761	B	F	H
ICL 762	B	F	H
ICL 763	B	F	H
ICL 764	C	D	E
ICL 765	C	D	E
ICL 766	C	D	E
ICL 767	C	D	E
ICL 768	C	D	E
ICL 769	C	D	E
ICL 770	C	D	E

- NOTES
- 1 HIGH VALUE THIN FILM RESISTORS ARE PRESENT ONLY ON THE INPUT STAGES OF THE ICL 761 X/762X, 763X/764X. THEY ARE REPLACED BY DIRECT CONNECTIONS.
 - 2 OFFSET NULLING PINS ARE NOT AVAILABLE ON TRIPLE AND QUAD ICL 761 X/762X, 763X/764X.
 - 3 SAME BONDING PAD ONLY ONE OF THESE FUNCTIONS IS AVAILABLE IN A GIVEN DEVICE.
 - 4 CAPACITORS ARE NOT AVAILABLE IN ALL DEVICES.
 - 5 CAPACITOR IS REPLACED BY A DIRECT CONNECTION FOR ALL OTHER DEVICES.

ANSCHLUSSORDNUNG

DEVICE	DESCRIPTION	PIN ASSIGNMENTS
ICL7611XCPA ICL7611XCTV ICL7612XCPA ICL7612XCTV ICL7613XMTV ICL7613XCTV ICL7613XMTV	Internal compensation, plus external offset null capability and external I _Q control.	TO-98 (TOP VIEW) 8 PIN DIP (TOP VIEW)
ICL7614XCPA ICL7614XCTV ICL7615XCPA ICL7615XCTV ICL7616XMTV	Fixed I _Q (100 μ A), external compensation, and internal offset null capability.	TO-98 (TOP VIEW) 8 PIN DIP (TOP VIEW)
ICL7621XCPA ICL7621XCTV ICL7621XMTV	Dual op amps with internal compensation; I _Q fixed at 100 μ A Pin compatible with Texas Inst. TL082 Motorola MC1458 Raytheon RC4568	TO-98 (TOP VIEW) 8 PIN DIP (TOP VIEW)
ICL7622XCPD	Dual op amps with internal compensation; I _Q fixed at 100 μ A Pin compatible with Texas Inst. TL083 Fairchild μ A747	14 PIN DIP (TOP VIEW)

Note: Pins 9 and 13 are internally connected.

μ A9708**6-CHANNEL, 8-BIT, MICROPROCESSOR COMPATIBLE
ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER SUBSYSTEM***

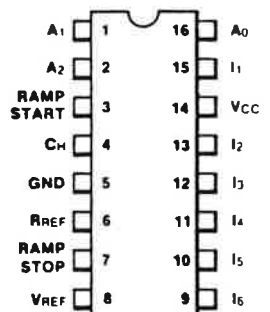
GENERAL DESCRIPTION — The μ A9708 is a single slope 8-bit, 6-channel ADC subsystem that provides all of the necessary analog functions for a microprocessor-based data control system. The device uses a microprocessor system like the F3870 or F6800 to provide the necessary addressing, timing and counting functions and includes a 1 of 8 decoder, 8-channel analog multiplexer, sample and hold, ramp integrator, precision ramp reference, and a comparator on a single monolithic chip.

• MPU COMPATIBLE

- EXCELLENT LINEARITY OVER FULL TEMP RANGE - $\pm 0.2\%$ MAX
- TYPICAL 300 μ s CONVERSION TIME PER CHANNEL
- WIDE DYNAMIC RANGE INCLUDES GROUND
- AUTO-ZERO AND FULL-SCALE CORRECTION CAPABILITY
- RATIOMETRIC CONVERSION — NO PRECISION REFERENCE REQUIRED
- SINGLE-SUPPLY OPERATION
- TTL COMPATIBLE
- DOES NOT REQUIRE ACCESS TO DATA BUS OR ADDRESS BUS

**CONNECTION DIAGRAM
16-PIN DUAL IN-LINE**

(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINES 7B 9B
PACKAGE CODES D P

**ORDER INFORMATION**

TYPE	PART NO.
μ A9708	μ A9708DM
μ A9708	μ A9708DC
μ A9708	μ A9708PC

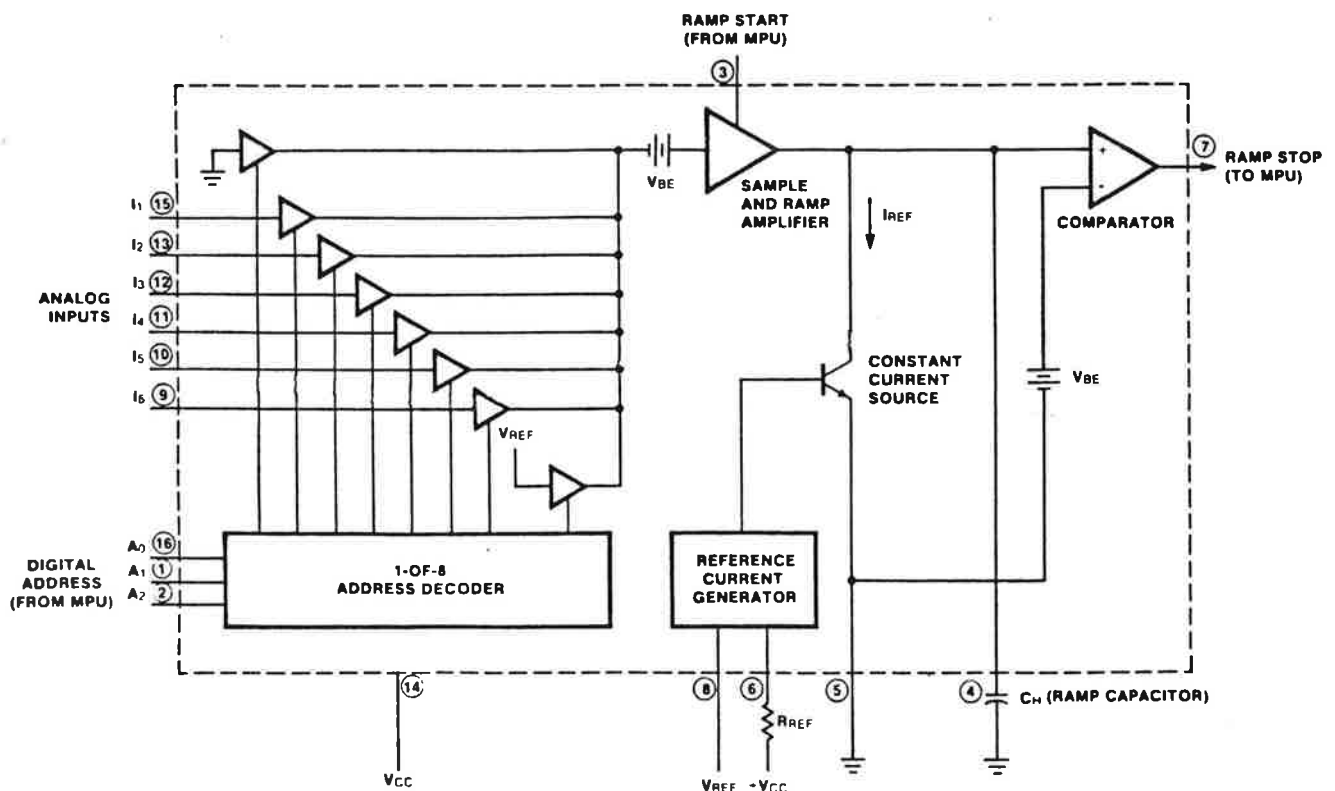
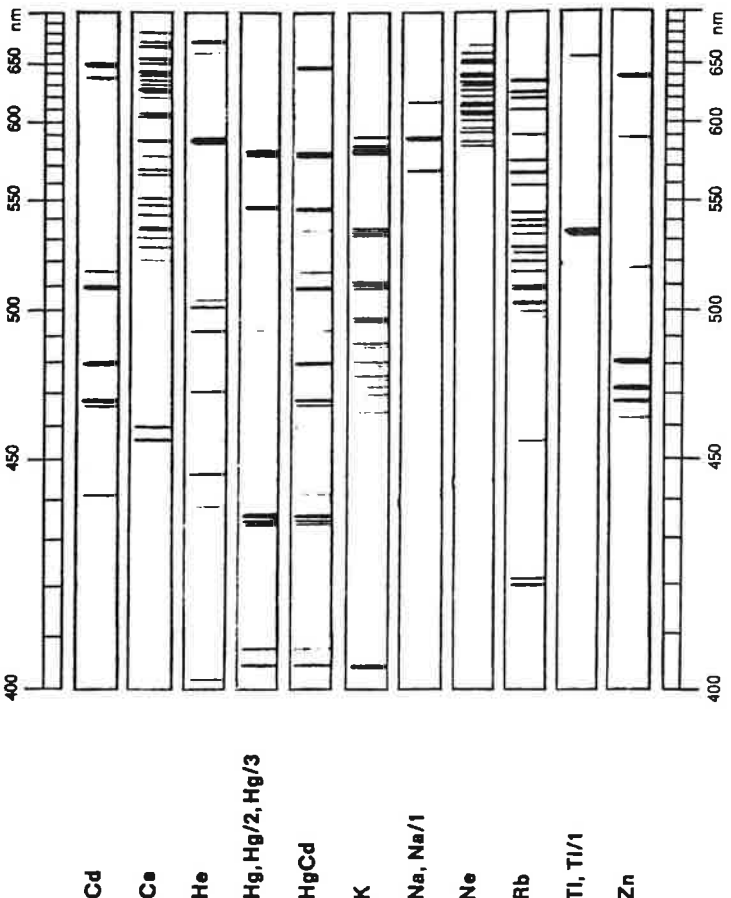
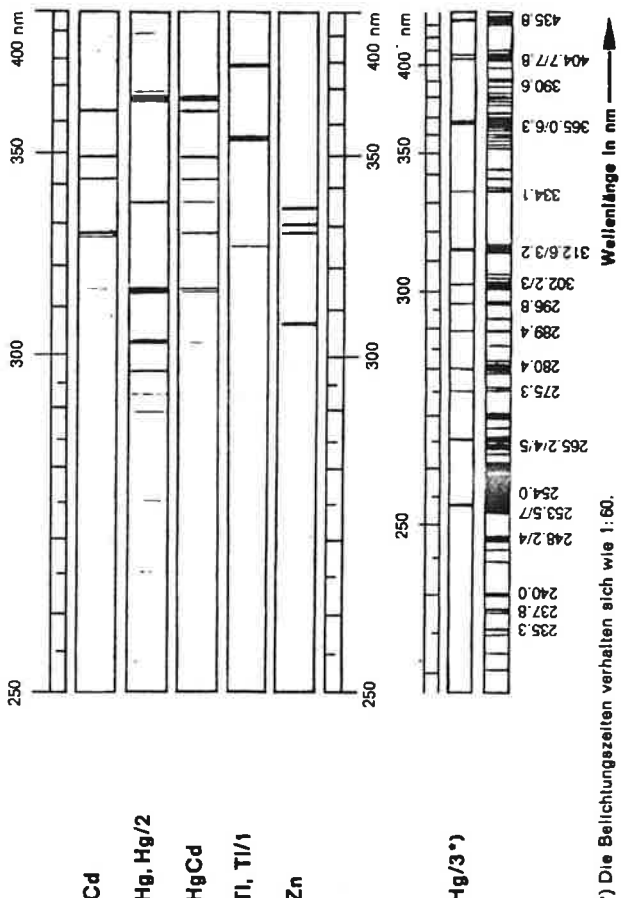
BLOCK DIAGRAM

Bild 7 Spektrogramme der O S R A M - Spektrallampen Spektrallinien über 400 nm



Spektrallinien unter 400 nm



*) Die Belichtungszeiten verhalten sich wie 1:60.

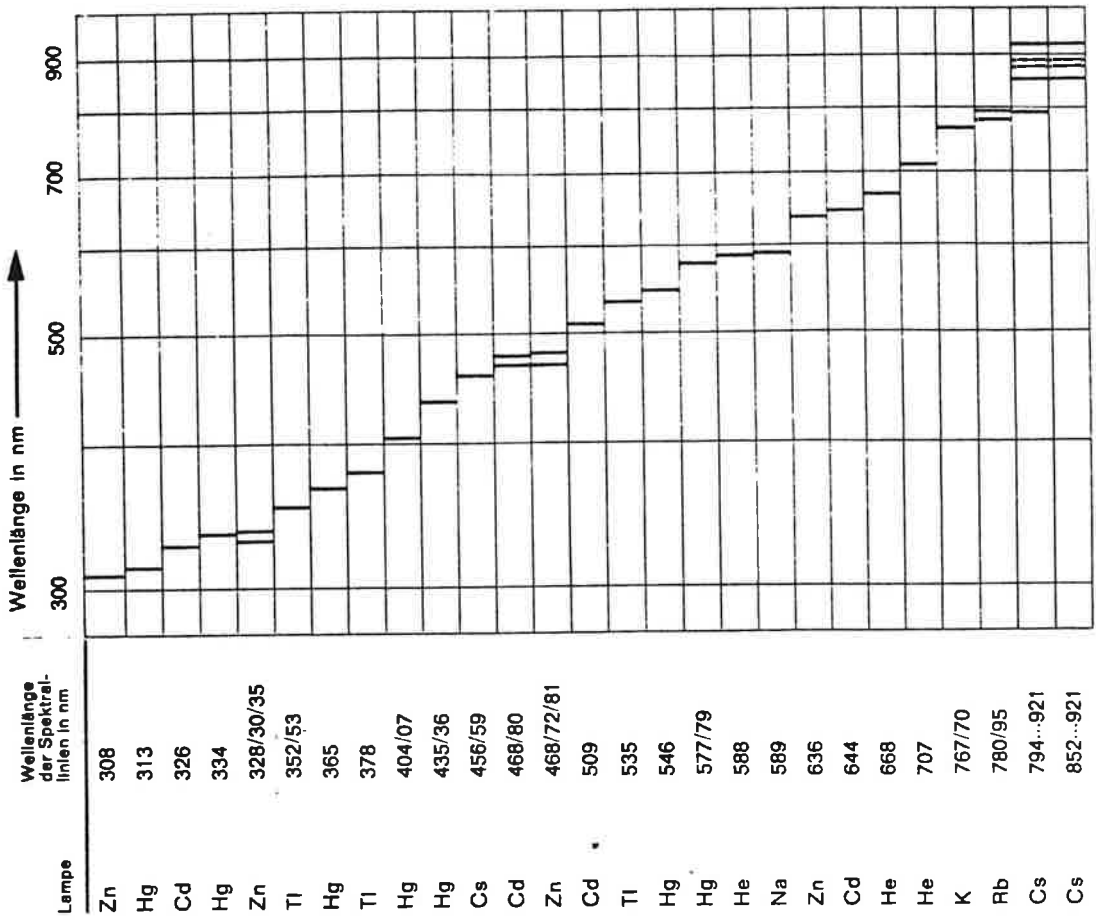
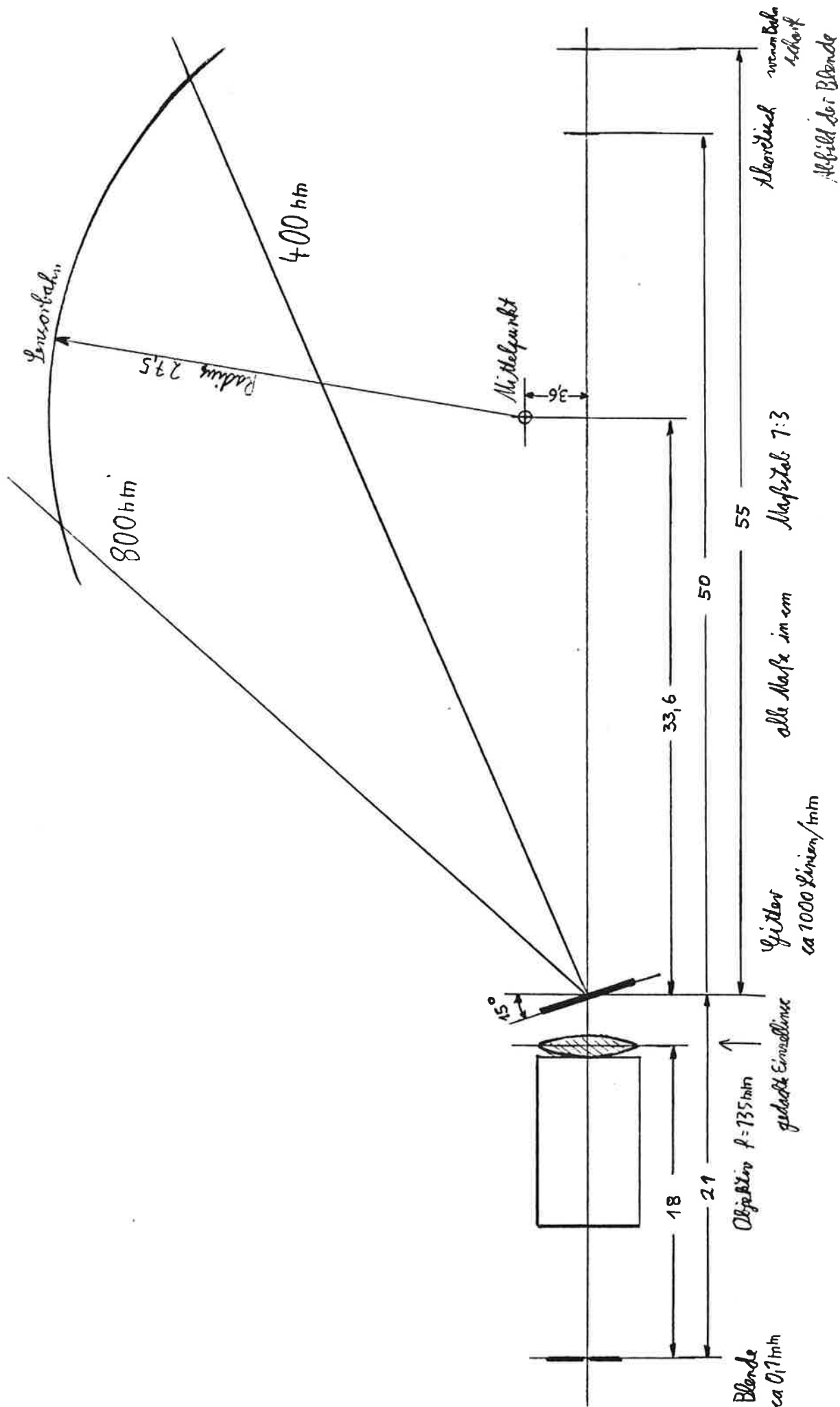


Bild 1 Ausgesonderte Spektrallinien

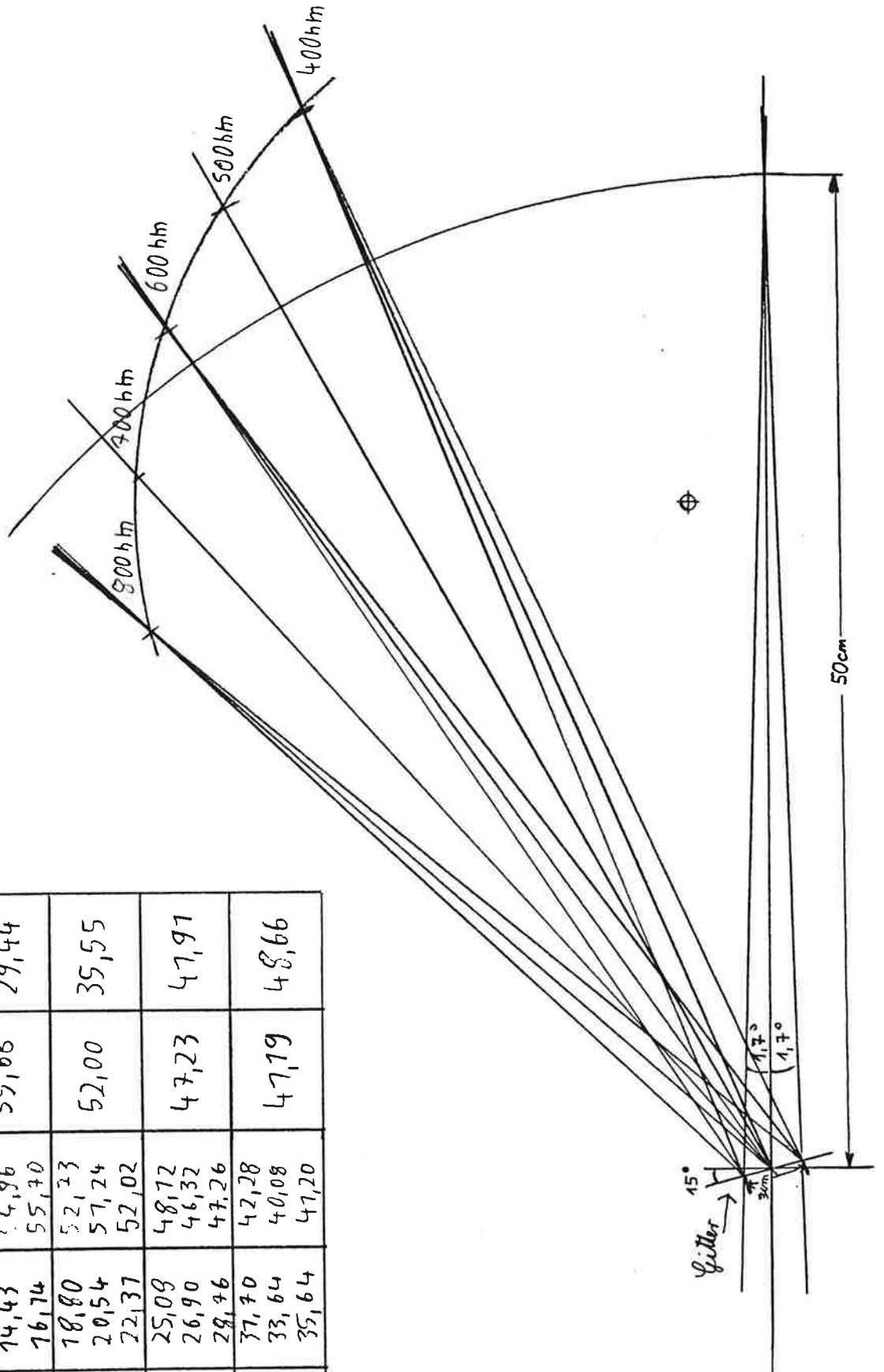
Zur Aussonderung von Spektrallinien eignen sich u. U. auch Interferenz-Linien-Filter, bei denen evtl. vorhandene Nebenmaxima des Transmissionsgrades hinreichend beseitigt werden müssen. Es ist auch darauf zu achten, daß die für die Filter zulässige Betriebstemperatur nicht überschritten wird.

