

ERFASSUNG UND BERECHNUNG DER GASCHROMATOGRAPHISCH
BESTIMMTEN BLUTALKOHOLKONZENTRATION DURCH DIE
EDV-ANLAGE MINCAL 523

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu
BONN

vorgelegt von
HEINZ-DIETER WEHNER
aus
JENA

BONN 1975



Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. H. Elbel
2. Gutachter: Prof. Dr. med. G. Oberhoffer

Aus dem Institut für Gerichtliche Medizin
der Universität Bonn
Direktor: Prof. Dr. med. H. Elbel

Meiner Mutter

Inhalt

Einleitung	7
1. Einordnung der Computerorganisation in den Ablauf des Analysenvorganges	10
2. Elektrischer Anschluß des Gaschromatographen Multifrakt F 40 an die Meßkanäle des MINCAL 523	13
3. Der Meßvorgang	15
4. Rechenroutine, Druckroutine	23
4.1 E1 Ausdrucken der Überschrift	28
4.2 E2 Bestimmung des Eichfaktors	29
4.3 E3 Kontrolle des Eichfaktors	38
4.4 E4 Berechnung der Blutalkoholproben	42
4.5 Nachtrag über E5	46
5. Organisatorischer Teil des Programms	48
5.1 A1 Laden der Ausgangsdaten	49
5.2 A2 Eingabe der maximalen Probenzahl, der Eichkonzentrationen und der Kontroll- konzentration	54
5.3 A3 Eingabe der Tagebuchnummer, des Datums, der Polizeinummer und des Namens	56
6. Beschreibung der Unterprogramme	60
6.01 TX1 Textausgabe	61
6.02 TX3 Textausgabe	61
6.03 TX4 Textausgabe	62
6.04 TX5 Textausgabe	62
6.05 TX6 Textausgabe	63
6.06 TX7 Textausgabe	63
6.07 TX8 Textausgabe	64
6.08 TX9 Textausgabe	65
6.09 F01 Ausgabe im Format DDD	66
6.10 F02 Ausgabe im Format DDD	66

6.11 F04 Ausgabe im Format DD	67
6.12 F05 Ausgabe im Format DDDD	67
6.13 CRL Curriage Return, Linefeed	68
6.14 BL Ausgabe eines "Blanks"	68
6.15 BEL Klingelzeichen	68
6.16 NUL Null setzen	69
7. Der Kernspeicherinhalt	70
8. Zusammenfassung	72
9. Literaturverzeichnis	73

Einleitung

Im Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Bonn wird die Alkoholkonzentration der eingehenden Blutproben nach 2 Verfahren gemessen:

1. nach dem Widmarkschen Verfahren (1)
2. nach dem von Machata (2) ausgearbeiteten gaschromatographischen Verfahren.

Die Gaschromatographie wird mit dem automatisch arbeitenden Multifrakt F 40 der Firma Perkin Elmer & Co. GmbH durchgeführt (3), (4).

Als Vergleichssubstanz wird bei der gaschromatographischen Methode tert.-Butanol benutzt. Ist in einer Blutprobe Äthylalkohol enthalten, so entstehen 2 Spannungspeaks, die durch einen Kompensationsschreiber registriert werden, wobei der 1. Peak durch das tert.-Butanol und der 2. Peak durch den Äthylalkohol verursacht werden (s. Abb. 1).

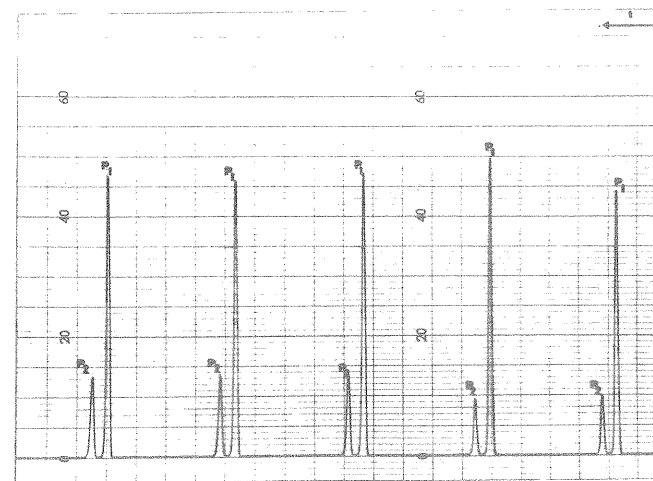


Abb. 1 Analysenpeaks des GC Multifrakt F 40

Selbstverständlich haben die Peaks einen festen zeitlichen Abstand voneinander. Die Alkoholkonzentration c ist dem Verhältnis der Maximalwerte proportional:

$$c \sim \frac{P_2}{P_1} \quad (0.01)$$

Es ist üblich, jede Alkoholkonzentration einer gemessenen Ausgangssubstanz (Serum, Plasma usw.) unter Berücksichtigung des verschiedenen Wassergehaltes in eine Blutkonzentration umzurechnen (5,6). Da bei der Gaschromatographie aus dem Dampfraum entnommen wird, müssen außerdem die hier herrschenden einzelnen Partialdrucke berücksichtigt werden. Als experimentell ermittelte Umrechnungsfaktoren gibt die Firma Perkin Elmer & Co. GmbH folgende Werte (s. Tab. 1) an:

