9. Assembler: Der Prozessor Motorola 68000

9.1 Beschreibung des Prozessors M 68000

9.2 Adressierungsarten des M 68000

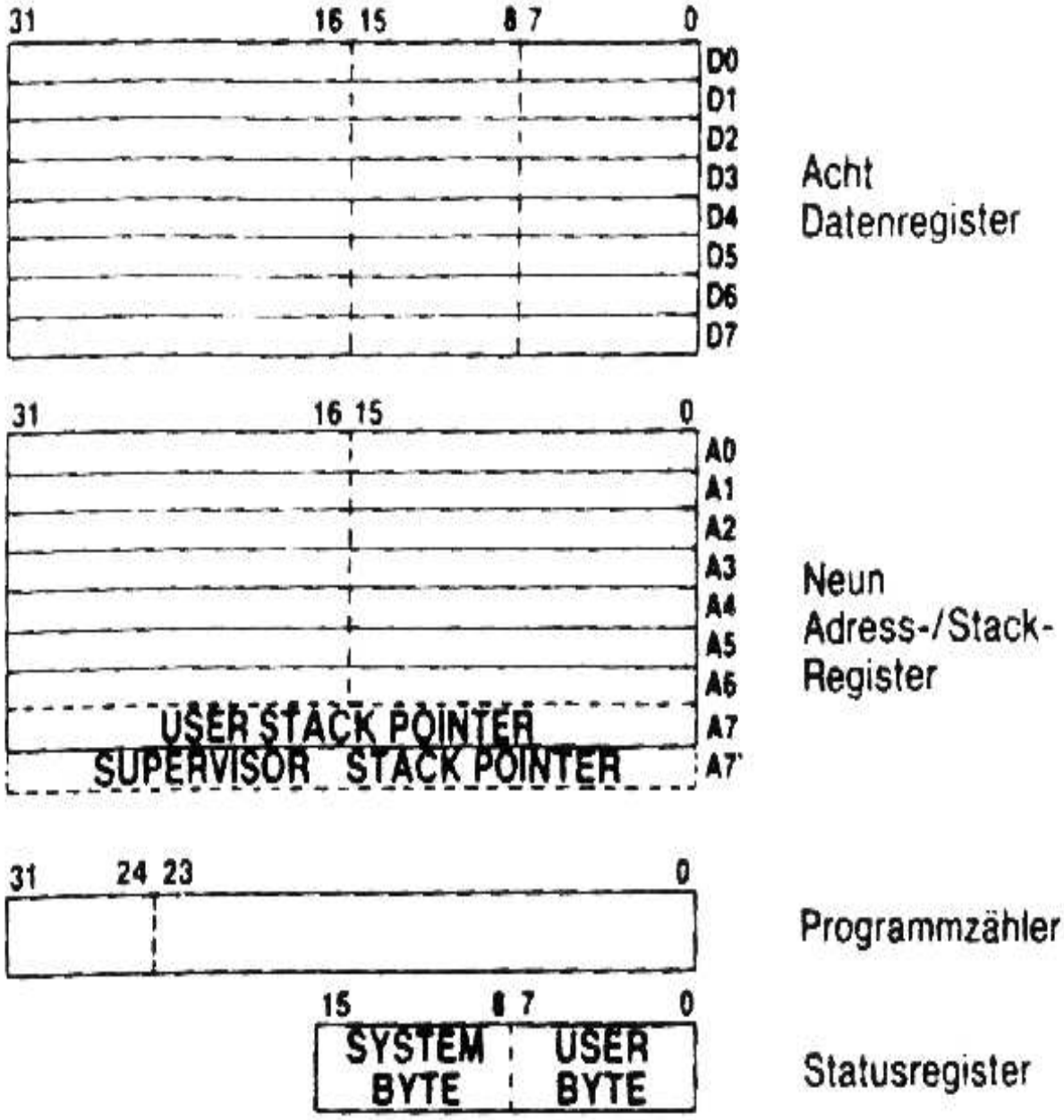
9.1 Beschreibung des Prozessors M 68000

Charakteristische Daten des Motorola 68000

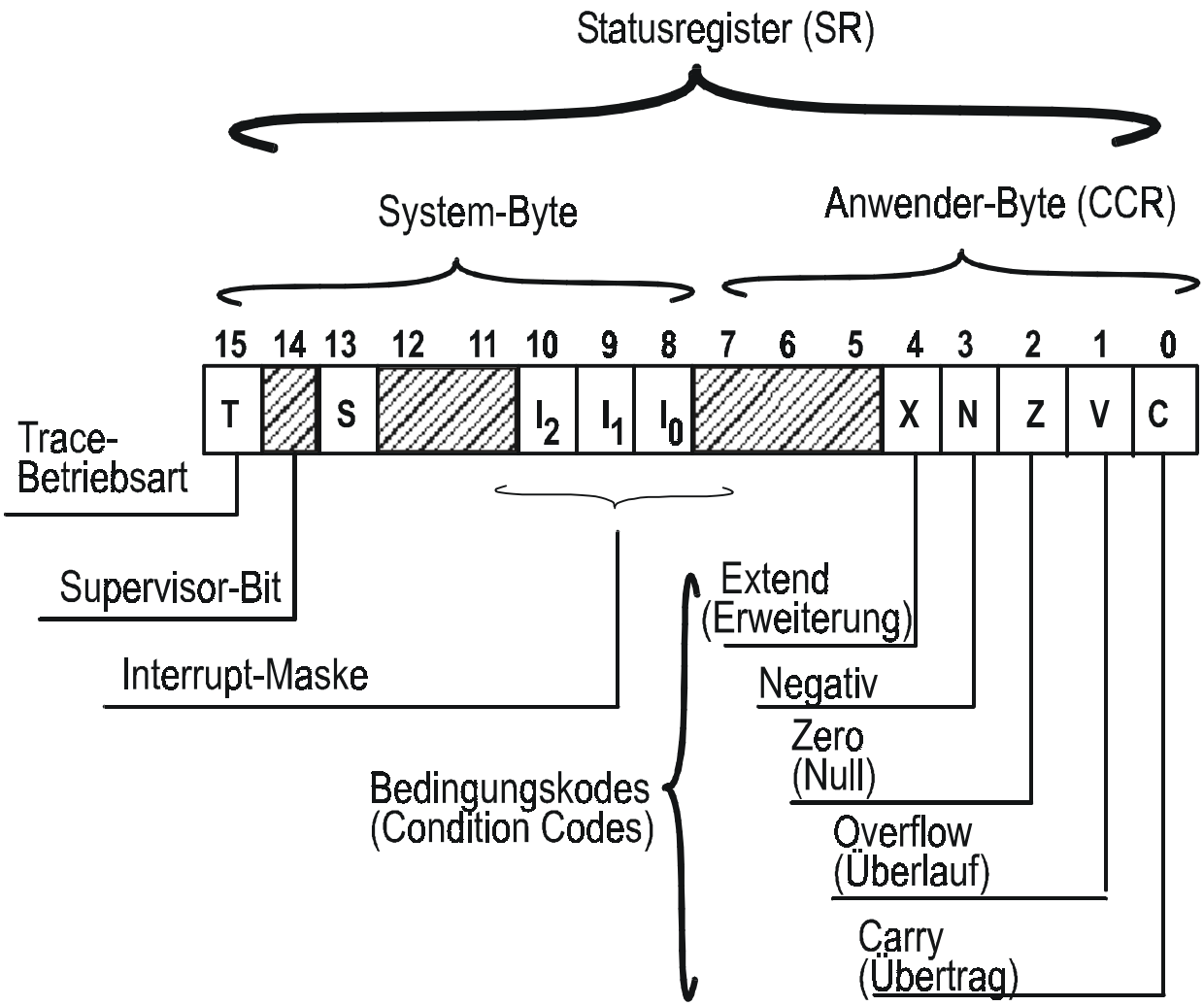
- 56 Maschinenbefehle
- 14 Adressierungsarten
- Zweiadressmaschine mit
  - acht Datenregistern
  - neun Adress-/ Stackregistern
  - einem Befehlszähler (PC)
  - einem Statusregister
- CPU-intern 32- Bit-Rechnerorganisation
- Busbreite 16 Bit
- Taktfrequenz 4-12,5 MHz (je nach Modell)

“Urvater“ einer sehr erfolgreichen Prozessor-Familie (68010, 68020, 68030, 68040)

Registermodell des M 68000



Statusregister



System - und User - (Anwender -) byte im Statusregister

Die Flags im Status-Register SR (1)

Das **Carry-Flag C** wird immer dann auf Eins gesetzt, wenn bei einer arithmetischen Oparation im M68000 (z. B. Addieren, Schieben) aus dem vordersten Bit des Zieloperanden (Bit 31 bei Langwort, Bit 15 bei Wort und Bit 7 bei Byte) eine Eins als Übertrag entsteht oder bei Subtraktion ein "Borgen" durchgeführt wird. Ein Beispiel für die Anwendung des Carry-Flags wäre die Addition von zwei Zahlen, die jeweils größer als 32 Bit sind.

Das **Overflow-Flag V** zeigt an, ob während der Durchführung einer arithmetischen Operation ein Überschreiten eines Zahlenbereichs aufgetreten ist, d. h. wenn z. B. bei Addition von zwei positiven Zahlen das Ergebnis eine negative Zahl im Zweierkomplement darstellt. Außerdem wird das Overflow-Flag benutzt, um bei einer Divisionsoperation anzuzeigen, dass der Dividend zu groß ist bzw. der Quotient größer als 16 Bit werden würde. Ist dieser Fall eingetreten, so wird das Overflow-Flag auf Eins gesetzt, ansonsten auf Null.

Das **Zero-Flag Z** wird auf Eins gesetzt, wenn bei einer Operation das Ergebnis gleich Null ist bzw. wenn bei einer Vergleichsoperation (CMP) beide Operanden gleich sind, ansonsten enthält es eine Null.

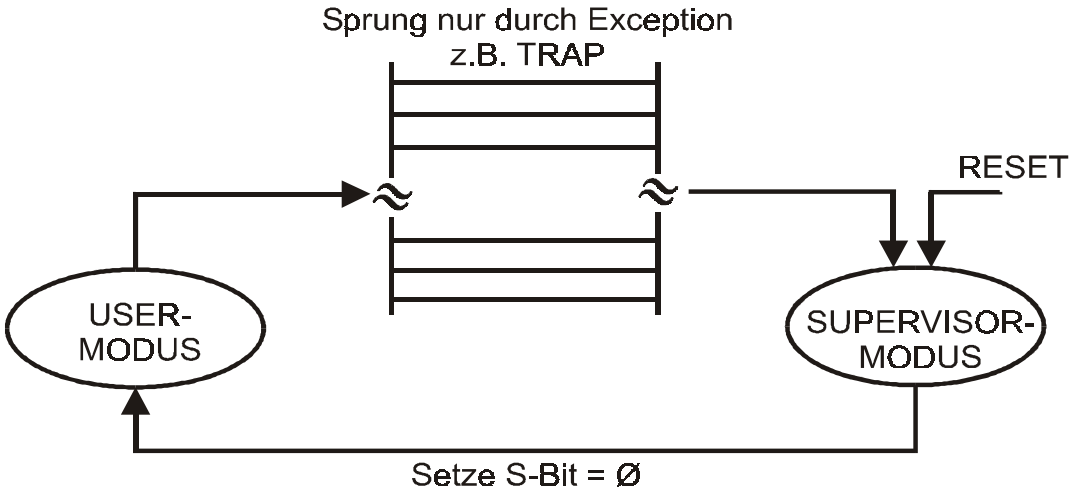
Die Flags im Status-Register SR (2)

Das **Negativ-Flag N** steht nach der Ausführung einer Oparation auf Eins, wenn das Ergebnis eine negative Zahl im Zweierkomplement darstellt, d.h. das höchstwertigste Bit im Ergebnis eine Eins ist. Ist dies nicht der Fall, so enthält dieses Flag eine Null.

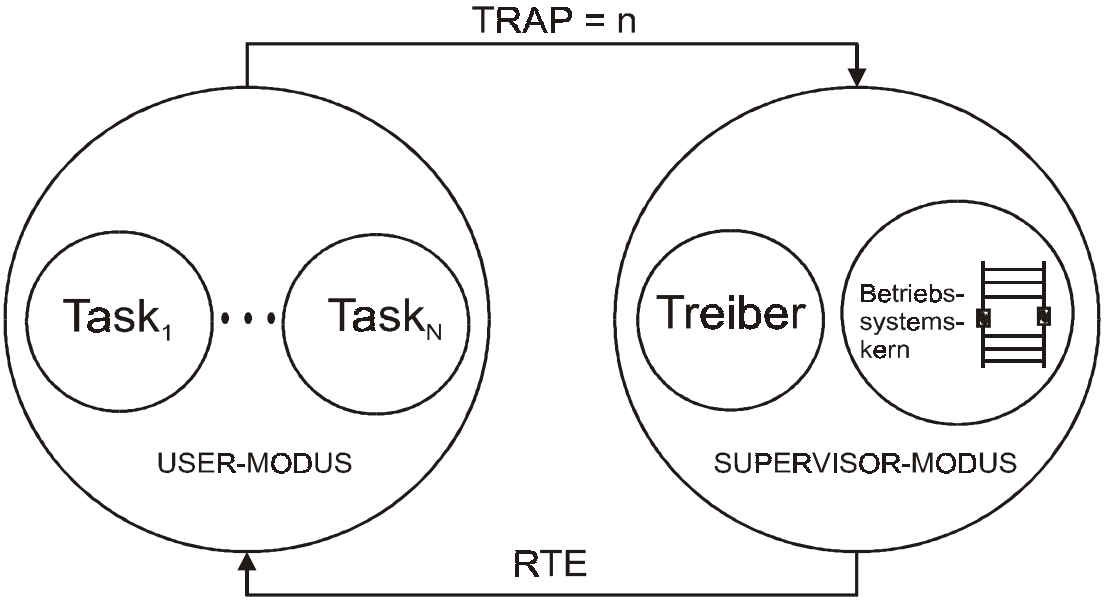
Das **Extend-Flag X** ist eine Besonderheit des M68000. Generell lässt sich über dieses Flag sagen, dass es sich, wenn es gesetzt wird, genauso verhält wie das Carry-Flag. Bei einigen Befehlen jedoch wird das Carry-Flag verändert, das Extend-Flag nicht. Man kann das Extend-Flag dazu verwenden, den Inhalt des Carry-Flags über mehrere Operationen weg aufzubewahren. So wird das Extend-Flag z.B. bei Addition und Subtraktion genauso gesetzt wie das Carry-Flag, bei Vergleichsoperationen (CMP) jedoch nicht verändert. Für exakte Aussagen, wann das Extend-Flag verwendet wird und wann nicht, ist es am Besten, die einzelnen Befehlsbeschreibungen nachzulesen. Ein Beispiel für eine Anwendung des Extend-Flags im M68000 ist die Addition von zwei Zahlen, die jeweils größer als 32 Bit sind.

