

Nutzung von CAD-Funktionalität zur Erzeugung des Eingußkanales auf Modellplatten für DISAMATIC-Formanlagen

Norbert Miersch

1 Einleitung

Die vorhandenen Funktionalitäten im 3D-CAD-System SolidWorks 99, wie die nutzerspezifische Erstellung und Verwendung von Bibliotheksfeatures, können für eine rechnerunterstützte Modellgenerierung genutzt werden. Im folgenden Artikel soll der Ablauf für die Generierung des Eingußkanales mittels Bibliotheksfeatures im CAD-System SolidWorks 99 dargestellt werden.

Der Eingußkanal ist ein Teil des Anschnitt- und Speisersystems, siehe Abbildung 1. Die Gestaltung des Modelles einschließlich seinem Anschnitt- und Speisersystem basiert auf der Festlegung des Rohteiles und seiner Kriterien.

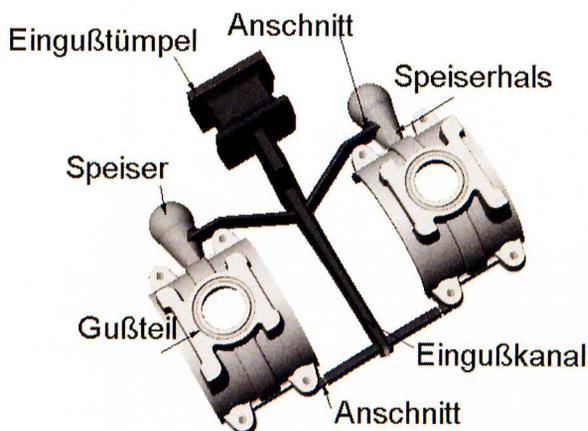


Abbildung 1: Gußteil mit Anschnitt- und Speisersystem für eine DISAMATIC-Formanlage

Die wichtigsten Rohteilkriterien sind:

- Teilung
- Kerne, Gestalt und Abmessungen
- Vorgießbare Formelemente, Gestalt und Abmessungen.
- Bearbeitungszugaben
- Aushebeschrägen
- Gußradien
- Genauigkeitsklasse
- Technologisch notwendige Formelemente, wie Rippen, Verbindungsstege etc.
- Angaben zur fertigungsgerechten Gestaltung
- Anschnitt- und Speiserlage
- Spannpunkte, Auflagestellen
- Kennzeichnung
- Stoffeigenschaften nach der Wärmebehandlung
- Korrosionsschutz

Auf der Grundlage einer Modellzeichnung wird eine Modellplatte mit dem Modellaufbau gefertigt. Die Mo-

dellzeichnung stellt dabei die Ergänzung der Rohteilzeichnung um gießtechnologische Angaben dar. Die Rohteilzeichnung schließlich verkörpert das Gußstück nach der Entnahme aus der Form und dem Putzen, ohne Kernmarken und ohne Anschnitt- und Speisersystem. [2]

Die wichtigsten Merkmale einer Modellzeichnung bezogen auf das

DISAMATIC-Formverfahren sind:

- Modellteilung, Abbaltungen
- Kernmarkengestalt, Kernmarkenabmessungen
- Abmessungen und Gestalt von Anschnitten, Läufen und Speisern
- Güteklasse
- Modellwerkstoff
- Schwindmaße
- Kennzeichnung von Modell
- Abmessungen der Kerneinlegermaske, Werkstoff der Kerneinlegermaske
- Kernmarkenabmessungen in der Kerneinlegermaske
- Kernkastenteilung, Kernkastenwerkstoff, Kennzeichnung der Kernkästen

2 Grundlegendes zur CAD-Technik

Moderne CAD-Systeme sind 3D-Hybridmodellierer, d. h. es können Draht-, Flächen-, und Solidmodelle erstellt und verändert werden. Das CAD-System CATIA V4 besitzt diese Eigenschaften. Die Arbeit mit Volumenmodellen hat in den letzten Jahren mehr an Bedeutung gewonnen, da hier Regelgeometrien komfortabel und transparent erzeugt werden können. Über eine Konstruktionslogik (Parteditor, Featuremanager) kann in die Struktur des erzeugten Werkstückes oder der Baugruppe problemlos eingegriffen werden.