<u>Material</u>	<u>Umrechnungsfaktor</u>
Serum	1,26
Plasma	1,17
Vollblut	1,08

Tab. 1 Umrechnungsfaktoren für die verschiedenen Ausgangssubstanzen

Damit ergibt sich für die Blutalkoholkonzentration c_B die Proportionalität:

$$c_B \sim \frac{1}{Q} \cdot \frac{P_2}{P_1}, \quad (0.02)$$

welche durch eine durch Eichung festgelegte Proportionalitätskonstante F in die Berechnungsformel :

$$c_B = F \cdot \frac{1}{Q} \cdot \frac{P_2}{P_1} \quad (0.03)$$

überführt wird.

Zwar erfolgt der Messvorgang des Multifrakt F 40 automatisch, jedoch müssen nach jeder Analyse noch folgende Arbeitsgänge ausgeführt werden: die Peakhöhen werden sorgfältig abgelesen, ihr Quotient wird gebildet, aus diesem wird unter Zuhilfenahme des richtigen Umrechnungsfaktors entweder der Eichfaktor oder die Blutalkoholkonzentration bestimmt, schließlich muß das Ergebnis sorgfältig und richtig zugeordnet protokolliert werden.

Dies bedeutet eine Arbeitsfolge, die bei aller Eintönigkeit bis zu 100 mal pro Tag sehr korrekt geleistet werden muß und damit bestens von einer Meßwerterfassungsanlage ausgeübt wird.

Um also die Protokollierung einerseits und das Ausmessen der maximalen Peakwerte sowie deren numerische Auswertung andererseits zu erleichtern und zu verkürzen, wird an den Gaschromatographen ein digitaler Kleinrechner (MINCAL 523) der Firma Dietz Industrie-Elektronik angeschlossen (7), der sowohl während der Messung die automatische Registrierung der Peakmaxima besorgt wie auch zwischen je zwei Analysenvorgängen die errechneten Konzentrationen protokolliert und die Protokolle den richtigen Namen zuordnet.

In der vorliegenden Arbeit werden der Anschluß, die Organisation und das Computerprogramm, das für diesen Zweck erforderlich ist, beschrieben.

1. Kapitel Einordnung der Computerorganisation in den Ablauf des Analysenvorganges

Die einzelnen Arbeitsgänge des Rechners müssen so organisiert werden, daß sie in den zeitlichen Ablauf eines Analysenvorganges passen. Dazu ist die Kenntnis des Zeitablaufes einer Blutalkoholanalyse nötig. Diese wird durch einen in die Anlage des Multifrakt F 40 installierten elektronischen Programmgeber gesteuert. Sie ist durch die Abb. 2 schematisch wiedergegeben; zugleich sind in der Abb. 2 in zeitlicher Korrelation zur Programmfolge die auf dem Kompensationsschreiber zu beobachtenden Spannungsausschläge eingezeichnet. Zu Beginn eines Analysenvorganges wird der Motor einer Probentrommel so lange mit Spannung versorgt, bis sich ein Injektionsfläschchen, in welchem sich die zu messende Substanz befindet, unter die Dosierkapillare des Gaschromatographen gedreht hat. Diese Spannung schließt gleichzeitig ein Relais, so daß auf diese Weise die Spannung eines Netzgerätes an einer Meßstelle anliegt. Diese Spannung wird, wie später beschrieben, an einen Meßkanal der Meßwerterfassungsanlage angeschlossen. Sie steuert die Organisation des angeschlossenen Rechners und heißt daher im folgenden Steuerspannung. Als nächstes wird die Dosierkapillare in die Injektionsflasche eingeführt. Es folgt der Druckaufbau, die Dosierung und die Analyse. Nach der Analyse werden der tert.-Butanol-Peak und der Äthylalkohol-Peak von einem Kompensographen registriert. Vor dem Beginn der nächsten Messung wird die Dosierkapillare gereinigt, worauf mit dem Anlegen der Spannung für den Motor der nächste Analysenvorgang eingeleitet wird. Der Zeitablauf des Computers muß nun folgendermaßen in den des Gaschromatographen eingepaßt werden:

