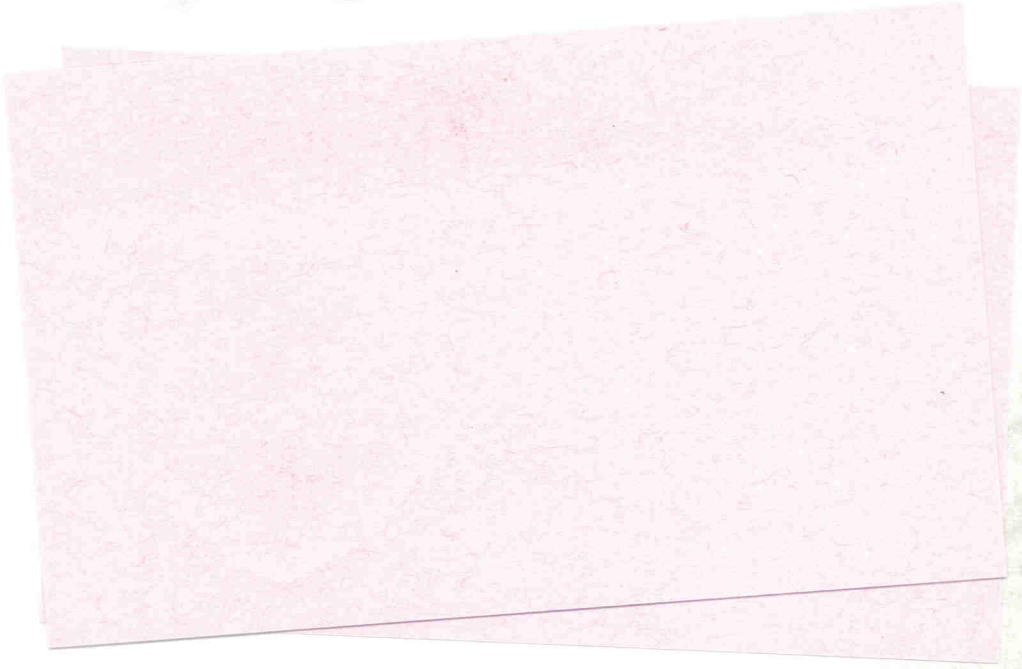
MAHO

Scholingshandleiding

CNC 432

MAHO

Scholingshandleiding



CNC 432

Copyright MAHO AG, Pfronten
Auteurs: Manfred Berg / Siegfried Keller, Wuppertal
Produktie R. & S. Keller GmbH, 5600 Wuppertal

De MAHO-Scholingsmap heeft betrekking op de programmatie van de

MAHO-Universele-Frees- en Boormachine met besturing CNC 432

De MAHO-Scholingsmap bestaat uit

- een foliën-map
- het boek „Scholingsmap"
- een boek „didaktisch-methodische aanwijzingen en oplossingen"

In dit boek vind U 85 verschillende thema's, die afgebeeld zijn op 162 kleurenfoliën. Deze foliën kunnen over elkaar worden gelegd:

Bij elk thema horen meerdere foliën, die de inhoud van het thema stap voor stap verduidelijken. Het aantal foliën per thema schommelt tussen één en vier (cfr. de cijfers in de kader rechts onder de naam van het thema).

De scholingsmap bevat zowel de algemene basis van het CNC-Frezen als ook de speciale programmeermogelijkheden van de CNC 432. Bijzonder aandacht hierbij werd geschonken aan de cycli, parameterprogrammatie, de onderprogramma-techniek en het krachtige geometrie-berekeningsysteem.

De 15 oefeningen in het aanhangsel kunnen worden gebruikt om de kennis ter zake te verdiepen.

De nieuwe MAHO-Scholingsmap vervangt de MAHO-Informatie- en Werkbladen van 1983.

Pfronten/Wuppertal, april 1990

De Auteurs

Inhoudstabel

1 Inleiding

blz

MAHO CNC 432

1.1.1 MAHO-Universele-Frees- en Boormachine 6
1.1.2 CNC 432-Besturing 7
1.1.3 Het beeldscherm 8
1.1.4 Grafische testruns 9

MAHO CNC 432-Scholingssystem op PC's

1.2.1 CNC 432-Basis-scholing 10
1.2.2 CNC 432-Scholing voor gevorderden 11

1.3 Vergelijk konventionele freesmachine — CNC-freesmachine 12

1.4 Van tekening tot werkstuk 13

2 Basis der programmatie

Assen en as-richtingen

2.1.1 Assen bij bewerking met horizontale spil 14
2.1.2 As-richtingen bij bewerking met horizontale spil 15
2.1.3 Assen en as-richtingen bij bewerking met vertikale spil 16

2.2 De besturings-types 17

2.3 De werkstuknulpunt-posities 18

2.4 Punten op het werkstuk 19

Maataanduidingen

2.5.1 Absolute maataanduiding G90 20
2.5.2 Inkrementele maataanduiding G91 (kettingmaten) 21

2.6 G0, G1, G2/G3, G17/G18 22

2.7 M3/M4, M6/M66, M8/M9, M30 23

2.8 Programma-opbouw en zin-formaat 24

3 Voorbereidingen aan de machine

3.1 Berekening van technologische gegevens 25

3.2 Nulpunt zetten met de kantentaster 26

3.3 Nulpunt zetten in de werktuigas 27

4 Freesprogramma's met G0, G1, G2 e G3

blz

Programmatie van de frees-middelpuntsbaan

4.1.1 De nulpuntsverschuivingen G51...G59 28
4.1.2 Kijkvenster G98 en definitie ruw stuk G99 29
4.1.3 Freesprogramma met G0 en G1 30
4.1.4 Ruimtelijke positioneerlogika 31

Basisbegrippen werktuig-radiuskorrektie

4.2.1 Het principe van werktuig-radiuskorrektie 32
4.2.2 G41 / G42 / G40 / G43 / G44 33
4.2.3 Freesprogramma met werktuig-radiuskorrektie 34

Programmatie van cirkelbogen

4.3.1 Frezen van cirkelbogen tot 180° 35
4.3.2 De cirkel-middelpuntskoördinaten I, J en K 36
4.3.3 Frezen van willekeurige cirkelbogen in absoluut-maten 37
4.3.4 Frezen van willekeurige cirkelbogen in kettingmaten 38
4.3.5 Frezen van cirkelbogen in het vlak G17 39

Programmatie in de vlakken G17 en G18

4.4.1 Programmeervoorbeeld met G2/G3 — vlak G18 40
4.4.2 Programmeervoorbeeld met G2/G3 — vlak G17 41
4.4.3 Kijkvenster G98 en definitie ruw stuk (vlak G17) 42

5 Freesprogramma's met cycli

5.1 Cyclusdefinitie en oproep van een cyclus 43

Boorcycli

5.2.1 Boorcyclus G81 44
5.2.2 Diepgatboorcyclus G83 45
5.2.3 Tapcyclus G84 46
5.2.4 Ruimcyclus G85, Kottercyclus G86 47

Freescycli

5.3.1 Basisbegrippen voor de freescycli G87, G88 en G89 48
5.3.2 Rechthoekige kamer freescycli G87 49
5.3.3 Spiebaan freescyclus G88 50
5.3.4 Cirkelvormige kamer freescyclus G89 51

Cyclusoproep

Cyclusoproep G79

5.4.1.1 Cyclusoproep G79 met karthesische- of poolkoördinaten 52

blz

5.4.2 Puntdefinitie met G78 54

Gatencirkeldefinitie G77

5.4.3.1 Gatencirkeldefinitie G77 met boorcycli 55
5.4.3.2 Gatencirkeldefinitie G77 met freescycli 56

Programmeervoorbeelden in de vlakken G17 en G18

5.5.1 Programmeervoorbeeld-vlak G17 57
5.5.2 Programmeervoorbeeld-vlak G18 58

6 Programma's met speciale G-funkties

6.1 Programma's met speciale G-funkties — Overzicht 59

6.2 Sprong- en herhaalfunktie G14 60

Nulpuntverschuiving G92/G93

6.3.1 Nulpuntverschuivingen G92/G93 met karthesische- of poolkoördinaten 61
6.3.2 Nulpuntverschuiving G92/G93 met assen-rotatie 62
6.3.3 Programma-voorbeeld over nulpuntverschuivingen 63

Spiegelen

6.4.1 Spiegelen G73/G72 64
6.4.2 Programmeer-voorbeeld over spiegelen 65

Vergroten en verkleinen

6.5.1 Vergroten en verkleinen met G73 A4 = ... 66
6.5.2 Programma-voorbeeld over vergroten/verkleinen 67

7 Inleiding parametrische programmatie

7.1 Het principe van de parameter-programmatie 68

7.2 Programmeervoorbeeld over parameter-programmatie 69

7.3 Parameter-programmatie met berekening van parameters 70

8 Onderprogramma-techniek

8.1 Basis van de onderprogramma-techniek 71

8.2 Programmeervoorbeeld over onderprogramma-techniek 72

8.3 Onderprogramma met parameter-programmatie 73

blz

9 Programmeren met poolkoordinaten

9.1 Basis van de poolkoördinaten 74

9.2 Frezen van rechten met poolkoördinaten 75

9.3 Frezen van cirkelbogen met poolkoördinaten 76

10 Programmeren van komplexe kontouren

Programmeren met G11

10.1.1 Programmeren van twee rechten met G11 77
10.1.2 Afronding en afschuining met G11 78
10.1.3 Programmeervoorbeeld-vlak G17 79
10.1.4 Programmeervoorbeeld-vlak G18 80

Programmeren met G64

10.2.1 Programmeren met G64 81
10.2.2 Snijpuntberekening rechte-rechte 82
10.2.3 Snijpuntberekening rechte-cirkel 83
10.2.4 Snijpuntberekening cirkel-cirkel 84
10.2.5 Verbindingsboog in snijpunt 85
10.2.6 Raakpuntberekening 86
10.2.7 Verbindingsboog in raakpunt 87
10.2.8 Overgangsboog voor het verbinden van elementen 88
10.2.9 Programmeervoorbeeld-vlak G17 89
10.2.10 Programmeervoorbeeld-vlak G18 90

11 Oefeningen

11.1 Absolute maataanduiding G90 92
11.2 Inkrementele maataanduiging G91 93
11.3 Nulpuntzetten met de kantentaster 94
11.4 Freesprogramma met G0 en G1 95
11.5 Berekening van kontourpunten 96
11.6 Freesprogramma met G0, G1, G2 e G3 97
11.7 Freesprogramma met de cycli G81, G87, G88 en G89 98
11.8 Boorprogramma met puntdefinitie G78 99
11.9 Boor- en freesprogramma met herhaling van een deel van het programma 100
11.10 Spiegelen G72/G73 101
11.11 Nulpuntverschuiving, vergroten/verkleinen 102
11.12 Freesprogramma met onderprogramma 104
11.13 Freesprogramma met G11 105
11.14 Freesprogramma met G11 en G64 106
11.15 Freesprogramma met G64 107

12 Foutlijst 108—111

G-funkties/M-funkties 112/113
Verklaring van de vaktermen 114/115
Bedienpaneel 116/117

MAHO Universele frees- en boormachine

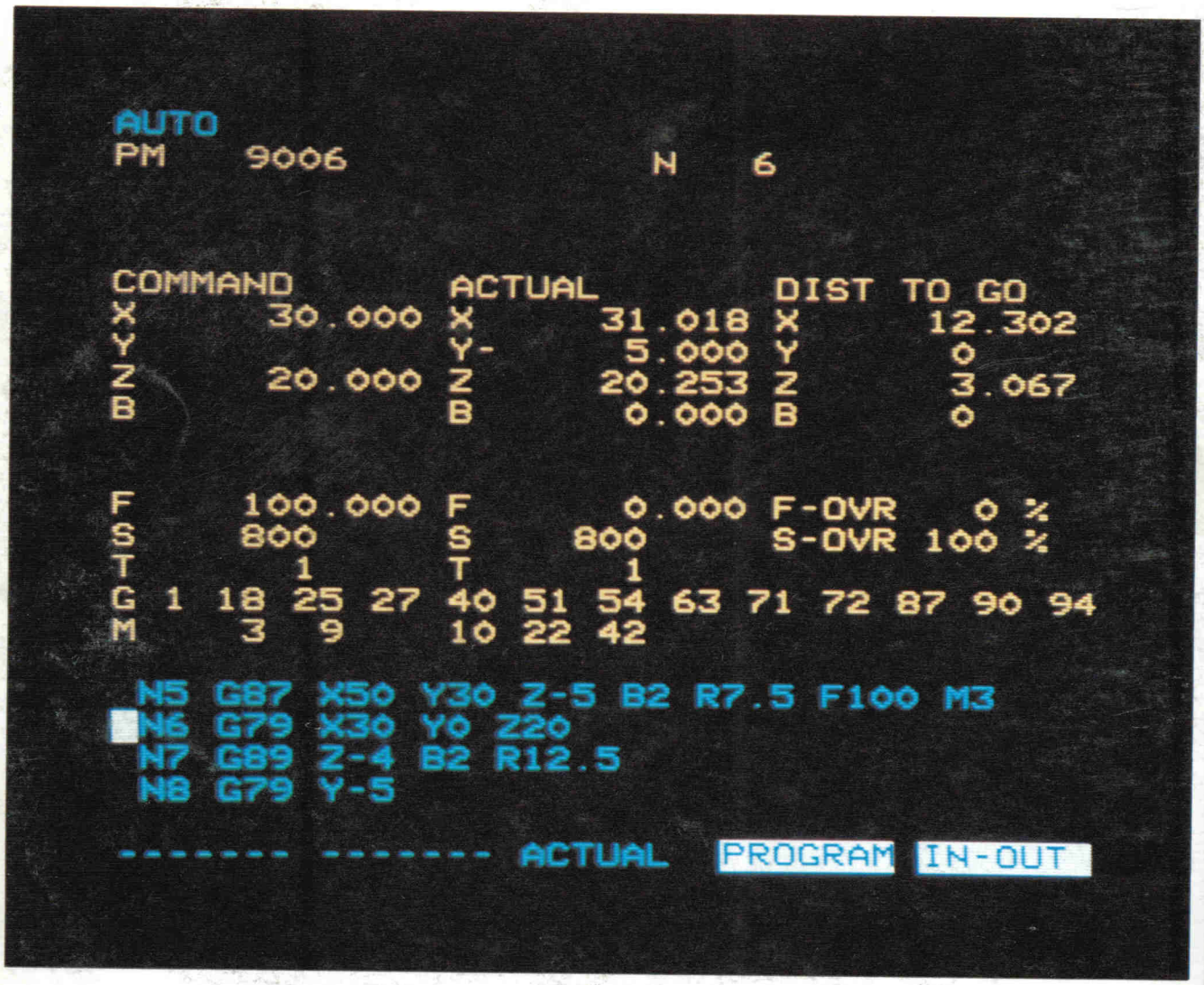
MAHO

CNC 432-Besturing

1

Het beeldscherm

1

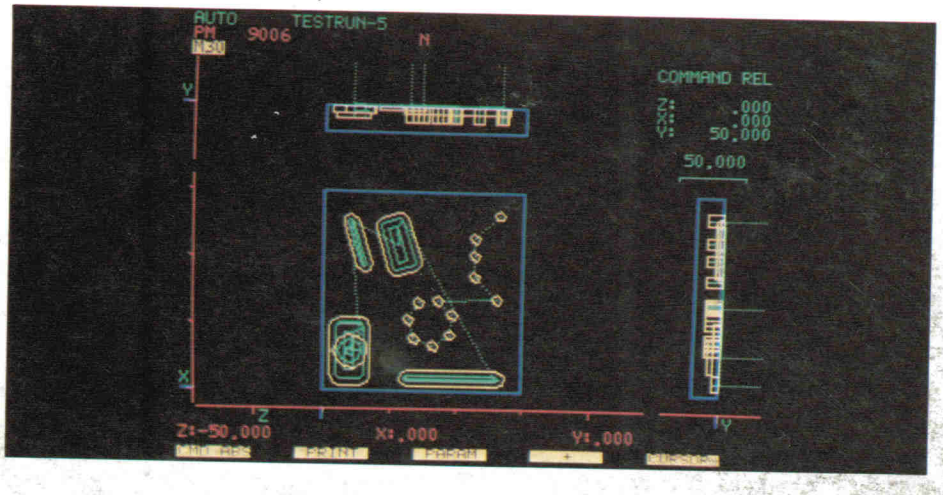


Het beeldscherm in de bedrijfstoestand AUTO

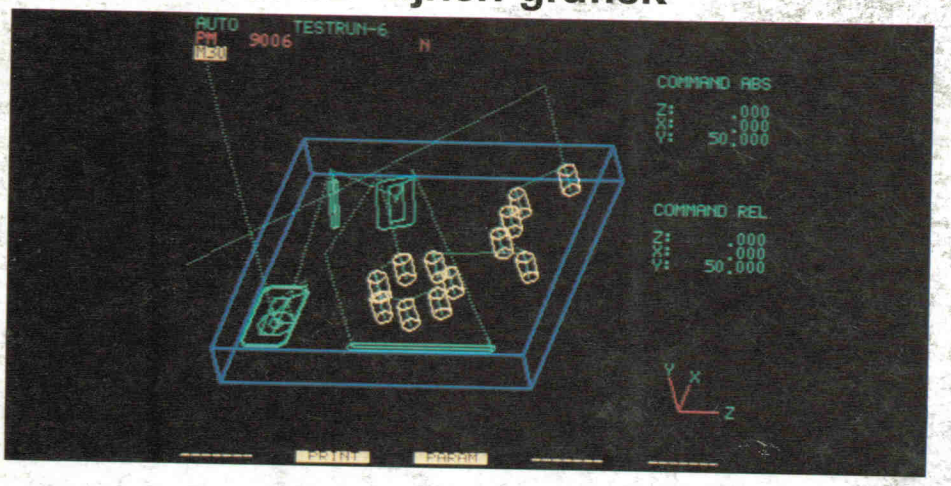
MAHO

Grafische-testruns

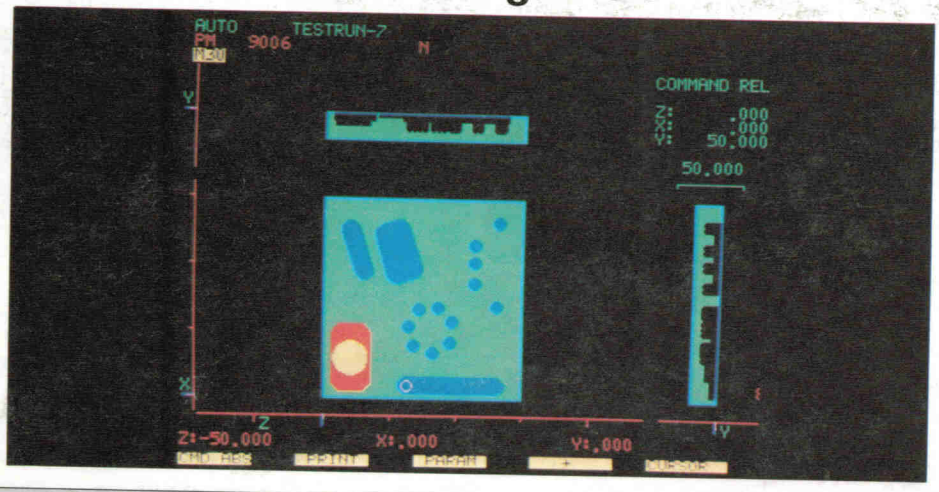
TESTRUN-5: 2 $\frac{1}{2}$ D-Lijnen-grafiek



TESTRUN-6: 3D-Lijnen-grafiek



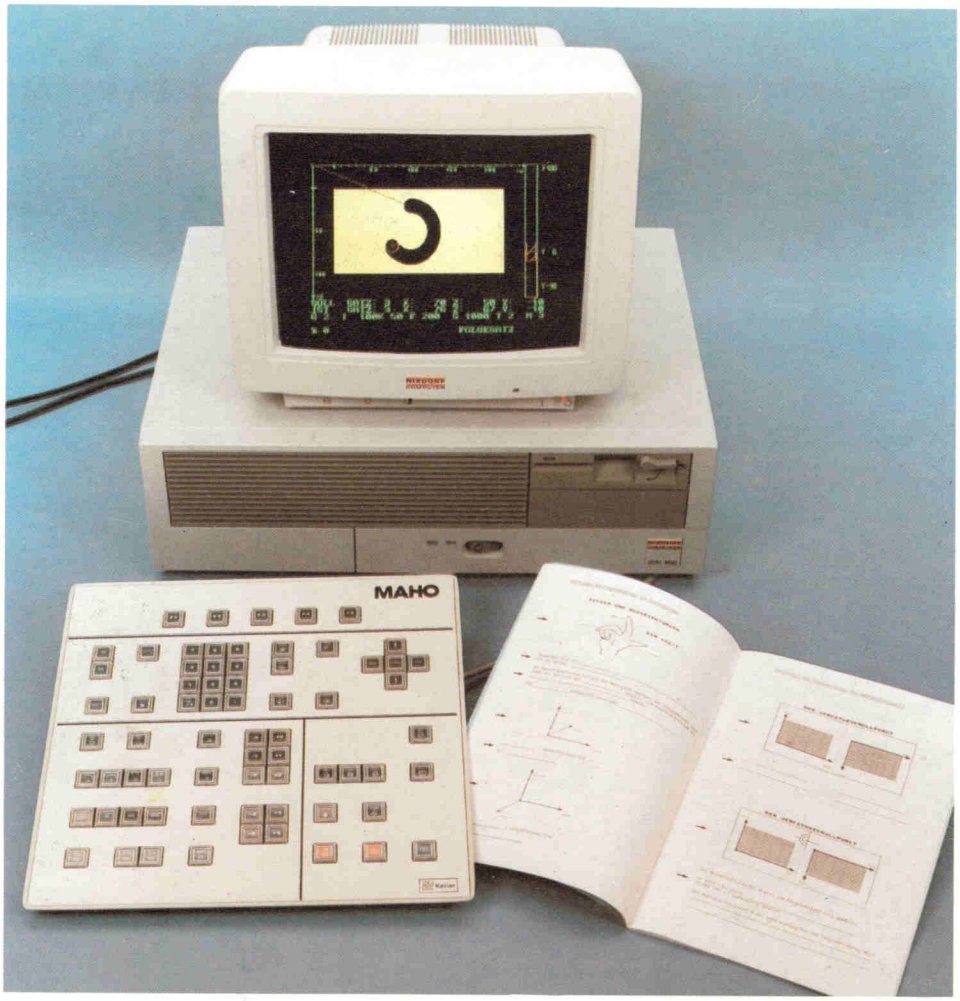
TESTRUN-7: Simulatiegrafiek

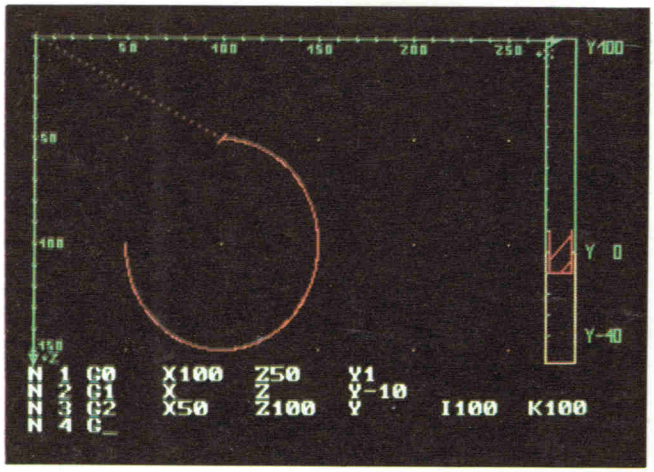


MAHO

CNC 432-Basis-Scholing

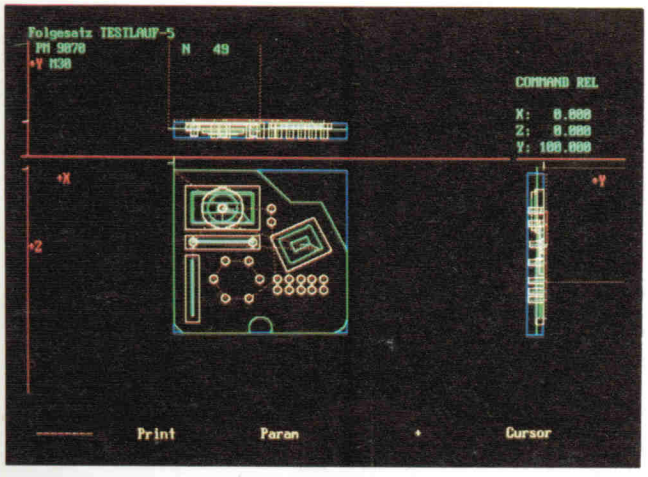
1

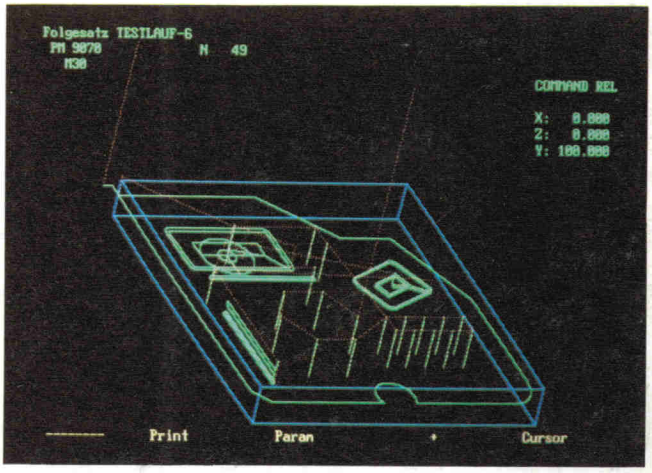




- Scholingssysteem voor aanvangers CNC-Frezen (Duitse schoolsoftware-prijs 1986)
- Basis van het CNC-frezen volgens DIN 66025 en DIN 66217
- Editeren met origineel CNC-432-toetsenbord

CNC 432-Scholing voor gevorderden





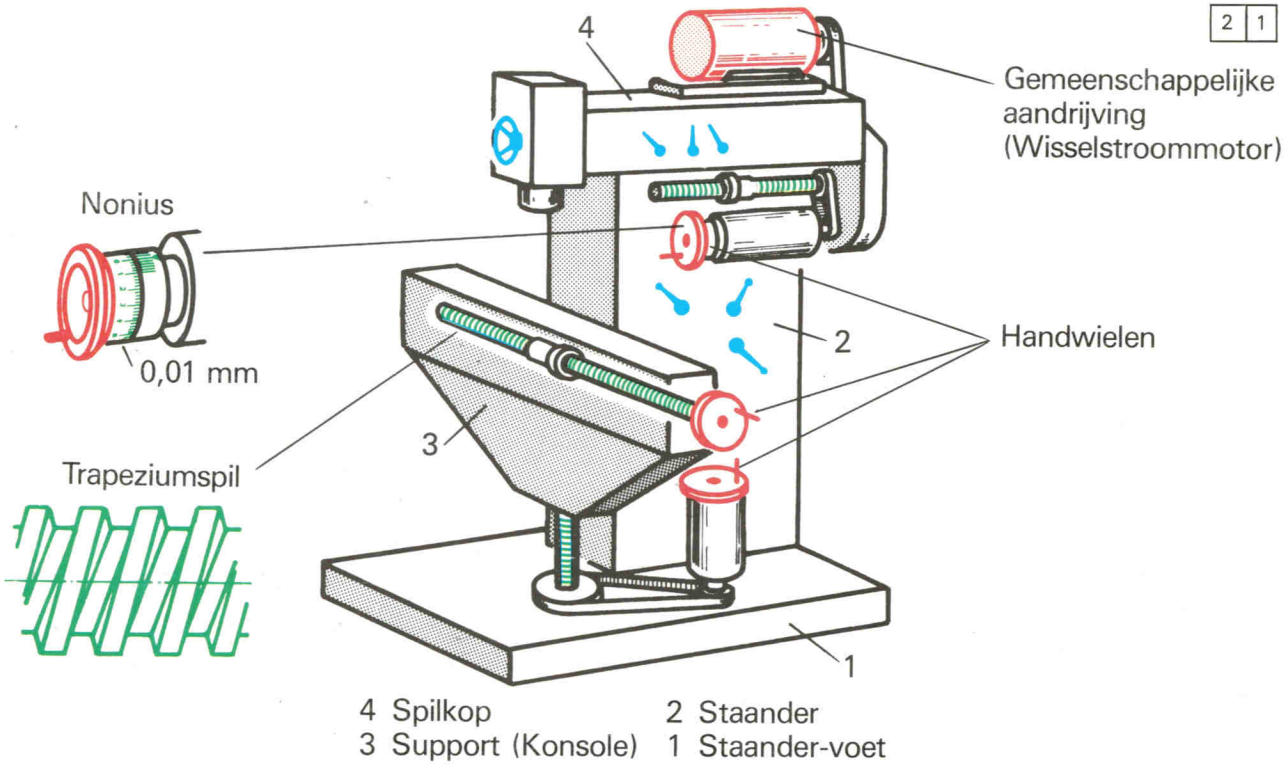
- Origineel toetsenbord van de CNC 432-besturing
- Originele editor van de CNC 432-besturing
- Originele grafiek van de CNC 432-besturing (testrun 5, testrun 6, testrun 7)
- ON LINE-verbinding met de machine

1.3

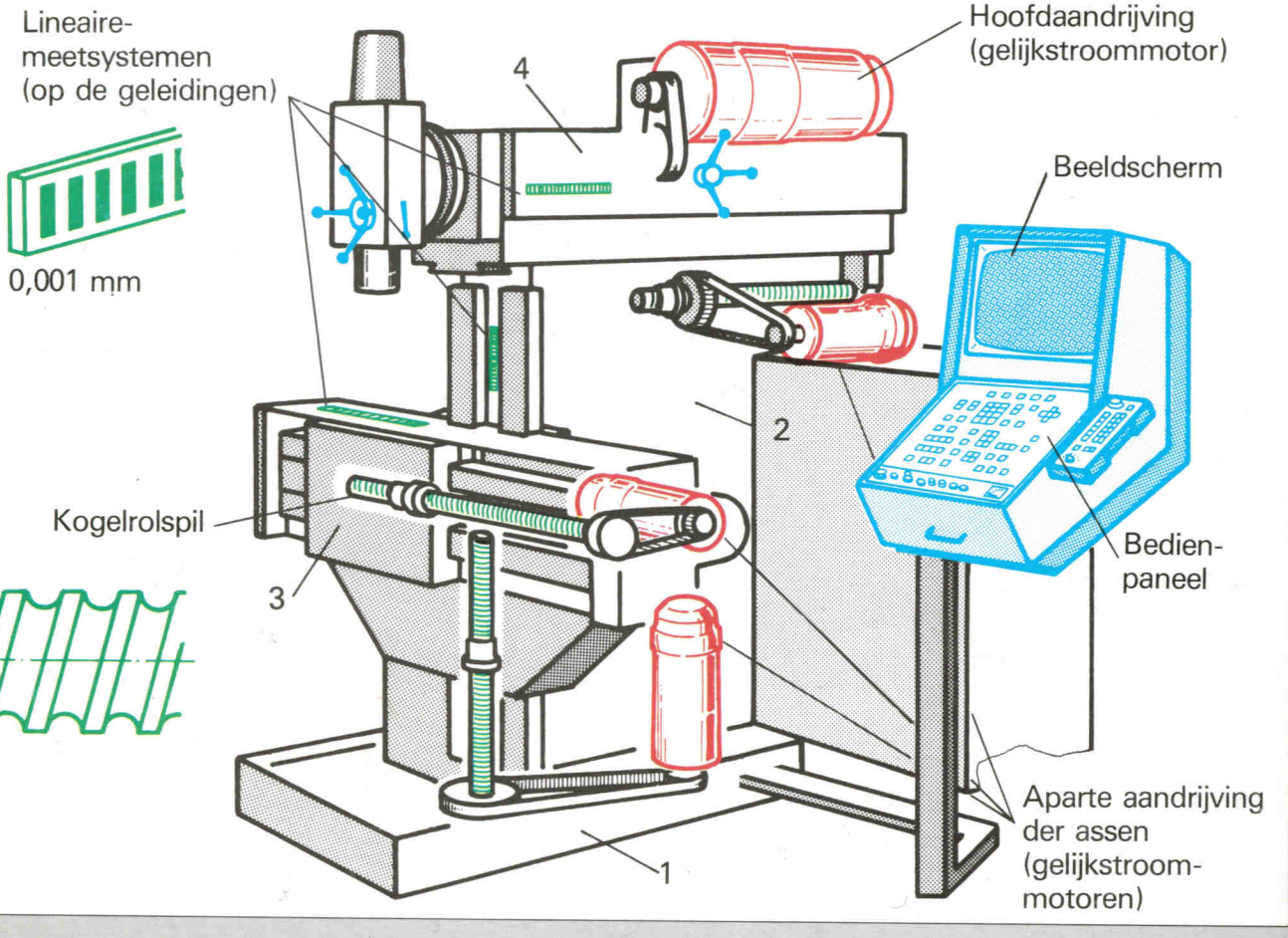
MAHO

Vergelijk konventionele freesmachine — CNC freesmachine

2 | 1



4 Spilkop
3 Support (Konsole)
2 Staander
1 Staander-voet

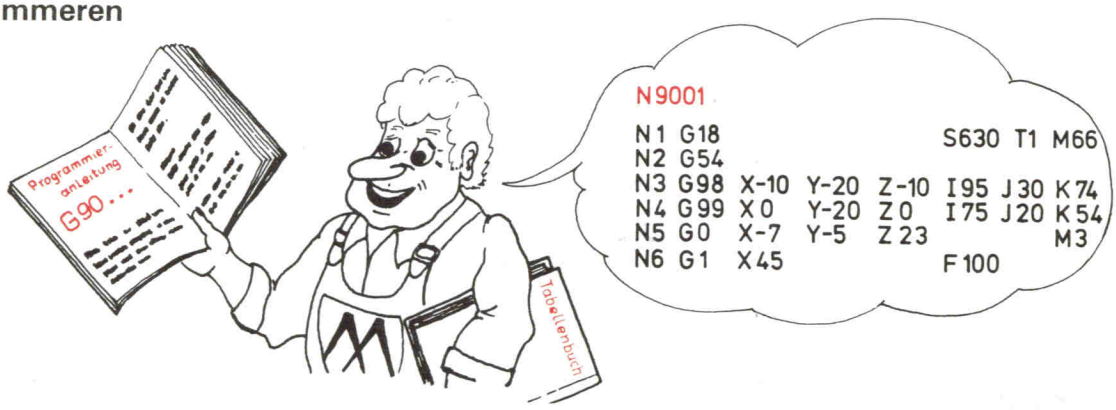


MAHO

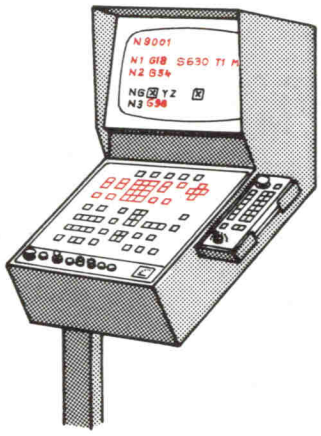
Van tekening tot werkstuk

1. Tekening lezen

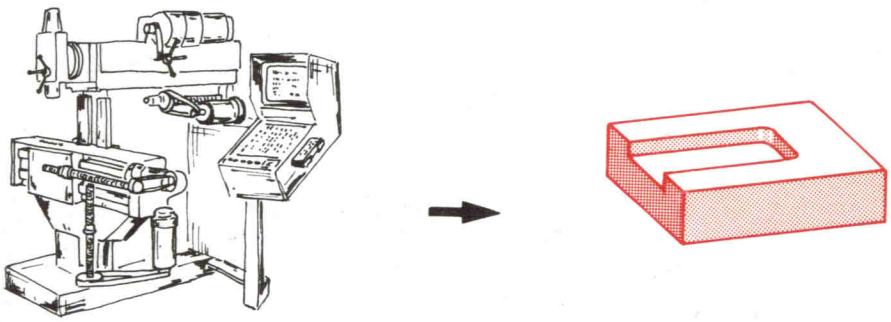
2. Programmeren



3. Programma ingeven

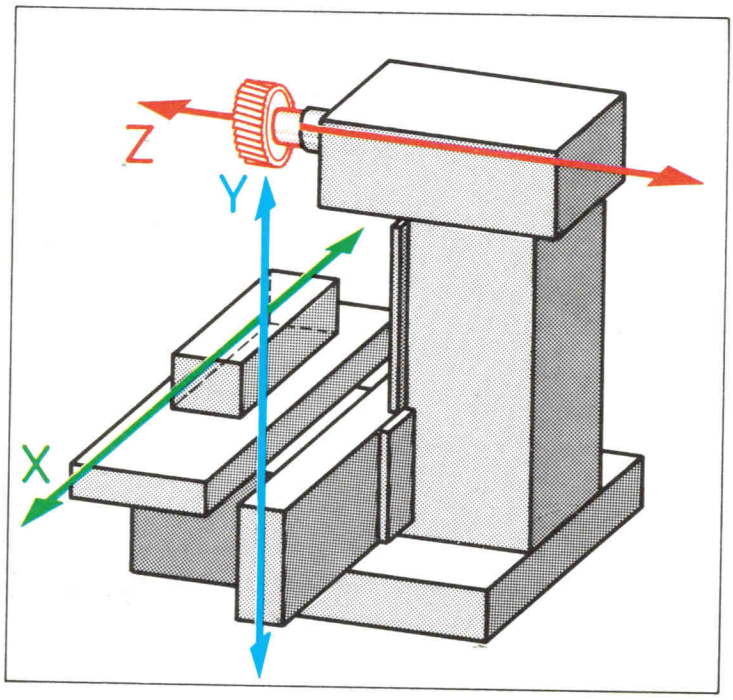


4. Bewerken

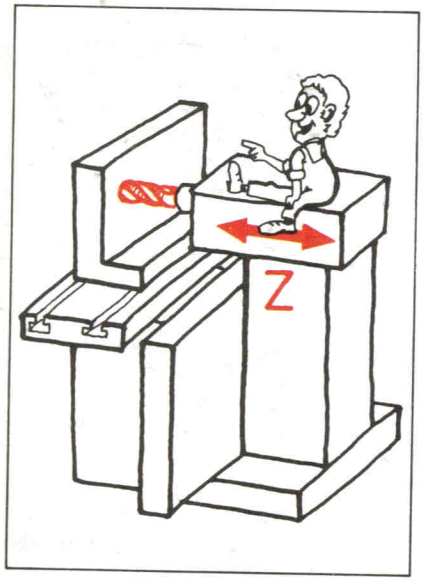


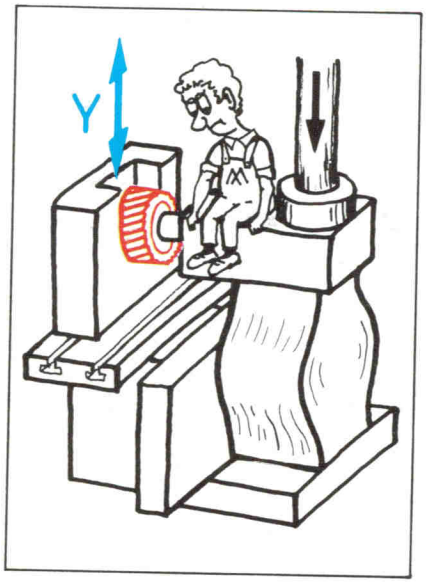
MAHO

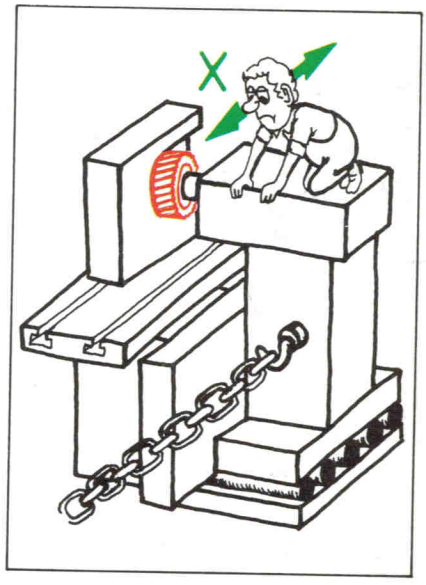
Assen bij bewerking met horizontale spil



DIN 66217: „De programmeur veronderstelt dat alleen het **werktuig** beweegt."







In werkelijkheid beweegt ...

... het **werktuig** in de **Z**-as.

... het **werkstuk** in de **Y**-as.

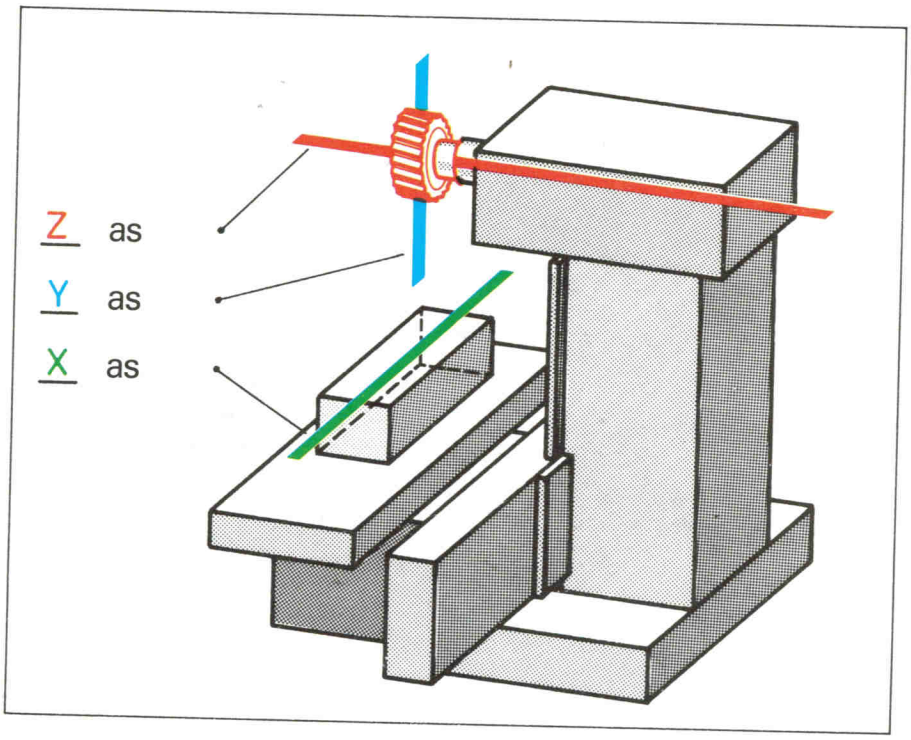
... het **werkstuk** in de **X**-as.

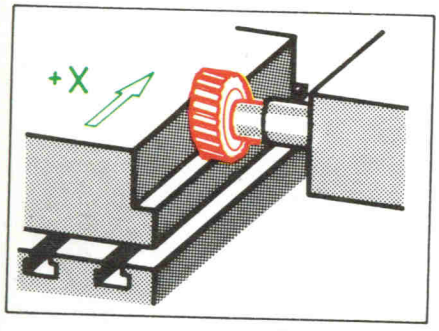
MAHO

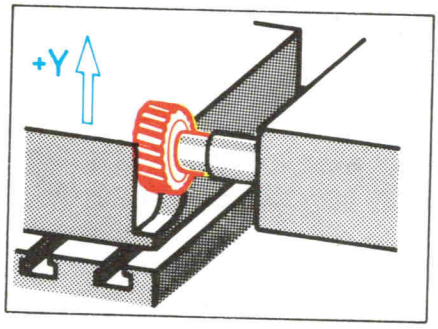
As-richtingen bij beweging met de horizontale spil

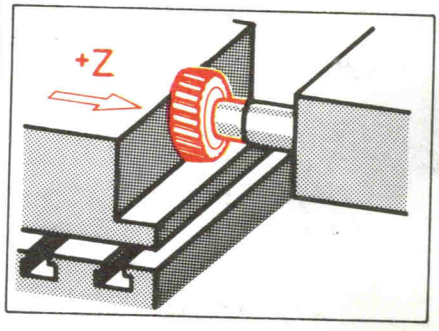
3 2 1

De Z-as is parallel aan de as van de arbeidsspil resp. valt ermee samen (DIN 66 217).

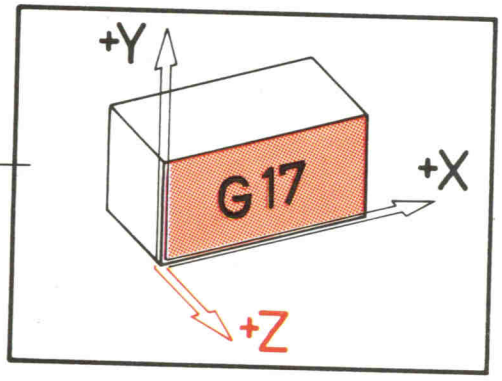








Koördinaten-systeem



Standplaats:
aan het bedienpaneel

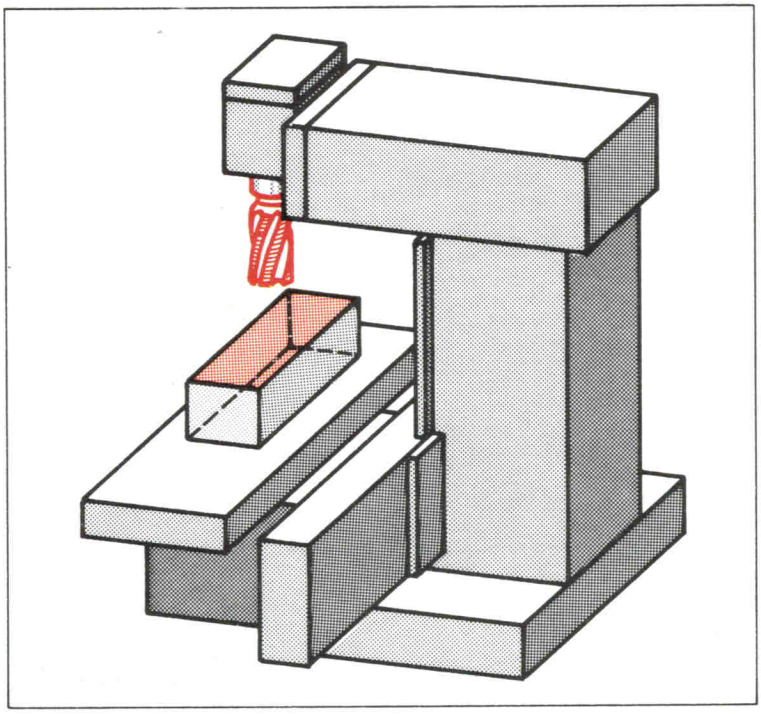
Kijkrichting:
„van achteraan naar het werkstuk"

+ X : werktuig beweegt naar **rechts**
+ Y : werktuig beweegt naar **boven**
+ Z : werktuig beweegt naar **achter**

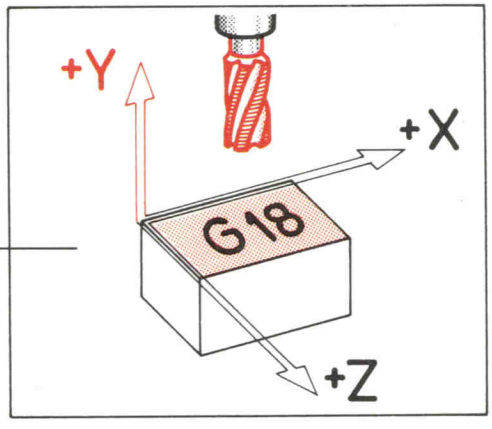
Assen en asrichtingen bij beweging met de vertikale spil

2 | 1

De arbeidsspil wordt weggezwenkt (Universele Frees- en boormachine):



Ook na het wegzwenken van de arbeidsspil blijft het originele koordinaten-systemen gelden!



