



Deutsches
Forschungszentrum
für Künstliche
Intelligenz GmbH

Document
D-91-16

**Wiederholungs-, Varianten- und
Neuplanung bei der Fertigung
rotationssymmetrischer Drehteile**

Jörg Thoben, Franz Schmalhofer, Thomas Reinartz

Dezember 1991

**Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
GmbH**

Postfach 20 80

Stuhlsatzenhausweg 3

D-6750 Kaiserslautern
Tel.: (+49 631) 205-3211/13
Fax: (+49 631) 205-3210

D-6600 Saarbrücken 11
Tel.: (+49 681) 302-5252
Fax: (+49 681) 302-5341

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz

The German Research Center for Artificial Intelligence (Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, DFKI) with sites in Kaiserslautern and Saarbrücken is a non-profit organization which was founded in 1988. The shareholder companies are Atlas Elektronik, Daimler Benz, Fraunhofer Gesellschaft, GMD, IBM, Insiders, Mannesmann-Kienzle, Philips, SEMA Group Systems, Siemens and Siemens-Nixdorf. Research projects conducted at the DFKI are funded by the German Ministry for Research and Technology, by the shareholder companies, or by other industrial contracts.

The DFKI conducts application-oriented basic research in the field of artificial intelligence and other related subfields of computer science. The overall goal is to construct *systems with technical knowledge and common sense* which - by using AI methods - implement a problem solution for a selected application area. Currently, there are the following research areas at the DFKI:

- Intelligent Engineering Systems
- Intelligent User Interfaces
- Intelligent Communication Networks
- Intelligent Cooperative Systems.

The DFKI strives at making its research results available to the scientific community. There exist many contacts to domestic and foreign research institutions, both in academy and industry. The DFKI hosts technology transfer workshops for shareholders and other interested groups in order to inform about the current state of research.

From its beginning, the DFKI has provided an attractive working environment for AI researchers from Germany and from all over the world. The goal is to have a staff of about 100 researchers at the end of the building-up phase.

Prof. Dr. Gerhard Barth
Director

Wiederholungs-, Varianten- und Neuplanung bei der Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile

Jörg Thoben, Franz Schmalhofer, Thomas Reinartz

DFKI-D-91-16

Wiederholungs-, Varianten- und Neuplanung bei der Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile

Jörg Thoben
Franz Schmalhofer
Thomas Reinartz

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
Erwin-Schrödinger-Str.
D-6750 Kaiserslautern

e-mail: schmalho@informatik.uni-kl.de

Zusammenfassung Diese Arbeit beschreibt eine empirische Studie zum Planungsverhalten menschlicher Experten bei der Fertigungsplanung im Maschinenbau. Im Rahmen der Studie wurden zwei Teiluntersuchungen durchgeführt. In der ersten Untersuchung waren eine Reihe von Planungsaufgaben für die Herstellung eines Werkstückes (definiert durch die Geometrie und den Werkstoff) in einer bestimmten Werkstatt (Drehmaschine) zu bearbeiten. Dabei wurden verschiedene Geometrien, Werkstoffe und Drehmaschinen einbezogen. Es wurde gezeigt, daß Experten bei der Fertigungsplanung zunächst eine erste Lösung auf einem abstrakteren Niveau, die als Planskelett (skeletal plan) bezeichnet wird, erarbeiten. Bei der Erstellung solcher wird auf bereits vorliegende Lösungen zurückgegriffen, die gegebenenfalls modifiziert werden. In einer zusammenfassenden Strukturierung der Variantenplanungen konnten verschiedene Vorgehensweisen bei der Übertragung vorhandener Planskette auf neue Fertigungsaufgaben unterschieden werden. In der zweiten Untersuchung war im Paarvergleich von Planungsaufgaben einzuschätzen, wie ähnlich deren resultierende Fertigungspläne sind. Dabei sollte Aufschluß darüber gewonnen werden, wie das Ähnlichkeitsurteil von den Faktoren Geometrie, Werkstoff und Drehmaschine abhängt.

1 Einleitung

Diese Arbeit beschreibt eine empirische Studie zum Planungsverhalten menschlicher Experten bei der Fertigungsplanung im Maschinenbau. Die Studie wurde im Rahmen des ARC-TEC-Projektes [Richter, Boley, Wetter, & Warnecke, 1989] durchgeführt.

In diesem Projekt werden grundsätzliche Lösungen zu Fragen der Akquisition, Repräsentation und Kompilation von technischem Wissen für die Entwicklung von Expertensystemen erarbeitet. Die Anwendungsdomäne des Projektes ist der Maschinenbau. Als repräsentativer Anwendungsbereich wurde die Fertigungsplanung bei der Herstellung rotationssymmetrischer Drehteile auf CNC-Maschinen ausgewählt. Die ARC-TEC Shell wird durch modellbasiertes Knowledge-Engineering mit Hilfe der KADS-Methodologie entwickelt.

Ausgangspunkt der Studie ist das in dem Projekt erarbeitete „Modell der Expertise“ der Fertigungsplanung [Kühn, Schmalhofer, & Schmidt, 1990].

In der Studie soll weiterer Aufschluß darüber gewonnen werden, wie Experten bereits existierende Lösungen für Fertigungsaufgaben bei der Bearbeitung neuer Fälle einsetzen.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung	1
	1.1 Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile	2
	1.2 Modell der Expertise der Fertigungsplanung	2
2	Wiederholungs-, Varianten- und Neuplanung	3
3	Untersuchung eins	5
4	Untersuchung zwei	21
5	Zusammenfassung	24
	Literatur	25
	Anhang A	26
	Anhang B	28
	Anhang C	34
	Anhang D	41

Die Untersuchung soll auch darüber Information liefern, wie in der Industrie vorliegende, hochwertige Fertigungspläne für andere Kontexte nutzbar gemacht werden können.

1.1 Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile

Rotationssymmetrische Drehteile (im folgenden auch als *Werkstücke* bezeichnet) werden auf CNC-Drehmaschinen gefertigt. Das Werkstück ist spezifiziert durch geometrische Angaben über die Zielkontur in Form einer CAD-Zeichnung und technologische Angaben, die z.B. den Werkstoff und die Oberfläche betreffen.

Bei der Fertigung wird zunächst ein *Rohling* in der Drehmaschine mit Hilfe einer *Aufspannung* fixiert. Aufspannung und Rohling werden dann in eine Drehbewegung versetzt, wobei die Längsachse des Rohlings mit dem Zentrum der Rotationsbewegung zusammenfällt. Die Aufspannung ist dabei charakterisiert durch die verwendeten Spannmittel, die ausgeübte Spannkraft und die Orientierung des Werkstückes. Bei einer Fertigung kann es durchaus erforderlich sein, verschiedene Aufspannungen nacheinander zu wählen.

Die Bearbeitung des Rohlings erfolgt durch ein schrittweises Abtragen von Material, bis die gewünschte Zielkontur erreicht wird. Die einzelnen Schritte werden als *Schnitte* bezeichnet. Jeder Schnitt ist festgelegt durch das verwendete (Schneid-) Werkzeug einschließlich des Schneidkörpers (die Werkzeuge werden als *Meißel* bezeichnet), den zu fahrenden Schnittpfad und die gewählten Schneidparameter (z.B. die Rotationsgeschwindigkeit des Werkstückes, die Tiefe des Schnittes und seine Geschwindigkeit, die auch als *Vorschub* bezeichnet wird). Das Resultat jeden Schnittes ist eine neue Kontur des Werkstückes.

Damit ein Werkstück automatisch auf der CNC-Maschine gefertigt werden kann, muß ein Fertigungsplan erstellt werden. Der Fertigungsplan setzt sich zusammen aus der Abfolge von Aufspannungen und Schnitten mit den notwendigen Festlegungen, sowie dem Abspannen des fertigen Werkstückes. Die Hauptaufgaben bei der Fertigungsplanung umfassen somit die Festlegung der Aufspannung(en), die Schnittaufteilung und die Werkzeugauswahl.

1.2 Modell der Expertise der Fertigungsplanung

Für Planungsaufgaben bei der Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile wurde von Kühn, Schmalhofer und Schmidt (1990) ein konzeptuelles Modell [Breuker, & Wielinga, 1989] erstellt. Dieses beschreibt das Problemlöseverhalten bei der Fertigung und wird im folgenden auch als „Modell der Expertise“ bezeichnet. Es werden im Modell mehrere Wissensarten unterschieden, die in Ebenen (Domänen-, Inferenz-, Aufgaben- und Strategieebene) organisiert werden können.

Das „Modell der Expertise“ der Fertigungsplanung läßt sich wie folgt skizzieren: Bei der Bearbeitung einer Planungsaufgabe geht der Experte von der konkreten Beschreibung des Werkstückes (Geometrie und Werkstoff) und der Werkstatt (Drehmaschine und Werkzeuge) aus. Das herzustellende Werkstück wird einer Werkstückklasse zugeordnet. Ebenso wird eine abstrakte Spezifikation der Werkstatt erzeugt. Die abstrakten Beschreibungen des Werkstückes und der Werkstatt sind mit einem groben Fertigungsplan - der im folgenden als *Planskelett* (skeletal plan) bezeichnet wird - assoziiert. Das Planskelett wird dann unter Einbeziehung der konkreten Werkstück- und Werkstattdaten zu einem ausführbaren Fertigungsplan verfeinert. Kommt diese Verfeinerung zu keinem Ergebnis, wird ein neues Planskelett gewählt oder unter Umständen sogar eine neue abstrakte Beschreibung erzeugt.

Das „Modell der Expertise“ implementiert somit zusammengenommen eine Planskelettverfeinerungsstrategie [Schmalhofer, Kühn, & Schmidt, 1990]. Beim zur Planung benötigten Wissen lassen sich verschiedene Wissensarten unterscheiden: (1) Wissen zur Abstraktion der konkreten Werkstückbeschreibungen, (2) Wissen zur Abstraktion der konkreten Werkstattbeschreibungen, (3) Wissen zur Zuordnung von Planskeletten (bzw. einzelnen Schritten) zu den abstrakten Beschreibungen von Werkstück und Werkstatt und (4) Wissen zur Verfeinerung der Planskelette zu konkreten, ausführbaren Fertigungsplänen.

Die Akquisition des Expertenwissens kann fallorientiert gestaltet werden. Konkrete Fälle - d.h. Herstellung eines Werkstückes in einer bestimmten Werkstatt mit ausgearbeitetem Fertigungsplan - werden als Ausgangspunkt zur Identifizierung des relevanten, generischen Wissens benutzt.

Dies macht insbesondere dadurch Sinn, daß in der Industrie eine Vielzahl qualitativ hochwertiger Fertigungspläne vorliegen. Diese wurden von Planungsexperten erstellt und sind umfangreich getestet worden. Solche Fallsammlungen sind normalerweise in den Archiven der einzelnen Firmen verfügbar. Einzelne Fälle wurden jedoch auch veröffentlicht [SPK-Feldmühle Werkzeuge, 1988]. Deshalb ist es sinnvoll, diese hochwertigen Fertigungspläne derart aufzubereiten, daß sie in verschiedenen Kontexten einsetzbar werden. So können in mittelständischen Betrieben neue oder andere Maschinen und Werkzeuge zur Verfügung stehen oder ein Werkstück soll aus verändertem Material gefertigt werden.

2 Wiederholungs-, Varianten- und Neuplanung

In einer empirischen Studie wurde die Wiederholungs-, Varianten- und Neuplanung bei der Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile untersucht. Die Studie sollte vor allem Aufschluß darüber geben, welche Rolle Planskelette im Planungsprozeß spielen, wie Planskelette zu ausführbaren Fertigungsplänen verfeinert werden und wie von Experten bereits existierende Lösungen für Fertigungsaufgaben bei der Bearbeitung neuer Fälle eingesetzt werden.

Der Studie zugrunde gelegt wurde das bereits skizzierte „Modell der Expertise“ der Fertigungsplanung [Kühn, Schmalhofer, & Schmidt, 1990]. Dies ist deshalb sinnvoll, da das Modell durch psychologische Untersuchungen des Problemlöseverhaltens von Experten (systematische Befragungen und Prozeßanalysen von Laut-Denk Protokollen) entwickelt wurde [Schmidt, Legleitner & Schmalhofer, 1990] und somit - global gesehen - auch die Performanz der Experten widerspiegelt.

Jede Planungsaufgabe war definiert durch die zur Verfügung stehende Drehmaschine (Werkstattmodell), sowie durch die gewünschte Geometrie und den Werkstoff des Werkstückes (Werkstückmodell).

Es wurden drei Drehmaschinen betrachtet, die im folgenden mit d_1 , d_2 und d_3 bezeichnet werden. d_1 ist eine CNC-Drehmaschine, die in der Ausbildung eingesetzt wird. Die CNC-Drehmaschinen d_2 und d_3 werden in der Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile eingesetzt, wobei d_3 eine Hochleistungsdrehmaschine mit zwei Werkzeugrevolvern ist. Die Kenngrößen der drei Maschinen sind in Abbildung 1 aufgelistet. Es wurden fünf geometrische Formen ($g_1 \dots g_5$) betrachtet. Die Geometrie beschreibt die Merkmale der Kontur, sowie spezielle Konturelemente, wie z.B. Nuten oder Gewinde. Die einzelnen Geometrien wurden durch eine CAD-Zeichnung repräsentiert, in der zusätzlich die genauen Bemessungen und Toleranzen des Werkstückes spezifiziert sind. Die Geometrien g_1 , g_2 (Antriebswellen) und g_3 (Ritzelwelle) haben eine auf- und absteigende

	Bezeichnung	Geschwindigkeit	Leistung	Werkzeuge	Revolver	Stabilität
d_1	Emcoturn 140	2500 U/MIN	5,5 kW	4	1	instabil
d_2	Böhringer PNE 480	5000 U/MIN	70 kW	6	1	stabil
d_3	Böhringer XY	7000 U/MIN	90 kW	12	2	stabil

Abbildung 1: Kenngrößen der Drehmaschinen d_1 , d_2 und d_3

Kontur; die Geometrien g_4 und g_5 (Achswellen) haben eine monoton absteigende Kontur. Es treten unter anderem die Konturelemente Nut (breit und schmal), Zapfen und Gewinde auf. Die Abbildungen der einzelnen Geometrien finden sich in Anhang A. Es wurden vier Werkstoffe betrachtet: unlegierter Vergütungsstahl C45 (w_1), Gußeisen GG25 (w_2), Aluminium AlMgSi (w_3) und hochlegierter Edelstahl X5CrNi 18 9 (w_4).

Die Kombination von jeweils einer Geometrie g_x , eines Werkstoffes w_y und einer Maschine d_z ergibt 60 mögliche Planungsaufgaben. Die einzelnen Kombinationen sind in einer Matrix in Abbildung 2 dargestellt. Ein Stern in einer Zelle deutet an, daß in der Studie für diese Planungsaufgabe ein Planskelett und ein Fertigungsplan vom Experten erarbeitet wurde. Ein Minuszeichen deutet an, daß eine Fertigung des Werkstückes auf der entsprechenden Drehmaschine in der Praxis unüblich ist. Bei fünf Fertigungsaufgaben standen Musterlösungen aus der Industrie ($m_1 \dots m_5$) zur Verfügung.

		Werkstück																				
		Antriebswelle g1				Antriebswelle g2				Ritzelwelle g3				Achswelle g4				Achswelle g5				
		w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4	w1	w2	w3	w4	
Werkstatt	d1	-	-	-	-				-				-				-				-	
										*	*	*	*								*	
	d2									m3												
		*			*			*			*										*	
d3	m1				m2								m4				m5					
		*	*		*	*			*		*											*

Abbildung 2: Matrixdarstellung der 60 möglichen Planungsaufgaben

In der Studie wurde zwischen Wiederholungs-, Varianten- und Neuplanungen unterschieden. Eine Variantenplanung wird dann durchgeführt, wenn der Experte einen fertiges Planskelett und/oder einen fertigen Fertigungsplan auf die zu bearbeitende Fertigungsaufgabe überträgt. Zur Verfügung standen ihm dabei neben den von ihm selbst erstellten Plänen auch fünf Vorlagen aus der Industrie. Eine Wiederholungsplanung liegt

dann vor, wenn ein vorliegender Fertigungsplan unverändert angewendet wird. Wiederholungsplanung wird somit als Spezialfall der Variantenplanung behandelt.

Die Studie gliederte sich in zwei Teiluntersuchungen, die im folgenden als Untersuchung eins und Untersuchung zwei bezeichnet werden. In der Untersuchung eins hatte ein Experte eine Reihe von Planungsaufgaben zu bearbeiten, d.h. das Planskelett und den Fertigungsplan zu erstellen. In der Untersuchung zwei hatten zwei Experten im Paarvergleich von Planungsaufgaben einzuschätzen, wie ähnlich deren Fertigungspläne sind. Die beiden Untersuchungen sollen nun detailliert beschrieben werden.

3 Untersuchung eins

In der Untersuchung eins hatte ein Experte¹ eine Reihe vorgegebener Planungsaufgaben zu bearbeiten.

Wegen der großen Zeitanforderungen bei der Bearbeitung einer Planungsaufgabe konnte nur eine Auswahl der insgesamt möglichen Aufgaben (siehe Abbildung 2) bearbeitet werden. Die zu bearbeitenden Aufgaben wurden in Abstimmung mit dem Experten ausgewählt. Dabei sollten nur übliche, d.h. in der Praxis vorkommende Fälle bearbeitet werden. Einzelne Werkstücke sollten auf verschiedenen Drehmaschinen bearbeitet werden und umgekehrt. Die Reihenfolge der Planungen wurde ebenfalls mit dem Experten abgestimmt. Hierbei wurde versucht den Experten zu entlasten: ähnliche Fälle konnten nacheinander bearbeitet werden. Es wurden acht Planungsaufgaben als nicht üblich ausgeschlossen (diese sind in der Abbildung 2 mit einem Minuszeichen gekennzeichnet) und 17 Planungsaufgaben bearbeitet (gekennzeichnet mit einem Stern).

Bei jeder Planungsaufgabe war die Geometrie und der Werkstoff des Werkstückes ($g_x w_y$) und die Drehmaschine (d_z) vorgegeben. Bei den benötigten Werkzeugen gab es keine Einschränkungen. Gefordert wurde eine zeitoptimale Planung. Die Pläne waren für Kleinserien, d.h. niedrige Stückzahlen bis 50 Stück, zu erstellen. Dies hat zur Konsequenz, daß mit weniger Werkzeugen (im Gegensatz zu Großserien) gearbeitet werden kann, da der höhere Verschleiß der einzelnen Werkzeuge nicht oder kaum zu Rüstzeiten (Werkzeugwechsel) während der Fertigung der Kleinserie führt.

Bei der Planung hatte der Experte zunächst zu prüfen, ob Neu- oder Variantenplanung durchgeführt werden soll. Dabei konnte der Experte auf die fünf Musterlösungen und auf die von ihm selbst erstellten Planskette bzw. Fertigungspläne zurückgreifen. Danach wurde eine abstrakte Beschreibung von Werkstück und Werkstatt erstellt. Anschließend wurde vom Experten ein Planskelett erarbeitet und dieses zu einem konkreten Fertigungsplan verfeinert.

Dem Experten standen Kataloge Tabellen und Zeichnungen

Ergebnisse

Es wurden 17 Planungsaufgaben durchgeführt. Dabei konnte bei 15 eine Variantenplanung mit Hilfe eines übertragbaren Planes beobachtet werden. Bei einer Aufgabe wurde ein bereits erstellter Fertigungsplan unverändert angewendet und bei einer Aufgabe mußte eine Neuplanung durchgeführt werden. Die Durchführung einer Neuplanung dauerte im Durchschnitt 2-2.5 Stunden, die einer Variantenplanung 1-1.5 Stunden. Eine zusammenfassende Darstellung der bearbeiteten Planungsaufgaben findet sich in Abbildung 3.

Nr.	Planungsart	Aufgabe
1	Variation	$g_3w_3d_1$
2	Variation	$g_3w_1d_1$
3	Neu	$g_5w_4d_1$
4	Variation	$g_3w_4d_1$
5	Variation	$g_3w_2d_1$
6	Variation	$g_1w_2d_3$
7	Variation	$g_1w_1d_3$
8	Variation	$g_2w_1d_3$
9	Variation	$g_1w_1d_2$
10	Variation	$g_1w_4d_2$
11	Variation	$g_5w_3d_2$
12	Variation	$g_1w_4d_3$
13	Variation	$g_5w_3d_3$
14	Wiederholung	$g_3w_2d_3$
15	Variation	$g_3w_2d_2$
16	Variation	$g_2w_4d_3$
17	Variation	$g_2w_3d_2$

Abbildung 3: Bearbeitete Planungsaufgaben in Untersuchung eins

Detaillierte Baumdarstellungen der durch Variantenplanung gelösten Fertigungsaufgaben zeigen die Abbildungen 4 und 5. Jeder Knoten eines Baumes enthält das entsprechende Kürzel und die kurze verbale Beschreibung der Fertigungsaufgabe. Rechts unten in jedem Knoten findet sich die Nummer der Fertigungsaufgabe. Bei der Bezeichnung der Aufgaben wurde unterschieden zwischen in der Industrie gelösten Aufgaben (bezeichnet als „Vorlage“) und in der Untersuchung gestellten Aufgaben (bezeichnet als „Aufgabe“). Die Kanten haben die Bedeutung „wurde-verwendet-als-Muster-für“.

Bei der Fertigungsplanung zeigte sich, daß der Experte zunächst auf Planskelette zurückgriff. So wurden z.B. die Abschätzungen, welcher Plan übertragbar ist, auf diesem Niveau vorgenommen. Dieser diente dem Experten dann als Vorlage und (zusätzliche) Datenbasis für die durchzuführende Planung. Das Planskelett konnte dann vom Experten ausschließlich aufgrund seines Erfahrungswissens und der Vorlage (bei Variantenplanung) gefunden werden. In einem Planskelett sind die einzelnen Aufspannungen und Schnitte qualitativ beschrieben. Die einzelnen Schritte definieren Klassen von Aufspannungen und Schnitten („Schruppen“), für die bestimmte Einschränkungen („linker Schruppdrehmeißel, mittlere Schnittgeschwindigkeit, etc.“) angegeben werden. Das Planskelett wurde daraufhin zum Fertigungsplan verfeinert.

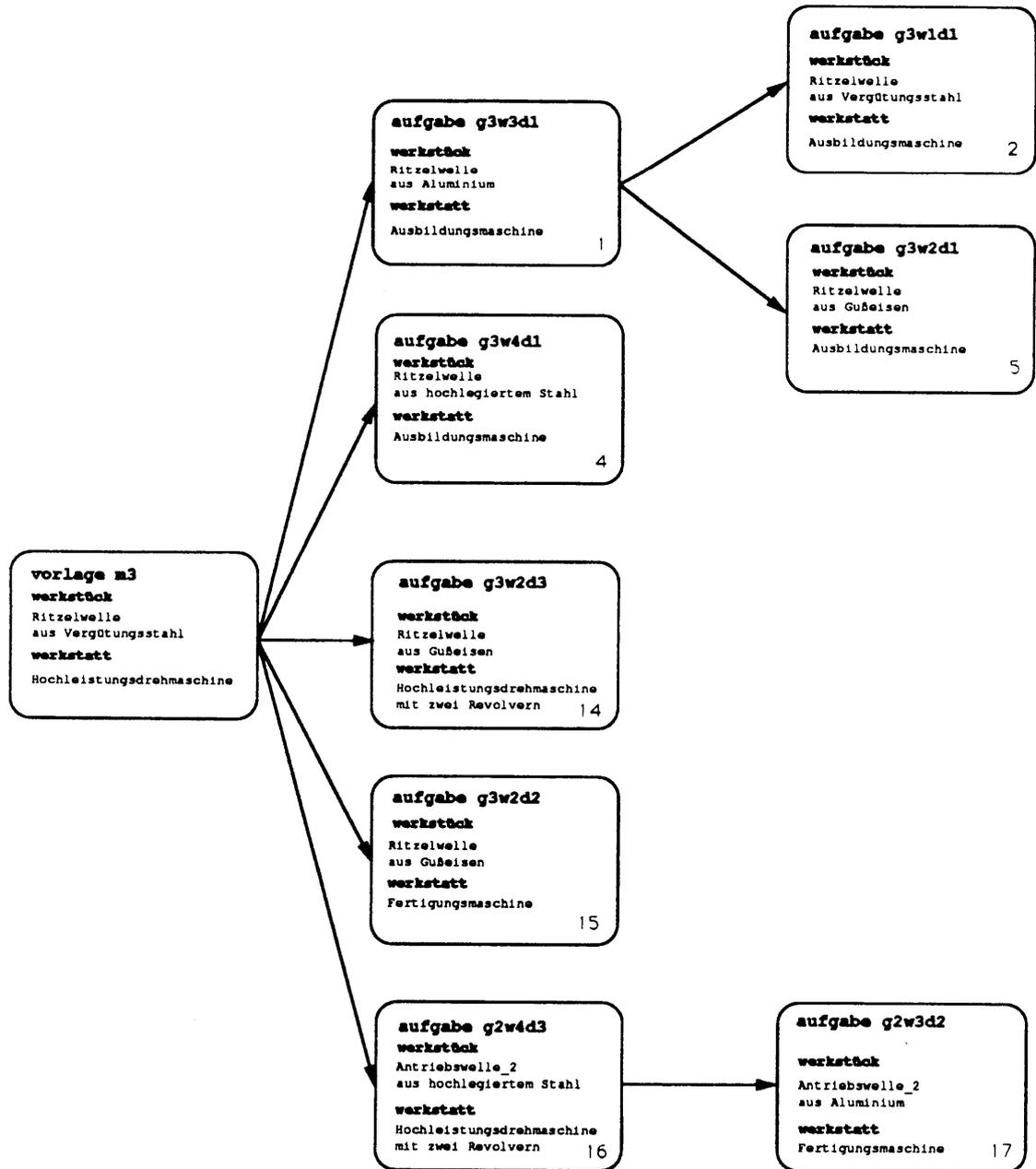


Abbildung 4: Variantenplanungen ausgehend von der Musterlösung m_3

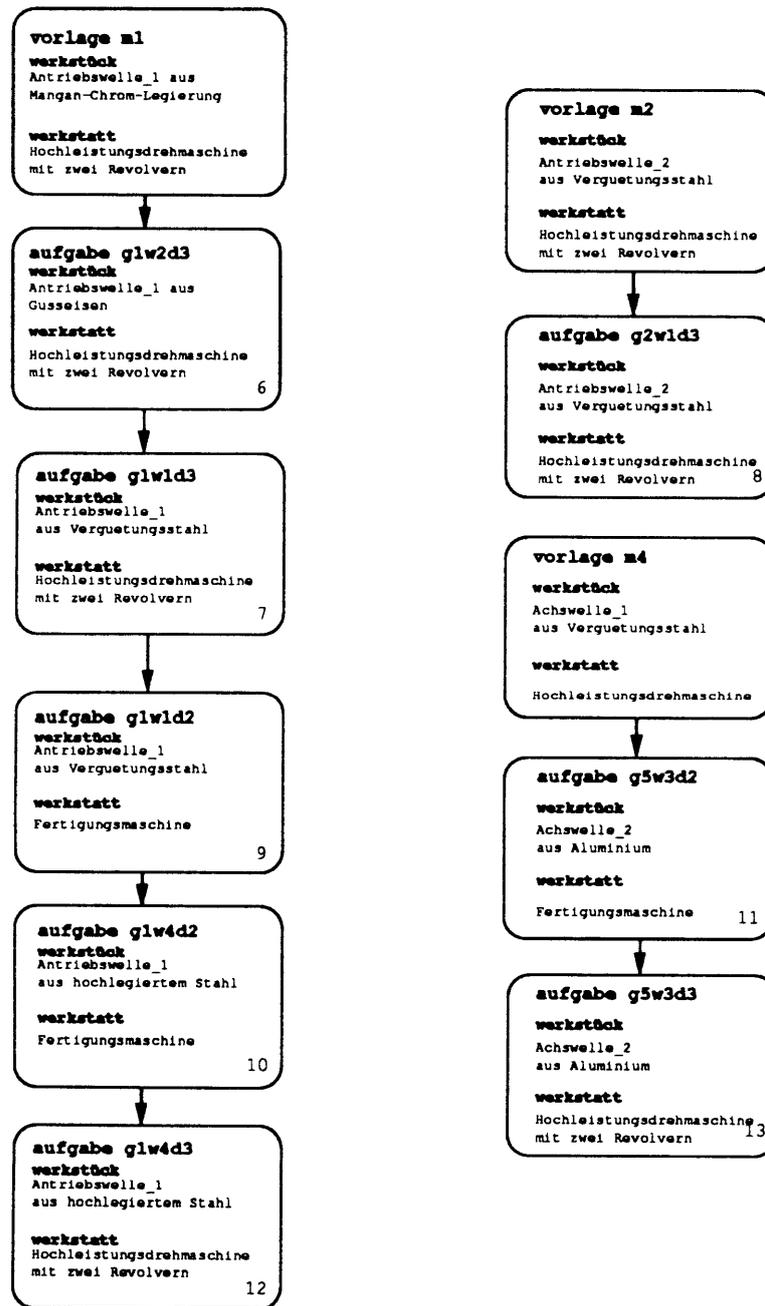


Abbildung 5: Variantenplanungen ausgehend von den Musterlösungen m_1 , m_2 und m_4

Die Verfeinerung der einzelnen Schritte eines Planskelettes ist als Instantiierung beschreibbar: Aus der Klasse der potentiell erlaubten Werkzeuge wird mit Hilfe des Verfeinerungswissens ein konkretes Werkzeug ausgewählt, welches die im Planskelett festgelegten Einschränkungen erfüllt. Bei der Verfeinerung war der Experte auf externe Hilfsmittel angewiesen. Die Bezeichnungen der Werkzeuge wurden vor allem mit Hilfe der Vorlage (bei Variantenplanung) und Katalogen festgelegt. Der Experte legte die konkreten Schnittdaten durch Abschätzung fest. Grundlage der Abschätzung waren die im Planskelett festgehaltenen (Bereichs-) Angaben. Lediglich in kritischen Fällen oder bei Unsicherheit berechnete er einzelne Werte. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel einer Verfeinerung eines Schnittes. Die für jede der Planungen erhobene abstrakte Werkstück- und Werkstattbeschreibung, das Planskelett und der Fertigungsplan sind in Anhang D enthalten.