Volumenmodelle genügen den Anspruch einer geometrisch vollständigen und eindeutigen Darstellung realer, idealisierter oder erdachter Objekte. Sie bilden zu jedem Zeitpunkt das Volumen der Objekte vollständig ab. [6]

Werkstücke können auch durch Freiformflächen begrenzt sein. Freiformflächen und Werkstücke aus Freiformflächen können aber auch durch das Aufnehmen von Meßpunkten mit einer Meßmaschine erzeugt werden (digitalisieren). Eine Punktwolke wird in eine Flächendefinition überführt. Je nach Strategie der Meßpunktaufnahme ist das in der Regel mit einem sehr hohem manuellen Arbeitsaufwand verbunden. Freiformflächen versucht man möglichst unter Beachtung einer Elementhierarchie auf ein Volumenmodell zurückzuführen.



Ein Werkstück kann aber auch aus Flächen- und Volumenstrukturen bestehen. Das ist vor allem dann notwendig, wenn aus den Flächeninformationen kein geschlossenes Volumen erzeugt werden kann. In CATIA V4.2 ist es bereits möglich, die Volumen- und Flächenstruktur (Konstruktionslogik) in einem Strukturmanager abzubilden. Flächen- und Drahtinformationen sind vor allem für eine NC-Bearbeitung nutzbar.

3D-Volumenmodelle haben folgende Vorteile gegenüber Flächenmodellen:

1. Auswertung von Volumen oder Teilvolumen durch Analysefunktionen. Berechnung der Volumenoberflächen, Massenmittelpunkte, Hauptträgheitsachsen, Trägheitsmomente, Volumenberechnungen, abgeleitete Berechnungen wie Masseberechnungen etc.
2. Möglichkeit der Anwendung von Booleschen Operationen. Erzeugen von Schnitten in Volumen (Subtraktion), Austragen von Volumen (Addieren), Vereinigen von Volumen (Union), Bilden von Schnittmengen. Feststellen von Durchdringungstiefen durch Anwendung von Schnittoperationen.
3. Anwendung einer 3D-Featuretechnologie, die auf Booleschen Operationen beruht. Features sind z. B. Bohrungen, Nuten, Rippen, Auszugsschrägen, Paßfedern, Taschen aber auch Normteile.
4. Komplexe Nutzung der 3D-Parametrik. Erzeugung von Abhängigkeiten zwischen geometrischen Größen. Verwendung von Gleichungen. Anwendung der Abhängigkeiten bei der Generierung von Variantenkonstruktionen. Diese Funktion ist nicht bei allen Volumenmodellierern implementiert. (z. B. nicht bei HP-SolidDesigner)
5. Plausibilitäts- und Interferenzkontrollen bei Baugruppenkonstruktionen.

SolidWorks ist ein 3D-Volumenmodellierer und besitzt diese oben genannten Eigenschaften. Er wird deshalb als ein komfortables und leistungsfähiges Werkzeug für die Featuregenerierung angesehen.

3 Generierung von Gießläufen mittels SolidWorks 99

3.1 Theoretische Grundlagen

Die Berechnung von Anschnittssystemen für DISAMATIC-Formanlagen erfolgt auf der Grundlage eines druckgesteuerten Anschnittsystems [1];[4]. Den maßgeblichen Faktor für die Gießleistung bildet die metallostatische Druckhöhe. Um gleiche Durchflußmengen in unterschiedlichen Druckhöhen zu erreichen, müssen die Anschnittsquerchnitte in Abhängigkeit von der Druckhöhe berechnet werden.