Koördinaten-systeem

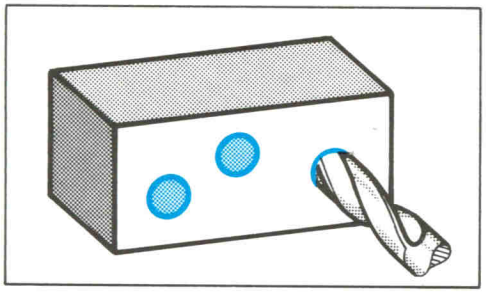
Standplaats:
aan het bedienpaneel

Kijkrichting:
„van achteraan op het werkstuk"

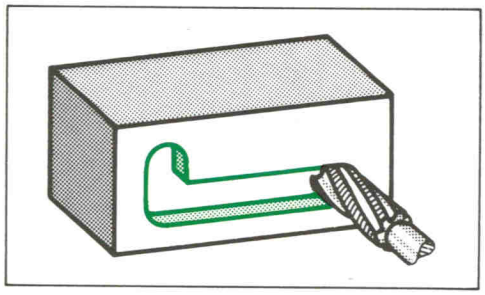
+ X : werktuig naar **rechts**
+ Y : werktuig naar **boven**
+ Z : werktuig naar **achter**

MAHO

De besturingstypes

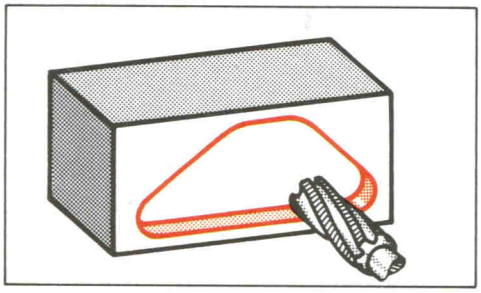


Punt-tot-punt-besturing



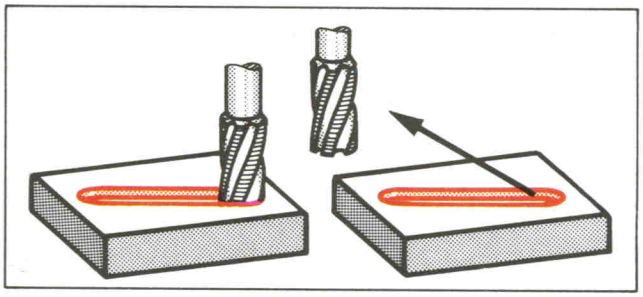
Lijnbesturing

- alleen asparallel frezen mogelijk



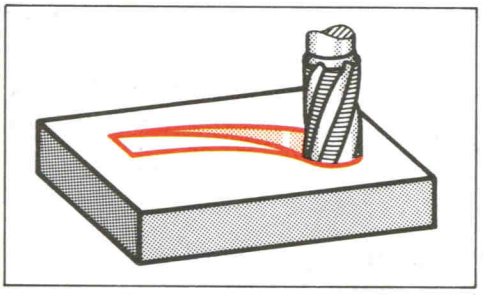
2 D-Baanbesturing

- gelijktijdig frezen in 2 assen



$2\frac{1}{2}$ D-Baanbesturing

- 2 D-frezen in meerdere vlakken
- Ijlgang in 3 assen



3 D-Baanbesturing

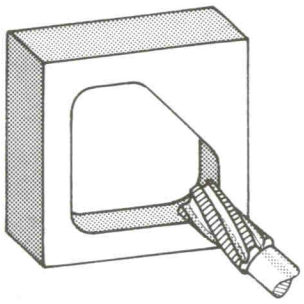
- Gelijktijdig frezen in 3 assen

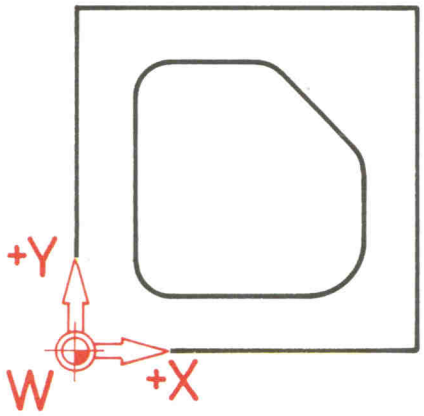
MAHO

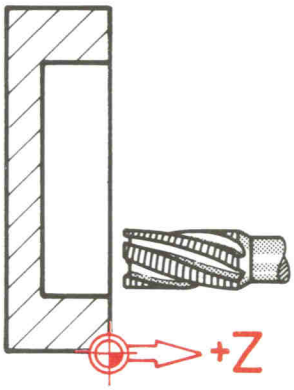
De werkstuknulpunt-posities

Symbool voor het werkstuknulpunt:

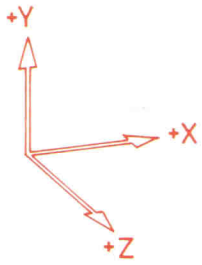
... bij bewerken met **horizontale** spil



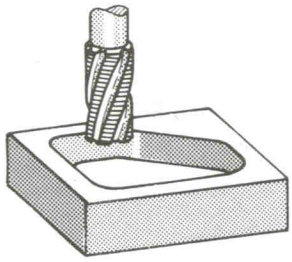


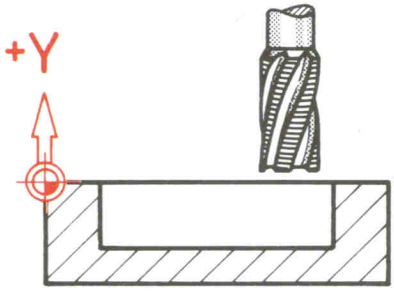


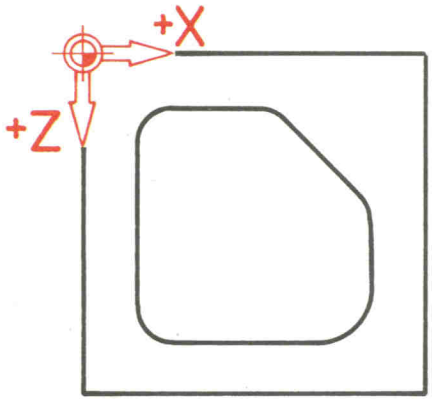
Koördinatensysteem:



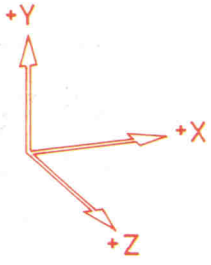
... bij bewerken met **vertikale** spil







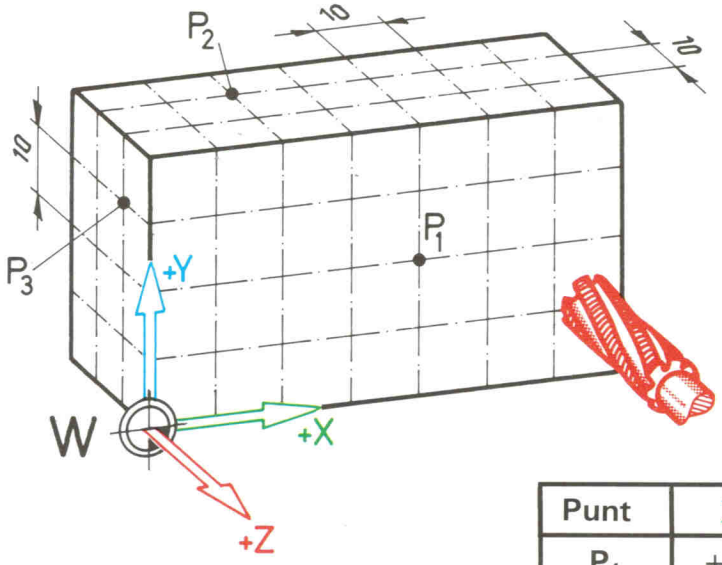
Koördinatensysteem:



MAHO

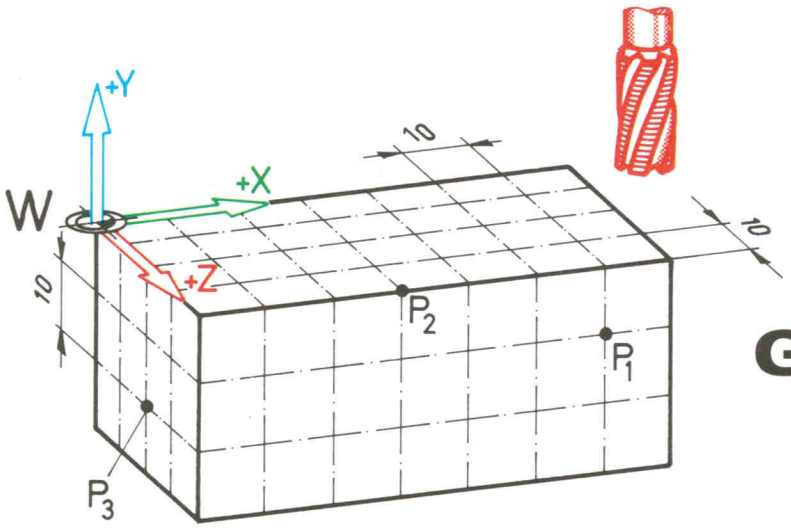
Punten op het werkstuk

2 | 1



G17

Punt	X	Y	Z
P_1	+40	+20	0
P_2	+20	+40	−20
P_3	0	+30	−10



G18

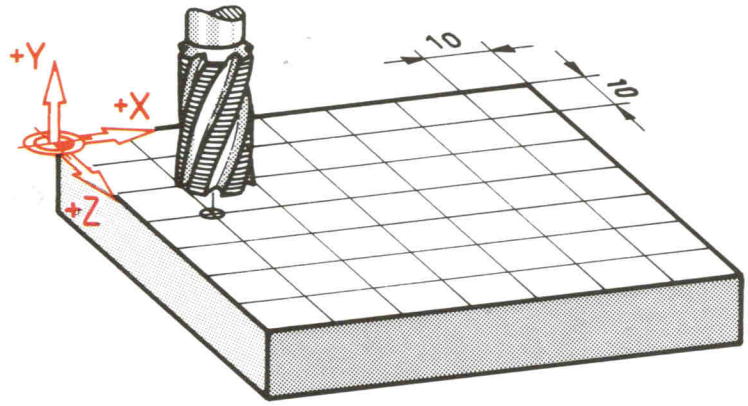
Punt	X	Y	Z
P_1	+60	−10	+40
P_2	+30	0	+40
P_3	0	−20	+20

MAHO

Absolute Maataanduiding G90

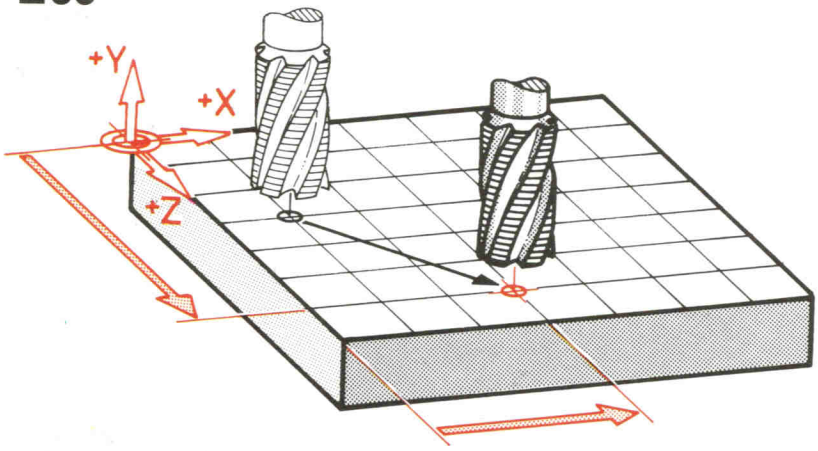
3 2 1

Bij absolute maataanduiding gaat men altijd van het **Werkstuknulpunt** uit.



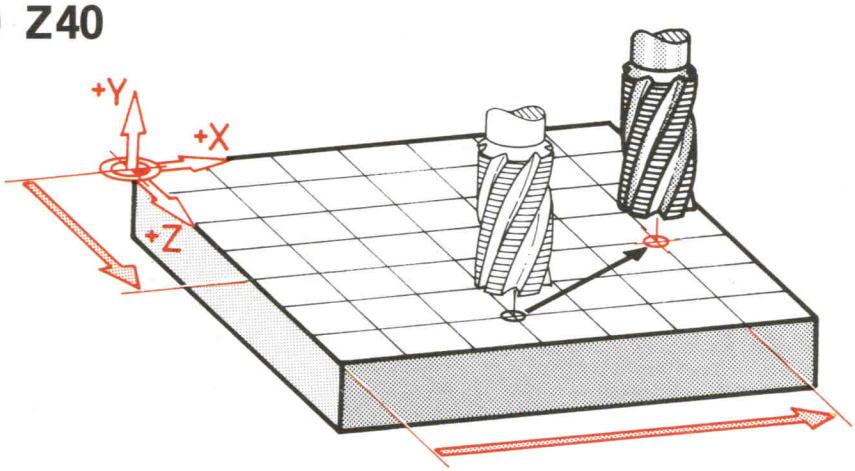
G90
betekent
NAAR

Ingave
X30 Z60



ga **NAAR**
de positie
X30 Z60

Ingave
X60 Z40

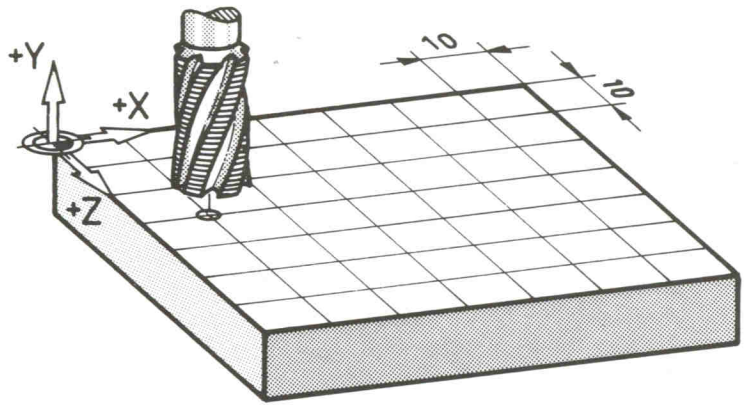


ga **NAAR**
de positie
X60 Z40

Inkrementele maataanduiding G91 (Kettingmaten)

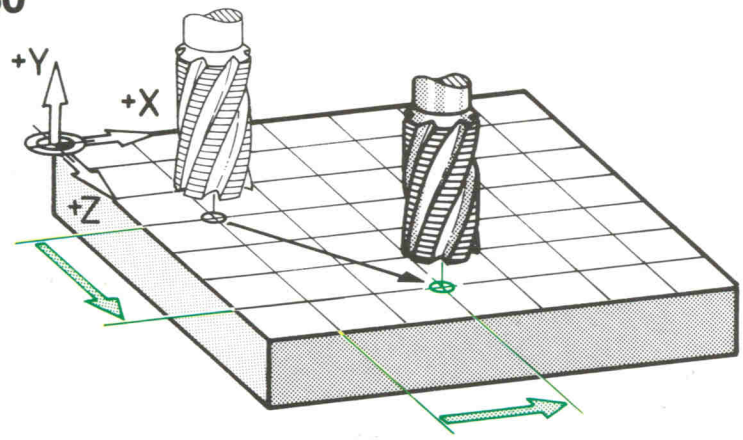
3 2 1

Bij inkrementele maataanduiding gaat men altijd uit van de **aktuele werktuigpositie**.



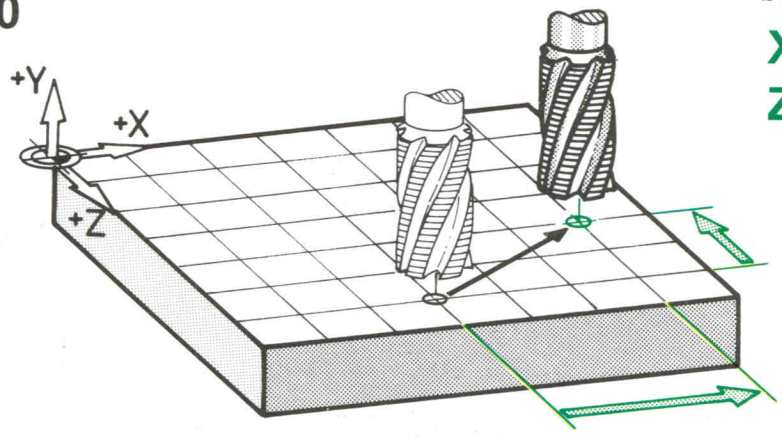
G91
betekent
OM

Ingave
X20 Z30



beweeg **OM**
X20 mm in + richting
Z30 mm in + richting

Ingave
X30 Z-20

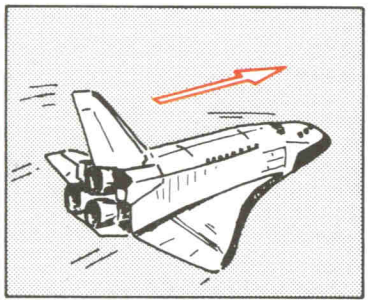


beweeg **OM**
X30 mm in + richting
Z20 mm in — richting

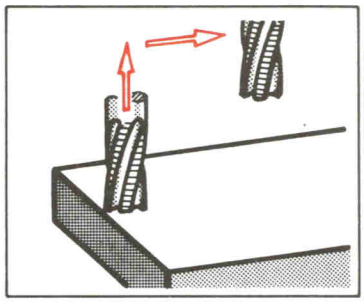
G0, G1, G2/G3, G17/G18

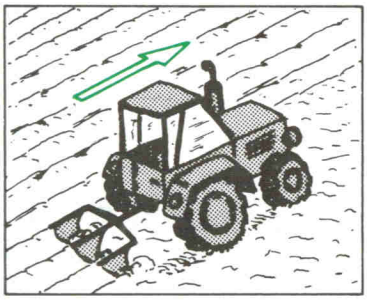
3 2 1

De G-funkties zijn in DIN 66 025 vastgelegd.

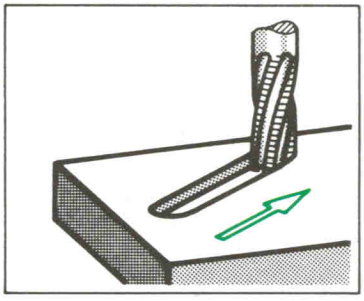


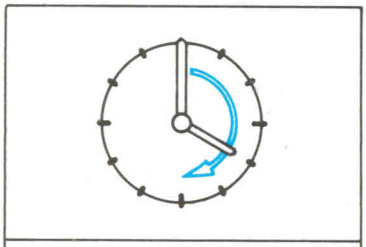
G0
Ijlgang



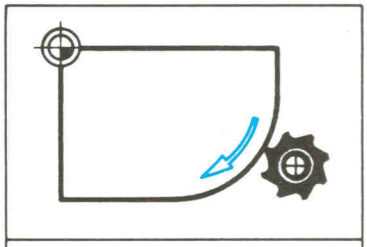


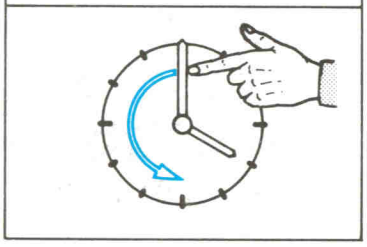
G1
Voeding op een rechte



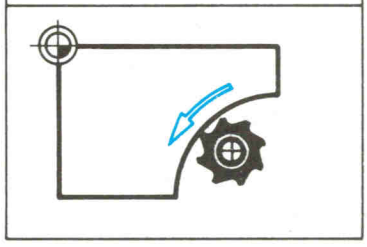


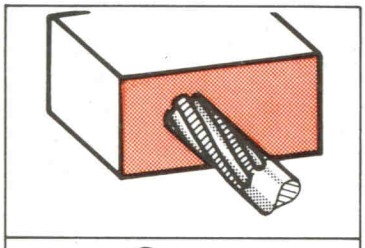
G2
Voeding in wijzerzin



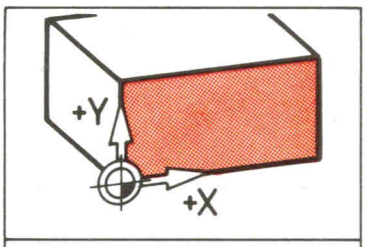


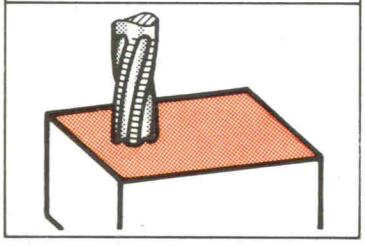
G3
Voeding in tegen-wijzerzin



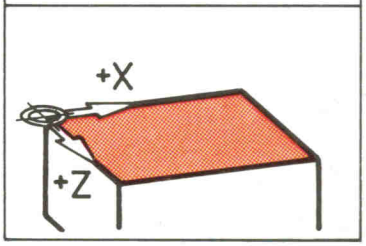


G17
X Y Vlak



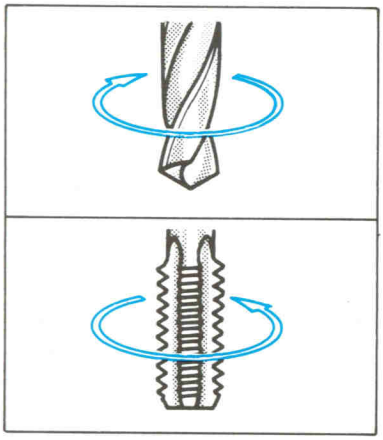


G18
X Z Vlak



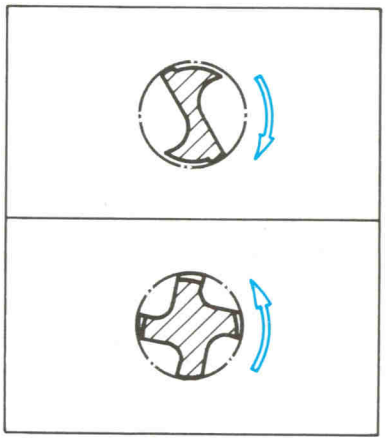
M3/M4, M6/M66, M8, M9, M30

De M-funkties zijn in DIN 66 025 vastgelegd.



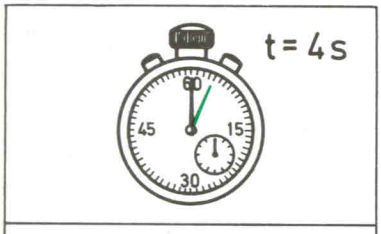
M3

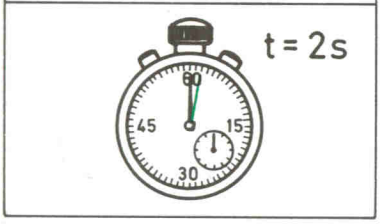
Draairichting
RECHTS



M4

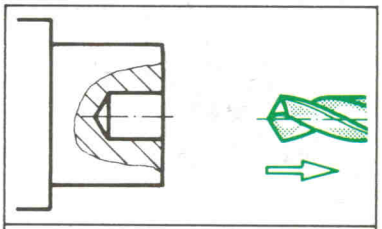
Draairichting
LINKS

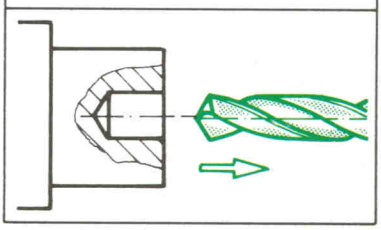




M6

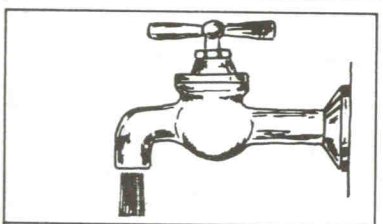
Werktuigwissel met
automatisch terugtrekken

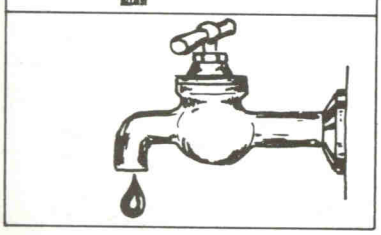




M66

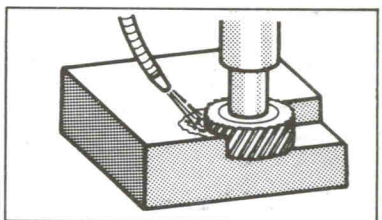
Werktuigwissel
in aktuele positie

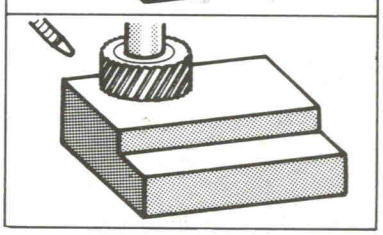




M8

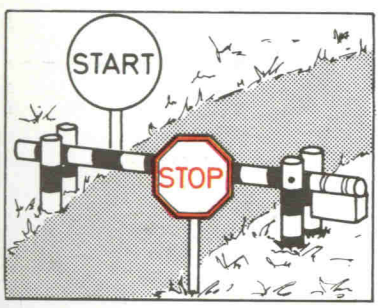
Koelmelk AAN





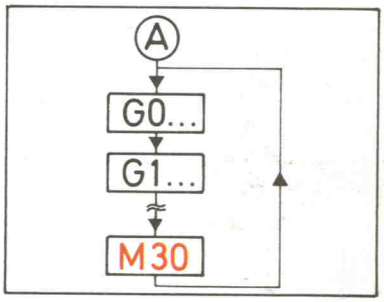
M9

Koelmelk UIT



M30

Programma-einde
+
terugspringen naar
het programmabegin



MAHO

Programma-opbouw en zin-formaat

4 3 2 1

Uittreksel uit een programma:

```
N 9004
N 1  G 17                          S 630  T 1    M 66
N 2  G 54
N 3  G 98  X-10  Y-10  Z-20  I 150  J 140  K 30
N 4  G 99  X 0   Y 0   Z-20  I 130  J 120  K 20
N 5  G 0   X 60  Y 30  Z-8                  M 3
N 6  G 1                Z-10  F 50
N 7  G 43  X 80                F 100
N 8  G 42
N 9  G 2   X 6
```

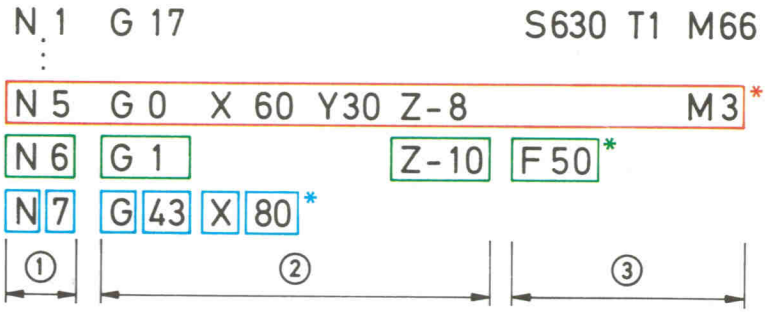
Een programma bestaat uit een geordende opeenvolging van bevelen.

N 9004
N 1...
N 2...
N 3...

N 9004 is het programmanummer

N1, N2, N3 enz. zijn de zinnummers.

Struktuur van een programma:



① Programma-technische bevelen

② **Geometrische** bevelen

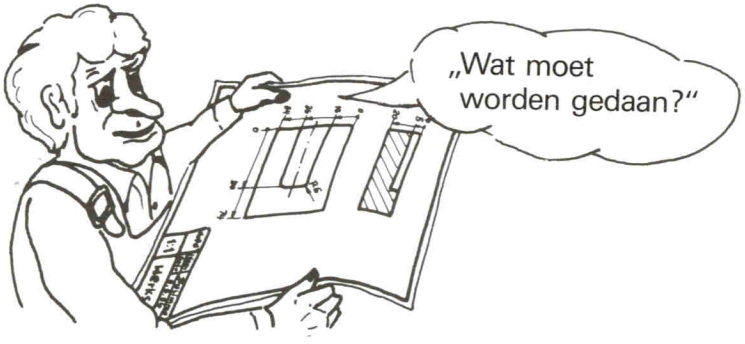
③ **Technologische** bevelen

Het **PROGRAMMA** bestaat uit * **zinnen.**
De **ZIN** bestaat uit * **woorden.**
Het **WOORD** bestaat uit een * **adres** en een **getal.**

MAHO

Berekening van technologische gegevens

3 2 1



HSS
$v_c = 20\,m/min$
$s_z = 0{,}08\,mm$

Werktuig Nr. 1
betekent

T1

$$n = \frac{v_c}{d \cdot \pi}$$

$$n = \frac{20\,m/min}{0{,}010\,m \cdot \pi}$$

$$n = 637\,min^{-1}$$

$n = 637\ min^{-1}$
betekent

S637

$$v_f = z \cdot s_z \cdot n$$

$$v_f = 2 \cdot 0{,}08\,mm \cdot 637\,min^{-1}$$

$$v_f \approx 100\ \frac{mm}{min}$$

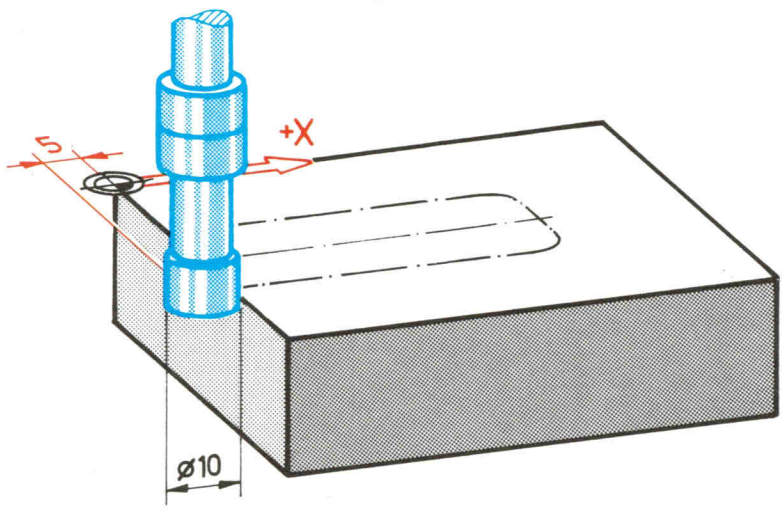
$v_f = 100\ \frac{mm}{min}$
betekent

F100

Nulpunt zetten met de kantentaster

2 | 1

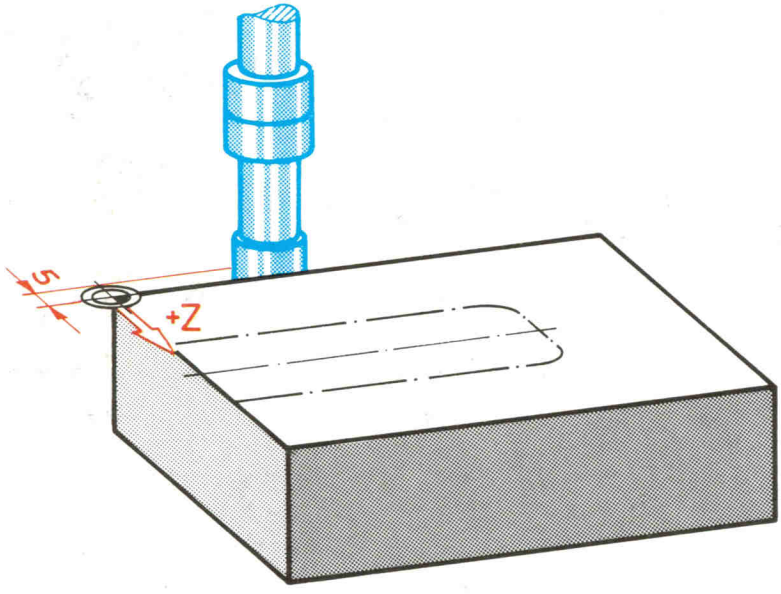
Men moet de positie van het werkstuknulpunt meedelen aan de besturing.



De kantentaster (d = 10 mm) bevindt zich **op** de positie **X-5**.

Ingave (Reset Axis):

X-5



De kantentaster (d = 10 mm) bevindt zich **op** de positie **Z-5**.

Ingave (Reset Axis):

Z-5

MAHO

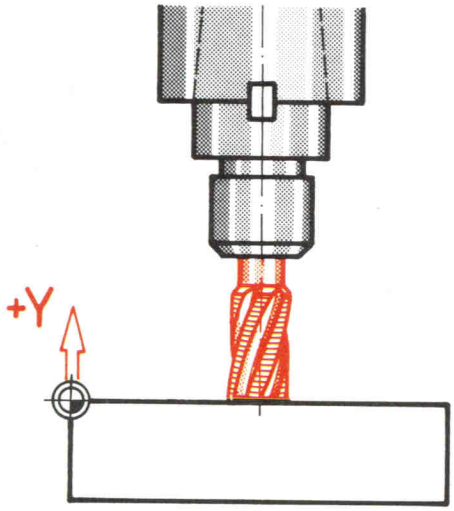
Nulpunt zetten in de werktuigas

2 | 1

Bij alle bewegingen moet de werktuiglengte worden verrekend.
Deze wordt in het werktuiggeheugen ingegeven.

In de praktijk bestaan **2 mogelijkheden**:

1. Bewerking met **één** werktuig



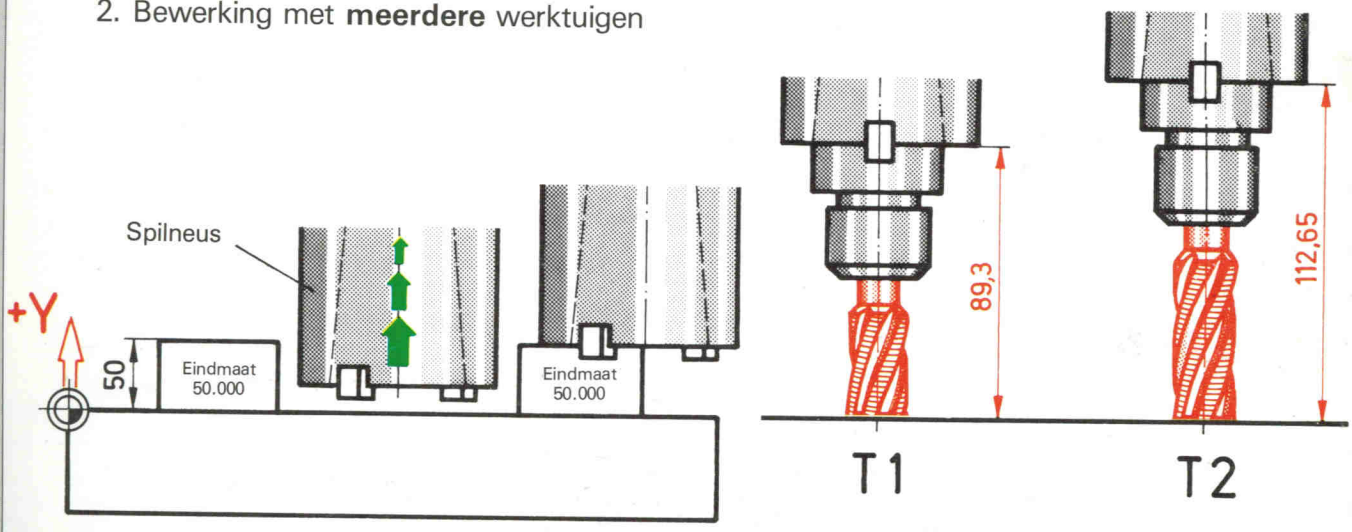
Ingave:

Besturing (Reset Axis) **Y0**

Werktuiggeheugen **T1 L0**

---

2. Bewerking met **meerdere** werktuigen



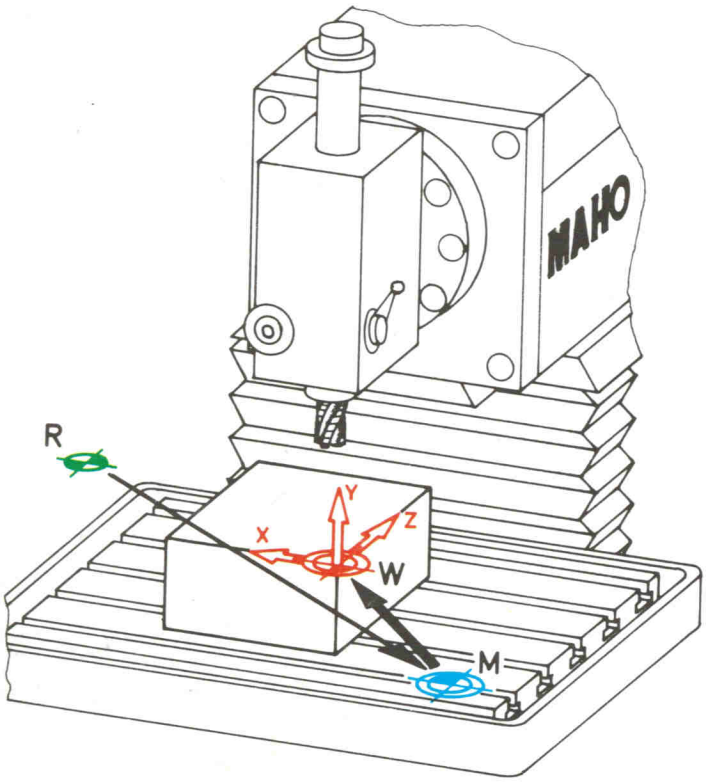
Ingave:

Besturing (Reset Axis) **Y50**

Werktuiggeheugen **T1 L89.300**
T2 L112.650

De nulpuntverschuivingen G51...G59

Bij het afschakelen van de machine „verliest" de besturing het **werkstuknulpunt W.**



R = Referentiepunt

Pas na het aanlopen van het referentiepunt weet de besturing waar het werktuig staat.

M = Machinenulpunt

M wordt door de fabrikant vastgelegd
(= **machine**specifiek koördinatensysteem)

W = Werkstuknulpunt

W wordt door de programmeur vrij gekozen.
(= **werkstuk**-afhankelijk koördinatensysteem)

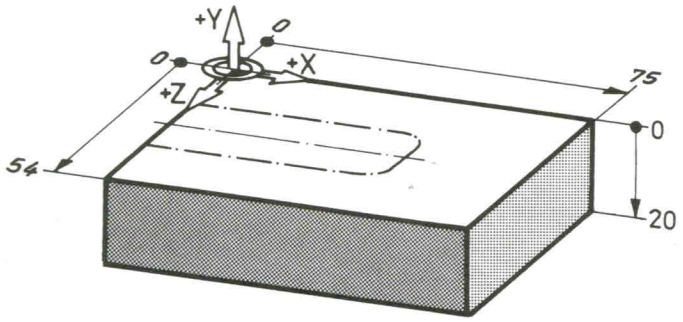
Onder G52 (automatisch opgeslagen) resp. G54 tot G59 kunnen de verschuivingen **M** → **W** opgeslagen worden.

De besturing „vindt" na inschakelen het werkstuknulpunt W terug.

Met G51 resp. G53 verschuift **W** terug naar **M**:
G51 heft G59 op.
G53 heft G54 tot G59 op.

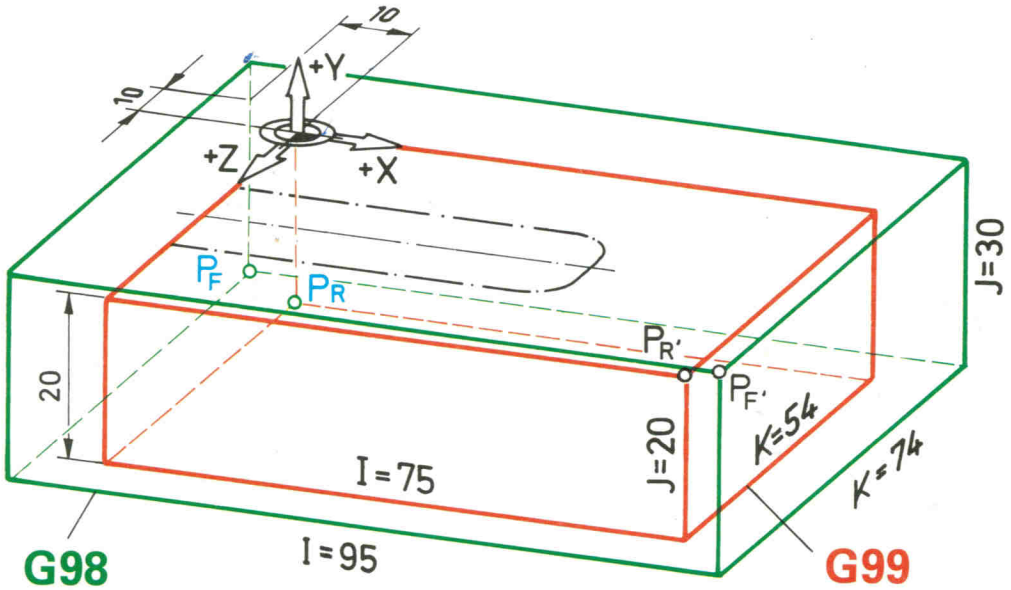
MAHO

Kijkvenster G98
Definitive ruw stuk G99



2 | 1

De grafische testlopen dienen om een **nieuw** programma op het beeldscherm te testen.



G98
Kijkvenster
(wordt op het beeldscherm niet getoond)

G99
Definitive ruw stuk

Kijkvenster

G98 X-10 Y-20 Z-10 B... I95 J30 K74 B1=...

- X-10 Y-20 Z-10: Punt P_F
- B...: Verdraaiing om de X-as (geen B-waarde: B-60)
- I95 J30 K74: Punt $P_{F'}$ (inkrementeel)
- B1=...: Verdraaiing om de Y-as (geen B1-waarde: B1 = −30)

Definitie ruw stuk

G99 X0 Y-20 Z0

- X0 Y-20 Z0: Punt P_R

I75 J20 K54

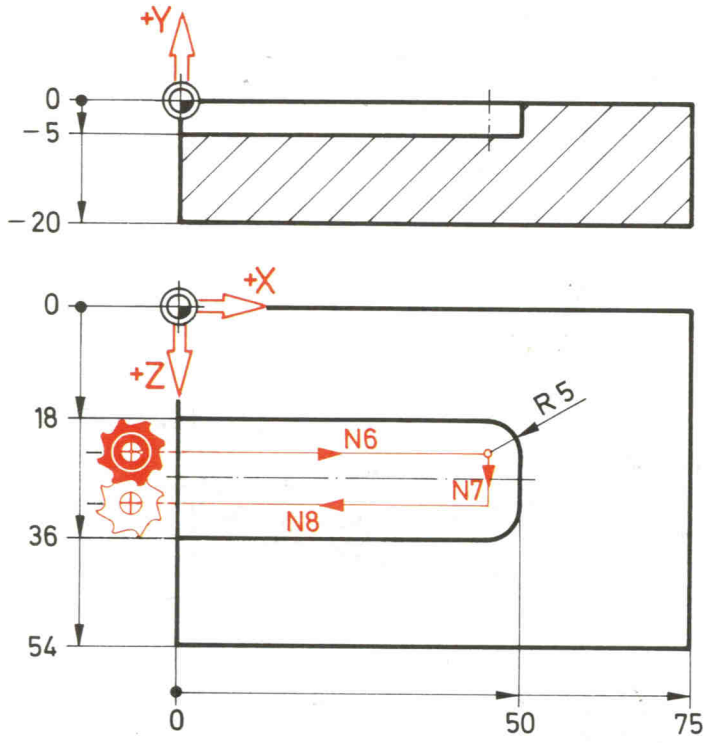
- I75 J20 K54: Punt $P_{R'}$ (inkrementeel)

MAHO

Freesprogramma met G0 en G1 - frees-middelpuntsbaan -

2 | 1

De getekende gleuf wordt met een **frees Ø 10** gefreesd.



% PM									
N 9001									
N 1	G 18						S 630	T 1	M 66
N 2	G 54								
N 3	G 98	X-10	Y-20	Z-10	I 95	J 30	K 74		
N 4	G 99	X 0	Y-20	Z 0	I 75	J 20	K 54		
N 5	G 0	X-7		Y-5	Z 23				M 3
N 6	G 1	X 45					F 100		
N 7					Z 31				
N 8		X-7							
N 9	G 0			Y 50					
N 10									M 30

Nadeel van dergelijke programmatie:

- Er worden **geen maten die op de tekening staan** geprogrammeerd.
- Nieuwe frees-diameter ⟶ **nieuw programma**.