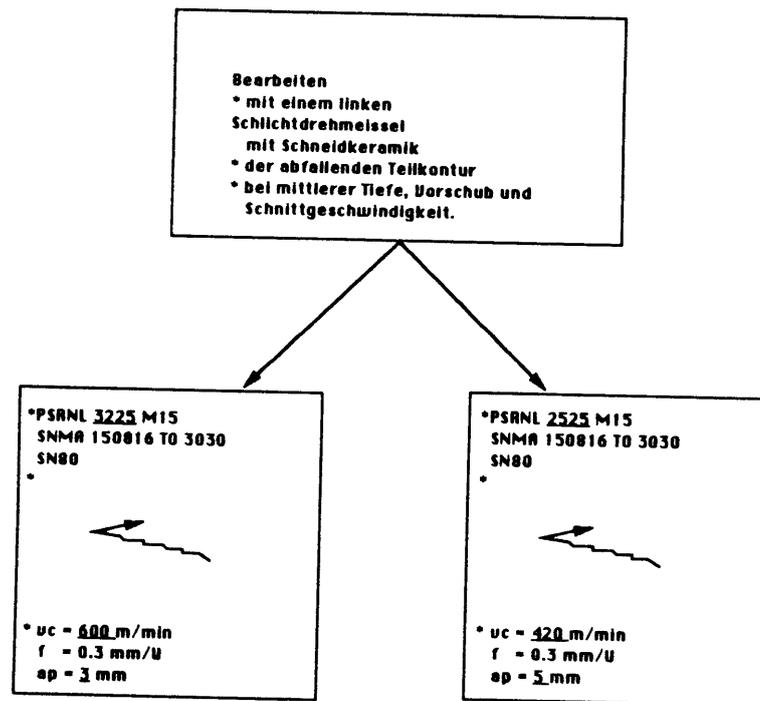


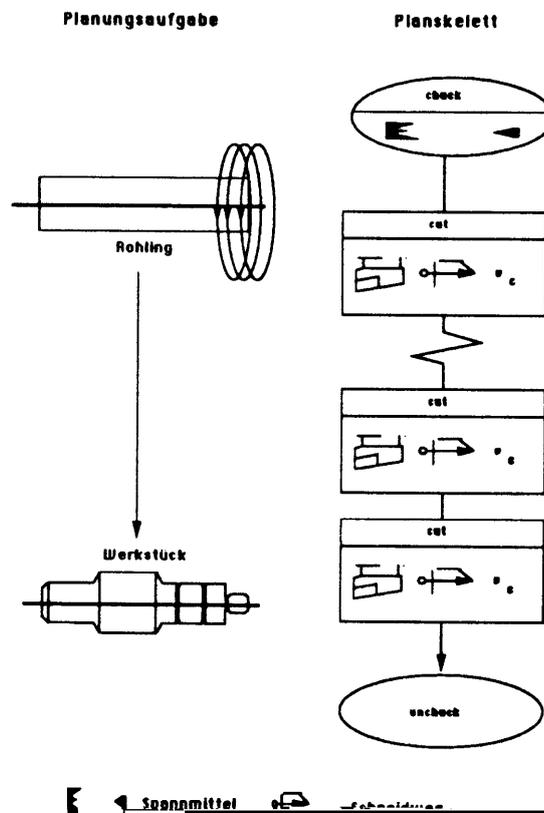
Abbildung 6: Verfeinerung eines Planskelettschrittes

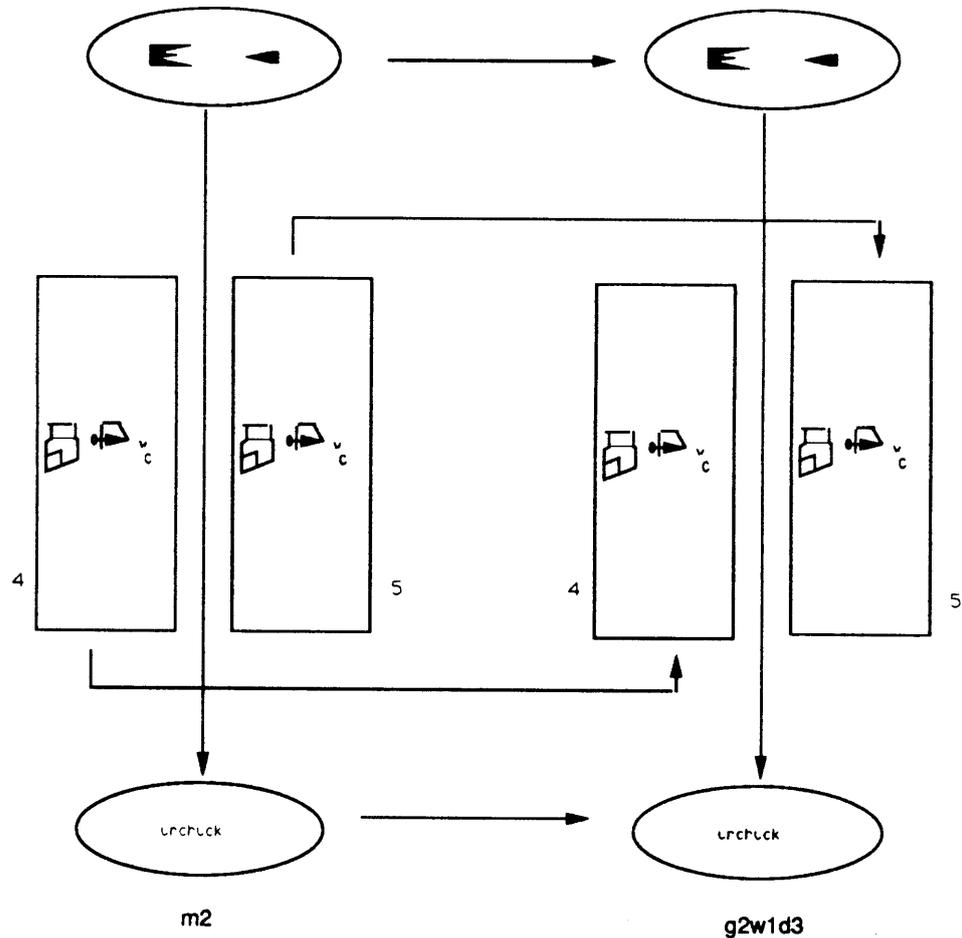
Variantenplanung durch Übertragen eines Planskelettes

Das Planungsverhalten des Experten bei der Variantenplanung wurde anschließend genauer analysiert. Von besonderem Interesse war dabei, welche Veränderungen bei Werkstück und/oder Werkstatt, welche Modifikationen im Planskelett zur Folge haben. Darüberhinaus wurde versucht, diese Modifikationen zu klassifizieren. Dabei wurde die Sequenz der einzelnen Schritte des Vorgängerplanes mit der Sequenz des Nachfolgerplanes verglichen.

Abbildung 7 zeigt die graphische Repräsentation einer hypothetischen Planungsaufgabe und der Sequenz des zugehörigen Planskelettes. Die Sequenz besteht aus der Aufspan-

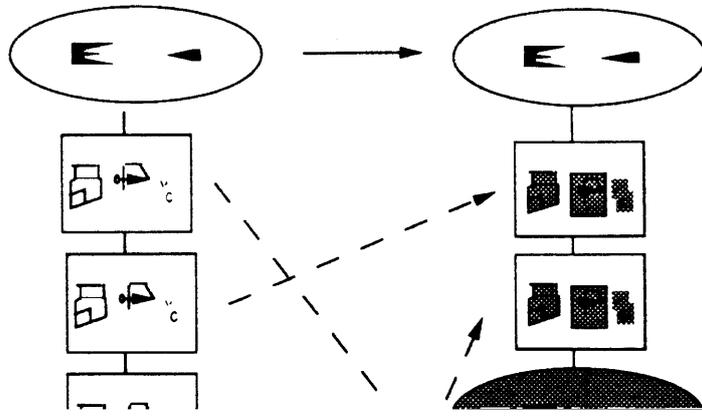
nung, einer Abfolge von Schnitten mit den notwendigen Festlegungen, sowie dem Abspannen des fertigen Werkstückes. In der Abbildung 7 werden Aufspannungen als Ovale und Schnitte als Boxen dargestellt. Für einzelne Festlegungen (Spannmittel, Werkzeug, Schneidstoff, Schnittdaten) werden eigene Symbole eingeführt. Werden mehrere Schnitte durch eine Box symbolisiert, wird dies neben der Box durch eine Zahl angezeigt.

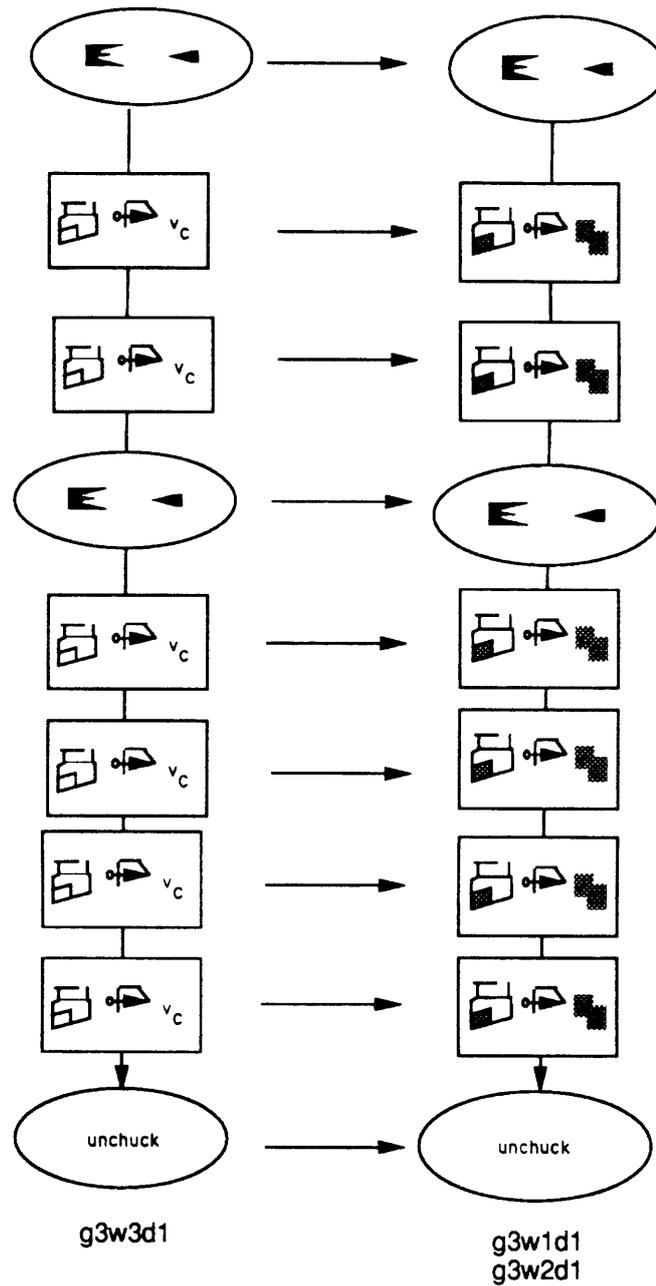




Die Vorlage m_2 wurde in der Industrie erarbeitet. Gefertigt wird eine Antriebswelle₂ aus Vergütungsstahl auf einer Hochleistungsdrehmaschine mit der Möglichkeit paralleler Schnitte.

In der Aufgabe $g_2w_1d_3$ ist ebenfalls eine Antriebswelle₂ aus Vergütungsstahl auf einer Hochleistungsdrehmaschine mit der Möglichkeit paralleler Schnitte zu fertigen. Das Planskelett kann unverändert übertragen werden.

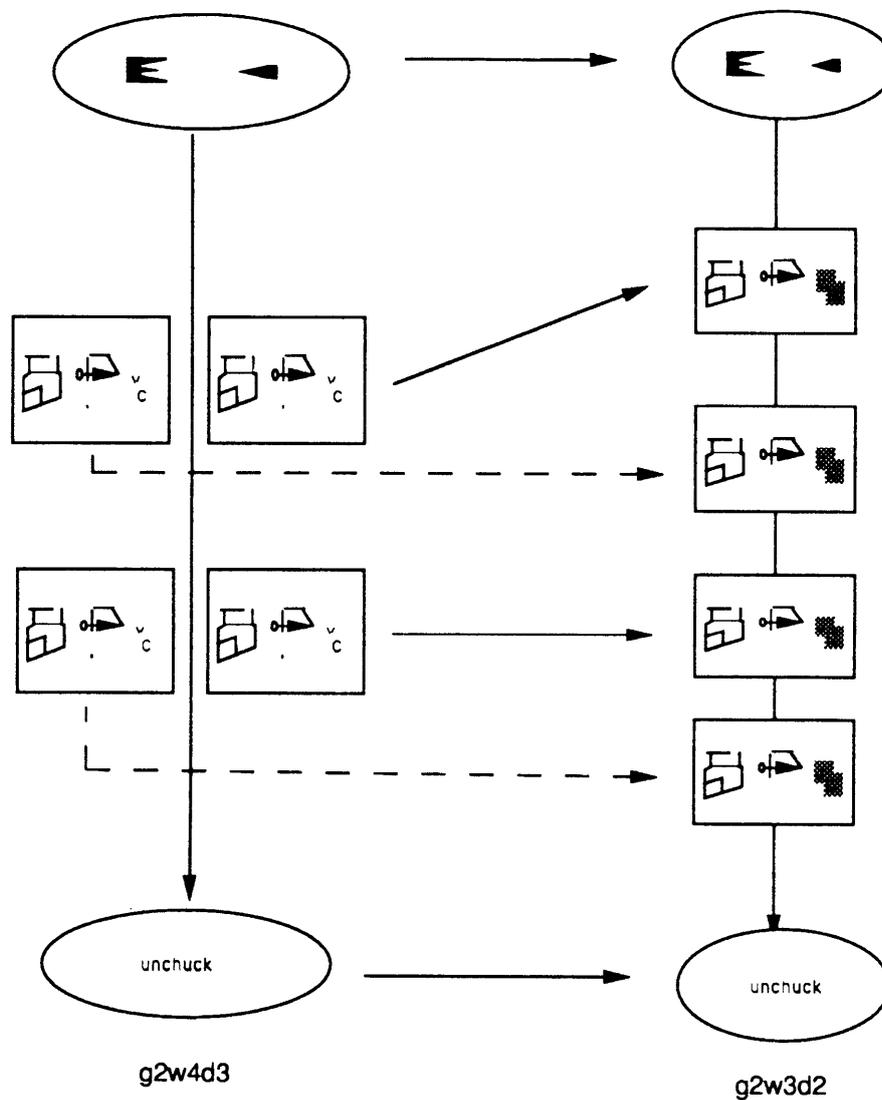




Bei der Aufgabe $g_3w_3d_1$ ist eine Ritzelwelle aus Aluminium auf einer Ausbildungsmaschine zu fertigen.

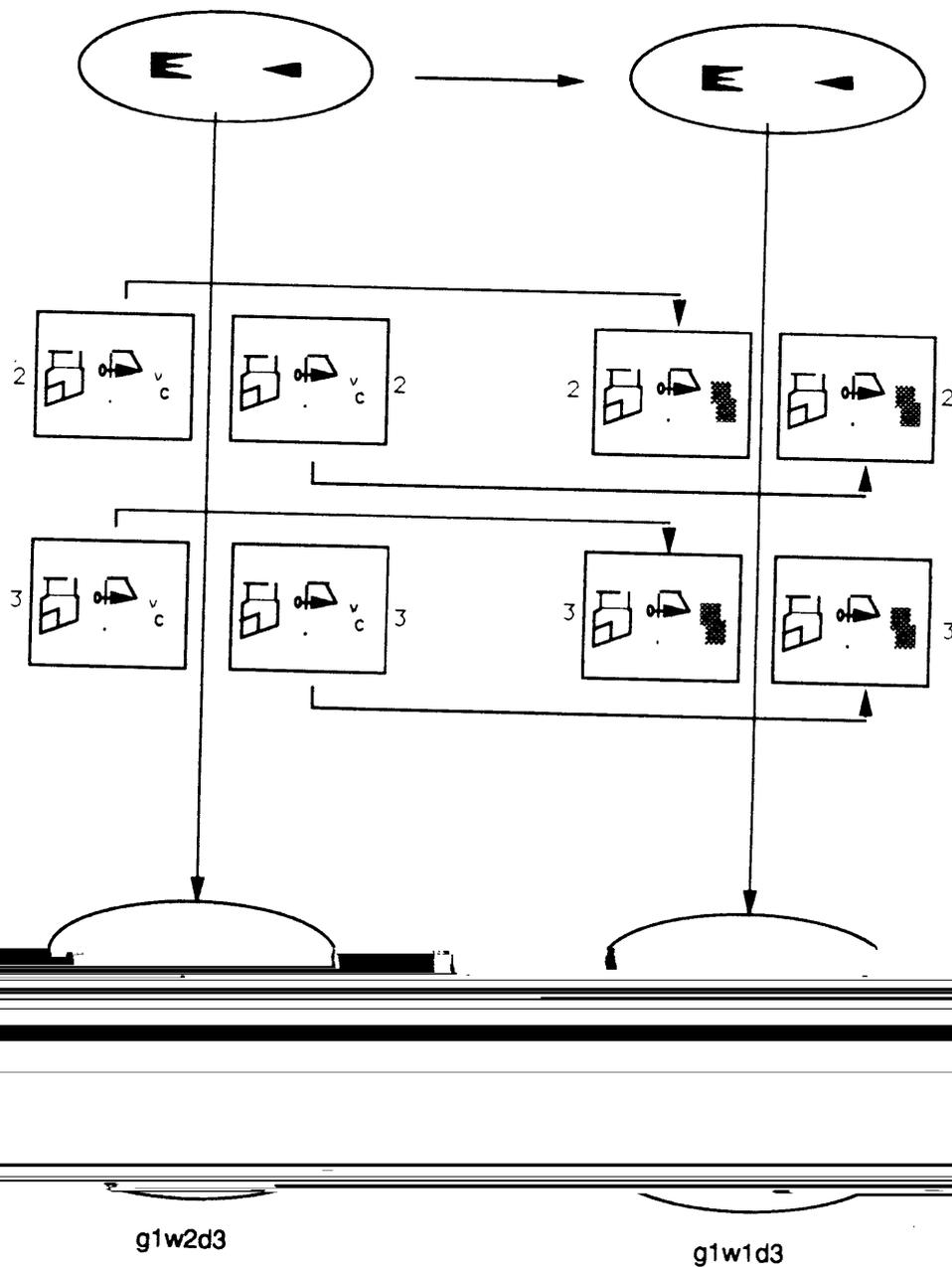
Bei der Aufgabe $g_3w_1d_1$ ist die Ritzelwelle aus *Vergütungsstahl* auf derselben Maschine herzustellen. Die Reihenfolge der Aufspannungen und Schnitte wird übernommen. Die Abschätzungen der zu fahrenden Schnittdaten und die Schneidstoffklasse werden angepaßt.

Dieselben Modifikationen werden auch bei der Aufgabe $g_3w_2d_1$ vorgenommen.



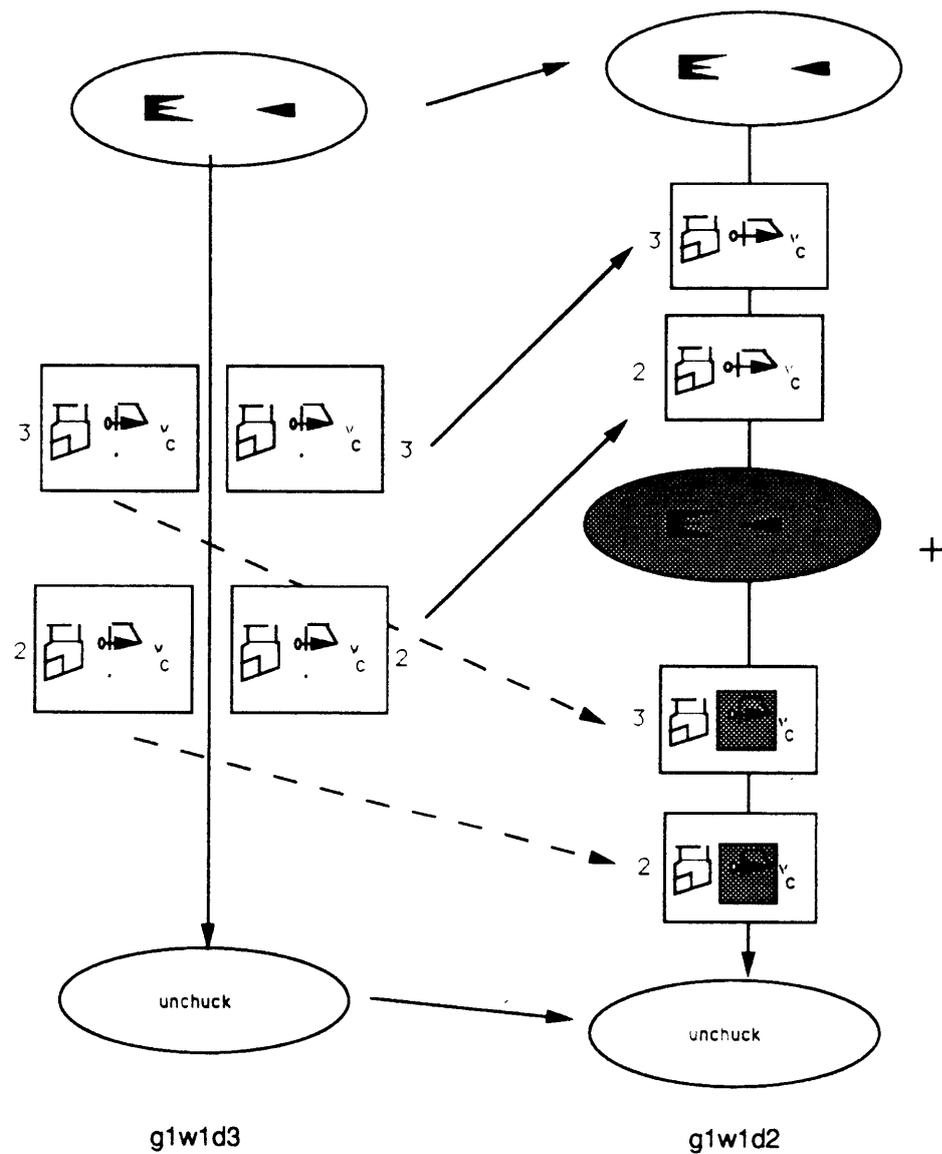
Bei der Aufgabe $g_2w_4d_3$ ist eine Antriebswelle₂ (beidseitig abfallende Kontur) aus hochlegiertem Stahl auf einer Hochleistungsdrehmaschine mit der Möglichkeit paralleler Schnitte zu fertigen.

Bei der Aufgabe $g_2w_3d_2$ ist die Antriebswelle₂ aus *Aluminium* auf einer *Fertigungsmaschine* herzustellen. Die vorher parallel ausgeführten Schnitte werden nun sequentiell miteinander verzahnt. Dadurch werden beide Konturen wechselweise bearbeitet. Die Abschätzungen der zu fahrenden Schnittdaten werden angepaßt.



Bei der Aufgabe $g_1w_2d_3$ ist eine Antriebswelle₁ (beidseitig abfallende Kontur, relativ lang und schlank, ohne besondere Oberflächenanforderungen) aus Gußeisen auf einer Hochleistungsdrehmaschine mit der Möglichkeit paralleler Schnitte zu fertigen.

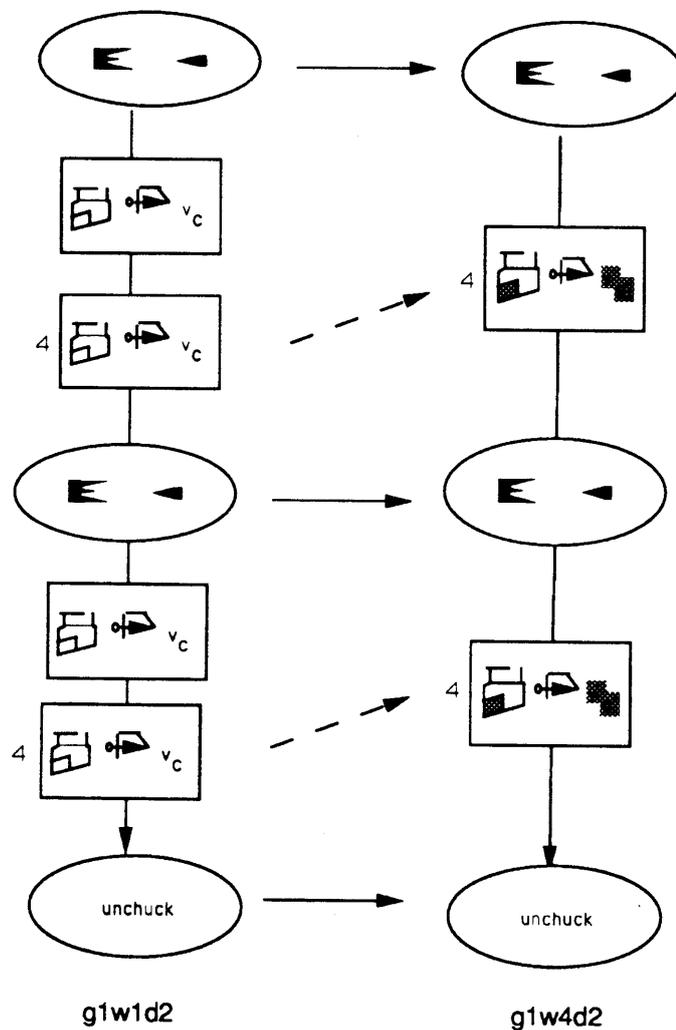
Bei der Aufgabe $g_1w_1d_3$ ist die Antriebswelle₁ aus *Vergütungsstahl* auf derselben Hochleistungsdrehmaschine herzustellen. Die Reihenfolge der Aufspannungen und Schnitte wird übernommen. Die Abschätzungen der zu fahrenden Schnittdaten werden angepaßt.



Bei der Aufgabe g_{1w1d3} ist eine Antriebswelle₁ (beidseitig abfallende Kontur, relativ lang und schlank, ohne besondere Oberflächenanforderungen) aus Vergütungsstahl auf einer Hochleistungsdrehmaschine mit der Möglichkeit paralleler Schnitte zu fertigen. Dabei werden 10 verschiedene Werkzeuge verwendet.