User Mode und Supervisor Mode

User / Supervisor-Modus-Übergang



Typische Anwendung des User/Supervisor-Wechsels



Supervisor Mode und privilegierte Befehle

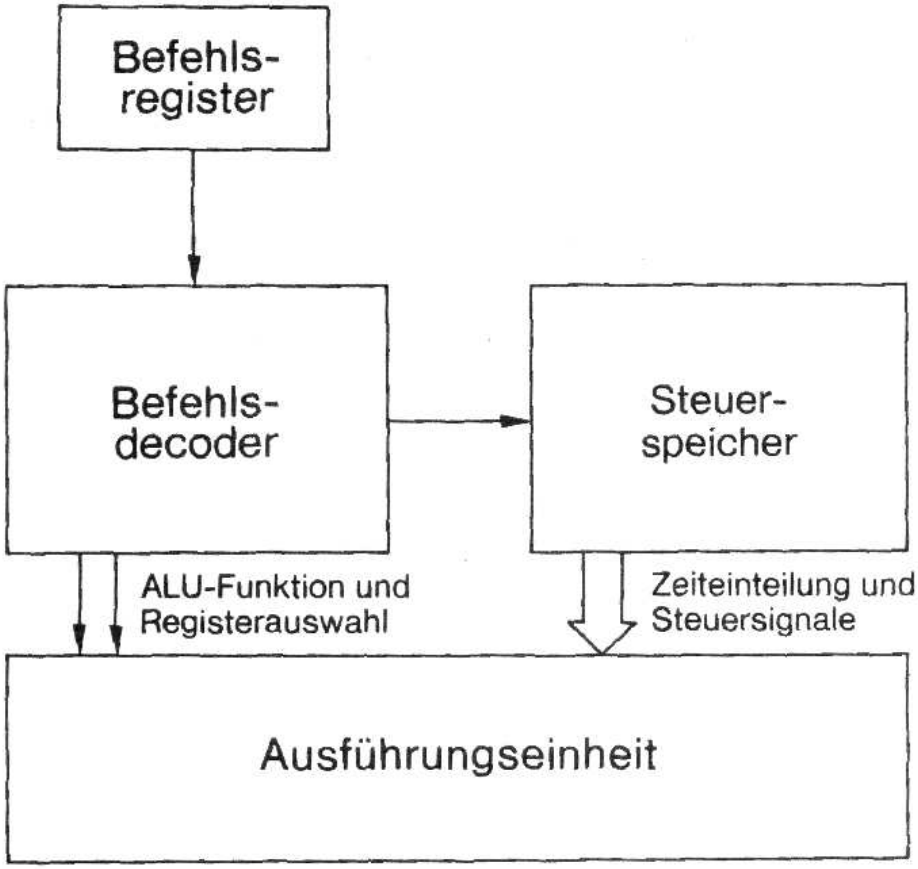
Modus	S-Bit	Einschränkungen	
User	0	**Privilegierte Befehle, die nicht erlaubt sind**	
		BEFEHL	BEDEUTUNG
		RESET	Rücksetzen externer Bausteine
		RYTE	Return from Exception
		STOP	Programmausführung anhalten
		ORI mit SR	logisches ODER mit Statusregister
		MOVE USP	MOVE zum User Stackpointer
		ANDI mit SR	logisches UND mit Statusregister
		EORI mit SR	log. Exklusiv-ODER mit Statusreg.
		MOVE EA zum SR	MOVE neuen Wert ins Statusreg.
Supervisor	1	Keine Einschränkungen - alle Befehle können ausgeführt werden.	

Privilegierte Befehle

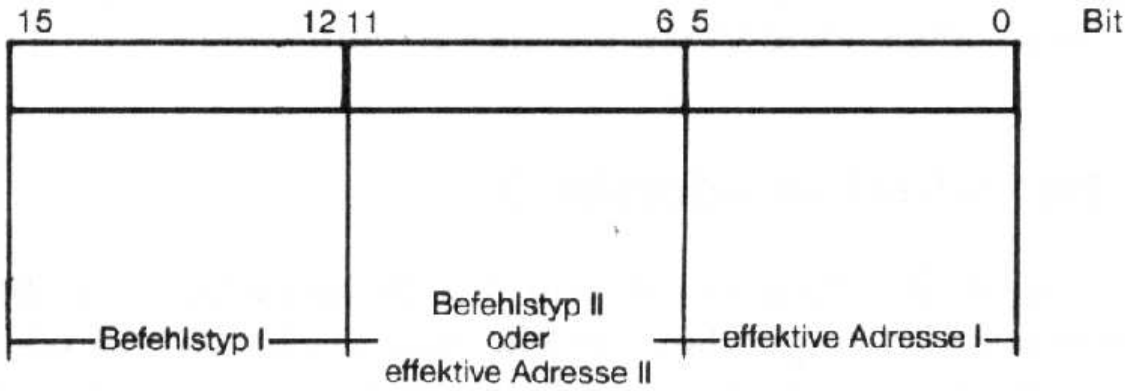
Mikroprogramm-Steuerung

ca. 180 Steuersignale in der Ausführungseinheit
(= Rechenwerk = ALU)

Steuerspeicher als mikroprogrammiertes ROM



9.2 Adressierungsarten des M 68000



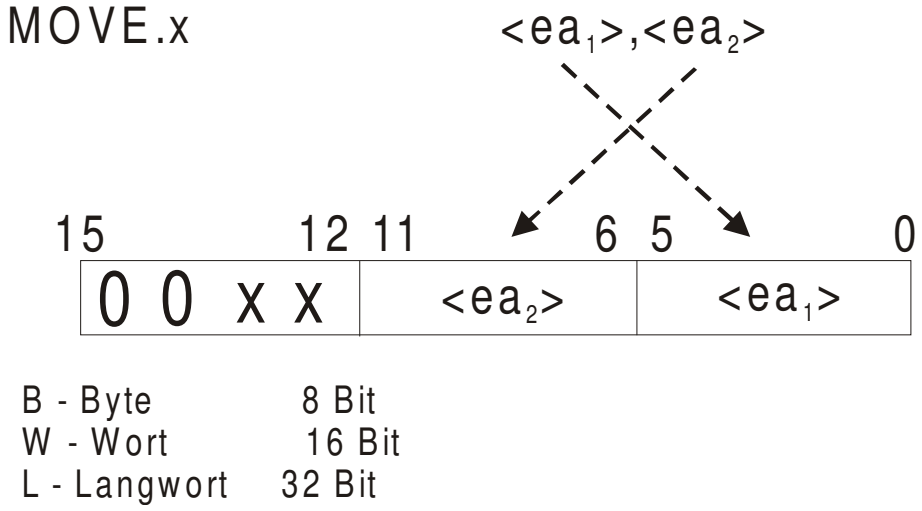
Nr.	EA-Modus	EA-Reg.	Adressierungsart	Mnemonik
1	0 0 0	Reg.Nr.	Datenregister direkt	Dn
2	0 0 1	Reg.Nr.	Adressregister direkt	An
3	0 1 0	Reg.Nr.	Adressregister indirekt (ARI)	(An)
4	0 1 1	Reg.Nr.	ARI mit Postinkrement	(An)+
5	1 0 0	Reg.Nr.	ARI mit Predekrement	–(An)
6	1 0 1	Reg.Nr.	ARI mit Adressdistanz	d16(An)
7	1 1 0	Reg.Nr.	ARI mit Adressdistanz und Index	d8(An,Rx)
8	1 1 1	0 0 0	Absolut kurz	$XXXX
9	1 1 1	0 0 1	Absolut lang	$XXXXXXXX
10	1 1 1	0 1 0	PC relativ mit Adressdistanz	d16(PC)
11	1 1 1	0 1 1	PC rel. mit Adressdist. u. Index	d8(PC,Rx)
12	1 1 1	1 0 0	Konstante, Statusregister	#, SR, CCR
13	1 1 1	1 0 1	(nicht verwendet)	
14	1 1 1	1 1 0	(nicht verwendet)	
15	1 1 1	1 1 1	(nicht verwendet)	

Datenformate

Der M68000 verarbeitet folgende Datenlängen:

Name	Größe	Verarbeitung
Bit	1 Bit	Bitmanipulationsbefehle
BCD	4 Bit	BCD-Befehle (gepackt, d.h. zwei BCD-Zahlen in einem Byte)
Byte	8 Bit	versch. Befehle, externe Daten
Wort*	16 Bit	versch. Befehle, externe Daten
Langwort	32 Bit	versch. Befehle, externe Daten

* Ein Wort ist die Standardverarbeitung, da der M68000 einen 16bit-Datenbus hat. Die Datenorganisation im Speicher zeigt Bild 2-10a.

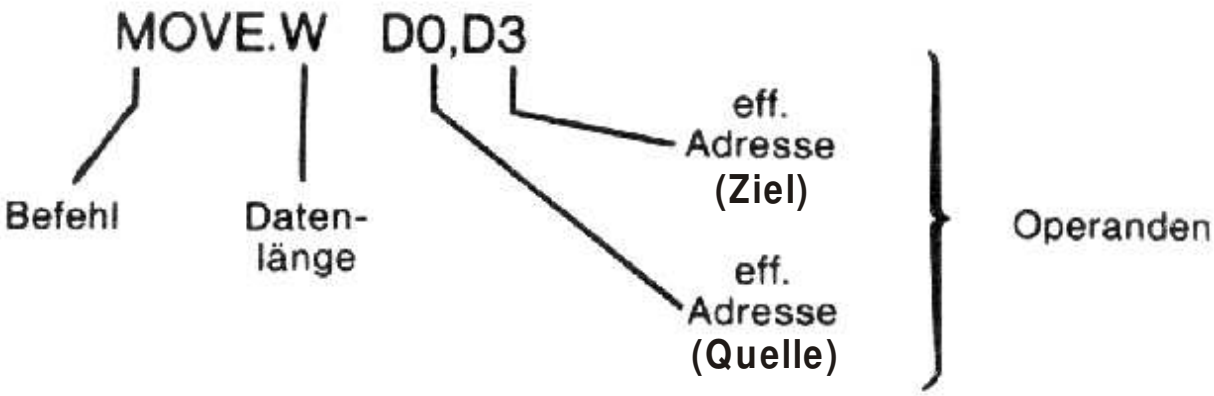


Adressierungsart "Register direkt“ (1)

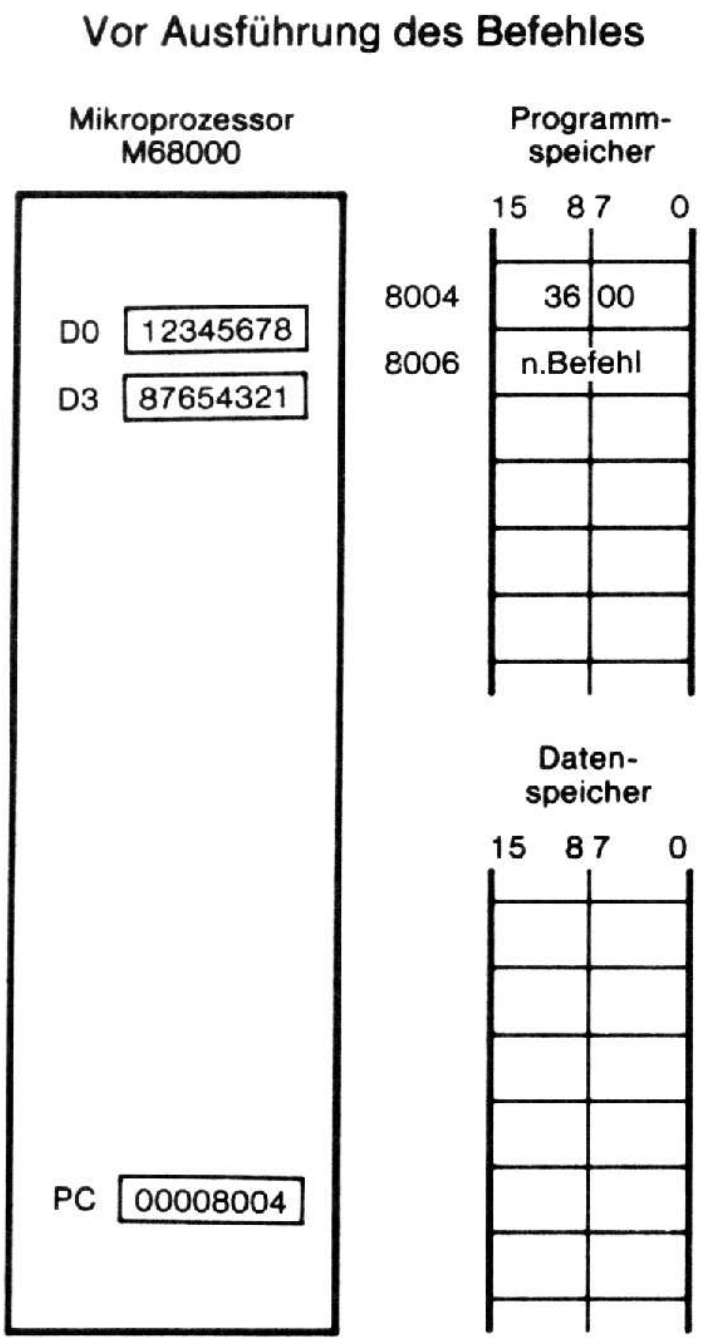
Die Operandenadresse ist ein Register (Datenregister, Adressregister, Statusregister).

