Lektion 1

Computerarchitektur

Übersicht 2M, Maschinensprache, Assemblersprache, Little Man Computer

Übersicht 2M

1. Computerarchitektur (mehr dazu gleich)
2. Netzwerke & Internet
   - Websites erstellen
   - Wie sind Netzwerke Aufgebaut?
   - Wie funktioniert Internet?
3. Sicherheit im Internet
   - Social Engineering (einfaches Hacking)
   - Nachrichten verschlüsseln
   - verschlüsselte Nachrichten knacken
4. Daten
   - Umgang mit grösseren Datenmengen, z.B. bestimmte Informationen finden

Computerarchitektur

Andreas Schärer

GF Informatik

Kanti Romanshorn

Lektion 1

Computerarchitektur

Ziele, CPU, Maschinensprache, Assemblersprache, LMC, Befehlssatz

Ziele

- Verstehen, was Grundfunktionsweise von Computer ist.
- Zusammenspiel von Software und Hardware verstehen.
- **Hauptziel: Verstehen, was beim Programmieren im Hintergrund passiert.**
- Code in Assemblersprache schreiben können.

Hardware von Computer

- Was sind die drei wichtige **Bauteile**, die in *jedem* Computer vorkommen?

1

Permanentspeicher
(Festplatte, SSD)

- Speichern von Filmen, Doks, …
- Installierte Programme
- Nach Herunterfahren noch vorhanden

2

Arbeitsspeicher
(RAM)

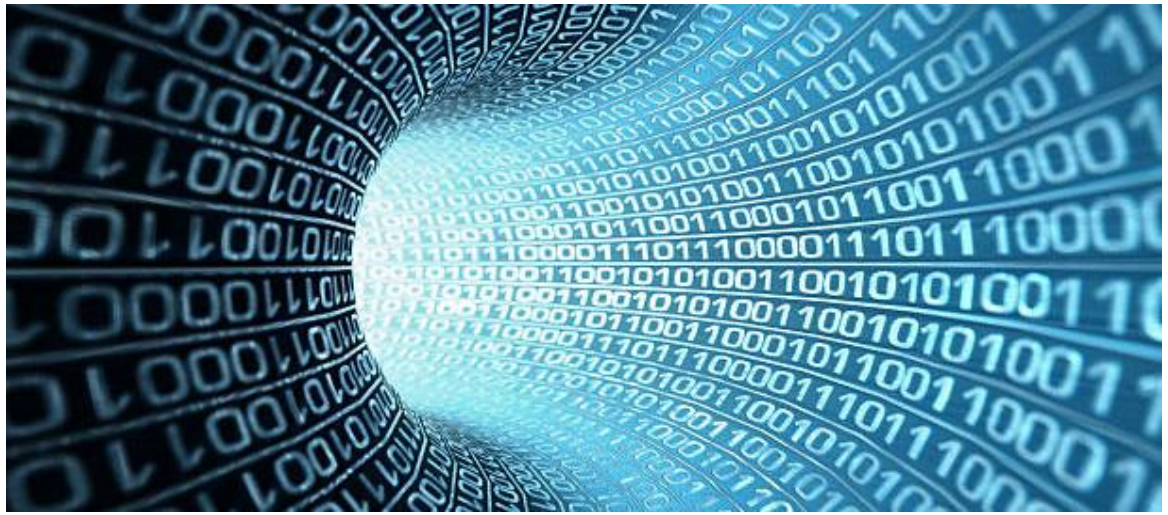
- Temporäre Speicherung
- Daten, die Programme im Moment benötigen
- Gelöscht nach Herunterfahren

3

Prozessor
(CPU)

- «Gehirn» des Computers
- Rechnet, führt Befehle aus

CPU



- Was CPU macht: **Befehle** ausführen
- CPU **kennt nur Binärzahlen** (0 & 1)

- Bedenke: CPU ist elektronisches Bauteil mit vielen Leitern, durch die (kein) Strom fliessen kann
- Befehle, die CPU ausführen soll, müssen also in Sprache sein, die CPU versteht
- Beispiel: 10010100111011010010100101001101010010110101001…
- Diese Sprache heisst **Maschinensprache**
- **Verschiedene CPUs** haben verschiedene Maschinensprachen (aber alle rein binär)

Sprache der CPU

- *Wie* können wir nun *Programmieren*?
- **Variante 1:** Code *direkt in Maschinensprache,* also in 0 & 1, schreiben!

- **Variante 2:** *Programmiersprache* wie Python wählen

- **Variante 1b:** Programmieren in Assemblersprache (später mehr)

Programmiersprachen & CPU

- Problem: CPU versteht *kein* Python (oder Java, C#, …)

```python
age = int(input("Gib dein Alter ein"))

if age >= 18:
    print("Schnaps!")
elif age >= 16:
    print("Bier!")
else:
    print("Sirup!")
```

Python

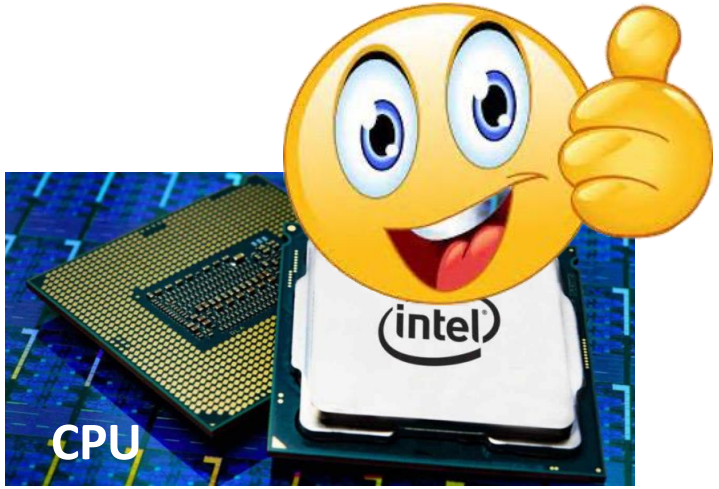
- Wenn wir also mit Python programmieren, muss Python-Code *zuerst in Maschinensprache übersetzt* werden

```python
age = int(input("Gib dein Alter ein"))

if age >= 18:
    print("Schnaps!")
elif age >= 16:
    print("Bier!")
else:
    print("Sirup!")
```

Python

Maschinensprache

```
01100111101111011111011110
10011010000101101101010000
10011011100110111100011100
00010011011001110110101111
00100101111101011000001000
00101100100111011011011111
10111111101
```



CPU

What people think I do.

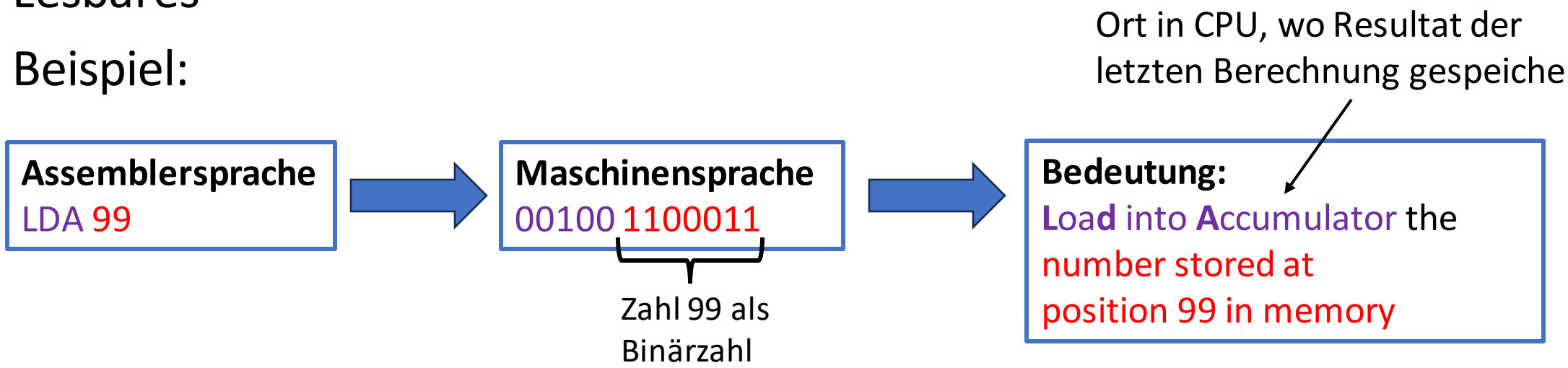
```
age = int(input("Gib dein Alter ein"))

if age >= 18:
    print("Schnaps!")
elif age >= 16:
    print("Bier!")
else:
    print("Sirup!")
```