1. Da jede Blutalkoholprobe 2 mal gemessen wird, muß nach jeder zweiten Steuerspannung die Protokollierung

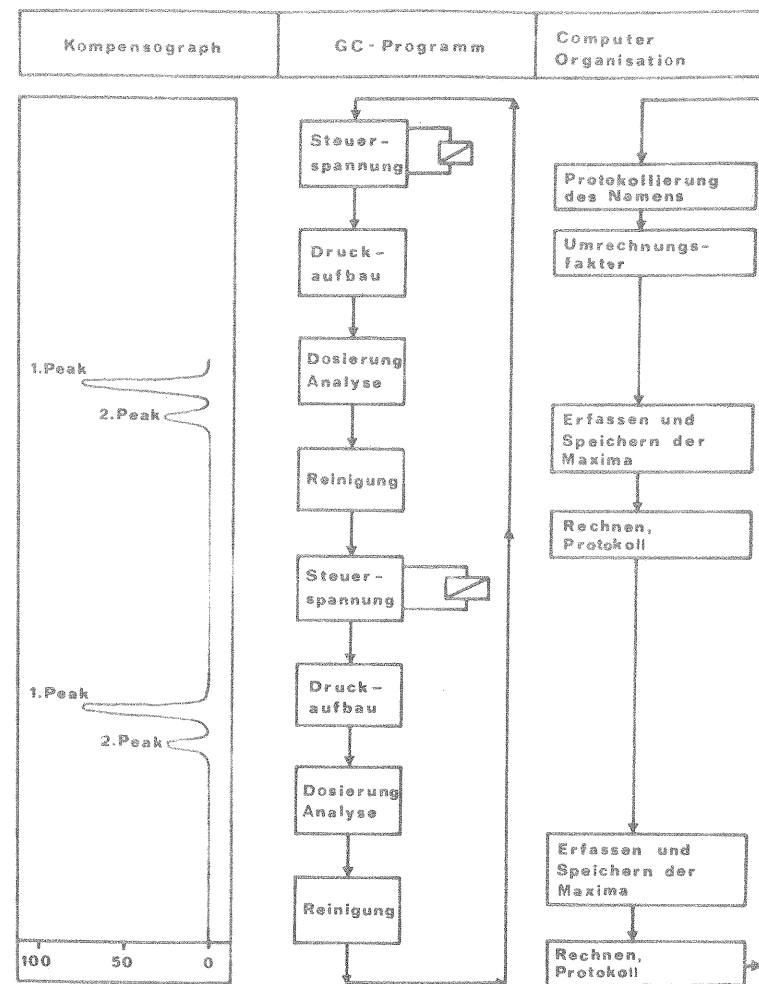


Abb. 2 Gegenüberstellung des GC-Programms und der Computerorganisation

des zur Blutalkoholprobe gehörenden Namens erfolgen. Der richtige Umrechnungsfaktor muß bereitgestellt werden.

2. Während der Aufzeichnung der Analysenpeaks müssen die Maxima erfaßt und gespeichert werden.
3. Im Anschluß an die Meßwerterfassung muß mit Hilfe des bereitgestellten Umrechnungsfaktors die Blutalkoholkonzentration gemäß Formel (0.03) errechnet werden.

2. Kapitel Elektrischer Anschluß des Gaschromatographen Multifrakt F 40 an die Meßkanäle des MINCAL 523

Die Spannung von 30 Volt, die den Motor der Probentrommel in Bewegung setzt, schaltet das in Abb. 3 dargestellte Relais.

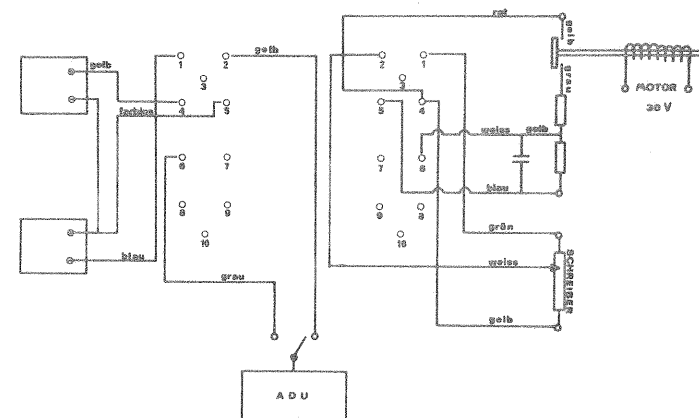


Abb. 3 Anschlußplan für den GC Multifrakt F 40 an die Meßkanäle des MINCAL 523

Für den Zeitraum, in dem sich der Motor dreht, liegt zwischen zwischen dem Pol 4 und dem Pol 5 eines Zehnpolsteckers eine von 2 Netzgeräten herrührende Spannung an. Diese wird durch eine Widerstandsbrücke geteilt. Ein Teil der Spannung geht an Pol 6 und von dort aus an den 1. Meßkanal eines Analog-zu-Digital-Umsetzers (ADU). Der ADU setzt die analog vorliegende Eingangsspannung in eine für den Computer "verständliche" Digitalspannung um.