Beispiel: MOVE D0,D3

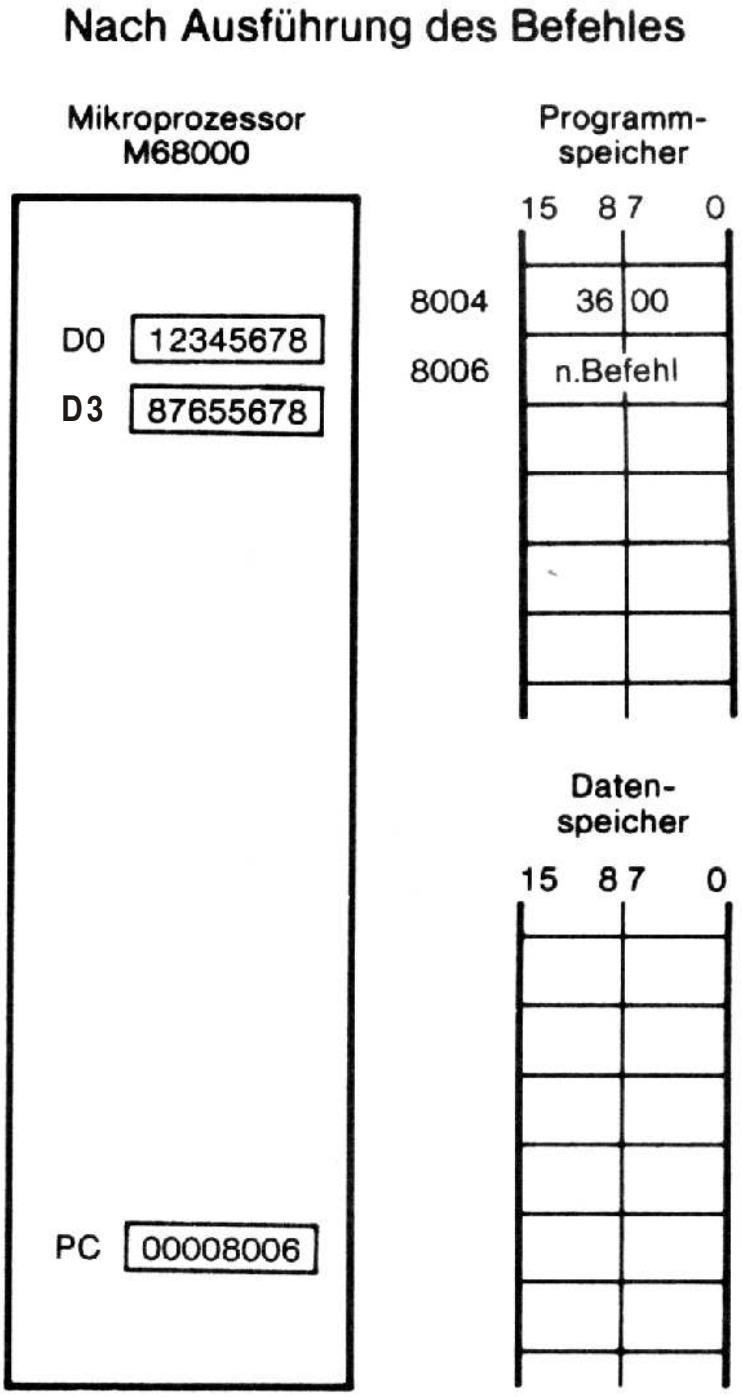
Gleichbedeutend mit:



Adressierungsart "Register direkt“ (2)



Adressierungsart "Register direkt“ (3)

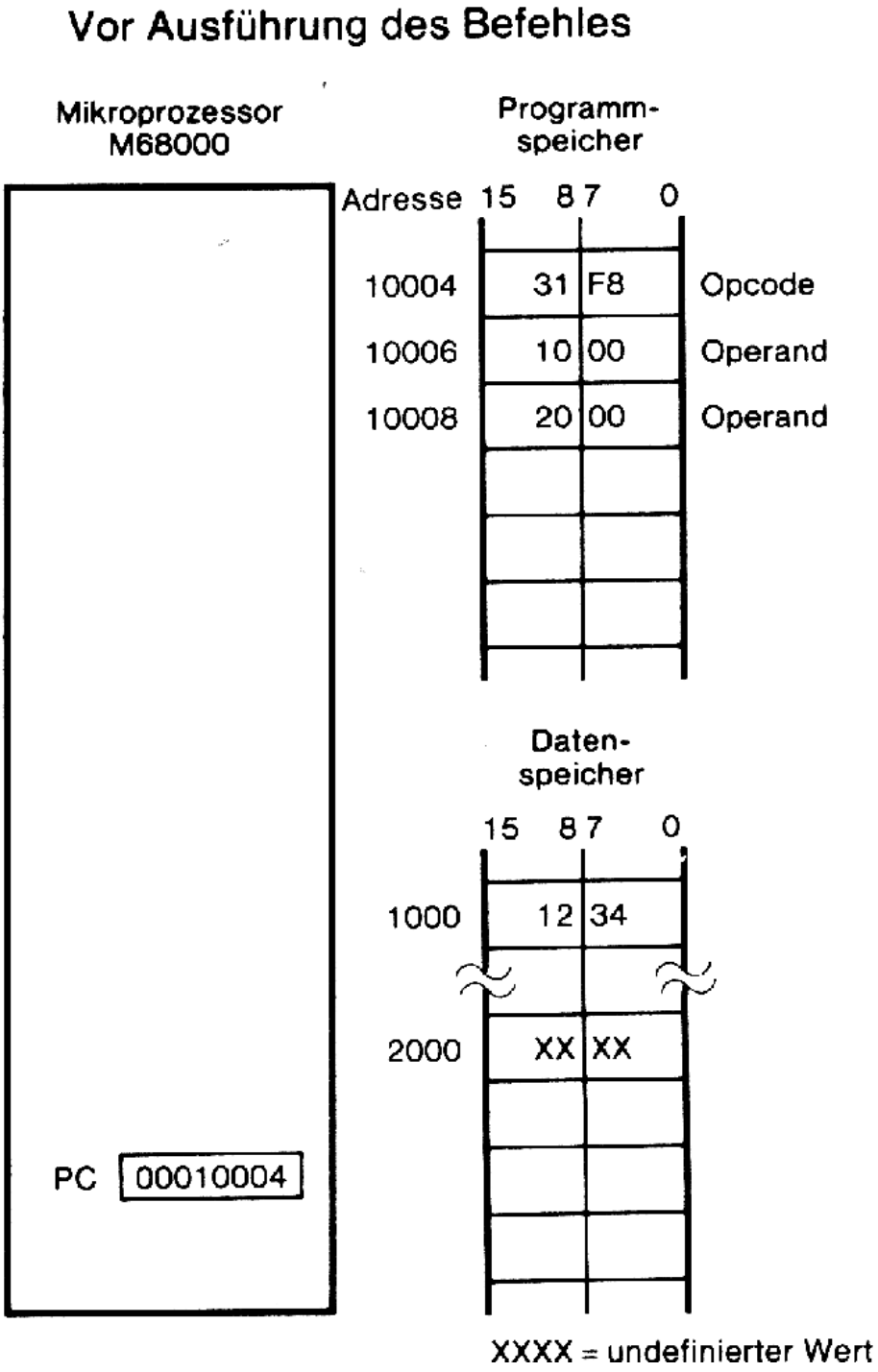


Absolute Adressierung (1)

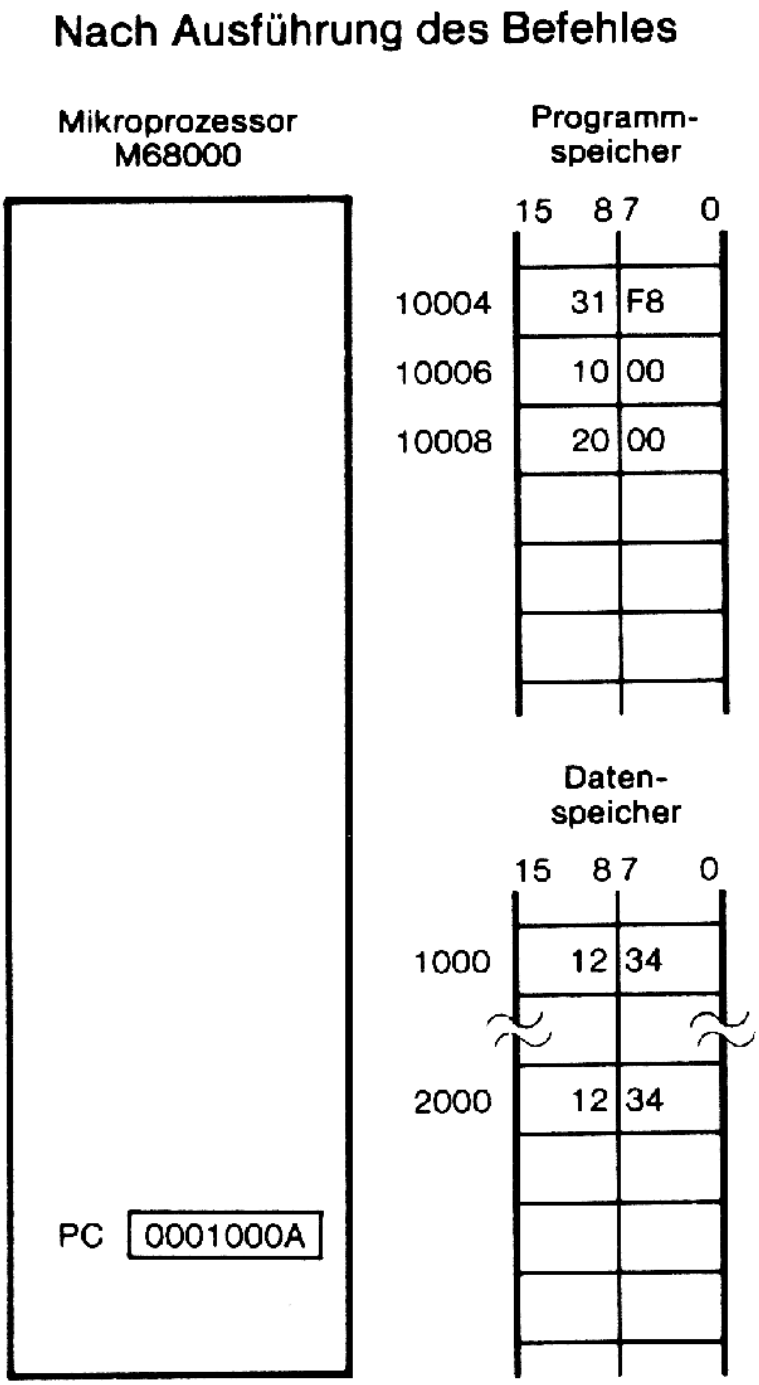
Die Operandenadresse ist eine absolute Adresse im Speicher.