SKIZZE DES SPEKTROMETERS



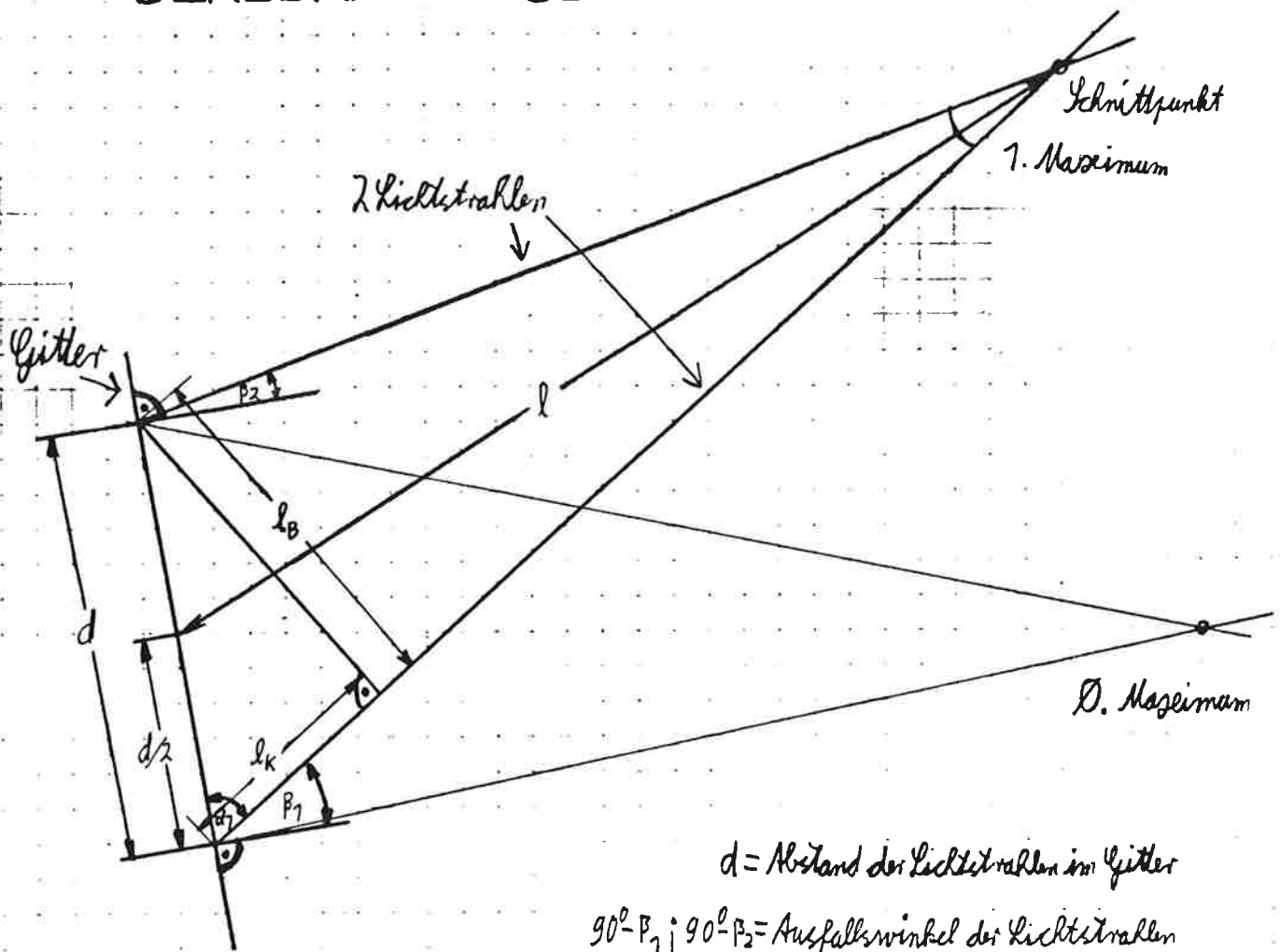
SENSORBAHN

λ (nm)	α (°)	β (°)	l (cm)	$\varnothing l$ (cm)	$\varnothing \alpha + \beta$ (°)
400	16,7	6,84	58,52	58,06	23,50
	15,0	8,49	57,57		
	13,3	10,16	58,09		
500	16,7	12,75	56,37	55,68	29,44
	15,0	14,43	54,96		
	13,3	16,74	55,70		
600	16,7	18,80	52,23	52,00	35,55
	15,0	20,54	51,24		
	13,3	22,37	52,02		
700	16,7	25,08	48,72	47,23	47,91
	15,0	26,90	46,32		
	13,3	28,46	47,26		
800	16,7	37,70	42,28	47,19	48,66
	15,0	33,64	40,08		
	13,3	35,64	47,20		



BERECHNUNG DER SENSORBAHN

-A22-



d = Abstand der Lichtstrahlen im Gitter

$90^\circ - \beta_1$; $90^\circ - \beta_2$ = Ausfallswinkel der Lichtstrahlen

l = Entfernung Schnittpunkt - Gitter

$$\beta_A = \beta_1 - \beta_2$$

$$\alpha_1 = 90^\circ - \beta_1$$

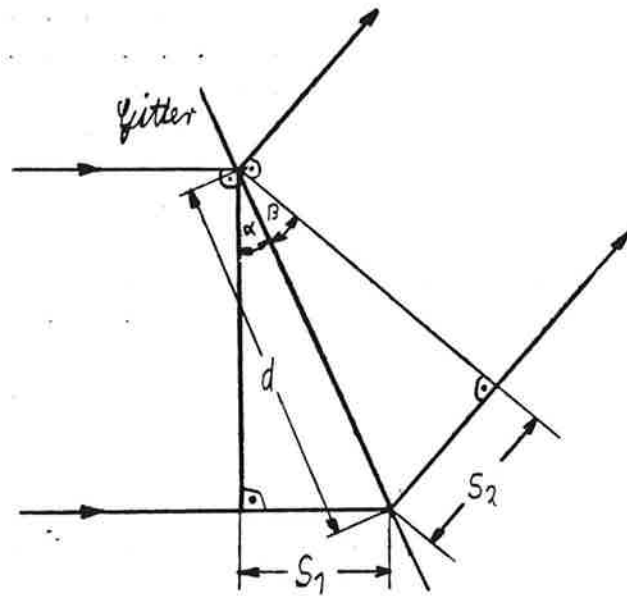
$$l_B = d \cdot \sin \alpha_1 = d \cdot \cos \beta_1$$

$$l_K = d \cdot \cos \alpha_1 = d \cdot \sin \beta_1$$

$$l = \frac{l_B}{\sin \beta_A} + \frac{l_K}{2}$$

$$l = \frac{d \cdot \cos \beta_1}{\sin(\beta_1 - \beta_2)} + \frac{d \cdot \sin \beta_1}{2}$$

INTERFERENZ AM GITTER



$d = \text{Gitterkonstante}$

$90^\circ - \alpha = \text{Einfallswinkel}$

$90^\circ - \beta = \text{Ausfallswinkel}$

$S_1 + S_2 = \lambda = \text{Wellenlänge}$

$$d \cdot \sin \alpha = S_1$$

$$d \cdot \sin \beta = S_2$$

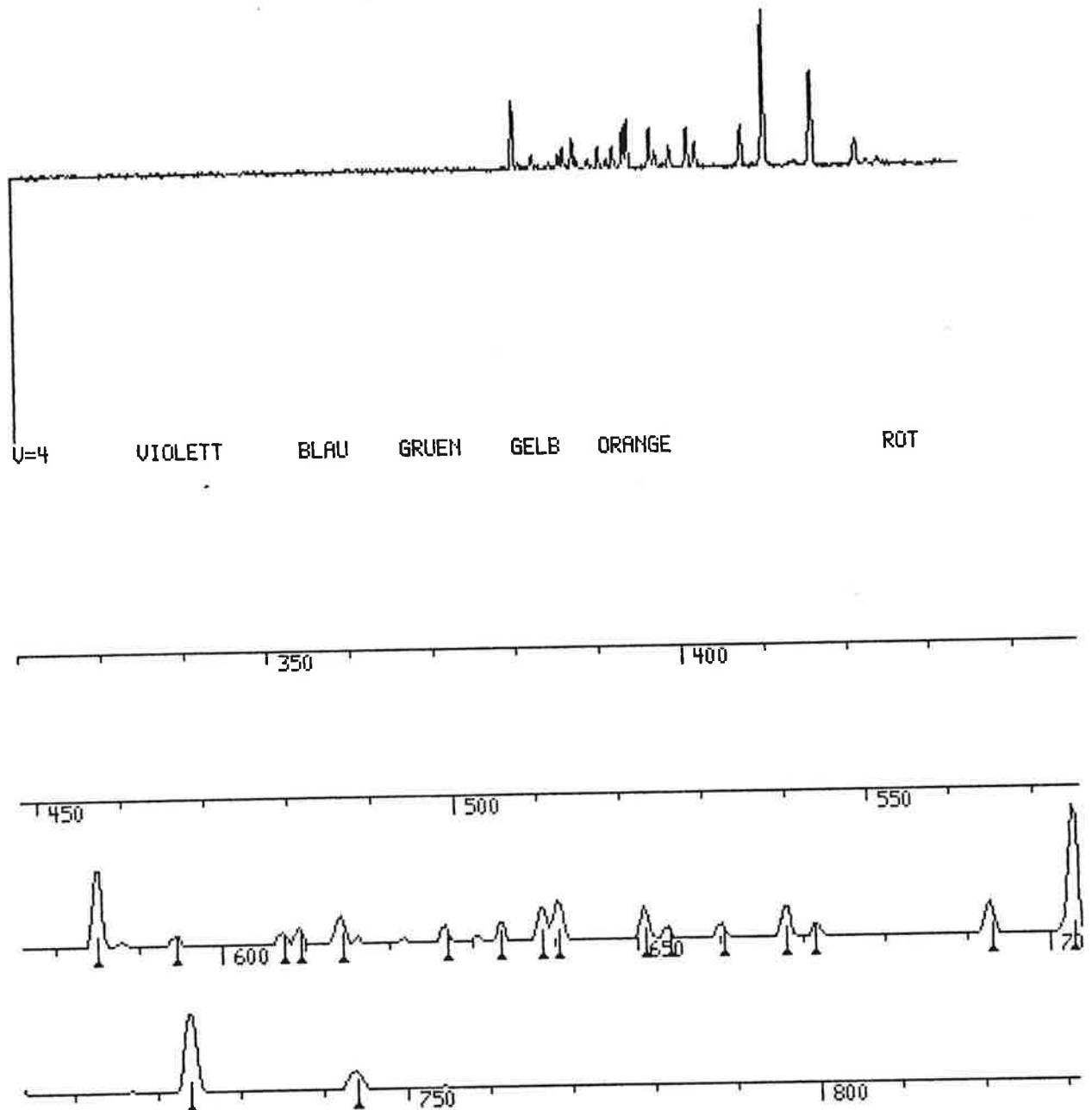
$$S_2 = \lambda - S_1$$

$$\beta = \arcsin \frac{S_2}{d}$$

$$\beta = \arcsin \frac{\lambda - S_1}{d}$$

$$\beta = \arcsin \frac{\lambda - d \cdot \sin \alpha}{d}$$

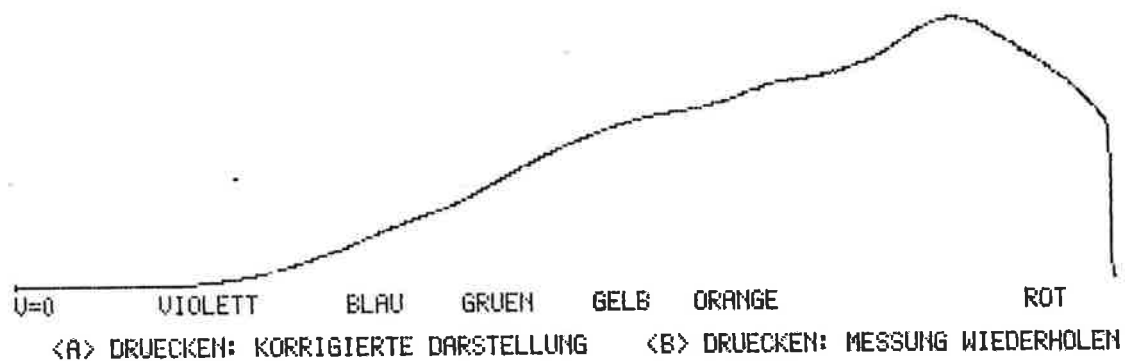
SENSOR DATEN



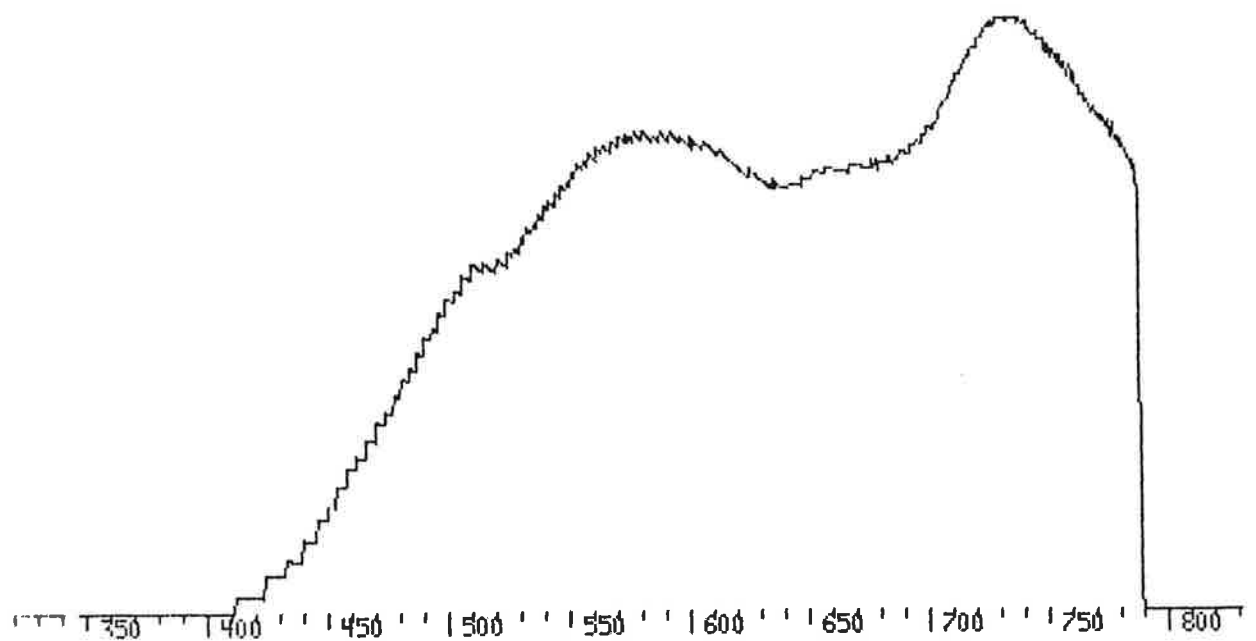
ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE NM	INTENSITÄT %
585	66
594	8
607	10
609	14
614	24
627	14
633	16
638	28
640	35
651	28
654	10
660	12
668	26
671	10
693	28
703	11
724	68
744	17

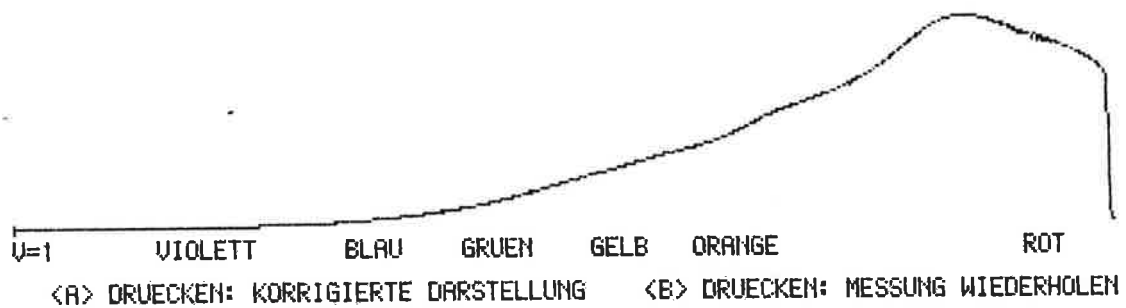
SENSOR DATEN



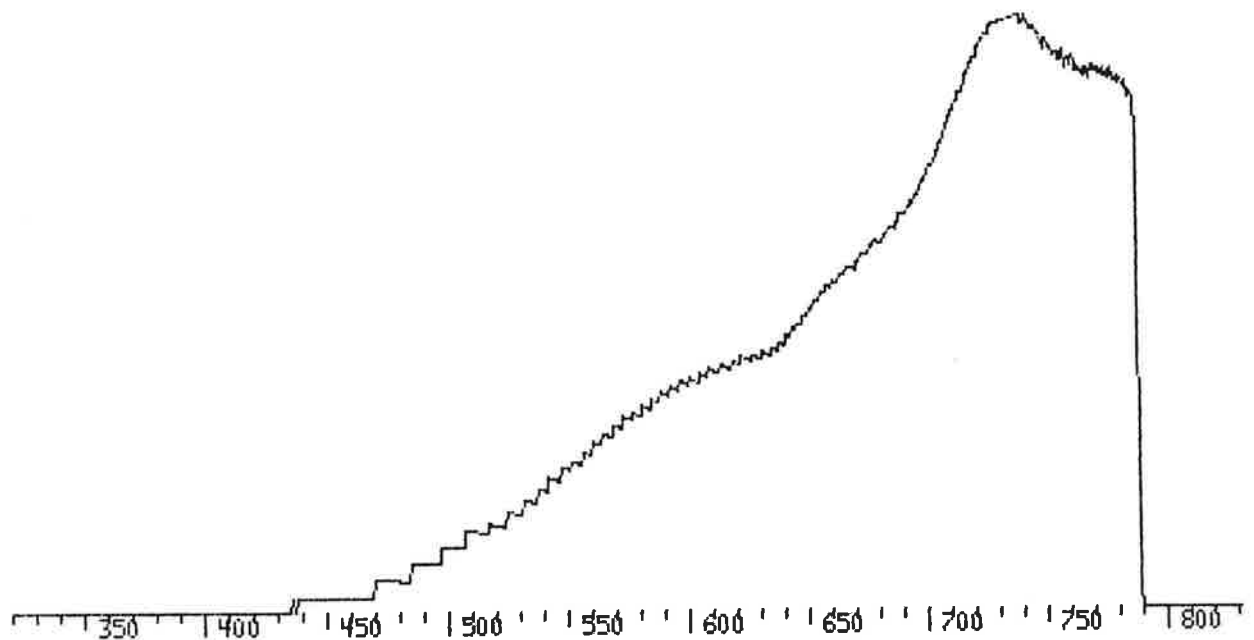
<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: GESPREIZT DARSTELLEN