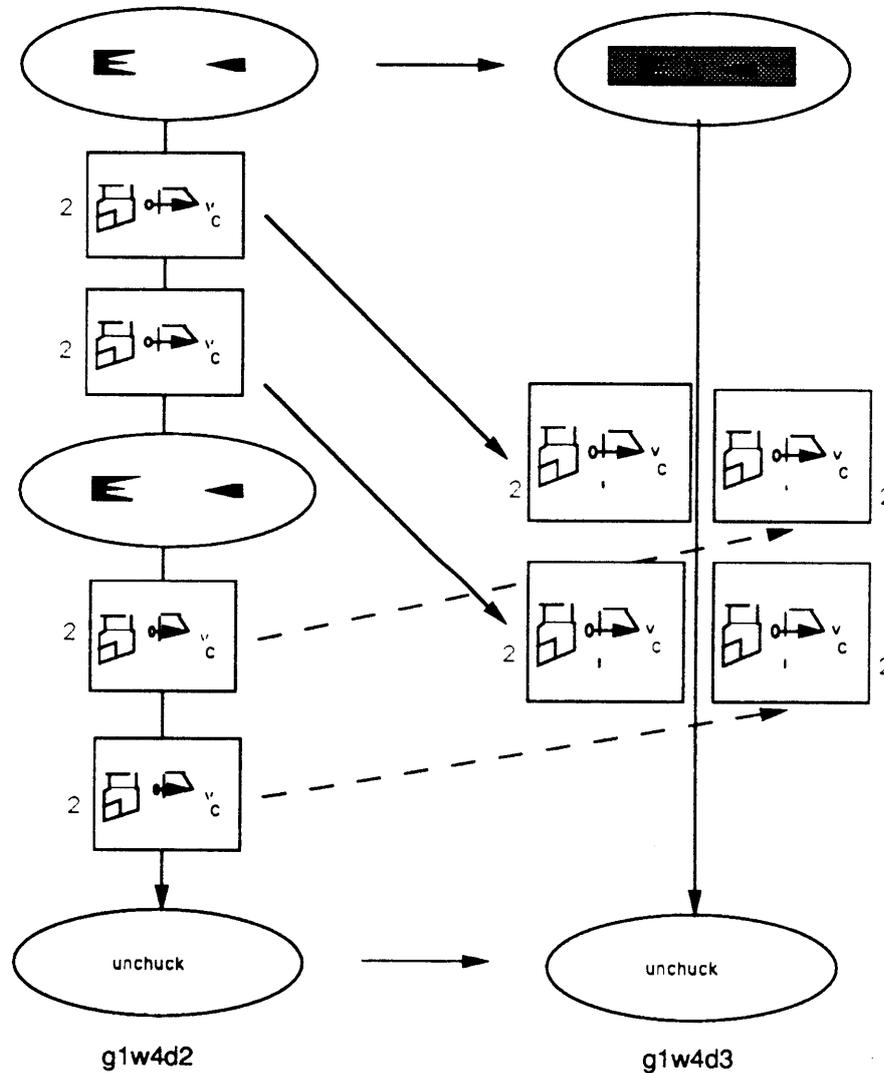
Bei der Aufgabe g_{1w1d2} ist die Antriebswelle₁ aus Vergütungsstahl auf einer *Fertigungsmaschine* herzustellen. Diese kann jedoch gleichzeitig nur sechs Werkzeuge aufnehmen und bietet keine Möglichkeit paralleler Schnitte. Da nicht mehr Werkzeuge verwendet werden sollen, als gleichzeitig zur Verfügung stehen (Erfahrungswissen), werden Werkzeuge eingespart. Die parallelen Schnitte müssen nun sequentiell abgearbeitet werden. Aus diesen Gründen werden die einzelnen Schritte so umgruppiert (gestrichelte Pfeile), daß zunächst mit fünf Werkzeugen eine Teilkontur bearbeitet, das Werkstück

umgedreht (unterlegte neue Aufspannung), abschließend die zweite Teilkontur (mit angepaßten Schnittwegen) bearbeitet wird.



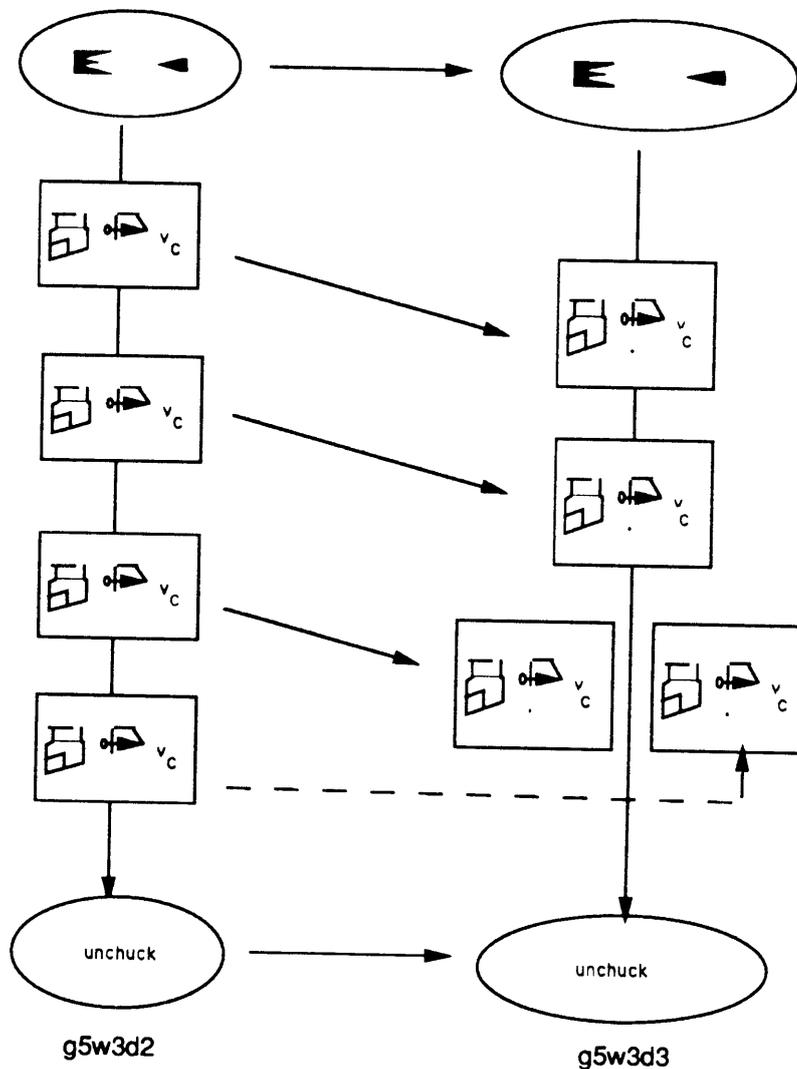
Bei der Aufgabe $g_1w_1d_2$ ist eine Antriebswelle₁ aus Vergütungsstahl auf einer Fertigungsmaschine herzustellen.

Bei der Aufgabe $g_1w_4d_2$ ist die Antriebswelle₁ aus *hochlegiertem Stahl* auf der Fertigungsmaschine herzustellen. Es werden die qualitativen Abschätzungen der Schnittdaten und die verwendete Schneidstoffklasse (vorher Schneidkeramik, jetzt Hartmetall) angepaßt. Da im Gegensatz zur Verwendung von Hartmetall bei Schneidkeramik ein Anschnitt notwendig ist, können die entsprechenden Schnitte jetzt entfallen. Ansonsten wird die Reihenfolge der Schnitte beibehalten.



Bei der Aufgabe $g_1w_4d_2$ ist eine Antriebswelle₁ aus hochlegiertem Stahl auf einer Fertigungsmaschine herzustellen. Dabei werden die beiden abfallenden Teilkonturen nacheinander bearbeitet.

Bei der Aufgabe $g_1w_4d_3$ ist die Antriebswelle₁ aus hochlegiertem Stahl auf einer *Hochleistungsdrehmaschine* mit der Möglichkeit paralleler Schnitte zu fertigen. Die Bearbeitung der beiden abfallenden Teilkonturen wird jetzt parallel durchgeführt. Dadurch entfällt die mittlere Aufspannung. Es muß ein neues Spannmittel gewählt werden (vorher



Bei der Aufgabe $g_5w_3d_2$ ist eine Achswelle₂ (einseitig abfallende Kontur, schlank, Gewinde, Nuten und Schrägen) aus Aluminium auf einer Fertigungsmaschine herzustellen.

Bei der Aufgabe $g_5w_3d_3$ ist die Achswelle₂ aus Aluminium auf einer *Hochleistungsdrehmaschine* mit der Möglichkeit paralleler Schnitte herzustellen. Die Bearbeitungen der Nuten und des Gewindes werden jetzt parallel ausgeführt.

In einer zusammenfassenden Strukturierung der Variantenplanungen können somit verschiedene Vorgehensweisen bei der Übertragung vorhandener Planskelette auf neue Fertigungsaufgaben unterschieden werden:

- Das Planskelett wird unverändert auf die neue Fertigungsaufgabe angewendet (Aufgabe $g_2w_1d_3$).
- Das Planskelett wird modifiziert angewendet. Dabei kann zwischen verschiedenen Formen der Modifikation unterschieden werden, wobei einzelne Formen miteinander kombinierbar sind.
 - Einzelne Festlegungen von Aufspannungen oder Schnitten werden variiert. Beispiele für dieses Vorgehen sind die Anpassungen der qualitativen Abschätzungen der Schnittdaten oder der verwendeten Schneidstoffklasse bei allen (z.B. Aufgabe $g_3w_1d_1$) oder einem Teil der Schnitte (Aufgabe $g_3w_3d_1$). Solche Anpassungen sind vor allem bei Veränderungen des Werkstoffes, aber auch der Drehmaschine notwendig. Dabei kann es zu Konflikten kommen. So soll Vergütungsstahl beispielsweise mit Schneidkeramik (Schneidstoffklasse) bei hoher Schnittgeschwindigkeit bearbeitet werden. Dies setzt eine Fertigungsmaschine mit hoher Leistungsstärke voraus. In der Aufgabe $g_3w_1d_1$ steht jedoch eine zu schwache Ausbildungsmaschine zur Verfügung. So müssen Schneidstoffklasse (Hartmetall) und Schnittdaten modifiziert werden.
 - Einzelne Schnitte werden weggelassen, weil z.B. Sonderbearbeitungen wie Nutenstechen, Gewindedrehen oder „Anschnitt“ (Aufgabe $g_1w_4d_2$) entfallen.
 - Es werden mehrere Schnitte zusammengefaßt. Dabei werden Bearbeitungen (z.B. „Schlichten“ und „Feinschlichten“ bei Aufgabe $g_3w_3d_1$), die vorher mit verschiedenen, spezielleren Werkzeugen ausgeführt wurden, jetzt mit einem, sämtliche Bearbeitungen ermöglichenden Werkzeug in einem Schnitt ausgeführt.
 - Es wird eine weitere Aufspannung eingeführt, wobei die Schnitte neu gruppiert werden. Dies kann z.B. bei der Bearbeitung von Werkstücken mit beidseitig abfallender Kontur (Antriebswelle, Ritzelwelle) auf einer Ausbildungsmaschine mit nur wenigen Werkzeugen notwendig werden (Aufgabe $g_3w_3d_1$ oder $g_3w_4d_1$). Es werden dann beide Teilkonturen nacheinander bearbeitet, wobei Werkzeuge wiederverwendet werden können und ein zeitintensiver Werkzeugwechsel vermieden wird. Die Reihenfolge der Bearbeitung beider Teilkonturen hängt dann vor allem von der Geometrie des Werkstückes und dem gewählten Spannmittel ab. Dieses Vorgehen kann auch in umgekehrter Richtung angewendet werden (z.B. Aufgabe $g_1w_4d_3$).
 - Sequentiell ausgeführte Schnitte werden nun parallel ausgeführt. Solche Modifikationen werden vor allem durch unterschiedliche Drehmaschinen notwendig. Dabei kann z.B. die Bearbeitung von Teilkonturen (Aufgabe $g_1w_4d_3$), Nuten oder Gewinden (Aufgabe $g_5w_3d_3$) parallel durchgeführt werden. Dieses Vorgehen kann auch in umgekehrter Richtung angewendet werden (z.B. Aufgabe $g_2w_3d_2$ oder $g_1w_1d_2$).

Obwohl bereits versucht wurde, die einzelnen Vorgehensweisen mit Veränderungen von Werkstück und Werkstatt zu verknüpfen, steht eine genaue Bedingungsanalyse noch aus. Auch sollten die beschriebenen Formen der Modifikation in weiteren Untersuchungen überprüft und ergänzt werden.

4 Untersuchung zwei

In der Praxis bedienen sich Arbeitsplaner bei Fertigungsaufgaben häufig der Variantenplanung (vgl. auch Untersuchung eins). Eine Variantenplanung wird dann durchgeführt, wenn ein fertiges Planskelett und/oder ein fertiger Fertigungsplan auf die zu bearbeitende Fertigungsaufgabe übertragen wird. Entscheidend für die Effektivität einer Variantenplanung ist somit die Auswahl einer *optimalen* Vorlage. Dabei nimmt der Arbeitsplaner eine Einschätzung der Ähnlichkeit der Fertigungspläne von (möglicher) Vorlage und zu bearbeitendem Fall vor.

In einer zweiten Untersuchung hatten Experten² im Paarvergleich von Fertigungsaufgaben einzuschätzen, wie ähnlich deren Fertigungspläne sind. In die Untersuchung wurden die 60 möglichen Fertigungsaufgaben (siehe Abbildung 2) einbezogen. Um den zeitlichen Aufwand bei den Paarvergleichen zu reduzieren (bei einem vollständigen Paarvergleich sind $60 \cdot (60-1)/2 = 1770$ Urteile abzugeben) wurde wie folgt vorgegangen: Es standen fünf Vorlagen (Planungsaufgaben mit ausgearbeitetem Planskelett und Fertigungsplan) zur Auswahl. Vier waren im Rahmen der Untersuchung eins erhoben worden ($v_1 = g_1 w_4 d_3$, $v_2 = g_2 w_1 d_3$, $v_3 = g_3 w_2 d_3$ und $v_5 = g_5 w_3 d_3$, siehe Anhang D), eine stammte aus der Praxis ($v_4 = m_4$). Die Vorlagen wurden derart ausgewählt, daß sämtliche der in Untersuchung eins verwendeten Geometrien und Werkstoffe vorkommen. Bei einem Paarvergleich wurde dem Experten zunächst eine Fertigungsaufgabe $g_x w_y d_z$ vorgegeben. Für diese Fertigungsaufgabe *mußte* der Experte im ersten Schritt diejenige Vorlage ($v_1 \dots v_5$) auswählen, dessen Anwendung auf die zu bearbeitende, vorgegebene Fertigungsaufgabe am sinnvollsten erschien. Hierbei bestand die Möglichkeit, sämtliche Vorlagen als eigentlich ungeeignet abzulehnen. Im zweiten Schritt gab der Experte eine insgesamt, quantitative Einschätzung der Ähnlichkeit beider Fertigungspläne auf einer Ratingskala von 1-7 (1=sehr unähnlich, 7=sehr ähnlich) ab.

Ergebnisse

Die Experten hatten jeweils 60 Paarvergleiche durchzuführen. Sie benötigten dafür jeweils 45 Minuten. Die Dauer für einen Paarvergleich betrug 15 Minuten.

erstellt, in der die einer Vorlage zugeordneten Fertigungsaufgaben zusammengefaßt sind, wobei die Zeilen der Tabelle durch das abgegebene Ähnlichkeitsurteil (1-7) definiert werden. Ein Vergleich beider Experten zeigt Gemeinsamkeiten, aber auch deutliche Unterschiede zwischen beiden Experten. So wählen die Experten z.B. übereinstimmend bei der Fertigungsaufgabe $g_1 w_4 d_2$ die Vorlage v_1 , wobei auch das abgegebene Ähnlichkeitsurteil fast übereinstimmt (5 vs. 6). Andererseits wählt HW bei der Fertigungsaufgabe $g_1 w_1 d_1$ die Vorlage v_4 , RL hingegen v_2 , wobei beide die Ähnlichkeit eher hoch (5) einschätzen. Der Vorlage v_4 ordnet HW Fertigungsaufgaben zu, bei denen sämtliche Geometrien, Werkstoffe und Drehmaschinen enthalten sind, RL Fertigungsaufgaben, in denen lediglich die Geometrien g_4 und g_5 , sowie die Werkstoffe w_1 und w_2 enthalten sind. Abbildung 10 zeigt eine Kreuztabellierung der Urteile beider Experten. In den Zellen ist die Anzahl von Fertigungsaufgaben eingetragen, bei denen der eine Experte die Vorlage v_x , der andere die Vorlage v_y auswählte. In der Diagonale ist somit die Häufigkeit übereinstimmender Urteile ablesbar. Es wurde in 28 der 60 Fertigungsaufgaben von den Experten dieselbe Vorlage gewählt. Insgesamt ergibt sich somit kein klares Bild.

HW

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
$w_1 d_1$	v4 : 5	v4 : 3	v4 : 6	v4 : 6	v4 : 4
$w_2 d_1$	v4 : 4	v4 : 3	v4 : 4	v4 : 5	v5 : 3
$w_3 d_1$	v4 : 2	v4 : 1	v5 : 5	v5 : 6	v5 : 7
$w_4 d_1$	v4 : 3	v4 : 2	v4 : 3	v4 : 4	v5 : 4
$w_1 d_2$	v1 : 4	v2 : 7	v2 : 4	v4 : 7	v4 : 4
$w_2 d_2$	v1 : 3	v2 : 6	v3 : 7	v4 : 4	v4 : 4
$w_3 d_2$	v1 : 2	v2 : 4	v3 : 2	v5 : 6	v5 : 7
$w_4 d_2$	v1 : 6	v2 : 3	v3 : 3	v4 : 4	v5 : 4
$w_1 d_3$	v1 : 4	v2 : 7	v3 : 5	v4 : 7	v4 : 4
$w_2 d_3$	v1 : 3	v2 : 6	v3 : 7	v4 : 4	v4 : 4
$w_3 d_3$	v1 : 2	v2 : 4	v3 : 2	v5 : 6	v5 : 7
$w_4 d_3$	v1 : 7	v2 : 3	v3 : 3	v4 : 4	v5 : 4

RL

	g_1	g_2	g_3	g_4	g_5
$w_1 d_1$	v2 : 5	v2 : 3	v3 : 2	v4 : 2	v4 : 1
$w_2 d_1$	v2 : 3	v2 : 2	v3 : 3	v4 : 2	v4 : 1
$w_3 d_1$	v2 : 1	v2 : 1	v3 : 1	v5 : 3	v5 : 1
$w_4 d_1$	v2 : 1	v2 : 1	v3 : 1	v1 : 1	v1 : 1
$w_1 d_2$	v2 : 6	v2 : 4	v3 : 5	v4 : 7	v4 : 6
$w_2 d_2$	v2 : 6	v2 : 4	v3 : 5	v4 : 6	v4 : 5
$w_3 d_2$	v5 : 4	v5 : 3	v5 : 4	v5 : 7	v5 : 7
$w_4 d_2$	v1 : 5	v1 : 5	v1 : 4	v1 : 3	v1 : 4
$w_1 d_3$	v2 : 6	v2 : 7	v3 : 6	v4 : 7	v4 : 6
$w_2 d_3$	v2 : 6	v2 : 6	v3 : 7	v4 : 6	v4 : 5
$w_3 d_3$	v5 : 4	v2 : 3	v5 : 4	v5 : 7	v5 : 7
$w_4 d_3$	v1 : 7	v2 : 3	v1 : 5	v1 : 3	v1 : 4

Abbildung 8: Ausgewählte Vorlagen und Rating der Ähnlichkeit. Die einzelnen Zellen enthalten (durch einen Doppelpunkt getrennt) die ausgewählte Vorlage und die abgegebene Einschätzung der Ähnlichkeit für die einzelnen Fertigungsaufgaben.

RL

HW

v1	
7	$g_1 w_4 d_3$
6	
5	$g_1 w_4 d_2 \quad g_2 w_4 d_2 \quad g_3 w_4 d_3$
4	$g_3 w_4 d_2 \quad g_5 w_4 d_2 \quad g_5 w_4 d_3$
3	$g_4 w_4 d_2 \quad g_4 w_4 d_3$
2	
1	$g_4 w_4 d_1 \quad g_5 w_4 d_1$

v2	
7	$g_2 w_1 d_3$
6	$g_1 w_1 d_2 \quad g_1 w_2 d_2 \quad g_1 w_1 d_3 \quad g_1 w_2 d_3 \quad g_2 w_2 d_3$
5	$g_1 w_1 d_1$
4	$g_2 w_1 d_2 \quad g_2 w_2 d_2$
3	$g_1 w_2 d_1 \quad g_2 w_1 d_1 \quad g_2 w_3 d_3 \quad g_2 w_4 d_3$
2	$g_2 w_2 d_1$
1	$g_1 w_3 d_1 \quad g_1 w_4 d_1 \quad g_2 w_3 d_1 \quad g_2 w_4 d_1$

v3	
7	$g_3 w_2 d_3$
6	$g_3 w_1 d_3$
5	$g_3 w_1 d_2 \quad g_3 w_2 d_2$
4	
3	$g_3 w_2 d_1$
2	$g_3 w_1 d_1$
1	$g_3 w_3 d_1 \quad g_3 w_4 d_1$

v4	
7	$g_4 w_1 d_2 \quad g_4 w_1 d_3$
6	$g_4 w_2 d_2 \quad g_4 w_2 d_3 \quad g_5 w_1 d_2 \quad g_5 w_1 d_3$
5	$g_5 w_2 d_2 \quad g_5 w_2 d_3$
4	
3	
2	$g_4 w_1 d_1 \quad g_4 w_2 d_1$
1	$g_5 w_1 d_1 \quad g_5 w_2 d_1$

v5	
7	$g_4 w_3 d_2 \quad g_4 w_3 d_3 \quad g_5 w_3 d_2 \quad g_5 w_3 d_3$
6	
5	
4	$g_1 w_3 d_2 \quad g_1 w_3 d_3 \quad g_3 w_3 d_2 \quad g_3 w_3 d_3$
3	$g_2 w_3 d_2 \quad g_4 w_3 d_1$
2	
1	$g_5 w_3 d_1$

v1	
7	$g_1 w_4 d_3$
6	$g_1 w_4 d_2$
5	
4	$g_1 w_1 d_2 \quad g_1 w_1 d_3$
3	$g_1 w_2 d_2 \quad g_1 w_2 d_3$
2	$g_1 w_3 d_2 \quad g_1 w_3 d_3$
1	

v2	
7	$g_2 w_1 d_2 \quad g_2 w_1 d_3$
6	$g_2 w_2 d_2 \quad g_2 w_2 d_3$
5	
4	$g_2 w_3 d_2 \quad g_3 w_1 d_2 \quad g_2 w_3 d_3$
3	$g_2 w_4 d_2 \quad g_2 w_4 d_3$
2	
1	

v3	
7	$g_3 w_2 d_3 \quad g_3 w_2 d_2$
6	
5	$g_3 w_1 d_3$
4	
3	$g_3 w_4 d_2 \quad g_3 w_4 d_3$
2	$g_3 w_3 d_2 \quad g_3 w_3 d_3$
1	

v4	
7	$g_4 w_1 d_2 \quad g_4 w_1 d_3$
6	$g_3 w_1 d_1 \quad g_4 w_1 d_1$
5	$g_1 w_1 d_1 \quad g_4 w_2 d_1$
4	$g_1 w_2 d_1 \quad g_3 w_2 d_1 \quad g_4 w_4 d_1 \quad g_4 w_2 d_2$ $g_4 w_4 d_2 \quad g_4 w_2 d_3 \quad g_4 w_4 d_3 \quad g_5 w_1 d_1$ $g_5 w_1 d_2 \quad g_5 w_2 d_2 \quad g_5 w_1 d_3 \quad g_5 w_2 d_3$
3	$g_1 w_4 d_1 \quad g_2 w_1 d_1 \quad g_2 w_2 d_1 \quad g_3 w_4 d_1$
2	$g_1 w_3 d_1 \quad g_2 w_4 d_1$
1	$g_2 w_3 d_1$

v5	
7	$g_5 w_3 d_1 \quad g_5 w_3 d_2 \quad g_5 w_3 d_3$
6	$g_4 w_3 d_1 \quad g_4 w_3 d_2 \quad g_4 w_3 d_3$
5	$g_3 w_3 d_1$
4	$g_5 w_4 d_1 \quad g_5 w_4 d_2 \quad g_5 w_4 d_3$
3	$g_5 w_2 d_1$
2	
1	

Abbildung 9: Vorlagen mit zugeordneten Fertigungsaufgaben. Es wurde bei beiden Experten für jede Vorlage eine einspaltige Tabelle erstellt, in der die einer Vorlage zugeordneten Fertigungsaufgaben zusammengefasst sind, wobei die Zeilen der Tabelle durch das abgegebene Ähnlichkeitsurteil (1-7) definiert werden.

		HW				
		v1	v2	v3	v4	v5
R L	v1	2	1	2	3	3
	v2	4	6		8	
	v3		1	3	3	1
	v4				11	1
	v5	2	1	2		6

Abbildung 10: Kreuztabellierung. In den Zellen ist die Anzahl von Fertigungsaufgaben eingetragen, bei denen der eine Experte die Vorlage v_x , der andere die Vorlage v_y auswählte. In der Diagonale ist somit die Häufigkeit übereinstimmender Urteile ablesbar.

5 Zusammenfassung

In der empirischen Studie konnte gezeigt werden, daß Experten bei der Fertigungsplanung Variantenplanung einsetzen. Bei einer Variantenplanung versucht der Experte zunächst auf einer abstrakteren Ebene - dem Planskelett- eine ihm zur Verfügung stehende Lösung auf die neue Fertigungsaufgabe zu übertragen, wobei Modifikationen notwendig sein können.

Bei der Variantenplanung durch Übertragen eines Planskelettes beeinflussen in Ergänzung zum „Modell der Expertise“ Werkstück, Werkstatt *und* die zur Verfügung stehenden Pläne das Vorgehen des Experten bei der Planung.

In der Studie wurden für eine Reihe von Planungsaufgaben Planskelette und Fertigungspläne erhoben. In einer zusammenfassenden Strukturierung der Variantenplanungen konnten verschiedene Vorgehensweisen bei der Übertragung vorhandener Planskelette auf neue Fertigungsaufgaben unterschieden werden: In einzelnen Schritten werden Festlegungen (z. B. Werkzeug, Schnittdaten) variiert. Schritte werden hinzugefügt

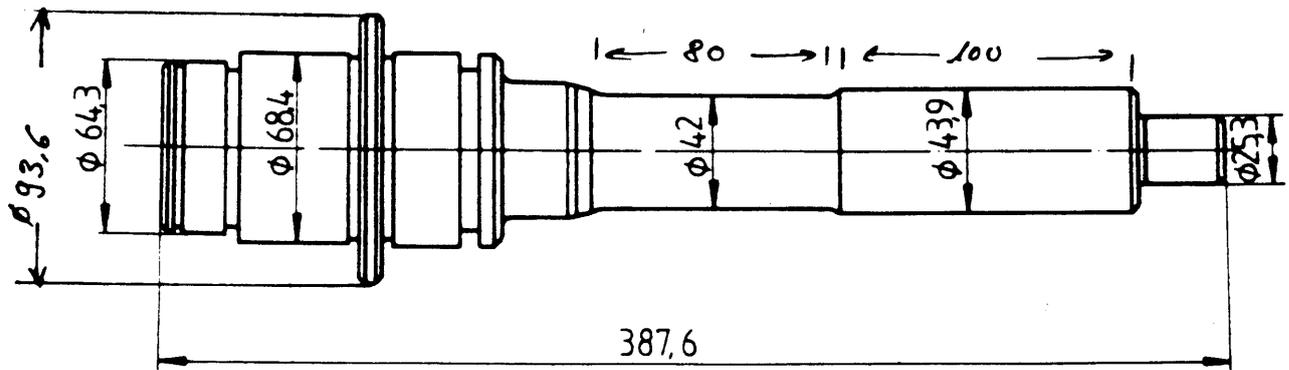
Literatur

- Breuker, J. & Wielinga, B. Models of expertise in Knowledge Acquisition. In *Topics in Expert Systems Design, Methodologies and Tools*. North-Holland, Guida, G. & Tasso, C. (Hrsg.), S.265-295, Amsterdam 1989.
- Kühn, O., Schmalhofer, F. & Schmidt, G. Diagnose von Wissenstypen für die Erstellung von Fertigungsplänen. *Tech. Rept. Interner Bericht des ARC-TEC-Projektes, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz*, 1990.
- Richter, M., Boley, H., Wetter, T., & Warnecke, G. ARC-TEC: Acquisition, Representation and Compilation of Technical Knowledge *Tech. Rept. Projekt*

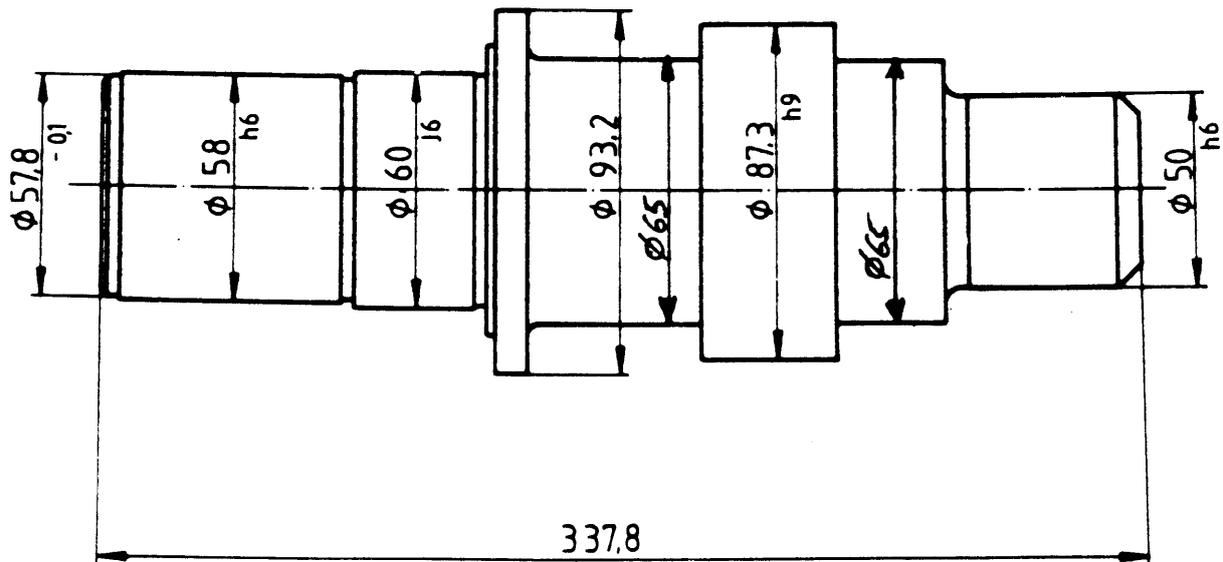
Anhang A

Anhang A enthält die graphischen Repräsentationen der in den Untersuchungen verwendeten CAD-Zeichnungen mit den entsprechenden geometrischen und einigen technologischen Daten. Diese wurden in der Industrie entwickelt und unverändert in die Untersuchung übernommen.