Unterschiedliche Druckhöhen entstehen:

- Wenn die Plattenbelegung mehrere vertikal angeordnete Modelle erfordert.
- Wenn durch die geometrischen Abmessungen die Modellplatte in vertikaler Höhe mit nur einem Modell belegt werden kann. Um eine gleichmäßige

Formfüllung zu erreichen, werden in der Regel für die oberen Anschnitte 75 % und für die unteren Anschnitte 25 % des Gießgewichtes zu Grunde gelegt.

- Wenn ein druckentlastetes Anschnittssystem verwendet werden soll.

Die Grundlage der allgemeinen Anschnittsgleichung bildet die Gleichung nach Torricelli als ein Sonderfall der Bernoullischen Gleichung. Sie wird korrigiert mit einem empirischen Wert m , der die Reibungsverluste berücksichtigt.

$$v = m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (1)$$

Unter Berücksichtigung des Volumenstromes bei stationärer Strömung (Kontinuitätsgesetz) und der Bestimmung der in einer Zeiteinheit durch den Gießlauf fließenden Flüssigkeitsmenge ergibt sich:

$$\frac{G}{t} = \theta \cdot A \cdot m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \quad (2)$$

Die Anschnitte können dann zu

$$A = \frac{G}{\theta \cdot t \cdot m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}} \quad (3)$$

und

$$A = \frac{G}{\theta \cdot t \cdot m \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_m}} \quad (4)$$

berechnet werden. Dabei bedeuten:

v	: Strömungsgeschwindigkeit	m / s
g	: Erdbeschleunigung	m / s ²
H	: Druckhöhe	mm
H_m	: Mittlere Druckhöhe für druckentlastetes Anschnittssystem	mm
t	: Gießzeit	min
m	: Geschwindigkeitsfaktor	
θ	: Dichte des flüssigen Metalles	g / cm ³
A	: Anschnittsquerchnitt	mm ²
a	: Seitenlänge der kürzesten Seite des Trapezquerschnittes	mm
G	: Gießgewicht	Kg

Für die Gestaltung der vertikalen Gießläufe haben sich im Zusammenhang mit einer zerstörungsfreien Entformung trapezförmige Querschnittsformen bewährt [1]. Die Dimensionierung des vertikalen Gießkanales kann nach drei Methoden bestimmt werden.

1. Bestimmung des größten Querschnittes und Nutzung eines Schrägungswinkels.

Bei dieser Methode wird der größte Eingußquerschnitt aus der Summe der Einzelanschnittsquerchnitte errechnet. Die Fläche des größten Eingußkanalquerschnittes sollte 10 - 20 % größer sein als die Summe der mit ihm verbundenen Querschnitte, [1]. Der berechnete Kanalquerschnitt wird dann einem Tabellenwert angepaßt und mit einem Schrägungswinkel (Alpha) versehen. Siehe Abbildung 2.

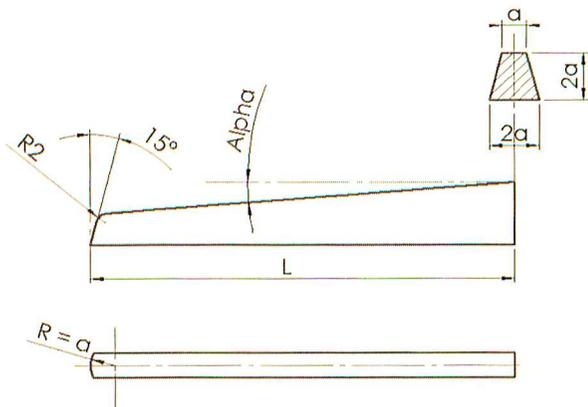


Abbildung 2: Geometrie des Gießlaufes nach Methode 1

2. Berechnen und lineares Verbinden der Eingußquerschnitte in Abhängigkeit von den zu versorgenden Gußstückgewichten.

Eine bessere Methode zur Berechnung des Gießkanales ist die Zusammensetzung aus einzelnen Querschnitten, die nach obengenannter Anschnittsberechnung erfolgt. Bei der Dimensionierung wird das jeweilig zu füllende Gußstückgewicht unter der entsprechenden ferrostatistischen Druckhöhe berücksichtigt. Der Eingußquerschnitt an der entsprechenden Stelle wird ebenfalls 10 - 20% größer ausgelegt. Bei dieser Methode ist das Volumen des Gießlaufes gegenüber Methode 1 geringer, siehe Abbildung 3.