Beispiel 1	MOVE $1000,$2000
Gleichbedeutend mit:	MOVE.W $1000,$2000

Absolute Adressierung (2)



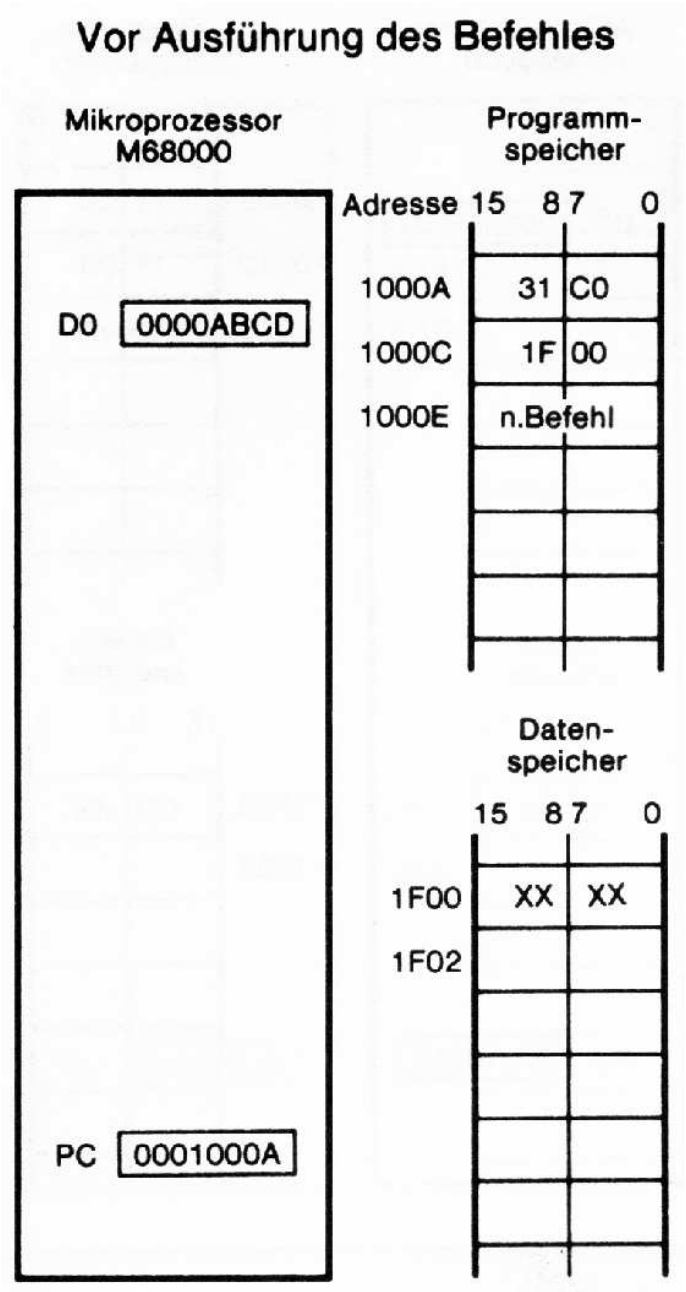
Absolute Adressierung (3)



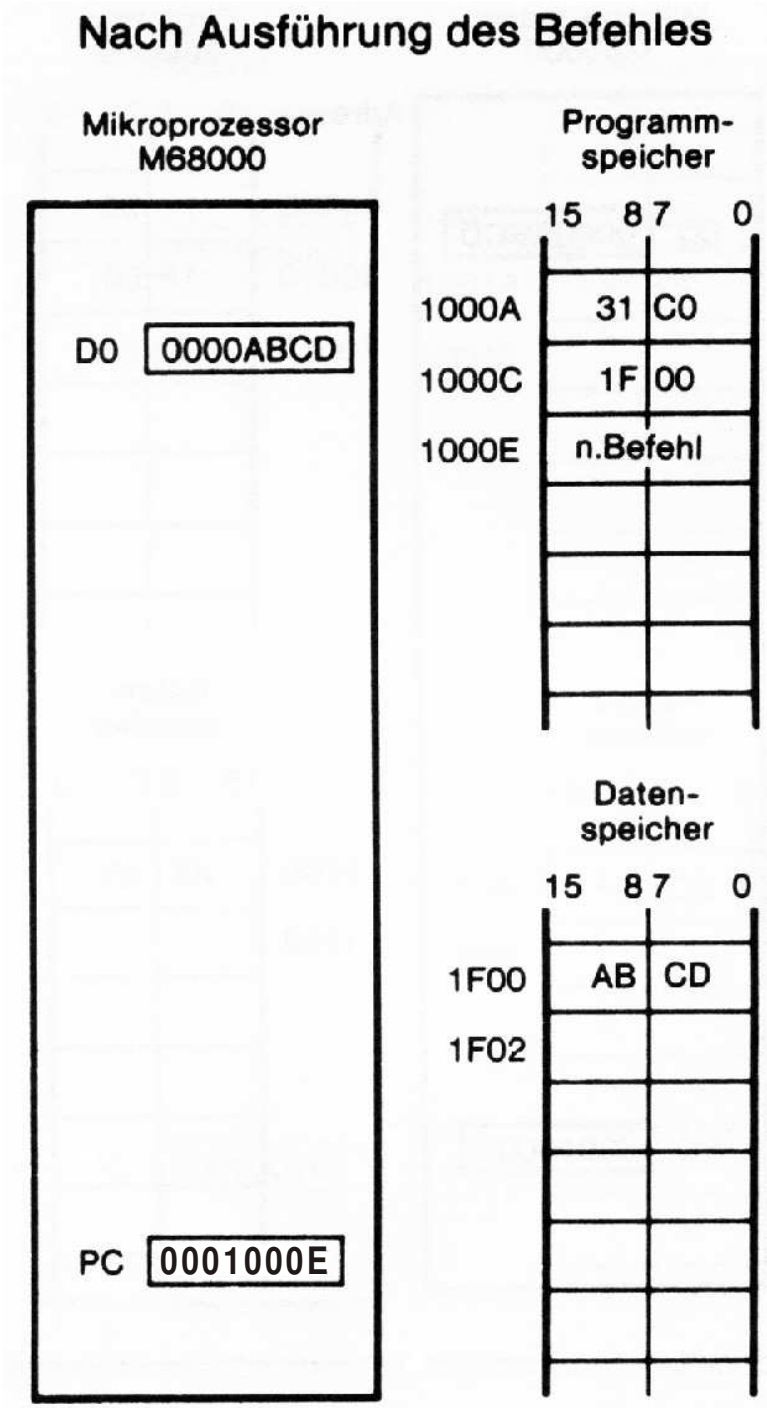
Absolute Adressierung (4)

Beispiel 2 MOVE D0,$1F00

Gleichbedeutend mit MOVE.W D0,$1F00



Absolute Adressierung (5)



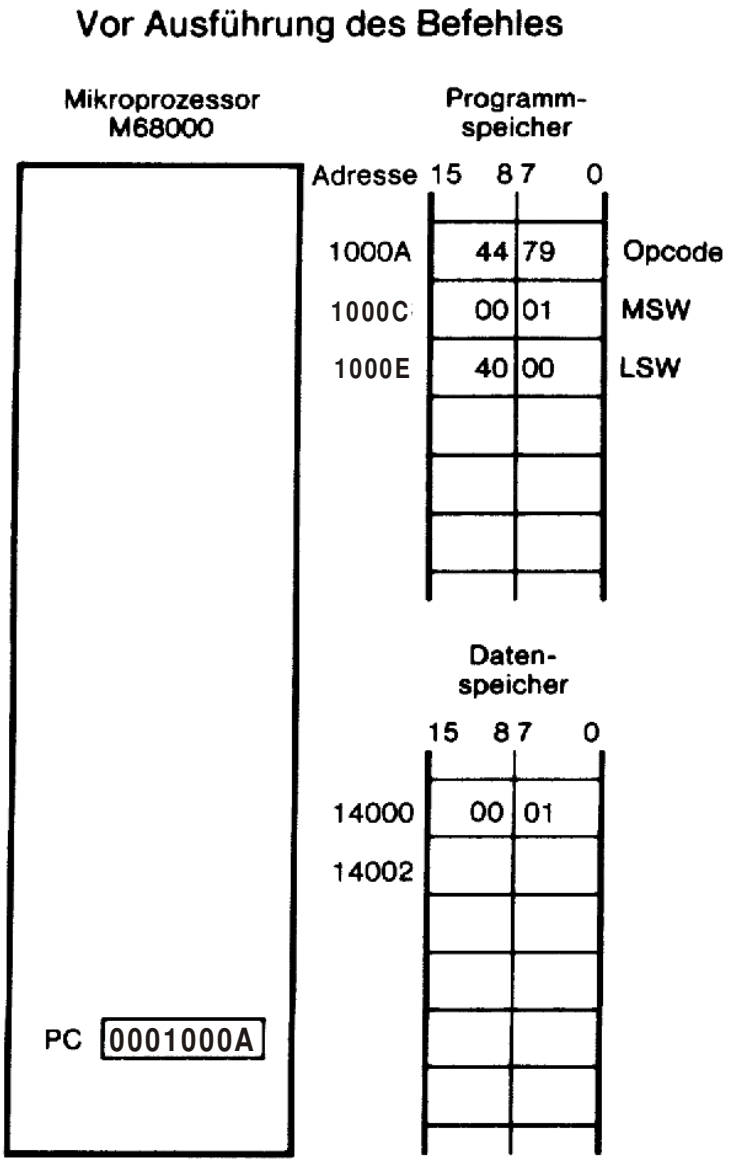
Absolute Adressierung (6)

Beispiel 3

NEG $14000

Gleichbedeutend mit:

NEG.W $14000

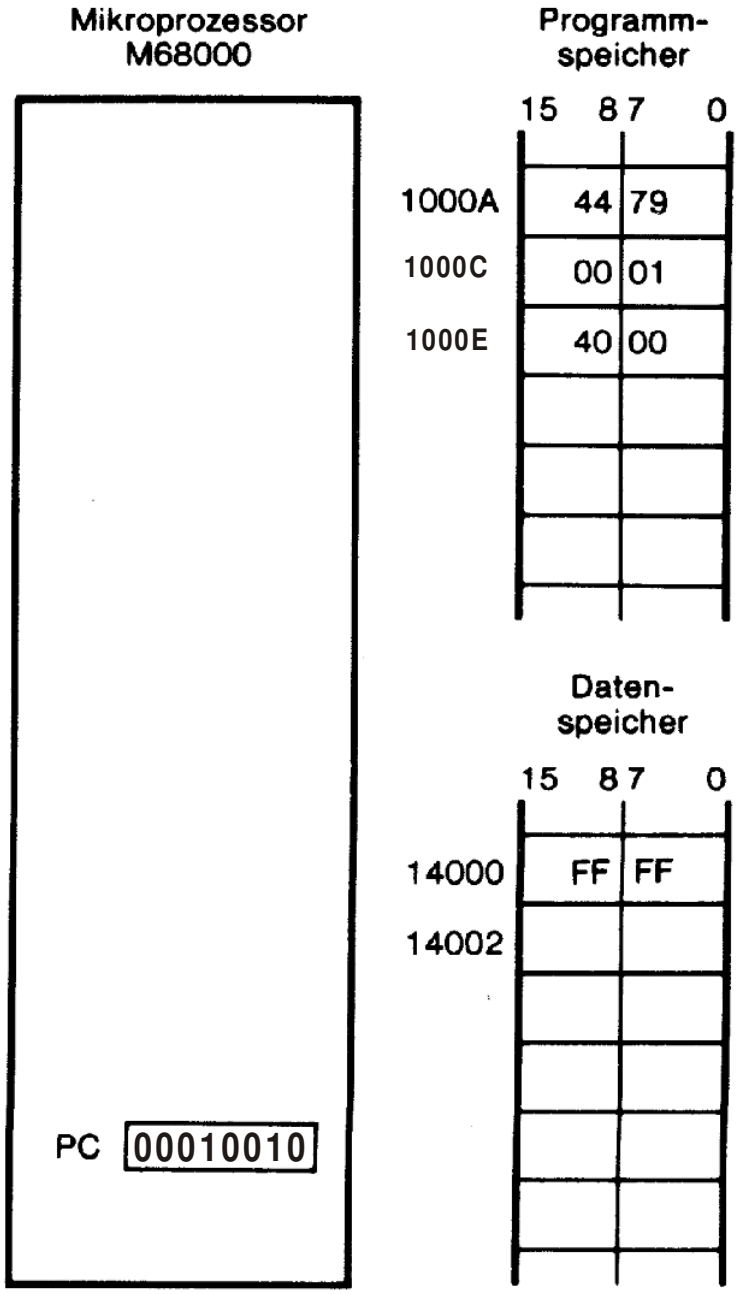


MSW = most significant word (höher wertiges Wort)

LSW = least significant word (nieder wertiges Wort)

Absolute Adressierung (7)

Nach Ausführung des Befehles



Konstanten-Adressierung (immediate addressing)

Der Operand steht im Befehl oder folgt unmittelbar dem Befehl im nächsten Wort oder den nächsten beiden Worten des Speichers.

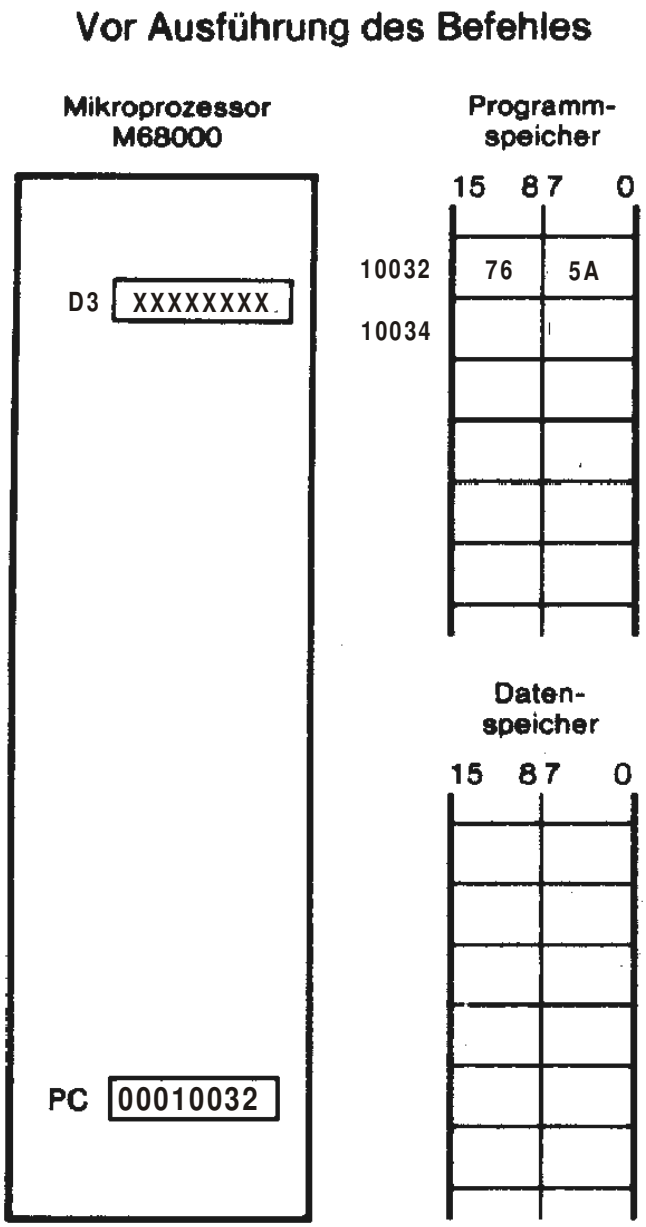
Die Verarbeitung ist wesentlich schneller als bei absoluter Adressierung von Konstanten, die im Speicher abgelegt sind (nur eine "Fetch“-Operation).