91



92



Anhang B

Anhang B enthält die in der Untersuchung 1 verwendeten Notationsschemata. Mit diesen wurden die Fertigungsplanungen dokumentiert. Jede Planung ist mit einer Bezeichnung belegt (z.B. $g_1w_2d_3$). Es waren folgende Inhalte festzuhalten:

- **Werkstück- und Werkstattbeschreibung**
Hier war die abstrakte Beschreibung des Werkstückes und der Werkstatt einzutragen. Im Feld „Kommentar“ konnte der Experte beliebige Bemerkungen aufzeichnen.
- **Planskelett**
Hier war eine Abfolge von Arbeitsschritten einzutragen. Die Reihenfolge war zu numerieren. Die Beschreibung enthielt qualitative Angaben über die Aufspannung, die Bearbeitungsart und -richtung, das verwendete Werkzeug und die Schnittdaten. Bei den Schnittdaten waren die qualitativen Abschätzungen von Tiefe, Vorschub und Schnittgeschwindigkeit mit einer quantitativen Bereichsangabe zu spezifizieren. Zusätzlich konnte jeder Schritt mit einem Kommentar versehen werden. Ein Schritt war im wesentlichen dadurch charakterisiert, daß ein Bearbeitungsziel (z.B. Schruppen, Schlichten, Gewindedrehen oder Nutzenstechen) verfolgte und dabei ein Werkzeug (z.B. linker abgesetzter Schruppdrehmeißel mit Hartmetall) verwendet wurde.
- **Produktmodell**
Hier waren die geometrischen und technologischen Daten des Werkstückmodelles festgelegt.
- **Produktionsmittel**
Hier waren die Bezeichnungen und Spezifikationen des verwendeten Rohteiles, der Drehmaschine, der Aufspannung(en) und Werkzeuge einzutragen.

Produktionsplan-

Anhang B

Anhang B enthält die in der Untersuchung 1 verwendeten Notationsschemata. Mit diesen wurden die Fertigungsplanungen dokumentiert. Jede Planung ist mit einer Bezeichnung belegt (z.B. $g_1w_2d_3$). Es waren folgende Inhalte festzuhalten:

- **Werkstück- und Werkstattbeschreibung**
Hier war die abstrakte Beschreibung des Werkstückes und der Werkstatt einzutragen. Im Feld „Kommentar“ konnte der Experte beliebige Bemerkungen aufzeichnen.
- **Planskelett**
Hier war eine Abfolge von Arbeitsschritten einzutragen. Die Reihenfolge war zu nummerieren. Die Beschreibung enthielt qualitative Angaben über die Aufspannung, die Bearbeitungsart und -richtung, das verwendete Werkzeug und die Schnittdaten. Bei den Schnittdaten waren die qualitativen Abschätzungen von Tiefe, Vorschub und Schnittgeschwindigkeit mit einer quantitativen Bereichsangabe zu spezifizieren. Zusätzlich konnte jeder Schritt mit einem Kommentar versehen werden. Ein Schritt war im wesentlichen dadurch charakterisiert, daß ein Bearbeitungsziel (z.B. Schruppen, Schlichten, Gewindedrehen oder Nutzenstechen) verfolgte und dabei ein Werkzeug (z.B. linker abgesetzter Schruppdrehmeißel mit Hartmetall) verwendet wurde.
- **Produktmodell**
Hier waren die geometrischen und technologischen Daten des Werkstückmodelles festgelegt.
- **Produktionsmittel**
Hier waren die Bezeichnungen und Spezifikationen des verwendeten Rohteiles, der Drehmaschine, der Aufspannung(en) und Werkzeuge einzutragen.
- **Produktionsplan**
Hier war die Abfolge der Fertigungsschritte einzutragen. Die Reihenfolge war zu nummerieren. Die Festlegung jedes Schrittes enthielt einen Verweis auf die verwendeten Aufspannung(en) und Werkzeuge (zuvor unter Produktionsmittel spezifiziert), sowie die zu fahrenden Schnittwerte. Der Verfahrensweg wurde in eine Graphik eingezeichnet. In einem Schritt wurde jeweils ein Werkzeug verwendet, es konnten jedoch mehrere Schnitte (z.B. 2*1b) enthalten sein. Falls hier unterschiedliche Schnittwerte gefahren wurden, waren diese getrennt spezifiziert (z.B. beim Vorschub: 0.3+0.5).
- **CAD-Zeichnung und Verfahrenwege**

G W D

Planskelett

Schritt			
Aufspannung			
Spannmittel			
Spannkraft			
Wstorientierung			
Bearbeitung			
B.richtung			
Werkzeug			
Schnitt Verfahrweg			
Tiefe			
Vorschub			
Schnittgeschw.			
Kommentar			

G W D

Produktmodell

Geometrie	
Technologie	

Produktionsmittel

Rohteil	
Drehmaschine	
Aufspannung	
Spannmittel	
Spannkraft Wstorient.	
Werkzeug	
Halter	
Schaftquerschnitt	
Klemmart	
Einstellwinkel	
Schneidplatte	
Eckenradius	
Plattenform	
Schneidstoff	

G W D

Werkzeug		
Halter		
Schaftquerschnitt		
Klemmart		
Einstellwinkel		
Schneidplatte		
Eckenradius		
Plattenform		
Schneidstoff		
Werkzeug		
Halter		
Schaftquerschnitt		
Klemmart		
Einstellwinkel		
Schneidplatte		
Eckenradius		
Plattenform		
Schneidstoff		

G W D

Produktionsplan

Schritt		
Aufspannung		
Werkzeug		
Schnitt		
Tiefe		
Vorschub		
Schnittgeschw.		
Verfahrweg		
Schritt		
Aufspannung		
Werkzeug		
Schnitt		
Tiefe		
Vorschub		
Schnittgeschw.		
Verfahrweg		
Schritt		
Aufspannung		
Werkzeug		
Schnitt		
Tiefe		
Vorschub		
Schnittgeschw.		
Verfahrweg		

Anhang C

Anhang C enthält das in den ersten fünf Fallbearbeitungen der Untersuchung erhaltene Domänenwissen über

- die Zuordnung von Planskeletten (bzw. einzelnen Schritten) zur abstrakten Werkstück- und Werkstattbeschreibungen, sowie
- die Verfeinerung von Planskeletten zu konkreten Fertigungsplänen.

Dieses wurde vor allem dadurch erhoben, daß der Experte seine Ausgestaltungen und Festlegungen detailliert begründen mußte. Es ist als Regelsatz dokumentiert.

Regel 1 :

Bei Aluminium

→

sollte keine Schneidkeramik verwendet werden.

Regel 2 :

Bei Aufbauschneidenbildung

→

sollte der gewählte Schnittgeschwindigkeitsbereich über oder unter dem Maximum liegen.

Regel 3 :

Bei Aluminium

→

sollten Schnittgeschwindigkeit sehr hoch und Vorschub hoch gewählt werden.

Regel 4 :

Bei der Bearbeitung von Aluminium mit niedriger Schnittgeschwindigkeit

→

kann es zu Aufbauspänen kommen.

Regel 5 :

Je härter das zu bearbeitende Aluminium ist,

→

desto schlechter werden seine Zerspanungseigenschaften.

Regel 6 :

Bei weichem Aluminium

→

sollte die Schneide sehr scharf gemacht werden, d.h. der Spanwinkel klein und der Freiwinkel größer gewählt werden.

Regel 7 :

Bei Aluminium

→

sollte als Schneidstoff Hartmetall (K-Sorte) verwendet werden.

Regel 8 :

Eine Außenbearbeitung

→

sollte rundlaufgenau sein.

Regel 9 :

Bei der Aufspannung zwischen zwei Spitzen

→

sind eine hohe Rundlaufgenauigkeit und geringe Rüst- und Spannzeiten gewährleistet.

Regel 10 :

Bei der Aufspannung mit Backenfutter

→

ist der Bearbeitungsraum eingeschränkt und die Rundlaufgenauigkeit mittel.

Regel 11 :

Bei Außenbearbeitung mit erlaubten Zentrierbohrungen und geringen Oberflächenanforderungen an die Planflächen

→

sollten als Aufspannungsart Stirnseitenmitnehmer und zwei Spitzen gewählt werden.

Regel 12 :

Bei stabilen Werkstücken und axialer Aufspannung

→

kann die axiale Kraft relativ hoch gewählt werden.

Regel 13 :

Beim Schrappen

→

sollten Eckenradius und Eckenwinkel möglichst groß gewählt werden.

Regel 14 :

Hat die verwendete Drehmaschine X Werkzeuge,

→

so sollten höchstens X verschiedene Werkzeuge bei der Bearbeitung verwendet werden.

Regel 15 :

Bei der Wahl des Einstellwinkels

→

sind die Kriterien Ratterschwingung und Schneidenbelastung zu beachten.

Regel 16 :

Bei einer eher labilen Maschine mit einem schlechten bis normalen Wartungszustand und einem härteren Werkstoff

→

sollte der Einstellwinkel mittel gewählt werden.

Regel 17 :

Bei Hartmetall

→

kann man mit Kühlwasser arbeiten.

Regel 18 :

Bei der Verwendung von Schneidkeramik

→

darf kein Kühlmittel verwendet werden.

Regel 19 :

Bei einem stabilen Werkstück und einer stabilen Drehmaschine

→

kann Schneidkeramik verwendet werden.

Regel 20 :

Beim Schlichten

→

können ein kleiner Eckenwinkel und Eckenradius gewählt werden.

Regel 21 :

Beim Konturdehen

→

können ein kleiner Eckenwinkel und Eckenradius gewählt werden.

Regel 22 :

Bei der Aufspannung mit Backenfutter

→

ist die Fliehkraft der Backen bei hoher Umdrehungsfrequenz zu beachten.

Regel 23 :

Bei der Aufspannung mit Stirnseitenmitnehmer

→

können beliebige Drehfrequenzen gewählt werden.

Regel 24 :

Bei zwei Arbeitsgängen mit Umspannen und Verwendung eines Stirnseitenmitnehmers und einer Planfläche des Werkstückes, deren Durchmesser geringer dem der Mitnehmerspitze ist,

→

ist diese Planfläche im zweiten Arbeitsgang zu bearbeiten.

Regel 25 :

Bei Gewinden

→

sollte die Schnittgeschwindigkeit 25 % niedriger als normal gewählt werden.

Regel 26 :

Bei der Gewindebearbeitung mit Hartmetall

→

muß die Schnittgeschwindigkeit über 40 U/min liegen.

Regel 27 :

Bei der Bearbeitung von Vergütungsstahl

→

sollte eine Drehmaschine mit hoher Leistungsstärke und Stabilität gewählt werden.

Regel 28 :

Bei der Bearbeitung von Vergütungsstahl

→

sollte als Schneidstoff Hartmetall der Gruppe P oder beschichtetes Hartmetall oder Schneidkeramik verwendet werden.

Regel 29 :

Bei der Wahl des Werkzeughalters (vor allem beim Schrappen)

→

sollte die Stabilität möglichst hoch sein.

Regel 30 :

Bei der Bearbeitung von Vergütungsstahl

→

sollte die Spannkraft möglichst hoch gewählt werden.

Regel 31 :

Bei der Bearbeitung von Vergütungsstahl

→

sollte mit Schneidkeramik und hoher Schnittgeschwindigkeit gearbeitet werden.

Regel 32 :

Bei einer Geometrie mit beidseitig abfallender Kontur und einer Maschine mit wenig Werkzeugen

→

sind vermutlich mehrere Arbeitsgänge (mehrere Aufspannungen mit ev. Umdrehen des Werkstückes) erforderlich.

Regel 33 :

Bei Ritzelwellen

→

muß an Lager und Ritzelstelle feinstbearbeitet werden.

Regel 34 :

Bei Gewinden

→

sollte keine Fase an der Platte verwendet werden.

Regel 35 :

Breite Nuten

→

sollten entweder durch mehrmaliges Einstechen mit schmalem Stechdrehmeißel oder mit abgesetzten Drehmeißeln bearbeitet werden.

Regel 36 :

Schmale Nuten

→

sollten durch einmaliges Einstechen mit schmalem Stechdrehmeißel bearbeitet werden.

Regel 37 :

Bei der Verwendung von Stechdrehmeißeln

→

sollten diese scharf und möglichst kurz eingespannt sein.

Regel 38 :

Bei C45 ist mit Ausnahme einer schweren Schruppbearbeitung

→

eine mittlere Auslegung der Plattengrößen zu wählen.

Regel 39 :

Bei der Wahl des Schaftquerschnittes

→

sind die Bearbeitungsart und die Härte des Werkstoffes zu beachten.

Regel 40 :

Je negativer der Spanwinkel,

→

desto größer ist der Kolkverschleiß.

Regel 41 :

Die Auflagefläche der Schneidplatte

→

ist möglichst groß zu wählen.

Regel 42 :

Bei Gewinden

→

ist ein Spanwinkel von 0 oder ein positiver Spanwinkel zu wählen.

Regel 43 :

Bei Gewinden

→

ist ein Einstellwinkel von 90 zu wählen.

Regel 44 :

Bei der Verwendung von Haltern mit einem negativen Neigungswinkel,

→

können Platten ohne Freiwinkel benutzt werden.

Regel 45 :

*Bei der Verwendung von Haltern mit einem positiven Neigungswinkel,
→
müssen Platten mit Freiwinkel benutzt werden.*

Regel 46 :

*Je größer der Freiwinkel und Spanwinkel,
→
desto größer sind Schärfe und Instabilität der Schneidplatte.*

Regel 47 :

*Bei der Bearbeitung von Nuten
→
ist auf guten Spanfluß zu achten.*

Regel 48 :

*Bei der Verwendung von Schneidkeramik
→
kann man höhere Schnittgeschwindigkeiten und Vorschübe fahren.*

Regel 49 :

*Beim Schlichten auf Toleranzmaß ohne besondere Oberflächengüten
→
ist der Vorschub kleiner 0.2 mm zu wählen.*

Regel 50 :

*Bei der Schrubbearbeitung
→
ist ein negativer Neigungswinkel zu bevorzugen.*

Regel 51 :

*Bei der Schrubbearbeitung
→
ist eine Rechtecksplatte zu bevorzugen.*

Regel 52 :

*Metrische Gewinde
→
sollten mit einer Dreiecks- oder Gewindeplatte und mit einem Eckenwinkel von 60 und einem minimalen Eckenradius bearbeitet werden.*

Regel 53 :

*Bei Gewinden (mit einer bestimmten Steigung)
→
muß die Kontur in mehreren Arbeitsgängen gefertigt werden, wobei deren Anzahl und die einzelnen Zustellungen steigungsspezifisch sind.*

Regel 54 :

*Bei einer Bearbeitung ohne besondere Toleranzen oder Oberflächenangaben
→
kann der Vorschub ein wenig höher als normal (Richtwert) gewählt werden.*

Regel 55 :

*Bei der Verwendung von Schneidkeramik
→
ist ein Anschnitt notwendig.*

Regel 56 :

*Beim Gewindeschneiden
→
ist auf den Schneidendruck zu achten.*

Regel 57 :

Je mehr man sich beim Gewindedrehen dem Gewinderund nähert,

→

desto kleiner sind die Schnittiefen zu wählen.

Regel 58 :

Bei der Bearbeitung von austenitischen Stählen

→

sollte man sehr kleine Vorschübe (kleiner 0.1 mm) und sehr kleine Schnittiefen (kleiner 0.1 mm) vermeiden.

Regel 59 :

Je größer der Eckenradius (insbesondere bei der Feinstbearbeitung),

→

desto größer ist die Zustellung zu wählen.

Regel 60 :

Bei der Bearbeitung von austenitischen Stählen

→

sollte man mit Kühlschmiermittel arbeiten.

Regel 61 :

Gußeisen

→

sollte mit Hartmetallplatten der K-Qualität bearbeitet werden.

Regel 62 :

Bei der Fein- und Feinstbearbeitung von Gußeisen

Regel 63 :

Bei der Bearbeitung von Gußeisen durch beschichtete Hartmetallplatten oder Schneidkeramik

→

können ein hoher Vorschub und eine hohe Schnittgeschwindigkeit und eine mittlere Schnittiefe gewählt werden.

Regel 64 :

Gußeisen mit Lamellengraphit und metallischem Grundgefüge

→

sollten mit Schneidkeramik bei mittlerer bis hoher Schnittgeschwindigkeit (600-800 U/min) bearbeitet werden.

Regel 65 :

Je höher der Pelitanteil im metallischen Grundgefüge eines Werkstoffes,

→

desto höher ist die Werkstofffestigkeit.

Regel 66 :

Wenn der größte Fertigteildurchmesser an einem Ende des Werkstückes liegt,

→

kann man mit einer Aufspannung arbeiten.

Regel 67 :

Bei relativ langen und schlanken Teilen mit mindestens einer erlaubten Zentrierbohrung

→

sollte als Aufspannung Spitze und Dreihackenfutter oder Spannanzug

sollten K05er oder K01er oder Cermets verwendet werden.

gewählt werden.

Regel 68 :

Wenn bei schlanken und langen Teilen die Gefahr von Ratterschwingungen besteht,

→

sollte man in zwei Arbeitsgängen mit Lünette arbeiten.

Regel 69 :

Bei Edelstahl (hochlegierter, rost-, säure- und hitzebeständiger Stahl)

→

kommt es durch die hohe thermische und mechanische Belastung zu hohem Verschleiß der Werkzeugschneide.

Regel 70 :

Edelstahl (hochlegierter, rost-, säure- und hitzebeständiger Stahl)

→

sollte mit Hartmetall als Schneidstoff und niedriger Schnittgeschwindigkeit (70-190 U/min) bearbeitet werden.

Regel 71 :

Edelstahl (hochlegierter, rost-, säure- und hitzebeständiger Stahl)

→

sollte mit einer Spanleitstufe oder einem Spanbrecher oder speziellen Platten ohne Beschichtung (scharfkantig) bearbeitet werden.

Regel 72 :

Bei Edelstahl (austenitischer Stahl)

→

sollte ein möglichst großer positiver Spanwinkel (5-15) und ein ausreichender Freiwinkel (6-10) gewählt werden.

Regel 73 :

Bei der Wahl der Aufspannung(en) ist zu beachten,

→

daß die Anzahl der Spannlagern so klein wie möglich ist, für jede Spannlagern geeignete Bezugs- oder Anlageflächen vorhanden sind oder gefertigt werden, daß Toleranzen und Oberflächengüten eingehalten werden können und die Spannung am größtmöglichen Werkstückdurchmesser erfolgt.

Anhang D

Anhang D enthält die in der Untersuchung eins für die einzelnen Fertigungsaufgaben erhobenen abstrakten Werkstück- und Werkstattbeschreibungen, Planskelette und Fertigungspläne.

$$1 = G_3 W_3 D_1$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Ritzelwelle aus weichem Aluminium beidseitige Zentrierbohrungen erlaubt mit mittleren Freimaßtoleranzen mit teilweise erhöhten Oberflächenanforderungen mit beidseitig abfallender Kontur mit Nuten und einem Gewinde
Werkstatt	Ausbildungsmaschine mit wenigen Werkzeugen mit geringer Leistung mit geringer Stabilität (→ Spanbildung)

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a1 Stirnseitenmitnehmer mit zwei Spitzen mittel Gewinde bei Antriebsseite	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schlichten ←
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall	w2 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel ←
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a über das gesamte Werkstück bis zu Beginn der Schräge (mehrmals) hoch hoch mittel/hoch	2a abfahren der Kontur gering gering hoch
Kommentar		

$$1 = G_3 W_3 D_1$$

Planskelett

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a2 Stirnseitenmitnehmer mit zwei Spitzen mittel Gewinde bei Reitstock	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen ←	Schlichten (Konturdrehen) ←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1b bis zum Beginn der Schräge (mehrmals) mittel mittel mittel	2b abfahren der Kontur gering gering mittel/hoch
Kommentar		

Schritt	5	6
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutenstechen ←	Gewindedrehen ←
Werkzeug	w3 Nutenstechdrehmeißel mit Hartmetall	w4 Gewindedrehmeißel ←
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3b beide Nuten =Nut gering gering	4b Gewinde (mehrmals) =Steigung gering
Kommentar		

$$1 = G_3 W_3 D_1$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g3 Werkstoff: AlMgSi (weich) ansonsten siehe g3
----------------------------------	---

Produktionsmittel

Rohteil	Zylinder 63mm
----------------	---------------

Drehmaschine	Emcoturn 140
---------------------	--------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1	a2
--	----	----

Werkzeug	w1	w2
Halter	SSBCL 2020 H09	MTJNL 2020 K16
Schaftquerschnitt	20*20	20*20
Klemmart	Schnellschraubsystem	Keilspannpratzensystem
Einstellwinkel	75	93
Schneidplatte	SCMM 09 T308-53	TCMM 110204-53
Eckenradius	0.8	0.4
Plattenform	90	60
Schneidstoff	H13A	H13A

Werkzeug	w3	w4
Halter	L 154.91-2020-5Q	R 166.OFG 20*20-16
Schaftquerschnitt	20*20	20*20
Klemmart	Spannfingersystem	Schnellspannschraube
Einstellwinkel	90	60
Schneidplatte	L 154.91-5 315	R 166.OG-16MM01-150
Eckenradius		
Plattenform	Nutstechplatte	60
Schneidstoff	H20	GC225

$$1 = G_3 W_3 D_1$$

Produktionsplan

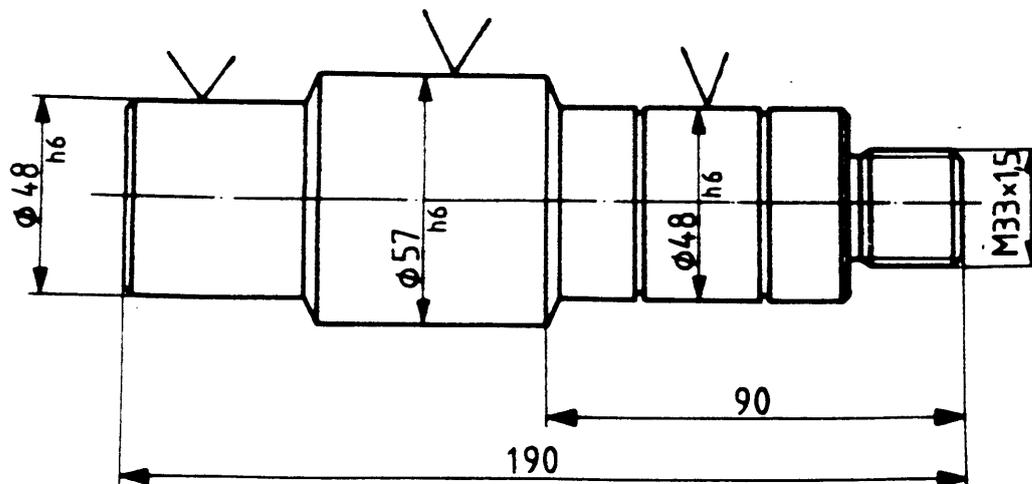
Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	3*1a	2a
Tiefe	5.5+4.5+4.5	0.5
Vorschub	0.4	0.1
Schnittgeschw.	200	300
Verfahrweg	(siehe geometrie)	←

Schritt	3	4
Aufspannung	a2	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	10*1b	0.5 (außer Gewindeeinstich)
Tiefe	4*2.25+6*2.5	0.5
Vorschub	0.2	0.1
Schnittgeschw.	200	300
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

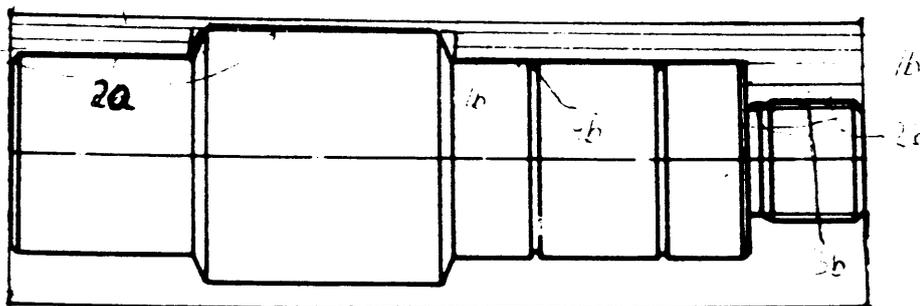
Schritt	5	6
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	4b	6*3b
Tiefe	=Nut	0.26+0.23+0.17+0.14+0.12+0.06
Vorschub	0.1	=Steigung
Schnittgeschw.	100	150
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

$$1 = G_3 W_3 D_1$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$2 = G_3 W_1 D_1$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Ritzelwelle aus Vergütungsstahl beidseitige Zentrierbohrungen erlaubt mit mittleren Freimaßtoleranzen mit teilweise erhöhten Oberflächenanforderungen mit beidseitig abfallender Kontur mit Nuten und einem Gewinde
Werkstatt	Ausbildungsmaschine mit wenigen Werkzeugen mit geringer Leistung mit geringer Stabilität
Werkstatt	Leistung der Maschine zu gering für Schneidkeramik

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a1 Stirnseitenmitnehmer mit zwei Spitzen mittel Zapfen bei Antriebsseite	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schlichten ←
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall	w2 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel ←
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a über das gesamte Werkstück bis zu Beginn der Schräge (mehrmals) mittel:4-10 niedrig:0.4-1 mittel:170-230	2a abfahren der Kontur gering:0.25-2.0 niedrig:0.05-0.2 mittel:170-235
Kommentar		

$$2 = G_3 W_1 D_1$$

Planskelett

$$2 = G_3 W_1 D_1$$

Geometrie Technologie	g3 Werkstoff: C45 ansonsten siehe g3
----------------------------------	--

Produktionsmittel

Rohteil	Zylinder 63mm
----------------	---------------

Drehmaschine	Emcoturn 140
---------------------	--------------

Aufspannung	a1	a2
Spannmittel		
Spannkraft		
Wstorient.		