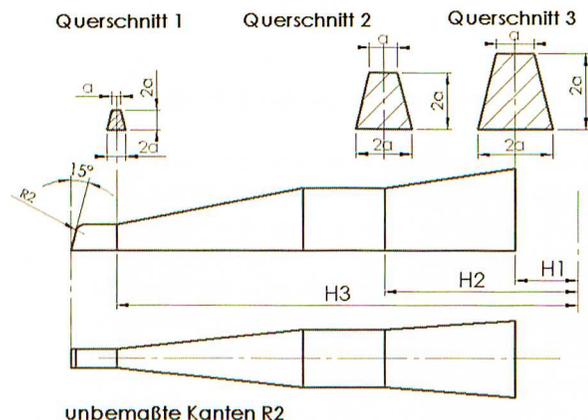


Abbildung 3: Geometrie des Gießlaufes nach Methode 2

Entgegen der in [1] dargestellten Verfahrensweise wird in der Praxis der größte und der kleinste Querschnitt bestimmt und diese Querschnitte linear miteinander verbunden. Das verringert den Aufwand zur Herstellung des Eingußkanales und vermindert durch gleichmäßige Querschnittsänderung mögliche Turbulenzen des einströmenden Metalles. Siehe Abbildung 4.

3. Berechnung eines druckentlasteten Systems

Bei dieser Methode wird vor der Berechnung des Anschnitts der Querschnitt des Eingußkanales errechnet. Für die Berechnung des Querschnittes im Eingußkanal nach Gleichung 4, liegt hier eine mittlere Druckhöhe zugrunde. Die mittlere Druckhöhe befindet sich im Schwerpunkt des Gußteiles, siehe Abbildung 5. Die Generierung des Eingußkanales kann bei mehreren horizontal übereinanderliegenden Gußstücken nach Methode zwei, Abbildung 2 durchgeführt werden.

