

**Z U S E Z
22**

Technische Beschreibung

ZUSE KG · BAD HERSFELD

Elektronische Rechenanlagen



B E S C H R E I B U N G

zur

Programmgesteuerten

E L E K T R O N I S C H E N R E C H E N A N L A G E

Z U S E Z 22 R

einschließlich sämtlicher Zusatzgeräte

Ausgabe Juni 1960

ZUSE KG BAD HERSFELD

Western Germany

Verwendungsmöglichkeiten, Aufbau, Arbeitsweise und Erweiterungsmöglichkeiten
der elektronischen Rechenanlage

Z U S E Z 22 R

I. VERWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

Die ZUSE Z 22 R, ein programmgesteuerter Magnettrommelrechner, bei dem die Ein- und Ausgabe der Informationen im Normalfall über den Lochstreifen bzw. die Fernschreibmaschine erfolgt, kann auf fast allen Gebieten der Naturwissenschaft und Technik, für Dispositionsrechnungen, Rentenberechnung u. ä., auch auf kaufmännischem Gebiet verwendet werden.

Auf technischem und wissenschaftlichem Gebiet wären u.a. zu nennen:

Optik,
Maschinenbau (z.B. Elastostatik und Elastodynamik),
Statik (Festigkeitsberechnungen, Hoch- und Tiefbau),
Hydro- und Gasdynamik,
Reaktorphysik,
Wärmetechnik,
Elektroindustrie (z.B. Filterberechnung, Generatorenbau),
Ballistik und Flugbahnvermessung,
Landesvermessung und Flurbereinigung,
Energieversorgung (z.B. Lastverteilung, Netzberechnungen).

Von den mathematischen Rechnungen, die auf der ZUSE Z 22 R durchgeführt werden können, seien nur einige genannt, wie z.B.:

Vektorrechnung (lineare Gleichungssysteme, Kehrmatrizen,
Eigenwert-Probleme usw.),
Numerische Integration,
Anfangs- und Randwertaufgaben bei gewöhnlichen
und partiellen Differentialgleichungen
(z.B. Näherungsverfahren wie „Runge, Kutta“,
Differenzenverfahren, Relaxationsmethode,
Iterationsverfahren) und ebenfalls
Berechnung von Eigenwert-Problemen,
Trigonometrie,
Unendliche Reihen.

II. A U F B A U D E R M A S C H I N E

Zur Grundausrüstung der Rechenanlage ZUSE Z 22 R gehören folgende Aggregate:

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| a) 1 Magnettrommelrechner | (Größe: 2400 x 700 x 2300 mm)
Gewicht: ca. 500 kg) |
| b) 1 Bedienungstisch | (Größe: 2300 x 700 x 800 mm
Gewicht: ca. 150 kg) |
| mit 1 Fernschreiber, einschl. Streifenlocher,
1 Lochstreifenabtaster und
1 Bedienungspult | |
| c) 1 Stromversorgungs- und Trommelschrank | (Größe: 2400 x 700 x 2300 mm)
(Gewicht: ca. 500 kg) |
| d) 1 Kältemaschine für Kühlanlage | (Größe: 1300 x 500 x 800 mm)
(Gewicht: ca. 165 kg) |

Entsprechende Angaben betreffs der Erweiterungsmöglichkeiten sind in Kapitel IV aufgeführt.

II. a) Trommelrechner

Der elektronische Teil der Maschine wird wie folgt unterteilt:
(siehe auch anhängendes Blockschema)

1. Das Leit- oder Steuerwerk

enthält im wesentlichen das Befehlsregister, bestehend aus 38 Flip-Flops, das Steuerregister mit 32 Flip-Flops und das Befehlszählregister, das aus 38 Magnetkernen besteht (siehe auch Speicherwerk).

2. Das Rechenwerk

besteht aus dem Addierwerk für dualstellenweise Addition, dem Akkumulator, der mit einem weiteren Schnellspeicher zu doppelter Wortlänge verkoppelt werden kann und einer Reihe von weiteren Bausteinen, die als Stromtore und Verzögerungsglieder wirken.

3. Das Speicherwerk

besteht aus der Magnettrommel und einer Magnetspeichermatrix von insgesamt 15 Schnellspeicherzellen von je 38 Bits (Dualstellen). In Letzterer sind auch der Akkumulator als Schnellspeicher 4 sowie das Befehlszählregister enthalten. Der Magnetkernspeicher kann um 11 Schnellspeicherzellen erweitert werden.

Die Magnettrommel besitzt 8192 Speicherzellen für je 38 Bits. Sie ist in 256 Spuren und 32 Sektoren unterteilt. In jeder Spur sind somit 32 Speicherzellen untergebracht. Die Trommel-drehzahl beträgt 6.000 Uml./min., die Zugriffszeit, einschl. der Suchzeit zum Auffinden einer Trommeladresse und zur Rückkehr zum Hauptprogramm, beträgt durchschnittlich eine Trommelumdrehung, also 10 msec. Die Anordnung der Zellen ist jedoch so getroffen, daß durch geschicktes, sogenanntes optimales Programmieren die Zugriffszeiten weitgehend vermieden werden können.

Die Magnetkernspeicher stehen ohne Zugriffszeit zur Verfügung. Ein Teil von ihnen wird zur Ausführung der arithmetischen Unterprogramme benutzt.

Das Speicherwerk kann durch Anschluß eines Magnetbandspeichers erheblich erweitert werden. Vorgesehen sind 1,5 oder 3,3 Millionen Worte zu 38 Bits sowie ein Pufferspeicher mit 128 Worten (Näheres vgl. Kapitel IV).