Häufige Verwendung für kleine Ganzzahl-Konstanten (0, 1, -1).

Konstanten-Adressierung (1)

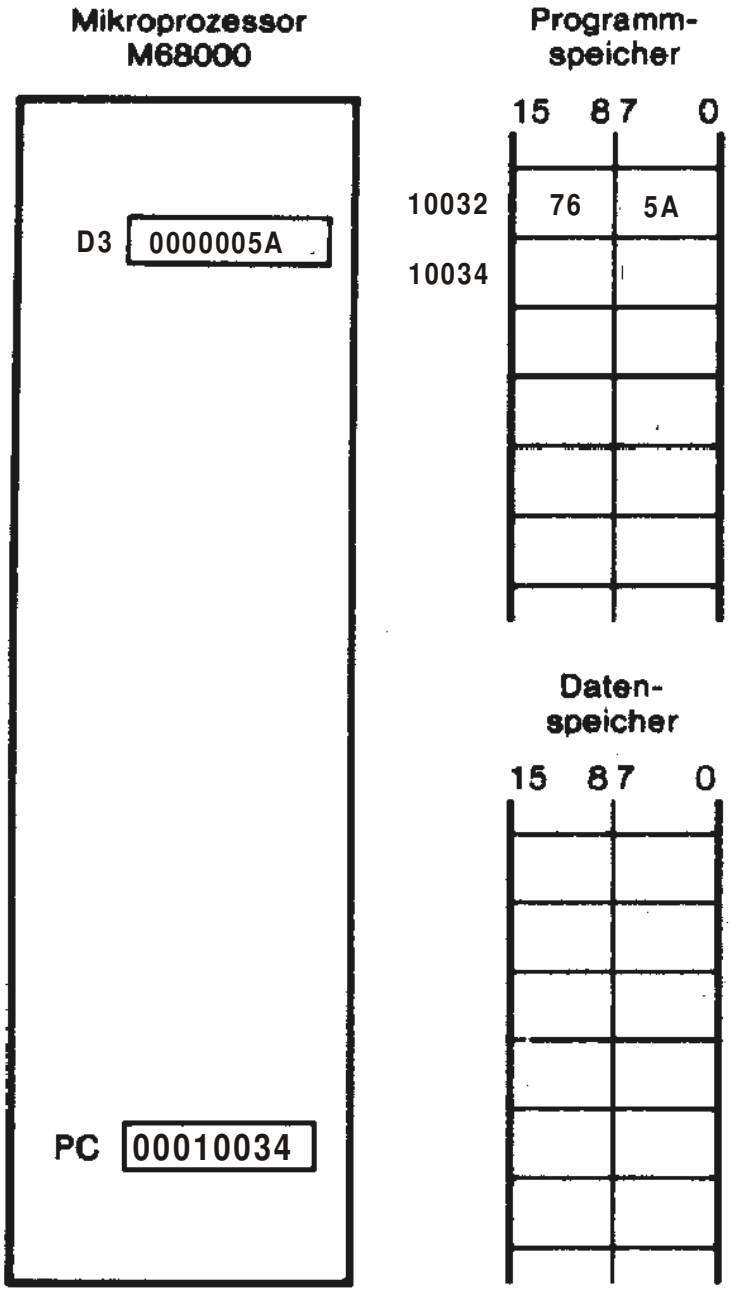
Beispiel 1

MOVEQ #$5A,D3 (MOVEQ = MOVE QUICK)



Konstanten-Adressierung (2)

Nach Ausführung des Befehles

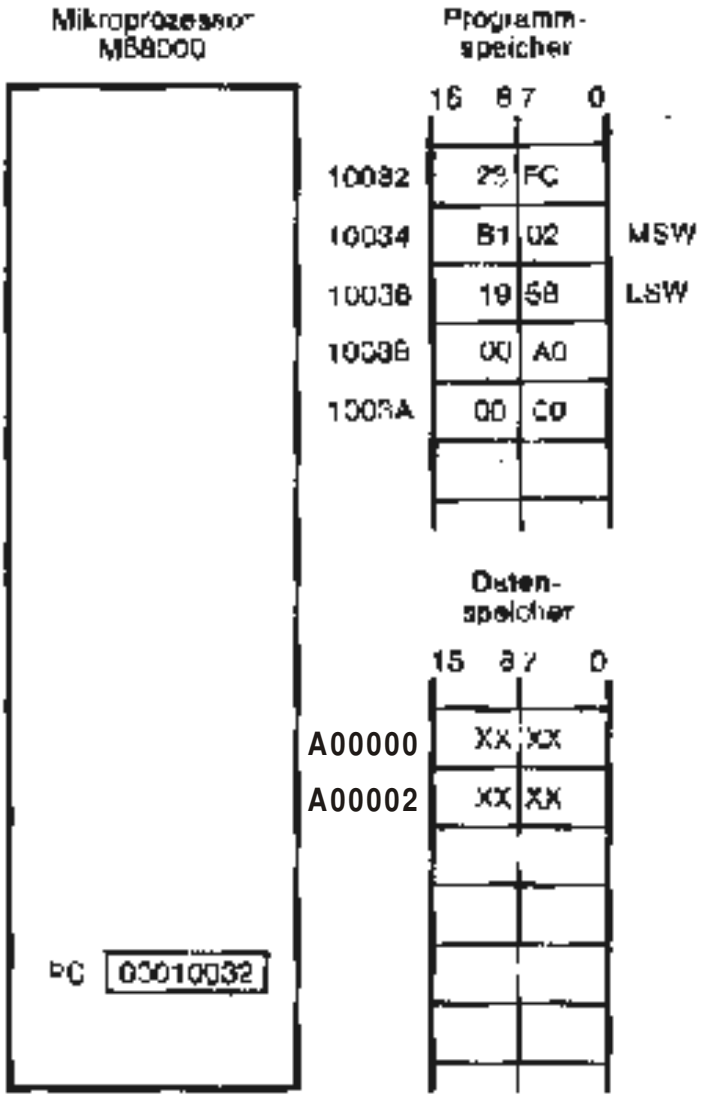


Konstanten-Adressierung (3)

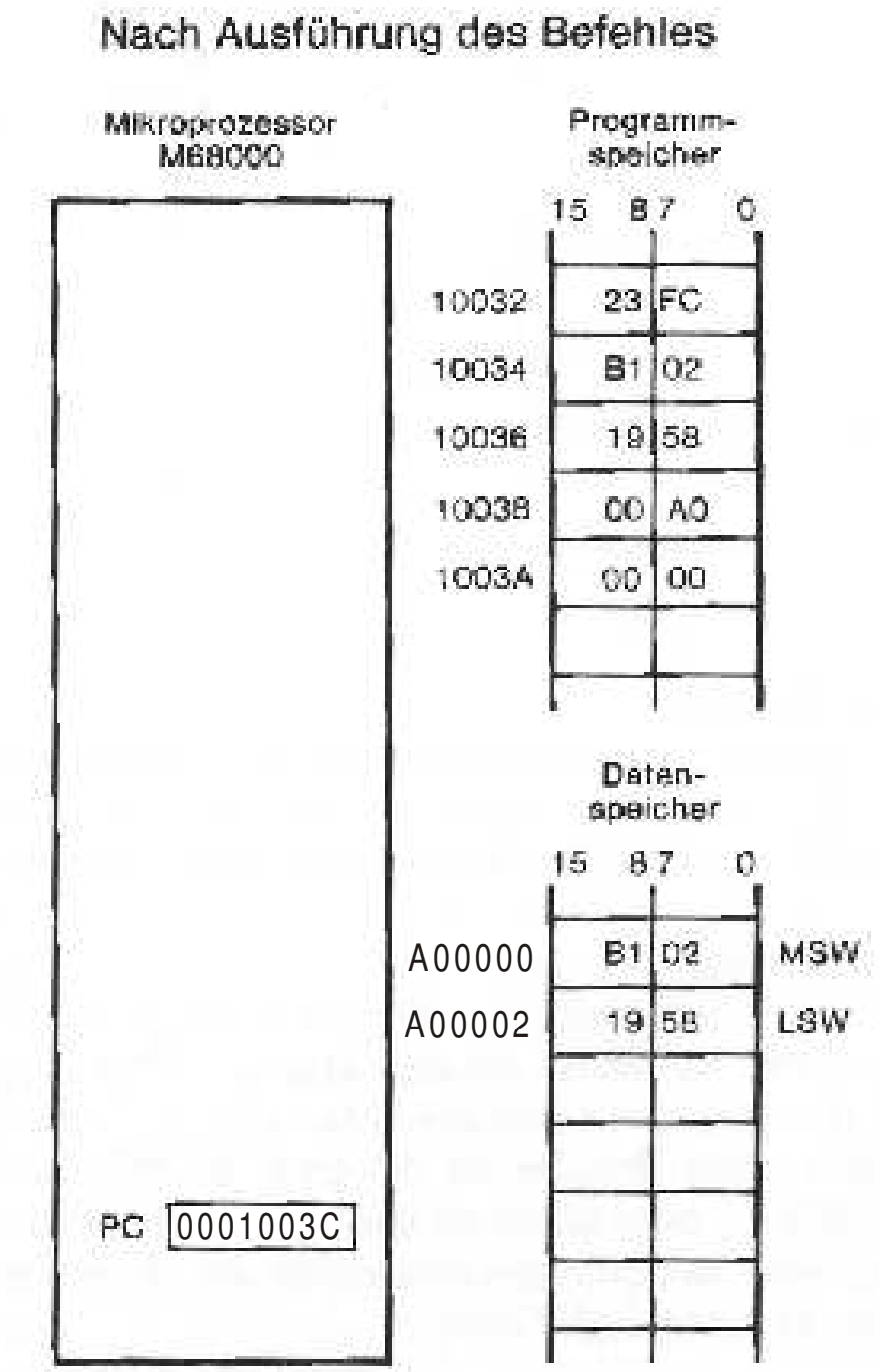
Beispiel 2: Langwort- Konstante

MOVE.L #$B1021958, $A00000

Vor Ausführung des Befehles



Konstanten-Adressierung (4)

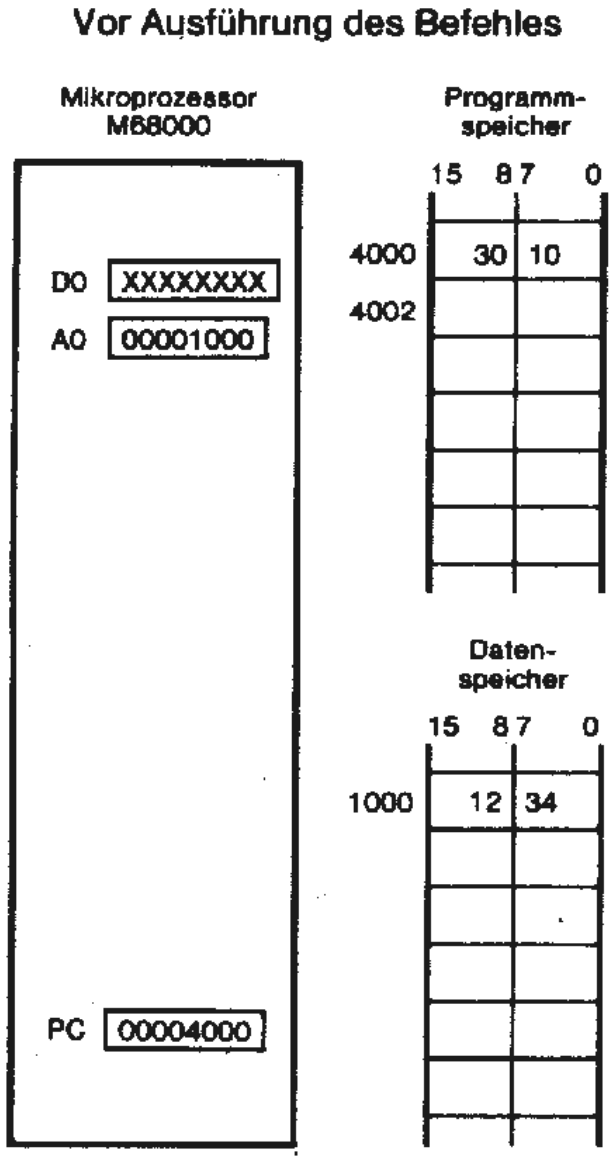


Register-indirekte Adressierung (1)