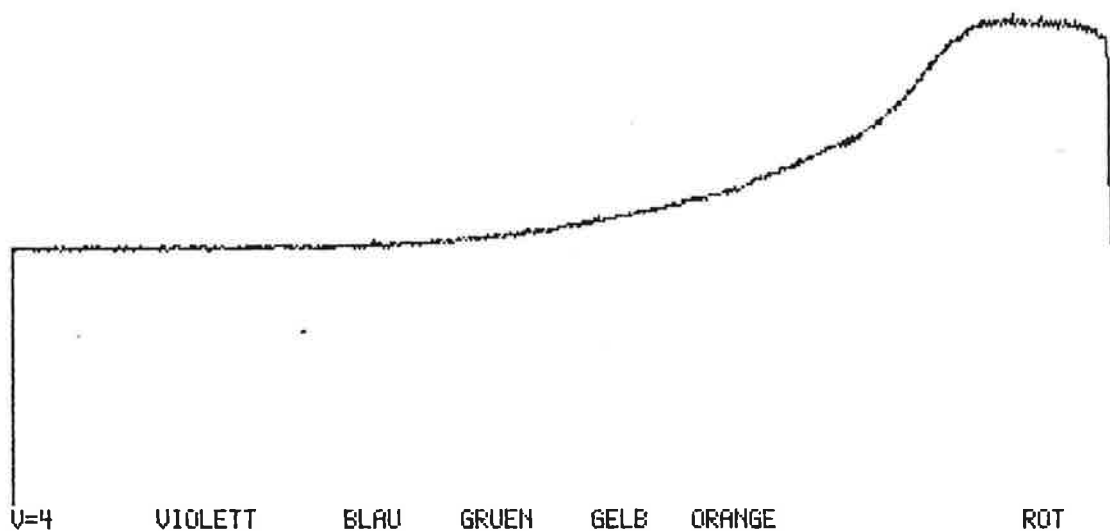
SENSOR DATEN



<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: GESPREIZT DARSTELLEN

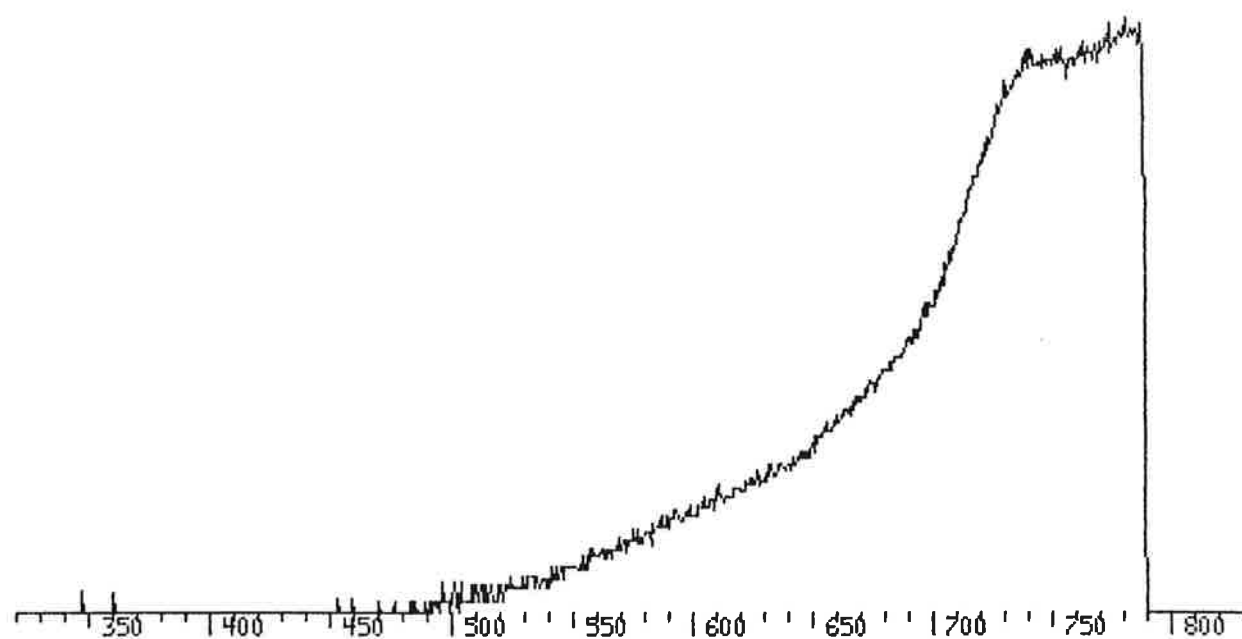


S E N S O R D A T E N

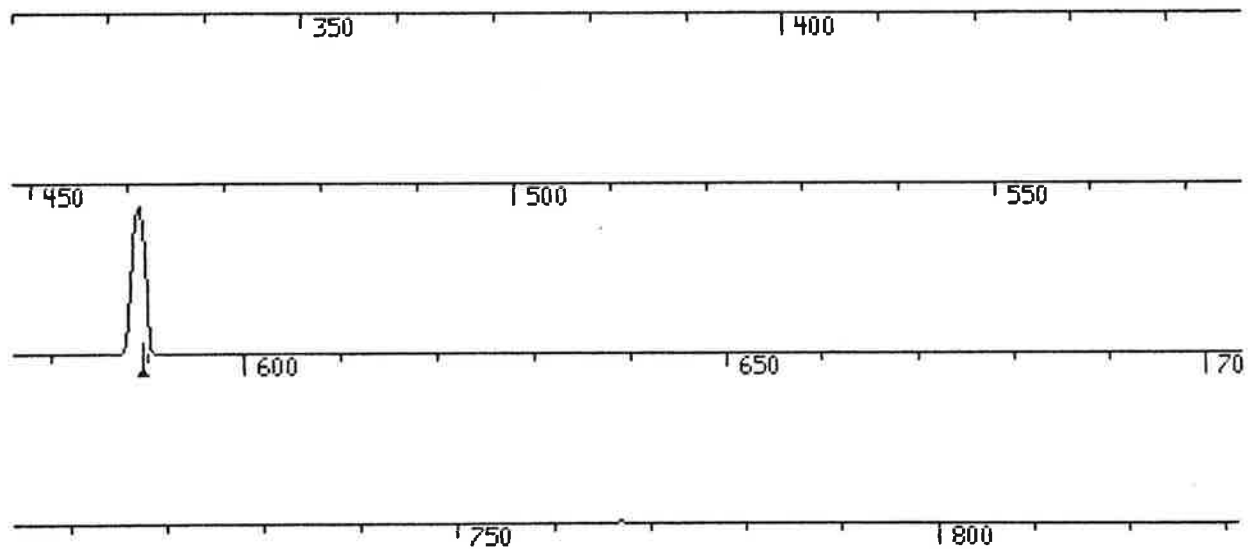
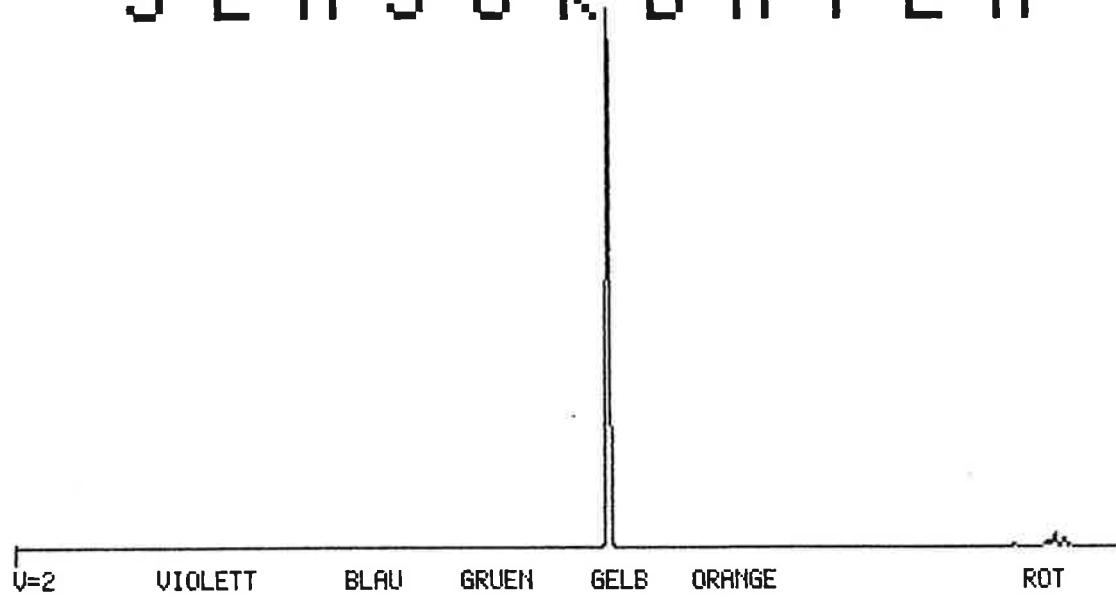


<A> DRUECKEN: KORRIGIERTE DARSTELLUNG DRUECKEN: MESSUNG WIEDERHOLEN

<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: GESPREIZT DARSTELLEN



SENSOR DATEN

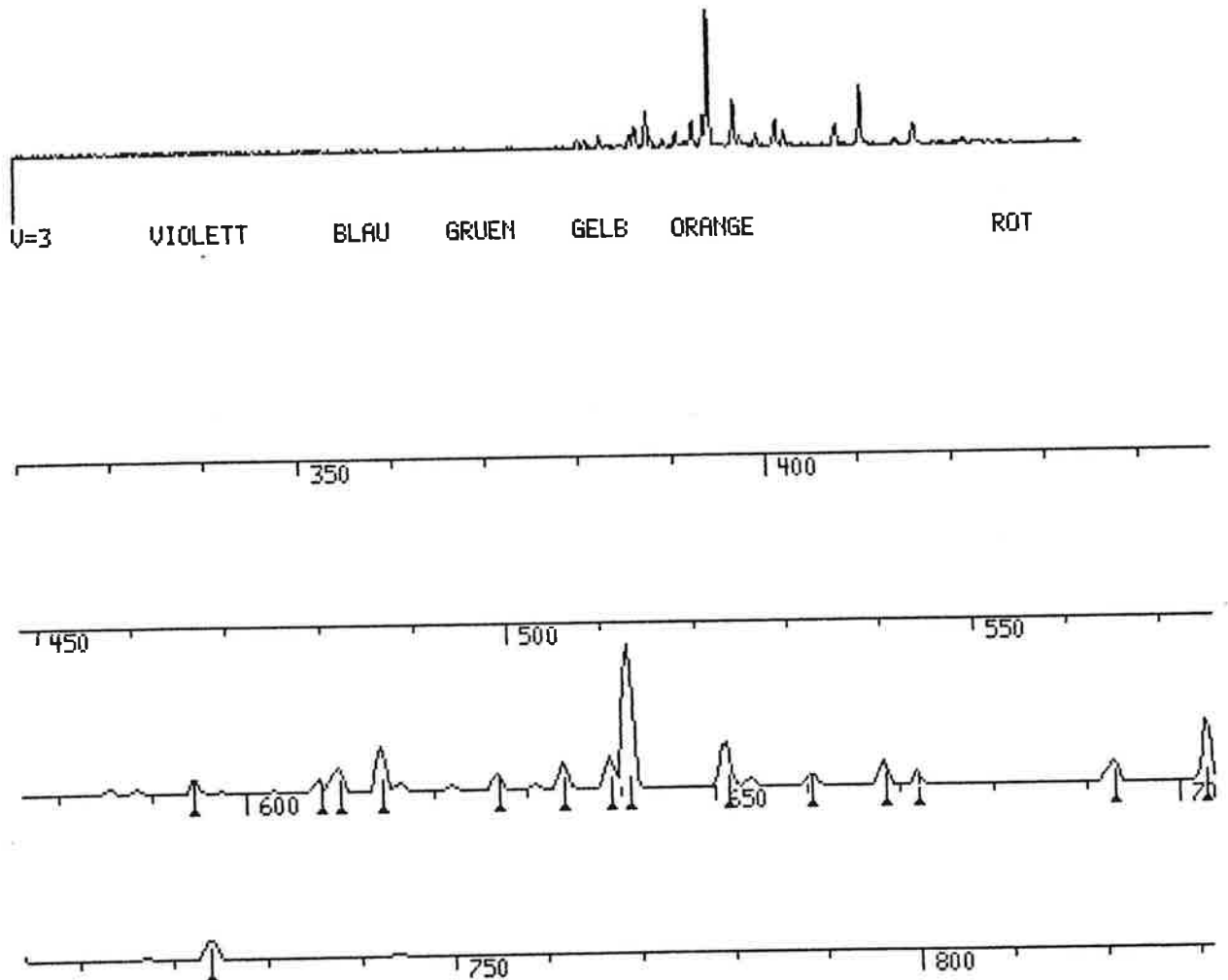


ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE
NM
589

INTENSITÄT
%

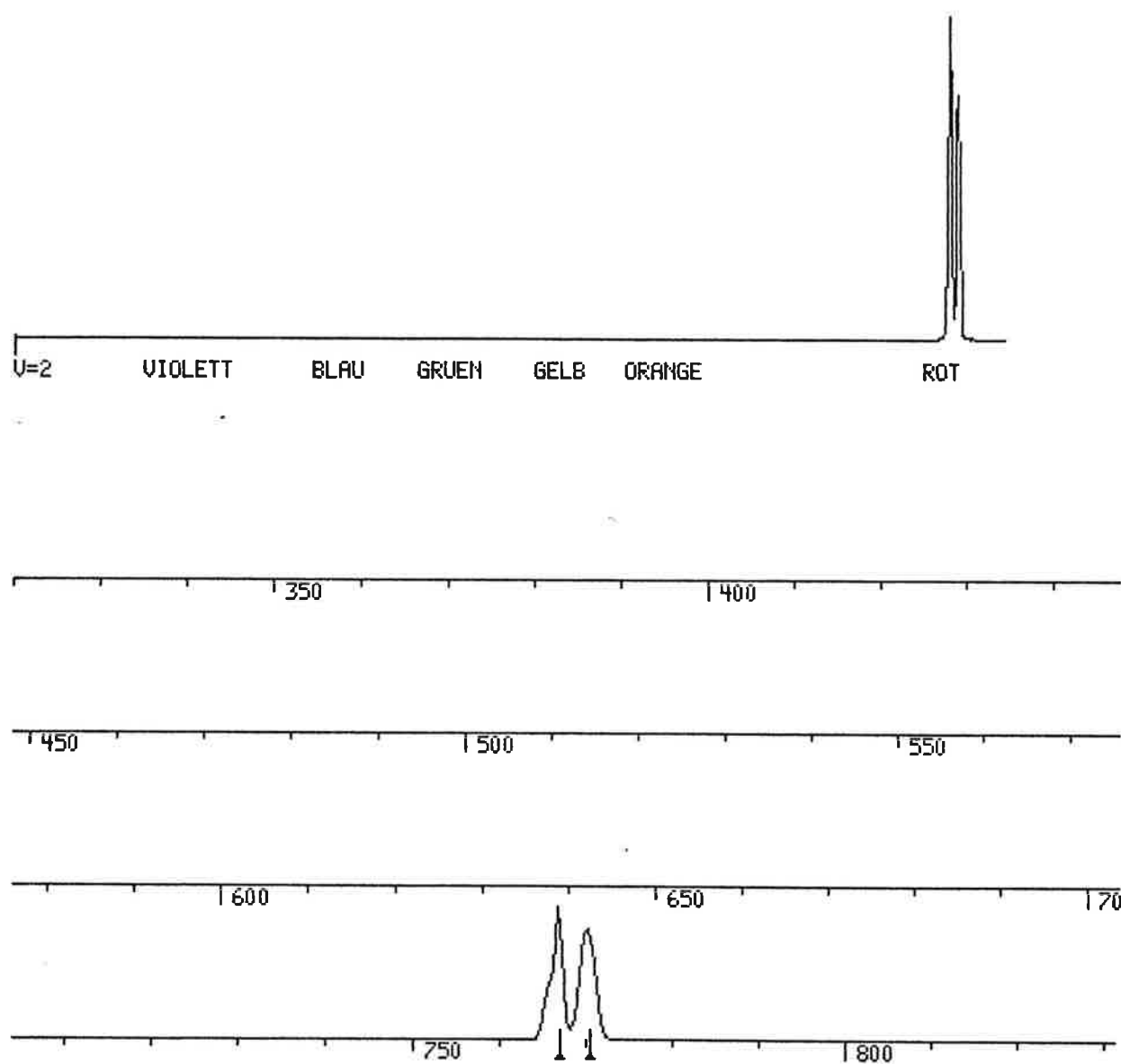
SENSOR DATEN



ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE NM	INTENSITÄT %
594	10
608	10
610	10
614	10
627	10
634	10
639	10
641	10
651	10
660	10
668	10
672	10
693	10
703	10
724	10

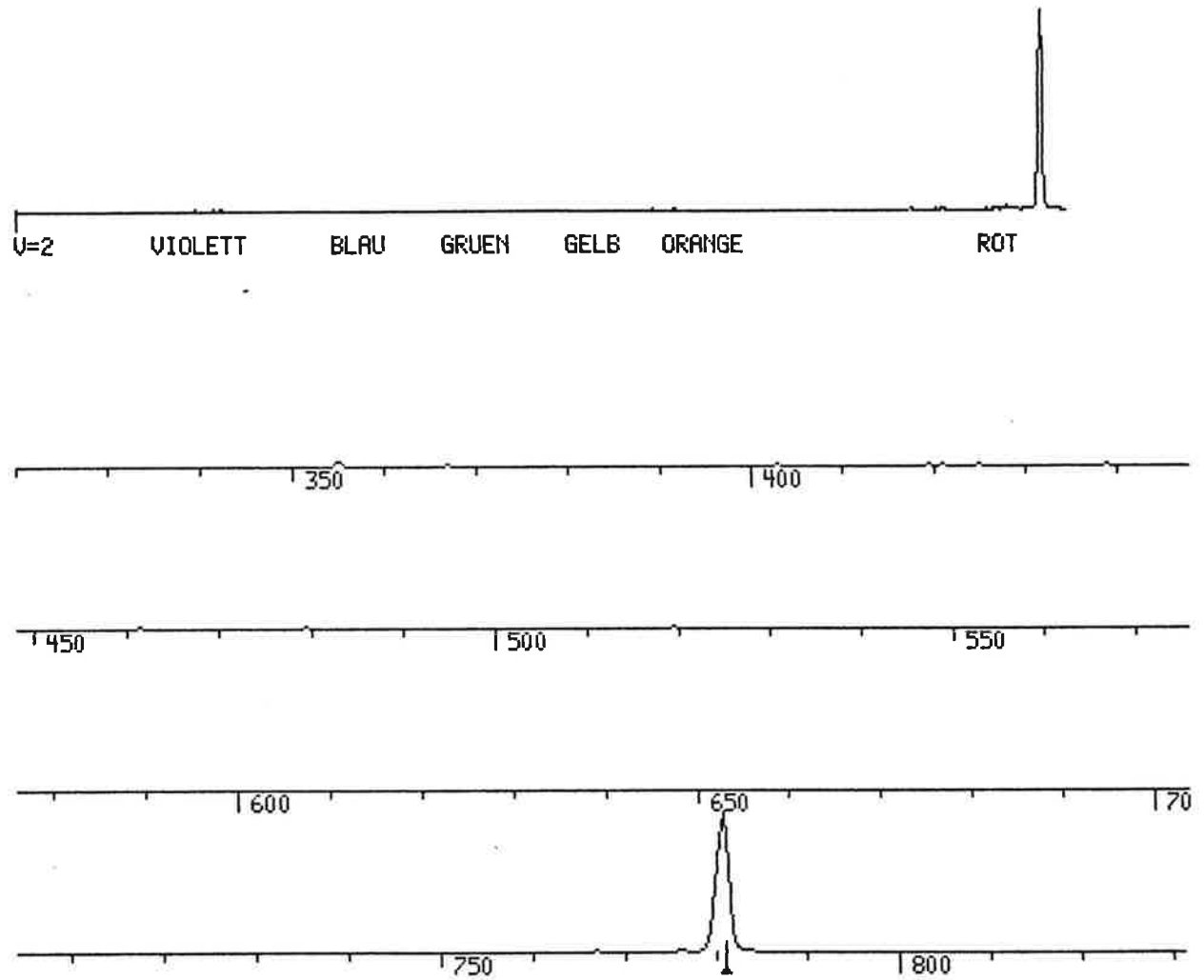
SENSOR DATEN



ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE NM	INTENSITÄT %
767	111
770	92