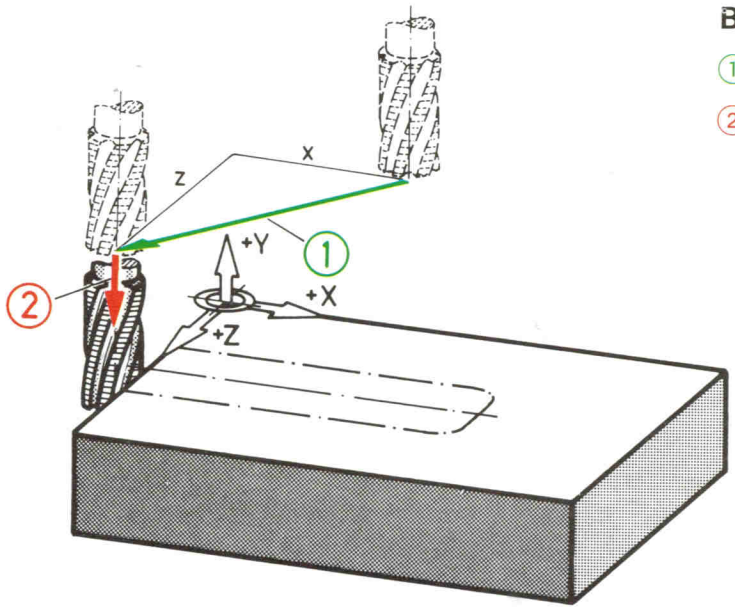
MAHO

Ruimtelijke positioneerlogika

1. Beweging in **negatieve** zin van de werktuigas

PROGRAMMA:

G0 X-7 Y-5 Z23



BEWEGING:

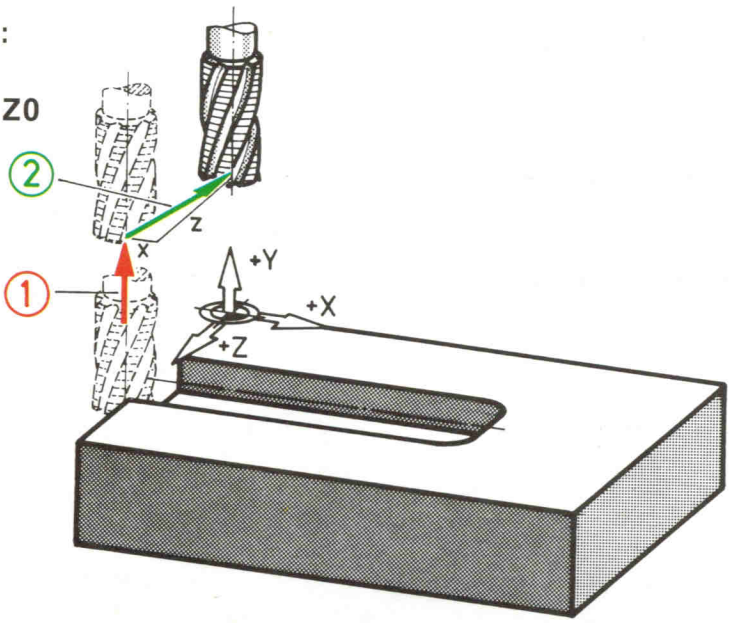
① **X / Z** Vlak

② **Y** As

2. Beweging in **positieve** richting van de werktuigas

PROGRAMMA:

G0 X0 Y+50 Z0



BEWEGING:

① **Y** As

② **X/Z** Vlak

Vlak G17:

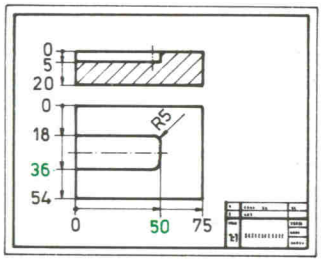
	1. Beweging	2. Beweging
Negatieve richting van de werktuigas	X en Y	Z
Positieve richting van de werktuigas	Z	X en Y

Het principe van werktuig-radiuskorrektie

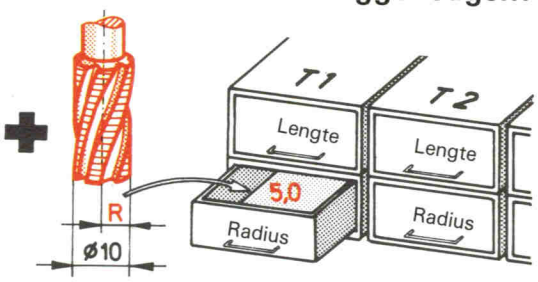
2 | 1

Door de werktuig-radiuskorrektie wordt het mogelijk, de **maten van de werkstuktekening** te programmeren.

Principe:

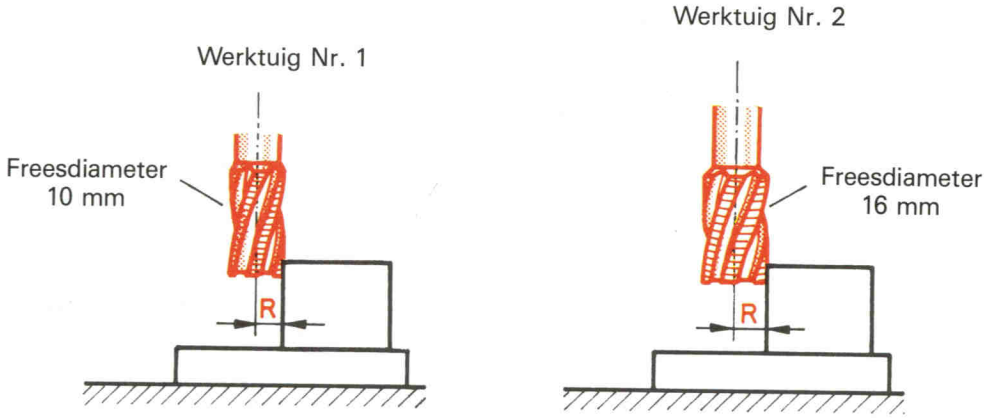


N8	G42			
N9		X50		
N10				Z36
N11		X-7		



De werkstukafmetingen worden geprogrammeerd, de besturing berekent met de aktieve radiuswaarde R de middelpuntsbaan van het werktuig.

Ingave in het werktuiggeheugen:



T1 **T2**

T1	L89.3	R5
T2	L112.65	R8
⋮		
T99		

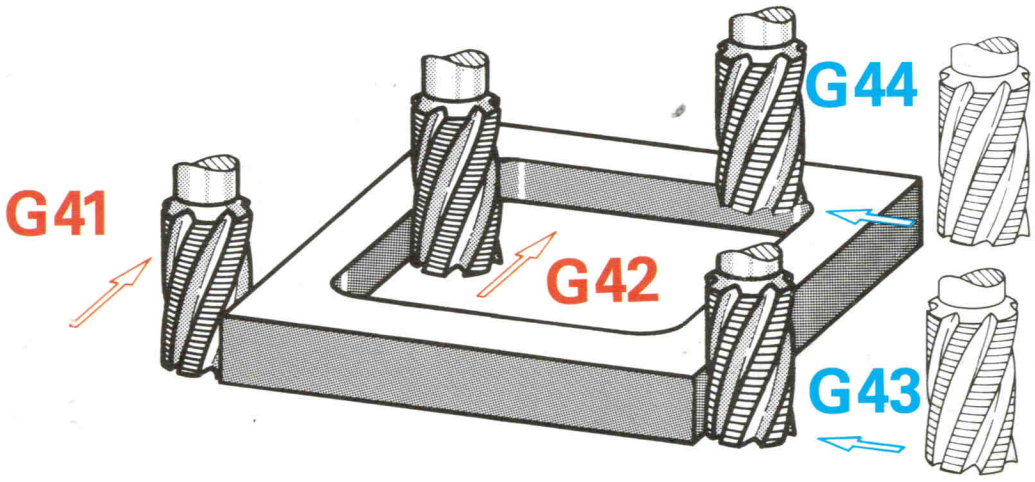
MAHO

G41/G42, G40, G43/G44

3 2 1

Opdat de besturing uit de programma-gegevens en uit de werktuiggegevens de middelpuntsbaan van de frees kan berekenen, moet haar meegedeeld worden, waar het werktuig moet frezen.

Daartoe bestaan 5 G-funkties:



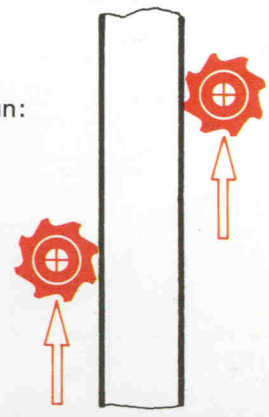
G41 **G42** **G40** **G44** **G43**

Radiuskorrektie links... rechts... van de freeskontour

geen Radiuskorrektie

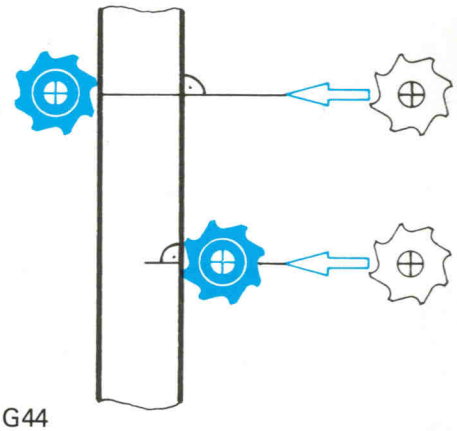
Radiuskorrektie over... tot... freeskontour

Geheugensteun:
G4 I = links



Bewegingsrichting = Kijkrichting

Met G40 worden G41, G42, G43 en G44 opgeheven



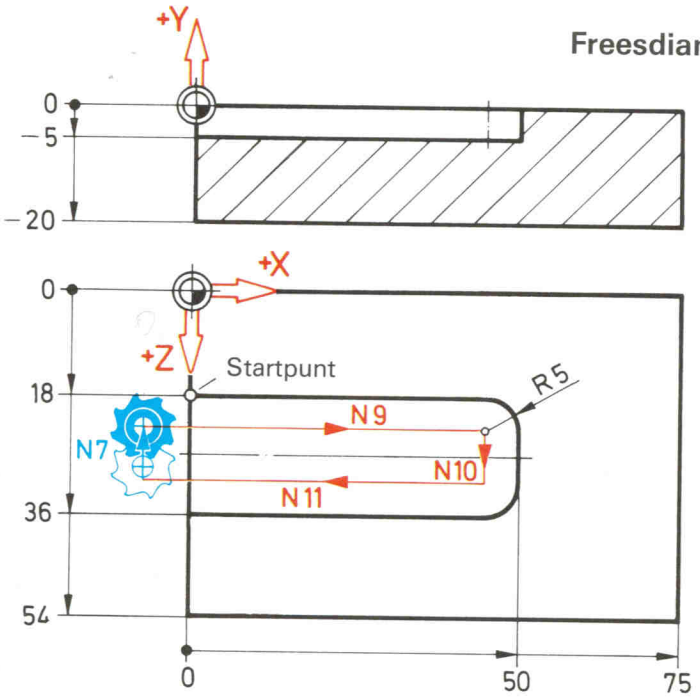
MAHO

Freesprogramma met werktuig-radiuskorrektie

2 | 1

De werktuigbaan wordt door de besturing automatisch berekend als een baan, die over de werktuigradius parallel ten opzichte van de werkstukkontour verloopt.

Freesdiameter: $d = 10$ mm



% PM								
N 9002								
N 1	G 18					S 630	T 1	M 66
N 2	G 54							
N 3	G 98	X-10	Y-20	Z-10	I 95 J 30	K 74		
N 4	G 99	X 0	Y-20	Z 0	I 75 J 20	K 54		
N 5	G 0	X-7		Y-5	Z 25			M 3
N 6	G 1 ①					F 100		
N 7	G 43②				Z 18			
N 8	G 42							
N 9		X 50						
N 10					Z 36			
N 11		X-7③						
N 12	G 40							
N 13	G 0			Y 50				
N 14								M 30

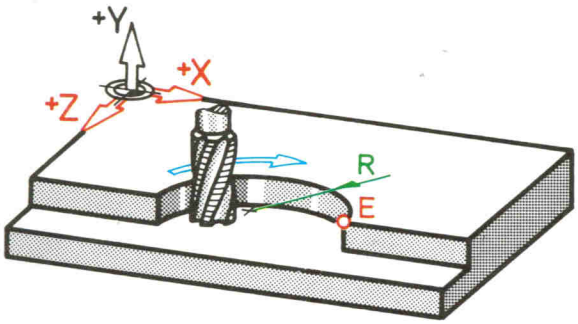
① In elke zin mag slechts één G-funktie geschreven worden.
② In G43 is G1 niet inbegrepen, vandaar eerst G1.
③ Positie van het freesmiddelpunt na het kontourfrezen.

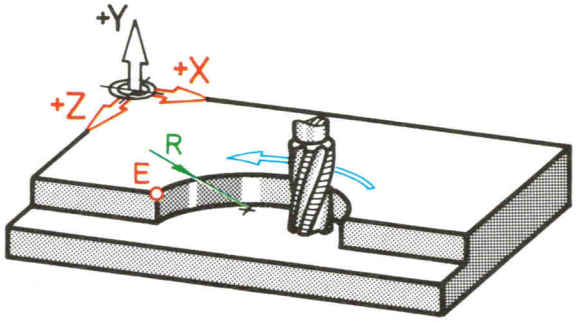
MAHO

Frezen van cirkelbogen tot 180°

3 | 2 | 1

Cirkelbogen/cirkels worden met de funkties G2 en G3 geprogrammeerd:





Frezen in

Uurwerkwijzerzin

G2

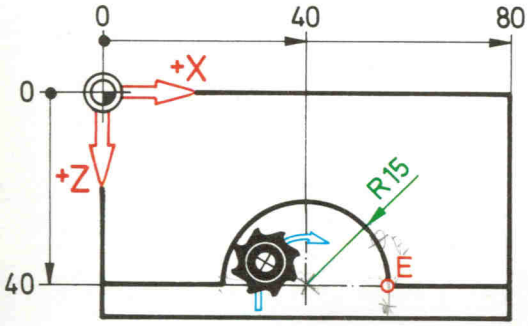
Tegen-uurwerkwijzerzin

G3

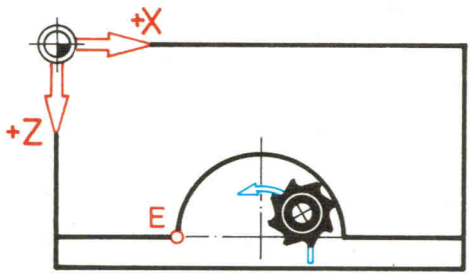
Cirkelbogen tot 180° worden met een **R**-woord geprogrammeerd:

Zin-formaat: **N... G... X... Z... R...**

- G...: Bewegingsrichting
- X... Z...: Koördinaten van het eindpunt van de cirkelboog
- R...: Radius van de cirkelboog



N... G42
N... G1 X25 F100
N... G2 X55 Z40 R15
N... G1 X87



N... G41
N... G1 X55 F100
N... G3 X25 Z40 R15
N... G1 X-7

De cirkel-middelpuntskoordinaten I, J en K

1

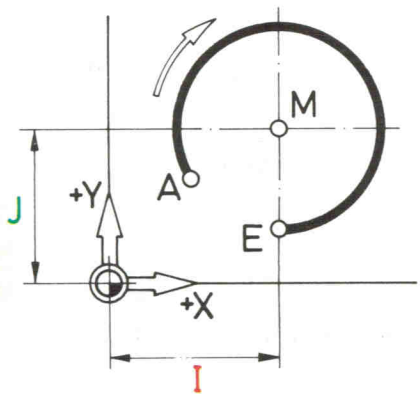
Wanneer de programmatie van cirkelbogen met het R-adres niet mogelijk is, dan moet het middelpunt geprogrammeerd worden. Dit gebeurt met de adressen I, J en K:

I is een koördinaat parallel aan de X-as.
J is een koördinaat parallel aan de Y-as.
K is een koördinaat parallel aan de Z-as.

Het frezen van cirkelbogen gebeurt in regel

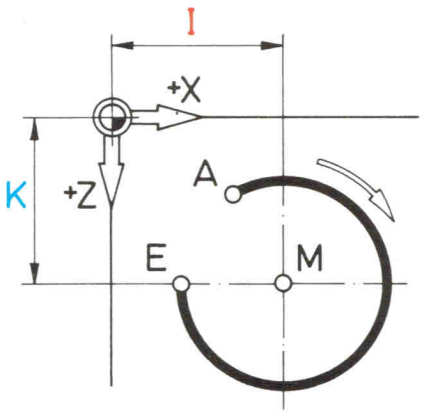
ofwel in het vlak

G17



ofwel in het vlak

G18



A = Startpunt
E = Eindpunt
M = Middelpunt

In het vlak **G17** **I** en **J**

In het vlak **G18** **I** en **K**

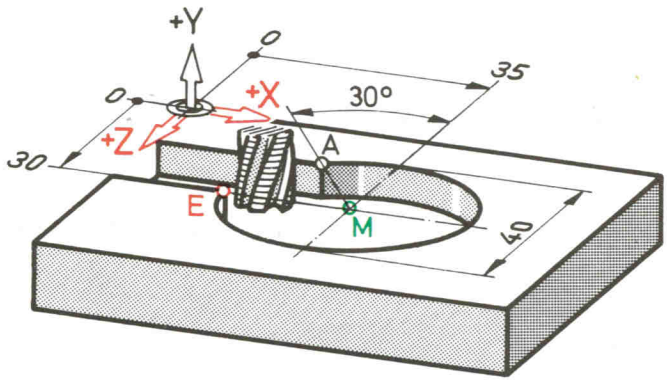
werden

als cirkel-middelpuntskoördinaten gebruikt.

MAHO

Frezen van willekeurige cirkelbogen in kettingmaten

2 | 1



Cirkelbogen ≦ 180° **kunnen**, cirkelbogen > 180° **moeten** met de middelpuntskoördinaten I en K (J) geprogrammeerd worden.

Zin-formaat: **N... G... X... Z... I... K (J)...**

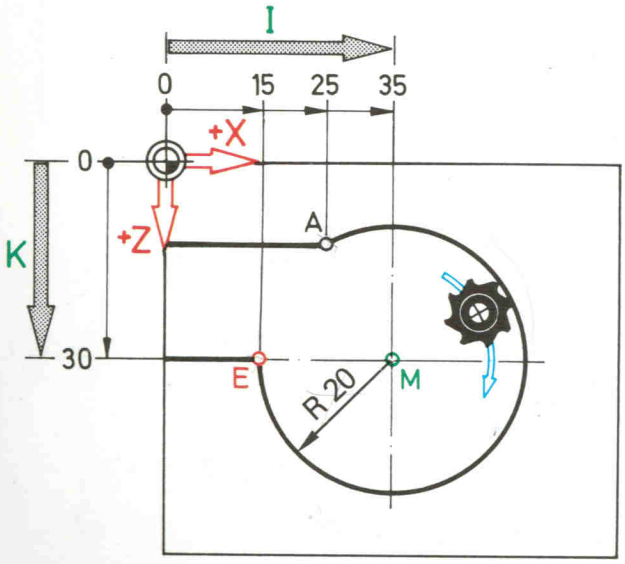
G18 G17

G... — Bewegingsrichting

X... Z... — Koördinaten van het eindpunt van de cirkelboog

I... K (J)... — Koördinaten van middelpunt

De besturing berekent uit de koördinaten van A en M de waarde van de radius.



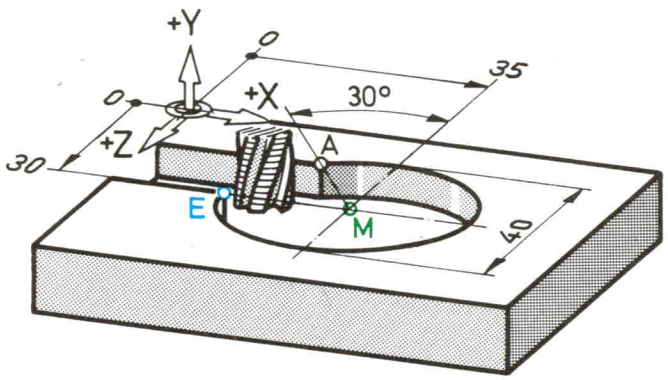
N... G42
N... G1 X25 F100
N... G2 X15 Z30 I35 K30
N... G1 X-7

MAHO

Frezen van willekeurige cirkelbogen in kettingmaten

2 | 1

Deze manier van programmeren van cirkelbogen wordt vooral bij herhaling van delen van het programma gebruikt.

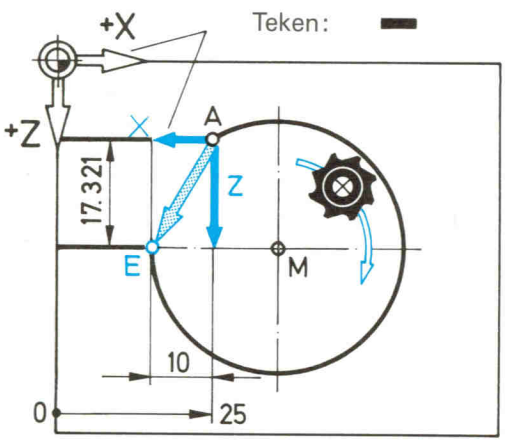


G18 G17

Zin-formaat: **N... G... X... Z... I... K (J)...**

Bepaling van X en Z koördinaten

(inkrementeel)

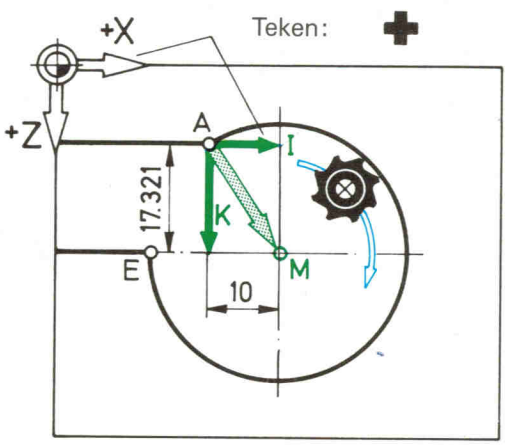


Bemerking: Van **A** naar **E** kijken!

X-10 Z17.321

Bepaling van I en K koördinaten

(inkrementeel)



Van **A** naar **E** kijken!

I10 K17.321

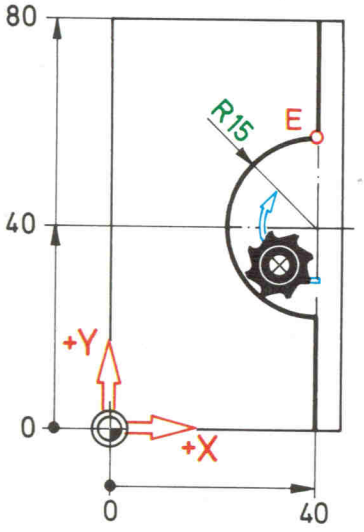
N... G42
N... G1 X25 F100
N... **G91**

N... G2 X-10 Z17.321 I10 K17.321

N... **G90**
N... G1 X-7

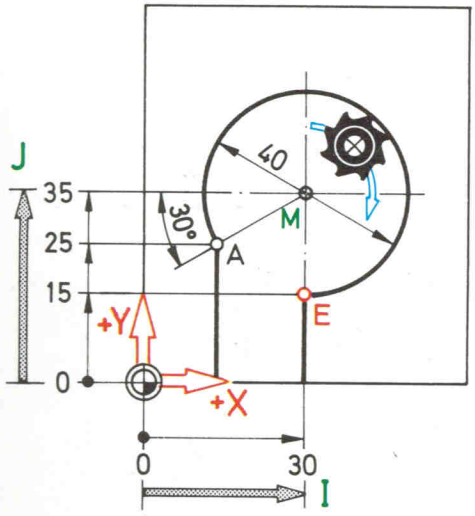
Frezen van cirkelbogen in het vlak G17 (samenstelling)

1



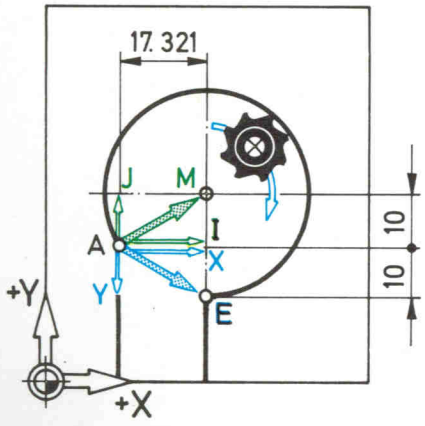
Cirkelprogrammatie met **R woord:**

N... G42
N... G1 Y25 F100
N... G2 X40 Y55 R15
N... G1 Y87



Cirkelprogrammatie met **absoluutmaten:**

N... G42
N... G1 Y25 F100
N... G2 X30 Y15 I30 J35
N... G1 Y-7



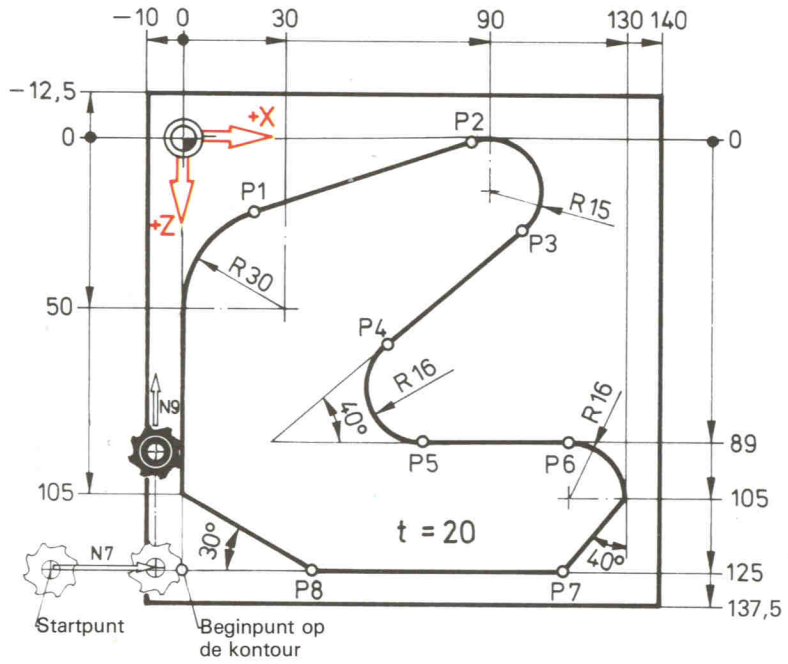
Cirkelprogrammatie met **kettingmaten:**

N... G42
N... G1 Y25 F100
N... **G91**
N... G2 X17.321 Y-10 I17.321 J10
N... **G90**
N... G1 Y-7

MAHO

Programmatie-voorbeeld in het vlak G18

2 | 1



	X	Z
P 1	20,836	21,434
P 2	85,418	0,717
P 3	99,642	26,491
P 4	58,821	60,743
P 5	69,106	89,000
P 6	114,000	89,000
P 7	113,218	125,000
P 8	34,641	125,000

De getekende kontour moet uit een ruw stuk van 150 x 150 mm gefreesd worden (met radiuskorrektie). De freesdiepte moet 5 mm bedragen. **Freesdiameter:** $d = 10$ mm.

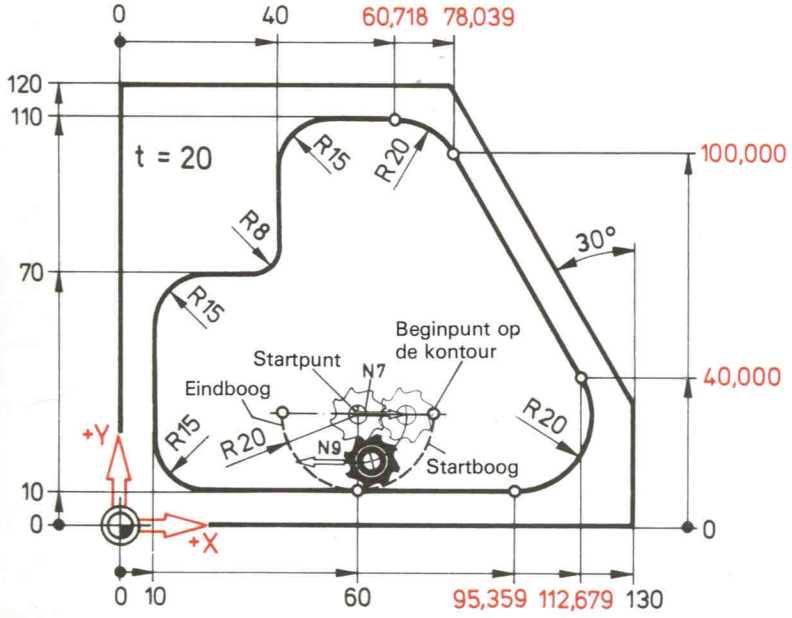
% PM						
N 9003						
N 1	G 18					S 630 T 1 M 66
N 2	G 54					
N 3	G 98	X-20 Y-20	Z-22.5	I 170 J 30	K 170	
N 4	G 99	X-10 Y-20	Z-12.5	I 150 J 20	K 150	
N 5	G 0	X-17	Y-5	Z 125		M 3
N 6	G 1					F 100
N 7	G 43	X 0				
N 8	G 41					
N 9				Z 50		
N 10	G 2	X 20.836		Z 21.434		R 30 (I 30 K 50)
N 11	G 1	X 85.418		Z 0.717		
N 12	G 2	X 99.642		Z 26.491		R 15 (I 90 K 15)
N 13	G 1	X 58.821		Z 60.743		
N 14	G 3	X 69.106		Z 89		R 16 (I 69.106 K 73)
N 15	G 1	X 114				
N 16	G 2	X 130		Z 105		R 16 (I 114 K 105)
N 17	G 1	X 113.218		Z 125		
N 18		X 34.641				
N 19		X 0		Z 105		
N 20				Z 100		
N 21	G 40					
N 22	G 0		Y 50			
N 23						M 30

MAHO

Programmeer-voorbeeld in het vlak G17

2 | 1

De kamer is 10 mm diep gefreesd. De kontour moet nabewerkt worden. Het aanvangen en verlaten van de kontour gebeurt tangentieel met een kwartcirkelboog R20.



De maten die in rood aangeduid werden moeten worden berekend (zie werkblad).

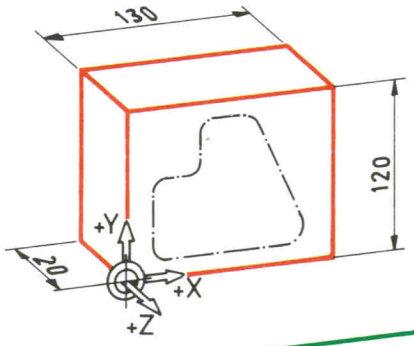
Freesdiameter: $d = 10$ mm

% PM					
N 9004					
N 1	G 17				S 630 T 1 M 66
N 2	G 54				
N 3	G 98	X-10 Y-10	Z-20	I 150 J 140	K 30
N 4	G 99	X 0 Y 0	Z-20	I 130 J 120	K 20
N 5	G 0	X 60	Y 30	Z-8	M 3
N 6	G 1			Z-10	F 50
N 7	G 43	X 80			F 100
N 8	G 42				
N 9	G 2	X 60	Y 10		R 20 (I 60 J 30)
N 10	G 1	X 25			
N 11	G 2	X 10	Y 25		R 15 (I 25 J 25)
N 12	G 1		Y 55		
N 13	G 2	X 25	Y 70		R 15 (I 25 J 55)
N 14	G 1	X 32			
N 15	G 3	X 40	Y 78		R 8 (I 32 J 78)
N 16	G 1		Y 95		
N 17	G 2	X 55	Y 110		R 15 (I 55 J 95)
N 18	G 1	X 60.718			
N 19	G 2	X 78.039	Y 100		R 20 (I 60.718 J 90)
N 20	G 1	X 112.679	Y 40		
N 21	G 2	X 95.359	Y 10		R 20 (I 90.359 J 30)
N 22	G 1	X 60			
N 23	G 2	X 40	Y 30		R 20 (I 60 J 30)
N 24	G 40				
N 25	G 0			Z 50	
N 26					M 30

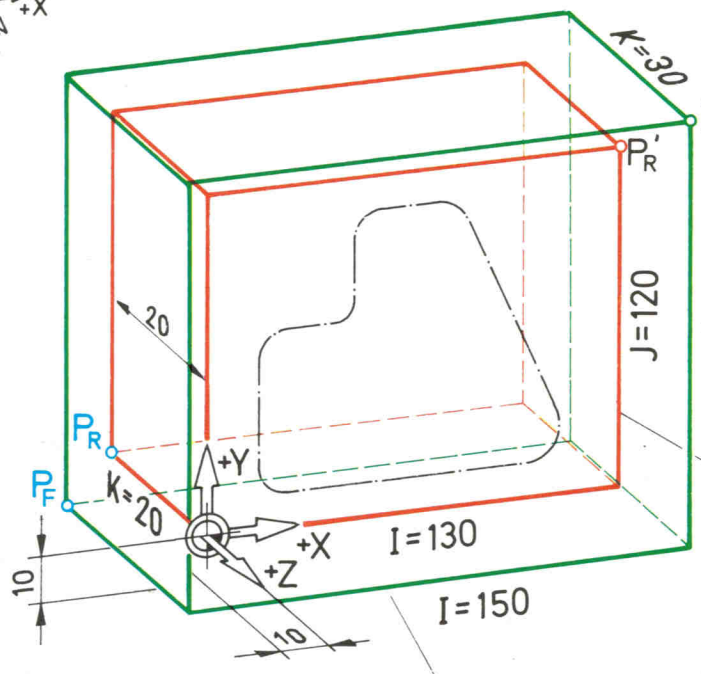
MAHO

Kijkvenster G98 en definitie ruw stuk G99 (vlak G17)

2 | 1



De grafische testrun's worden gebruikt om **nieuwe** programma's op het beeldscherm uit te testen.



G99
Definitie ruw stuk

G98
Kijkvenster
(wordt niet afgebeeld op het beeldscherm)

Kijkvenster

G98 X-10 Y-10 Z-20 B... I150 J140 K30 B1=...

- X-10 Y-10 Z-20 — Punt P_F
- B... — Verdraaiing rond de X-as (geen B-waarde: B-60)
- I150 J140 K30 — Punt $P_{F'}$ (inkrementeel)
- B1=... — Verdraaiing rond Y-as (geen B1-waarde: B1 = −30)

Definite ruw stuk

G99 X0 Y0 Z-20

- X0 Y0 Z-20 — Punt P_R

I130 J120 K20

- I130 J120 K20 — Punt $P_{R'}$ (inkrementeel)

MAHO

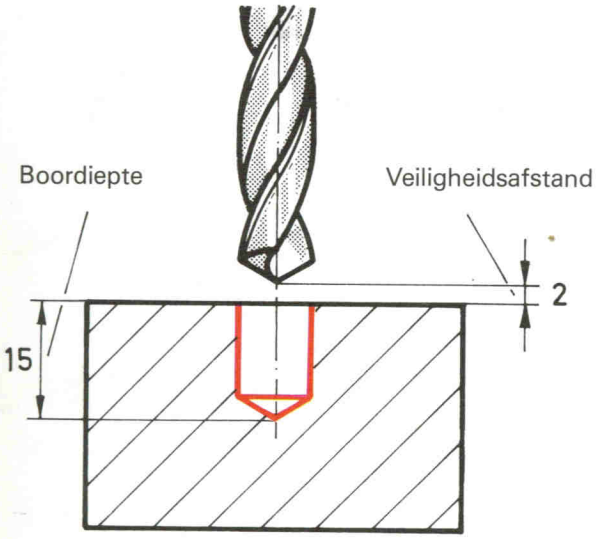
Cyclusdefinitie en oproep van een cyclus

2 | 1

Een cyclus is een in de besturing vastgelegde opeenvolging van stappen (DIN 66 257).
Men moet enkel nog de gewenste maten invullen.

1. Cyclusdefinitie:

Met de cyclusdefinitie wordt de nodige bewerkingsafloop vastgelegd.



Bv G81-Boorcyclus

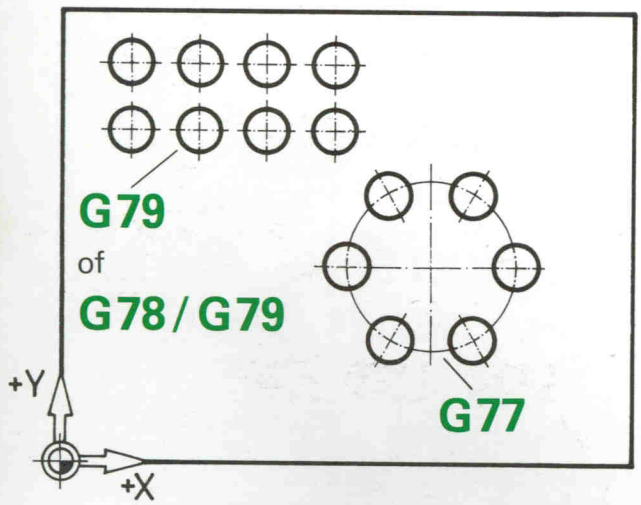
N... G81 Y2 Z-15...

Verdere cycli:

- G83 - Diepgatboorcyclus
- G84 - Tapcyclus
- G85 - Ruimcyclus
- G86 - Kottercyclus
- G87 - Rechthoekige kamer-freescyclus
- G88 - Spiebaan-freescyclus
- G89 - Cirkelvormige kamer-freescyclus

2. Oproep van een cyclus:

Door G77, G78 en G79 wordt aangegeven, **waar** de cyclus moet worden uitgevoerd.



Betekenis:

- G77 - Gatencirkeldefinitie
- G78 - Puntdefinitie
- G79 - Cyclusoproep

MAHO

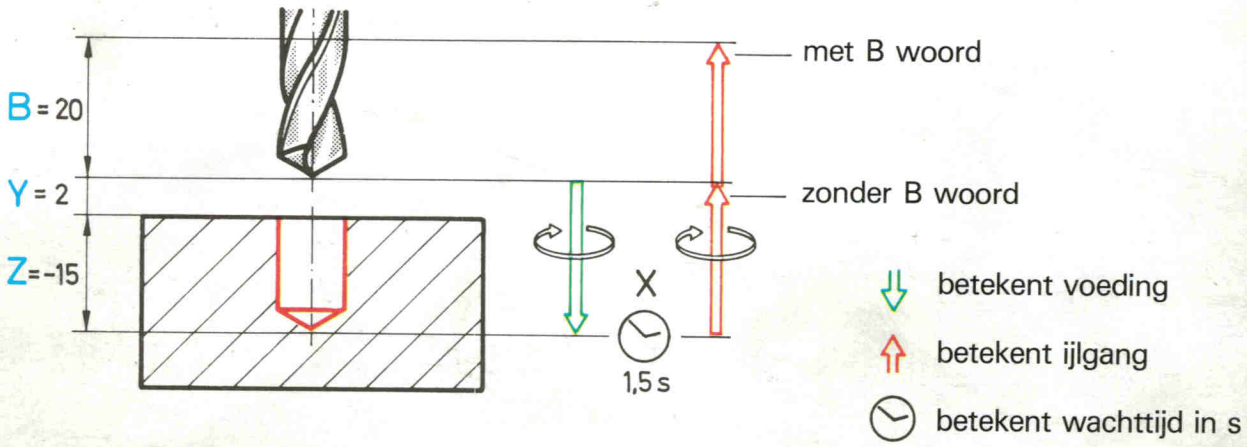
Boorcyclus G81

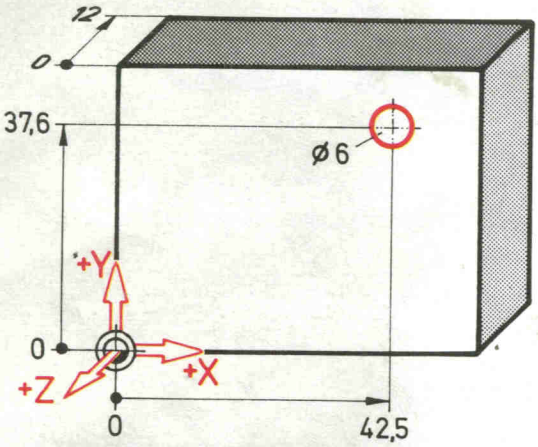
2 | 1

Cyclusdefinitie:

G81 (X1.5) Y2 Z-15 B20 F... S... M...

- (X1.5): Wachttijd
- Y2: Veiligheidsafstand
- Z-15: Boringsdiepte
- B20: Terugtrekafstand

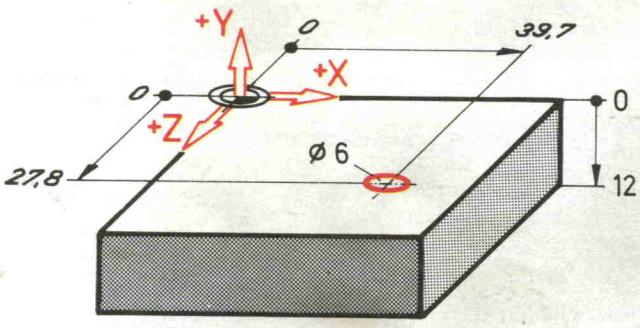




G17

G81 (X1.5) Y2 Z-14 B...

G79... X42.5 Y37.6 **Z0**



G18

G81 (X1.5) Y2 Z-14 B...

G79... X39.7 **Y0** Z27.8

Bemerkingen:

- Ook in het vlak G18 wordt de diepte met Z geprogrammeerd.
- Voor de cyclusoproep (hier G79) gelden de koördinaten van het vlak.

MAHO

Diepgatboorcyclus G83

2 | 1

Voor het diepgatboren bestaan 2 mogelijkheden:

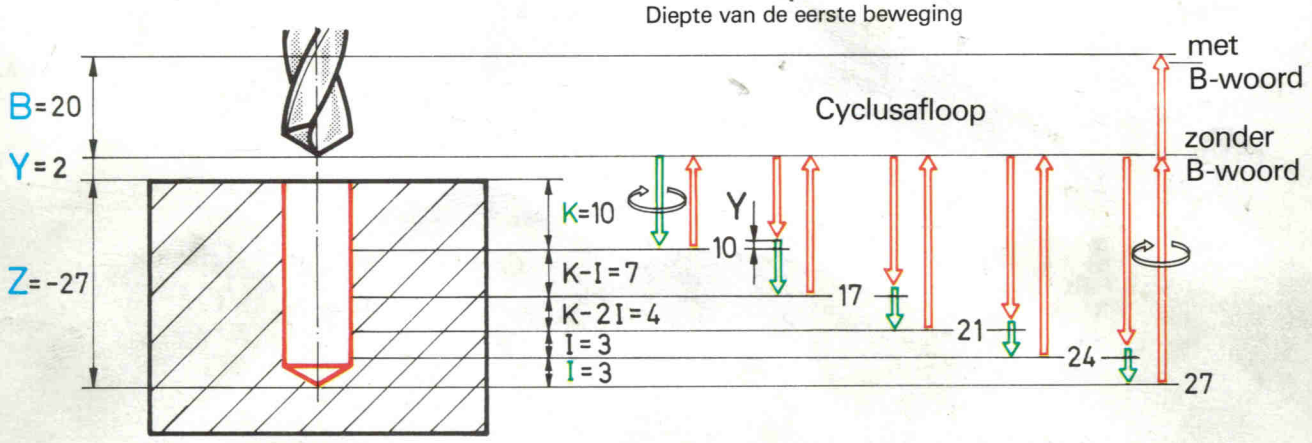
1. Volledig terugtrekken uit de boring (ontspanen)

Herkenning: Geen J-woord geprogrammeerd

Cyclusdefinitie:

G83 (X...) Y2 Z-27 B20 I3 K10 F... S... M...

G79... — Zie G81 — Reduktiewaarde — Diepte van de eerste beweging



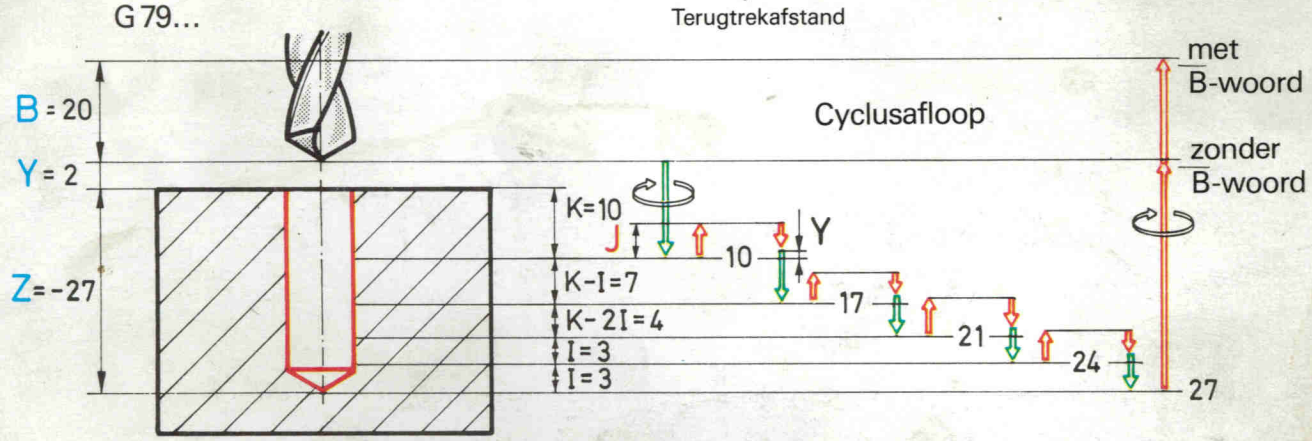
2. Terugtrekken over een geprogrammeerde afstand (spanen breken)

Herkenning: J-woord geprogrammeerd

Cyclusdefinitie:

G83 (X...) Y2 Z-27 B20 I3 J5 K10 F... S... M...

G79... — Terugtrekafstand



Tapcyclus G84

Cyclusdefinitie:

1. Programmatie van de **spoed (J woord)**
   Deze vereenvoudigde programmeerwijze is enkel met de nieuwe besturing mogelijk.

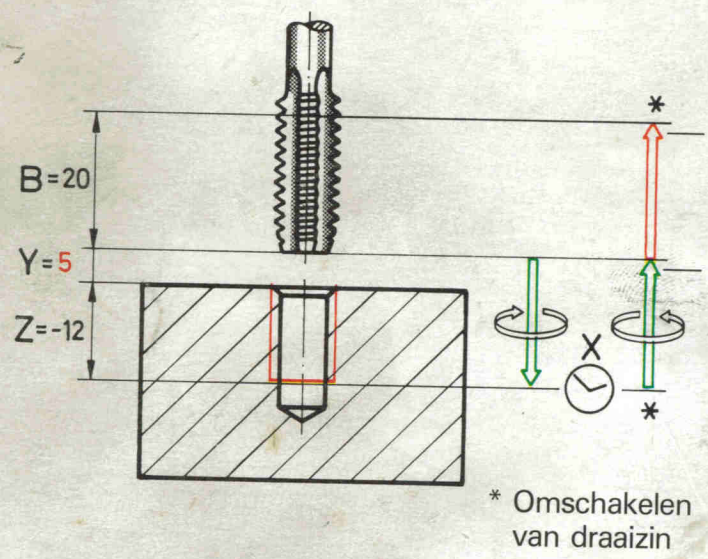
G84 (X...) Y5* Z-12 B20 I3 J1.5 S318 M...

- G79... (X...)
- Y5*: zie G81
- I3: Aan- en uitloop waarde (≈ 1% van S)
- J1.5: Spoed
- S318: Toerental

2. Programmatie van de **voeding (F woord)**

G84 (X...) Y5* Z-12 B20 I3 F477* S318 M...

