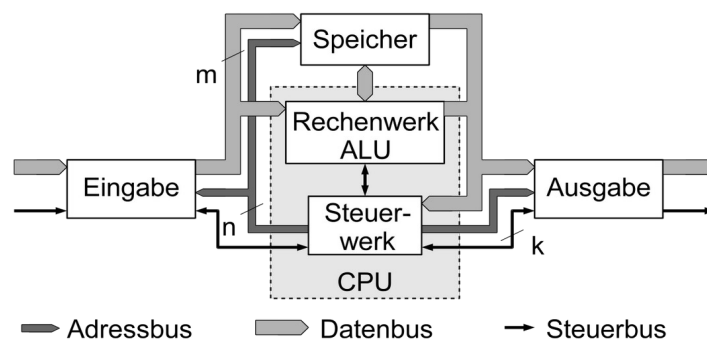


Assoziativmaschinen

Architektur

Eine **Assoziativmaschine** ist eine aus Assoziativmatrizen zusammengesetzte, frei programmierbare Maschine. Im Unterschied zur **Von-Neumann-** oder **Harvard-Architektur** wird eine Assoziativmaschine nicht um Rechenwerke (also arithmetisch-logische Einheiten) herum aufgebaut, sondern besteht im Kern aus **Assoziiererwerken** (also assoziierenden Funktionseinheiten).



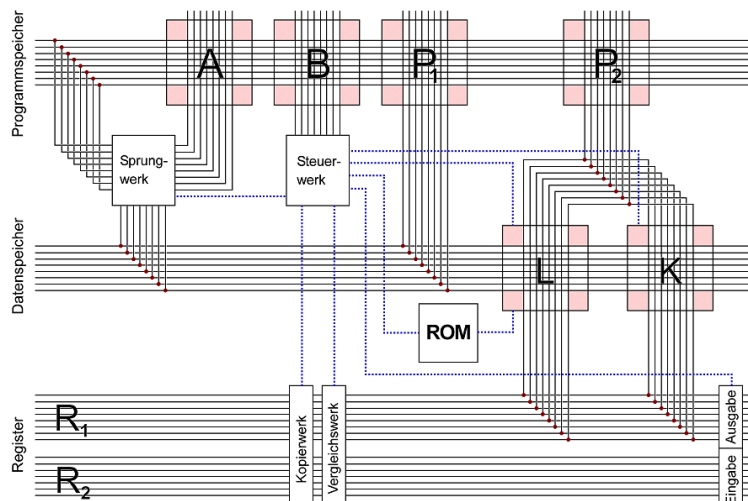
(Quelle: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%22von_Neumann%22_Architektur_de.svg)

Die auf der Von-Neumann-Architektur beruhende Computerentwicklung entstand aus dem Bestreben, programmierbare Rechenautomaten zu erhalten. Das obige Schaubild verdeutlicht die zentrale Stellung des **Rechenwerks** im Von-Neumann-Konzept.

Auf die sich mit diesem seit 1945 vorliegenden Konzept ergebenden Probleme weist Rafael Laguna de la Vera in einem Interview vom 25.01.2022 bei "Forschergeist" hin:

"[...] Wir bauen Software eigentlich immer noch so. Also das fängt ganz unten an bei den Prozessoren, die immer noch die von-Neumann-Architektur von vor 75 Jahren implementieren, die inhärent diese ganzen Sicherheitsprobleme hat. Also diese ganzen Zero-Day-Exploits und so was, die kommen aus der Architektur. Da sind wie nicht mehr von runtergekommen, das heißt, da ist eine große Pfadabhängigkeit." (Rafael Laguna de la Vera, 25.01.2022)

Assoziativmaschinen beruhen auf einem gänzlich anderen Konzept als der von-Neumann-Rechner. Der Anlass für die Entwicklung von Assoziativmaschinen war zunächst der Bedarf an **fehlertolerant** und **störsicher** arbeitenden Geräten zur Mustererkennung, -vervollständigung und -extraktion. Dennoch kann eine Assoziativmaschine auch rechnen, aber auf eine assoziative, eine ganz andere Weise als ein konventioneller Prozessor. Den Aufbau einer der vielen möglichen Assoziativmaschinen, die "System 9", zeigt die nachstehende Abbildung. (Quelle: "Neuromathematik und Assoziativmaschinen", Springer 2013, S. 1)



Die **Assoziierwerke** sorgen unter anderem dafür, dass eine Programmzeile mit ihrer Nachfolgerin assoziiert wird, dass eine Steuerung von Abläufen mit Assoziationsketten gelingt und dass Daten fehlertolerant abgefragt werden können.