What I actually do.

```
10100110100010001001110000111000000001110001111
01110011101010000011101100001010001111100101011
00010011000110011001100011000101001001101100000
10001111111000101000100001101011110011001110100
00001101100111010101101000100100001011110101010
11100101111001110000100011110000010100100011100
01010101010111110101000010000010001001100101100
00111100101100011000001101000001010111011101010
11101010111100000111010110101010100000100001111
10001100110000011000101011111110101010011001101
11110010000111011011110010100111001011110010100
11000111111000011000100000001101011110111010100
01001101100001100100110100010011001010110101101
00001000011001110100001111011000000100110001010
01001100111001111010101111001001000111001010110
10011110001101001101100110111111110100010101110
10100010111110010010010101110110001100011010100
01011010010101101000001100011001111001111001101
10010011110010101010110010000111101011001111001
```

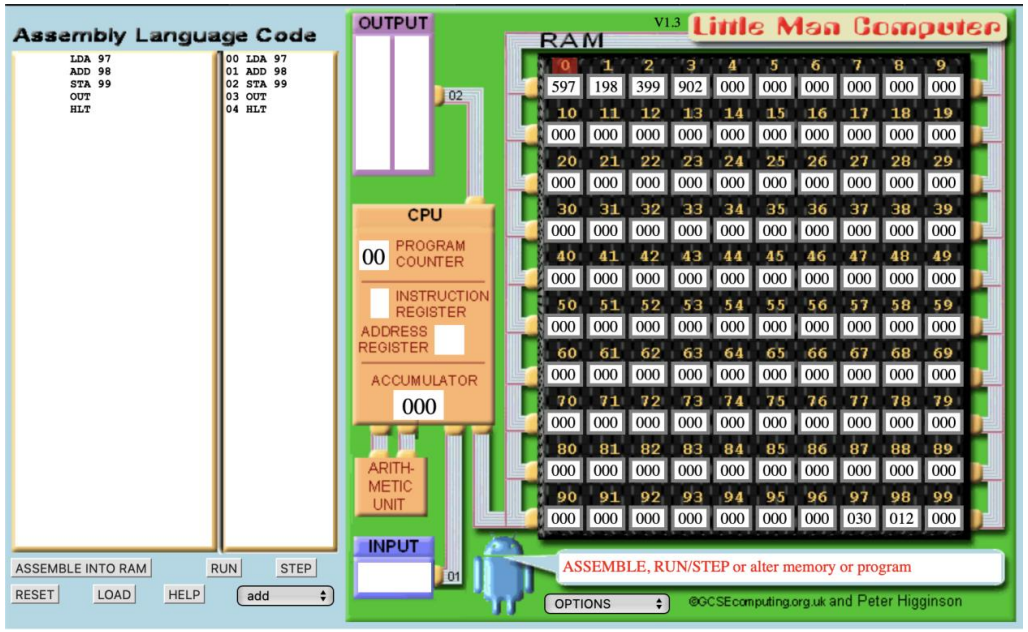
Assemblercode

- In Maschinensprache (0 & 1) programmieren: mühsam
- Ausweg: **Assemblersprache**
- … ist Maschinensprache direkt übersetzt in etwas einigermassen Lesbares
- Beispiel:

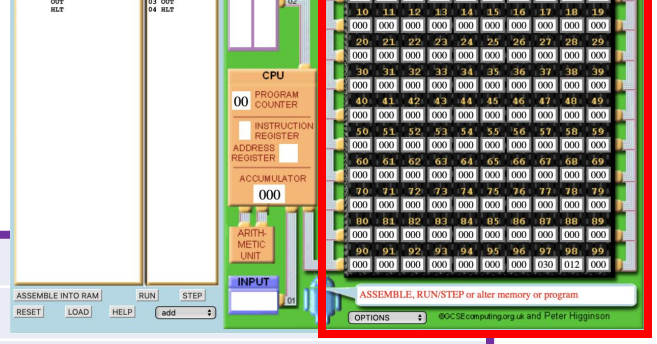


Little Man Computer (LMC)

- CPU-Typen haben eigene Maschinensprache …
- … und damit eigenen Assemblersprache
- Wir arbeiten mit **Little Man Computer**
  - Website, die einfache CPU simuliert
  - Schöne Visualisierung der Vorgänge
- Befehle (Instructions) die eine CPU versteht, werden in **Befehlssatz (instruction set)** angegeben



Befehlssatz für LMC



Code (dec)	Code (bin)	Name	Description
0	00000	HLT	Stop (Little Man has a rest).
1	00001	ADD	Add the contents of the memory address to the Accumulator
2	00010	SUB	Subtract the contents of the memory address from the Accumulator
3	00011	STA or STO	Store the value in the Accumulator in the memory address given.
4	00100		This code is unused and gives an error.
5	00101	LDA	Load the Accumulator with the contents of the memory address given
6	00110	BRA	Branch - use the address given as the address of the next instruction
7	00111	BRZ	Branch to the address given if the Accumulator is zero
8	01000	BRP	Branch to the address given if the Accumulator is zero or positive
9	01001	INP or OUT	Input or Output. Take from Input if address is 1, copy to Output if address is 2.
9	01001	OTC	Output accumulator as a character if address is 22. (Non-standard instruction)
		DAT	Used to indicate a location that contains data.

- Zeile Maschinensprache besteht also aus:

$$\underbrace{\text{Instruktion (5 Bit)} + \text{Speicheradresse (7Bit)}}_{\text{12 Bit}}$$

- Im LMC werden Befehle aber im Dezimalsystem angezeigt
  -> einfacher!

Aufgaben

- Siehe Wiki
- Viele Aufgaben sind didaktisch aufgebaut:
  - Aufgabe mit mehreren Teilen
  - Nach jedem direkt Lösung, z.T. mit zusätzlicher Theorie
  - Wichtig:
    - Zuerst selbst lösen (nicht nur kurz darüber nachdenken)
    - Dann Lösung der LP genau studieren

Lektion 2

Computerarchitektur

Erste Computer, Von Neumann-Architektur

Warm-Up

1. «Mit dem Befehl ‘ADD 18’ addiert man die Zahl 18 zum aktuellen Wert im Akkumulator.»