II. b) Bedienungstisch

Die Eingabe der Informationen, die aus Zahlen, Befehlen und Klartexten bestehen können, erfolgt normalerweise über den Lochstreifenabtaster, die Ausgabe im Normalfall über die Fernschreibmaschine mit angeschlossenem Streifenlocher. Die Lochung der Informationen auf dem Lochstreifen erfolgt im internationalen Fernschreibcode. Diese ermöglicht, durch das Fernschreibnetz übertragene Informationen direkt dem Magnetrommelrechner zuzuführen. Gleichzeitig mit der Lochung der Eingabedaten werden diese auf dem Blattschreiber der Fernschreibmaschine zu Protokollzwecken in Klartext niedergeschrieben. Die Eingabegeschwindigkeit in die Maschine beträgt je nach Bauart des Lochstreifenabtasters 15 bzw. 200 Fernschreibzeichen/sec. Die Ausgabegeschwindigkeit, mit der die Resultate von der Fernschreibmaschine niedergeschrieben werden, beträgt 10 Zeichen/sec. Ein schneller Zahlendrucker mit 25 Fernschreibzeichen/sec. oder ein schneller alphanumerischer Drucker mit 80 Zeichen/sec. kann zusätzlich angeschlossen werden. Der an die Fernschreibmaschine angebaute Locher arbeitet wie diese mit 10 Zeichen/sec. Wird auf eine schnelle Lochergeschwindigkeit, z.B. bei umfangreichen Daten, Wert gelegt, so besteht die Möglichkeit, einen schnelleren Streifenlocher anzuschaffen, der 25 Fernschreibzeichen/sec. verarbeitet. Die auf diese Weise gelochten Ergebnisse können dann von mehreren Fernschreibmaschinen in Klartext übersetzt werden.

Als Analogausgabe können Sichtgeräte und Koordinatenschreiber angeschlossen werden.

Auf Wunsch können Relaisausgabe (für Fernsteuerungen) und Lochkarten-Ein- und -Ausgabegeräte als Zusätze geliefert werden.

Näheres über die Erweiterungen befindet sich in Kapitel IV.

Um die Maschine besser auszunutzen und während der Ausgabe von Rechenresultaten Programme und andere Eingangsdaten ablochen und kopieren zu können, kann ein besonderer Programmierungstisch angeschafft werden. Dieser besteht aus einer weiteren Fernschreibmaschine, einem Lochstreifenabtaster und einem Streifenlocher.

Bei normalem Betrieb sind außer dem Ein- und Ausschalten des Gerätes und der Eingabe der Programme keine weiteren Bedienungsmaßnahmen erforderlich. Zu Prüf- und Kontrollzwecken wird ein Bedienungspult mitgeliefert. Es besteht aus einem Tasten- und Lampenfeld, das gestattet, Befehle von Hand in das Befehlsregister einzubringen und den Stand des Befehlsregisters abzulesen. Ferner sind weitere Tasten für Start und Stop angebracht.

Drei Lampen zeigen den Stand von Testspeichern (siehe Darstellung von Befehlen) an. Tasten für bedingten Stop und schrittweisen Ablauf des Programmes erleichtern die Kontrolle der Maschine und Programme.

III. A R B E I T S W E I S E D E R M A S C H I N E

a) Programmsteuerung

Die ZUSE Z 22 R ist eine sogenannte Serienmaschine, d.h. die Informationen werden durch Impulsserien, die den 38 Dualstellen eines Wortes entsprechen, dargestellt. Die einzelnen Impulse werden, von einer Ausnahme abgesehen, hintereinander in bestimmter zeitlicher Aufeinanderfolge

in der Maschine transportiert. Der Programmablauf einer Rechnung wird von den einzelnen Befehlen des Programmes, die neben anderen Informationen in den Speicherzellen der Magnettrommel stehen, geleitet. Die auf die Trommel in Form von Magnetisierungspunkten geschriebenen Informationen bleiben dort auch beim Abschalten der Maschine solange erhalten bis sie durch neue Informationen überschrieben werden.

Die Programmierung (siehe Blockschema) geht in folgender Weise vor sich:

Die Befehle auf der Trommel werden von sogenannten Abrufbefehlen, die zwischen Befehlsregister und Befehlszählregister kreisen, der Reihe nach aufgerufen und in das Befehls- und Steuerregister gebracht. Kommt z.B. ein solcher Abrufbefehl in das Befehlsregister, so wird er zunächst parallel in das Steuer-Register übernommen und ruft von dort aus den in der Trommelspeicherzelle stehenden Befehl ins Befehlsregister. Gleichzeitig wird der Abrufbefehl über das +1 - Addierwerk, wo seine Adresse um 1 erhöht wird, in das Befehlszählregister transportiert. Der von der Trommelzelle in das Befehlsregister gelangende Befehl wird ebenfalls parallel in das Steuerregister übernommen und steuert von dort aus die Ausführung des Befehles, indem im Rechenwerk bestimmte Stromtore geöffnet bzw. geschlossen werden. Gleichzeitig wird, sofern der im Steuerregister stehende Befehl kein Sprungbefehl war, der mit um 1 erhöhter Adresse im Befehlszählregister stehende Abrufbefehl in das Befehlsregister transportiert. Dieser ruft wiederum den in der nächsten Trommelspeicherzelle stehenden Befehl auf. Nach diesem Zweitaktverfahren wird von der Magnettrommel Befehl nach Befehl in linearer Reihenfolge abgelesen und ausgeführt, bis aus einer Speicherzelle ein Sprungbefehl in das Befehls- und Steuerregister aufgerufen wird. Dann beginnt, durch diesen Befehl ausgelöst, von einer anderen beliebigen Trommelspeicherzelle an wiederum ein linearer Programmablauf. Auf diese Weise ist es möglich, auf der Magnettrommel beliebige Sprünge auszuführen und einzelne Programmteile aufzurufen.