- F477*: Voeding



* Omschakelen van draairichting

Schroefdraad:	M10
Spoed:	$P = 1{,}5\,mm$
Snijsnelheid:	$v_c = 10\,\frac{m}{min}$
Toerental:	$n = 318\,min^{-1}$
* Voeding:	$F = 477\,\frac{mm}{min}$

Bemerking:

* **Voeding *F* = spoed · toerental**

$F = 1{,}5\,mm \cdot 318\,min^{-1}$

$\mathbf{F = 477\,\frac{mm}{min}}$

* Grotere veiligheidsafstand Y als bij G81 / G83

$n = \frac{Vc \times 10^3}{\pi \cdot d}$

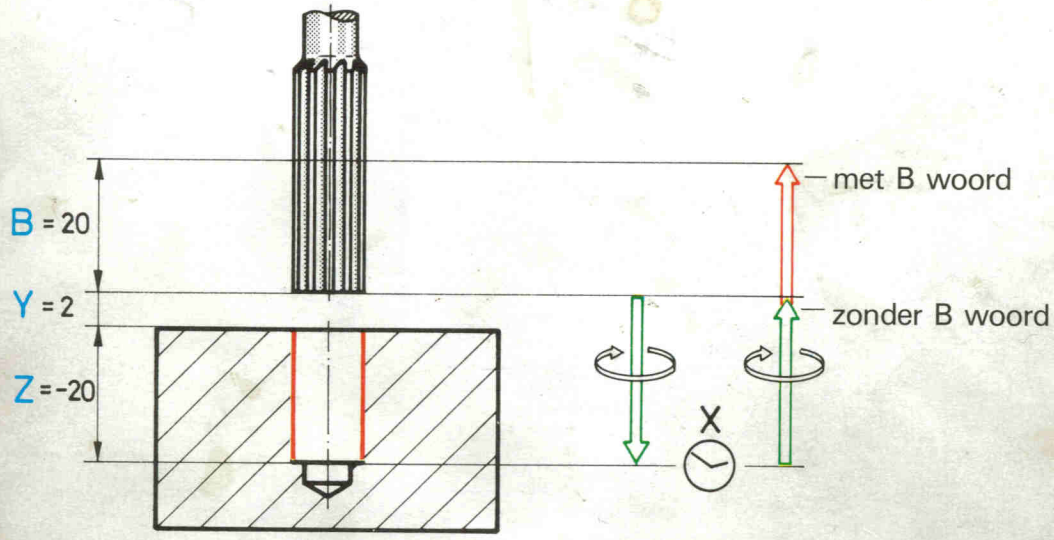
Ruimcyclus G85
Kottercyclus G86

2 | 1

Ruimcyclus G85:

G85 (X...) Y2 Z-20 B20 F... S... M...

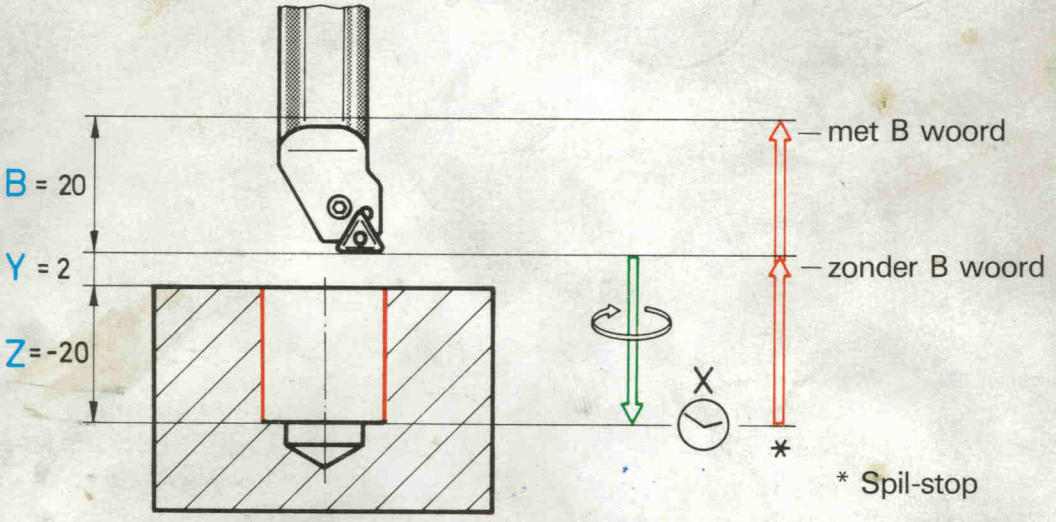
G79... zie G81



Kottercyclus G86:

G86 (X...) Y2 Z-20 B20 F... S... M...

G79... zie G81



* Spil-stop

Basisbegrippen voor de freescycli G87, G88 en G89

2 | 1

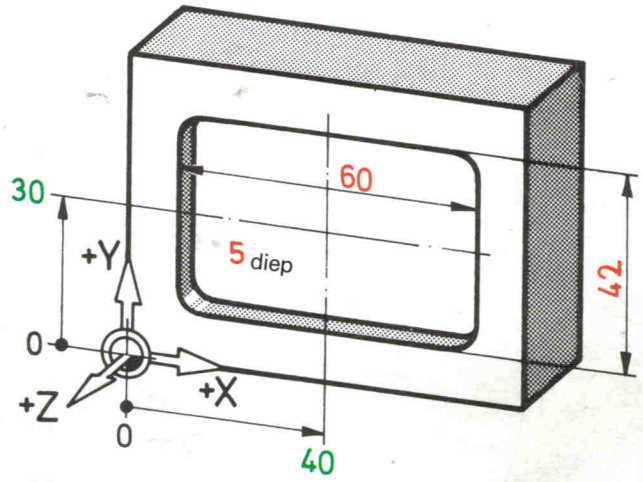
Bij de cycli G87, G88 en G89 moet men in de vlakken G17 en G18 een sterk onderscheid maken tussen cyclusdefinitie en cyclusoproep.

1. Cyclusdefinitie:

2. Cyclusoproep:

Vlak

G17

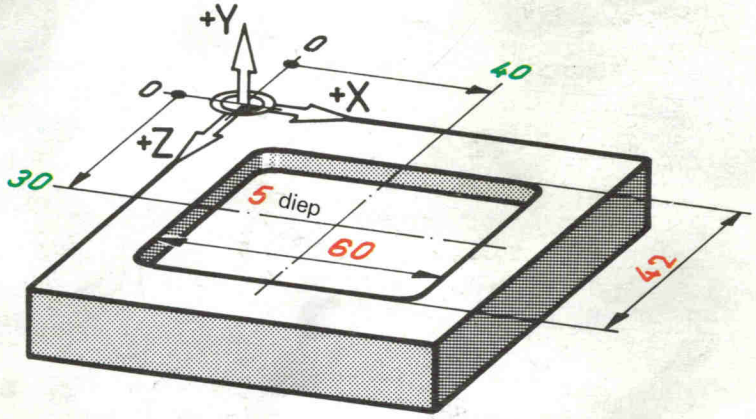


G87 X60 Y42 Z-5...

G79 X40 Y30 Z0

Vlak

G18



G87 X60 Y42 Z-5...

G79 X40 Y0 Z30

Bemerkingen:

Bij G87, G88 en G89 is de

X waarde altijd de 1e afmeting in de cyclus parallel aan de X-as („X is altijd X")

Y waarde altijd de 2e afmeting in de cyclus

Z waarde altijd de totale diepte in de cyclus

Voor de cyclusoproep met G77, G78 en G79 gelden de koördinaten in het gekozen vlak G17 of G18.

MAHO

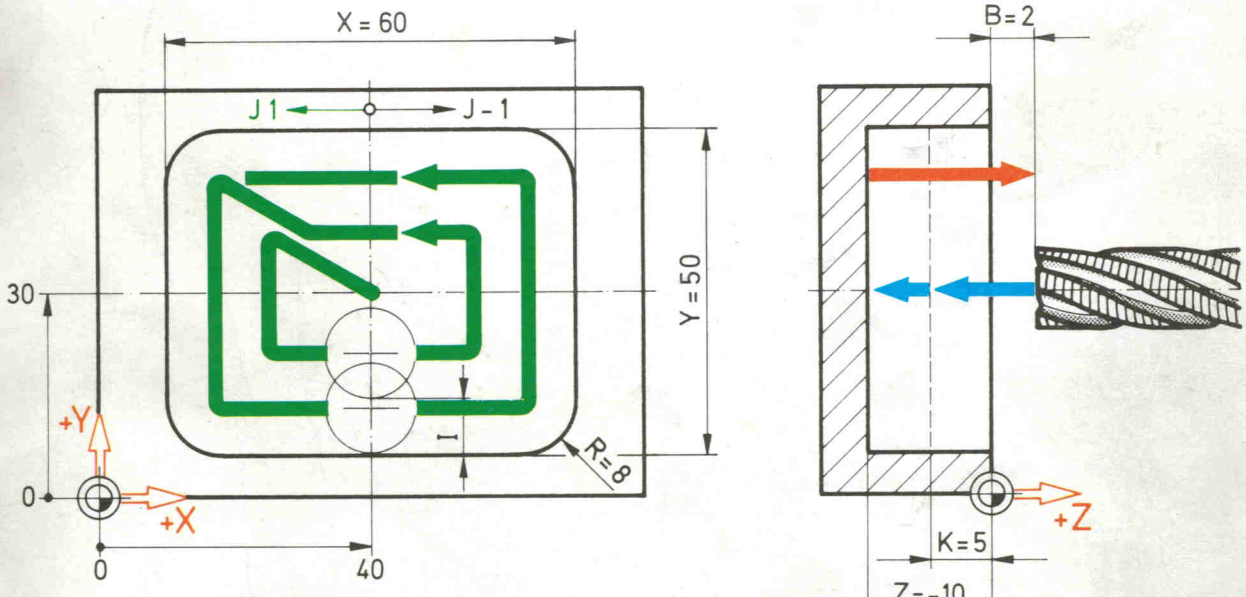
Rechthoekige kamer-freescyclus G87

2 | 1

1. Cyclusdefinitie:

G87 X60 Y50 Z-10 B2 R8 (I70) (J-1) K5 F... S... M...

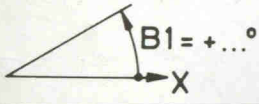
- **1e afmeting van de kamer:** parallel aan de X-as
- **2e afmeting van de kamer:** G17: parallel aan de Y-as; G18: parallel aan de Z-as
- Totale diepte van de kamer
- Veiligheids-afstand
- Hoekradius van de kamer (R ≧ frees-radius)
- Snijbreedte van de frees in % van de diameter (geen I woord: I = 83%)
- Tegenloop-frezen (geen J woord of J1: meelopend frezen)
- Diepte van elke pas



$$\text{Toestel-voeding} = \frac{\text{geprogrammeerde F waarde}}{2}$$

2. Cyclusoproep: het middelpunt van de kamer wordt geprogrammeerd

G79 X40 Y30 Z0 (B1 = ...)*



* Met B1 = ...° kan een hoeksverdraaiing van de kamer worden geprogrammeerd.

MAHO

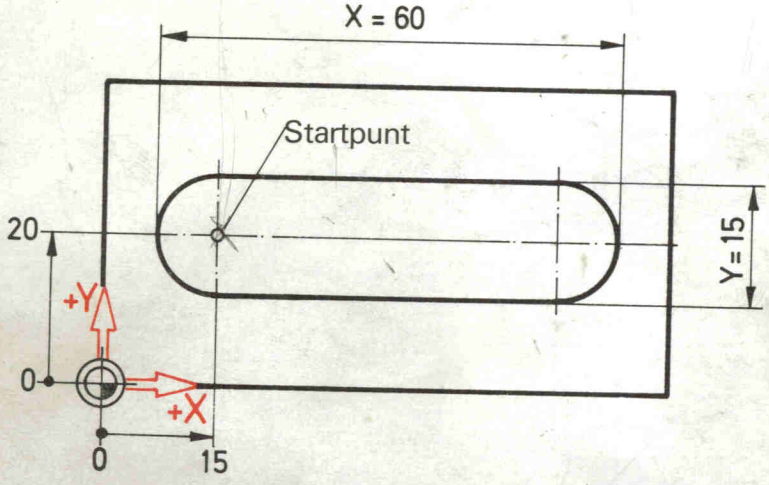
Spiebaan-freescyclus G88

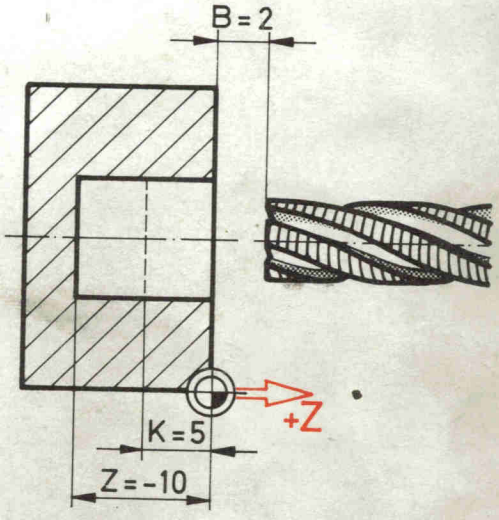
2 | 1

1. Cyclusdefinitie:

G88 X60 Y15 Z-10 B2 (J-1) K5 F... S... M...

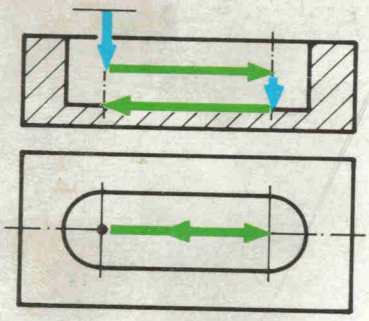
- **1e afmeting van spiebaan:** parallel aan de X-as
- **2e afmeting van de spiebaan:** G17: parallel aan de Y-as; G18: parallel aan de Z-as
- Totaaldiepte van de gleuf
- Veiligheids-afstand
- zie G87
- Diepte van elke pas





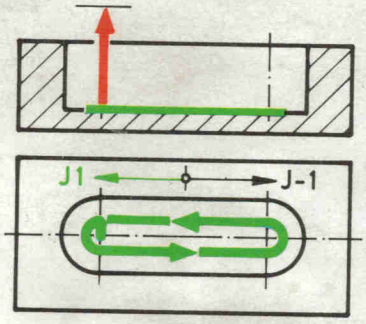
Cyclusafloop:

① Langsbewegingen in het midden van de spiebaan



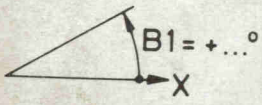
$$= \frac{\text{Toestel-voeding}}{\text{geprogr. F waarde}}{2}$$

② Rondloopbeweging



2. Cyclusoproep: het startpunt van de kamer wordt geprogrammeerd.

G79 X15 Y20 Z0 (B1 = ...)*



* Met B1 = ...° kan een hoeksverdraaiing worden geprogrammeerd.

MAHO

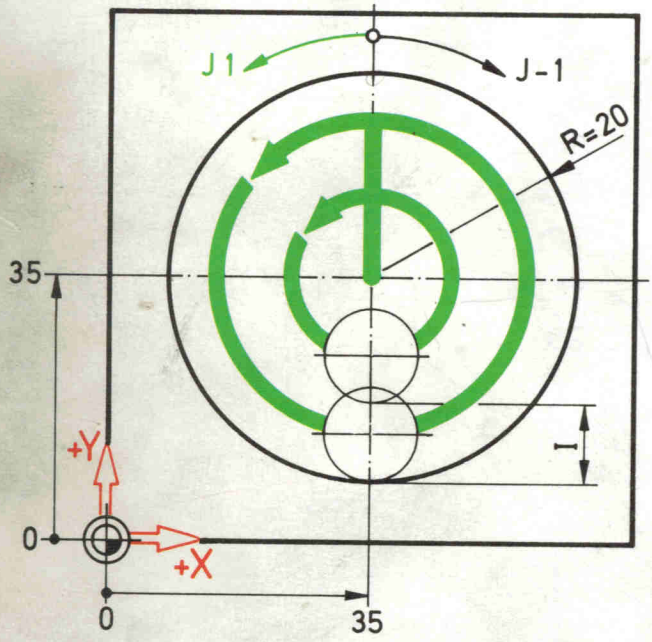
Cirkelvormige kamer-freescyclus G89

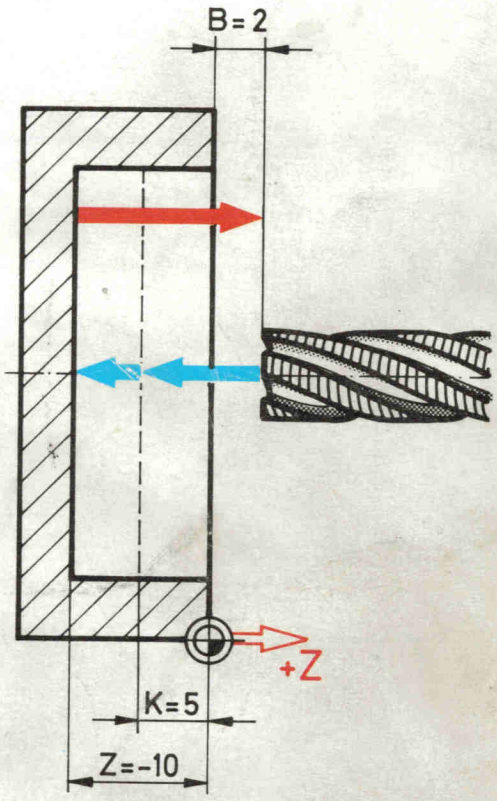
2 | 1

1. Cyclusdefinitie:

G89 Z-10 B2 R20 (I70) (J-1) K5 F... S... M...

- Z-10: Totaaldiepte van de kamer
- B2: Veiligheids-afstand
- R20: Radius van de kamer
- (I70): zie G87
- K5: Diepte van elke pas





$$\text{Toestel-voeding} = \frac{\text{geprogr. F waarde}}{2}$$

2. Cyclusoproep: het middelpunt van de kamer wordt geprogrammeerd

G79 X35 Y35 Z0

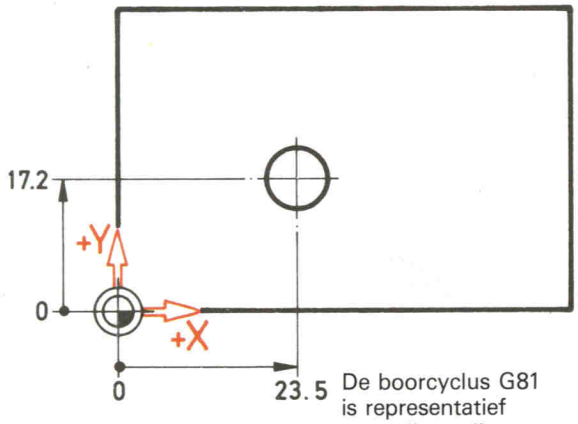
Cyclusoproep G79 met karthesische- of poolkoördinaten

2 | 1

in **G79** wordt de positie **waar** de laatst gedefinieerde cyclus moet worden uitgevoerd geprogrammeerd.

1. Karthesische koördinaten:

G90

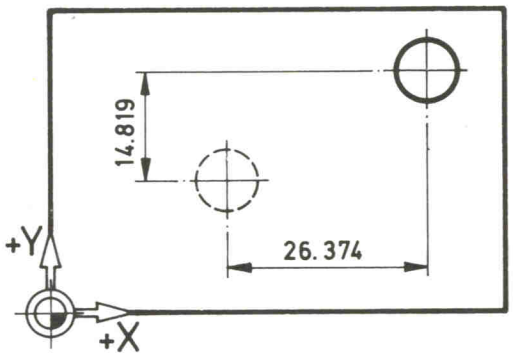


De boorcyclus G81 is representatief voor alle cycli.

N... G81

N... G79 X23.5 Y17.2 Z0

G91



N... G81...

N... G79... X... Y... Z...*

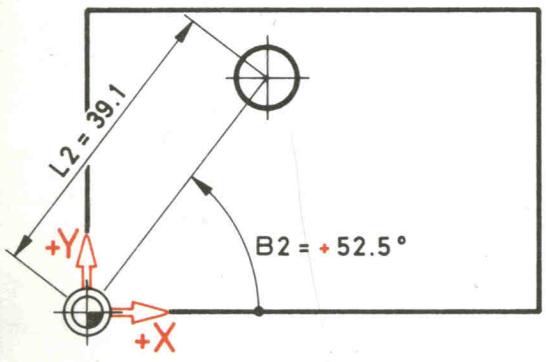
N... G91...

N... G79 X26.374 Y14.819 (Z...)*

N... G90

2. Poolkoördinaten:

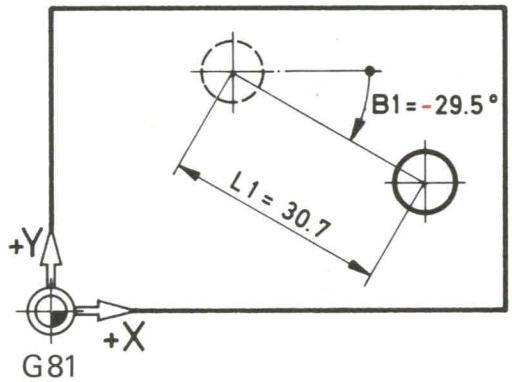
G90



N... G81

N... G79 B2=52.5 L2=39.1 Z0

G90



N... G81

N... G79 B2=... L2=... Z...*

N... G79 B1=-29.5 L1=30.7 (Z...)*

* Voor de eerste cyclusoproep G79 moeten alle koördinaten worden opgegeven. In de volgende G79-zinnen moet men enkel nog die koördinaten opgeven die veranderen.

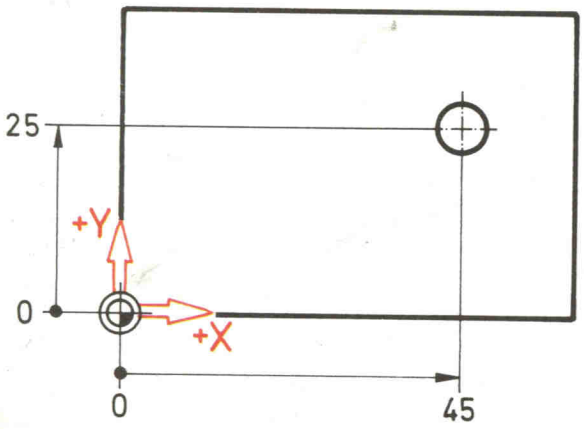
MAHO

Puntdefinitie met G78

3 | 2 | 1

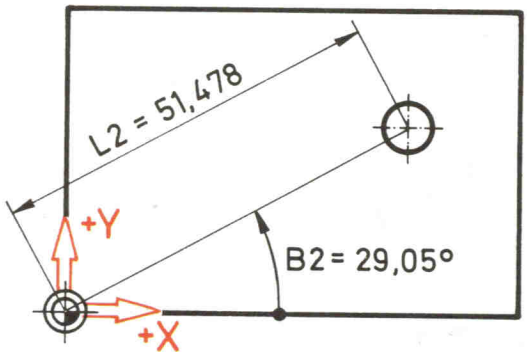
In een G78-zin wordt telkens de positie van een punt gedefiniëerd.

Karthesische koördinaten



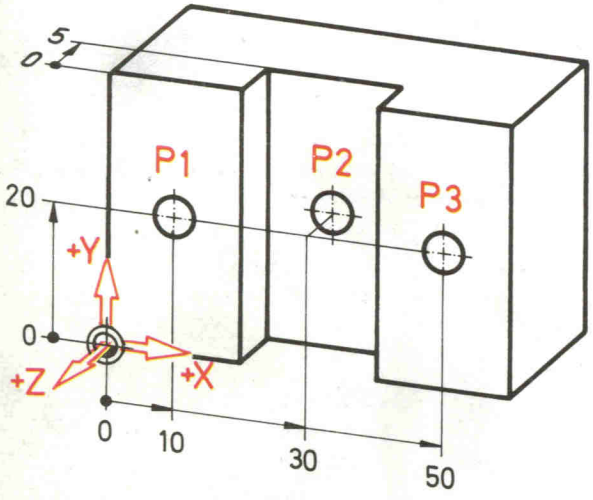
G78 P1 X45 Y25 Z0

Poolkoördinaten



G78 P1 B2=29.05 L2=51.478 Z0

De punten kunnen ook in verschillende vlakken liggen:



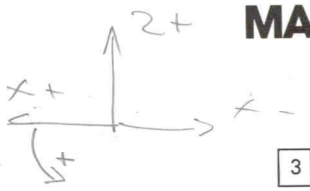
G78 P1 X10 Y20 Z0
G78 P2 X30 Y20 Z-5
G78 P3 X50 Y20 Z0

De met G78 gedefiniëerde punten kunnen bij de cyclusoproep gebruikt worden:

N... G81...
N... **G79 P1 P2 P3***

* max. 4 punten per zin

Gatencirkeldefinitie G77 met boorcycli



In een **G77**-zin worden punten gedefiniëerd, die op **gelijke tussenafstanden** liggen op een cirkel. In deze punten wordt een eerder gedefiniëerde cyclus uitgevoerd.

Gatencirkeldefinitie:

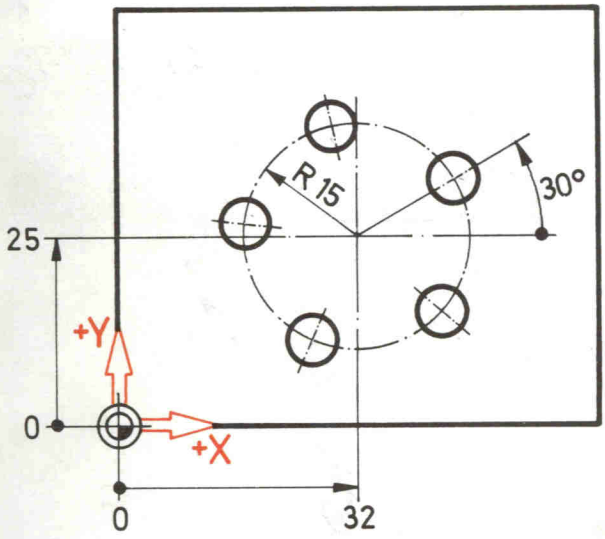
G81...

G77 X32 Y25 Z0 R15 I30 J5 K195

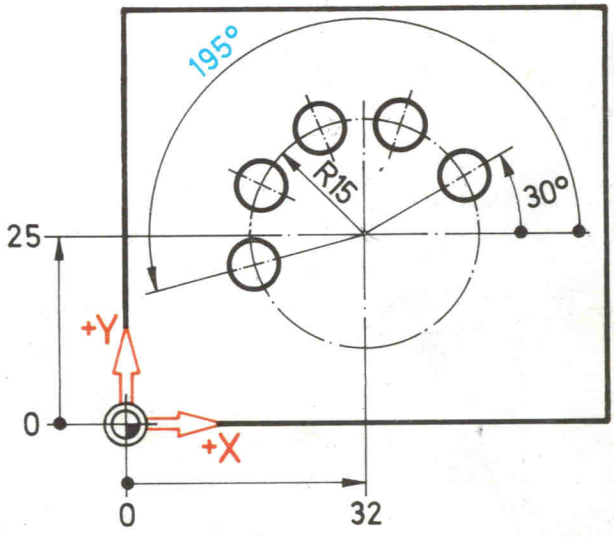
altijd positief. vanaf de pos x as.

- X32 Y25: Koördinaten van het cirkelmiddelpunt
- Z0: Werktuigas
- R15: Radius van de gatencirkel
- I30: Starthoek
- J5: Aantal punten op de gatencirkel
- K195: Eindhoek

Zonder aanduiding van de eindhoek



Met aanduiding van de eindhoek



De **koördinaten van het cirkelmiddelpunt** kunnen ook in poolkoördinaten of met een punt-definitie worden geprogrammeerd:

G77 L2=... B2=... Z... R... I... J... (K...)

G77 L1=... B1=... Z... R... I... J... (K...)

G78 P1 X... Y... Z...
G77 P1 R... I... J... (K...)

MAHO

Gatencirkeldefinitie G77 met freescycli

2 | 1

Ook de freescycli G87, G88 en G89 kunnen met de gatencirkeldefinitie G77 worden opgeroepen.

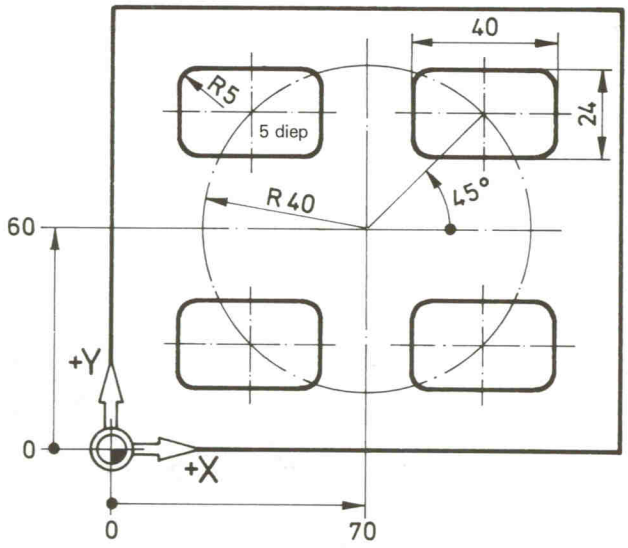
1. Cyclusdefinitie (in het voorbeeld G87):

G87 X40 Y24 Z-5 B2 R5

2. Gatencirkeldefinitie:

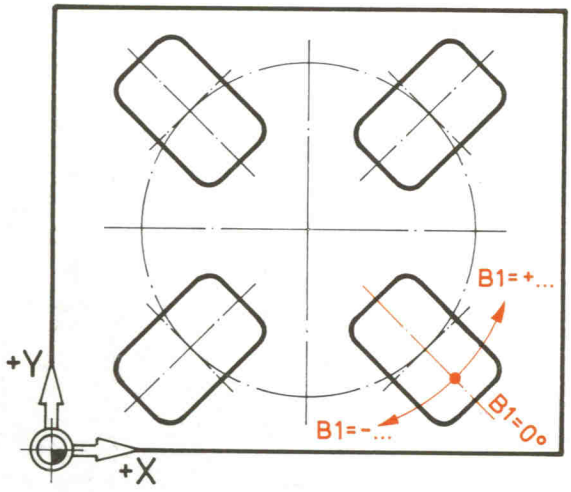
G77 X70 Y60 Z0 R40 I45 J4

zie 5.4.3.1



Bij de freescycli G87 en G88 kan bovendien een hoeksverdraaiing met B1 = ...° geprogrammeerd worden.

G77 X70 Y60 Z0 R40 I45 J4 B1 = 0

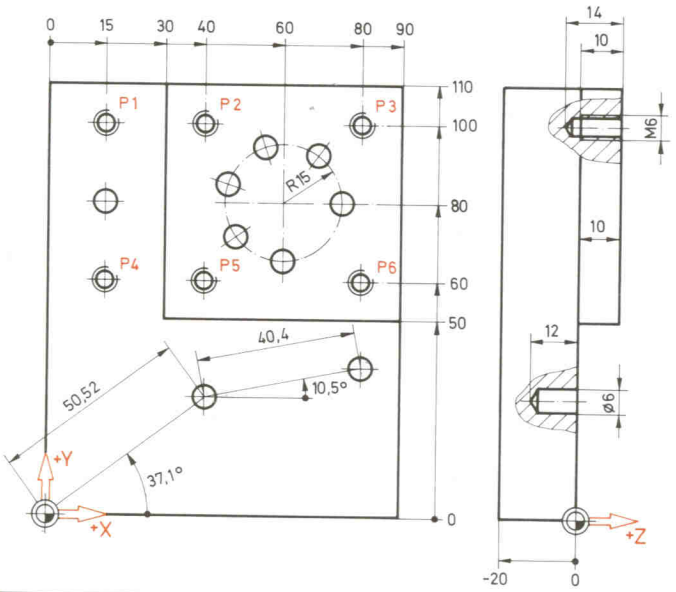


MAHO

Programmeervoorbeeld vlak G17

2 | 1

Het getekende werkstuk moet met volgende werktuigen bewerkt worden:



T1 Boor ∅ 6 mm
T2 Boor ∅ 5 mm
T3 Tap M6

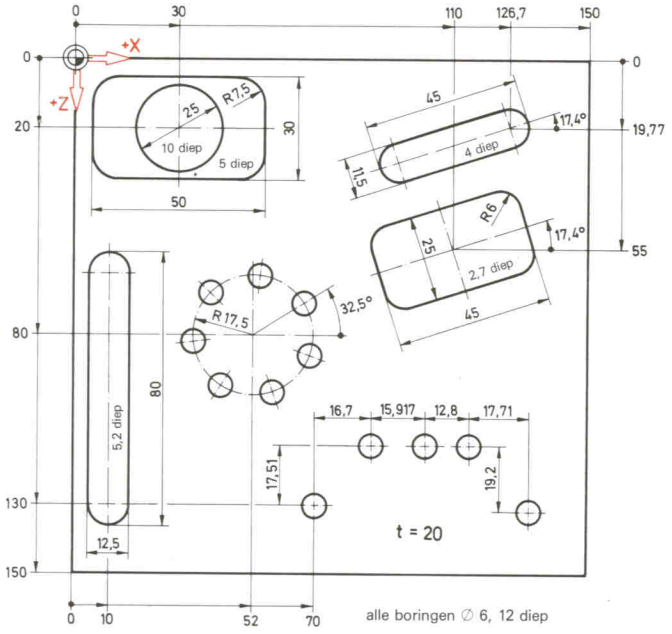
% PM						
N 9005						
N 1	G 17					S 950 T 1 M 66
N 2	G 54					
N 3	G 98	X-10	Y-10	Z-20	I 110 J 130	K 40
N 4	G 99	X 0	Y 0	Z-20	I 90 J 110	K 20
N 5	G 99	X 30	Y 50	Z 0	I 60 J 60	K 10
N 6	G 81			Y 2	Z-12	B 10 F 50 M 3
N 7	G 79				Z 0	B 2 = 37.1 L 2 = 50.52
N 8	G 79					B 1 = 10.5 L 1 = 40.4
N 9	G 79	X 15		Y 80		
N 10	G 77	X 60		Y 80	Z 10	R 15 I 0 J 6 K 270
N 11	G 0				Z 50	
N 12						S 1200 T 2 M 66
N 13	G 78	X 15		Y 100	Z 0	P 1
N 14	G 78	X 40		Y 100	Z 10	P 2
N 15	G 78	X 80		Y 100	Z 10	P 3
N 16	G 78	X 15		Y 60	Z 0	P 4
N 17	G 78	X 40		Y 60	Z 10	P 5
N 18	G 78	X 80		Y 60	Z 10	P 6
N 19	G 83			Y 2	Z-14	I 0 J 0.3 K 3
N 20	G 79					P 1 P 2 P 3 P 6
N 21	G 79					P 5 P 4
N 22	G 0				Z 50	
N 23						S 530 T 3 M 66
N 24	G 84			Y 5	Z-10	J 1
N 25	G 79					P 4 P 5 P 6 P 3
N 26	G 79					P 2 P 1
N 27	G 0				Z 50	
N 28						M 30

MAHO

Programmeervoorbeeld vlak G18

2 | 1

Het getekende werkstuk moet met een frees $d = 8$ mm (T1) en een boor $d = 6$ mm (T2) bewerkt worden.



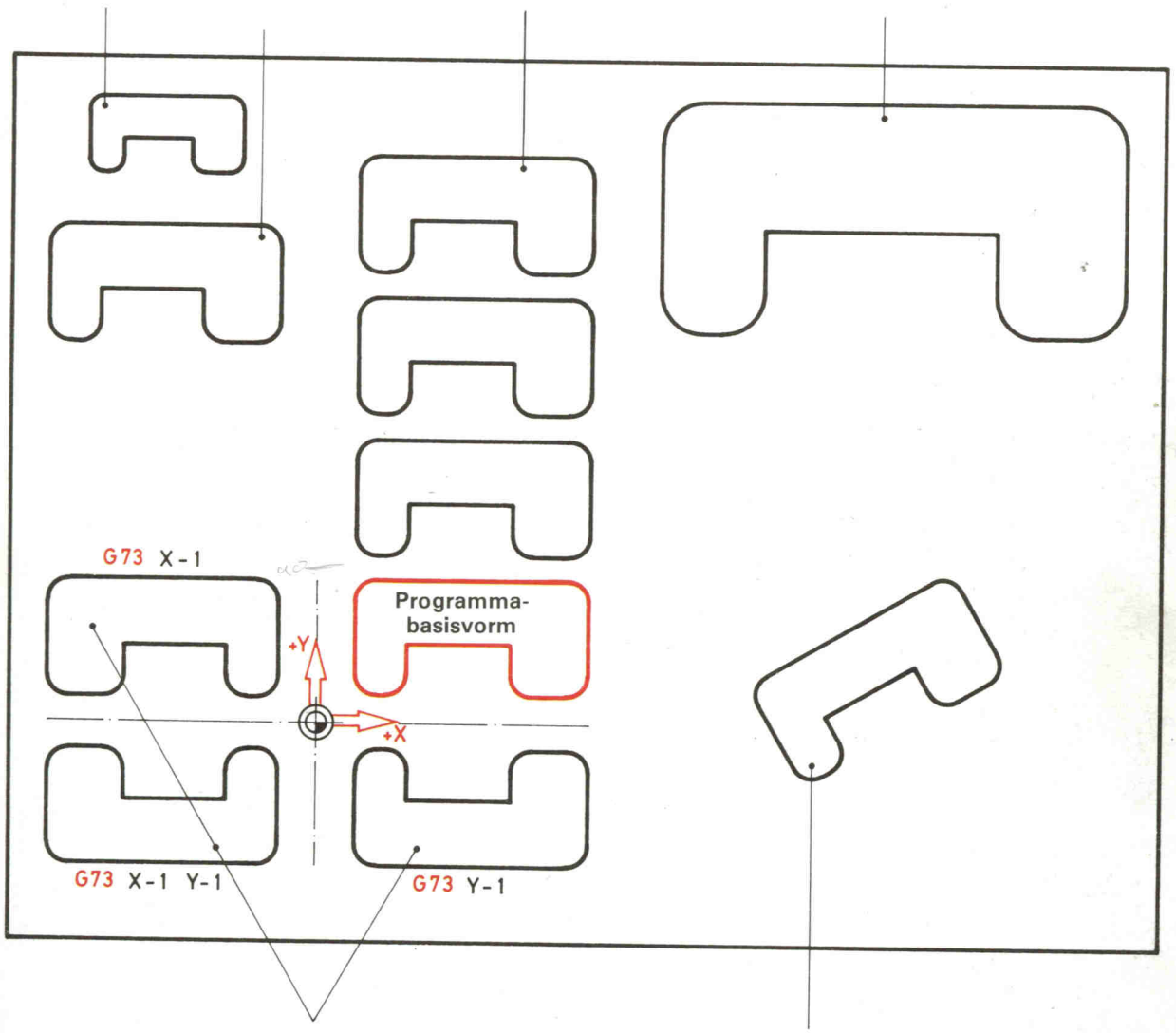
% PM					
N 9006					
N 1	G 18				S 800 T 1 M 66
N 2	G 54				
N 3	G 98	X-10 Y-20	Z-10	I 170 J 30	K 170
N 4	G 99	X 0 Y-20	Z 0	I 150 J 20	K 150
N 5	G 87	X 50	Y 30	Z-5	B 2 R 7.5 F 100 M 3
N 6	G 79	X 30	Y 0	Z 20	
N 7	G 89			Z-5	B 2 R 12.5
N 8	G 79		Y-5		
N 9	G 88	X-45	Y 11.5	Z-4	B 2
N 10	G 79	X 126.7	Y 0	Z 19.77	B 1 = 17.4
N 11	G 87	X 45	Y 25	Z-2.7	B 2 R 6
N 12	G 79	X 110		Z 55	B 1 = 17.4
N 13	G 88	X 12.5	Y-80	Z-5.2	B 2 K 4.2
N 14	G 79	X 10		Z 130	
N 15	G 0		Y 50		
N 16					S 1000 T 2 M 66
N 17	G 81		Y 2	Z-12	F 50
N 18	G 77	X 52	Y 0	Z 80	R 17.5 I 32.5 J 7
N 19	G 79	X 70	Y 0	Z 130	
N 20	G 91				
N 21	G 79	X 16.7		Z-17.51	
N 22	G 79	X 15.917			
N 23	G 79	X 12.8			
N 24	G 79	X 17.71		Z 19.2	
N 25	G 90				
N 26	G 0		Y 50		
N 27					M 30

MAHO

Programma's met speciale G-funkties (overzicht)

1

Met de herhaalfunktie G14 in verbinding met een **speciale G-funktie** zijn verschiedene veranderingen van programmadelen mogelijk.



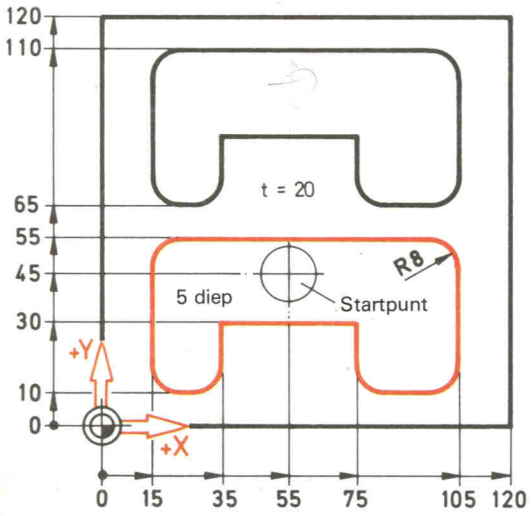
Sprong- en herhaalfunktie G14

2 | 1

Met de funktie **G14** kunnen delen van een programma herhaald worden

Zin-formaat: G14 J1 N1 = 7 N2 = 18*

- J1: Aantal herlalingen (zonder J woord: J1)
- N1 = 7: Begin van de herhaling
- N2 = 18*: Einde van de herhaling



* Wanneer slechts één zin moet worden herhaald, dan valt N2 = ... weg.

Freesdiameter: d = 16 mm

% PM N 9007										
N 1	G 17							S 400	T 1	M 66
N 2	G 54									
N 3 N 4	G 98 G 99	X-10 X 0	Y-10 Y 0	Z-20 Z-20	I 140 I 120	J 140 J 120	K 30 K 20			
N 5	G 0	X 55		Y 45	Z 2					M 3
N 6	G 91									
N 7 N 8 N 9 N 10 N 11 N 12 N 13 N 14 N 15 N 16 N 17 N 18	G 1 G 43 G 42 G 40	 X 50 X-30 X-40 X-20 X 40 		 Y 10 Y-45 Y 20 Y-20 Y 45 	Z-7			F 50 F 100		
N 19 N 20	G 0 G 14			Y 45	Z 7			(J 1)	N 1 = 7	N 2 = 18
N 21 N 22	G 90 G 0				 Z 50					
N 23										M 30

MAHO

Nulpuntsverschuivingen G92/G93 met karthesische- of pool-koördinaten

2 | 1

Door nulpuntsverschuivingen (NPV) kan het programmeren vereenvoudigd worden.

Er zijn **twee soorten** NPV:

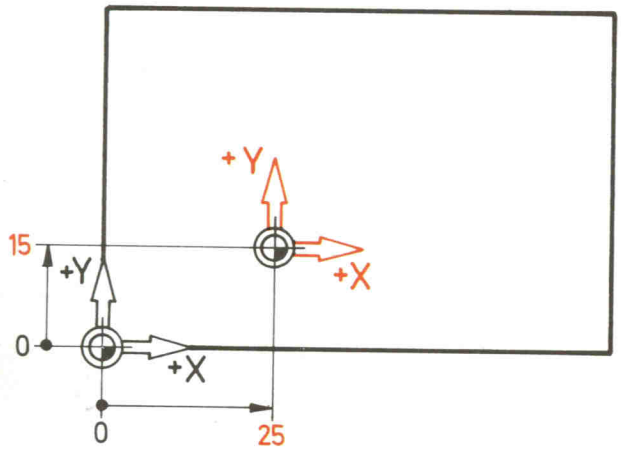
Absolute NPV

G93

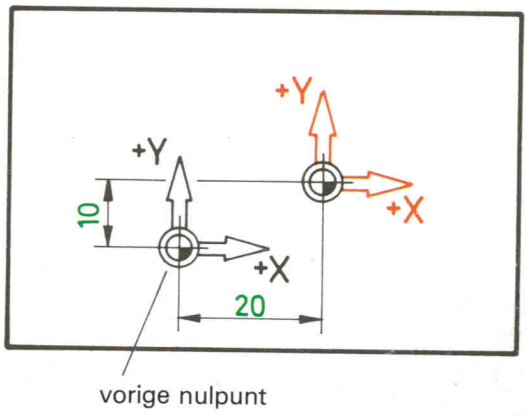
Inkrementele NPV

G92

1. Karthesische koördinaten

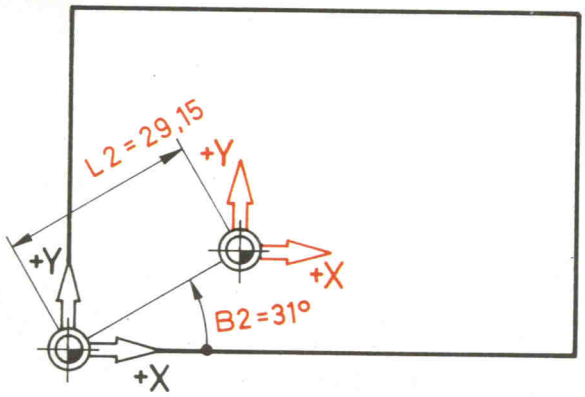


G93 X25 Y15 (Z...)

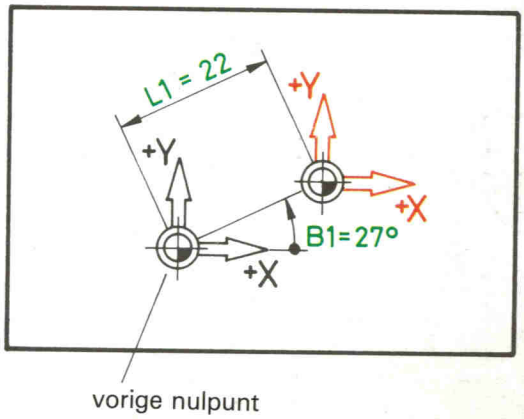


G92 X20 Y10 (Z...)

2. Poolkoördinaten



G93 B2=31 L2=29.15 (Z...)



G92 B1=27 L1=22 (Z...)

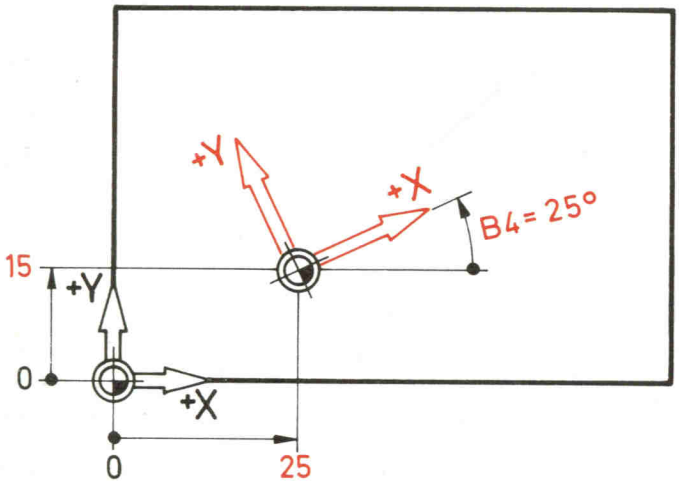
MAHO

Nulpuntsverschuivingen G92/G93 met assenrotatie

2 | 1

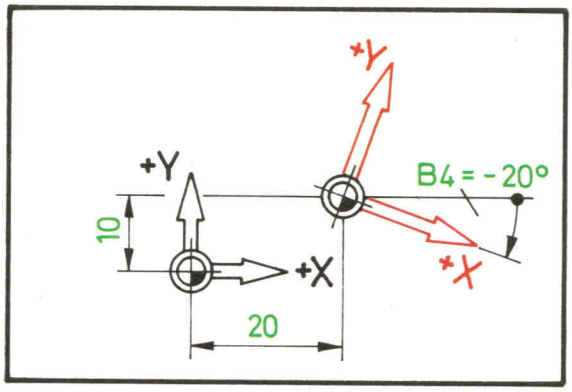
Met de assenrotatie kan het koördinatensysteem om het werkzame nulpunt verdraaid worden.

