



Mathematisch Technische
Software-Entwicklung GmbH

TopMill

Programmieranleitung

PAL2007

Version 7.3

26.07.2007-26.07.2009

TopMill

Programmieranleitung

Pal2007-Befehlskodierung

Version 7.2 – 26.07.2007 – Version 7.3 – 25.06.2009

© MTS Mathematisch Technische Software-Entwicklung GmbH 2006/2007/2008/2009

Kaiserin-Augusta-Allee 101 - 10553 Berlin - (030) 34 99 60 0

Alle Rechte, auch die fotomechanische Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien, vorbehalten.

DIN: Deutsche Industrie Norm, Verbandzeichen der Deutschen Instituts für Normung e. V.

IHK Region Stuttgart, PAL – Prüfungsaufgaben- und Lehrmittelenwicklungsstelle

Einleitung zu den TopMill- und TopTurn-PAL-Programmieranleitungen	6
PAL2007 – Was ist neu ?	6
Allgemeine Grundlagen - Koordinatensysteme	10
Maschinenbezugspunkte.....	10
Maschinen-, Werkstück- und Werkzeugkoordinatensystem	11
Grundsätzliches zur DIN-Programmierung.....	13
Programmierung der Koordinatenwerte	14
Programmierung der Werkzeugbewegungen	14
Allgemeine Erläuterungen zur PAL2007-Befehlskodierung	15
Vorschubgeschwindigkeit mit Selbsthaltefunktion	16
Spindeldrehzahl / Schnittgeschwindigkeit - selbsthaltend	16
Werkzeugwechsel *	17
Zusatzfunktionen der Programmierung mit Selbsthaltefunktion.....	17
Wegbedingungen Fräsen nach DIN 66025	19
Technologieprogrammierung bei den Wegbedingungen	20
Einschaltzustand.....	21
Festlegungen für die nachstehende Syntaxbeschreibung.....	22
Übersicht elementaren DIN-Befehle nach DIN 66025.....	23
G0 Verfahren im Eilgang.....	24
G1 Linearinterpolation im Arbeitsgang	25
G2 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn.....	26
G3 Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn.....	28
G4 Verweildauer	30
G9 Genauhalt.....	31
G10 Verfahren mit Eilgang in Polarkoordinaten	32
G11 Linearinterpolation in Polarkoordinaten	33
G12 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten	34
G13 Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten	35
Ebenenwahl allgemein für die 2½D-Bearbeitung	37
G17 Ebenenwahl 2½D-Bearbeitung (Standardebene).....	37
G18 Ebenenwahl 2½D-Bearbeitung (Standardebene).....	39
G19 Ebenenwahl 2½D-Bearbeitung (Standardebene).....	40
G17/G18/G19 Simultane 5-Achsbearbeitung (Standardebene).....	109
G22 Unterprogrammaufruf	41
G23 Programmteilwiederholung	42
G29 Bedingte Programmsprünge	43
G40 Abwahl der Fräserradiuskorrektur	44
G41/G42 Anwahl der Fräserradiuskorrektur.....	45
G45 Lineares tangenciales Anfahren an eine Kontur	47
G46 Lineares tangenciales Abfahren von einer Kontur.....	48
G47 Tangenciales Anfahren an eine Kontur im ¼-Kreis.....	49
G48 Tangenciales Abfahren von einer Kontur im ¼-Kreis	50
G50 Aufheben von inkrementellen Nullpunkt-Verschiebungen und Drehungen	51
G53 Alle Nullpunktverschiebungen und Drehungen aufheben.....	52
G54 - G57 Einstellbare absolute Nullpunkte	53
G58 Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung polar und Drehung	54
G59 Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung kartesisch und Drehung	55

G61	Linearinterpolation für Konturzüge	56
G62	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn für Konturzüge	57
G63	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn für Konturzüge	59
G66	Spiegeln an der X- und /oder Y-Achse – Spiegelung aufheben.....	61
G67	Skalieren (Vergrößern bzw. Verkleinern oder Aufheben)	62
G70	Umschaltung auf Maßeinheit Zoll (Inch).....	63
G71	Umschaltung auf Maßeinheit Millimeter (mm)	64
G90	Absolutmaßangabe einschalten.....	65
G91	Kettenmaßangabe einschalten.....	66
G94	Vorschub in Millimeter pro Minute.....	67
G95	Vorschub in Millimeter pro Umdrehung	68
G96	Konstante Schnittgeschwindigkeit	69
G97	Konstante Drehzahl.....	70
PAL Bearbeitungszyklen		71
G34	Eröffnung des Konturtaschenzyklus	72
G35	Schrupptechnologie des Konturtaschenzyklus.....	73
G36	Restmaterialschrupp-Technologie des Konturtaschenzyklus	74
G37	Schlichttechnologie des Konturtaschenzyklus	75
G38	Konturbeschreibung des Konturtaschenzyklus	77
G80	Abschluß einer G38 – Taschen/Insel-Konturbeschreibung.....	78
G39	Konturtaschenzyklusaufwurf mit konturparalleler oder mäanderförmiger Ausräumstrategie	79
G72	Rechtecktaschenfräszyklus	80
G73	Kreistaschen- und Zapfenfräszyklus	82
G74	Nutenfräszyklus.....	84
G75	Kreisbogennut-Fräszyklus	85
G81	Bohrzyklus	86
G82	Tiefbohrzyklus mit Spanbruch	87
G83	Tiefbohrzyklus mit Spanbruch und Entspänen	88
G84	Gewindebohrzyklus.....	89
G85	Reibzyklus.....	90
G86	Ausdrehzyklus.....	91
G87	Bohrfräszyklus.....	92
G88	Innengewindefräszyklus	93
G89	Außengewindefräszyklus	94
G76	Mehrfachzyklusaufwurf auf einer Geraden (Lochreihe).....	95
G77	Mehrfachzyklusaufwurf auf einem Teilkreis (Lochkreis)	96
G78	Zyklusaufwurf auf einem Punkt (Polarkoordinaten).....	97
G79	Zyklusaufwurf auf einem Punkt (kartesische Koordinaten)	98
2½D-Bearbeitungsebenenwahl beliebiger Bearbeitungsebenen.....		99
Festlegung von Bearbeitungsebenen über Winkelvorgaben		100
G17/18/19 WM	Ebenenwahl mit maschinenfesten Raumwinkeln.....	101
G17/18/19 WR	Ebenenwahl mit relativen Raumwinkeln	102
G17/18/19 WS	Ebenenwahl mit Schnittwinkeln.....	103
G17/18/19 P3	Drei–Punkte–Definition einer Bearbeitungsebene	105
G17/18/19 BZ	Ebenenwahl mit Basis- und Zustellvektor	106
G16	Inkrementelle Drehung der aktuellen Bearbeitungsebene	107
Bearbeitungsebenen-Zusammenfassung		108

Parameterprogrammierung	109
Rechenoperationen.....	111
Funktionen 112	
Systemparameterliste- Makro- und Zyklusprogrammierung.....	113
Anhang I PAL2007-Fräs-Werkzeugverwaltung.....	114
Fräs-Werkzeugverwaltung – Übersicht	118
Anhang II PAL2007-Fräs-Spannmittelverwaltung	146
Übersicht PAL2007-Fräs-Spannmittelverwaltung	147
Anhang III Konturzugprogrammierung mit G61, G62 und G63.....	153
Anhang VI PAL2007-CNC-Fräsmaschinenkonfiguration	161
Anhang V Einrichtblattsyntax Fräsen	162
Anhang VI Selbsthaltefunktionen und Vorbelegung der Adressen.....	167
Anhang VII Geometrieprogrammierung	168
Anhang VIII Programmstruktur für Prüfungsaufgaben.....	170

Einleitung zu den TopMill- und TopTurn-PAL-Programmieranleitungen

Die neuen PAL2007-Befehlskodierungen in der vorliegenden endgültigen Form für die Drehkomplettbearbeitung mit angetriebenen Werkzeugen und Gegenspindel sowie die 2½D-Mehrseiten-Fräsbearbeitung auf 5-achsigen Dreh- und Fräsbearbeitungszentren haben die CNC-Ausbildung nach den PAL-Richtlinien - wenn auch mit großer Verspätung - auf den heute in der Produktion vorherrschenden Stand gebracht.

Wir erinnern uns: Nach den ersten PAL-Befehlskodierungen aus dem Jahr 1987 und geringfügigen, völlig unzureichenden Erweiterungen in 1994 gab es einen 13-jährigen Stillstand genau in der Zeit, in der sich die CNC-Steuerungen mit ihren Windows-Versionen grundlegend und vielseitig weiterentwickelt haben.

Durch die Mehrachsbearbeitung beim Drehen und Fräsen, durch die dem Steuerungsstandard entsprechenden Bearbeitungszyklen und die Parameterprogrammierung sind jetzt erstmals zukunftsorientierte Schritte in Richtung einer modernen CNC-Ausbildung gemacht worden.

Wir als MTS stehen voll hinter diesen neuen PAL2007-Befehlskodierungen und haben auch bei deren Entwicklung aktiv mitgewirkt. Die PAL2007-Befehlskodierungen einschließlich der PAL-Werkzeug- und PAL-Spannmittelverwaltungen sind von MTS bereits in vollem Umfang realisiert und stehen unseren Kunden als Erweiterungen von TopMill und TopTurn zur Verfügung.

Mit den PAL2007-Befehlskodierungen wurde ein CNC-Ausbildungsinstrumentarium geschaffen, das allen betroffenen technischen Ausbildungsberufen (Zerspanungsmechaniker/in, Industriemechaniker/in, Feinwerkmechaniker/in, Werkzeugmechaniker/in und Mechatroniker/in) gerecht wird. Die CNC-Ausbildung kann erstmalig nach langer Zeit auf eine universelle, herstellernerneutrale Ausbildungssteuerung zurückgreifen, die zeitgemäße und leistungsfähige Zyklen einsetzt, eine standardisierte Werkzeug- und Spannmittelverwaltung verwendet und mit dem Einrichten so die CNC-Ausbildung ganzheitlich abdeckt. Somit erfüllen die PAL2007-Befehlskodierungen auch die inhaltlichen Forderungen der Lernfelder in den unterschiedlichen Ausbildungsberufen und fördern die Ausbildung von Schlüsselqualifikationen und Kernkompetenzen. Dadurch wird insbesondere auch die erforderliche praktische CNC-Ausbildung an CNC-Produktionsmaschinen von dem hohen fachspezifischen Theorieanteil befreit und gestattet damit einen effektiveren und höheren Ausbildungsnutzen dieser Produktionsmaschinen.

Es ist mit den PAL2007-Befehlskodierungen gelungen, einen modernen, nach oben erweiterbaren CNC-Ausbildungsstandard zu schaffen, der keine Wünsche offen lässt. Dabei sind sie einerseits eng an die DIN66025 angelehnt, klar und übersichtlich in ihrem Aufbau, andererseits haben sie die Freiheiten der Norm ausgenutzt und alle modernen Bearbeitungszyklen des heutigen Industriestandards mit aufgenommen.

Die Drehkomplettbearbeitung mit angetriebenen Werkzeugen auf bis zu 7-achsigen Drehbearbeitungszentren mit Gegenspindel sowie die 2½D-Mehrseitenbearbeitung auf 5-achsigen Fräsbearbeitungszentren ist in vollem Umfang wie auf modernen Steuerungen in den PAL-Befehlskodierungen realisiert. Die Anwahl der Bearbeitungsebenen wird durch einfache, klar strukturierte und leicht erlernbare erweiterte DIN-Ebenenwahlbefehle G17, G18 und G19 programmiert.

Beim Drehen wird ausgehend von der Drehebene G18 mit den erweiterten DIN-Ebenenwahlbefehlen G17 und G19 die Werkstück-Stirnseite oder eine Mantelfläche (C-Achse) oder eine Sehnenfläche (C- und Y-Achse) bzw. eine geneigte Sehnenfläche (C-, Y- und B-Achse) und die aktive Werkstückspindel (Haupt- oder Gegenspindel) angewählt. Die Werkstücknullpunkte werden dabei nicht verändert. Nach einer G17- oder G19-Ebenenwahl ist die PAL-Fräussteuerung aktiv.

Beim Fräsen können beliebige Bearbeitungsebenen in den steuerungsüblichen fünf Varianten programmiert werden, wobei vornehmlich die ersten drei (Drehungen um maschinenfeste oder um relative Raumwinkel oder die Programmierung von Schnittwinkeln) von Bedeutung sind. **Das wichtigste dabei ist:** Diese Anwahlbefehle sind **unabhängig von der Maschinenachskonfiguration** der ausgewählten Maschine.

Die Werkstücknullpunkte werden bei der Ebeneneinstellung automatisch nachgeführt. Dabei wird das Werkstück so eingeschwenkt, dass die Werkzeugachse senkrecht auf der Bearbeitungsebene steht. Für die Einstell-Schwenkbewegungen gibt es im Allgemeinen zwei Lösungen, von denen die PAL-Steuerung nach einer Voreinstellung eine auswählt. Diese Auswahl erfolgt in der Regel so, dass die nach dem Einschwenken zur Bearbeitung nutzbaren Achsverfahrenbereiche möglichst groß sind oder zu einem Werkzeugwechsel keine Ausweichschwenkbewegungen notwendig sind. Die Auswahl kann auch mit einer optionalen Adresse programmiert werden. Umgekehrt können auch Bearbeitungsebenen programmiert werden, die durch Beschränkungen eines Schwenkachsereichs nicht eingestellt werden können.

Die dem aktuellen Steuerungsstandard entsprechenden Bearbeitungszyklen werden beim ersten Lesen der Programmieranleitungen vielleicht als zu komplex erscheinen. Dem ist aber nicht so: Auch hier wurde von der PAL die bei CNC-Steuerungen übliche Vorbelegung von Zyklusadresswerten übernommen und diese Eingabeadressen wurden als optional ausgewiesen. Diese optionalen Adressen müssen folglich gar nicht programmiert werden, wenn man die Zyklusvoreinstellung übernehmen möchte. Andererseits sollte in der CNC-Ausbildung darauf hingewiesen werden, dass es eine Vielzahl von Konfigurationsmöglichkeiten für einen Bearbeitungszyklus gibt, auf die man bei der Programoptimierung zugreifen kann (z.B. Gleich- oder Gegenlauf, helikale Zustellung, Vorschuboptimierungen, Ausräumstrategien, etc.) ohne dass diese Adressen prüfungsrelevant sind. Jeder der mit einer modernen CNC-Steuerung arbeitet, findet den Befehlsumfang seiner Zyklen in den PAL-Befehlskodierungen wieder.

Eine von MTS vorgeschlagene Erweiterung, die Programmierung mehrkanaliger Drehbearbeitungszentren (Langdreher, Mehrrevolvermaschinen), wurde von der PAL leider nur als Anhang übernommen (siehe TopTurn-PAL2007-Programmieranleitung, Anhang IX).

Erfreulicherweise beschränken sich die neuen PAL-Befehlskodierungen nicht nur auf das Programmieren mit modernen, leistungsfähigen Zyklen. Vielmehr wurden mit den PAL-Werkzeug- und PAL-Spannmittelverwaltungen, Maschinendatenkonfigurationen sowie Einrichtblättern auch die vorbereitenden Tätigkeiten des Planens und Einrichtens zu einem ganzheitlichen CNC-Ausbildungssystem mit aufgenommen. Damit ist prinzipiell auch eine PAL-Prüfung am PC ohne weiteres durchführbar.

TopMill und TopTurn mit den PAL2007-Befehlskodierungen

Die MTS-CNC-Programmiersoftware TopMill und TopTurn gestattet das PAL-Programmieren im vollen Umfang der vorliegenden PAL2007-Programmieranleitungen im bewährten interaktiven Programmierbetrieb mit Unterstützung durch einen graphischen Eingabedialog wahlweise mit Wechsel zum NC-Editor mit Syntaxkontrolle, zum graphischen Konturzugeditor oder zum Teach-In-Betrieb. Bei der NC-Programmsimulation findet eine Kollisionsüberwachung zwischen allen Komponenten statt. Mögliche Kollisionen halten die Simulation bei eingeschalteter Kollisionsüberwachung mit einer die kollidierenden Komponenten angegebenden Meldung an.

Für die Simulation stehen verschiedene zu der vorhandenen Software-Ausbaustufe passende 3D-Werkzeugmaschinenmodelle zur Verfügung (siehe Demoversionen).

Die PAL-Programme können mit Postprozessoren in jede beliebige andere CNC-Steuerungssprache, sei es ein DIN-Dialekt oder eine Klartextsprache, übersetzt werden, um sie auf einer CNC-Maschine abzufahren.

Der Programmierung vorgeschaltet ist ein komfortabler Einrichtdialog, in dem auf alle von der PAL vorgegebenen, normierten Werkzeuge und Spannmittel zugegriffen werden kann. Eine Vielzahl der möglichen Werkzeuge liegt bei MTS bereits in montierter, vorvermessener Form vor (z.B. als Kombination Wendepalte/Klemmhalter/Werkzeughalter oder Fräswerkzeug/Spannzange/Werkzeughalter). Alle anderen Werkzeuge können mit dem im Standard-Lieferumfang vorhandenen Werkzeug- und Spannmittel-Verwaltungssystem TopCAT praxisgerecht montiert werden.

Beim Fräsen ist mit den PAL-Spannmitteln insbesondere auch die Einspannung von vertikalen Zylindern, Rohren und N-Kanten mit verschiedenen Backenfuttertypen oder Schraubstöcken mit Prismen-Aufsatz- oder Prismen-Vorsatzbacken möglich, letztere gestatten auch eine horizontale Zylindereinspannung.

Alternativ zum Einrichten der Simulationsmaschine kann auch ein vorgegebenes PAL-Einrichtblatt (siehe Anhang V) im NC-Programmkopf (z.B. als Übungs- oder Prüfungsaufgabe durch den Ausbilder oder Lehrer) interpretiert und die Simulationsmaschine entsprechend eingerichtet werden. Umgekehrt kann ein Einrichtzustand mit Werkstück, Einspannung, Werkzeugen, Korrekturwerten und Werkstücknullpunkten als ein PAL-Einrichtblatt abgespeichert werden, um es für weitere Programmieraufgaben zu verwenden.

Qualitätskontrolle

Für die Qualitätskontrolle und Programmoptimierung stehen in TopMill und TopTurn folgende Funktionen zur Verfügung:

- Rauhtiefenberechnung für Drehen und Fräsen
- Vermessen des aktuellen Werkstückzustandes in Werkstückschnitten zu einer Bearbeitungsebene
- Werkstück-Soll/Ist-Vergleich mit vorgegebenem Referenzwerkstück
- Selektive 3D-Verfahrweganzeige

Der mit TopMill und TopTurn vorliegenden realistischen 3D-Maschinenraumsimulation mit 3D-Materialabtrag der 5-achsigen Dreh- oder Fräsbearbeitungszentren unter Einbeziehung eines virtuellen Einrichtbetriebs mit Werkzeugmontage, Werkzeugmagazinbestückung, Werkzeugkorrekturen, Werkstückfestlegung, Werkstückspannung, Werkstücknullpunkten (Ankratzen, Antasten) kommt aus Kostengründen eine sehr große Bedeutung zu, da diese teuren Maschinen nur in beschränktem Maß zur Ausbildung zur Verfügung stehen.

Bearbeitungstechnologie

Natürlich kann auch die beste 3D-Maschinenraum- und 3D-Abtragssimulation die Wirklichkeit der spannenden Bearbeitung auf einer CNC-Produktionsmaschine nicht ersetzen.

An dieser Stelle beginnt der spannendste und interessanteste Teil der CNC-Ausbildung und der nie endenden CNC-Weiterbildung: Das Erfahrungswissen in der Zerspanung mit den hochkomplexen Zusammenhängen zwischen Werkstückeinspannung, Werkstoffeigenschaften, Werkzeugtypen, werkstoffspezifischen Schnittwerten, Bearbeitungsreihenfolgen in Verbindung mit den Maschineneigenschaften wie Steifigkeit, Genauigkeit, Schnittleistung, Temperaturabhängigkeiten, etc. (wenn die eine Maschine noch schnurrt, rattert die andere schon) ist nach oben unbegrenzt. Aber genau das ist ja der Reiz und das Besondere an diesen Berufen und mit ein Grund für unser großes Engagement in der CNC-Ausbildung.

Den Beweis dieser Aussage liefert die Beobachtung: Weltweit bezeichnet man das Einfahren eines Programms mit dem Begriff „Optimieren“, eben weil das einzufahrende Programm technologisch noch nicht optimal ist - trotz aller vorhandenen und darin eingeflossenen Erfahrungen.

Prüfungsvorbereitung

Im Hinblick auf die PAL-Prüfung nach der Lückentextmethode gestattet unser NC-Editor die Erzeugung von beliebigen PAL-Lückentextprogrammen, die als solche bereits prüfungsformulärmäßig ausgedruckt werden können und somit eine realitätsnahe Prüfungsvorbereitung ermöglichen. Für die Durchführung der Prüfung am PC gibt es in Kürze eine Software-Erweiterungsoption mit automatischer Prüfungsauswertung und mit dokumentengerechter Datensicherheit.

Wir wünschen Ihnen beim Studieren und Anwenden der PAL-Programmieranleitungen - sei es beim Lernen oder beim Lehren - viel Freude und Erfolg,

Ihr MTS-Team - stellvertretend Dr. Hans Joachim Pfeiffer

PAL2007 – Was ist neu ?

Was ist neu

Was ist neu beim Drehen und Fräsen in den PAL2007-Programmerrichtlinien

Die PAL2007-Programmerrichtlinien sind eng an die DIN 66025 angelehnt und integrieren diese in vollem Umfang (ausgenommen die Spline-Interpolation).

Es wurden leistungsfähige Dreh- und Fräszyklen aufgenommen, die dem heutigen Stand der CNC-Steuerungstechnik entsprechen. Die Parameterprogrammierung ist bei Drehen und Fräsen möglich.

Beim Drehen gehören die C-, Y- und B-Achse sowie eine Gegenspindel oder alternativ ein Reitstock zur Standardausrüstung der CNC-Drehmaschine. Das Werkstück kann von zwei Seiten bearbeitet werden - entweder durch Umspannen oder Gegenspindelübernahme.

Beim Fräsen wurde die allgemeine 2½D-Mehrseitenbearbeitung in beliebig liegenden Bearbeitungsebenen mit aufgenommen. Die Simultanbearbeitung in 5 Achsen ist ebenfalls zugelassen. Die Fräszyklen enthalten neben der üblichen Bohrzyklenfamilie auch Gewindefräsen und Bohrbilder sowie einen universellen Konturtaschenzyklus.

Die DIN-Programmierung der elementaren Verfahrbewegungen mit den Konturelementen G1, G2 und G3 wurde bei Drehen und Fräsen durch zusätzliche Geometrieadressen wie Anfangswinkel, Längen, Radien, Öffnungswinkel ergänzt und dahingehend erweitert, dass die PAL-Steuerung aus den eingegebenen Daten automatisch den Endpunkt und den Mittelpunkt berechnet, aber auch die gewohnten Programmiermethoden mit 2 Adressen bei G1 bzw. 4 Adressen bei G2/G3 erhalten bleiben.

Zwei aufeinanderfolgende Konturelemente können prinzipiell verrundet oder gefast werden.

Die Wegbedingungen G61, G62 und G63 stellen eine über diese Erweiterungen hinausgehende leistungsfähige Konturzugprogrammierung zur Verfügung

Die Koordinaten- und Interpolationsadressen können entweder im Absolutmaß (G90), im Kettenmaß (G91) oder mit Koordinatenadresserweiterungen auch gemischt innerhalb eines NC-Satzes programmiert werden.

Drehen

Es stehen Konturschruppzyklen für Längs-, Plan- und konturparallele Bearbeitung sowie radiale und axiale Einstich- und Gesenkyklen mit optionalen Aufmaßen zur Verfügung.

Das Schlichten ist mit Freistichen nach DIN76 und DIN509 FormE/F möglich.

Für den C-Achsbetrieb mit angetriebenen Werkzeugen wird in den Bearbeitungsebenen Stirnseite, Mantelfläche und Sehnenfläche die PAL-Befehlskodierung Fräsen in G17 oder G19 verwendet. Dabei kommt je nach Ebene auch die echte Y-Achse oder die B-Achse als Einstellachse zum Einsatz.

Alternativ zur PAL-Fräsbehlscodierung im C-Achsbetrieb ist auch eine Polarkoordinaten-Programmierung mit den Bohrzyklen der Fräsbehlscodierung auf der Stirnseite G17 mit X, C (Zustellung Z) und eine Zylinderkoordinatenprogrammierung der Mantelfläche G19 mit Z, C (Zustellung X) möglich.

Fräsen

Wesentliche Erweiterungen gibt es mit der jetzt vollständigen Bohrzyklusfamilie, Gewindefräsen und Ausdrehzyklen und sowie den zugehörigen Mehrfachzyklusaufrufen. Die erweiterten Taschenfräszyklen wurden mit Nutenzyklen, einem universellen Konturtaschenzyklus und den entsprechenden Planflächenzyklen sowie optionalen Aufmaßen ergänzt.

Das Konturfräsen mit Fräserradiuskompensation wurde um An- und Abfahrbedingungen erweitert.

Ausgehend von den Standardebenen G17, G18 und G19 können auch im Raum beliebig geneigte Bearbeitungsebenen eingestellt werden, so dass eine Mehrseitenbearbeitung möglich ist.

Allgemeine Grundlagen - Koordinatensysteme

Die Programmierung nach DIN66025 hat als Grundlage ein dreidimensionales kartesisches XYZ-Koordinatensystem, das in dieser Koordinatenreihenfolge ein Rechtssystem bildet. Die Bezeichnungen der Koordinatenachsen sowie die Bewegungs- und Drehrichtungen sind in der DIN 66217 festgelegt:

Für die Bearbeitung wird dieses Koordinatensystem mit seinen drei Koordinatenachsen unterschiedlich aufgeteilt in eine (zweidimensionale) Bearbeitungsebene mit den Koordinaten der ersten und zweiten Geometrieachse (oder der Haupt- und der Nebenachse) sowie der verbleibenden dritten Geometrieachse als Zustellachse für Fräs- und Bohrbearbeitungen, so dass diese Achsen ein Rechtssystem (**Rechte-Hand-Regel**) bilden.

Die Drehachsen der Drehungen um die Achsen X, Y, Z werden mit A, B und C bezeichnet, wobei der Drehsinn ebenfalls durch das Rechtssystem bestimmt ist. **Merkhilfe:** Eine in einer Achse mit dem Kopf in negativer Achsrichtung liegende Schraube mit Rechtsgewinde bewegt sich bei einer Rechtsdrehung (Drehung im positiven Drehsinn) in positiver Achsrichtung.

Jeder Koordinatenachse kann eine Maßeinheit zugeordnet werden. Im metrischen Maßsystem ist dies in der Regel die Einheit Millimeter (mm) für jede der Koordinatenachsen. (Hinweis: Beim Drehen wird jedoch für die X-Achse üblicherweise die Einheit Durchmesser in Millimetern (2mm) verwendet.)

Die drei möglichen Rechtssysteme werden nach DIN 66025 angewählt mit

G17	Bearbeitungsebene	X Y	Zustellachse	Z
G18	Bearbeitungsebene	Z X	Zustellachse	Y
G19	Bearbeitungsebene	Y Z	Zustellachse	X

Bei Fräsmaschinen verwendet man im allgemeinen G17 und bei Drehmaschinen G18. (Hinweis: Eine Zustellachse kommt beim Drehen nur bei der Bearbeitung mit angetriebenen Werkzeugen und der C-Achse als virtuelle erste (G19) oder zweite (G17) Geometrieachse oder auch mit realer Y-Achse vor.)

Maschinenbezugspunkte

Damit die Koordinatenangaben des NC-Programms von der Maschinensteuerung in die korrekte Bewegung des Werkzeuges umgesetzt werden können, besitzt die Werkzeugmaschine als Bezugssystem das Maschinenkoordinatensystem. Zu diesem gehören die folgenden Bezugspunkte:

Maschinen-nullpunkt	Dieser wird vom Maschinenhersteller festgelegt und kann nicht verändert werden. Bei einer Fräsmaschine liegt er bei einem nicht bewegten Maschinentisch in XY üblicherweise im linken vorderen Maschinentischbereich und in Z auf dem Maschinentisch.
Werkzeug-bezugspunkt	Die Angaben der Wegstrecken zum Verfahren des Werkzeuges werden von der Steuerung auf den Werkzeugbezugspunkt bezogen. Dieser befindet sich in der genormten Position der Werkzeugaufnahme (PAL2007: Werkzeugsteilkegel) in der Werkzeugspindel.
Werkzeug-schneidenpunkt	Werkzeugkorrekturwerte Um jedoch die Zielposition für den Werkzeugschneidenpunkt berechnen zu können, muss der Steuerung für jedes Werkzeug noch eine so genannte Längenkorrektur als Korrekturwert mitgeteilt werden, welche dem Abstand zwischen Werkzeugbezugspunkt und Werkzeugschneidenpunkt entspricht.
Werkstück-nullpunkt	Der Werkstücknullpunkt kann im NC-Programm festgelegt werden (intern wird er dabei auf den Maschinennullpunkt bezogen) und kann mit Nullpunktverschiebungsbefehlen beliebig verschoben werden. Sinnvoll ist es, ihn so zu wählen, dass er mit dem Maßbezugspunkt (Nullpunkt) der Werkstückzeichnung zusammenfällt und somit Umrechnungen der Koordinatenangaben entfallen.

Maschinen-, Werkstück- und Werkzeugkoordinatensystem

Bei der Programmierung einer CNC-Werkzeugmaschine gibt es mit diesen Bezugspunkten als Ursprung drei Koordinatensystemtypen :

Maschinenkoordinatensystem zur Programmierung maschinenfester Anfahrpositionen (Werkzeugwechsellpunkte, Be- und Entladestationen)

Werkstückkoordinatensystem zur Programmierung der Bearbeitungsbewegungen des Werkzeugs am Werkstück in absoluten Koordinaten

Werkzeugschneidenpunktkoordinatensystem zur Programmierung der Bearbeitungsbewegungen des Werkzeugs inkrementell zu seiner aktuellen Position

Das Maschinen- oder Werkstückkoordinatensystem kann vom NC-Programm aus angewählt und im Fall des Werkstückkoordinatensystems auch durch Verschiebungen und Drehungen verändert werden.

Das Werkzeugkoordinatensystem ist ein in die jeweils aktuelle Werkzeugposition verschobenes Werkstückkoordinatensystem

Fräserradiuskorrektur FRK und Korrekturwerte Fräsen

Die Steuerung verwendet bei der Berechnung der Verfahrswege den im Werkzeugzentrum liegenden Werkzeugschneidenpunkt und bewegt diesen auf der programmierten Kontur. Bei einer Bewegung im Vollmaterial würden so zwei zu der programmierten Kontur jeweils im Abstand Fräserradius äquidistant liegende Konturen entstehen. Um eine programmierte Kontur zu fertigen, muss daher die Steuerung wahlweise für die in Bearbeitungsrichtung rechte oder linke Materialkontur eine Kompensation um den Fräserradius berechnen, so dass der Fräsermittelpunkt auf einer äquidistanten zur programmierten Kontur bewegt wird. Dies wird mit der Anwahl der Fräserradiuskorrektur (oder auch Fräserradiuskompensation genannt) der Steuerung mitgeteilt.

Die **Festlegung der Bearbeitungsseite „links“ oder „rechts“** von der Kontur bezieht sich auf die Relativbewegung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück in der Bearbeitungsebene betrachtet in negativer Richtung der auf dieser Ebene senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse (3. Geometrieachse oder Zustellachse).

Die Fräserradiuskompensation hat für die Bearbeitung zwei Hauptkonsequenzen:

1. Innenecken werden mit dem Werkzeugradius verrundet und die beiden Konturelemente entsprechend verkürzt.
2. Bei Außenecken findet keine Konturveränderung statt, jedoch muss die Steuerung eine kreisbogenförmige Ausgleichsbewegung ausführen. Für scharfe Kanten kann auf modernen Steuerungen die kreisbogenförmige Ausgleichsbewegung durch drei Strecken ersetzt werden, so dass die zu fertigende Kante überfahren wird.

Werkzeugkorrekturwertspeicher Fräsen

Die Fräswerkzeugkorrekturwerte bestehen beim Fräsen im wesentlichen nur aus der schon erwähnten Längskorrektur und dem Werkzeugradius. In Abhängigkeit vom Werkzeugtyp (z.B. bei Winkelfräsern) legt man zur Vereinfachung der Programmierung mehrere Korrekturwertspeicherregister zu unterschiedlichen Werkzeugschneidenpunkten an und kann zwischen diesen vom NC-Programm aus umschalten.

Grundsätzliches zur DIN-Programmierung

NC-Programmstruktur

Ein NC-Programm besteht aus Sätzen, den NC-Sätzen.

Ein Satz besteht aus Worten, den NC-Worten. Die Reihenfolge der NC-Worte hat keine Bedeutung.

Ein NC-Wort besteht aus einer Adresse, der NC-Adresse mit einem direkt daran anschließenden zugehörigen Adresswert.

Die Adresse selbst besteht aus einem oder mehreren (großen) Buchstaben und der Adresswert aus einer positiven oder negativen Dezimalzahl mit Dezimalpunkt oder einer Festkommazahl. Dabei werden führende Nullen ignoriert. Für Sonderbefehle aus der Weiterentwicklung der CNC-Steuerungen gibt es auch abweichend von der DIN66025 NC-Adressen ohne Adresswert wie z.B. bei einigen Bearbeitungsebenenwahlbefehlen (G17 C). Beispiel NC-Satz mit 6 Worten:

Wort	Wort	Wort	Wort	Wort	Wort
N245	G1	X100.5	Z-50.75	F0.05	M8
Adr. Wert	Adr. Wert	Adr. Wert	Adr. Wert	Adr. Wert	Adr. Wert

Adressen werden den Koordinaten, Drehwinkeln, Radien und den technologischen Steuerdaten zugewiesen. Diese Zuordnung ist bei Steuerungen in der Regel nicht eindeutig, sondern hängt vom Kontext des NC-Satzes ab.

Die NC-Sätze eines NC-Programms werden nach den syntaktischen Regeln der Programmieranleitung gebildet, die auf modernen Steuerungen wie der vorliegenden PAL2007-Steuerung bei den Bearbeitungszyklen weit über die DIN66025 hinausgehen.

Nur in besonders ausgewiesenen Ausnahmefällen kann eine Adresse in einem NC-Satz zweimal oder sogar dreimal programmiert werden.

Wegbefehle

Eine Sonderstellung nimmt die Adresse **G** der Wegbefehle und Steueranweisungen ein, da mit dieser Adresse der eigentliche Inhalt eines NC-Programms festgelegt wird. Der ganzzahlige positive Wertevorrat der G-Adresse ist von der DIN66025 in neun Gruppen eingeteilt. Die G-Adresse kann mit Werten aus einigen aber unterschiedlichen Gruppen zweimal in einem NC-Satz programmiert werden, wenn in der Programmieranleitung nichts Gegenteiliges angegeben ist (siehe Gruppeneinteilung).

Satznummerierung

Zur besseren Übersicht und Strukturierung **können** die NC-Sätze mit einer Satznummer **N** als erstes Wort versehen werden. Diese Satznummern können auch als Sprungmarken bei Programmteilwiederholungen und Programmverzweigungen verwendet werden.

Die Programmierung einer Satznummer ist aber nicht notwendig und die Satznummern müssen auch nicht in aufsteigender Reihenfolge programmiert werden - wenn auch beides dringend zu empfehlen ist. Der NC-Editor bietet die Möglichkeit, ein NC-Programm mit Startsatznummer und Nummerninkrement mit aufsteigender Nummerierung umzunummerieren, wobei Sprungmarken im NC-Programm automatisch mit geändert werden.

Modale Befehle

Modal nennt man programmierte Adressen die selbsthaltend sind, d.h. sie bleiben solange über mehrere NC-Sätze wirksam, bis sie durch die Adresse und anderem Adresswert überschrieben werden. Satzweise wirksame Adressen hingegen gelten nur für den Satz, in dem sie stehen

Modal sind z.B. die Wegbefehle und die Adressen, die Spindeldrehzahl, Vorschub, Drehrichtung, Werkzeug und Achskoordinaten festlegen. Da sie bis zu ihrer Veränderung wirksam bleiben, brauchen sie nur einmal programmiert zu werden. Man bezeichnet diese Eigenschaft auch mit **selbsthaltend**.

Obligate und optionale NC-Adressen

Zu einem NC-Satz oder NC-Befehl gehören meistens mehrere Adressen. Die Adressen sind in Abhängigkeit von dem programmierten Wegbefehl zu unterscheiden nach denen, die immer programmiert werden müssen - also obligatorisch sind - und denjenigen, die wahlweise programmiert werden können also optional sind. Ferner gibt es Adressen, die grundsätzlich zusammen programmiert werden müssen oder solche, die nur alternativ zueinander angegeben werden dürfen. Die optionalen Adressen sind dann entweder selbsthaltend auf ihrem alten Adresswert oder es gibt für sie eine interne Voreinstellung (Vorbelegung), wie es mit den meisten Adressen der Bearbeitungszyklen der Fall ist.

Programmierung der Koordinatenwerte

Die Programmierung der drei Koordinatenachsen erfolgt mit den jeweiligen Koordinaten-Adressbuchstaben, denen der Koordinatenwert als Adresswert angehängt wird.

Zur Erleichterung der Programmierung können die Achswerte

Absolut	d.h. bezogen auf den Nullpunkt des Werkstückkoordinatensystems,
inkrementell	zur aktuellen Werkzeugposition, d.h. bezogen auf den Nullpunkt des Werkzeugkoordinatensystems

programmiert werden. Die Unterscheidung erfolgt nach DIN 66025 durch die Umschaltbefehle:

G90	Absolute Koordinateneingabe mit Anwahl des Werkstückkoordinatensystems
G91	Inkrementelle Koordinateneingabe mit Anwahl des Werkzeugkoordinatensystems

Inkrementelle Koordinateneingaben beziehen sich im folgenden immer auf das Werkzeugkoordinatensystem in der aktuellen Werkzeugposition, wenn es nicht explizit anders angegeben ist.

Die Anforderung, die Koordinatenachswerte auch gemischt absolut und inkrementell zu programmieren, wird erfüllt mit alternativen Achsadressen mit einem angehängten A für absolute und einem angehängten I für inkrementelle Koordinateneingaben:

X/Y/Z	Koordinateneingabe absolut oder inkrementell gesteuert durch G90/91
XA/YA/ZA	Absolute Koordinateneingaben im Werkstückkoordinatensystem
XI/YI/ZI	Inkrementelle Koordinateneingaben im Werkzeugkoordinatensystem

Die Kreismittelpunktskoordinaten werden in den Bearbeitungsebenen mit den X, Y, Z zugeordneten Mittelpunktsadressen I, J, K programmiert, die inkrementell einzugeben sind. Für die Programmierung absoluter Kreismittelpunktskoordinaten wird diesen Adressen ein A angehängt:

I/J/K	Zur Werkzeugposition am Startpunkt des Kreisbogens inkrementelle Kreismittelpunktskoordinaten des Werkzeugkoordinatensystems
IA/JA/KA	Absolute Kreismittelpunktskoordinaten des Werkstückkoordinatensystems

Programmierung der Werkzeugbewegungen

Für die Werkzeugbewegungen im Maschinenraum gibt es eine Linearinterpolation in allen drei Koordinatenachsen. In speziellen Bearbeitungsebenen können die Dreh/Schwenkachsen als zu diesen mitlaufende oder allein verfahrbare Achsen programmiert werden.

In der Bearbeitungsebene gibt es als weitere Bewegungsform eine Kreisbogeninterpolation in den beiden Bearbeitungsebenenachsen (1. und 2. Geometrieachse). Für die Kreisbögen sind neben Endpunktkoordinaten noch weitere Adressen zu programmieren, z.B. die zu X, Y, Z gehörigen Mittelpunktsadressen I, J, K oder Winkelangaben.

Die Festlegung der Drehrichtung „Uhrzeigersinn“ oder „Gegenuhrzeigersinn“ bezieht sich auf die Relativbewegung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück in der Bearbeitungsebene betrachtet in negativer Richtung der auf dieser Ebene senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse (3. Geometrieachse oder Zustellachse).

Für Freiformanwendungen bieten Steuerungen auch eine Spline-Interpolation an, die wegen des Berechnungsaufwandes nicht mehr manuell programmiert wird und deshalb in die PAL-Befehlskodierung nicht aufgenommen wurde.

Allgemeine Erläuterungen zur PAL2007-Befehlskodierung

Allgemeine Erläuterungen

Führende Nullen sowie das Pluszeichen **können** bei Adressen und den Adresswerten weggelassen werden, speziell bei Koordinaten, G- und M- Befehlen.

Doppelte Adressen in einem NC-Satz sind nur für G, M und N (N bei Wiederholungen und Sprungbefehlen) zugelassen.

Winkelangaben erfolgen in **Grad**. Winkel werden in der aus der positiven Zustellrichtung gesehenen Aufsicht der Bearbeitungsebene positiv entgegen dem Uhrzeigersinn und negativ im Uhrzeigersinn gemessen. Dies entspricht der Festlegung der Drehachsrichtungen bei den Koordinatensystemen.

Die **Reihenfolge der Adressen** in einem NC-Satz hat **keine** Bedeutung.

Selbthaltefunktionen und Vorbelegungen der Adressen

Für die Koordinaten ist die Selbsthaltefunktion bei der erweiterten Geometrie-Programmierung mit G1, G2 und G3 nur eingeschränkt gültig. Insbesondere ist die Programmierung eines Kreisbogens mit Mittelpunkt und nur einer Endpunktadresse möglich.

Bei Strecken und Kreisbögen wird die Selbsthaltefunktion der Ebenenkoordinaten nur dann herangezogen, wenn das Konturelement Strecke oder Kreisbogen durch die programmierten Adressen noch nicht vollständig bestimmt (d.h. berechenbar) ist.

Der selbsthaltende Wert **einer** Ebenenkoordinate wird als fehlende Geometrieadresse bei Strecken oder Kreisbögen zur Berechnung herangezogen, wenn die andere Ebenenkoordinate im NC-Satz programmiert wurde.

Ist ein Konturelement (Strecke oder Kreisbogen) durch die programmierten Adressen noch nicht bestimmt, ohne dass die Adresse einer Ebenenkoordinate programmiert wurde, so wird die Selbsthaltefunktion nur in **beiden** Ebenenkoordinaten gleichzeitig verwendet. Beim Kreisbogen mit Mittelpunktsprogrammierung wird dann ein Vollkreis abgefahren, beim Kreisbogen mit Radius und bei der Strecke entsteht eine Nullbewegung.

Bei der Konturzugprogrammierung mit G61 – G63 gibt es keine Selbsthaltefunktion bei den Adressen und Adresswerten der Koordinaten und geometrischen Parameter.

Vorbelegung der Kreismittelpunktskoordinaten:

Die Adressen I, J, K der inkrementellen Kreisbogenmittelpunkte oder der Pole erhalten – wenn die Programmierung erlaubt ist und die entsprechende absolute Adresse nicht programmiert wurde. - die Vorbelegung durch Null.

Die Werte der programmierten Adressen F, E, S, SK sowie die M-Zusatzfunktionen **bleiben selbsthaltend bestehen, bis sie erneut verändert werden.**

Programmierung der Koordinaten und Interpolationsadressen

Die Koordinaten und Interpolationsadressen können entweder im Absolutmaß (G90), im Kettenmaß (G91) oder auch gemischt innerhalb eines NC-Satzes programmiert werden.

Adressen	X, Y, Z	Koordinaten des Zielpunktes	gesteuert durch G90/G91
	XI, YI, ZI	Koordinaten des Zielpunktes	inkrementell zur Startposition
	XA, YA, ZA	Koordinaten des Zielpunktes	in Werkstückkoordinaten (absolut)
	I, J, K	Kreismittelpunkts/Pol-Adressen	inkrementell zur Startposition (Koordinatendifferenz zwischen Kreismittelpunkt oder Pol und Startposition)
	IA, JA, KA	Kreismittelpunkts/Pol-Adressen	in Werkstückkoordinaten (absolut)

Vorschubgeschwindigkeit mit Selbsthaltefunktion

Adressen	F	Die Vorschubgeschwindigkeit wird in Millimeter pro Minute (mm/min) oder in Millimeter pro Umdrehung programmiert. Die Umschaltung zwischen beiden Einheiten erfolgt mit G94 oder G95.
	E	Zweiter Vorschub als Feinkonturvorschub und für Bearbeitungszyklen: Der Vorschub F wird auf den Feinkonturelementen Fase und Verrundung zwischen Strecken und Kreisbögen auf E abgeändert (i.a. verringert). Die Adresse E wird auch in Zyklen mit anderer Bedeutung als zweiter Vorschub verwendet. Wird in einem NC-Satz erstmalig die Adresse F ohne die Adresse E programmiert, so wird der Wert von E gleich dem von F gesetzt. Die Werte für F und E bleiben solange bestehen, bis sie erneut programmiert werden (Selbsthaltefunktion).

Spindeldrehzahl / Schnittgeschwindigkeit - selbsthaltend

Adressen	S	Die Spindeldrehzahl wird mit G97 in Umdrehungen pro Minute (U/min) oder mit G96 als Schnittgeschwindigkeit in (m/min) programmiert. Die Umrechnung der Schnittgeschwindigkeit in die Drehzahl benutzt beim Drehen die aktuelle X-Position des Werkzeuges und beim Fräsen den Fräserdurchmesser des Korrekturwertes. Wert von S bleibt solange bestehen, bis er erneut programmiert oder von der Steuerung gesetzt wird.
-----------------	---	---

Werkzeugwechsel T*

Der Werkzeugwechselbefehl kann allein oder in Verbindung mit der Schnitttechnologie oder einem linearen Verfahrensweg programmiert werden.

Adresse	T		Werkzeugnummer im Magazin Mit T0 wird das aktuelle Werkzeug im Pick-Up-Magazin abgelegt.
Optionale Adressen	TC	[1]	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer Es stehen 9 Korrekturwertspeicher TC1 bis TC9 für jedes Werkzeug zur Verfügung. TC0 Abwahl der Korrekturwerte (Werkzeugsetzpunkt als Verfahrenspunkt)
	TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes im aktuellen Korrekturwertspeicher
	TL	[0]	inkrementelle Veränderung der Werkzeuglänge im aktuellen Korrekturwertspeicher
	Voreinstellung der optionalen Adressen	TC	TC1
	TR	TR0	
	TL	TL0	

Programmierhinweis

Man beachte:

Die aktuellen Adresswerte von TC, TR und TL werden bei einem Werkzeugwechsel oder bei der Programmierung einer Korrekturwertspeichernummer auf die Werte der Voreinstellung zurückgesetzt, falls sie nicht zusammen mit TC, TR oder TC neu programmiert werden.

Vor der Durchführung eines Werkzeugwechsels werden Werkzeugspindel und Kühlmittel ausgeschaltet und nach dem Wechsel **nicht** wieder eingeschaltet. Der Werkzeugwechselbefehl wird bei der PAL-Standard-Fräsmaschinenkonfiguration mit Pick-Up-Wechsler unmittelbar ausgeführt.

Mit dem Werkzeugwechselbefehl wird bei den MTS-Standard-Fräsmaschinenkonfigurationen mit Schwenkarm-Wechsler das Werkzeug zunächst in der Wechselposition bereitgestellt und mit dem Maschinenbefehl M6 der Werkzeugwechsel ausgeführt. Die Korrekturwertmanipulationen mit TR oder TL dürfen dann erst zusammen mit M6 programmiert werden.

Bei der Auswahl der T-Nummer des bereits in der Spindel eingesetzten Werkzeuges werden keine Verfahrbewegungen ausgelöst, sondern gegebenenfalls nur die Korrekturwertspeichernummer neu gesetzt und die inkrementellen Korrekturwertveränderungen zurückgesetzt.

Eine Änderung der Korrekturwerte (sei es durch TC oder TL) bewirkt eine sofortige Änderung der betroffenen Koordinaten des Werkstückkoordinatensystems (beim Fräsen i.a. nur der Z-Werkzeugposition), da sich die Werkzeugschneidenposition geändert hat. Eine Verfahrbewegung unterbleibt. Das Einstellen dieser Verschiebung erfolgt im ersten anschließenden Verfahrabsatz.