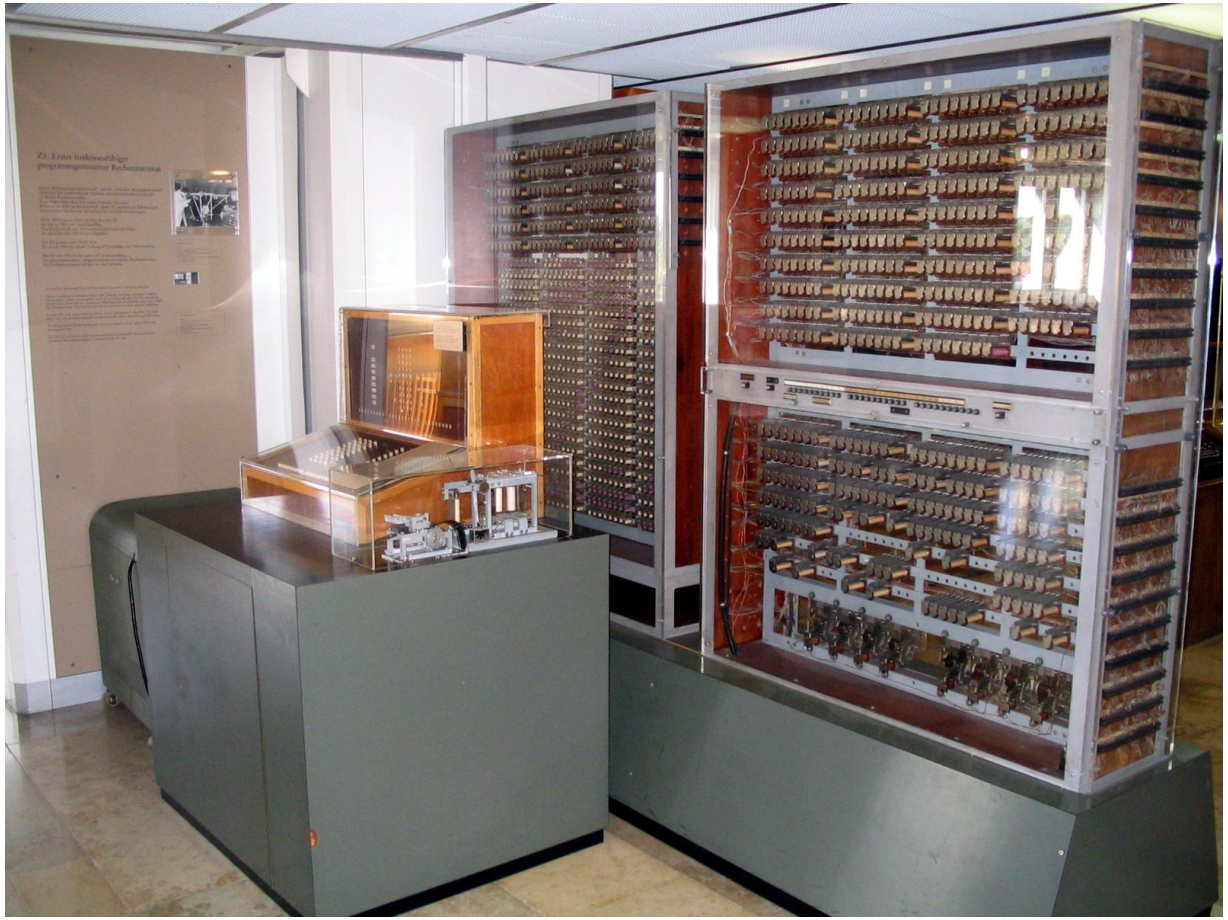
2. Um zwei Zahlen zu multiplizieren, verwendet man den Befehl ‘MUL’.

Erste Computer

- In den 1940er Jahren
- Wollen zwei kurz anschauen:
  - **Zuse Z3**
  - **ENIAC**

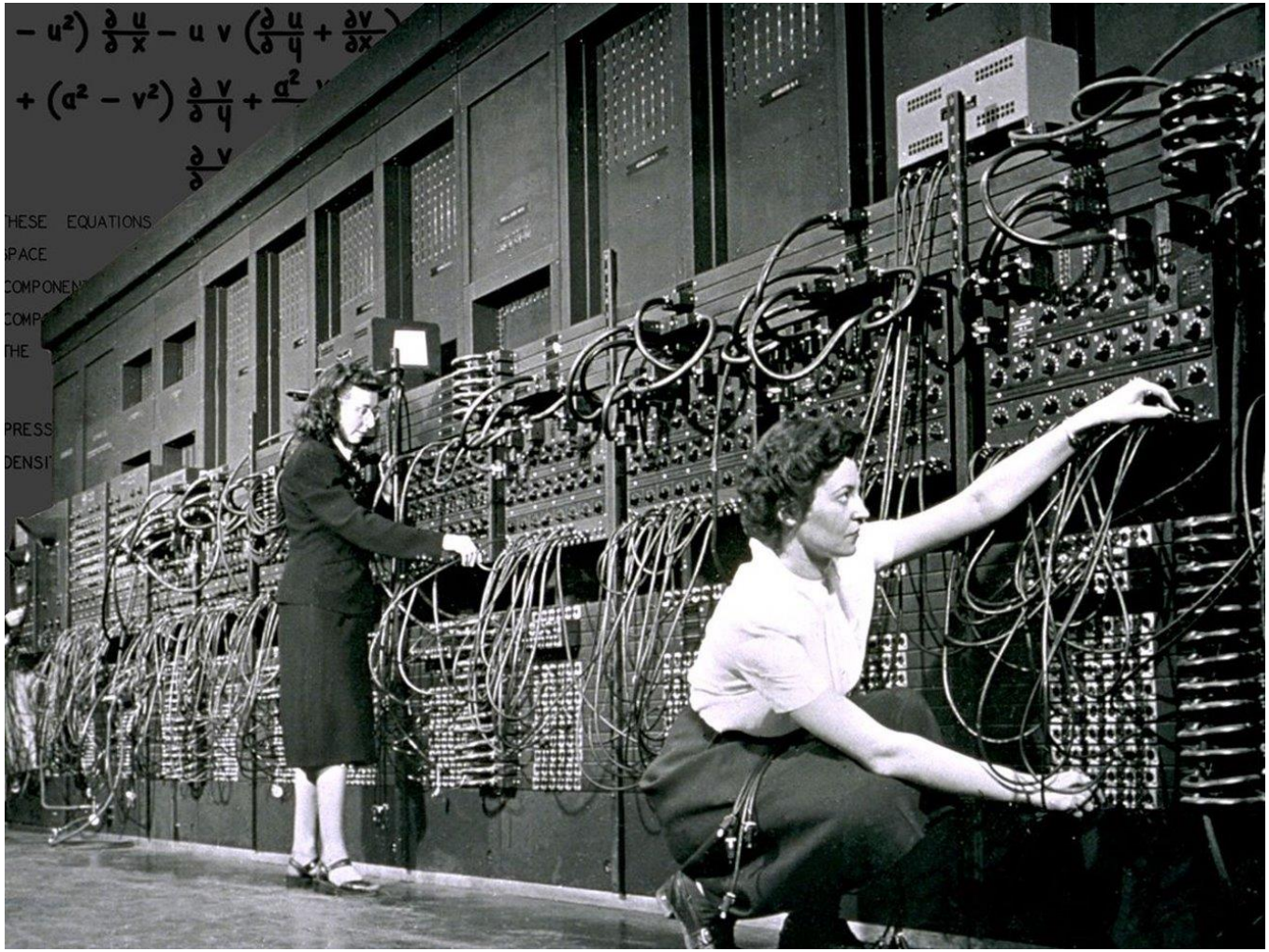
Zuse Z3

- Deutschland
- Vorstellung 1941
- 1943 bei Bombenangriff zerstört (Bild: Nachbau)
- Arbeitete im Binärsystem
- Computer wurde nicht als sehr wichtig betrachtet
- -> Kam nie zu Routinebetrieb