Bei der Konstruktion der ZUSE Z 22 R wurde Wert auf einfachen und übersichtlichen Aufbau und große Programmflexibilität gelegt. Es sind daher nur verhältnismäßig wenig Elementaroperationen im Rechenwerk fest verdrahtet. Jedoch können durch einen einzigen Befehl vom Steuerregister aus mehrere Elementaroperationen gleichzeitig ausgeführt werden

Die im Rechenwerk fest verdrahteten Elementaroperationen sind folgende:

1. Umspeichern des Akkumulatorinhaltes in eine Schnell- oder Trommelspeicherzelle
2. Lesen, d.h. Überführung des Inhaltes einer Schnell- oder Trommelspeicherzelle in den Akkumulator.
3. Dualstellenweise Addition des Inhaltes einer Speicherzelle zum Akkumulatorinhalt.
4. Komplementbildung mit Übergang zur negativen Dualzahl
5. Dualstellenweise Intersektion von Akkumulatorinhalt mit Speicherinhalt (hierbei wird unter Intersektion zweier Dualzahlen diejenige Dualzahl verstanden, die nur an denjenigen Stellen eine Eins aufweist, wo die beiden Ausgangszahlen Einsen haben).
6. Verkopplung von Akkumulator und Schnellspeicher 3 zu doppelter Wortlänge.
7. Löschung des Akkumulators.
8. Links- und Rechtsverschiebung (Multiplikation mit 2 bzw. 1/2) des Akkumulators mit einfacher oder doppelter Wortlänge (Verkopplung).
9. Doppelte Linksverschiebung des Akkumulators (Multiplikation mit 4).
10. Additive Konstantenzuführung in den Akkumulator aus dem Befehlsregister zur Adressenmodifikation.
11. Adressensubstitution (automatische Adressenänderung)

12. Automatische Erhöhung von Schnellspeicherinhalten (Index- oder Zählregister),
13. Notierung der Speicheradresse, auf die nach einem Sprung und nach Durchlaufen eines Unterprogrammes auf das Hauptprogramm zurückgesprungen werden soll (Rückkehradressennotierung).

Wie gesagt, können mit einem einzigen Befehl vom Steuerregister aus mehrere der oben genannten Operationen gleichzeitig ausgeführt werden. Es kann z.B. ein einziger Befehl ein Indexregister (beliebiger Schnellspeicher) erhöhen, den Akkumulator 2 x links verschieben und gleichzeitig den Inhalt einer Zelle, dessen Nummer im Indexregister notiert wurde, zum Akkumulatorinhalt dazuzaddieren. Höhere zusammengesetzte Operationen, wie z.B. die arithmetischen Grundoperationen Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division im gleitenden Komma, werden durch sogenannte, auf die Magnetrommel zu bringende und mit der Maschine mitgelieferte Grundprogramme ausgeführt.

b) Programmierung

Mit der ZUSE Z 22 R werden folgende Grundprogramme, die in den ersten 1024 Zellen der Magnetrommel gespeichert und durch Blockierungs-Schalter vor dem versehentlichen Überschreiben geschützt werden, mitgeliefert.

1. Das Leseprogramm

übersetzt die vom Lochstreifenabtaster über den Pufferspeicher in den elektronischen Teil der Maschine gelangenden Fernschreibzeichen, je nachdem, um was es sich handelt, zu Befehlen, Zahlen oder Klartext und speichert diese in die vorgeschriebenen Speicher auf der Magnetrommel. Es besorgt ebenfalls die Übersetzung der dezimalverschlüsselt eingegebenen Zeichen in die duale Zahlendarstellung der Maschine.

2. Die arithmetischen Programme

bewirken die Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division und das Wurzelziehen im gleitenden Komma. Diese Unterprogramme können in einem Hauptprogramm durch einen einzigen Befehl, der aus einem der Zeichen +, -, x, : und W (Wurzelziehen) besteht, aufgerufen werden. Nach Durchführung der arithmetischen Operationen erfolgt automatisch der Rücksprung auf das Hauptprogramm. Der Vorteil, arithmetische Operationen durch Unterprogramme aufzurufen, besteht darin, daß diese speziellen Erfordernissen angepaßt werden können. Es können z.B. auch Unterprogramme im festen Komma, (z.B. bei kaufmännischen Berechnungen), oder mit doppelter Zahlenlänge aufgestellt und evtl. erforderliche Rundungsvorschriften in das Programm eingebaut werden.

3. Das Druckprogramm

besorgt das Ausdrucken der Resultate und des Klartextes über den Pufferspeicher auf der Fernschreibmaschine in beliebiger Formularanordnung und nimmt außerdem die Übersetzung der Dualzahlen in Dezimalzahlen vor.

c. Darstellung der Befehle

Die Befehle enthalten einen oder mehrere Buchstaben, den Operationsteil, eine oder mehrere Ziffern und den Adressenteil. Das Leseprogramm übersetzt die in dieser Weise auf der Fernschreibmaschine geschriebenen Befehle in Dualkombinationen. Die den Buchstaben entsprechenden Dualstellen (Bits) leiten vom Steuerregister aus die Operationen im Rechenwerk. Die den Adressstellen entsprechenden Dualstellen steuern die betreffende Speicherzelle an. Da mehrere Buchstaben (jeder löst eine elementare Operation aus) zu einem Operationsteil zusammengestellt wer-

den können, ist die Programmflexibilität sehr groß. Außerdem können zum Operationsteil noch 3 verschiedene Bedingungszeichen hinzukommen. Diese Bedingungszeichen beziehen sich auf Testspeicher und zwar auf das Vorzeichen des Inhaltes des Akkumulators oder des Schnellspeichers 2 und ferner auf die letzte Dualstelle des Schnellspeichers 3. Die Ausführung eines jeden Befehles kann somit von der Erfüllung der gestellten Bedingungen (Akkumulator oder Schnellspeicher 2 positiv oder die letzte Stelle des Schnellspeichers 3 besetzt oder nicht) abhängig gemacht werden. Auf diese Weise ist es möglich, mit einer großen Mannigfaltigkeit von sinnvollen Befehlen (es gibt mehrere tausend sinnvolle Kombinationen) zu arbeiten und den Programmablauf von vielen Kriterien abhängig zu machen und zu steuern.

d) Zahlendarstellung

Die Eingabe der Zahlen mit den Lochstreifen erfolgt im gleitenden Komma, und zwar in halbblögarithmischer Form im Dezimalsystem.