Zusatzfunktionen der Programmierung mit Selbsthaltefunktion

Allgemein		<p>Zu den Zusatzfunktionen, die in einem NC-Satz auch allein programmiert werden können, gehören die sogenannten Maschinenbefehle (M-Befehle).</p> <p>In einem NC-Satz können in der PAL-Syntax maximal zwei M-Befehle programmiert werden.</p> <p>Programmierte Zustände oder Setzungen bleiben solange erhalten, bis sie durch eine andere Zusatzfunktion wieder aufgehoben werden.</p>
Adresswerte	M0	Nach einem Satz, in dem M0 programmiert ist, wird das Programm angehalten, um z.B. das Werkstück zu vermessen oder ein Werkzeug manuell zu wechseln. Mit der Start- oder Enter-Taste wird der Programmablauf fortgesetzt.
	M3	Spindel einschalten - Drehrichtung: Rechts (im Uhrzeigersinn)
	M4	Spindel einschalten - Drehrichtung: Links (im Gegenuhrzeigersinn)
	M5	Spindel ausschalten
	M6	Werkzeug einwechseln, falls dies vom Schwenkarm/Magazin-Werkzeug-wechselmakro gefordert wird (optionaler M-Befehl).
	M7	2. Kühlmittelpumpe einschalten
	M8	Kühlmittelpumpe einschalten
	M9	Kühlmittelpumpe ausschalten
	M13	Spindeldrehung rechts und Kühlmittel ein
	M14	Spindeldrehung links und Kühlmittel ein
	M15	Spindel und Kühlmittel ausschalten
	M17	Mit diesem Befehl wird der Steuerung angezeigt, dass ein Unterprogramm beendet ist. Die Steuerung kehrt in das Hauptprogramm zurück und setzt das Programm in der Zeile nach dem Unterprogrammaufruf fort.
	M30	Mit diesem Befehl wird das Hauptprogramm beendet und es erfolgt ein Zurücksetzen auf den Einschaltzustand (u.a. Spindel aus, Kühlmittel aus). M30 wird im letzten NC-Satz programmiert.
	M60	Konstanter Vorschub (Werkzeugschneide)
	M61	Konstanter Vorschub mit Beeinflussung an Innen- und Außenecken

Wegbedingungen Fräsen nach DIN 66025

Gruppeneinteilung der Wegbedingungen nach DIN 66025 angepasst an PAL

Gruppe a:	Interpolationsart	(G0 - G3) , G4, G10 - G13, G22, G23, G29, G45 - G48, G61 - G63
Gruppe b:	Ebenenauswahl	G16, (G17 - G19)
Gruppe c:	Werkzeugkorrektur	(G40 - G42)
Gruppe d:	Nullpunktverschiebungen	(G53 - G57), (G50, G58 - G59), G66, G67
Gruppe e:	Einfahrverhalten	G9
Gruppe f:	Arbeitszyklen	G34 – G39, (G72 - G75, G80 - G89), G76 - G79
Gruppe h:	Maßangaben	(G70 - G71), (G90 - G91)
Gruppe j:	Vorschubvereinbarungen	(G94 - G95)
Gruppe k:	Spindel-Drehzahlvereinbarungen	(G96 - G97)

Die G-Befehle legen die gesamte Programmsteuerung fest.

Es können maximal zwei Wegbedingungen aus unterschiedlichen Gruppen in einem NC-Satz programmiert werden.

Alle Wegbedingungen der Gruppen b, d und f sowie die Wegbedingungen G22, G23, G29, G61 - G63, G70, G71 der Gruppen a, und h dürfen in einem NC-Satz nur allein programmiert werden.

Die Wegbedingungen der Gruppen j und k dürfen nicht mit G1 - G3 und G11 - G13 in einem NC-Satz programmiert werden.

Es werden jedoch noch weitere im einzelnen angegebene Einschränkungen für Wegbedingungen vereinbart, die sich nicht gemeinsam mit anderen programmieren lassen (z.B. G2/G3 mit G41/G42).

Die fett markierten oder eingeklammerten zueinander alternativen Wegbedingungen einer Untergruppe sind prinzipiell innerhalb ihrer Gruppe selbsthaltend. In der Gruppe d können dies bis zu vier und in h zwei Wegbedingungen sein.

Nicht selbsthaltend sind die Wegbedingungen G4, G9, G10 – G13, G16, G22 – G23, G34 - G39, G45 – G48, G61 – G63, G76 – G80.

Technologieprogrammierung bei den Wegbedingungen

Mit den Wegbedingungen können in den meisten Fällen die **technologischen Adressen F, E, S, M** – M auch zweifach – zusammen mit einem G-Befehl oder auch als eigener NC-Satz ohne G-Befehl programmiert werden. Welche Technologieadressen bei einem Wegbefehl programmiert werden können, ist in der NC-Satz-Syntax im einzelnen festgelegt.

Die Programmierung eines Werkzeugwechsels ist allein sowie zusammen mit G0, G1, G10, G11 und G90 bis G97 zugelassen.

Tabelle der Ausführungsreihenfolgen der Technologie und Zusatzfunktionen

werden vor einem Verfahrbefehl ausgeführt		werden nach einem Verfahrbefehl ausgeführt	
M3/M4	Spindel ein	M0	Programmierer Halt
M7/M8	Kühlmittel ein	M5	Spindel ausschalten
F	Vorschub	M9	Kühlmittel ausschalten
S	Spindeldrehzahl	M17	Unterprogrammende
T	Werkzeugwechsel	M30	Programmende

Beim Programmieren der Spindeldrehzahl wartet die Steuerung bei Vorschubbewegungen das Erreichen der Drehzahl ab.

Satznummer	Am Anfang eines jeden NC-Satzes kann eine Satznummer programmiert werden.
Kommentare	Damit ein NC-Programm übersichtlich und nachvollziehbar anlegt werden kann, gibt es die Möglichkeit, Erläuterungen und Kommentare zu einzelnen NC-Sätzen oder ganzen Programmteilen in das NC-Programm aufzunehmen. Um die Kommentare von den eigentlichen Programmsätzen zu unterscheiden, werden sie mit einem besonderen Zeichen begonnen. Die Kommentare werden von der CNC-Steuerung mit Ausnahme des Einrichtblattes überlesen.
Kommentar-Anfangszeichen	; Als Kommentar-Anfangszeichen wird ";" (Semikolon) verwendet. Vom Kommentarzeichen ";" an wird der Rest der Zeile als Kommentar betrachtet. (Runde Klammern sind für die Parameterprogrammierung reserviert.)
Fortsetzungszeilen	~ Fortsetzungszeilen werden mit einer „~“ (Tilde) als letztem Zeichen der vorhergehenden Zeile gekennzeichnet.
Leerzeichen	„ „ Leerzeichen vor Adressen sind nicht notwendig – erhöhen aber die Lesbarkeit.

Einschaltzustand

Mit dem Start eines NC-Programmes geht die PAL-Steuerung von folgendem Einschaltzustand der G-Befehle aus:

G17, G90, G53, G71, G40, G1, G97, G94

Folgende Zusatzfunktionen sind beim Programmstart angewählt: **M5, M9, M60**

Für die Vorschub- und Drehzahlregister gilt beim Programmstart: **F0.0, S0**

Der Werkzeugbezugspunkt steht auf den Maximalwerten des Verfahrbereiches oder auf den Achswerten eines konfigurierten Werkzeugwechsellpunktes.

Festlegungen für die nachstehende Syntaxbeschreibung

NC-Satz-Syntaxzeile	Eine NC-Satz-Syntaxzeile besteht aus einem oder mehreren G-Befehlen gefolgt von der Liste der programmierbaren obligaten und optionalen Adressen, die mit diesem oder diesen G-Befehlen programmiert werden können. Es werden für einige Wegbefehle auch alternative NC-Satz-Syntaxzeilen bei komplexeren Adressabhängigkeiten angegeben.
Adressen	So werden die obligaten Adressen bezeichnet, die zusammen mit dem G-Befehl programmiert werden müssen.
Optionale Adressen	<p>Die optionale Adressen von Wegbefehlen werden in der NC-Satz-Syntaxzeile in eckigen Klammern angegeben. Die optionalen Adressen müssen nicht programmiert werden, da es für sie eine steuerungsinterne Vorbelegung des Adresswertes gibt, die verwendet wird, wenn im NC-Satz nichts anderes steht. Diese Voreinstellung gilt nur für diesen Wegbefehl.</p> <p>Der zugehörige voreingestellte Adresszahlenwert oder eine Berechnungsformel steht bei den Adress-Erklärungen der NC-Satz-Syntaxzeile in eckigen Klammern hinter dem Adressnamen oder bei textuell angegebenen Voreinstellungen (z.B. Werkzeugeinstellwinkel) in eckigen Klammern unter oder hinter dem Erläuterungstext zum Adressnamen.</p> <p>Bei den selbsthaltenden (modal wirkenden) optionalen Adressen, Vorschub F, Feinkonturvorschub E, Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit S, M-Zusatzfunktionen, werden diese Werte standardmäßig als globale Vorbelegung verwendet. Daher gibt es für diese Werte keine für eine NC-Satz-Syntax spezifische Vorbelegung und es wird in der Syntaxbeschreibung keine Vorbelegung dieser Adressen angegeben.</p>
Adressgruppen	Mehrere Adressen und/oder optionale Adressen können mit runden Klammern zu Adressgruppen zusammengefasst werden.
Optionale Adressgruppen	Sind in einer eckigen Klammerung nicht optionale Adressen zusammengefasst, so müssen entweder alle oder keine der nicht optionalen Adressen programmiert werden.
Alternative Adressen und alternative Adressgruppen	<p>Gibt es für eine Adresse oder eine Adressgruppe in der NC-Satz-Syntax Alternativen, so werden diese durch Schrägstrich getrennt.</p> <p>Sind zwei oder mehrere Adressen jeweils durch Schrägstrich getrennt, so kann von diesen nur eine programmiert werden. Diese Schrägstrichregelung gilt für Adressen, optionale Adressen, Adressen mit Adresswert und auch für die in runden Klammern zusammengefassten Adressgruppen</p> <p>.</p>
Selbsthaltefunktion	In der DIN-Programmierung sind die aktuellen Werkzeugkoordinaten (mit Einschränkungen), der Vorschub, der Feinkonturvorschub, die Drehzahl oder Schnittgeschwindigkeit, G-Befehle mit Schaltfunktion sowie die Einstellungen der M-Zusatzfunktionen selbsthaltend, d.h. sie bleiben solange bestehen bis sie in einem NC-Satz verändert werden.
aktuelle Werkzeugposition	<p>Unter der aktuellen Werkzeugposition wird die im NC-Programm zuletzt programmierte Position verstanden (bei G41/42 weicht die programmierte Position von der tatsächlichen ab).</p> <p>Beim Programmstart wird die aktuelle Werkzeugposition aus der Maschine übernommen, so dass die erste durch das Programm veranlasste Bewegung von einem im Programm unbekanntem Punkt aus erfolgt (Kollisionsgefahr).-</p>
Startpunkt	Unter Startpunkt einer Bewegung verstehen wir die aktuelle Werkzeugposition
G17	<p>Die meisten der nachstehend angegeben G-Befehle beziehen sich mit ihren Koordinatenangaben speziell auf die Fräs-Standardebene G17 mit der</p> <ol style="list-style-type: none">1. Geometrieachse X und der2. Geometrieachse Y sowie der3. Geometrieachse Z als Zustellachse. <p>Nur diese sind deshalb mit „NC-Satz (G17)“ gekennzeichnet. Mit der Adressstauschtafel (siehe dort und Standardebenenwahl) können diese G-Befehle für die anderen Bearbeitungsebenen G18 und G19 umgesetzt werden.</p>

Übersicht elementaren DIN-Befehle nach DIN 66025

G0	Verfahren im Eilgang
G1	Linearinterpolation im Arbeitsgang
G2	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn
G3	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn
G4	Verweildauer
G9	Genauhalt
G10	Verfahren im Eilgang in Polarkoordinaten
G11	Linearinterpolation im Arbeitsgang in Polarkoordinaten
G12	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten
G13	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten
G17	Ebenenwahl 2 ½-Bearbeitung (Standardebene)
G18	Ebenenwahl 2 ½-Bearbeitung (Standardebene)
G19	Ebenenwahl 2 ½-Bearbeitung (Standardebene)
G22	Unterprogrammaufruf
G23	Programmteilwiederholung
G29	Bedingte Programmsprünge
G40	Abwahl der Fräserradiuskorrektur (FRK)
G41/G42	Fräserradiuskorrektur (FRK) links/rechts von der Kontur
G45	Lineares tangenciales Anfahren an eine Kontur
G46	Lineares tangenciales Abfahren von einer Kontur
G47	Tangenciales Anfahren an eine Kontur im ¼-Kreis
G48	Tangenciales Abfahren von einer Kontur im ¼-Kreis
G50	Aufheben der inkrementellen Nullpunktverschiebungen und Drehungen
G53	Alle Nullpunktverschiebungen und Drehungen aufheben
G54 - G57	Einstellbare absolute Nullpunkte
G58	Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung polar und Drehung
G59	Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung kartesisch und Drehung
G61	Linearinterpolation für Konturzüge
G62	Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn für Konturzüge
G63	Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn für Konturzüge
G66	Spiegelung an der X- und/oder Y-Achse – Spiegelung aufheben
G67	Skalieren (Vergrößern bzw. Verkleinern oder Aufheben)
G70	Umschaltung auf Maßeinheit Zoll (Inch)
G71	Umschaltung auf Maßeinheit Millimeter (mm)
G90	Absolutmaßangabe einschalten
G91	Kettenmaßangabe einschalten
G94	Vorschub in Millimeter pro Minute
G95	Vorschub in Millimeter pro Umdrehung
G96	Konstante Schnittgeschwindigkeit
G97	Konstante Drehzahl

G0 Verfahren im Eilgang

Funktion Das Werkzeug verfährt mit größtmöglicher Geschwindigkeit auf den mit X, Y und Z programmierten Zielpunkt. Die Eilgangbewegung endet mit einem **Genauhalt auf der programmierten Position**.

Das Anfahren des Zielpunktes erfolgt in der Zustellkoordinate mit der üblichen **Eilganglogik** (s.u.).

NC-Satz **G0** [X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] [E] [F] [S] [M] [TC] [TR] [TL]

Optionale Adressen

X, XI, XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition X10]
Y, YI, YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition Y10]
Z, ZI, ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition Z10]
E	Feinkonturvorschub für Übergangselemente
F	Vorschub
S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen
TC [1]	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR [0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
TL [0]	inkrementelle Veränderung der Werkzeuglängenkorrektur

Programmierhinweise

Wird im gleichen NC-Satz eine Werkzeugspeicherveränderung T*, eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Es gibt eine ebenenspezifische Eilganglogik bezüglich der Ebenenzustellachse.

1. Eilgangbewegungen in positiver Zustellachsrichtung werden zuerst ausgeführt und dann die Eilgangbewegung innerhalb der Bearbeitungsebene
2. Eilgangbewegungen in negativer Zustellachsrichtung werden nach der Eilgangbewegung in der Bearbeitungsebene ausgeführt.

G1 Linearinterpolation im Arbeitsgang

Funktion Das Werkzeug verfährt linear mit der programmierten Vorschubgeschwindigkeit auf den programmierten Endpunkt der Strecke.

NC-Satz (G17) G1 [X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] [D] [AS] [RN] [H] [E] [F] [S] [M] [TC] [TR] [TL]

Alternative und optionale Adressen	X, XI, XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition mit Einschränkung (siehe Programmierhinweise)]	
	Y, YI, YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition mit Einschränkung (siehe Programmierhinweise)]	
	Z, ZI, ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]	
	D	Länge der Verfahrstrecke in der Bearbeitungsebene (D positiv)	
	AS	Anstiegswinkel der Verfahrstrecke in der Bearbeitungsebene bezogen auf die positive erste Geometrieachse (G17: X, G18: Z, G19: Y)	
	Optionale Adressen	RN [0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
		H [1]	Lösungsauswahl Winkelkriterium bei Doppellösungen (falls D aber nicht AS programmiert ist) H1 kleiner Anstiegswinkel zur positiven ersten Geometrieachse H2 größerer Anstiegswinkel zur positiven ersten Geometrieachse
		E	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
		F	Vorschub
		S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
		M	Zusatzfunktionen
		TC [1]	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
TR [0]		inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes	
TL [0]		inkrementelle Veränderung der Werkzeuglängenkorrektur	

Programmierhinweise Es können maximal zwei der vier Geometrieadressen X, Y, D, AS programmiert werden. Die Koordinaten-Selbthaltefunktion wird bei einer nicht programmierten Endpunkt-Koordinate der Strecke nur dann verwendet, wenn als Geometrieadresse nur die andere Endpunkt-Koordinate programmiert wurde.
Winkel, Längen, Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene gemessen bzw. eingefügt (d.h. Bewegungen in der Zustellachse werden bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt, siehe Anhang VII).
Wird im gleichen NC-Satz eine Werkzeugspeicherveränderung T*, eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren. Ein Spindelhalt M5 und das Ausschalten des Kühlmittels M9 werden erst am Ende des Verfahrsatzes ausgeführt

G2 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn

Funktion

Das Werkzeug verfährt mit dem programmierten Vorschub auf einem Kreisbogen in der Bearbeitungsebene im Uhrzeigersinn auf den programmierten Kreisbogen-Endpunkt.

Die Festlegung der Drehrichtung „Uhrzeigersinn“ oder „Gegenuhrzeigersinn“ bezieht sich auf die Relativbewegung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück in der Bearbeitungsebene betrachtet in negativer Richtung der auf dieser Ebene senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse (3. Geometrieachse oder Zustellachse).

Zur Bestimmung des Kreisbogens muss neben dem Endpunkt eine der drei zueinander alternativen Eingaben, Koordinaten des Kreismittelpunktes oder Kreisradius oder Öffnungswinkel des Kreissektors, programmiert werden.

Wird außerdem ein Zustellwert in der dritten Geometrieachse programmiert, der vom Ausgangswert des Startpunktes abweicht, so verfährt das Werkzeug in der sogenannten Schraubenlinieninterpolation (Helix). Hierbei wird dem Abfahren des Kreisbogens in der Bearbeitungsebene eine lineare Vorschubbewegung in der Zustellrichtung überlagert.

NC-Satz-Alternativen (G17)

G2	[X /XI /XA]	[Y /YI /YA]	[Z /ZI /ZA]	I /IA	[J /JA]	[RN]	[O]	[E]	[F]	[S]	[M]
G2	[X /XI /XA]	[Y /YI /YA]	[Z /ZI /ZA]	J /JA		[RN]	[O]	[E]	[F]	[S]	[M]
G2	[X /XI /XA]	[Y /YI /YA]	[Z /ZI /ZA]	R		[RN]	[O]	[E]	[F]	[S]	[M]
G2	[X /XI /XA]	[Y /YI /YA]	[Z /ZI /ZA]	AO		[RN]	[O]	[E]	[F]	[S]	[M]

Alternative und optionale Adressen

X, XI, XA		X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17) X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition mit Einschränkung (siehe Programmierhinweise)]
Y, YI, YA		Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17) Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition mit Einschränkung (siehe Programmierhinweise)]
Z, ZI, ZA		Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes (Zustelladresse G17) Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]
I, IA	[I0]	X-Mittelpunktskoordinate in G17, G18 I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA absolute Mittelpunktskoordinateneingabe
J, JA	[J0]	Y-Mittelpunktskoordinate in G17, G19 J inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition JA absolute Mittelpunktskoordinateneingabe
R		Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium R+ kürzerer Bogen R- längerer Bogen
AO		Öffnungswinkel (AO nur positiv zugelassen, da die Kreisorientierung mit G2 oder G3 festgelegt wird)
RN	[0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe. Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
O	[1]	Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium O1 kürzerer Kreisbogen O2 längerer Kreisbogen

Optionale Adressen

E	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
F	Vorschub
S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen

Programmierhinweise

Die Koordinaten-Selbthaltefunktion wird bei einer nicht programmierten Endpunkt-Koordinate der Bearbeitungsebene des Kreisbogens nur dann verwendet, wenn dies für die Bestimmung des Konturelementes notwendig ist. Die Selbthaltefunktion für beide Endpunkt-Koordinaten der Bearbeitungsebene erzeugt bei der Programmierung des Mittelpunktes eine Vollkreisbewegung und bei der Programmierung des Kreisradius oder des Öffnungswinkels eine Null-Bewegung.

Je nach Ebenenanwahl können nur die zu dieser Bearbeitungsebene gehörigen beiden Mittelpunktskoordinaten programmiert werden.

Bei der Programmierung des Kreismittelpunktes ist zu beachten, dass eine nicht programmierte Mittelpunkts-Koordinate den inkrementellen Wert null als Vorbelegung erhält. Die Lösungsauswahl wird mit der Adresse O des Bogenlängenkriteriums programmiert.

Wird dabei auch eine zweite Endpunktadresse programmiert, so muss deren Wert zu genau einer der möglichen Lösungen passen. Das Bogenlängenkriterium ist dann ohne Bedeutung (die veraltete „klassische“ überbestimmte Kreisbogenprogrammierung mit X,Y,I,J).

Bei der Programmierung des Kreisradius erfolgt die Lösungsauswahl mit dem Bogenlängenkriterium über das Vorzeichen des Radiuswertes. Die Programmierung von O wird in diesem Fall ignoriert.

Winkel ,Längen, Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene der ersten und zweiten Geometrieachse gemessen bzw. eingefügt (d.h. Bewegungen in der Zustellachse werden bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt, siehe Anhang VII).

Kann keine Lösung aus den Adresswerten berechnet werden, wird dies von der Steuerung durch eine Fehlermeldung angezeigt.

Die Programmierung der Zustellkoordinate des Zielpunktes erzeugt eine Schraubenlinieninterpolation.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

G3 Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn

Funktion

Das Werkzeug verfährt mit dem programmierten Vorschub auf einem Kreisbogen in der Bearbeitungsebene entgegen dem Uhrzeigersinn auf den programmierten Kreisbogen-Endpunkt.

Die Festlegung der Drehrichtung „Uhrzeigersinn“ oder „Gegenuhrzeigersinn“ bezieht sich auf die Relativbewegung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück in der Bearbeitungsebene betrachtet in negativer Richtung der auf dieser Ebene senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse (3. Geometrieachse oder Zustellachse).

Zur Bestimmung des Kreisbogens muss neben dem Endpunkt eine der drei zueinander alternativen Eingaben, Koordinaten des Kreismittelpunktes oder Kreisradius oder Öffnungswinkel des Kreissektors, programmiert werden.

Wird außerdem ein Zustellwert in der dritten Geometrieachse programmiert, der vom Ausgangswert des Startpunktes abweicht, so verfährt das Werkzeug in der sogenannten Schraubenlinieninterpolation (Helix). Hierbei wird dem Abfahren des Kreisbogens in der Bearbeitungsebene eine lineare Vorschubbewegung in Z-Richtung überlagert.

NC-Satz-Alternativen (G17)	G3	[X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] I /IA [J /JA] [RN] [O] [E] [F] [S] [M]
	G3	[X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] J /JA [RN] [O] [E] [F] [S] [M]
	G3	[X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] R [RN] [O] [E] [F] [S] [M]
	G3	[X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] AO [RN] [O] [E] [F] [S] [M]

Alternative und optionale Adressen

X, XI, XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17) X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition mit Einschränkung (siehe Programmierhinweise)]
Y, YI, YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17) Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition mit Einschränkung (siehe Programmierhinweise)]
Z, ZI, ZA	Z-Koordinateneingabe des Zielpunktes Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]
I, IA [I0]	X-Mittelpunktskoordinate in G17, G18 I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA absolute Mittelpunktskoordinateneingabe
J, JA [J0]	Y-Mittelpunktskoordinate in G17, G19 J inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition JA absolute Mittelpunktskoordinateneingabe
R	Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium R+ kürzerer Bogen R- längerer Bogen
AO	Öffnungswinkel (AO nur positiv zugelassen, da die Kreisorientierung mit G2 oder G3 festgelegt wird)

Optionale Adressen

RN [0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe. Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
O [1]	Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium O1 kürzerer Kreisbogen O2 längerer Kreisbogen

E	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
F	Vorschub
S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen

**Programmier-
hinweise**

Die Koordinaten-Selbthaltefunktion wird bei einer nicht programmierten Endpunkt-Koordinate der Bearbeitungsebene des Kreisbogens nur dann verwendet, wenn dies für die Bestimmung des Konturelementes notwendig ist. Die Selbthaltefunktion für beide Endpunkt-Koordinaten der Bearbeitungsebene erzeugt bei der Programmierung des Mittelpunktes eine Vollkreisbewegung und bei der Programmierung des Kreisradius oder des Öffnungswinkels eine Null-Bewegung.

Je nach Ebenenanwahl können nur die zu dieser Bearbeitungsebene gehörigen beiden Mittelpunktskoordinaten programmiert werden.

Bei der Programmierung des Kreismittelpunktes ist zu beachten, dass eine nicht programmierte Mittelpunkts-Koordinate den inkrementellen Wert null als Vorbelegung erhält. Die Lösungsauswahl wird mit der Adresse O des Bogenlängenkriteriums programmiert.

Wird dabei auch eine zweite Endpunktadresse programmiert, so muss deren Wert zu genau einer der möglichen Lösungen passen. Das Bogenlängenkriterium ist dann ohne Bedeutung (die veraltete „klassische“ überbestimmte Kreisbogenprogrammierung mit X;Y;I;J).

Bei der Programmierung des Kreisradius erfolgt die Lösungsauswahl mit dem Bogenlängenkriterium über das Vorzeichen des Radiuswertes. Die Programmierung von O wird in diesem Fall ignoriert.

Winkel ,Längen, Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene der ersten und zweiten Geometrieachse gemessen bzw. eingefügt (d.h. Bewegungen in der Zustellachse werden bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt, siehe Anhang VII).

Kann keine Lösung aus den Adresswerten berechnet werden, wird dies von der Steuerung durch eine Fehlermeldung angezeigt.

Die Programmierung der Zustellkoordinate des Zielpunktes erzeugt eine Schraubenlinieninterpolation.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

G4 Verweildauer

Funktion	Die Werkzeugbewegung wird für die angegebene Verweilzeit unterbrochen.		
NC-Satz	G4	U [O]	
Adressen	U		Verweildauer in Sekunden / Umdrehungen
Optionale Adressen	O	[1]	Auswahl der Verweilzeiteinheit O1 Verweilzeit in Sekunden O2 Verweilzeit in Umdrehungen
Programmierhinweise	Der Befehl G4 wird zum Spanbruch, Freischneiden des Werkzeuges oder Entspänen programmiert.		

G9 Genauhalt

Funktion	Wird in einem NC-Satz G9 ergänzend zu G1, G2, G3 programmiert, so wird die Vorschubgeschwindigkeit mit dem Erreichen des programmierten Zielpunktes auf Null verzögert. Erst danach wird der folgende Verfahrssatzes abgearbeitet.
NC-Satz	G9
Beschreibung	Da NC-Programme kontinuierlich abgearbeitet werden, d.h. ohne den Vorschub zu reduzieren, führt dies physikalisch bedingt durch den Schleppfehler zum Brechen von Kanten. Sollen die programmierten Koordinaten exakt angefahren werden, so muss der Befehl G9 programmiert werden.
Programmierhinweise	Der Befehl G9 kann am Anfang oder am Ende eines NC-Satzes stehen. Man beachte: Eine Eilgangbewegung wird stets mit Genauhalt abgeschlossen.

G10 Verfahren mit Eilgang in Polarkoordinaten

Funktion	Das Werkzeug verfährt mit größtmöglicher Geschwindigkeit linear zum programmierten Zielpunkt. Der Endpunkt wird in Polarkoordinaten angegeben. Die Eilgangbewegung endet mit einem Genauhalt auf der programmierten Position.		
NC-Satz (G17)	G10	RP AP/AI [I /IA] [J /JA] [Z /ZI /ZA] [E] [F] [S] [M] [TC] [TR] [TL]	
	RP		Polarradius
	AP		Polarwinkel bezogen auf die positive 1.Geometrieachse (X in G17)
	AI		Inkrementeller Polarwinkel bezogen auf den Polarwinkel der aktuellen Werkzeugposition. Diese Adresse ist nur erlaubt, wenn der Pol von der aktuellen Werkzeugposition verschieden ist.
Optionale Adressen	I, IA	(I0)	X-Koordinate des Pols (1.Geometrieachse) I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	J, JA	(J0)	Y-Koordinate des Pols (2.Geometrieachse) J inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition JA Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	Z, ZI, ZA		Zustellung in der 3.Geometrieachse Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]
	E		Feinkonturvorschub für Übergangselemente
	F		Vorschub
	S		Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M		Zusatzfunktionen
	TC	[1]	Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
	TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
	TL	[0]	inkrementelle Veränderung der Werkzeuglängenkorrektur
Programmierhinweise	Wird im gleichen NC-Satz eine Werkzeugspeicherveränderung T*, eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf den Zielpunkt verfahren.		

G11 Linearinterpolation in Polarkoordinaten

Funktion	Das Werkzeug verfährt mit der gewählten Vorschubgeschwindigkeit auf einer Geraden zum programmierten Zielpunkt. Der Endpunkt wird in Polarkoordinaten angegeben.		
NC-Satz (G17)	G11	RP AP/AI [I /IA] [J /JA] [Z /ZI /ZA] [RN] [E] [F] [S] [M] [TC] [TR] [TL]	
Adressen	RP		Polarradius
	AP		Polarwinkel bezogen auf die positive 1.Geometrieachse (X in G17)
	AI		Inkrementeller Polarwinkel bezogen auf den Polarwinkel der aktuellen Werkzeugposition. Diese Adresse ist nur erlaubt, wenn der Pol von der aktuellen Werkzeugposition verschieden ist.
Optionale Adressen	I, IA	(I0)	X-Koordinate des Pols (1.Geometrieachse) I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	J, JA	(J0)	Y-Koordinate des Pols (2.Geometrieachse) J inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition JA Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	Z, ZI, ZA		Zustellung in der 3.Geometrieachse Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]
	RN	[0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe. Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
	E		Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
	F		Vorschub
	S		Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M		Zusatzfunktionen
	TC	[1]	nwahl der Korrekturwertspeichernummer
	TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
	TL	[0]	inkrementelle Veränderung der Werkzeuglängenkorrektur
Programmierhinweise	Wird im gleichen NC-Satz eine Werkzeugspeicherveränderung T*, eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf den Zielpunkt verfahren.		

G12 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten

Funktion Das Werkzeug verfährt mit der gewählten Vorschubgeschwindigkeit auf einem Kreisbogen im Uhrzeigersinn vom Startpunkt zum in Polarkoordinaten programmierten Zielpunkt. Startpunkt ist die aktuelle Werkzeugposition. Der Kreismittelpunkt ist mit dem Pol identisch. Der Polarradius ergibt sich aus dem Abstand des Startpunktes zum Pol/Kreismittelpunkt.

NC-Satz (G17) **G12** **AP/AI [I /IA] [J /JA] [Z /ZI /ZA] [RN] [E] [F] [S] [M]**

Adressen	AP	Polarwinkel des Zielpunktes zur positiven 1.Geometrieachse
	AI	Inkrementeller Polarwinkel bezogen auf den Polarwinkel der aktuellen Werkzeugposition. Diese Adresse ist nur erlaubt, wenn der Pol von der aktuellen Werkzeugposition verschieden ist.
Optionale Adressen	I, IA (I0)	X-Koordinate des Pols (1.Geometrieachse) I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	J, JA (J0)	Y-Koordinate des Pols (2.Geometrieachse) J inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition JA Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	Z, ZI, ZA	Zustellung in der 3.Geometrieachse Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]
	RN [0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe. Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
	E	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
	F	Vorschub
	S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen

Programmierhinweise Der Winkel AP oder AI kann mit negativer oder positiver Winkelorientierung programmiert werden. Er muss nicht in der Orientierung des Kreisbogens angegeben werden, da er nur den Endpunkt des Kreisbogens aber nicht den Öffnungswinkel des abzufahrenden Kreisbogens festlegt.

Der positive Winkel AI entspricht dem Winkel AO aus G2/G3 und G62/G63, der aber nur als Betrag programmiert werden kann. AI kann hier jedoch durch die Orientierung der Winkelmessung auch ein negatives Vorzeichen haben.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf den Zielpunkt verfahren.

G13 Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn in Polarkoordinaten

Funktion Das Werkzeug verfährt mit der gewählten Vorschubgeschwindigkeit auf einem Kreisbogen entgegen dem Uhrzeigersinn vom Startpunkt zum in Polarkoordinaten programmierten Zielpunkt. Startpunkt ist die aktuelle Werkzeugposition. Der Kreismittelpunkt ist mit dem Pol identisch. Der Polarradius ergibt sich aus dem Abstand des Startpunktes zum Pol/Kreismittelpunkt.

NC-Satz (G17)	G13	AP/AI [I /IA] [J /JA] [Z /ZI /ZA] [RN] [E] [F] [S] [M]
Adressen	AP	Polarwinkel des Zielpunktes zur positiven 1.Geometrieachse
	AI	Inkrementeller Polarwinkel bezogen auf den Polarwinkel der aktuellen Werkzeugposition. Diese Adresse ist nur erlaubt, wenn der Pol von der aktuellen Werkzeugposition verschieden ist.
Optionale Adressen	I, IA (I0)	X-Koordinate des Pols (1.Geometrieachse) I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	J, JA (J0)	Y-Koordinate des Pols (2.Geometrieachse) J inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition JA Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	Z, ZI, ZA	Zustellung in der 3.Geometrieachse Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]
	RN [0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe. Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
	E	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
	F	Vorschub
	S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen

Programmierhinweise Der Winkel AP oder AI kann mit negativer oder positiver Winkelorientierung programmiert werden. Er muss nicht in der Orientierung des Kreisbogens angegeben werden, da er nur den Endpunkt des Kreisbogens aber nicht den Öffnungswinkel des abzufahrenden Kreisbogens festlegt.

Der positive Winkel AI entspricht dem Winkel AO aus G2/G3 und G62/G63, der aber nur als Betrag programmiert werden kann. AI kann hier jedoch durch die Orientierung der Winkelmessung auch ein negatives Vorzeichen haben.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf den Zielpunkt verfahren.

Standardebenenwahl und Einschwenken der Bearbeitungsebene

Hinweis: Die 2½D-Bearbeitung in geschwenkten Bearbeitungsebenen der PAL2007-Befehlskodierung mit einer oder zwei zusätzlichen Dreh/Schwenkachsen (oder die simultane 5-Achsbearbeitung) ist eine über die dreiachsige Bearbeitung mit X, Y und Z hinausgehende Software-Erweiterungsoption, die vorhanden sein muss, um die Ebenenwahl und Dreh/Schwenk-Operationen sowie das Einrichten der entsprechenden CNC-Bearbeitungszentren in der Simulations-Software ausführen zu können. Diese Software-Erweiterungsoption kann auch nachträglich erworben werden. Dies betrifft die nachstehend beschriebene Programmierung von G18 und G19 und die beliebigen Bearbeitungsebenen.

Mit der Ebenenauswahl werden die an der Maschine vorhandenen Dreh/Schwenkachsen so eingestellt, dass die Werkzeugachse mit der Ebenen-Zustellachse übereinstimmt.

Dies erfolgt unter Berücksichtigung der in der Steuerung hinterlegten Maschinenkinematik. Die Ebenenwahl der 2½D-Bearbeitung ist unabhängig von der Maschinenkinematik.

Ist die Einstellung einer Ebene wegen einer fehlenden Drehachse nicht möglich, so wird dies als Fehler gemeldet. Für das Einstellen der Ebene gibt es die nachstehenden Auswahloptionen H1-H3.

Die Nullpunkte werden von der Steuerung für die angewählte Ebene berechnet und mitgeführt.

Da es für das Einschwenken einer Bearbeitungsebene im allgemeinen **zwei Lösungen** mit unterschiedlichen Schwenkwinkeln gibt, wird von der Steuerung automatisch eine vorkonfigurierte Lösung ausgewählt (z.B. die Lösung mit dem vom Bediener weggeschwenkten Maschinentisch). Durch mechanische Beschränkungen des Schwenkachsen – Verfahrbereichs kann in vielen Fällen nur eine Lösung eingestellt werden - manchmal auch keine, was zu einer Fehlermeldung führt.

Bei der **2½ D-Bearbeitung** ist die **direkte Programmierung der Dreh/Schwenkachsen** bis auf den Spezialaufruf der Standard-Bearbeitungsebene **nicht erlaubt** und führt zu einer Fehlermeldung der Steuerung.

Ebenen-Einschwenkverhalten bei der Ebenenwahl

Für das Einschwenken der Bearbeitungsebene gibt es ein mit der Adresse H auswählbares Einschwenkverhalten.

Bei den Schwenkoperationen bleiben alle Werkstücknullpunkte erhalten und bei H1 sowie H2 werden die Werkzeugkorrekturwerte beim Schwenken einer Werkzeugspindelachse automatisch nachgeführt, sofern die Maschine Schwenkachsen in der Werkzeugspindel hat.

H1 Einschwenken der Dreh/Schwenkachsen

Im Fall von **H1** wird das Werkstück bzw. die Werkzeugspindel bei einem Mehr-Achs-Bearbeitungszentrum so eingeschwenkt, dass die Werkzeugachse der Zustellachse der Bearbeitungsebene entspricht und das angewählte Ebenenkoordinatensystem aktiviert ist. Wird H nicht programmiert, so wird intern H1 gesetzt.

H2 Einschwenken mit Werkzeugausgleichsbewegung

Die Position eines mit DS vorgegebenen auf der Werkzeugachse liegenden Punktes wird als virtueller Drehpunkt beim Schwenken der Achsen durch Verfahrender Linearachsen X, Y und Z auf einer konstanten Position bezüglich des Werkstückes gehalten (Kollisionsvermeidung mit dem Werkstück beim Schwenken).

Mit der optionalen Adresse des Schwenkabstandes DS kann diese Schwenkposition auf der Werkzeugachse bezüglich des Werkzeugschneidenpunktes verschoben werden. Positives DS verschiebt die Schwenkposition in Richtung der negativen Zustelladresse (weg von der Spindel) und negatives DS in Richtung der Zustellachse (hin zu der Spindel). DS = 0 oder DS nicht programmiert verwendet den Werkzeugschneidenpunkt als virtuelle Schwenkposition.

H3 Kein Dreh/Schwenkachs-Einschwenken

Bei CNC-Maschinen mit manuellen Schwenkachsen finden „keine automatischen Schwenkachs-einstellungen“ statt. Nach Unterbrechung des Programmlaufs durch Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinenkinematik berechneten Dreh/Schwenkachswerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen und der Programmlauf wird von der Steuerungssoftware mit dem Einschwenken dieser Achsen ohne Werkzeugausgleichsbewegung analog H1 fortgesetzt (In TopMill erfolgt die Anzeige der Achswerte ab Version 7.4).

Adresstausch-Tabelle

**Allgemeine
Erläuterung**

Die Programmierung der 2½D-Bearbeitung in den Ebenen G17, G18 oder G19 legt ausgehend von einem XYZ Rechtssystem die Bearbeitungsebene mit einer ersten und zweiten Geometrieachse, in welcher die Kreisinterpolation stattfindet, und der dritten Geometrieachse als Zustellachse fest.

Bei einer Ebenenanwahl werden Skalierungen aufgehoben und eine eventuelle Drehung des Koordinatensystems in ein maschinenachsparalleles Koordinatensystem zurückgesetzt. Der inkrementell verschobene Werkstücknullpunkt bleibt aber erhalten.

Die hier für die Ebene G17 beschriebene PAL-Befehlskodierung Fräsen lässt sich auf die Ebenen G18 und G19 übertragen, indem man die beiden Ebenenadressen XY und die Zustelladresse Z von G17 sowie die Kreismittelpunkte und Pole I, IA sowie J, JA zyklisch austauscht.

Die Ebenenanwahlbefehle müssen allein in einem NC-Satz stehen.

Adresstausch - Tabelle

G17	X	Y	Z	XA	YA	ZA	XI	YI	ZI
G18	Z	X	Y	ZA	XA	YA	ZI	XI	YI
G19	Y	Z	X	YA	ZA	XA	YI	ZI	XI
G17	I	J	(K)	IA	JA	(KA)			
G18	K	I	(J)	KA	IA	(JA)			
G19	J	K	(I)	JA	KA	(IA)			

G17 Ebenenanwahl 2½D-Bearbeitung (Standardebene)

Funktion Mit dem Befehl G17 wird die XY - Ebene als Bearbeitungsebene mit der 1.Geometrieachse X und der 2.Geometrieachse Y festgelegt. Die Kreisinterpolation findet zwischen der ersten und zweiten Geometrieachse statt. Die Z-Koordinate ist Zustellachse (3. Geometrieachse), die aus der Bearbeitungsebene herauszeigt (Siehe auch Abschnitt Bearbeitungsebenenwahl).

Beim Einschwenken der Drehachsen aus einer anderen Bearbeitungsebene werden alle Werkstücknullpunkte und der translatorische Anteil der inkrementellen Nullpunktverschiebungen von der Steuerung automatisch mitgeführt.

NC-Satz G17 [H] [DS] [O] [Q]

Optionale Adressen

H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachsen H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen: Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinen kinematik berechneten Dreh/Schwenkachswerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programmablauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt.
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y, Z erhalten.
O	[1]	Zustellrichtungsauswahl O1 G17-Ebene mit Zustellung in negativer Z-Achsrichtung (Standard) O2 G17-Ebene mit Zustellung in positiver Z-Achsrichtung
Q	[1]	Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung

Programmierhinweise

Diese Bearbeitungsebene ist die Voreinstellung der Steuerungssoftware – muss also am Programmstart nicht programmiert werden.

Die optionalen Adressen H, DS werden zum Wiedereinstellen der G17–Ausgangsebene, der Maschinen-Standardebene der PAL-Fräsmaschine, benutzt, falls diese Ebene durch einen anderen Ebenenanwahlbefehl verlassen wurde.

Die optionalen Adressen O und Q werden nur bei vertikalen Maschinen mit vertikalem Aufspanntisch (z.B. Teilapparat) benötigt.

Man beachte:

Die Werkstückunterseite G17 O2 kann mit einer G17-Maschine in einer Aufspannung nur mit einem A/B-Teilapparat mit einer zur X/Y-Ebene senkrechten Aufspanfläche bearbeitet werden.

Diese Ebene G17 O2 mit der Zustellung in positiver Achsrichtung entspricht den Bearbeitungsebenen G17 A180 oder G17 B180, bei denen die Zustellachse aus der Bearbeitungsebene herauszeigt.

Eine mit G58 oder G59 programmierte Drehung des Koordinatensystems wird aufgehoben, so dass die Achsrichtungen wieder mit den Achsenrichtungen des Maschinenkoordinatensystems übereinstimmen (Reset der Drehungen).

Siehe auch Abschnitt 2½D-Bearbeitungsebenenwahl beliebiger Bearbeitungsebenen.

G18 Ebenenanwahl 2½D-Bearbeitung (Standardebene)

Funktion Mit dem Befehl G18 wird die XZ - Ebene als Bearbeitungsebene mit der 1.Geometrieachse Z und der 2.Geometrieachse X festgelegt. Die Kreisinterpolation findet zwischen der ersten und zweiten Geometrieachse statt. Die Y-Koordinate ist Zustellachse, die aus der Bearbeitungsebene herauszeigt (3. Geometrieachse).

Beim Einschwenken der Drehachsen aus einer anderen Bearbeitungsebene werden alle Werkstücknullpunkte und der translatorische Anteil der inkrementellen Nullpunktverschiebungen von der Steuerung automatisch mitgeführt.

Dieser Ebenenanwahlbefehl setzt das Vorhandensein der Software-Erweiterungsoption auf die 5-Achsbearbeitung und die Auswahl eines 5-Achsbearbeitungszentrums voraus.

NC-Satz G18 [H] [DS] [O] [Q]

Optionale Adressen

H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachsen H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen: Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinenkinematik berechneten Dreh/Schwenkachswerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programmlauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt.
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y ,Z erhalten.
O	[1]	Zustellrichtungsauswahl O1 G18-Ebene mit Zustellung in negativer Y-Achsrichtung (Standard) O2 G18-Ebene mit Zustellung in positiver Y-Achsrichtung
Q	[1]	Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung

Programmierhinweise

Man beachte:

Die Ebene G18 O2 mit der Zustellung in positiver Achsrichtung entspricht den Bearbeitungsebenen G18 A180 oder G18 C180, bei denen die Zustellachse aus der Bearbeitungsebene herauszeigt.

Eine mit G58 oder G59 programmierte Drehung des Koordinatensystems wird aufgehoben, so dass die Achsrichtungen wieder mit den Achsenrichtungen des Maschinenkoordinatensystems übereinstimmen (Reset der Drehungen).

Siehe auch Abschnitt 2½D-Bearbeitungsebenenwahl beliebiger Bearbeitungsebenen.

G19 Ebenenanwahl 2½D-Bearbeitung (Standardebene)

Funktion

Mit dem Befehl G19 wird die YZ - Ebene als Bearbeitungsebene mit der 1.Geometrieachse Y und der 2.Geometrieachse Z festgelegt. Die Kreisinterpolation findet zwischen der ersten und zweiten Geometrieachse statt. Die X-Koordinate ist Zustellachse, die aus der Bearbeitungsebene herauszeigt (3. Geometrieachse).

Beim Einschwenken der Drehachsen aus einer anderen Bearbeitungsebene werden alle Werkstücknullpunkte und der translatorische Anteil der inkrementellen Nullpunktverschiebungen von der Steuerung automatisch mitgeführt.

Dieser Ebenenanwahlbefehl setzt das Vorhandensein der Software-Erweiterungsoption auf die 5-Achsbearbeitung und die Auswahl eines 5-Achsbearbeitungszentrums voraus.

NC-Satz

G19 [H] [DS] [O] [Q]

Optionale Adressen

H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachsen H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen: Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinenkinematik berechneten Dreh/Schwenkachsweite kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programmablauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt.
DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y, Z erhalten
O	[1]	Zustellrichtungsauswahl O1 G19-Ebene mit Zustellung in negativer X-Achsrichtung (Standard) O2 G19-Ebene mit Zustellung in positiver X-Achsrichtung
Q	[1]	Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung

Programmierhinweise

Man beachte:

Die Ebene G19 O2 mit der Zustellung in positiver Achsrichtung entspricht den Bearbeitungsebenen G19 B180 oder G19 C180, bei denen die Zustellachse aus der Bearbeitungsebene herauszeigt.

Eine mit G58 oder G59 programmierte Drehung des Koordinatensystems wird aufgehoben, so dass die Achsrichtungen wieder mit den Achsenrichtungen des Maschinenkoordinatensystems übereinstimmen (Reset der Drehungen).

Siehe auch Abschnitt 2½D-Bearbeitungsebenenwahl beliebiger Bearbeitungsebenen.

G22 Unterprogrammaufruf

Funktion	Ein mit dem Befehl G22 aufgerufenes Unterprogramm L wird von der Steuerung abgearbeitet und anschließend das Hauptprogramm nach dem Aufruf fortgesetzt.		
NC-Satz	G22	L [H] [/]	
Adressen	L		unter dieser Adresse wird die Nummer des Unterprogramms programmiert
Optionale Adressen	H	[1]	Anzahl der Wiederholungen
	/		Ausblendeebene [Es wird keine Ausblendeebene angewählt]
Programmierhinweise	<p>Der Befehl G22 muss allein in einem NC-Satz stehen.</p> <p>Innerhalb eines Unterprogramms können weitere Unterprogramme aufgerufen werden. Die maximale Verschachtelungstiefe beträgt 10.</p> <p>Unterprogrammstruktur</p> <p>Im Unterprogramm steht in der ersten Spalte der ersten Zeile der Unterprogrammkenbuchstabe L gefolgt von der direkt an L anschließenden Unterprogrammnummer. Die letzte Zeile des Unterprogramms muss den Rücksprung M17 als einzigen Befehl enthalten, damit der Rücksprung ins Hauptprogramm bzw. ins aufrufende Unterprogramm korrekt erfolgt.</p> <p>Für den Datenaustausch zwischen PAL2007-Softwaresystemen sollten Unterprogramme in zwei Varianten abgespeichert werden können:</p> <p>Globales Unterprogramm</p> <p>Ein globales Unterprogramm wird als eine eingeständige externe Datei mit dem Dateinamen "L gefolgt von der Unterprogrammnummer" und der Datei-Extension .fnc (beim Fräsen und entsprechend .dnc beim Drehen) angelegt.</p> <p>Lokales Unterprogramm</p> <p>Ein lokales Unterprogramm wird nach M30 an das Hauptprogramm angehängt und beginnt definitionsgemäß mit dem Unterprogrammbuchstaben L in der ersten Spalte der ersten Unterprogrammzeile gefolgt von der Unterprogrammnummer und endend mit M17 in der letzten Unterprogrammzeile. Davor oder daran anschließend können weitere lokale Unterprogramme stehen.</p> <p>Gibt es ein lokales und ein globales Unterprogramm mit dem gleichen Dateinamen, so wird das lokale Unterprogramm verwendet.</p> <p>Ausblendeebenen im Unterprogramm</p> <p>Mit Hilfe der Sonderadresse „/“ wird die Steuerung veranlasst, bestimmte NC-Sätze des Unterprogramms nicht abzuarbeiten, also „auszublenden“. Da ein Unterprogramm mehrere Ausblendeebenen enthalten kann, können beispielsweise beim ersten Aufruf des Unterprogramms NC-Sätze ausgespart werden, die wiederum bei einem zweiten Aufruf desselben Unterprogramms abgearbeitet werden. Oder umgekehrt können für den zweiten Aufruf diejenigen NC-Sätze als Ausblendeebenen definiert werden, die nur für die erste Abarbeitung des Unterprogramms bestimmt waren. Die Sonderadresse „/“ wird dabei mit der ganzzahligen positiven Nummer der auszublendenden Ebene als Adresswert programmiert.</p> <p>Die NC-Sätze einer Ausblendeebene im Unterprogramm werden durch die Sonderadresse „/“ mit der Ebenennummer als Adresswert als erste Adresse nach der NC-Satznummer gekennzeichnet. Die Sätze einer Ausblendeebene, die den gleichen Ausblend-Adresswert haben, können im Unterprogramm beliebig verteilt liegen.</p> <p>Wird ein Unterprogramm mit einer Ausblendeebene angewählt, so werden die NC-Sätze der im Unterprogrammaufruf programmierten Ausblendeebene bei der Unterprogrammausführung übersprungen. Die NC-Sätze anderer Ausblendeebenen und die keiner Ebene zugeordneten NC-Sätze werden ausgeführt.</p> <p>Soll im Unterprogramm einem Unterprogrammaufruf (verschachtelter Unterprogrammaufruf) eine Ausblendeebene zugeordnet werden, so muss die Sonderadresse „/“ direkt nach der NC-Satznummer und damit vor dem G22-Befehl stehen.</p>		

G23 Programmteilwiederholung

Funktion	Mit dem Befehl G23 wird ein Teil eines NC-Programms wiederholt.		
NC-Satz	G23	N N [H]	
Adressen	N		Startsatznummer: Satznummer, ab der die Wiederholung beginnen soll.
	N		Endsatznummer: Satznummer des Hauptprogramms, bis zu der die Programmabschnittswiederholung ausgeführt werden soll.
Optionale Adressen	H	[1]	Anzahl der Wiederholungen
Programmierhinweise	<p>Die Steuerung sucht vom Programmanfang aus die beiden Satznummern. Findet sie die Endsatznummer vor der Startsatznummer oder eine der beiden programmierten Satznummern nicht, so wird der Programmlauf mit Fehlermeldung abgebrochen.</p> <p>Eine Programmteilwiederholung darf in einem Unterprogramm nicht programmiert werden.</p> <p>Selbsthaltende Befehle, die in der Programmteilwiederholung programmiert werden, bleiben während und auch nach der Programmteilwiederholung wirksam.</p> <p>Der Befehl G23 muss allein in einem NC-Satz stehen.</p>		

G29 Bedingte Programmsprünge

Funktion Bedingter Sprung zur Satznummer N
Es wird der Adresswert V mit dem Adresswert W mit der mit O ausgewählten Vergleichsrelation verglichen und es erfolgt ein Sprung zur Satznummer N, falls die Vergleichsaussage wahr ist. Andernfalls wird die nächste Programmzeile abgearbeitet.