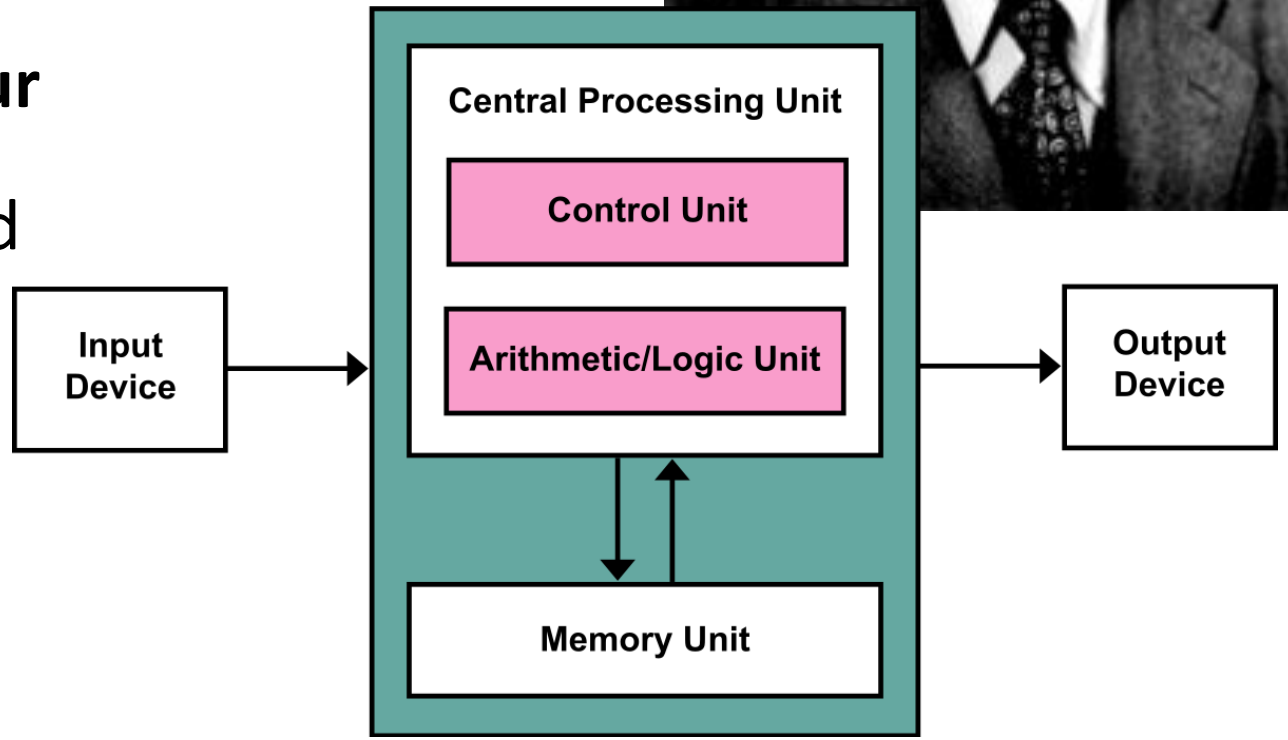
ENIAC

- Im Auftrag des US-Militärs gebaut
- Vorstellung 1946
- Maschinencode wurde direkt mit Kabelverbindungen geschrieben
- Wurde hauptsätzlich von Frauen bedient («ENIAC Frauen»)
- Zweck: Berechnungen für Flugbahn von Artillerie



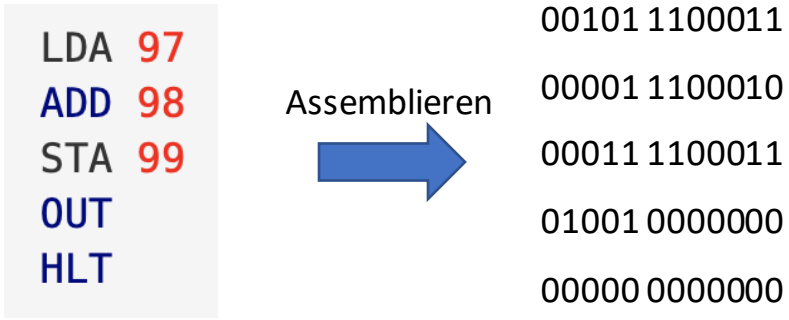
Von-Neumann-Architektur

- Grundidee zum Aufbau von Computer stammt von **John von Neumann** aus Jahr **1945**
- Seine **Von-Neumann-Architektur** ist ein einfaches **Modell** davon, wie Computer *aufgebaut* ist und *funktioniert*
- Moderne Computer basieren (mehrheitlich) auf Von-Neumann-Architektur



Von-Neumann Fun Fact

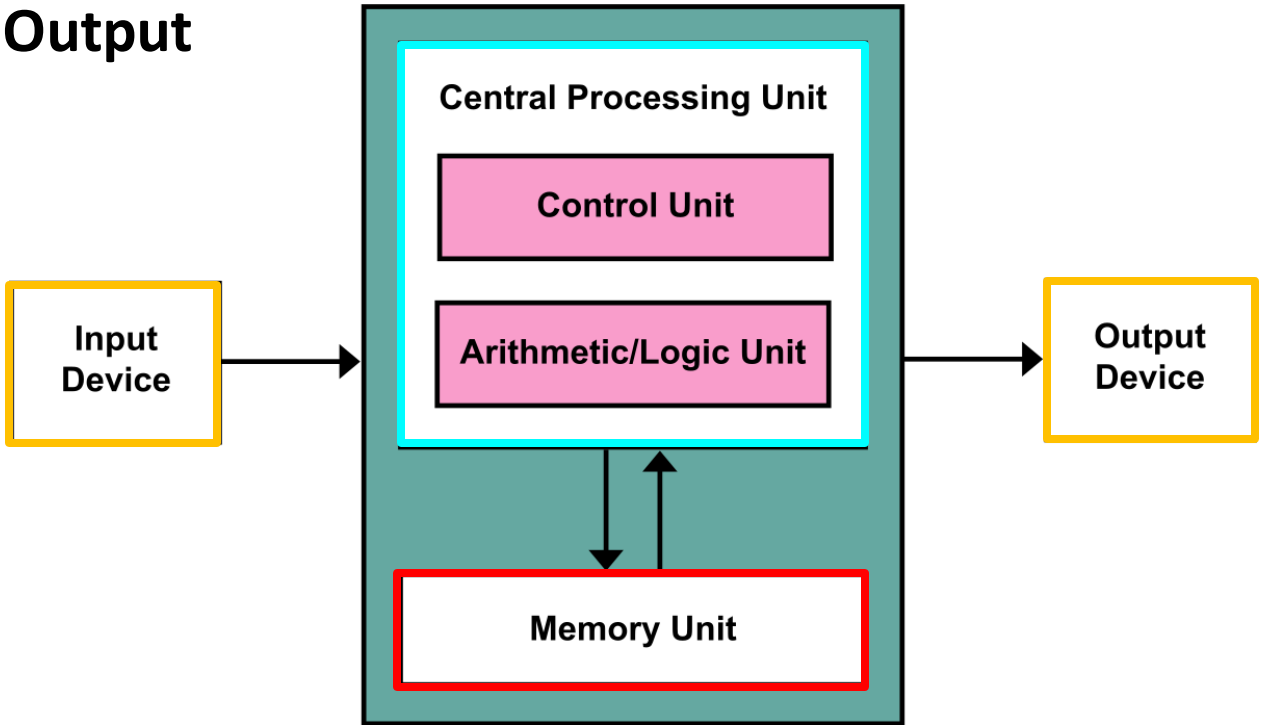
- Assemblieren: das Übersetzen von Assembly Code in Maschinencode.



- Auftrag von John von-Neumann an seine Student:innen:
  - Assemblercode von Hand in Maschinensprache umschreiben.
  - Um der langweiligen Arbeit zu entgehen, schrieben sie ein Programm, die das automatisierte.
  - Als von-Neumann das herausfand, war er verärgert, weil wertvolle Computerzeit für Büroarbeit verschwendet wurde, die geradesogut Menschen machen könnten...

