

CNC-Bearbeitungszentrum und Winkelanlage im Vergleich

Die zeitgemäße Fertigung von Einzelteilen für Fenster, Türen, Fassaden oder Wintergärten mit CNC-Maschinen für die Holzverarbeitung liegt Schulleiter Klaus Layer besonders am Herzen. Was an der Fachschule für Glas-, Fenster- und Fassadenbau in Karlsruhe dem Nachwuchs schon lange vermittelt wird, kann sich für viele Betriebe dieses Gewerks als überlebenswichtige Fertigungsmaßnahme herausstellen.

Neue Erkenntnisse bei den Werkstoffen und Forschungsergebnissen und vor allem der Zwang die Fertigungskosten zu senken, haben zu neuen Konzepten geführt. Die Firma Fentech in der Schweiz hat die Problematik bereits vor Jahren erkannt und nach Rationalisierungsmöglichkeiten bei der Fensterfertigung gesucht. Da ca. 50 % der variablen Fertigungskosten bei der manuellen Arbeit anfallen, war zuerst an eine konventionelle Fensterstraße gedacht. Platzgründe und die Tatsache, daß der Anteil der maschinellen Arbeit an den Kosten nur $\frac{1}{3}$ betrug, hier also eine Rationalisierung kaum möglich war, führte dazu, neue Wege zu suchen. So entstand der Gedanke, die Fensterfertigung auf einer CNC-Maschine zu realisieren. Neben der drastischen Verkürzung der Taktzeiten ging es zusätzlich auch um eine Software für Anlagensteuerung und Auftragsbearbeitung, die den Anforderungen der Fensterfertigung optimal gerecht wird.

Neue Wege gehen

In Anbetracht einiger Schwächen der herkömmlichen Schlitz-/Zapfen-Eckverbindung wurde die neue „Genius-

Eckverbindung“, eine Kombination aus Schlitz, Zapfen, Nutzapfen und Minizinken entwickelt. Diese wird seit einigen Jahren erfolgreich produziert.

Seit 1993 werden bei Fentech auf einem Bearbeitungszentrum Fenster gefertigt. Die klassische Fertigungsmethode eines Fensters besteht aus einer Reihe von Arbeitsgängen:

1. Abrichten und vierseitiges Aushobeln der Kanthölzer, meistens verbunden mit dem Austrennen der Glasleiste
2. Ablängen und Herstellen der Eckverbindung in der Regel Schlitz und Zapfen auf einer Winkelanlage
3. Verleimen in der Rahmenpresse
4. Umfälzen
5. Bohrungen anbringen für Ecklager, Scherenlager, Olivenbohrungen etc. (meist in mehreren Arbeitsgängen)
6. Beschlagmontage
7. Ablängen und Einpassen der Glasleiste
8. Lackierung der kompletten Fensterelemente, eventuell mit Zwischenschliff
9. Fertigmontage.

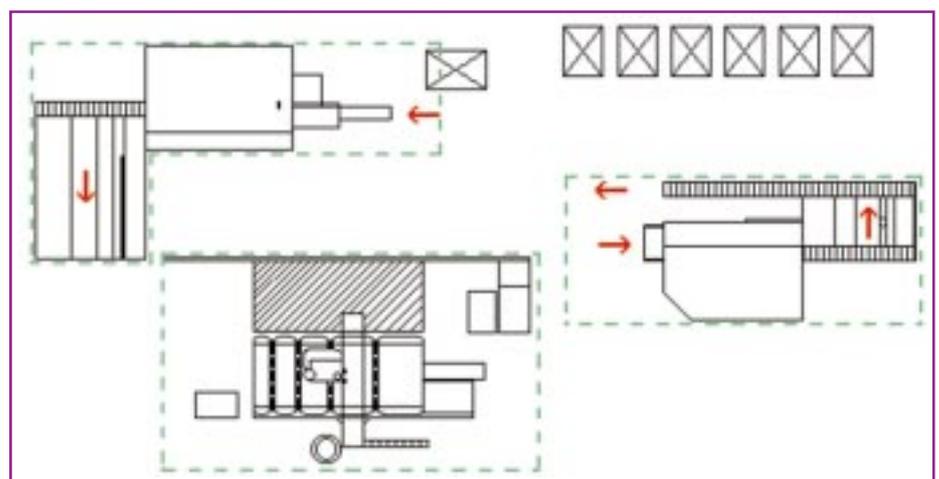
Durch die neue Genius-Eckverbindung können in der Fertigungstechnologie mit Hilfe der CNC-Fertigungstechnik