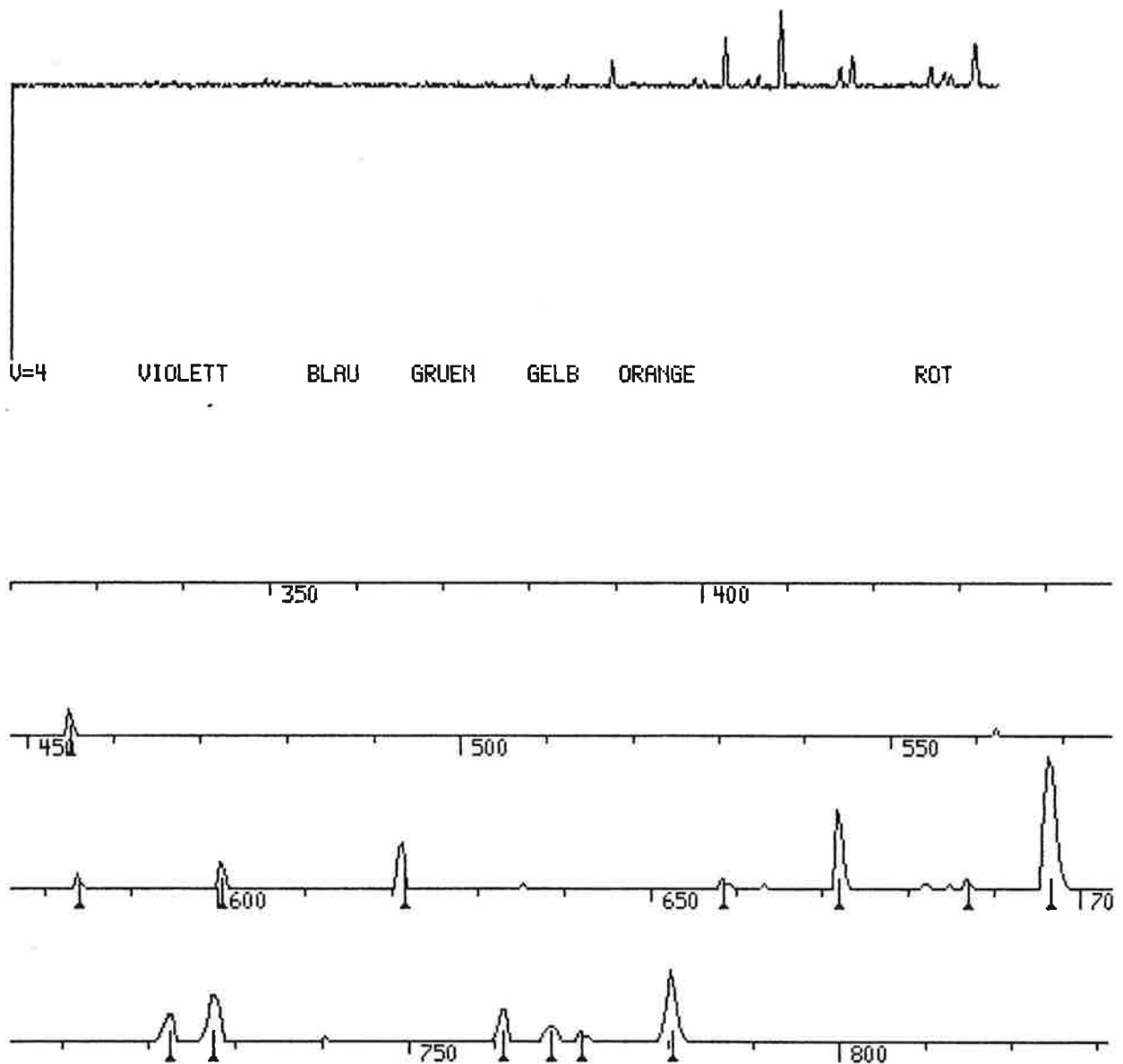
SENSOR DATEN



ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE nm	INTENSITÄT %
781	111

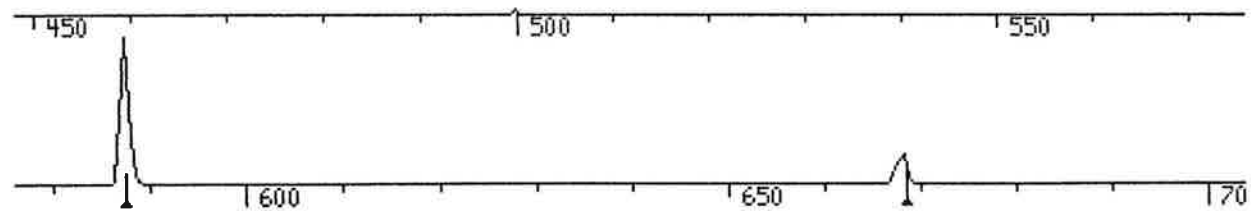
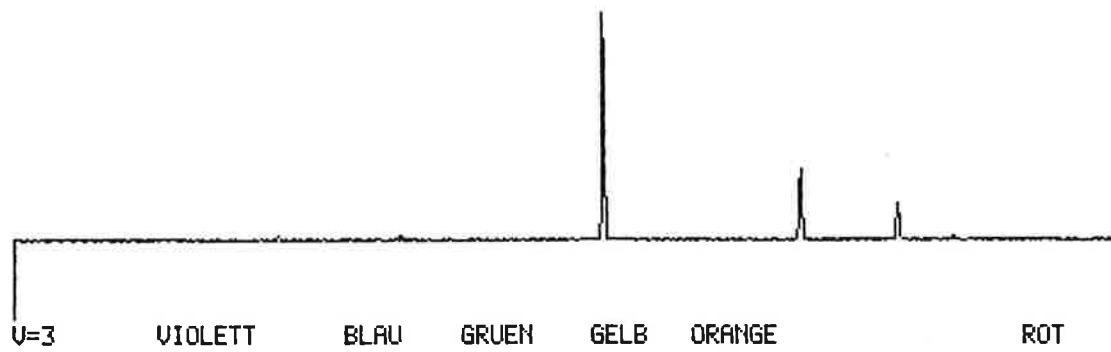
SENSOR DATEN



ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLAENGE NM	INTENSITAET %
455	22
525	12
584	12
600	22
621	35
658	35
672	66
687	66
696	11
722	22
727	22
761	22
766	13
770	9
780	61

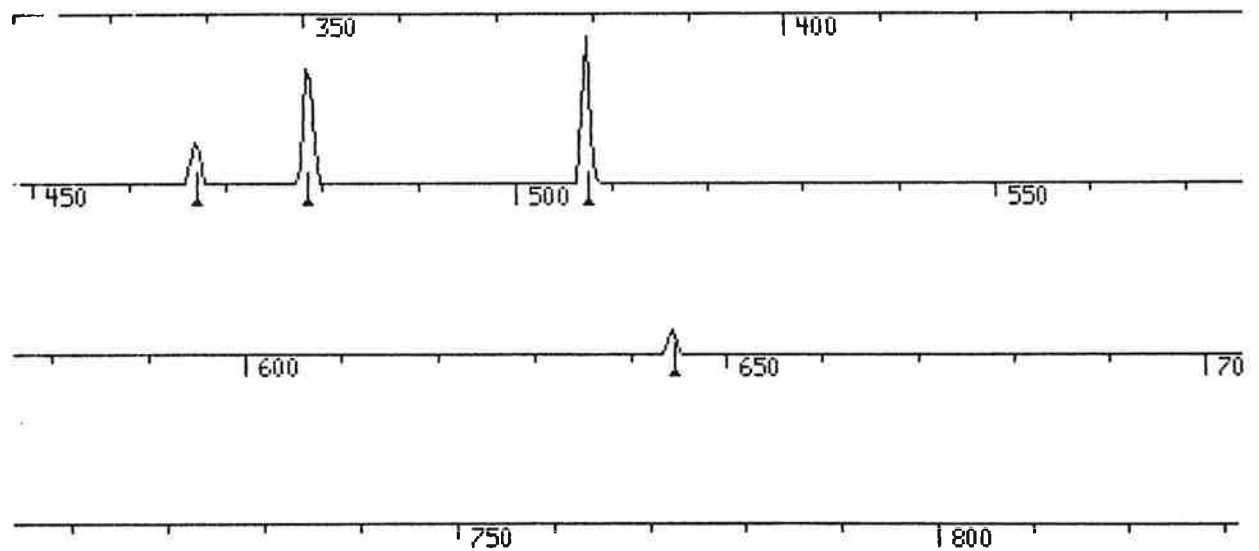
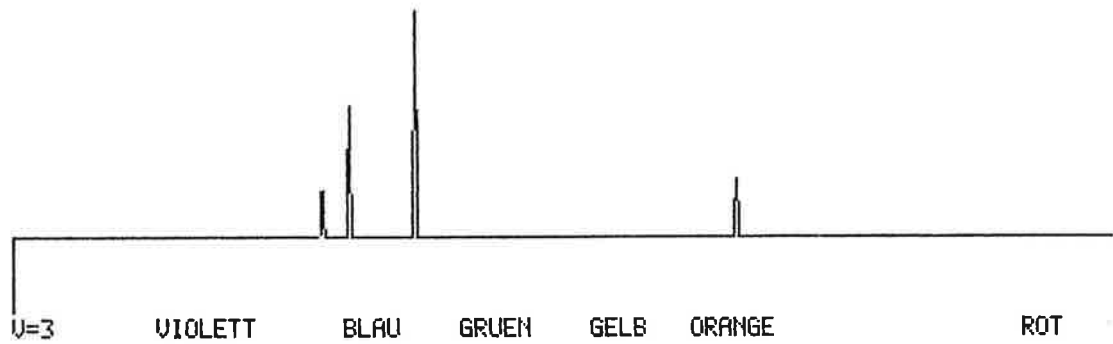
S E N S O R D A T E N



ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE NM	INTENSITÄT %
587	111
668	23
706	11

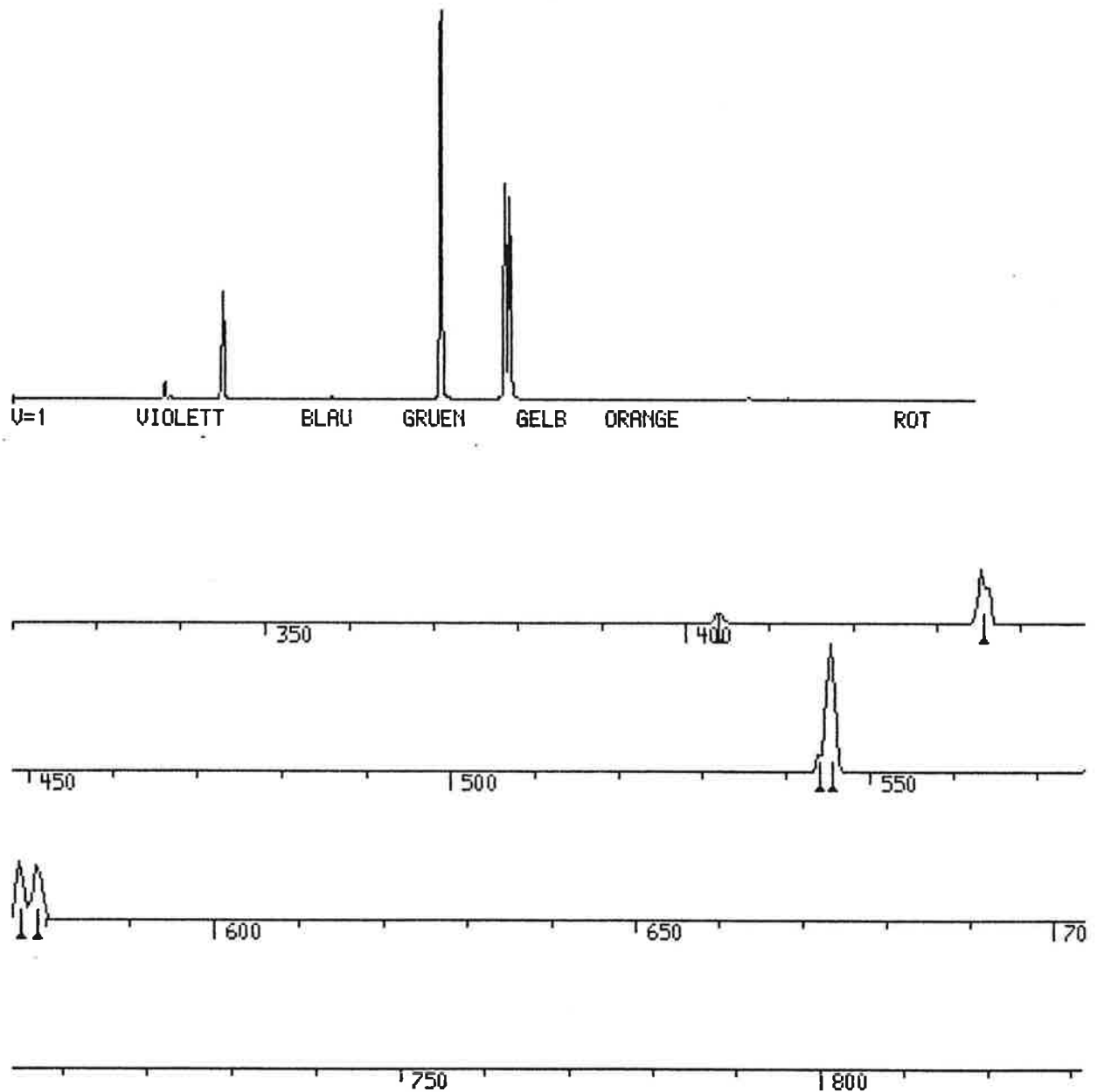
SENSOR DATEN



ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE NM	INTENSITÄT %
467	31
478	87
507	111
644	19

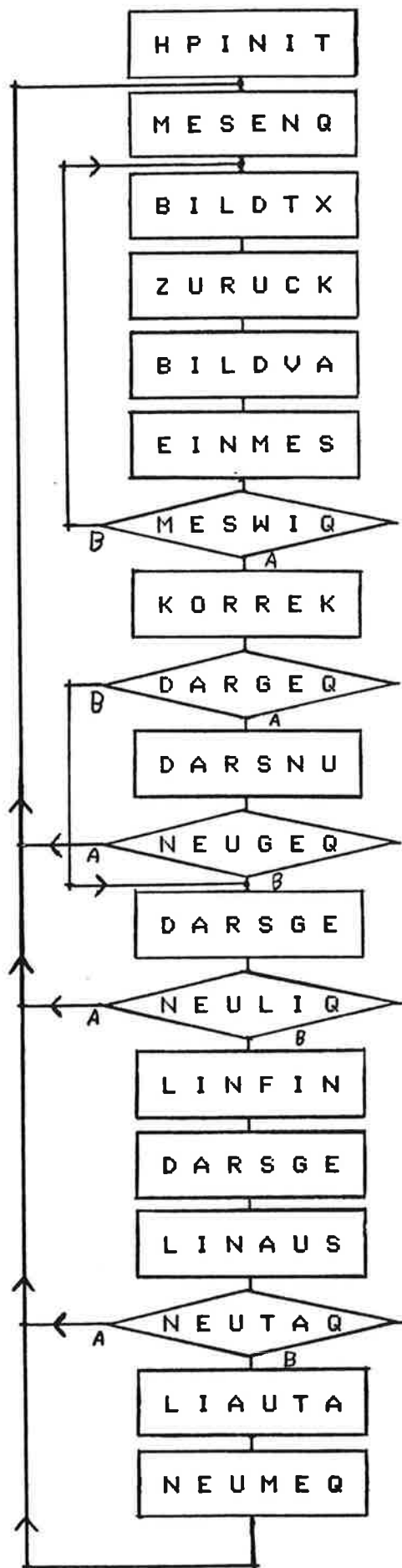
SENSOR DATEN



ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE NM	INTENSITÄT %
404	100
435	100
544	100
545	100
577	100
579	100

PROGRAMMABLAUFPLAN



Initialisierung des Spektrometers

"START MESSUNG: TASTE DRUECKEN"

"SENSORDATEN" + Farbskala

Sensor in Startpos. / Richtige Verst.

"V=(Verstärkung)"

Einlesen eines Spektrums

"<A> ->KORR.DARST. ->MES.WIEDERH."

Korrektur der Meßwerte in der Tabelle

"<A> ->NORM.DARST. ->GESPR.DARST."

Normal darstellen

"<A> ->NEUE MESS. ->GESPR.DARST."

Gespreizt darstellen

"<A> ->NEUE MESS. ->LINIENANALYSE"

Linien analysieren

Gespreizt darstellen

Gefundene Linien markieren

"<A> ->NEUE MESS. ->LINIENTABELLE"

Linien in Tabellenform ausgeben

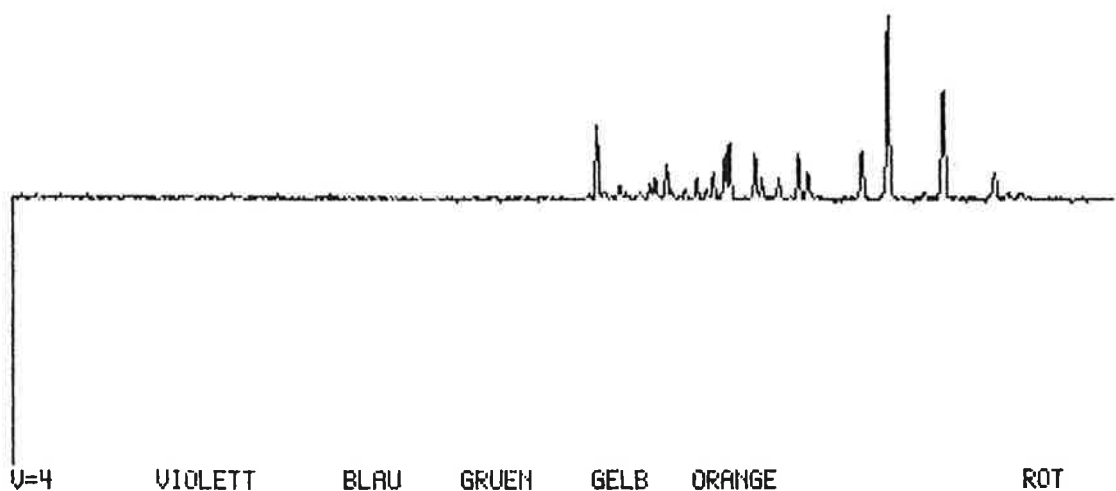
"NEUE MESSUNG: TASTE DRUECKEN"

BENUTZERFÜHRUNG

START MESSUNG: TASTE DRUECKEN

<A> oder
↓

S E N S O R D A T E N



<A> DRUECKEN: KORRIGIERTE DARSTELLUNG DRUECKEN: MESSUNG WIEDERHOLEN

<A>
↓

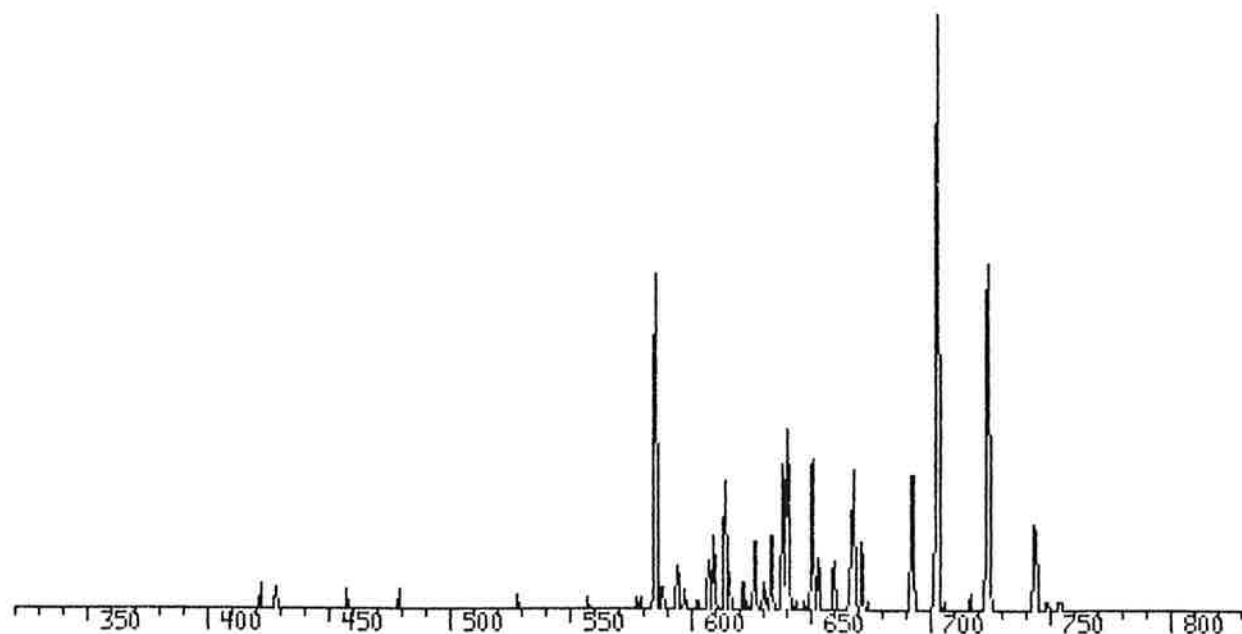
<A> DRUECKEN: NORMAL DARSTELLEN

 DRUECKEN: GESPREIZT DARSTELLEN

<A>
⇓

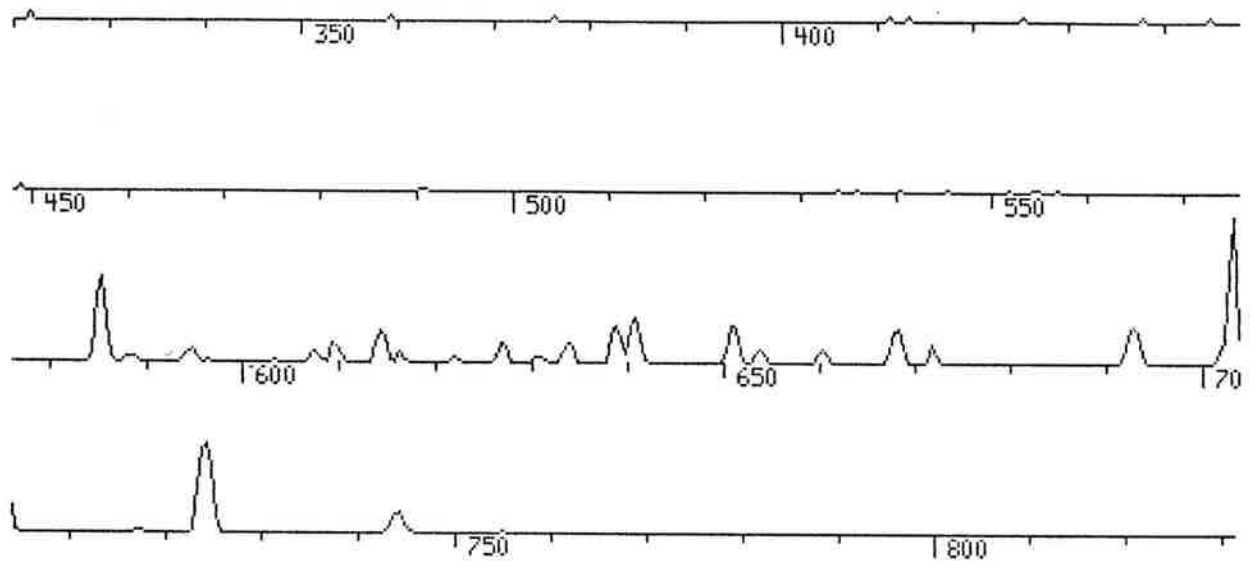
<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG

 DRUECKEN: GESPREIZT DARSTELLEN



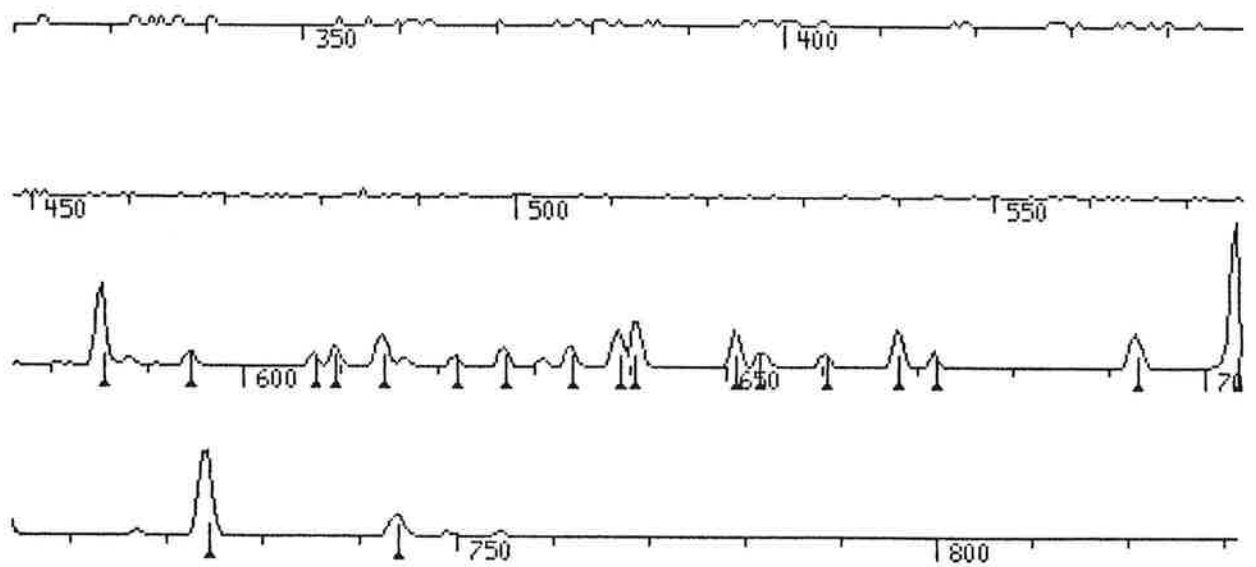
⇓

<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: LINIENANALYSE



||
V

<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: LINIENTABELLE



||
V

ANALYSIERTE LINIEN

WELLENLÄNGE NM	INTENSITÄT %
585	63
594	10
607	11
609	16
614	24
622	8
627	15
634	17
639	28
640	34
651	29
653	11
660	11
668	28
672	12
693	27
703	111
724	65
744	16

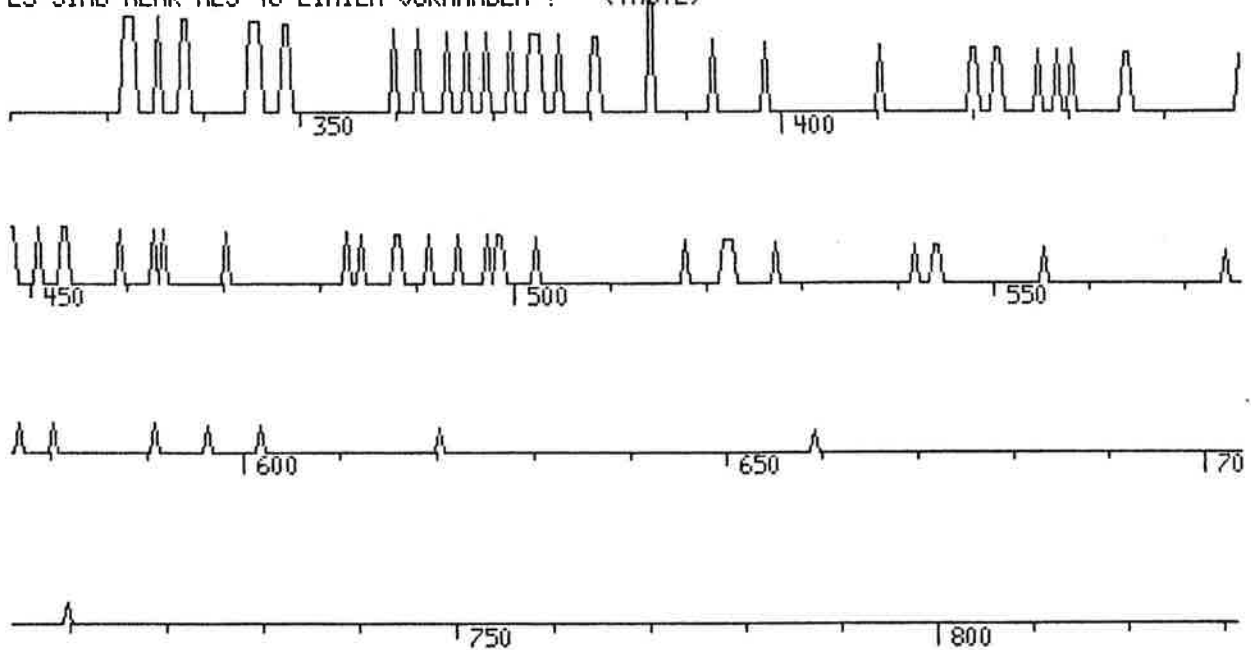
NEUE MESSUNG: TASTE DRUECKEN

<A> oder => Anfang

Mehr als 48 Linien

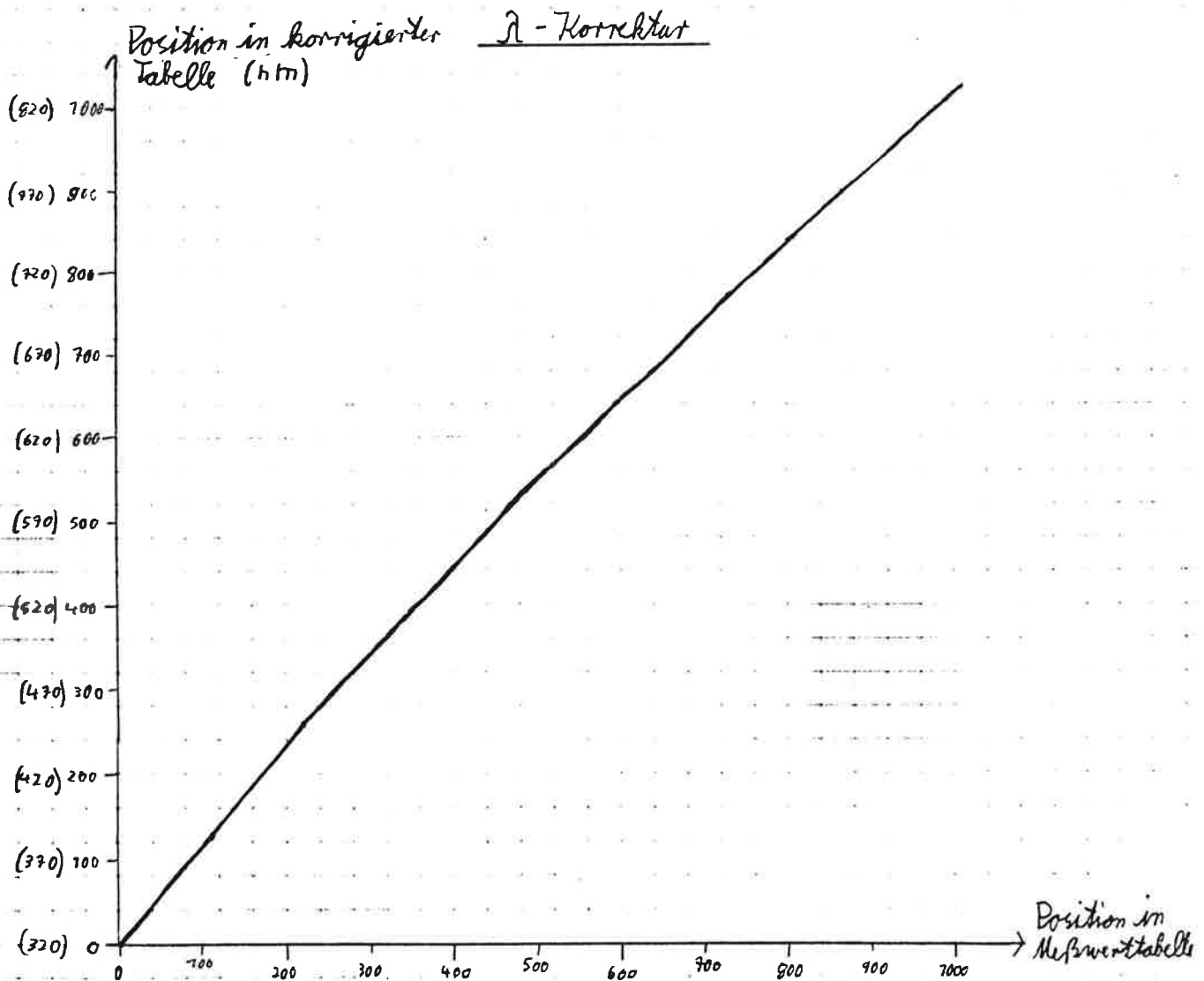
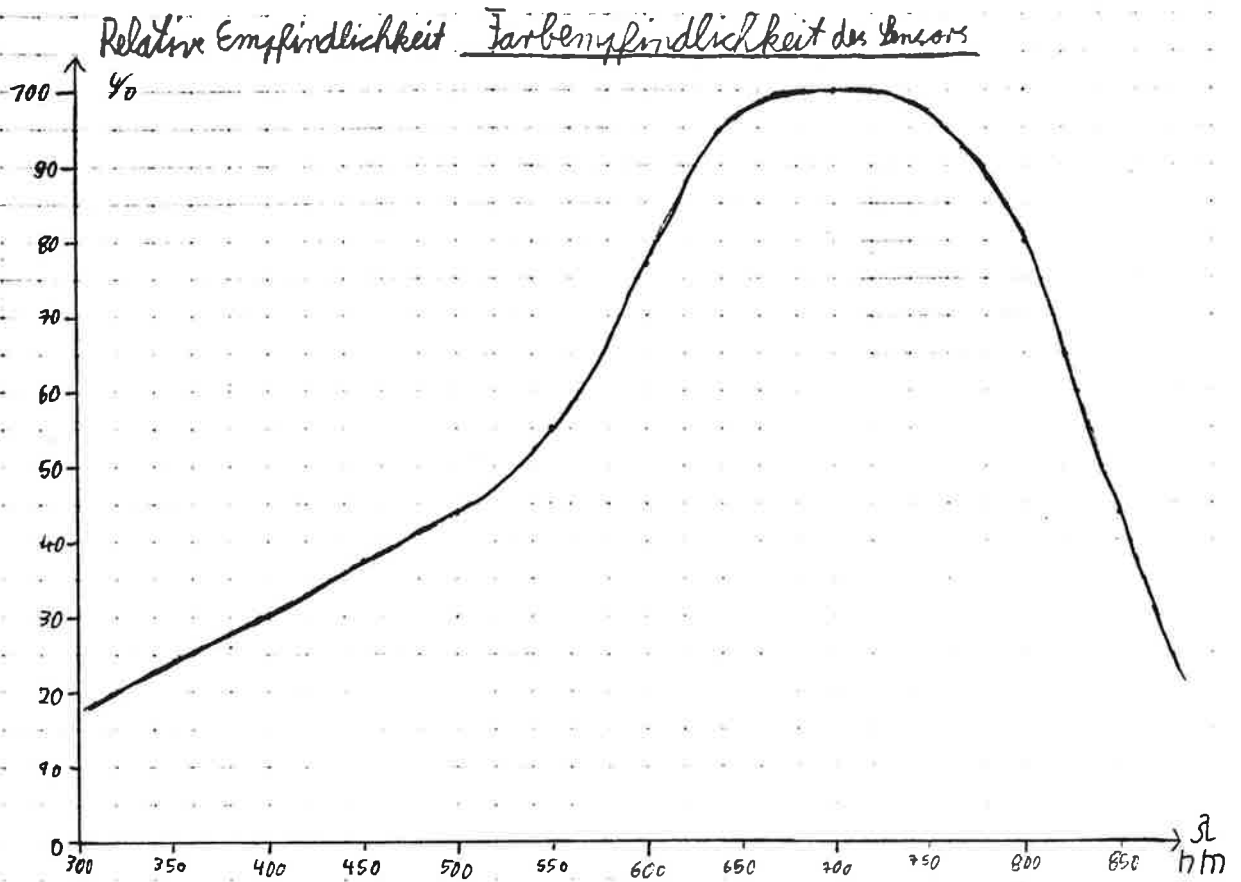


<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG DRUECKEN: LINIENANALYSE
ES SIND MEHR ALS 48 LINIEN VORHANDEN ! (TASTE)



KORREKTURKURVEN

-A41-




```

67: 404B 3E00      HPINIT: MVI A,0
68: 404D 3212F0    STA TOR
69: 4050 D384      OUT AUST01
70: 4052 D385      OUT AUST02
71: 4054 3E00      MVI A,0
72: 4056 3214F0    STA SMP05
73: 4059 DB84      IN EINT01
74: 405B 3213F0    STA ALT
75: 405E 216400    LXI H,100D
76: 4061 220AF0    SHLD ADDUNK
77: 4064 DB84      IN EINT01
78: 4066 E640      ANI 40H
79: 4068 CCA300    CZ NECINI
80: 406B 3E00      MVI A,00H
81: 406D CD9749    CALL AUSGA
82: 4070 3E03      MVI A,03H
83: 4072 D361      OUT CRTL1
84: 4074 210004    LXI H,0400H      ; SCHRITTE
85: 4077 DB84      HPINI1: IN EINT01      ; LICHTSCHRANKE
86: 4079 E620      ANI 20H
87: 407B C28F40    JNZ HPINIE
88: 407E E5        PUSH H
89: 407F CD2947    CALL SENBEP
90: 4082 210005    LXI H,0500H      ; 10 MS
91: 4085 CD6448    CALL HLVERZ
92: 4088 E1        POP H
93: 4089 2B        DCX H
94: 408A 7C        MOV A,H
95: 408B B5        ORA L
96: 408C C27740    JNZ HPINI1
97: 408F CD4347    HPINIE: CALL SENSTP
98: 4092 C9        RET
99:                ;
100:               ;
101:               ;
102:               ; M E S E N G
103:               ; WARTESCHLEIFE BIS TASTE GEDRUECKT
104:               ;
105: 4093 3E06      MESENG: MVI A,06H
106: 4095 CD9749    CALL AUSGA
107: 4098 3E03      MVI A,03H
108: 409A D361      OUT CRTL1
109: 409C 3E22      MVI A,22H
110: 409E D363      OUT CSIZE
111: 40A0 21D149    LXI H,TEXMES
112: 40A3 CD8C49    CALL TEXAUS
113: 40A6 CD2648    CALL KURLAN
114: 40A9 3E06      MVI A,06H
115: 40AB CD9749    CALL AUSGA
116: 40AE 3E11      MVI A,11H
117: 40B0 D363      OUT CSIZE
118: 40B2 C9        RET
119:               ;
120:               ;
121:               ;
122:               ; B I L D T X
123:               ; AUSGABE: SENSORDATEN/FARBEN
124:               ;
125: 40B3 3E06      BILDTX: MVI A,06H
126: 40B5 CD9749    CALL AUSGA
127: 40B8 3E30      MVI A,30H
128: 40BA D369      OUT LSBX
129: 40BC 3EE4      MVI A,0E4H
130: 40BE D36B      OUT LSBY
131: 40C0 3E33      MVI A,33H
132: 40C2 D363      OUT CSIZE

```

```

133: 40C4 21394A      LXI H,TEXSDA
134: 40C7 CD8C49      CALL TEXAUS
135: 40CA 3E11         MVI A,11H
136: 40CC D363         OUT CSIZE
137: 40CE 3E05         MVI A,05H
138: 40D0 CD9749      CALL AUSGA
139: 40D3 3E10         MVI A,10H
140: 40D5 D36B         OUT LSBY
141: 40D7 21EF49      LXI H,TEXFAR
142: 40DA CD8C49      CALL TEXAUS
143: 40DD C9           RET
144:
145:
146:
147:      ; Z U R U C K
148:      ; SENSOR IN AUSGANGSPOSITION
149:      ; RICHTIGE VERSTAERKUNG -> VERST
150:
151: 40DE CD5C47      ZURUCK: CALL LSEINI
152: 40E1 3E04         MVI A,04H
153: 40E3 320FF0      STA VERST
154: 40E6 CDC447      CALL VERAUS
155: 40E9 CDA347      CALL SRESET
156: 40EC 212004      LXI H,0420H      ; SCHRITTE
157: 40EF 2200F0      SHLD SENPOS
158: 40F2 DB84        ZURUK1: IN EINT01      ; LICHTSCHRANKE
159: 40F4 E610        ANI 10H
160: 40F6 C23241      JNZ ZURUKE
161: 40F9 CD3647      CALL SENBEN
162: 40FC CD6B47      ZURUK2: CALL ADCINK
163: 40FF 2A04F0      LHL D,ADZMAX
164: 4102 11D000      LXI D,ADZMAX
165: 4105 CDF848      CALL HLGRDE
166: 4108 D22041      JNC ZURUK3
167: 410B 3A0FF0      LDA VERST
168: 410E FE00        CPI 00H
169: 4110 CA2041      JZ ZURUK3
170: 4113 3D          DCR A
171: 4114 320FF0      STA VERST
172: 4117 CDC447      CALL VERAUS
173: 411A CDA347      CALL SRESET
174: 411D C3FC40      JMP ZURUK2
175:
176: 4120 218001      ; ZURUK3: LXI H,0180H      ; 3 MS
177: 4123 CD6448      CALL HLVERZ
178: 4126 2A00F0      LHL D,SENPOS
179: 4129 2B          DCX H
180: 412A 2200F0      SHLD SENPOS
181: 412D 7C          MOV A,H
182: 412E B5          ORA L
183: 412F C2F240      JNZ ZURUK1
184: 4132 210010      ZURUKE: LXI H,1000H      ; 32 MS
185: 4135 CD6448      CALL HLVERZ
186: 4138 C9          RET
187:
188:
189:
190:      ; B I L D V A
191:      ; AUSGABE VERSTAERKUNG
192:
193: 4139 3E05        BILDVA: MVI A,5
194: 413B CD9749      CALL AUSGA
195: 413E 3E10        MVI A,10H
196: 4140 D36B        OUT LSBY
197: 4142 3E56        MVI A,'V'
198: 4144 CD9749      CALL AUSGA

```

```

199: 4147 3E3D          MVI A,'='
200: 4149 CD9749        CALL AUSGA
201: 414C 3A0FF0        LDA VERST
202: 414F C630          ADI 30H
203: 4151 CD9749        CALL AUSGA
204: 4154 C9            RET
205:
206:
207:
208: ; E I N M E S
209: ; EINLESEN EINES SPEKTRUMS
210:
211: 4155 CDD441        EINMES: CALL LOEMWT
212: 4158 210000        LXI H,0000H
213: 415B 2200F0        SHLD SENPOS
214: 415E CDE441        CALL EINMDI
215: 4161 219503        LXI H,0395H ; SCHRITTE
216: 4164 E5            EINME1: PUSH H
217: 4165 CD2947        CALL SENBEP
218: 4168 CDA347        CALL SRESET
219: 416B DB84          IN EINT01
220: 416D E60C          ANI 0CH
221: 416F 0F            RRC
222: 4170 21AE49        LXI H,SPWTAB
223: 4173 4F            MOV C,A
224: 4174 0600          MVI B,0
225: 4176 09            DAD B
226: 4177 5E            MOV E,M
227: 4178 23            INX H
228: 4179 56            MOV D,M
229: 417A EB            XCHG
230: 417B CD6448        CALL HLVERZ
231: 417E CD6B47        CALL ADCINK
232: 4181 2A04F0        LHLD ADWERT
233: 4184 7C            MOV A,H
234: 4185 FE00          CPI 00H
235: 4187 7D            MOV A,L
236: 4188 CA8D41        JZ EINME2
237: 418B 3EFF          MVI A,0FFH
238: 418D 2A00F0        EINME2: LHLD SENPOS
239: 4190 111EF0        LXI D,MWTABA
240: 4193 19            DAD D
241: 4194 77            MOV M,A
242: 4195 CDF141        CALL EINMDA
243: 4198 2A00F0        LHLD SENPOS
244: 419B 23            INX H
245: 419C 2200F0        SHLD SENPOS
246: 419F E1            POP H
247: 41A0 2B            DCX H
248: 41A1 7C            MOV A,H
249: 41A2 B5            ORA L
250: 41A3 C26441        JNZ EINME1
251: 41A6 213000        LXI H,0030H ; SCHRITTE
252: 41A9 DB84          EINMER: IN EINT01 ; LICHTSCHRANKE
253: 41AB E620          ANI 20H
254: 41AD C2C141        JNZ EINMEE
255: 41B0 E5            PUSH H
256: 41B1 CD2947        CALL SENBEP
257: 41B4 210005        LXI H,0500H ; 10 MS
258: 41B7 CD6448        CALL HLVERZ
259: 41BA E1            POP H
260: 41BB 2B            DCX H
261: 41BC 7C            MOV A,H
262: 41BD B5            ORA L
263: 41BE C2A941        JNZ EINMER
264: 41C1 210010        EINMEE: LXI H,1000H ; 32 MS