Von-Neumann-Architektur

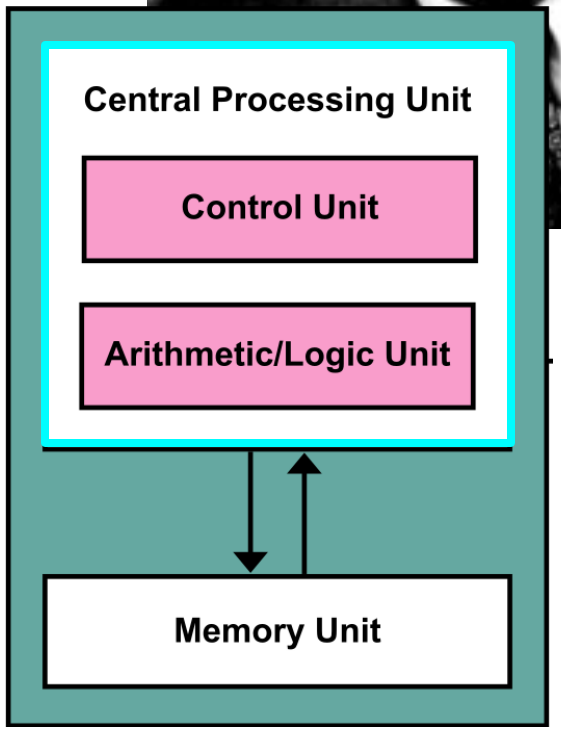
- Computer besteht aus **drei Hauptkomponenten**:
  - **Prozessor: CPU**
  - **Speicher: Memory Unit** (RAM)
  - **Input / Output**



Von-Neumann-Architektur

- Zwei Hauptbestandteile der CPU:

1. **Rechenwerk** (Arithmetic/Logic Unit, ALU):
   - kann Rechnen
   - z.B. zwei Zahlen addieren
2. **Steuerwerk** (Control Unit):
   - «Dirigentin» der CPU
   - Stellt sicher, dass korrekte Schritte in richtiger Reihenfolge ausgeführt werden
   - Führt Von-Neumann-Instruktionszyklus aus (später mehr dazu)



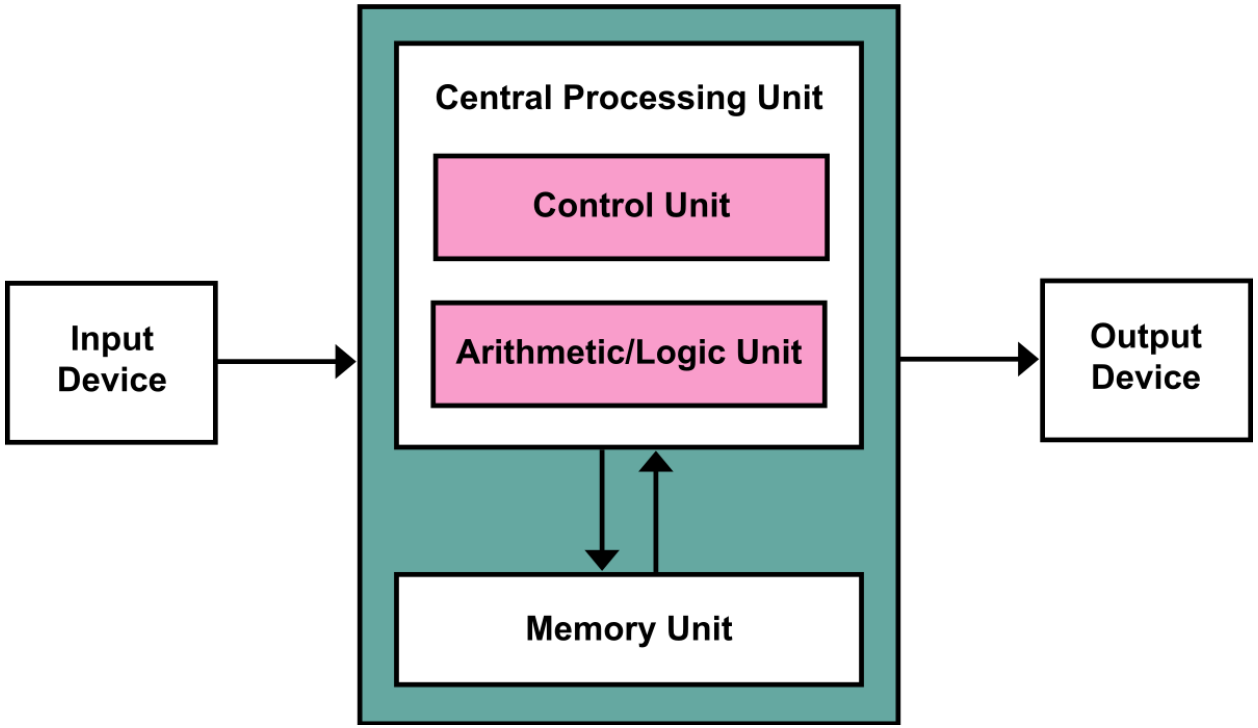
Central Processing Unit (CPU)

Steuerwerk / Control Unit

Rechenwerk / ALU

Von-Neumann-Architektur

- Little Man Computer basiert auch auf Von-Neumann-Architektur

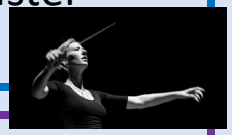


Little Man Computer

CPU

Steuerwerk / Control Unit

Program Counter:
merkt sich Adresse im Speicher von nächster Anweisung

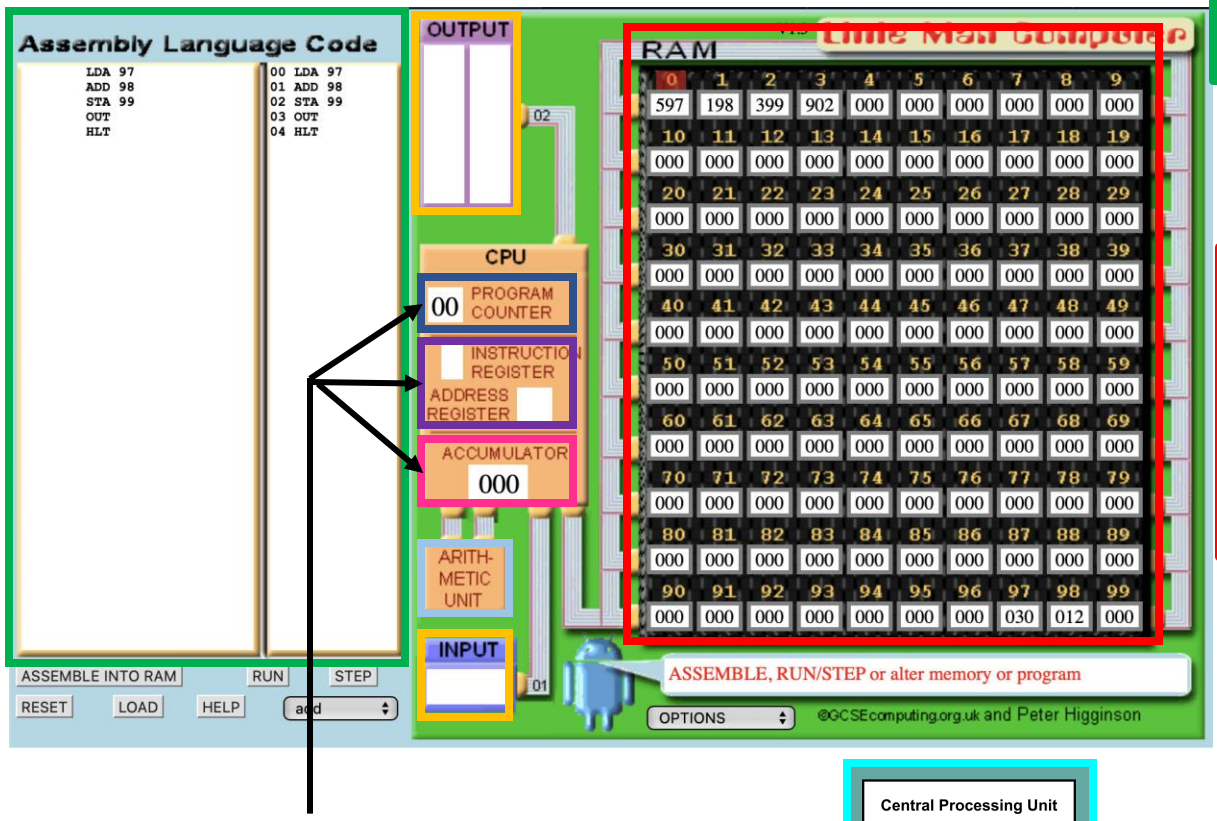


Instruction Register:
Merkt sich erste Stelle der aktuellen Anweisung

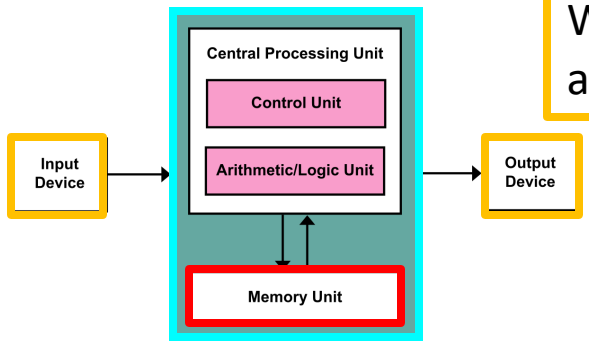
Address Register:
Merkt sich 2. und 3. Stelle