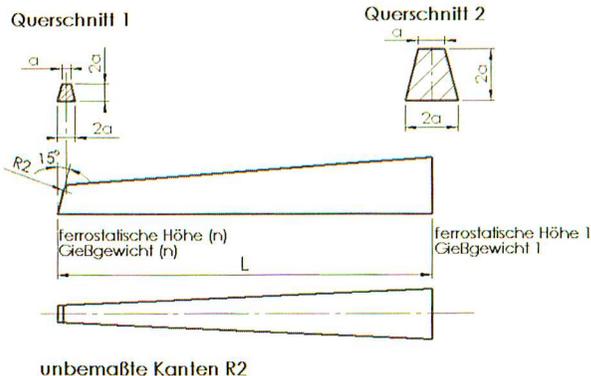


Abbildung 4: Geometrie des Gießlaufes nach modifizierter Methode 2

druckentlastetes Anschnittsystem

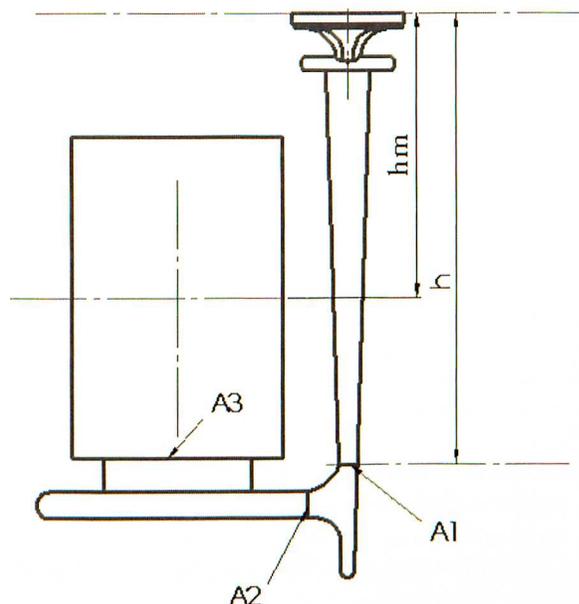


Abbildung 5: Aufbau eines druckentlasteten Anschnittsystems

3.2 Festlegungen für die Umsetzung der theoretischen Erkenntnisse

Um in SolidWorks mittels Featuretechnik einen Eingußkanal nach der modifizierten Methode 2 erzeugen zu können, werden im ersten Schritt folgende Vereinbarungen getroffen:

- Der Eingußkanal wird auf eine Modellhälfte montiert. In Abhängigkeit von den Anschnittsbedingungen, die unter anderem abhängig sind von der Geometrie des Teiles, der Formlage, der Lage der Kerne, sowie den Bearbeitungszugaben, werden Flächen mit hoher Abformgenauigkeit und kompliziert zu formenden Konturen auf der Schwenkplattenseite eingeformt. Das Anschnitts- und Speisersystem wird, wenn es die dafür gestellten Forderungen erfüllen kann, möglichst auch auf der Schwenkplattenseite eingeformt.
- Ein horizontaler Gießlauf wird nicht verwendet.
- Aufgrund der besseren Ausformbarkeit des Modelles werden trapezförmige Querschnitte verwendet.
- Der Eingußkanal darf keine scharfen Kanten aufweisen. Alle Kanten sind mit einem Radius R2 zu verrunden.



- Die kleinste Kantenlänge des Trapezquerschnittes beträgt $a = 5 \text{ mm}$ ($A = 75 \text{ mm}^2$), siehe [1].
- Es muß möglich sein, Gießläufe ohne Querschnittsveränderung, Gießläufe mit Querschnittsveränderung und Gießlaufendstücke zu generieren.
- Aufgrund einer optimalen Plattenbelegung erhalten Gießläufe oft auch eine Krümmung. Diese wird zur Zeit noch nicht berücksichtigt, ist aber durch die Nutzung von Austragungen entlang eines Austragungsprofils grundsätzlich möglich.

3.3 Hinweise zur Verwendung von Bibliotheksfeatures

SolidWorks bietet die Möglichkeit häufig verwendete Features organisiert abzulegen. Das abgelegte Feature kann ähnlich wie bei Nutzung von Symbolbibliotheken in ein neues Teil eingefügt und modifiziert werden.

Für die Organisation und Funktionsweise von Features gibt es in SolidWorks zwei Featurearten.

1. Bibliotheksfeatures (Basisfeatures, mehrere verpflichtenden Referenzen möglich)
2. Paletten-Features (Basisfeatures, nur eine verpflichtende Referenz möglich)

Die Nutzung einer rechnerunterstützten Generierung des Eingußkanales ist nur durch Nutzung von Bibliotheksfeatures möglich, da für das Austragen des Kanales 2 Querschnitte in einem bestimmten Abstand, d. h. zwei verpflichtende Referenzen notwendig sind.

Bibliotheksfeatures haben folgende Merkmale:

1. Zum Erzeugen eines Features muß ein Basisfeature erzeugt werden.
2. Gleichungen können nicht aus der Featurebibliothek in das Teil übertragen werden.
3. Organisation der Featureablage im Dateibaum des Betriebssystems. Anlegen einer organisierten Featurebibliothek.
4. Bibliotheksfeatures haben einen eigenständigen Dateityp *.SLDLFP.
5. Nach dem Einfügen des Features in das SolidWorks-Teil wird das Feature im Featuremanager mit einer eigenständigen Bezeichnung abgelegt. Es kann jedoch wieder in SolidWorks-Objekte zerlegt werden.
6. Das eingefügte Feature im Teil hat keine Beziehung zum Feature in der Bibliothek. Die Zerlegung des Features hat keinerlei Einfluß auf diesen Zustand.