Absolute NPV G93 met assenrotatie



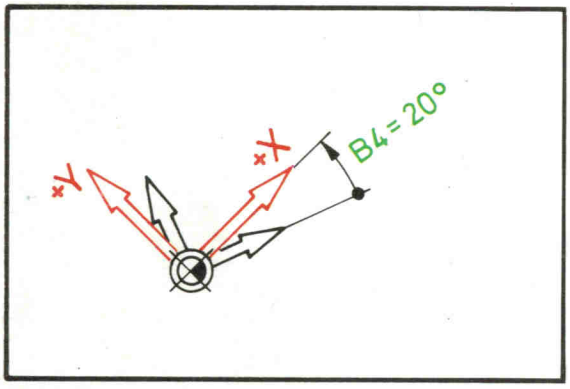
G93 X25 Y15 Z... B4 = 25

Inkrementele NPV G92 met assenrotatie

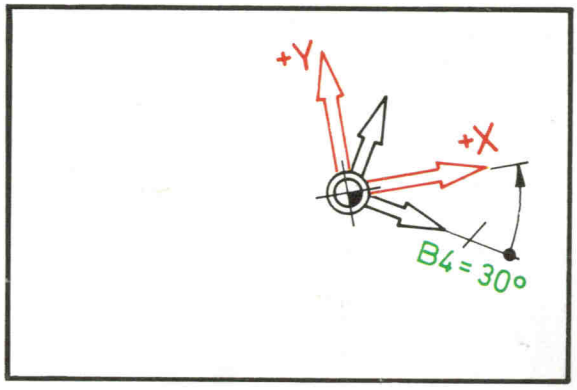


G92 X20 Y10 Z... B4 = −20

Een **verdere verdraaiing** van het koördinatensysteem is met **G92 B4** = ... mogelijk:



G92 B4 = 20



G92 B4 = 30

De programmatie von een NPV met assenrotatie is ook in poolkoördinaten mogelijk:

G93 B2=... L2=... Z=... B4=25

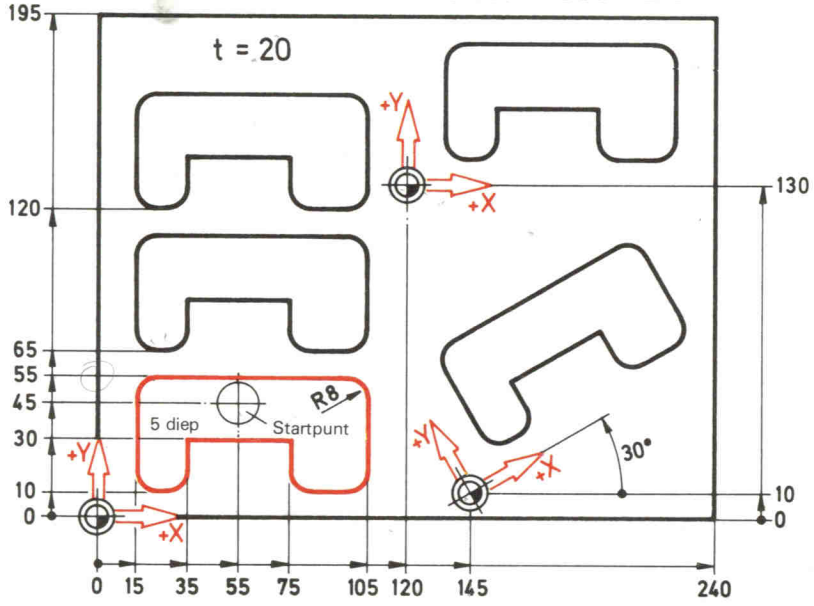
G92 B1=... L1=... Z=... B4=−20

MAHO

Programmeervoorbeeld over nulpuntsverschuivingen

2 | 1

Geprogrammeerd worden:
- Inkrementele NPV **G92**
- Absolute NPV **G93**
- NPV + assenrotatie **G93** **B4 =**



Freesdiameter:
d = 16 mm

% PM								
N 9008								
N 1	G 17						S 400 T 1 M 66	
N 2	G 54							
N 3	G 98	X-10	Y-10	Z-20	I 260	J 215	K 30	
N 4	G 99	X 0	Y 0	Z-20	I 240	J 195	K 20	
N 5	G 0	X 55		Y 45	Z 2			M 3
N 6	G 1				Z-5		F 50	
N 7	G 43			Y 55			F 100	
N 8	G 42	X 105						
N 9				Y 10				
N 10		X 75						
N 11				Y 30				
N 12		X 35						
N 13				Y 10				
N 14		X 15						
N 15				Y 55				
N 16		X 55						
N 17	G 40							
N 18	G 92			Y 55				
N 19	G 14						J2 N1 = 5 N2 = 18	
N 20	G 93	X 120		Y 130				
N 21	G 14						(J1) N1 = 5 N2 = 17	
N 22	G 93	X 145		Y 10			B4 = 30	
N 23	G 14						(J1) N1 = 5 N2 = 17	
N 24	G 0				Z 50			
N 25								M 30

MAHO

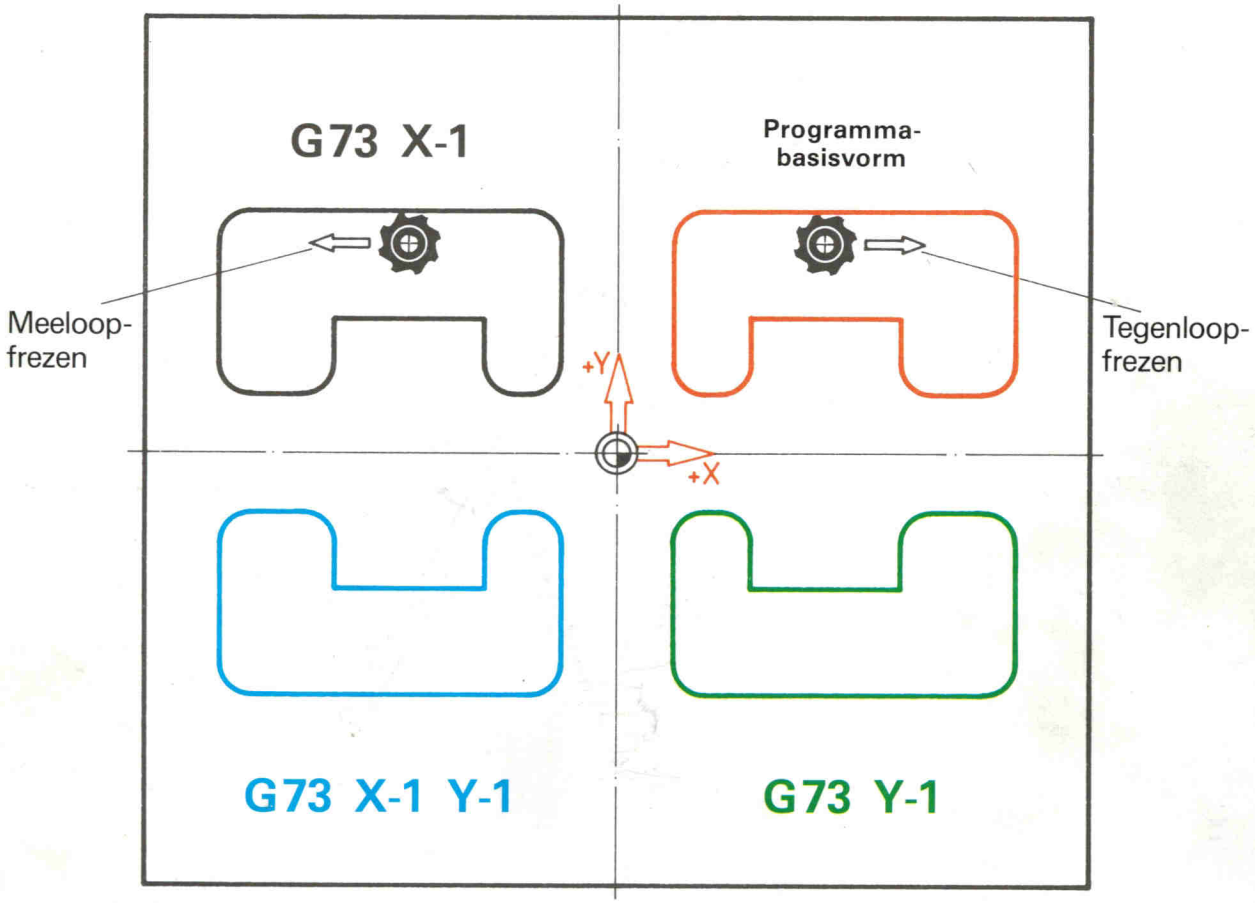
Spiegelen G72/G73

1

Met de funktie G73 kan door veranderen van teken de koördinaat-waarden

- in een as (x **of** y) resp.
- in twee assen (x **en** y)

gespiegeld worden.

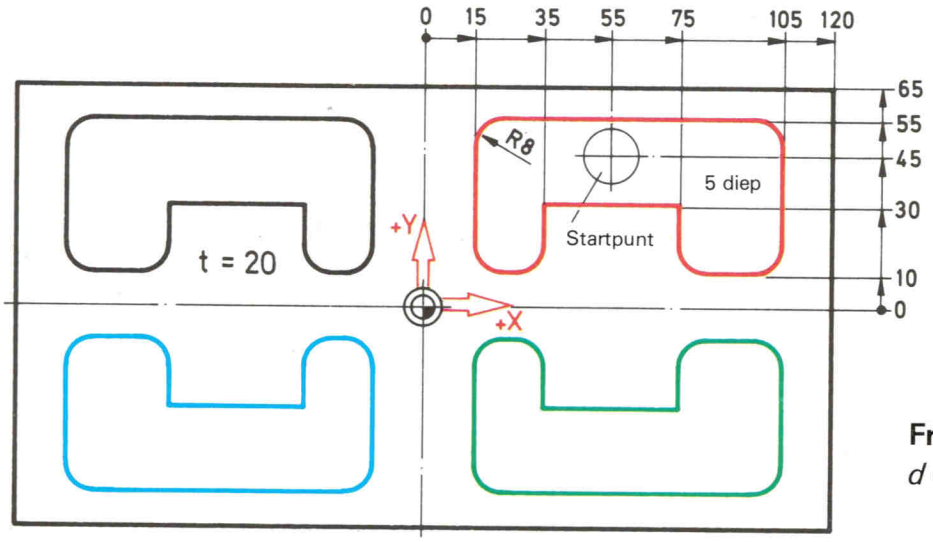


De spiegelfunktie kan **gewist** worden

- met G73 en de overeenkomstige as, en een positief teken bv. G73 X1
- met G72 voor alle assen gelijk.

Programmeervoorbeeld-spiegelen

2 | 1



Freesdiameter:
d = 16 mm

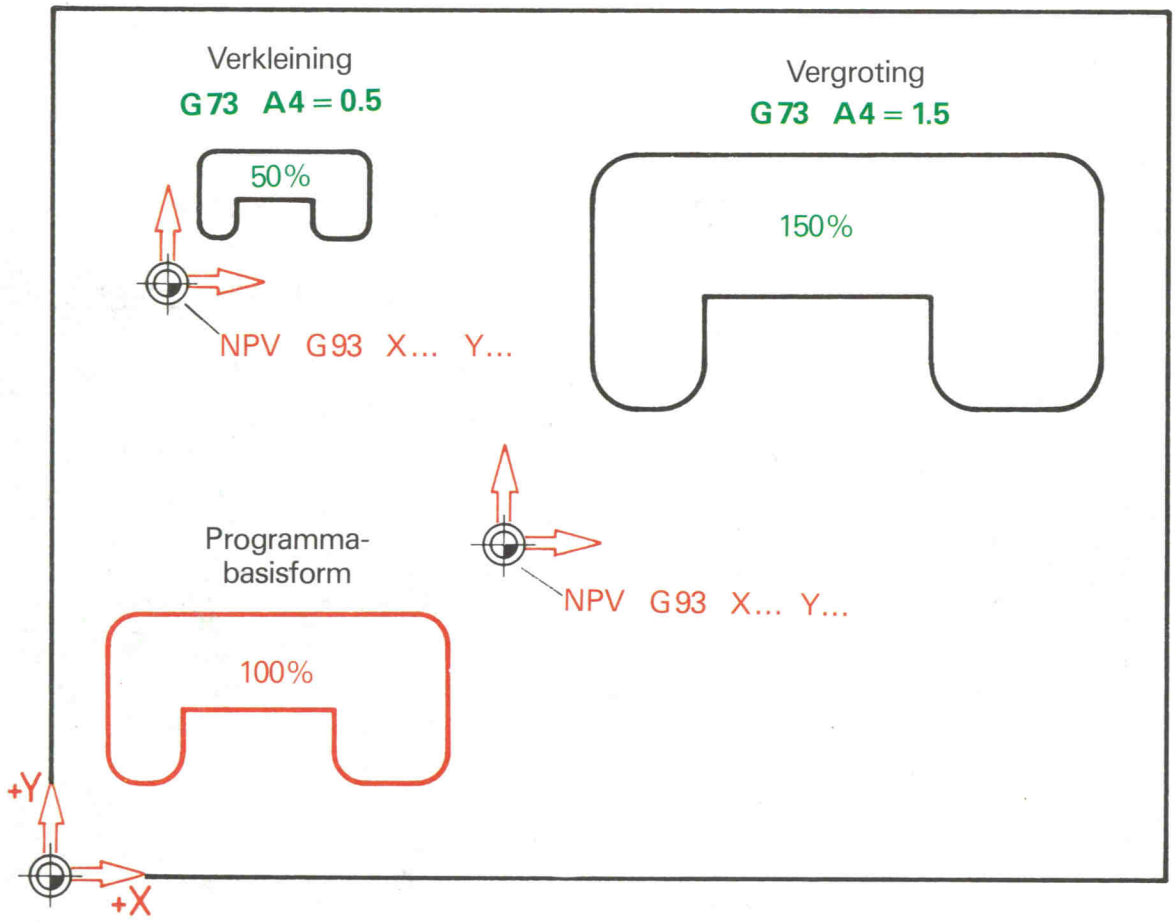
% PM					
N 9009					
N 1	G 17				S 400 T 1 M 66
N 2	G 54				
N 3	G 98	X-130 Y-75 Z-20		I 260 J 150 K 30	
N 4	G 99	X-120 Y-65 Z-20		I 240 J 130 K 20	
N 5	G 0	X 55	Y 45	Z 2	M 3
N 6	G 1			Z-5	F 50
N 7	G 43		Y 55		F 100
N 8	G 42	X 105			
N 9			Y 10		
N 10		X 75			
N 11			Y 30		
N 12		X 35			
N 13			Y 10		
N 14		X 15			
N 15			Y 55		
N 16		X 55			
N 17	G 40				
N 18	G 73	X-1			
N 19	G 14				(J 1) N1 = 5 N2 = 17
N 20	G 73	(X-1)	Y-1		
N 21	G 14				(J 1) N1 = 5 N2 = 17
N 22	G 73	X + 1	(Y-1)		
N 23	G 14				(J 1) N1 = 5 N2 = 17
N 24	G 72				
N 25	G 0			Z 50	
N 26					M 30

MAHO

Vergroten en verkleinen met G73 A4 = ...

1

Met **G73 A4 = ...** kunnen de afmetingen van een werkstuk vergroot of verkleind worden. De verandering kan als faktor (b.v. A4 = 2*) of in percentage (b.v. A4 = 200*) aangegeven worden.



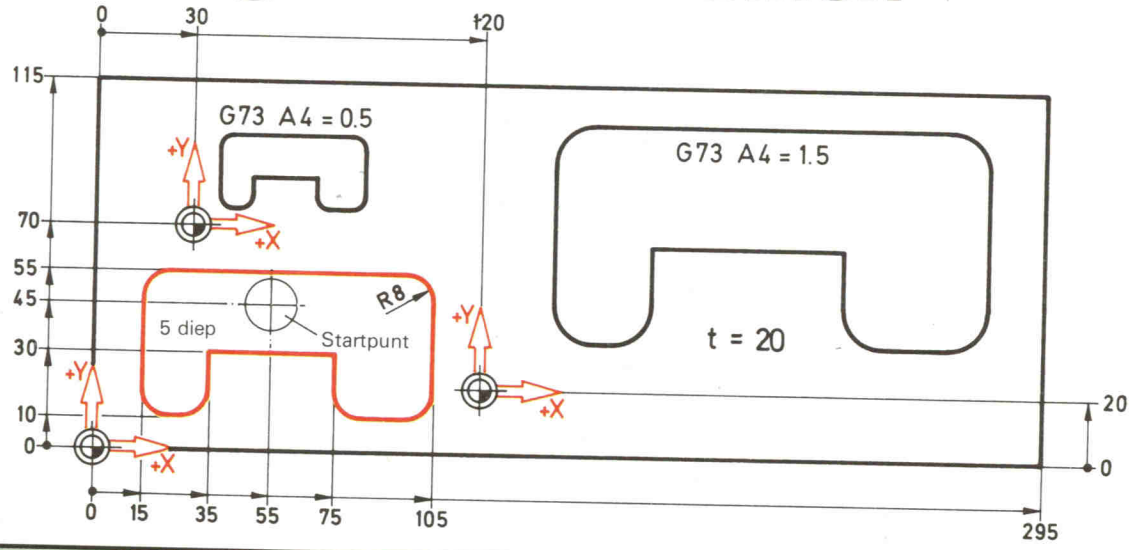
Met **G72** wordt de vergroting resp. de verkleining terug gewist.

* instelbaar over parameter

MAHO

Programmeervoorbeeld over vergroten/verkleinen

2 | 1



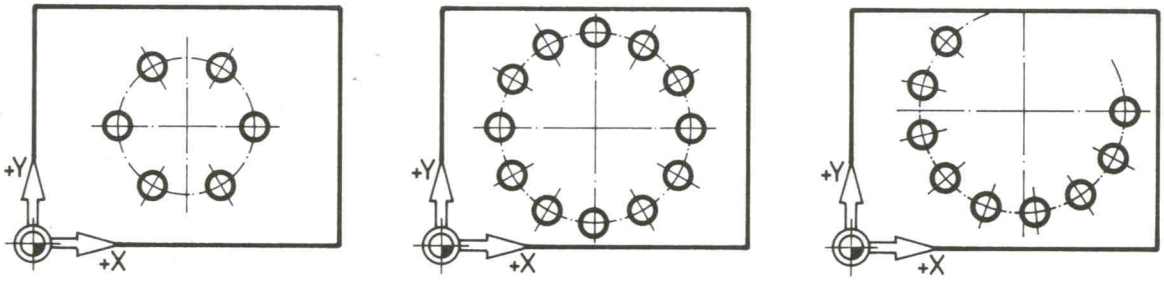
% PM						
N 9010						
N 1	G 17					S 400 T 1 M 66 (Frees ∅ 16 mm)
N 2	G 54					
N 3 N 4	G 98 G 99	X-10 Y-10 Z-20 X 0 Y 0 Z-20		I 315 J 135 K 30 I 295 J 115 K 20		
N 5 N 6 N 7 N 8 N 9 N 10 N 11 N 12 N 13 N 14 N 15 N 16 N 17 N 18	G 0 G 1 G 43 G 42 G 40 G 0	X 55 X 105 X 75 X 35 X 15 X 55	Y 45 Y 55 Y 10 Y 30 Y 10 Y 55	Z 2 Z-5 Z 50		M 3 F 50 F 100
N 19 N 20 N 21 N 22	G 93 G 73 G 14	X 120	Y 20			S 250 T 2 M 66 (Frees ∅ 24 mm) A 4 = 1.5 (J1) N1 = 5 N2 = 18
N 23	G 72					
N 24 N 25 N 26 N 27	G 93 G 73 G 14	X 30	Y 70			S 800 T 3 M 66 (Frees ∅ 8 mm) A 4 = 0.5 (J1) N1 = 5 N2 = 18
N 28	G 72					
N 29	G 93	X 0	Y 0			
N 30	G 0			Z 50		
N 31						M 30

MAHO

Het principe van de parameter-programmatie

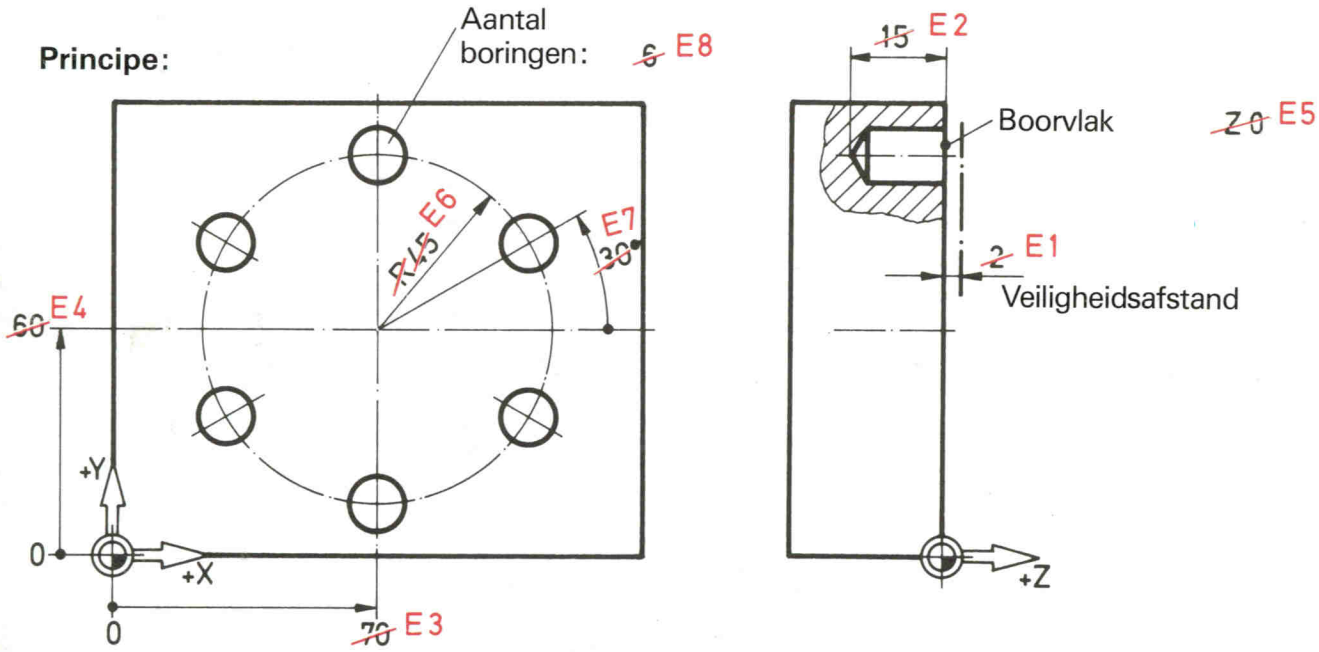
3 2 1

Gelijkaardige werkstukken ...



... hebben met de **parameter**-programmatie **hetzelfde programma**.

Principe:



De **parameter E1, E2**... zijn substitutief; ze kunnen verschillende waarden aannemen.

Programma-opbouw:

% PM					
N...					
: N 5		E1 = 2 E2 = 15 E3 = 70 E4 = 60 E5 = 0...			
N 6	G 81		Y = E1	Z- = E2	...
N 7	G 77	X = E3	Y = E4	Z = E5	
N 8					

⇨ Definitie van de parameter

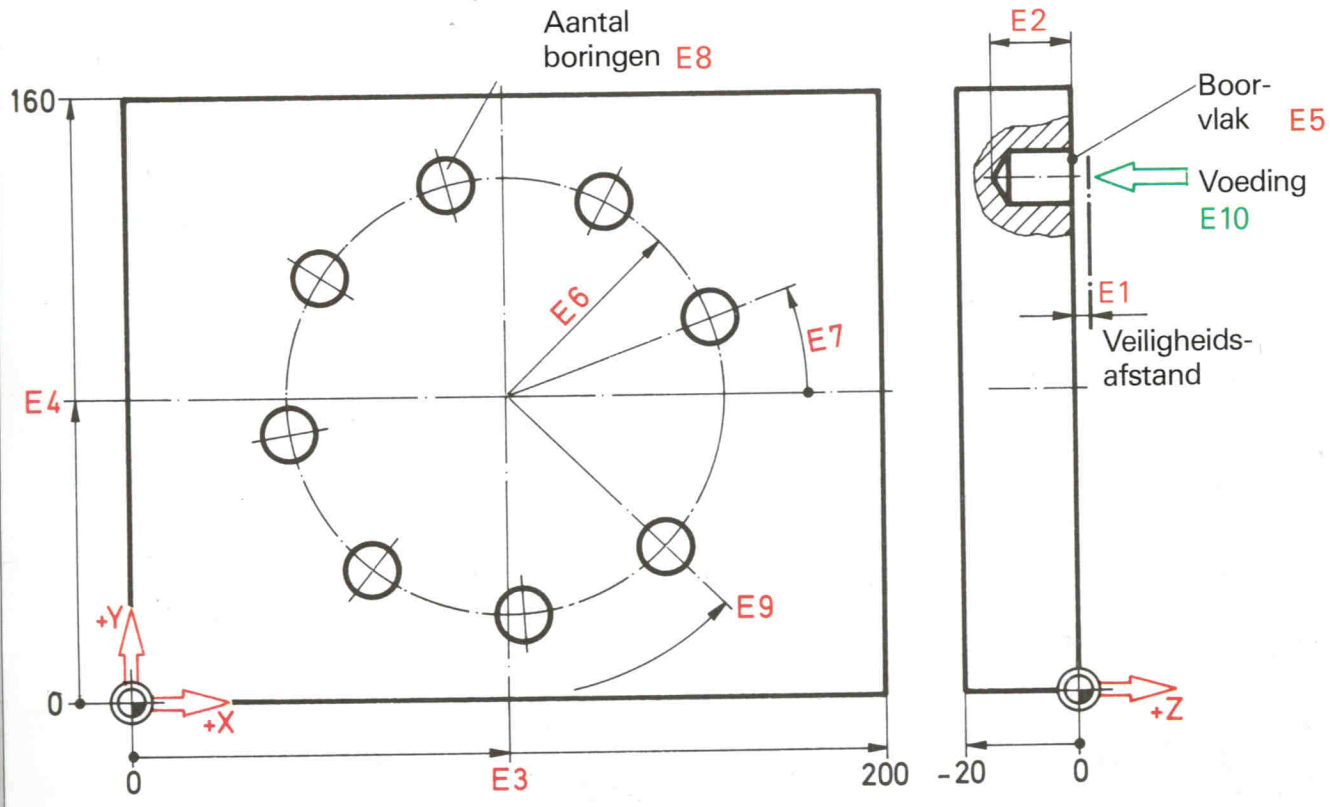
⇨ Cyclusdefinitie met parameters

⇨ Cyclusoproep met parameters

Programmeervoorbeeld parameter-programmatie

2 | 1

Het programma voor een vaak terugkerend werkstuk met boringen op een cirkel moet met parameter-programmatie gerealiseerd worden.



% PM							
N 9011							
N 1	G 17				S 800 T 1 M 66 (Boor ∅8)		
N 2	G 54						
N 3	G 98	X-10 Y-10 Z-20		I 220 J 180 K 30			
N 4	G 99	X 0 Y 0 Z-20		I 200 J 160 K 20			
N 5		E1 = 2 E2 = 15 E3 = 100 E4 = 80 E5 = 0 E6 = 60 E7 = 20.5 E8 = 8 E9 = 316 E10 = 50					
N 6	G 81	X = E3	Y = E1	Z-= E2	F = E10 M 3		
N 7	G 77		Y = E4	Z = E5	R = E6 I = E7 J = E8 K = E9		
N 8	G 0			Z 50			
N 9					M 30		

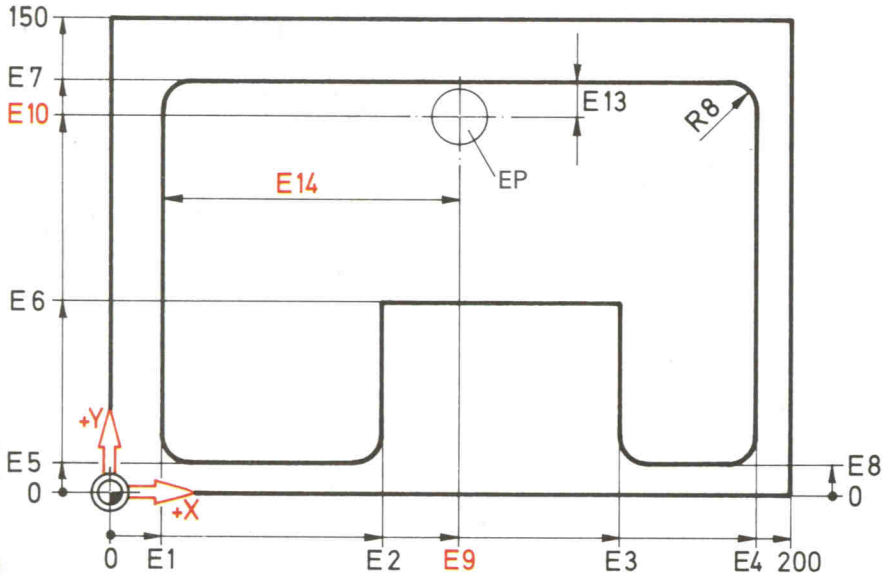
MAHO

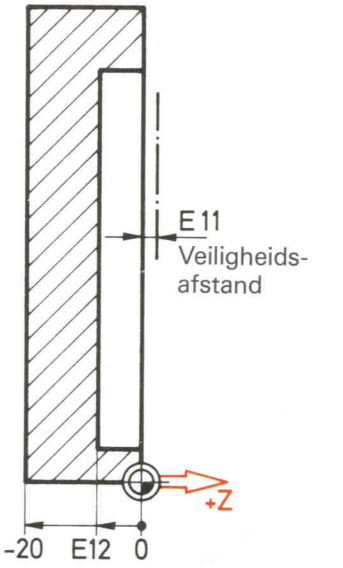
Parameter-programmatie met berekening van parameters

2 | 1

Binnen een programma is een berekening van parameters met + — * : mogelijk.

Bij het getekende werkstuk moet het startpunt EP van de frees steeds in het midden tussen E1 en E4 en op een, afstand van E13 radius + 2 mm t.o.v. de kontour liggen.





Freesdiameter: $d = 16$ mm

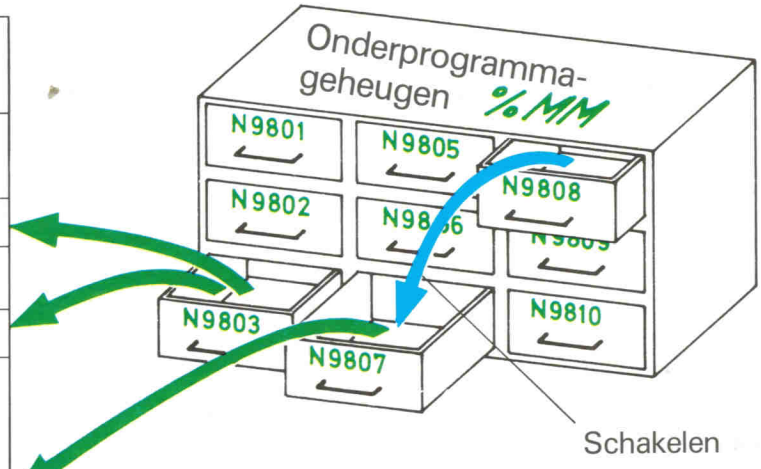
% PM N 9012							
N 1	G 17				S 400 T 1 M 66		
N 2	G 54						
N 3 N 4	G 98 G 99	X-10 Y-10 Z-20 X 0 Y 0 Z-20		I 220 J 170 I 200 J 150	K 30 K 20		
N 5		E1 = 15 E2 = 80 E3 = 150 E4 = 190 E5 = 10 E6 = 60 E7 = 130 E8 = 15 E11 = 2 E12 = 6 E13 = 10 E17 = 50 E18 = 100					
N 6		E15 = E1 * 0.5 E16 = E4 * 0.5 E14 = E16 – E15 E9 = E1 + E14 E10 = E7 – E13					
N 7 N 8 N 9	G 0 G 1 G 43	X = E9	Y = E10 Y = E7	Z = E11 Z- = E12	M 3 F = E17 F = E18		
N 10 N 11 N 12 N 13 N 14 N 15 N 16 N 17 N 18 N 19	G 42 G 40	X = E4 X = E3 X = E2 X = E1 X = E9	Y = E8 Y = E6 Y = E5 Y = E7				
N 20 N 21	G 0			Z 50	M 30		

Basis van de onderprogramma-techniek

3 | 2 | 1

Onderprogramma's (makro's) zijn alleen-bestaande programma's, die met een eigen %-Nr. in een gescheiden onderprogrammageheugen gestockeerd zijn.

% PM N 9745	Hoofd-programma
N... G22 N = 9803	
N... G22 N = 9803	
N... G22 N = 9807	

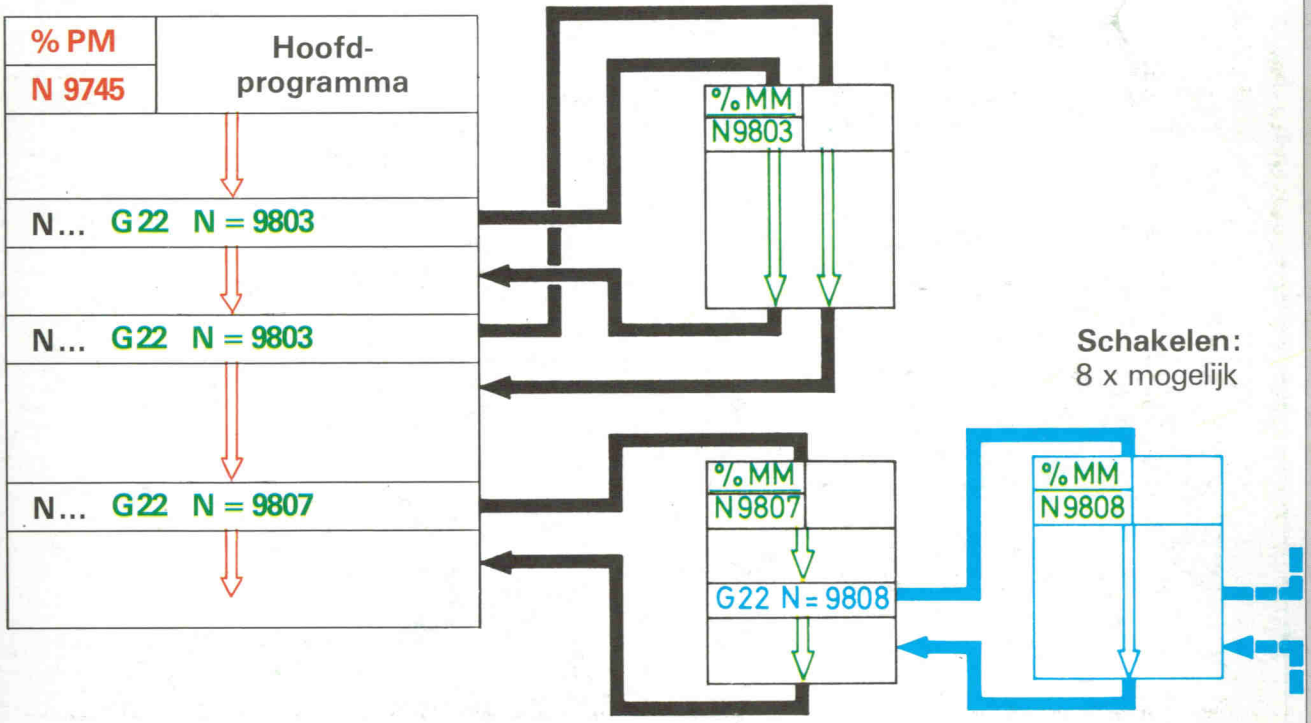


Betekenis:

% PM = Part Memory (werkstuk programma-geheugen)
% MM = Makro Memory (onderprogramma-geheugen)

Onderprogramma's worden gebruikt voor de vereenvoudiging van de programmatie van werkstukken, waarbij bepaalde stukken van het programma steeds terugkeren.

Programma-afloop:



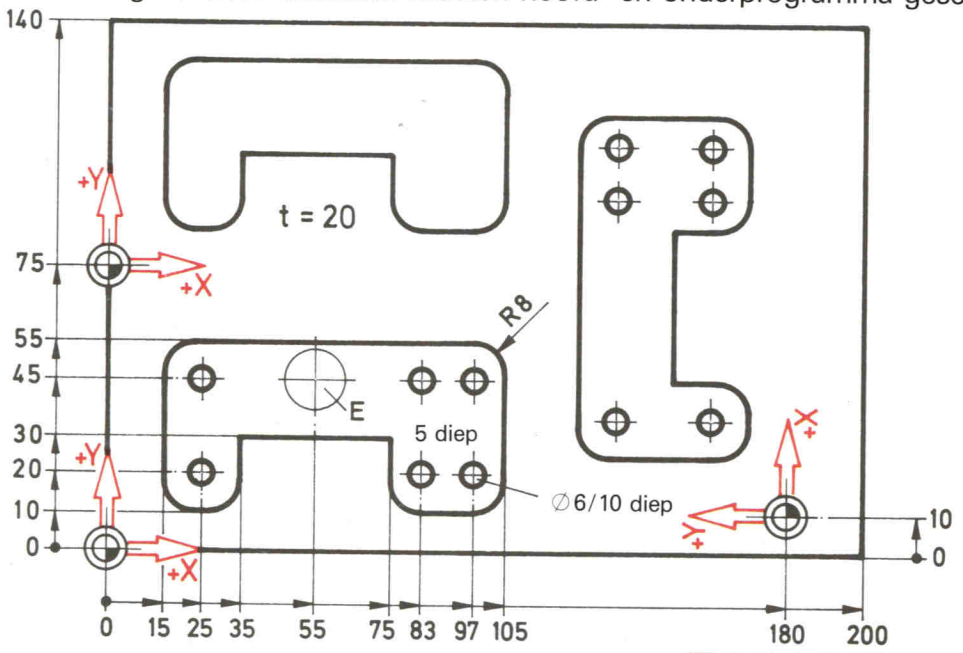
Schakelen:
8 x mogelijk

MAHO

Programmeervoorbeeld over onderprogramma-techniek

2 | 1

Voor het getekende werkstuk moeten hoofd- en onderprogramma geschreven worden.



Werktuigen:

Frees **T1** d = 16 mm
Boor **T2** d = 6 mm

% PM N 9013		Hoofdprogramma			
N 1	G 17				
N 2	G 54				
N 3 N 4	G 98 G 99	X-10 Y-10 Z-20 I 220 J 160 K 30 X 0 Y 0 Z-20 I 200 J 140 K 20			
N 5 N 6	G 22 G 22				N = 9801 N = 9802
N 7	G 93		Y 75		
N 8	G 22				N = 9801
N 9	G 93	X 180	Y 10		B 4 = 90
N 10 N 11	G 22 G 22				N = 9801 N = 9802
N 12	G 93				B 4 = 0
N 13	G 93	X 0	Y 0		
N 14	G 0			Z 50	
N 15					M 30

% MM N 9801		Onderprogramma voor de kontour			
N 1		S 400 T 1 M 66			
N 2 N 3 N 4	G 0 G 1 G 43	X 55	Y 45 Y 55	Z 2 Z-5	M 3 F 50 F 100
N 5 N 6 N 7 N 8 N 9 N 10 N 11 N 12 N 13	G 42	X 105 X 75 X 35 X 15 X 55	 Y 10 Y 30 Y 10 Y 55		
N 14	G 40				
N 15	G 0			Z 50	

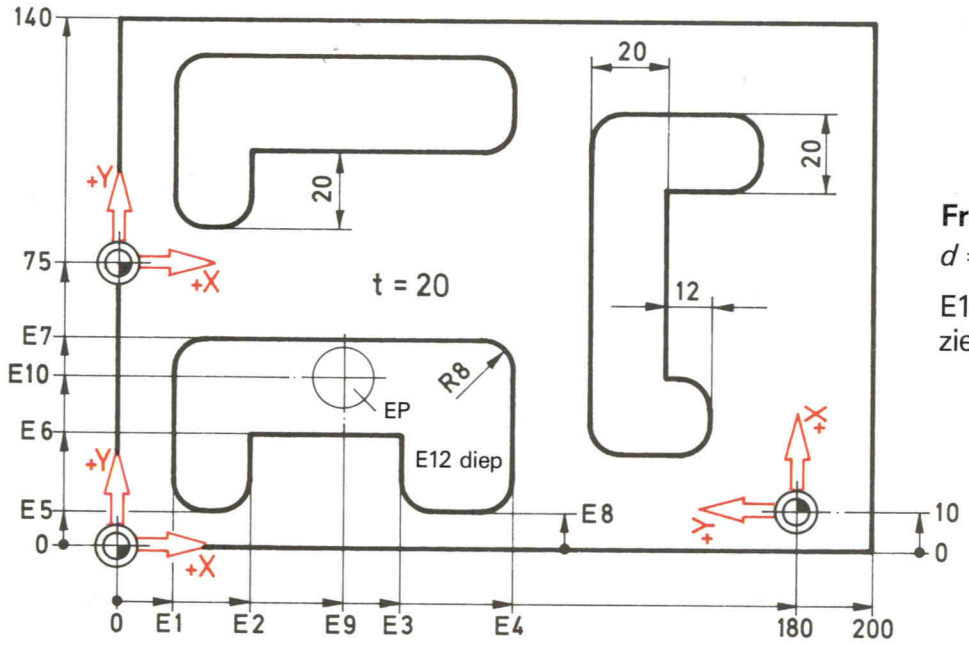
% MM N 9802		Onderprogramma voor het boorbeeld			
N 1		S 800 T 2 M 66			
N 2	G 81		Y 2	Z-10	F50 M3
N 3 N 4 N 5 N 6 N 7 N 8	G 79 G 79 G 79 G 79 G 79 G 79	X 25 X 83 X 97 X 83	Y 20 Y 45 Y 20	Z-5	
N 9	G 0			Z 50	

MAHO

Onderprogramma met parameter-programmatie

2 1

Voor het getekende werkstuk met de verscheidene kontouren moet het parametrisch programma met een onderprogramma geschreven worden.



Freesdiameter:
d = 16 mm

E11, E13, E14
zie 7,3

% PM N 9014		Hoofdprogramma			
N 1	G 17				S400 T1 M66
N 2	G 54				
N 3 N 4	G 98 G 99	X-10 Y-10 Z-20 I220 J160 K30 X 0 Y 0 Z-20 I200 J140 K20			
N 5		E1 =15 E2 =35 E3 =75 E4=105 E5 =10 E6 =30 E7 =55 E8=10 E11=2 E12=5 E13=10			
N 6	G 22				N = 9803
N 7	G 93		Y 75		
N 8		E8 = 30			
N 9	G 22				N = 9803
N 10	G 93	X 180	Y 10		B4 = 90
N 11		E3=85 E5=23 E6=35 E8=10			
N 12	G 22				N = 9803
N 13	G 93				B4 = 0
N 14	G 93	X 0	Y 0		
N 15	G 0			Z 50	
N 16					M30

% MM N 9803		Onderprogramma voor de kontour			
N 1		E15=E1 * 0.5 E16=E4 * 0.5 E14=E16—E15 E9 =E1+E14 E10=E7 —E13			
N 2 N 3 N 4	G 0 G 1 G 43	X=E9	Y=E10 Y=E7	Z=E11 Z-=E12	M3 F50 F100
N 5 N 6 N 7 N 8 N 9 N 10 N 11 N 12 N 13	G 42	X=E4 X=E3 X=E2 X=E1 X=E9	 Y=E8 Y=E6 Y=E5 Y=E7		
N 14	G 0			Z=E11	
N 15	G 40				

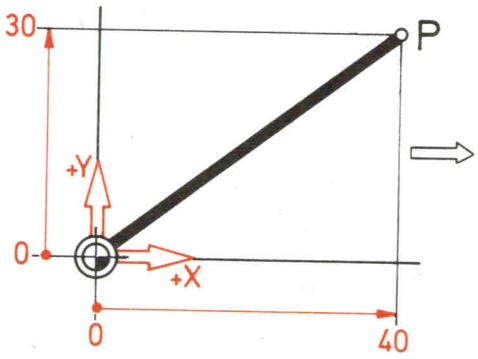
MAHO

Basis van de poolkoördinaten

2 1

De positie van een punt in het vlak kan bepaald worden met

Karthesische koördinaten of **Poolkoördinaten.**

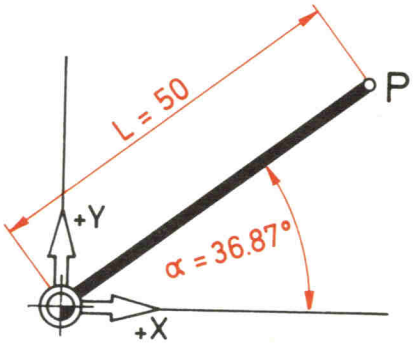


$$L = \sqrt{(40\,\text{mm})^2 + (30\,\text{mm})^2}$$

$$\boldsymbol{L = 50\,\text{mm}}$$

$$\tan\alpha = \frac{30\,\text{mm}}{40\,\text{mm}} = 0{,}75$$

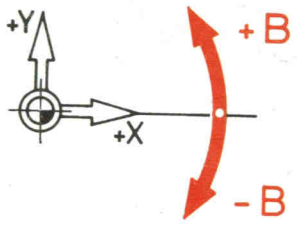
$$\alpha = 36{,}87°$$

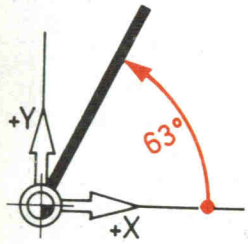


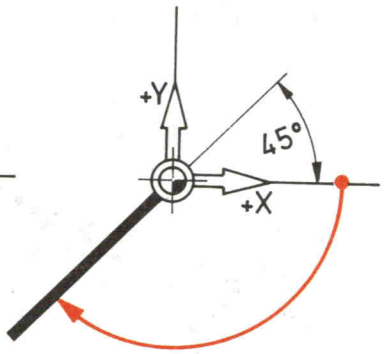
Bij de poolkoördinaten wordt een punt P met een **hoek** en een **lengte** bepaald.

Voor de aanduiding van de hoek α wordt het adres B gebruikt.