Die Analysenpeaks werden weiterhin vom Kompensographen registriert, dessen Stellmotor neben dem Zeiger den Mittelabgriff eines zusätzlich eingebauten $1K\Omega$ -Drehpotentiometers bewegt. Leider stimmen die Nullstellungen der Anzeige und die des Mittelabgriffes nicht überein. Daher werden (s. Abb. 3) über den Pol 1 und über den Pol 2 zwei Netzgeräte angeschlossen, deren Spannung so bemessen ist, daß der Mittelabgriff bei Nullstellung des Zeigers auf einem Potential von 0 mV und bei Vollausschlag auf einem Potential von 1000 mV gegen Erde liegt. Die jeweils am Mittelabgriff anliegende Spannung geht über den Pol 2 des Zehnfachsteckers an den 2. Meßkanal des ADU. Es ist an sich gleichgültig, welches Potential bei Vollausschlag erreicht wird, da für die Messung ohnehin nur die Relation

$$r_1 = P_1/P_2 \quad \text{bzw.} \quad r_2 = P_2/P_1 \quad (3.01)$$

interessiert; doch wurden 1000 mV deshalb gewählt, weil so die Ziffernfolge der jeweils gemessenen Spannung mit derjenigen der vom Schreiber registrierten Anzeige übereinstimmt. Das ist für einen Vergleich der vom Computer protokollierten Peakhöhen mit den vom Kompensographen aufgezeichneten von einem gewissen Vorteil.

3. Kapitel Der Meßvorgang

Ein Meßwert wird von dem Computer MINCAL 523 folgendermaßen (s. Abb. 4) erfaßt:

Durch einen Befehl wird eine Meßstelle durch Anwahl ihrer oktalen Adresse durch einen Schalter mit dem ADU verbunden. Die anliegende Spannung wird in eine 19-stellige Binärzahl umgewandelt und in das Arbeitsregister des Rechners übertragen. Von dort gelangt der Wert in einen Speicher mit einer bestimmten vom Programmierer zu wählenden oktalen Adresse, von wo er für die weiteren Rechnungen zu jeder Zeit abgerufen werden kann.

Bei der gaschromatographischen Analyse müssen nun abwechselnd in einem durch den Computer bestimmten Takt zwei Meßstellen abgefragt werden, wobei jeder Analysenvorgang durch einen durch die oben erwähnte Motorspeisespannung verursachten "Zählimpuls" an der 1. Meßstelle eingeleitet wird, dem dann an der 2. Meßstelle die "Analysenpeaks" gemäß dem in Abb. 5 veranschaulichten Zeitplan folgen.

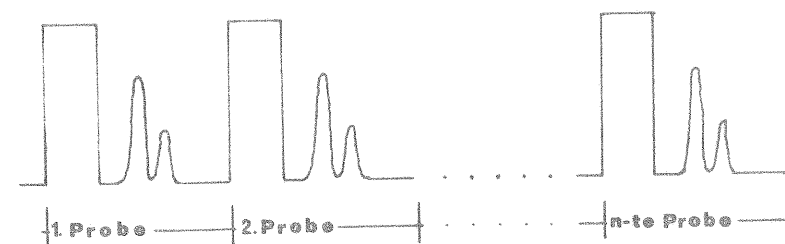


Abb. 5 Darstellung der zeitlichen Folge der an den Meßstellen liegenden Spannung

Wie aus der Abb. 5 zu ersehen ist, sind nach dem Erscheinen des n-ten Zählimpulses die Maxima der (n-1)-ten Analysenpeaks abgespeichert und stehen für die Berechnung der Alkoholkonzentrationen bereit. Der Zählimpuls wird daher als Start-