Werkzeug	w1	w2
Halter	PSRNL 2020 K12	MTJNL 2020 K16
Schaftquerschnitt	20*20	20*20
Klemmart	Hebelspannsystem	Keilspannsystem
Einstellwinkel	75	93
Schneidplatte	SNMG-120408-61	TNMG 1604-61
Eckenradius	0.8	0.4
Plattenform	90	60
Schneidstoff	S415	S1P

Werkzeug	w3	w4
Halter	L 154.91-2020-5Q	R 166.OFG 20*20-16
Schaftquerschnitt	20*20	20*20
Klemmart	Spannfingersystem	Schnellspannschraube
Einstellwinkel	90	60
Schneidplatte	L 154.91-5 315	R 166.OG-16MM01-150
Eckenradius		
Plattenform	Nutstechplatte	Gewindeschneidplatte
Schneidstoff	S4	S30T

$$2 = G_3 W_1 D_1$$

Produktionsplan

Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	6*1a	2a
Tiefe	2.75+2.75+2.25+2.25+2.25+2.25	0.5
Vorschub	0.15	0.15
Schnittgeschw.	170	200
Verfahrweg	(siehe geometrie)	←

Schritt	3	4
Aufspannung	a2	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	10*1b	2b
Tiefe	4*2.25+6*2.5	0.5 (außer Gewindeeinstich)
Vorschub	0.35	0.15
Schnittgeschw.	170	200
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

Schritt	5	6
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	4b	4*3b
Tiefe	=Nut	0.5+0.25+0.16+0.07
Vorschub	0.15	=Steigung
Schnittgeschw.	100	100
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

$$3 = G_5 W_4 D_1$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Achswelle aus hochlegiertem Stahl mit einseitig abfallender Kontur mit Gewinde, Passungen, Nuten und Schrägen
Werkstatt	Ausbildungsmaschine mit wenig Werkzeugen mit geringer Leistung und Stabilität
Kommentar	Rohteildurchmesser=gröster Fertigteildurchmesser

$$3 = G_5 W_4 D_1$$

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a1 Dreibackenfutter Zentrierspitze Gewindeabsatz bei Spitze	
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schlichten ←
Werkzeug	w1 linker abgesetzter Schruppdrehmeißel mit Hartmetall	w2 linker abgesetzter Schlichtdrehmeißel (Kopierdrehmeißel) mit Hartmetall
Schnitt Tiefe Vorschub Geschwindigkeit Verfahrweg	1a gering:1-2.5 gering:0.15-0.25 gering:100-170 (siehe Geometrie)	2a gering:0.25-1 gering:0.05-0.1 gering:150-200

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutenstechen ←	Gewindedrehen ←
Werkzeug	gerader Nutenstechdrehmeißel mit Hartmetall	Gewindedrehmeißel mit Hartmetall
Schnitt Tiefe Vorschub Geschwindigkeit Verfahrweg	4a =Nut gering:0.05-1 gering:50-100	3a (mehrmals) Vorgabe Katalog =Steigung gering:50-80 (siehe Geometrie)

$$3 = G_5 W_4 D_1$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g5 Werkstoff: X5 CrNi 18 9 ansonsten siehe g5
----------------------------------	---

Produktionsmittel

Rohteil	Zylinder105
----------------	-------------

Drehmaschine	Emcoturn 140
---------------------	--------------

Aufspannung Spannkraft Spannmittel Wstorientierung	a1	
---	----	--

Werkzeug	w1	w2
Halter	PCLNL 2020 P12	MTJNL 2020 M22
Schaftquerschnitt	20*20	20*20
Klemmart	Hebelspannsystem	Keilspannpratzensystem
Einstellwinkel	95	93
Schneidplatte	CNMG 1204 08	TNMG 220404
Eckenradius	0.8	0.4
Plattenform	80	60
Schneidstoff	S1P	S1P

Werkzeug	w3	w4
Halter	L 154.91 -2020-5Q	R 166.OFG. 2020-16
Schaftquerschnitt	20*20	20*20
Klemmart	Spannfingersystem	Schnellspannschraube
Einstellwinkel	90	60
Schneidplatte	L 154.91-5315	R 16606-16M M01-200 S10T
Eckenradius		
Plattenform	Nutenstechplatte	Gewindeplatte (Steigung=2mm)
Schneidstoff	S4	S30T

$$3 = G_5 W_4 D_1$$

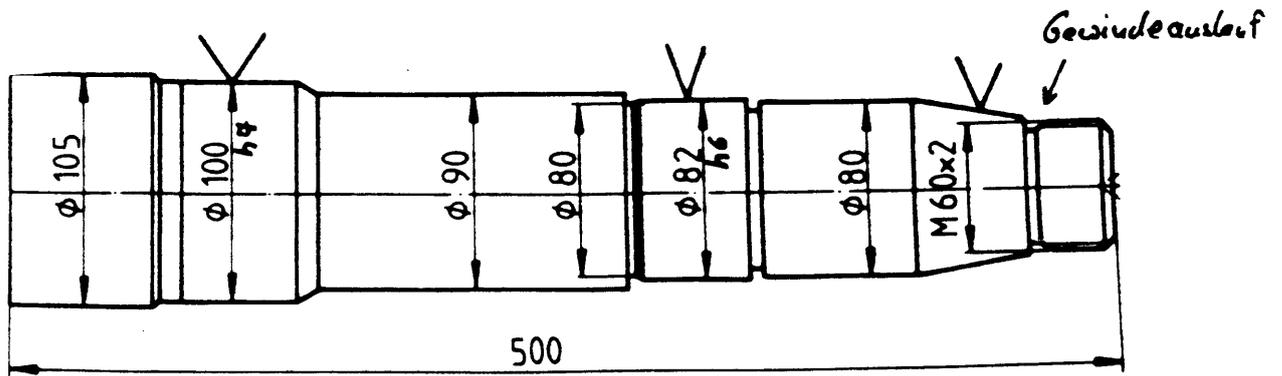
Produktionsplan

Schritt	1	2	3	4
Aufspannung	a1	←	←	←
Werkzeug	w1	←	←	←
Schnitt	2*1a1	4*1a2	3*1a3	1a4
Tiefe	1.125+1.125	4*1.125	1.125+1.125+1.5	1
Vorschub	0.25	←	←	←
Geschwindigkeit	170	←	←	←
Fahrweg	(siehe Geometrie)	←	←	←

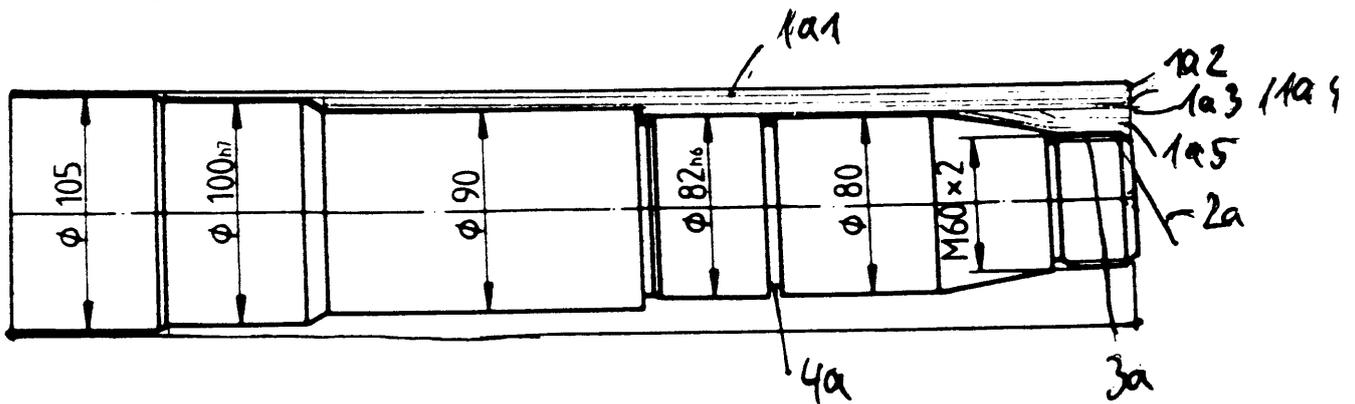
Schritt	5	6	7	8
Aufspannung	←	←	←	←
Werkzeug	w1	w2	w3	w4
Schnitt	8*1a5	2a	8*3a	4a
Tiefe	8*1.125	0.5	=Nut	0.27+0.24+0.18+0.16 0.14+0.12+0.11+0.06
Vorschub	0.25	0.075	0.075	2
Geschwindigkeit	170	150	75	60
Fahrweg	(siehe Geometrie)			

$$3 = G_5 W_4 D_1$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$4 = G_3 W_4 D_1$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Ritzelwelle aus hochlegiertem Stahl beidseitige Zentrierbohrungen erlaubt mit mittleren Freimaßtoleranzen
------------------	--

$$4 = G_3W_4D_1$$

Planskelett

Schritt	3	4
---------	---	---

$$4 = G_3 W_4 D_1$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g3 Werkstoff: X5 CrNi 18.9
----------------------------------	-------------------------------

Rohteil	Zylinder105
----------------	-------------

Drehmaschine	Emcoturn 140
---------------------	--------------

Aufspannung Spannkraft Spannmittel Wstorientierung	a1	a2
--	----	----

Werkzeug Halter Schaftquerschnitt Klemmart Einstellwinkel Schneidplatte Eckenradius Plattenform Schneidstoff	w1 PCLNL 2020 P12 20*20 Hebelspannsystem 95 CNMG 1204 08 0.8 80 S1P	w2 MTJNL 2020 M22 20*20 Keilspannpratzensystem 93 TNMG 220404 0.4 60 S1P
---	---	--

Werkzeug Halter Schaftquerschnitt Klemmart Einstellwinkel Schneidplatte Eckenradius Plattenform Schneidstoff	w3 L 154.91 -2020-5Q 20*20 Keilspannsystem 90 L 154.91-5315 Nutenstechplatte S4	w4 R 166.OFG. 2020-16 20*20 Schnellspannschraube 60 R 166.OG-16MM01-150 Gewindeplatte (Steigung=1.5mm) S30T
---	--	--

$$4 = G_3 W_4 D_1$$

Produktionsplan

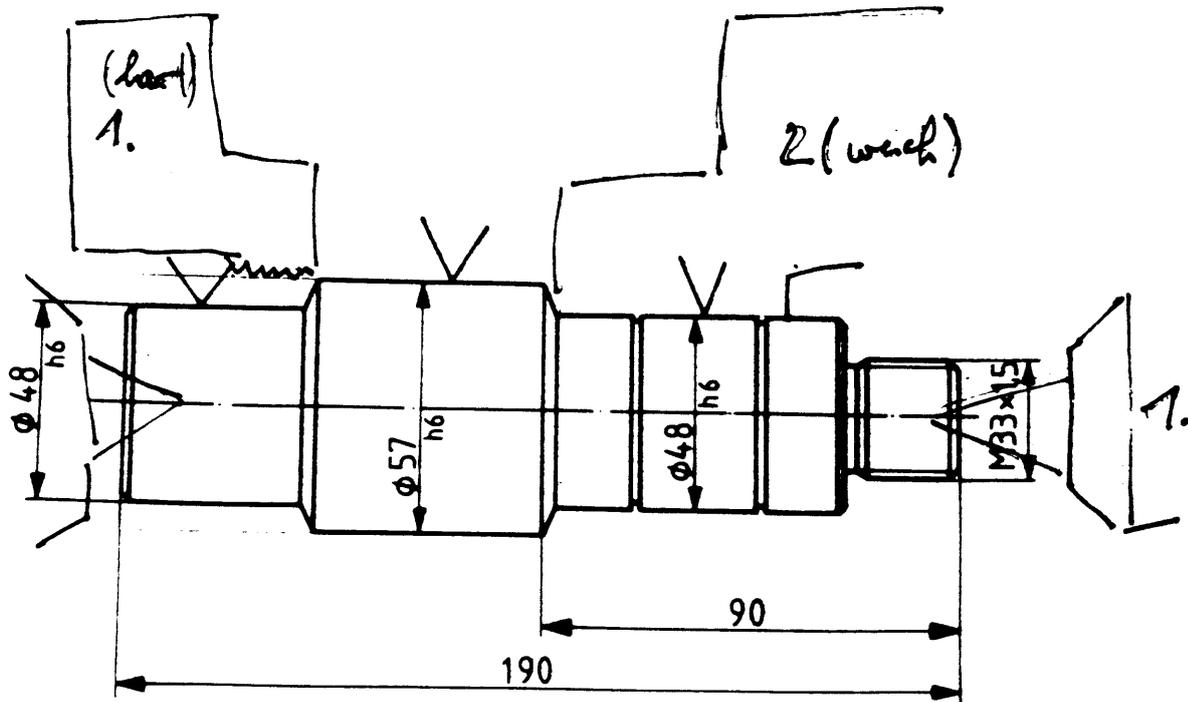
Schritt	1	2	3
Aufspannung	a1	←	←
Werkzeug	w1	←	←
Schnitt	1a1	2*1a2	3*1a3
Tiefe	2.5	2.5+2	2.5+2.5+2.5
Vorschub	0.15	←	←
Geschwindigkeit	145	←	←
Fahrweg	(siehe Geometrie)	←	←

Schritt	4	5	6
Aufspannung	←	←	←
Werkzeug	w2	w3	w4
Schnitt	2a	2*4a	6*3a
Tiefe	1	=Nut	0.14+0.12+0.06+ 0.14+0.12+0.06
Vorschub	0.075	0.075	=Steigung
Geschwindigkeit	175	75	60
Fahrweg	(siehe Geometrie)		

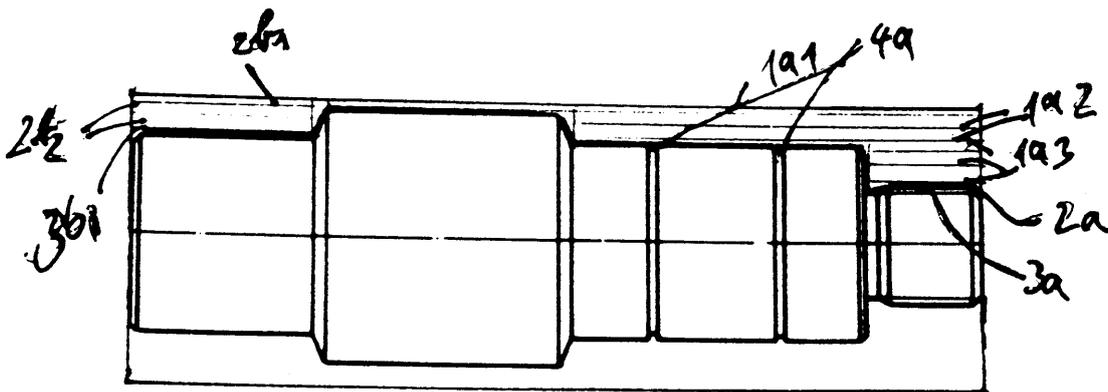
Schritt	7	8	9
Aufspannung	a2	←	←
Werkzeug	w1	←	w2
Schnitt	2b1	2*2b2	3b
Tiefe	2.5	2.5+2	1
Vorschub	0.15	←	0.075
Geschwindigkeit	145	←	175
Fahrweg	(siehe Geometrie)	←	←

$$4 = G_3 W_4 D_1$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$5 = G_3 W_2 D_1$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Ritzelwelle aus Gußeisen beidseitige Zentrierbohrungen erlaubt mit mittleren Freimaßtoleranzen mit teilweise erhöhten Oberflächenanforderungen mit beidseitig abfallender Kontur mit Nuten und einem Gewinde mit relativ stabiler Fertigteilkontur
Werkstatt	Ausbildungsmaschine mit wenig Werkzeugen mit geringer Leistung und Stabilität
Kommentar	relativ einfache Fertigungsaufgabe Leistung zu gering für Schneidkeramik

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a1 Stirnseitenmitnehmer mit zwei Spitzen mittel Gewinde bei Antriebsseite	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schlichten (Kontur) ←
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall	w2 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel ←
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a über das gesamte Werkstück bis zu Beginn der Schräge (mehrmals) gering:1-3 gering:0.4-0.7 mittel:200-300	2a abfahren der Kontur gering:0.25-2 gering:0.05-1 mittel:200-300
Kommentar		

$$5 = G_3 W_2 D_1$$

Planskelett

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a2 Stirnseitenmitnehmer mit zwei Spitzen mittel Gewinde bei Reitstock	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen ←	Schlichten (Konturdrehen) ←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1b bis 48 und M33*1.5 (mehrmals) gering:1-3 gering:0.4-0.7 mittel:200-300	2b Kontur folgend gering:0.25-2 gering:0.05-1 mittel:200-300
Kommentar		

Schritt	5	6
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutenstechen ←	Gewindedrehen ←
Werkzeug	w3 linker abgesetzter Nutenstechdrehmeißel mit Hartmetall	w4 Gewindedrehmeißel ←
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3b beide Nuten =Nut gering:0.1-0.2 mittel:350-450	4b Gewinde (mehrmals) zuerst mittel (um 0.5) dann geringer (bis 0.2) =Steigung gering:50-200
Kommentar		

$$5 = G_3 W_2 D_1$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g3 Werkstoff: GG25 ansonsten siehe g3
----------------------------------	---

Produktionsmittel

Rohteil	Zylinder 63mm
----------------	---------------

Drehmaschine	Emcoturn 140
---------------------	--------------

Aufspannung	a1	a2
Spannmittel		
Spannkraft		
Wstorient.		

Werkzeug	w1	w2
Halter	MTGNL 2020 M22	PDJNL 2020 K15
Schaftquerschnitt	20*20	20*20
Klemmart	Keilspannsystem	Hebelspannsystem
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	TNMA 220408	DNMA 150604
Eckenradius	0.8	0.4
Plattenform	60	55
Schneidstoff	3015/415	415

Werkzeug	w3	w4
Halter	L 154.91-2020-5Q	R 166.OFG 2020-16
Schaftquerschnitt	20*20	20*20
Klemmart	Spannfingersystem	Schnellspannschraube
Einstellwinkel	90	60
Schneidplatte	L 154.91-5 415	R 166.OG-16MM01-150
Eckenradius		
Plattenform	Nutstechplatte	60
Schneidstoff	H20	S30T

$$5 = G_3 W_2 D_1$$

Produktionsplan

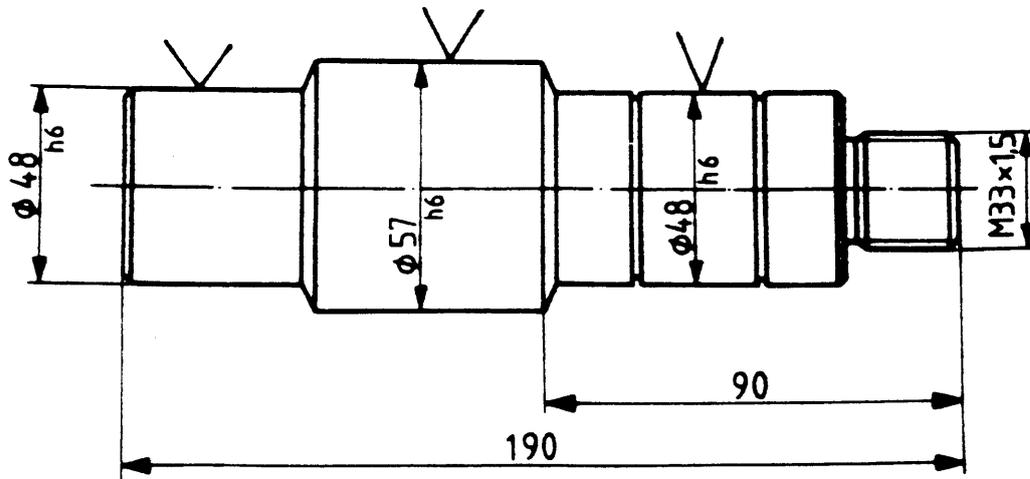
Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	3*1a	2a
Tiefe	2.75+2.25+2,25	0.5
Vorschub	0.3	0.15
Schnittgeschw.	200	300
Verfahrweg	(siehe geometrie)	←

Schritt	3	4
Aufspannung	a2	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	5*1b	2b
Tiefe	2.25+2.25+2.5 +2.5 +2.5	0.5
Vorschub	0.3	0.15
Schnittgeschw.	200	300
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

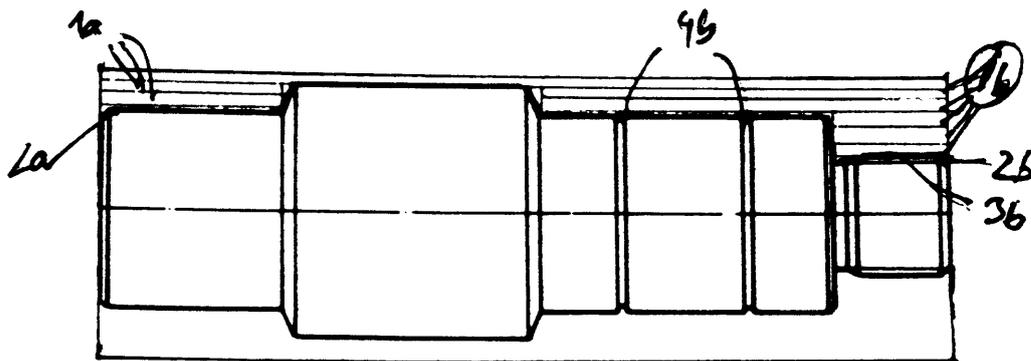
Schritt	5	6
Aufspannung	←	←

$$5 = G_3W_2D_1$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$6 = G_1 W_2 D_3$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Antriebswelle mit beidseitig abfallender Kontur aus Grauguß relativ lang und schlank erlaubte Zentrierbohrungen an beiden Enden ohne besondere Oberflächengüten Planflächen an den Enden werden nicht bearbeitet
Werkstatt	Fertigungsmaschine mit hoher Leistung mit großer Stabilität mit der Möglichkeit synchroner Bearbeitung (2 Revolver) mit großer Anzahl Werkzeugen
Kommentar	synchrone Bearbeitung möglich

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung	a1	
Spannmittel	Stirnseitenmitnehmer Zentrierspitze	←
Spannkraft		
Wstorientierung	FT64.3 bei Antriebsseite	
Bearbeitung	Anschnitt	Anschnitt
B.richtung	Reitstock nach Antrieb	←
Werkzeug	w0 Schruppdrehmeißel gerade mit Schneidkeramik	w0
Schnitt	0a	0b
Verfahrweg	siehe geometrie	
Tiefe	gering:1.0-3.0	←
Vorschub	mittel:0.3-0.6	←
Schnittgeschw.	mittel:150-700	←
Kommentar	1+2 gleichzeitig	1+2 gleichzeitig

$$6 = G_1 W_2 D_3$$

Planskelett

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schruppen Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w1 Schruppdrehmeißel links abgesetzt mit Schneidkeramik	w5 Schruppdrehmeißel links abgesetzt mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a siehe geometrie gering:1-3 mittel:0.25-0.7 mittel:200-600	1b ← ← ←
Kommentar	2+3 gleichzeitig	2+3 gleichzeitig

Schritt	5	6
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schlichten Reitstock nach Antrieb	Schlichten Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w2 Schlichtdrehmeißel links abgesetzt mit Schneidkeramik	w6 Schlichtdrehmeißel links abgesetzt mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	2a siehe geometrie gering:0.3-0.1 gering:0.1-0.5 mittel/hoch:100-700	2b ← ← ←
Kommentar	5+6 gleichzeitig	5+6 gleichzeitig

$$6 = G_1 W_2 D_3$$

Planskelett

Schritt	7	8
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen radial
Werkzeug	w3 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik	w7 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3a siehe geometrie =Nut gering:0.1-0.2 gering:350-450	3b =Nut ← ←
Kommentar	7+8 gleichzeitig	7+8 gleichzeitig

Schritt	9	10
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen radial
Werkzeug	w4 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik	w8 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	4a siehe geometrie =Nut gering:0.1-0.2 gering/mittel:350-450	4b =Nut ← ←
Kommentar	9+10 gleichzeitig	9+10 gleichzeitig

$$6 = G_1 W_2 D_3$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g1 Werkstoff: GG25 ansonsten siehe g1
----------------------------------	---

Produktionsmittel

Rohteil	Formteil
----------------	----------

Drehmaschine	Böhringer XY
---------------------	--------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1	
---	----	--

$$6 = G_1 W_2 D_3$$

Produktionsmittel

Werkzeug	w0	w0
Halter	PSSN 3225 K12-IP7	
Schaftquerschnitt	32*25	
Klemmart	von oben	
Einstellwinkel	45	
Schneidplatte	SNGM 120712 TN 02020	
Eckenradius	1.2	
Plattenform	90	
Schneidstoff	SN80	

Werkzeug	w1	w2
Halter	CCLN 3225 K15-IP7	PDJNL 3225 K15-IP7
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	von oben	über Bohrung
Einstellwinkel	95	93
Schneidplatte	CNMX 120812 T 2020	DNGM 150708 TL 2020
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	80	55
Schneidstoff	SN60	SH20F

Werkzeug	w3	w4
Halter	752.78.009.05	752.78.009.05
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	von oben	von oben
Einstellwinkel	90	90
Schneidplatte	GW 70.20.05	TNEX 16T3XE
Eckenradius		
Plattenform	90	90
Schneidstoff	SN60	SN60

Werkzeug	w5	w6
Halter	PMRNR 32*25 K15-IP7	PDJNL 32*25 K15-IP7
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	über Bohrung	über Bohrung
Einstellwinkel	75	93
Schneidplatte	MNGM 150712 TR 2020	DNGM 150708 TR 2020
Eckenradius	1.2	0.8
Plattenform	86	55
Schneidstoff	SN60	SH20F

Werkzeug	w7	w8
Halter	752.78.009.05	752.78.007.03
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	von oben	von oben
Einstellwinkel	90	90
Schneidplatte	TPMX 2204R330	TNEX 16T3XE
Eckenradius		
Plattenform	90	90
Schneidstoff	SN60	SN60

$$6 = G_1 W_2 D_3$$

Produktionsplan

Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w0	w0
Schnitt	0a	0b
Tiefe	3	←
Vorschub	0.2	←
Schnittgeschw.	400	←
Verfahrweg	siehe geometrie	←
Kommentar	1+2 gleichzeitig	1+2 gleichzeitig

Schritt	3	4
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w1	w5
Schnitt	2*1a	2*1b
Tiefe	3+3	←
Vorschub	0.5	←
Schnittgeschw.	600	←
Verfahrweg		
Kommentar	3+4 gleichzeitig	3+4 gleichzeitig

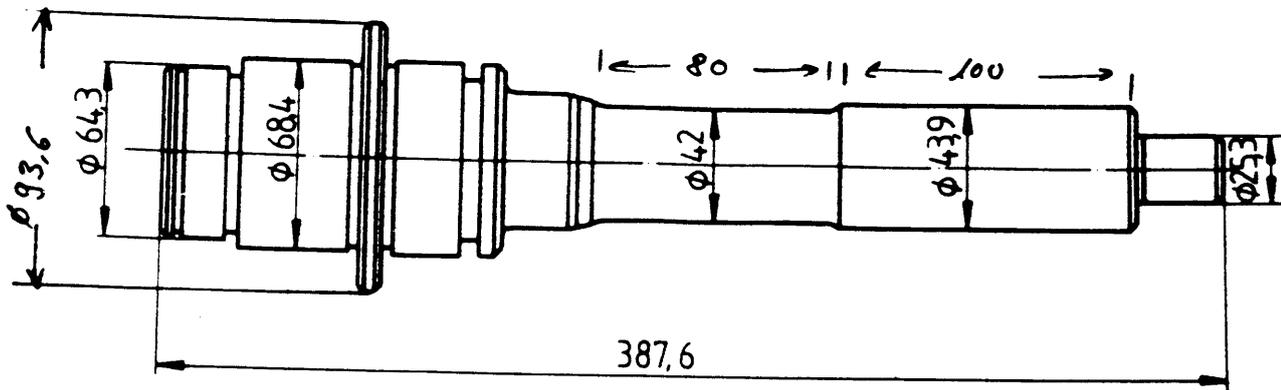
Schritt	5	6
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w2	w6
Schnitt	2a	2b
Tiefe	0.5	←
Vorschub	0.2	←
Schnittgeschw.	700	←
Verfahrweg		
Kommentar	5+6 gleichzeitig	5+6 gleichzeitig

Schritt	7	8
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w7
Schnitt	3a	3b
Tiefe	=Nut	←
Vorschub	0.15	←
Schnittgeschw.	450	←
Verfahrweg		
Kommentar	7+8 gleichzeitig	7+8 gleichzeitig

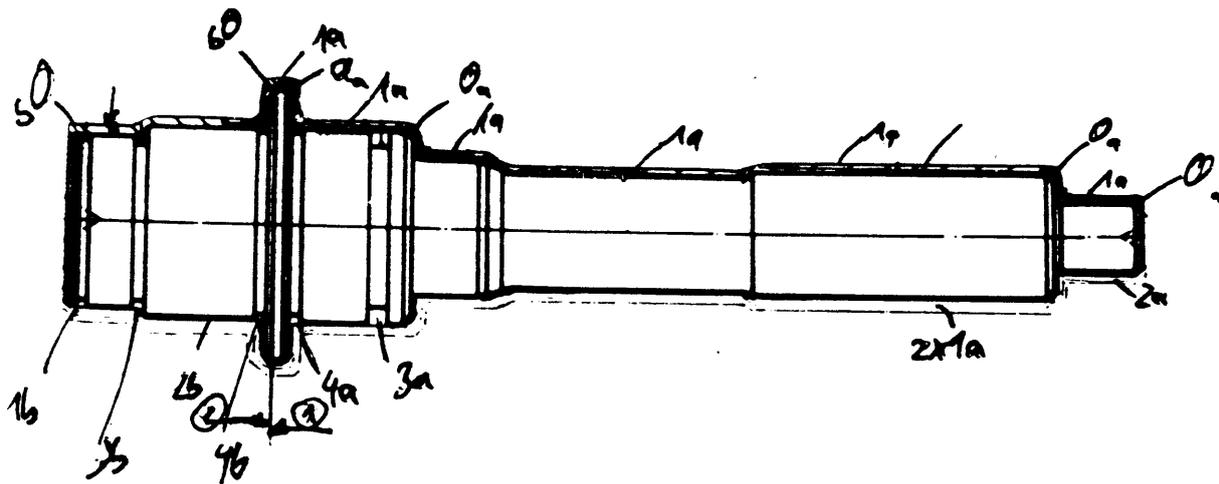
Schritt	9	10
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w4	w8
Schnitt	3a	3b
Tiefe	=Nut	←
Vorschub	0.15	←
Schnittgeschw.	450	←
Verfahrweg		
Kommentar	9+10 gleichzeitig	9+10 gleichzeitig

$$6 = G_1 W_2 D_3$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$7 = G_1 W_1 D_3$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Antriebswelle mit beidseitig abfallender Kontur aus Vergütungsstahl relativ lang und schlank erlaubte Zentrierbohrungen an beiden Enden ohne besondere Oberflächengüten Planflächen an den Enden werden nicht bearbeitet
Werkstatt	Fertigungsmaschine mit hoher Leistung mit großer Stabilität mit der Möglichkeit synchroner Bearbeitung (2 Revolver) mit großer Anzahl Werkzeugen
Kommentar	synchrone Bearbeitung möglich