3.4 Erstellung von Bibliotheksfeatures für den Eingußkanal

Zur Generierung des Eingußkanales ist es möglich verschiedene Features nach Forderung von Abschnitt 3.1 zu erzeugen. Ein Beispiel für die Erzeugung eines Gießlaufendstückes wird im nachfolgend beschriebenen Programmablauf erläutert.

Hierbei ist zu beachten:

- Zwischen den Querschnittsgrößen des Eingußkanales wurden im Bibliotheksfeature Gleichungen verwen-

det, siehe [1]. Die verwendeten Gleichungen können aus dem Bibliotheksfeature in das aktuelle Modell nicht übertragen werden.

- Für das Einfügen eines Bibliotheksfeatures werden zwei notwendige Referenzen benötigt. Diese Referenzen sind zwei Ebenen. Werden beide Ebenen in die Bibliothek aufgenommen, wird nach dem doppelten Anwählen der gleichen Ebene das Feature mit der Originallänge eingefügt, die durch das Verändern der Featurebemaßung korrigiert werden kann. Wird nur eine Ebene in die Bibliothek aufgenommen muß im Modell eine weitere Referenzebene bzw. Fläche vorhanden sein, um den Eingußkanal einfügen zu können. Beide Möglichkeiten können in der Bibliothek unter verschiedenen Namen abgelegt werden.
- Zwei optionale Referenzen sind notwendig, um den Eingußkanal auf die richtige Höhe und im richtigen Abstand auf die Modellplatte zu legen. Dazu müssen zwei Kanten der Modellplatte ausgewählt werden.
- Das Abspeichern des Bibliotheksfeatures erfolgt unter folgenden Konventionen `<name_referenzen>.SLDLFP`
Bsp.: `KanalEndstueck_2gleicheEbenen-1Kante.SLDLFP`

Abbildung 6 zeigt den Programmablauf, wie mittels SolidWorks ein Bibliotheksfeature für ein Eingußkanalendstück erstellt werden kann. Abbildung 7 stellt die graphische Oberfläche und den Featuremanager aus SolidWorks dar. Im Featuremanager sind die zur Bibliothek hinzugefügten Features zu erkennen.

3.5 Einfügen des Eingußkanales auf die Modellplatte

Um den Eingußkanal über ein Bibliotheksfeature generieren zu können, muß bereits eine Modellplatte (Basisfeature) erzeugt worden sein. Abbildung 8 stellt den Programmablauf zum Einfügen des Eingußkanalendstückes auf eine Modellplatte dar. Der Eingußkanal muß auf die Oberfläche der Modellplatte eingefügt werden, d. h. die notwendigen Referenzen (zwei Ebenen) müssen vor dem Einfügen vorhanden sein.