Tekenregel: **G17**







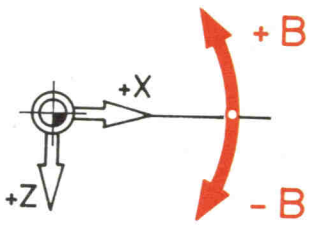
B63

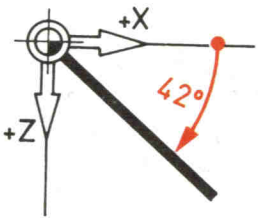
of **B-297**

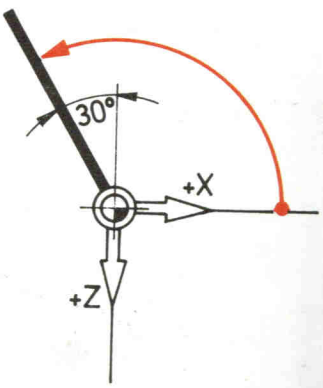
B-135

of **B225**

G18







B-42

of **B318**

B120

of **B-240**

MAHO

Frezen van rechten met poolkoördinaten

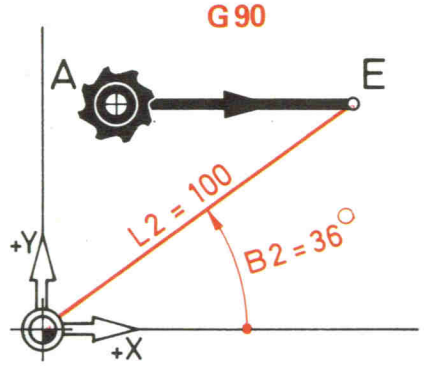
2 | 1

Naast de programmatie van bewegingen in ijlgang (G0 X...Y...) of in lineaire voeding (G1 x...Y...) is de programmatie ook mogelijk ...

A = Startpunt van de beweging
E = Eindpunt van de beweging

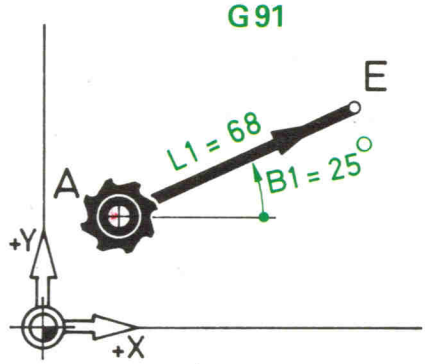
1... in poolkoördinaten

G90



G1 (G0) B2 = 36 L2 = 100

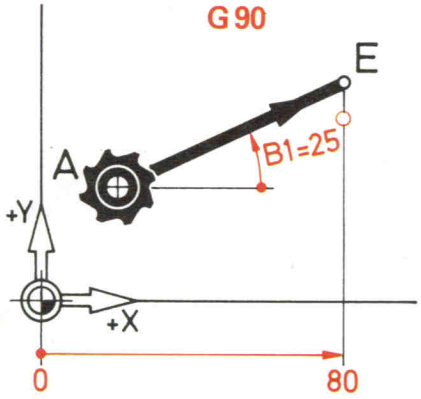
G91



G1 (G0) B1 = 25 L1 = 68

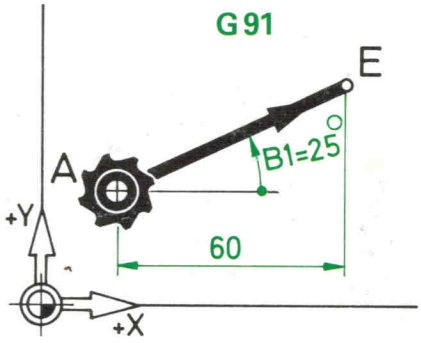
2... met gemengde maataanduiding

G90



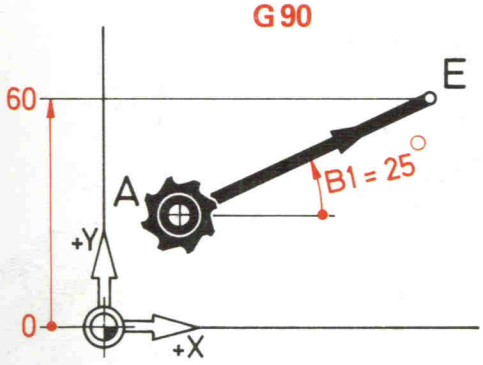
G1 (G0) X80 B1 = 25

G91



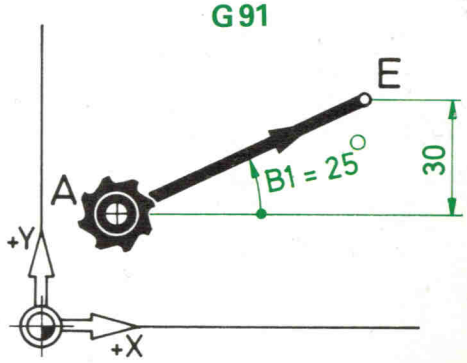
G1 (G0) X60 B1 = 25

G90



G1 (G0) Y60 B1 = 25

G91



G1 (G0) Y30 B1 = 25

MAHO

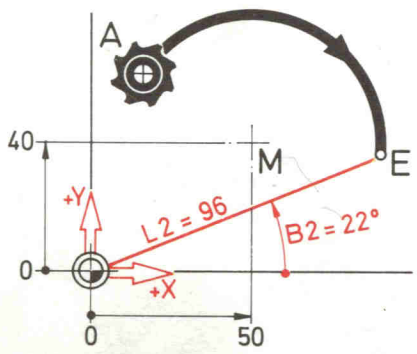
Frezen van cirkelbogen met poolkoördinaten

2 | 1

Naast de programmatie van een cirkelboog in karthesische koördinaten met G2 (G3) X... Y... I... J... is ook een programmatie in poolkoördinaten mogelijk.

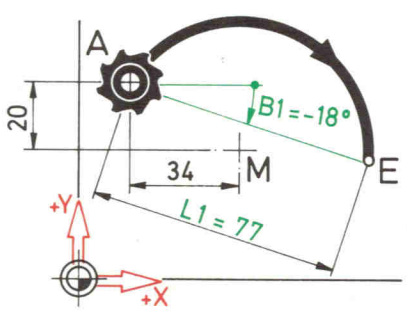
1. Programmatie van het eindpunt van de cirkelboog

G90

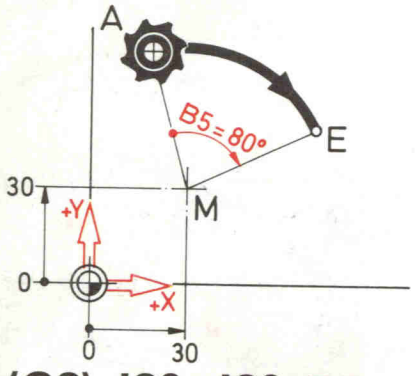


G2 (G3) I50 J40 B2=22 L2=96

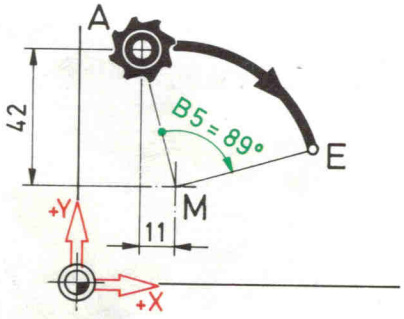
G91



G2 (G3) I34 J20 B1=–18 L1=77



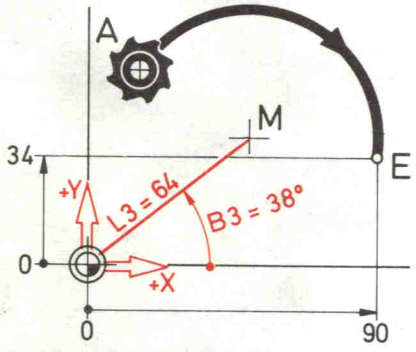
G2 (G3) I30 J30 B5=80



G2 (G3) I11 J42 B5=89

2. Programmatie van het middelpunt van de cirkelboog

G90



G2 (G3) X90 Y34 B3=38 L3=64

A = Startpunt van de beweging
E = Eindpunt van de beweging

Programmeren van twee rechten met G11

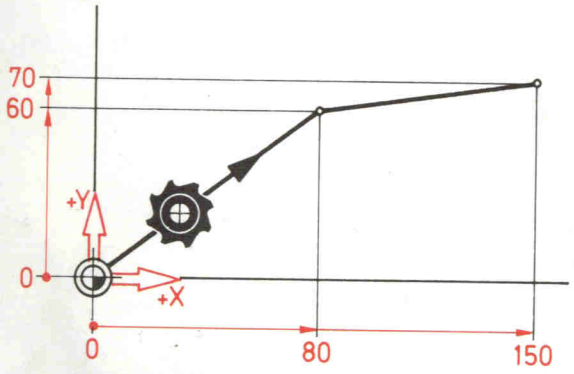
3 | 2 | 1

Met G11 kunnen vereenvoudigd twee rechten in een zin geprogrammeerd worden.

G11

Karthesische koördinaten

1. Eindpunten van beide rechten zijn gekend



1° rechte **G1 X80 Y60**

2° rechte **G1 X150 Y70**

⇩

G11 X80 Y60

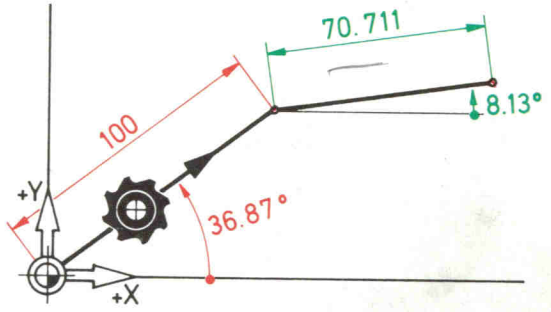
G11 X150 Y70

⇩

G11 X80 Y60 X1 = 150 Y1 = 70*

Poolkoördinaten

2. Lengte en hoek van beide rechten zijn gekend



1° rechte **G1 B2 = 36.87 L2 = 100**

G91

2° rechte **G1 B1 = 8.13 L1 = 70.711**

⇩

G11 B36.87 L100

G91

G11 B8.13 L70.711

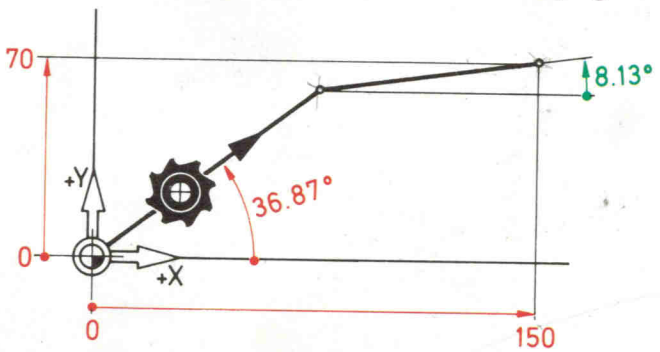
⇩

G91

G11 B36.87 L100 B1 = 8.13 L1 = 70.711*

* De adressen van de 2e rechte worden met INDEX geprogrammeerd.

3. Eindpunt van 2e rechte en hoek zijn gekend



G11 X150 Y70 B36.87 B1 = 8.13

Afronding en afschuining met G11

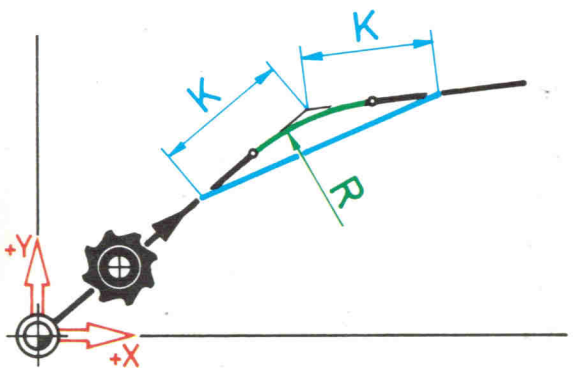
2 | 1

Aan twee zich snijdende rechten kan met de **G11-programmatie** de **hoek afgerond** worden (adres **R**) resp. een **afschuining** (adres **K**) tussengevoegd worden.

G11

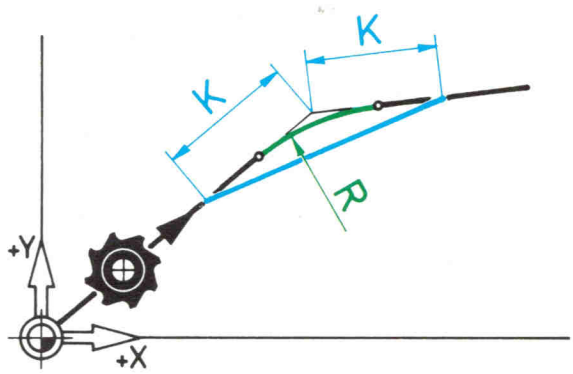
Karthesische koördinaten | **Poolkoördinaten**

1. Eindpunten van beide rechten zijn gekend



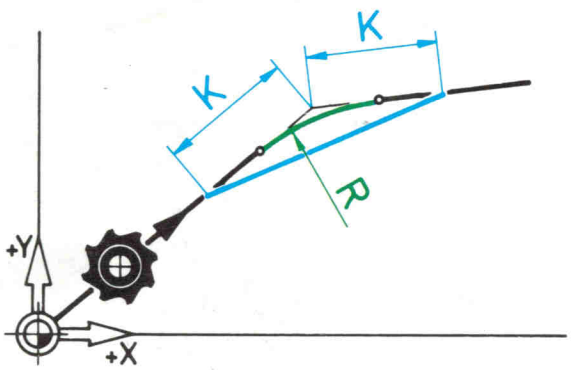
G11 X80 Y60 R20 K15 X1=150 Y1=70

2. Lengte en hoek van beide rechten zijn gekend



G91
G11 B36.87 L100 R20 K15 B1=8.13 L1=70.711

3. Eindpunt van 2e rechte en hoek zijn gekend



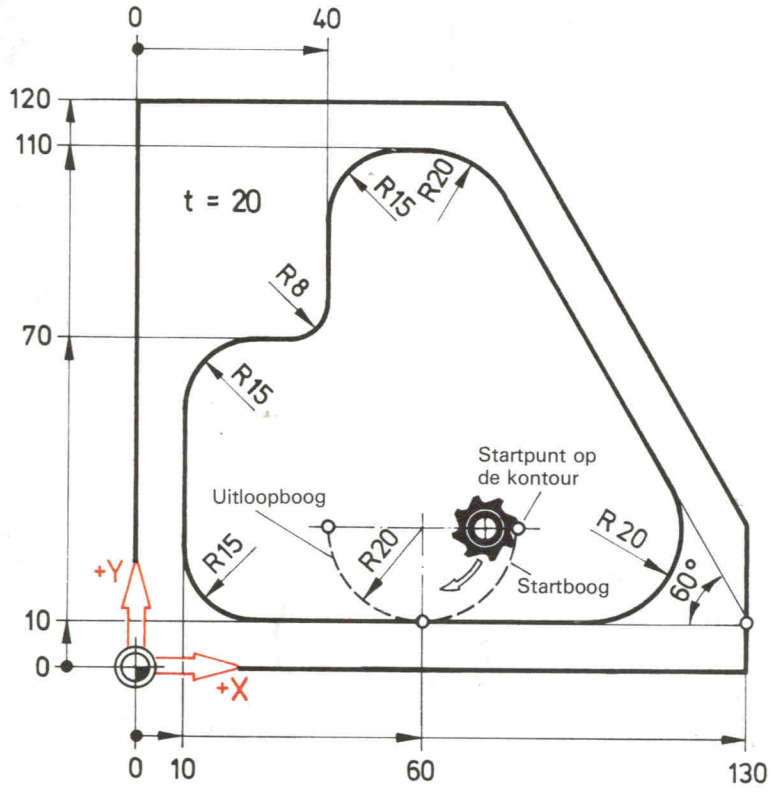
G11 X150 Y70 B36.87 R20 K15 B1 = 8.13

Aan het einde van de 2e rechte kan met **R1** = ... een **radius** resp. met **K1** = ... een **afschuining** tussengevoegd worden.

MAHO

Programmeervoorbeeld G17

2 | 1



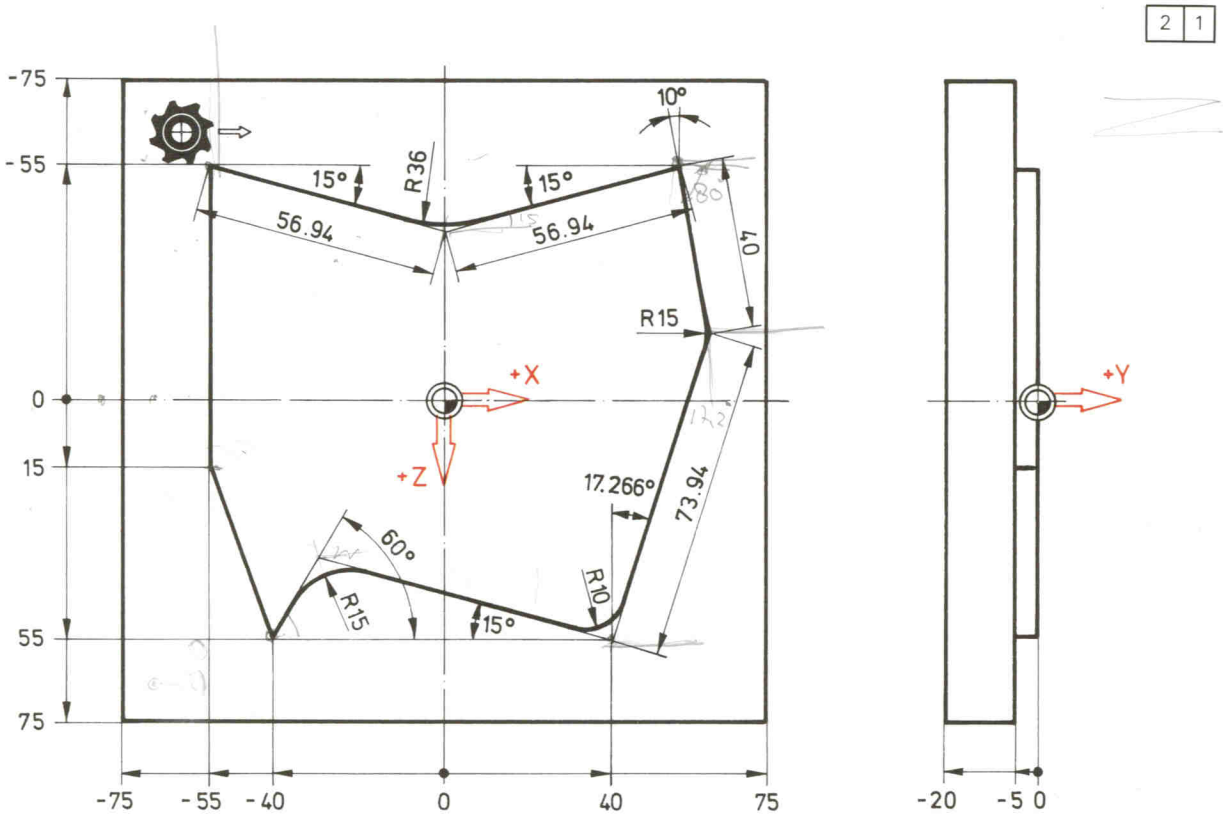
De kamer is 10 mm diep voorgefreesd. De kontour moet nabewerkt worden. Het starten op de kontour resp. het verlaten van de kontour moeten met een kwartcirkel geprogrammeerd worden (R20).

Freesdiameter: $d = 10$ mm

% PM						
N 9015						
N 1	G 17				S 800 T 1 M 66	
N 2	G 54					
N 3	G 98	X-10 Y-10	Z-20	I 150 J 140	K 30	
N 4	G 99	X 0 Y 0	Z-20	I 130 J 120	K 20	
N 5	G 0	X 60	Y 30	Z 2		M 3
N 6	G 1			Z-10	F 80	
N 7	G 43	X 80				
N 8	G 42					
N 9	G 2	X 60	Y 10		R 20	
N 10	G 11	X 10 Y 10	R 15	X 1 = 10	Y 1 = 70	R 1 = 15
N 11	G 11	X 40 Y 70	R 8	X 1 = 40	Y 1 = 110	R 1 = 15
N 12	G 11	X 130 Y 10	B 0 R 20	B 1 = -60	R 1 = 20	
N 13	G 11	X 60				
N 14	G 2	X 40	Y 30		R 20	
N 15	G 40					
N 16	G 0			Z 50		
N 17						M 30

Programmeervoorbeeld vlak G18

2 | 1



Freesdiameter: $d = 20$ mm

% PM N 9016					
N 1	G 18				S 350 T 1 M 66
N 2	G 54				
N 3 N 4	G 98 G 99	X-85 Y-20 Z-85 I 170 J 30 K 170 X-75 Y-20 Z-75 I 150 J 20 K 150			
N 5 N 6 N 7 N 8 N 9	G 0 G 1 G 43 G 41	X-65 X-55	Y 2 Y-5	Z-67 Z-55	M 3 F 50 F 100
N 10 N 11 N 12 N 13 N 14 N 15	G 91 G 11 G 11 G 11 G 11 G 90	B-15 L 56.94 R 36 B 1 = 15 L 1 = 56.94 B-80 L 40 R 15 B 1 = -107.266 L 1 = 73.94 R 1 = 10 X-80 Z 0 B 165 R 15 B 1 = 60 X-15 Z-40 X 1 = 0 Z 1 = -70			
N 16 N 17	G 40 G 0		Y 50		
N 18					M 30

MAHO

Programmeren met G64

1

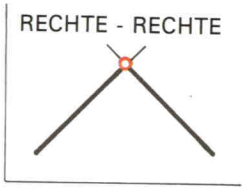
De geometrieberekening met G64 maakt programmatie van komplexe kontouren mogelijk. Snij- en raakpunten worden door de besturing berekend.

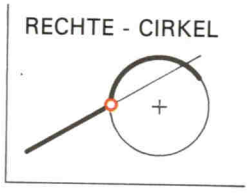
Programma-opbouw

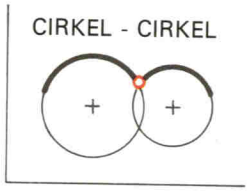
```
N...
N...  G64   Inschakelen van de geometrieberekening
N...
 :          Programmatie van de kontour
N...
N...  G63   Uitschakelen van de geometrieberekening
N...
```

Gebruiks-mogelijkheden

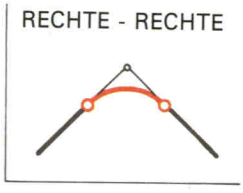
1. Snijpuntsberekening

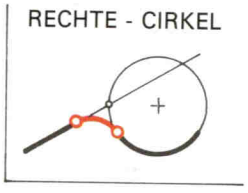


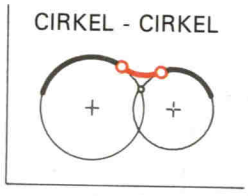




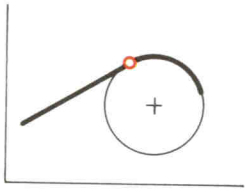
2. Verbindingsboog in een snijpunt



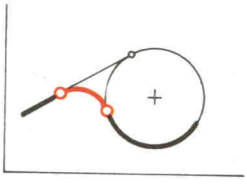




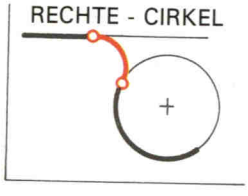
3. Raakpuntberekening

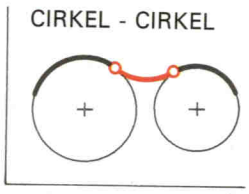


4. Verbindingsboog in een raakpunt



5. Overgangsboog voor het verbinden van elementen

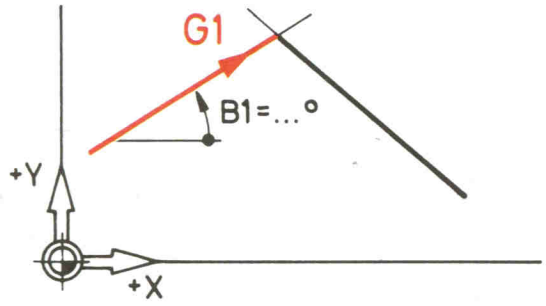




MAHO

Snijpuntberekening rechte - rechte

1

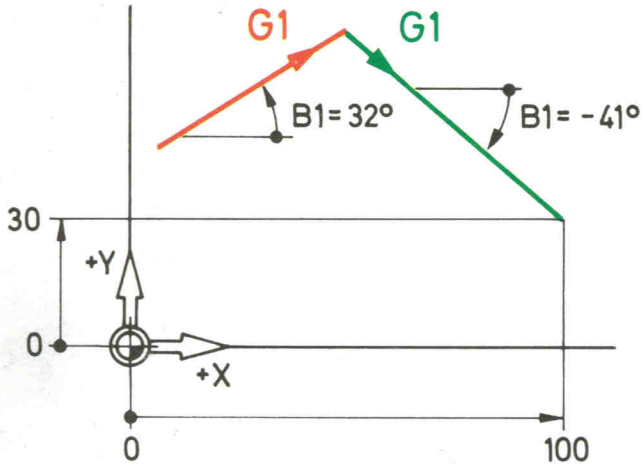


Bij twee op elkaar volgende rechten wordt de **eerste rechte** met de hoek B1 = ... geprogrammeerd.

N... G1 B1 = ...

Voor de **tweede rechte** bestaan er twee mogelijkheden.

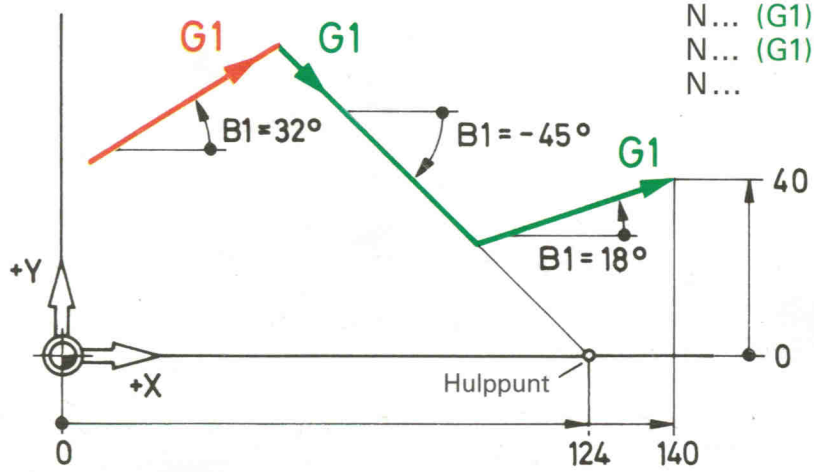
1. Programmatie van het einpunt



N...
N... G64
N... G1 B1 = 32
N... (G1) X100 Y30* B1 = −41
N...

* De programmatie van het eindpunt is ook in pool-koördinaten, met L2 = ... B2 = ..., mogelijk.

2. Programmatie van een hulppunt



N...
N... G64
N... G1 B1 = 32
N... (G1) X1 = 124 Y1 = 0 B1 = −45
N... (G1) X 140 Y40 B1 = 18
N...

MAHO

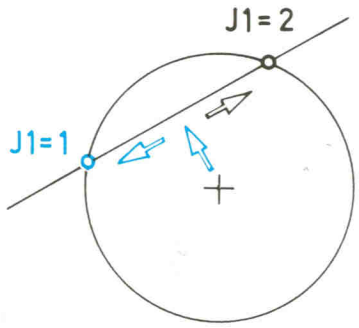
Snijpuntberekening rechte - cirkel

1

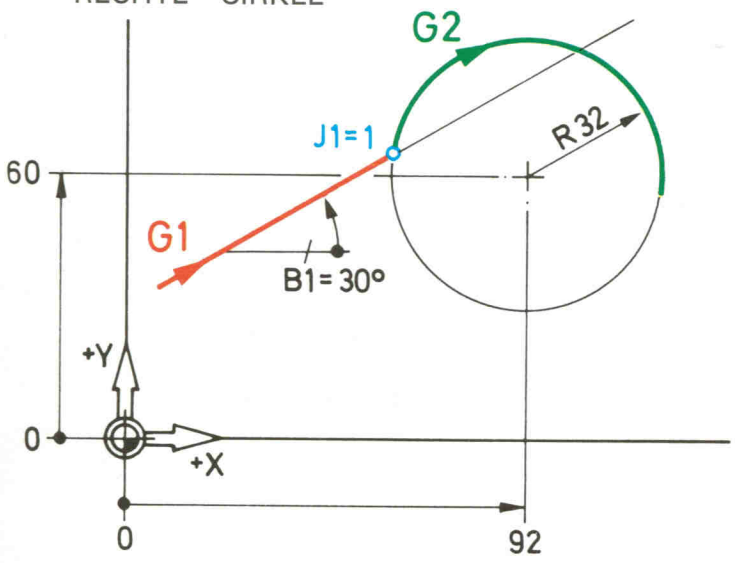
Wanneer een rechte een cirkel snijdt, dan ontstaan twee snijpunten.

Bepaling volgens de **kijkrichting**:

J1 = 1 links snijpunt
J1 = 2 rechts snijpunt



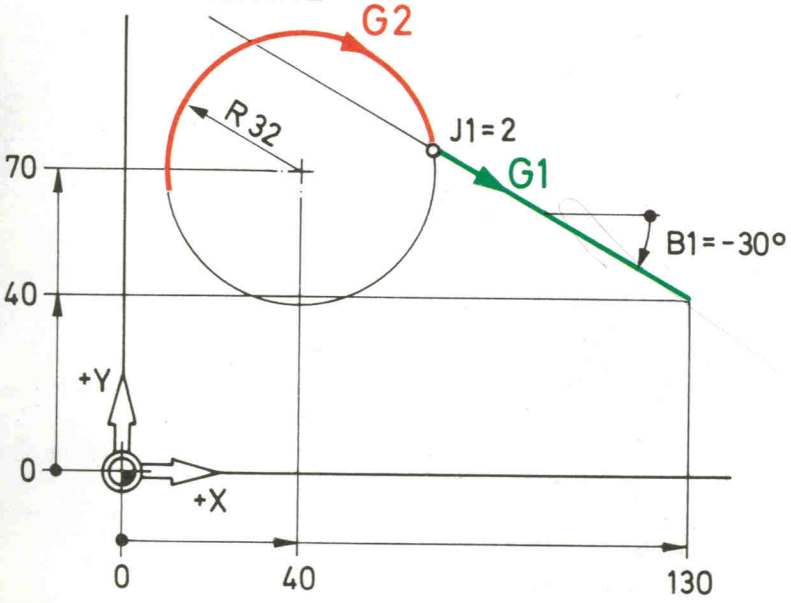
RECHTE - CIRKEL



N...
N... G64
N... G1 B1 = 30 J1 = 1
N.. G2 R32* I92 J60
N...

* R valt weg wanneer het eindpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

CIRKEL - RECHTE

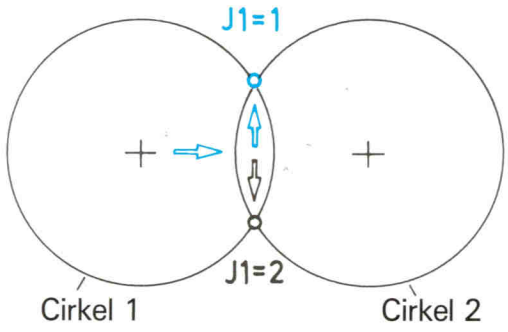


N...
N... G64
N... G2 R32* I40 J70 J1=2
N... G1 X130 Y40 B1 = −30
N...

* R valt weg wanneer het startpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

Snijpuntberekening cirkel - cirkel

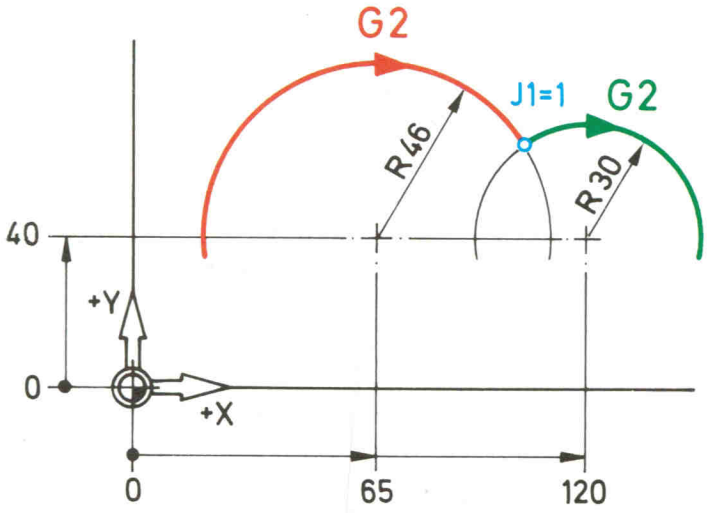
1



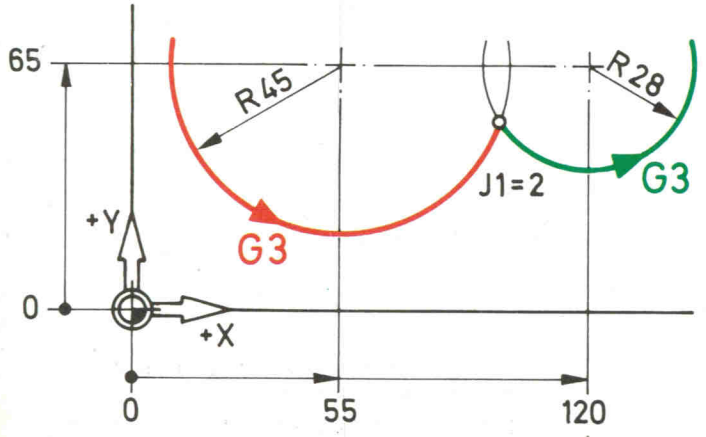
Wanneer twee cirkels snijden, dan ontstaan twee snijpunten.

Bepaling volgens de **kijkrichting**:

J1 = 1 links snijpunt
J1 = 2 rechts snijpunt



N...
N... G64
N... G2 R46* I65 J40 J1 = 1*
N... (G2) R30* I120 J40
N...



N...
N... G64
N... G3 R45* I55 J65 J1 = 2*
N... (G3) R28* I120 J65

* R valt weg, wanneer het startpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

* R valt weg, wanneer het eindpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

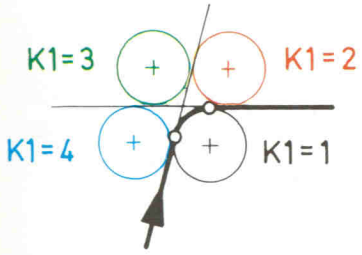
* Wanneer de twee cirkels raken, dan vallen J1 = 1 resp. J1 = 2.

Verbindingsboog in snijpunt

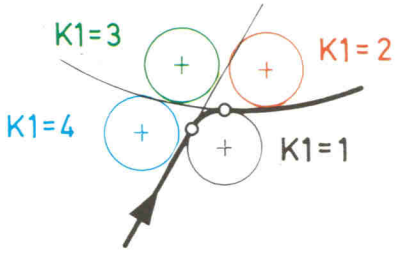
1

Snijden de geometrie-elementen RECHTE-RECHTE, RECHTE-CIRKEL of CIRKEL-CIRKEL, dan bestaan in het snijpunt **4 mogelijke verbindingsbogen**.

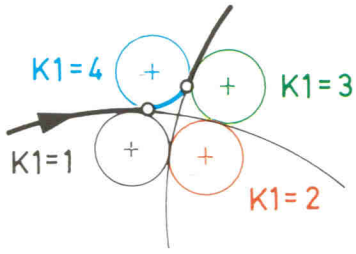
RECHTE - RECHTE



RECHTE - CIRKEL

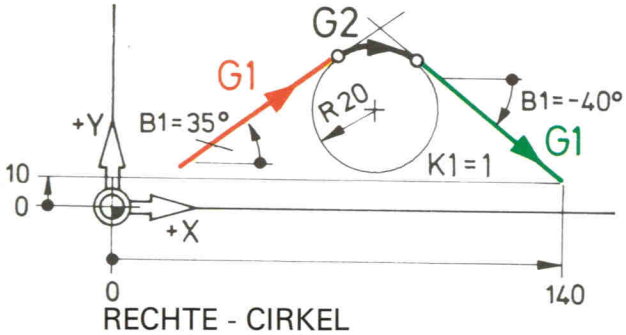


CIRKEL - CIRKEL



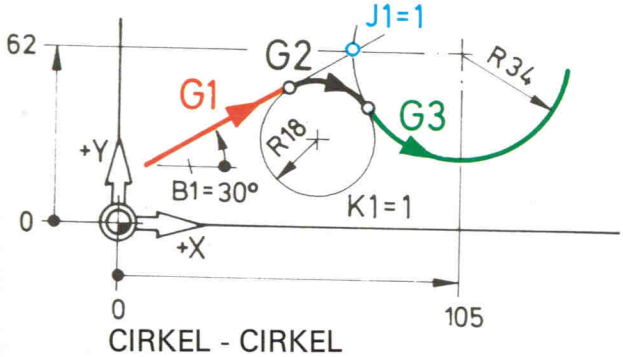
Bepaling: K1 ligt in de bewegingsrichting **rechts voor** het snijpunt. De verbindingsbogen K1 = 2... liggen dan in tegenwijzerzin rond het snijpunt.

RECHTE - RECHTE



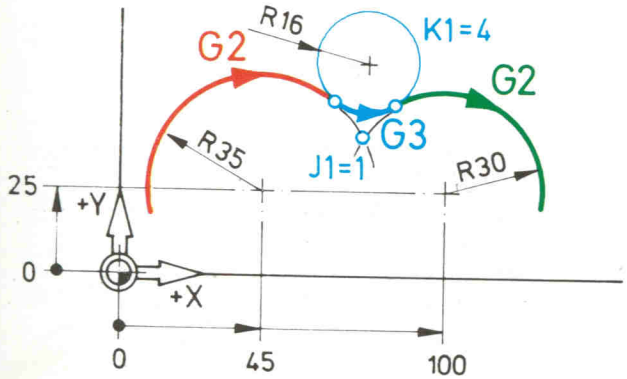

```
N...
N... G64
N... G1  B1 = 35
N... G2  R20     K1 = 1
N... G1  X140    Y10    B1 = —40
N...
```

RECHTE - CIRKEL




```
N...
N... G64
N... G1  B1 = 30  J1 = 1
N... G2  R18      K1 = 1
N... G3  R34*     I105  J62
N...
```

CIRKEL - CIRKEL




```
N...
N... G64
N... G2  R35*  I45    J25   J1 = 1
N... G3  R16   K1 = 4
N... G2  R30*  I100   J25
N...
```

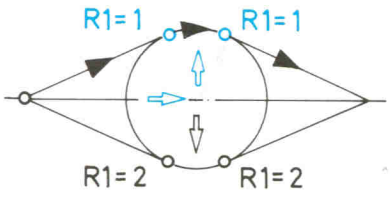
* R valt weg, wanneer het startpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

* R valt weg, wanneer het eindpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

MAHO

Raakpuntberekening

1



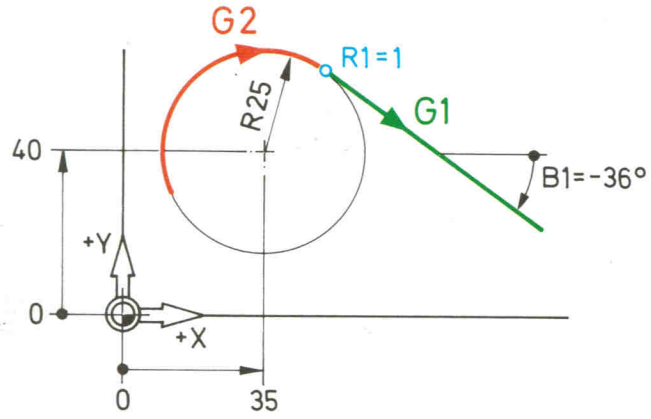
Een rechte kan links of rechts aan een cirkel raken.

Bepaling volgens de **kijkrichting**:

R1 = 1 links raakpunt
R1 = 2 rechts raakpunt

Wordt in het raakpunt de bewegingsrichting aangehouden, dan kan ook R1 = 0 geprogrammeerd worden.

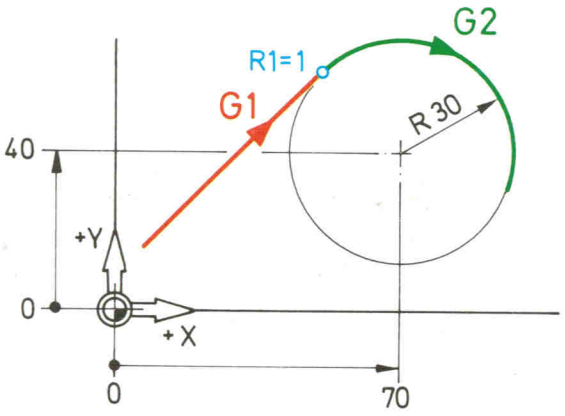
CIRKEL - RECHTE




```
N...
N... G64
N... G2  R25*  I35  J40  R1=1 (R1=0)
N... G1  B1=-36*
N...
```

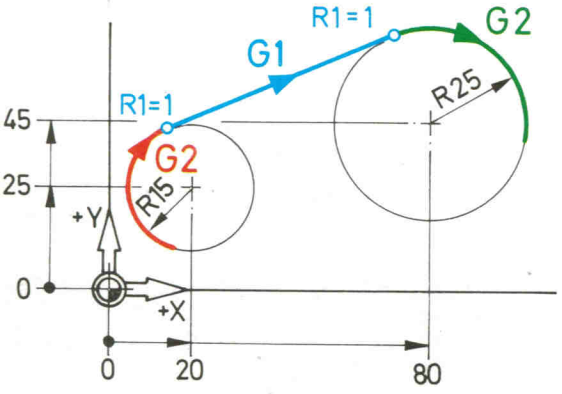
* B1 = ... valt weg, wanneer het eindpunt geprogrammeerd wordt of een raakpunt berekend wordt.

RECHTE - CIRKEL




```
N...
N... G64
N... G1  R1=1  (R1=0)
N... G2  R30*  I70  J40
N...
```

CIRKEL - RECHTE - CIRKEL




```
N...
N... G64
N... G2  R15*  I20  J25  R1=1 (R1=0)
N... G1  R1=1  (R1=0)
N... G2  R25*  I80  J45
N...
```

* R valt weg, wanneer het startpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

* R valt weg, wanneer het eindpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

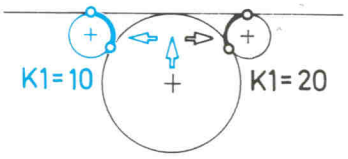
MAHO

Verbindingsboog in raakpunt

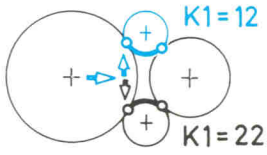
1

Raken de geometrie-elementen RECHTE - CIRKEL of CIRKEL - CIRKEL, dan kunnen in het raakpunt twee verschillende overgangsbogen tussengevoegd worden.

RECHTE - CIRKEL

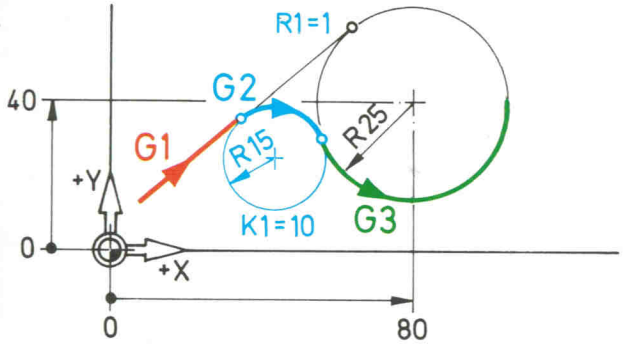


CIRKEL - CIRKEL



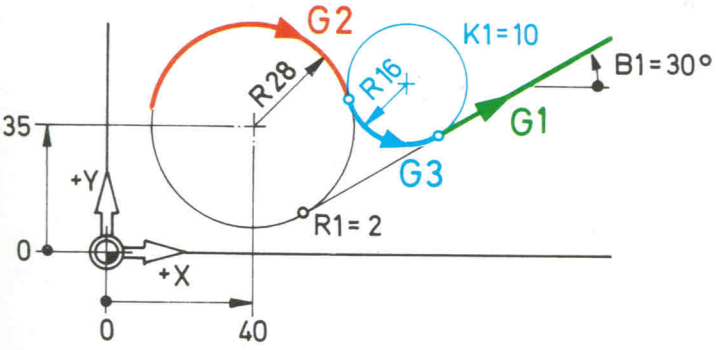
Bepaling volgens de **kijkrichting**: K1 = 10 of K1 = 12 linkse verbindingsboog
K1 = 20 of K1 = 22 rechtse verbindingsboog

RECHTE - CIRKEL



N...
N... G64
N... G1 R1 = 1
N... G2 R15 K1 = 10
N... G3 R25* I80 J40
N...

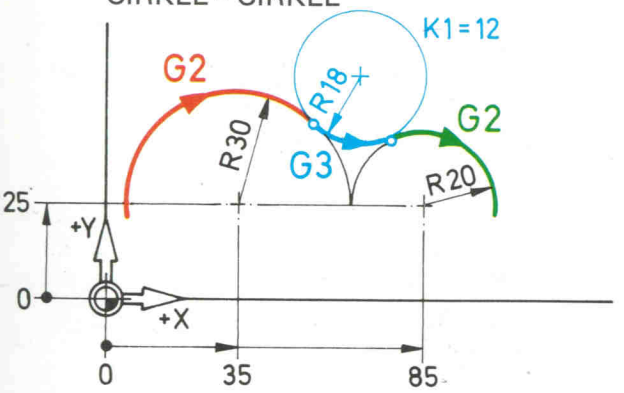
CIRKEL - RECHTE



N...
N... G64
N... G2 R28* I40 J35 R1 = 2
N... G3 R16 K1 = 10
N... G1 B1 = 30*
N...

* B1 = ... valt weg, wanneer het eindpunt geprogrammeerd wordt of een raakpunt berekend wordt.

CIRKEL - CIRKEL



N...
N... G64
N... G2 R30* I35 J25
N... G3 R18 K1 = 12
N... G2 R20* I85 J25
N...