Eine Zahl

$$x = b \cdot 10^a$$

wird in der Form b/a eingegeben. Dabei kann b mit 9 Dezimalziffern eingegeben werden. Es ist auch gleichgültig, an welcher Stelle von b das Komma steht. Es kann z.B. die Zahl $-3,14$ als $-3,14$ oder $-0,314/1$ oder $-314/-2$ gelocht werden. Der Betrag der größten oder kleinsten Zahl, die in der Maschine verarbeitet werden kann, beträgt $0,858993459 \times 10^{19}$ bzw. $0,343597384 \times 10^{-19}$.

Durch das Leseprogramm werden die eingegebenen Zahlen dual verschlüsselt in der Maschine in halbblögarithmischer Form

$$x = \hat{x}/\bar{x} \text{ mit der Bedeutung } x = \hat{x} \cdot 2^{\bar{x}-64}$$

dargestellt. \hat{x} ist die durch 29 Dualstellen dargestellte Mantisse und liegt in den Grenzen

$$0,5 \leq \hat{x} < 1$$

\bar{x} ist der um 64 Einheiten erhöhte Dual exponent. Er wird durch 7 Dualstellen dargestellt und liegt in den Grenzen

$$0 \leq \bar{x} \leq 127.$$

Die Ausgabe der Zahlen auf den Lochstreifen bzw. die Fernschreibmaschine erfolgt durch das Druckprogramm wahlweise in halbblögarithmischer Form oder im festen Komma. Bei halbblögarithmischer Form ist die Mantisse b so normiert, daß genau eine Dezimalziffer vor dem Komma erscheint. Die Zahl $512,28$ wird z.B. in der Form $+5,1228/+02$ herausgeschrieben. Bei festem Komma wird der Exponent durch entsprechende Verschiebung des Kommas berücksichtigt.

Der Programmierende kann außerdem durch Angabe einer Kennziffer bestimmen, wieviel gültige Stellen nach dem Komma ausgedruckt werden sollen.

Es sei jedoch nochmals betont, daß die gewählte Zahlendarstellung eine Angelegenheit der Programmierung ist und jeweils den Erfordernissen angepaßt werden kann.

e) Rechenzeiten

Die Rechenzeiten hängen von der Wahl der arithmetischen Unterprogramme ab. Je nachdem, ob man mit festem oder in der eben dargestellten Weise mit gleitendem Komma rechnet, ergeben sich verschiedene Zeiten:

Mit festem Komma

Operation	Reine Rechenzeit (msec)	mit mittl. Zugriffszeiten (msec)
Addition Subtraktion	0,6	5,6
Multiplikation	15	30
Division	60	70
Quadratwurzel	135	150

Mittlere Rechengeschwindigkeit ca. 30 bis 35 Rechenoperationen/sec

Mit gleitendem Komma

Operation	Reine Rechenzeit (msec)	mit mittl. Zugriffszeiten (msec)
Addition Subtraktion	35 - 55	45 - 65
Multiplikation	30	40
Division	70	80
Quadratwurzel	135	150

Mittlere Rechengeschwindigkeit ca. 15 bis 25 Rechenoperationen/sec

In den Zugriffszeiten sind enthalten;

Aufruf des Unterprogrammes
Rückkehr zum Oberprogramm
Zuführung des 2. Operanden.

IV. ERWEITERUNGSMÖGLICHKEITEN DER ZUSE Z 22 R

a) Ein- und Ausgabegeräte

1. Schnelle Lochstreifenein- und -ausgabe (Pos. 13; 14; 15)

Um die Eingabegeschwindigkeit zu erhöhen, kann neben dem Abtaster mit 15 Zeichen/sec. ein photoelektrischer Abtaster mit 200 Zeichen/sec. unter einer anderen Adresse angeschlossen werden. Unter dieser neuen Adresse ist zur Erhöhung der Ausgabegeschwindigkeit ein Schnelllocher mit 25 Zeichen/sec. zusätzlich zu dem an die Schreibmaschine angeschlossenen Locher

mit 10 Zeichen/sec anschließbar. Auch bei der schnellen Ein- und Ausgabe werden Fernschreiblochstreifen verwendet.

Im allgemeinen wird die schnelle Lochstreifenein- und -ausgabe kombiniert geliefert, da diese Kombination wegen des gemeinsam benutzten und daher nur einmal vorhandenen Pufferspeichers wesentlich preisgünstiger als die Anschaffung der schnellen Ein- und Ausgabegeräte einzeln oder gar nacheinander ist. Ob die Anschaffung einer schnellen Lochstreifeneingabe bzw. -ausgabe allein oder als Kombination zweckmäßig ist, bestimmen die mathematischen Probleme, die gerechnet werden sollen. Bei nachträglicher Ergänzung der Eingabe mit der Ausgabe oder umgekehrt entstehen zusätzliche Umbau- und Montagekosten.

In zahlreichen Fällen wird die schnelle Lochstreifenein- und -ausgabe bereits mit der Grundmaschine bestellt und organisch verdrahtet mit ausgeliefert, weil die Zeit von 6 Wochen für einen nachträglichen Einbau dieser Erweiterungen sowie die damit verbundenen Montagekosten oftmals als nachteilig empfunden werden. Deshalb empfehlen wir, falls die Anschaffung der schnellen Ein- und Ausgabe für einen späteren Zeitpunkt geplant ist, mindestens die Verdrahtung des Pufferspeichers und der notwendigen Steuerungen bereits mit der Grundmaschine zu bestellen. Die spätere Einbauzeit verkürzt sich dann auf 2 Wochen, die Montagekosten ermäßigen sich um einige tausend DM.