Programmierung

"Und in der Softwareentwicklung selber, auch in den Programmiersprachen, die wir verwenden, kann ich auch nicht so viel brutales Innovatives entdecken, was unser Leben da besser macht." (Rafael Laguna de la Vera, 25.01.2022)

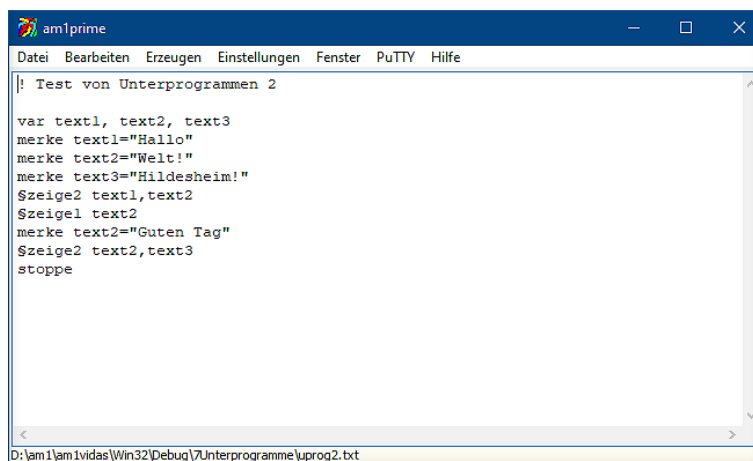
Die **Programmierung** von Assoziativmaschinen unterscheidet sich wesentlich von der Programmierung herkömmlicher Rechner, was an ihrer innovativen Architektur liegt. Eine maschinennahe Sprache für die Assoziativmaschine "am1" ist bereits gegeben, eine Sprache namens "am1prime", die auf dem Niveau einer Assemblersprache für konventionelle Prozessoren anzusiedeln ist. Sie bildet die Grundlage für die spätere Implementation von Hochsprachen und für die Entwicklung von Betriebssystemen.

Assemblersprache für einen von-Neumann-Prozessor (Z80):

```
MUL88C LD    HL, (MPRAD-1)
        LD    L, 0
        LD    DE, (MPDAD)
        LD    D, 0
        LD    B, 8          COUNTER
MULT    ADD   HL, HL        SHIFT LEFT
        JR    NC, NOADD
        ADD  HL, DE
NOADD   DJNZ  MULT
        LD    (RESAD), HL
        RET
```

(Quelle: Rodney Zaks: "Programming the Z80", Sybex 1980, S. 129)

Assemblersprache für eine Assoziativmaschine:



```
am1prime
Datei Bearbeiten Erzeugen Einstellungen Fenster PuTTY Hilfe
|: Test von Unterprogrammen 2

var text1, text2, text3
merke text1="Hallo"
merke text2="Welt!"
merke text3="Hildesheim!"
$zeige2 text1, text2
$zeigel text2
merke text2="Guten Tag"
$zeige2 text2, text3
stoppe

D:\am1\am1vidas\Win32\Debug\7\Unterprogramme\uprog2.txt
```

Störsicherheit

Erstens: Die Assoziativmaschine kennt keine festen Befehlscodes, keine feste Reihenfolge der Programmzeilen, keine feste Zahlendarstellung. Alle diese Festlegungen übernimmt beim Eintragen eines Programms ein Zufallsgenerator (e.g. ein Stop-and-go-Generator). Programme, die im Programmspeicher einer Assoziativmaschine liegen, sind für Außenstehende nahezu nicht nachvollziehbar. Ein und dasselbe Programm wird im Programmspeicher bei jedem Start zufällig

anders eingetragen. Es gibt auf dieser Ebene keine festen, wiedererkennbaren Codeabschnitte, in denen sich Schadsoftware einfädeln könnte (Virenfestigkeit).

Zweitens: Die Assoziativmatrizen, aus denen die Assoziativmaschinen zusammengesetzt werden, tolerieren Störungen oder Beschädigungen im jeweils gewünschten Ausmaß. Fehlerhafte oder umkippende Bits (RS-Flipflops) in den Matrizen stören den Ablauf selbst in größerem Umfang nicht (Programmablaufverlässlichkeit).