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel	a1 Stirnseitenmitnehmer Zentrierspitze	←
Spannkraft Wstorientierung	FT64.3 bei Antriebsseite	
Bearbeitung B.richtung	Anschnitt Reitstock nach Antrieb	Anschnitt Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w0 Schruppdrehmeißel gerade mit Schneidkeramik	w0
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	0a siehe geometrie gering:1.0-3.0 mittel:0.3-0.6 mittel:150-700	0b ← ← ←
Kommentar	1+2 gleichzeitig	1+2 gleichzeitig

$$7 = G_1 W_1 D_3$$

Planskelett

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schruppen Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w1 Schruppdrehmeißel links abgesetzt mit Schneidkeramik	w5 Schruppdrehmeißel links abgesetzt mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a siehe geometrie gering:1-3 mittel:0.3-0.6 mittel/hoch:150-700	1b ← ← ←
Kommentar	3+4 gleichzeitig	3+4 gleichzeitig

$$7 = G_1 W_1 D_3$$

Planskelett

Schritt	7	8
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen radial
Werkzeug	w3 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik	w7 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3a siehe geometrie =Nut gering:0.05-0.25 gering/mittel:300-500	3b =Nut ← ←
Kommentar	7+8 gleichzeitig	7+8 gleichzeitig

Schritt	9	10
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen radial
Werkzeug	w4 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik	w8 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	4a siehe geometrie =Nut gering:0.05-0.25 gering/mittel:300-500	4b =Nut ← ←
Kommentar	9+10 gleichzeitig	9+10 gleichzeitig

$$7 = G_1 W_1 D_3$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g1 Werkstoff: C45 ansonsten siehe g1
----------------------------------	--

Produktionsmittel

Rohteil	Formteil
----------------	----------

Drehmaschine	Böhringer XY
---------------------	--------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	al	
---	----	--

$$7 = G_1 W_1 D_3$$

Produktionsmittel

Werkzeug	w0	w0
Halter	PSGNN 3225 K12-IP7	
Schaftquerschnitt	32*25	
Klemmart	über Bohrung	
Einstellwinkel	75	
Schneidplatte	SNGM 120712 TN 02020	
Eckenradius	1.2	
Plattenform	90	
Schneidstoff	SN80	

Werkzeug	w1	w2
Halter	CCLNL 25CA-12X	PDJNL 3225 CA-15P
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	über Bohrung	über Bohrung
Einstellwinkel	95	93
Schneidplatte	CNMX 120812 TF 118	DNGM 150812T-D
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	80	55
Schneidstoff	SN80	TC30

Werkzeug	w3	w4
Halter	752.78.009.05	752.78.007.03
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	von oben	von oben
Einstellwinkel	90	90
Schneidplatte	GW 70.20.05	TNEX 16
Eckenradius		
Plattenform	Stechplatte	Stechplatte
Schneidstoff	TC50	T3XE

Werkzeug	w5	w6
Halter	CCLNL 30CA-12X	PDJNL 3225 CA-15-LP
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	über Bohrung	über Bohrung
Einstellwinkel	95	93
Schneidplatte	CNMX 120812 TF 118	DNGM 150812T-D
Eckenradius	1.2	0.8
Plattenform	80	55
Schneidstoff	SN80	TC30

Werkzeug	w7	w8
Halter	752.77.007.03	752.77.006.03
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	von oben	von oben
Einstellwinkel	90	90
Schneidplatte	TNEX 16	TPMX 2204 R 330
Eckenradius		
Plattenform	Stechplatte	Stechplatte
Schneidstoff	T3 XE	TC50

$$7 = G_1 W_1 D_3$$

Produktionsplan

Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w0	w0
Schnitt	0a	0b
Tiefe	3	←
Vorschub	0.2	←
Schnittgeschw.	400	←
Verfahrweg	siehe geometrie	←
Kommentar	1+2 gleichzeitig	1+2 gleichzeitig

Schritt	3	4
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w1	w5
Schnitt	2*1a	2*1b
Tiefe	3+3	←
Vorschub	0.5	←
Schnittgeschw.	600	←
Verfahrweg		
Kommentar	3+4 gleichzeitig	3+4 gleichzeitig

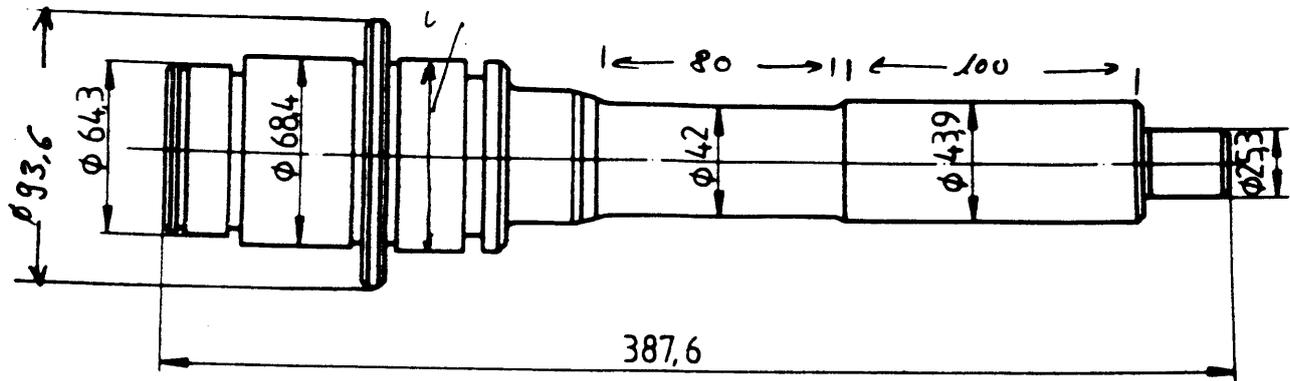
Schritt	5	6
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w2	w6
Schnitt	2a	2b
Tiefe	0.5	←
Vorschub	0.15	←
Schnittgeschw.	800	←
Verfahrweg		
Kommentar	5+6 gleichzeitig	5+6 gleichzeitig

Schritt	7	8
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w7
Schnitt	3a	3b
Tiefe	=Nut	←
Vorschub	0.1	←
Schnittgeschw.	300	←
Verfahrweg		
Kommentar	7+8 gleichzeitig	7+8 gleichzeitig

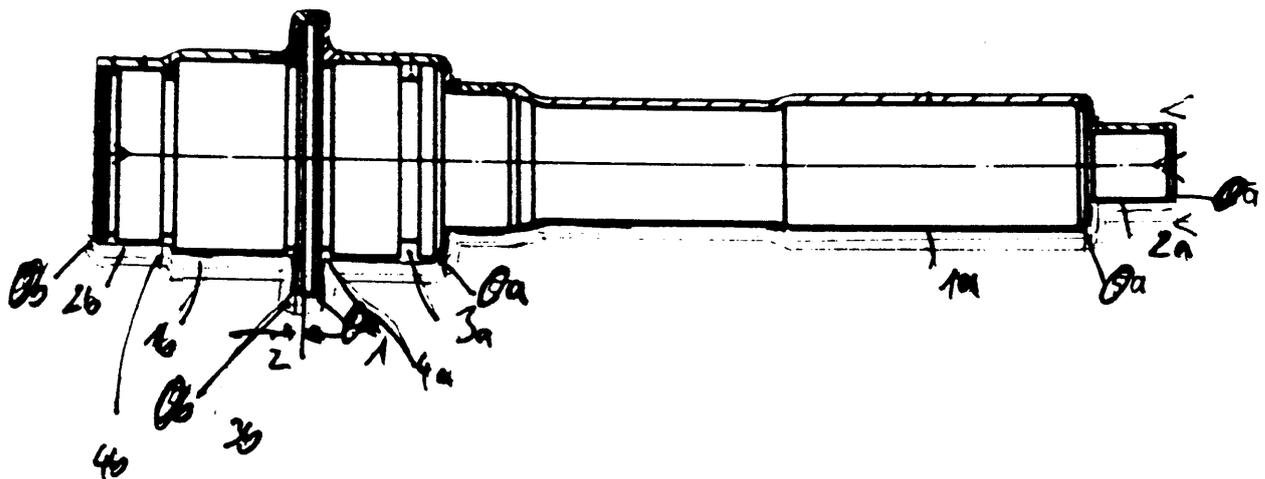
Schritt	9	10
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w4	w8
Schnitt	3a	3b
Tiefe	=Nut	←
Vorschub	0.1	←
Schnittgeschw.	300	←
Verfahrweg		
Kommentar	9+10 gleichzeitig	9+10 gleichzeitig

$$7 = G_1 W_1 D_3$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$8 = G_2 W_1 D_3$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Antriebswelle aus Vergütungsstahl mit beidseitig abfallender Kontur relativ stabil mit breiter Nut mit Passungen, Schrägen, Radien und Formeinstichen
Werkstatt	Drehmaschine mit hoher Leistung mit großer Stabilität mit der Möglichkeit synchroner Bearbeitung (2 Revolver) mit großer Anzahl Werkzeugen
Kommentar	mit Schneidkeramik bearbeitbar Anschnitt notwendig

Planskelett

Schritt	1
Aufspannung Spannmittel	a1 Stirnseitenmitnehmer Zentrierspitze
Spannkraft Wstorientierung	FT64.3 bei Antriebsseite
Bearbeitung B.richtung	Anschnitt Reitstock nach Antrieb
Werkzeug	w0 Schruppdrehmeißel gerade mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg	0a Anschnitt Eintauchen in Nutgrund
Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	gering:1.0-3.0 mittel:0.3-0.6 mittel:150-700
Kommentar	

$$8 = G_2 W_1 D_3$$

Planskelett

Schritt	2	3
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schruppen Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Schneidkeramik	w4 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a Kontur folgend bis FT87.3 (Aufmaß 0.5mm) 1.0-3.0 0.3-0.6 150-700	2a Kontur folgend bis FT93.2 (Aufmaß 0.5mm) ← ← ←
Kommentar	2+3 gleichzeitig	2+3 gleichzeitig

Schritt	4	5
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	leichtes Schruppen (der breiten Nut) Reitstock nach Antrieb	leichtes Schruppen (der breiten Nut) Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w2	w5

$$8 = G_2 W_1 D_3$$

Planskelett

Schritt	6	7
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schichten + Feinschichten Reitstock nach Antrieb	Schichten+ Feinschichten Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w3 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Schneidkeramik	w6 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1c Kontur folgend bis FT87.3 0.3-1 +0.1-0.5 0.2-0.4 +0.08-0.35 150-800	2c Kontur folgend bis FT93.2 ← ← ←
Kommentar	Schritt 6+7 gleichzeitig	Schritt 6+7 gleichzeitig

Schritt	8	9
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schichten (der breiten Nut) Reitstock nach Antrieb	Schichten (der breiten Nut) Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w2	w5
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1d linke Ecke der Nut Planflächen Entgraten des Nutrandes (links) 0.3-1.0 0.2-0.4 150-800	2d rechte Ecke der Nut Planflächen Entgraten des Nutrandes (rechts) ← ← ←
Kommentar	Schritt 8+9 gleichzeitig	Schritt 8+9 gleichzeitig

$$8 = G_2 W_1 D_3$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g2 Werkstoff: C45 ansonsten siehe g2
----------------------------------	--

Produktionsmittel

Rohteil	Formteil
----------------	----------

Drehmaschine	Böhringer XY
---------------------	--------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	al	
---	----	--

$$8 = G_2 W_1 D_3$$

Produktionsmittel

Werkzeug	w0
Halter	PSGNN 3225 K12-IP7
Schaftquerschnitt	32*25
Klemmart	über Bohrung
Einstellwinkel	45
Schneidplatte	SNGM 120712 TN 02020
Eckenradius	1.2
Plattenform	90
Schneidstoff	SN80

Werkzeug	w1	w2
Halter	PSRNL3225M15	CCLNL25M16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	über Bohrung geklemmt	von oben geklemmt
Einstellwinkel	75	95
Schneidplatte	SNMA 1508 16 TO 3030	CNGN 1608 16 TO 3030
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	90	80
Schneidstoff	SN80	SN80

Werkzeug	w4	w5
Halter	PSRNL3225M15	CCLNL25M16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	über Bohrung geklemmt	von oben geklemmt
Einstellwinkel	75	95
Schneidplatte	SNMA 1508 16 TO 3030	CNGN 1608 16 TO 3030
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	90	80
Schneidstoff	SN80	SN80

Werkzeug	w3	w6
Halter	PDJNL 3225 M15	PDJNL 3225 M15
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	über Bohrung geklemmt	über Bohrung geklemmt
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	DNMA 1504 12 TF 118	DNMA 1504 12 TF 118
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	55	55
Schneidstoff	SH 20 F	SH 20 F

$$8 = G_2W_1D_3$$

Produktionsplan

Schritt	1
Aufspannung	a1
Werkzeug	w0
Schnitt	0
Tiefe	3
Vorschub	0.2
Schnittgeschw.	400
Verfahrweg	(siehe geometrie)

Schritt	2	3
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w1	w4
Schnitt	1a	2a
Tiefe	3	←
Vorschub	0.5	←
Schnittgeschw.	600	←
Verfahrweg	(siehe geometrie)	←
Kommentar	2+3 gleichzeitig	2+3 gleichzeitig

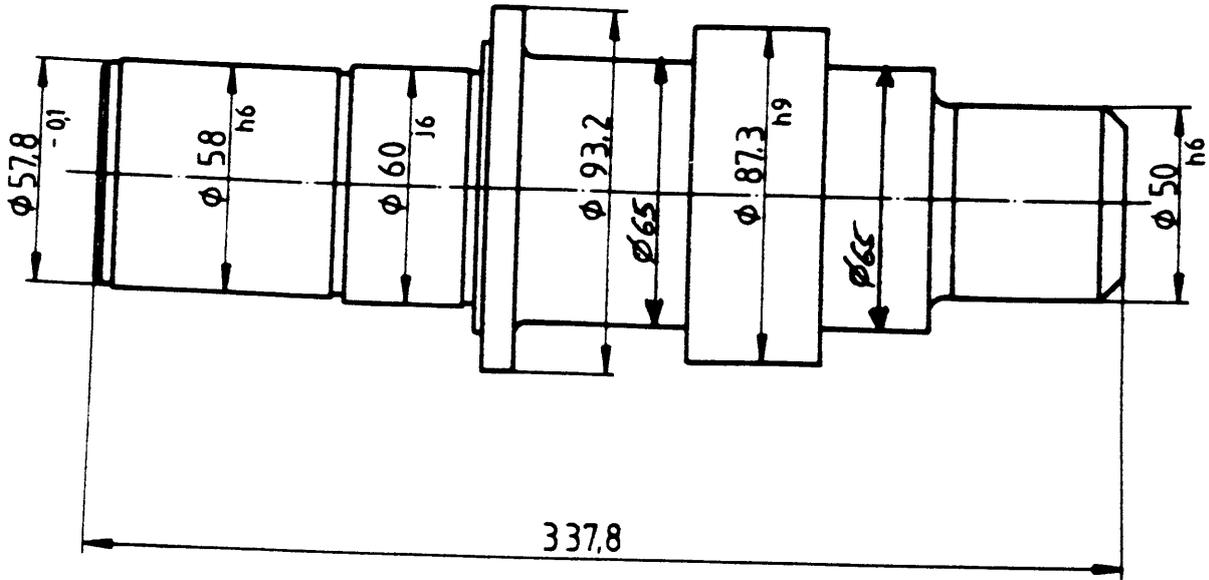
Schritt	4	5
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w2	w5
Schnitt	2*1b	2*2b
Tiefe	1.5+1.5	←
Vorschub	0.3	←
Schnittgeschw.	600	←
Verfahrweg	(siehe geometrie)	←
Kommentar	4+5 gleichzeitig	4+5 gleichzeitig

Schritt	6	7
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w6
Schnitt	1c1+1c2	2c1+2c2
Tiefe	0.5+0.5	←
Vorschub	0.2+0.08	←
Schnittgeschw.	800	←
Verfahrweg	(siehe geometrie)	←
Kommentar	6+7 gleichzeitig	6+7 gleichzeitig

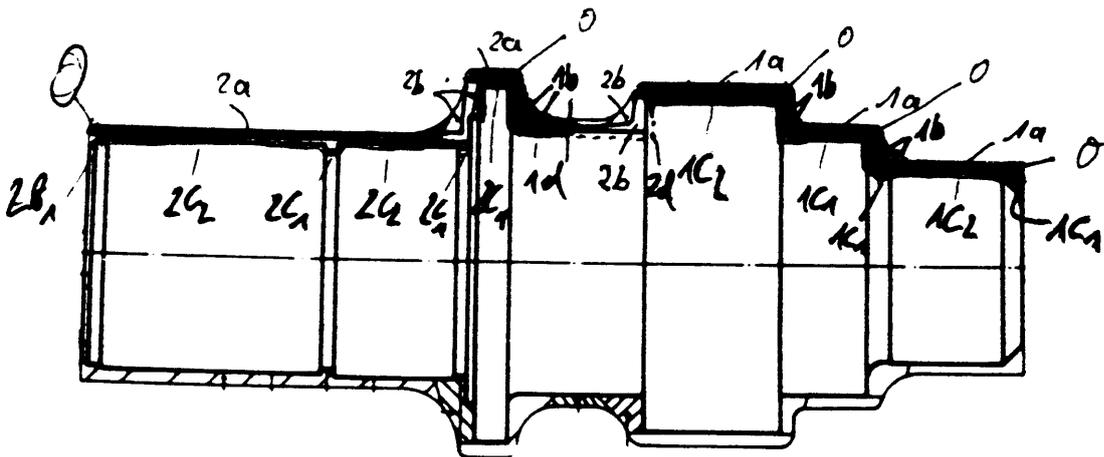
Schritt	8	9
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w2	w5
Schnitt	1d	2d
Tiefe	0.5	←
Vorschub	0.2	←
Schnittgeschw.	800	←
Verfahrweg	(siehe geometrie)	←
Kommentar	8+9 gleichzeitig	8+9 gleichzeitig

$$8 = G_2 W_1 D_3$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$9 = G_1 W_1 D_2$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Antriebswelle mit beidseitig abfallender Kontur aus Vergütungsstahl relativ lang und schlank erlaubte Zentrierbohrungen an beiden Enden ohne besondere Oberflächengüten Planflächen an den Enden werden nicht bearbeitet
Werkstatt	Fertigungsmaschine mit ausreichender Leistung mit großer Stabilität mit begrenzter Anzahl Werkzeugen
Kommentar	zwei Aufspannungen erforderlich Bearbeitungsaufgabe mittleren Schwierigkeitsgrades Rohteil=Formteil → geringes Zerspanvolumen ev. Ratterschwingungen

Planskelett

Schritt	1
Aufspannung Spannmittel	a1 Dreibackenfutter (harte Backen) Zentrierspitze
Spannkraft Wstorientierung	FT64.3 bei Antriebsseite
Bearbeitung B.richtung	Anschnitt (Schruppen) Reitstock nach Antrieb
Werkzeug	w0 Schruppdrehmeißel gerade mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	0a alle Anfangspunkte gering:1.0-3.0 mittel:0.3-0.6 mittel:150-700
Kommentar	

$$9 = G_1 W_1 D_2$$

Planskelett

Schritt	2	3
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen ←	Schlichten ←
Werkzeug	w1 Schruppdrehmeißel links abgesetzt mit Schneidkeramik	w2 Schlichtdrehmeißel rechts abgesetzt mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a alle Planflächen bis 93.6 Kontur folgen bis 93.6 (0.5mm Aufmaß) gering:1-3 mittel:0.3-0.6 mittel/hoch:150-700	2a Kontur folgen bis 93.6 einschließlich gering:0.3-0.1 gering:0.1-0.5 mittel/hoch:150-800
Kommentar	Leistung voll ausnutzen	keine bes. Oberfläche

Schritt	4	5
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen (Formeinstich) radial
Werkzeug	w3 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik	w4 Nutstechdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3a siehe geometrie =Nut gering:0.05-0.2 gering/mittel:300-500	3b neben 93.6 =Nut ← ←
Kommentar		höhere v_c als bei 3a möglich

$$9 = G_1 W_1 D_2$$

Planskelett

Schritt	6	7
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a2 Dreibackenfutter (weiche Aufsatzbacken → vorherige Bearbeitung auf 70FT notwendig) 64.3 bei Reitstock	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen ←	Schlichten ←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1b alle Planflächen bis 93.6 Kontur folgen bis 93.6 (0.5mm Aufmaß) gering:1-3 mittel:0.3-0.6 mittel/hoch:150-700	2b Kontur folgen bis 93.6 einschließlich gering:0.3-0.1 gering:0.1-0.5 mittel/hoch:150-800
Kommentar	Leistung voll ausnutzen	keine bes. Oberfläche

Schritt	8	9
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen (Formeinstich) radial
Werkzeug	w3	w4
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3b neben 64.3 =Nut gering:0.05-0.2 gering/mittel:300-500	4b neben 93.6 =Nut ← ←
Kommentar		höhere v_c als bei 3b möglich

$$9 = G_1 W_1 D_2$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g1 Werkstoff: C45 ansonsten siehe g1
----------------------------------	--

Produktionsmittel

Rohteil	Formteil
----------------	----------

Drehmaschine	Böhringer PNE 480
---------------------	-------------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1	a2
---	----	----

$$9 = G_1 W_1 D_2$$

Produktionsmittel

Werkzeug	w0
Halter	PSGNN 3232 K12-IP7
Schaftquerschnitt	32*32
Klemmart	über Bohrung
Einstellwinkel	45
Schneidplatte	SNGM 120712 TN 02020
Eckenradius	1.2
Plattenform	90
Schneidstoff	SN80

Werkzeug	w1	w2
Halter	CCLNL 25CA-12X	PDJNL 3225 CA-15P
Schaftquerschnitt	32*25	32*25

$$9 = G_1 W_1 D_2$$

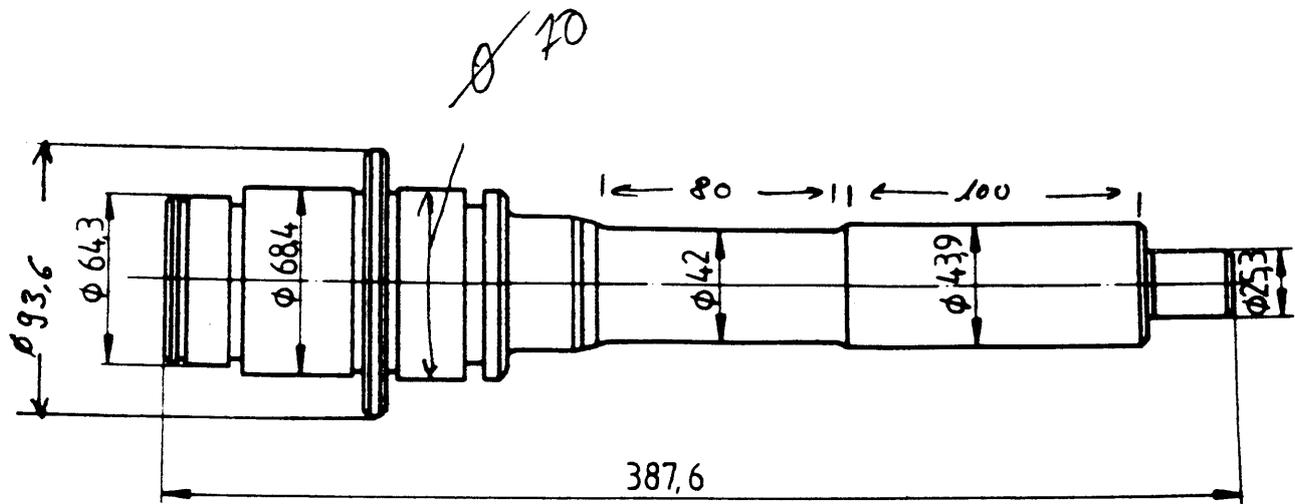
Produktionsplan

Schritt	1
Aufspannung	a1
Werkzeug	w0
Schnitt	0
Tiefe	3
Vorschub	0.2
Schnittgeschw.	400
Verfahrweg	siehe geometrie

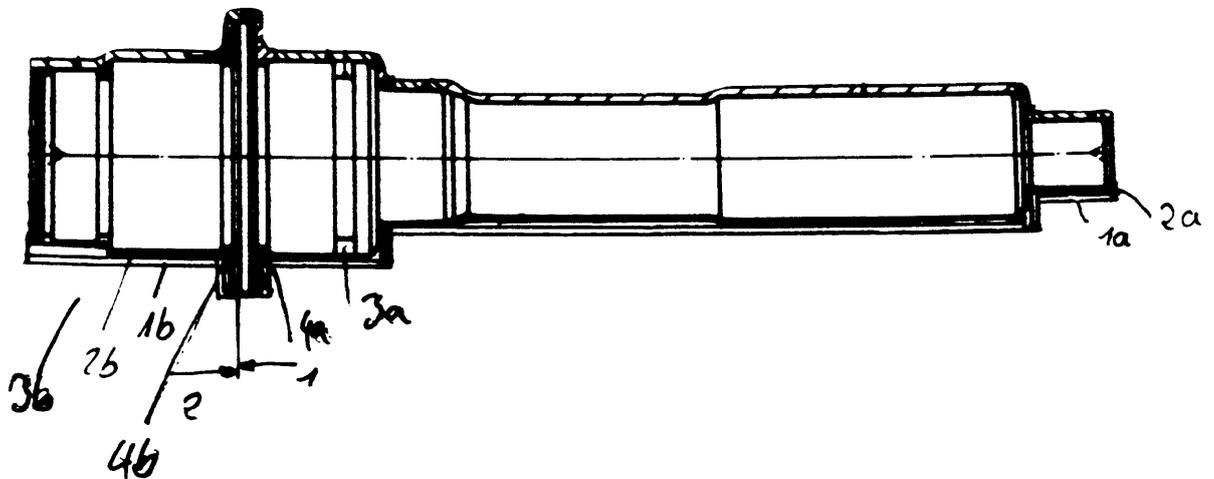
Schritt	2	3
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	2*1a	2a
Tiefe	3+3	0.5
Vorschub	0.6	0.2
Schnittgeschw.	700	800
Verfahrweg		

$$9 = G_1 W_1 D_2$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$10 = G_1 W_4 D_2$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	<p>Antriebswelle mit beidseitig abfallender Kontur aus hochlegiertem Stahl relativ lang und schlank erlaubte Zentrierbohrungen an beiden Enden ohne besondere Oberflächengüten Planflächen an den Enden werden nicht bearbeitet</p>
Werkstatt	<p>Fertigungsmaschine mit ausreichender Leistung mit großer Stabilität mit begrenzter Anzahl Werkzeugen</p>
Kommentar	<p>zwei Aufspannungen erforderlich Bearbeitungsaufgabe mittleren Schwierigkeitsgrades Rohteil=Formteil → geringes Zerspanvolumen Kühlschmiermittel verwenden</p>

$$10 = G_1 W_4 D_2$$

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Spannmittel	Dreibackenfutter (harte Aufsatzbacken) Zentrierspitzen bei RT68.4	
Spannkraft		
Wstorientierung	FT64.3 bei Antriebsseite	

$$10 = G_1 W_4 D_2$$

Planskelett

Schritt	5	6
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a2 Dreibackenfutter (weiche Aufsatzbacken → vorherige Bearbeitung auf 70FT notwendig) 64.3 bei Reitstock	←
Bearbeitung B.richtung	leichtes Schruppen ←	Schlichten ←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1b alle Planflächen bis 93.6 Kontur folgen bis 93.6 (0.5mm Aufmaß) gering:2-4 mittel:0.2-0.5 gering:140-170	2b Kontur gering:0.5-2 mittel:0.1-0.3 gering:170-190
Kommentar	Spanbruch beachten bei Unrundlaufen ev. Zentrierspitze	

Schritt	7	8
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen (Formeinstich) radial
Werkzeug	w5	w4
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3b neben 64.3 =Nut gering:0.05-0.25 gering:75-100	4b neben 93.6 =Nut gering:0.05-0.25 gering:75-100
Kommentar		höhere v_c als bei 3b möglich

$$10 = G_1 W_4 D_2$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g1 Werkstoff: X5 Cr Ni 18 9 ansonsten siehe g1
----------------------------------	--

Produktionsmittel

Rohteil	Formteil
----------------	----------

Drehmaschine	Böhringer PNE 480
---------------------	-------------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1	a2
--	----	----

Produktionsmittel

Werkzeug	w1	w2
Halter	PCLNL 3225 P12	PTGNL 3225 P16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Hebelspannsystem	Hebelspannsystem
Einstellwinkel	95	93
Schneidplatte	CNMG 120408	TNMG 160404
Eckenradius	0.8	0.4
Plattenform	80	60
Schneidstoff	S425	S1P

Werkzeug	w3	w4
Halter	L 154.91-3225-8Q	L 154.91-3225
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Spannfingersystem	Spannfingersystem
Einstellwinkel	90	90
Schneidplatte	154.91-5	BG 154.91
Eckenradius		(Sonderform)
Plattenform	Nutstechplatte	Profileinstichplatte
Schneidstoff	S4	S4

Werkzeug	w5
Halter	L 154.91-3225-5Q
Schaftquerschnitt	32*25
Klemmart	Spannfingersystem
Einstellwinkel	90
Schneidplatte	154.91-2.65
Eckenradius	
Plattenform	Nutstechplatte
Schneidstoff	S4

$$10 = G_1 W_4 D_2$$

Produktionsplan

Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	2*1a	2a
Tiefe	3+3	0.5
Vorschub	0.45	0.2
Schnittgeschw.	160	180
Verfahrweg		