Wird keine optionale Adresse programmiert, erfolgt ein Sprung zur Satznummer N.

NC-Satz G29 N [V O W]

Adressen N Satznummer, zu welcher der Sprung erfolgen soll

Optionale Adressen V Vergleichsadresse

O Vergleichsrelation
O1 Sprung bei =
O2 Sprung bei ≠
O3 Sprung bei >
O4 Sprung bei <

W Vergleichsadresse

Programmierhinweise Es müssen entweder alle optionale Adressen oder keine programmiert werden.

Das Programm sucht die Satznummer N vom Programmanfang aus und bricht mit Fehlermeldung den Programmablauf ab, wenn die Satznummer nicht gefunden wird.

Der Befehl G29 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Ein Sprungbefehl darf in einem Unterprogramm nicht programmiert werden.

Für eine sinnvolle Anwendung des bedingten Sprungbefehls muss mindestens eine der optionalen Adressen V oder W über einen Parameter definiert werden

G40 Abwahl der Fräserradiuskorrektur

Funktion	<p>Mit dem Befehl G40 wird die mit G41 oder G42 eingeschaltete Fräserradiuskorrektur aufgehoben.</p> <p>Die Steuerung verfährt ausgehend vom Bearbeitungsendpunkt des letzten kompensiert abgefahrenen Konturelementes linear unter Berücksichtigung der Koordinaten-Selbsthaltefunktion der programmierten unkompensierten Endpunktkoordinaten des letzten Konturelementes mit dem Werkzeugmittelpunkt auf die programmierte Abfahrpunktposition X, Y bzw. auf RP, AP/AI oder auf den Endpunkt einer tangentialen Abfahrbewegung.</p> <p>Mit den ergänzend möglichen Wegbefehlen G46 oder G48 kann eine tangentiale Abfahrstrategie programmiert werden.</p>
NC-Satz	<pre>G40 [X/XI/XA] [Y/YI/YA] [Z/ZI/ZA] G40 G0 / G1 [X/XI/XA] [Y/YI/YA] [Z/ZI/ZA] G40 G10 / G11 RP AP/AI [Z/ZI/ZA] G40 G46 / G48</pre>
Programmierhinweise	<p>Wird G40 allein ohne weiteren Wegbefehl in einem NC-Satz programmiert, so muss G0 oder G1 modal anstehen. Steht G2 oder G3 modal an, führt dies zu einer Fehlermeldung.</p> <p>Wird G40 allein ohne weitere Adresse programmiert, so führt die Selbsthaltefunktion der programmierten unkompensierten Endpunktkoordinaten X, Y des letzten kompensiert abgefahrenen Konturelementes zu einer Ausgleichsbewegung der Länge gleich Fräserradius auf diesen Endpunkt.</p> <p>Bei der Abwahl der Fräserradiuskompensation mit G40 zusammen mit G1 oder G11 ist die Programmierung einer Fase oder Verrundung mit RN nicht erlaubt.</p> <p>Man beachte folgende Anmerkung:</p> <p>Alternativ zu der Selbsthaltefunktion der programmierten (unkompensierten) Endpunktkoordinaten des letzten Konturelementes in G40 findet man bei Steuerungen auch die Selbsthaltefunktion für die vom Werkzeug im Bearbeitungsendpunkt angefahrenen Koordinaten (z.B. Maho 432, Dialog 4-12). - In diesem Fall würde bei G40 ohne weitere Adresse keine Bewegung erfolgen, da das Werkzeug ja schon auf dieser Position steht. Die Programmierung von einer Koordinate würde dann zu einer achsparallelen Bewegung führen.</p>

G41/G42 Anwahl der Fräserradiuskorrektur

Funktion

Mit G41/G42 wird die Fräserradiuskorrektur (FRK) - auch Fräserradiuskompensation genannt - angewählt. Danach wird die zu bearbeitende Werkstückkontur programmiert.

Mit eingeschalteter Fräserradiuskompensation (FRK) verfährt der Werkzeugmittelpunkt auf einer rechts (G42) oder links (G41) von der programmierten Kontur liegenden äquidistanten Bahn.

Die Festlegung der Bearbeitungsseite „links“ oder „rechts“ von der Kontur bezieht sich auf die Relativbewegung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück in der Bearbeitungsebene betrachtet in negativer Richtung der auf dieser Ebene senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse (3. Geometrieachse oder Zustellachse).

Bei der Berechnung dieser Abstandskontur werden bei Außenecken Ergänzungskreisbögen zwischen verschobenen benachbarten Konturelementen eingefügt, bei Innenecken werden die beiden verschobenen Konturelemente im Schnittpunkt verkürzt und nur bei tangentialen Konturübergängen werden die programmierten Konturteile lokal bis auf die Vergrößerungen oder Verkleinerungen von Kreisbogenradien in die Abstandskontur übernommen. (vereinfachte Beschreibung)

Diese Abstandskontur wird standardmäßig mit einer Vorausschau auf das nächste Konturelement berechnet. Über einen Steuerungsparameter kann die Vorausschau auf mehrere anschließende Konturelemente erhöht werden, um nicht bearbeitbare Abschnürungen/Flaschenhälse zu erkennen. Die Abstandskontur wird auch als die um den Fräserradius kompensierte Kontur bezeichnet.

G41 Fräserradiuskorrektur links von der Kontur

G42 Fräserradiuskorrektur rechts von der Kontur

NC-Satz (G17)

G41 / G42 [X/XI/XA] [Y/YI/YA] [Z/ZI/ZA]
G41 / G42 G0 / G1 [X/XI/XA] [Y/YI/YA] [Z/ZI/ZA]
G41 / G42 G10 / G11 RP AP/AI [Z/ZI/ZA]
G41 / G42 G45 / G47

Programmierhinweise

Der kompensierte Anfangs- oder Endpunkt eines Konturelementes wird nachfolgend mit Bearbeitungsanfangspunkt oder Bearbeitungsendpunkt bezeichnet.

Die Steuerung verfährt linear unter Berücksichtigung der Koordinaten-Selbthaltefunktion auf den mit der Fräserradiuskompensation berechneten Bearbeitungsanfangspunkt des ersten programmierten Konturelementes mit dem Startpunkt X, Y bzw. RP, AP/AI, das dann kompensiert abgefahren wird.

Dieser Bearbeitungsanfangspunkt zu dem Anfangspunkt X, Y bzw. RP, AP/AI des ersten kompensiert abzufahrenden Konturelementes kann erst nach der Programmierung dieses Konturelementes angefahren werden (Vorausschau bei der FRK).

Mit den ergänzend möglichen Wegbefehlen G45 oder G47 kann eine tangentiale Anfahrstrategie auf den Bearbeitungsanfangspunkt programmiert werden.

Wird G41 oder G42 allein ohne weiteren Wegbefehl in einem NC-Satz programmiert, so muss G0 oder G1 modal anstehen. Steht G2 oder G3 modal an, führt dies zu einer Fehlermeldung.

Wird G41 oder G42 allein ohne weitere Adresse programmiert, so führt die Selbthaltefunktion der X- und Y-Koordinaten zu einer Ausgleichsbewegung der Länge gleich Fräserradius auf den mit der Fräserradiuskompensation berechneten Bearbeitungsanfangspunkt des anschließend programmierten ersten Konturelementes, das kompensiert abgefahren wird.

Die programmierte Kontur in der Bearbeitungsebene kann beginnend mit den angegebenen Anwahlbefehlen G41, G42 bis zur Abwahl der FRK mit G40 beliebig aus den Wegbefehlen

G0, G1, G2, G3, G10, G11, G12, G13, G61, G62, G63

zusammengesetzt werden (sofern diese untereinander verträglich sind).

Ein direkter Wechsel von G41 auf G42 und umgekehrt ist nicht erlaubt.

Eine Korrekturwertänderung, ist bei aktivem G41 oder G42 nicht erlaubt

Nach der Anwahl der Fräserradiuskorrektur dürfen die Werkzeugkorrekturwerte, sei durch Korrekturwertmanipulation (TR, TL) oder Korrekturwertregisteränderung (TC), **nicht verändert**, das Werkzeug nicht gewechselt und innerhalb der FRK dürfen keine Nullpunktänderungen programmiert werden.

Bei der Anwahl der Fräserradiuskompensation mit G41 oder G42 zusammen mit G1 oder G11 ist die Programmierung einer Fase oder Verrundung mit RN nicht erlaubt.

Man beachte, dass die Programmierung von G41/G42 ohne eine zusätzliche weitere Wegbedingung stets als implizite Anfahrt die Koordinatenselbsthaltefunktion verwendet. Z.B. in G17:

G41/G42 G0/G1 X10 Y10 entspricht G41/G42 ,

wobei bei der Programmierung von G41/G42 die Ausgleichsbewegung im Vorschub und bei G41/G42 G0 im Eilgang durchgeführt wird.

Programmierung der Zustellachse bei der Fräserradiuskompensation

Bei der FRK-Anwahl oder -Abwahl kann optional eine Zustellung Z (Ebene G17) programmiert werden. Die damit programmierte Zustellungsänderung wird linear auf den Anfahr- oder Abfahrweg aufgeteilt, so dass die programmierte Zustellung in dem Bearbeitungsanfangspunkt von G41/G42 bzw. der Abfahrpunktposition von G40 erreicht wird.

Bei eingeschalteter FRK können in dem programmierten Konturverlauf beliebig Zustellungen entweder allein oder kombiniert mit Bewegungen innerhalb der Bearbeitungsebenen programmiert werden.

Wird eine Zustellung allein (ohne Ebenenkoordinaten) innerhalb einer Kontur programmiert, so wird diese am Bearbeitungsendpunkt des kompensierten vorhergehenden Konturelementes vor einem eventuellen FRK-Verrundungskreis bei Außenecken ausgeführt.

Wird eine Veränderung der Zustellung zusammen mit einem Konturelement programmiert, so wird zunächst ein möglicher FRK-Verrundungskreis zum vorhergehenden Konturelement mit dem aktuellen Zustellwert gefahren und dann die programmierte Zustellung auf dem kompensierten Konturelement linear mit der Ebenenbewegung bis zum Erreichen des Bearbeitungsendpunktes dieses Konturelementes (auch im Fall des bei Innenecken verkürzten kompensierten Konturelementes) eingestellt. Eine mögliche FRK Verrundungskreisbewegung zum nächsten Konturelement wird dann wiederum mit dem konstanten Zustellwert des Bearbeitungsendpunktes verfahren.

Sind zwei benachbarte Konturelemente durch eine Verrundung oder Fase miteinander verbunden und wird dabei in einem oder beiden Konturelementen eine Zustellung programmiert, so werden diese beiden Konturelemente wie drei kompensierte Konturelemente

- Erstes Konturelement mit Zustellung
- Verrundung / Fase ohne Zustellung.
- zweites Konturelement mit Zustellung

aufgefasst. Dabei wird die Zustellung des ersten Konturelementes dem ersten und die Zustellung des zweiten dem zweiten Konturelement zugewiesen. Auf der Verrundung oder der Fase bleibt die Zustellung unverändert. Man beachte, dass bei gefasten Außenecken in der kompensierten Kontur zwei Ergänzungskreisbögen eingefügt werden, die dann ebenfalls mit der gleichen Zustellung abgefahren werden.

Hinweis: Sind zwei programmierte Konturelemente durch eine Verrundung oder Fase miteinander verbunden, so wird eine programmierte Zustellung des ersten Konturelementes bereits auf dem Anfangspunkt der Verrundung oder Fase erreicht und die Verrundung oder Fase mit konstanter Zustellung abgefahren. Eine Zustellbewegung des zweiten Konturelementes beginnt am Endpunkt der Verrundung oder Fase oder Verrundung.

G45 Lineares tangenciales Anfahren an eine Kontur

Funktion	<p>Spezielle An- und Abfahrbedingungen bei der Radiuskompensation:</p> <p>Das Werkzeug verfährt in der XY-Bearbeitungsebene mit einer Linearbewegung der Länge D tangential auf den kompensierten programmierten Konturanfangspunkt. Dazu berechnet sich die Steuerung mit dem anschließend programmierten ersten Konturelement (Vorausschau) einen (kompensierten) Zustellpunkt. Die Anfahrt erfolgt im Vorschub oder Eilgang, je nachdem wie dies aktuell modal ansteht.</p> <p>Am Zustellpunkt wird danach optional im Eilgang auf die Sicherheitsebene V und danach im Arbeitsgang mit Vorschub E optional auf den Z-Wert zugestellt. Anschließend wird der Konturstartpunkt mit Kompensation und Vorschub F auf einer Strecke der Länge D tangential angefahren.</p>	
NC-Satz (G17)	G41/G42 G45	D [X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] [V] [E] [F] [S] [M]
Adressen	D	Länge der linearen Anfahrbewegung (Abstand zum ersten Konturpunkt)
Optionale Adressen	X, XI, XA	<p>X-Koordinateneingabe des ersten Konturpunktes (1.Geometrieachse G17)</p> <p>X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91</p> <p>XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition</p> <p>XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition XI0]</p>
	Y, YI, YA	<p>Y-Koordinateneingabe des ersten Konturpunktes (2.Geometrieachse G17)</p> <p>Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91</p> <p>YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition</p> <p>YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition YI0]</p>
	Z, ZI, ZA	<p>Zustellung am Anfahrpunkt in der 3.Geometrieachse/Zustellachse Z</p> <p>Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91</p> <p>ZI inkrementelle Koordinatenwerteingabe zur Sicherheitsebene</p> <p>ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [Z-Zustellachswert der Sicherheitsebene]</p>
	V	absolute Lage der Sicherheitsebene in der Zustellachse Z, auf die im Eilgang zugestellt wird [aktuelle Z-Werkzeugposition]
	E	Vorschub beim Eintauchen/Zustellung
	F	Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen
Programmierhinweise	<p>Die Anfahrt G45 muss zusammen mit G41 oder G42 in einem NC-Satz programmiert werden.</p> <p>Die inkrementelle Eingabe ZI bezieht sich somit auf die aktuelle Werkzeugposition oder auf die zuvor mit V angefahrne Position.</p> <p>Ein zusätzliches G0 oder G1 kann in diesem Satz nicht programmiert werden.</p>	

G46 Lineares tangenciales Abfahren von einer Kontur

Funktion	<p>Spezielle An- und Abfahrbedingungen bei der Radiuskompensation:</p> <p>Das Werkzeug fährt mit Kompensation vom Konturendpunkt auf einer tangential abgehenden Strecke der Länge D weiter. Dort fährt es optional im Vorschub die mit Z programmierte Sicherheitsebene und danach optional im Eilgang die mit W programmierte Rückzugsebene in der Zustellachse an.</p>	
NC-Satz (G17)	G40 G46 D	[Z /ZI /ZA] [W] [F] [S] [M]
Adressen	D	Länge der tangentialen Abfahrt
Optionale Adressen	Z, ZI, ZA	Rückzugsbewegung auf eine Sicherheitsebene am Abfahrendpunkt in der 3. Geometrieachse/Zustellachse Z im Vorschub Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinatenwerteingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]
	W	absolute Position der Rückzugsebene in Z, die im Eilgang angefahren wird [Z-Zustellachswert der Sicherheitsebene]
	F	Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene und beim Anfahren von Z
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen
Programmierhinweise	Die Abfahrt G46 muss zusammen mit G40 in einem NC-Satz programmiert werden.	

G47 Tangentiales Anfahren an eine Kontur im ¼-Kreis

Funktion	<p>Spezielle An- und Abfahrbedingungen bei der Radiuskompensation:</p> <p>Das Werkzeug verfährt in der XY-Bearbeitungsebene in einem Viertelkreis mit dem Radius (R+Fräserradius) tangential auf den kompensierten programmierten Konturanfangspunkt. Dazu berechnet sich die Steuerung mit dem anschließend programmierten ersten Konturelement (Vorausschau) einen (kompensierten) Zustellpunkt. Die Anfahrt erfolgt im Vorschub oder Eilgang, je nachdem wie dies aktuell modal ansteht.</p> <p>Am Zustellpunkt wird danach optional im Eilgang auf die Sicherheitsebene V und danach im Arbeitsgang mit Vorschub E optional auf den Z-Wert zugestellt. Anschließend wird mit Kompensation und Vorschub F im Viertelkreis mit dem Radius (R + Fräserradius) tangential auf den ersten Konturpunkt verfahren.</p>
NC-Satz	G41/G42 G47 R [X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] [V] [E] [F] [S] [M]
Adressen	R Radius der Anfahrbewegung bezogen auf den Fräsermittelpunkt
Optionale Adressen	<p>X, XI, XA X-Koordinateneingabe des ersten Konturpunktes (1.Geometrieachse G17) X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition XI0]</p> <p>Y, YI, YA Y-Koordinateneingabe des ersten Konturpunktes (2.Geometrieachse G17) Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition YI0]</p> <p>Z, ZI, ZA Zustellung am Anfahrpunkt in der 3.Geometrieachse Z Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinatenwerteingabe zur Sicherheitsebene ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [Z-Zustellachswert der Sicherheitsebene]</p> <p>V absolute Lage der Sicherheitsebene in der Zustellachse Z, auf die im Eilgang zugestellt wird [aktuelle Z-Werkzeugposition]</p> <p>E Vorschub beim Eintauchen/Zustellung</p> <p>F Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene</p> <p>S Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit</p> <p>M Zusatzfunktionen</p>
Programmierhinweise	<p>Die Anfahrt G47 muss zusammen mit G41 oder G42 in einem NC-Satz programmiert werden.</p> <p>Die inkrementelle Eingabe ZI bezieht sich somit auf die aktuelle Werkzeugposition oder auf die zuvor mit V angefahrne Position.</p> <p>Ein zusätzliches G0 oder G1 kann in diesem Satz nicht programmiert werden</p>

G48 Tangentiales Abfahren von einer Kontur im 1/4-Kreis

Funktion	<p>Spezielle An- und Abfahrbedingungen bei der Radiuskompensation:</p> <p>Das Werkzeug fährt vom programmierten Konturendpunkt kompensiert in einem Viertelkreis mit Radius (R + Fräserradius) tangential von der Kontur ab. Dort fährt es optional im Vorschub die mit Z programmierte Sicherheitsebene und danach optional im Eilgang die mit W programmierte Rückzugsebene in der Zustellachse an.</p>	
NC-Satz (G17)	G40 G48 R [Z /ZI /ZA] [W] [F] [S] [M]	
Adressen	R	Radius der Abfahrbewegung bezogen auf den Fräsermittelpunkt
Optionale Adressen	Z, ZI, ZA	<p>Rückzugsbewegung auf eine Sicherheitsebene am Abfahrendpunkt in der 3. Geometrieachse/Zustellachse Z im Vorschub</p> <p>Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91</p> <p>ZI inkrementelle Koordinatenwerteingabe zur aktuellen Werkzeugposition</p> <p>ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]</p>
	W	absolute Position der Rückzugsebene in Z, die im Eilgang angefahren wird [Z-Zustellachswert der Sicherheitsebene]
	F	Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene und beim Anfahren von Z
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen
Programmierhinweise	Die Abfahrt G48 muss zusammen mit G40 in einem NC-Satz programmiert werden.	

G50 Aufheben von inkrementellen Nullpunkt-Verschiebungen und Drehungen

Funktion	Mit dem Befehl G50 werden alle inkrementellen Transformationen bestehend aus den inkrementellen Nullpunktverschiebungen und den inkrementellen Drehungen sowie Spiegelungen wieder aufgehoben. Anschließend gilt wieder das zuletzt mit einem der Befehle G54 bis G57 festgelegte Werkstückkoordinatensystem. Skalierungen bleiben jedoch erhalten.
NC-Satz	G50
Programmierhinweise	Der Befehl G50 muss allein in einem NC-Satz stehen. Eine Skalierung bleibt erhalten.

G53 Alle Nullpunktverschiebungen und Drehungen aufheben

Funktion	<p>Mit dem Befehl G53 werden die aktive einstellbare Nullpunktverschiebung und alle inkrementellen Transformationen bestehend aus den Nullpunktverschiebungen und den Drehungen sowie die Spiegelungen und Skalierungen wieder aufgehoben. Dies macht für die Weiterbearbeitung eine erneute Programmierung einer absoluten Nullpunktverschiebung G54 bis G57 erforderlich.</p> <p>G53 aktiviert das Maschinenkoordinatensystem.</p>
NC-Satz	G53
Programmierhinweise	Der Befehl G53 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G54 - G57 Einstellbare absolute Nullpunkte

Funktion	<p>Mit den Befehlen G54 bis G57 wird ein Werkstücknullpunkt mit den Koordinaten X, Y und Z bezogen auf den Maschinennullpunkt ausgewählt. Insgesamt können 4 verschiedene Nullpunkte G54 – G57 definiert und in der Steuerung gespeichert werden.</p> <p>Diese Nullpunktverschiebungen bezeichnet man deshalb als einstellbare Nullpunkte. Die Achswerte der von der Steuerung einzustellenden Nullpunkte müssen vor dem Programmstart in die Nullpunktregister der Steuerung eingegeben werden.</p> <p>Mit der Programmierung eines einstellbaren Nullpunktes werden vor der Ausführung die programmierbaren inkrementellen Verschiebungen und Drehungen des Werkstückkoordinatensystems G58 und G59 sowie die Spiegelungen G66 und die Skalierung G67 aufgehoben.</p>
NC-Satz	G54 oder G55 oder G56 oder G57
Beschreibung	<p>Ohne Anwahl eines Nullpunktes verfährt die Steuerung im Maschinenkoordinatensystem.</p> <p>Mit der Anwahl eines Nullpunktes wird ein Werkstückkoordinatensystem bezüglich eines Werkstückes festgelegt.</p> <p>Um bei komplexen oder sich wiederholenden Konturen die Programmierung zu erleichtern, können bis zu 4 verschiedene Werkstücknullpunkte (G54, G55, G56 und G57) definiert werden.</p>
Programmierhinweise	<p>Die Belegung der Nullpunktregister für X, Y und Z erfolgt z.B. beim Einrichten durch Ankratzen und Übernahme der bei G17 in X, Y um den Werkzeugradius korrigierten Werkzeugposition in ein Nullpunktregister. Der oder die Werkstücknullpunkte werden im Einrichtblatt eingetragen und von da von der PAL-Steuerung in die Nullpunktregister übernommen und stehen dann für die Programmierung zur Verfügung.</p> <p>Die Koordinatenangaben für den jeweiligen Nullpunkt sind immer absolut und immer auf den Maschinennullpunkt bezogen, auch wenn in einem Programm mehrere Nullpunkte gesetzt werden.</p> <p>Die definierten Nullpunkte bleiben auf der Steuerung auch nach einem Programmwechsel solange gespeichert, bis sie mit neuen Koordinaten überschrieben werden.</p> <p>Der Befehl muss allein in einem NC-Satz stehen.</p> <p>Allgemeiner Hinweis zum Einrichten der PAL-Maschinen:</p> <p>Im Hinblick auf eine Austauschbarkeit der PAL2007-Programme zwischen unterschiedlichen Maschinen werden die Koordinaten des Werkstückbezugspunktes im Einrichtkoordinatensystem als Werkstückposition angegeben. Das Einrichtkoordinatensystem ist ein mit dem Ursprung in das Zentrum der Maschinentischoberfläche verschobenes Maschinenkoordinatensystem (siehe Einrichten Werkstück).</p> <p>Die Verwendung des Werkstückbezugspunktes als Bezugspunkt für die Angabe der einstellbaren Nullpunkte macht das Einrichtblatt weitgehend unabhängig von den Maschinenabmessungen (Maschinentischgröße, Verfahrbereiche). Die Nullpunktregisterwerte der einstellbaren Nullpunkte X,Y,Z in den jeweiligen Maschinenkoordinaten ergeben sich dann durch Addition der Koordinaten der Verschiebung vom Maschinenkoordinatensystem in das Einrichtkoordinatensystem und der Koordinaten der Werkstückposition zu den jeweiligen Koordinaten XP, YP, ZP.</p> <p>Beim Erzeugen eines Einrichtblattes zu einer eingerichteten Maschine werden die aktuellen Nullpunktregisterwerte der Steuerung, die entweder berechnet oder durch Antasten des Werkstückes ermittelt wurden, in das Einrichtblatt eingetragen.</p>

G58 Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung polar und Drehung

Funktion	<p>Mit dem Befehl G58 wird der Nullpunkt des aktuellen Werkstückkoordinatensystems auf einen mit Polarkoordinaten programmierten Punkt RP, AP der Bearbeitungsebene sowie in der Zustellachse optional auf ZA verschoben und danach das neue Werkstückkoordinatensystem optional um den Winkel AR um die Zustellachse gedreht.</p> <p>Da die Verschiebung und Drehung ausgehend vom aktuellen Werkstückkoordinatensystem erfolgt, das bereits zuvor verschoben und gedreht worden sein kann, nennt man diese Programmieranweisung inkrementell.</p>		
NC-Satz (G17)	G58	RP AP [ZA] [AR]	
Adressen	RP		Polarradius
	AP		Polarwinkel bezogen auf die positive erste Geometrieachse des aktuellen Koordinatensystems Das Pol ist der aktuelle Werkstücknullpunkt.
Optionale Adressen	ZA	[0]	Absolute Nullpunktverschiebung in der Zustellkoordinate
	AR	[0]	Drehwinkel, bezogen auf die positive erste Geometrieachse um den das neue Koordinatensystem nach der Verschiebung zusätzlich um die Zustellachse gedreht wird.
Programmierhinweise	<p>Mehrfache Programmierungen von G58 und G59 sind möglich, die eine inkrementelle Verschiebung und Drehung des jeweiligen aktuellen Koordinatensystems gestatten.</p> <p>Eine inkrementelle Nullpunktverschiebung G58 kann aufgehoben werden durch G50 oder die aufeinanderfolgende Programmierung der zuvor programmierten negativen Winkelwerte der Koordinatensystemdrehung und der zugehörigen polaren Umkehrverschiebungswerte.</p> <p>Bei der Rücknahme einer Verschiebung und Drehung müssen aber diese getrennt in zwei NC-Sätzen - zuerst die Rückdrehung und dann das Zurückschieben - programmiert werden. Will man die Rücktransformation in einem NC-Satz programmieren, so müssen die Umkehrverschiebungskordinaten der Rücktransformation berechnet werden, da zuerst die Verschiebung und dann die Drehung erfolgt.</p> <p>Der Befehl G58 muss allein in einem NC-Satz stehen.</p>		

G59 Inkrementelle Nullpunkt-Verschiebung kartesisch und Drehung

Funktion	<p>Diese Programmieranweisung besteht aus einem inkrementellen Verschiebungsanteil gefolgt von einer optionalen Drehung mit dem Winkel AR um die Zustellachse.</p> <p>Mit dem Befehl G59 wird optional ein Punkt XA, YA, ZA des aktuellen Werkstückkoordinatensystems als neuer Werkstücknullpunkt festgelegt und danach das neue Werkstückkoordinatensystem optional um den Winkel AR um die Zustellachse gedreht.</p> <p>Da die Verschiebung und Drehung ausgehend vom aktuellen Werkstückkoordinatensystem erfolgt, das bereits zuvor verschoben und gedreht worden sein kann, nennt man diese Programmieranweisung inkrementell.</p> <p>Alle Koordinatenangaben im nachfolgenden Programmverlauf beziehen sich solange auf das verschobene und/oder gedrehte Koordinatensystem, bis dieses aufgehoben oder mit einem weiteren G59-Befehl überschrieben oder ein anderer einstellbarer Nullpunkt programmiert wird.</p>												
NC-Satz	<p>G59 [XA] [YA] [ZA] [AR]</p>												
Optionale Adressen	<table border="0"> <tr> <td style="padding-right: 20px;">XA</td> <td style="padding-right: 20px;">[0]</td> <td>Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes</td> </tr> <tr> <td>YA</td> <td>[0]</td> <td>Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes</td> </tr> <tr> <td>ZA</td> <td>[0]</td> <td>Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes</td> </tr> <tr> <td>AR</td> <td>[0]</td> <td>Drehwinkelbezogen, bezogen auf die positive erste Geometrieachse um den das neue Koordinatensystem nach der Verschiebung zusätzlich um die Zustellachse gedreht wird.</td> </tr> </table>	XA	[0]	Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes	YA	[0]	Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes	ZA	[0]	Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes	AR	[0]	Drehwinkelbezogen, bezogen auf die positive erste Geometrieachse um den das neue Koordinatensystem nach der Verschiebung zusätzlich um die Zustellachse gedreht wird.
XA	[0]	Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes											
YA	[0]	Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes											
ZA	[0]	Absolute Werkstückkoordinate des neuen Nullpunktes											
AR	[0]	Drehwinkelbezogen, bezogen auf die positive erste Geometrieachse um den das neue Koordinatensystem nach der Verschiebung zusätzlich um die Zustellachse gedreht wird.											
Programmierhinweise	<p>Mit G59 können auch nur Drehungen um die Zustellachse oder nur Verschiebungen programmiert werden.</p> <p>Mehrfache Programmierungen von G58 und G59 sind möglich, die eine inkrementelle Verschiebung des jeweiligen aktuellen Koordinatensystems gestatten.</p> <p>Eine inkrementelle Nullpunktverschiebung G59 kann aufgehoben werden durch G50 oder die aufeinanderfolgende Programmierung der zuvor programmierten negativen Winkelwerte der Koordinatensystemdrehung und der zugehörigen negativen Verschiebungswerte.</p> <p>Bei der Rücknahme einer Verschiebung und Drehung müssen aber diese getrennt in zwei NC-Sätzen - zuerst die Rückdrehung und dann das Zurückschieben - programmiert werden. Will man die Rücktransformation in einem NC-Satz programmieren, so müssen die Verschiebungs-kordinaten der Rücktransformation berechnet werden, da zuerst die Verschiebung und dann die Drehung erfolgt.</p>												
Anmerkung	<p>Die Befehle G58 und G59 sind Spezialfälle von allgemeinen Koordinatensystem-Transformationen, die bei der allgemeinen Ebenenanwahl verwendet werden.</p> <p>Der Befehl G59 muss allein in einem NC-Satz stehen.</p>												

G61 Linearinterpolation für Konturzüge

Funktion Programmierung einer Strecke als Konturelement einer Konturzugprogrammierung. Das Werkzeug verfährt mit der gewählten Vorschubgeschwindigkeit auf einer Geraden zum programmierten Zielpunkt. Bei der Konturelementprogrammierung können sowohl der Start- als auch der Zielpunkt noch unbestimmt sein. Die **Koordinaten-Selbthaltefunktion in der Bearbeitungsebene** wird **nicht** benutzt (siehe Anhang III und Programmierhinweise). Eine Zustellbewegung kann zusätzlich zur Bewegung in der Bearbeitungsebene programmiert werden.

NC-Satz (G17) **G61** **[XI/XA] [YI/YA] [Z /ZI/ZA] [D] [AT] [AS] [RN] [H] [O] [E] [F] [S] [M]**

Alternative Adressen	XI, XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17) XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe
	YI, YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17) YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe
	Z, ZI, ZA	Zustellung in der 3.Geometrieachse Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]
	D	Länge der Verfahrstrecke in der Bearbeitungsebene (Siehe Anhang VII)
	AT	Übergangswinkel im Startpunkt zur vorhergehenden Verfahrbewegung ohne Übergangselement gemessen von der Endrichtung der vorhergehenden Verfahrbewegung - Insbesondere AT0 : tangentialer Übergang und AT180 spitzer Tangentenübergang (Anhang III)
	AS	Anstiegswinkel der Verfahrstrecke in der Bearbeitungsebene bezogen auf die positive erste Geometrieachse (G17: X, G18: Z, G19: Y) (Anhang VII)
Optionale Adressen	RN [0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
	H [1]	Lösungsauswahl Winkelkriterium H1 kleinerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse X H2 größerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse X
	O [1]	Lösungsauswahl Längenkriterium O1 kleinere Streckenlänge O2 größere Streckenlänge
	E	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
	F	Vorschub
	S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen

Programmierhinweise Neben der Zustelladresse können keine oder bis zu vier Geometrie-Adressen sowie die Verrundung/Fase programmiert werden. Dabei werden Winkel, Längen, Fasen und Verrundungen nur in der Bearbeitungsebene gemessen bzw. eingefügt (d.h. Bewegungen in der Zustellachse werden bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt – siehe Anhang VII).

Die inkrementellen Koordinateneingaben ZI, XI sind nur dann zugelassen, wenn der Endpunkt des vorhergehenden Konturelementes mit den bis dahin erfolgten Eingaben bereits berechenbar ist (das vorhergehende Element also ein abgeschlossenes Konturelement mit Endpunkt ist).

Die Programmierung eines Übergangswinkels AT≠0 oder AT≠180 eines nicht tangentialen Überganges ist ebenfalls nur in diesem Fall zugelassen.

Die Lösungsauswahl erfolgt mit den Auswahlkriterien. Kann keine Lösung aus den Adressen berechnet werden, wird dies von der Steuerung als Fehlermeldung quittiert.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf den Zielpunkt verfahren.

Der Befehl G61 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G62 Kreisinterpolation im Uhrzeigersinn für Konturzüge

Funktion Das Werkzeug verfährt mit der gewählten Vorschubgeschwindigkeit auf einem Kreisbogen im Uhrzeigersinn vom Startpunkt zum Zielpunkt. Sowohl der Startpunkt als auch der Zielpunkt kann bei der Konturelementprogrammierung noch unbestimmt sein. Die **Koordinaten-Selbthaltefunktion in der Bearbeitungsebene** wird **nicht** benutzt (siehe Anhang III und Programmierhinweise).
Wird außerdem ein Zustellwert in der dritten Geometrieachse programmiert, der vom Ausgangswert des Startpunktes abweicht, so verfährt das Werkzeug in der sogenannten Schraubenlinieninterpolation (Helix). Hierbei wird dem Abfahren des Kreisbogens in der Bearbeitungsebene eine lineare Vorschubbewegung in der Zustellrichtung überlagert.

NC-Satz (G17) **G62** [XI/XA] [YI/YA] [Z/ZI /ZA] [I /IA] [J/JA] [R] [AT] [AS] [AO] [AE/AP] [RN] [H] [O] [E] [F] [S] [M]

Alternative Adressen	XI, XA	X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17) XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe	
	YI, YA	Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17) YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe	
	Z, ZI, ZA	Zustellung in der 3. Geometrieachse Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]	
	I, IA	X-Koordinate des Kreisbogenmittelpunktes/Pols/ (1. Geom.-Achse) I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten	
	J, JA	Y-Koordinate des Kreisbogenmittelpunktes/Pols/ (2. Geom.-Achse) J inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition JA Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten	
	R	Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium R+ kürzerer Bogen R- längerer Bogen	
	AT	Übergangswinkel im Startpunkt zur vorhergehenden Verfahrbewegung ohne Übergangselement gemessen von der Endrichtung der vorhergehenden Verfahrbewegung - Insbesondere AT0 : tangentialer Übergang und AT180 spitzer Tangentenübergang (Anhang III)	
	AS	Tangentenwinkel im Startpunkt bezogen auf die positive 1. Geometrieachse	
	AO	Öffnungswinkel (es wird nur der Betrag von AO verwendet)	
	AE	Tangentenwinkel im Endpunkt bezogen auf die positive 1. Geometrieachse	
	AP	Polarwinkel des Kreisbogenendpunktes bezogen auf die positive 1. Geometrieachse	
	optionale Adressen	RN [0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
		H [1]	Lösungsauswahl Winkelkriterium H1 kleinerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse H2 größerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse
		O [1]	Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium (Die Bogenauswahl mit dem Vorzeichen von R überschreibt die Auswahl mit O.) O1 kürzerer Kreisbogen O2 längerer Kreisbogen

E	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
F	Vorschub
S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen

Programmierhinweise

Die Festlegung der Drehrichtung „Uhrzeigersinn“ oder „Gegenuhrzeigersinn“ bezieht sich auf die Relativbewegung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück in der Bearbeitungsebene betrachtet in negativer Richtung der auf dieser Ebene senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse (3. Geometrieachse oder Zustellachse).

Neben der Zustelladresse und der Verrundung/Fase können keine oder bis zu sechs Geometrie-Adressen programmiert werden.

Die inkrementellen Koordinatenangaben XI, YI, ZI, I, J sind nur dann zugelassen, wenn der Endpunkt des vorhergehenden Konturelementes mit den bis dahin erfolgten Eingaben bereits vollständig berechenbar ist (das vorhergehende Element also ein abgeschlossenes Konturelement mit Endpunkt ist).

Die Programmierung eines Übergangswinkels $AT \neq 0$ oder $AT \neq 180$ eines nicht tangentialen Überganges ist ebenfalls nur in diesem Fall zugelassen.

Die Lösungsauswahl erfolgt mit den Auswahlkriterien: Das Bogenlängenkriterium hat dabei Vorrang vor dem Winkelkriterium.

Kann keine Lösung aus den Adressen berechnet werden, wird dies von der Steuerung durch eine Fehlermeldung quittiert.

Je nach Ebenenanwahl können nur die zu dieser Ebene gehörigen beiden Mittelpunktskoordinaten programmiert werden.

Winkel, Längen, Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene gemessen bzw. eingefügt (d.h. Bewegungen in der Zustellachse werden bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt – siehe Anhang VII).

Die Programmierung der Zustellkoordinate des Zielpunktes erzeugt eine Schraubenlinieninterpolation.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Der Befehl G62 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G63 Kreisinterpolation entgegen dem Uhrzeigersinn für Konturzüge

Funktion Das Werkzeug verfährt mit der gewählten Vorschubgeschwindigkeit auf einem Kreisbogen entgegen dem Uhrzeigersinn vom Startpunkt zum Zielpunkt. Sowohl der Startpunkt als auch der Zielpunkt kann bei der Konturelementprogrammierung noch unbestimmt sein. Die **Koordinaten-Selbthaltefunktion in der Bearbeitungsebene** wird **nicht** benutzt (siehe **Anhang III** und Programmierhinweise). Wird außerdem ein Zustellwert in der dritten Geometrieachse programmiert, der vom Ausgangswert des Startpunktes abweicht, so verfährt das Werkzeug in der sogenannten Schraubenlinieninterpolation (Helix). Hierbei wird dem Abfahren des Kreisbogens in der Bearbeitungsebene eine lineare Vorschubbewegung in der Zustellrichtung überlagert.

NC-Satz (G17) **G63** **[XI/XA] [YI/YA] [Z/ZI /ZA] [I /IA] [J/JA] [R] [AT] [AS] [AO] [AE/AP] [RN] [H] [O] [E] [F] [S] [M]**

Alternative Adressen	XI, XA		X-Koordinateneingabe des Zielpunktes (1. Geometrieachse G17) XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe	
	YI, YA		Y-Koordinateneingabe des Zielpunktes (2. Geometrieachse G17) YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe	
	Z, ZI, ZA		Zustellung in der 3. Geometrieachse Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition ZI0]	
	I, IA		X-Koordinate des Kreisbogenmittelpunktes/Pols (1. Geom.-Achse) I inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition IA Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten	
	J, JA		Y-Koordinate des Kreisbogenmittelpunktes/Pols (2. Geom.-Achse) J inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition JA Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten	
	R		Radius des Kreisbogens und Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium R+ kürzerer Bogen R- längerer Bogen	
	AT		Übergangswinkel im Startpunkt zur vorhergehenden Verfahrbewegung ohne Übergangselement gemessen von der Endrichtung der vorhergehenden Verfahrbewegung - Insbesondere AT0 : tangentialer Übergang und AT180 spitzer Tangentenübergang (Anhang III)	
	AS		Tangentenwinkel im Startpunkt bezogen auf die positive 1. Geometrieachse	
	AO		Öffnungswinkel (es wird nur der Betrag von AO verwendet)	
	AE		Tangentenwinkel im Endpunkt bezogen auf die positive 1. Geometrieachse	
	AP		Polarwinkel des Kreisbogenendpunktes bezogen auf die positive 1. Geometrieachse	
	optionale Adressen	RN	[0]	Übergangselement zum nächsten Konturelement (Siehe Anhang VII) RN+ Verrundungsradius zum nächsten Konturelement RN- Fasenbreite zum nächsten Konturelement
		H	[1]	Lösungsauswahl Winkelkriterium H1 kleinerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse H2 größerer Starttangentialwinkel zur positiven 1. Geometrieachse
		O	[1]	Lösungsauswahl Bogenlängenkriterium (Die Bogenauswahl mit dem Vorzeichen von R überschreibt die Auswahl mit O.) O1 kürzerer Kreisbogen O2 längerer Kreisbogen

E	Feinkonturvorschub auf Übergangselementen
F	Vorschub
S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M	Zusatzfunktionen

Programmierhinweise

Die Festlegung der Drehrichtung „Uhrzeigersinn“ oder „Gegenuhrzeigersinn“ bezieht sich auf die Relativbewegung des Werkzeugs gegenüber dem Werkstück in der Bearbeitungsebene betrachtet in negativer Richtung der auf dieser Ebene senkrecht stehenden dritten Koordinatenachse (3. Geometrieachse oder Zustellachse).

Neben der Zustelladresse und der Verrundung/Fase können keine oder bis zu sechs Geometrie-Adressen programmiert werden.

Die inkrementellen Koordinatenangaben XI, YI, ZI, I, J sind nur dann zugelassen, wenn der Endpunkt des vorhergehenden Konturelementes mit den bis dahin erfolgten Eingaben bereits vollständig berechenbar ist (das vorhergehende Element also ein abgeschlossenes Konturelement mit Endpunkt ist).

Die Programmierung eines Übergangswinkels $AT \neq 0$ oder $AT \neq 180$ eines nicht tangentialen Überganges ist ebenfalls nur in diesem Fall zugelassen.

Die Lösungsauswahl erfolgt mit den Auswahlkriterien: Das Bogenlängenkriterium hat dabei Vorrang vor dem Winkelkriterium.

Kann keine Lösung aus den Adressen berechnet werden, wird dies von der Steuerung durch eine Fehlermeldung quittiert.

Je nach Ebenenanwahl können nur die zu dieser Ebene gehörigen beiden Mittelpunktskoordinaten programmiert werden.

Winkel, Längen, Fasen und Verrundungen werden nur in der Bearbeitungsebene gemessen bzw. eingefügt (d.h. Bewegungen in der Zustellachse werden bei Berechnungen ignoriert und die Zustellbewegungen dann nachträglich ergänzt – siehe Anhang VII).

Die Programmierung der Zustellkoordinate des Zielpunktes erzeugt eine Schraubenlinieninterpolation.

Wird im gleichen NC-Satz eine Vorschub- und/oder eine Drehzahländerung programmiert, so werden diese zuerst ausgeführt und danach auf die Zielkoordinaten verfahren.

Der Befehl G63 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G66 Spiegeln an der X- und /oder Y-Achse – Spiegelung aufheben

Funktion Diese Programmieranweisung führt eine Spiegelung des Werkstückkoordinatensystems aus. Inkrementelle Verschiebungen und Drehungen sind bei aktiver Spiegelung nicht zugelassen.

NC-Satz (G17) G66 [X] [Y]

Optionale Adressen X Spiegeln an der X- Achse, X ohne Adresswert

Y Spiegeln an der Y- Achse, Y ohne Adresswert

Keine Adresse: Die Spiegelungen werden aufgehoben. Die in einem gespiegelten Koordinatensystem programmierten Nullpunkte bleiben erhalten.

Programmierhinweise Werden beide Adressbuchstaben programmiert, so werden die Spiegelungen der programmierten Konturen an beiden Achsen zusammen als Punktspiegelung (Drehung um 180 Grad) ausgeführt. Wird keine Adresse programmiert, so werden die Spiegelungen aufgehoben.

Die Spiegelungen erfolgen absolut immer vom Ausgangssystem aus. Insbesondere ist damit die aufeinanderfolgende Programmierung von G66 X und G66 Y in zwei aufeinanderfolgenden NC-Sätzen von G66 X Y verschieden.

Der Befehl G66 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Man beachte:

Wird nur an einer Koordinatenachse gespiegelt, so wird die Bedeutung der Wegbedingungen G2 und G3 sowie G41 und G42 getauscht, da das Koordinatensystem dann kein Rechtssystem mehr ist.

G67 Skalieren (Vergrößern bzw. Verkleinern oder Aufheben)

Funktion

Es wird das aktuelle Werkstückkoordinatensystem mit dem Faktor SK skaliert. Der Faktor SK bezieht sich auf das **aktuelle** Werkstückkoordinatensystem. Bei einer aktiven Skalierung mit $SK \neq 1$ kann der Werkstücknullpunkt nicht inkrementell mit G58 oder G59 verschoben werden.

NC-Satz

G67 [SK] [Q]

Optionale Adressen

SK [1] Skalierungsfaktor (bezogen auf das Maschinenkoordinatensystem)
SK = 1 Zurück zum Originalmaßstab
SK > 1 Vergrößerung um den Faktor SK im unskalierten Werkstückkoordinatensystem
SK < 1 Verkleinerung um den Faktor SK im unskalierten Werkstückkoordinatensystem
Keine SK-Adresse: Die Skalierungen werden aufgehoben.

Q [1] Achsauswahl
Q1 Skalierung aller drei Geometrieachsen X,Y,Z
Q2 Skalierung der ersten beiden Geometrieachsen der Bearbeitungsebene
Q3 Skalierung der Zustellachse, der dritten Geometrieachse der Bearbeitungsebene

Programmierhinweise

Der Wert von SK sowie die mit Q programmierte Achsauswahl werden modal gehalten.

Beim zweimaligen Programmieren von G67 mit Q1 und Q2 können unterschiedliche Skalierungsfaktoren angegeben werden.

Wegen der mit Q1 und Q2 möglichen unterschiedlichen Skalierungen hebt eine Ebenenanwahl die Skalierungen auf. Diese können bei Bedarf erneut gesetzt werden.

Man beachte: Die An- und Abfahrbewegungen (Fräserradiuskompensation) werden nicht skaliert.

Der Befehl G67 muss allein in einem NC-Satz stehen.

G70 Umschaltung auf Maßeinheit Zoll (Inch)

Funktion	Mit diesem Befehl werden die Koordinatensysteme auf die Einheit Zoll umgeschaltet.
NC-Satz	G70
Beschreibung	<p>Alle Koordinaten- und Maßangaben sind nach der Programmierung von G70 in Zollmaßen (Inch) anzugeben.</p> <p>Auf die technologischen Daten Vorschub und Schnittgeschwindigkeit hat die Programmierung von G70 keinen Einfluss. Die Maßeinheiten für Vorschub, Schnittgeschwindigkeit, Werkzeugnullpunkte und die einstellbaren Nullpunktverschiebungen werden steuerungsüblich in den Maschinenparametern fest voreingestellt. Dies ist bei den PAL-Steuerungen das metrische Maßsystem.</p>
Programmierhinweise	<p>Der Befehl G70 muss allein in einem NC-Satz stehen.</p> <p>Die Zoll-Maßangabe bleibt solange wirksam, bis sie mit G71 wieder auf Millimeter-Maßangabe umgeschaltet wird.</p> <p>Am Ende eines NC-Programms (M30) schaltet die Steuerung automatisch wieder auf die konfigurierte Maßeinheit G71 zurück.</p>

G71 Umschaltung auf Maßeinheit Millimeter (mm)

Funktion Mit diesem Befehl werden die Koordinatensysteme auf die Einheit Millimeter umgeschaltet.

NC-Satz **G71**

Alle Koordinaten- und Maßangaben sind nach der Programmierung von G71 im metrischen Maßsystem (mm) anzugeben.

**Programmier-
hinweise**

Der Befehl G71 muss allein in einem NC-Satz stehen.

Die Millimeter-Maßangabe bleibt solange wirksam, bis sie mit G70 wieder auf Zoll -Maßangabe umgeschaltet wird.

G71 ist der Einschaltzustand.

G90 Absolutmaßangabe einschalten

Funktion Aktivieren des Werkstückkoordinatensystems: Wird der Befehl G90 programmiert, so beziehen sich alle folgenden Koordinatenangaben X, Y, Z auf den Werkstücknullpunkt. Unabhängig von der aktuellen Werkzeugposition wird der Zielpunkt programmiert, auf den das Werkzeug verfahren soll.

NC-Satz **G90**

Programmierhinweise Die Absolutmaßangabe bleibt solange wirksam, bis sie mit G91 (inkrementelle Maßangabe) ausgeschaltet wird.
G90 ist der Einschaltzustand.

G91 Kettenmaßangabe einschalten

Funktion Aktivieren des Werkzeugkoordinatensystems: Bei der Kettenmaßangabe, auch inkrementelle Maßangabe genannt, wird der Zielpunkt bezogen auf die momentane Werkzeugposition programmiert.

NC-Satz **G91**

Programmierhinweise Die inkrementelle Maßangabe bleibt solange wirksam, bis sie mit G90 (Absolutmaßangabe) ausgeschaltet wird.

G94 Vorschub in Millimeter pro Minute

Funktion Mit dem Befehl G94 wird der Vorschub in der Einheit "Millimeter pro Minute" programmiert.