Die maximale Einlesegeschwindigkeit des Abtasters mit 200 Zeichen/sec kann beim oktalen Einlesen von Zelleninhalten voll ausgenutzt werden. Beim Eingeben von Dezimalzahlen wird jedoch mit dem im Grundprogramm mitgelieferten Leseprogrammen nur eine Geschwindigkeit von etwa 50 Zeichen/sec erreicht. Um aber auch bei der Aufnahme von Dezimalzahlen die beste Ausnutzung des schnellen Abtasters zu erreichen, können mit Hilfe eines besonderen Programms (schnelles Leseprogramm für Zahlen Nr. 42) ca. 100 bis 120 Zeichen/sec beim Einlesen von Dezimalzahlen erreicht werden. Dieses spezielle Unterprogramm erfordert ca. 700 bis 1.000 Speicherzellen auf der Trommel, die dann für andere Zwecke gesperrt sind.

Durch die schnelle Lochstreifenausgabe fallen erhöhte Informationsmengen auf Lochstreifen an. Diese können über den Programmierungstisch herausgeschrieben werden. Wenn aber seine Kapazität zeitlich nicht ausreicht, um die anfallende Länge des Lochstreifens ausdrucken zu können, oder wenn der Tisch für Programmierungsarbeiten gebraucht wird, kann diese Ausschreibearbeit auch von dem an der ZUSE Z 22 R befindlichen Fernschreiber der Normalausgabe mit übernommen werden. In diesem Falle muß ein Anbauabtaster Tsend 86 a für diesen Fernschreiber bestellt werden.

2. a) Schneller Zahlendrucker (Pos. 17)

Zur Erhöhung der Ausdruckgeschwindigkeit kann ein relativ preiswerter Zahlendrucker unter einer anderen Adresse angeschlossen werden, mit dem sich die Schreibgeschwindigkeit der ZUSE Z 22 R etwa verdoppeln läßt. Sollen auch Buchstaben mit den Zahlen auf dem gleichen Blatt ausgedruckt werden, muß auf den später beschriebenen alphanumerischen Schnellendrucker zurückgegriffen werden. In jedem Falle kann zum Herausschreiben von Klartext noch die angeschlossene Fernschreibmaschine mit 10 Zeichen/sec benutzt werden.

Der schnelle Zahlendrucker dient zur Ausgabe von Rechenergebnissen, nicht aber von Programmen oder Klartext. Die Spaltenanordnung ist tabellarisch. In einer Spalte können jeweils 2 Vorzeichenstellen und 11 Ziffernstellen abgedruckt werden.

Die Ziffern sind nach folgendem Schema angeordnet:

- 1 Vorzeichenrolle (siehe unten)
- 11 Ziffernrollen
- 1 Ziffernrolle

Die Vorzeichenrollen werden genau wie die Ziffernrollen angesteuert und weisen folgende 8 Zeichen auf:

+	Stern (auf der Zeile)
,	Komma
/+	Schrägstrich Plus
/-	Schrägstrich Minus
+,	Plus Komma
-,	Minus Komma
+	Plus
-	Minus

Der Abdruck der einzelnen Ziffernrollen kann durch Ausgabe eines Leerwertes unterdrückt werden. Auf diese Weise kann die Kommastellung in einer Zahl dargestellt werden, z.B. bei Ausgabe einer festen Kommazahl

+ 891 765

Beim Abdruck einer Gleitkommazahl werden beide Vorzeichen benötigt

+, 87654379102/ -

Die beiden letzten Ziffern stellen den Exponenten dar, die vorderen Ziffern die Mantisse. Ist die Mantisse mit geringerer Genauigkeit als 9 Stellen anzugeben, so können die mittleren Ziffern unterdrückt werden. Strichzahlen werden am besten vom rechten Vorzeichen aus angegeben, z.B.

384 +

Man spart dadurch die Anwahl der vorderen Leerstellen.

Die Einspeisung der Ziffern erfolgt vollautomatisch durch das Druckprogramm über einen Pufferspeicher. Die Auslösung des Druckvorganges geschieht nach fertigem Eingeben der Zahl ebenfalls automatisch durch das Druckprogramm. 5 Spalten lassen sich auf einer Papierbahn von 297 mm (DIN A 3) nebeneinander abdrucken. Der Tabulator steuert automatisch Wagenrücklauf und Zeilentransport nach Abdruck der letzten Spalte. Es sind Verriegelungen vorgesehen, so daß die ZUSE Z 22 R sich stets der Geschwindigkeit des Druckers anpaßt. Sobald der Abdruckvorgang beendet ist, wird durch ein Rücksignal der Pufferspeicher für eine neue Einzählung bereitgemacht. Es kann also bereits beim Rücklauf des Druckwerks eine neue Zahl in den Pufferspeicher gegeben werden. Die erforderliche Zeit zwischen 2 Abdrucken innerhalb einer Zeile beträgt maximal 600 msec. Die Zeit zwischen dem letzten Abdruck in einer Zeile und dem ersten Abdruck in einer neuen Zeile beträgt maximal 1,3 sec. Damit ergibt sich bei 5 Spalten eine Geschwindigkeit von mindestens 17 Zeilen/min, wogegen sich mit dem Fernschreiber der Normalausgabe bei dieser Spaltenanzahl 7 bis 8 Zeilen/min. erreichen lassen. Drückt man nur einspaltig, so entfällt die Zeit für Wagenrücklauf, und die Geschwindigkeit ist noch höher.

2. b) Alphanumerischer Schnelldrucker (Pos. 43)

Ist eine weitere Erhöhung der Ausdrucksgeschwindigkeit erforderlich, so kann ein alphanumerischer Schnelldrucker mit einer Geschwindigkeit von 1 Zeile/sec geliefert werden. In jeder Zeile können 80 Zeichen des internationalen Fernschreibcodes abgedruckt werden. Es lassen sich also mit diesem Drucker beliebige Spaltenanordnungen sowie Klartext wie bei der Fernschreibmaschine, jedoch mit mehr als 8-facher Geschwindigkeit, ausdrucken. Die Schrifthöhe beträgt 2 mm, der Spaltenabstand 2,6 mm.