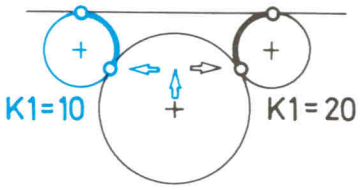
* R valt weg, wanneer het startpunt van de boog geprogrammeerd wordt.
* R valt weg, wanneer het eindpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

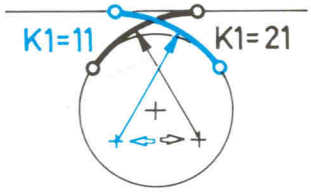
Overgangsboog voor het verbinden van elementen

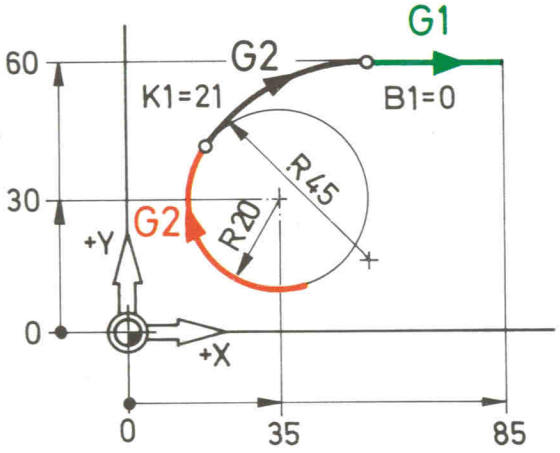
1

Liggen de geometrie-elementen RECHTE - CIRKEL resp. CIRKEL - CIRKEL naast elkaar (geen snijpunt/geen raakpunt), dan bestaan onder andere volgende overgangsbogen:

RECHTE - CIRKEL

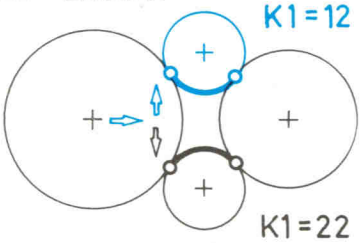


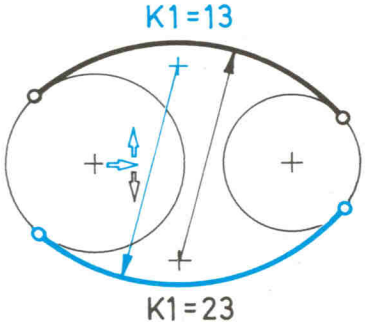


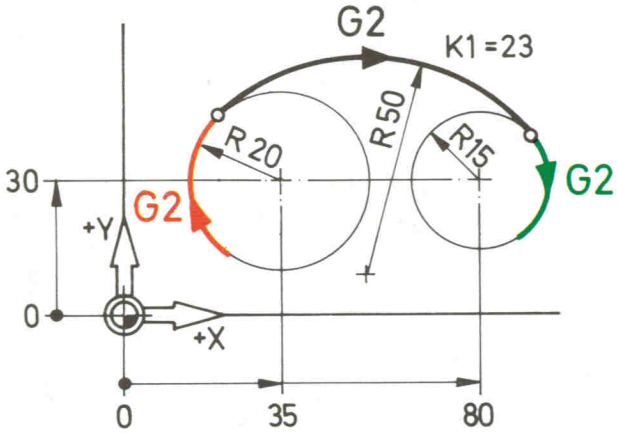



```
N...
N... G64
N... G2    R20*  I35   J30
N... (G2)  R45   K1=21
N... G1    X85   Y60   B1=0
N...
```

CIRKEL - CIRKEL








```
N...
N... G64
N... G2    R20*  I35   J30
N... (G2)  R50   K1=23
N... (G2)  R15*  I80   J30
N...
```

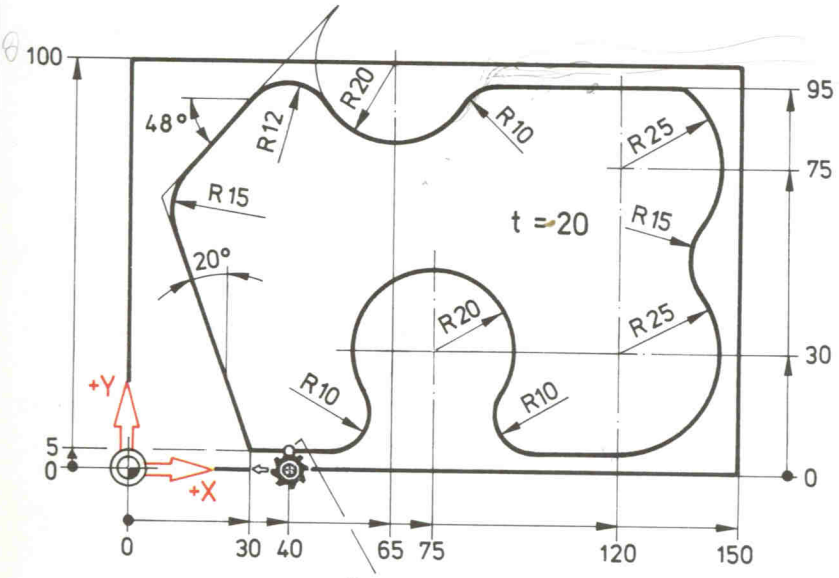
* R valt weg, wanneer het startpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

* R valt weg, wanneer het eindpunt van de boog geprogrammeerd wordt.

MAHO

Programmeervoorbeeld vlak G17

2 | 1



Startpunt op de kontour

Voor de getekende kontour moet het programma geschreven worden gebruikmakend van de G64-funktie.

De freesdiepte moet 5 mm bedragen.

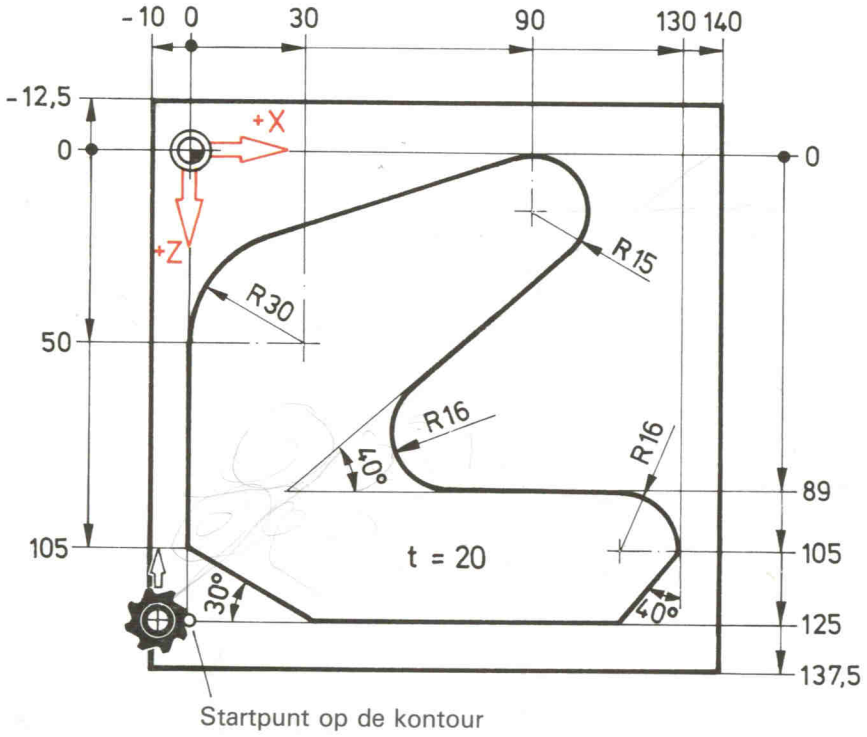
Freesdiameter: $d = 10$ mm

% PM N 9017					
N 1	G 17				S 630 T 1 M 66
N 2	G 54				
N 3 N 4	G 98 G 99	X-10 Y-10 Z-20 X 0 Y 0 Z-20		I 170 J 120 I 150 J 100	K 30 K 20
N 5 N 6 N 7 N 8 N 9	G 0 G 1 G 43 G 41	X 40 X 30	Y-12 Y 5	Z-5	M 3 F 100
N 10 N 11 N 12 N 13 N 14 N 15 N 16 N 17 N 18 N 19 N 20 N 21 N 22 N 23 N 24 N 25 N 26	G 64 (G 1) G 2 G 1 G 2 G 3 G 2 G 1 G 2 G 3 G 2 G 1 G 2 G 3 G 2 G 1 G 63	 X 1 = 150 X 120 X 30	 Y 1 = 95 Y 5 Y 5		B 1 = 110 R 15 K 1 = 1 B 1 = 48 R 1 = 1 R 12 K 1 = 10 R 20 I 65 J 100 J 1 = 1 R 10 K 1 = 1 B 1 = 0 J 1 = 2 R 25 I 120 J 75 J 1 = 1 R 15 K 1 = 4 I 120 J 30 B 1 = 0 R 10 K 1 = 10 R 20 I 75 J 30 R 10 K 1 = 20 B 1 = 0
N 27 N 28	G 40 G 0			Z 50	
N 29					M 30

MAHO

Programmeervoorbeeld vlak G18

2 | 1



Startpunt op de kontour

Voor de getekende kontour moet het programma geschreven worden gebruikmakend van de G64-funktie.

De freesdiepte moet 5 mm bedragen.

Freesdiameter: $d = 10$ mm

% PM					
N 9018					
N 1	G 18				S 630 T 1 M 66
N 2	G 54				
N 3	G 98	X-20 Y-20	Z-22.5	I 170 J 30	K 170
N 4	G 99	X-10 Y-20	Z-12.5	I 150 J 20	K 150
N 5	G 0	X-17	Y-5	Z 125	M 3
N 6	G 1				F 100
N 7	G 43	X 0			
N 8	G 41				
N 9				Z 50	
N 10	G 64				
N 11	G 2				R 30 I 30 K 50 R 1 = 1
N 12	G 1				R 1 = 1
N 13	G 2				R 15 I 90 K 15 R 1 = 1
N 14	G 1				B 1 = 220
N 15	G 3				R 16 K 1 = 4
N 16	G 1				B 1 = 0 R 1 = 1
N 17	G 2	X 130		Z 105	I 114 K 105
N 18	G 1				B 1 = -130
N 19	(G 1)	X 1 = 0		Z 1 = 125	B 1 = 180
N 20	(G 1)	X 0		Z 105	B 1 = 150
N 21	(G 1)			Z 100	
N 22	G 63				
N 23	G 40				
N 24	G 0		Y 50		
N 25					M 30

Oefeningen

Hoofdstuk 2: Basis der programmatie

1. Absolute maataanduiding G90
2. Inkrementele maataanduiding G91

Hoofdstuk 3: Voorbereidingen aan de machine

3. Nulpunt zetten met de kantentaster

Hoofdstuk 4: Freesprogramma's met G0, G1, G2 en G3

4. Freesprogramma's met G0 en G1
5. Berekenen van kontour-punten
6. Freesprogramma met G0, G1, G2 en G3

Hoofdstuk 5: Freesprogramma's met cycli

7. Freesprogramma met de cycli G81, G87, G88 en G89
8. Boorprogramma met puntdefinitie G78

Hoofdstuk 6: Programma's met speciale G-funkties

9. Boor- en freesprogramma met herhaling van een deel van het programma
10. Spiegelen G72/G73
11. Nulpuntsverschuiving, vergroten/verkleinen

Hoofdstuk 7/8: Inleiding in de programmatie met parameters / Onderprogramma-techniek

12. Freesprogramma met onderprogramma

Hoofdstuk 9/10: Programmeren met poolkoördinaten / Programmeren van komplexe kontouren

13. Freesprogramma met G11
14. Freesprogramma met G11 en G64
15. Freesprogramma met G64

MAHO

Absolute maataanduiding G90

(zie 2.5.1)

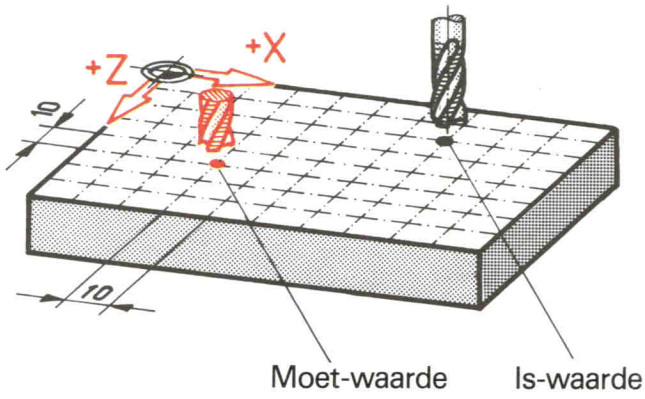
a) Is-waarde: X ☐ Z ☐

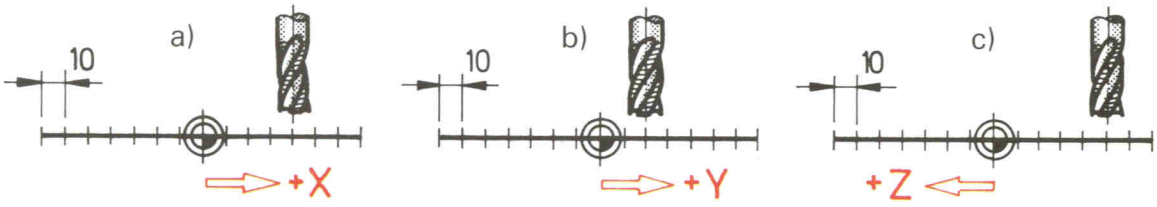
b) Moet-waarde: X ☐ Z ☐

c) Wat werd geprogrammeerd?

X ☐ Z ☐ (G90)

Vul de bewegingspijl in.

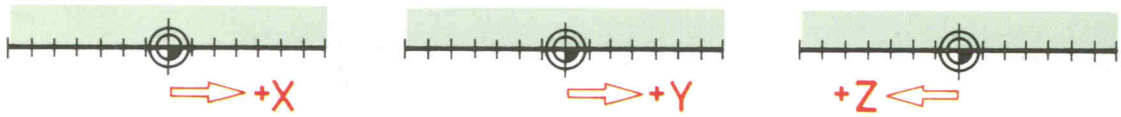




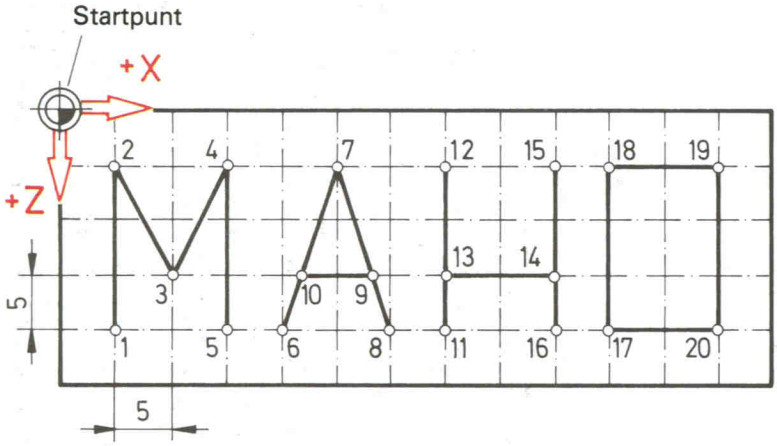
Is-waarde: X = ☐ mm Y = ☐ mm Z = ☐ mm

Ingave: X – 20 Y + 20 Z + 20

Nieuwe frees-positie bij G90:



Het woord MAHO moet met de vertikale spil gegraveerd worden (de Y koördinaten blijven buiten beschouwing):



G90-ingave

	X	Z
P1	X + 5	Z + 20
P2		
P3		
P4		
P5		
P6		
P7		
P8		
P9	X + 28,333	
P10		

	X	Z
P11		
P12		
P13		
P14		
P15		
P16		
P17		
P18		
P19		
P20		

MAHO

Inkrementele maataanduiding G91

(zie 2.5.2)

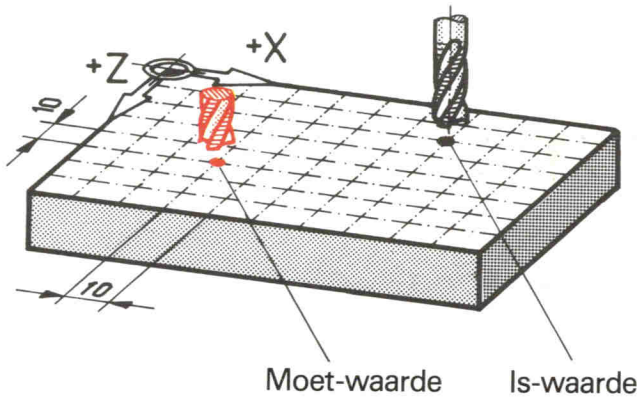
a) Is-waarde: X ☐ Z ☐

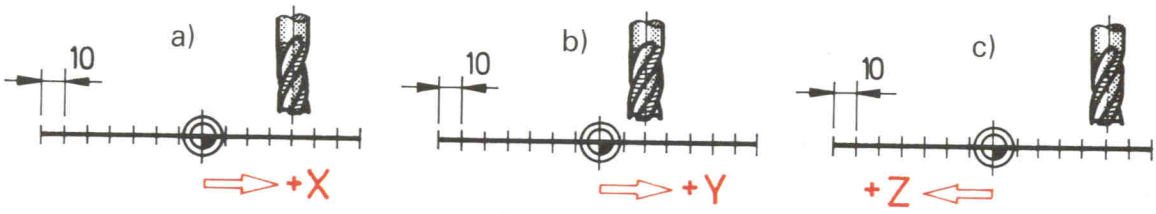
b) Moet-waarde: X ☐ Z ☐

c) Wat werd geprogrammeerd?

X ☐ Z ☐ (G91)

Vul de bewegingspijl in.

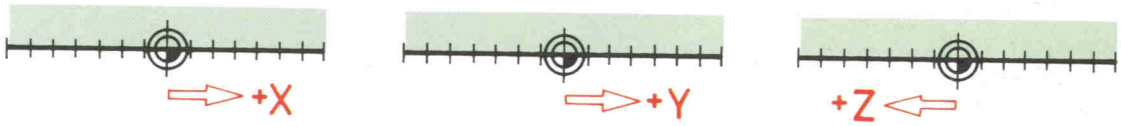




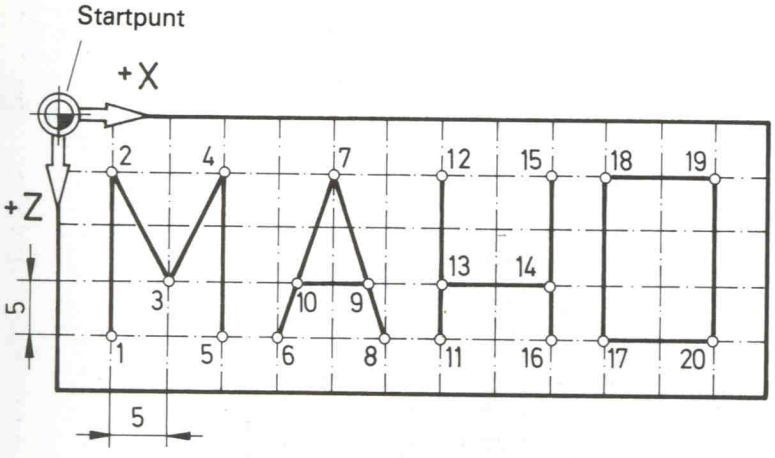
Is-waarde: X = ☐ mm Y = ☐ mm Z = ☐ mm

Ingave: X – 20 Y + 20 Z + 20

Nieuwe frees-positie bij G91:



Het woord MAHO moet met de vertikale spil gegraveerd worden (de Y koördinaten blijven buiten beschouwing):



G91-ingave

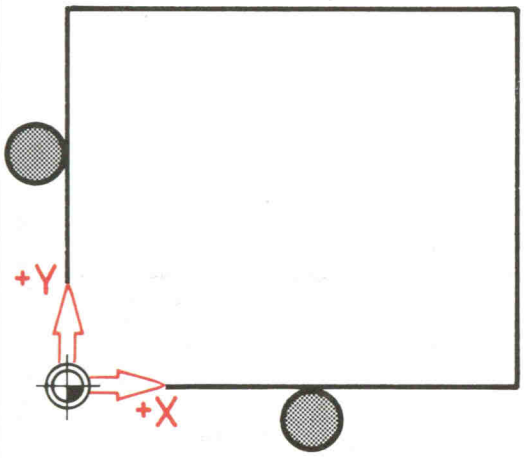
	X	Z
P1	X+5	Z+20
P2		
P3		
P4		
P5		
P6		
P7		
P8		
P9		
P10		

	X	Z
P11		
P12		
P13		
P14		
P15		
P16		
P17		
P18		
P19		
P20		

Nulpunt zetten met de kantentaster (zie 3.2)

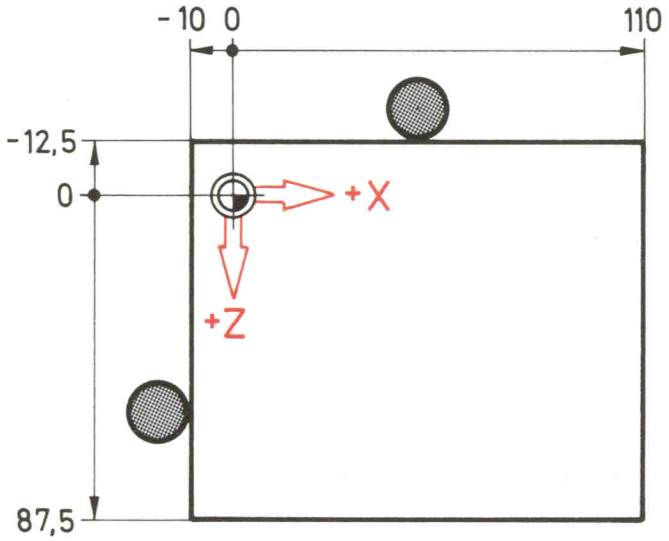
Welke ingave zijn bij het nulpuntzetten voor de getekende voorbeelden nodig, wanneer de kantentaster een diameter $d = 10$ mm heeft?

Vlak G17

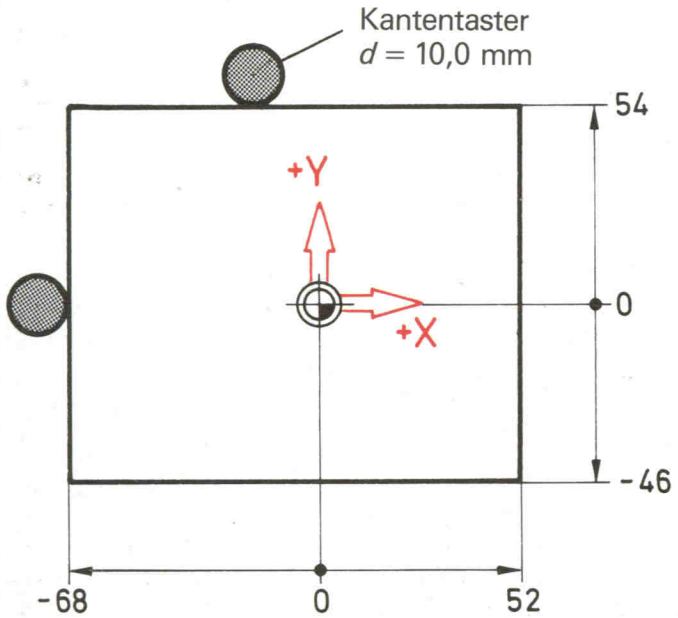


Ingave: (Reset Axis) x ☐ y ☐

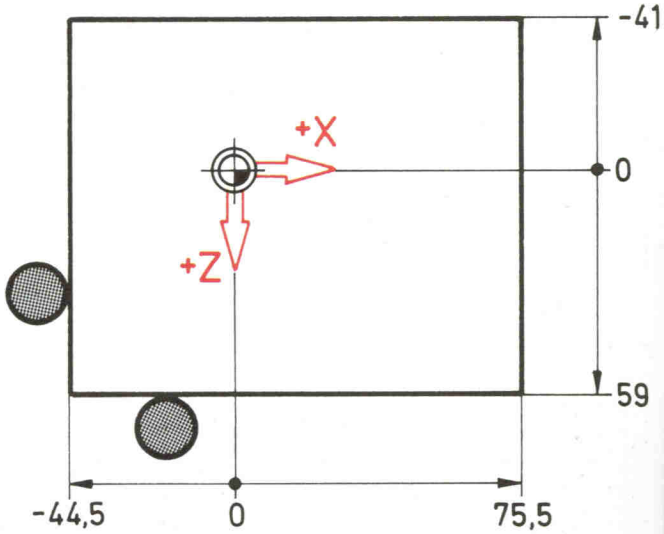
Vlak G18



Ingave: (Reset Axis) x ☐ z ☐

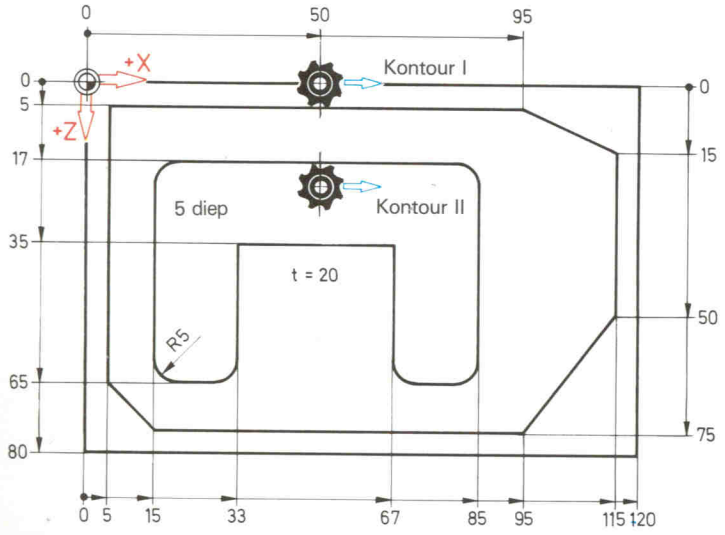


Ingave: (Reset Axis) x ☐ y ☐



Ingave: (Reset Axis) x ☐ z ☐

Freesprogramma met G0 en G1 (zie 4.2.2)



Freesdiameter: $d = 10$ mm

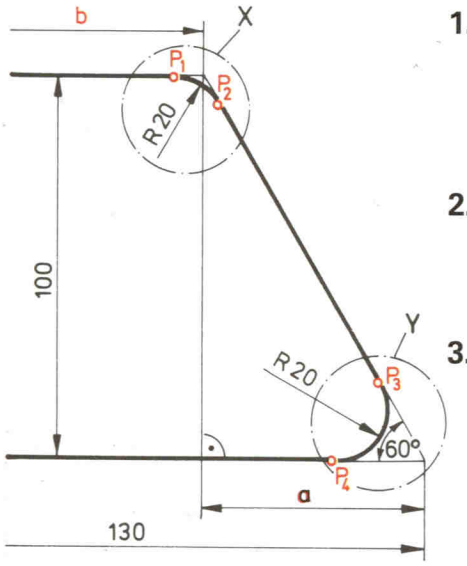
Freesdiepte: $t = 5$ mm

% PM					
N 9019					
N 1					
N 2					
N 3	G 98				
N 4	G 99				
N 5					
N 6					
N 7					
N 8	G 41				
N 9					
N 10					
N 11					
N 12					
N 13					
N 14					
N 15					
N 16	G 40				
N 17					
N 18					
N 19					
N 20	G 42				
N 21					
N 22					
N 23					
N 24					
N 25					
N 26					
N 27					
N 28					
N 29	G 40				
N 30					
N 31					

Berekening van kontourpunten

(zie 4.4.2)

De koördinaten van de punten P_1, P_2, P_3 en P_4 moeten berekend worden (werkstuktekening en programma zie 4.4.2).



1. Berekening van de lengte a

$$\tan 60° = \frac{Gk}{Ak} = \frac{100\,mm}{a}$$

a = _____ **mm**

2. Berekening van de lengte b

$$b = 130\,mm - a$$

b = _____ **mm**

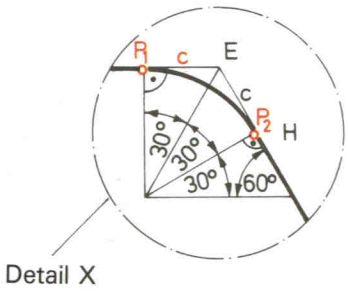
3. Berekening van de lengte c

$$\tan 30° = \frac{Gk}{Ak} = \frac{c}{20\,mm}$$

c = _____ **mm**

$$x_1 = b - c$$
$$y_1 = 10\,mm + 100\,mm$$

P_1 **x =** _____ **mm**
y = _____ **mm**



Detail X

4. Berechnung van de lengte d en e

$$\sin 60° = \frac{Gk}{H} = \frac{d}{c}$$

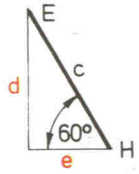
d = _____ **mm**

$$\cos 60° = \frac{Ak}{H} = \frac{e}{c}$$

e = _____ **mm**

$$x_2 = b + e$$
$$y_2 = 110\,mm - d$$

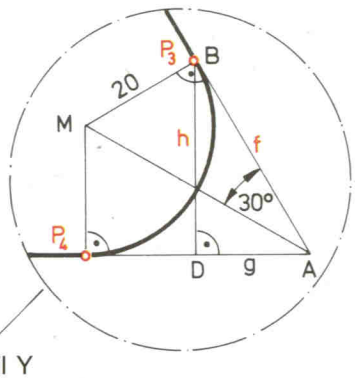
P_2 **x =** _____ **mm**
y = _____ **mm**



5. Berekening van de lengte f (ΔABM)

$$\tan 30° = \frac{Gk}{Ak} = \frac{20\,mm}{f}$$

f = _____ **mm**



Detail Y

6. Berekening van de lengte g en h (ΔABD)

$$\cos 60° = \frac{Ak}{H} = \frac{g}{f}$$

g = _____ **mm**

$$\sin 60° = \frac{Gk}{H} = \frac{h}{f}$$

h = _____ **mm**

$$x_3 = 130\,mm - g$$
$$y_3 = 10\,mm + h$$

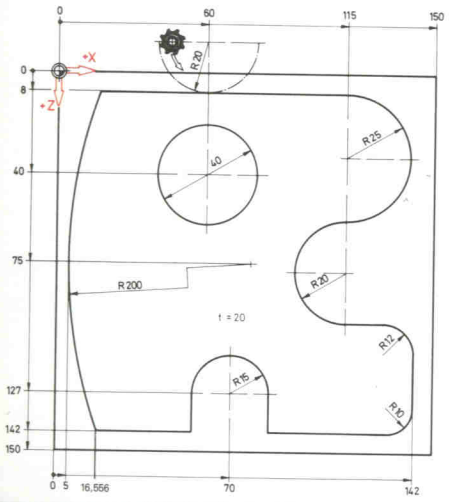
P_3 **x =** _____ **mm**
y = _____ **mm**

$$x_4 = 130\,mm - f$$

P_4 **x =** _____ **mm**
y = _____ **mm**

MAHO

Freesprogramma met G0, G1, G2 en G3 (zie 4.3)



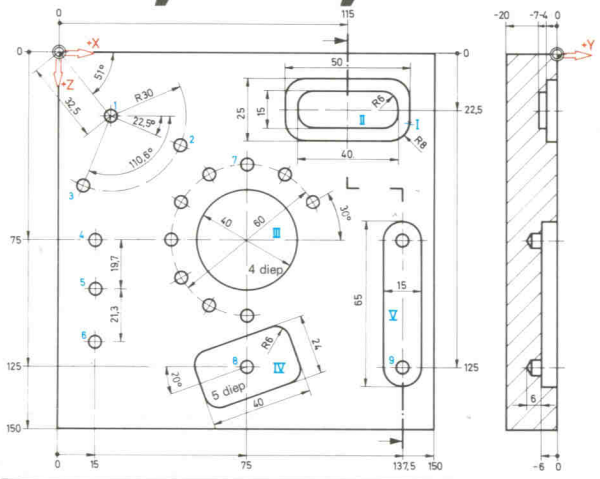
Freesdiameter: $d = 16$ mm

Freesdiepte: $t = 6$ mm

% PM					
N 9020					
N 1					
N 2					
N 3					
N 4					
N 5					
N 6					
N 7					
N 8	G 41				
N 9					
N 10					
N 11					
N 12					
N 13					
N 14					
N 15					
N 16					
N 17					
N 18					
N 19					
N 20					
N 21					
N 22					
N 23					
N 24					
N 25	G 40				
N 26					
N 27					
N 28	G 2				
N 29					
N 30	G 2				
N 31					
N 32					

MAHO

Freesprogramma met de cycli G81, G87, G88 en G89 (zie 5.3)



Werktuigen:

T1 Frees $d = 10$ mm

T2 Boor $d = 5$ mm

alle boringen $d = 5$ mm, 6 mm diep

% PM					
N 9021					
N 1					
N 2					
N 3					
N 4					
N 5					
N 6					
N 7					
N 8					
N 9					
N 10					
N 11					
N 12					
N 13					
N 14					
N 15					
N 16					
N 17	G 81				
N 18					
N 19					
N 20					
N 21					
N 22					
N 23					
N 24					
N 25					
N 26					
N 27					
N 28	G 81				B 6
N 29					
N 30					
N 31					
N 32					
N 33					

MAHO

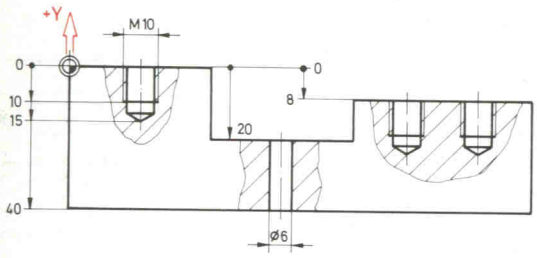
Boorprogramma met puntdefinitie G78 (zie 5.4.2)

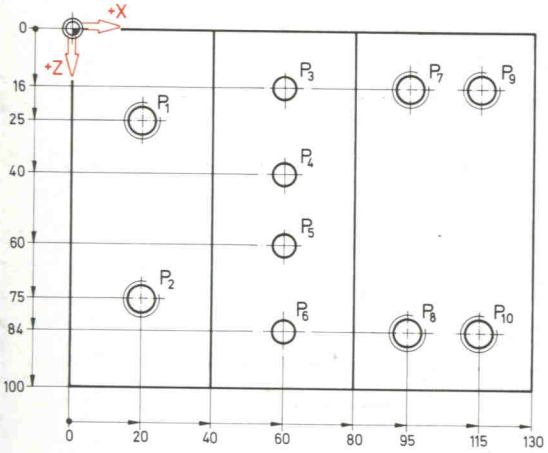
Bewerkingsvolgorde:

1. Centeren
2. Boren (metG83)
3. Tappen

Werktuigen:

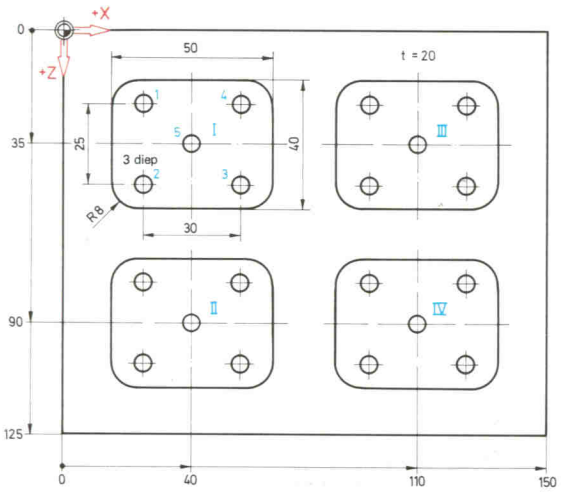
T1 Centerboor
T2 Boor $d = 8{,}5$ mm
T3 Boor $d = 6$ mm
T4 Tap M10





% PM					
N 9022					
N 1					
N 2					
N 3	G 98				
N 4	G 99				
N 5	G 99				
N 6	G 99				
N 7	G 78				
N 8					
N 9					
N 10					
N 11					
N 12					
N 13					
N 14					
N 15					
N 16					
N 17	G 81				
N 18					
N 19					
N 20					
N 21					M 6
N 22	G 83				
N 23					
N 24					
N 25					
N 26	G 83				
N 27					
N 28					
N 29	G 84				
N 30					
N 31					
N 32					
N 33					

Boor- en freesprogramma met herhaling van een deel van het programma (zie 6.2)



Bewerkingsvolgorde:

1. Frezen van de kamers
2. Centeren
3. Boren
4. Verzinken

Werktuigen:

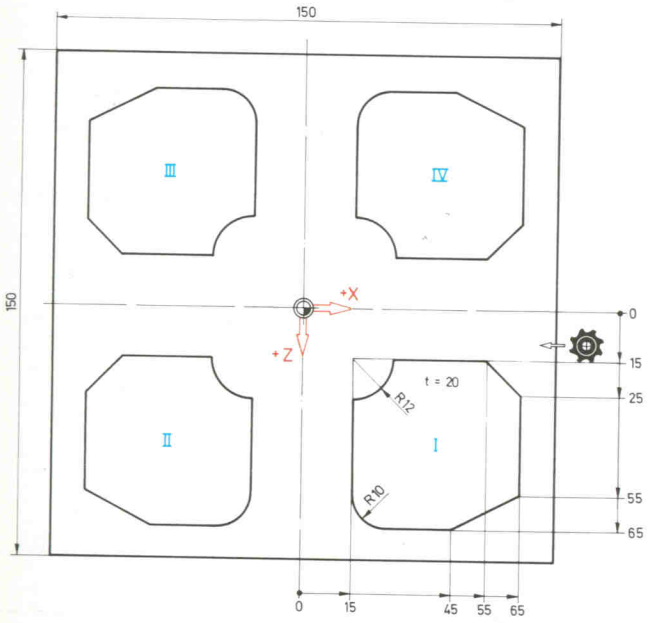
T1 Frees $d = 10$ mm
T2 Centerboor
T3 Boor $d = 5$ mm
T4 Verzinker 60°

alle boringen $d = 5$ mm, 10 mm diep

% PM					
N 9023					
N 1					
N 2					
N 3					
N 4					
N 5	G 87				
N 6					
N 7					
N 8					
N 9					
N 10					
N 11					
N 12	G 81				
N 13					
N 14					
N 15					
N 16					
N 17					
N 18					
N 19					
N 20					
N 21					
N 22					
N 23					
N 24					
N 25					
N 26	G 81				
N 27					
N 28					
N 29	G 81				
N 30					
N 31					
N 32					

MAHO

Spiegelen G72/G73 (zie 6.4.1)

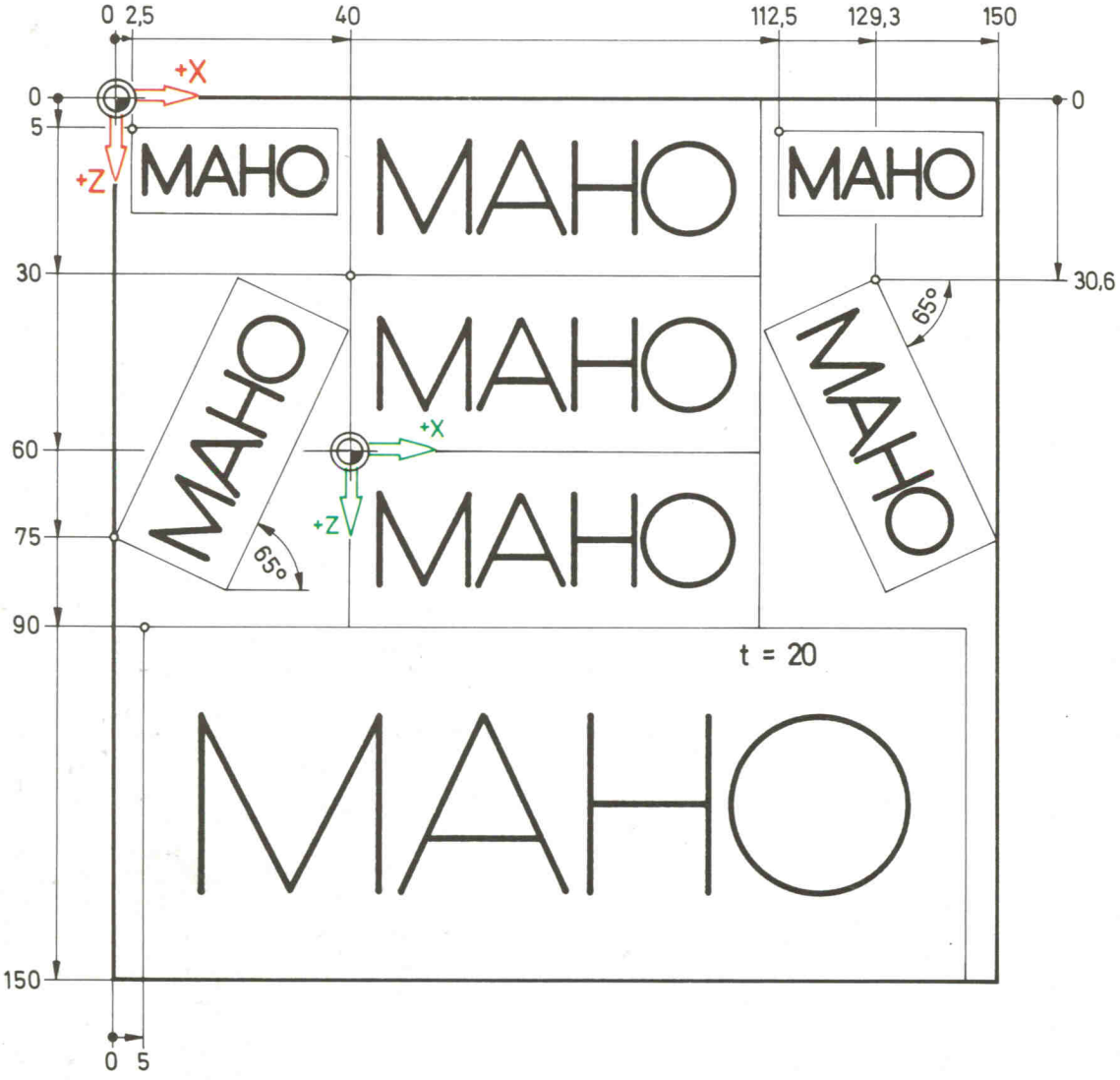


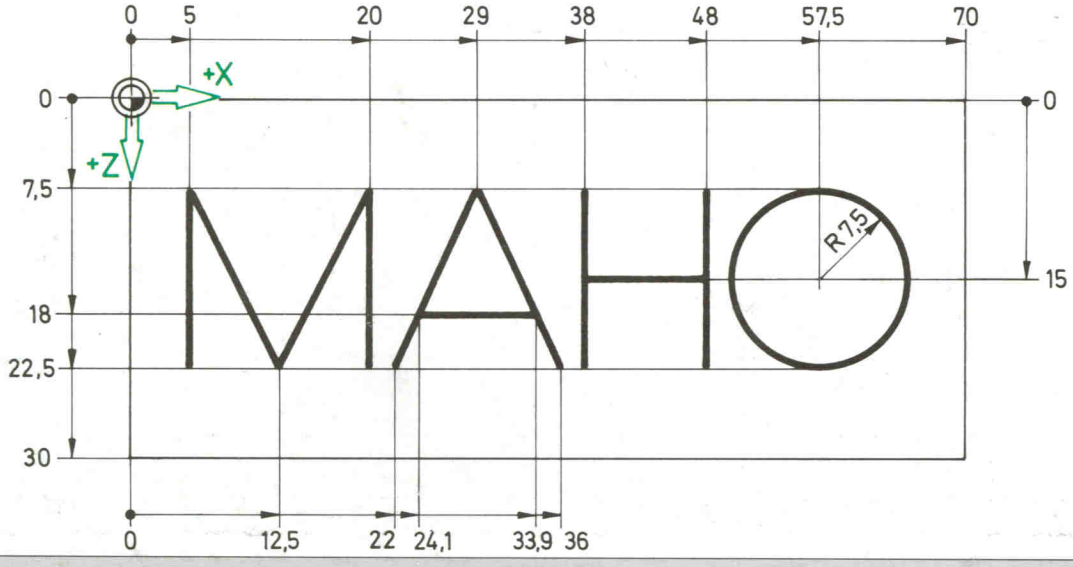
Freesdiameter: $d = 16$ mm

Freesdiepte: $t = 5$ mm

% PM					
N 9024					
N 1					
N 2					
N 3					
N 4					
N 5					
N 6					
N 7					
N 8					
N 9					
N 10					
N 11					
N 12					
N 13					
N 14					
N 15					
N 16					
N 17					
N 18					
N 19					
N 20					
N 21					
N 22					
N 23					
N 24					
N 25					
N 26					
N 27					
N 28					

Nulpuntverschuiving vergroten/verkleinen (zie 6.3/6.5)



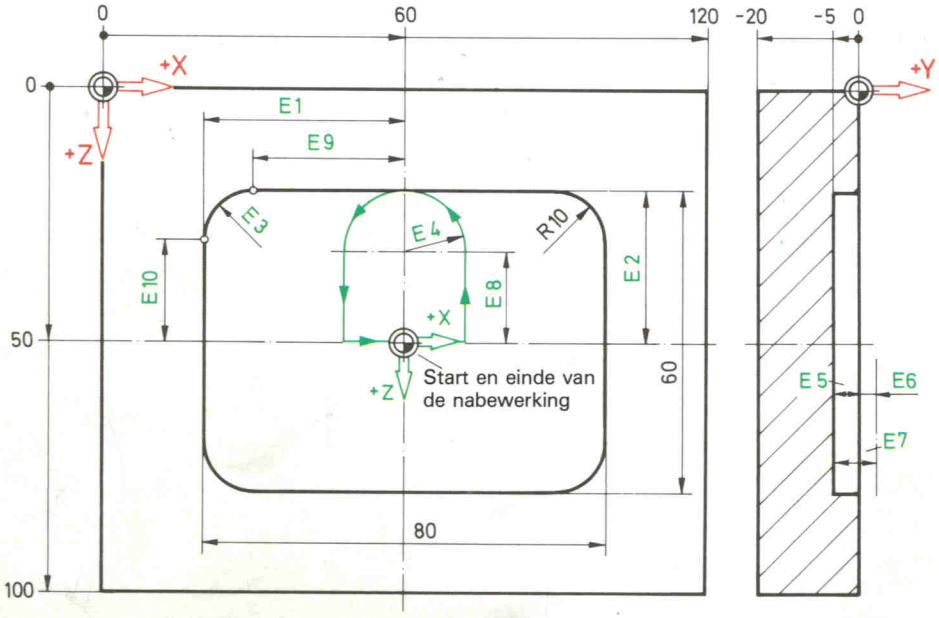


% PM N 9025					
N 1					
N 2					
N 3					
N 4					
N 5					
N 6					
N 7					
N 8					M
N 9					
N 10					
N 11					
N 12					
N 13					
N 14					
N 15					A
N 16					
N 17					
N 18					
N 19					
N 20					
N 21					H
N 22					
N 23					
N 24					
N 25					
N 26					
N 27					O
N 28					
N 29					
N 30					2 x herhalen
N 31					
N 32					
N 33					Vergroten G73 A4 = 2
N 34					
N 35					
N 36					
N 37					
N 38					
N 39					Verkleinen G73 A4 = 0.5
N 40					
N 41					
N 42					
N 43					
N 44					
N 45					
N 46					
N 47					Verkleinen G73 A4 = 0,7
N 48					
N 49					en draaien (-65° / + 65°)
N 50					
N 51					
N 52					
N 53					
N 54					
N 55					

MAHO

Freesprogramma met onderprogramma (zie 8)

Voor regelmatig voorkomende rechthoekige kamers is het raadzaam een onderprogramma te schrijven (parametrisch) voor de nabewerking.