ganz neue Wege beschritten werden. Dazu wurde das hier vorgestellte Konzept erstellt.

Flexible Fertigungszelle als Kern

Das Herzstück des neuen Konzepts ist das Fensterbearbeitungszentrum, welches gleich mehrere Anforderungen erfüllen soll:

- Die Fensterteile sollen in einer Aufspannung komplett bearbeitet werden. Sämtliche Holzbearbeitungen, Fräsungen und Bohrungen in einem einzigen Arbeitsgang. Somit können die vielen Arbeitsschritte der konventionellen Produktionsverfahren auf drei holzbearbeitende Arbeitsstationen Hobelmaschine, Bearbeitungszentrum und Profilaufspanner reduziert werden
- Das Bearbeitungszentrum muß minimale Rüstzeiten haben (keine Beeinträchtigung der Maschinenkapazität). Dies ermöglicht die Produktion mit Losgröße 1 und den Anforderungen eines mittelständischen Fensterbaubetriebes entsprechen (mindestens 30 Fenster/Tagesschicht)
- auf dem Bearbeitungszentrum sollen auch andere Produkte hergestellt werden können, z. B. Rundbögen



Verkettung einer CNC-Fensterfertigung in einer flexiblen Fertigungszelle

Bilder: Layer/Weisheit

fenster, Wintergartenteile, Haustüren und plattenförmige Teile im Innenausbau. Dies ermöglicht eine weitgehende Maschinenunabhängigkeit bezüglich der Produktpalette.

Maschinen für Komplettbearbeitung

Beim Erstellen des Maschinenkonzeptes wurde versucht, möglichst viele Standardkomponenten zu verwenden, um den Entwicklungsaufwand möglichst gering zu halten.

Um eine Komplettbearbeitung zu erreichen, müssen die Fensterteile von sechs Seiten bearbeitet werden können. Ebenfalls müssen die Werkstückspannsysteme so flexibel sein, daß an dem Werkstück an jedem beliebigen Punkt eine Bearbeitung angebracht werden kann.

Als wirtschaftliche Lösung kristallisierte sich eine Standard-3-Achsen-CNC-Oberfräsmaschine heraus, welche je nach gewünschter Leistung ausgebaut werden kann. So kann die Maschine zum Beispiel wahlweise mit manuell oder automatisch positionierbaren Spannsystemen für gerade Fensterfrieze ausgerüstet werden. Auch spezielle Spannsysteme für gebogene Fensterfrieze sind möglich. Die vorbereitenden Arbeiten wie Aushobeln der Kanthölzer und auch das Längsprofilieren innen wie außen, soweit es sich nicht um Formteile wie Rundbögen oder Segmentbögen handelt, geschieht am wirtschaftlichsten auf 4-Seiten-Hobelmaschinen und auf Profilautomaten. Die Maschinenkonzepte existieren und sind in bezug auf Leistung und Genauigkeit hierzu bestens geeignet.