```

```

265: 41C4 CD6448      CALL HLVERZ
266: 41C7 CD6B47      CALL ADCINK
267: 41CA 2A04F0      LHL D ADWERT
268: 41CD 220AF0      SHLD ADDUNK
269: 41D0 CD4347      CALL SENSTP
270: 41D3 C9          RET
271:                  ;
272: 41D4 211EF0      LOEMWT: LXI H,MWTABA
273: 41D7 110004      LXI D,0400H
274: 41DA 3600      LOEMW1: MVI M,0
275: 41DC 23          INX H
276: 41DD 1B          DCX D
277: 41DE 7A          MOV A,D
278: 41DF B3          ORA E
279: 41E0 C2DA41      JNZ LOEMW1
280: 41E3 C9          RET
281:                  ;
282: 41E4 210000      EINMDI: LXI H,0
283: 41E7 2215F0      SHLD X1
284: 41EA 211A00      LXI H,001AH
285: 41ED 2219F0      SHLD Y1
286: 41F0 C9          RET
287:                  ;
288: 41F1 6F          EINMDA: MOV L,A
289: 41F2 2600      MVI H,0
290: 41F4 111A00      LXI D,001AH
291: 41F7 19          DAD D
292: 41F8 221BF0      SHLD Y2
293: 41FB 2A00F0      LHL SENPOS
294: 41FE CDDC48      CALL HLRAR
295: 4201 2217F0      SHLD X2
296: 4204 CD4347      CALL XYPLOT
297: 4207 2A17F0      LHL X2
298: 420A 2215F0      SHLD X1
299: 420D 2A1BF0      LHL Y2
300: 4210 2219F0      SHLD Y1
301: 4213 C9          RET
302:                  ;
303:                  ;
304:                  ;
305:                  ; M E S W I Q      MESSUNG WIEDERHOLEN      N=2 / J=NZ
306:                  ;
307: 4214 3E05      MESWIQ: MVI A,05H
308: 4216 CD9749      CALL AUSGA
309: 4219 3E10      MVI A,10H
310: 421B D369      OUT LSBX
311: 421D 214F4A      LXI H,TEXMWI
312: 4220 CD8C49      CALL TEXAUS
313: 4223 CD2648      CALL KURLAN
314: 4226 C9          RET
315:                  ;
316:                  ;
317:                  ;
318:                  ; K O R R E K
319:                  ; KORREKTUR DER MESSWERTE IN DER TABELLE
320:                  ;
321: 4227 3E06      KORREK: MVI A,06H
322: 4229 CD9749      CALL AUSGA
323: 422C 219A4A      LXI H,TEXBIW
324: 422F CD8C49      CALL TEXAUS
325: 4232 CD4542      CALL KDUNKO
326: 4235 CD6642      CALL KLINWE
327: 4238 CDD042      CALL KMAFIF
328: 423B CD6943      CALL KNORMI
329: 423E CD8C43      CALL KSEFAE
330: 4241 CDF143      CALL KORBEG

```

```

331: 4244 C9          RET
332:                  ;
333:                  ;
334:                  ; K D U N K O
335:                  ; DUNKELSTROMKORREKTUR (MWTABA) - (ADDUNK)
336:                  ;
337: 4245 2A0AF0      KDUNK0: LHLD ADDUNK
338: 4248 7D          MOV A,L
339: 4249 CDF548      CALL KOMPA
340: 424C FE00        CPI 00H
341: 424E C8          RZ
342: 424F 47          MOV B,A
343: 4250 211EF0      LXI H,MWTABA
344: 4253 110004      LXI D,0400H
345: 4256 7E          KDUNK1: MOV A,M
346: 4257 80          ADD B
347: 4258 DA5D42      JC KDUNK2
348: 425B 3E00        MVI A,00H
349: 425D 77          KDUNK2: MOV M,A
350: 425E 23          INX H
351: 425F 1B          DCX D
352: 4260 7A          MOV A,D
353: 4261 B3          ORA E
354: 4262 C25642      JNZ KDUNK1
355: 4265 C9          RET
356:                  ;
357:                  ;
358:                  ; K L I N W E
359:                  ; LINEARISIERUNG DER WELLENLAENGE
360:                  ; (MWTABA) -> KOTABA
361:                  ;
362: 4266 CDC042      KLINWE: CALL LOEKOT
363: 4269 21B649      LXI H,KOLITA
364: 426C 110000      LXI D,0
365: 426F E5          KLINW1: PUSH H
366: 4270 D5          PUSH D
367: 4271 4E          MOV C,M
368: 4272 23          INX H
369: 4273 46          MOV B,M
370: 4274 23          INX H
371: 4275 5E          MOV E,M
372: 4276 23          INX H
373: 4277 56          MOV D,M
374: 4278 E1          POP H
375: 4279 E5          PUSH H
376: 427A CD8D42      CALL KLINWU
377: 427D D1          POP D
378: 427E 218000      LXI H,0080H
379: 4281 19          DAD D
380: 4282 EB          XCHG
381: 4283 E1          POP H
382: 4284 23          INX H
383: 4285 23          INX H
384: 4286 7A          MOV A,D
385: 4287 FE04        CPI 04H
386: 4289 C26F42      JNZ KLINW1
387: 428C C9          RET
388:                  ;
389: 428D E5          KLINWU: PUSH H          ; INIT
390: 428E C5          PUSH B
391: 428F 60          MOV H,B
392: 4290 69          MOV L,C
393: 4291 CDE548      CALL KOMPHL
394: 4294 19          DAD D
395: 4295 45          MOV B,L
396: 4296 D1          POP D

```

```

397: 4297 0E00          MVI C,0
398: 4299 E1            POP H
399: 429A E5            KLIWU1: PUSH H          ; UMSPEICHERN
400: 429B 211EF0        LXI H,MWTABA
401: 429E 19            DAD D
402: 429F 7E            MOV A,M
403: 42A0 E1            POP H
404: 42A1 E5            PUSH H
405: 42A2 D5            PUSH D
406: 42A3 111EF4        LXI D,KOTABA
407: 42A6 19            DAD D
408: 42A7 77            MOV M,A
409: 42A8 D1            POP D
410: 42A9 68            MOV L,B          ; ADDITION
411: 42AA 2600          MVI H,0
412: 42AC 29            DAD H
413: 42AD 7D            MOV A,L
414: 42AE 81            ADD C
415: 42AF 4F            MOV C,A
416: 42B0 7C            MOV A,H
417: 42B1 8B            ADC E
418: 42B2 5F            MOV E,A
419: 42B3 3E00          MVI A,0
420: 42B5 8A            ADC D
421: 42B6 57            MOV D,A
422: 42B7 E1            POP H
423: 42B8 23            INX H
424: 42B9 7D            MOV A,L          ; FERTIG?
425: 42BA E67F          ANI 7FH
426: 42BC C29A42        JNZ KLIWU1
427: 42BF C9            RET
428: ;
429: 42C0 211EF4        LOEKOT: LXI H,KOTABA
430: 42C3 110004        LXI D,0400H
431: 42C6 3600          LOEK01: MVI M,0
432: 42C8 23            INX H
433: 42C9 1B            DCX D
434: 42CA 7A            MOV A,D
435: 42CB B3            ORA E
436: 42CC C2C642        JNZ LOEK01
437: 42CF C9            RET
438: ;
439: ;
440: ; K M A F I F
441: ; MAXIMALWERT MIT FARBKORREKTUR FINDEN
442: ; MAXIMALWERT -> MAXLUX (1/5 MLUX)
443: ; KORREKTURFAKTOR -> KORFAK          (KOTABA)
444: ;
445: 42D0 210200        KMAFIF: LXI H,0002H
446: 42D3 2202F0        SHLD MAXLUX
447: 42D6 110000        LXI D,0
448: 42D9 21C849        LXI H,KOFATA
449: 42DC E5            KMAFF1: PUSH H
450: 42DD D5            PUSH D
451: 42DE 5E            MOV E,M
452: 42DF 23            INX H
453: 42E0 4E            MOV C,M
454: 42E1 E1            POP H
455: 42E2 E5            PUSH H
456: 42E3 CD2943        CALL KMAFFU
457: 42E6 D1            POP D
458: 42E7 218000        LXI H,0080H
459: 42EA 19            DAD D
460: 42EB EB            XCHG
461: 42EC E1            POP H
462: 42ED 23            INX H

```

463:	42EE 7A	MOV A,D	
464:	42EF FE04	CPI 04H	
465:	42F1 C2DC42	JNZ KMAFF1	
466:	42F4 2A02F0	LHLD MAXLUX	
467:	42F7 44	MOV B,H	
468:	42F8 4D	MOV C,L	
469:	42F9 1100E0	LXI D,0E000H	; E0H = MAX. ZULAES. WERT
470:	42FC 210000	LXI H,0	
471:	42FF CD9C48	CALL DIV	
472:	4302 EB	XCHG	
473:	4303 2210F0	SHLD KORFAK	
474:	4306 2A02F0	LHLD MAXLUX	
475:	4309 3A0FF0	LDA VERST	
476:	430C 47	MOV B,A	
477:	430D 3E04	MVI A,04H	
478:	430F 90	SUB B	
479:	4310 FE00	KMAFF2: CPI 0	
480:	4312 CA1F43	JZ KMAFF3	
481:	4315 CD2343	CALL KMAFFA	
482:	4318 CD2343	CALL KMAFFA	
483:	431B 3D	DCR A	
484:	431C C31043	JMP KMAFF2	
485:		;	
486:	431F 2202F0	KMAFF3: SHLD MAXLUX	
487:	4322 C9	RET	
488:		;	
489:	4323 29	KMAFFA: DAD H	
490:	4324 D0	RNC	
491:	4325 21FFFF	LXI H,0FFFFH	
492:	4328 C9	RET	
493:		;	
494:	4329 0600	KMAFFU: MVI B,0	
495:	432B 1600	MVI D,0	
496:	432D E5	PUSH H	
497:	432E D5	PUSH D	
498:	432F EB	XCHG	
499:	4330 CDE548	CALL KOMPHL	
500:	4333 09	DAD B	
501:	4334 29	DAD H	
502:	4335 44	MOV B,H	
503:	4336 4D	MOV C,L	
504:	4337 D1	POP D	
505:	4338 53	MOV D,E	
506:	4339 1E00	MVI E,0	
507:	433B E1	POP H	
508:	433C E5	KMFFU1: PUSH H	; DIVIDIEREN
509:	433D D5	PUSH D	
510:	433E C5	PUSH B	
511:	433F 011EF4	LXI B,KOTABA	
512:	4342 09	DAD B	
513:	4343 6E	MOV L,M	
514:	4344 2600	MVI H,0	
515:	4346 42	MOV B,D	
516:	4347 4B	MOV C,E	
517:	4348 110000	LXI D,0	
518:	434B CD9C48	CALL DIV	
519:	434E 2A02F0	LHLD MAXLUX	
520:	4351 CDF848	CALL HLGRE	
521:	4354 DA5B43	JC KMFFU2	
522:	4357 EB	XCHG	
523:	4358 2202F0	SHLD MAXLUX	
524:	435B C1	KMFFU2: POP B	
525:	435C D1	POP D	
526:	435D E1	POP H	
527:	435E EB	XCHG	; ADDITION
528:	435F 09	DAD B	

```

529: 4360 EB          XCHG
530: 4361 23          INX H
531: 4362 7D          MOV A,L          ; SCHLEIFE
532: 4363 E67F        ANI 7FH
533: 4365 C23C43       JNZ KMFFU1
534: 4368 C9          RET
535:
536:
537:
538:
539:
; K N O R M I
; MESSWERTE NORMIEREN (KOTABA) * (KORFAK)
540: 4369 211EF4       KNORMI: LXI H,KOTABA
541: 436C 110004       LXI D,0400H
542: 436F CD7A43       KNORM1: CALL KNORMU
543: 4372 23          INX H
544: 4373 1B          DCX D
545: 4374 7A          MOV A,D
546: 4375 B3          ORA E
547: 4376 C26F43       JNZ KNORM1
548: 4379 C9          RET
549:
;
550: 437A D5          KNORMU: PUSH D
551: 437B 7E          MOV A,M
552: 437C E5          PUSH H
553: 437D 0600        MVI B,0
554: 437F 4F          MOV C,A
555: 4380 2A10F0       LHLD KORFAK
556: 4383 EB          XCHG
557: 4384 CD6B48       CALL MULT
558: 4387 7C          MOV A,H
559: 4388 E1          POP H
560: 4389 77          MOV M,A
561: 438A D1          POP D
562: 438B C9          RET
563:
564:
565:
566:
; K S E F A E
; KORREKTUR DER FARBEMPFINDLICHKEIT (KOTABA)
567: 438C 110000       KSEFAE: LXI D,0
568: 438F 21C849       LXI H,KOFATA
569: 4392 E5          KSEFE1: PUSH H
570: 4393 D5          PUSH D
571: 4394 5E          MOV E,M
572: 4395 23          INX H
573: 4396 4E          MOV C,M
574: 4397 E1          POP H
575: 4398 E5          PUSH H
576: 4399 CDAB43       CALL KSEFEU
577: 439C D1          POP D
578: 439D 218000       LXI H,0080H
579: 43A0 19          DAD D
580: 43A1 EB          XCHG
581: 43A2 E1          POP H
582: 43A3 23          INX H
583: 43A4 7A          MOV A,D
584: 43A5 FE04        CPI 04H
585: 43A7 C29243       JNZ KSEFE1
586: 43AA C9          RET
587:
;
588: 43AB 0600        KSEFEU: MVI B,0
589: 43AD 1600        MVI D,0
590: 43AF E5          PUSH H
591: 43B0 D5          PUSH D
592: 43B1 EB          XCHG
593: 43B2 CDE548       CALL KOMPHL
594: 43B5 09          DAD B

```

```

595: 43B6 29          DAD H
596: 43B7 44          MOV B,H
597: 43B8 4D          MOV C,L
598: 43B9 D1          POP D
599: 43BA 53          MOV D,E
600: 43BB 1E00        MVI E,0
601: 43BD E1          POP H
602: 43BE E5          KSFEU1: PUSH H          ; DIVIDIEREN
603: 43BF D5          PUSH D
604: 43C0 C5          PUSH B
605: 43C1 011EF4      LXI B,KOTABA
606: 43C4 09          DAD B
607: 43C5 6E          MOV L,M
608: 43C6 2600        MVI H,0
609: 43C8 42          MOV B,D
610: 43C9 4B          MOV C,E
611: 43CA 110000      LXI D,0
612: 43CD CD9C48      CALL DIV
613: 43D0 43          MOV B,E
614: 43D1 7A          MOV A,D
615: 43D2 FE00        CPI 00H
616: 43D4 CAD943      JZ KSFEU2
617: 43D7 0600        MVI B,0
618: 43D9 78          KSFEU2: MOV A,B
619: 43DA C1          POP B
620: 43DB D1          POP D
621: 43DC E1          POP H
622: 43DD E5          PUSH H
623: 43DE D5          PUSH D
624: 43DF 111EF4      LXI D,KOTABA
625: 43E2 19          DAD D
626: 43E3 77          MOV M,A
627: 43E4 D1          POP D
628: 43E5 E1          POP H
629: 43E6 EB          XCHG          ; ADDITION
630: 43E7 09          DAD B
631: 43E8 EB          XCHG
632: 43E9 23          INX H
633: 43EA 7D          MOV A,L          ; SCHLEIFE
634: 43EB E67F        ANI 7FH
635: 43ED C2BE43      JNZ KSFEU1
636: 43F0 C9          RET
637: ;
638: ;
639: ;
640: ; K O R B E G
641: ; KOTABA = 00H BIS DFH
642: ;
643: 43F1 211EF4      KORBEG: LXI H,KOTABA
644: 43F4 110004      LXI D,0400H
645: 43F7 7E          KORBE1: MOV A,M
646: 43F8 FEE0        CPI 0E0H
647: 43FA DAFF43      JC KORBE2
648: 43FD 3EDF        MVI A,0DFH
649: 43FF 77          KORBE2: MOV M,A
650: 4400 23          INX H
651: 4401 1B          DCX D
652: 4402 7A          MOV A,D
653: 4403 B3          ORA E
654: 4404 C2F743      JNZ KORBE1
655: 4407 C9          RET
656: ;
657: ;
658: ;
659: ; D A R S T E
660: ; DARSTELLEN DES SPEKTRUMS

```

```

661:
662: 4408 3E06
663: 440A CD9749
664: 440D 210000
665: 4410 3EC8
666: 4412 112003
667: 4415 011000
668: 4418 CD0645
669: 441B F5
670: 441C 7C
671: 441D E606
672: 441F 47
673: 4420 D5
674: 4421 112800
675: 4424 19
676: 4425 D1
677: 4426 7C
678: 4427 E606
679: 4429 B8
680: 442A CA3144
681: 442D F1
682: 442E C6C0
683: 4430 F5
684: 4431 F1
685: 4432 47
686: 4433 7C
687: 4434 FE08
688: 4436 78
689: 4437 C21544
690: 443A 110000
691: 443D 0608
692: 443F 78
693: 4440 C6C0
694: 4442 47
695: 4443 CD4D44
696: 4446 78
697: 4447 FE08
698: 4449 C23F44
699: 444C C9
700:
701: 444D 210000
702: 4450 2215F0
703: 4453 211EF4
704: 4456 19
705: 4457 7E
706: 4458 0F
707: 4459 0F
708: 445A E63F
709: 445C 80
710: 445D 6F
711: 445E 2600
712: 4460 2219F0
713: 4463 13
714: 4464 7A
715: 4465 FE04
716: 4467 C8
717: 4468 211EF4
718: 446B 19
719: 446C 7E
720: 446D 0F
721: 446E 0F
722: 446F E63F
723: 4471 80
724: 4472 6F
725: 4473 2600
726: 4475 2219F0

;
DARSGE: MVI A,06H          ; GESPREIZT
        CALL AUSGA
        LXI H,0000H
        MVI A,0C8H
        LXI D,0320H
DARSGM: LXI B,0010H
        CALL DARSGMA
        PUSH PSW
        MOV A,H
        ANI 06H
        MOV B,A
        PUSH D
        LXI D,0028H
        DAD D
        POP D
        MOV A,H
        ANI 06H
        CMP B
        JZ DARGM1
        POP PSW
        ADI 100H-40H
        PUSH PSW
DARGM1: POP PSW
        MOV B,A
        MOV A,H
        CPI 08H
        MOV A,B
        JNZ DARSGM
        LXI D,0000H
        MVI B,08H
DARSGL: MOV A,B
        ADI 100H-40H
        MOV B,A
        CALL DARSGU
        MOV A,B
        CPI 08H
        JNZ DARSGL
        RET

;
DARSGU: LXI H,0000H
        SHLD X1
        LXI H,KOTABA
        DAD D
        MOV A,M
        RRC
        RRC
        ANI 3FH
        ADD B
        MOV L,A
        MVI H,0
        SHLD Y1
DARGU1: INX D
        MOV A,D
        CPI 04H
        RZ
        LXI H,KOTABA
        DAD D
        MOV A,M
        RRC
        RRC
        ANI 3FH
        ADD B
        MOV L,A
        MVI H,0
        SHLD Y2

```

727:	4478 1D	DCR E	
728:	4479 6B	MOV L,E	
729:	447A 1C	INR E	
730:	447B 2600	MVI H,0	
731:	447D 29	DAD H	
732:	447E 23	INX H	
733:	447F 2217F0	SHLD X2	
734:	4482 C5	PUSH B	
735:	4483 D5	PUSH D	
736:	4484 CD4349	CALL XYPLOT	
737:	4487 D1	POP D	
738:	4488 C1	POP B	
739:	4489 2A17F0	LHLD X2	
740:	448C 2215F0	SHLD X1	
741:	448F 2A1BF0	LHLD Y2	
742:	4492 2219F0	SHLD Y1	
743:	4495 7B	MOV A,E	
744:	4496 FE00	CPI 00H	
745:	4498 C26344	JNZ DARGU1	
746:	449B C9	RET	
747:			
748:	449C 3E06	DARSNU: MVI A,06H	; NORMAL
749:	449E CD9749	CALL AUSGA	
750:	44A1 210000	LXI H,0000H	
751:	44A4 112003	LXI D,0320H	
752:	44A7 3E08	DARSNM: MVI A,08H	
753:	44A9 011000	LXI B,0010H	
754:	44AC CD0645	CALL DARSMA	
755:	44AF 010A00	LXI B,000AH	
756:	44B2 09	DAD B	
757:	44B3 7C	MOV A,H	
758:	44B4 FE02	CPI 02H	
759:	44B6 C2A744	JNZ DARSNM	
760:	44B9 110000	LXI D,0000H	
761:	44BC 210000	LXI H,0000H	
762:	44BF 2215F0	SHLD X1	
763:	44C2 210800	LXI H,0008H	
764:	44C5 2219F0	SHLD Y1	
765:	44C8 62	DARNU1: MOV H,D	
766:	44C9 6B	MOV L,E	
767:	44CA CDDC48	CALL HLRAR	
768:	44CD 2217F0	SHLD X2	
769:	44D0 211EF4	LXI H,KOTABA	
770:	44D3 19	DAD D	
771:	44D4 D5	PUSH D	
772:	44D5 6E	MOV L,M	
773:	44D6 2600	MVI H,0	
774:	44D8 110800	LXI D,0008H	
775:	44DB 19	DAD D	
776:	44DC 221BF0	SHLD Y2	
777:	44DF CD4349	CALL XYPLOT	
778:	44E2 2A17F0	LHLD X2	
779:	44E5 2215F0	SHLD X1	
780:	44E8 2A1BF0	LHLD Y2	
781:	44EB 2219F0	SHLD Y1	
782:	44EE D1	POP D	
783:	44EF 13	INX D	
784:	44F0 7A	MOV A,D	
785:	44F1 FE04	CPI 04H	
786:	44F3 C2C844	JNZ DARNU1	
787:	44F6 C9	RET	
788:			
789:	44F7 3E06	DARGEQ: MVI A,06H	
790:	44F9 CD9749	CALL AUSGA	
791:	44FC 21BC4A	LXI H,TEXGES	
792:	44FE CD9C48	CALL TEXAUS	