Der Drucker ist mit einem Sonder-Code versehen, so daß die Ziffern direkt den dualen Ziffern entsprechen. Die Ausgabe der Zeichen erfolgt in den hinteren Dualstellen, so daß keine Tabel-

len zur Umschlüsselung der Ziffern aufgerufen werden müssen. Zum Drucker gehören zwei unabhängige Pufferspeicher. Gleichzeitig, wenn ein Drucker gefüllt wird, kann der andere Puffer abgedruckt werden. Dadurch entsteht praktisch kein Zeitverlust zur Anpassung an die Druckgeschwindigkeit. Wenn die Zeile nicht voll ausgefüllt ist, kann sie durch einen besonderen Befehl auch direkt zum Abdrucken gebracht werden.

3. Zweite Fernschreibausgabe (Pos. 25)

In Sonderfällen kann die Ausgabe über eine zweite Fernschreibmaschine erforderlich sein. Diese arbeitet ebenfalls mit 10 Zeichen/sec., besitzt einen angeschlossenen Locher und kann unter einer anderen Adresse als der des bereits vorhandenen Fernschreibers aufgerufen werden. Es können somit beispielsweise auf dem ersten Fernschreiber die Hauptresultate geschrieben werden, während man gewisse Zwischenresultate, die nicht in jedem Fall notwendig sind, auf dem zweiten Fernschreiber herauschreiben läßt. Auch können mit Hilfe der zweiten Fernschreibmaschine besonders breite Tabellen herausgeschrieben werden, indem nach beendeter Rechnung die beschriebenen Formulare beider Fernschreibmaschinen seitlich zusammengeklebt werden.

Der für die zweite Fernschreibausgabe notwendige Pufferspeicher kann unter seiner Adresse leseseitig noch für Eingabezwecke ausgenutzt werden, wenn eine Schaltereingabe bestellt wird. Die 5 Bits des Pufferspeichers können dann über 5 zusätzliche Schalter vom Bedienungspult her direkt eingestellt werden. Durch Abfragen dieses Pufferspeichers durch das Programm können somit $2^5 = 32$ verschiedene tastenbedingte Programmvarianten gesteuert werden (Pos. 36).

4. Analogausgabe (Pos. 38; 41; 42)

Die Analogausgabe dient zur automatischen, schnellen und übersichtlichen Darstellung von Rechenresultaten in graphischer Form auf dem Bildschirm eines Blauschreibers oder auf Registrierpapier (250 x 360 mm). Die Umrechnung der Ergebnisse auf einen geeigneten Maßstab und die Durchführung der Nullpunktsetzung erfolgt durch ein Unterprogramm, das nach Beendigung den Wert in ein Pufferregister aus 2 x 12 Dualstellen übergibt.

Je 12 Dualstellen sind für eine Koordinate vorgesehen. Der Pufferspeicher arbeitet über Relais auf eine duale Widerstandskette, die von einem konstanten Strom durchflossen wird. Es entsteht dadurch ein Spannungsabfall proportional zu den ausgegebenen Dualwerten. Die Spannung wird über Verstärker dem angeschlossenen Schreibgerät zugeführt. Ein Steuerungszusatz sorgt dafür, daß bei zu schneller Ausgabe der Punkte die ZUSE Z 22 R entsprechend der Schreibgeschwindigkeit der Schreiber wartet. Welches der beiden Schreibgeräte verwendet werden soll, richtet sich nach den vorliegenden Erfordernissen. Die Analogausgabe kann auch kombiniert geliefert werden, so daß beide Geräte anschließbar sind.

Der Blauschreiber hat den Vorteil, daß gleichzeitig mehrere Kurven aufgezeichnet werden können. Der Schirm kann fotografiert werden, weil das Bild bis zu einigen Tagen sichtbar bleiben kann. Auf Wunsch kann es jedoch durch Knopfdruck innerhalb von 20 sec gelöscht werden.

Technische Daten des Blauschreibers:

	Breite	Höhe	Tiefe
Abmessungen: Oszillograph	280 mm	390 mm	500 mm
Netzgerät	160 mm	280 mm	330 mm
Gewicht: Oszillograph	20 kg		
Netzgerät	12 kg		

Bildschirm	80 x 120 mm
Frequenzbereich	0 10 KHz
Empfindlichkeit	Y 3,3 mm/V 3 V/cm
Empfindlichkeit	X 10 mm/V 1 V/cm
Zeitbasis	0,01 10 sec
Speicherzeit	einige Tage
Löschzeit	ca. 20 sec

Der Blauschreiber kann auch anderweitig im Labor nützliche Dienste leisten, wenn er an der ZUSE Z 22 R nicht verwendet wird.

Mit dem Zwei-Koordinatenschreibgerät können Kurven direkt mit Tinte auf Registrierpapier aufgezichnet werden. Das Papier läßt sich anschließend entnehmen und gegen ein neues austauschen. Die Bewegung des Schreibarmes erfolgt durch 2 durch Kompensationsverstärker angetriebene Motoren. Die Schreibgeschwindigkeit beträgt maximal 1 Punkt/sec.

Technische Daten des Zwei-Koordinatenschreibgerätes:

Meßkreis (für beide Kanäle)	y - Kanal
Meßgenauigkeit	Schreibbewegung horizontal
Abweichung $\pm 1 \%$	Skalenteilung 0 . . . 100
Dämpfung aperiodisch einstellbar	Skalenlänge 250 mm
Brückenstrom 1 mA $\pm 0,1 \%$	Einstellgeschwindigkeit 1 s über die ganze Skala
Einstellkraft 300 g	Meßpotentiometer
Quellwiderstand 400 Ω /mV max.	Ausführung drahtgewickelter Stabpotentiometer
Meßbereich 0 . . . 500 mV	Widerstand 1 k Ω $\pm 0,1 \%$
x - Kanal	Linearitätsabweichung 0,1 %
Papierbewegung vertikal	Registrierteil Glaskapillare für 0,3 mm starke Linien, Federeinstellung manuell, Papierlänge 25 m Abreißvorrichtung
Skalenteilung 0 . . . 100 auf Registrierpapier vorgedruckt	Registrierpapier PR 4040/12 360 mm (x-Achse) PR 4040/13 250 mm (x-Achse)
Skalolenlänge 250 mm	Die optimale Schreibgeschwindigkeit ist von der Kurvenform abhängig. Im allgemeinen wird eine geschlossene Kurve wie z.B. eine Hysteresisschleife, die einen Vorgang ohne scharfe Spitzenwerte darstellt, innerhalb 10 bis 15 s aufgenommen werden, vorausgesetzt, daß die Empfindlichkeit beider Kanäle richtig eingestellt ist.
Einstellgeschwindigkeit 1,5 s für 250 mm 2 s für 360 mm	Wechselspannung zwisch. Eingangsklemmen u. Erde $10^2 \times$ Meßbereichumfang
Meßpotentiometer	Röhrenbestückung 4 x AZ 41 4 x ECC 40 2 x EF 40 4 x EL 41 2 x 85A2
Ausführung Schneckenpotentiometer mit 3-fach Windungen	Speisung Wechselstrom 220 V Frequenz 50 Hz Leistung ca. 100 W
Widerstand 1 k Ω $\pm 0,1 \%$	Zulässige Umgebungstemperatur + 30° C max.
Linearitätsabweichung 0,2 %	
Windungssprung 0,2 mm	

Gehäuseausführung Aluminiumgehäuse, grau hammerschlaglackiert, geeignet für Schalttafeleinbau, staub- und tropfwasserdicht. Sämtliche Anschlüsse im Gehäuseinnern. Das Gerät ist verschließbar.

Gewicht 56 kg

Das Gerät wird betriebsfertig mit zwei Schreibkapillaren und einem Fläschchen Registriertinte geliefert.

Auch der Koordinatenschreiber kann im Labor zur Registrierung von Meßergebnissen, die als Spannung darstellbar sind, verwendet werden.

5. Analogausgabe (Pos. 39)

Benutzer, die einen Analogrechner besitzen und diesen von der ZUSE Z 22 R her steuern wollen, können auch die Analogausgabe derart geschaltet bekommen, daß nicht eine Analogspannung am Ausgang auftritt, sondern daß die eingebauten dualen Widerstandsketten in Potentiometer-Schaltung betrieben werden. Aus dem Analogrechner wird dann die konstante Spannung der Potentiometerkette zugeführt. Vom Schleifer wird der Analogrechner angesteuert.

6. Analogeingabe- und Analogausgabegerät (Pos. 40)

Kunden, die elektrische Spannungen als Analogwerte direkt in die ZUSE Z 22 R eingeben wollen, können dieses mit Hilfe der Analogeingabe tun. Das Prinzip beruht auf einer sukzessiven Nachsteuerung einer Analogausgabe auf den Vergleichswert von der Eingabeseite, bis ein Indikator Gleichheit beider Werte feststellt.

Die Nachstellung erfolgt automatisch. Alle 10 msec. kann ein Wertepaar übernommen werden. Der Zeitpunkt der Übernahme kann entweder von der ZUSE Z 22 R oder von außen angegeben werden. Der Wandler kann auch umgekehrt als Analogausgabegerät dienen. Es sind stabilisierte Ausgänge vorgesehen.

7. Relaisausgabe (Pos. 23)

Der Einsatz der Relaisausgabe empfiehlt sich, wenn automatische Steuervorgänge vorliegen, deren zeitlicher Ablauf nach einem Programm erfolgt und abschnittsweise kontrolliert und korrigiert werden muß. Da ein in dieser Ausgabe befindliches Wort 2^{38} , also zahlreiche Milliarden verschiedener Kombinationen annehmen kann, sind umfangreiche Steuerungsaufgaben auf diesem Wege zu lösen.

Die Relaisausgabe findet auf den Gebieten der Energieerzeugungsanlagen, der Nachrichtenübermittlung, bei Produktionsvorgängen, automatischen Messungen, Flugbahnen usw. Verwendung.

Die Relaisausgabe arbeitet über einen Pufferspeicher mit 38 Bits, der mittels einer Schnellspeicheradresse aufgerufen wird. Pro Dualstelle des Pufferspeichers ist über einen Verstärker ein steckbares Kammrelais angeschlossen. Jedes Kammrelais hat zwei Umschaltkontakte, die an eine 30-polige Buchsenleiste herausgeführt werden, so daß an jeder Buchsenleiste 5 Dualstellen liegen. Die Information bleibt auf den Relais solange erhalten, bis sie durch einen neuen Speicherbefehl geändert wird.

2 c) Zusätzliche Speicher (Pos. 12)

1. Schnellspeichererweiterung

Durch diese Erweiterung erhält die ZUSE Z 22 R zu den bereits vorhandenen 14 Schnellspeichern zusätzlich 11 weitere Schnellspeicher zu je 38 Bits. Besonders, da ein Teil der bereits vorhandenen Schnellspeicher zur schnellen Ausführung der arithmetischen Grundprogramme dient, und auch

die zusätzlichen Schnellspeicher als Indexregister verwendet werden können, wird durch den Einbau der Schnellspeichererweiterung die Programmierung wesentlich erleichtert und der Rechenablauf schneller. Daher wird im allgemeinen die Schnellspeichererweiterung gleich mit der Maschine mitbestellt.

2. Zweite Magnetspeichertrommel (Pos.24)

Sollen häufig verwendete Programme laufend gespeichert werden, nicht nur, um die wiederholten Einlesezeiten zu sparen, sondern auch, um vor allen Dingen im Einzelfalle schnellstmöglich an gewisse Spezialprogramme heranzukommen, wenn es die Dringlichkeit durchzuführender Rechnungen erfordert, empfiehlt es sich, eine zweite Magnetspeichertrommel anzuschaffen. Auch auf dieser zweiten Trommel, die ebenfalls 8192 Worte zu je 38 Bits enthält, sind ca. 1000 Speicherzellen mit dem Grundprogramm belegt, da nicht mit beiden Magnetspeichertrommeln gleichzeitig gearbeitet werden kann. Die Umschaltung von einer Trommel auf die andere erfolgt durch eine handbetätigte Relaissteuerung.