NC-Satz **G94 F [E] [S] [M] [T] [TC] [TR] [TL]**

Adressen	F	Vorschub in mm/min
Optionale Adressen	E	Feinkonturvorschub
	S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen
	T	Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
	TC	[1] Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
	TR	[0] inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
	TL	[0] inkrementelle Veränderung der Werkzeuglängenkorrektur

Programmierhinweise G94 wirkt modal (d.h. solange bis mit G95 auf Vorschub pro Umdrehung umgeschaltet wird).

G95 Vorschub in Millimeter pro Umdrehung

Funktion Mit dem Befehl G95 wird der Vorschub in der Einheit "Millimeter pro Umdrehung" programmiert.

NC-Satz **G95 F [E] [S] [M] [T] [TC] [TR] [TL]**

Adressen	F	Vorschub in mm/U
Optionale Adressen	E	Feinkonturvorschub
	S	Spindeldrehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen
	T	Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
	TC	[1] Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
	TR	[0] inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
	TL	[0] inkrementelle Veränderung der Werkzeuglängenkorrektur

Programmierhinweise G95 wirkt modal (d.h. solange bis mit G94 auf Vorschub in Weg pro Minute umgeschaltet wird.

G96 Konstante Schnittgeschwindigkeit

Funktion Mit dem Befehl G96 wird eine konstante Schnittgeschwindigkeit in der Einheit "Meter pro Minute" programmiert.

NC-Satz G96 S [F] [E] [M] [T] [TC] [TR] [TL]

Adressen S konstante Schnittgeschwindigkeit in m/min

Optionale F Vorschub

Adressen E Feinkonturvorschub

M Zusatzfunktionen

T Werkzeugwechsel – Anwahl der Werkzeugnummer
[T* siehe Werkzeugwechsel]

TC [1] Anwahl der Korrekturwertspeichernummer

TR [0] inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes

TL [0] inkrementelle Veränderung der Werkzeuglängenkorrektur

Programmierhinweise Die konstante Schnittgeschwindigkeit wird mit dem Fräserdurchmesser des aktiven Korrekturwertsatzes **ohne Berücksichtigung von TR** auf eine Drehzahl umgerechnet.

Sie bleibt solange wirksam, bis sie mit G97 aufgehoben oder durch einen neuen G96- Befehl überschrieben wird.

G97 Konstante Drehzahl

Funktion		Mit der Anweisung G97 wird eine unter G96 programmierte konstante Schnittgeschwindigkeit wieder aufgehoben und eine feste Drehzahl eingestellt.
NC-Satz	G97	S [F] [E] [M] [T] [TC] [TR] [TL]
Adressen	S	Spindeldrehzahl in U/min
Optionale Adressen	F	Vorschub
	E	Feinkonturvorschub
	M	Zusatzfunktionen
	T	Werkzeugwechsel –Anwahl der Werkzeugnummer [T* siehe Werkzeugwechsel]
	TC	[1] Anwahl der Korrekturwertspeichernummer
	TR	[0] inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes
	TL	[0] inkrementelle Veränderung der Werkzeuglängenkorrektur
Programmierhinweise		Bei Fräsmaschinen ist G97 Einschaltzustand. Wird zusammen mit G97 keine Spindeldrehzahl S programmiert, so wird die bei der konstanten Schnittgeschwindigkeit zuletzt errechnete Drehzahl beibehalten.

PAL Bearbeitungszyklen

Übersicht aller vorhandenen Zyklen

G34	Eröffnung des Konturtaschenzyklus
G35	Schrupptechnologie des Konturtaschenzyklus
G36	Restmaterialschrupp-Technologie des Konturtaschenzyklus
G37	Schlichttechnologie des Konturtaschenzyklus
G38	Konturbeschreibung des Konturtaschenzyklus
G39	Konturtaschenzyklusaufwurf
G80	Abschluß einer G38-Taschen/Insel-Konturbeschreibung
G72	Rechtecktaschenfräszyklus
G73	Kreistaschenfräszyklus
G74	Nutenfräszyklus
G75	Nutenfräszyklus auf einem Kreisbogen
G81	Bohrzyklus
G82	Tiefbohrzyklus mit Spanbrechen
G83	Tiefbohrzyklus mit Ausspänen
G84	Gewindebohrzyklus
G85	Reibzyklus
G86	Ausdrehzyklus
G87	Bohrfräszyklus
G88	Innengewindefräszyklus
G89	Außengewindefräszyklus
	Zyklusaufwurbefehle:
G76	Zyklusaufwurf auf einer Geraden
G77	Zyklusaufwurf auf einem Teilkreis
G78	Zyklusaufwurf an einem Punkt (Polarkoordinaten)
G79	Zyklusaufwurf an einem Punkt (kartesische Koordinaten)

Allgemeingültige Verabredungen

Bei den Ausräumzyklen G39 und G72 – G75 können mit den Adressen AK und AL **Aufmaße** auf die Taschen- und Insel-Berandungen sowie auf den Taschenboden programmiert werden:

AK: Äquidistantes Aufmaß auf die Berandungen
AL: Aufmaß auf den Boden

Beim Ausräumzyklus mit Schrupp- **und** Schlichtbearbeitung oder nur mit Schlichtbearbeitung wird eine Schlichtbearbeitung des Randes oder Bodens unterdrückt, wenn das entsprechende Aufmaß null ist. Die Aufmaße selbst werden bei der Schlichtbearbeitung für die Bestimmung der Anfahrt- und Schlichtstrategien (Aufmaßdicke, nur Rand- oder nur Boden-Aufmaß) benötigt. **Deshalb müssen die Schlichtaufmaße auch dann programmiert werden, wenn (mit H4) nur geschlichtet werden soll.**

Bei diesen Zyklen wird unter Berücksichtigung des Zustell-Aufmaßes mit der maximalen Zustelltiefe D eine Zustelloptimierung durchgeführt, welche mit der Anzahl der notwendigen Zustellungen die Gesamtzustellung gleichmäßig auf alle Zustellungen aufteilt, so dass die optimierte Zustellung kleiner als D werden kann. Die Berechnung der Zustellungen erfolgt ab der Materialoberfläche, dabei wird bei negativem D-Adresswert der Absolutbetrag verwendet. Wird D0 (D mit Adresswert null) programmiert, so wird unter Berücksichtigung des Aufmaßes gleich auf die Endtiefe zugestellt.

Beim Pendeln wird der Werkzeug-Eintauchwinkel gegebenenfalls verkleinert, um die Zustellung in einem Umkehrpunkt der Pendelbewegung zu erreichen.

Die in den Aufrufzyklen G76 – G79 programmierte Rückzugsebene W hat Vorrang über die in der Zyklusprogrammierung programmierte Rückzugsebene.

Die Sicherheitsebene V wird im Eilgang angefahren. Die Sicherheitsebene muss deshalb in allen Zyklen mit einem positiven Abstandswert V programmiert werden.

Die inkrementelle Zustellung ZI muss einen negativen Wert haben.

Beachten Sie bitte, dass sich Adressangaben bei den folgenden Beschreibungen der Zyklen auf die Ebenenanwahl G17 beziehen. Für die Bearbeitungsebenen G18 und G19 ergeben sich die entsprechenden Zyklusaufwurbefehle aus der Adressstauschtabelle.

G34 Eröffnung des Konturtaschenzyklus

Beschreibung	<p>Es wird die Programmierung des allgemeinen universellen Konturtaschenzyklus mit der Vorgabe einer Taschentiefe und der Aufmaße eingeleitet.</p> <p>Die Programmierung besteht aus einer Folge von geschlossenen Taschen oder Inselkonturen, denen jeweils ein Z-Wert als Tiefe der Tasche oder als Höhe der Insel zugeordnet ist. Zu der aufsteigend geordneten Folge der Taschentiefen und Inselhöhen werden die zugehörigen sich überlappenden Taschen- oder Inselflächen mengentheoretisch vereinigt und dann in absteigender Reihenfolge herausgearbeitet.</p>		
NC-Satz (G17)	G34	ZI/ZA	[AK] [AL] [RA] [RI]
Adressen	Z	Tiefe der Tasche – Voreinstellung für G38 bei einheitlicher Taschentiefe	
		ZI	inkrementelle Koordinatenwerteingabe zur aktuellen Werkzeugposition
		ZA	absolute Werkstückkoordinateneingabe
Optionale Adressen	AK	[0]	Aufmaß auf die Berandung
	AL	[0]	Aufmaß auf den Taschenboden
	RA	[0]	Außenecken - Verrundungsradius in Berandungskonturschnittpunkten
	RI	[0]	Innenecken - Verrundungsradius in Berandungskonturschnittpunkten
Programmierhinweise	<p>Mit G34 wird der allgemeine Konturtaschenzyklus eröffnet, der dann mit G39 abgeschlossen wird.</p> <p>Berandungskonturschnittpunkte entstehen, wenn mehrere Taschen- und/oder Inselkonturen programmiert werden, die sich überlappen.</p> <p>Wird ein Aufmaß nicht oder mit dem Adresswert null programmiert, so entfällt die entsprechende Schlichtbearbeitung.</p>		

G35 Schrupptechnologie des Konturtaschenzyklus

NC-Satz **G35** **T D [V] [TC] [TR] [TL] [DM] [DB] [RH] [AE] [O] [Q] [RA] [E] [F] [S] [FM] [DV] [M]**

Adressen	T		Werkzeugnummer
	D		Maximale Zustelltiefe
Optionale Adressen	V		Sicherheitsabstand für G35 [V aus G39]
	TC	[1]	Korrekturwertspeichernummer
	TR	[0]	inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes im angewählten Korrekturwertspeicher
	TL	[0]	inkrementelle Veränderung der Werkzeuglänge im angewählten Korrekturwertspeicher
	DM	[D/4]	Maximale Zustelländerung für die inselspezifische Zustelloptimierung
	DB	[80]	Fräserbahnüberdeckung am Boden/auf Insel in Prozent
	RH		Radius der Mittelpunktsbahn der Helixzustellung. Der Radius wird bei zu kleinen Taschenabmaßen automatisch reduziert. [$\frac{3}{4}$ * Werkzeugradius]
	AE		Werkzeug-Eintauchwinkel zur Bearbeitungsebene beim helikalen Eintauchen [Werkzeug-Eintauchwinkel aus Korrekturwertspeicher]
	O	[1]	Zustellbewegung und Vorschuboptimierung beim Ausräumen O1 Senkrecht Eintauchen des Werkzeuges mit Ausräumvorschuboptimierung O2 Eintauchen des Werkzeuges in Schraubenlinienbewegung (Helix) mit Ausräumvorschuboptimierung O11 Senkrecht Eintauchen des Werkzeuges ohne Ausräumvorschuboptimierung O12 Eintauchen des Werkzeuges in Schraubenlinienbewegung (Helix) ohne Ausräumvorschuboptimierung
	Q	[1]	Bearbeitungsrichtung (beim Mäandern nur für das Abfahren der Berandungen) Q1 Gleichlaufräsen Q2 Gegenlaufräsen
	RA	[0]	Aufmaßreduzierung in Prozent bei der jeweils darüber liegenden Zustellung
	E	[F]	Vorschub beim Eintauchen
	F		Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene
	S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	FM	[5*F]	Maximaler Vorschub bei Ausräumvorschuboptimierung
	DV	[10]	Minimale Verfahrenslänge in Prozent des Werkzeugdurchmessers bei Ausräumvorschuboptimierung
	M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweis Der Befehl G35 mit der Schrupptechnologie muss programmiert werden. Die Programmierung der nachstehend beschriebenen Restspan- und Schlichttechnologien ist optional.

Die Rand-Aufmaßreduzierung RA wird gegebenenfalls selbst reduziert, so dass auch bei sehr vielen Zustellungen die oberste Zustellung noch ein Berandungs-Aufmaß hat.

G36 Restmaterialschrupp-Technologie des Konturtaschenzyklus

Funktionen Ist das vollständige Ausräumen der im Taschenfräszyklus programmierten Tasche mit dem im G35 angegebenen Schruppwerkzeug nicht möglich, kann mit G36 das Erkennen und Ausräumen des nach dem Schruppen übriggebliebenen Restmaterials für ein Werkzeug kleineren Durchmessers programmiert werden.

NC-Satz	G36	T	D	[V]	[TC]	[TR]	[TL]	[DM]	[DB]	[RH]	[AE]	[O]	[Q]	[RA]	[E]	[F]	[S]	[FM]	[DV]	[M]
Adressen	T																			
	D																			
Optionale Adressen	V																			
	TC	[1]																		
	TR	[0]																		
	TL	[0]																		
	DM	[D/4]																		
	DB	[80]																		
	RH																			
	AE																			
	O	[1]																		
	O1																			
	O2																			
	O11																			
	O12																			
	Q	[1]																		
	Q1																			
	Q2																			
	RA	[0]																		
	E	[F]																		
	F																			
	S																			
	FM	[5*F]																		
	DV	[10]																		
	M																			

Programmierhinweis Die Rand-Aufmaßreduzierung RA wird gegebenenfalls selbst reduziert, so dass auch bei sehr vielen Zustellungen die oberste Zustellung noch ein Berandungs-Aufmaß hat.

G37 Schlichttechnologie des Konturtaaschenzyklus

NC-Satz	G37	T D [V] [TC] TR [TL] [DM] [DB] [RH] [AE] [O] [Q] [H] [VA] [E] [F] [S] [FM] [DV] [M]
Adressen	T	Werkzeugnummer
	D	Maximale Zustelltiefe
Optionale Adressen	V	Sicherheitsabstand für G37 [V aus G39]
	TC	[1] Korrekturwertspeichernummer
	TR	[0] inkrementelle Veränderung des Werkzeugradiuswertes im angewählten Korrekturwertspeicher
	TL	[0] inkrementelle Veränderung des Werkzeuglänge im angewählten Korrekturwertspeicher
	DM	[D/4] Maximale Zustelländerung für die in-selbstspezifische Zustelloptimierung beim Schlichten des Randes
	DB	[80] Fräserbahnüberdeckung am Boden/auf Insel in Prozent
	RH	Radius der Mittelpunktsbahn der Helixzustellung. Der Radius wird bei zu kleinen Taschenabmaßen automatisch reduziert. [$\frac{3}{4}$ * Werkzeugradius]
	AE	Werkzeug-Eintauchwinkel zur Bearbeitungsebene beim helikalen Eintauchen [Werkzeug-Eintauchwinkel aus Korrekturwertspeicher]
	O	[1] Zustellbewegung und Vorschuboptimierung beim Ausräumen O1 Senkrechtes Eintauchen des Werkzeuges mit Ausräumvorschuboptimierung O2 Eintauchen des Werkzeuges in Schraubenlinienbewegung (Helix) mit Ausräumvorschuboptimierung O11 Senkrechtes Eintauchen des Werkzeuges ohne Ausräumvorschuboptimierung O12 Eintauchen des Werkzeuges in Schraubenlinienbewegung (Helix) ohne Ausräumvorschuboptimierung
	Q	[1] Bearbeitungsrichtung Q1 Gleichlaufräsen Q2 Gegenlaufräsen
	H	[4] Bearbeitungsart H4 Erst den Rand und dann den Boden schlichten H5 Erst den Boden und dann den Rand schlichten H6 Nur den Rand schlichten H7 Nur den Boden schlichten H8 nur die Restspäne des Bodens schlichten
	VA	[5] Prozentuale Aufmaßvergrößerung für das Schlichten von Rand und Boden
	E	[F] Vorschub beim Eintauchen
	F	Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
FM	[5*F] Maximaler Vorschub bei Ausräumvorschuboptimierung	
DV	[10] Minimale Verfahrlänge in Prozent des Werkzeugdurchmessers bei Ausräumvorschuboptimierung	
M	Zusatzfunktionen	

Programmierhinweis	Der Befehl G37 darf mit H6, H7 und H8 mit unterschiedlichen Werkzeugen bis zu dreimal programmiert werden. Die Reihenfolge der G37-Befehle legt mit H6 bis H8 die Abarbeitungsreihenfolge fest.
Adressbeschreibung	<p>Soll mit einem Konturtaschenzyklusaufwurf G39 auch der Rand und der Boden geschlichtet werden, so wird vom Schlichtzyklus beim ersten Schlichtgang das anschließend zu schlichtende zweite Aufmaß intern um VA Prozent vergrößert, so dass das Werkzeug diese beaufmaßten Flächen beim ersten Schlichtgang nicht berührt.</p> <p>Soll geschlichtet werden, aber es wird kein G37 programmiert, so wird die mit G36 programmierte Technologie für das voreingestellte Schlichten (H4) verwendet. Wird G36 und G37 nicht programmiert, so wird die Schrupptechnologie für das Schlichten verwendet.</p>

G38 Konturbeschreibung des Konturtaschenzyklus

Funktion Mit G38 wird eine Tasche mit Taschentiefe oder Insel mit Inselhöhe programmiert. Dies kann ein Kreis, ein abgerundetes Rechteck oder eine beliebige geschlossene Kontur sein.

Der G38 Befehl kann mehrfach für Taschen und mehrfach für Inseln programmiert werden. Die zugehörigen Taschen und Inseln werden automatisch zusammengefasst, wenn sie sich gegenseitig unter Berücksichtigung der Höhen und Tiefen überlappen.

NC-Satz-Alternativen	G17	G38	H	[ZI/ZA]	IA	JA	R		; Kreis-Tasche oder –Insel
		G38	H	[ZI/ZA]	LP	BP	IA	JA	[RN] [AR]
		G38	H	[ZI/ZA]					; Rechteck-Tasche oder –Insel
									; Randkonturprogrammierung

Adressen	H	Auswahladresse
	H1	Tasche
	H2	Insel
	H3	Tasche in Insel
	H4	Loch (Fläche ohne Werkstückmaterial)

Alternative und optionale Adressen	ZI/ZA	Höhe der Insel oder Tiefe der Tasche, wenn die Vorgabe der Taschentiefe aus G34 nicht verwendet werden soll.
---	--------------	--

ZI	inkrementell zur Materialoberfläche
ZA	absolut in Werkstückkoordinaten

[Materialoberfläche aus G39]

Kreistasche/-Zapfen mit IA, JA, R

IA	Mittelpunkt einer Kreistasche oder eines Zapfens in der 1. Geometrieachse in absoluten Werkstückkoordinaten oder Zentrum der Rechtecktasche/-Insel absolut in der 1. Geometrieachse
-----------	---

JA	Mittelpunkt einer Kreistasche oder eines Zapfens in der 2. Geometrieachse in absoluten Werkstückkoordinaten oder Zentrum der Rechtecktasche/-Insel absolut in der 2. Geometrieachse
-----------	---

R	Radius der Kreistasche (H1) oder des Zapfens (H2)
----------	---

Rechtecktasche/-Insel mit LP, BP, IA, JA

LP	Länge der Rechtecktasche/-Insel in der 1. Geometrieachse
-----------	--

BP	Breite der Rechtecktasche/-Insel in der 2. Geometrieachse
-----------	---

RN	[0] Eckenradius des Taschen- oder Insel-Rechtecks
-----------	---

AR	[0] Drehwinkel zur positiven 1. Geometrieachse, um den das Rechteck um die Zustellachse gedreht wird.
-----------	---

Randkontureingabe: Wird in G38 außer H und der optionalen Adresse Z keine weitere programmiert, so wird eine Berandungskontur im Anschluss an den Zyklusaufbau eingegeben und diese Eingabe mit G80 abgeschlossen.

Programmierhinweis Ist eine Insel höher als die Materialoberfläche, wird sie auf die Materialoberfläche reduziert. Nach G38 H Z/ZA folgt eine Beschreibung der Berandungskontur durch

DIN-Sätze G1, G2, G3 und Konturzugbefehle G61, G62, G63, Programmteiwiederholung, Unterprogrammaufruf.

Dabei muss der erste Konturpunkt absolut mit G0 oder G1 programmiert werden.

Die Konturdefinition wird mit G80 in einer separaten NC-Zeile abgeschlossen.

Offene Konturen (Endpunkt ungleich Anfangspunkt) werden mit G80 automatisch durch eine Verbindungslinie vom Endpunkt zum Startpunkt geschlossen. Der Befehl G38 kann kombiniert mit G80 oder zur Eingabe von Rechteck- und Kreiskonturen beliebig wiederholt werden.

G80 Abschluß einer G38 – Taschen/Insel-Konturbeschreibung

Funktion	Die in G38 definierte Berandungskontur wird mit G80 zwangsweise durch die Verbindung von Anfangs- zu Endpunkt geschlossen. Für die Kontureingabe gibt es keine Beschränkungen.
NC-Satz-	G80
Programmier- hinweis	Wird mit G38 alternativ zum Konturstartpunkt eine Kreis- oder Rechteckkontur programmiert, so ist der Konturabschluß mit G80 nicht erforderlich.

G39 Konturtaschenzyklusaufwurf mit konturparalleler oder mäanderförmiger Ausräumstrategie

Funktion	Mit dem Aufrufen von G39 werden die mit G38 definierten Taschen- und Inselkonturen geordnet nach Taschentiefen und Inselhöhen zusammengefasst, danach für die zusammengefassten Konturen die Ausräumstrategie für Schruppen, Restspanschruppen und Schichten berechnet und der Zyklus dann ausgeführt. Der Zyklus bietet das konturparallele Ausräumen alternativ zum Mäandern.	
NC-Satz (G17)	G39	ZI/ZA V [W] [AN] [H] [O] [X/XI/XA] [Y/YI/YA]
Adressen	ZI, ZA	Materialoberfläche in der Zustellachse Z ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe
	V	Sicherheitsabstand zur Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	AN	Winkel für das mäanderförmige Ausräumen zur positiven 1. Geometrieachse [Wird AN nicht programmiert, erfolgt das Ausräumen konturparallel.]
	H [14]	Bearbeitungsart H1 Schruppen der Tasche(n) H2 Freistellen (Planen) in Schruppbearbeitung – Ausräumen von außerhalb der Taschenberandung unter Berücksichtigung der Fräserbahnüberdeckung nach innen H4 Schichten der Tasche(n) H8 Freistellen (Planen) in Schlichtbearbeitung H14 Schruppen und Schichten H28 Freistellen (Planen) Schruppen und Schichten
	O [1]	O1 Schruppen/Schichten mit Restmaterialschruppen (zweites Werkzeug aus G36 bzw. zweitem G37-Aufruf) O2 Schruppen/Schichten ohne Restmaterialschruppen O3 Schruppen/Schichten des Restmaterials
	X, XI, XA	Bearbeitungsstartpunktskoordinate in der 1. Geometrieachse X X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [Siehe Y]
	Y, YI, YA	Bearbeitungsstartpunktskoordinate in der 2. Geometrieachse Y Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [Der Bearbeitungsstartpunkt wird automatisch für die günstigste Bearbeitungsstartposition berechnet. Beim Freistellen wird die Eingabe von X, Y ignoriert und der Bearbeitungsstartpunkt automatisch berechnet.]
Programmierhinweis	Es werden nur die Inselteiflächen auf die programmierte Inselhöhe ausgeräumt, die in den Taschenflächen enthalten sind. Ist eine Insel höher als die Materialoberfläche, wird sie auf die Materialoberfläche reduziert. Die mit G38 programmierten Berandungskonturen und die mit G35-G37 programmierte Technologievorgaben werden erst durch ein neues G34 gelöscht. Werden die Konturtaschenwegbefehle nur zum Schruppen oder Schichten der Restspäne aufgerufen (G39 .. O3 ..), so müssen zuvor auch die Wegbefehle G35, G36 oder G37 H7 und die Konturbefehle G38 erneut programmiert werden, um die Taschegeometrie und das die Restspäne erzeugende Vorbearbeitungswerkzeug anzugeben.	

G72 Rechtecktaschenfräszyklus

Funktion Es wird eine Rechtecktasche unter Berücksichtigung der Aufmaße gefräst. Der Setzpunkt wird mit der Adresse EP programmiert.

NC-Satz (G17) G72 ZI/ZA LP BP D V [RN] [W] [AK] [AL] [EP] [DB] [RH] [AE/DH] [O] [Q] [H] [BS] [E] [F] [S] [M]

Adressen	ZI/ZA	Tiefe der Rechtecktasche in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
	LP	Länge der Tasche in der 1. Geometrieachse
	BP	Breite der Tasche in der 2. Geometrieachse
	D	Maximale Zustelltiefe
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	RN [0]	Eckenradius der verrundeten Rechtecktasche
	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	AK [0]	Aufmaß auf die Berandungskontur
	AL [0]	Aufmaß auf den Taschenboden (Länge)
	EP [0]	Setzpunktfestlegung für den Taschenzyklusaufwurf: EP0 Taschenmittelpunkt (=TMA) EP1 Eckpunkt im ersten Quadranten eines Achsenkreuzes im TMA EP2 Eckpunkt im zweiten Quadranten eines Achsenkreuzes im TMA EP3 Eckpunkt im dritten Quadranten eines Achsenkreuzes im TMA EP4 Eckpunkt im vierten Quadranten eines Achsenkreuzes im TMA
	DB [80]	Fräserbahnüberdeckung in Prozent
	RH	Radius der Mittelpunktbahn der Helixzustellung. Der Radius wird bei zu kleinen Taschenabmaßen automatisch reduziert. [¾ Werkzeugradius]
	AE	Werkzeug-Eintauchwinkel zur Bearbeitungsebene [AE: Werkzeug-Eintauchwinkel aus Korrekturwertspeicher]
	DH	Zustellung pro Helixumdrehung [Es wird AE verwendet]
	O [1]	Zustellbewegung O1 Senkrechtes Eintauchen des Werkzeuges O2 Eintauchen des Werkzeuges in Schraubenlinienbewegung (Helix) O3 Pendelndes Eintauchen in der größeren Taschenausdehnungsrichtung
	Q [1]	Bearbeitungsrichtung Q1 Gleichlaufräsen Q2 Gegenlaufräsen Q3 Planen im Schruppbetrieb mit bidirektionaler Bearbeitung oder Gegenlaufräsen bei der Taschenbearbeitung oder beim Schlichten

H	[1]	Bearbeitungsart
		H1 Schruppen
		H2 Planschruppen der Rechteckfläche mit Überfahren des Randes durch Abzeilen parallel zur 1. Geometrieachse der (ungedrehten) Tasche über die Rechteckfläche hinaus (freifahren) und ansteigenden Abzeilbahnkoordinaten in der 2. Geometrieachse.
		H4 Schlichten (tangenciales Anfahren der Randkontur)
		H5 Schlichten (tangenciales Anfahren der Randkontur)
		H8 Planschlichten der Rechteckfläche analog H2
		H14 Schruppen und anschließendes Schlichten (gleiches Werkzeug)
		H15 Schruppen und anschließendes Schlichten (gleiches Werkzeug)
		H28 Planschruppen und Planschlichten (gleiches Werkzeug)
BS	[0]	Berandungsfestlegung für das Planschruppen mit H2
		BS0 Planschruppen ohne Berandung
		BS1 Berandung rechts in Richtung X+
		BS2 Berandung links in Richtung X-
		BS4 Berandung oben in Richtung Y+
		BS8 Berandung unten in Richtung Y- und
		BS"Summenkombinationen dieser Adresswerte"
		(z.B. BS11 : drei Berandungen entsprechend BS1, BS2 und BS8)
E	[F]	Vorschub beim Eintauchen
F		Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene
S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweis

Die Tasche wird stufenweise mit der Zustellung D ausgeräumt.

Beim kombinierten Schruppen und Schlichten mit H14 oder H15 wird der Rand in einer Zustellung geschlichtet.

Beim Schlichten der Tasche mit H4 wird D als Schlichtzustelltiefe verwendet.

Man beachte:

Beim Aufruf des Zyklus mit H4 nur zum Schlichten müssen die Aufmaße, die geschlichtet werden sollen mit einem positiven Wert programmiert werden, um dem Zyklus die richtige Verfahrensberechnung zu ermöglichen.

G73 Kreistaschen- und Zapfenfräszyklus

Funktion	Es wird eine Kreistasche oder ein Zapfen unter Berücksichtigung der Aufmaße gefräst. Der Setzpunkt ist der Kreismittelpunkt.		
NC-Satz (G17)	G73	ZI/ZA R D V [RZ] [W] [AK] [AL] [DB] [RH] [AE/DH] [O] [Q] [H] [E] [F] [S] [M]	
Adressen	ZI/ZA	Tiefe der Kreistasche in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten	
	R	Radius der Kreistasche	
	D	Maximale Zustelltiefe D positiv: Zirkulares Ausräumen D negativ: Spiralförmiges Ausräumen	
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche	
Optionale Adressen	RZ	[0]	Radius des optionalen Zapfens
	W		Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	AK	[0]	Aufmaß auf die Berandung
	AL	[0]	Aufmaß auf den Taschenboden
	DB	[80]	Fräserbahnüberdeckung in Prozent
	RH		Radius der Mittelpunktbahn der Helixzustellung. Der Radius wird bei zu kleinen Taschenabmaßen automatisch reduziert. [¼ Werkzeugradius]
	AE		Werkzeug-Eintauchwinkel zur Bearbeitungsebene [AE: Werkzeug-Eintauchwinkel aus Korrekturwertspeicher]
	DH		Zustellung pro Helixumdrehung [Es wird AE verwendet]
	O	[1]	Zustellbewegung O1 Senkrechtetes Eintauchen des Werkzeuges O2 Eintauchen des Werkzeuges in Schraubenlinienbewegung (Helix)
	Q	[1]	Bearbeitungsrichtung Q1 Gleichlaufräsen am Zapfen oder Taschenrand Q2 Gegenlaufräsen am Zapfen oder Taschenrand
	H	[1]	Bearbeitungsart H1 Schruppen H2 Planschruppen zirkular von außen nach innen mit der durch DB definierten Zustellung unter Überlappung des Randes oder entsprechendes Freistellen des Zapfens von außen nach innen H4 Schlichten (tangenciales Anfahren der Randkontur) Abfräsen des Aufmaßes zuerst am Rand und dann am Boden H5 Schlichten (tangenciales Anfahren der Randkontur) Abfräsen des Aufmaßes zuerst am Boden und dann am Rand H8 Planschlichten analog H2 H14 Schruppen und anschließendes Schlichten (gleiches Werkzeug) Abfräsen des Aufmaßes zuerst am Rand und dann am Boden H15 Schruppen und anschließendes Schlichten (gleiches Werkzeug) Abfräsen des Aufmaßes zuerst am Boden und dann am Rand H28 Planschruppen und Planschlichten (gleiches Werkzeug)
	E	[F]	Vorschub beim Eintauchen
	F		Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene
	S		Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M		Zusatzfunktionen

**Programmier-
hinweis**

Die Tasche wird stufenweise mit der Zustellung D ausgeräumt.

Beim kombinierten Schrappen und Schlichten mit H14 und H15 wird der Rand in einer Zustellung geschlichtet.

Beim Schlichten der Tasche mit H4 wird D als Schlichtzustelltiefe verwendet.

Beim Aufruf des Zyklus mit H4 nur zum Schlichten müssen die Aufmaße, die geschlichtet werden sollen mit einem positiven Wert programmiert werden, um dem Zyklus die richtige Verfahrensberechnung zu ermöglichen.

G74 Nutenfräszyklus

Funktion Es wird eine Nut unter Berücksichtigung der Aufmaße gefräst. Nach dem Fräsen der Nut wird beim optionalen Schlichten das Aufmaßmaterial auf dem Rand und Boden in einem Schnitt abgespant. Der Setzpunkt der Nut wird mit der Adresse EP programmiert.

7NC-Satz (G17) G74 ZI/ZA LP BP D V [W] [AK] [AL] [EP] [AE] [O] [Q] [H] [E] [F] [S] [M]

Adressen	ZI/ZA	Tiefe der Nut in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
	LP	Länge der Nut in der 1. Geometrieachse
	BP	Breite der Nut in der 2. Geometrieachse
	D	Maximale Zustelltiefe für das stufenweise Ausräumen der Nut D+ : mit stufenweisem Ausräumen bis zum Nutrand D- : mit Vorfräsen bis auf die Tiefe der Nut und Ausräumen bis zum Nutrand in einem abschließenden Arbeitsgang
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	AK [0]	Aufmaß auf die Berandung
	AL [0]	Aufmaß auf den Taschenboden
	EP (3)	Setzpunktfestlegung für den Nutenfräszyklus: EP0 Nutmittelpunkt EP1 Mittelpunkt des rechten/oberen Abschlusshalbkreises EP3 Mittelpunkt des linken/unteren Abschlusshalbkreises
	AE	Werkzeug-Eintauchwinkel zur Bearbeitungsebene beim Pendeln [AE: Werkzeug-Eintauchwinkel aus Korrekturwertspeicher]
	O [1]	Zustellbewegung O1 Senkrechtes Eintauchen des Werkzeuges O2 Eintauchen des Werkzeuges pendelnd mit Eintauchwinkel AE
	Q [1]	Bewegungsrichtung Q1 Gleichlaufräsen Q2 Gegenlaufräsen
	H [1]	Bearbeitungsart H1 Schruppen H4 Schlichten mit tangentialem Anfahren (falls Aufmaße programmiert) Abfräsen des oder der Aufmaße in einem Arbeitsgang H14 Schruppen und anschließendes Schlichten (gleiches Werkzeug)
	E [F]	Vorschub beim Eintauchen (Voreinstellung E=F)
	F	Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen

Programmierhinweise Der Fräserdurchmesser muss zwischen 55% und 90% der Nutbreite liegen.

G75 Kreisbogennut-Fräszyklus

Funktion

Es wird eine Kreisbogennut unter Berücksichtigung der Aufmaße gefräst. Nach dem Fräsen der Kreisnut auf Endtiefe wird beim optionalen Schlichten das Aufmaßmaterial auf dem Rand und Boden in einem Schnitt abgespart. Der Setzpunkt der Nut wird mit der Adresse EP programmiert.

NC-Satz (G17) G75 ZI/ZA BP RP AN/AO AO/AP D V [W] [AK] [AL] [EP] [AE] [O] [Q] [H]
[E] [F] [S] [M]

Adressen

ZI/ZA		Tiefe der Nut in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
BP		Breite der Nut
RP		Radius der Nut
AN		Polarer Startwinkel des Nutanfangskreismittelpunktes bezogen auf die positive 1. Geometrieachse
AO		Polarer Öffnungswinkel zwischen Nutanfangs- und Nutabschlusskreismittelpunkt
AP		Polarer Endwinkel des Nutendkreismittelpunktes bezogen auf die positive 1. Geometrieachse
D		Maximale Zustelltiefe für das stufenweise Ausräumen der Nut D+ : mit stufenweisem Ausräumen bis zum Nutrand D- : mit Vorfräsen bis auf die Tiefe der Nut und Ausräumen bis zum Nutrand in einem abschließenden Arbeitsgang
V		Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
W		Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
AK	[0]	Aufmaß auf die Berandung
AL	[0]	Aufmaß auf den Taschenboden
EP	[0]	Setzpunktfestlegung für den Kreisbogennut-Fräszyklus: EP0 Mittelpunkt der Ringnut EP1 Mittelpunkt des Nutanfangshalbkreises EP3 Mittelpunkt des Nutabschlusshalbkreises
AE		Werkzeug-Eintauchwinkel zur Bearbeitungsebene beim Pendeln [AE: Werkzeug-Eintauchwinkel aus Korrekturwertspeicher]
O	[1]	Zustellbewegung O1 Senkrechtes Eintauchen des Werkzeuges O2 Eintauchen des Werkzeuges pendelnd mit Eintauchwinkel AE
Q	[1]	Bewegungsrichtung Q1 Gleichlaufräsen Q2 Gegenlaufräsen
H	[1]	Bearbeitungsart H1 Schruppen H4 Schlichten (tangenciales Anfahren der Kontur) Abfräsen des oder der Aufmaße in einem Arbeitsgang H14 Schruppen und anschließendes Schlichten (gleiches Werkzeug)
E	[F]	Vorschub beim Eintauchen
F		Vorschub beim Fräsen in der XY-Ebene
S		Drehzahl /Schnittgeschwindigkeit
M		Zusatzfunktionen

Programmierhinweise

Der Fräserdurchmesser muss zwischen 55% und 90% der Nutbreite liegen.
Es müssen zwei der drei Winkel AN, AO, AP programmiert werden.

G82 Tiefbohrzyklus mit Spanbruch

NC-Satz (G17)	G82	ZI/ZA D V [W] [VB] [DR] [DM] [U] [O] [DA] [E] [F] [S] [M]
Adressen	ZI/ZA	Tiefe der Bohrung in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
	D	Zustelltiefe
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	VB [1]	Rückzugsabstand vom Bohrgrund mit Anfahrt im Eilgang
	DR [0]	Reduzierwert der Zustelltiefe (Degressionsbetrag ohne Vorzeichen)
	DM	Mindestzustellung ohne Vorzeichen [Werkzeugradius /2]
	U [1]	Verweilzeit in Sekunden am Bohrgrund (zum Spanbruch)
	O [2]	Auswahl der Verweilzeiteinheit O1 Verweilzeit in Sekunden O2 Verweilzeit in Umdrehungen
	DA [0]	Anbohrtiefe inkrementell von der Materialoberfläche
	E [F]	Anbohrvorschub
	F	Vorschub
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen
Programmierhinweise	ZI muss negativ sein.	

G83 Tiefbohrzyklus mit Spanbruch und Entspänen

NC-Satz (G17)	G83	ZI/ZA D V [W] [VB] [DR] [DM] [U] [O] [DA] [E] [FR] [F] [S] [M]
Adressen	ZI/ZA	Tiefe der Bohrung in der Zustellachskoordinate ZI Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten ZA inkrementell zur Materialoberfläche
	D	Zustelltiefe
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	VB [1]	Sicherheitsabstand vom Bohrgrund – Anfahrt im Eilgang oder mit Eilgangreduzierung FR
	DR [0]	Reduzierwert der Zustelltiefe (Degressionsbetrag ohne Vorzeichen)
	DM	Mindestzustellung ohne Vorzeichen [Werkzeugradius /2]
	U [1]	Verweilzeit in Sekunden am Bohrgrund zum Spanbruch und zur Spanentleerung
	O [2]	Auswahl der Verweilzeiteinheit O1 Verweilzeit in Sekunden O2 Verweilzeit in Umdrehungen
	DA [0]	Anbohrtiefe inkrementell von der Materialoberfläche
	E [F]	Anbohrvorschub
	FR [100]	prozentualer Eilgangreduzierungsfaktor bei der Zustellung zum Bohrgrund
	F	Vorschub
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen
Programmierhinweise	ZI muss negativ sein.	

G84 Gewindebohrzyklus

NC-Satz (G17) G84 ZI/ZA F M V [W] [S] [M]

Adressen	ZI/ZA	Gewindetiefe in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
	F	Gewindesteigung/Steigungswert (mm/U) - G4 wird ignoriert
	M	Drehrichtung des Werkzeuges für das Eintauchen M3 bei Rechtsgewinde M4 bei Linksgewinde
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	weitere Zusatzfunktionen

Programmierhinweise Bei anliegendem G94 wird zyklusintern auf G95 umgeschaltet und am Zyklusende G94 wieder eingeschaltet.
ZI muss negativ sein.

G85 Reibzyklus

NC-Satz (G17) **G85** **ZI/ZA V [W] [E] [F] [S] [M]**

Adressen	ZI/ZA	Reibtiefe in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	E [F]	Rückzugs-Vorschub (mm/min)
	F	Zustell-Vorschub (mm/min)
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit

Programmierhinweise ZI muss negativ sein.

G86 Ausdrehzyklus

Funktion Ausdrehen einer Bohrung mit Rückzug bei stehender Werkzeugspindel

NC-Satz (G17) G86 ZI/ZA V [W] [DR] [F] [S] [M]

Adressen	ZI/ZA	Ausdrehtiefe in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	DR	Freifahrabstand in der Bearbeitungsebene vor dem Herausfahren [¹ / ₂₀ Werkzeugdurchmesser des aktiven Korrekturwertsatzes]
	F	Vorschub
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit

Programmierhinweis Der Spindelhalt erfolgt beim Spindel-C-Achswert Null.
ZI muss negativ sein.

G87 Bohrfräszyklus

NC-Satz (G17) **G87** **ZI/ZA R D V [W] [BG] [F] [S] [M]**

Adressen	ZI/ZA	Tiefe der Bohrung in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten	
	R	Radius der Bohrung	
	D	Zustellung pro Schraubenlinie (Steigung der Helix-Bewegung)	
	V	Abstand der Sicherheitsebene von der Materialoberfläche	
	Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
		BG	[2] Bearbeitungsrichtung BG2 Bearbeitungsrichtung im Uhrzeigersinn (Voreinstellung) BG3 Bearbeitungsrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn
		F	Vorschub
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit	
	M	Zusatzfunktionen	

Programmierhinweis Die Bearbeitung wird durch eine Kreisbewegung ohne Zustellung am Bohrgrund abgeschlossen.
Die Abfahrbewegungen erfolgen tangential zum Kreis.
ZI muss negativ sein.

G88 Innengewindefräszyklus

Funktion Mit der Gewindetiefe und der Steigung wird die Zahl der Gewinderillen bestimmt. Mit der Zahl der Werkzeugrillen ergibt sich die Zahl der ganzen Helixumdrehungen, die mit dem Versatz $D \cdot Q$ einzeln mit An- sowie Abfahrbewegungen ausgeführt werden.

Nur bei Q1 werden alle Helixumdrehungen hintereinander mit nur einer An- und Abfahrbewegung ausgeführt.

Wenn die Zahl der Gewinderillen kein ganzzahliges Vielfaches von Q ist, wird die Restzahl als Gewinderillen-Luftschnitt über der Materialoberfläche ausgeführt, so dass der Sicherheitsabstand gegebenenfalls automatisch vergrößert wird.

NC-Satz (G17) **G88** **ZI/ZA DN D Q V [W] [BG] [F] [S] [M]**

Adressen	ZI/ZA	Gewindetiefe in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
	DN	Nenndurchmesser des Innengewindes
	D	Gewindesteigung (Zustellung pro Helixumdrehung) D+ Bearbeitung von oben nach unten D- Bearbeitung von unten nach oben
	Q	Gewinderillenzahl des Werkzeuges
	V	Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	BG [2]	Bewegungsrichtung des Fräasers BG2 Bearbeitungsrichtung im Uhrzeigersinn (Voreinstellung) BG3 Bearbeitungsrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn
	F	Vorschub
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit

Programmierhinweis Die An- und Abfahrbewegung erfolgt vom oder zum Zentrum des Gewindekerns.

Bearbeitung wird mit dem Erreichen der Zustelltiefe abgeschlossen. Aber:
Der Zyklus führt An- und Abfahrbewegungen in der Bearbeitungsebene aus, denen eine zum Kreissektorwinkel proportionale Zustellung überlagert wird, um den Gewinde-Einlauf und -Auslauf nicht zu verletzen.

Dies bedingt an dem Gewindestartpunkt (der Materialoberfläche) und am Gewindeendpunkt Überlaufzustellwege, die bei Bohrungstiefen zu berücksichtigen sind.

Der Zyklus benötigt einen Kreissektor von 90° (Grad), um die An- und Abfahrbewegung durchzuführen. Dies erfordert einen beidseitigen Gewindeüberlaufweg von ¼ der Gewindesteigung D.

ZI muss negativ sein.

Die Gewindedrehrichtung ergibt sich aus dem Vorzeichen von D und der Bewegungsrichtung BG.

G89 Außengewindefräszyklus

Funktion Mit der Gewindetiefe und der Steigung wird die Zahl der Gewinderillen bestimmt. Mit der Zahl der Werkzeugrillen ergibt sich die Zahl der ganzen Helixumdrehungen, die mit dem Versatz $D \cdot Q$ einzeln mit An- sowie Abfahrbewegungen ausgeführt werden.
 Nur bei Q1 werden alle Helixumdrehungen hintereinander mit nur einer An- und Abfahrbewegung ausgeführt.
 Wenn die Zahl der Gewinderillen kein ganzzahliges Vielfaches von Q ist, wird die Restzahl als Gewinderillen-Luftschnitt über der Materialoberfläche ausgeführt, so dass der Sicherheitsabstand gegebenenfalls automatisch vergrößert wird.

NC-Satz (G17) **G89** **ZA/ZI DN D Q V [W] [BG] [F] [S] [M]**

Adressen	ZI/ZA	Gewindetiefe in der Zustellachskoordinate ZI inkrementell zur Materialoberfläche ZA Tiefe absolut in Werkstückkoordinaten
	DN	Kerndurchmesser des Außengewindes
	D	Gewindesteigung (Zustellung pro Helixumdrehung) D+ Bearbeitung von oben nach unten D- Bearbeitung von unten nach oben
	Q	Gewinderillenzahl des Werkzeuges
	V	Sicherheitsebene von der Materialoberfläche
Optionale Adressen	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	BG [2]	Bewegungsrichtung des Fräasers: BG2 Bearbeitungsrichtung im Uhrzeigersinn (Voreinstellung) BG3 Bearbeitungsrichtung entgegen dem Uhrzeigersinn
	F	Vorschub
	S	Drehzahl/Schnittgeschwindigkeit
	M	Zusatzfunktionen

Programmierhinweis Der Radius der An- und Abfahrbewegung wird in Abhängigkeit vom Gewindekerndurchmesser, der Steigung und dem Werkzeugdurchmesser von der Steuerung berechnet.
 Die Bearbeitung wird mit dem Erreichen der Zustelltiefe abgeschlossen. Aber: Der Zyklus führt An- und Abfahrbewegungen in der Bearbeitungsebene aus, denen eine zum Kreiswinkel proportionale Zustellung überlagert wird, um den Gewinde-Einlauf und -Auslauf nicht zu verletzen.
 Dies bedingt an dem Gewindestartpunkt (der Materialoberfläche) und am Gewindeendpunkt Überlaufzustellwege, die bei den vorausgehenden Bearbeitungen zu berücksichtigen sind.
 Der Zyklus benötigt einen Kreiswinkel von 90° (Grad), um die An- und Abfahrbewegung durchzuführen.
 Dies erfordert einen beidseitigen Gewindeüberlaufweg von $\frac{1}{4}$ der Gewindesteigung D.
 ZI muss negativ sein.
 Die Gewindedrehrichtung ergibt sich aus dem Vorzeichen von D und der Bewegungsrichtung BG.

G76 Mehrfachzyklusaufwurf auf einer Geraden (Lochreihe)

Funktion Mit dem Zyklusaufwurf G76 wird der zuletzt definierte Zyklus mehrfach ausgeführt. Dabei liegen die einzelnen Ausführungen im gleichen Abstand zueinander auf einem Strahl mit dem programmierten Anfangspunkt, Winkel und Abstand oder Verschiebungsvektor.

NC-Satz (G17)	G76	AS D O	[X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] [AR] [W] [H]
Adressen	AS		Winkel der Geraden in Zyklusaufwurfichtung zur positiven 1. Geometrieachse (G17:X)
	D		Abstand der Zyklusaufwurfpunkte auf der Geraden
	O		Anzahl der Zyklusaufwurfpunkte auf der Geraden
Optionale Adressen	X, XI, XA		X-Koordinate des ersten Punktes (1. Geometrieachse von G17) X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition]
	Y, YI, YA		Y-Koordinate des ersten Punktes (2. Geometrieachse von G17) Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition]
	Z, ZI, ZA		Materialoberfläche in der Zustellachse von G17 Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [ZI = -V Das Werkzeug steht in der Sicherheitsebene. Die Materialoberfläche liegt um -V unter der aktuellen Werkzeugposition.]
	AR	[0]	Drehwinkel zur positiven 1. Geometrieachse, um den das Zyklusobjekt (Tasche/Nut) um die Zustellachse gedreht wird.
	W		Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
	H	[1]	Rückfahrposition H1 Sicherheitsebene wird zwischen zwei Positionen angefahren und Rückzugsebene nach letzter Position H2 Rückzugsebene wird zwischen zwei Positionen angefahren
Programmierhinweise	Es wird der aktuelle Zyklus (ausgenommen ist der Konturtaschenzyklus) auf den Positionen der programmierten Lochreihe aufgerufen. Die Anfahrt der Startposition erfolgt im Eilgang mit Eilganglogik.		

G77 Mehrfachzyklusaufwurf auf einem Teilkreis (Lochkreis)

Funktion Mit dem Zyklusaufwurf G77 wird der zuletzt definierte Zyklus mehrfach ausgeföhrt. Dabei liegen die einzelnen Ausföhungen im gleichen Abstand/Winkelinkrement zueinander auf einem Kreisbogen mit dem programmierten Mittelpunkt, Radius und Start- oder Endwinkel.

NC-Satz (G17)

G77	R	AN	AI	O	[I /IA]	[J /JA]	[Z /ZI /ZA]	[AR]	[Q]	[W]	[H]	[FP]	
G77	R	AN	AP	O	[I /IA]	[J /JA]	[Z /ZI /ZA]	[AR]	[Q]	[W]	[H]	[FP]	
G77	R		AI	AP	O	[I /IA]	[J /JA]	[Z /ZI /ZA]	[AR]	[Q]	[W]	[H]	[FP]
G77	R	AN	AI	AP		[I /IA]	[J /JA]	[Z /ZI /ZA]	[AR]	[Q]	[W]	[H]	[FP]

Adressen

R Radius des Lochkreises

AN Polarer Winkel der ersten Zyklusaufwurfposition zur positiven 1. Geometrieachse (G17:X)

AI Inkrementwinkel zwischen zwei benachbarten Zyklusaufwurfpositionen. Das Vorzeichen von D legt die Orientierung auf dem Teilkreis fest.

AP Polarer Winkel der letzten Zyklusaufwurfposition zur positiven 1. Geometrieachse (G17:X)

O Anzahl der Zyklusaufwurfe auf dem Teilkreis

Optionale Adressen

I, IA (I0) X-Mittelpunktskoordinate in G17, G18
 I X-Koordinatendifferenz zwischen Kreismittelpunkt und Startpunkt
 IA X-Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten

J, JA (J0) Y-Mittelpunktskoordinate in G17, G19
 J Y-Koordinatendifferenz zwischen Kreismittelpunkt und Startpunkt
 JA Y-Mittelpunktskoordinate absolut in Werkstückkoordinaten

Z, ZI, ZA Materialoberfläche in der Zustellachse von G17
 Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91
 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition
 ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe
 [ZI = -V Das Werkzeug steht in der Sicherheitsebene. Die Materialoberfläche liegt um -V unter der aktuellen Werkzeugposition.]