Assoziativspeicher und Assoziativmatrix

Einen ersten Assoziativspeicher entwarf Konrad Zuse 1943. Eine Skizze von diesem ist trotz der damaligen Kriegswirren erhalten geblieben. (vgl. Kapitel 3 in

<https://www.springerprofessional.de/neuromathematik-und-assoziativmaschinen/4094262>)

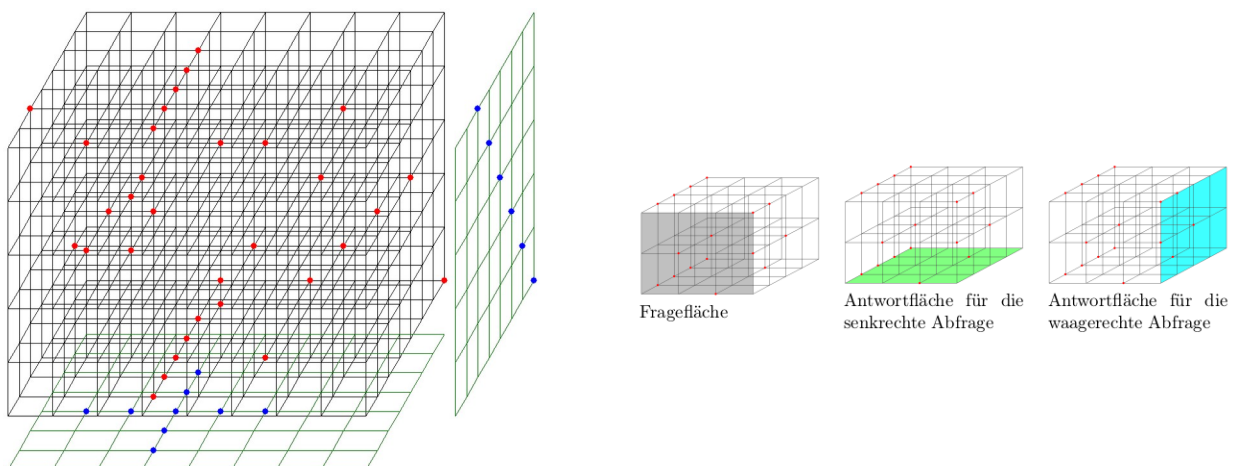
Rafael Laguna de la Vera weist in dem oben bereits genannten Interview auf Konrad Zuse hin, der den ersten funktionierenden, programmgesteuerten Rechner baute:

"Also das war, [...] ich glaube Mitte der 40er-Jahre, ich glaube, der hat noch im Krieg angefangen. Und der Konrad Zuse war ja sowieso ein übrigens absolut interessanter Mensch, auch ein Universalgenie, hat da ordentlich vorgelegt und auch in vielen anderen Gebieten noch." (Rafael Laguna de la Vera, 25.01.2022)

Die von Zuse aufgezeichnete Schaltung eines Assoziativspeichers, also eines inhaltsadressierbaren Speichers, wurde später immer wieder aufgegriffen und erweitert. Eine der Erweiterungen ist die Assoziativmatrix, die sich zum Abbilden von Adressen aufeinander nutzen lässt, also als inhaltadressierter Index (Assoziativmatrix, nicht zu verwechseln mit Assoziativspeicher). Sie bildet dank der heute verfügbaren elektronischen Bausteine die Grundlage für die von uns entwickelten Assoziativmaschinen.

Assoziativquader - mehrdimensionale Assoziativmatrizen

Assoziativmatrizen lassen sich geordnet aufreihen und bilden dann z.B. einen Quader. Völlig analog zur 2-dimensionalen Matrix lässt sich Information in diesem 3-dimensionalen Objekt speichern.



(vgl. Kap. 2.7 in [neuromathematik-und-assoziativmaschinen](#))

Allerdings tauchen jetzt neue Eigenschaften auf: Eine Fragefläche lässt sich nun in der senkrechten Projektion wie in der waagrechten auslesen. Die beiden Ergebnisflächen können völlig verschieden sein und sind unmöglich voneinander zu trennen. Mit der Anfrage liegen beide schon fest, auch wenn man sich nur für eine davon interessiert. Das gibt es bei der herkömmlichen CPU nicht.