Aus diesen Überlegungen resultieren nun die sieben Punkte der Fensterfertigung:

1. Vierseitiges Aushobeln
2. CNC-Bearbeitung der Eckverbindungen
3. Profilmontage, Längsprofilierung

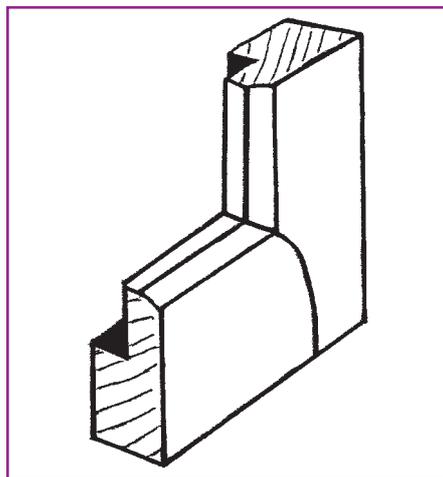
4. Fertiglackieren
5. Vormontage
6. Kaltschweißen
7. Endmontage.

Zwei wesentliche Punkte, die entscheidend zur Rationalisierung beitragen, sind hier die CNC-gerechte Genius-Eckverbindung und die Einzelteillackierung mit dem sogenannten Kaltschweißverfahren (siehe Infokasten).

Die Eckverbindung ist europaweit patentiert und wurde in Zusammenarbeit mit der Abteilung F & E der schweizerischen Ingenieur- und Technikerschule für Holzwirtschaft (SISH) in Biel entwickelt.

Hier kurz die wesentlichsten Vorteile:

- EN-geprüft
- dauerhaft geschlossene Fugen ohne Hirnholzschutzmittel
- ein Werkzeugsatz für alle Fenstersysteme
- CNC-konforme Eckverbindung
- kleiner Hirnholzanteil und kürzere Fugenlänge
- Holzeinsparung von ca. 4 % gegenüber Schlitz- und Zapfen-Eckverbindung
- einfache Leimangabe, da geringere Profiltiefe
- verschiedene Friesbreiten ohne Probleme machbar



Skizze der „Genius“-Eckverbindung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Der Arbeitseinsatz und die erlangten Erfahrungen mit einer 5-Achs-Maschine haben gezeigt, daß für die geforderten Arbeitsgänge eine 4-Achs-Maschine ausreicht.

CNC

ausgeschrieben „Computer Numerical Controlled“, ist eine Form der Steuerung von Produktionsmaschinen von Computersystemen, die manuelle Eingaben oder CAD-Konstruktionen in numerischen Code zur Maschinenansteuerung umwandelt.

BAZ

ausgeschrieben „Bearbeitungszentrum“, ist eine Anlage, die mehrere Funktionen oder Bearbeitungsschritte in sich vereint.

Kaltschweißverfahren

ist eine Möglichkeit der Verleimung komplett lackierter Holzteile unter Einsatz einer thermoplastischen Farbe. Unter Druck und durch Verdunsten eines vorher aufgetragenen Lösungsmittels werden die Kontaktstellen durch eine homogene, verbindende Farbschicht miteinander verschweißt.

Für die kleinste Maschinentype ist ein manuelles Einrüsten der Spannmittel und der Teile akzeptabel. Für eine wirtschaftliche Serienfertigung ist jedoch ein automatisches Einrüsten der Spannmittel unbedingt erforderlich.

Zur Bearbeitung der Einzelkante sind sehr viele unterschiedliche Werkzeuge erforderlich. Die Speicherkapazität eines Werkzeugwechslers muß je nach Maschinenausstattung und Betriebsgröße gewählt werden und kann bis zu 70 Plätze beinhalten.

Ein Handwerksbetrieb benötigt ca. 30 Fenster pro Tag und Schicht. Ein Industriebetrieb benötigt ca. 100 Fenster pro Tag und Schicht. Unsere Maschinentypen sollten den Bedarf von 30 bis 60 Fenstereinheiten pro Tag abdecken können.