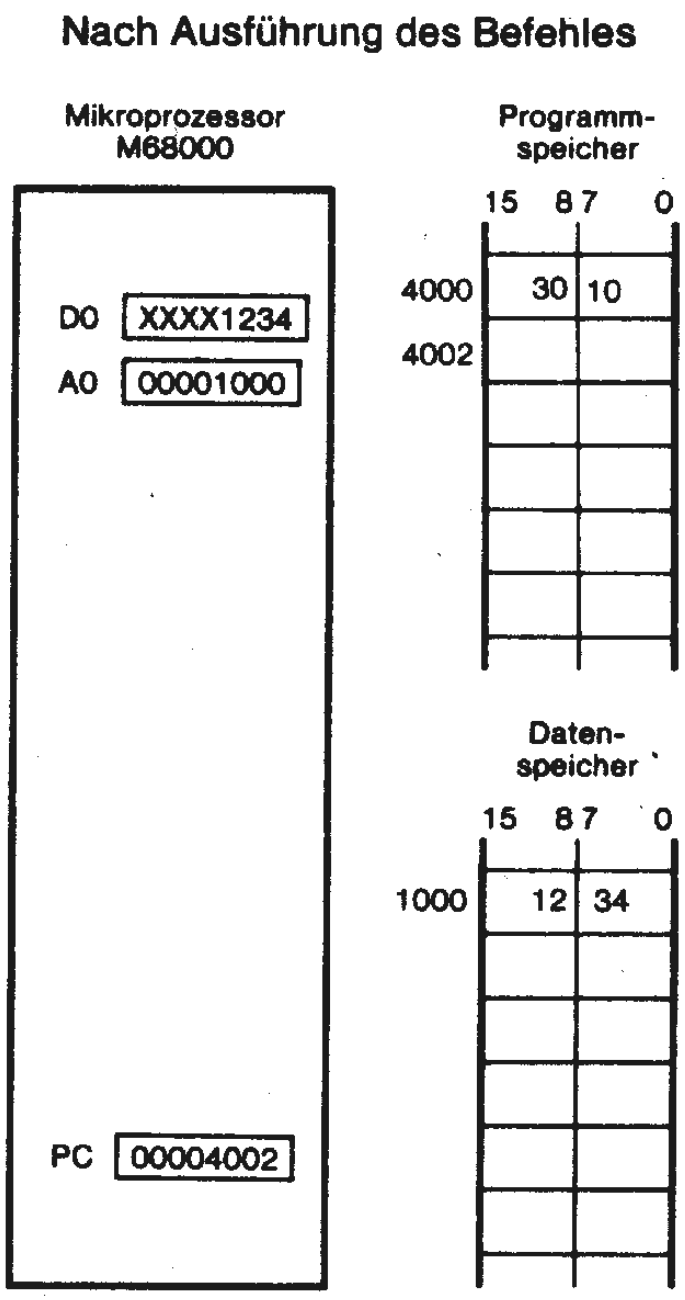
Ein Adressregister enthält die Adresse des Operanden.

Beispiel MOVE (A0),D0

Gleichbedeutend mit MOVE.W (A0),D0



Register-indirekte Adressierung (2)

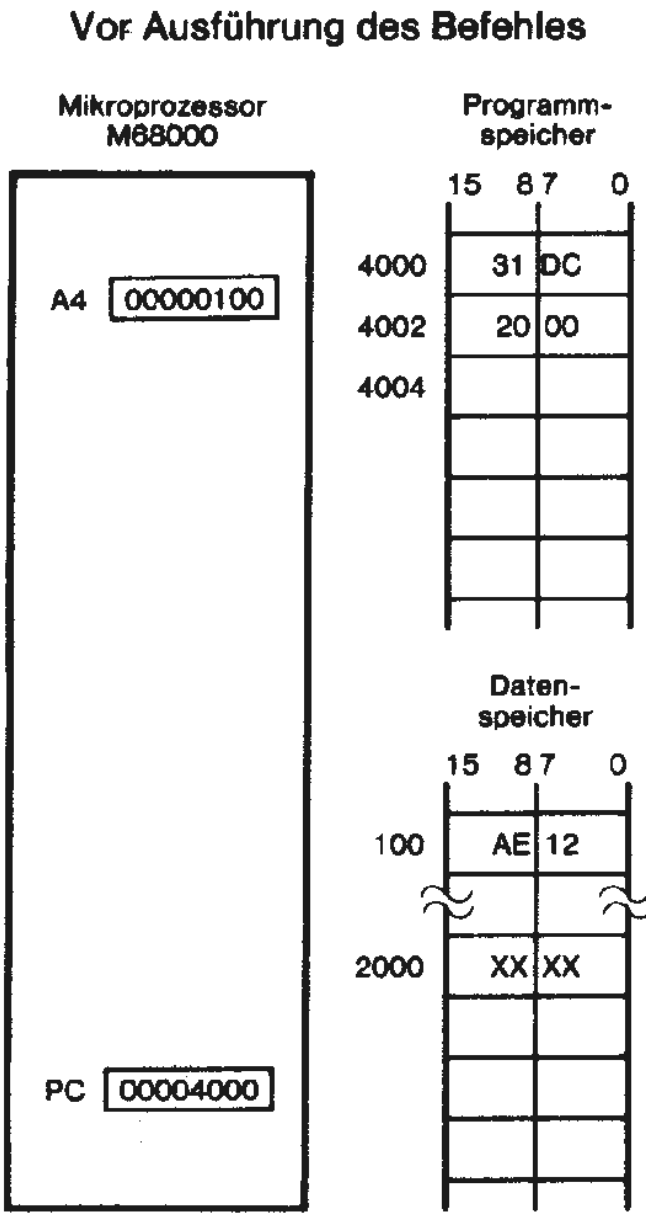


Register-indirekte Adressierung (3)

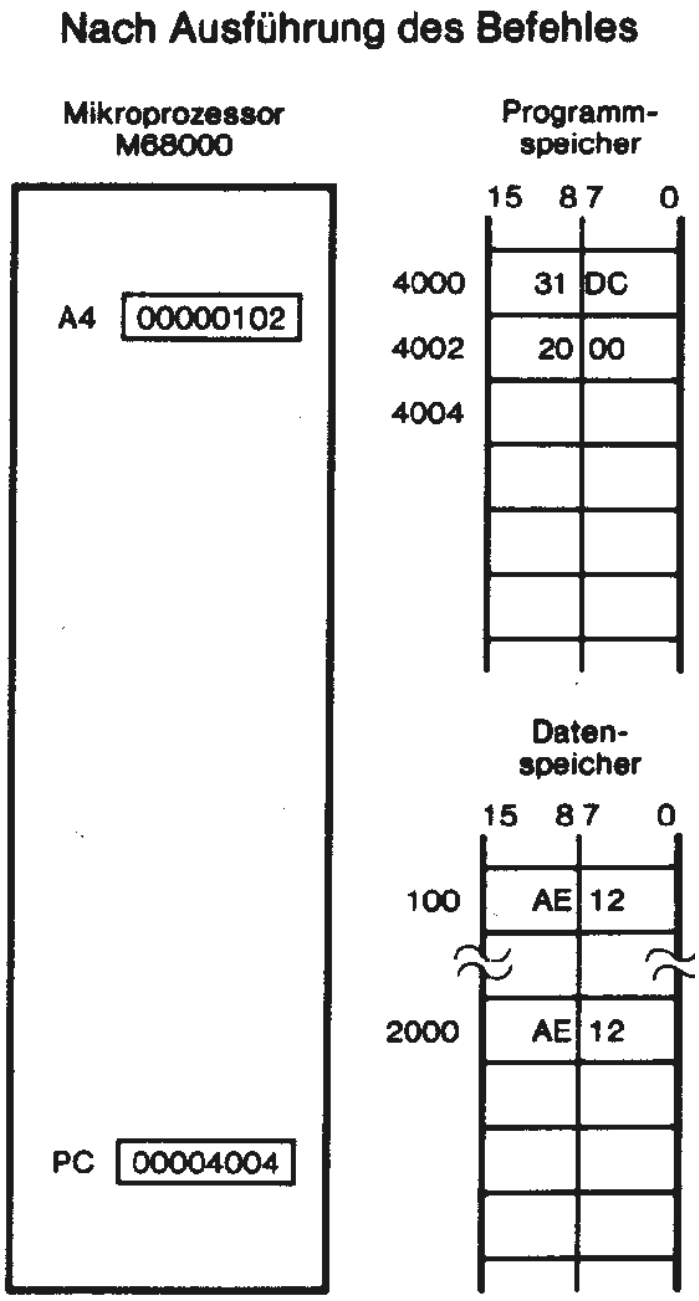
Beispiel 2: mit Postinkrement

MOVE (A4)+,$2000

Gleichbedeutend mit: MOVE.W (A4)+,$2000



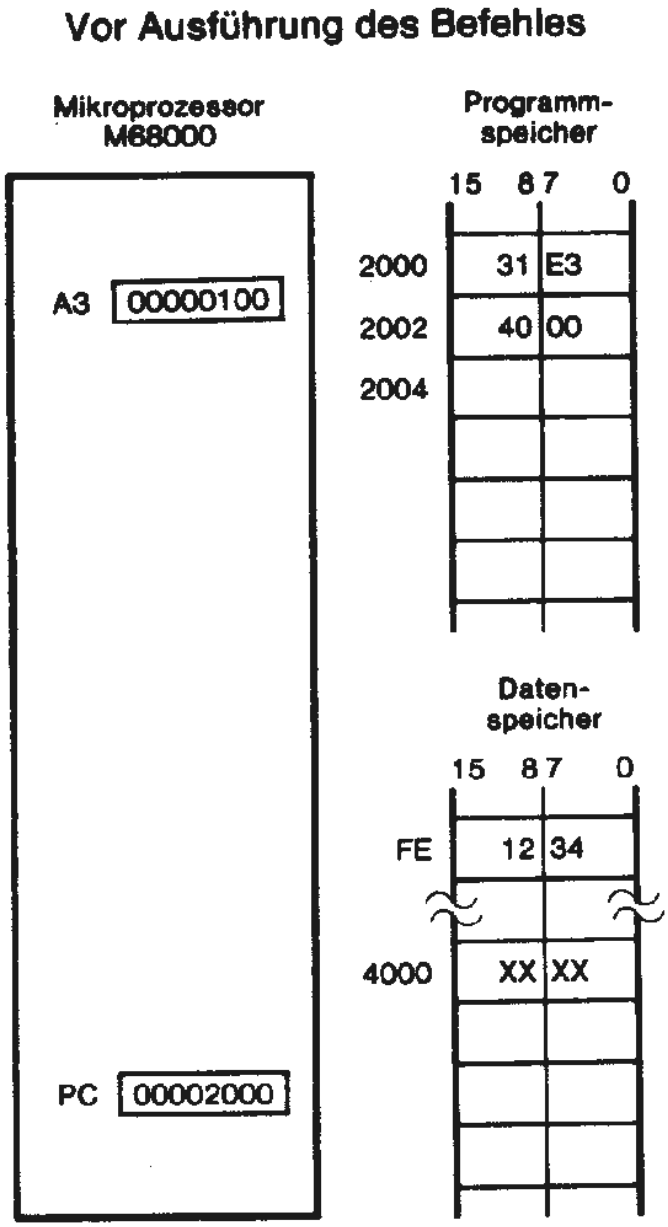
Register-indirekte Adressierung (4)



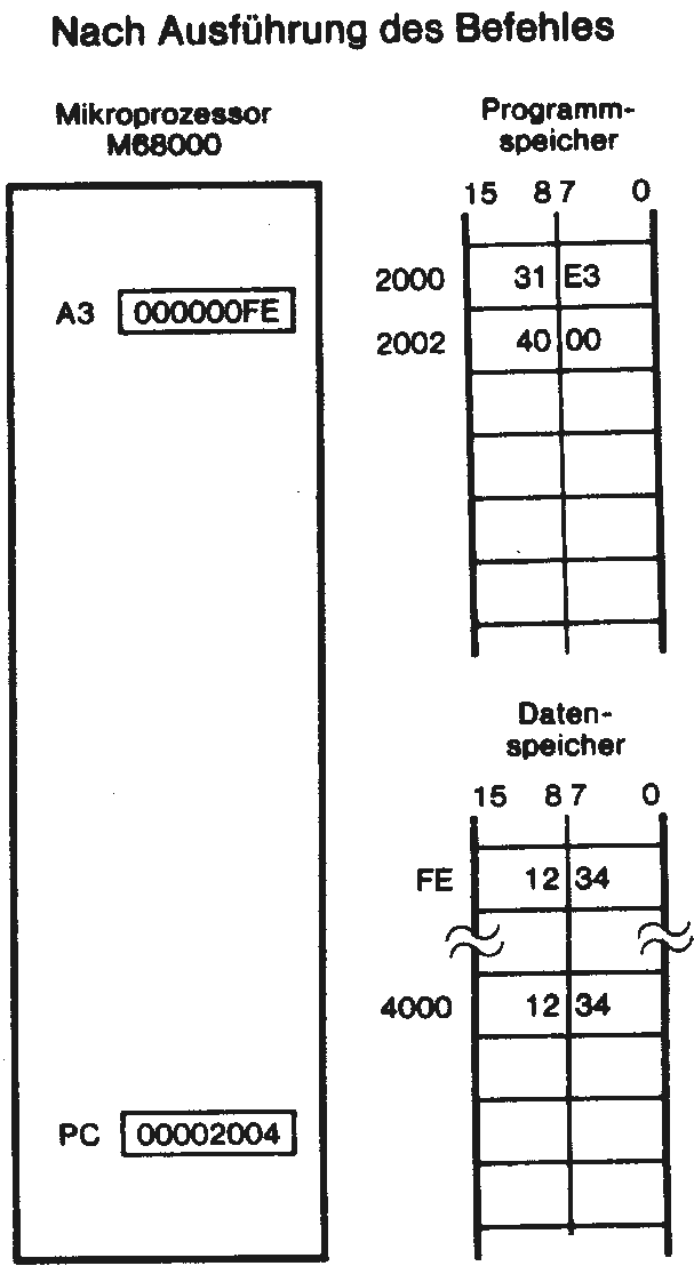
Register-indirekte Adressierung (5)