Arithmetic Unit:
Rechenwerk, stellt Rechnungen an

Akkumulator:
Speichert Resultat der letzten Operation / Berechnung



Register: kleiner Speicher



Programmcode in Assemblersprache:
- Jede Zeile beinhaltet eine Anweisung
- Werden am Anfang in Speicher geschrieben

Speicher / Memory / RAM:
- Speichert Programm-code UND Daten
- Hier: 100 Speicher-adressen (0-99)

Input / Output:
Werte eingeben und ausgeben lassen

Auftrag

Siehe Wiki

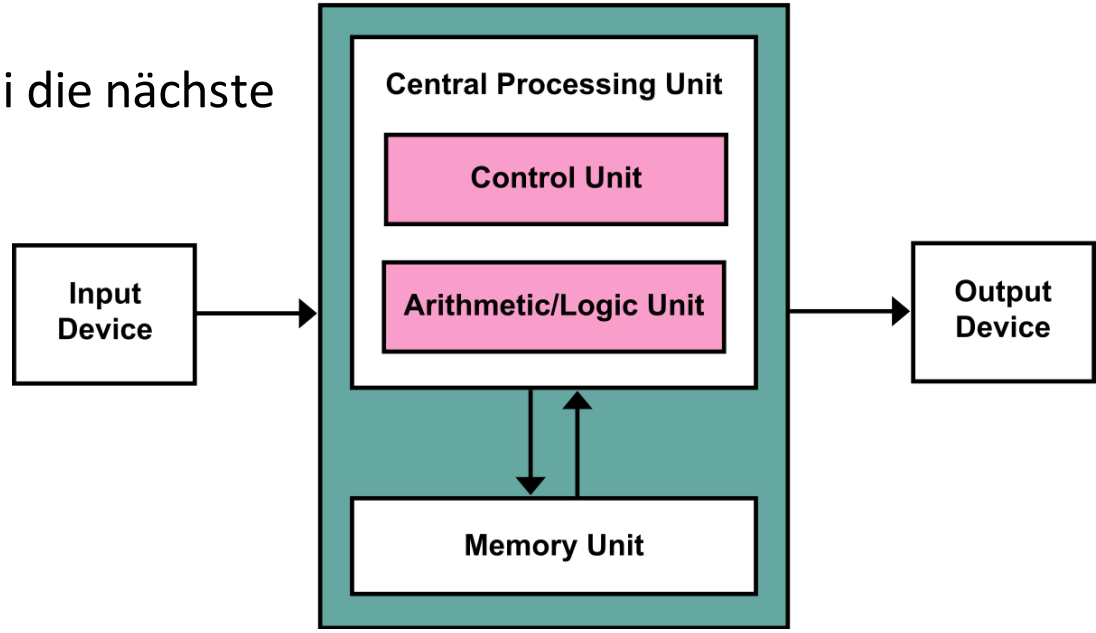
Lektion 3

Computerarchitektur

Von-Neumann-Instruktionszyklus

Von-Neumann-Architektur

- Maschinensprache-Code wird im Memory abgelegt
- … und von CPU *Zeile für Zeile* durchgegangen
- Für *jede Zeile* (also jede Instruktion) wird gesamter **Von-Neumann-Instruktionszyklus** durchgeführt:
  1. **Fetch** (holen gehen):
     - Hole im Speicher die nächste Instruktion – quasi die nächste Zeile Code
  2. **Decode** (decodieren):
     - Entschlüssle, was diese bedeutet.
  3. **Execute** (ausführen):
     - Führe sie aus.

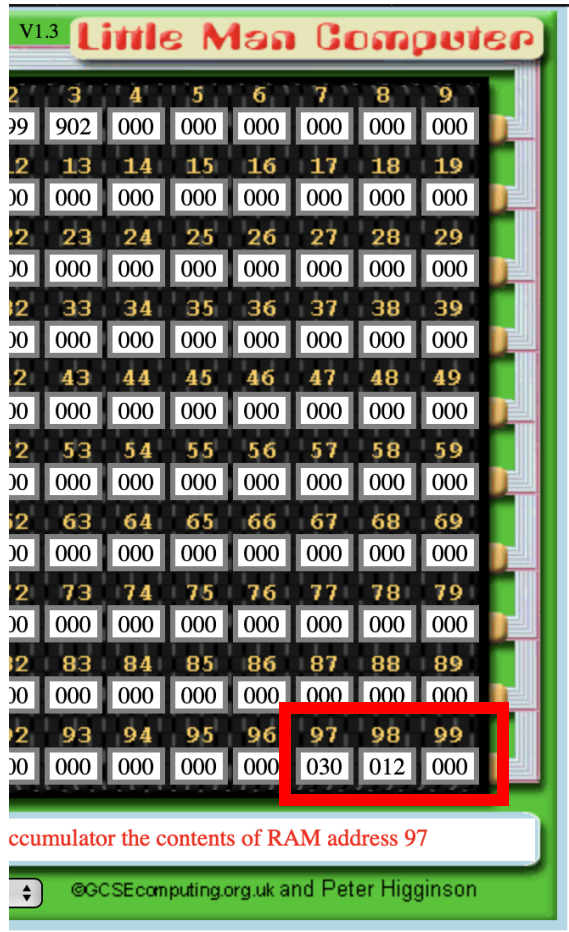


Von-Neumann-Instruktionszyklus

- Wollen genau anschauen für folgendes Programm:
  - An Speicheradressen 97 & 98 sind zwei Zahlen gespeichert
  - Addiere diese beiden Zahlen.
  - Schreibe Resultat an Speicheradresse 99 und gebe es aus.
- Auftrag: Do it (am Computer)! 2min!
- Lösung:

Assembly Language Code

```
LDA 97          00 LDA 97
ADD 98          01 ADD 98
STA 99          02 STA 99
OUT             03 OUT
HLT             04 HLT
```



Von-Neumann-Instruktionszyklus

- Zuerst muss **Programm in RAM gespeichert** werden:
  - Erste Zeile (‘LDA 97’) an Speicherposition 0
  - Zweite Zeile (‘ADD 98’) an Speicherposition 1
  - …
- In welchem Format werden Befehle gespeichert? Im Speicher können nur Zahlen gespeichert werden.
- -> verwende Instruction Set

Von-Neumann-Instruktionszyklus

Code	Name	Description
0	HLT	Stop (Little Man has a rest).
1	ADD	Add the contents of the memory address to the Accumulator
2	SUB	Subtract the contents of the memory address from the Accumulator
3	STA or STO	Store the value in the Accumulator in the memory address given.
4		This code is unused and gives an error.
5	LDA	Load the Accumulator with the contents of the memory address given
6	BRA	Branch - use the address given as the address of the next instruction
7	BRZ	Branch to the address given if the Accumulator is zero
8	BRP	Branch to the address given if the Accumulator is zero or positive
9	INP or OUT	Input or Output. Take from Input if address is 1, copy to Output if address is 2.
9	OTC	Output accumulator as a character if address is 22. (Non-standard instruction)
	DAT	Used to indicate a location that contains data.