Tabelle 1: Teilspektrum/Bearbeitungsspektrum

Einzelkanten:	Länge:	100 bis	3000 mm
	Dicke:	15 bis	80 mm
	Breite:	30 bis	800 mm
	Material:	alle Hölzer/Holzwerkstoffe	
Türelemente:	Länge:	450 bis	3000 mm
	Dicke:	15 bis	80 mm
	Breite:	200 bis	1050 mm

Mittels einer Wirtschaftlichkeitsberechnung wurden eine konventionelle Fertigungsanlage und eine Fensterfertigung mit CNC-Bearbeitungszentrum miteinander verglichen, um die Marktchancen zu beurteilen. Dies erfolgte mittels eines Kostenvergleichs sowie einer Nutzwertanalyse.

Um alle Auswirkungen der beiden Verfahren zu erfassen, müssen die kompletten Fertigungsprozesse betrachtet werden, also auch die Endmontage der Fenster.

Die Betrachtung beginnt mit der Beschickung der kommissionierten Kanteln (abgelängt und positioniert) für CNC-BAZ oder Vierseiter. Sie endet mit dem fertig endmontierten Fenster (inkl. Einhängen der Flügel und Verladen auf Transportgestelle).

Nicht betrachtet wird bei dieser Abschätzung die Oberfläche, da durch die beiden Verfahren keine Unterschiede entstehen. Unterschiede welche durch die Einzelteilfertigung entstehen, wurden in einer Nutzwertanalyse berücksichtigt.

In obiger Abbildung sind die beiden Produktionsabläufe dargestellt, wie sie für die Wirtschaftlichkeitsrechnung zugrunde gelegt werden. Der Vergleich der beiden Verfahren wird auf Basis eines Holzfensters gemacht.

1) Betriebsdaten

Für den Vergleich werden zwei gleich große Betriebe mit folgenden Eckdaten angenommen:

- Fenster mit: 2 Flügel, Außenmaß: 1,58 × 1,58 m, Fläche: 2,50 m², 13 Teile
- Einheit mit: 1 Flügel, Außenmaß: 1,30 × 1,30 m, Fläche: 1,70 m², 8 Teile
- Arbeitszeit: 8,4 Stunden pro Schicht
- Tagesleistung: 30 Fenster, 44 Einheiten, 75 m²

Diese Leistung soll mit 8–12 produktiven Mitarbeitern erreicht werden.

2) Fertigungsverfahren

Folgende meßbare Faktoren müssen für einen Vergleich der beiden Fertigungsverfahren beachtet werden:

- Fertigungszahl pro m² (MA-Präsenzzeiten)

- Fertigungskosten pro m² (Maschinenkosten)
- Materialeinsparungen
- Energiekosten
- Werkzeugkosten
- Platzbedarf für die Fertigung (inkl. Fläche für die Viereck-Endfertigung)
- Investitionskosten
- Unterhaltungskosten (Hard- und Software).

Dazu gesellen sich jedoch noch einige schwer kalkulierbare Faktoren:

- Qualitätsverbesserungen durch die neue Eckverbindung
- Perspektiven durch die Einzelteil-lackierung
- Durchlaufzeit eines Fensters in der Fertigung