Beispiel 3: mit Prädekrement MOVE -(A3),$4000

Gleichbedeutend mit MOVE.W -(A3),$4000



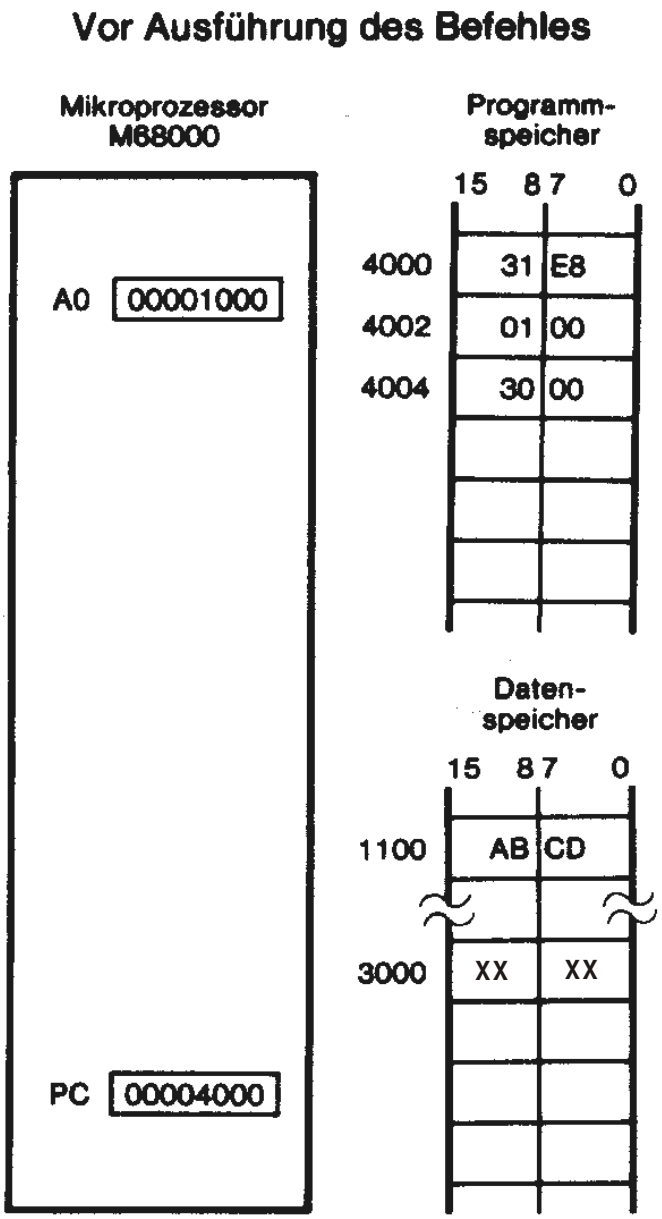
Register-indirekte Adressierung (6)



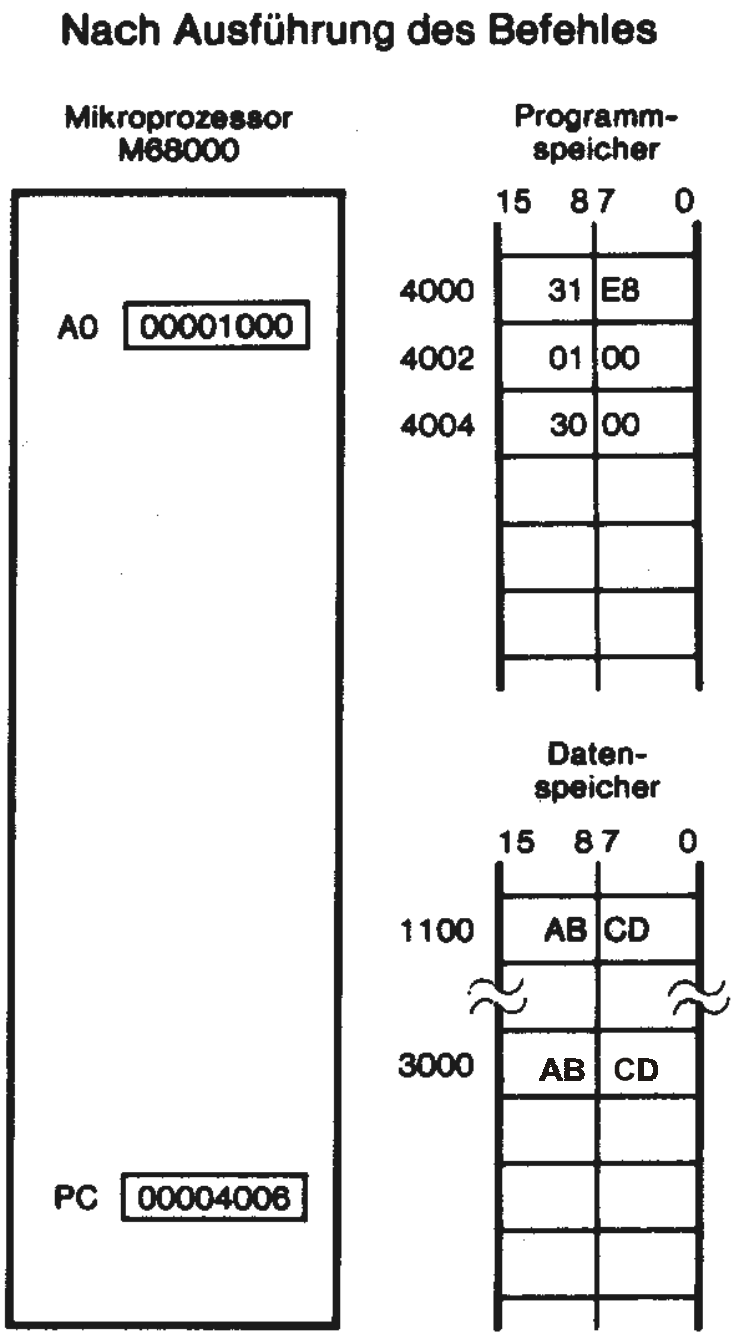
Register-indirekte Adressierung (7)

Beispiel 4: mit Adressdistanz

	MOVE	$100(A0),$3000
Gleichbedeutend mit	MOVE.W	256(A0),$3000

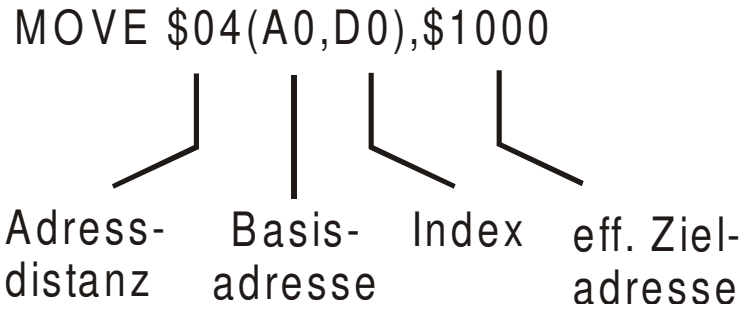


Register-indirekte Adressierung (8)

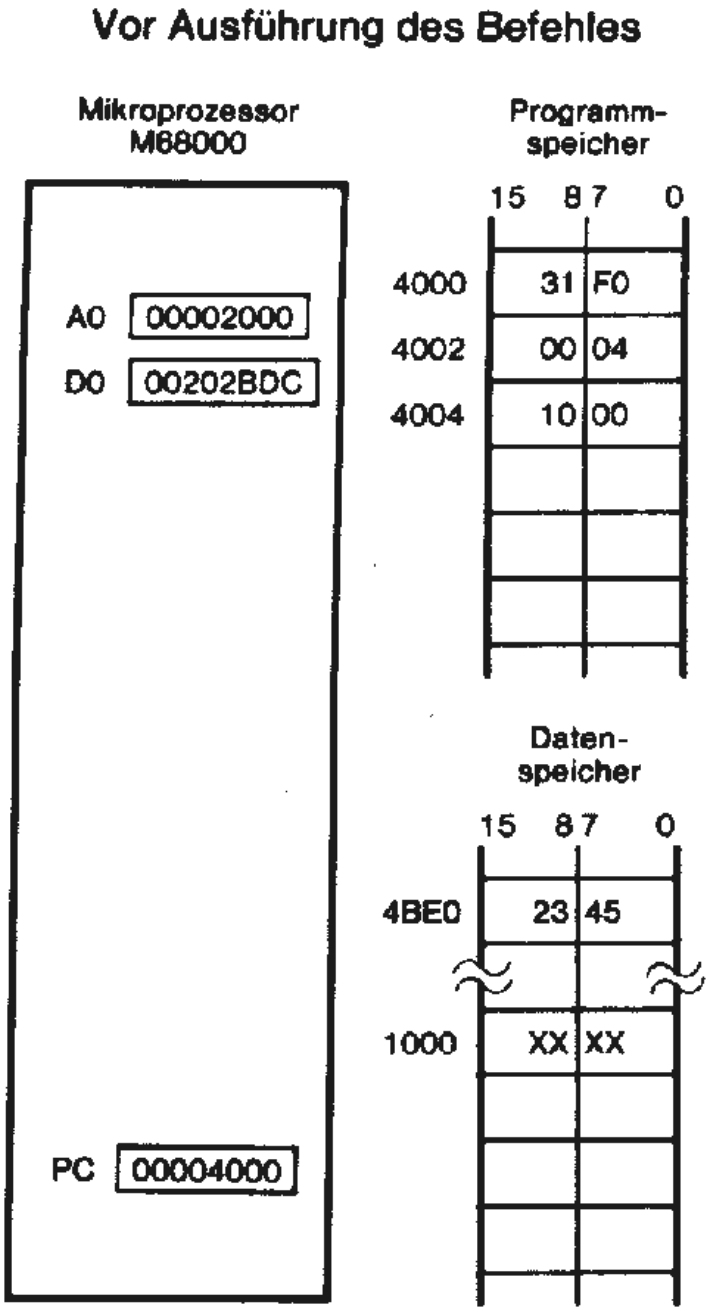


Register-indirekte Adressierung (9)

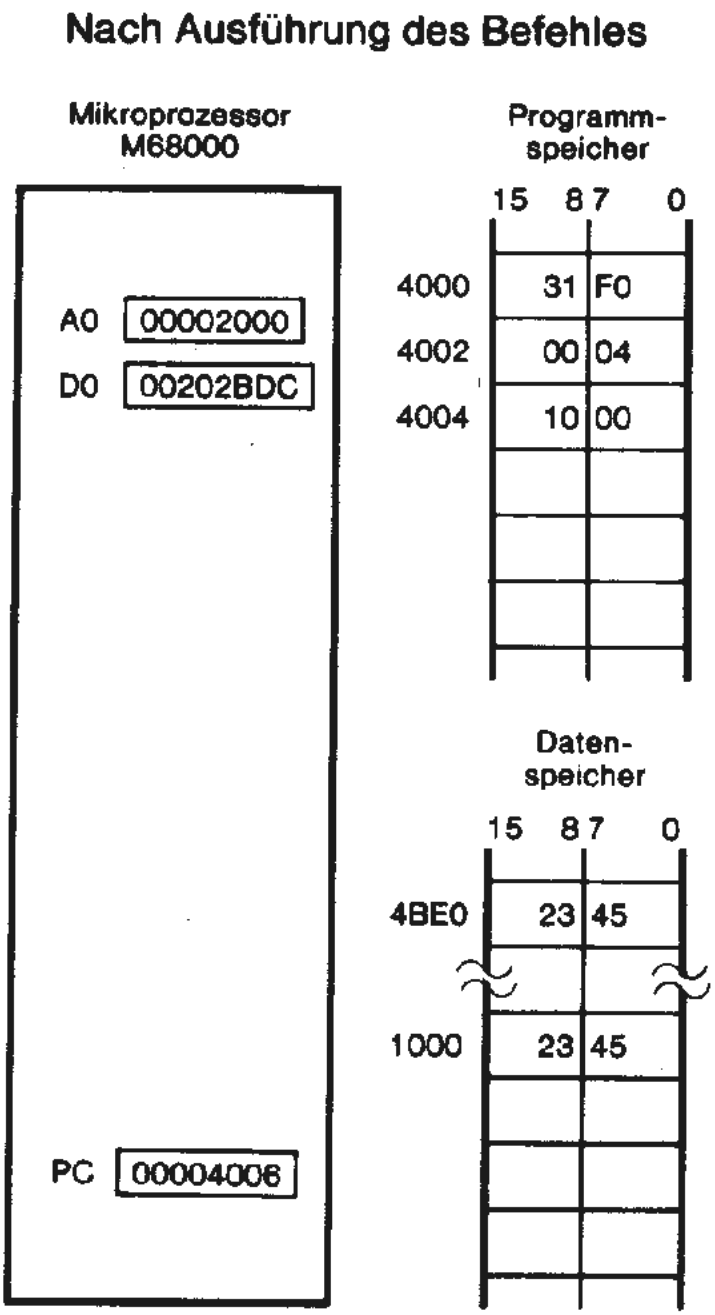
Beispiel 5: mit Index, mit oder ohne Adressdistanz



Register-indirekte Adressierung (10)



Register-indirekte Adressierung (11)



Adressierung relativ zum Programmzähler

Der Programmzähler (PC) dient als Basisregister. Dazu kann eine positive oder negative Distanz angegeben werden sowie ein Indexregister. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, dass die zu verarbeitenden Daten häufig in der Nähe der Maschinenbefehle im Speicher stehen (modulare Programmierung!).

Vorteil gegenüber absoluten Adressen

Im Mehrbenutzerbetrieb können Programme “reentrant“ geschrieben werden: Derselbe Programmcode läuft korrekt an verschiedenen Speicheradressen, mit jeweils anderen Benutzerdaten.