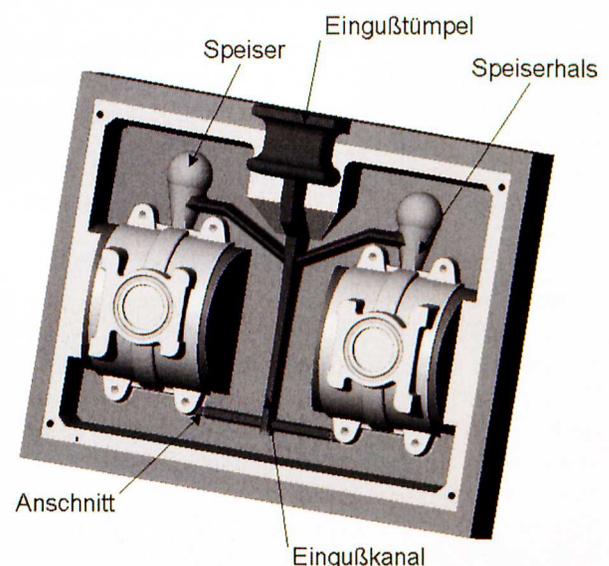


Abbildung 10: Vollständige Modellplatte mit Anschnitts- und Speisersystem

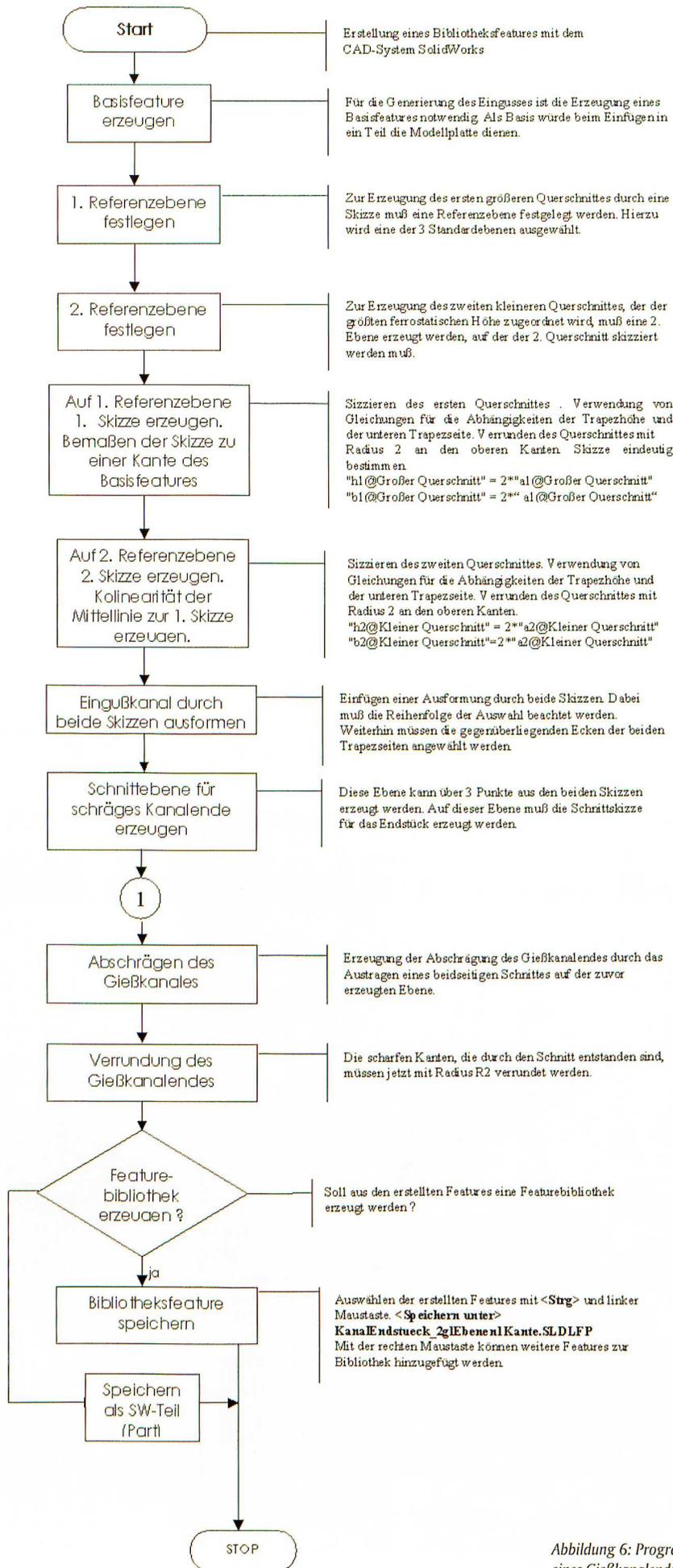


Abbildung 6: Programmablaufplan zu Erzeugung eines Gießkanalendstückes mittels SolidWorks.