Winkelanlage	CNC-BAZ
<p>Charge Nr. 1: Maschinenarbeit</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Beschickung 2 Vierkantenhobelmaschine 3 Abstapeln 4 Abstapeln 5 Winkelanlage 6 Abstapeln 7 Teile flicken 	<p>Charge Nr. 1: Maschinenarbeit</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Beschickung 2 CNC-BAZ 3 Profilierautomat 4 Abstapeln 5 Teile flicken <p>} Fertigungszelle</p>
<p>Charge Nr. 2: Rahmenpresse</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Beleimung 2 Rahmenpresse 3 Reinigung 4 Viereckpuffer 	<p>Charge Nr. 2: Rahmenpresse</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Beleimung 2 Rahmenpresse 3 Reinigung 4 Viereckpuffer
<p>Charge Nr. 3: Viereck-Endfertigung</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Beschickung 2 Flügel umfälzen 3 Flügel fertigmachen (Griffoliven, Bandbohrungen) 4 Flügelpuffer 	<p>Charge Nr. 3: Viereck-Endfertigung</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Entfällt
<ol style="list-style-type: none"> 1 Viereckpuffer 2 Rahmen fertig machen (Bandbohrungen, Riegelverb.) 3 Rahmenpuffer 	
<p>1 Tauchgrundierung nicht relevant</p>	<p>1 Tauchgrundierung nicht relevant</p>
<p>Charge Nr. 4: Oberfläche nicht relevant</p>	<p>Charge Nr. 4: Oberfläche nicht relevant</p>
<p>Charge Nr. 5: Fenster-Endmontage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Flügel montieren 2 Verglasung ausführen 3 Rahmenbeschläge montieren 4 Flügel einhängen 5 Fenster auf Transportgestell stellen 	<p>Charge Nr. 5: Fenster-Endmontage</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 Flügel montieren 2 Verglasung ausführen 3 Rahmenbeschläge montieren 4 Flügel einhängen 5 Fenster auf Transportgestell stellen

Tabelle 2: Winkelanlage und CNC-Bearbeitungszentrum im Vergleich

- Komplexibilität der Fenster und Flexibilität der CNC-Anlage bei: Pfosten, Riegel, Schräg-, Dreieck- und Rundbogenfenstern.

Aufgrund der oben genannten Angaben sollte ein objektiver Kostenvergleich der beiden Verfahren möglich sein. Um die schwer meßbaren Faktoren ebenfalls in die Entscheidungsfindung einfließen zu lassen, ist es jedoch notwendig, zusätzlich zum Kostenvergleich auch eine Nutzwertanalyse der beiden Verfahren zu erstellen.

3) Fertigungszeiten

Bei den Fertigungszeiten werden alle Zeiten berücksichtigt, welche sich in den beiden Verfahren unterscheiden. Durch diese Einschränkung der Daten kann eine verlässlichere Aussage erreicht werden. Die Zeiten für Oberflächenbehandlung, Tauchgrundierung, Baumontage, Kantenkommissionierung, Flügel verglasen etc. werden deshalb zum Kostenvergleich nicht herangezogen.

Die Zeiten beziehen sich auf die oben definierten Standardfenster. Zeiten für spezielle Fenster wie Schräg- und Dreieckfenster sowie Fenster mit Pfosten und Riegel müssen separat betrachtet werden. Beim Verfahren „CNC-Bearbeitungszentrum“ kann jedoch gesagt werden, daß die Zeiten pro Teil identisch mit den Standardfenstern sein werden. Bei der Winkelanlage hingegen kommen zusätzliche Arbeitsschritte und Maschinen hinzu, z. B. wie Pfosten und Riegel stemmen, Umrüsten der Winkelanlage.

Fertigungszeiten gemäß Tabellen	Zeit je Einheit	Zeit je m ² und Einheit	Zeit je Fenster	Zeit je m ² und Fenster
Winkelanlage	39,62 min	23,31 min	57,80 min	23,12 min
CNC-BAZ	32,21 min	18,94 min	48,88 min	19,55 min

Tabelle 3

Fertigungszeiten gemäß Tabellen	Zeit je Einheit	Zeit je m ² und Einheit	Zeit je Fenster	Zeit je m ² und Fenster
Winkelanlage	100 %	100 %	100 %	100 %
CNC-BAZ	81,3 %	81,3 %	84,6 %	84,6 %

Tabelle 4

4) Maschinenkosten

Für die Ermittlung der Maschinenkosten müssen sämtliche, bei den beiden Verfahren unterschiedliche Kosten, berücksichtigt werden. Um eine ganzheitliche Betrachtung zu ermöglichen, müssen die Jahreskosten der einzelnen Maschinen auf die zu produzierende Jahresmenge umgelegt werden.