793:	4502	CD2648	CALL KURLAN	
794:	4505	C9	RET	
795:			;	
796:			;	
797:	4506	E5	DARSM1: PUSH H	
798:	4507	D5	PUSH D	
799:	4508	C5	PUSH B	
800:	4509	F5	PUSH PSW	
801:	450A	7B	MOV A,E	; LAENGE
802:	450B	FE00	CPI 00H	
803:	450D	CA1B45	JZ DARSM1	
804:	4510	FE50	CPI 50H	
805:	4512	CA2145	JZ DARSM2	
806:	4515	010300	LXI B,0003H	
807:	4518	C32445	JMP DARSM3	
808:			;	
809:	451B	010800	DARSM1: LXI B,0008H	
810:	451E	C32445	JMP DARSM3	
811:			;	
812:	4521	010500	DARSM2: LXI B,0005H	
813:	4524	7C	DARSM3: MOV A,H	; ZEICHNEN
814:	4525	E601	ANI 01H	
815:	4527	67	MOV H,A	
816:	4528	2215F0	SHLD X1	
817:	452B	2217F0	SHLD X2	
818:	452E	F1	POP PSW	
819:	452F	F5	PUSH PSW	
820:	4530	D5	PUSH D	
821:	4531	1600	MVI D,0	
822:	4533	5F	MOV E,A	
823:	4534	69	MOV L,C	
824:	4535	2600	MVI H,0	
825:	4537	CDE548	CALL KOMPFL	
826:	453A	EB	XCHG	
827:	453B	2219F0	SHLD Y1	
828:	453E	E5	PUSH H	
829:	453F	19	DAD D	
830:	4540	221BF0	SHLD Y2	
831:	4543	C5	PUSH B	
832:	4544	CD4349	CALL XYPL0T	
833:	4547	C1	POP B	
834:	4548	79	MOV A,C	
835:	4549	FE03	CPI 03H	
836:	454B	E1	POP H	
837:	454C	D1	POP D	
838:	454D	CA7B45	JZ DARSM1	
839:	4550	01F7FF	LXI B,10000H-9H ; BESCHRIFTEN	
840:	4553	09	DAD B	
841:	4554	7D	MOV A,L	
842:	4555	D36B	OUT LSBY	
843:	4557	7C	MOV A,H	
844:	4558	D36A	OUT MSBY	
845:	455A	3E20	MVI A,20H	
846:	455C	CD9749	CALL AUSGA	
847:	455F	7A	MOV A,D	
848:	4560	E60F	ANI 0FH	
849:	4562	C630	ADI 30H	
850:	4564	CD9749	CALL AUSGA	
851:	4567	7B	MOV A,E	
852:	4568	E6F0	ANI 0F0H	
853:	456A	0F	RRC	
854:	456B	0F	RRC	
855:	456C	0F	RRC	
856:	456D	0F	RRC	
857:	456E	C630	ADI 30H	
858:	4570	CD9749	CALL AUSGA	

```

859: 4573 7B          MOV A,E
860: 4574 E60F        ANI 0FH
861: 4576 C630        ADI 30H
862: 4578 CD9749      CALL AUSGA
863: 457B F1          DARSME: POP PSW
864: 457C C1          POP B
865: 457D D1          POP D
866: 457E E1          POP H
867: 457F F5          PUSH PSW
868: 4580 79          MOV A,C
869: 4581 83          ADD E
870: 4582 27          DAA
871: 4583 5F          MOV E,A
872: 4584 78          MOV A,B
873: 4585 8A          ADC D
874: 4586 27          DAA
875: 4587 57          MOV D,A
876: 4588 F1          POP PSW
877: 4589 C9          RET
878:
879:
880:
881:
882:
883:
884: 458A CDFD48      NEUGEQ: CALL LINOBE
885: 458D 21024B      LXI H,NEUGET
886: 4590 CD8C49      CALL TEXAUS
887: 4593 CD2648      CALL KURLAN
888: 4596 C9          RET
889:
890:
891:
892:
893:
894:
895: 4597 CDFD48      NEULIQ: CALL LINOBE
896: 459A 21424B      LXI H,NEULIT
897: 459D CD8C49      CALL TEXAUS
898: 45A0 CD2648      CALL KURLAN
899: 45A3 C9          RET
900:
901:
902:
903:
904:
905:
906: 45A4 CDFC45      LINFIN: CALL LITLOE
907: 45A7 210100      LXI H,0001H
908: 45AA 110000      LXI D,0000H
909: 45AD E5          LINF11: PUSH H
910: 45AE 011EF4      LXI B,KOTABA
911: 45B1 09          DAD B
912: 45B2 2B          DCX H
913: 45B3 46          MOV B,M
914: 45B4 23          INX H
915: 45B5 7E          MOV A,M
916: 45B6 23          INX H
917: 45B7 4E          MOV C,M
918: 45B8 E1          POP H
919: 45B9 B9          CMP C
920: 45BA DADC45      JC LINF12
921: 45BD B8          CMP B
922: 45BE DADC45      JC LINF12
923: 45C1 CADC45      JZ LINF12
924: 45C4 FE10        CPI GRENZE

```

; N E U G E Q
; NEUE MESSUNG -> NZ GESPREIZT -> Z
;
;
;
;
; N E U L I Q
; NEUE MESSUNG -> NZ LINIENANALYSE -> Z
;
;
;
;
; L I N F I N
; LINIENPOSITION => LITABA (TABELLENPOSITION)
;

```

925: 45C6 DADC45      JC LINF12
926: 45C9 4D          MOV C,L           ; MAXIMUM GEFUNDEN
927: 45CA 44          MOV B,H
928: 45CB 211EF8      LXI H,LITABA
929: 45CE 19          DAD D
930: 45CF 71          MOV M,C
931: 45D0 23          INX H
932: 45D1 70          MOV M,B
933: 45D2 13          INX D
934: 45D3 13          INX D
935: 45D4 7B          MOV A,E
936: 45D5 FE62        CPI 62H
937: 45D7 CAE445      JZ LINFIF
938: 45DA 69          MOV L,C
939: 45DB 60          MOV H,B
940: 45DC 23          LINF12: INX H
941: 45DD 7C          MOV A,H
942: 45DE FE04        CPI 04H
943: 45E0 C2AD45      JNZ LINF11
944: 45E3 C9          RET
945:                ;
946: 45E4 CDFD48      LINFIF: CALL LINOBE
947: 45E7 3EF0        MVI A,0FH
948: 45E9 D36B        OUT LSBY
949: 45EB 21B44B      LXI H,LIFIFT
950: 45EE CD8C49      CALL TEXAUS
951: 45F1 DB84        LIFIF1: IN EINT01
952: 45F3 E602        ANI 02H
953: 45F5 CAF145      JZ LIFIF1
954: 45F8 CD2648      CALL KURLAN
955: 45FB C9          RET
956:                ;
957:                ;
958: 45FC 211EF8      LITLOE: LXI H,LITABA
959: 45FF 0EFF        MVI C,0FFH
960: 4601 3600        LITLO1: MVI M,0
961: 4603 23          INX H
962: 4604 0D          DCR C
963: 4605 C20146      JNZ LITLO1
964: 4608 C9          RET
965:                ;
966:                ;
967:                ;
968:                ; L I N A U S
969:                ; AUSGABE DER GEFUNDENEN LINIEN
970:                ;
971: 4609 211EF8      LINAUS: LXI H,LITABA
972: 460C 5E          LINAU1: MOV E,M
973: 460D 23          INX H
974: 460E 56          MOV D,M
975: 460F 23          INX H
976: 4610 7A          MOV A,D
977: 4611 B3          ORA E
978: 4612 C8          RZ
979: 4613 E5          PUSH H
980: 4614 7A          MOV A,D
981: 4615 07          RLC
982: 4616 07          RLC
983: 4617 07          RLC
984: 4618 07          RLC
985: 4619 07          RLC
986: 461A 07          RLC
987: 461B 47          MOV B,A
988: 461C 3EC0        MVI A,0C0H
989: 461E 90          SUB B
990: 461F 6F          MOV L,A

```

```

991: 4620 2600      MVI H,0
992: 4622 221BF0     SHLD Y2
993: 4625 010C00     LXI B,000CH
994: 4628 09         DAD B
995: 4629 2219F0     SHLD Y1
996: 462C EB         XCHG
997: 462D 2600      MVI H,0
998: 462F 29         DAD H
999: 4630 2215F0     SHLD X1
1000: 4633 2217F0     SHLD X2
1001: 4636 CD4349     CALL XYPLOT
1002: 4639 CD4046     CALL MARK
1003: 463C E1         POP H
1004: 463D C30C46     JMP LINAU1
1005:                  ;
1006: 4640 212E4C     MARK: LXI H,MARKT
1007: 4643 CD8C49     CALL TEXAUS
1008: 4646 C9         RET
1009:                  ;
1010:                  ;
1011:                  ;
1012:                  ; N E U T A Q
1013:                  ; NEUE MESSUNG -> NZ LINIENTABELLE -> Z
1014:                  ;
1015: 4647 CDFD48     NEUTAQ: CALL LINOBE
1016: 464A 217B4B     LXI H,NEUTAT
1017: 464D CD8C49     CALL TEXAUS
1018: 4650 CD2648     CALL KURLAN
1019: 4653 C9         RET
1020:                  ;
1021:                  ;
1022:                  ;
1023:                  ; L I A U T A
1024:                  ; LINIEN IN TABELLE AUSGEBEN
1025:                  ;
1026: 4654 3E06     LIAUTA: MVI A,06H
1027: 4656 CD9749     CALL AUSGA
1028: 4659 3EF0     MVI A,0F0H
1029: 465B D36B     OUT LSBY
1030: 465D 3E78     MVI A,78H
1031: 465F D369     OUT LSBX
1032: 4661 3E22     MVI A,22H
1033: 4663 D363     OUT CSIZE
1034: 4665 21E54B     LXI H,LIAUTT
1035: 4668 CD8C49     CALL TEXAUS
1036: 466B 3E11     MVI A,11H
1037: 466D D363     OUT CSIZE
1038: 466F 210000     LXI H,0
1039: 4672 2200F0     SHLD SENPOS
1040: 4675 3E00     MVI A,00H
1041: 4677 D368     OUT MSBX
1042: 4679 CD8D46     CALL LIAUHU
1043: 467C FE00     CPI 00H
1044: 467E C8         RZ
1045: 467F 3E01     MVI A,01H
1046: 4681 D368     OUT MSBX
1047: 4683 CD8D46     CALL LIAUHU
1048: 4686 21FFFF     LXI H,0FFFFH
1049: 4689 CD6448     CALL HLVERZ
1050: 468C C9         RET
1051:                  ;
1052: 468D 3E00     LIAUHU: MVI A,0
1053: 468F 226A00     SHLD MSBY
1054: 4692 3EE0     MVI A,0E0H
1055: 4694 D36B     OUT LSBY
1056: 4696 3E18     MVI A,18H

```

1057:	4698 D369	OUT LSBX
1058:	469A 21154C	LXI H,WELLAT
1059:	469D CD8C49	CALL TEXAUS
1060:	46A0 3EAE	MVI A,0AEH
1061:	46A2 D369	OUT LSBX
1062:	46A4 21224C	LXI H,INTENT
1063:	46A7 CD8C49	CALL TEXAUS
1064:	46AA 3ED8	MVI A,0D8H
1065:	46AC D36B	OUT LSBY
1066:	46AE 3ECE	MVI A,0CEH
1067:	46B0 D369	OUT LSBX
1068:	46B2 3E25	MVI A,'%'
1069:	46B4 CD9749	CALL AUSGA
1070:	46B7 3E38	MVI A,38H
1071:	46B9 D369	OUT LSBX
1072:	46BB 3E4E	MVI A,'N'
1073:	46BD CD9749	CALL AUSGA
1074:	46C0 3E4D	MVI A,'M'
1075:	46C2 CD9749	CALL AUSGA
1076:	46C5 1EC8	MVI E,0C8H
1077:	46C7 2A00F0	LIAUT1: LHLD SENPOS
1078:	46CA 011EF8	LXI B,LITABA
1079:	46CD 09	DAD B
1080:	46CE 4E	MOV C,M
1081:	46CF 23	INX H
1082:	46D0 66	MOV H,M
1083:	46D1 69	MOV L,C
1084:	46D2 7C	MOV A,H
1085:	46D3 B5	ORA L
1086:	46D4 3E00	MVI A,0
1087:	46D6 C8	RZ
1088:	46D7 E5	PUSH H
1089:	46D8 011EF4	LXI B,KOTABA
1090:	46DB 09	DAD B
1091:	46DC 4E	MOV C,M
1092:	46DD E1	POP H
1093:	46DE D5	PUSH D
1094:	46DF CDF746	CALL LIAUTU
1095:	46E2 D1	POP D
1096:	46E3 2A00F0	LHLD SENPOS
1097:	46E6 23	INX H
1098:	46E7 23	INX H
1099:	46E8 2200F0	SHLD SENPOS
1100:	46EB 7B	MOV A,E
1101:	46EC DE08	SBI 08H
1102:	46EE 5F	MOV E,A
1103:	46EF FE08	CPI 08H
1104:	46F1 3EFF	MVI A,0FFH
1105:	46F3 C8	RZ
1106:	46F4 C3C746	JMP LIAUT1
1107:		
1108:	46F7 E5	; LIAUTU: PUSH H
1109:	46F8 7B	MOV A,E
1110:	46F9 D36B	OUT LSBY
1111:	46FB 3E38	MVI A,38H
1112:	46FD D369	OUT LSBX
1113:	46FF E1	POP H
1114:	4700 C5	PUSH B
1115:	4701 CDDC48	CALL HLRAR
1116:	4704 014001	LXI B,0140H
1117:	4707 09	DAD B
1118:	4708 CD0749	CALL HEXDEZ
1119:	470B 3ECE	MVI A,0CEH
1120:	470D D369	OUT LSBX
1121:	470F C1	POP B
1122:	4710 69	MOV L,C

```

1123: 4711 2600          MVI H,0
1124: 4713 CDDC48        CALL HLRAR
1125: 4716 CD0749        CALL HEXDEZ
1126: 4719 C9             RET
1127:                      ;
1128:                      ;
1129:                      ;
1130:                      ; N E U M E Q
1131:                      ; NEUE MESSUNG: TASTE DRUECKEN
1132:                      ;
1133: 471A 3E05          NEUMEQ: MVI A,05H
1134: 471C CD9749        CALL AUSGA
1135: 471F 21F84B        LXI H,NEUMET
1136: 4722 CD8C49        CALL TEXAUS
1137: 4725 CD2648        CALL KURLAN
1138: 4728 C9             RET
1139:                      ;
1140:                      ;
1141:                      ;
1142:                      ;
1143:                      ;
1144:                      ; *****
1145:                      ; *                                           *
1146:                      ; *           P R O G R A M M E           *
1147:                      ; *           Z U M   B E W E G E N       *
1148:                      ; *           D E S   S E N S O R S       *
1149:                      ; *                                           *
1150:                      ; *****
1151:                      ;
1152:                      ;
1153:                      ;
1154:                      ; S E N B E P
1155:                      ; BEWEGEN DES SENSORS UM EINEN SCHRITT (POSITIV)
1156:                      ;
1157: 4729 3A14F0        SENBEP: LDA SMPOS
1158: 472C 3C             INR A
1159: 472D E603          ANI 03H
1160: 472F 3214F0        STA SMPOS
1161: 4732 CD4E47        CALL SENBEA
1162: 4735 C9             RET
1163:                      ;
1164:                      ;
1165:                      ; S E N B E N
1166:                      ; BEWEGEN DES SENSORS UM EINEN SCHRITT (NEGATIV)
1167:                      ;
1168: 4736 3A14F0        SENBEN: LDA SMPOS
1169: 4739 3D             DCR A
1170: 473A E603          ANI 03H
1171: 473C 3214F0        STA SMPOS
1172: 473F CD4E47        CALL SENBEA
1173: 4742 C9             RET
1174:                      ;
1175:                      ;
1176:                      ; S E N S T P
1177:                      ; STOPPEN DES SCHRITTMOTORS
1178:                      ;
1179: 4743 3E00          SENSTP: MVI A,0
1180: 4745 D385          OUT AUST02
1181: 4747 21A00E        LXI H,0EA0H      ; 30 MS
1182: 474A CD6448        CALL HLVERZ
1183: 474D C9             RET
1184:                      ;
1185:                      ;
1186:                      ; S E N B E A
1187:                      ; AUSGABE AN DEN SCHRITTMOTOR
1188:                      ;

```

```

1189: 474E 3A14F0      SENBEA: LDA SMP0S
1190: 4751 5F            MOV E,A
1191: 4752 1600          MVI D,0
1192: 4754 21AA49        LXI H,SMTAB
1193: 4757 19            DAD D
1194: 4758 7E            MOV A,M
1195: 4759 D385          OUT AUST02
1196: 475B C9            RET
1197: ;
1198: ;
1199: ;
1200: ;                *****
1201: ;                *                                           *
1202: ;                *           P R O G R A M M E           *
1203: ;                *       Z U R   A B F R A G E       *
1204: ;                *       D E S   S E N S O R S       *
1205: ;                *                                           *
1206: ;                *****
1207: ;
1208: ;
1209: ;
1210: ; L S E I N I
1211: ; INIT ADCOFF (FUER LUXSEN)
1212: ;
1213: 475C 3E00      LSEINI: MVI A,0
1214: 475E 320EF0    STA AKANAL
1215: 4761 CDDC47    CALL ADCIN
1216: 4764 2A06F0    LHLD ADZAHN
1217: 4767 220CF0    SHLD ADCOFF
1218: 476A C9        RET
1219: ;
1220: ;
1221: ; A D C I N K
1222: ; SENSORSTROM
1223: ; (VERST;ADCOFF)
1224: ;
1225: 476B 3E01      ADCINK: MVI A,01H
1226: 476D 320EF0    STA AKANAL
1227: 4770 3A0FF0    LDA VERST
1228: 4773 E607      ANI 07H
1229: 4775 47        MOV B,A
1230: 4776 3A12F0    LDA TOR
1231: 4779 E6F8      ANI 0F8H
1232: 477B B0        ORA B
1233: 477C 3212F0    STA TOR
1234: 477F D384      OUT AUST01
1235: 4781 CDDC47    CALL ADCIN
1236: 4784 2A0CF0    LHLD ADCOFF
1237: 4787 CDE548    CALL KOMPFL
1238: 478A EB        XCHG
1239: 478B 2A06F0    LHLD ADZAHN
1240: 478E 19        DAD D
1241: 478F DA9547    JC ADCIK1
1242: 4792 210000    LXI H,0000
1243: 4795 2204F0    ADCIK1: SHLD ADWERT
1244: 4798 7C        MOV A,H
1245: 4799 FE00      CPI 00H
1246: 479B C8        RZ
1247: 479C 21FF00    LXI H,00FFH
1248: 479F 2204F0    SHLD ADWERT
1249: 47A2 C9        RET
1250: ;
1251: ;
1252: ; S R E S E T
1253: ; SPITZENWERT ZURUCKSETZEN
1254: ;