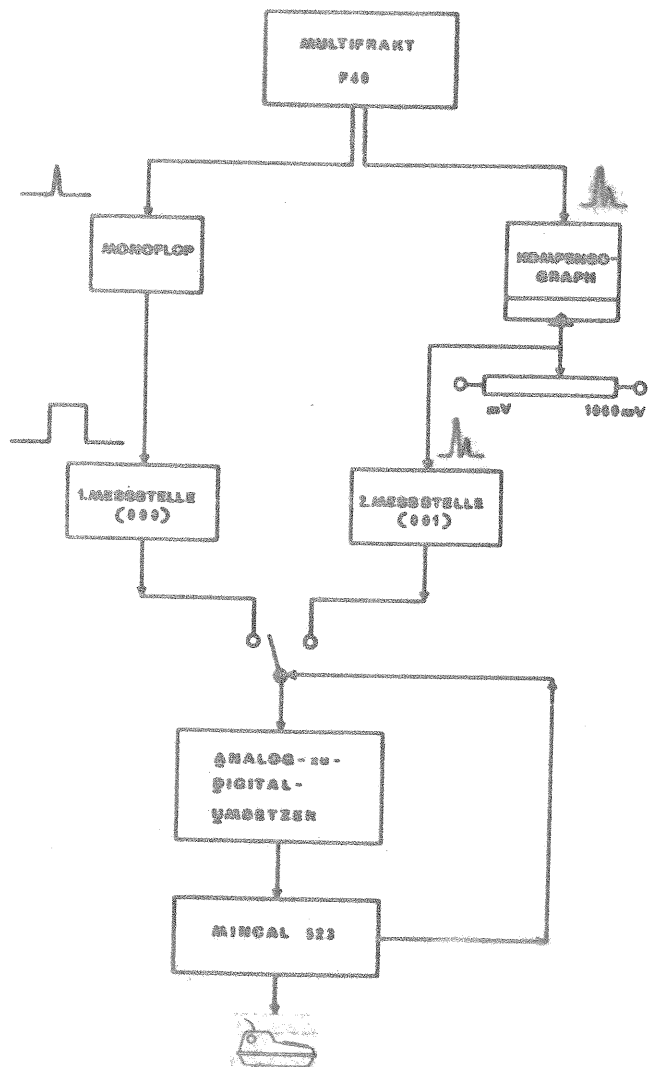


Abb. 4 Prinzipschaltbild für die wechselweise Datenerfassung über 2 Meßkanäle

signal für die weiter zu erfolgenden Berechnungen benutzt. Wie werden nun die einzelnen Maxima erfaßt? Für ihre Speicherung müssen zwei Voraussetzungen erfüllt sein (s. Abb. 6):

1. Nach der Messung des letzten Maximums müssen sich die Werte für eine Zeitlang unter dem Störpegel (NSG) befunden haben.
2. Die abfallende Flanke des zu speichernden Peaks muß einen kritischen Wert (DEL) unterschreiten.

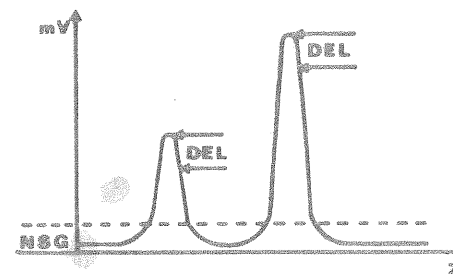


Abb. 6 Voraussetzungen für die Erfassung eines Maximalwertes

Das für die Erfassung und Speicherung der Maxima erforderliche Programm, das gewissermaßen den Kern des Gesamtprogramms bildet, wird am besten mit Hilfe des in Abb. 7 dargestellten Flußdiagramms erklärt:

bis das Maximum erreicht ist. Ab dann wird beim Punkt M14 die oben erwähnte 2. Voraussetzung geprüft. Unterschreitet die abfallende Flanke des Analysenpeaks den vorgegebenen Wert DEL, so bleibt das Maximum in seinem Speicher für die nachfolgenden Rechenschritte zugriffsbereit, und das Programm verzweigt nach M15. Hier wird der Indexzähler um 1 erhöht, damit das nächste Maximum auch auf den entsprechenden Speicherplatz gelangt. STA wird wegen des oben beschriebenen Grundes "-1" gesetzt. Der Adressfühler wird deswegen mit einer negativen Größe beladen, damit beim Durchlaufen des nächsten Zyklus die 1. Meßstelle abgefragt wird. Hier liegt der Zählimpuls an, dessen Maximum im Prinzip nach derselben Technik gemessen wird wie die Analysenpeaks. Jedoch wird hier nicht der absolute Wert des Maximums ermittelt, sondern es wird lediglich durch die Operation

-1 → (ZF)

die Tatsache festgestellt, daß ein Zählimpuls vorhanden war. Wie im nächsten Kapitel gezeigt wird, bedeutet (ZF) = -1 für den Rechner, das jeder Meßroutine nachfolgende Rechenprogramm abzuarbeiten. Nachfolgend ist die für den Meßvorgang notwendige Befehlsfolge als Instruktionsliste abgedruckt, die mit Hilfe des Handbuches für den MINCAL 523 verstanden werden kann:

Instruktionsliste des bei MES liegenden Teilprogramms

000773 MES NOP
000774 BR

001255	LDRW ADF	001277	LDRW ZT	001321	ME3 NOP
001256	BP W M11	001300	TRRW ZMX	001322	IPW 001
001257	LDC3 7.	001301	ME2 MP0 ADF	001323	LDCW 0.
001260	MZR ZT	001302	BRY MES	001324	ADCW 30
001261	ME1 IPW 000	001303	M01 MP0 STZ	001325	BP W-1
001262	LDCW 0.	001304	BR ME2	001326	IPW 001
001263	ADCW 1.	001305	M03 ADRW DEL	001327	TRRW-27
001264	BP -1	001306	BM W M04	001330	BM W M13
001265	IPW 000	001307	BR ME2	001331	SBRW NSG
001266	TRRW-ZT	001310	M04 MM0 ZF	001332	BM W M13
001267	BMW M01	001311	MM0 STZ	001333	LDRW STA
001270	SBRW NSG	001312	MZR 1.	001334	BM W M12
001271	BM W M01	001313	BR ME2	001335	LDRW AL
001272	LDRW STZ	001314	M11 LDRW 1	001336	SB 1 AMX
001273	BM W ME2	001315	ADCW-10.	001337	BM W M14
001274	LDRW ZT	001316	BP W M12	001340	LDRW AL
001275	SBRW ZMX	001317	LDC3 7.	001341	TR 1 AMX
001276	BM W M03	001320	MZR AL	001342	M12 MM0 ADF

```

001343      BRY MES
001344 M13 MP0 STA
001345      BR M12
001346 M14 ADRW DEL
001347 BP W M12
001350 M15 MIC I
001351 MNO STA
001352      BR M12
    
```

4. Kapitel Rechenroutine, Druckroutine

Das Schema in Abb. 8 gibt eine Orientierung über den gesamten Programmablauf.

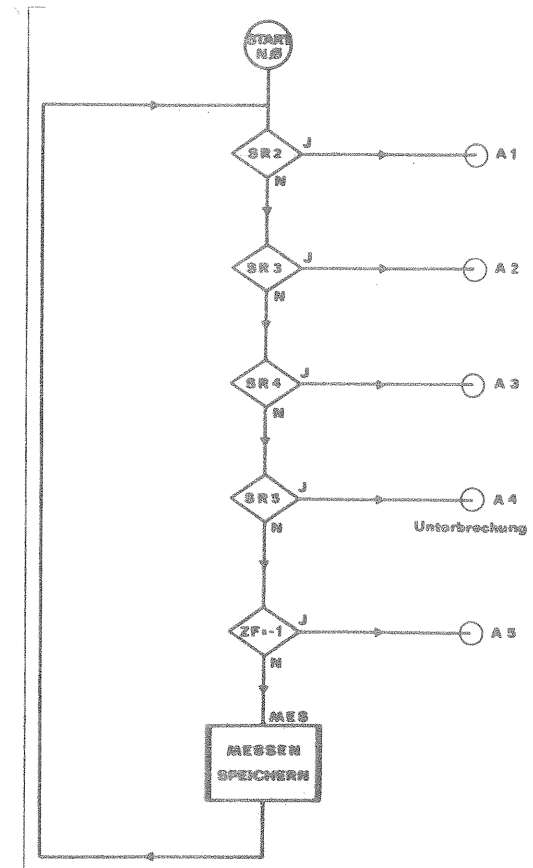


Abb. 8. Orientierung über das gesamte Computerprogramm

In diesem Kapitel interessiert vor allen Dingen der Programmpunkt A5. Hierher gelangt der Computer aufgrund der Information (ZF) = -1. Sie bedeutet, daß die Maximalwerte der Peaks in den dafür vorgesehenen Speichern bereitstehen und mit der eigentlichen Arbeit des Rechnens und Druckens begonnen werden kann.

Im Laufe einer Gesamtmessung müssen verschiedenartige Rechnungen und Druckroutinen ausgeführt werden, die vom Stand der Gesamtprobenzahl abhängen. Daher erfolgt die Programmierung über die Verzweigungen E1 bis E5 (s. Abb. 9).

Um die Protokollierung zu verstehen, müssen zunächst die in den Überschriften der Tabellen gebrauchten Abkürzungen erläutert werden.