Maschinenkosten gemäß Tabelle Maschinenkosten	Kosten je m ²
Winkelanlage	100 %
CNC-BAZ	100 %

Tabelle 5

5) Materialeinsparungen

Durch die neue Eckverbindung kann erheblich Material eingespart werden.

Materialeinsatz gem. Tab. Materialeinspar.	Materialeinsatz in m ³ je Fenster	Materialeinsatz in m ³ je Einheit
Winkelanlage	100 %	100 %
CNC-BAZ	97,0 %	97,3 %

Tabelle 6

6) Werkzeugkosten

Die Werkzeugkosten für ein Fenstersystem variieren zwischen den beiden Produktionsverfahren beträchtlich. Zum einen sind die viel kleineren CNC-Werkzeuge billiger als die großen Schlitzscheibensätze und zum anderen kann durch die CNC-Technologie die Anzahl der benötigten Werkzeuge um ca. 33 % reduziert

zeugsatz diverse ähnliche Fenstersysteme hergestellt werden können. Bei der Schlitz-Zapfentechnologie ist für jede Änderung der Profile ein neuer Werkzeugsatz erforderlich.

7) Nutzwertanalyse

In der nachfolgenden Nutzwertanalyse wird eine gesamtheitliche Betrachtung der beiden Fertigungsverfahren gemacht, indem auch schwierig zu quantifizierende Kriterien in die Bewertung einbezogen werden.

Die eingesetzten Daten sind zum Teil reale Werte, zum Teil jedoch auch geschätzte Werte wie die Maschinenkosten und die subjektiven Kriterien. Um eine neutrale Bewertung zu erhalten, müssen sämtliche Daten der Nutzwertanalyse verglichen werden. Durch den Effekt, daß in der Nutzwertanalyse die einzelnen Krite-

rien unabhängig vom Endresultat bestimmt werden können, sollte eine neutrale Bewertung der beiden Verfahren möglich sein. In einer entsprechenden Tabelle werden die Kriterien im Paarvergleich gewichtet. Es wird immer ein Kriterium einer Zeile mit dem Kriterium einer Spalte verglichen und abgeschätzt, welches der beiden Kriterien das größere Gewicht erhalten soll. Daraus ergibt sich der Gewichtungsfaktor in der letzten Spalte.

Diese Ausgangsdaten stellen die Bewertung der einzelnen Kriterien dar.

werden. Dies entspricht einer Kosteneinsparung von ca. 57 %. Hierbei ist noch nicht berücksichtigt, daß bei der CNC-Technologie mit einem Werk-

Kriterium	Maßstab	Beschreibung
Fertigungszeit	min/m ²	Zeitaufwand der Fertigung je Quadratmeter
Platzbedarf Produktion	m ²	Benötigte Produktionsfläche der Anlage
Holzverbrauch	dm ³ /Fenster	Holzverbrauch (Einsparung der neuen Eckverbindung gegenüber der der Schlitz-Zapfenverbindung)
Energiekosten	DM	Energiekosten der relevanten Anlagen
Werkzeugkosten	DM	Werkzeugkosten für ein Holzfenstersystem
Zukunftschancen		Bewertung der Zukunftschancen des Holzfensters je nach gewähltem Verfahren
Qualität		Qualität in bezug auf die Lebensdauer der Eckverbindung
Flexibilität		Flexibilität der Anlage (Pfosten/Riegel, Schräg-Rundbogenfenster)
Eignung für Einzelteilfertigung		Eignung des Verfahrens für die Einzelteilfertigung
Logistikaufwand		Aufwand für Logistik (Handling, innerbetriebl. Transport in Prozent des aufwendigeren Verfahrens)
Produktionsfehler		Wahrscheinlichkeit von Produktionsfehlern in der Beschlägemontage

Tabelle 7: Bewertungskriterien

In drei Schritten werden nun die Bewertungsrichtlinien aufgeschlüsselt und quantifiziert, so daß sich eine nachvollziehbare Beurteilungsweise ergibt:

- In Tabelle 10 wird der Schlüssel definiert, welcher den Bewertungspunkte zuweist.
- In Tabelle 11 werden die einzelnen Werte der Bewertung mit den entsprechenden Punkten benotet.
- In der Nutzwerttabelle 12 wird aufgrund der Punkte sowie der Gewichtung der Nutzwert errechnet.