T1 **Freesdiameter:**
$d = 10$ mm

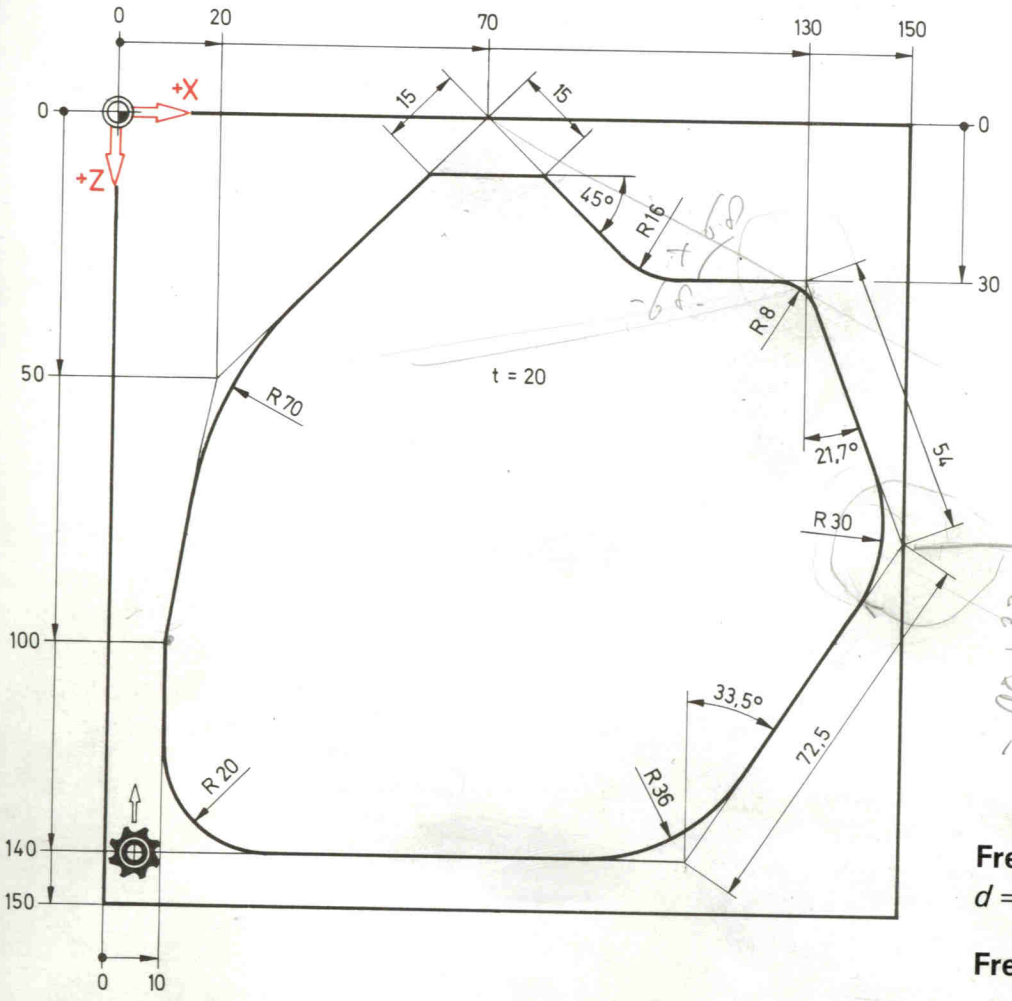
T2 **Freesdiameter:**
$d = 10$ mm
(Werktuig voor nabewerking)

% PM					
N 9026					
N1					T1
N2					
N3					
N4					
N5	G87				
N6					
N7					
N8					T2
N9		E1 =	E2 =	E3 =	
		E4 =	E5 =	E6 =	
N10					
N11					
N12					
N13					
N14					
N15					

% MM					
N 9804					
N1					
N2	G91				
N3					
N4	G90				
N5					
N6	G41				
N7					
N8					
N9					
N10					
N11					
N12					
N13					
N14					
N15					
N16					
N17					
N18					
N19					
N20	G40				
N21					
N22	G91				
N23					
N24	G90				

MAHO

Freesprogramma met G11 (zie 10.1)



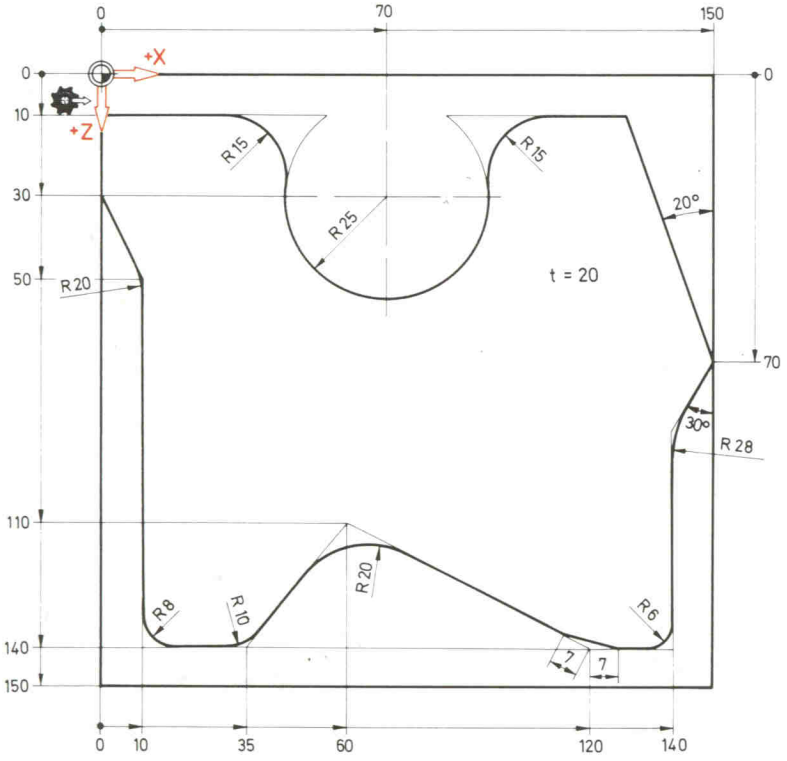
Freesdiameter:
$d = 12$ mm

Freesdiepte: $t = 5$ mm

% PM					
N 9027					
N 1					
N 2					
N 3					
N 4					
N 5					
N 6					
N 7					
N 8	G 41				
N 9					
N 10	G 11				
N 11	G 11				
N 12					
N 13	G 11				
N 14					
N 15	G 11				
N 16	G 40				
N 17					
N 18					

MAHO

Freesprogramma met G11 en G64 (zie 10.1/10.2)



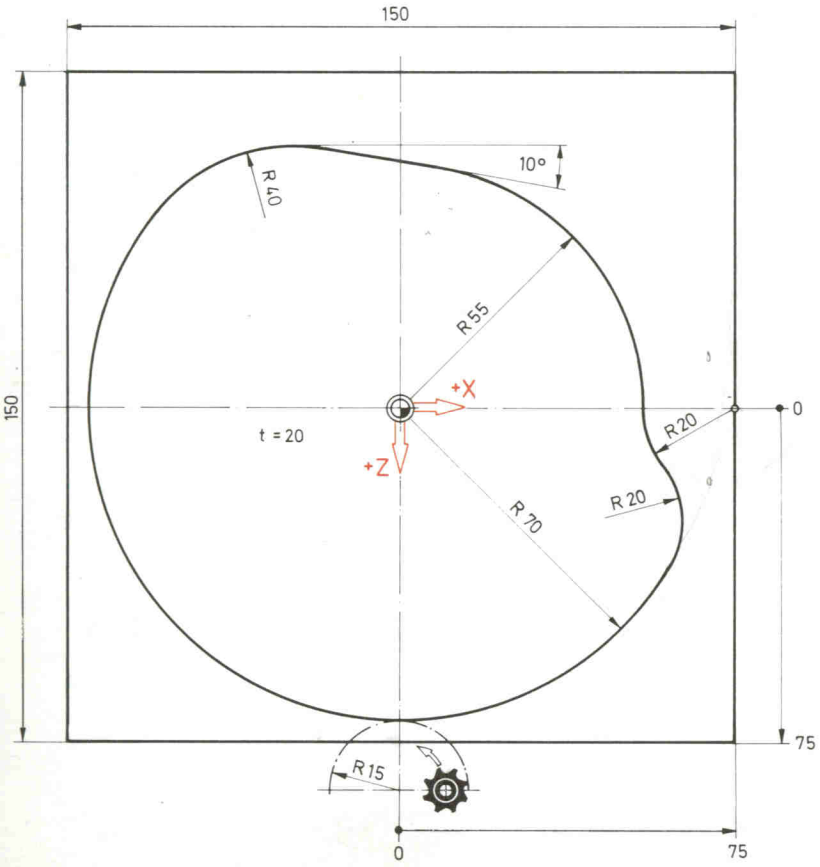
Freesdiameter:
$d = 12$ mm

Freesdiepte: $t = 5$ mm

% PM					
N 9028					
N 1					
N 2					
N 3					
N 4					
N 5					
N 6					
N 7					
N 8	G 41				
N 9	G 64				
N 10					
N 11					
N 12					
N 13					
N 14					
N 15					
N 16	G 63				
N 17	G 11				
N 18	G 11				
N 19	G 11				
N 20	G 11				
N 21					
N 22	G 40				
N 23					
N 24					

MAHO

Freesprogramma met G64 (zie 10.2)



Freesdiameter:
$d = 10$ mm

Freesdiepte: $t = 5$ mm

% PM					
N 9029					
N 1					
N 2					
N 3					
N 4					
N 5					
N 6					
N 7					
N 8	G 41				
N 9					
N 10	G 64				
N 11					
N 12					
N 13					
N 14					
N 15					
N 16					
N 17					
N 18	G 63				
N 19					
N 20	G 40				
N 21					
N 22					

MAHO

Foutcodelijst CNC 432

Stand: November 1987

Programmeerfouten

P01 Ongeldig woord in een blok geprogrammeerd
P02 Vereiste adres ontbreekt, bv. bij G04X
P03 Ongeldige G-funktie
P04 Geen voeding geprogrammeerd
P05 4e as is een draai-as en er werd G02, G03 geprogrammeerd
P06 Gereedschaps-as gespiegeld (G73) en er werd een cyclus opgeroepen (G79)
P07 Geprogrammeerde parameter te groot
P08 G14, G29 regelnummers in deelprogramma of Macro niet aanwezig
P09 G22 gezochte Macro-programma niet gevonden
P10 G22 Macro-programma meer dan 8 x gestapeld, G14 meer dan 3 x gestapeld
P11 G22 terugsprong uit de Macro niet modelijk (aangezien de regel na G22 gewist werd)
P12 G14, G29 werd in teach in geprogrammeerd
P13 Cirkelbeweging bij G43/G44 geprogrammeerd
P14 G79 geprogrammeerd, echter geen cyclus gedefinieerd
P15 Cyclus met G79 opgeroepen echter geen M3, M4, M13 of M14 geprogrammeerd
P16 Opgeroepen punten zijn niet gedefinieerd
P17 Geprogrammeerde as is niet aanwezig
P18 Leesfout in het aktieve programma (NC-systeemfout)
P19 Bij oproep van G43/G44 zijn de huidige posities en de geprogrammeerde posities identiek
P20 Gereedschapradius groter dan geprogrammeerde radius (G41, G42, G87, G88, G89)
P21 E-parameter door 0 gedeeld
P22 Bij G14 sprong begin en einde verwisseld (regelnummer kontroleren)
P23 Bij G87, G88 en G89 geen gereedschapradius geprogrammeerd
P24 I-waarde bij G87, G89 <20> kleiner als 1% resp. groter dan 100% ingegeven
P25 Bij M3, M4, M13, M14 geen S geprogrammeerd
P26 Waarde van de machinekonstanten zijn buiten het toelaatbare bereik
P27 Geprogrammeerde T-nummers zijn in de NC niet beschikbaar of T-nummers werden met verkeerde M opgeroepen, bv. M6, M46, T50 bij magazijn met 24 gereedschappen
P28 Opgeroepen E-parameters zijn niet gedefinieerd
P29 E-parameter rekenbereik te groot
P30 NC op metrisch, er werd een programma in inch ingelezen (G70, G71)
NC op inch, er werd een programma metrisch ingelezen (G70, G71)
P31 Geprogrammeerde toerental buiten het bereik
P32 Herhaling J werd 0 geprogrammeerd bij G14, G29, G77
P33 4e as geen lineaire as (G20 aktief)
P34 Programmeerfout in de volgende regel bij G41, G42 en G11
P35 Geprogrammeerde eindpunt niet op de cirkel
P36 Aanvaring met de meettaster in ijlgang bij een meetcyclus
P37 Meetobjekt werd niet gevonden
P38 De gemeten verschilwaarden zijn groter dan de ingegeven tolerantie in G49
P39 Geen goede verschilwaarde of tolerantie in G50
P40 Meetcyclus geprogrammeerd, maar meettaster niet geaktiveerd via MC
P41 G23 geen programmanummer aangegeven
P42 G23 geprogrammeerde regel niet gevonden
P43 G23 geprogrammeerde programma niet gevonden
P44 G23 editeren moet voor de oproep beeindigd worden
P45 G23 editeren moet voor de terugsprong beeinigd worden
P47 Bij aktieve rotatie is de funktie niet toegestaan
P48 M3/M4 geprogrammeerd bij aktieve meettaster
P49 Let op: gereedschapradius groter als geprogrammeerde radius (G41, G42, G87, G88 en G89)

Geometrie programmeerfouten

P51 Rechte lijn met punt niet toegestaan
P52 Rechte lijn met hoek niet toegestaan
P53 Rechte lijn met punt en hoek niet toegestaan
P54 Rechte lijn met raakpunt niet toegestaan
P55 Rechte lijn met snijpunt niet toegestaan
P56 Afschuining niet toegestaan
P57 Cirkelbeweging met eindpunt niet toegestaan
P58 Cirkelbeweging met middelpunt niet toegestaan
P59 Cirkelbeweging met raakpunt niet toegestaan
P60 Cirkelbeweging met snijpunt niet toegestaan
P61 Geen snijpunt van twee lijnen
P62 Geen snijpunt van lijn met cirkel
P63 Geen snijpunt van cirkel met cirkel
P64 Geen raakpunt cirkel-lijn-cirkel
P65 Geen afronding mogelijk lijn-cirkel
P66 Geen afronding modelijk cirkel-cirkel
P67 R afronding te groot tussen twee snijdende cirkels
P68 Raakpunt niet mogelijk tussen lijn en snijdende cirkel
P69 R afronding te groot tussen lijn en snijdende cirkel
P70 Afronding niet toegestaan
P71 Ongedefinieerde regel
P72 Regel niet toegestaan
P73 Startpunt van de lijn is midden-cirkel
P74 K1 = J1 = of R1 = is niet toegestaan
P80 Fout in de eerste geometrieregel
P81 Fout na lijn
P82 Fout na lijn-afschuining
P83 Fout na lijn-afschuining-raaklijn
P84 Fout na lijn-afschuining-raaklijn-afronding
P85 Fout na lijn-afronding
P86 Fout na lijn-afronding-raaklijn
P87 Fout na lijn-afronding-raaklijn-afronding

P88 Fout na lijn-raaklijn
P89 Fout na lijn-raaklijn-afronding
P90 Fout na snijlijn
P91 Fout na snijlijn-afronding
P92 Fout na raaklijn
P93 Fout na raaklijn-afronding
P94 Fout na snijdende cirkel
P95 Fout na snijdende cirkel-raaklijn
P96 Fout na snijdende cirkel-raaklijn-afronding
P97 Fout na snijdende cirkel-afronding
P98 Fout na snijdende cirkel-afronding-raaklijn
P99 Fout na snijdende cirkel-afronding-raaklijn-afronding
P100 Fout na rakende cirkel
P101 Fout na rakende cirkel-raaklijn
P102 Fout na rakende cirkel-raaklijn-afronding
P103 Fout na rakende cirkel-afronding
P104 Fout na rakende cirkel-afronding-raaklijn
P105 Fout na rakende cirkel-afronding-raaklijn-afronding
P106 Fout na cirkelbeweging
P107 Fout na cirkelbeweging-afronding
P108 Fout na cirkelbeweging-afronding-raaklijn
P109 Fout na cirkelbeweging-afronding-raaklijn-afronding
P110 Reserve gereedschap in het hoofdprogramma

Grafiek fouten

G1 Programmeerfout voor het venster
G2 Programmeerfout voor de omtrek van het ruwe werkstuk
G20 Kommunikatiefout

Bedieningsfouten

O01 Veranderen van het programma of macros tijdens de bewerking
O02 Geen regelnummer ingegeven
O03 Gezochte regelnummer niet gevonden
O04 Leesfout (NC-systeemfout)
O05 Meer dan 80 tekens in een regel geprogrammeerd
O06 Regelnummer reeds bezet
O07 Voorwaarschuwing programmageheugen „vol"
O08 Programmageheugen „vol"
O09 Ongelding N, T, E of P nummer geprogrammeerd (toelaatbare bereik overschreden)
O10 Programmanummer reeds bezet
O11 Programmanummer niet gezocht
O12 Geen programmanummer geprogrammeerd (N9000-N9999999)
O14 Bij G41, G42 leesfout in de volgende regel (NC-systeemfout)
O15 Bij Play Back vier assen in n (1) regel opgeslagen
O17 Bij regelzoekloop in Teach In/Play Back werd M30 gevonden
O18 Geheugengrootte in MC2 te klein ingegeven
O19 Na = teken verkeerde adres of gegevens (bv. E1 = N) ingegeven
O20 Ongeldige G-funktie geprogrammeerd in Play Back
O21 Omschakelen op Teach In, indien een regel met G11 aktief is, of meerdere punten in een regel afgewerkt worden
O22 Meerdere gelijke plaatsnummers in gereedschapgeheugen
O23 Machinekonstanten buiten toelaatbare bereik
O24 Meettaster aanvaring buiten de meetcyclus
O25 Het aantal oproepnummers is groter dan in MC 43 ingegeven is
O26 Hetzelfde oproepnummers is reeds in het PE-geheugen
O27 Gereedschap is reeds een reserve gereedschap
O28 Het oproepnummer is niet in het PE-geheugen
O29 Geen oproepnummer aangegeven
O30 Verkeerde as-oriëntering (MC 102 enz.)
O31 Oriëntering van de 4e as ontbreekt (MC 117)
O49 Programma werd over het softkey-slot geblokkeerd
O50 Geheugenbereik is in gebruik
O51 Aantal programma's is groter dan in MC 85 ingegeven is

X-as fouten

X01 Vooralarm lineair meetsysteem
X02 Alarm meetsysteemfout
X03 Stroomverzorging van het meetsysteem defekt
X04 Max. slipafstand overschreden
X05 Software eindschakelaar aangelopen
X06 Berekende snelheid van de machine te groot, bepaald door ijlgangsnelheid in MC
X07 Stilstandsbewaking is geaktiveerd
X08 Berekende snelheid van de as te groot, bepaald door voedingsnelheid in MC

Dezelfde foutbeschrijving voor Y, Z, 4e en 5e as

Geheugenfouten

M01 Checksum fout MC-geheugen (EPROM-geheugen)
M02 Checksum fout gereedschapgeheugen (RAM-geheugen)
M03 Checksum fout achtergrondgeheugen machinekonstanten (RAM-geheugen)
M21 Checksum fout EPROM 1-4
M22 Checksum fout EPROM 5-8
M23 Checksum fout EPROM 9-12
M60 Checksum fout werkstukprogramma- en ondergrond-programmageheugen (RAM-geheugen)

Spindelimpulsgever fouten

S01 Vooralarm meetsysteem
S02 Alarm meetsysteemfout
S03 Stroomverzorging van het meetsysteem defekt
S04 Max. slipafstand overschreden
S05 In-positie venster niet bereikt (M19)

Handwiel 1 fouten

W1 Vooralarm meetsysteem
W2 Alarm meetsysteemfout
W3 Stroomverzorging van het meetsysteem defekt

Hardwarefouten

#01 Systeemprogrammafout
#02 Rekenfout
#03 Temperatuur in de NC is boven 55 graden Celsius
#05 Nood-uit melding van de machine
#96 Softwarefout (deling door nul)
#97 Softwarefout (overloop)
#98 Softwarefout (onverwachte interrupt)
#99 Softwarefout (debug)

Gegevens in- en uitleesfouten

D01 Inlezen van gereedschapkorrekties of machinekonstanten bij het afwerken van een programma
D02 Geen regelnummer ingelezen
D03 Programmanummer, dat uitgelezen moet worden niet gevonden
D04 Leesfout (NC-systeemfout)
D05 Regel bevat meer dan 80 tekens
D06 Regelnummer reeds bezet
D07 Voorwaarschuwing programmageheugen „vol"
D08 Programmageheugen „vol"
D09 Ongeldig N.T.E of P. nummer geprogrammeerd (toelaatbaar bereik overschreden)
D10 Programmanummer reeds bezet
D11 Programmanummer niet gezocht (bij uitlezen)
D12 Geen programmanummer geprogrammeerd (N9000-N9999999)
D13 Ongeldig RAM-geheugengrootte ingegeven
D19 Na = teken verkeerd adres of gegevens (bv. E1 = N)
D25 Het aantal oproepnummers is groter dan in MC 43 ingegeven is
D26 Hetzelfde oproepnummer is reeds in het PE geheugen
D27 Gereedschap is reeds een dochtergereedschap
D28 Het oproepnummer is niet in het PE geheugen
D29 Geen oproepnummer ingegeven
D30 Adres reeds beschikbaar
D31 Ongeldig teken
D32 Pariteitsfout
D33 Woordlengtefout
D34 In- en uitlezen werd onderbroken
D35 Programmanummer kleiner dan N9000 geprogrammeerd
D36 Geheugenkeuze bij het programma inlezen ontbreekt (bv. %PM)
D37 Na een woord is een ongeldig teken geprogrammeerd (bv. N9001 %PM)
D38 Adres zonder gegevens
D39 Regelnummer, T-nummer of machinekonstantennummer niet bij begin van de regel geschreven
D40 Volgorde van de geprogrammeerde tekens ongeldig (bv. X123 = Y345)
D41 In- en uitleesapparatuur niet gereed
D42 Fout in aantal Baud
D43 Ongeldig geheugen gekozen (bv. %QM)
D44 Ingelezen adres werd aan de machine niet gebruikt (bv. N100 Q20)
D45 Minus-teken bij een adres geprogrammeerd waar geen minus-teken mag staan (bv. S-100)
D46 In een adres meerdere = tekens (bv. E1 = E2 = E3 =)
D47 Programmanummer dat ingelezen moet worden niet gevonden
D48 NC op metrisch terwijl een inch-programma ingelezen werd (G70/G71)
NC op inch terwijl een metrisch-programma ingelezen werd (G70/G71)
D49 Geheugenblokkering tijdens in- en uitlezen
D50 Geheugenbereik in bewerking tijdens in- en uitlezen
D51 Aantal programma's is groter dan in MC 85 ingegeven is
D80 DNC niet gesynchroniseerd
D81 Verbinding onderbroken
D82 Tekenopbouw niet goed, resp. informatie werd vernietigd, verkeerde inleessnelheid
D83 Verkeerde pariteit
D84 Einde wachttijd
D85 Einde wachttijd
D86 DNC rekeneenheid kan gevraagde programma niet zenden

Aansluitfouten

I01 Aansluiting niet aan spanning
I10 Gereedschapbreuk werd aangemeld
I11 Waarschuwing, standtijd werd overschreden
I12 Gereedschap-standtijd werd overschreden
I13 Waarschuwing, eerste drempelinstelling werd overschreden (snijkracht bewaking)
I14 Gereedschapwissel van een gereedschap, wiens eerste drempelinstelling overschreden werd (snijkracht bewaking)
I15 Tweede drempelinstelling werd overschreden (snijkracht bewaking)
I16 Overname-signaal voor de meetwaarde is er niet
I17 De gereedschapsmeetwaarde is nul
I18 Maximale meetwaarde overschreden
I19 Tweede meetwaarde groter dan de eerste meetwaarde
I20 Er is al een oproepnummer naar dit vrijgavesignaal gestuurd, resp. er werd eerst het tweede daarna het eerste oproepnummer gestuurd
I21 Start van een extern programma zonder oproepnummers
I22 Extern opgeroepen programma werd juist veranderd
I23 Aan het oproepnummer is een programmanummer gegeven
I24 Aan het oproepnummer is een programmanummer gegeven, wat niet in het geheugen staat
I27 Eindschakelaar grijper open/grijper gesloten beiden ∅-signaal
I28 Aantal pallets komt niet met MC 41 overeen
I29 Terugmelding palletwissel uitgevoerd, is er niet
I30 Eindschakelaars georienteerde spindelstop aan/uit hebben beiden I-signaal
I31 Eindschakelaars gereedschapgrijper open/dicht beiden I-signaal
I32 Eindschakelaars gereedschapwisselaar voor/achter beiden I-signaal
I33 Eindschakelaars gereedschapwisselaar links/rechts beiden I-signaal
I34 Gereedschapspanner gelost
I35 Ingang spindel en voeding halt 0-signaal
I36 Kabinevenster niet dicht (behalve M60)
I37 Eindschakelaars kabinevenster open/dicht hebben beiden I-signaal
I38 Programma start en geen pallet op tafel
I39 Eindschakelaars palettenklemming geklemd/gelost beiden I-signaal
I40 Eindschakelaars palettenwisselaar binnen/buiten beiden I-signaal
I41 Palettenwisselaar niet terug buiten M60
I42 NC-start terwijl zwenkfreescyclus nog niet beeindigd is
I43 Eindschakelaars zwenkfreeskop, drijfwerkpositie horizontaal/vertikaal beiden I-signaal
I44 Eindschakelaars zwenkfreeskop-indexering open/dicht beiden I-signaal
I45 Geen inleesvrijgave van IPC of intern van NC
I46 Eindschakelaar wisselarm rechts 0-signaal
I47 Eindschakelaar wisselarm links 0-signaal
I48 Eindschakelaar wisselarm voor 0-signaal
I49 Eindschakelaar gereedschapgrijper open 0-signaal
I50 Telimpulsfout van het gereedschapmagazijn
I51 Gereedschapmagazijn niet in positie of magazijn niet gesynchroniseerd of beide telimpulsen geen I-signaal
I52 Wisselarm niet in linker of rechter positie
I53 Gereedschapgrijper gesloten tijden T-zoekloop
I54 Gereedschapgrijper gesloten buiten
I55 Gereedschapwisselaar niet achter buiten M06
I56 Gereedschapwisselarm niet terug bij M06 binnen 6 sekonden
I57 Synchronisatiefout gereedschapmagazijn
I58 Ongeldige gereedschapplaats in het geheugen
I59 Eindschakelaar gereedschapspanner gespannen is I-signaal
I60 Ongeldig toerental geprogrammeerd (bij drijfwerk met 18 trappen)
I61 Verkeerde toerenreeks in de machinekonstanten gekozen (bij 18 trappen aandrijving)
I62 Drijfwerktrap niet in gedefinieerde positie (Hechlin)
I63 Eindschakelaar georienteerde spindelstop „aan" 0-signaal
I64 Eindschakelaar georienteerde spindelstop „uit" 0-signaal
I65 Spilstop tijdens voeding n ist = n soll signaal 0, freesspil heeft geprogrammeerde toerental niet bereikt; ingang n < n-min heeft I-signaal (IPC1 St16)
I66 Bij de infrarode meettaster is de meetweg onderbroken
I67 MC 200 = 0 of 3 tijdens automatische gereedschapswisseling
I68 Terugmelding n ist = n soll is er niet
I69 Paletwissel met M61/M62 en de eindschakelaar palet in linkse/rechtse positie heeft een I-signaal resp. paletwisseling met M60 en eindschakelaars palet links en rechts hebben een I-signaal tijdens paletladen
I70 Paletwisselaar niet vrijgegeven
I71 Eindschakelaar palet in linker of rechter positie beiden 0-signaal
I72 Paletwisselaar, fout in deur open/dicht
I73 Paletwisselaar niet buiten
I74 Paletwisselaar niet binnen
I75 Paletwisselaar klemmingsfout
I76 Paletwisselaar niet gelost
I77 Paletwisselaar niet geklemd
I78 Eindschakelaar palet linker positie 0-signaal
I79 Eindschakelaar palet rechter positie 0-signaal
I80 Freeskop drijfwerkpositie niet vertikaal of horizontaal
I81 Freeskop staat niet horizontaal
I82 Freeskop staat niet vertikaal
I83 Freeskopindexering niet open
I84 Freeskopindexering niet dicht
I85 Freeskopklemming niet gelost
I86 freeskopklemming niet geklemd
I87 Geen terugmelding spindel staat stil
I88 Pinole niet in eindpositie
I89 X of Z-as niet in wisselpositie
I90 Tegenhouder of meervoudige freeskop gemonteerd
I91 Gereedschapspanner niet gelost
I92 Voorkeuze toerentalschakeling op middenpositie
I93 Zwenkfreeskop zwenkcyclus niet beeindigd
I94 Freeskop drijfwerkpositie niet horizontaal
I95 Freeskop drijfwerkpositie niet vertikaal
I96 Eindschakelaars freeskop vertikaal en horizontaal geen 0-signaal
I100 Terugmelding centrale smering drukschakelaar geen 0-signaal
I101 Terugmelding centrale smering drukschakelaar voor 1e as geen I-signaal
I102 Terugmelding centrale smering drukschakelaar voor 2e as geen I-signaal
I103 Terugmelding centrale smering drukschakelaar voor 3e as geen I-signaal
I104 Terugmelding centrale smering drukschakelaar voor 4e as geen I-signaal
I105 Terugmelding centrale smering drukschakelaar voor 5e as geen I-signaal
I106 Terugmelding centrale smering drukschakelaar voor 6e as geen I-signal
I107 Gereedschapmagazijn niet vrijgegeven (Kelchwisselaar)
I108 Gereedschapwissel niet vrijgegeven (Kelchwisselaar)
I109 M-funktie niet vrijgegeven (Kelchwisselaar)
I110 Gereedschapspanner lossen niet vrijgegeven (Kelchwisselaar)
I111 Gereedschapspanner klemmen niet vrijgegeven (Kelchwisselaar)
I112 Geen terugmelding M6
I113 Pal niet open bij linker palet
I114 Pal niet dicht bij linker palet
I115 Pal niet open bij rechter palet
I116 Pal niet dicht bij rechter palet

G-funkties

	Betekenis
G0*	Ijlgang
G1	Lineaire interpolatie
G2	Cirkulaire interpolatie, wijzerzin
G3	Cirkulaire interpolatie, tegenwijzerzin
G4**	Wachttijd (0,1 tot 983 sec)
G11**	Poolkoördinaten, afronding, afschuining
G14**	Sprongbevel en herhaalfunktie
G17*	Vlakkeuze XY, horizontaal
G18	Vlakkeuze XZ, vertikal
G19	Vlakkeuze ZY, horizontaal om 90° gedraaid
G22**	Onderprogramma-oproep
G25*	Voedingspoti werkzaam
G26	Voeding 100%
G27*	Voedingsbeweging met verslijpen
G28	Voedingsbeweging met nauwkeurige stop
G29**	Voorwaardelijk sprongbevel
G40*	Geen radiuskorrektie
G41	Radiuskorrektie, links
G42	Radiuskorrektie, rechts
G43	Radiuskorrektie, tot
G44	Radiuskorrektie, over
G51	Wissen van G52
G52	Verschuivingswaarde van reset axis aktiveren
G53*	Geen opgeslagen nulpuntsverschuiving
G54	Gestockeerde nulpuntsverschuiving 1
G55	Gestockeerde nulpuntsverschuiving 2
G56	Gestockeerde nulpuntsverschuiving 3
G57	Gestockeerde nulpuntsverschuiving 4
G58	Gestockeerde nulpuntsverschuiving 5
G59	Gestockeerde nulpuntsverschuiving 6
G63	Uitschakelen van geometrie-rekensysteem
G64	Inschakelen van geometrie-rekensysteem

	Betekenis
G70	Duimse maten
G71*	Metrisch ingavesysteem
G72*	Geen spiegelbeeldbewerking
G73	Spiegelbeeldbewerking
G77**	Gatencirkeldefinitie
G78**	Puntdefinitie
G79**	Cyclusoproep
G81	Boorcyclus
G83	Diepgatboren
G84	Tapcyclus
G85	Ruimcyclus
G86	Kottercyclus
G87	Rechthoekige kamerfreescyclus
G88	Spiebaanfreescyclus
G89	Cirkulaire kamerfreescyclus
G90*	Absoluutmaat-programma
G91	Kettingmaat-programma
G92**	NP-verschuiving inkrementeel
G93**	NP-verschuiving absolut
G94*	Voeding in mm/min, eenheid 0,001 mm/min
G95	Voeding in mm/tr., eenheid 0,001 mm/min
G98	Kijkvenster
G99	Ruw stuk

Tekenverklaring: * = Inschakel voorwaarde
** = Slechts zinswijze werkzaam

M-funkties

	Betekenis
M0**	Programma-stop
M3	Spil rechts
M4	Spil links
M5	Spil stop
M6**	Werktuigwissel met automatisch terugtrekken
M7	Koelmiddel Nr. 2 aan
M8	Koelmiddel Nr. 1 aan
M9	Koelmiddel uit
M10	NC-tafel geklemd
M11	NC-tafel vrij
M13	Spil rechts en koelmiddel aan
M14	Spil links en koelmiddel aan
M16	Wissen van M17 en M18
M17	Spanen-spoelen
M18	Werkstukreiniging
M19	Georiënteerde spilstop
M20**	Supplementaire M-funktie
M21	2e wisselsnelheid bij M6, M46
M30**	Programma-einde
M46**	Werktuigwissel bij willekeurige positie
M60**	Palettenwissel
M61**	Palettenwissel linkse palet
M62**	Palettenwissel rechtse palet
M66**	Werktuigwissel in aktuele positie
M67**	Werktuigkorrektiewissel

Tekenverklaring: * = Inschakelvoorwaarde
** = Slechts zinswijze werkzaam

Lijst der vaktermen

A

Absolute maataanduiding 20
Absolute maataanduiding bij cirkelbogen 37
Absolute nulpuntsverschuiving 61, 62
Adres 24
Afschuining 78
Asrichtingen 15, 16
Assen 14, 15
Assenrotatie 56, 62

B

Baanbesturing 17
Baanvoorwaarde 22, 112
Bedienpaneel van de besturing 116
Beeldscherm 9
Berekening van parameters 70
Besturing 7
Besturingstypes 17
Beweeg om 21
Beweging bij positioneerslogika 31
Bewegingsrichting (G2/G3) 35
Boorcyclus G81 44
Boringen op een gatencirkel 55

C

Cirkelbogen frezen
— tot 180° 35
— groter dan 180° 36, 37
Cirkelbogen frezen (vlak G17) 39
Cirkelvormige kamer frezen G89 56
CNC-freesmachine 6, 12
Cycli 44 ff.
Cyclusoproep 43, 48
Cyclusoproep G79 52, 53
Cylcusdefinitie 43, 44 ff.

D

Draaien van het koördinatensysteem 62
Draairichting M3/M4 23
Diepgatboorcyclus G83 45
DIN 66 025 22, 23
DIN 66 217 14

E

Eindpuntkoördinaten
— cirkelboog-programmatie 35, 37, 38
— poolkoördinaten 75, 76
Eindpuntprogrammatie 82

F

Foutlijst 108 ff.
Freescycli, basis 48
Freescycli op een gatencirkel 56
Frezen van cirkelbogen
— met karthesische koördinaten 35 ff.
— met poolkoördinaten 76
Frezen van rechten
— met G0, G1 30, 34
— met poolkoördinaten 75
— met G11 77, 78
— met G64 81 ff.

G

Ga naar 20
Gatencirkeldefinitie G77
— bij boorcycli 55
— bij freescycli 56
Geometrische bevelen 24
G-funkties 22, 112
G11-programmatie 77, 78
G64-programmatie 81 ff.
Grafische testruns 9

H

Herhaalfunktie G14 60
Hoekafronding 78
Hoek bij poolkoördinaten 74
Hoeksverdraaiing bij freescycli 49, 50, 56
Hoofdprogramma 71
Hulpfunkties 23, 113
Hulpuntprogrammatie (G64) 82

I

I-koördinaat 36
Inkrementele maataanduiding (G91) 21
Inkrementele nulpuntsverschuiving 61, 62
Inschakelvoorwaarde 112, 113

J

J-koördinaat 36

K

Karthesische koördinaten
— Cyclusoproep G79 52
— G11-programmatie 77
— Nulpuntsverschuiving G92/G93 61
— Puntdefinitie 54
— Vlak G17/G18 15, 16
Kettingmaten (G91) 21
Kijkvenster G98 29, 42
Koördinaten I, J, K 36, 37, 38
Koördinatensysteem (G17/G18) 15, 16
Koördinatensysteem-verdraaing 62
Koördinaten-waarde 19
Kottercyclus G86 47

L

Lijnbesturing 17

M

Machinenulpunt 28
Makro 71
M-funkties 23, 113
Middelpuntskoördinaten 37, 38
MM (Makro-Memory) 71

N

Nulpunt zetten 26, 27
Nulpuntposities 18
Nulpuntsverschuiving 61, 62

O

Oefeningen 91 ff.
Onderprogramma 71
Overgangscirkels voor verbinding van elementen (G64) 88

P

Parameter-programmatie 68
PM (Part-Memory) 71
Poolkoördinaten
— basisbegrippen 74
— cyclusoproep G79 52
— nulpuntsverschuiving 61
— programmeren van cirkelbogen 76
— programmeren van rechten 75
— puntdefinitie G78 54
Positioneerlogika 31
Programma-opbouw 24
Programmeervorrbeelden 30
— berekenen van parameters 70
— cycli 57, 58
— G0/G1 (freesmiddelpuntsbaan) 30
— G0/G1 (werktuig-radiuskorrektie) 34
— G2/G3 40, 41
— G11-programmatie 79, 80
— G64-programmatie 89, 90
— nulpuntsverschuiving G92/G93 63
— onderprogramma 72
— onderprogramma met parameter-berekening 73
— parameter-programmatie 69
— spiegelen G72/G73 65
— sprong- en herhaalfunktie G14 60
— vergroten/verkleinen G73 A4 = ... 67
Programmanummer 24
Programma-bevelen 24
Programma-voorbereiding 25, 26, 27
Programmeren met G11 77 ff.
Programmeren met G64 81 ff.
Puntdefinitie 54
Puntbesturing 17

R

Raakpuntberekening (G64) 86
Radiuskorrektie 33
Radius van een cirkelboog 35
Rechthoekige kamer freescyclus 49
Referentiepunt 28
Ruimcyclus 47
Ruw stuk definitie 29, 42
R-woord 35

S

Scholingssysteem 10, 11
Stapelen 71
Snijpuntberekening (G64)
— rechte-rechte 82
— rechte-cirkel 83
— cirkel-cirkel 84
Speciale G-funkties 59 ff.
Spiegelen G72/G73 64
Sprong- en herhaalfunktie G14 66

T

Tapcyclus G84 46
Technologische bevelen 24
Technologische gegevens 25
Tegenwijzerzin 35
Teken bij hoekaanduiding 74
Toerentalkeuze 25

U

Uurwerkwijzerzin 35

V

Verbindingsboog in snijpunten (G64) 85
Verbindingsboog in raakpunten (G64) 87
Vergroten/verkleinen G73 A4 = ... 66
Vlak G17 15
Vlak G18 16
Voeding bij tappen 46
Voedingssnelheid 25

W

Werkstuknulpuntpositie 18
Werkstuknulpunt-symbool 18
Werktuiggeheugen 27, 32
Werktuiglengte-korrektie 27
Werktuigmiddelpuntsbaan 32
Werktuignummer 25
Werktuigradius-korrektie 32, 33
Werktuigwisselbevelen M6/M66 23
Woord 24

X

X-as 14, 15
X + richting 15, 16

Y

Y-as 14, 15
Y + richting 15, 16

Z

Z-as 14, 15
Z + richting 15, 16

G-funkties/M-funkties

G

G0 22
G1 22
G2 22, 35
G3 22, 35
G11 77, 78
G14 60
G17 15, 22
G18 16, 22
G22 71 ff.
G40 33
G41 33
G42 33
G43 33
G44 33
G51 28
G52 28
G53 28
G54 28
G55-G59 28
G64 81 ff.
G72 64
G73 64, 66
G77 55, 56
G78 54
G79 52, 53
G81 44
G83 45
G84 46
G85 47
G86 47
G87 48, 49
G88 48, 50
G89 48, 51
G90 20
G91 21
G92 61, 62
G93 61, 62
G98 29, 42
G99 29, 42

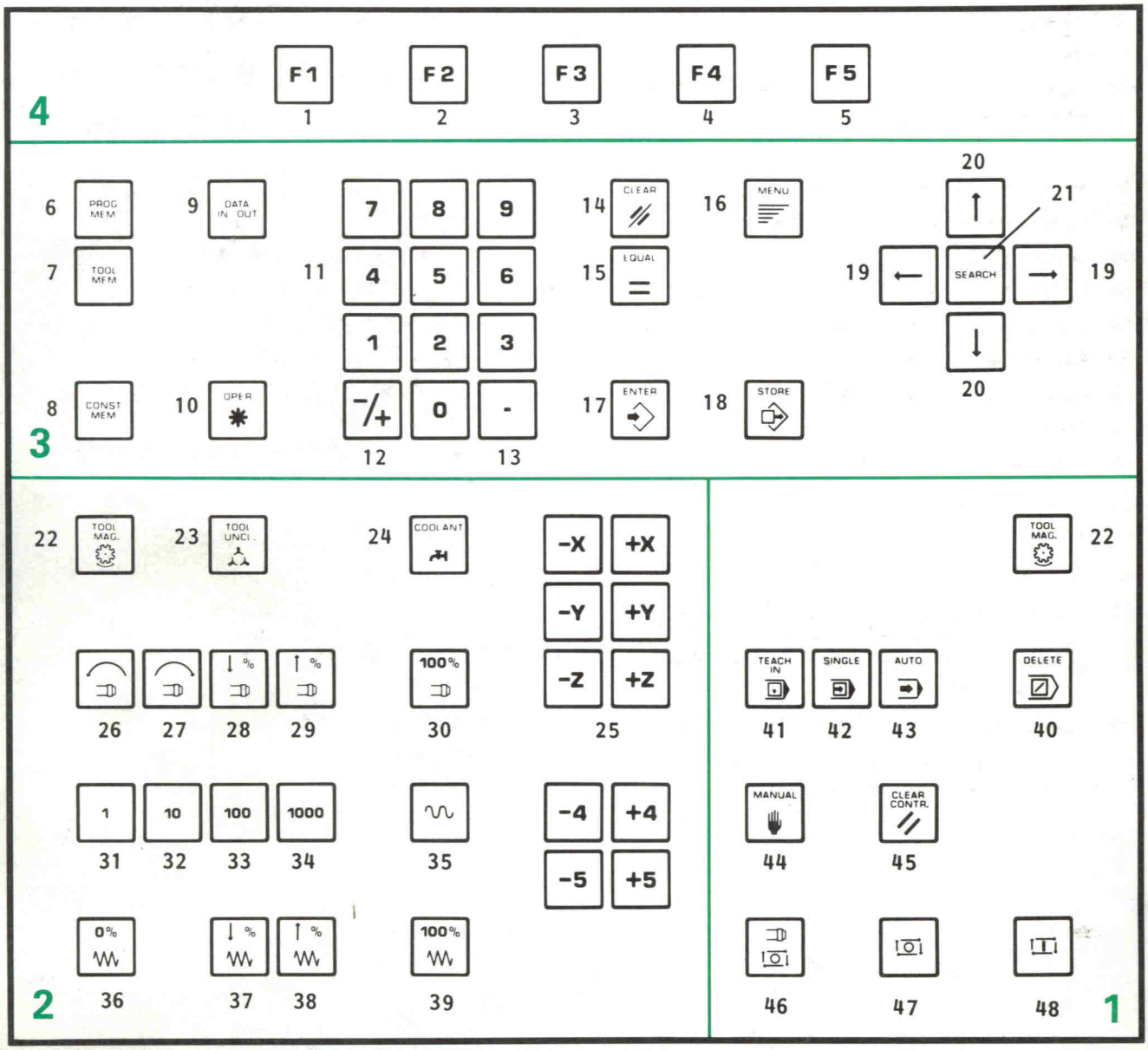
M

M3 23
M4 23
M6 23
M8 23
M9 23
M30 23
M66 23

Bedienpaneel van de besturing CNC 432

1

1 Veld voor de selektie van de bedrijfstoestand
2 Veld voor bedrijfstoestand manual
3 Veld voor de programmatie
4 Veld met de softkeys (toetsen met wisselende funktie-toekenning)



Funktie van de toetsen op het bedienpaneel van de besturing

1 Multifunktie-toets F1 (softkey)
2 Multifunktie-toets F2 (softkey)
3 Multifunktie-toets F3 (softkey)
4 Multifunktie-toets F4 (softkey)
5 Multifunktietoets F5 (softkey)
6 Selektie van hoofdprogramma-geheugen
7 Selektie van werktuig-geheugen
8 Selektie van machineconstanten-geheugen
9 Selektie van bedrijfstoestand datatransmissie
10 Ingave van reken-tekens "+", "—", ":", "*" voor de parameterberekening

11 Numerieke toetsen voor ingave van getalwaarden
12 Tekenwissel en kenteken van verdwijvende regel/N
13 Ingave van de decimale punt
14 Wissen van foutmeldingen en ingave in ingave-zone
15 Ingave van het gelijkheidsteken
16 Selektie van beeldscherm-menu's
17 Overname van ingave in buffer
18 Stockeren in geheugen
19 Cursor-sturing „links-rechts"
20 Cursor-sturing „op-neer"

21 Zoeken
22 Draaien van het werktuigmagazijn naar links of naar rechts (het magazijn draait wanneer beide toetsen ingedrukt worden; de toets die eerst wordt ingedrukt bepaalt de draairichting)
23 Lossen en spannen van het werktuig in de spil
24 Uit- en inschakelen van de koelsmeerstofpomp bij aktieve funktie koelsmeerstof aan

25 Manueel verplaatsen der assen
26 Linksloop van de spil in manueel
27 Rechtsloop van de spil in manueel
28 Spiltoerental-korrektie verlagen
29 Spiltoerental-korrektie verhogen
30 Opnieuw instellen van het geprogrammeerde toerental

31 Stapswijze bewegen der assen over 1 inkrement (0,001 mm)
32 Stapswijze bewegen der assen over 10 inkrementen (0,01 mm)
33 Stapswijze bewegen der assen over 100 inkrementen (0,1 mm)
34 Stapswijze bewegen der assen over 1000 inkrementen (1,0 mm)
35 Afschakelen stapswijze bewegen
36 Voeding-korrektie 0% (F-OVR)
37 Voeding-korrektie verlagen
38 Voeding-korrektie verhogen
39 Opnieuw instellen van de geprogrammeerde voedingssnelheid
40 Aktiveren en afschakelen van de toets verdwijnende regels

41 Selektie bedrijfstoestand TEACH-IN MDI
42 Selektie bedrijfstoestand SINGLE
43 Selektie bedrijfstoestand AUTO
44 Selektie bedrijfstoestand MANUAL
45 Reset besturing
46 Voeding- en spil-stop
47 Voedingsstop
48 Start

Nota's **MAHO**

Schroefdraddl frezen

G0 x0 y4 z0 M13

G1

G43 z 40

G42

G2 x0 z40 y-20 I0 K0 J1,5

spoed

$$\frac{\text{totale diepte}}{\text{spoed}} = \text{heel getal}$$

$$\frac{24}{1,5} = 16.$$