UML	: Umlauf
	Die darunter stehende Größe gibt die Anzahl der vollendeten Umläufe der Probentrommel des Gaschromatographen an.
PRB	: Probennummer
	Die hier aufgeführte Zahl bezeichnet die Nummer der Probe. Sie muß mit der in die Probentrommel eingestanzten Nummer identisch sein.
MAT	: Material
	Dieses Zeichen charakterisiert das zu vermessende Material.
	Es steht: W für wässrige Lösung
	S für Serum
	P für Plasma
	V für Vollblut
	B für Blutkuchen
	U für Urin

1. PE	: 1. Peak
	Darunter steht der Maximalwert des ersten Peaks (mV).
2. PE	: 2. Peak
	Darunter steht der Maximalwert des zweiten Peaks (mV).
1.PE/2.PE	: Hierunter wird die Ziffernfolge des Quotienten aus den entsprechenden Maximalwerten niedergeschrieben. Der reale Wert ergibt sich durch Multiplikation mit dem Faktor 10^{-2} .
2.PE/1.PE	: Hierunter wird die Ziffernfolge des Quotienten aus den entsprechenden Maximalwerten niedergeschrieben. Der reale Wert ergibt sich durch Multiplikation mit dem Faktor 10^{-3} .
EICHK	: Eichkonzentration
	Unter dieser Abkürzung ist die Ziffernfolge des Alkoholgehaltes der Lösungen angegeben, die zur Ermittlung des Eichfaktors F (s. Formel 0.1) benötigt werden. Der reale Wert ergibt sich durch Multiplikation mit 10^{-1} .
KONTK	: Kontrollkonzentration
	Die Ziffernfolge der eingegebenen Kontrollkonzentration wird wiedergegeben. An ihr wird die Richtigkeit des Faktors geprüft. Der reale Wert wird durch Multiplikation mit 10^{-1} erhalten.
F-FAKT	: F-Faktor (s. Formel 0.1)
	Darunter steht die Ziffernfolge der aus den Analysenpeaks errechneten Eichfaktoren. Der reale Wert ergibt sich durch Multiplikation mit 10^{-3} .

Q-FAKT : Q-Faktor (s. Formel 0.1)
Es handelt sich hier um die Ziffernfolge des Korrekturfaktors. Der reale Wert wird durch Multiplikation mit 10^{-2} erhalten. Dieser Faktor muß mit dem unter MAT angegebenen Kennbuchstaben korrelieren.

M-KONZ : Gemessene Konzentration
Hier wird dreistellig die aus den Analysenpeaks mit Hilfe des F-Faktors und des Q-Faktors ermittelte Konzentration angegeben, deren realer Wert sich durch Multiplikation mit 10^{-2} ergibt.

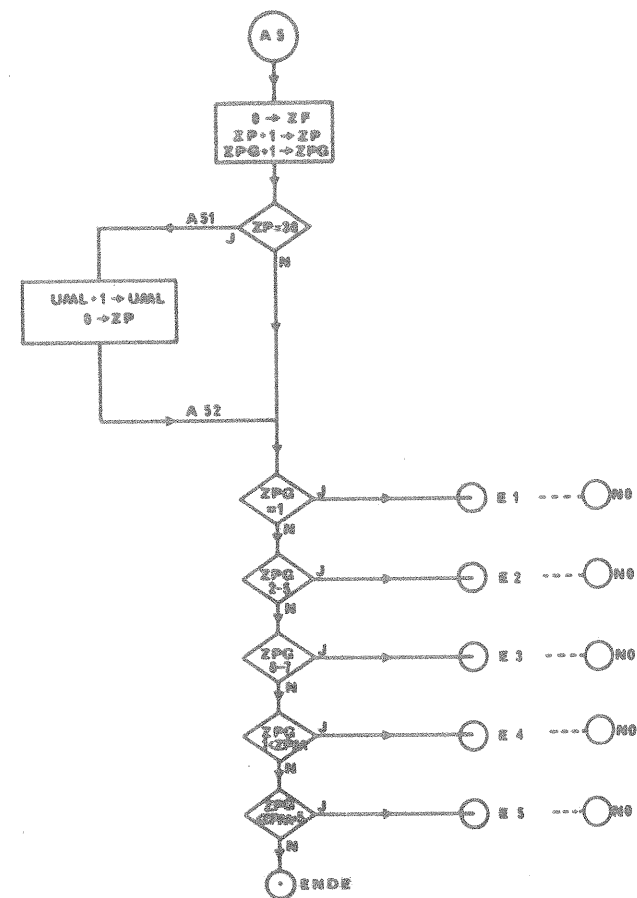


Abb. 9 Orientierung über die bei A5 möglichen Verzweigungen

4.1 E1 Ausdrucken der Überschrift

Nach dem ersten Zählimpuls wird in der Verzweigung E1 gemäß dem in der Abb. 10 dargestellten Flußdiagramm folgende Überschrift gedruckt:

EICHUNG

UML PRB MAT 1. PE 2. PE 1. PE/2. PE EICHK. F-FAKT.