Kommentar der Ergebnisse

Die „CNC-Einzelteilfertigung ist für ein Unternehmen wichtig, vor allem wie schnell und wirtschaftlich diese Technologie im Betrieb eingesetzt wird. Voraussetzung dafür ist aller-

dings die richtige Entscheidung beim Kauf einer CNC-Maschine oder eines CNC-Bearbeitungszentrums. Das große, fast unüberschaubare Marktangebot macht diese Entscheidung nicht leicht.

Die Integration von CNC-Technologie in einen bestehenden Betriebsablauf ist immer mit einem gewaltigen Einschnitt verbunden. Viele, vor allem ältere Mitarbeiter sehen in dieser Technologie eine persönliche Bedrohung. Die Mitarbeiter werden plötzlich mit einer Technik konfrontiert, die für sie absolutes Neuland bedeutet und dadurch zuerst einmal eine Ablehnung hervorruft. Hinzu kommt, daß mit erfolgreichem Einsatz der neuen Technologie vordergründig auch der Arbeitsplatz verschiedener Mitarbeiter gefährdet ist. Gerade langjährige Mitarbeiter mit hervorragenden fachli-

Punktebewertung im Paarvergleich	Punktebewertung im Paarvergleich											Summe	Gewichtungsfaktor	
	Fertigungszeit pro m ²	Platzbedarf Produktion	Holzverbrauch	Energiekosten	Werkzeugkosten	Zukunftschancen	Qualität	Flexibilität	Eignung für Einzelteilfertigung	Logistikaufwand	Produktionsfehler			
Fertigungszeit pro m ²	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	18	0,164	
Platzbedarf Produktion	0	2	2	1	1	2	1	1	2	2	2	14	0,127	
Holzverbrauch	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	4	0,038	
Energiekosten	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0,009	
Werkzeugkosten	0	1	2	2	2	0	0	0	0	1	1	7	0,064	
Zukunftschancen	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	16	0,145	
Qualität	1	0	2	2	2	0	2	0	1	2	2	12	0,109	
Flexibilität	0	1	2	2	2	1	2	1	2	2	2	15	0,126	
Eignung für Einzelteilfertigung	0	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	14	0,127	
Logistikaufwand	0	0	1	2	1	0	0	0	0	2	0	4	0,036	
Produktionsfehler	0	0	1	1	1	0	0	0	0	2	2	5	0,045	
												Summe	110	1,000

Tabelle 8: Gewichtung der Kriterien

Bewertungskriterien	Maßstab	Winkelanlage	CNC-BAZ
Fertigungszeit	min/m ²	23,31	18,94
Platzbedarf Produktion	m ²	1307,00	800,00
Holzverbrauch	dm ³ /Fenster	71,33	69,20
Energiekosten	DM	8000,00	6000,00
Werkzeugkosten	DM	18 430,00	10 527,00
Zukunftschancen		schlecht	gut
Qualität		genügend	hervorragend
Flexibilität		begrenzt	sehr hoch
Eignung für Einzelteilfertigung		gering	sehr gut
Logistikaufwand		hoch	gering
Produktionsfehler		akzeptabel	wenige