```

```

1255: 47A3 3A12F0      SRESET: LDA TOR
1256: 47A6 F680        ORI 80H
1257: 47A8 3212F0      STA TOR
1258: 47AB D384        OUT AUST01
1259: 47AD 210C00      LXI H,000CH      ; .1 MS
1260: 47B0 CD6448      CALL HLVERZ
1261: 47B3 3A12F0      LDA TOR
1262: 47B6 E67F        ANI 7FH
1263: 47B8 3212F0      STA TOR
1264: 47BB D384        OUT AUST01
1265: 47BD 213200      LXI H,0032H      ; .4 MS
1266: 47C0 CD6448      CALL HLVERZ
1267: 47C3 C9          RET
1268:                   ;
1269:                   ;
1270:                   ; V E R A U S
1271:                   ; AUSGABE VON VERST
1272:                   ;
1273: 47C4 3A0FF0      VERAUS: LDA VERST
1274: 47C7 E607        ANI 07H
1275: 47C9 47          MOV B,A
1276: 47CA 3A12F0      LDA TOR
1277: 47CD E6F8        ANI 0F8H
1278: 47CF B0          ORA B
1279: 47D0 3212F0      STA TOR
1280: 47D3 D384        OUT AUST01
1281: 47D5 218001      LXI H,0180H      ; 3 MS
1282: 47D8 CD6448      CALL HLVERZ
1283: 47DB C9          RET
1284:                   ;
1285:                   ;
1286:                   ; A D C I N
1287:                   ; ADC ABFRAGE
1288:                   ; AKANAL(KANAL) -> ADZAHL(ERG.)
1289:                   ;
1290: 47DC 3A0EF0      ADCIN:  LDA AKANAL
1291: 47DF E607        ANI 07H
1292: 47E1 07          RLC
1293: 47E2 07          RLC
1294: 47E3 07          RLC
1295: 47E4 47          MOV B,A
1296: 47E5 3A12F0      LDA TOR
1297: 47E8 E687        ANI 87H
1298: 47EA B0          ORA B
1299: 47EB 3212F0      STA TOR
1300: 47EE D384        OUT AUST01
1301: 47F0 3E7F        MVI A,07FH
1302: 47F2 3D          ADCIN1: DCR A
1303: 47F3 C2F247      JNZ ADCIN1
1304: 47F6 3A12F0      LDA TOR
1305: 47F9 E687        ANI 87H
1306: 47FB F640        ORI 40H
1307: 47FD 3213F0      STA ALT
1308: 4800 D384        OUT AUST01
1309: 4802 210000      LXI H,0
1310: 4805 23          ADCIN2: INX H
1311: 4806 DB84        IN EINT01
1312: 4808 E680        ANI 80H
1313: 480A C20548      JNZ ADCIN2
1314: 480D 2206F0      SHLD ADZAHL
1315: 4810 CDE548      CALL KOMPHL
1316: 4813 112001      LXI D,0120H
1317: 4816 19          DAD D
1318: 4817 DA1D48      JC ADCIN3
1319: 481A 210100      LXI H,0001H
1320: 481D 2B          ADCIN3: DCX H

```

```

1321: 481E 7C          MOV A,H
1322: 481F B5          ORA L
1323: 4820 00          NOP
1324: 4821 00          NOP
1325: 4822 C21D48      JNZ ADCIN3
1326: 4825 C9          RET
1327: ;
1328: ;
1329: ;
1330: ;          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1331: ;          X
1332: ;          X          A L L G E M E I N E
1333: ;          X
1334: ;          X          U N T E R P R O G R A M M E
1335: ;          X
1336: ;          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1337: ;
1338: ;
1339: ;
1340: ;
1341: ; K U R L A N
1342: ; <A> GEDRUECKT -> NZ   <B> GEDRUECKT -> Z
1343: ;
1344: 4826 CD5B48      KURLAN: CALL HARDCQ
1345: 4829 DB84        IN EINT01
1346: 482B E603        ANI 03H
1347: 482D FE03        CPI 03H
1348: 482F C22648      JNZ KURLAN
1349: 4832 21000A      LXI H,0A00H      ; 20 MS
1350: 4835 CD6448      CALL HLVERZ
1351: 4838 CD5B48      KURLA1: CALL HARDCQ
1352: 483B DB84        IN EINT01
1353: 483D E603        ANI 03H
1354: 483F FE03        CPI 03H
1355: 4841 CA3848      JZ KURLA1
1356: 4844 47          MOV B,A
1357: 4845 21000A      LXI H,0A00H
1358: 4848 CD6448      CALL HLVERZ
1359: 484B CD5B48      KURLA2: CALL HARDCQ
1360: 484E DB84        IN EINT01
1361: 4850 E603        ANI 03H
1362: 4852 FE03        CPI 03H
1363: 4854 C24B48      JNZ KURLA2
1364: 4857 78          MOV A,B
1365: 4858 E601        ANI 01H
1366: 485A C9          RET
1367: ;
1368: ;
1369: ;
1370: ; H A R D C Q
1371: ; HARDCOPY WENN TASTE GEDRUECKT
1372: ;
1373: 485B DB84      HARDCQ: IN EINT01
1374: 485D E640      ANI 40H
1375: 485F C0        RNZ
1376: 4860 CDA600     CALL HARDCQ
1377: 4863 C9        RET
1378: ;
1379: ;
1380: ; H L V E R Z
1381: ; VERZOEGERUNG   DAUER: (HL)*8US
1382: ;
1383: 4864 2B      HLVERZ: DCX H
1384: 4865 7C      MOV A,H
1385: 4866 B5      ORA L
1386: 4867 C26448  JNZ HLVERZ

```

```

1387: 486A C9          RET
1388:
1389:
1390: ; M U L T
1391: ; MULTIPLIKATION DE * BC = DEHL (0,35 MS)
1392:
1393: 486B 7B      MULT:  MOV A,E
1394: 486C D5      PUSH D
1395: 486D CD8648  CALL BMULT
1396: 4870 E3      XTHL
1397: 4871 F5      PUSH PSW
1398: 4872 7C      MOV A,H
1399: 4873 CD8648  CALL BMULT
1400: 4876 57      MOV D,A
1401: 4877 F1      POP PSW
1402: 4878 84      ADD H
1403: 4879 5F      MOV E,A
1404: 487A D27E48  JNC NC1M
1405: 487D 14      INR D
1406: 487E 65      NC1M:  MOV H,L
1407: 487F 2E00    MVI L,0
1408: 4881 C1      POP B
1409: 4882 09      DAD B
1410: 4883 D0      RNC
1411: 4884 13      INX D
1412: 4885 C9      RET
1413:
1414:
1415: ; B M U L T
1416: ; MULTIPLIKATION A * BC = AHL (0,15 MS)
1417:
1418: 4886 210000  BMULT:  LXI H,0
1419: 4889 110700  LXI D,7
1420: 488C 87      ADD A
1421: 488D D29248  LOOPM:  JNC ZEROM
1422: 4890 09      DAD B
1423: 4891 8A      ADC D
1424: 4892 29      ZEROM:  DAD H
1425: 4893 8F      ADC A
1426: 4894 1D      DCR E
1427: 4895 C28D48  JNZ LOOPM
1428: 4898 D0      RNC
1429: 4899 09      DAD B
1430: 489A 8A      ADC D
1431: 489B C9      RET
1432:
1433:
1434: ; D I V
1435: ; DIVISION HLDE : BC = DE REST HL
1436: ; BEI UEBERLAUF CY = 0 (0,6 MS)
1437:
1438: 489C 7D      DIV:  MOV A,L
1439: 489D 91      SUB C
1440: 489E 7C      MOV A,H
1441: 489F 98      SBB B
1442: 48A0 D0      RNC ; CY = 0
1443: 48A1 78      MOV A,B
1444: 48A2 2F      CMA
1445: 48A3 47      MOV B,A
1446: 48A4 79      MOV A,C
1447: 48A5 2F      CMA
1448: 48A6 4F      MOV C,A
1449: 48A7 03      INX B ; ZEIERKOMPLEMENT BC
1450: 48A8 CDAB48  CALL LOOPD
1451:
1452: 48AB 7A      LOOPD: MOV A,D ; 3 BYTE : 2 BYTE

```

```

1453: 48AC 53          MOV D,E
1454: 48AD 1E08         MVI E,8
1455: 48AF 29          LOOPDD: DAD H
1456: 48B0 DACF48       JC OVERD          ; AUSSTIEG
1457: 48B3 87          ADD A
1458: 48B4 D2B848       JNC SUBD
1459: 48B7 23          INX H
1460: 48B8 E5          SUBD:  PUSH H
1461: 48B9 09          DAD B
1462: 48BA DAC548       JC OKD            ; AUSSTIEG
1463: 48BD E1          POP H
1464: 48BE 1D          DCR E
1465: 48BF C2AF48       JNZ LOOPDD
1466: 48C2 5F          MOV E,A
1467: 48C3 37          STC
1468: 48C4 C9          RET
1469:                  ;
1470: 48C5 33          OKD:   INX SP
1471: 48C6 33          INX SP
1472: 48C7 3C          INR A
1473: 48C8 1D          DCR E
1474: 48C9 C2AF48       JNZ LOOPDD
1475: 48CC 5F          MOV E,A
1476: 48CD 37          STC
1477: 48CE C9          RET
1478:                  ;
1479: 48CF 8F          OVERD: ADC A
1480: 48D0 D2D448       JNC OVERSD
1481: 48D3 23          INX H
1482: 48D4 09          OVERSD: DAD B
1483: 48D5 1D          DCR E
1484: 48D6 C2AF48       JNZ LOOPDD
1485: 48D9 5F          MOV E,A
1486: 48DA 37          STC
1487: 48DB C9          RET
1488:                  ;
1489:                  ;
1490:                  ; H L R A R
1491:                  ; HL UM 1 BIT RECHTS SCHIEBEN(<HL>/2=>HL)
1492:                  ;
1493: 48DC 37          HLRAR: STC
1494: 48DD 3F          CMC
1495: 48DE 7C          MOV A,H
1496: 48DF 1F          RAR
1497: 48E0 67          MOV H,A
1498: 48E1 7D          MOV A,L
1499: 48E2 1F          RAR
1500: 48E3 6F          MOV L,A
1501: 48E4 C9          RET
1502:                  ;
1503:                  ;
1504:                  ; K O M P H L
1505:                  ; ZWEIERKOMPLRMENT VON HL
1506:                  ;
1507: 48E5 7C          KOMPHL: MOV A,H
1508: 48E6 2F          CMA
1509: 48E7 67          MOV H,A
1510: 48E8 7D          MOV A,L
1511: 48E9 2F          CMA
1512: 48EA 6F          MOV L,A
1513: 48EB 23          INX H
1514: 48EC C9          RET
1515:                  ;
1516:                  ;
1517:                  ; H L A B S
1518:                  ; ABSOLUTWERT VON HL

```

```

1519:
1520: 48ED 7C      HLABS: MOV A,H
1521: 48EE E680    ANI 80H
1522: 48F0 C8      RZ
1523: 48F1 CDE548  CALL KOMP HL
1524: 48F4 C9      RET
1525:
1526:
1527:      ; K O M P A
1528:      ; ZWEIERKOMPLEMENT VON A
1529:
1530: 48F5 2F      KOMPA: CMA
1531: 48F6 3C      INR A
1532: 48F7 C9      RET
1533:
1534:
1535:      ; H L G R D E
1536:      ; CY = 1 BEI HL > DE
1537:
1538: 48F8 7B      HLG RDE: MOV A,E
1539: 48F9 95      SUB L
1540: 48FA 7A      MOV A,D
1541: 48FB 9C      SBB H
1542: 48FC C9      RET
1543:
1544:
1545:      ;
1546:      ; *****
1547:      ; *                                *
1548:      ; *          G R A F I K          *
1549:      ; *                                *
1550:      ; *          U N T E R P R O G R A M M E          *
1551:      ; *                                *
1552:      ; *****
1553:
1554:
1555:
1556:      ; L I N O B E
1557:      ; KURSOR LINKS OBEN
1558:
1559: 48FD 3E05    LINOBE: MVI A,05H
1560: 48FF CD9749  CALL AUSGA
1561: 4902 3EF8    MVI A,0FH
1562: 4904 D36B    OUT LSBY
1563: 4906 C9      RET
1564:
1565:
1566:
1567:      ; H E X D E Z
1568:      ; (HL) => GDP DEZIMAL 0-999
1569:
1570: 4907 3E20    HEXDEZ: MVI A,20H
1571: 4909 321DF0  STA VORLNU
1572: 490C 019CFF  LXI B,10000H-100D
1573: 490F CD1F49  CALL HEXDE1
1574: 4912 01F6FF  LXI B,10000H-10D
1575: 4915 CD1F49  CALL HEXDE1
1576: 4918 7D      MOV A,L
1577: 4919 C630    ADI 30H
1578: 491B CD9749  CALL AUSGA
1579: 491E C9      RET
1580:
1581: 491F 3E00    HEXDE1: MVI A,0
1582: 4921 5D      HEXDE2: MOV E,L
1583: 4922 54      MOV D,H
1584: 4923 3C      INR A

```

1585:	4924 09	DAD B
1586:	4925 DA2149	JC HEXDE2
1587:	4928 3D	DCR A
1588:	4929 6B	MOV L,E
1589:	492A 62	MOV H,D
1590:	492B C630	ADI 30H
1591:	492D FE30	CPI 30H
1592:	492F C23C49	JNZ HEXDE3
1593:	4932 47	MOV B,A
1594:	4933 3A1DF0	LDA VORLNU
1595:	4936 FE20	CPI 20H
1596:	4938 CA3C49	JZ HEXDE3
1597:	493B 78	MOV A,B
1598:	493C 321DF0	HEXDE3: STA VORLNU
1599:	493F CD9749	CALL AUSGA
1600:	4942 C9	RET
1601:		;
1602:		;
1603:		;
1604:		; X Y P L O T
1605:		; LINIE VON X1/Y1 NACH X2/Y2
1606:		;
1607:	4943 2A15F0	XYPLOT: LHLD X1
1608:	4946 7C	MOV A,H
1609:	4947 D368	OUT MSBX
1610:	4949 7D	MOV A,L
1611:	494A D369	OUT LSBX
1612:	494C 2A19F0	LHLD Y1
1613:	494F 7C	MOV A,H
1614:	4950 D36A	OUT MSBY
1615:	4952 7D	MOV A,L
1616:	4953 D36B	OUT LSBY
1617:	4955 2A15F0	LHLD X1
1618:	4958 CDE548	CALL KOMPFL
1619:	495B EB	XCHG
1620:	495C 2A17F0	LHLD X2
1621:	495F 19	DAD D
1622:	4960 4C	MOV C,H
1623:	4961 CDED48	CALL HLABS
1624:	4964 7D	MOV A,L
1625:	4965 D365	OUT DELTAX
1626:	4967 2A19F0	LHLD Y1
1627:	496A CDE548	CALL KOMPFL
1628:	496D EB	XCHG
1629:	496E 2A1BF0	LHLD Y2
1630:	4971 19	DAD D
1631:	4972 44	MOV B,H
1632:	4973 CDED48	CALL HLABS
1633:	4976 7D	MOV A,L
1634:	4977 D367	OUT DELTAY
1635:	4979 79	MOV A,C
1636:	497A E680	ANI 80H
1637:	497C 07	RLC
1638:	497D 07	RLC
1639:	497E 4F	MOV C,A
1640:	497F 78	MOV A,B
1641:	4980 E680	ANI 80H
1642:	4982 07	RLC
1643:	4983 07	RLC
1644:	4984 07	RLC
1645:	4985 B1	ORA C
1646:	4986 F611	ORI 11H
1647:	4988 CD9749	CALL AUSGA
1648:	498B C9	RET
1649:		;
1650:		;

```

1651: ;
1652: ; T E X A U S
1653: ; AUSGABE DES TEXTES AB (HL) BIS 'S'
1654: ;
1655: 498C 7E      TEXAUS: MOV A,M
1656: 498D FE40    CPI 'S'
1657: 498F C8      RZ
1658: 4990 CD9749  CALL AUSGA
1659: 4993 23      INX H
1660: 4994 C38C49  JMP TEXAUS
1661: ;
1662: ;
1663: ;
1664: ; A U S G A
1665: ; AUSGABE VON (A) AUF 60H MIT BUSY-ABFRAGE
1666: ;
1667: 4997 47      AUSGA: MOV B,A
1668: 4998 DB60    AUSGA1: IN STATUS
1669: 499A E604    ANI 04H
1670: 499C CA9849  JZ AUSGA1
1671: 499F 78      MOV A,B
1672: 49A0 D360    OUT CMD
1673: 49A2 DB60    AUSGA2: IN STATUS
1674: 49A4 E604    ANI 04H
1675: 49A6 CAA249  JZ AUSGA2
1676: 49A9 C9      RET
1677: ;
1678: ;
1679: ;
1680: ; *****
1681: ; * * * * *
1682: ; *          K O N S T A N T E N          *
1683: ; * * * * *
1684: ; *****
1685: ;
1686: ;
1687: 49AA 0A060509 SMTAB: DB 0AH,06H,05H,09H
1688: ;
1689: 49AE 0032000A005PWTAB: DW 3200H,0A00H,0500H,0100H
1690: ;
1691: 49B6 02006E00DEKOLITA: DW 0002H,006EH,00DEH,0158H,01D2H,0252H,02DAH
1692: 49C4 6403EE03    DW 0364H,03EEH
1693: ;
1694: 49C8 34485E77AAKOFATA: DB 34H,48H,5EH,77H,0AAH,0EEH,0FFH,0E9H,90H
1695: ;
1696: 49D1 5354415254TEXMES: DB 'START MESSUNG: TASTE DRUECKENS'
1697: 49EF 2020202020TEXFAR: DB '          VIOLETT          BLAU          GRUEN'
1698: 4A13 2020202047    DB '          GELB          ORANGE          ROTs'
1699: 4A39 532045204ETEXSDA: DB 'S E N S O R D A T E N s'
1700: 4A4F 3C413E2044TEXMWI: DB '<A> DRUECKEN: KORRIGIERTE DARSTELLUNG'
1701: 4A78 3C423E2044    DB '<B> DRUECKEN: MESSUNG WIEDERHOLENS'
1702: 4A9A 4249545445TEXBIW: DB 'BITTE WARTEN:  MESSWERTKORREKTURS'
1703: 4ABC 3C413E2044TEXGES: DB '<A> DRUECKEN: NORMAL DARSTELLEN'
1704: 4ADF 3C423E2044    DB '<B> DRUECKEN: GESPREIZT DARSTELLENS'
1705: 4B02 3C413E2044NEUGET: DB '<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG'
1706: 4B1F 3C423E2044    DB '<B> DRUECKEN: GESPREIZT DARSTELLENS'
1707: 4B42 3C413E2044NEULIT: DB '<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG'
1708: 4B5F 3C423E2044    DB '<B> DRUECKEN: LINIENANALYSES'
1709: 4B7B 3C413E2044NEUTAT: DB '<A> DRUECKEN: NEUE MESSUNG'
1710: 4B98 3C423E2044    DB '<B> DRUECKEN: LINIENTABELLES'
1711: 4BB4 4553205349LIFIFT: DB 'ES SIND MEHR ALS 48 LINIEN VORHANDEN !'
1712: 4BDA 2020202854    DB ' (TASTE) s'
1713: 4BE5 414E414C59LIAUTT: DB 'ANALYSIERTE LINIENS'
1714: 4BF8 4E45554520NEUMET: DB 'NEUE MESSUNG: TASTE DRUECKENS'
1715: 4C15 57454C4C45WELLAT: DB 'WELLENLAENGES'
1716: 4C22 494E54454EINTENT: DB 'INTENSITAETS'

```

```

1717: 4C2E D6D1D5D640MARKT: DB 0D6H,0D1H,0D5H,0D6H,40H
1718: ;
1719: ;
1720: 4C33 ZZZZZP: DS 0 ; LAENGE DES PROGRAMMES
1721: ;
1722: ;
1723: ; XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1724: ; * * * * *
1725: ; * V A R I A B E L E N *
1726: ; * * * * *
1727: ; XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1728: ;
1729: F000 ORG 0F000H
1730: ;
1731: ;
1732: F000 SENPOS: DS 2
1733: F002 MAXLUX: DS 2
1734: F004 ADWERT: DS 2
1735: F006 ADZAH: DS 2
1736: F008 LUXWER: DS 2
1737: F00A ADDUNK: DS 2
1738: F00C ADCOFF: DS 2
1739: F00E AKANAL: DS 1
1740: F00F VERST: DS 1
1741: F010 KORFAK: DS 2
1742: F012 TOR: DS 1
1743: F013 ALT: DS 1
1744: F014 SMPOS: DS 1
1745: F015 X1: DS 2
1746: F017 X2: DS 2
1747: F019 Y1: DS 2
1748: F01B Y2: DS 2
1749: F01D VORLNU: DS 1
1750: ;
1751: F01E MWTABA: DS 0400H
1752: F41E KOTABA: DS 0400H
1753: ;
1754: F81E LITABA: DS 61H
1755: ;
1756: ;
1757: F87F ZZZZZV: DS 0 ; ENDE DER VARIABLEN
1758: ;
1759: ;
1760: ; XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1761: ; * * * * *
1762: ; * E Q U I S *
1763: ; * * * * *
1764: ; XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1765: ;
1766: ;
1767: 0010 = GRENZE EQU 10H
1768: ;
1769: 00A3 = NECINI EQU 00A3H
1770: 00A6 = HARDCO EQU 00A6H
1771: ;
1772: 0084 = AUST01 EQU 0084H
1773: 0085 = AUST02 EQU 0085H
1774: 0084 = EINT01 EQU 0084H
1775: 0085 = EINT02 EQU 0085H
1776: ;
1777: 00D0 = ADZMAX EQU 00D0H
1778: ;
1779: 00F4 = VERSMA EQU 00F4H
1780: 0038 = VERSMI EQU 0038H
1781: ;
1782: 0060 = CMD EQU 60H

```

1783:	0060 =	STATUS	EQU	60H
1784:	0061 =	CRTL1	EQU	61H
1785:	0063 =	CSIZE	EQU	63H
1786:	0065 =	DELTAX	EQU	65H
1787:	0067 =	DELTAY	EQU	67H
1788:	0068 =	MSBX	EQU	68H
1789:	0069 =	LSBX	EQU	69H
1790:	006A =	MSBY	EQU	6AH
1791:	006B =	LSBY	EQU	6BH
1792:		;		
1793:		;		
1794:		;		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1795:		;		X
1796:		;		X ENDE DER PROGRAMME X
1797:		;		X
1798:		;		XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1799:		;		
1800:		;		
1801:		;		
1802:	F87F		END	
1803:				