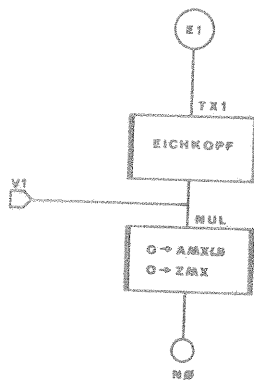


Abb. 10 Flußdiagramm des bei E1 liegenden Teilprogramms

Instruktionsliste des bei E 1 liegenden Teilprogramms

000242 E1 CS CRL	000250 CS CRL
000243 LDC3 3.	000251 CS CRL
000244 E11 LD 3 EIC	000252 CS TX1
000245 OBS2 S	000253 V1 CS NUL
000246 ADC3 1.	000254 NOP
000247 BP 3-E11	000255

4.2 E2 Bestimmung des Eichfaktors

Nach den ersten 4 Messungen (ZPG 2-5) läuft das Programm über E2 und bestimmt gemäß der Formel:

$$F = \frac{P_1}{P_2} c \quad (4.2.01)$$

den Eichfaktor F aus dem Peakmaxima wässriger (Q = 1) Alkohollösungen bekannter Konzentrationswerte c. Diese bekannten Konzentrationswerte wurden beim Programmpunkt A2 (s. Abb. 8) nach einem später zu besprechenden Modus eingegeben. Aus den vier ermittelten Eichfaktoren wird der Mittelwert gebildet. Wenn die relative Abweichung eines F-Faktors vom Mittelwert unter 6 % bleibt, dient der Mittelwert allen weiteren Rechnungen als Eichfaktor F zur numerischen Ermittlung der Alkoholkonzentration nach der Formel (0.03). Überschreitet hingegen die relative Abweichung die 6 %-Grenze, so gibt der Rechner ein Klingelzeichen und hält an. Die Eichung muß wiederholt werden.

Diesen beiden Möglichkeiten entsprechend, wird auch das Protokoll verschiedenartig fortgesetzt:

EICHUNG

UML PRB MAT 1. PE 2. PE 1. PE/2. PE EICHK. F-FAKT.

001 001 W	440	104	423	10	0423
001 002 W	432	104	415	10	0415
001 003 W	434	102	425	10	0425
001 004 W	431	101	426	10	0426

MITTELW: 0422

ABWEICH: 6 %

bzw. bei Überschreitung des relativen Mittelwertes:

EICHUNG

UML PRB MAT 1. PE 2. PE 1. PE/2. PE EICHK. F-FAKT.

001	001	W	440	104	423	10	0423
001	002	W	432	104	415	10	0415
001	003	W	434	20	2162	10	2162
001	004	W	431	101	426	10	0426

MITTELW: 856

ABWEICH: 6 %



Klingelzeichen

Liegt die relative Abweichung innerhalb der 6 %-Grenze, so folgt die Überschrift:

KONTROLLE

UML PRB MAT 1. PE 2. PE 2. PE/1. PE KONTK. M-KONZ.

Die einzelnen für die Bestimmung und Protokollierung nötigen Programmschritte werden durch die folgende Instruktionsliste widergegeben:

Die Instruktionsliste ist so angelegt, daß Unterprogramme, die zum ersten Mal auftreten, in die laufende Adressenfolge eingeschoben werden. Das erleichtert die Nachprüfung der einzelnen Schritte erheblich. Die einzelnen Unterprogramme sind außerdem umrandet. Die Staffelung der Umrandung ist ein Gradmesser für die Schachtelung der Unterprogramme. Da es sich bei der bei E2 liegenden Befehlskette um eine Geradeausprogrammierung handelt, ist es möglich, in Ergänzung zur laufenden Instruktionsliste einen erklärenden Kommentar zu schreiben. Mit Hilfe des Flußdiagramms Abb. 11, der Instruktionsliste und dem die einzelnen Befehle erklärenden Handbuch des MINCAL 523 (7) ist es möglich, sowohl das bei E2 liegende Programm wie auch alle später auftretenden Befehlsketten zu verstehen. Die zu den einzelnen Befehlen gehörenden oktal formulierten Maschinenbefehle sind aus dem Kernspeicherbesetzungsplan unter der entsprechenden Adresse zu ersehen (s. Kapitel 7) und durch eine am Rechner befindliche Tastatur unmittelbar erreichbar. Die ca. 1000 Befehle wurden übrigens in mühevoller Arbeit per Hand direkt in den Kernspeicher gegeben, weil wegen der Kernspeicherkapazität von nur 1K die Assemblierung eines 1K-Programms unmöglich ist.

Liest man die abgedruckte Instruktionsliste, so ist es zweckmäßig, die einzelnen Ausführungen der Maschine anhand des oben abgedruckten Protokolls zu verfolgen.