Tabelle 9: Ausgangsdaten

Bewertungskriterien	Maßstab Einheiten	Bewertungspunkte				
		0-2	2-4	4-6	6-8	8-10
Fertigungszeit	min/m ²	24	22	20	18	16
Platzbedarf Produktion	m ²	1500	1250	1000	750	500
Holzverbrauch	dm ³ /Fenster	72	71	70	69	68
Energiekosten	DM	10 000	8000	6000	4000	2000
Werkzeugkosten	DM	25 000	20 000	15 000	20 000	5000
Zukunftschancen		sehr schlecht	schlecht	genügend	gut	sehr gut
Qualität		schlecht	genügend	gut	sehr gut	hervorragend
Flexibilität		sehr schlecht	schlecht	begrenzt	hoch	sehr hoch
Eignung f. Einzelteilfertigung		keine	gering	mittel	gut	sehr gut
Logistikaufwand		sehr hoch	hoch	mittel	gering	sehr gering
Produktionsfehler		sehr viele	viele	akzeptabel	wenige	keine

Tabelle 10: Zielerfüllungsfaktoren

chen Qualitäten stehen plötzlich vor der Frage, sich mit dieser neuen Technologie auseinandersetzen oder Gefahr zu laufen, mittelfristig ihren Arbeitsplatz an einen jüngeren Kollegen mit CNC-Erfahrung zu verlieren.

Man sollte sich darum von vornherein Gedanken machen, welche Mitarbeiter für die Bedienung der CNC-Maschine geeignet sind und in Frage kommen. Es sollten mindestens zwei, besser drei Mitarbeiter in der Lage sein, die Maschine optimal zu bedienen, damit zum Beispiel krankheitsbedingte Ausfälle ohne Probleme kompensiert werden. Ist im Betrieb kein Personalpotential vorhanden, muß man sich frühzeitig um geeignete Neueinstellungen bemühen. Hier ist allerdings zu berücksichtigen, daß diese neuen Mitarbeiter in der Regel höhere Lohnvorstellungen haben als die vorhandenen Mitarbeiter.

Klaus Layer

Bewertungskriterien	Maßstab	Winkelanlage		CNC-BAZ	
		Kriterium	Benotung 0-10	Kriterium	Benotung 0-10
Fertigungszeit	min/m	23,31	1,5	18,94	5,5
Platzbedarf Produktion	m ²	1 307,00	2,5	800,00	6,5
Holzverbrauch	dm ³ /Fenster	71,33	2	69,20	6
Energiekosten	DM	8000	3	6000	5
Werkzeugkosten	DM	18 430,00	4	10 527,00	7
Zukunftschancen		schlecht	3	gut	7
Qualität		genügend	4	hervorragend	8
Flexibilität		begrenzt	5	sehr hoch	9
Eignung f. Einzelteilfertigung		gering	3	sehr gut	9
Logistikaufwand		hoch	3	gering	7
Produktionsfehler		akzeptabel	5	wenige	8

Tabelle 11: Punktebewertung

Bewertungskriterien	Gewichtungsfaktoren	Rahmenfertigung		Einzelteilfertigung	
		Punkte	Teilnutzwerte	Punkte	Teilnutzwerte
Fertigungszeit pro m ²	16,4 %	1,5	0,25	5,5	0,90
Platzbedarf Produktion	12,7 %	2,5	0,32	6,5	0,83
Holzverbrauch	3,6 %	2	0,07	6	0,22
Energiekosten	0,9 %	3	0,03	5	0,05
Werkzeugkosten	6,4 %	4	0,25	7	0,45
Zukunftschancen	14,5 %	3	0,44	7	1,02
Qualität	10,9 %	4	0,44	8	0,87
Flexibilität	13,6 %	5	0,68	9	1,23
Eignung f. Einzelteilfertigung	12,7 %	3	0,38	9	1,15
Logistikaufwand	3,6 %	3	0,11	7	0,25
Produktionsfehler	4,5 %	5	0,23	8	0,36
Gesamtnutzwert	100,0 %	36	3,19	78	7,32
Rangfolge			2.		1.

Tabelle 12: Nutzwert