Vorteile gegenüber expliziter Nennung des Basisregisters

Die Verwaltung des Basisregisters bleibt dem Programmierer erspart. Die Befehle sind kürzer, da die Bitcodierung für das Basisregister entfällt.

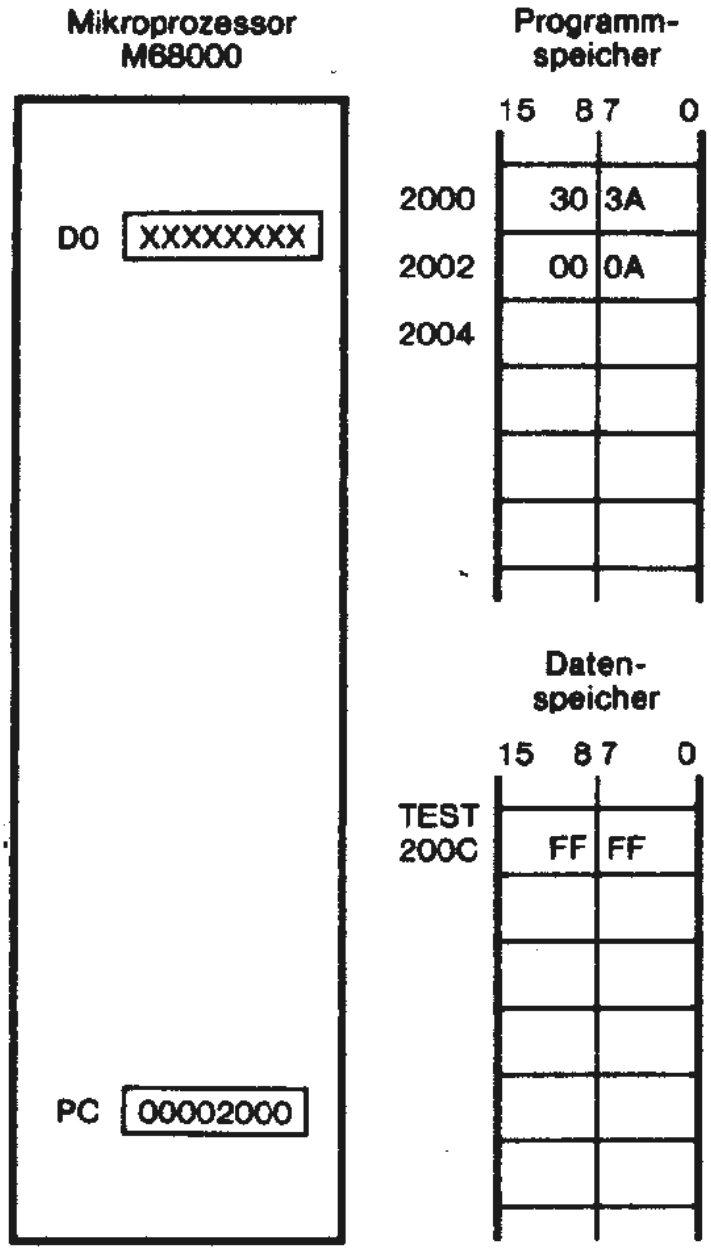
Adressierung relativ zum Programmzähler (1)

1. Beispiel MOVE TEST(PC),D0

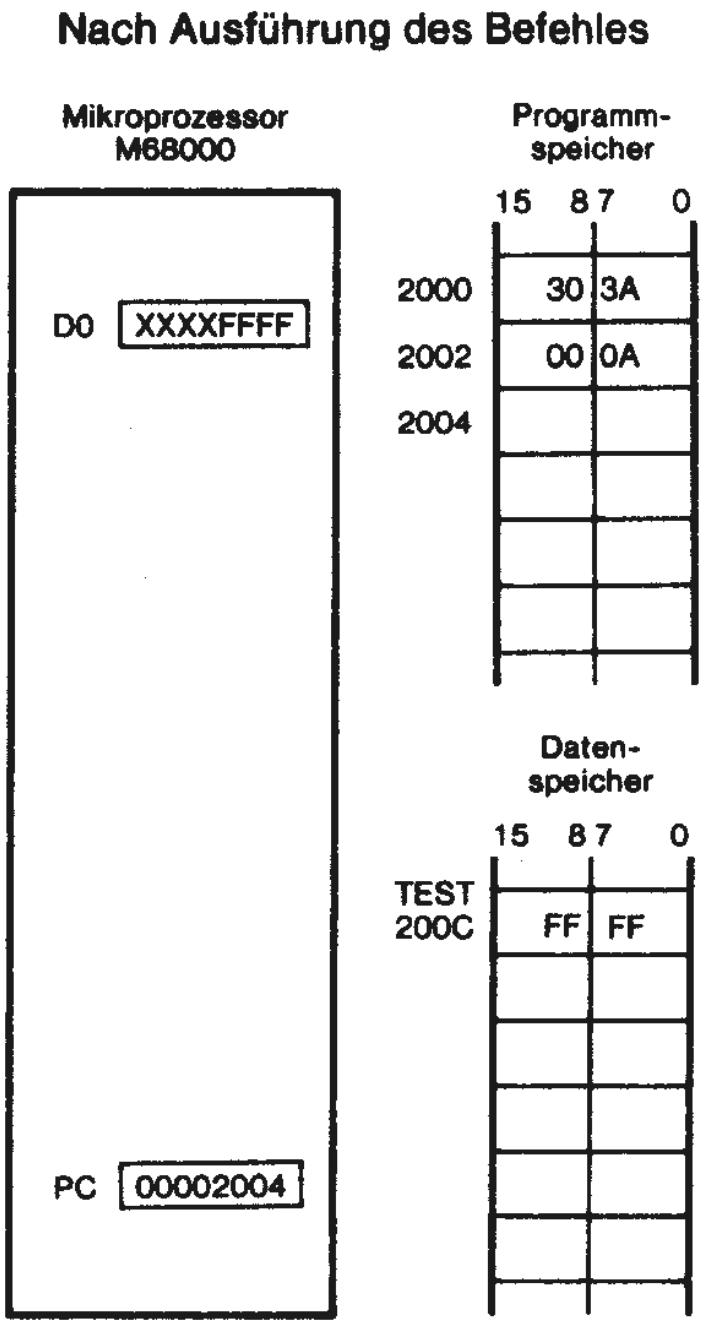
Gleichbedeutend mit: MOVE.W TEST(PC),D0

Adressierung relativ zum Programmzähler (2)

Vor Ausführung des Befehles



Adressierung relativ zum Programmzähler (3)



Programmbeispiele mit PC als Basisregister

Programmbeispiel 1: Absolutes Programm

```
10              00000000          ORG.S  $2000
20   002000     3038200C          MOVE TEST, D0
21   002004     4E71              NOP
22   002006     4E71              NOP
23   002008     4E71              NOP
24   00200A     4E71              NOP
25   00200C     FFFF       TEST   DC    $FFFF
30                                END
```

Programmbeispiel 2: Verschiebbares Programm

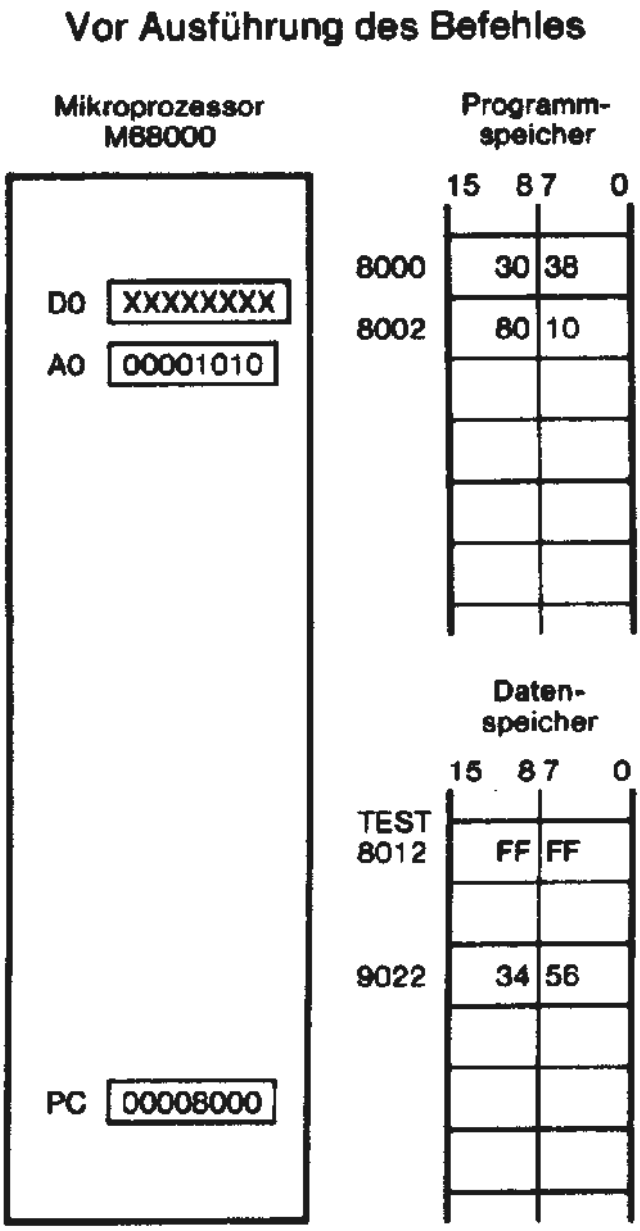
```
10                                ORG   $2000
20   002000     303A000A          MOVE TEST(PC), D0
21   002004     4E71              NOP
22   002006     4E71              NOP
23   002008     4E71              NOP
24   00200A     4E71              NOP
25   00200C     FFFF       TEST   DC   $FFFF
30                                END
```

Adressierung relativ zum Programmzähler (4)

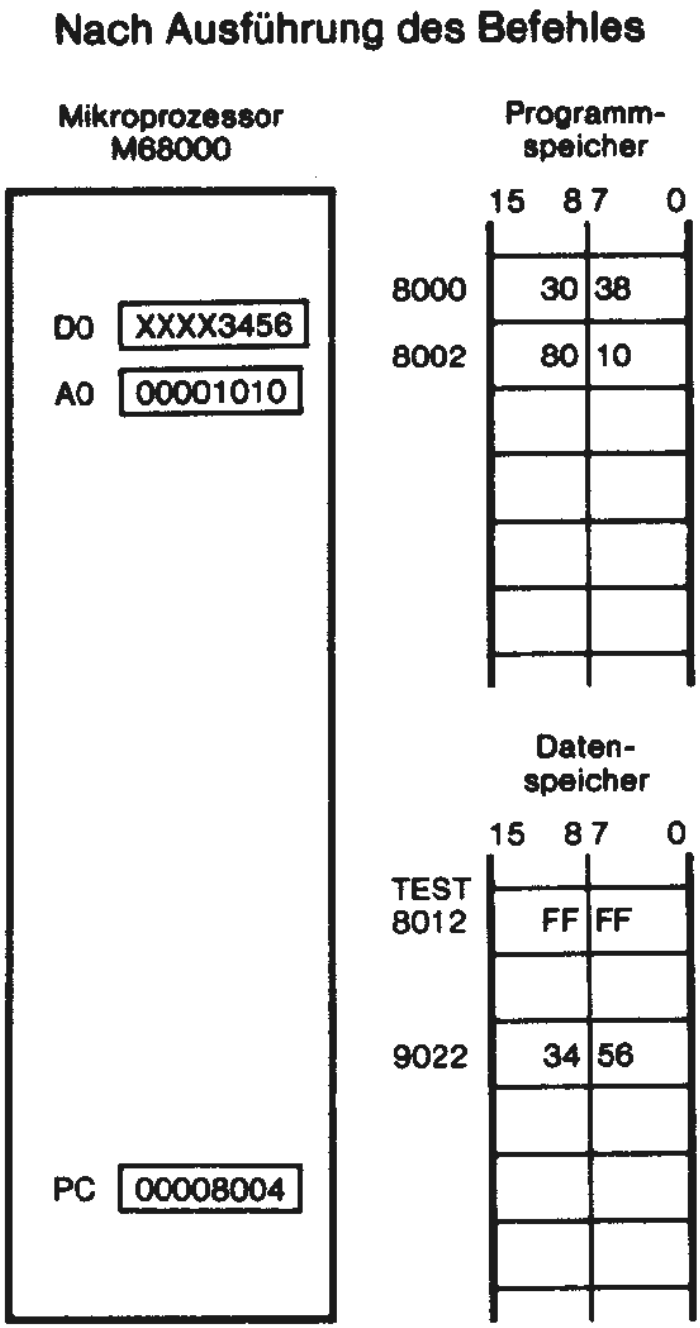
2. Beispiel: Mit Indexregister und Distanz

MOVE TEST(PC,A0),D0

Gleichbedeutend mit MOVE.W TEST(PC,A0.W),D0



Adressierung relativ zum Programmzähler (5)



Zusammenfassung der Adressierungsarten

Adressierungsart	Mnemonik
Datenregister direkt	Dn
Adressregister direkt	An
Adressregister indirekt (ARI)	(An)
ARI mit Postinkrement	(An)+
ARI mit Prädekrement	-(An)
ARÌ mit Adressdistanz	d16(An)
ARI mit Adressdistanz und Index	d8(An,Rx)
Absolut kurz	$XXXX
Absolut lang	$XXXXXXXX
PC relativ mit Adressdistanz	d16(PC)
PC rel. Mit Adressdist. & Index	d8(PC,Rx)
Konstante, Statusregister	#, SR, CCR