AR [0] Drehwinkel zur positiven 1. Geometrieachse, um den das Zyklusobjekt (Tasche/Nut) vor der ersten Ausföhung um die Zustellachse gedreht wird.

Q [1] Orientierung der zu bearbeitenden Zyklusgeometrie
 Q1 Mitdrehen des Objektes: Das Objekt wird an jeder Bearbeitungsposition um den Winkel gedreht, den diese Bearbeitungsposition im Teilkreis bezüglich der 1. Geometrieachse hat.
 Q2 feste Orientierung des Objektes

W Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten
 [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]

H [1] Rückfahrposition
 H1 Sicherheitsebene wird zwischen zwei Positionen angefahren und Rückzugsebene nach letzter Position
 H2 Rückzugsebene wird zwischen zwei Positionen angefahren
 H3 Es wird wie bei H1 verfahren, jedoch wird die nächste Position nicht linear, sondern auf dem Teilkreisbogen angefahren.

FP Positioniervorschub in G94 auf dem Teilkreisbogen bei H3
 [Entsprechend dem aktuellen Vorschub umgerechnet in G94]

Programmierhinweise

Es können die drei Winkeladressen AN, AI oder AP nur dann programmiert werden, wenn die Differenz (AP – AN) ein ganzzahliges Vielfaches von AI ist. Es gilt dann

$$O = \left\lceil \frac{AP - AN}{AI} \right\rceil + 1$$

Die Zyklusaufwurfpositionen werden für AN < AP im Gegenuhrzeigersinn und für AN > AP im Uhrzeigersinn angeordnet.

Es wird der aktuelle Zyklus (ausgenommen ist der Konturtaschenzyklus) auf den Positionen des programmierten Lochkreises aufgerufen.

Die Anfahrt der Startposition erfolgt im Eilgang mit Eilganglogik.

G78 Zyklusaufwurf auf einem Punkt (Polarkoordinaten)

NC-Satz (G17)	G78	I /IA J /JA RP AP [Z /ZI /ZA] [AR] [W]
Adressen	I, IA	X-Koordinate des Pols (1.Geometrieachse) I X-Koordinatendifferenz zwischen Pol und Startpunkt IA X-Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	J, JA	Y-Koordinate des Pols (2.Geometrieachse) J Y-Koordinatendifferenz zwischen Pol und Startpunkt JA Y-Polkoordinate absolut in Werkstückkoordinaten
	RP	Polarradius
	AP	Polarwinkel bezogen auf die 1. Geometrieachse
Optionale Adressen	Z, ZI, ZA	Materialoberfläche in der Zustellachse von G17 Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91 ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [ZI = -V Das Werkzeug steht in der Sicherheitsebene. Die Materialoberfläche liegt um -V unter der aktuellen Werkzeugposition.]
	AR [0]	Drehwinkel zur positiven 1. Geometrieachse, um den das Zyklusobjekt (Tasche/Nut) um die Zustellachse gedreht wird.
	W	Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]
Programmierhinweise	Es wird der aktuelle Zyklus (ausgenommen ist der Konturtaschenzyklus) an der programmierten Position ausgeführt. Die Anfahrt der Startposition erfolgt im Eilgang mit Eilganglogik.	

G79 Zyklusaufwurf auf einem Punkt (kartesische Koordinaten)

NC-Satz (G17)	G79	[X /XI /XA] [Y /YI /YA] [Z /ZI /ZA] [AR] [W]
Optionale Adressen	X, XI, XA	<p>X-Koordinate des ersten Punktes (1. Geometrieachse von G17)</p> <p>X absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91</p> <p>XI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition</p> <p>XA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition XI0]</p>
	Y, YI, YA	<p>Y-Koordinate des Punktes (2. Geometrieachse von G17)</p> <p>Y absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91</p> <p>YI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition</p> <p>YA absolute Werkstückkoordinateneingabe [aktuelle Werkzeugposition YI0]</p>
	Z, ZI, ZA	<p>Materialoberfläche in der Zustellachse von G17</p> <p>Z absolute oder inkrementelle Eingabe gesteuert durch G90/G91</p> <p>ZI inkrementelle Koordinateneingabe zur aktuellen Werkzeugposition</p> <p>ZA absolute Werkstückkoordinateneingabe [ZI = -V Das Werkzeug steht in der Sicherheitsebene. Die Materialoberfläche liegt um -V unter der aktuellen Werkzeugposition.]</p>
	AR	<p>[0] Drehwinkel zur positiven 1. Geometrieachse, um den das Zyklusobjekt (Tasche/Nut) um die Zustellachse gedreht wird.</p>
	W	<p>Höhe der Rückzugsebene absolut in Werkstückkoordinaten [Rückzugsebene ist gleich Sicherheitsebene]</p>
Programmierhinweise	<p>Es wird der aktuelle Zyklus (ausgenommen ist der Konturtaschenzyklus) an der programmierten Position ausgeführt.</p> <p>Die Anfahrt der Startposition erfolgt im Eilgang mit Eilganglogik.</p>	

2½D-Bearbeitungsebenenwahl beliebiger Bearbeitungsebenen

Hinweis:

Die 2½D-Bearbeitung in beliebigen Bearbeitungsebenen der PAL2007-Befehlskodierung mit einer oder zwei zusätzlichen Dreh/Schwenkachsen oder die simultane 5-Achsbearbeitung ist eine über die dreiachsige Bearbeitung mit X, Y und Z hinausgehende Software-Erweiterungsoption, die vorhanden sein muss, um die Ebenenwahl und Dreh/Schwenk-Operationen sowie das Einrichten der entsprechenden CNC-Bearbeitungszentren in der Simulations-Software ausführen zu können. Diese Software-Erweiterungsoption kann auch nachträglich erworben werden.

Ausgehend von einer der drei Standardebenen G17, G18 oder G19 als **Ausgangsebene** (und Koordinatensystemauswahl) kann eine beliebig im Raum liegende Bearbeitungsebene kombiniert mit der zugehörigen Werkstückkoordinatensystem-Transformation über mehrere Möglichkeiten angewählt werden:

1. Winkelvorgaben für Werkstückkoordinatensystemdrehungen
2. Koordinaten- und Vektorvorgaben
3. Inkrementelle Drehungen des Werkstückkoordinatensystems

Dabei kann z.B. die gleiche Bearbeitungsebene aus zwei unterschiedlichen Standardebenen und daraus resultierend mit unterschiedlichen Vorgaben der Drehwinkel oder Koordinaten angewählt werden. Der sich für den Programmierer ergebende Unterschied ist dann nur das in der angewählten Bearbeitungs-ebene gültige Koordinatensystem, das die gleiche Zustellachse wie die Ausgangs-Standardebene verwendet.

Die von der PAL vorgeschlagene Programmierung der beliebig liegenden Bearbeitungs-ebenen ist wesentlich universeller und dabei gleichzeitig einfacher strukturiert als bei CNC-Steuerungs-lösungen, die z.B. als Zustellachse nur die Z-Achse - also nur eine Drehung der G17-Ebene - zulassen.

Die Ebenenwahlbefehle müssen allein in einem NC-Satz stehen.

Maschinenkinematik

Durch die Programmierung von G17, G18 oder G19 wird die Ausgangs-Standard-bearbeitungsebene mit der Zustellachse festgelegt. Mögliche aktive Drehungen des Werkstückkoordinatensystems werden damit zuerst auf die maschinenachsparallele Ausrichtung des Werkstückkoordinatensystems unter Beibehaltung des aktuellen Werkstücknullpunktes zurückgesetzt.

Die programmierten Winkelvorgaben legen dann eine Drehung dieses maschinenachs-parallelen Werkstückkoordinatensystems fest. Diese Drehung ist so zu wählen, dass nach der Drehung die Zustellachse der programmierten Standard-Bearbeitungsebene senkrecht auf der gewünschten Bearbeitungsfläche steht. Folgerung: Für eine Bearbeitungsebene hängen die zu programmierenden Winkel für die Koordinatensystemdrehung von der gewählten Ausgangs-Standardebene G17, G18 oder G19 ab.

Mit der Steueradressprogrammierung H1 oder H2 wird von der CNC-Steuerung dann die Bearbeitungsebene mit den tatsächlich an der Maschine vorhandenen Dreh/Schwenkachsen eingestellt und alle Nullpunkte werden automatisch nachgeführt.

Für die Programmierung der nachstehenden Bearbeitungsebenen hat somit die spezielle Maschinenkinematik mit der maschinenspezifischen Ergänzung der drei Geometrieachsen X, Y, Z durch zwei Dreh/Schwenkachsen zu einem 5-achsigen Bearbeitungszentrum **keinen Einfluß**.

Die Programmierung dieser Ebenen ist also unabhängig von der Maschinenkinematik: beide Achsen im Maschinentisch oder vor dem Spindelkopf oder aufgeteilt.

Die Dreh/Schwenkachsen der Maschine können direkt nur in der Ebene der simultanen 5-Achsbearbeitung (siehe dort) **aber nicht** in den 2½D-Bearbeitungsebenen programmiert werden.

Bei den nachstehend programmierten Winkeln mit zweibuchstabigen Adressen bezieht sich der erste Buchstabe nur auf die **virtuellen Drehachsen A, B und C** des Werkstückkoordinatensystems XYZ.

Festlegung von Bearbeitungsebenen über Winkelvorgaben

Die Festlegung einer allgemeinen Bearbeitungsebene über Winkel erfolgt in drei zueinander alternativen Varianten unter Mitverwendung der Drehachsadressbuchstaben A, B und C, die eine Drehung um eine X-, Y- und Z-Achse des Werkstückkoordinatensystems kennzeichnen.

Die Bearbeitungsebene wird dann gemäß der Einschwenk-Auswahladresse H (siehe Ebenenanwahl allgemein) von der Steuerung eingestellt.

Bis auf die optionale Drehung des Ebenenkoordinatensystems in der Bearbeitungsebene um die Zustellachse, (die eigentlich auch mit G58 oder G59 programmiert werden kann) sind dazu im allgemeinen zwei Winkleingaben ausreichend (und nicht drei Winkel wie bei den Eulerwinkeln in einigen Steuerungsbeschreibungen angegeben – deren letzter Winkel eine Drehung um die Zustellachse analog zu G58 oder G59 beschreibt).

In einigen Fällen kann es aber komfortabler (weil ohne Berechnungsaufwand für den Programmierer) sein, inkrementell mehr als zwei Winkel zu programmieren.

Die folgenden Drehwinkeladressen werden ausgehend von einer Standard-Bearbeitungsebene G17 oder G18 oder G19 als Ausgangsbearbeitungsebene benutzt.

1. AM, BM, CM Maschinenfeste Raumwinkel, beliebige Reihenfolge und Anzahl,
2. AR, BR, CR Relative (inkrementelle) Raumwinkel, beliebige Reihenfolge und Anzahl,
3. AS, BS, CS Schnittwinkel in Schnitten der Standardebenen, zwei der drei Winkel sind zu programmieren.

Diese Winkel werden mit dem Einschwenkverhalten H als NC-Satz programmiert, jedoch dürfen in einem NC-Satz nur Adressen des gleichen Winkeltyps 1. oder 2. oder 3. verwendet werden. Bei 1. und 2. ist die angewählte Bearbeitungsebene von der Eingabereihenfolge abhängig

Bei 1. erfolgt die Weiterdrehung des Bearbeitungsebenen-Koordinatensystems jeweils um die festen Maschinenkoordinatensystemachsen A, B und C. Bei 2. wird das Bearbeitungsebenenkoordinatensystem ausgehend vom Werkstückkoordinatensystem einer Standard-Ebene um die entsprechenden Drehachsen des mit der vorhergehenden Winkleingabe bereits gedrehten Koordinatensystems weitergedreht (inkrementelle Drehungen).

Bemerkungen zur Ebenenanwahl mit Winkeln:

Im allgemeinen reicht auch bei 1. und 2. die Angabe von zwei Drehwinkeln aus. Die Angabe von drei Winkeln bei 1. oder 2. dient z.B. zur Bearbeitung einer Anschlussebene an die mit den beiden ersten Winkeln definierte Bearbeitungsebene (z.B. die Anschlussebene einer Fasenbearbeitung). Diese Anschlussebenen können aber auch mit G16 (siehe dort) inkrementell programmiert werden.

Der Auswahladresse O legt bei den Schnittwinkeln eine Ebenenachse des neuen Koordinatensystems vom Scheitelpunkt der Winkelmessung aus in die Schnittlinie einer ausgewählten Standard-Ebenenschnittfläche.

Man beachte:

Bei der Anwahl einer Bearbeitungsebene mit G17, G18 oder G19 wird steuerungsintern zuerst diese Wegbedingung eingestellt. **Damit werden auch vorherige Werkstückkoordinatensystemdrehungen aufgehoben.**

Lösungsauswahl

Da es für das Einschwenken einer Bearbeitungsebene im allgemeinen **zwei Lösungen** mit unterschiedlichen Schwenkwinkeln gibt, wird von der Steuerung automatisch eine vor-konfigurierte Lösung ausgewählt (z.B. die Lösung mit dem vom Bediener weggeschwenkten Maschinentisch). Durch mechanische Beschränkungen des Schwenkachsen – Verfahrbereichs kann in vielen Fällen nur eine Lösung eingestellt werden - manchmal auch keine, was zu einer Fehlermeldung führt.

Die Lösungsauswahl erfolgt mit der Adresse Q: Die voreingestellte Lösungsauswahl wird mit Q1 programmiert. Die zweite Lösung erhält man mit der Programmierung von Q2.

G17/18/19 WM Ebenenanwahl mit maschinenfesten Raumwinkeln

Funktion Es erfolgt hier die Drehung des Bearbeitungsebenen-Koordinatensystems nacheinander um die programmierten festen Maschinenkoordinatensystem-Achsrichtungen.

Die resultierende Bearbeitungsebene ist von der Reihenfolge der Drehwinkel abhängig.

NC-Satz G17/G18/G19 [AM] [BM] [CM] [H] [DS] [Q]

Optionale Adressen

- | | | |
|----|-----|---|
| AM | | Drehwinkel um die X-Achse des Maschinenkoordinatensystems |
| BM | | Drehwinkel um die Y-Achse des Maschinenkoordinatensystems |
| CM | | Drehwinkel um die Z-Achse des Maschinenkoordinatensystems |
| | | Nichtprogrammierte Drehwinkel werden mit Null (keine Drehung) vorbelegt |
| H | [1] | Ebenen-Einschwenkverhalten |
| | | H1 Einschwenken der Drehachsen |
| | | H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung |
| | | H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen:
Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinen kinematik berechneten Dreh/Schwenkwerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programm- lauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt. |
| DS | [0] | Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2:
Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustell- achse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt.
Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y ,Z erhalten. |
| Q | [1] | Lösungsauswahl |
| | | Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung |
| | | Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung |

Programmier- hinweise Es können eine oder zwei oder alle drei Achsrichtungen in beliebiger Reihenfolge und **auch mehrfach** programmiert werden. Die Programmierung von zwei Winkeln ist i.a. ausreichend.

G17/18/19 WR Ebenenanwahl mit relativen Raumwinkeln

Funktion	<p>Die Drehungen erfolgen jeweils nacheinander um die programmierte entsprechende Achse des bereits mit dem vorausgehenden Winkel gedrehten Werkstückkoordinatensystems. Die erste Drehung erfolgt um die entsprechende Achse des aktuellen Koordinatensystems der Ausgangsebene, die noch mit dem Maschinenkoordinatensystem übereinstimmt.</p> <p>Die resultierende Bearbeitungsebene ist von der programmierten Reihenfolge der Drehwinkel abhängig.</p>	
NC-Satz	G17/G18/G19 [AR] [BR] [CR] [H] [DS] [Q]	
Optionale Adressen	AR	Relativer (inkrementeller) Drehwinkel um die X-Achse des aktuellen Werkstückkoordinatensystems
	BR	Relativer (inkrementeller) Drehwinkel um die Y-Achse des aktuellen Werkstückkoordinatensystems
	CR	Relativer (inkrementeller) Drehwinkel um die Z-Achse des aktuellen Werkstückkoordinatensystems
		Nichtprogrammierte Drehwinkel werden mit Null (keine Drehung) vorbelegt
	H [1]	<p>Ebenen-Einschwenkverhalten</p> <p>H1 Einschwenken der Drehachsen</p> <p>H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung</p> <p>H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen: Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinen kinematik berechneten Dreh/Schwenkachswerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programm- lauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt.</p>
	DS [0]	<p>Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustell- achse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y ,Z erhalten.</p>
	Q [1]	<p>Lösungsauswahl</p> <p>Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung</p> <p>Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung</p>
Programmier- hinweise	<p>Es können eine oder zwei oder alle drei Achsrichtungen in beliebiger Reihenfolge und auch mehrfach programmiert werden. Die Programmierung von zwei Winkeln ist i.a. jedoch ausreichend.</p> <p>Dies ist in der Regel die einfachste Methode eine Bearbeitungsebene anzuwählen. Die Programmierung von zwei Winkeln ist ausreichend</p>	
Beispiele	G17 CR AR	(Eulerwinkelprogrammierung mit zwei Winkeln)
	G17 CR BR	(Eulerwinkelprogrammierung mit zwei Winkeln)
	G17 CR AR CR	(Eulerwinkelprogrammierung mit drei Winkeln, wobei die letzte Drehung CR um die Zustellachse dem Drehwinkel AR von G58/G59 entspricht, da CR eine Drehung um die Zustell/Werkzeugachse von G17 ist).

G17/18/19 WS Ebenenanwahl mit Schnittwinkeln

Funktion In dieser Programmiervariante der Bearbeitungsebenenwahl werden die Winkel der Schnittlinien der Bearbeitungsebene mit parallel zu den Standardebenen G17, G18 und G19 liegenden Standardebenen-Schnittflächen oder einer Seitenansicht oder einer Aufsicht des Werkstückes zu einer in der jeweiligen Schnittfläche/Ansicht liegenden Bearbeitungsebenenachse herangezogen. (Anmerkung: Aus Konsistenzgründen sollte diese Achse eigentlich stets die erste Geometrieachse der Standardebenen-Schnittfläche sein. Heidenhain und Siemens folgend wird für BS in der G18-Schnittfläche aber die zweite Geometrieachse X und nicht die erste Geometrieachse Z als Winkelbezugsachse verwendet.)

Die Eingabereihenfolge der Adressen ist bei den Schnittwinkeln ohne Bedeutung. Es müssen zwei der drei Winkel programmiert werden.

NC-Satz G17/G18/G19 [AS] [BS] [CS] [H] [DS] [O] [Q]

Optionale Adressen

- AS Schnittwinkel in einer G19 Schnittfläche mit der G19-Standardachsenachse Y
- BS Schnittwinkel in einer G18 Schnittfläche mit der G18-Standardachsenachse X
- CS Schnittwinkel in einer G17 Schnittfläche mit der G17-Standardachsenachse X
 Dabei verstehen wir unter Schnittwinkel in einer Standardebenen-Schnittfläche (G17 oder G18 oder G19) den Winkel der Schnittgeraden von der Bearbeitungsebene mit dieser Standardschnittfläche bezüglich der angegebenen Standardachsenachse (Y oder X) dieser Schnittfläche. Das Vorzeichen des Schnittwinkels wird gemäß dem Drehsinn des Rechtssystems (Rechte-Hand-Regel) um die Zustellachse dieser Schnittfläche (X oder Y oder Z) bestimmt und der Drehachsbuchstabe (A oder B oder C) der jeweiligen Zustellachse ergänzt um S als Winkeladresse dieses Schnittwinkels zugeordnet.
- H [1] Ebenen-Einschwenkverhalten
 H1 Einschwenken der Drehachsen
 H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung
 H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen:
 Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinenkinematik berechneten Dreh/Schwenkwerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programmablauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt.
- DS [0] Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2:
 Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustellachse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt.
 Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in den Maschinenachsen X, Y, Z erhalten.
- O [1] Achsrichtungsauswahl
 Es wird die Schnittlinie der neuen Bearbeitungsebene mit einer Standard-Bearbeitungsebene des XYZ-Ausgangs-Koordinatensystems mit der Adresse O ausgewählt. Das neue Koordinatensystem wird dabei so um die Zustellachse gedreht, dass eine der beiden Bearbeitungsebenenachsen (Auswahl mit O) des neuen Koordinatensystems (X'Y'Z') parallel zu dieser Schnittlinie liegt.

Achsrichtungsauswahl – (Fortsetzung)

- O1 Die erste Bearbeitungsebenenachse (erste Geometrieachse der Ebene) liegt in der Ausgangsbearbeitungsebene (G17/18/19)
- O2 Die zweite Bearbeitungsebenenachse (zweite Geometrieachse der Ebene) liegt in der Ausgangsbearbeitungsebene (G17/18/19)

O3 / O4 unterscheiden nach den anderen Standardebenen

Auswahltable (X', Y', Z' sind Achsen der Bearbeitungsebene):

- | | | |
|-----|----|---|
| G17 | O1 | X' liegt in der XY-Ebene (parallel G17) |
| | O2 | Y' liegt in der XY-Ebene (parallel G17) |
| | O3 | X' liegt in der ZX-Ebene (parallel G18) |
| | O4 | Y' liegt in der YZ-Ebene (parallel G19) |
| G18 | O1 | Z' liegt in der ZX-Ebene (parallel G18) |
| | O2 | X' liegt in der ZX-Ebene (parallel G18) |
| | O3 | Z' liegt in der YZ-Ebene (parallel G19) |
| | O4 | X' liegt in der XY-Ebene (parallel G17) |
| G19 | O1 | Y' liegt in der YZ-Ebene (parallel G19) |
| | O2 | Z' liegt in der YZ-Ebene (parallel G19) |
| | O3 | Y' liegt in der XY-Ebene (parallel G17) |
| | O4 | Z' liegt in der ZX-Ebene (parallel G18) |

- Q [1] Lösungsauswahl
 - Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung
 - Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung

Programmierhinweise

Zur Festlegung der Bearbeitungsebene reicht die Eingabe von zwei der drei Winkel aus, da der dritte sich jeweils aus den beiden anderen berechnen lässt.

Jedoch **müssen zwei** der drei Winkel programmiert werden.

Werden drei Winkeladressen programmiert, so wird die letzte ignoriert.

Die Schnittwinkel AS, BS können direkt aus den Seitenansichten und CS aus der Aufsicht einer 2D-Werkstückzeichnung abgelesen werden.

G17/18/19 P3 Drei-Punkte-Definition einer Bearbeitungsebene

Funktion	Festlegung der Bearbeitungsebenen über Koordinatenvergaben Eine Ebene ist geometrisch durch drei Raumpunkte eindeutig festgelegt (sofern diese nicht alle auf einer Geraden liegen).		
NC-Satz	G17/G18/G19 XD YD ZD XE YE ZE XF YF ZF [H] [DS] [Q]		
Adressen	XD YD ZD XE YE ZE XF YF ZF	X-Koordinate des 1. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten Y-Koordinate des 1. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten Z-Koordinate des 1. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten X-Koordinate des 2. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten Y-Koordinate des 2. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten Z-Koordinate des 2. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten X-Koordinaten des 3. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten Y-Koordinaten des 3. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten Z-Koordinaten des 3. Ebenenpunktes in Werkstückkoordinaten	
Optionale Adressen	H [1] DS [0] Q [1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachsen H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen: Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinen kinematik berechneten Dreh/Schwenkachswerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programm- lauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt. Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustell- achse durch Verschieben des Werkzeugschneidpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y ,Z erhalten. Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung	
Programmier- hinweise	Die Koordinatensystemrichtung wird durch die Reihenfolge der drei Punkte bestimmt: Die Verbindungslinie von Punkt P1 mit den Koordinaten XD, YD, ZD zu Punkt P2 mit den Koordinaten XE, YE, ZE legt die Richtung der ersten Ebenenachse fest. Die von dieser ersten Ebenenachse senkrecht auf P3 mit den Koordinaten XF, YF, ZF zeigende Richtung legt die zweite Bearbeitungsebenenachse fest, so dass sich die Zustellrichtung aus der Rechte-Hand-Regel ergibt.		

G17/18/19 BZ Ebenenanwahl mit Basis- und Zustellvektor

Funktion	Der Basisvektor mit den Komponenten XB, YB und ZB legt die Richtung der ersten Geometrieachse der Ebene fest. Der Zustellvektor bzw. das Koordinatentripel mit den Komponenten XN, YN, ZN legt die Richtung der Zustellachse der Bearbeitungsebene (die Ebenen-Normale) fest.		
NC-Satz	G17/G18/G19	XB YB ZB XN YN ZN	[H] [DS] [Q]
Adressen	XB	Komponente des Basisvektors in X-Richtung	
	YB	Komponente des Basisvektors in Y-Richtung	
	ZB	Komponente des Basisvektors in Z-Richtung	
	XN	Komponente des Zustellvektors in X-Richtung	
	YN	Komponente des Zustellvektors in Y-Richtung	
	ZN	Komponente des Zustellvektors in Z-Richtung	
Optionale Adressen	H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachsen H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen: Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinen kinematik berechneten Dreh/Schwenkachswerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programm-lauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt.
	DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustell-achse durch Verschieben des Werkzeugschneidenpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y ,Z erhalten.
	Q	[1]	Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
Programmier-hinweise	Der Zustellvektor mit den Komponenten XN, YN, ZN darf kein Vielfaches des Basisvektors mit den Komponenten XB, YB, ZB sein und sollte senkrecht auf dem Zustellvektor stehen. Andernfalls wird seine Projektion auf die Zustellachse vektoriell abgezogen, so dass die Vektordifferenz senkrecht auf der ersten Ebenenachse steht. Die Richtung der zweiten Ebenenachse ergibt sich durch die Rechte-Hand-Regel. Diese Ebenenanwahl wird in der Regel von CAD/CAM-Systemen verwendet.		

G16 Inkrementelle Drehung der aktuellen Bearbeitungsebene

Funktion	Ergänzend zu vorstehenden 5 Definitionsmöglichkeiten einer Bearbeitungsebene ausgehend von einer Standardebene gibt es inkrementelle Drehungen der aktuellen Bearbeitungsebene als Ausgangsebene um einen relativen Raumwinkel zu einer aktuellen Werkstückkoordinatensystemachse der Bearbeitungsebene.		
NC-Satz	G16	AR/BR/CR	[H] [DS] [Q]
Adressen	AR	Drehung um die X-Achse des aktuellen Werkstückkoordinatensystems	
	BR	Drehung um die Y-Achse des aktuellen Werkstückkoordinatensystems	
	CR	Drehung um die Z-Achse des aktuellen Werkstückkoordinatensystems	
Optionale Adressen	H	[1]	Ebenen-Einschwenkverhalten H1 Einschwenken der Drehachsen H2 Einschwenken der Drehachsen mit Werkzeugausgleichsbewegung H3 Kein automatisches Einschwenken der Drehachsen: Nach Programmhalt verbunden mit der Anzeige der mit der Maschinen kinematik berechneten Dreh/Schwenkwerte kann der Benutzer die „manuelle Einstellung“ dieser Winkelwerte bestätigen. Der Programm- lauf wird dann entsprechend H1 fortgesetzt.
	DS	[0]	Verschiebung der virtuellen Schwenkposition nur bei H2: Es wird die virtuelle Schwenkposition auf der im Werkzeug liegenden Zustell- achse durch Verschieben des Werkzeugschneidpunktes um DS festgelegt. Diese Position bleibt beim Einschwenken bezüglich des Werkstückes durch Ausgleichsbewegungen in X, Y ,Z erhalten.
	Q	[1]	Lösungsauswahl Q1 Voreingestellte Ebenen-Einschwenklösung Q2 Zweite Ebenen-Einschwenklösung
Programmier- hinweise	<p>Eine Bearbeitungsebene kann mehrfach inkrementell mit G16 gedreht werden.</p> <p>Ein erneuter G16-Befehl setzt auf der aktuellen Bearbeitungsebene auf..</p> <p>Ein G16-Befehl ohne Winkeladresse stellt zuvor die mit G17/G18/G19 erzeugte Ausgangsebene wieder her - auch dann, wenn G16 mehrfach programmiert wurde..</p> <p>Eine Ebenenanwahl mit G17, G18 oder G19 hebt die inkrementelle Bearbeitungsebenenendrehung wieder auf. Dies bedeutet, dass die inkrementellen Bearbeitungsebenen auch durch die Wiederholung der letzten G17/G18/G19-Ebenenwahl ebenfalls abgewählt werden können.</p>		

Bearbeitungsebenen-Zusammenfassung

Ein Ebenenanwahlsatz wird begonnen mit der Anwahl einer Standardebene durch das Wort G17 oder G18 oder G19, das die Ausgangsebene mit ihren Koordinatenachsadressen und Koordinatenrichtungen festlegt, gefolgt von weiteren Adressen zur Ebenendefinition

2½D-Bearbeitungsebenen

G17/G18/G19	[H] [DS] [O] [Q]	Standardebenen
G17/G18/G19	[AM] [BM] [CM] [H] [DS] [Q]	Mit maschinenfesten Raumwinkeln in beliebiger Zahl und Reihenfolge gedrehte Standardebenen
G17/G18/G19	[AR] [BR] [CR] [H] [DS] [Q]	Mit relativen (inkrementellen) Raumwinkeln in beliebiger Zahl und Reihenfolgegedrehte Standardebenen

Bei den Winkeln AM, BM, CM sowie AR, BR, CR ist die Eingabereihenfolge von Bedeutung.
Bei der maschinenfesten oder inkrementellen Winkeleingabe mit dem Endbuchstaben „M“ oder „R“ dürfen gleiche Winkel/Adressbuchstabenkombinationen mehrfach und auch mehr als drei Winkel programmiert werden.

G17/G18/G19	[AS] [BS] [CS] [H] [DS] [O] [Q]	Ebenendefinition mit Schnittwinkeln
G17/G18/G19	XD YD ZD XE YE ZE XF YF ZF [H] [DS] [Q]	3 Punkte Definition
G17/G18/G19	XB YB ZB XN YN ZN [H] [DS] [Q]	Basis- und Zustellvektor

Simultane 5-Achsbearbeitung

G17/G18/G19 **A B / A C / B C / A / B / C** Maschinen-Standardebene mit simultaner 5-Achsprogrammierung der realen Maschinen-Drehachsen (zwei von A, B, C)

Winkel oder Koordinaten mit unterschiedlichen Endbuchstaben dürfen nicht gemischt werden.

Inkrementelle Bearbeitungsebenenfestlegung

G16	[AR / BR / CR] [H] [DS] [Q]	inkrementelles Drehen der aktuellen Bearbeitungsebene um einen Winkel des aktuellen Werkstückkoordinatensystems
G16	[H] [DS]	alle inkrementellen Bearbeitungsebenenendrehungen aufheben

Eine Anwahl von G16 setzt stets auf der aktuellen Bearbeitungsebene auf. Eine Bearbeitungsebene kann mehrfach inkrementell gedreht werden

G17/G18/G19 Simultane 5-Achsbearbeitung in der Standardebene

Funktion

Unter der **Maschinen-Standardebene** verstehen wir die durch den Maschinenaufbau vorgegebene Standardbearbeitungsebene. Dies ist bei vertikalen Fräsbearbeitungszentren G17 und bei horizontalen G18 oder G19. Weiter sind im Maschinenaufbau auch das Dreh/Schwenkachspaar (A und B) oder (A und C) oder (B und C) oder nur eine Achse physikalisch vorgegeben (Maschinenkinematik). Für ein konkretes 5-Achs-Bearbeitungszentrum kann nur in dessen **Maschinen-Standardebene** (dies ist bei allen mitgelieferten vertikalen TopMill-Fräsbearbeitungszentren die Ebene G17) mit einer oder zwei Dreh/Schwenkadressen direkt programmiert werden.

Man beachte: Die Ausrichtung einer Dreh/Schwenkachsen muss nicht mit einer Maschinenachsrichtung übereinstimmen (z.B. DMU50 Evolution).

Nur für diese Maschinen-Standardebene gibt es neben den Ebenenanwahlen für die 2½ D-Bearbeitung in der PAL-Fräussteuerung auch die Möglichkeit, die Achsen des Dreh/Schwenkachspaares (A B) oder (A C) oder (B C) der Maschinenkinematik linear zusammen mit den drei Geometrieachsen zu verfahren. Da es sich um die physikalischen Maschinenachsen handelt, hat man bei der Programmierung keine Freiheit in der Adressauswahl: Es können folglich nur die Dreh/Schwenkachsen der Maschinenkinematik programmiert werden – gegebenenfalls wird der Programmablauf mit einer Steuerungsfehlermeldung abgebrochen.

Die Programmierung der in der Maschine vorhandenen Dreh/Schwenkachsen kann nur im Eilgang G0 oder im linearen Vorschub G1 zusammen mit den Geometrieachsen erfolgen. Die Vorschubsteuerung erfolgt dabei über den Vorschub in den Geometrieachsen und die Dreh/Schwenkachsen werden mit diesen linear in den programmierten Endwert verfahren. Diese Bewegungsüberlagerung hat aber als Konsequenz, dass sich der effektive Vorschub der Werkzeugspitze bezüglich des Werkstücks in erheblichem Maß ändern kann.

Werden die Dreh/Schwenkachsen in einem NC-Satz allein programmiert, so kann bei G1 eine nur in diesem Satz wirkende (nicht selbsthaltende) Vorschubadresse F mit der Einheit Umdrehungszahl/min programmiert werden. Der Wert der Vorschubadresse F des Geometrieachsvorschubes wird dabei nicht verändert.

An der oder den im NC-Satz des Bearbeitungsebenenaufbaus angegebenen Adressen ohne Adresswert erkennt die Steuerung, dass die simultane Mehrachsbearbeitung angewählt wird und schaltet diese Achsen zur Programmierung frei. Die Programmierung einer anderen als der Maschinen-Standardebene oder einer nicht vorhandenen Achsadresse wird von der Steuerung mit Fehlermeldung angezeigt.

Der Befehlsumfang der programmierten Maschinen-Standardebene steht für die weitere Programmierung zur Verfügung, jedoch dürfen die Dreh/Schwenkachsen außer in G0 und G1 nicht programmiert werden.

Die Werkstücknullpunkte dieser Ebenenanwahl werden beim Schwenken mit G0 oder G1 **nicht** mitgeführt.

NC-Satz

G17/G18/G19 (A B) / (A C) / (B C) / A / B / C

Adressen

A Dreh/Schwenkachse um eine im Maschinenaufbau festgelegte Richtung (im allgemeinen die X-Achsrichtung des Maschinenkoordinatensystems)
 B Dreh/Schwenkachse um eine im Maschinenaufbau festgelegte Richtung (im allgemeinen die X-Achsrichtung des Maschinenkoordinatensystems)
 C Dreh/Schwenkachse um eine im Maschinenaufbau festgelegte Richtung (im allgemeinen die X-Achsrichtung des Maschinenkoordinatensystems)
 Programmierung der Adressen A, B, C **ohne** Adresswert

Programmierhinweise

War beim Aufruf dieser Bearbeitungsebene eine eingeschwenkte 2 ½ D-Bearbeitungsebene aktiv, so wird zuerst in die Maschinen-Standardebene zurückgeschwenkt, die Nullpunkte zurückgesetzt und dann die Programmierung der Dreh/Schwenkachsen freigegeben. **Wichtige Folgerung:** Eine mit G58 oder G59 programmierte Drehung des Koordinatensystems wird aufgehoben, so dass die Achsrichtungen wieder mit den Achsenrichtungen des Maschinenkoordinatensystems übereinstimmen (Reset der Drehungen).

Parameterprogrammierung

Es wird zwischen zwei Arten von Parametern unterschieden:

Benutzerparameter

Systemparameter

Benutzerparameter

Die Benutzerparameter werden mit der Adresse P und dem ganzzahligen Adresswert von 0 bis 9999 programmiert. Führende Nullen in dem Adresswert können – außer bei P0 – weggelassen werden. Damit stehen 10.000 Benutzerparameter zur Verfügung.

Die Wertzuweisung bei Benutzerparametern erfolgt durch Gleichheitszeichen nach dem Adresswert von P, z.B.

P4711 = -100.00

Als Wert kann ein berechenbarer arithmetischer Ausdruck zugewiesen werden – im einfachsten Fall eine Zahl, wie in dem obigen Beispiel.

Es können mehrere Parameterzuweisungen in einem NC-Satz programmiert werden.

Einer NC-Adresse kann der Wert eines Benutzerparameters zugewiesen werden, in dem der Parameter mit vorangestelltem Gleichheitszeichen an die Adressbuchstabenkombination angehängt wird, z.B.

X = P4711

Auch ist es möglich, einer Adresse mit Gleichheitszeichen den Wert eines arithmetischen Ausdruckes (s. dort) zuzuordnen.

Systemparameter

Über Systemparameter kann auf aktuelle Achswerte und Setzungen des CNC-Steuerungssystems lesend zugegriffen werden, die z.B. beim Schreiben von Unterprogrammen benötigt werden (siehe Liste der Systemparameter).

Diese Systemparameteradressen beginnend mit dem Buchstaben P und haben keinen Adresswert, sondern nur eine an P angehängte Buchstabenkombination, z.B.

PNX aktueller Nullpunkt in X.

Vor der Verwendung der Systemparameter müssen diese auf Benutzerparameter umgespeichert werden:

Pxxxx = PYY xxxx ein- bis vierstellige Zahl,
 YY zweiter und dritter Großbuchstaben aus der
 Systemparameterliste

Man beachte:

Den Systemparametern kann kein Wert zugewiesen werden.

Die Systemparameter werden beim Programmablauf dynamisch verändert und haben beim Abruf stets den aktuellen Wert.

Die Systemparameter werden von Version 7.3 noch nicht unterstützt.

Arithmetische Ausdrücke Ein arithmetischer Ausdruck wird aus Parametern, Zahlenwerten und Funktionswerten zusammen mit den arithmetischen Operationen +, -, *, / und Klammern () gebildet, wobei die üblichen Algebraregeln über die Klammerung und „Punkt-vor-Strich-Rechnung“ gültig sind. Innerhalb eines arithmetischen Ausdruckes wird ein Parameter oder eine Funktion wie eine Zahl behandelt.

Ein arithmetischer Ausdruck muss mit dem Zeichen "(" (**Klammer auf**) eröffnet und mit dem Zeichen ")" (**Klammer zu**) abgeschlossen werden. Arithmetische Teilausdrücke eines arithmetischen Ausdruckes werden ebenfalls durch runde Klammern eingeschlossen.

Vor seiner Verwendung in einem arithmetischen Ausdruck muss der Benutzerparameter P im NC-Programm bereits definiert sein.

Rechenoperationen

Addition	+	Eine Addition wird mit dem Zeichen "+" (Plus) programmiert.
Subtraktion	-	Eine Subtraktion wird mit dem Zeichen "-" (Minus) programmiert.
Multiplikation	*	Eine Multiplikation wird mit dem Zeichen "*" (Stern) programmiert.
Division	/	Eine Division wird mit dem Zeichen "/" (Schrägstrich) programmiert.

Für die Reihenfolge der Ausführungen gilt die Punkt-vor-Strich-Regel (* / vor + -), die festlegt, dass zuerst die Multiplikation und Division vor Addition oder Subtraktion durchgeführt werden.

Vorzeichenangabe +
- Durch die Vorzeichenangabe + (Plus) oder - (Minus) können Werte als reelle Zahlen mit bis zu vier Nachkommastellen verwendet werden. Werte ohne Vorzeichen werden als positive Zahlen interpretiert:

Klammern () Mit den angeführten Rechenarten ist auch die Verwendung von Klammern zur Steuerung der Abarbeitungsreihenfolge möglich. Als Zeichen werden hierfür "(" (Klammer auf) und ")" (Klammer zu) verwendet.

Funktionen

Zur Programmierung steht eine Liste von Funktionen zur Verfügung. Eine Funktion ordnet ihrem in Klammern stehenden Argument, das ein arithmetischer Ausdruck sein kann, einen Funktionswert zu. Eine Funktion kann auch zwei durch Komma getrennte Argumente haben (MOD und ATAN2). Der Funktionswert wird mit dem Funktionsnamen und den angehängten Argumenten in Klammern programmiert. Ein Funktionswert kann in einem arithmetischen Ausdruck wie eine Zahl oder ein Parameter verwendet werden.

In der nachstehenden Funktionsaufstellung steht F für eine beliebige positive oder negative Gleitkommazahl und I für eine ganze Zahl (positiv oder negativ).

Absolutbetrag	ABS(F/I)	Berechnet den Absolutbetrag des Argumentes als Funktionswert.
Integer-Wert	INT(F)	Schneidet die Nachkommastellen des Argumentes ab und hat als Funktionswert eine ganze Zahl.
Modulo-Funktion	MOD(I1,I2)	Restbetrag IR einer ganzzahligen Division. Der Rest $IR = I1 - (I1 / I2) * I2$ ist betragsmäßig kleiner als I2.
Sinus	SIN(F)	Sinusfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
Kosinus	COS(F)	Kosinusfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
Tangens	TAN(F)	Tangensfunktion mit der Argumenteinheit Winkelgrad.
Arcussinus	ASIN(F)	Arcussinusfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
Arcuskosinus	ACOS(F)	Arcuskosinusfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
Arcustangens	ATAN(F)	Arcustangensfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad.
ATAN2(A1,A2)	ATAN2(F1,F2)	Die Arcustangensfunktion mit dem Funktionswert Winkelgrad. Die Funktion entspricht der Tangensfunktion $F1/F2$ für $F2 \neq 0$. und $ATAN2(F1,0) = 90^\circ$ für $F1 > 0$ $ATAN2(F1,0) = -90^\circ$ für $F1 < 0$.
Quadrat-Wurzel	SQRT(F)	Quadratwurzelfunktion
Exponentialfunktion	EXP(F)	Die Exponentialfunktion ist die Potenz e^F und wird mit der Eulerschen Konstanten $e = 2,71828$ berechnet.
natürlicher Logarithmus	LN(F)	Als Umkehrfunktion zur obigen Exponentialfunktion kann mit "LN" der Logarithmus zur Basiszahl e berechnet werden.

Systemparameterliste- Makro- und Zyklusprogrammierung

Drehen		Fräsen	
* PXA	Aktuelle X-Koordinate absolut	* PXA	Aktuelle X-Koordinate absolut
		* PYA	Aktuelle Y-Koordinate absolut
* PZA	Aktuelle Z-Koordinate absolut	* PZA	Aktuelle Z-Koordinate absolut
PIA	Kreismittelpunkt in X absolut	PIA	Kreismittelpunkt in X absolut
		PJA	Kreismittelpunkt in Y absolut
PKA	Kreismittelpunkt in Z absolut	PKA	Kreismittelpunkt in Z absolut
* PG	Aktueller modaler Weg-Befehl	* PG	Aktueller modaler Weg-Befehl
* PAI	Endpunktkoordinaten absolut/ inkremental	* PAI	Endpunktkoordinaten absolut/ inkremental
PNX	Aktueller Werkstücknullpunkt in X (DM)	PNX	Aktueller Werkstücknullpunkt in X
		PNY	Aktueller Werkstücknullpunkt in Y
PNZ	Aktueller Werkstücknullpunkt in Z	PNZ	Aktueller Werkstücknullpunkt in Z
PNR	Angewählte einstellbare Nullpunktverschiebung (G54/G55/G56/G57)	PNR	Angewählte einstellbare Nullpunktverschiebung (G54/G55/G56/G57)
* PMX	Einstellbare Nullpunktverschiebung in X	* PMX	Einstellbare Nullpunktverschiebung in X
		* PMY	Einstellbare Nullpunktverschiebung in Y
* PMZ	Einstellbare Nullpunktverschiebung in Z	* PMZ	Einstellbare Nullpunktverschiebung in Z
PFM	Vorschubeinstellung (G94/G95)	PFM	Vorschubeinstellung (G94/G95)
PE	Feinkonturvorschub	PE	Feinkonturvorschub
* PF	Aktueller Vorschub	* PF	Aktueller Vorschub
* PFX	Maximaler Vorschub	* PFX	Maximaler Vorschub
* PFI	Minimaler Vorschub	* PFI	Minimaler Vorschub
PSM	Drehzahleinstellung (G96/G97)	PSM	Drehzahleinstellung (G96/G97)
* PS	Aktuelle Spindeldrehzahl mit Vorzeichen	* PS	Aktuelle Spindeldrehzahl mit Vorzeichen
* PSX	Maximale Spindeldrehzahl	* PSX	Maximale Spindeldrehzahl
* PSI	Minimale Spindeldrehzahl	* PSI	Minimale Spindeldrehzahl
PVS	Konstante Schnittgeschwindigkeit	PVS	Konstante Schnittgeschwindigkeit
* PT	Aktuelle Werkzeugnummer	* PT	Aktuelle Werkzeugnummer
* PTC	Aktuelle Korrekturwertregisternummer	* PTC	Aktuelle Korrekturwertregisternummer
* PCR	Schneidenradius	* PCR	Fräserradius
* PCQ	Quadrant	* PCL	Werkzeuglängenkorrektur
* PCX	Korrekturwert in X	PTR	Veränderung des Fräserradius
* PCZ	Korrekturwert in Z	PTL	Veränderung der Werkzeuglänge
PTR	Veränderung des Schneidenradius		
PTX	Veränderung des X-Korrekturwertes		
PTZ	Veränderung des Z-Korrekturwertes		
* PD	Einstechmeißelbreite/ Bohrerdurchmesser		
PAE	Eintauchwinkel des Werkzeugregisters		

Die mit * gekennzeichneten Systemparameter können ab Version 7.4 in TopTurn/TopMill verwendet werden.

Anhang I PAL2007-Fräs-Werkzeugverwaltung

Für das PAL-Fräsbearbeitungszentrum und die Fräsbearbeitung mit angetriebenen Werkzeugen beim Drehen kann auf eine Fräswerkzeugverwaltung der gängigen Fräs- und Bohr-Werkzeuge zugegriffen werden. Die PAL-Fräsmaschinen haben in der Werkzeugspindel die Steilkegel-Werkzeugnorm **SK40**.

Die Werkzeuge werden nach den entsprechenden DIN-Normen für Werkzeuge - sofern vorhanden - gebildet.

Nicht genormte Werkzeuge wurden den gängigen Werkzeugkatalogen von Anbietern und Herstellern entnommen.

Diese Werkzeuge werden mit passenden Werkzeughaltern des Bearbeitungsverfahrens der Normen SK40 (bzw. VDI30R-Mill oder VDI30A-Mill beim Drehen) zu Bearbeitungswerkzeugen kombiniert. Bei dieser Montage von Werkzeug und Werkzeughalter kann - falls vorhanden - der Parameter La der Ausspannlänge vorgegeben werden (siehe Bearbeitungswerkzeuge).

Die Identnummern der Werkzeuge und Werkzeughalter werden in ihrem textuellen Aufbau eng an die entsprechenden Normen angelehnt und es werden - wenn vorhanden - deren Bezeichnungen verwendet.

Da die DIN-Parameternamen (d1, d2, ..., l1, l2, ..., h1, h2, ..., etc) keinerlei mnemonischen Inhalt haben, werden für diese Parameter an den Inhalt/Erläuterungstext angelehnte über alle Werkzeuge hinweg eindeutige Abkürzungen als Parameternamen verwendet und die DIN-Parameternamen – falls vorhanden – in Klammern angegeben.

Die Identnummer beginnt mit einer (genormten) Abkürzung gefolgt von Maßangaben zur Größe und zur Beschreibung dieser Werkzeugkomponente. Bei Maßangaben werden dabei der Praxis bei den DIN-Werkzeugnormen folgend die Nachkommastellen (z.B. bei Wendeplattenlängen) weggelassen.

Die Identnummern dürfen entsprechend zu den angegebenen DIN-Normen Leerstellen/Zwischenräume, Bindestriche und Punkte enthalten.

Ein mit Zwischenraum angehängtes R oder L kennzeichnet bei Werkzeugen die Drehrichtung rechts oder links.

Zur Beschränkung der Werkzeugzahl werden die Werkzeuge mit Ausnahme der Planmesserköpfe, Scheibenfräser, Walzenstirnfräser und Wendeplattenbohrer nur in Zylinderschaftausführung nach DIN844 verwendet – auch wenn dies für Schwerzerspannungen nicht die geeignete Ausführung sein mag.

CNC-Bearbeitungswerkzeuge

Ein CNCBearbeitungswerkzeug wird aus einem VDI-Werkzeughalter (Drehen) oder einem Spannwerkzeug mit Steilkegelschaft (Fräsen) und einem darin eingesetzten Werkzeug gebildet. Das Zusammensetzen dieser beiden Werkzeugkomponenten erfolgt am Anschlag oder in der freien Richtung durch die Vorgabe einer **Ausspannlänge La**. Dem zusammengesetzten CNC-Bearbeitungswerkzeug wird ein Werkzeugtyp aus einer vorgegebenen Werkzeugtypliste zugeordnet.

Die Identnummer eines CNC-Bearbeitungswerkzeuges wird aus der Identnummer des Werkzeuges und der Identnummer des Werkzeughalters (VDI-Werkzeughalter oder Werkzeughalter mit Steilkegelschaft) gebildet, wobei die Identnummer des Werkzeughalters **getrennt durch einen Unterstreichungsstrich** (Underline) an die Identnummer des Werkzeuges **angehängt** wird.

“CNC-Bearbeitungswerkzeug-Identnummer“ =

“Werkzeug-Identnummer _ Steilkegel-Spannwerkzeug-Identnummer“ [La]

Die Ausspannlänge La für die Montage eines CNC-Bearbeitungswerkzeuges muss nur dann an die Identnummer angehängt werden, wenn sie einen Wert haben soll, der von der in den Werkzeugtabellen angegebenen Voreinstellung verschieden ist.