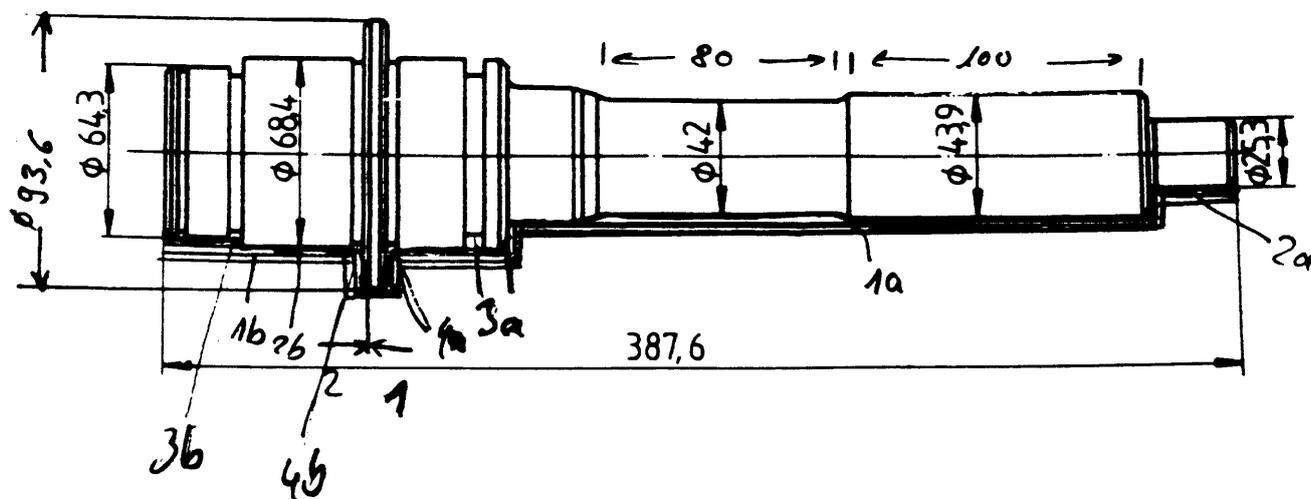
Schritt	3	4
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	3a	4a
Tiefe	=Nut	←
Vorschub	0..075	←
Schnittgeschw.	75	85
Verfahrweg		

Schritt	5	6
Aufspannung	a2	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	2*1b	2b
Tiefe	3+3	0.5
Vorschub	0.45	0.2
Schnittgeschw.	160	180
Verfahrweg		

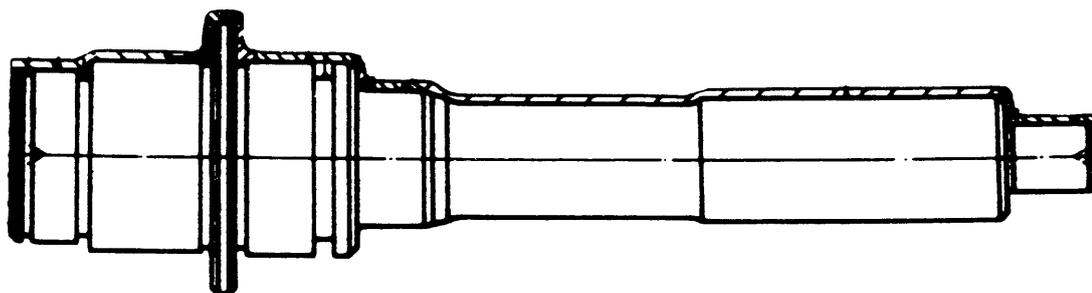
Schritt	7	8
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w5	w4
Schnitt	3b	4b
Tiefe	=Nut	←
Vorschub	0.075	←
Schnittgeschw.	80	85
Verfahrweg		

$$10 = G_1 W_4 D_2$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$11 = G_5 W_3 D_2$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Achswelle aus weichem Aluminium lang und schlank mit einseitig abfallender Kontur mit Gewinde, Passungen, Nuten und Schrägen mit Oberflächenanforderungen
Werkstatt	Fertigungsmaschine mit ausreichend Werkzeugen stabil und leistungsstark
Kommentar	eine Aufspannung mit Hartmetall bearbeitbar Kühlschmiermittel verwenden Gefahr von Aufbauschneidenbildung hohe Schnittwerte fahrbar weicher Werkstoff → weiche Backen verwenden

$$11 = G_5 W_3 D_2$$

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel	a1 Dreibackenfutter mit weichen Backen Zentrierspitze	←
Spannkraft Wstorientierung	M60*2 bei Reitstockseite	
Bearbeitung	Schruppen	Schlichten +Feinschlichten
B.richtung	Reitstock nach Antrieb	Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall	w2 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg	1a parallele Schnitte bis Planfläche der FTkontur (0.7mm Aufmaß)	1b Grundkontur folgend +Freistiche
Tiefe	mittel:2-4	mittel:0.5-2+fein:0.25-2
Vorschub	mittel/hoch:0.4-1	mittel:0.1-0.3+fein:0.05-0.15
Schnittgeschw.	hoch:1050-1300	hoch:1550-1850
Kommentar	Leistungsgrenzen der Maschine beachten	←

$$11 = G_5W_3D_2$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g5 Werkstoff: AlMgSi (weich) ansonsten siehe g5
----------------------------------	---

Produktionsmittel

Rohteil	Zylinder 105mm
----------------	----------------

Drehmaschine	Böhringer PNE 480
---------------------	-------------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1	
---	----	--

Werkzeug	w1	w2
Halter	CKJNL 3225 P16	SVJBL 3225 M16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Spanpratzensystem	Schnellspannschraube
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	KNUX 160410 L-11	VBMM 160404-53
Eckenradius	1.0	0.4
Plattenform	55	55
Schneidstoff	S10T	H13A

Werkzeug	w3	w4
Halter	L 154.91-3225-8Q	R166.OFG-3225-16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Spannfingersystem	Schnellspannschraube
Einstellwinkel	90	90
Schneidplatte	154.91-4.15	R 166.OG-16MM01-200
Eckenradius		
Plattenform	Nutstechplatte	Gewindeplatte
Schneidstoff	H20	S10T

$$11 = G_5 W_3 D_2$$

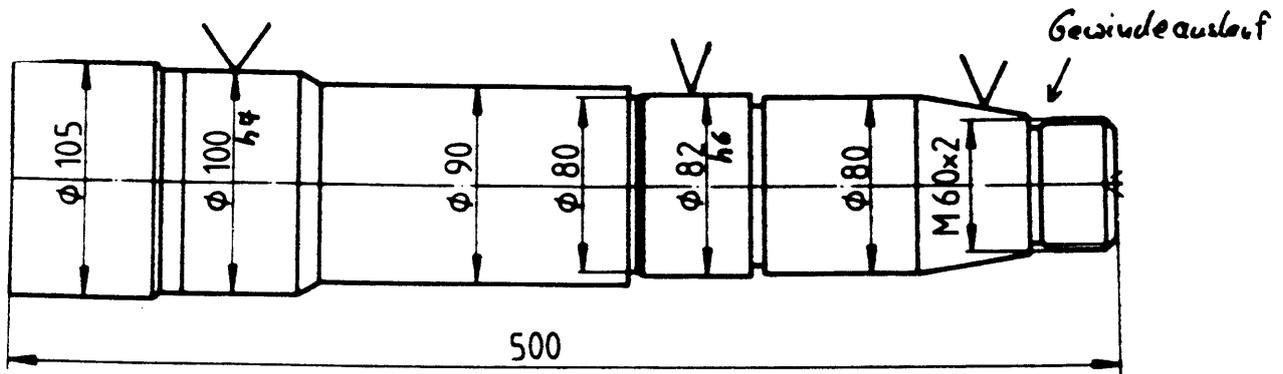
Produktionsplan

Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	1a	2a
Tiefe	2.25+2.5+2.5+2+2+1+ 2.5+2.5	
Vorschub	0.5	0.2+0.075
Schnittgeschw.	850	900
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

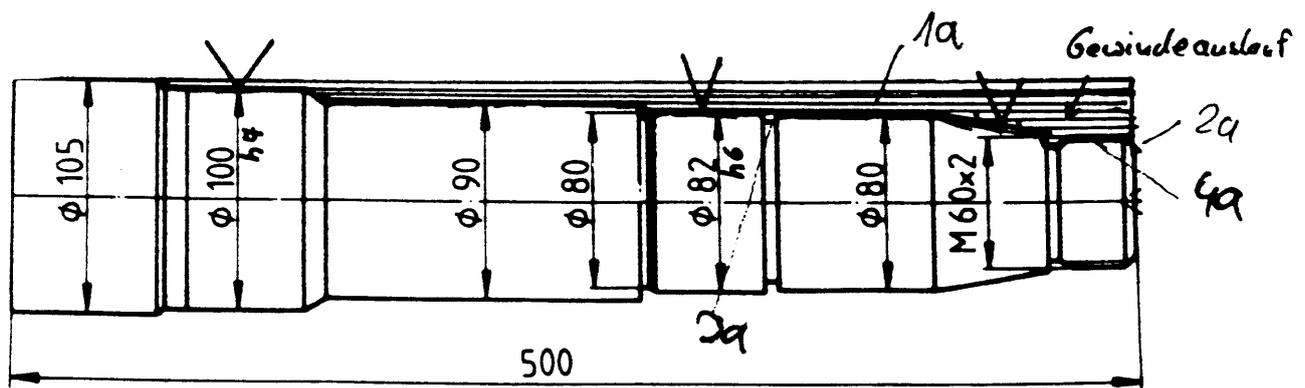
Schritt	3	4
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	3a	4a
Tiefe	=Nut	0.27+0.24+0.18+0.16+0.14+ 0.12+0.11+0.10+0.06
Vorschub	0.1	=Steigung
Schnittgeschw.	400	500
Verfahrweg		

$$11 = G_5 W_3 D_2$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$12 = G_1 W_4 D_3$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	<p>Antriebswelle mit beidseitig abfallender Kontur aus hochlegiertem Stahl relativ lang und schlank erlaubte Zentrierbohrungen an beiden Enden ohne besondere Oberflächengüten Planflächen an den Enden werden nicht bearbeitet</p>
Werkstatt	<p>Fertigungsmaschine mit hoher Leistung mit großer Stabilität mit der Möglichkeit synchroner Bearbeitung (2 Revolver)</p>
Kommentar	<p>synchrone Bearbeitung (→ Drehzahlanpassung) Kühlschmiermittel verwenden</p>

$$12 = G_1 W_4 D_3$$

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel	a1 Stirnseitenmitnehmer Zentierspitze	←
Spannkraft Wstorientierung	FT64.3 bei Antriebsseite	
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schruppen Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w1 Schruppdrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall	w2 Schruppdrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg	1a alle Planflächen bis 93.6 Kontur folgen bis 93.6 einschließlich (0.5mm Aufmaß) gering:2-4 mittel:0.2-0.5 gering:140-170	1b alle Planflächen bis 93.6 Kontur folgen bis 93.6 ausschließlich (0.5mm Aufmaß) ← ← ←
Tiefe Vorschub Schnittgeschw.		
Kommentar	1+2 gleichzeitig	1+2 gleichzeitig

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel	←	←
Spannkraft Wstorientierung		
Bearbeitung B.richtung	Schlichten Reitstock nach Antrieb	Schlichten Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w2 Schlichtdrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall	w6 Schlichtdrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg	2a Kontur mit Eindrehung 42 ohne Nuten gering/mittel:0.5-2 mittel:0.1-0.3 gering/mittel:170-190	2b Kontur ohne Nuten ← ← ←
Tiefe Vorschub Schnittgeschw.		
Kommentar	2a+2b gleichzeitig	2a+2b gleichzeitig

$$12 = G_1 W_4 D_3$$

Planskelett

Schritt	5	6
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen radial
Werkzeug	w5 Nutstechdrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall mit Freistichplatte	w6 Nutstechdrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall mit Freistichplatte
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3a Formeinstich bei 93.6 Reitstockseite =Nut gering:0.05-0.25 gering:75-100	3b Formeinstich bei 93.6 Antriebsseite =Nut ← ←
Kommentar	5+6 gleichzeitig	5+6 gleichzeitig

Schritt	7	8
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Nutstechen radial
Werkzeug	w4 Nutstechdrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall mit Freistichplatte	w8 Nutstechdrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall mit Freistichplatte
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	4a siehe geometrie =Nut gering:0.05-0.25 gering:75-100	4b =Nut ← ←
Kommentar	7+8 gleichzeitig ev. Ratterschwingungen	7+8 gleichzeitig

$$12 = G_1 W_4 D_3$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g1 Werkstoff: X5 Cr Ni 18 9 ansonsten siehe g1
----------------------------------	--

Produktionsmittel

Rohteil	Formteil
----------------	----------

Drehmaschine	Böhringer XY
---------------------	--------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1
---	----

$$12 = G_1 W_4 D_3$$

Produktionsmittel

Werkzeug	w1	w2
Halter	PCLNL 3225 P12	PCLNL 3225 P12
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Hebelspannsystem	Hebelspannsystem
Einstellwinkel	95	95
Schneidplatte	CNMG 120408	CNMG 120408
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	80	80
Schneidstoff	S425	S425

Werkzeug	w3	w4
Halter	PTGNL 3225 P16	PTGNL 3225 P16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Hebelspannsystem	Hebelspannsystem
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	TNMG 160404	TNMG 160404
Eckenradius	0.4	0.4
Plattenform	60	60
Schneidstoff	S1P	S1P

Werkzeug	w5	w6
Halter	L 154.91-3225	L 154.91-3225
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Spannfingersystem	Spannfingersystem
Einstellwinkel	90	90
Schneidplatte	BG 154.91	BG 154.91

$$12 = G_1 W_4 D_3$$

Produktionsplan

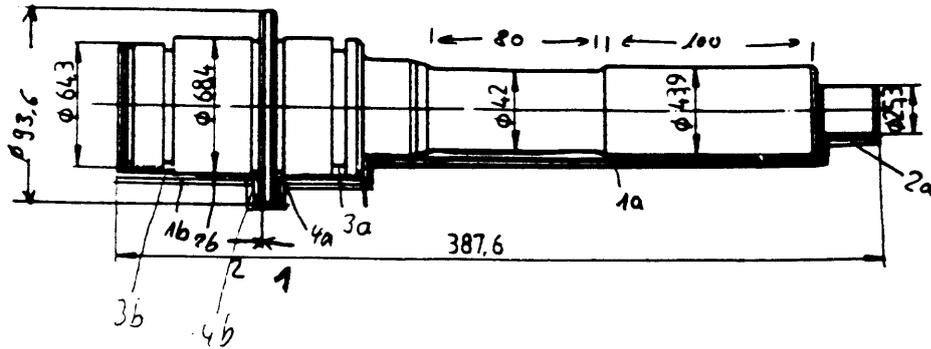
Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	1a1+1a2	1b
Tiefe	3+3	←
Vorschub	0.5	←
Schnittgeschw.	160+170	160
Verfahrweg	siehe geometrie	
Kommentar	Schnitt 1a1+1b gleichzeitig	Schnitt 1a1+1b gleichzeitig

Schritt	3	4
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	2a1+2a2	2b
Tiefe	0.5	←
Vorschub	0.25	←
Schnittgeschw.	ca.180+190	ca.180
Verfahrweg		
Kommentar	Schnitt 2a1+2b gleichzeitig	Schnitt 2a1+2b gleichzeitig

Schritt	5	6
Aufspannung	←	←
Werkzeug		
Schnitt		
Tiefe		
Vorschub		
Schnittgeschw.		
Verfahrweg		
Kommentar		

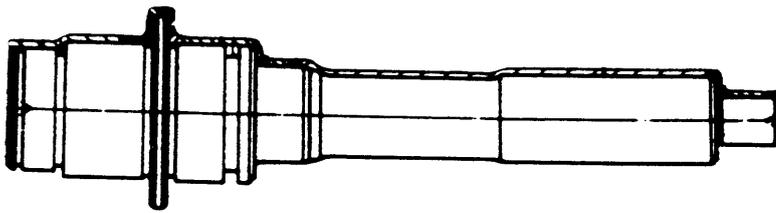
$$12 = G_1 W_4 D_3$$

CAD-Zeichnung



*Bearbeitung von links nach rechts
und von rechts nach links
gleichzeitig!*

Verfahrwege



$$13 = G_5 W_3 D_3$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	<p>Achswelle aus weichem Alumimium lang und schlank mit einseitig abfallender Kontur mit Gewinde, Passungen, Nuten und Schrägen mit Oberflächenanforderungen</p>
Werkstatt	<p>Drehmaschine mit hoher Leistung mit großer Stabilität mit der Möglichkeit synchroner Bearbeitung (2 Revolver) mit großer Anzahl Werkzeugen</p>
Kommentar	<p>eine Aufspannung mit Hartmetall bearbeitbar Kühlschmiermittel verwenden Gefahr von Aufbauschneidenbildung hohe Schnittwerte fahrbar weicher Werkstoff → weiche Backen verwenden</p>

$$13 = G_5 W_3 D_3$$

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a1 Dreibackenfutter mit weichen Backen+ Zentrierspitze M60*2 bei Reitstockseite	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schlichten +Feinschlichten ←
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall	w2 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a parallele Schnitte bis Planfläche derFTkontur (0.7mm Aufmaß) mittel:2-4 mittel/hoch:0.4-1 hoch:1050-1300	1b Grundkontur folgend +Freistiche mittel:0.5-2+fein:0.25-2 mittel:0.1-0.3+fein:0.05-0.15 hoch:1550-2000
Kommentar	Leistungsgrenzen der Maschine beachten	←

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutstechen radial	Gewindedrehen Reitstock nach Antrieb
Werkzeug	w3 Nutstechdrehmeißel mit Hartmetall	w4 Gewindedrehmeißel links abgesetzt mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3a Nut bei FT82 =Nut 0.05-0.25 200-500	4a mehrere Schnitte entlang der Längstfläche bis zum Gewindefreistich zunächst grob:0.3 dann feiner:0.05 =Steigung 500-700
Kommentar	3+4 gleichzeitig	3+4 gleichzeitig

$$13 = G_5 W_3 D_3$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g5 Werkstoff:AlMgSi (weich) ansonsten siehe g5
----------------------------------	--

Produktionsmittel

Rohteil	Zylinder 105mm
----------------	----------------

Drehmaschine	Böhringer XY
---------------------	--------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1	
---	----	--

Werkzeug	w1	w2
Halter	CKJNL 3225 P16	SVJBL 3225 M16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Spanpratzensystem	Schnellspannschraube
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	KNUX 160410 L-11	VBMM 160404-53
Eckenradius	1.0	0.4
Plattenform	55	55
Schneidstoff	S10T	H13A

Werkzeug	w3	w4
Halter	R 154.91-3225-8Q	R166.OFG-3225-16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Spannfingersystem	Schnellspannschraube
Einstellwinkel	90	90
Schneidplatte	154.91-4.15	R 166.OG-16MM01-200
Eckenradius		
Plattenform	Nutstechplatte	Gewindeplatte
Schneidstoff	H20	S10T

$$13 = G_5 W_3 D_3$$

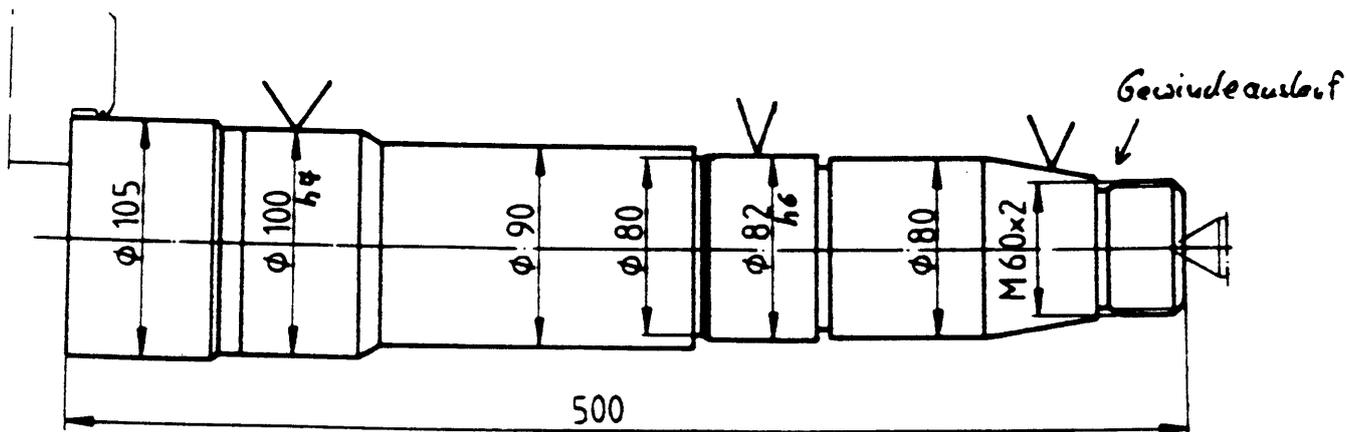
Produktionsplan

Schritt	1	2
Aufspannung	a1	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	1a	2a
Tiefe	2.25+2.5+2.5+2+2+1+ 2.5+2.5	
Vorschub	0.5	0.2+0.075
Schnittgeschw.	1000	1300
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

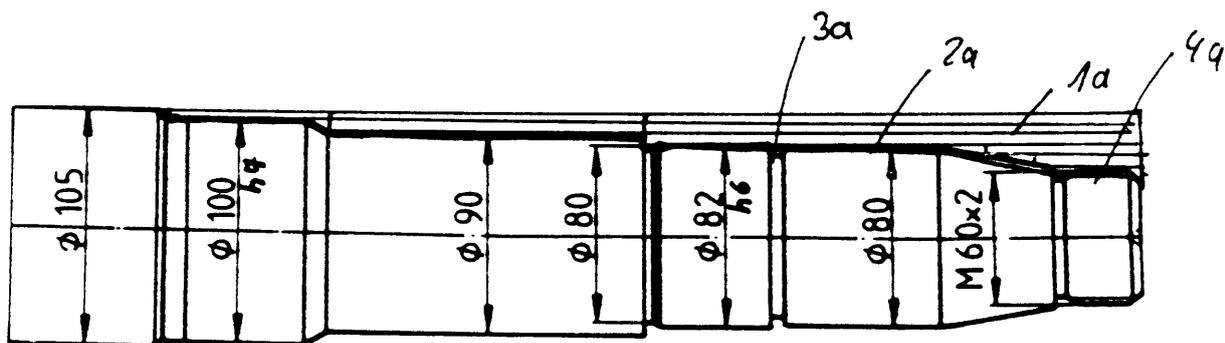
Schritt	3	4
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	3a	4a
Tiefe	=Nut	0.27+0.24+0.18+0.16+0.14+ 0.12+0.11+0.10+0.06
Vorschub	0.1	=Steigung
Schnittgeschw.	ca.800	ca.700
Verfahrweg		
Kommentar	3+4 gleichzeitig	3+4 gleichzeitig

$$13 = G_5 W_3 D_3$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



Hinweis: $3a$ und $4a$ gleichzeitig

$$14 = G_3W_2D_3$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	<p>Ritzelwelle aus Grauguß beidseitige Zentrierbohrungen erlaubt mit mittleren Freimaßtoleranzen mit teilweise erhöhten Oberflächenanforderungen mit beidseitig abfallender Kontur mit Nuten und einem Gewinde relativ stabil</p>
Werkstatt	<p>Drehmaschine mit hoher Leistung mit großer Stabilität mit der Möglichkeit synchroner Bearbeitung (2 Revolver) mit großer Anzahl Werkzeugen</p>

Planskelett

Produktionsplan

Skelett- und Produktionsplan der Musterlösung m3 sind direkt anwendbar.

$$15 = G_3W_2D_2$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	Ritzelwelle aus Grauguß beidseitige Zentrierbohrungen erlaubt mit mittleren Freimaßtoleranzen mit teilweise erhöhten Oberflächenanforderungen mit beidseitig abfallender Kontur mit Nuten und einem Gewinde relativ stabil
Werkstatt	Fertigungsmachine mit ausreichend Werkzeugen

$$15 = G_3 W_2 D_2$$

Planskelett

Schritt	2	3
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a1 Stirnseitenmitnehmer Zentrierspitze Gewinde bei Reitstock	←
Bearbeitung	Schruppen	Schruppen
B.richtung	Reitstock nach Antrieb	Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Schneidkeramik	w2 abgesetzter rechter Schruppdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a bis 48.5 (ausschließlich) bis M33*1.5 bei 0.5 vor Planfläche mittel:1.0-3.0 mittel:0.25-0.70 mittel:200-600	1b bis 48.5 bei 0.5 vor Planfläche mittel:1.0-3.0 mittel:0.25-0.70 mittel:200-600
Kommentar		

Schritt	4	5
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung	Schlichten der Kontur Feinschlichten	Feinschlichten Schräge
B.richtung	Reitstock nach Antrieb	Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Schneidkeramik	abgesetzter rechter Schlichtdrehmeißel mit Schneidkeramik
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	2a Kontur bis 57 einschließlich mittel:0.,3-1.0+gering=.1-0.5 mittel/hoch:0.2-0.5+gering0.08-0.35 mittel/hoch:200-700	2b Kontur bis 57 mittel:0.3-1.0+gering:1-0.5 mittel/hoch:0.2-0.5+gering:0.08-0.35 mittel/hoch:200-700
Kommentar		

Planskelett

Schritt	6	7
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Nutenstechen Radial	Gewindeschneiden Reitstock nach Antrieb
Werkzeug	w5 linker abgesetzter Nutenstechdrehmeißel mit Schneidkeramik	w6 Gewindedrehmeißel mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	3a radial bis Nutgrund =Nut gering:0.1-0.2 mittel:200-600	4a bis zum Freistich (mehrmals) gering:0.5-0.05 =Steigung gering:50-70
Kommentar		

$$15 = G_3W_2D_2$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g3 Werkstoff: GG25 ansonsten siehe g3
----------------------------------	---

Produktionsmittel

Rohteil	Zylinder 63mm
----------------	---------------

Drehmaschine	Böhringer PNE 480
---------------------	-------------------

Aufspannung Spannmittel	a1	
Spannkraft Wstorient.		