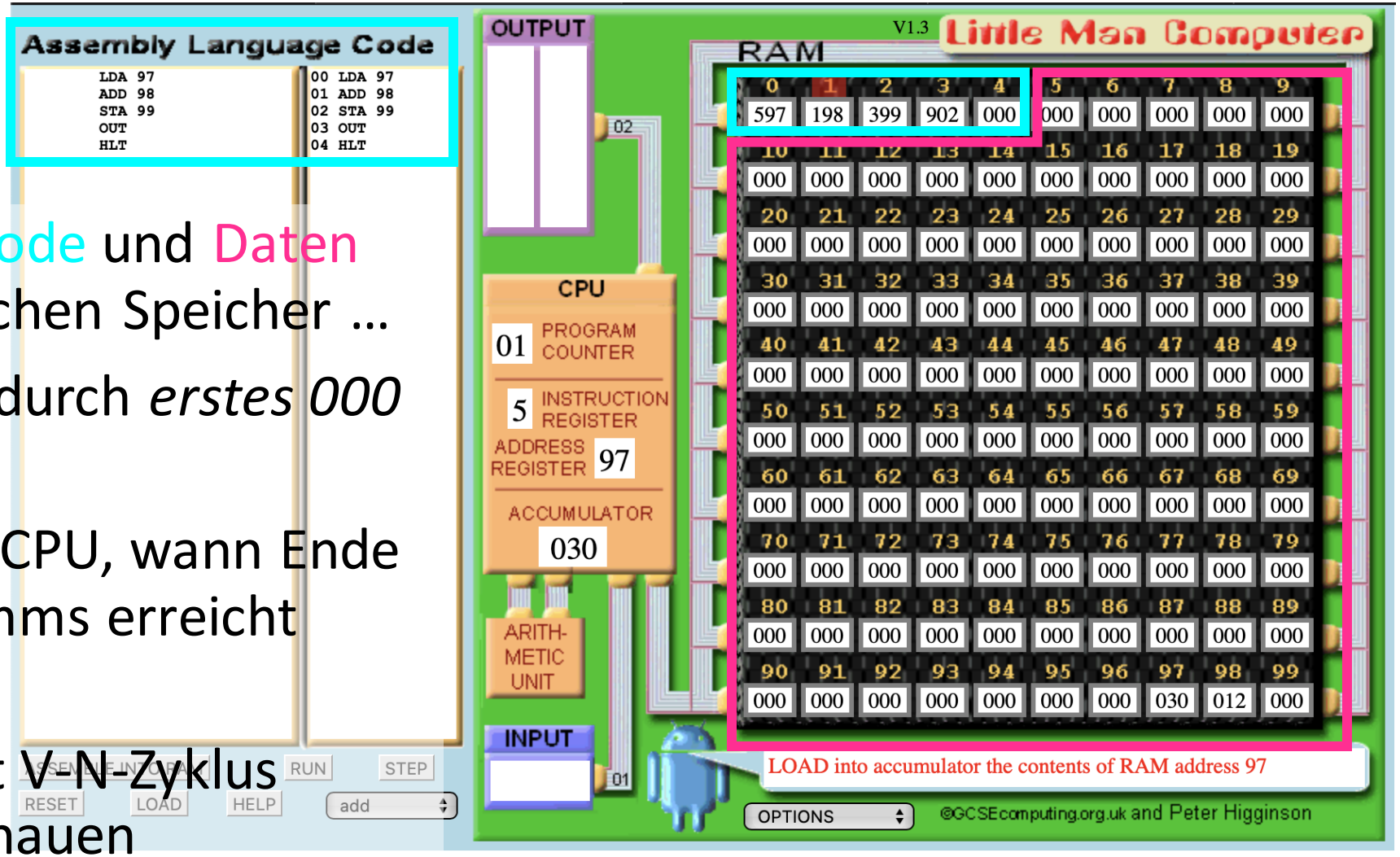
```
LDA 97
ADD 98
STA 99
OUT
HLT
```

```
00 LDA 97
01 ADD 98
02 STA 99
03 OUT
04 HLT
```

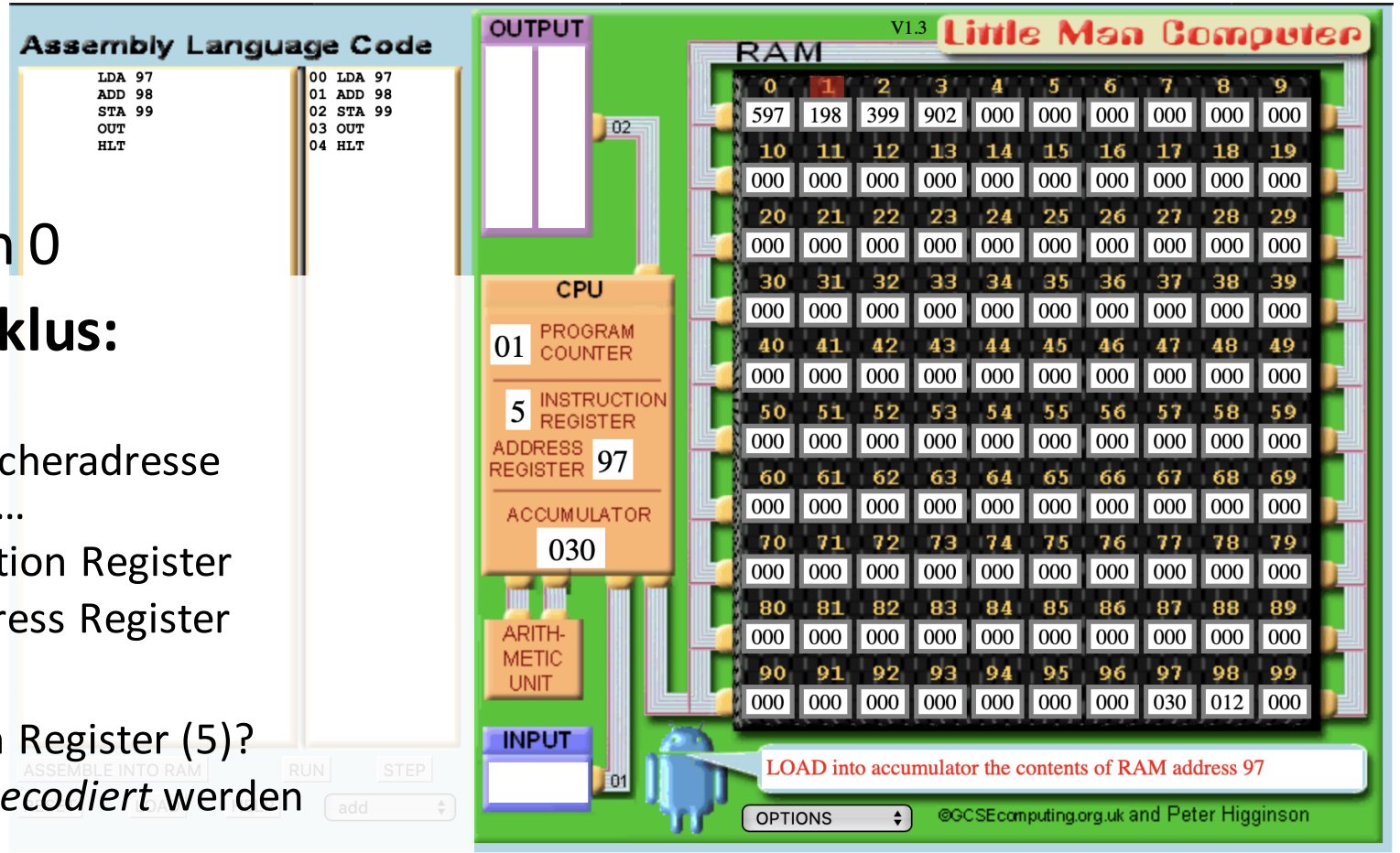
→ 597
→ 198
→ 399
→ 902
→ 000

Von-Neumann-Instruktionszyklus

- Programmcode und Daten sind im gleichen Speicher …
- … getrennt durch *erstes 000* (HLT)
- Dieses sagt CPU, wann Ende des Programms erreicht wurde
- Wollen jetzt V-N-Zyklus genau anschauen



Zeile 1: LDA 97



- Program Counter ist anfänglich 0
- **Von-Neumann-Instruktionszyklus:**
  1. **Fetch**:
     - Hole (*fetche*) Instruktion an Speicheradresse (Program Counter), also 597 un …
     - schreibe erste Zahl (5) in Instruction Register
     - schreibe zweite Zahl (97) in Address Register
  2. **Decode**:
     - Was bedeutet Zahl in Instruction Register (5)?
     - 5 ist ein Code und muss zuerst *decodiert* werden
     - CPU ermittelt, dass 5 bedeutet:
       «**Lade in Akkumulator (5)** den Wert an der im Address Register angegebenen Speicherposition (97)»
  3. **Execute**: führe (*execute*) diesen Befehl aus
- In Zwischenzeit wurde Programcounter um 1 erhöht …
- Und V-N-Zyklus beginnt von vorne für nächste Instruktion

Auftrag

Siehe Wiki

Lektion 4

Computerarchitektur

Loops & Jumps mit LMC

Schleifen und Co.