Die Spannange eines Werkzeug-Spannzangenfutters wird in der Identnummer des Bearbeitungs-Werkzeuges nicht angegeben, da sich diese aus dem Schaftdurchmesser ergibt. Bei der Werkzeugmontage jedoch muss sie eingesetzt werden.

Die bei der Werkzeugmontage gegebenenfalls erforderlichen Komponenten oder Kleinteile werden nicht gesondert angeführt.

Bei dem Zusammensetzen eines CNC-Bearbeitungswerkzeuges ist die Kombination von Halter und Werkzeug auf Zulässigkeit hin zu überprüfen:

Die Aufnahmenorm eines Werkzeughalters (gegebenenfalls mit Spannange) muss mit der (oder einer der) Einstecknorm des Werkzeuges bei der Montage übereinstimmen, wobei die jeweiligen Spanndurchmesser übereinstimmen müssen.

Die Werkzeuge der nachstehenden Übersicht haben sämtlich die Einstecknorm „Zylinderschaft Fräsen“ mit Ausnahme der Planmesserköpfe, Scheibenfräser und Walzenstirnfräser mit der Einstecknorm „Aufsteckdorn“ und der Wendepplattenbohrer mit der Einstecknorm „WPL-Schaft“. Sämtliche Bohrwerkzeuge haben „Zylinderschaft Bohren“ als zweite Einstecknorm, die den erlaubten Einsatz in Bohrfuttern kennzeichnet.

Mit der Montage der Komponenten zu einem CNC-Bearbeitungswerkzeug wird diesem neben seiner Identnummer auch ein Werkzeugtyp zugeordnet, der sich aus Zusammenbau und Komponenten ergibt. Der Werkzeugtyp dient zur Klassifikation der Werkzeuge in der Verwaltung und zur Erhöhung der Lesbarkeit der Werkzeuglisten des Einrichtblattes. Die PAL-Werkzeugtypen sind nachstehend mit ihren in den Einrichtblättern verwendeten Abkürzungen angegeben.

Im Einrichtblatt wird aus Gründen der Übersichtlichkeit ein Werkzeug mit seinem vollständigen Pfad angegeben:

“(Werkzeugnorm =) SK40 \ Werkzeugtyp-Abkürzung \ CNC-Bearbeitungswerkzeug-Identnummer“

Z.B. “SK40 \ Schruff HSS I \ SRF HSS-I 10x45(95) R_SZF-40ER32x70“

PAL-Fräswerkzeugtyplisten

Bei den nachstehend angegebenen Namen der Werkzeugtypen werden zwei aufeinanderfolgende Wörter durch ein Leerzeichen getrennt, wenn sie nicht durch einen Bindestrich verbunden sind.

Metallbearbeitungswerkzeuge

Werkzeugtyp-Abkürzung	Werkzeugtyp ausgeschrieben
AusdrehWz	Ausdrehwerkzeuge
BohrnutenF	Bohrnutenfräser
Entgrater	Entgrater
FasenF	Fasenfräser
GewindeBo	Gewindebohrer
GewindeF	Gewindefräser
GravierF	Gravierfräser
Kegelsenker	Kegelsenker
NC-AnBo	NC-Anbohrer
PlanmesserK	Planmesserkopf
RadiusF	Radiusfräser
Reibahl	Reibahl
ScheibenF	Scheibenfräser
SchlitzF	Schlitzfräser
SchlichtF HSS k	Schlichtfräser HSS kurz
SchlichtF HSS l	Schlichtfräser HSS lang
SchruppF HSS k	Schruppfräser HSS kurz
SchruppF HSS l	Schruppfräser HSS lang
SchaftF VHM	Schaftfräser VHM
SchruppF VHM	Schruppfräser VHM
SchruppschlichtF VHM	Schruppschlichtfräser VHM
SpiralBo HSS-k	Spiralbohrer HSS kurz
SpiralBo HSS-l	Spiralbohrer HSS lang
SpiralBo VHM	Spiralbohrer VHM
StufenBo	Stufenbohrer
T-NutenF	T-Nutenfräser
ViertelkreisF	Viertelkreisfräser
WalzenstirnF	Walzenstirnfräser
Walzenst-SchruppF	Walzenstirn-Schruppfräser
WendeplattenBo	Wendeplattenbohrer
WinkelF Form A	Winkelfräser Form A
WinkelF Form B	Winkelfräser Form B
3D-Taster	3D-Kantentaster

Werkzeugtypenliste der optionalen Holzwerkzeuge

Werkzeugtyp-Abkürzung	Werkzeugtyp ausgeschrieben
GratF	Gratfräser
HohlkehIF	Hohlkehlfäser
HolzBo	Holzbohrer
KantenF	Kantenfräser
KistengriffF	Kistengrifffräser
NutF	Nutfräser
ScheibennutF	Scheibennutfräser
StufenBo Holz	Stufenbohrer Holz
ViertelstabF	Viertelstabfräser
V-NutF	V-Nutfräser

Für jeden der vorstehenden Werkzeugtypen gibt es alle CNC-Bearbeitungswerkzeuge, die durch zulässige Kombinationen der von der PAL in den nachstehenden Tabellen angegebenen Werkzeugkomponenten mit der vorstehenden Identnummern-Vereinbarung erzeugt werden können.

Die PAL behält sich vor diese Werkzeugtabellen jederzeit für neue Aufgaben zu erweitern.

Fräswerkzeug-Komponenten

Unter einem Fräswerkzeug verstehen wir in den folgenden Tabellen nur die Werkzeugschneide mit Schaft ohne Werkzeughalter.

Bei den Fräswerkzeugen wird dabei von vollständigen Werkzeugen (HSS, VHM oder mit Wendeplatten bestückten Werkzeugkörpern – Planmesserköpfe, Wendeplattenbohrer) ausgegangen, so dass ein CNC-Bearbeitungs-werkzeug nur aus der Kombination der beiden Komponenten Werkzeug und Halter (gegebenenfalls mit Spannzanze) besteht.

Für jeden der vorstehenden Werkzeugtypen gibt es nachstehend eine oder mehrere Werkzeugtabellen, die sich streng an den entsprechenden DIN-Werkzeugen orientieren und insbesondere in ihren Abmessungen mit den DIN-Werkzeugen übereinstimmen.

Nach den Werkzeugen werden in Tabellen die Werkzeughalter

Bohrfutter (DIN 69871)

Flächenspannfutter (DIN6359)

Kombi-Aufsteckfräserdorne (DIN 6358)

Spannzangenfutter (DIN 6499 und DIN 6388)

Bohrerhalter für Wendeplattenbohrer (DIN6535-HE)

und die Spannzangen nach DIN 6499 und 6388 angegeben.

In den PAL-Aufgaben bzw. den Einrichtblättern zu diesen Aufgaben werden die Werkzeuge nach Bedarf aus diesen Komponenten mit der optionalen Ausspannlänge La zusammengesetzt und die zugehörigen Werkzeug-Identnummern wie vorstehend beschrieben gebildet. Diese in den Aufgaben verwendeten Werkzeug-Identnummern bilden die Referenz in die PAL-Fräswerkzeugverwaltung.

Fräs-Werkzeugverwaltung – Übersicht

Fräswerkzeuge

- Ausdrehwerkzeuge mit Zylinderschaft
- Bohrnutenfräser - Langlochfräser mit Zylinderschaft nach DIN 327 Form B
- Entgrater mit Zylinderschaft
- Fasenfräser mit Zylinderschaft
- Gravierfräser mit Zylinderschaft
- Gewindebohrer mit Zylinderschaft
 - Durchgangsloch-Maschinen-Gewindebohrer für metrisches ISO-Regelgewinde M3 bis M16 nach DIN 376
 - Durchgangsloch-Maschinen-Gewindebohrer für metrisches ISO-Feingewinde M3x0,2 bis M52x4 nach DIN 374
 - Grundloch-Maschinen-Gewindebohrer für metrisches ISO-Regelgewinde M3 bis M16 nach DIN 376
 - Grundloch-Maschinen-Gewindebohrer für metrisches ISO-Feingewinde M3x0,2 bis M52x4 nach DIN 374
- Gewindefräser mit Zylinderschaft für Innenbearbeitung - 1 Schneide/Schneidplatte
- Wendeplatten-Gewindefräser mit Zylinderschaft für Aussenbearbeitung – 1 Schneidplatte
- Kegelsenker 60° nach DIN 334 Form A mit Zylinderschaft
- Kegelsenker 90° nach DIN 335 Form A mit Zylinderschaft
- Kegelsenker 120° nach DIN 347 Form A mit Zylinderschaft
- NC-Anbohrer mit Zylinderschaft
- Planmesserköpfe mit eingesetzten Messern (Hartmetallplatten) zur Aufnahme auf Aufsteckfräserdornen nach DIN 1830 mit der Einstecknorm Aufsteckdorn
- Radiusfräser mit Zylinderschaft
- Reibahlen - Maschinen-Reibahlen mit Zylinderschaft nach DIN 212 Form D
- Scheibenfräser nach DIN 885 Form A mit der Einstecknorm Aufsteckdorn
- Schlitzfräser nach DIN 850 Form B mit Zylinderschaft
- Schlichtfräser-HSS mit Zylinderschaft nach DIN 844, kurz
- Schlichtfräser-HSS mit Zylinderschaft nach DIN 844, lang
- Schruppfräser-HSS - Schafffräser mit Zylinderschaft nach DIN 844, kurz
- Schruppfräser-HSS - Schafffräser mit Zylinderschaft nach DIN 844, lang
- Schafffräser-VHM - Vollhartmetall-Schafffräser mit abgesetztem Zylinderschaft nach DIN 6527
- Schruppfräser-VHM - Vollhartmetall-Schafffräser mit abgesetztem Zylinderschaft nach DIN 6527
- Schruppschlichtfräser-VHM - Vollhartmetall-Schafffräser mit abgesetztem Zylinderschaft nach DIN 6527
- Spiralbohrer HSS kurz - Spiralbohrer mit Zylinderschaft nach DIN 338
- Spiralbohrer HSS lang - Spiralbohrer mit Zylinderschaft nach DIN 340
- Spiralbohrer Vollhartmetall mit durchgehendem Zylinderschaft nach DIN 6539
- Stufenbohrer 90° mit Zylinderschaft
- Stufenbohrer 180° mit Zylinderschaft
- Mehrfasen-Stufenbohrer mit Zylinderschaft für Kernlochbohrungen und Freisenkungen nach DIN 8378
- T-Nuten Fräser mit Zylinderschaft nach DIN 851
- Viertelkreisfräser - Viertelrund-Profilfräser mit Zylinderschaft konkav nach DIN 6518
- Walzenstirnfräser mit Quernut nach DIN 1880 mit der Einstecknorm Aufsteckdorn
- Walzenstirn-Schruppfräser mit Quernut nach DIN 1880 mit der Einstecknorm Aufsteckdorn
- Wendeplattenbohrer mit der Einstecknorm WPL-Schaft
- Winkelfräser Form A mit Zylinderschaft nach DIN 1833
- Winkelfräser Form B mit Zylinderschaft nach DIN 1833
- Gravierfräser mit Zylinderschaft
- 3D-Kantentaster mit Zylinderschaft

Werkzeughalter

- Bohrfutter - Schnellspann-Bohrfutter Schaftausführung DIN 69871
- Flächenspannfutter für Zylinderschäfte 1835-B nach DIN 6359
- Kombi-Fräser-Aufsteckdorne nach DIN 6358
- Spannzangenfutter für Spannzangen DIN 6499 Schaftausführung DIN 69871
- Spannzangenfutter DIN 6391 für Spannzangen DIN 6388 Schaftausführung DIN 69871
- Bohrerhalter für Wendeplattenbohrer - Werkzeughalter für Zylinderschäfte DIN 6535-HE
- Spannzangen nach DIN 6499
- Spannzangen nach DIN 6388

Fräswerkzeuge

Ausdrehwerkzeuge mit Zylinderschaft

Identnummer	Nenn- durch- messer	Schnei- den- länge	Ge- samt- länge	Minimaler Durch- messer	Kopf- länge	Seiten- einstell- winkel	Plat- ten- winkel	Ecken- radius	Schnei- den- stärke	Schaft- durch- messer	Schnei- den- zahl	Aus- spann- länge
ADW DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	Dmin	L3 (l3)	Kr	As	R	S	Ds (d2)	Z	La
ADW 9.8x6.4(85) R	9,8	6,35	85	8,8	20	100	80	0,2	2,38	8	1	25,1
ADW 10.8x6.4(95) R	10,8	6,35	95	9,8	20	100	80	0,2	2,38	10	1	25,1
ADW 11.8x6.4(100) R	11,8	6,35	100	10,8	25	100	80	0,2	2,38	10	1	30,1
ADW 12.8x6.4(105) R	12,8	6,35	105	11,8	30	100	80	0,2	2,38	10	1	35,1
ADW 13.8x6.4(110) R	13,8	6,35	110	12,8	35	100	80	0,2	2,38	10	1	40,1
ADW 14.8x6.4(120) R	14,8	6,35	120	13,8	30	100	80	0,2	2,38	12	1	50,1
ADW 15.8x6.4(125) R	15,8	6,35	125	14,8	35	100	80	0,2	2,38	12	1	55,1
ADW 16.8x6.4(133) R	16,8	6,35	133	15,8	30	100	80	0,2	2,38	16	1	63,1
ADW 17.8x6.4(138) R	17,8	6,35	138	16,8	35	100	80	0,2	2,38	16	1	68,1
ADW 18.8x6.4(143) R	18,8	6,35	143	17,8	40	100	80	0,2	2,38	16	1	73,1
ADW 19.8x6.4(148) R	19,8	6,35	148	18,8	45	100	80	0,2	2,38	16	1	78,1
ADW 20.8x6.4(153) R	20,8	6,35	153	19,8	50	100	80	0,2	2,38	16	1	83,1
ADW 21.8x6.4(158) R	21,8	6,35	158	20,8	55	100	80	0,2	2,38	16	1	88,1
ADW 22.8x6.4(165) R	22,8	6,35	165	21	41	100	80	0,2	2,38	20	1	95,1
ADW 23.8x6.4(170) R	23,8	6,35	170	22	46	100	80	0,2	2,38	20	1	100,1
ADW 24.8x6.4(175) R	24,8	6,35	175	23	51	100	80	0,2	2,38	20	1	105,1
ADW 25.8x6.4(180) R	25,8	6,35	180	24	56	100	80	0,2	2,38	20	1	110,1
ADW 26.8x6.4(185) R	26,8	6,35	185	25	41	100	80	0,2	2,38	20	1	115,1
ADW 27.8x6.4(190) R	27,8	6,35	190	26	46	100	80	0,2	2,38	20	1	120,1
ADW 28.8x6.4(195) R	28,8	6,35	195	27	51	100	80	0,2	2,38	20	1	125,1
ADW 29.8x6.4(195) R	29,8	6,35	195	28	51	100	80	0,2	2,38	20	1	125,1
ADW 30.8x6.4(195) R	30,8	6,35	195	29	51	100	80	0,2	2,38	20	1	125,1
ADW 31.8x6.4(195) R	31,8	6,35	195	30	51	100	80	0,2	2,38	20	1	125,1

Bohrnutenfräser - Langlochfräser mit Zylinderschaft nach DIN 327 Form B

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
BNF-B DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	Ds (d2)	Z	La
BNF-B 2x4(47) R	2	4	47	6	2	12,7
BNF-B 3x5(49) R	3	5	49	6	2	14,1
BNF-B 4x7(51) R	4	7	51	6	2	16,1
BNF-B 5x8(52) R	5	8	52	6	2	17,1
BNF-B 6x8(52) R	6	8	52	6	2	17,1
BNF-B 8x11(61) R	8	11	61	10	2	26,1
BNF-B 10x13(63) R	10	13	63	10	2	28,1
BNF-B 12x16(73) R	12	16	73	12	2	38,1
BNF-B 14x16(73) R	14	16	73	12	2	38,1
BNF-B 16x19(79) R	16	19	79	16	2	44,1
BNF-B 18x19(79) R	18	19	79	16	2	44,1
BNF-B 20x22(88) R	20	22	88	20	2	48,1
BNF-B 22x22(88) R	22	22	88	20	2	48,1
BNF-B 25x26(102) R	25	26	102	25	2	56,1
BNF-B 28x26(102) R	28	26	102	25	2	56,1
BNF-B 30x26(102) R	30	26	102	25	2	56,1
BNF-B 32x32(112) R	32	32	112	32	2	51,8
BNF-B 34x32(112) R	34	32	112	32	2	51,8
BNF-B 36x32(112) R	36	32	112	32	2	51,8
BNF-B 40x38(130) R	40	38	130	40	2	60,1

Entgrater mit Zylinderschaft

Identnummer	Spitzen- winkel	Durchmesser	Schneiden- länge	Gesamtlänge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
EG-As DxLs(L) R/L	As	D	Ls	L	Ds	Z	La
EG-60 4x3.5(50) R	60	4	3,5	50	4	4	15,1
EG-60 6x5.2(54) R	60	6	5,2	54	6	4	19,1
EG-60 8x6.9(59) R	60	8	6,9	59	8	4	24,1
EG-60 10x8.7(67) R	60	10	8,7	67	10	4	32,1
EG-90 4x2(50) R	90	4	2	50	4	4	15,1
EG-90 6x3(54) R	90	6	3	54	6	4	19,1
EG-90 8x4(59) R	90	8	4	59	8	4	24,1
EG-90 10x5(67) R	90	10	5	67	10	4	32,1

Fasenfräser mit Zylinderschaft

Identnummer	Spitzen- winkel	Durch- messer	Schneiden- länge	Gesamt- länge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
FF-As DxLs(L) R/L	As	D	Ls	L	Ds	Z	La
FF-90 4x11(57) R	90	4	11	57	6	2	22,1
FF-90 6x13(57) R	90	6	13	57	6	2	22,1
FF-90 6x13(107) R	90	6	13	107	6	2	72,1
FF-90 8x19(63) R	90	8	19	63	8	2	28,1
FF-90 8x19(113) R	90	8	19	113	8	2	78,1
FF-90 10x22(72) R	90	10	22	72	10	2	37,1
FF-90 10x22(122) R	90	10	22	122	10	2	87,1
FF-90 12x26(83) R	90	12	26	83	12	2	48,1
FF-90 12x26(133) R	90	12	26	133	12	2	98,1
FF-120 4x11(57) R	120	4	11	57	6	2	22,1
FF-120 6x13(57) R	120	6	13	57	6	2	22,1
FF-120 6x13(107) R	120	6	13	107	6	2	72,1
FF-120 8x19(63) R	120	8	19	63	8	2	28,1
FF-120 8x19(113) R	120	8	19	113	8	2	78,1
FF-120 10x22(72) R	120	10	22	72	10	2	37,1
FF-120 10x22(122) R	120	10	22	122	10	2	87,1
FF-120 12x26(83) R	120	12	26	83	12	2	48,1
FF-120 12x26(133) R	120	12	26	133	12	2	98,1
FF-120 12x26(183) R	120	12	26	183	12	2	148,1

Gravierfräser mit Zylinderschaft

Identnummer	Spitzen- winkel	Durch- messer	Schneiden- länge	Gesamt- länge	Schaft- durchmesser	Zähnezahl	Ausspann- länge
GF-As DxLs(L) R/L	As	D	Ls	L	Ds	Z	La
GF-60 3x15(50) R	60	3	15	50	3	2	19,1
GF-60 4x18(50) R	60	4	18	50	4	2	21,1
GF-60 4x18(100) R	60	4	18	100	4	2	69,1
GF-60 6x20(54) R	60	6	20	54	6	2	24,1
GF-60 6x20(104) R	60	6	20	104	6	2	73,1

Gewindebohrer mit Zylinderschaft

Durchgangsloch-Maschinen-Gewindebohrer (Überlaufgewindebohrer) für metrisches ISO-Regelgewinde M3 bis M16 nach DIN 376

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Steigung	Schneidenzahl	Anschnittdurchmesser	Schaftdurchmesser	Ausspannlänge
DGB Dx Ls(L) P R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	P	Z	Dk (d3)	Ds (d2)	La
DGB 3x11(56) 0.5 R	3	11	56	0,5	4	2,4	2,2	14,1
DGB 3x11(70) 0.5 R	3	11	70	0,5	4	2,4	2,2	28,1
DGB 3x11(112) 0.5 R	3	11	112	0,5	4	2,4	2,2	70,1
DGB 4x13(63) 0.7 R	4	13	63	0,7	4	3,2	2,8	16,1
DGB 4x13(90) 0.7 R	4	13	90	0,7	4	3,2	2,8	43,1
DGB 4x13(112) 0.7 R	4	13	112	0,7	4	3,2	2,8	65,1
DGB 5x16(70) 0.8 R	5	16	70	0,8	4	4	3,5	19,1
DGB 5x16(100) 0.8 R	5	16	100	0,8	4	4	3,5	49,1
DGB 5x16(125) 0.8 R	5	16	125	0,8	4	4	3,5	74,1
DGB 6x19(80) 1 R	6	19	80	1	4	4,8	4,5	22,1
DGB 6x19(110) 1 R	6	19	110	1	4	4,8	4,5	52,1
DGB 6x19(125) 1 R	6	19	125	1	4	4,8	4,5	67,1
DGB 8x22(90) 1.25 R	8	22	90	1,25	4	6,5	6	30,1
DGB 8x22(125) 1.25 R	8	22	125	1,25	4	6,5	6	65,1
DGB 8x22(140) 1.25 R	8	22	140	1,25	4	6,5	6	80,1
DGB 10x24(100) 1.5 R	10	24	100	1,5	4	8,2	7	40,1
DGB 10x24(140) 1.5 R	10	24	140	1,5	4	8,2	7	80,1
DGB 10x24(160) 1.5 R	10	24	160	1,5	4	8,2	7	100,1
DGB 12x28(110) 1.75 R	12	28	110	1,75	4	9,9	9	50,1
DGB 12x28(160) 1.75 R	12	28	160	1,75	4	9,9	9	100,1
DGB 12x28(180) 1.75 R	12	28	180	1,75	4	9,9	9	120,1
DGB 16x32(110) 2 R	16	32	110	2	4	13,6	12	50,1
DGB 16x32(200) 2 R	16	32	200	2	4	13,6	12	140,1
DGB 16x32(220) 2 R	16	32	220	2	4	13,6	12	160,1

Durchgangsloch-Maschinen-Gewindebohrer (Überlaufgewindebohrer) für metrisches ISO-Feingewinde M3x0,2 bis M52x4 nach DIN 374

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Steigung	Schneidenzahl	Anschnittdurchmesser	Schaftdurchmesser	Ausspannlänge
DGBF Dx Ls(L) P R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	P	Z	Dk (d3)	Ds (d2)	La
DGBF 8x22(90) 1 R	8	22	90	1	4	6,8	7	30,1
DGBF 8x22(140) 1 R	8	22	140	1	4	6,8	7	80,1
DGBF 10x20(90) 1 R	10	20	90	1	4	8,8	8	30,1
DGBF 10x20(140) 1 R	10	20	140	1	4	8,8	8	80,1
DGBF 12x22(100) 1 R	12	22	100	1	4	10,8	9	40,1
DGBF 12x22(160) 1 R	12	22	160	1	4	10,8	9	100,1
DGBF 12x22(100) 1.25 R	12	22	100	1,25	4	10,5	9	40,1
DGBF 12x22(160) 1.25 R	12	22	160	1,25	4	10,5	9	100,1
DGBF 12x22(100) 1.5 R	12	22	100	1,5	4	10,2	9	40,1
DGBF 12x22(160) 1.5 R	12	22	160	1,5	4	10,2	9	100,1
DGBF 14x22(100) 1.5 R	14	22	100	1,5	4	12,2	12	40,1
DGBF 14x22(160) 1.5 R	14	22	160	1,5	4	12,2	12	100,1
DGBF 16x22(100) 1.5 R	16	22	100	1,5	4	14,2	12	40,1
DGBF 16x22(160) 1.5 R	16	22	160	1,5	4	14,2	12	100,1

Grundloch-Maschinen-Gewindebohrer (Grundlochgewindebohrer) für metrisches ISO-Regelgewinde M3 bis M16 nach DIN 376

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Steigung	Schneidenzahl	Anschnittdurchmesser	Schaftdurchmesser	Ausspannlänge
GGB Dx Ls(L) P R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	P	Z	Dk (d3)	Ds (d2)	La
GGB 3x11(56) 0.5 R	3	11	56	0,5	4	2,4	2,2	14,1
GGB 3x11(70) 0.5 R	3	11	70	0,5	4	2,4	2,2	28,1
GGB 3x11(112) 0.5 R	3	11	112	0,5	4	2,4	2,2	70,1
GGB 4x13(63) 0.7 R	4	13	63	0,7	4	3,2	2,8	16,1
GGB 4x13(90) 0.7 R	4	13	90	0,7	4	3,2	2,8	43,1
GGB 4x13(112) 0.7 R	4	13	112	0,7	4	3,2	2,8	65,1
GGB 5x16(70) 0.8 R	5	16	70	0,8	4	4	3,5	19,1
GGB 5x16(100) 0.8 R	5	16	100	0,8	4	4	3,5	49,1
GGB 5x16(125) 0.8 R	5	16	125	0,8	4	4	3,5	74,1
GGB 6x19(80) 1 R	6	19	80	1	4	4,8	4,5	22,1
GGB 6x19(110) 1 R	6	19	110	1	4	4,8	4,5	52,1
GGB 6x19(125) 1 R	6	19	125	1	4	4,8	4,5	67,1
GGB 8x22(90) 1.25 R	8	22	90	1,25	4	6,5	6	30,1
GGB 8x22(125) 1.25 R	8	22	125	1,25	4	6,5	6	65,1
GGB 8x22(140) 1.25 R	8	22	140	1,25	4	6,5	6	80,1
GGB 10x24(100) 1.5 R	10	24	100	1,5	4	8,2	7	40,1
GGB 10x24(140) 1.5 R	10	24	140	1,5	4	8,2	7	80,1
GGB 10x24(160) 1.5 R	10	24	160	1,5	4	8,2	7	100,1
GGB 12x28(110) 1.75 R	12	28	110	1,75	4	9,9	9	50,1
GGB 12x28(160) 1.75 R	12	28	160	1,75	4	9,9	9	100,1
GGB 12x28(180) 1.75 R	12	28	180	1,75	4	9,9	9	120,1
GGB 16x32(110) 2 R	16	32	110	2	4	13,6	12	50,1
GGB 16x32(200) 2 R	16	32	200	2	4	13,6	12	140,1
GGB 16x32(220) 2 R	16	32	220	2	4	13,6	12	160,1

Grundloch-Maschinen-Gewindebohrer (Grundlochgewindebohrer) für metrisches ISO-Feingewinde M3x0,2 bis M52x4 nach DIN 374

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Steigung	Schneidenzahl	Anschnittdurchmesser	Schaftdurchmesser	Ausspannlänge
GGBF Dx Ls(L) P R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	P	Z	Dk (d3)	Ds (d2)	La
GGBF 8x22(90) 1 R	8	22	90	1	4	6,8	7	30,1
GGBF 8x22(140) 1 R	8	22	140	1	4	6,8	7	80,1
GGBF 10x20(90) 1 R	10	20	90	1	4	8,8	8	30,1
GGBF 10x20(140) 1 R	10	20	140	1	4	8,8	8	80,1
GGBF 12x22(100) 1 R	12	22	100	1	4	10,8	9	40,1
GGBF 12x22(160) 1 R	12	22	160	1	4	10,8	9	100,1
GGBF 12x22(100) 1.25 R	12	22	100	1,25	4	10,5	9	40,1
GGBF 12x22(160) 1.25 R	12	22	160	1,25	4	10,5	9	100,1
GGBF 12x22(100) 1.5 R	12	22	100	1,5	4	10,2	9	40,1
GGBF 12x22(160) 1.5 R	12	22	160	1,5	4	10,2	9	100,1
GGBF 14x22(100) 1.5 R	14	22	100	1,5	4	12,2	12	40,1
GGBF 14x22(160) 1.5 R	14	22	160	1,5	4	12,2	12	100,1
GGBF 16x22(100) 1.5 R	16	22	100	1,5	4	14,2	12	40,1
GGBF 16x22(160) 1.5 R	16	22	160	1,5	4	14,2	12	100,1

Gewindefräser mit Zylinderschaft für Innenbearbeitung – 1 Schneide/Schneidplatte

Identnummer	Wirk- durch- messer	Schneiden- länge	Gesamt- länge	Stei- gung	Zähne- zahl	Nutz- länge	Hals- durch- messer	Schnitt- kanten- winkel	Schaft- durch- messer	Ausspann- länge
GF-I DwXLs(L) PxZ R/L	Dw	Ls	L	P	Z	Ln	Dh	Ak	Ds	La
GF-I 21x0.5(90) 0.5x1 R	21	0,5	90	0,5	1	48	16	60	20	50,1
GF-I 30x0.5(90) 0.5x1 R	30	0,5	90	0,5	1	50	24	60	25	50,1
GF-I 21x0.75(90) 0.75x1 R	21	0,75	90	0,75	1	48	16	60	20	50,1
GF-I 30x0.75(90) 0.75x1 R	30	0,75	90	0,75	1	50	24	60	25	50,1
GF-I 21x1(90) 1x1 R	21	1	90	1	1	48	16	60	20	50,1
GF-I 30x1(90) 1x1 R	30	1	90	1	1	50	24	60	25	50,1
GF-I 21x1.25(90) 1.25x1 R	21	1,25	90	1,25	1	48	16	60	20	50,1
GF-I 30x1.25(90) 1.25x1 R	30	1,25	90	1,25	1	50	24	60	25	50,1
GF-I 21x1.5(90) 1.5x1 R	21	1,5	90	1,5	1	48	16	60	20	50,1
GF-I 30x1.5(90) 1.5x1 R	30	1,5	90	1,5	1	50	24	60	25	50,1
GF-I 21x1.75(90) 1.75x1 R	21	1,75	90	1,75	1	48	16	60	20	50,1
GF-I 30x1.75(90) 1.75x1 R	30	1,75	90	1,75	1	50	24	60	25	50,1
GF-I 21x2(90) 2x1 R	21	2	90	2	1	48	16	60	20	50,1
GF-I 30x2(90) 2x1 R	30	2	90	2	1	50	24	60	25	50,1
GF-I 21x2.5(90) 2.5x1 R	21	2,5	90	2,5	1	48	16	60	20	50,1
GF-I 30x2.5(90) 2.5x1 R	30	2,5	90	2,5	1	50	24	60	25	50,1
GF-I 11.5x11(70) 0.5x22 R	11,5	11	70	0,5	22	12	8,9	60	12	35,1
GF-I 11.5x11(85) 0.5x22 R	11,5	11	85	0,5	22	20	8,9	60	20	45,1
GF-I 11.5x11(70) 1x11 R	11,5	11	70	1	11	12	8,9	60	12	35,1
GF-I 11.5x11(85) 1x11 R	11,5	11	85	1	11	20	8,9	60	20	45,1
GF-I 11.5x11(70) 1.5x7 R	11,5	11	70	1,5	7	12	8,9	60	12	35,1
GF-I 11.5x11(85) 1.5x7 R	11,5	11	85	1,5	7	20	8,9	60	20	45,1
GF-I 11.5x11(70) 2x5 R	11,5	11	70	2	5	12	8,9	60	12	35,1
GF-I 11.5x11(85) 2x5 R	11,5	11	85	2	5	20	8,9	60	20	45,1
GF-I 17x16(90) 1x16 R	17	16	90	1	16	22	13,6	60	16	55,1
GF-I 22x16(125) 1x16 R	22	16	125	1	16	25	18,6	60	25	79,1
GF-I 20x16(95) 1x16 R	20	16	95	1	16	43	16,6	60	20	55,1
GF-I 17x16(90) 1.25x12 R	17	16	90	1,25	12	22	13,6	60	16	55,1
GF-I 22x16(125) 1.25x12 R	22	16	125	1,25	12	25	18,6	60	25	79,1
GF-I 20x16(95) 1.25x12 R	20	16	95	1,25	12	43	16,6	60	20	55,1
GF-I 17x16(90) 1.5x10 R	17	16	90	1,5	10	22	13,6	60	16	55,1
GF-I 22x16(125) 1.5x10 R	22	16	125	1,5	10	25	18,6	60	25	79,1
GF-I 20x16(95) 1.5x10 R	20	16	95	1,5	10	43	16,6	60	20	55,1
GF-I 17x16(90) 1.75x9 R	17	16	90	1,75	9	22	13,6	60	16	55,1
GF-I 22x16(125) 1.75x9 R	22	16	125	1,75	9	25	18,6	60	25	79,1
GF-I 20x16(95) 1.75x9 R	20	16	95	1,75	9	43	16,6	60	20	55,1
GF-I 17x16(90) 2x8 R	17	16	90	2	8	22	13,6	60	16	55,1

Wendeplatten-Gewindfräser mit Zylinderschaft für Aussenbearbeitung – 1 Schneidplatte

Identnummer	Wirk- durch- messer	Schneiden- länge	Gesamt- länge	Stei- gung	Zähne- zahl	Nutz- länge	Hals- durch- messer	Schnitt- kanten- winkel	Schaft- durch- messer	Aus- spann- länge
GF-A Dw x Ls(L) PxZ R/L	Dw	Ls	L	P	Z	Ln	Dh	Ak	Ds	La
GF-A 17x16(90) 1x16 R	17	16	90	1	16	22	13,6	60	16	55,1
GF-A 22x16(125) 1x16 R	22	16	125	1	16	25	18,6	60	25	79,1
GF-A 20x16(95) 1x16 R	20	16	95	1	16	43	16,6	60	20	55,1
GF-A 17x16(90) 1.25x12 R	17	16	90	1,25	12	22	13,6	60	16	55,1
GF-A 22x16(125) 1.25x12 R	22	16	125	1,25	12	25	18,6	60	25	79,1
GF-A 20x16(95) 1.25x12 R	20	16	95	1,25	12	43	16,6	60	20	55,1
GF-A 17x16(90) 1.5x10 R	17	16	90	1,5	10	22	13,6	60	16	55,1
GF-A 22x16(125) 1.5x10 R	22	16	125	1,5	10	25	18,6	60	25	79,1
GF-A 20x16(95) 1.5x10 R	20	16	95	1,5	10	43	16,6	60	20	55,1
GF-A 17x16(90) 1.75x9 R	17	16	90	1,75	9	22	13,6	60	16	55,1
GF-A 22x16(125) 1.75x9 R	22	16	125	1,75	9	25	18,6	60	25	79,1
GF-A 20x16(95) 1.75x9 R	20	16	95	1,75	9	43	16,6	60	20	55,1
GF-A 17x16(90) 2x8 R	17	16	90	2	8	22	13,6	60	16	55,1
GF-A 22x16(125) 2x8 R	22	16	125	2	8	25	18,6	60	25	79,1
GF-A 20x16(95) 2x8 R	20	16	95	2	8	43	16,6	60	20	55,1
GF-A 30x27(110) 1.25x21 R	30	27	110	1,25	21	52	24	60	25	64,1
GF-A 30x27(150) 1.25x21 R	30	27	150	1,25	21	92	24	60	25	104,1
GF-A 30x27(110) 1.5x18 R	30	27	110	1,5	18	52	24	60	25	64,1
GF-A 30x27(150) 1.5x18 R	30	27	150	1,5	18	92	24	60	25	104,1

Kegelsenker 60° nach DIN 334 Form A mit Zylinderschaft

Identnummer	Spitzen- winkel	Durch- messer	Kopflänge	Gesamt- länge	Kern- durchmesser	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
KS-A60 DxLk(L) R/L	As	D (d1)	Lk (l2)	L (l1)	Dk (d3)	Ds (d2)	Z	La
KS-A60 6.3x10(50) R	60	6,3	10	50	1,5	5	5	19,1
KS-A60 6.3x10(104) R	60	6,3	10	104	1,5	5	5	73,1
KS-A60 6.3x10(154) R	60	6,3	10	154	1,5	5	5	123,1
KS-A60 8x12(50) R	60	8	12	50	2	6	5	19,1
KS-A60 8x12(105) R	60	8	12	105	2	6	5	74,1
KS-A60 8x12(155) R	60	8	12	155	2	6	5	124,1
KS-A60 10.4x16(50) R	60	10,4	16	50	2,5	8	5	19,1
KS-A60 10.4x16(107) R	60	10,4	16	107	2,5	8	5	76,1
KS-A60 10.4x16(157) R	60	10,4	16	157	2,5	8	5	126,1
KS-A60 12.5x18(50) R	60	12,5	18	50	2	8	6	19,1
KS-A60 12.5x18(108) R	60	12,5	18	108	2	8	6	77,1
KS-A60 12.5x18(158) R	60	12,5	18	158	2	8	6	127,1
KS-A60 16x24(60) R	60	16	24	60	3,2	10	6	25,1
KS-A60 16x24(111) R	60	16	24	111	3,2	10	6	76,1
KS-A60 16x24(161) R	60	16	24	161	3,2	10	6	126,1
KS-A60 20x27(63) R	60	20	27	63	5	10	7	28,1
KS-A60 20x27(114) R	60	20	27	114	5	10	7	79,1
KS-A60 20x27(164) R	60	20	27	164	5	10	7	129,1

Kegelsenker 90° nach DIN 335 Form A mit Zylinderschaft

Identnummer	Spitzen- winkel	Durch- messer	Kopflänge	Gesamt- länge	Kern- durchmesser	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
KS-A90 DxLk(L) R/L	As	D (d1)	Lk (l2)	L (l1)	Dk (d3)	Ds (d2)	Z	La
KS-A90 6.3x10(48) R	90	6,3	10	48	1,5	5	5	17,1
KS-A90 6.3x10(104) R	90	6,3	10	104	1,5	5	5	68,1
KS-A90 6.3x10(154) R	90	6,3	10	154	1,5	5	5	118,1
KS-A90 8x12(48) R	90	8	12	48	2	6	5	17,1
KS-A90 8x12(105) R	90	8	12	105	2	6	5	74,1
KS-A90 8x12(155) R	90	8	12	155	2	6	5	124,1
KS-A90 10.4x16(48) R	90	10,4	16	48	2,5	8	5	17,1
KS-A90 10.4x16(107) R	90	10,4	16	107	2,5	8	5	76,1
KS-A90 10.4x16(157) R	90	10,4	16	157	2,5	8	5	126,1
KS-A90 12.5x16(48) R	90	12,5	16	48	2	8	6	17,1
KS-A90 12.5x18(108) R	90	12,5	18	108	2	8	6	77,1
KS-A90 12.5x18(158) R	90	12,5	18	158	2	8	6	127,1
KS-A90 16x20(56) R	90	16	20	56	3,2	10	6	21,1
KS-A90 16x24(111) R	90	16	24	111	3,2	10	6	76,1
KS-A90 16x24(161) R	90	16	24	161	3,2	10	6	126,1
KS-A90 20x24(60) R	90	20	24	60	5	10	7	25,1
KS-A90 20x27(114) R	90	20	27	114	5	10	7	79,1
KS-A90 20x27(164) R	90	20	27	164	5	10	7	129,1

Anhang I PAL2007-Fräs-Werkzeugverwaltung

Kegelsenker 120° nach DIN 347 Form A mit Zylinderschaft

Identnummer	Spitzenwinkel	Durchmesser	Kopflänge	Gesamtlänge	Kern-durchmesser	Schaft-durchmesser	Schneiden-zahl	Ausspannlänge
KS-A120 DxLk(L) R/L	As	D (d1)	Lk (l2)	L (l1)	Dk (d2)	Ds (d3)	Z	La
KS-A120 16x17(53) R	120	16	17	53	3,2	10	6	18,1
KS-A120 16x17(111) R	120	16	17	111	3,2	10	6	76,1
KS-A120 16x17(161) R	120	16	17	161	3,2	10	6	126,1

NC-Anbohrer mit Zylinderschaft

Identnummer	Spitzenwinkel	Durchmesser	Schneiden-länge	Gesamtlänge	Schaft-durchmesser	Schneiden-zahl	Ausspannlänge
NCABO-As DxLs(L) R/L	As	D	Ls	L	Ds	Z	La
NCABO-90 6x20(66) R	90	6	20	66	6	2	31,1
NCABO-90 6x20(140) R	90	6	20	140	6	2	105,1
NCABO-90 8x25(79) R	90	8	25	79	8	2	44,1
NCABO-90 8x25(140) R	90	8	25	140	8	2	105,1
NCABO-90 10x25(89) R	90	10	25	89	10	2	54,1
NCABO-90 10x25(170) R	90	10	25	170	10	2	135,1
NCABO-90 12x30(102) R	90	12	30	102	12	2	67,1
NCABO-90 12x30(170) R	90	12	30	170	12	2	135,1
NCABO-90 16x35(115) R	90	16	35	115	16	2	80,1
NCABO-120 6x20(66) R	120	6	20	66	6	2	31,1
NCABO-120 6x20(140) R	120	6	20	140	6	2	105,1
NCABO-120 8x25(79) R	120	8	25	79	8	2	44,1
NCABO-120 8x25(140) R	120	8	25	140	8	2	105,1
NCABO-120 10x25(89) R	120	10	25	89	10	2	54,1
NCABO-120 10x25(170) R	120	10	25	170	10	2	135,1
NCABO-120 12x30(102) R	120	12	30	102	12	2	67,1
NCABO-120 12x30(170) R	120	12	30	170	12	2	135,1
NCABO-120 16x35(115) R	120	16	35	115	16	2	80,1

Planmesserköpfe mit eingesetzten Messern (Hartmetallplatten) zur Aufnahme auf Aufsteckfräserdornen nach DIN 1830 mit der Einstecknorm Aufsteckdorn

Identnummer	Durchmesser	Schneidkantenlänge	Kopflänge	Fräskörperhöhe	Bohrung	Innendurchmesser	Spitzenwinkel	Seiten-einstellwinkel	Schaftdurchmesser	Schneidenzahl
PMK DxLs(Lk) R/L	D (d1)	Ls (b1)	Lk	B2 (l)	D2 (d2)	Dc (d3)	As	Kr	Ds	Z
PMK 50x12.7(48) R	50	12,7	48	20	22	30	90	45	40	4
PMK 63x12.7(48) R	63	12,7	48	20	22	30	90	45	40	5
PMK 80x12.7(50) R	80	12,7	50	22	27	37	90	45	48	6
PMK 100x12.7(50) R	100	12,7	50	25	32	44	90	45	58	6
PMK 125x12.7(63) R	125	12,7	63	28	40	54	90	45	70	7
PMK 160x12.7(63) R	160	12,7	63	28	40	54	90	45	70	7
PMK 50x9.5(40) R	50	9,52	40	20	22	30	90	90	40	5
PMK 63x9.5(40) R	63	9,52	40	20	22	30	90	90	40	6
PMK 80x9.5(50) R	80	9,52	50	22	27	37	90	90	48	6
PMK 100x9.5(50) R	100	9,52	50	25	32	44	90	90	58	8
PMK 125x9.5(63) R	125	9,52	63	28	40	54	90	90	70	8
PMK 160x9.5(63) R	160	9,52	63	28	40	54	90	90	70	8

Radiusfräser mit Zylinderschaft

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Schaftdurchmesser	Schneidenzahl	Ausspannlänge
RF DxLs(L) R/L	D	Ls	L	Ds	Z	La
RF 3x5(49) R	3	5	49	6	2	14,1
RF 4x7(51) R	4	7	51	6	2	16,1
RF 5x8(52) R	5	8	52	6	2	17,1
RF 6x8(52) R	6	8	52	6	2	17,1
RF 8x11(61) R	8	11	61	10	2	26,1
RF 10x13(63) R	10	13	63	10	2	28,1
RF 12x16(73) R	12	16	73	12	2	38,1
RF 16x19(79) R	16	19	79	16	2	44,1
RF 20x22(88) R	20	22	88	20	2	48,1
RF 25x26(102) R	25	26	102	25	2	56,1
RF 30x26(102) R	30	26	102	25	2	56,1

Reibahlen - Maschinen-Reibahlen mit Zylinderschaft nach DIN 212 Form D

Identnummer	Durchmesser	Schneiden- länge	Gesamtlänge	Schaftlänge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
MRA-D DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	L3 (l3)	Ds (d2)	Z	La
MRA-D 4x19(75) R	4	19	75	32	4	6	43,1
MRA-D 5x23(86) R	5	23	86	34	5	6	52,1
MRA-D 6x26(93) R	6	26	93	36	5,6	6	58,1
MRA-D 7x31(109) R	7	31	109	40	7,1	6	70,1
MRA-D 8x33(117) R	8	33	117	42	8	6	76,1
MRA-D 10x38(133) R	10	38	133	46	10	6	88,1
MRA-D 12x44(151) R	12	44	151	46	10	6	106,1
MRA-D14 x47(160) R	14	47	160	50	12,5	6	111,1
MRA-D 16x52(170) R	16	52	170	50	12,5	8	121,1
MRA-D 18x56(182) R	18	56	182	52	14	8	131,1
MRA-D 20x60(195) R	20	60	195	58	16	8	138,1

Scheibenfräser nach DIN 885 Form A mit der Einstecknorm Aufsteckdorn

Identnummer	Durchmesser D (d1)	Schneidenlänge Ls (b)	Bohrung D2 (d2)	Scheibendurchmesser D3 (d3)	Schneidenzahl Z
SF-A DxLsxD3R/L					
SF-A 50x4x27 R	50	4	16	27	10
SF-A 50x5x27 R		5			10
SF-A 50x6x27 R		6			10
SF-A 50x8x27 R		8			10
SF-A 50x10x27 R		10			10
SF-A 63x4x34 R	63	4	22	34	12
SF-A 63x5x34 R		5			12
SF-A 63x6x34 R		6			12
SF-A 63x8x34 R		8			12
SF-A 63x10x34 R		10			12
SF-A 63x12x34 R		12			12
SF-A 63x14x34 R		14			12
SF-A 63x16x34 R		16			12
SF-A 80x5x41 R	80	5	27	41	14
SF-A 80x6x41 R		6			14
SF-A 80x8x41 R		8			14
SF-A 80x10x41 R		10			14
SF-A 80x12x41 R		12			14
SF-A 80x14x41 R		14			14
SF-A 80x16x41 R		16			14
SF-A 80x18x41 R		18			14
SF-A 80x20x41 R		20			14
SF-A 100x6x47 R	100	6	32	47	16
SF-A 100x8x47 R		8			16
SF-A 100x10x47 R		10			16
SF-A 100x12x47 R		12			16
SF-A 100x14x47 R		14			16
SF-A 100x16x47 R		16			16
SF-A 100x18x47 R		18			16
SF-A 100x20x47 R		20			16
SF-A 100x22x47 R		22			16
SF-A 100x25x47 R		25			16
SF-A 125x8x47 R	125	8	32	47	16
SF-A 125x10x47 R		10			16
SF-A 125x12x47 R		12			16
SF-A 125x14x47 R		14			16
SF-A 125x16x47 R		16			16
SF-A 125x18x47 R		18			16
SF-A 125x20x47 R		20			16
SF-A 125x22x47 R		22			16
SF-A 125x25x47 R		25			16
SF-A 125x28x47 R		28			16

Fortsetzung nächste Seite

Scheibenfräser nach DIN 885 Form A mit der Einstecknorm Aufsteckdorn

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Bohrung	Scheibendurchmesser	Schneidenzahl
SF-A DxLsxD3 R/L	D (d1)	Ls (b)	D2 (d2)	D3 (d3)	Z
SF-A 160x10x55 R		10			18
SF-A 160x12x55 R		12			18
SF-A 160x14x55 R		14			18
SF-A 160x16x55 R		16			18
SF-A 160x18x55 R	160	18	40	55	18
SF-A 160x20x55 R		20			18
SF-A 160x22x55 R		22			18
SF-A 160x25x55 R		25			18
SF-A 160x28x55 R		28			18
SF-A 160x32x55 R		32			18

Schlitzfräser nach DIN 850 Form B mit Zylinderschaft

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Halsdurchmesser	Schaftdurchmesser	Schneidenzahl	Ausspannlänge
SLTZF-B DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (b)	L (l1)	Dh (d3)	Ds (d2)	Z	La
SLTZF-B 10.5x2(50) R	10,5	2	50	4	6	10	15,1
SLTZF-B 10.5x2.5(50) R	10,5	2,5	50	4	6	10	15,1
SLTZF-B 16.5x3(56) R	16,5	3	56	4,6	10	10	21,1
SLTZF-B 16.5x4(56) R	16,5	4	56	4,6	10	10	21,1
SLTZF-B 19.5x4(63) R	19,5	4	63	5,6	10	10	28,1
SLTZF-B 19.5x5(63) R	19,5	5	63	6	10	10	28,1
SLTZF-B 22.5x5(63) R	22,5	5	63	6	10	10	28,1
SLTZF-B 22.5x6(63) R	22,5	6	63	6,5	10	10	28,1
SLTZF-B 28.5x6(63) R	28,5	6	63	8,5	10	10	28,1
SLTZF-B 28.5x8(63) R	28,5	8	63	8,5	10	10	28,1
SLTZF-B 32.5x7(71) R	32,5	7	71	8,5	12	10	36,1
SLTZF-B 32.5x8(71) R	32,5	8	71	8,5	12	10	36,1