Werkzeug	w1	w2
Halter	CSRNL 3225 k12	CSRNR 3225 k12
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	von oben geklemmt	von oben geklemmt
Einstellwinkel	75	75
Schneidplatte	SNGN 120816 TO 3030	SNGN 120816 TO 3030
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	90	90
Schneidstoff	SN60	SN60

Werkzeug	w3	w4
Halter	PDJNL 3225 K15	PDJNR 3225 K15
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	über Bohrung geklemmt	über Bohrung geklemmt
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	DNMA 150812 TF 118	DNMA 150812 TF 118
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	55	55
Schneidstoff	SH20F	SH20F

Werkzeug	w5	w6
Halter	KTGL 3225 K22-15	R166.OFG-3225-16
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	von der Seite	Spannfingersystem
Einstellwinkel	90	60
Schneidplatte	TPMX 2204 L 330	R166.OG-16MM01-150
Eckenradius		
Plattenform	90	60
Schneidstoff	TC50	S30T

$$15 = G_3 W_2 D_2$$

Produktionsplan

Schritt	0
Aufspannung	a1
Werkzeug	w1
Schnitt	0
Tiefe	2.75
Vorschub	0.2
Schnittgeschw.	400
Verfahrweg	siehe geometrie

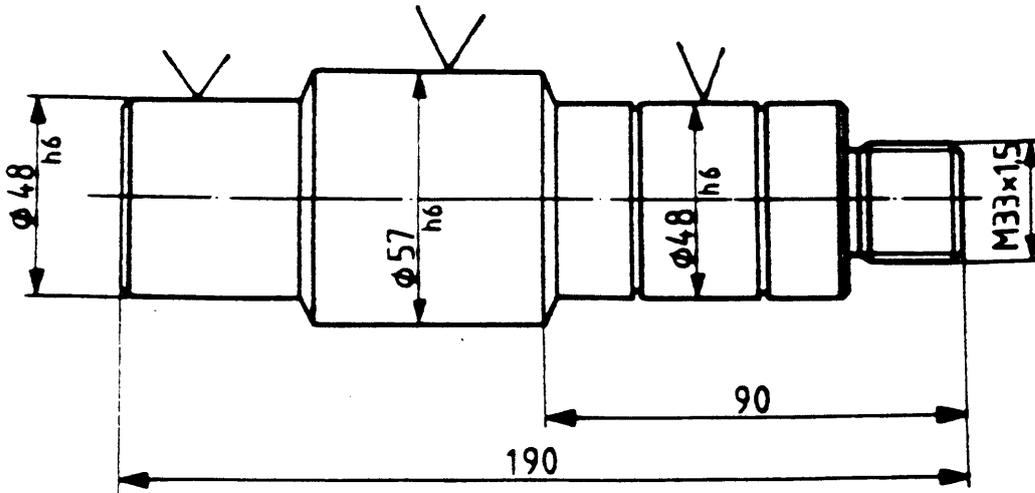
Schritt	2	3
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	3*1a	1b
Tiefe	4.5+5+2.5	2.25
Vorschub	0.45	0.45
Schnittgeschw.	450	450
Verfahrweg	siehe geometrie	

Schritt	4	5
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	2a	2b
Tiefe	0.5	0.5
Vorschub	0.15	0.15
Schnittgeschw.	550	550
Verfahrweg		

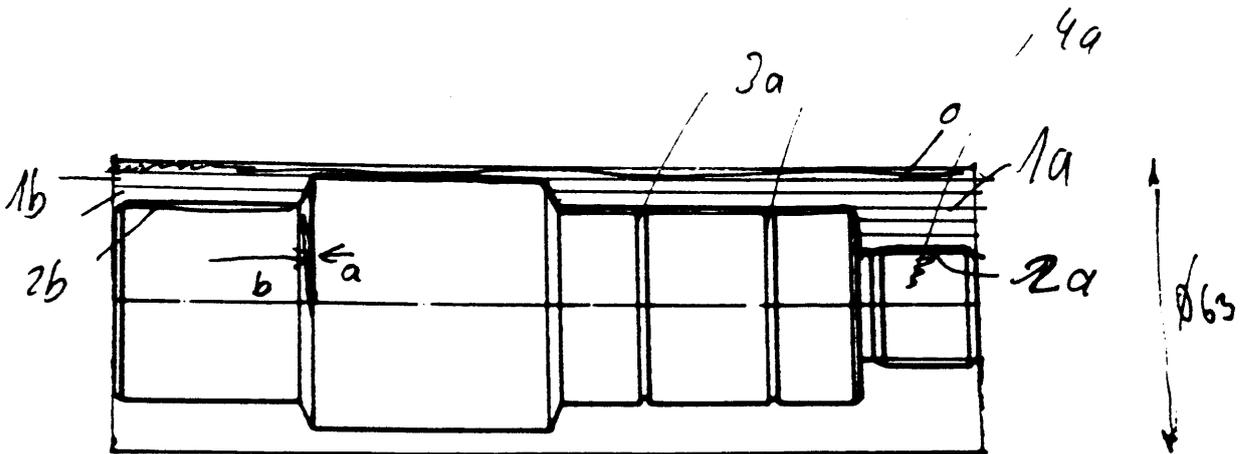
Schritt	6	7
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w5	w6
Schnitt	3a	6*4a
Tiefe	3.3	0.3+0.25+0.15+0.13+0.1+0.05
Vorschub	0.1	=Steigung
Schnittgeschw.	140	60
Verfahrweg		

$$15 = G_3W_2D_2$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$16 = G_2 W_4 D_3$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	<p>Antriebswelle aus hochlegiertem Stahl mit beidseitig abfallender Kontur relativ stabil mit breiter Nut mit Passungen, Schrägen, Radien und Formeinstichen</p>
Werkstatt	<p>Drehmaschine mit hoher Leistung mit großer Stabilität mit der Möglichkeit synchroner Bearbeitung (2 Revolver) mit großer Anzahl Werkzeugen</p>
Kommentar	<p>mit Hartmetall bearbeitbar Rohteillänge=Fertigteillänge Kühlschmiermittel verwenden synchrone Bearbeitung</p>

$$16 = G_2 W_4 D_3$$

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a1 Stirnseitenmitnehmer Zentrierspitze FT57.8 bei Antriebsseite	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schruppen Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall	w2 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a Kontur folgend bis FT87.3 (Aufmaß 0.5mm) Vorstechen der Nut mittel/hoch:4-10 mittel/hoch:0.4-1 gering:125-175	1b Kontur folgend bis FT93.2 (Aufmaß 0.5mm) Vorstechen der Nut ← ← ←
Kommentar	1+2 gleichzeitig	1+2 gleichzeitig

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schlichten mit Kontur+ Feinschlichten Reitstock nach Antrieb	Schlichten mit Kontur+ Feinschlichten Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w3 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Hartmetall	w4 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	2a Kontur folgend bis FT87.3 1.Hälfte des Nutgrundes Planfläche bei 93.2 mittel:0.5-2+gering/mittel:0.25-2 mittel/hoch:0.1-0.3+gering:0.05-0.15 mittel:130-200	2b Kontur folgend bis FT93.2 2.Hälfte des Nutgrundes Planfläche bei 87.3 ← ← ←
Kommentar	3+4 gleichzeitig	3+4 gleichzeitig

$$16 = G_2W_4D_3$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g2 Werkstoff:X5 Cr Ni 18 9 ansonsten siehe g2
----------------------------------	---

Produktionsmittel

Rohteil	Formteil
----------------	----------

Drehmaschine	Böhringer XY
---------------------	--------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1	
---	----	--

Werkzeug	w1	w2
Halter	MTJNL 3225 M22	MTJNL 3225 M22
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Keilspannsystem	Keilspannsystem
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	TNM 220412	TNM 220412
Eckenradius	1.2	1.2
Plattenform	60	60
Schneidstoff	S425	S425

Werkzeug	w3	w4
Halter	MTJNL 3225 M22	MTJNL 3225 M22
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Keilspannsystem	Keilspannsystem
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	TCMM 110204-52	TCMM 110204-52
Eckenradius	0.4	0.4
Plattenform	60	60
Schneidstoff	S1P	S1P

$$16 = G_2W_4D_3$$

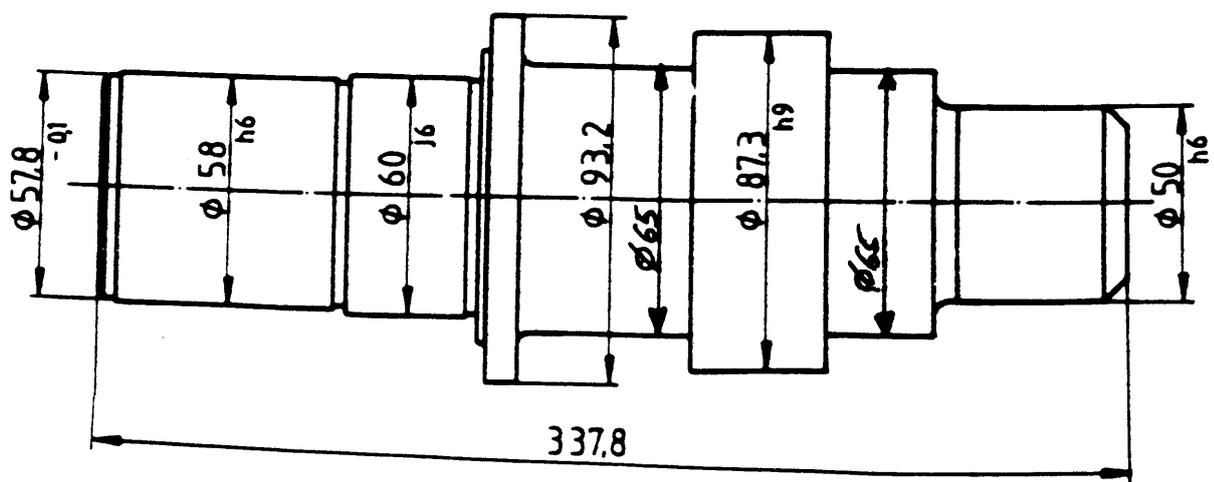
Produktionsplan

Schritt	1	2
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	1a	1b
Tiefe	5	←
Vorschub	0.5	←
Schnittgeschw.	ca.130	←
Verfahrweg	(siehe geometrie)	
Kommentar	1+2 gleichzeitig	1+2 gleichzeitig

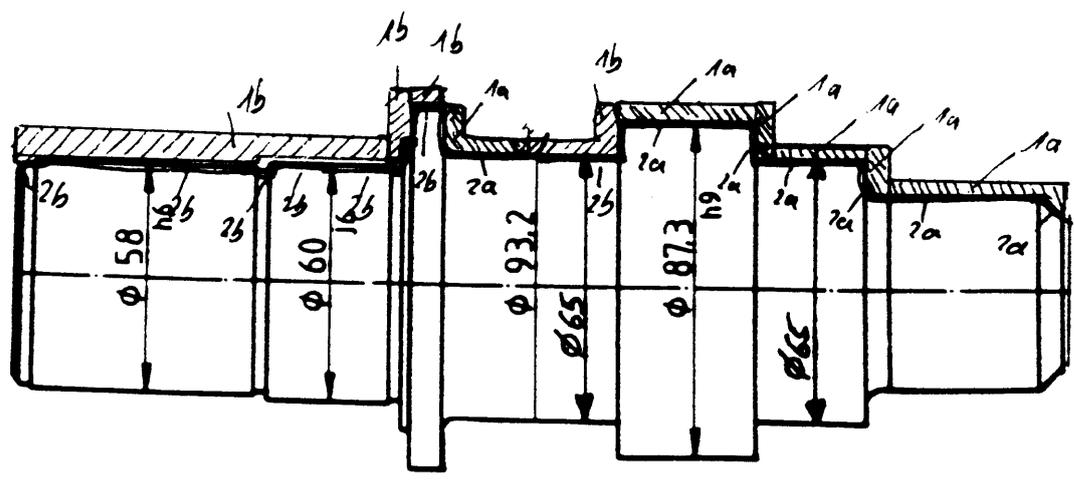
Schritt	3	4
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	2a	2b
Tiefe	0.5	←
Vorschub	0.1+0.07	←
Schnittgeschw.	ca.200	←
Verfahrweg	(siehe geometrie)	
Kommentar	3+4 gleichzeitig	3+4 gleichzeitig

$$16 = G_2W_4D_3$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege



$$17 = G_2 W_3 D_2$$

Werkstück- und Werkstattbeschreibung

Werkstück	<p>Antriebswelle aus weichem Alumimium mit beidseitig abfallender Kontur relativ stabil mit breiter Nut mit Passungen, Schrägen, Radien und Formeinstichen</p>
Werkstatt	<p>Fertigungsmaschine mit ausreichender Leistung mit großer Stabilität mit begrenzter Anzahl Werkzeugen</p>
Kommentar	<p>mit Hartmetall bearbeitbar Rohteillänge=Fertigteillänge Kühlschmiermittel verwenden Gefahr von Aufbauschneidenbildung keine synchrone Bearbeitung hohe Schnittwerte fahrbar</p>

$$17 = G_2 W_3 D_2$$

Planskelett

Schritt	1	2
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	a1 Stirnseitenmitnehmer Zentrierspitze FT57.8 bei Antriebsseite	←
Bearbeitung B.richtung	Schruppen Reitstock nach Antrieb	Schruppen Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w1 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall	w2 abgesetzter linker Schruppdrehmeißel mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	1a Kontur folgend bis FT87.3 (Aufmaß 0.5mm) Vorstechen der Nut mittel/hoch:4-10 mittel/hoch:0.4-1 hoch:1000-1500	1b Kontur folgend bis FT93.2 (Aufmaß 0.5mm) Vorstechen der Nut ← ← ←
Kommentar	Leistungsgrenzen der Maschine beachten	←

Schritt	3	4
Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorientierung	←	←
Bearbeitung B.richtung	Schlichten mit Kontur+ Feinschlichten Reitstock nach Antrieb	Schlichten mit Kontur+ Feinschlichten Antrieb nach Reitstock
Werkzeug	w3 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Hartmetall	w4 abgesetzter linker Schlichtdrehmeißel mit Hartmetall
Schnitt Verfahrweg Tiefe Vorschub Schnittgeschw.	2a Kontur folgend bis FT87.3 1.Hälfte des Nutgrundes Planfläche bei 93.2 mittel:0.5-2+gering/mittel:0.25-2 mittel/hoch:0.1-0.3+gering:0.05-0.15 sehr hoch:1500-2000	2b Kontur folgend bis FT93.2 2.Hälfte des Nutgrundes Planfläche bei 87.3 ← ← ←
Kommentar	Leistungsgrenzen der Maschine beachten	←

$$17 = G_2W_3D_2$$

Produktmodell

Geometrie Technologie	g2 Werkstoff:AlMgSi (weich) ansonsten siehe g2
----------------------------------	--

Produktionsmittel

Rohteil	Formteil
----------------	----------

Drehmaschine	Böhringer XY
---------------------	--------------

Aufspannung Spannmittel Spannkraft Wstorient.	a1	
---	----	--

Werkzeug	w1	w2
Halter	MTJNL 3225 M22	MTJNL 3225 M22
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Keilspannsystem	Keilspannsystem
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	TCMM 110208-52	TCMM 110208-52
Eckenradius	0.8	0.8
Plattenform	60	60
Schneidstoff	H13A	H13A

Werkzeug	w3	w4
Halter	MTJNL 3225 M22	MTJNL 3225 M22
Schaftquerschnitt	32*25	32*25
Klemmart	Keilspannsystem	Keilspannsystem
Einstellwinkel	93	93
Schneidplatte	TCMM 110204-53	TCMM 110204-53
Eckenradius	0.4	0.4
Plattenform	60	60
Schneidstoff	H13A	H13A

$$17 = G_2W_3D_2$$

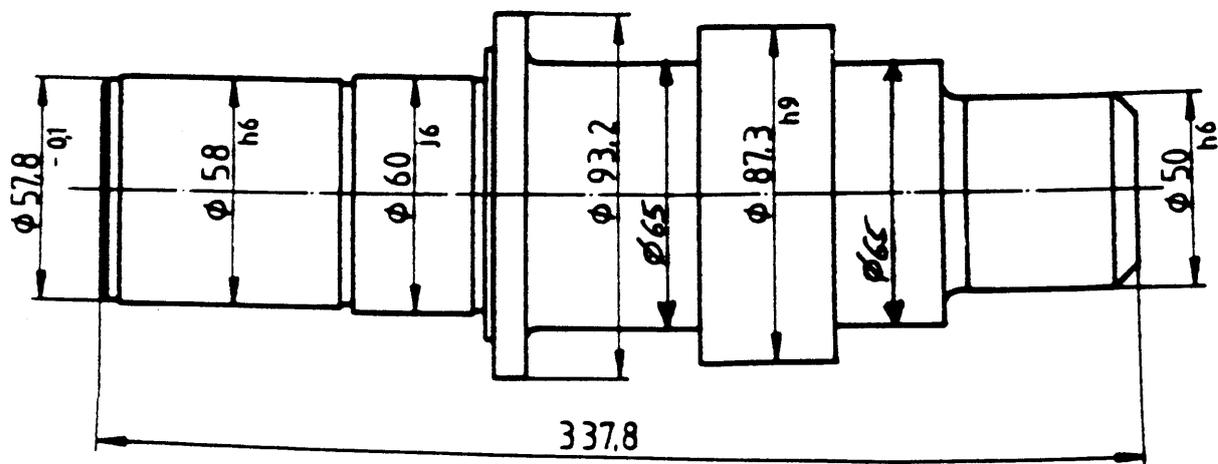
Produktionsplan

Schritt	1	2
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w1	w2
Schnitt	1a	1b
Tiefe	5	5
Vorschub	0.5	0.5
Schnittgeschw.	850	900
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

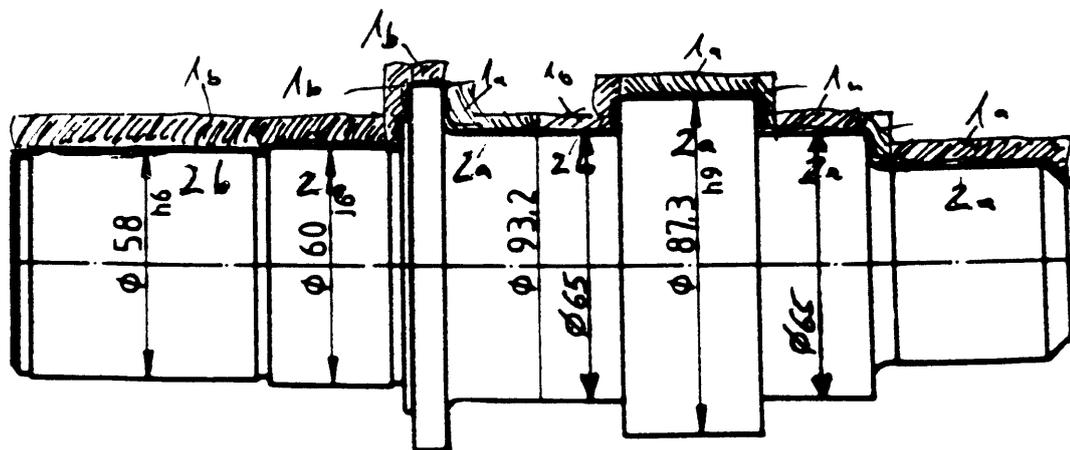
Schritt	3	4
Aufspannung	←	←
Werkzeug	w3	w4
Schnitt	2a	2b
Tiefe	0.5	0.5
Vorschub	0.2+0.05	0.2+0.05
Schnittgeschw.	900	900
Verfahrweg	(siehe geometrie)	

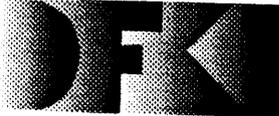
$$17 = G_2W_3D_2$$

CAD-Zeichnung



Verfahrwege





DFKI Publikationen

Die folgenden DFKI Veröffentlichungen sowie die aktuelle Liste von allen bisher erschienenen Publikationen können von der oben angegebenen Adresse bezogen werden.

Die Berichte werden, wenn nicht anders gekennzeichnet, kostenlos abgegeben.

DFKI Publications

The following DFKI publications or the list of all published papers so far can be ordered from the above address.

The reports are distributed free of charge except if otherwise indicated.

DFKI Research Reports

RR-90-07

Elisabeth André, Thomas Rist:

Wissensbasierte Informationspräsentation:

Zwei Beiträge zum Fachgespräch Graphik und KI

1. Ein planbasierter Ansatz zur Synthese illustrierter Dokumente
2. Wissensbasierte Perspektivenwahl für die automatische Erzeugung von 3D-Objektdarstellungen

24 Seiten

RR-90-08

Andreas Dengel: A Step Towards Understanding Paper Documents

25 pages

RR-90-09

Susanne Biundo: Plan Generation Using a Method of Deductive Program Synthesis

17 pages

RR-90-10

Franz Baader, Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard Hollunder, Werner Nutt, Jörg H. Siekmann: Concept Logics

26 pages

RR-90-11

Elisabeth André, Thomas Rist: Towards a Plan-Based Synthesis of Illustrated Documents

14 pages

RR-90-12

Harold Boley: Declarative Operations on Nets

43 pages

RR-90-13

Franz Baader: Augmenting Concept Languages by Transitive Closure of Roles: An Alternative to Terminological Cycles

40 pages

RR-90-14

Franz Schmalhofer, Otto Kühn, Gabriele Schmidt:

Integrated Knowledge Acquisition from Text, Previously Solved Cases, and Expert Memories

20 pages

RR-90-15

Harald Trost: The Application of Two-level Morphology to Non-concatenative German Morphology

13 pages

RR-90-16

Franz Baader, Werner Nutt: Adding Homomorphisms to Commutative/Monoidal Theories, or: How Algebra Can Help in Equational Unification

25 pages

RR-90-17

Stephan Busemann:

Generalisierte Phasenstrukturgrammatiken und ihre Verwendung zur maschinellen Sprachverarbeitung

114 Seiten

RR-91-01

Franz Baader, Hans-Jürgen Bürckert, Bernhard

Nebel, Werner Nutt, Gert Smolka: On the Expressivity of Feature Logics with Negation, Functional Uncertainty, and Sort Equations

20 pages

RR-91-02

Francesco Donini, Bernhard Hollunder, Maurizio

Lenzerini, Alberto Marchetti Spaccamela, Daniele

Nardi, Werner Nutt: The Complexity of Existential Quantification in Concept Languages

22 pages

RR-91-03

B.Hollunder, Franz Baader: Qualifying Number Restrictions in Concept Languages

34 pages

RR-91-04

Harald Trost: X2MORF: A Morphological

RR-91-15

Bernhard Nebel, Gert Smolka

Component Based on Augmented Two-Level Morphology
19 pages

RR-91-05

Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Winfried Graf, Thomas Rist: Designing Illustrated Texts: How Language Production is Influenced by Graphics Generation.
17 pages

RR-91-06

Elisabeth André, Thomas Rist: Synthesizing Illustrated Documents: A Plan-Based Approach
11 pages

RR-91-07

Günter Neumann, Wolfgang Finkler: A Head-Driven Approach to Incremental and Parallel Generation of Syntactic Structures
13 pages

RR-91-08

Wolfgang Wahlster, Elisabeth André, Som Bandyopadhyay, Winfried Graf, Thomas Rist: WIP: The Coordinated Generation of Multimodal Presentations from a Common Representation
23 pages

Attributive Description Formalisms ... and the Rest of the World
20 pages

RR-91-16

Stephan Busemann: Using Pattern-Action Rules for the Generation of GPSG Structures from Separate Semantic Representations
18 pages

RR-91-17

Andreas Dengel, Nelson M. Mattos: The Use of Abstraction Concepts for Representing and Structuring Documents
17 pages

RR-91-18

John Nerbonne, Klaus Netter, Abdel Kader Diagne, Ludwig Dickmann, Judith Klein: A Diagnostic Tool for German Syntax
20 pages

RR-91-19

Munindar P. Singh: On the Commitments and Precommitments of Limited Agents
15 pages

RR-91-09

Hans-Jürgen Bürckert, Jürgen Müller, Achim Schupeta: RATMAN and its Relation to Other Multi-Agent Testbeds
31 pages

RR-91-10

Franz Baader, Philipp Hanschke: A Scheme for Integrating Concrete Domains into Concept Languages
31 pages

RR-91-11

Bernhard Nebel: Belief Revision and Default Reasoning: Syntax-Based Approaches
37 pages

RR-91-12

J. Mark Gawron, John Nerbonne, Stanley Peters: The Absorption Principle and E-Type Anaphora
33 pages

RR-91-13

Gert Smolka: Residuation and Guarded Rules for Constraint Logic Programming
17 pages

RR-91-14

Christoph Klauck, Ansgar Bernardi, Ralf Legleitner: FEAT-Rep: Representing Features in CAD/CAM
48 pages

RR-91-21

Klaus Netter: Clause Union and Verb Raising Phenomena in German
38 pages

RR-91-22

Andreas Dengel: Self-Adapting Structuring and Representation of Space
27 pages

RR-91-23

Michael Richter, Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner: Akquisition und Repräsentation von technischem Wissen für Planungsaufgaben im Bereich der Fertigungstechnik
24 Seiten

RR-91-24

Jochen Heinsohn: A Hybrid Approach for Modeling Uncertainty in Terminological Logics
22 pages

RR-91-25

Karin Harbusch, Wolfgang Finkler, Anne Schauder: Incremental Syntax Generation with Tree Adjoining

RR-91-26

M. Bauer, S. Biundo, D. Dengler, M. Hecking, J. Koehler, G. Merziger:

Integrated Plan Generation and Recognition
- A Logic-Based Approach -

17 pages

RR-91-27

A. Bernardi, H. Boley, Ph. Hanschke, K. Hinkelmann, Ch. Klauck, O. Kühn, R. Legleitner, M. Meyer, M. M. Richter, F. Schmalhofer, G. Schmidt, W. Sommer:
ARC-TEC: Acquisition, Representation and
Compilation of Technical Knowledge

18 pages

RR-91-28

Rolf Backofen, Harald Trost, Hans Uszkoreit:
Linking Typed Feature Formalisms and
Terminological Knowledge Representation
Languages in Natural Language Front-Ends

11 pages

RR-91-29

Hans Uszkoreit: Strategies for Adding Control
Information to Declarative Grammars

17 pages

RR-91-30

Dan Flickinger, John Nerbonne:
Inheritance and Complementation: A Case Study of
Easy Adjectives and Related Nouns

39 pages

RR-91-31

H.-U. Krieger, J. Nerbonne:
Feature-Based Inheritance Networks for
Computational Lexicons

11 pages

RR-91-32

Rolf Backofen, Lutz Euler, Günther Görz:
Towards the Integration of Functions, Relations and
Types in an AI Programming Language

14 pages

RR-91-33

Franz Baader, Klaus Schulz:
Unification in the Union of Disjoint Equational
Theories: Combining Decision Procedures

33 pages

RR-91-34

Bernhard Nebel, Christer Bäckström:
On the Computational Complexity of Temporal
Projection and some related Problems

35 pages

RR-91-35

Winfried Graf, Wolfgang Maaß: Constraint-basierte
Verarbeitung graphischen Wissens

14 Seiten

DFKI Technical Memos**TM-91-01**

Jana Köhler: Approaches to the Reuse of Plan
Schemata in Planning Formalisms

52 pages

TM-91-02

Knut Hinkelmann: Bidirectional Reasoning of Horn
Clause Programs: Transformation and Compilation

20 pages

TM-91-03

Otto Kühn, Marc Linster, Gabriele Schmidt:
Clamping, COKAM, KADS, and OMOS:
The Construction and Operationalization
of a KADS Conceptual Model

20 pages

TM-91-04

Harold Boley (Ed.):
A sampler of Relational/Functional Definitions

12 pages

TM-91-05

Jay C. Weber, Andreas Dengel, Rainer Bleisinger:
Theoretical Consideration of Goal Recognition
Aspects for Understanding Information in Business
Letters

10 pages

TM-91-06

Johannes Stein: Aspects of Cooperating Agents

22 pages

TM-91-08

Munindar P. Singh: Social and Psychological
Commitments in Multiagent Systems

11 pages

TM-91-09

Munindar P. Singh: On the Semantics of Protocols
Among Distributed Intelligent Agents

18 pages

TM-91-10

*Béla Buschauer, Peter Poller, Anne Schauder, Karin
Harbusch:* Tree Adjoining Grammars mit
Unifikation

149 pages

TM-91-11

Peter Wazinski: Generating Spatial Descriptions for
Cross-modal References

21 pages

TM-91-12

*Klaus Becker, Christoph Klauck, Johannes
Schwagereit:* FEAT-PATR: Eine Erweiterung des
D-PATR zur Feature-Erkennung in CAD/CAM

33 Seiten

TM-91-13*Knut Hinkelmann:*

Forward Logic Evaluation: Developing a Compiler
from a Partially Evaluated Meta Interpreter
16 pages

TM-91-14*Rainer Bleisinger, Rainer Hoch, Andreas Dengel:*

ODA-based modeling for document analysis
14 pages

DFKI Documents**D-91-03**

*Harold Boley, Klaus Elsbernd, Hans-Günther Hein,
Thomas Krause:* RFM Manual: Compiling
RELFUN into the Relational/Functional Machine
43 pages

D-91-04

DFKI Wissenschaftlich-Technischer Jahresbericht
1990
93 Seiten

D-91-06

Gerd Kamp: Entwurf, vergleichende Beschreibung
und Integration eines Arbeitsplanerstellungssystems
für Drehteile
130 Seiten

D-91-07

Ansgar Bernardi, Christoph Klauck, Ralf Legleitner
TEC-REP: Repräsentation von Geometrie- und
Technologieinformationen
70 Seiten

D-91-08

Thomas Krause: Globale Datenflußanalyse und
horizontale Compilation der relational-funktionalen
Sprache RELFUN
137 Seiten

D-91-09

David Powers, Lary Reeker (Eds.):
Proceedings MLNLO'91 - Machine Learning of
Natural Language and Ontology
211 pages

Note: This document is available only for a
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

D-91-10

Donald R. Steiner, Jürgen Müller (Eds.):
MAAMAW'91: Pre-Proceedings of the 3rd
European Workshop on „Modeling Autonomous
Agents and Multi-Agent Worlds“
246 pages

Note: This document is available only for a
nominal charge of 25 DM (or 15 US-\$).

D-91-11

Thilo C. Horstmann: Distributed Truth Maintenance
61 pages

D-91-12*Bernd Bachmann:*

Hiera_{Con} - a Knowledge Representation System
with Typed Hierarchies and Constraints
75 pages

D-91-13

International Workshop on Terminological Logics
*Organizers: Bernhard Nebel, Christof Peltason,
Kai von Luck*

131 pages

D-91-14

*Erich Achilles, Bernhard Hollunder, Armin Laux,
Jörg-Peter Mohren:* KRIS: Knowledge
Representation and Inference System
- Benutzerhandbuch -
28 Seiten

D-91-15

*Harold Boley, Philipp Hanschke, Martin Harm,
Knut Hinkelmann, Thomas Labisch, Manfred
Meyer, Jörg Müller, Thomas Oltzen, Michael
Sintek, Werner Stein, Frank Steinle:*
µCAD2NC: A Declarative Lathe-Worplanning
Model Transforming CAD-like Geometries into
Abstract NC Programs
100 pages

D-91-16

Jörg Thoben, Franz Schmalhofer, Thomas Reinartz:
Wiederholungs-, Varianten- und Neuplanung bei der
Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile
134 Seiten

D-91-17*Andreas Becker:*

Analyse der Planungsverfahren der KI im Hinblick
auf ihre Eignung für die Arbeitsplanung
86 Seiten

D-91-18

Thomas Reinartz: Definition von Problemklassen
im Maschinenbau als eine Begriffsbildungsaufgabe
107 Seiten

D-91-19

Peter Wazinski: Objektlokalisierung in graphischen
Darstellungen
110 Seiten

**Wiederholungs-, Varianten-, und Neuplanung bei der
Fertigung rotationssymmetrischer Drehteile**
Jörg Thoben, Franz Schmalhofer, Thomas Reinartz

D-91-16
Document