3. Magnetbandspeicher (Pos.20)

Die Kapazität der eingebauten Speicher kann durch Anschluß eines Magnetbandgerätes erheblich erhöht werden. Dieses enthält 1,5 Millionen Worte zu je 38 Bits und ist über einen Pufferschnellspeicher mit 128 Worten an die ZUSE Z 22 R angeschlossen. Auf Wunsch kann die Kapazität auch für 3,3 Millionen Worte ausgelegt werden.

Der Magnetbandzusatz bringt große Vorteile, wenn oft nach gleichen Programmen, die in großer Stückzahl vorhanden sind, gerechnet wird, oder wenn sehr viel gleiches Zahlenmaterial, beispielsweise Koordinaten, für verschiedene Rechnungen mehrmals benötigt wird. Es lassen sich sowohl Programme als auch Zahlen oder Klartext auf dem Magnetbandspeicher unterbringen. Durch Verwendung des Magnetbandzusatzes erhält man eine hohe Speicherkapazität, die über den Pufferspeicher schnell eingelesen werden kann. Die Ersparnis an Einlesezeiten, besonders bei vielen Zahlenwerten, ist erheblich. So läßt sich beispielsweise die Magnetspeichertrommel über das Magnetband in ca. 25 sec. laden, während von dem schnellen Lochstreifenabtaster dazu etwa 10 Minuten benötigt werden.

Einen großen Vorteil bringt die Magnetbandeinheit beim Lösen von Gleichungssystemen mit mehr als 80 Unbekannten, da man bei dieser Anzahl an die Grenze der Trommelkapazität herankommt. (Sonst nur durch besondere Programmierungsmaßnahmen oder mit Lochstreifengedächtnis lösbar). Bei Verwendung der Magnetbandeinheit können nunmehr auch Gleichungssysteme mit beliebig vielen Unbekannten aufgelöst werden, soweit die Rechenzeit hierdurch nicht ins Unermessliche steigt.

<u>Technische Daten</u>	Bandgeschwindigkeit	1,9 m/sec
	Bandlänge	1100 m
	Daher maximale Suchzeit	ca. 10 min

Während der Suchzeit eines Blocks auf dem Magnetband kann gleichzeitig gerechnet werden.

Kapazität 1,5 Millionen Worte, aufgeteilt in Blocks zu je 128 Worten

Ein Blockaustausch zwischen Magnetspeichertrommel und Magnetband dauert ohne Suchzeit ca. 500 msec.

Über einen Pufferspeicher können eine beliebige Anzahl Magnetbandgeräte mit der ZUSE Z 22 R verbunden werden.

d) Selbständige Zusatzgeräte

1. Programmierungstisch (Pos.10;11)

Zur Herstellung von Daten und Programmstreifen und zum Kopieren, Herausschreiben und Korrigieren von Lochstreifen dient der Programmierungstisch. Er ist mit einem Fernschreiber mit angebautem Locher und einem Lochstreifensender ausgerüstet. Die Korrektur von Lochstreifen erleichtert das Schrittstopgerät, es ermöglicht, wahlweise Zeichen einzeln zu kopieren.

2. Lochstreifenausdruckstation (Pos. 30)

Ist ein Einzelkopieren nicht erforderlich und sollen nur Streifen ausgelocht oder abgedruckt werden, so genügt ein Fernschreiber mit Anbausender und -locher.

3. Steuermöglichkeiten zum Fernschreiber

Sollen Lochstreifen, die beispielsweise auf dem Schnell-Locher gestanzt sind, auf Formulare herausgedruckt werden, und sind diese häufig zu wechseln, so kann das Kopieren durch einen Zusatz am Fernschreiber über eine freie Fernschreibkombination vom Lochstreifen gestoppt werden (Pos. 32).

In ähnlicher Weise kann auch der Anbaulocher ein- und ausgeschaltet werden; dadurch ist ein selektives Auslochen möglich (Pos. 34).

Durch weitere freie Fernschreibkombinationen kann auch zwischen Rot- und Schwarzdruck umgeschaltet werden (Bestellung ist gesondert erforderlich).

Die Steuerkombinationen können an den Fernschreibern für Programmierungstisch, Lochstreifenausdruckstation und auch am Ausgabegerät der Maschine angebracht werden.

Über den von der ZUSE Z 22 R hergestellten Lochstreifen lassen sich selbständige lochstreifenverarbeitende Geräte steuern. Wir weisen in diesem Zusammenhang auf die elektronische Steuereinrichtung für spindelgetriebene Koordinatentische ZUSE Z 60 hin, die in Verbindung mit einem WILD-Koordinatentisch mit einer Genauigkeit von 0,02 mm arbeitet, sowie auf den kurvenzeichnenden Koordinatentisch GRAPHOMAT, Modell ZUSE Z 64, mit einer Genauigkeit von ca. 0,1 mm. Nähere Unterlagen über diese beiden Geräte können bei Bedarf angefordert werden.

Umgekehrt kann die ZUSE Z 22 R von selbständigen lochstreifenerzeugenden Geräten über Lochstreifen gesteuert werden. Wir möchten hier die ZUSE Z 80, einen lochenden und druckenden Transistorenzähler, erwähnen, der in der Flurbereinigung eine Anwendung als elektronisches Planimeter gefunden hat. Nähere Unterlagen über dieses Gerät können auf Wunsch geliefert werden.

Sollen Lochkarten verarbeitet bzw. geliefert werden, so können als selbständige Geräte handelsübliche Lochkarten - Lochstreifenumsetzer bzw. Lochstreifen - Lochkartenumsetzer vor- bzw. nachgeschaltet werden. Auf Wunsch können Lochkartengeräte jedoch auch direkt an die ZUSE Z 22 R angeschlossen werden.