Schlichtfräser-HSS mit Zylinderschaft nach DIN 844, kurz

Identnummer	Durchmesser	Schneiden- länge	Gesamtlänge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
SLF HSS-k DxLs(L) R/L	D (d1)	LS (l2)	L (l1)	Ds (d2)	Z	La
SLF HSS-k 4x11(55) R	4	11	55	6	4	20,1
SLF HSS-k 5x13(57) R	5	13	57	6	4	22,1
SLF HSS-k 6x13(57) R	6	13	57	6	4	22,1
SLF HSS-k 8x19(69) R	8	19	69	10	4	34,1
SLF HSS-k 10x22(72) R	10	22	72	10	4	37,1
SLF HSS-k 12x26(83) R	12	26	83	12	4	48,1
SLF HSS-k 14x26(83) R	14	26	83	12	4	48,1
SLF HSS-k 16x32(92) R	16	32	92	16	4	57,1
SLF HSS-k 18x32(92) R	18	32	92	16	4	57,1
SLF HSS-k 20x38(104) R	20	38	104	20	4	64,1
SLF HSS-k 22x38(104) R	22	38	104	20	5	64,1
SLF HSS-k 25x45(121) R	25	45	121	25	5	75,1
SLF HSS-k 28x45(121) R	28	45	121	25	5	75,1
SLF HSS-k 30x45(121) R	30	45	121	25	5	75,1
SLF HSS-k 32x53(133) R	32	53	133	32	6	73,1
SLF HSS-k 34x53(133) R	34	53	133	32	6	73,1
SLF HSS-k 36x53(133) R	36	53	133	32	6	73,1
SLF HSS-k 40x63(155) R	40	63	155	40	6	85,1

Schlichtfräser-HSS mit Zylinderschaft nach DIN 844, lang

Identnummer	Durchmesser	Schneiden- länge	Gesamtlänge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
SLF HSS-l DxLs(L) R/L	D (d1)	LS (l2)	L (l1)	Ds (d2)	Z	La
SLF HSS-l 4x19(63) R	4	19	63	6	4	28,1
SLF HSS-l 5x24(68) R	5	24	68	6	4	33,1
SLF HSS-l 6x24(68) R	6	24	68	6	4	33,1
SLF HSS-l 8x38(88) R	8	38	88	10	4	53,1
SLF HSS-l 10x45(95) R	10	45	95	10	4	60,1
SLF HSS-l 12x53(110) R	12	53	110	12	4	75,1
SLF HSS-l 14x53(110) R	14	53	110	12	4	75,1
SLF HSS-l 16x63(123) R	16	63	123	16	4	88,1
SLF HSS-l 18x63(123) R	18	63	123	16	4	88,1
SLF HSS-l 20x75(141) R	20	75	141	20	4	101,1
SLF HSS-l 22x75(141) R	22	75	141	20	5	101,1
SLF HSS-l 25x90(166) R	25	90	166	25	5	120,1
SLF HSS-l 28x90(166) R	28	90	166	25	5	120,1
SLF HSS-l 30x90(166) R	30	90	166	25	5	120,1
SLF HSS-l 32x106(186) R	32	106	186	32	6	126,1
SLF HSS-l 34x106(186) R	34	106	186	32	6	126,1
SLF HSS-l 36x106(186) R	36	106	186	32	6	126,1
SLF HSS-l 40x125(217) R	40	125	217	40	6	147,1

Schrupfräser-HSS - Schafffräser mit Zylinderschaft nach DIN 844, kurz

Identnummer	Durchmesser	Schneiden- länge	Gesamtlänge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
SRF HSS-k DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	Ds (d2)	Z	La
SRF HSS-k 4x11(55) R	4	11	55	6	4	20,1
SRF HSS-k 5x13(57) R	5	13	57	6	4	22,1
SRF HSS-k 6x13(57) R	6	13	57	6	4	22,1
SRF HSS-k 8x19(69) R	8	19	69	10	4	34,1
SRF HSS-k 10x22(72) R	10	22	72	10	4	37,1
SRF HSS-k 12x26(83) R	12	26	83	12	4	48,1
SRF HSS-k 14x26(83) R	14	26	83	12	4	48,1
SRF HSS-k 16x32(92) R	16	32	92	16	4	57,1
SRF HSS-k 18x32(92) R	18	32	92	16	4	57,1
SRF HSS-k 20x38(104) R	20	38	104	20	4	64,1
SRF HSS-k 22x38(104) R	22	38	104	20	5	64,1
SRF HSS-k 25x45(121) R	25	45	121	25	5	75,1
SRF HSS-k 28x45(121) R	28	45	121	25	5	75,1
SRF HSS-k 30x45(121) R	30	45	121	25	5	75,1
SRF HSS-k 32x53(133) R	32	53	133	32	6	73,1
SRF HSS-k 34x53(133) R	34	53	133	32	6	73,1
SRF HSS-k 36x53(133) R	36	53	133	32	6	73,1
SRF HSS-k 40x63(155) R	40	63	155	40	6	85,1

Schrupfräser-HSS - Schafffräser mit Zylinderschaft nach DIN 844, lang

Identnummer	Durchmesser	Schneiden- länge	Gesamtlänge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
SRF HSS-I DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	Ds (d2)	Z	La
SRF HSS-I 4x19(63) R	4	19	63	6	4	28,1
SRF HSS-I 5x24(68) R	5	24	68	6	4	33,1
SRF HSS-I 6x24(68) R	6	24	68	6	4	33,1
SRF HSS-I 8x38(88) R	8	38	88	10	4	53,1
SRF HSS-I 10x45(95) R	10	45	95	10	4	60,1
SRF HSS-I 12x53(110) R	12	53	110	12	4	75,1
SRF HSS-I 14x53(110) R	14	53	110	12	4	75,1
SRF HSS-I 16x63(123) R	16	63	123	16	4	88,1
SRF HSS-I 18x63(123) R	18	63	123	16	4	88,1
SRF HSS-I 20x75(141) R	20	75	141	20	4	101,1
SRF HSS-I 22x75(141) R	22	75	141	20	5	101,1
SRF HSS-I 25x90(166) R	25	90	166	25	5	120,1
SRF HSS-I 28x90(166) R	28	90	166	25	5	120,1
SRF HSS-I 30x90(166) R	30	90	166	25	5	120,1
SRF HSS-I 32x106(186) R	32	106	186	32	6	126,1
SRF HSS-I 34x106(186) R	34	106	186	32	6	126,1
SRF HSS-I 36x106(186) R	36	106	186	32	6	126,1
SRF HSS-I 40x125(217) R	40	125	217	40	6	147,1

Schafffräser-VHM - Vollhartmetall-Schafffräser mit abgesetztem Zylinderschaft nach DIN 6527 und Industriestandard

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Nutzlänge	Gesamtlänge	Schaftdurchmesser	Schneidenzahl	Ausspannlänge
SF VHM DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L4	L (l1)	Ds (d2)	Z	La
SF VHM 2x8(57) R	2	8	13	57	6	3	22,1
SF VHM 3x8(57) R	3	8	15	57	6	3	22,1
SF VHM 4x11(57) R	4	11	15	57	6	3	22,1
SF VHM 5x13(57) R	5	13	21	57	6	3	22,1
SF VHM 6x13(57) R	6	13	21	57	6	3	22,1
SF VHM 8x19(63) R	8	19	27	63	8	3	28,1
SF VHM 10x22(72) R	10	22	32	72	10	3	37,1
SF VHM 12x26(83) R	12	26	38	83	12	4	48,1
SF VHM 14x26(83) R	14	26	38	83	14	4	48,1
SF VHM 16x32(92) R	16	32	44	92	16	4	57,1
SF VHM 18x32(92) R	18	32	44	92	18	4	52,1
SF VHM 20x38(104) R	20	38	54	104	20	4	64,1
SF VHM 6x13(80) R	6	13	42	80	6	3	45,1
SF VHM 8x19(100) R	8	19	62	100	8	3	65,1
SF VHM 10x25(100) R	10	25	62	100	10	3	65,1
SF VHM 12x30(120) R	12	30	73	120	12	4	85,1
SF VHM 16x40(150) R	16	40	101	150	16	4	115,1
SF VHM 20x50(150) R	20	50	101	150	20	4	110,1

Schrupfräser-VHM - Vollhartmetall-Schafffräser mit abgesetztem Zylinderschaft nach DIN 6527 und Industriestandard

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Nutzlänge	Gesamtlänge	Schaftdurchmesser	Schneidenzahl	Ausspannlänge
SRF VHM DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L4	L (l1)	Ds (d2)	Z	La
SRF VHM 2x8(57) R	2	8	13	57	6	3	22,1
SRF VHM 3x8(57) R	3	8	15	57	6	3	22,1
SRF VHM 4x11(57) R	4	11	15	57	6	3	22,1
SRF VHM 5x13(57) R	5	13	21	57	6	3	22,1
SRF VHM 6x13(57) R	6	13	21	57	6	3	22,1
SRF VHM 8x19(63) R	8	19	27	63	8	3	28,1
SRF VHM 10x22(72) R	10	22	32	72	10	3	37,1
SRF VHM 12x26(83) R	12	26	38	83	12	4	48,1
SRF VHM 14x26(83) R	14	26	38	83	14	4	48,1
SRF VHM 16x32(92) R	16	32	44	92	16	4	57,1
SRF VHM 18x32(92) R	18	32	44	92	18	4	52,1
SRF VHM 20x38(104) R	20	38	54	104	20	4	64,1
SRF VHM 6x13(80) R	6	13	42	80	6	3	45,1
SRF VHM 8x19(100) R	8	19	62	100	8	3	65,1
SRF VHM 10x25(100) R	10	25	62	100	10	3	65,1
SRF VHM 12x30(120) R	12	30	73	120	12	4	85,1
SRF VHM 16x40(150) R	16	40	101	150	16	4	115,1
SRF VHM 20x50(150) R	20	50	101	150	20	4	110,1

Schruppschlichtfräser-VHM - Vollhartmetall-Schafffräser mit abgesetztem Zylinderschaft nach DIN 6527 und Industriestandard

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Nutzlänge	Gesamtlänge	Schaftdurchmesser	Schneidenzahl	Ausspannlänge
SRSLF VHM DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L4	L (l1)	Ds (d2)	Z	La
SRSLF VHM 2x8(57) R	2	8	13	57	6	3	22,1
SRSLF VHM 3x8(57) R	3	8	15	57	6	3	22,1
SRSLF VHM 4x11(57) R	4	11	15	57	6	3	22,1
SRSLF VHM 5x13(57) R	5	13	21	57	6	3	22,1
SRSLF VHM 6x13(57) R	6	13	21	57	6	3	22,1
SRSLF VHM 8x19(63) R	8	19	27	63	8	3	28,1
SRSLF VHM 10x22(72) R	10	22	32	72	10	3	37,1
SRSLF VHM 12x26(83) R	12	26	38	83	12	4	48,1
SRSLF VHM 14x26(83) R	14	26	38	83	14	4	48,1
SRSLF VHM 16x32(92) R	16	32	44	92	16	4	57,1
SRSLF VHM 18x32(92) R	18	32	44	92	18	4	52,1
SRSLF VHM 20x38(104) R	20	38	54	104	20	4	64,1
SRSLF VHM 6x26(70) R	6	26	32	70	6	3	35,1
SRSLF VHM 8x36(90) R	8	36	52	90	8	3	55,1
SRSLF VHM 10x46(100) R	10	46	62	100	10	3	65,1
SRSLF VHM 12x56(120) R	12	56	73	120	12	4	85,1
SRSLF VHM 16x66(150) R	16	66	101	150	16	4	115,1
SRSLF VHM 20x76(150) R	20	76	101	150	20	4	110,1

Spiralbohrer HSS kurz - Spiralbohrer mit Zylinderschaft nach DIN 338

Identnummer	Durchmesser	Spirallänge	Gesamtlänge	Ausspannlänge
SPIBO HSS-k DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	La
SPIBO HSS-k 2x24(49) R	2	24	49	25
SPIBO HSS-k 2.5x30(57) R	2,5	30	57	36,5
SPIBO HSS-k 3x33(61) R	3	33	61	34
SPIBO HSS-k 3.3x36(65) R	3,3	36	65	41,2
SPIBO HSS-k 3.8x43(75) R	3,8	43	75	44
SPIBO HSS-k 4x 43(75) R	4	43	75	44
SPIBO HSS-k 4.2x43(75) R	4,2	43	75	47
SPIBO HSS-k 4.8x52(86) R	4,8	52	86	55
SPIBO HSS-k 4.9x52(86) R	4,9	52	86	55
SPIBO HSS-k 5x 52(86) R	5	52	86	55
SPIBO HSS-k 5.5x57(93) R	5,5	57	93	60
SPIBO HSS-k 5.8x57(93) R	5,8	57	93	60
SPIBO HSS-k 5.9x57(93) R	5,9	57	93	60
SPIBO HSS-k 6x 57(93) R	6	57	93	60
SPIBO HSS-k 6.6x63(101) R	6,6	63	101	66
SPIBO HSS-k 6.8x69(109) R	6,8	69	109	72
SPIBO HSS-k 6.9x69(109) R	6,9	69	109	72
SPIBO HSS-k 7x 69(109) R	7	69	109	72
SPIBO HSS-k 7.8x75(117) R	7,8	75	117	78
SPIBO HSS-k 8x 75(117) R	8	75	117	78
SPIBO HSS-k 8.5x75(117) R	8,5	75	117	78
SPIBO HSS-k 8.8x81(125) R	8,8	81	125	84
SPIBO HSS-k 9x81(133) R	9	81	133	84
SPIBO HSS-k 9.8x81(133) R	9,8	81	133	84
SPIBO HSS-k 10x81(133) R	10	81	133	84
SPIBO HSS-k 10.2x81(133) R	10,2	81	133	84
SPIBO HSS-k 11x94(142) R	11	94	142	97
SPIBO HSS-k 11.8x94(142) R	11,8	94	142	97
SPIBO HSS-k 12x101(151) R	12	101	151	104
SPIBO HSS-k 12.5x101(151) R	12,5	101	151	104
SPIBO HSS-k 12.8x101(151) R	12,8	101	151	104
SPIBO HSS-k 13x101(151) R	13	101	151	104
SPIBO HSS-k 13.5x108(160) R	13,5	108	160	111
SPIBO HSS-k 13.8x108(160) R	13,8	108	160	111
SPIBO HSS-k 14x108(160) R	14	108	160	111
SPIBO HSS-k 14.8x114(169) R	14,75	114	169	117
SPIBO HSS-k 15x114(169) R	15	114	169	117
SPIBO HSS-k 15.5x120(178) R	15,5	120	178	123
SPIBO HSS-k 15.8x120(178) R	15,75	120	178	123
SPIBO HSS-k 16x120(178) R	16	120	178	123
SPIBO HSS-k 16.5x125(184) R	16,5	125	184	128
SPIBO HSS-k 17.5x130(191) R	17,5	130	191	133
SPIBO HSS-k 17.8x130(191) R	17,75	130	191	133
SPIBO HSS-k 18x130(191) R	18	130	191	133
SPIBO HSS-k 18.8x135(198) R	18,75	135	198	138
SPIBO HSS-k 19x135(198) R	19	135	198	138
SPIBO HSS-k 19.8x140(205) R	19,75	140	205	143
SPIBO HSS-k 20x140(205) R	20	140	205	143

Spiralbohrer HSS lang - Spiralbohrer mit Zylinderschaft nach DIN 340

Identnummer	Durchmesser	Spirallänge	Gesamtlänge	Ausspannlänge
SPIBO HSS-I DxLs(L) R/L	D (d1)	Ls (l2)	L (l1)	La
SPIBO HSS-I 2x56(85) R	2	56	85	57
SPIBO HSS-I 2.5x62(95) R	2,5	62	95	68,5
SPIBO HSS-I 3x66(100) R	3	66	100	69
SPIBO HSS-I 3.3x69(106) R	3,3	69	106	74,2
SPIBO HSS-I 3.8x78(119) R	3,8	78	119	81
SPIBO HSS-I 4x 78(119) R	4	78	119	81
SPIBO HSS-I 4.2x78(119) R	4,2	78	119	82
SPIBO HSS-I 4.8x87(132) R	4,8	87	132	90
SPIBO HSS-I 4.9x87(132) R	4,9	87	132	90
SPIBO HSS-I 5x 87(132) R	5	87	132	90
SPIBO HSS-I 5.5x91(139) R	5,5	91	139	94
SPIBO HSS-I 5.8x91(139) R	5,8	91	139	94
SPIBO HSS-I 5.9x91(139) R	5,9	91	139	94
SPIBO HSS-I 6x 91(139) R	6	91	139	94
SPIBO HSS-I 6.6x97(148) R	6,6	97	148	100
SPIBO HSS-I 6.8x102(156) R	6,8	102	156	105
SPIBO HSS-I 6.9x102(156) R	6,9	102	156	105
SPIBO HSS-I 7x 102(156) R	7	102	156	105
SPIBO HSS-I 7.8x109(156) R	7,8	109	165	112
SPIBO HSS-I 8x 109(165) R	8	109	165	112
SPIBO HSS-I 8.5x109(165) R	8,5	109	165	112
SPIBO HSS-I 8.8x115(175) R	8,8	115	175	118
SPIBO HSS-I 9x115(175) R	9	115	175	118
SPIBO HSS-I 9.8x121(184) R	9,8	121	184	124
SPIBO HSS-I 10x121(184) R	10	121	184	124
SPIBO HSS-I 10.2x121(184) R	10,2	121	184	124
SPIBO HSS-I 11x128(195) R	11	128	195	131
SPIBO HSS-I 11.8x128(195) R	11,8	128	195	131
SPIBO HSS-I 12x134(205) R	12	134	205	137
SPIBO HSS-I 12.5x134(205) R	12,5	134	205	137
SPIBO HSS-I 12.8x134(205) R	12,8	134	205	137
SPIBO HSS-I 13x134(205) R	13	134	205	137
SPIBO HSS-I 13.5x140(214) R	13,5	140	214	143
SPIBO HSS-I 13.8x140(214) R	13,8	140	214	143
SPIBO HSS-I 14x140(214) R	14	140	214	143
SPIBO HSS-I 14.8x144(220) R	14,75	144	220	147
SPIBO HSS-I 15x144(220) R	15	144	220	147
SPIBO HSS-I 15.5x149(227) R	15,5	149	227	152
SPIBO HSS-I 15.8x149(227) R	15,75	149	227	152
SPIBO HSS-I 16x149(227) R	16	149	227	152
SPIBO HSS-I 16.5x154(235) R	16,5	154	235	157
SPIBO HSS-I 17.5x158(241) R	17,5	158	241	161
SPIBO HSS-I 17.8x158(241) R	17,75	158	241	161
SPIBO HSS-I 18x158(241) R	18	158	241	161
SPIBO HSS-I 18.8x162(247) R	18,75	162	247	165
SPIBO HSS-I 19x162(247) R	19	162	247	165
SPIBO HSS-I 19.8x166(254) R	19,75	166	254	169
SPIBO HSS-I 20x166(254) R	20	166	254	169

Spiralbohrer Vollhartmetall mit durchgehendem Zylinderschaft nach DIN 6539

Identnummer	Durchmesser	Spirallänge	Gesamtlänge	Ausspannlänge
	D	Ls	Lg	La
SPIBO VHM DxLs(L) R/L				
SPIBO VHM 4.2x22(55) R	4,2	22	55	25
SPIBO VHM 4.8x26(62) R	4,8	26	62	29
SPIBO VHM 5x26(62) R	5	26	62	29
SPIBO VHM 5.5x28(66) R	5,5	28	66	31
SPIBO VHM 5.8x28(66) R	5,8	28	66	31
SPIBO VHM 6.6x31(70) R	6,6	31	70	34
SPIBO VHM 6.8x34(74) R	6,8	34	74	37
SPIBO VHM 7.8x37(79) R	7,8	37	79	40
SPIBO VHM 8.5x37(79) R	8,5	37	79	40
SPIBO VHM 9x40(84) R	9	40	84	43
SPIBO VHM 9.8x43(89) R	9,8	43	89	46
SPIBO VHM 10.2x43(89) R	10,2	43	89	46
SPIBO VHM 11x47(95) R	11	47	95	50
SPIBO VHM 11.8x51(102) R	11,8	51	102	54
SPIBO VHM 13.5x54(107) R	13,5	54	107	57
SPIBO VHM 14x54(107) R	14	54	107	57
SPIBO VHM 15.8x58(115) R	15,8	58	115	61
SPIBO VHM 17.5x62(123) R	17,5	62	123	65

Stufenbohrer 90° mit Zylinderschaft

Identnummer	Stufenwinkel	Durchmesser	Bohrstufenlänge	Schaftdurchmesser	Spirallänge	Gesamtlänge	Spitzenwinkel	Ausspannlänge
STUBO-As2 DxL3 DsxLs(L) R/L	As2	D (d1)	L3 (l3)	Ds (d2)	Ls (l2)	L (l1)	As	La
STUBO-90 3.2x9 6x57(93) R	90	3,2	9	6	57	93	118	60
STUBO-90 4.3x11 8x75(117) R	90	4,3	11	8	75	117	118	78
STUBO-90 5.3x13 10x87(133) R	90	5,3	13	10	87	133	118	90
STUBO-90 6.4x15 11.5x94(142) R	90	6,4	15	11,5	94	142	118	97
STUBO-90 8.4x19 15x114(169) R	90	8,4	19	15	114	169	118	117
STUBO-90 10.5x23 19x135(198) R	90	10,5	23	19	135	198	118	138

Stufenbohrer 180° mit Zylinderschaft

Identnummer	Stufenwinkel	Durchmesser	Bohrstufenlänge	Schaftdurchmesser	Spirallänge	Gesamtlänge	Spitzenwinkel	Ausspannlänge
STUBO-As2 DxL3 DsxLs(L) R/L	As2	D (d1)	L3 (l3)	Ds (d2)	Ls (l2)	L (l1)	As	La
STUBO-180 3.4x9 6x57(93) R	180	3,4	9	6	57	93	118	60
STUBO-180 4.5x11 8x75(117) R	180	4,5	11	8	75	117	118	78
STUBO-180 5.5x13 10x87(133) R	180	5,5	13	10	87	133	118	90
STUBO-180 6.6x15 11x94(142) R	180	6,6	15	11	94	142	118	97
STUBO-180 9x19 15x114(169) R	180	9	19	15	114	169	118	117
STUBO-180 11x23 18x130(191) R	180	11	23	18	130	191	118	133

Mehrfasen-Stufenbohrer mit Zylinderschaft für Kernlochbohrungen und Freisenkungen nach DIN 8378

Identnummer	Stufenwinkel	Durchmesser	Bohrstufenlänge	Schaftdurchmesser	Spirallänge	Gesamtlänge	Spitzenwinkel	Ausspannlänge
STUBO-As2 DxL3 DsxLs(L) R/L	As2	D (d1)	L3 (l3)	Ds (d2)	Ls (l2)	L (l1)	As	La
STUBO-90 2.5x9 3.4x39(70) R	90	2,5	8,8	3,4	39	70	118	44
STUBO-90 3.3x11 4.5x47(80) R	90	3,3	11,4	4,5	47	80	118	51
STUBO-90 4.2x14 5.5x57(93) R	90	4,2	13,6	5,5	57	93	118	60
STUBO-90 5x17 6.6x63(101) R	90	5	16,5	6,6	63	101	118	67
STUBO-90 6.8x21 9x81(125) R	90	6,8	21	9	81	125	118	84
STUBO-90 8.5x26 11x94(142) R	90	8,5	25,5	11	94	142	118	97
STUBO-90 10.2x30 13.5x108(160) R	90	10,2	30	13,5	108	160	118	111

T-Nuten-Fräser mit Zylinderschaft nach DIN 851

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Halsdurchmesser	Halslänge	Schaftdurchmesser	Schneidenzahl	Ausspannlänge
TNF DxLs(L) R/L	D (d1)	LS (b)	L (l1)	Dh (d3)	Lh (l2)	Ds (d2)	Z	La
TNF 11x4(53) R	11	4	53,5	4	6,5	10	6	18,6
TNF 12x6(57) R	12,5	6	57	5	7	10	6	22,1
TNF 16x8(62) R	16	8	62	7	10	10	6	27,1
TNF 18x8(70) R	18	8	70	8	13	12	6	35,1
TNF 21x9(74) R	21	9	74	10	16	12	8	39,1
TNF 25x11(82) R	25	11	82	12	17	16	8	42,1
TNF 32x14(90) R	32	14	90	15	22	16	8	50,1
TNF 40x18(108) R	40	18	108	19	27	25	8	62,1
TNF 50x22(124) R	50	22	124	25	34	32	10	77,1
TNF 60x28(139) R	60	28	139	30	43	32	10	98,1

Viertelkreisfräser - Viertelrund-Profilfräser mit Zylinderschaft konkav nach DIN 6518

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Gesamtlänge	Kerndurchmesser	Schneidenradius	Schaftdurchmesser	Schneidenzahl	Ausspannlänge
VPF DxLs(L) R/L	D (d1)	LS (l2)	L (l1)	Dk (d3)	R (r)	Ds (d2)	Z	La
VPF 8x8(60) R	8	8	60	6	1	10	4	25,1
VPF 8.5x8(60) R	8,5	8	60	6	1,25	10	4	25,1
VPF 9.2x8(60) R	9,2	8	60	6	1,6	10	4	25,1
VPF 10x8(60) R	10	8	60	6	2	10	4	25,1
VPF 11x8(60) R	11	8	60	6	2,5	10	4	25,1
VPF 12x8(60) R	12	8	60	6	3	12	4	25,1
VPF 12.3x8(60) R	12,3	8	60	6	3,15	12	4	25,1
VPF 14x10(60) R	14	10	60	6	4	12	4	25,1
VPF 16x10(60) R	16	10	60	6	5	12	4	25,1
VPF 20x12(67) R	20	12	67	8	6	16	4	32,1
VPF 20.6x16(71) R	20,6	16	71	8	6,3	16	4	36,1
VPF 24x16(71) R	24	16	71	8	8	16	4	36,1
VPF 28x18(85) R	28	18	85	8	10	25	4	39,1
VPF 34x24(90) R	34	24	90	10	12	25	4	44,1
VPF 41x28(100) R	41	28	100	16	12,5	25	4	54,1
VPF 48x28(100) R	48	28	100	16	16	25	4	54,1
VPF 56x32(112) R	56	32	112	16	20	32	4	51,1

Walzenstirnfräser mit Quernut nach DIN 1880 mit der Einstecknorm Aufsteckdorn

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Bohrung	Schaftdurchmesser	Fräskörperhöhe	Innendurchmesser	Schneidenzahl
WSF DxLsxD2 R/L	D (d1)	LS (b1)	D2 (d2)	Ds	B2 (b2)	Dc (d3)	Z
WSF 40x32x16 R	40	32	16	32	19	23	6
WSF 50x36x22 R	50	36	22	40	21	30	6
WSF 63x40x27 R	63	40	27	48	23	38	8
WSF 80x45x27 R	80	45	27	48	23	38	8
WSF 100x50x32 R	100	50	32	58	26	45	10

Walzenstirn-Schrupfräser mit Quernut nach DIN 1880 mit der Einstecknorm Aufsteckdorn

Identnummer	Durchmesser	Schneidenlänge	Bohrung	Schaftdurchmesser	Fräskörperhöhe	Innendurchmesser	Schneidenzahl
WSSRF DxLxD2 R/L	D (d1)	Ls (b1)	D2 (d2)	Ds	B2 (b2)	Dc (d3)	Z
WSSRF 40x32x16 R	40	32	16	32	19	23	6
WSSRF 50x36x22 R	50	36	22	40	21	30	6
WSSRF 63x40x27 R	63	40	27	48	23	38	8
WSSRF 80x45x27 R	80	45	27	48	23	38	8
WSSRF 100x50x32 R	100	50	32	58	26	45	10

Wendeplattenbohrer mit der Einstecknorm WPL-Schaft

Identnummer	Durchmesser	Spirallänge	Länge	Schaft-Maße	Ausspannlänge
WPBO DxLs(L) R/L	D	Ls	L	DsxS	La
WPBO 14x28(102) R	14	28	102	20x50	52
WPBO 14x42(116) R	14	42	116	20x50	66
WPBO 15x30(104) R	15	30	104	20x50	54
WPBO 15x45(119) R	15	45	119	20x50	69
WPBO 16x32(106) R	16	32	106	20x50	56
WPBO 16x48(122) R	16	48	122	20x50	72
WPBO 18x36(116) R	18	36	116	25x56	60
WPBO 18x54(134) R	18	54	134	25x56	78
WPBO 20x40(120) R	20	40	120	25x56	64
WPBO 20x60(140) R	20	60	140	25x56	84
WPBO 24x48(132) R	24	48	132	32x60	72
WPBO 24x72(156) R	24	72	156	32x60	96
WPBO 25x50(134) R	25	50	134	32x60	74
WPBO 25x75(159) R	25	75	159	32x60	99
WPBO 26x52(136) R	26	52	136	32x60	76
WPBO 26x78(162) R	26	78	162	32x60	102
WPBO 28x56(140) R	28	56	140	32x60	80
WPBO 28x84(168) R	28	84	168	32x60	108
WPBO 30x60(149) R	30	60	149	32x60	89
WPBO 30x90(179) R	30	90	179	32x60	119
WPBO 32x62(153) R	32	62	153	32x60	93
WPBO 32x96(185) R	32	69	185	32x60	125

Winkelfräser Form A mit Zylinderschaft nach DIN 1833

Identnummer	Schnittkanten- winkel	Durchmesser	Schneiden- länge	Gesamt- länge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
WF-AAk DxLs(L) R/L	Ak	D (d1)	Ls (b)	L (l)	Ds (d2)	Z	La
WF-A45 16x4(60) R	45	16	4	60	12	6	25,1
WF-A45 20x5(63) R	45	20	5	63	12	8	28,1
WF-A45 25x6.3(67) R	45	25	6,3	67	12	10	32,1
WF-A45 32x8(71) R	45	32	8	71	16	12	36,1
WF-A60 16x6.3(60) R	60	16	6,3	60	12	6	25,1
WF-A60 20x8(63) R	60	20	8	63	12	8	28,1
WF-A60 25x10(67) R	60	25	10	67	12	10	32,1
WF-A60 32x12.5(71) R	60	32	12,5	71	16	12	36,1

Winkelfräser Form B mit Zylinderschaft nach DIN 1833

Identnummer	Schnittkanten- winkel	Durch- messer	Schneiden- länge	Gesamt- länge	Schaft- durchmesser	Schneiden- zahl	Ausspann- länge
WF-BAk-DxLs(L) R/L	Ak	D (d1)	Ls (b)	L (l)	Ds (d2)	Z	La
WF-B45 16x4(60) R	45	16	4	60	12	6	25,1
WF-B45 20x5(63) R	45	20	5	63	12	8	28,1
WF-B45 25x6.3(67) R	45	25	6,3	67	12	10	32,1
WF-B45 32x8(71) R	45	32	8	71	16	12	36,1
WF-B60 16x6.3(60) R	60	16	6,3	60	12	6	25,1
WF-B60 20x8(63) R	60	20	8	63	12	8	28,1
WF-B60 25x10(67) R	60	25	10	67	12	10	32,1
WF-B60 32x12.5(71) R	60	32	12,5	71	16	12	36,1

3D-Kantentaster (X,Y,Z) mit Zylinderschaft

Identnummer	Kugel- durchmesser	Tastschaft- durchmesser	Tastschaftlänge mit Kugel	Gesamtlänge	Schaftdurchmesser
3D-Taster	Kd	D (d1)	Lk (b)	L (l)	Ds (d2)
3D-Taster 10-8x27(118)	10	8	27	118	20

Werkzeughalter**Bohrfutter - Schnellspann-Bohrfutter Schaftausführung DIN 69871 mit der Aufnahmenorm Zylinderschaft Bohren**

Identnummer	Spannbereich	Maß A	Maß B	Futterdurchmesser
SPBF-40 DsxA	Ds	A	B	Df
SPBF-40 13x79	1-13	78,8	87,1	50
SPBF-40 16x87	3-16	86,8	95,3	55

Flächenspannfutter für Zylinderschäfte 1835-B nach DIN 6359 mit der Aufnahmenorm Zylinderschaft Fräsen

Identnummer	Schaft-durchmesser	Maß A	Futterdurchmesser
FSF-40 DsxA	Ds	A	Df
FSF-40 6x50	6	50	25
FSF-40 8x50	8	50	28
FSF-40 10x50	10	50	35
FSF-40 12x50	12	50	42
FSF-40 14x50	14	50	44
FSF-40 16x63	16	63	48
FSF-40 18x63	18	63	50
FSF-40 20x63	20	63	52
FSF-40 25x100	25	100	65
FSF-40 32x100	32	100	72
FSF-40 40x120	40	120	90

Kombi-Fräser-Aufsteckdorne nach DIN 6358

Identnummer	Schaftdurchmesser	Maß A	Stiftlänge	Stiftdurchmesser
AFD-40 DsxA(L1)	Ds	A	L3	D2
AFD-40 32x55(17)	32	55	17	16
AFD-40 32x100(17)	32	100	17	16
AFD-40 40x55(19)	40	55	19	22
AFD-40 40x100(19)	40	100	19	22
AFD-40 48x55(21)	48	55	21	27
AFD-40 48x100(21)	48	100	21	27
AFD-40 58x60(24)	58	60	24	32
AFD-40 58x100(24)	58	100	24	32
AFD-40 70x60(27)	70	60	27	40
AFD-40 70x100(27)	70	100	27	40

**Spannzangenfutter für Spannzangen DIN 6499 Schaftausführung DIN 69871 mit der Aufnahmenorm
Zylinderschaft Fräsen**

Identnummer	Passende Spannzange	Spannbereich	Maß A	Futterdurchmesser
SZF-40 ERERxA	ER	Ds	A	Df
SZF-40 ER16x60	16	1-10	60	28
SZF-40 ER25x60	25	1-16	60	42
SZF-40 ER32x70	32	2-20	70	50
SZF-40 ER40x70	40	3-26	70	63
SZF-40 ER16x100	16	1-10	100	28
SZF-40 ER25x100	25	1-16	100	42
SZF-40 ER32x100	32	2-20	100	50
SZF-40 ER40x100	40	3-26	100	63
SZF-40 ER16x160	16	1-10	160	28
SZF-40 ER25x160	25	1-16	160	42
SZF-40 ER32x160	32	2-20	160	50
SZF-40 ER40x160	40	3-26	160	63

**Spannzangenfutter DIN 6391 für Spannzangen DIN 6388 Schaftausführung DIN 69871 mit der Aufnahmenorm
Zylinderschaft Fräsen**

Identnummer	Spannbereich	Maß A	Futterdurchmesser
SZF-40 6388-DsxA	Ds	A	Df
SZF-40 6388-16x70	2-16	70	43
SZF-40 6388-16x100	2-16	100	43
SZF-40 6388-25x70	2-25	70	60
SZF-40 6388-25x100	2-25	100	60
SZF-40 6388-32x90	3-32	90	72

**Bohrerhalter für Wendeplattenbohrer - Werkzeughalter für Zylinderschäfte DIN 6535-HE mit der Aufnahmenorm
WPL-Schaft**

Identnummer	Schaftdurchmesser	Maß A	Futterdurchmesser
BWB-40 DsxA	Ds	A	Df
BWB-40 20x65	20	65	40
BWB-40 25x70	25	70	45
BWB-40 32x75	32	75	52

Spannzangen nach DIN 6499

Identnummer	Größe	Spannbereich	Durchmesser	Länge
SZ ERxDsz(Lsz)	ER	Ds	Dsz	Lsz
SZ ER11x12(18)	11	0,5-7	11,5	18
SZ ER16x17(27)	16	0,5-10	17	27
SZ ER20x21(31)	20	1-13	21	31
SZ ER25x26(35)	25	1-16	26	35
SZ ER32x33(40)	32	2-20	33	40
SZ ER40x41(46)	40	3-26	41	46
SZ ER50x52(60)	50	6-34	51,8	60,3
SZ ER60x61(60)	60	10-40	61	60

Spannzangen nach DIN 6388

Identnummer	Spannbereich	Durchmesser	Länge
SZ 6388-DxDsz(Lsz)	Ds	Dsz	Lsz
SZ 6388-16x25(40)	2-16	25,2	40
SZ 6388-25x35(52)	2-25	35,05	52
SZ 6388-32x44(60)	4-32	43,7	60
SZ 6388-40x52(68)	12-40	52,2	68

Anhang II PAL2007-Fräs-Spannmittelverwaltung

Werkstück-Einspannung auf dem Maschinentisch

Auf den Maschinentisch mit der **Aufspann-Norm „T-Nut-A14H8“** können verschiedene Spannmittel aufgesetzt werden. Es stehen Schraubstöcke/NC-Hochdruckspanner, Backenfutter, Magnet- und Vakuumplatten sowie ein modulares Spannsystem zur Verfügung.

Die Angaben von Spannmitteln aus der PAL-Spannmittelverwaltung erfolgen im Einrichtblatt unter der Angabe des Datenbankpfades:

“(Spannmittelnorm =) T-Nut-A14H8 \ Spannmitteltyp \ Identnummer“

Die Befestigung der Spannmittel auf dem T-Nuten-Maschinentisch mit z.B. Spanneisen wird hier nicht festgelegt.

Für alle Spannmittel kann eine **Unterlegplatte** zwischen dem Spannmittel und dem Maschinentisch im Einrichtblatt konfiguriert werden.

In der PAL-Spannmittelverwaltung gibt es die folgenden **Spannmitteltypen** mit den im Einrichtblatt verwendeten Abkürzungen:

NC-HDS	NC-Hochdruckspanner
BackenF	Drei-/Vierbacken-Spannfutter (Futterachse parallel zur C-Achse oder Teilapparat-Achse)
PlattenS	Magnetplatten/Vakuumplatten-Spannsystem
ModulS	Modulares Spannsystem (aus einzelnen Spannelementen)

Zu diesen Spannmitteltypen gibt es spannmittelspezifische Ergänzungen (z. B. Backen). Hierfür hat jedes Spannmittel eine spannmittel-spezifische Anpassungsnorm, die **Spannmittelaufsatznorm**. Dies sind die (in der Regel herstellerspezifischen) Normen für die Aufsatzbacken (siehe in den Tabellen).

In der PAL-Spannmittelverwaltung gibt es dazu folgende vom Spannmitteltyp abhängige **Spannmittelaufsatztypen**:

Schraubstock	HDS-AufsatzB	NC-Hochdruckspanner-Aufsatzstufenbacken
	HDS-PrismenB	NC-Hochdruckspanner-Doppelprismenbacken
	VorsatzB	Vorsatzbacken zu den Aufsatzstufenbacken
Backenfutter:	AufsatzB hart	(Aufsatzbacken hart)
	AufsatzB weich	(Aufsatzbacken weich)
	KrallenB	(Krallenbacken)

Für jede Spannmittelaufsatznorm und jeden der vorstehenden Spannmittelaufsatztypen gibt es die in den nachstehenden Tabellen angegebenen Aufsatzspannmittel mit den zugeordneten Identnummern. Die Auswahl erfolgt im Einrichtblatt unter Angabe des Datenbankpfades:

“Spannmittelaufsatznorm \ Spannmittelaufsatztyp \ Identnummer“

Bei den Hochdruckspannern mit außenstufigen Standard-Aufsatzbacken (keine Doppel-Prismen-Sonderbacken) können zusätzlich Vorsatzbacken angesetzt werden mit:

“Backenvorsatznorm \ Backenvorsatztyp \ Identnummer“

Aufsatzbacken der NC-Hochdruckspanner und Kraftspannfutter

Die Aufsatzbacken der NC-Hochdruckspanner können außenstufig und innenstufig aufgesetzt werden
Die Aufsatzbacken sind zwischen den Backenfuttern unterschiedlichen Durchmessers nicht austauschbar, da die Aufsatzbackenbreite B mit den Grundkörperbreiten variiert.

Die Parallelunterlagen zu den NC-Hochdruckspannern können durch Vorgabe der Größe und Position im Einrichtblatt im Einrichtblatt konfiguriert werden.

Die Aufsatzbacken der Backenfutter werden auf eine Verzahnung 1.5mmx60° mit der Breite B (=Backenbreite) aufgesetzt, so dass prinzipiell alle Backen umkehrbar sind.

Backenfutterdm : 160 mm:	Aufsatzbackenbreite : 30 mm	Aufsatzbacken-Norm:	AsB30V1.5x60
Backenfutterdm : 200 mm:	Aufsatzbackenbreite : 40 mm	Aufsatzbacken-Norm:	AsB40V1.5x60
Backenfutterdm : 250 mm:	Aufsatzbackenbreite : 50 mm	Aufsatzbacken-Norm:	AsB50V1.5x60

Man beachte, dass sich die Aufsatzstufenbacken für Drei- und Vierbackenfutter im Aufteilungswinkel 120° bzw. 90° unterscheiden, der bei kleinen Spanndurchmessern zum Tragen kommt.

Konfigurationsmöglichkeiten im Einrichtblatt

Die Orientierung der Längsrichtung des Spannmittels Schraubstock oder einer der Stufenbacken eines Spannfutters kann parallel zu einer Bearbeitungsebenenachse erfolgen. Die Spannmittelausrichtung wird im Einrichtblatt vorgegeben.

Die Einspanntiefe bei Backenfuttern legt zusammen mit der Backenansetzrichtung (außenstufig/innenstufig) die Einspannung der zylindrischen Werkstücke und N-Kante fest.

Bei Schraubstöcken kann das Werkstück aus der mittigen Position heraus seitlich verschoben werden.

Man beachte:

Im Hinblick auf eine Austauschbarkeit der Programme zwischen unterschiedlichen Maschinen beziehen sich alle Einrichtangaben ausgehend vom Zentrum des Maschinentisches auf das Zentrum der dem Maschinentisch zugewandten Werkstück/Rohteilunterseite, deren **Differenz** als Rohteilposition im Einrichtblatt angegeben wird.

Für jeden Spannmitteltyp und jeden Spannmittelaufsatztyp gibt es in den nachstehenden Tabellen einen erweiterbaren Satz von Spannmittelaufsätzen mit ihrer jeweiligen Identnummer.

Übersicht PAL2007-Fräs-Spannmittelverwaltung

NC-Hochdruckspanner
Hochdruckspanner-Aufsatzbacken
Doppel-Prismen-Sonderbacken
Vorsatzbacken für die Hochdruckspanner-Aufsatzbacken

Magnet-, Vakuumspannplatten und modulares Spannsystem

2-,3-und 4-Backenspannfutter mit Aufsatzbacken
Aufsatzbacken hart mit den Normen AsB-BbbV1.5x60
Krallenbacken hart mit den Normen AsB-BbbV1.5x60
Aufsatzbacken weich mit den Normen AsB-BbbV1.5x60

NC-Hochdruckspanner (Spannmitteltyp: NC-HDS)

Die NC-Hochdruckspanner mit umkehrbaren Aufsatzbacken werden durch die Größe ihrer Grundkörper, die es in den Standardbreiten 70, 90, 125, 160 und 200 mm gibt, beschrieben. Die entsprechenden Backenbreiten definieren die Zuordnungsnorm für die Aufsatzbacken.

Die Hochdruckspanner HDS gibt es in den Varianten:

- H Feste Backe hinten
- V Feste Backe vorn
- ZS Zentrischspanner: Beide Backen spannen das Werkstück zentrisch auf dem Grundkörper.

NC-Hochdruckspannerliste

Identnummer	Breite B [mm]	Länge L [mm]	Höhe H [mm]	Variante	Spannbereich [mm]	Aufsatz- (backen) norm
HDS-H 70x270x70	70	270	70	H	0 -115	HDSB 70
HDS-H 90x280x80	90	280	80	H	0 -125	HDSB 90
HDS-V 125x310x100	125	310	100	V	0 -105	HDSB 125
HDS-H 125x420x100	125	420	100	H	0 -215	HDSB 125
HDS-H 160x530x115	160	530	115	H	0 -310	HDSB 160
HDS-H 200x620x120	200	620	120	H	0 -320	HDSB 200
HDS-ZS 125x350x110	125	350	110	ZS	0 -105	HDSB 125
HDS-ZS 125x440x130	125	440	130	ZS	0 -130	HDSB 125

Der Spannbereich bezieht sich auf die außenstufige Backenmontage. Zu den Hochdruckspannern gibt es zur Backenbreite passende Parallelunterlagensätze mit einem im Einrichblatt konfigurierbaren Querschnitt mit Maßen in vollen Millimetern.

Hochdruckspanner-Aufsatzbackenliste (Spannmittelaufsatztyp: HDS-AufsatzB)

Identnummer	Aufsatz- (backen) norm	Breite B [mm]	Länge -1 L1 [mm]	Länge -2 L2 [mm]	Höhe-1 H1 [mm]	Höhe-2 H2 [mm]	Vorsatz- (backen) norm
HDSB B70xL60_30xH25_15	HDSB 70	70	60	30	25	15	VSBB 70
HDSB B70xL60xH25	HDSB 70	70	60		25		VSBB 70
HDSB B90xL70_40xH30_15	HDSB 90	90	70	40	30	15	VSBB 90
HDSB B90xL70xH30	HDSB 90	90	70		30		VSBB 90
HDSB B125xL90_50xH40_20	HDSB 125	125	90	50	40	20	VSBB 125
HDSB B125xL90xH40	HDSB 125	125	90		40		VSBB 125
HDSB B125xL70_40xH40_20	HDSB 125	125	70	40	40	20	VSBB 125
HDSB B125xL70xH40	HDSB 125	125	70		40		VSBB 125
HDSB B160xL90_50xH50_25	HDSB 160	160	90	50	50	25	VSBB 160
HDSB B160xL90xH50	HDSB 160	160	90		50		VSBB 160
HDSB B200xL120_60xH60_30	HDSB 200	200	120	60	60	30	VSBB 200
HDSB B200xL120xH60	HDSB 200	200	120		60		VSBB 200

Doppel-Prismen-Sonderbacken (Spannmittelaufsatztyp: HDS-PrismenB)

Identnummer	Aufsatz- (backen) norm	Breite B [mm]	Länge-1 L1 [mm]	Höhe-1 H1 [mm]
HDSS B125xL85xH85HP54	HDSB 125	125	85	85
HDSS B125xL85xH85VP65	HDSB 125	125	85	85
HDSS B160xL95xH90HP60	HDSB160	160	95	90
HDSS B160xL95xH90VP80	HDSB 160	160	95	90

Mittenlage des horizontalen 120°-Prismas auf HP und die Breite des vertikalen 120°-Prismas beträgt VP.
Breite, Länge und Höhe stimmen in ihren Achsrichtungen bei den NC-Hochdruckspannern und ihren Backen überein.

Vorsatzbacken für die Hochdruckspanner-Aufsatzbacken (Spannmittelaufsatztyp: VorsatzB)

Identnummer	Vorsatz(backen)norm	Vorsatztyp
VSB-HDSB BxLyy.yy[xHyy.yy]	VSBB70 bis VSBB200	Parallel-Vorsatz
VSB-HDSB BxLyy.yy[xHyy.yy HPyy.yy]	VSBB70 bis VSBB200	Horizontalprismen-Vorsatz
VSB-HDSB BxLyy.yy[xHyy.yy VPyy.yy]	VSBB70 bis VSBB200	Vertikalprismen-Vorsatz

Die optionalen Vorsatzbacken werden automatisch passend zu den Aufsatzbacken aus ihrer Identnummer erzeugt. Dabei muss der Parameter des Längsmaßes der Vorsatzbacke Lyy.yy in der Identnummer vorgegeben werden. Ihre Höhe kann als Parameter Hyy.yy der Identnummer vorgegeben werden. Wird Hyy.yy nicht angegeben, so wird als Höhe der Vorsatzbacken die Höhe der Aufsatzbacken übernommen. Die Höhe muss kleiner/gleich als die Aufsatzbackenhöhe sein. Die Vorsatzbacken werden am oberen Rand bündig an die Aufsatzbacke angesetzt. Mit den optionalen Parametern HP oder VP kann eine horizontale oder vertikale Prismenvorsatzbacke angewählt werden (dafür ist L hinreichend groß zu wählen und der entsprechende Vorsatztyp anzugeben).

Magnet- Vakuumspannplatten und modulares Spannsystem

Diese Spannsysteme bestehen aus einem oder mehreren Spannelementen, die durch Spannelementquader der Größe X, Y, Z, mit der Position XP, YP, ZP des Zentrums des Spannelementbodens bezüglich der Rohteilposition und einem Drehwinkel AR um dieses Zentrum im Einrichblatt vorgegeben werden. Alternativ zu den Spannelementabmessungen ist die Identnummer eines 3D-Spannelementes angebar, das anstelle des Spannelementquaders verwendet wird. Diese Quader entsprechen dann Hüllquadern für 3D-Spannelemente. Mehrfacheingaben von Spannelementen sind zulässig.

Backen-Spannfutter mit Aufsatzbacken

Die Abmessungen der nachstehenden Backenspannfutter und der harten sowie weichen Aufsatzbacken stimmen mit denen der NC-Kraftspannfutter beim Drehen überein.