- Essenziell fürs Programmieren:
  - Schleifen (while, for)
  - Verzweigungen (if-elif-else)
  - Funktionen
- Diese Elemente gibt es in praktisch allen Programmiersprachen
- Doch wie realisiert man diese Elemente in Assemblerspracher / Maschinensprache?
- **Sprünge!**
- Springe zu einer Zeile Code

Schleife

- Führe gleichen Codeblock mehrfach aus, indem du danach wieder an gleiche Zeile zurückspringst.

```
x = input("Enter a positive number")
while x <= 0:
    x = input("Enter a positive number")

print("Congratulations, you entered a positive number!")
```

Verzweigung

- Zeilen Code überspringen.

```
age = int(input("Enter your age"))

if age >= 18:
    print("Schnaps!")
elif age >= 16:
    print("Beer!")
else:
    print("Sirup!")
```

Funktion

- Springe zu Zeile irgendwo im Code, führe Codeblock aus und springe nachher wieder zurück.

```
def linear_search(li,el):
    i = 0
    while i < len(li):
        if el == li[i]:
            return i
        i = i + 1
    return None

print(linear_search(['Adam','Berta','Christine','Dagobert'],'Berta'))
```

Branch

- Alles das kann mithilfe der **Branch**-Befehle im LMC umgesetzt werden
- Branch: Ast, to branch: abzweigen
- LMC: `BRA, BRZ, BRP`
- `BRA 4`: Code springt zu Programmzeile 4
- `BRZ 4` oder `BRP 4`: Springt ebenfalls zu Programmzeile 4 aber nur, *falls* eine Bedingung erfüllt ist (siehe Befehlssatz).

Auftrag

Siehe Wiki

Lektion 6

Computerarchitektur

Zeichentabellen & Symbole im LMC

Symbole

- Computer speichert und rechnet nur mit (Binär)Zahlen.
- Wie kann man mit Computer nun Symbole (z.B. Buchstaben) darstellen?
- Ideen?
- Trick: Weise jedem Symbol einen Wert zu.
- -> **Zeichentabelle**
- Beispiel: ASCII ---------->

0	NUL	16	DLE	32		48	0	64	@	80	P	96	`	112	p
1	SOH	17	DC1	33	!	49	1	65	A	81	Q	97	a	113	q
2	STX	18	DC2	34	"	50	2	66	B	82	R	98	b	114	r
3	ETX	19	DC3	35	#	51	3	67	C	83	S	99	c	115	s
4	EOT	20	DC4	36	$	52	4	68	D	84	T	100	d	116	t
5	ENQ	21	NAK	37	%	53	5	69	E	85	U	101	e	117	u
6	ACK	22	SYN	38	&	54	6	70	F	86	V	102	f	118	v
7	BEL	23	ETB	39	'	55	7	71	G	87	W	103	g	119	w
8	BS	24	CAN	40	(	56	8	72	H	88	X	104	h	120	x
9	HT	25	EM	41	)	57	9	73	I	89	Y	105	i	121	y
10	LF	26	SUB	42	*	58	:	74	J	90	Z	106	j	122	z
11	VT	27	ESC	43	+	59	;	75	K	91	[	107	k	123	{
12	FF	28	FS	44	,	60	<	76	L	92	\	108	l	124	|
13	CR	29	GS	45	-	61	=	77	M	93	]	109	m	125	}
14	SO	30	RS	46	.	62	>	78	N	94	^	110	n	126	~
15	SI	31	US	47	/	63	?	79	O	95	_	111	o	127	DEL

ASCII & Unicode

- ASCII: 7-Bit -> 128 Symbole
- Zum Beispiel: Grossbuchstaben: 65 bis und mit 90
- Unicode:
  - Erweiterung von ASCII
  - Identisch in ersten 128 Zeichen
  - Ca. 150'000 Symbole (2023)
- Werden ASCII & Unicode in Zusammenhang mit anderem Thema genauer anschauen

0	NUL	16	DLE	32		48	0	64	@	80	P	96	`	112	p
1	SOH	17	DC1	33	!	49	1	65	A	81	Q	97	a	113	q
2	STX	18	DC2	34	"	50	2	66	B	82	R	98	b	114	r
3	ETX	19	DC3	35	#	51	3	67	C	83	S	99	c	115	s
4	EOT	20	DC4	36	$	52	4	68	D	84	T	100	d	116	t
5	ENQ	21	NAK	37	%	53	5	69	E	85	U	101	e	117	u
6	ACK	22	SYN	38	&	54	6	70	F	86	V	102	f	118	v
7	BEL	23	ETB	39	'	55	7	71	G	87	W	103	g	119	w
8	BS	24	CAN	40	(	56	8	72	H	88	X	104	h	120	x
9	HT	25	EM	41	)	57	9	73	I	89	Y	105	i	121	y
10	LF	26	SUB	42	*	58	:	74	J	90	Z	106	j	122	z
11	VT	27	ESC	43	+	59	;	75	K	91	[	107	k	123	{
12	FF	28	FS	44	,	60	<	76	L	92	\	108	l	124	|
13	CR	29	GS	45	-	61	=	77	M	93	]	109	m	125	}
14	SO	30	RS	46	.	62	>	78	N	94	^	110	n	126	~
15	SI	31	US	47	/	63	?	79	O	95	_	111	o	127	DEL

Symbole im LMC

- Kann mit LMC Unicode-Symbole ausgeben …
- … zumindest die ersten 1000 Symbole
- Grund: Max. Zahl ist 999
- Befehl `OTC` gibt Unicode-Symbol von aktuellem Wert im Akkumulator aus

```
  0 NUL    16 DLE    32      48 0    64 @    80 P    96 `   112 p
  1 SOH    17 DC1    33 !    49 1    65 A    81 Q    97 a   113 q
  2 STX    18 DC2    34 "    50 2    66 B    82 R    98 b   114 r
  3 ETX    19 DC3    35 #    51 3    67 C    83 S    99 c   115 s
  4 EOT    20 DC4    36 $    52 4    68 D    84 T   100 d   116 t
  5 ENQ    21 NAK    37 %    53 5    69 E    85 U   101 e   117 u
  6 ACK    22 SYN    38 &    54 6    70 F    86 V   102 f   118 v
  7 BEL    23 ETB    39 '    55 7    71 G    87 W   103 g   119 w
  8 BS     24 CAN    40 (    56 8    72 H    88 X   104 h   120 x
  9 HT     25 EM     41 )    57 9    73 I    89 Y   105 i   121 y
 10 LF     26 SUB    42 *    58 :    74 J    90 Z   106 j   122 z
 11 VT     27 ESC    43 +    59 ;    75 K    91 [   107 k   123 {
 12 FF     28 FS     44 ,    60 <    76 L    92 \   108 l   124 |
 13 CR     29 GS     45 -    61 =    77 M    93 ]   109 m   125 }
 14 SO     30 RS     46 .    62 >    78 N    94 ^   110 n   126 ~
 15 SI     31 US     47 /    63 ?    79 O    95 _   111 o   127 DEL
```

Auftrag

- Gebe "KSR" aus mit LMC.
- Danach weiter wie angegeben auf Wiki