2-,3-und 4-Backen-Spannfutter mit Aufsatzbacken

Backen-futter	Futter-Identnummer	Futter	Futter-	Futter	Grund-	Hub	Schlitten-	Max.	Max.	Spannmittel aufsatznorm = Aufsatz- norm
		durch- messer D [mm]	bohr- ung Din [mm]	-länge L [mm]	backen- breite B [mm]	pro Back e Hb [mm]	über- stand Hs [mm]	Dreh- zahl Dmax 1/min	Spann- kraft SKmax [kN]	
2-BackenF	BSF160-2AsB	160	45	103	30	4	5	7000	60	AsB-B30 V1.5x60
3-BackenF	BSF160-3AsB	160	45	103	30	4	5	8000	85	AsB-B30 V1.5x60
4-BackenF	BSF160-4AsB	160	45	103	30	4	5	6000	90	AsB-B30 V1.5x60
2-BackenF	BSF200-2AsB	200	62	108	40	5,3	5	6000	70	AsB-B40 V1.5x60
3-BackenF	BSF200-3AsB	200	62	108	40	5,3	5	6500	100	AsB-B40 V1.5x60
4-BackenF	BSF200-4AsB	200	62	108	40	5,3	5	5000	110	AsB-B40 V1.5x60
2-BackenF	BSF250-2AsB	250	86	128	50	6	5	4500	90	AsB-B50 V1.5x60
3-BackenF	BSF250-3AsB	250	86	128	50	6	5	6500	110	AsB-B50 V1.5x60
4-BackenF	BSF250-4AsB	250	86	128	50	6	5	5000	150	AsB-B50 V1.5x60

Aufsatzbacken hart für Dreibackenfutter - Spannmittelaufsatztyp: AufsatzB hart
Spannmittelaufsatznormen AsB-BbbV1.5x60 für B=bb=30, 40, 50

Backen-Identnummer	Backenbreite									
	B [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	L4 [mm]	H1 [mm]	H2 [mm]	H3 [mm]	H4 [mm]	H4 [mm]
HB3-B30xL38_20_10xH56_28_14	30	38	20	10		56	28	14		
HB3-B30xL38_20_10xH56_38_19	30	38	20	10		56	38	19		
HB3-B30xL38_30_20_10xH56_42_28_14	30	38	30	20	10	56	42	28	14	
HB3-B30xL38_30_20_10xH56_47_33_19	30	38	30	20	10	56	47	33	19	
HB3-B40xL49_24_12xH75_45_15	40	49	24	12		75	45	15		
HB3-B40xL49_24_12xH75_47_19	40	49	24	12		75	47	19		
HB3-B40xL49_36_24_12xH75_42_28_14	40	49	36	24	12	75	42	28	14	
HB3-B40xL49_36_24_12xH75_47_33_19	40	49	36	24	12	75	47	33	19	
HB3-B50xL49_24_12xH75_45_15	50	49	24	12		75	45	15		
HB3-B50xL49_24_12xH75_47_19	50	49	24	12		75	47	19		
HB3-B50xL49_36_24_12xH75_42_28_14x	50	49	36	24	12	75	42	28	14	
HB3-B50xL49_36_24_12xH75_47_33_19x	50	49	36	24	12	75	47	33	19	

Aufsatzbacken hart für Vierbackenfutter - Spannmittelaufsatztyp: AufsatzB hart
Spannmittelaufsatznormen AsB-BbbV1.5x60 für B=bb=30, 40, 50

Backen-Identnummer	Backenbreite									
	B [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	L3 [mm]	L4 [mm]	H1 [mm]	H2 [mm]	H3 [mm]	H4 [mm]	H4 [mm]
HB4-B30xL38_20_10xH56_28_14	30	38	20	10		56	28	14		
HB4-B30xL38_20_10xH56_38_19	30	38	20	10		56	38	19		
HB4-B30xL38_30_20_10xH56_42_28_14	30	38	30	20	10	56	42	28	14	
HB4-B30xL38_30_20_10xH56_47_33_19	30	38	30	20	10	56	47	33	19	
HB4-B40xL49_24_12xH75_45_15	40	49	24	12		75	45	15		
HB4-B40xL49_24_12xH75_47_19	40	49	24	12		75	47	19		
HB4-B40xL49_36_24_12xH75_42_28_14	40	49	36	24	12	75	42	28	14	
HB4-B40xL49_36_24_12xH75_47_33_19	40	49	36	24	12	75	47	33	19	
HB4-B50xL49_24_12xH75_45_15	50	49	24	12		75	45	15		
HB4-B50xL49_24_12xH75_47_19	50	49	24	12		75	47	19		
HB4-B50xL49_36_24_12xH75_42_28_14x	50	49	36	24	12	75	42	28	14	
HB4-B50xL49_36_24_12xH75_47_33_19x	50	49	36	24	12	75	47	33	19	

Krallenbacken hart mit den Normen AsB-BbbV1.5x60 für Breite B=bb=30, 40,50

Backen-Identnummer	B	L1	L2	L3	L4	H1	H2	H3	H4	Spann- durch- messer [mm]
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
KrB-B30xL45-20xH67_14-SpD38-56	30	45	20			67	14			38-56
KrB-B30xL45-20xH65_19-SpD51-71	30	45	20			65	19			51-71
KrB-B30xL45-20xH55_14-SpD66-87	30	45	20			55	14			66-87
KrB-B30xL45-20xH50_19-SpD83-102	30	45	20			50	19			83-102
KrB-B30xL45-20xH55_28-SpD7-117	30	45	20			55	28			97-117
KrB-B40xL45-20xH67_14-SpD55-110	40	45	20			67	14			55-110
KrB-B40xL45-20xH65_19-SpD68-124	40	45	20			65	19			68-124
KrB-B40xL45-20xH55_14-SpD95-150	40	45	20			55	14			95-150
KrB-B40x L45-20xH50_19-SpD102-158	40	45	20			50	19			102-158
KrB-B40xL45-20xH55_28-SpD110-168	40	45	20			55	28			110-168
KrB-B50xL45-20xH67_14-SpD68-162	50	45	20			67	14			68-162
KrB-B50xL45-20xH65_19-SpD80-173	50	45	20			65	19			80-173
KrB-B50xL45-20xH55_14-SpD108-200	50	45	20			55	14			108-200
KrB-B50xL45-20xH50_19-SpD115-206	50	45	20			50	19			115-206
KrB-B50xL45-20xH55_28-SpD125-220	50	45	20			55	28			125-220

Aufsatzbacken weich mit den Normen AsB-BbbV1.5x60 für Breite B=bb=30, 40,50

Backen-Identnummer	Backen- breite									
	B	L1	L2	L3	L4	H1	H2	H3	H4	
	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
WB-B30xL55xH55	30	55				55				
WB3-B30xL55xH72	30	55				72				
WB4-B30xL55xH72	30	55				72				
WB-B40xL60xH90	40	60				90				
WB3-B40xL60xH98	40	60				98				
WB4-B40xL60xH98	40	60				98				
WB-B50xL80xH120	50	80				120				
WB3-B50xL80xH120	50	80				120				
WB4-B50xL80xH120	50	80				120				

Verwendung weicher Aufsatzbacken

Die weichen Backen zur Spannung zylindrischer Werkstücke stehen mit den vier Angaben des Einrichtblattes

Außen- oder Innenspannung

Spanndurchmesser SpD (wenn nicht durch das Rohteil gegeben – z.B. vorgefertigte Werkstücke)

Einspanntiefe ET

Prozentuale Position des Spanndurchmessers im weichen Backen AdP

bereits in entsprechend vorgedrehter Form zur Verfügung (d.h. sie sind in ihren geometrischen Abmaßen an das Werkstück angepasst).

Die Lage des Spanndurchmessers in der Einspannrichtung innerhalb des Backens wird prozentual zur Backenhöhe mit AdP zwischen 5% und 95% für die Mitte des Backens (halbe Backenbreite) angegeben. Dabei wird der prozentuale Anteil von unten (X=0) gemessen. An dieser Position ist der weiche Backen entweder von unten (Außenspannung) oder von oben (Innenspannung) auf die Einspanntiefe ET mit dem Spannkreis-
durchmesser SpD ausgedreht und so auf die Verzahnung aufgesetzt, dass die Spannposition etwa der Mitte des Backenhubes liegt. Die Zulässigkeit des Wertes von AdP ist zu überprüfen:

Hinweis für das Drehen: Die Abmessungen der vorstehenden Backenspannfutter, der harten und weichen Aufsatzbacken sowie deren Identnummern stimmen mit denen der NC-Kraftspannfutter beim Drehen überein.

Anhang III Konturzugprogrammierung mit G61, G62 und G63

Ebene G17

Die gegenüber G1, G2 und G3 erweiterten Wegbedingungen G61, G62 und G63 ermöglichen eine Konturzugprogrammierung mit offenen, noch unbestimmten Konturelementen und tangentialen Übergängen oder Übergangswinkeln zwischen Konturelementen.

Unter einem Konturzug ist eine gerichtete Folge aus den Elementen Strecke und Kreisbogen zu verstehen, welche eine Werkstückkontur beschreiben. Außer den Angaben der Anfangs- und Endpunktkoordinaten bzw. der Mittelpunktkoordinaten können z. B. Längen, Winkel, tangentialer Übergangswinkel, Verrundungen, Fasen, die zur eindeutigen geometrischen Festlegung notwendig sind, eingegeben werden. Auf diese Weise ist die Konturprogrammierung direkt nach den Maßangaben der Zeichnung ohne Hilfsberechnungen möglich.

Insbesondere können noch nicht vollständig beschriebene Konturelemente unbestimmt (offen) programmiert werden. Die fehlenden Angaben werden durch Schnittpunkte, Übergangswinkel von den nachfolgenden Konturelementen zurück übertragen (Rückwärtsrechnung).

Die Winkel und Längenangaben beziehen sich wie auch bei G1, G2 und G3 sämtlich auf den Bewegungsanteil in der Bearbeitungsebene. Bei 3D-Bewegungen in allen drei Geometrieachsen wird folglich nur die Projektion des Fahrweges in die Bearbeitungsebene bei den Berechnungen mit Winkeln und Längen berücksichtigt (siehe auch Anhang VII).

Wegbedingungen der Konturzugprogrammierung:

G61	Geradeninterpolation (entsprechend zu G1)
G62	Kreisinterpolation rechts (entsprechend zu G2)
G63	Kreisinterpolation links (entsprechend zu G3)

Man beachte:

Die Wegbedingungen G61, G62 und G63 und deren Adresswerte sind **nicht selbsthaltend**.

Um die riesige Vielfalt bei der Eingabe der geometrischen Maßangaben zu strukturieren und einen komplexen Konturzug aus mehreren Elementen (Strecken G61, Kreisbögen rechts G62, Kreisbögen links G63) zu gliedern, wird der folgende Begriff eines abgeschlossenen Mehrpunktekonturzuges verwendet, der den Grad der Rückrechnung festlegt:

Definition: Unter einem **abgeschlossenen N-Punkte-Konturzug** verstehen wir eine Folge von N-1 vielen Elementen mit N Punkten ausgehend von einem bekannten Anfangspunkt P1 bis zu dem Endpunkt PN, dessen Koordinaten entweder gegeben sind oder aus den Angaben des N-Punkte-Konturzuges von der PAL-Steuerung berechnet werden können. Die Maßangaben zu dem (N-1)-ten als dem letzten Element sind erforderlich, um das vorhergehende Element mit seinen Endpunktkoordinaten berechnen zu können. Rekursiv gilt dies bis zum ersten Element; so dass auch der Endpunkt des ersten Elementes erst mit den Angaben des oder der nächsten Elemente bestimmt werden kann.

Die vor dem letzten liegenden Elemente nennt man **offen**.

Ein Konturelement heißt **abgeschlossen**, wenn es ganz (einschließlich seines Endpunktes) berechnet werden kann.

Das letzte Element eines Mehr-Punkte-Konturzuges oder ein Zwei-Punkte-Konturzug ist folglich abgeschlossen.

Ein beliebiger Konturverlauf besteht somit aus der Aneinanderreihung von **N-Punkte-Konturzügen** (Mehrpunktezügen) verschiedener Länge und von DIN-Konturelementen.

Abgeschlossene Konturelemente können beim Übergang auf DIN-Konturelemente G1, G2 oder G3 mit der Programmierung von RN durch eine Verrundung oder Fase verbunden werden.

Gleiches gilt beim Übergang von einem DIN-Konturelement auf ein Konturzugelement G61, G62 oder G63.

Definition: Ein N-Punkte-Konturzug heißt offen, wenn das letzte Element in seiner geometrischen Lage bestimmt ist, aber der Endpunkt auf diesem Element aus den bisher gemachten Eingaben nicht berechnet werden kann.

Da bei Mehrpunkt-Konturzügen die Umschaltung G90/G91 auf nur schwer nachvollziehbare Konturfehler führen könnte, werden nur festprogrammierte absolute oder inkrementelle Koordinatenadressen zugelassen. Die inkrementellen Koordinaten XI, I, YI, J sind nur dann zugelassen, wenn das vorausgehende Konturelement abgeschlossen ist.

Die häufigsten vorkommenden Mehrpunktezüge sind:

Zwei-Punkte-Konturzüge bestehend aus dem Element Strecke G61 oder Kreisbogen G62/63

Drei-Punkte-Konturzüge bestehend aus zwei Elementen in 4 Varianten
 Strecke G61 in Strecke G61
 Strecke G61 in Kreisbogen G62/63
 Kreisbogen G62/63 in Strecke G61
 Kreisbogen G62/63 in Kreisbogen G62/63

Vier-Punkte-Konturzüge bestehend aus drei Elementen in 8 Varianten mit tangentialen Übergängen zwischen den Elementen

Fünf-Punkte-Konturzüge bestehend aus vier Elementen mit tangentialen Übergängen zwischen den Elementen (von den 16 Element-Reihenfolgevarianten und fast unendlich vielen Eingabe-Adressvarianten werden nur einige aus einer Reichenbacher Dreh-Steuerung exemplarisch herausgegriffen)

Offene Mehr-Punkte-Konturzüge

Da bei der Ausgestaltung einer Konturzugprogrammierung mit Mehrpunktezügen sehr schnell eine riesige Fülle von Eingabevarianten entsteht, kann dies im einzelnen nicht bis ins Detail festgelegt werden. Vielmehr werden Minimalanforderungen vorgegeben, deren Programmierung möglich sein muss. Die Lösungsauswahl erfolgt bei mehreren Lösungen mit den Auswahlkriterien:

- Bei Strecken G61 mit dem Längen- und Winkelkriterium
- Bei Kreisbögen G62, G63 mit dem Bogenlängen- und Winkelkriterium

Konturzug-Minimalanforderungen **KM1 – KM5** und **KMO**

- KM1** Alle Adresskombinationen sind bei der Programmierung eines Zwei-Punkte-Konturzuges G61, G62 oder G63 möglich.
- KM2** Beim Drei-Punkte-Konturzug aus zwei Strecken sind ebenfalls alle Adresskombinationen zugelassen mit Ausnahme des Übergangswinkels AT beim zweiten Element.

Es folgen nachstehend Listen von Drei-, Vier- und Fünf-Punkte-Konturzügen sowie von offenen Mehrpunkte-Konturzügen mit den am häufigsten vorkommenden Element- und Adress-Kombinationen, die nach der Adresse AT des Übergangswinkels des zweiten oder der weiteren Konturelemente eingeteilt sind.

Beispiel der möglichen Element-Kombinationen bei Drei-Punkte-Konturzügen:

Strecke G61 in Kreisbogen G62 oder G63
 Kreisbogen G62 oder G63 in Strecke G61
 Kreisbogen G62 oder G63 in Kreisbogen G62 oder G63

- KM3** Drei-Punkte-Konturzüge ohne die Adresse AT im zweiten Konturelement
- KM3-AT0/180** Drei-Punkte-Konturzüge mit dem Adresswert AT0 oder AT180 im zweiten Konturelement für tangentiale AT0 oder spitz-tangentiale AT180 Übergänge
- KM4** Vier-Punkte-Konturzüge für verschiedene Element-/Adresskombinationen
- KM5** Fünf-Punkte-Konturzüge für versch. Element-/Adresskombinationen
- KMO** Offene Konturzüge für verschiedene Element-/Adresskombinationen

In den folgenden Konturzuglisten sind die für eine Eingabe möglichen alternativen Adressen durch Schrägstrich getrennt. Z.B. XI/XA/YI/YA für die alternative Programmierung einer inkrementellen oder absoluten X- oder Y-Koordinatenadresse.

Können für eine Eingabe-Adresse nur ein oder zwei Adresswerte programmiert werden, so werden diese Adresswerte in den Listen an die Adressbuchstaben angehängt und sind gegebenenfalls durch Schrägstrich getrennt. Z.B. **AT0/180** für einen tangentialen oder spitz-tangentialen Konturübergang.

Nicht in KMO, KM1 – KM5 angegebene oder nicht gelistete Adress-Kombinationen der Mehr-Punkte-Konturzüge werden in Prüfungsaufgaben nicht verwendet.

KM3 Drei-Punkte-Konturzüge ohne die Adresse AT0/180 im zweiten Konturelement

Strecke – Kreisbogen

G61	XI/XA/YI/YA				
G62/G63	XA	YA	IA	JA	
G61	XI/XA/YI/YA				
G62/G63	XA/YA	IA	JA	R	
G61	AS/AT				
G62/G63	IA	JA	R	AO	
G61	AS/AT				
G62/G63	XA	YA	R	AE/AP	
G61	D				
G62/G63	XA	YA	IA/JA	AE/AP	
G61	AS/AT				
G62/G63	XA/YA	R	AO	AS/AT	
G61					
G62/G63	XA	YA	IA	JA	AS
G61					
G62/G63	IA	JA	R	AO	AE/AP

Kreisbogen – Strecke

G62/G63	I/IA	J/JA		
G61	XA	YA	D	
G62/G63	AS/AT	R		
G61	XA/YA	D	AS	
G62/G63	I/IA/J/JA	AS/AT		
G61	XA	YA	AS	
G62/G63	I/IA/J/JA	R		
G61	XA	YA	AS	
G62/G63	AE/AP	AO		
G61	XA/YA	D	AS/AT	
G62/G63	XI/XA/YI/YA	AS/AT		
G61	XA	YA	AS	
G62/G63	AS/AT			
G61	XA	YA	D	AS

Kreisbogen - Kreisbogen

G62/G63	I/IA	J/JA			
G62/G63	XA	YA	IA	JA	
G62/G63	R	AS/AT			
G62/G63	XA/YA	IA	JA	R	
G62/G63	I/IA/J/JA	AS/AT			
G62/G63	XA	YA	IA	JA	
G62/G63	I/IA/J/JA	R			
G62/G63	XA	YA	R	AE/AP	
G62/G63	AS/AT				
G62/G63	IA	JA	R	AS	AO
G62/G63	AO				
G62/G63	XA	YA	IA/JA	AE/AP	AO

KM3-AT0/180 Drei-Punkte-Konturzüge mit dem Adresswert AT0 oder AT180 im zweiten Konturelement für tangentiale (AT0) oder spitz-tangentiale (AT180) Übergänge

Strecke - Kreisbogen tangential oder spitz-tangential

G61	AS/AT				
G62/G63	XA	YA	R	AT0/180	
G61	AS/AT				
G62/G63	XA/YA	AE/AP	R	AT0/180	
G61	AS/AT				
G62/G63	IA	JA	AE/AP	AT0/180	
G61	AS/AT				
G62/G63	IA/JA	R	AO	AT0/180	
G61					
G62/G63	XA	YA	IA	JA	AT0/180
G61					
G62/G63	XA/YA	IA	JA	R	AT0/180
G61					
G62/G63	XA	YA	IA/JA	AE/AP	AT0/180

Kreisbogen - Strecke tangential oder spitz-tangential

G62/G63	I/IA	J/JA			
G61	AS	D	AT0/180		
G62/G63	R	AS/AT			
G61	XA	YA	AT0/180		
G62/G63	I/IA/J/JA	AS/AT			
G61	XA/YA	D	AT0/180		
G62/G63	R	I/IA/J/JA			
G61	XA/YA	AS	AT0/180		
G62/G63	R				
G61	XA	YA	AS	AT0/180	
G62/G63					
G61	XA	YA	D	AS	AT0/180

Kreisbogen - Kreisbogen tangential oder spitz-tangential

G62/G63	I/IA	J/JA				
G62/G63	XA	YA	R		AT0/180	
G62/G63	R	AS/AT				
G62/G63	XA/YA	R	AE/AP		AT0/180	
G62/G63	I/IA/J/JA	AS/AT				
G62/G63	XA/YA	R	AE/AP		AT0/180	
G62/G63	I/IA/J/JA	R				
G62/G63	IA	JA	AE/AP		AT0/180	
G62/G63	R	AS/AT				
G62/G63	IA/JA	R	AO		AT0/180	
G62/G63	R	I/IA/J/JA				
G62/G63	XA/YA	IA	JA		AT0/180	
G62/G63	R					
G62/G63	IA	JA	R	AO	AT0/180	
G62/G63						
G62/G63	XA	YA	R	AE/AP	AS	AT0/180
G62/G63						
G62/G63	IA	JA	R	AE/AP	AO	AT0/180

KM4 Vier-Punkte-Konturzüge für verschiedene Element-/Adresskombinationen

Strecke - Strecke - Strecke

G61	AS/AT				
G61	D	AS/AT			
G61	XA/YA	D	AS/AT		
G61	AS/AT				
G61	D				
G61	XA	YA	AS	D	

Strecke - Kreisbogen - Strecke

G61	AS/AT				
G62/G63	R	AS/AT	AE/AP		
G61	XA/YA	D	AS/AT		

Strecke - Kreisbogen - Kreisbogen

G61	XI/XA/YI/YA				
G62/G63	AS	R			
G62/G63	IA	JA	R	AE/AP	AO

Kreisbogen - Strecke - Strecke

G62/G63	AS/AT	R			
G61	D	AS			
G61	XA/YA	D	AS		

Vier-Punkte-Konturzüge mit tangentialen oder spitz-tangentialen Übergängen

Strecke - Strecke - Kreisbogen tangential

G61	AS/AT					
G61	AS/AT					
G62/G63	XA	YA	IA	JA		AT0/180
G61	AS/AT					
G61	AS/AT					
G62/G63	IA	JA	R	AE/AP		AT0/180

Kreisbogen - Strecke - Kreisbogen tangential

G62/G63	I/IA	J/JA				
G61	AS					
G62/G63	XA/YA	IA	JA	R		AT0/180
G62/G63	I/IA	J/JA				
G61						
G62/G63	XA/YA	IA	JA	R	AS	AT0/180

Strecke - Kreisbogen tangential - Strecke tangential

G61	AS/AT					
G62/G63	R	AT0/180				
G61	XA	YA	AS			AT0/180

Strecke - Kreisbogen tangential - Kreisbogen tangential

G61	AS/AT					
G62/G63	R	AT0/180				
G62/G63	XA/YA	IA	JA	R		AT0/180
G61	AS/AT					
G62/G63	R	AT0/180				
G62/G63	XA	YA	IA/JA	AE/AP		AT0/180

Kreisbogen - Strecke tangential - Kreisbogen tangential

G62/G63	R	AS/AT				
G61	AT0/180					
G62/G63	XA	YA	IA	JA		AT0/180
G62/G63	I/IA/J/JA	AS/AT				
G61	AT0/180					
G62/G63	XA	IA	JA	R		AT0/180

Kreisbogen - Kreisbogen tangential- Strecke tangential

G62/G63	I/IA	J/JA				
G62/G63	R	AT0/180				
G61	XA	YA	AS			AT0/180

Kreisbogen - Kreisbogen tangential - Kreisbogen tangential

G62/G63	I/IA/J/JA	AS/AT				
G62/G63	R	AT0/180				
G62/G63	XA/YA	IA	JA	R		AT0/180
G62/G63	I/IA/J/JA	R				
G62/G63	R	AT0/180				
G62/G63	XA	YA	IA/JA	AE/AP		AT0/180

KM5 Fünf-Punkte-Konturzüge für versch. Element-/Adresskombinationen

Strecke - Strecke - Strecke – Strecke

G61					
G61	D	AS			
G61	D	AS			
G61	XA	YA	D	AS	

Strecke - Kreisbogen - Kreisbogen – Kreisbogen

G61					
G62/G63	AS	R	AE/AP		
G62/G63	AS	R	AE/AP		
G62/G63	IA	JA	R	AS	AE/AP

Fünf-Punkte-Konturzüge mit tangentialen Übergängen

Strecke - Strecke - Kreisbogen tangential - Strecke tangential

G61	AS/AT				
G61	AS/AT				
G62/G63	IA	JA	AT0/180		
G61	XA	YA	AS	AT0/180	

Strecke - Kreisbogen tangential - Kreisbogen tangential - Strecke tangential

G61	AS/AT				
G62/G63	R	AT0/180			
G62/G63	IA	JA	AT0/180		
G61	XA	YA	AS	AT0/180	

G61	AS/AT				
G62/G63	IA	JA	AT0/180		
G62/G63	R	AT0/180			
G61	XA	YA	AS	AT0/180	

Strecke - Kreisbogen tangential - Kreisbogen tangential - Kreisbogen tangential

G61	AS/AT				
G62/G63	R	AT0/180			
G62/G63	IA	JA	AT0/180		
G62/G63	IA	JA	R	AE/AP	AT0/180

Kreisbogen - Strecke tangential - Kreisbogen tangential - Kreisbogen tangential

G62/G63	R	AS/AT			
G61	AT0/180				
G62/G63	IA	JA	AT0/180		
G62/G63	XA	YA	IA	JA	AT0/180

Kreisbogen - Kreisbogen tangential - Kreisbogen tangential - Kreisbogen tangential

G62/G63	I/IA/J/JA AS/AT				
G62/G63	R	AT0/180			
G62/G63	IA	JA	AT0/180		
G62/G63	XA	YA	R	AE/AP	AT0/180

KMO Offene Konturzüge für verschiedene Element-/Adresskombinationen

Strecke

G61 AS/AT

Kreisbogen

G62/G63 I/IA J/JA

Offene 3-Punkte-Konturzüge

G61	XI/XA/YI/YA		
G62/G63	IA	JA	R
G61	AS		
G62/G63	IA	JA	R
G62/G63	I/IA	J/JA	
G62/G63	IA	JA	R
G62/G63	I/IA/J/JA R		
G62/G63	IA	JA	R

Offene 3-Punkte-Konturzüge – tangential

G61	AS/AT		
G62/G63	IA/JA	R	AT0/180
G61			
G62/G63	IA	JA	R AT0/180
G62/G63	I/IA	J/JA	
G61	AS	AT0/180	
G62/G63	I/IA/J/JA R		
G62/G63	IA	JA	AT0/180
G62/G63	R		
G62/G63	IA	JA	R AT0/180

Offene 4-Punkte-Konturzüge - tangential

G61	AS/AT		
G61	AS/AT		
G62/G63	IA	JA	R AT0/180
G61	AS/AT		
G62/G63	R	AT0/180	
G62/G63	IA	JA	R AT0/180
G62/G63	I/IA	J/JA	
G61	AT0/180		
G62/G63	IA	JA	R AT0/180
G62/G63	I/IA	J/JA	
G62/G63	R	AT0/180	
G62/G63	IA	JA	R AT0/180

Anhang VI PAL2007-CNC-Fräsmaschinenkonfiguration

Vertikales Fräsbearbeitungszentrum mit PAL2007-CNC-Steuerung

Maschinendatenkonfiguration: Verfahrachsen X, Y, Z in der Werkzeugspindel

Maschinennullpunkt auf Maschinentisch/Rundtischoberfläche mit T-Nuten der Norm **T-Nut-A14H8** :

Verfahrbereiche in Maschinenkoordinaten:

X	0	-	800 mm
Y	0	-	600 mm
Z	100	-	900 mm

Maschinentischüberstand 100 mm bei dreiachsiger Maschine: X (-100 - 900), Y (-100 - 700)

Schwenkrundtisch in der Ausführung **AC** oder **BC** (wobei auch schräggestellte Schwenkachsen (DMG) zulässig sind) mit den **Verfahrbereichen**:

Schwenkachse: Schwenkbereich	-120	≤	A oder B	≤	120 Grad
Drehachse des Rundtisches	0	≤	C	≤	360 Grad
Rundtischdurchmesser	600 mm				

Alternativ können die beiden Dreh/Schwenkachsen in der Maschinenkinematik auch im Spindelkopf oder aufgeteilt zwischen Spindelkopf und Maschinentisch eingebaut werden. Generell sind auch schräggestellte Schwenkachsen A, B im Maschinentisch oder Spindelkopf erlaubt (s. z.B. DMU70 Monoblock).

Geschwindigkeiten:

Eilganggeschwindigkeit	40 m/min
Vorschubgeschwindigkeit maximal	10 m/min
Drehgeschwindigkeit Schwenkachse	30 Umdrehungen/min
Drehgeschwindigkeit Rundtisch	40 Umdrehungen/min

Werkzeugspindel:

Werkzeugspindeldrehzahl stufenlos bis	12000 U/min
Werkzeugaufnahme	SK40
Antriebsleistung	20 kW

Werkzeugsystem:

Pick-up-Wechsler oder Dreharmwechsler (Programmierung mit M6)	
Scheibenspeicher mit minimal 40 Werkzeugplätzen	
Werkzeugwechsellpunkt	X000, Y600, Z900

Werkstückspannung: (siehe Spannmittelverwaltung AnhangII)

Schraubstöcke, Spannplatten
Backenfutter für vertikal ausgerichtete Rohteilzylinder
Modulares Spannbaukastensystem

Kratzbandförderer und Spänespülsystem

Textuelle Erläuterungen in einer Einrichtblattzeile (beginnend mit einem fettgedruckten Schlüsselbegriff) der nachstehenden Einrichtblattsyntax sind in runden Klammern angegeben.

; Werkstück		(Jedes Werkstück hat einen Werkstückbezugspunkt, der bei Standardrohteilen im Zentrum liegt)
; Quader:	QXxx.xx QYxx.xx QZxx.xx	(maschinenachsparelle Werkstückquadermaße)
oder		
; Zylinder/Rohr:	Lxx.xx DAxx.xx DIxx.xx	(Zylinder der Höhe L in Z, dem Durchmesser DA und dem optionalen Innendurchmesser DI (Zylinder ausgerichtet in Z-Richtung))
oder		
; N-Kant:	Ni Lxx.xx DSxx.xx DIxx.xx	(i=3/4/6/8-Kant mit Höhe L in Z, der Schlüsselweite DS und optionalem Innendurchmesser DI und Ausrichtung analog zum Zylinder)
oder		
; Vorgefertigtes Teil:	"Dateiname"	(z.B. Fertigteil aus einem anderen NC-Programm in einem software-spezifischen internen Format, z.B. STL)
; Werkstückausrichtung:	[APx.xx] [BPx.x] [CPx.x]	(Das Werkstück wird im Werkstückbezugspunkt mit AP, BP, CP um die Maschinenachsrichtungen A, B und C in dieser Reihenfolge gedreht. Winkel-Voreinstellungswert ist null für alle Drehachsen. Die Werkstückausrichtung findet beim Spannen vorgefertigter Werkstücke Anwendung.)
; Referenzwerkstück:	"Dateiname"	(Musterlösung als Referenz- und Vergleichswerkstück)
; Werkstoff:	"Werkstoffbezeichnung aus der PAL-Werkstoffdatei"	
; Werkstück-Einspannung		
; Werkstückposition:	[XMTx.x] [YMTx.x] [ZMTx.x]	(XMT, YMT gibt die Position des Werkstückbezugspunktes in X,Y bezogen auf ein in das Zentrum der Maschinentischfläche (Maschinentischmittelpunkt) verschobenes Maschinenkoordinatensystem an. ZMT legt den Abstand des Werkstückes vom Maschinentisch fest. Vorgabewerte XMT0, YMT0, ZMT0, ZMT <0 nicht zugelassen Der Werkstückbezugspunkt in X,Y ist das Zentrum der Werkstück-Projektionsfläche in Z-Richtung auf den Maschinentisch und sein Z-Wert die kleinere Werkstück-Z-Koordinate in diesem Punkt oder bei vorgefertigten Teilen ein ausgezeichneter Werkstückbezugspunkt.)

Bemerkung zur Werkstückposition: Mit XMT0 und YMT0 liegt das Werkstück somit zentrisch auf dem Maschinentisch. Die 3. Koordinate ZMT gibt den Werkstückabstand vom Maschinentisch (i.a. die absolute Höhe des Werkstückbodens über dem Maschinentisch) an: Die **Spannmittel werden bezüglich dieser Werkstückposition positioniert**, so dass diese Werkstückposition für jedes Spannmittel erhalten bleibt. Dies führt bei zu großem ZMT-Wert zu über dem Maschinentisch schwebenden Spannmitteln und bei zu kleinem ZMT-Wert zu in den Maschinentisch eingelassenen Spannmitteln. Weiter werden auch die **Einstellbaren Nullpunktregister** im Einrichtblatt bezüglich dieser **Werkstückposition** angegeben. Ein Einrichtdialog oder eine CAM-Schnittstelle berechnet die im Einrichtblatt verwendeten Einspanndaten.

Die für den Maschinentisch mit der Spannmittelnorm **T-Nut-A14H8** auswählbaren Spannmitteltypen sowie die Spannmittelaufsatznormen mit den jeweiligen Spannmittelaufsatztypen und den Identnummern sind in der Fräs-Spannmittelverwaltung (s. Anlage VII) angegeben:

Schraubstöcke

Dreibacken-Kraftspannfutter (auf Maschinentisch parallel zur C-Achse oder A-Achse bei Teilapparat)

Vierbacken-Kraftspannfutter (auf Maschinentisch parallel zur C-Achse oder A-Achse bei Teilapparat)

Magnetplatten/Vakuumpplatten

Modulares Spannsystem (aus einzelnen Spannelementen)

Das Backenfutter ist bei N-Kanten als passendes Drei- oder Vierbackenfutter zu wählen.

- ; **Spannmittel:** **“(Spannmittelnorm=) T-Nut-A14H8 \ Spannmitteltyp \ Spannmittel-Identnummer“**
- ; **Spannmittelaufsatz:** **“Aufsatznorm \ Aufsatztyp \ Identnummer“** (Schraubstock-, Futter-Backen, Spannkomponten passend zu Spannmitteltyp und Spannmittel-Identnummer)
- ; **Spannmittelvorsatz:** **[“Vorsatznorm \ Vorsatztyp \ Identnummer“]** (nur bei außenstufigen Standard-Hochdruckspanner-Aufsatzbacken)

Mit den Zusatzinformationen

- ; **Spannmittel-Ausrichtung:** **[(X+/X-/Y+/Y-)/ARxx.xx]** (Schraubstockkörper mit hinterer Backe oder einer Futterbacke in Richtung X+, X-, Y+, Y-, Voreinstellung Y+. Alternativ Drehung des Spannmittels um den Winkel AR um die Z-Achse, wobei AR0 der Ausrichtung X+ entspricht. Der alternative Spannmitteldrehwinkel AR muss an die Werkstückausrichtung AP, BP, CP und die Werkstückform angepasst sein.)
- ; **Schraubstock-Verschiebung:** **[Vxx.xx]** (Verschiebung des Werkstücks zwischen den angelegten Schraubstockbacken in der freien Richtung (V+ in Richtung X+ in Schraubstocknormalstellung Y+ und dann gedreht entsprechend der Spannmittel-Ausrichtung) - durch die feste Werkstückposition (siehe oben) kommt dies einer Verschiebung des Schraubstockes mit dem Achsvorzeichen der gewählten Verschiebungsrichtung gleich, Voreinstellung V0.0)
- ; **Spannungsart:** **[Außenspannung außenstufige Backen/ Außenspannung innenstufige Backen/ Innenspannung außenstufige Backen/ Innenspannung innenstufige Backen]** oder (Voreinstellung) oder oder (Bei Schraubstöcken kann ein Stufenbacken außen- oder innenstufig aufgesetzt werden.)
- ; **Weiche Futterbacken:** **SpDxx.xx AdPxx.xx** (Backenfestlegung nur bei weichen Backen notwendig: Spanndurchmesser SpD kann bei Zylinder, Rohr oder N-Kant entfallen. Ausdrehposition AdP in Backenmitte als prozentuale Angabe zwischen 5% und 95% der Backengesamthöhe bis zu der die weichen Futterbacken bei Rohr oder Zylinder ausgedreht sind)
- ; **Einspanntiefe:** **ETxx.xx** (Einspanntiefe des Werkstückes im Schraubstock oder Futter – Bei einer Zylinderspannung mit horizontalen Prismenbacken entfällt die Eingabe der Einspanntiefe)
- ; **Parallelunterlagen:** **[PUBx.x DPUVx.x DPUHx.x]** (Die Parallelunterlagen der Dicke PUB in Backenöffnungsrichtung werden über die volle Backenbreite des Schraubstockes an den vorderen Backen mit dem Abstand DPUV zum Backen und an den hinteren Backen mit dem Abstand DPUH parallel zu den Backen unterlegt. Die Höhe der Parallelunterlagen ergibt sich aus der Differenz von Backenhöhe und Einspanntiefe. Die Voreinstellung für DPUV und DPUH ist jeweils null, d.h. anliegende Parallelunterlagen.)

oder

(Magnet- oder Vakuum-Plattenspannsystem oder Modulares Spannsystem)

; Spannelement: Xx.x Yx.x Zx.x XPx.x YPx.x ZPx.x [APx.x] [BPx.x] [CPx.x]

oder

; Spannelement: "T-Nut-A14H8 \ ModulS \ Identnummer" XPx.x YPx.x ZPx.x [APx.x] [BPx.x] [CPx.x]
 (Spannelementquader der Größe X,Y,Z oder die alternative Identnummer eines 3D-Spannelementes gefolgt von der Position XP, YP, ZP des Spannelementsetzpunktes bezüglich der Werkstückposition. Das Spannelement wird davor optional in seinem Setzpunkt in den Maschinenachsrichtungen X, Y, Z um die Winkel AP, BP, CP in dieser Reihenfolge gedreht. Voreinstellung AP0, BP0, CP0. Setzpunkt eines Spannelementquaders ist das Zentrum des ungedrehten Spannelementbodens. Mehrfacheingaben von Spannelementen sind zulässig)

Optionale Angabe für alle Spannmittel:

; Unterlegplatte: [UPXxx.xx UPYxx.xx UPZxx.xx XPxx.xx YPxx.xx ZPxx.xx]
 (Unterlegplatte der Größe UPX x UPY x UPZ mit dem Zentrum der Bodenfläche in der Position XP, YP, ZP bezüglich der Werkstückposition)

; Werkzeugsystem

Mit dem Einrichtblattbefehl Werkzeugsatz wird eine Standardbelegung des Werkzeugmagazins mit einer Korrekturwertregisterbelegung aktiviert. Die Werkzeuge und Korrekturwerte eines Standard-Werkzeugsatzes werden durch die im Abschnitt Werkzeuge bzw. Werkzeugkorrekturwerte gemachten Eingaben überschrieben.

; Werkzeugsatz: "NC-Programmnamen" / leer (eines NC-Programmes des gleichen Maschinentyps mit den Werkzeugen und Korrekturwerten des Standard-Werkzeugsatzes im Einrichtblatt / oder entfernen aller Werkzeuge mit leer)

; Werkzeugliste

Die Angabe der Werkzeuge erfolgt im Einrichtblatt T-nummernspezifisch unter Angabe der Werkzeug-Aufnahmenorm, des Werkzeugtyps und der Werkzeug-Identnummer (Werkzeugname).

; Ti: "Werkzeughalternorm = SK40 \ Werkzeugtyp \ Werkzeug-Identnummer" [Laxx.xx] (Die optionale Spannlänge La verändert die im Werkzeug voreingestellte Spannlänge, um ein optimales Werkzeug für die Bearbeitung zu erhalten. Der Längenkorrekturwert wird dabei automatisch angepasst.

Man beachte bei den Werkzeugkorrekturwerten: Bei Werkzeugen mit angegebener Spannlänge La werden prinzipiell die zu La passenden richtigen Korrekturwerte aus der Werkzeugverwaltung verwendet (die im Einrichtblatt stehenden Korrekturwerte (siehe unten) werden ignoriert).

Die PAL-Fräsmaschinen haben die Werkzeughalternorm SK40. Die Werkzeugtypen und die Identnummern sind in der PAL-Fräs-Werkzeugverwaltung (s. Anhang VI) beschrieben und angegeben.

Eine nicht im Einrichtblatt vorhandene T-Nummer lässt die Belegung dieses Werkzeugmagazinplatzes bezüglich der vorhergehenden Werkzeugbelegung unverändert. Die Zuweisung Ti: leer erzeugt eine Magazinposition Ti ohne Werkzeug.

Anhang VI Selbsthaltefunktionen und Vorbelegung der Adressen

Für die Koordinaten ist die Selbsthaltefunktion bei der erweiterten Geometrie-Programmierung mit G1, G2 und G3 nur eingeschränkt gültig. Insbesondere ist die Programmierung eines Kreisbogens mit Mittelpunkt und nur einer Endpunktadresse möglich.

Bei Strecken und Kreisbögen wird die Selbsthaltefunktion der Ebenenkoordinaten nur dann herangezogen, wenn das Konturelement Strecke oder Kreisbogen durch die programmierten Adressen noch nicht vollständig bestimmt (d.h. berechenbar) ist.

Der selbsthaltende Wert **einer** Ebenenkoordinate wird als fehlende Geometrieadresse bei Strecken oder Kreisbögen zur Berechnung herangezogen, wenn die andere Ebenenkoordinate im NC-Satz programmiert wurde.

Ist ein Konturelement (Strecke oder Kreisbogen) durch die programmierten Adressen noch nicht bestimmt, ohne dass die Adresse einer Ebenenkoordinate programmiert wurde, so wird die Selbsthaltefunktion nur in **beiden** Ebenenkoordinaten gleichzeitig verwendet. Beim Kreisbogen mit Mittelpunktsprogrammierung wird dann ein Vollkreis abgefahren, beim Kreisbogen mit Radius und bei der Strecke entsteht eine Nullbewegung. Die Programmierung von G1 D oder G2/3 AO mit positivem D- bzw. AO-Adresswert wird als Fehler gemeldet.

Vorbelegung einer Kreismittelpunktskoordinate:

Die Adressen I, J, K der inkrementellen Kreisbogenmittelpunkte oder der Pole erhalten – wenn die Programmierung erlaubt ist und die entsprechende absolute Adresse nicht programmiert wurde. - die Vorbelegung durch Null.

Die Werte der programmierten Adressen

F, E, S, SK

bleiben selbsthaltend bestehen, bis sie erneut gesetzt werden.

Anhang VII Geometrieprogrammierung

Die Winkel und Längenangaben beziehen sich sämtlich auf den Bewegungsanteil in der Bearbeitungsebene. Bei 3D-Bewegungen in allen drei Geometrieachsen wird folglich nur die Projektion des Verfahrensweges in die Bearbeitungsebene bei den Winkeln und Längen berücksichtigt (d. h. eine Bewegung in der Zustellachse wird in der Berechnung bei Strecken und bei Kreisbögen ignoriert).

Bei Fasen und Verrundungen in 3D-Bewegungen wird wie folgt verfahren:

Sind zwei programmierte Konturelemente durch eine Verrundung oder Fase miteinander verbunden, so wird eine programmierte Zustellung des ersten Konturelementes bereits auf dem Anfangspunkt der Verrundung oder Fase erreicht und die Verrundung oder Fase mit konstanter Zustellung abgefahren. Eine Zustellbewegung des zweiten Konturelementes beginnt am Endpunkt der Verrundung oder Fase

Kreisbogenprogrammierung mit G2 / G3 und Konturzugprogrammierung mit G62 / G63

Die Erweiterung der Kreisbogenprogrammierung mit G2, G3 auf die von der DIN 66025 auch zugelassenen Geometrieadressen

R	Kreisradius
AO	Öffnungswinkel

mit einer automatischen Endpunkt- oder Mittelpunktberechnung bei der Programmierung von nur drei Geometrieadressen muss eine Lösungsauswahl für den Kreisbogen zulassen. Diese Lösungsauswahl ist insbesondere Konturzügen erforderlich, da es z.B. bei drei beliebigen Geometrieadressen schon keine, eine, zwei, drei oder vier Kreisbogenlösungen geben kann.

Diese Auswahl kann mit den beiden Auswahlsteueradressen

O	Bogenlängenkriterium
H	Startwinkelkriterium

getroffen werden.

Beim **Bogenlängenkriterium** wählt man unter zwei möglichen Lösungen den Kreisbogen mit der kleineren oder größeren Bogenlänge aus.

Das Bogenlängenkriterium kann auf zwei Arten programmiert werden

Als Vorzeichen des Kreisradius R

R+	Auswahl des kürzeren Kreisbogens
R-	Auswahl des längeren Kreisbogens

Mit der Steueradresse O

O1:	Auswahl des kürzeren Kreisbogens (Voreinstellung)
O2:	Auswahl des längeren Kreisbogens

Wird R programmiert, so hat dies eine höhere Priorität als die Programmierung von O.

Dieses Bogenlängenkriterium ist ausreichend, wenn es zwei Lösungen mit unterschiedlicher Bogenlänge gibt. Haben die zwei Lösungskreisbögen die gleiche Länge, so können sie wegen der mit G2 oder G3 vorgegebenen Kreisorientierung keinen gemeinsamen Kreismittelpunkt haben. Die Auswahl des zugehörigen Kreises mit seinem Mittelpunkt erfolgt dann mit dem Startwinkelkriterium im Startpunkt des Kreisbogens.

Das **Winkelkriterium** verwendet den Winkel des parallel zur Kreistangente im Startpunkt liegenden Strahls in Bewegungsrichtung zur positiven ersten Ebenenachse (G17:X). Das Kriterium wählt entweder den Kreis mit dem kleineren oder größeren Startwinkel aus.

Das Startwinkelkriterium wird mit der Steueradresse H programmiert:

H1 :	Auswahl des kleineren Startwinkels (Voreinstellung)
H2 :	Auswahl des größeren Startwinkels.

Haben bei zwei Kreisbogenlösungen diese einen gemeinsamen Mittelpunkt, so bleibt das Startwinkelkriterium ohne Auswahlfunktion.

Das Bogenlängenkriterium hat **Vorrang** vor dem Winkelkriterium:

Im Fall einer eindeutigen Lösung für den Kreisbogen sind die Auswahladressen H, O oder das Vorzeichen von R bedeutungslos und werden ignoriert.

Kompatibilitätsbedingung bei G2 und G3

Die Anwendung dieser Auswahlkriterien kann in G2 oder G3 bei der Programmierung mit dem Öffnungswinkel oder den 4 Geometrieadressen des Kreismittelpunkts und der beiden Endpunktadressen entfallen. Die Programmierung der letzten vier Geometrieadressen schränkt wegen der Überbestimmtheit im allgemeinen die Lösungsvielfalt auf eine oder keine Lösung ein (Kreisformfehler bei der Mittel- und Endpunkteingabe G2/G3 X Y I K der „klassischen“ überbestimmten Kreisbogenprogrammierung).

Linearbewegung mit G1

Die Programmierung einer Strecke mit G1 wird um die Geometrieadressen

AS Winkel zur positiven ersten Geometrieachse

D Länge der Strecke

erweitert.

Entsprechend ist eine Strecke durch die Programmierung von zwei beliebigen Geometrieadressen (bis auf Sonderfälle bei ebenenachsp parallelen Richtungen) berechenbar. Bei der Längenprogrammierung mit der Adresse D und einer Geometrieadresse erfolgt die Lösungsauswahl mit dem Winkelkriterium angewandt auf die Richtung der Strecke.

Verrundungen und Fasen als Übergangselemente zwischen zwei Konturelementen

Beim Einfügen einer Verrundung oder Fase wird geprüft, ob diese sich überhaupt einsetzen lässt.

Beim Fasen von Kreisbögen wird die Sekantenlänge des abgeschnittenen Kreisbogenstückes für die Berechnung zugrunde gelegt.

Bei der Berechnung des Übergangselementes Fase oder Verrundung zwischen zwei Konturelementen wird dieses zunächst ohne Berücksichtigung von möglichen Bewegungen in der Zustellachse nur in der Bearbeitungsebene berechnet (Projektion der Bewegung in die Bearbeitungsebene). Bei der Berechnung der symmetrischen Fase wird bei Kreisbögen die Länge des abgeschnittenen Bogenstückes zur Bestimmung verwendet.

Bei Bewegungen in der Zustellachse bei einem oder beiden Konturelementen werden dann die Zustellachswerte in den Übergangselement-Endpunkten berechnet und diese dem Übergangselement zugeordnet. Auf diese Weise entsteht bei Fasen eine 3D-Bewegung in allen drei Achsen und bei Verrundungen eine 3D-Helixbewegung.

Anhang VIII Programmstruktur für Prüfungsaufgaben

Drehen & Fräsen allgemein	Die als Einschaltzustand definierten Setzungen werden im Programmkopf nicht programmiert.		
Fräsen	1. Satz	G54	Nullpunktregisterwerte aus dem Einrichtblatt
		1. Bearbeitung	
	2. Satz	T F S M [M TC TR TL] [G96, G94][G18/G19] : Technologie	
	3. Satz	(G0 X Y Z)/(G45/47 Z) [M7/8] : Startpunkt in allen Achsen bei Konturprogrammierung anfahren oder Konturanfahrbedingung	
	4. Satz	Beginn der Konturprogrammierung, Unterprogrammaufruf oder Wiederholung	
	N. Satz	(G0 Z)/(G46/48 Z) [M9] : Abschluß mit Freifahren oder Konturabfahrbedingung	
		oder	
	3. Satz	Zyklusdefinition	
	4. Satz	Zyklusaufruf	
		2. Bearbeitung	
	(N+1). Satz	T F S M [M TC TR TL] [G96/97, G94/95][G17/G18/G19] : Technologie	
		usw. (Kontur- oder Zyklusprogrammierung – wie vorstehend)	
	Vorletzter Satz	G0 X Y Z [M9] : Freifahren des Werkzeuges	
	Letzter Satz	T0 [M6] M30 : Werkzeug aus Werkzeugspindel entfernen	
Drehen	1. Satz	G54	Nullpunktregisterwerte aus dem Einrichtblatt
	2. Satz	G92 Sxxx	Drehzahlbegrenzung
		1. Bearbeitung	
	3. Satz	G14	Werkzeugwechsellpunkt anfahren
	4. Satz	T F S M [M TC TR TZ TX] [G97, G94][G17/G19] : Technologie	
	5. Satz	G0 Z X [M7/8]	Bearbeitungs-Startpunkt anfahren, Kühlmittelschaltung
	6. Satz	Zyklusaufruf oder Beginn der Konturprogrammierung, Unterprogrammaufruf oder Programmteiwiederholung	
	N. Satz	Freifahren	
		2. Bearbeitung	
	(N+1). Satz	G14 [M9]	Werkzeugwechsellpunkt anfahren
		T F S M [M TC TR TL] [G96/97, G94/95][G17/18/G19] : Technologie	
		G0 Z X [M7/8]	Bearbeitungs-Startpunkt anfahren, Kühlmittelschaltung
		usw. (Kontur- oder Zyklusprogrammierung – wie vorstehend)	
	Letzter Satz	G14 [M9] M30	