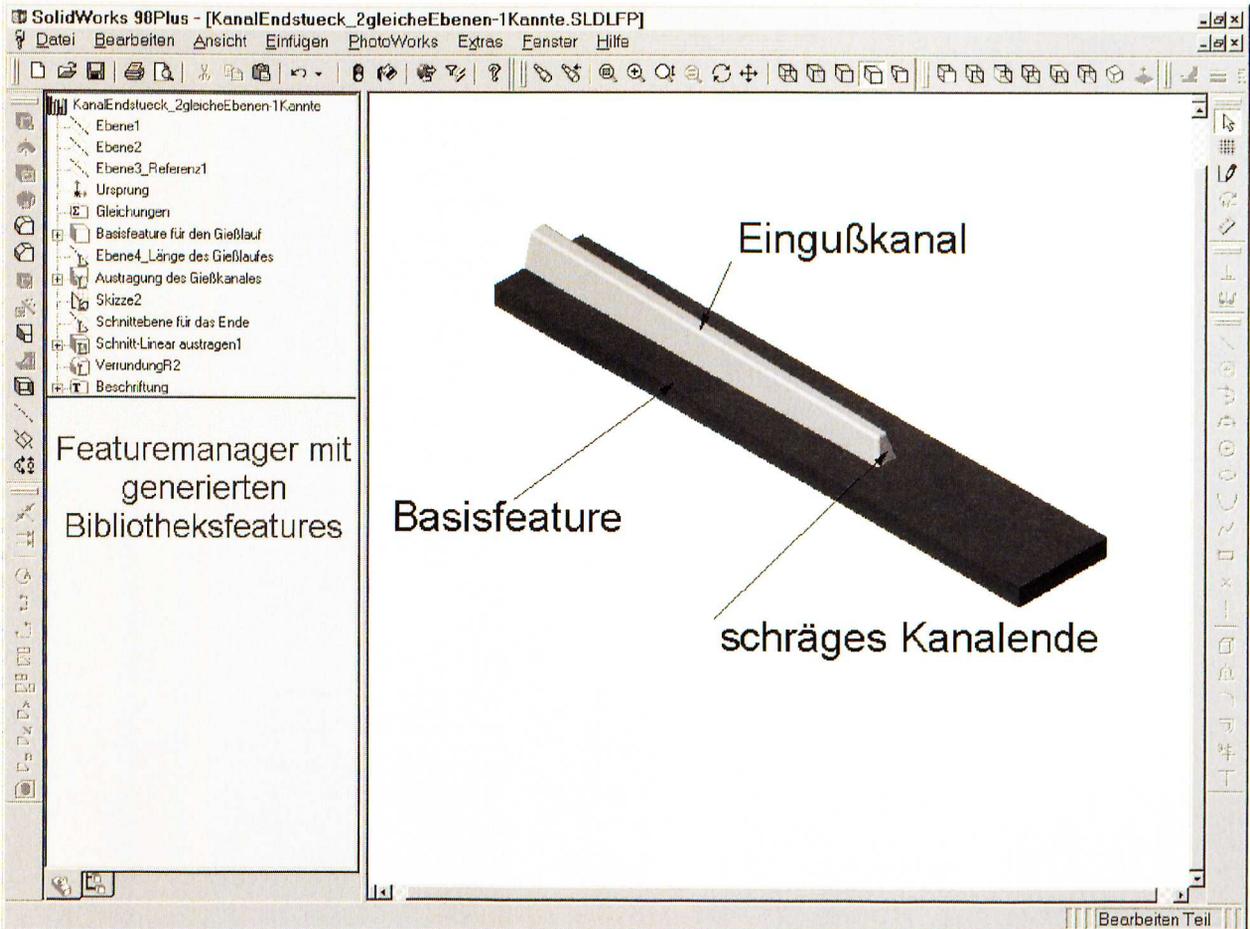


Abbildung 7: Erstellung des Eingußkanalenstückes in SolidWorks.

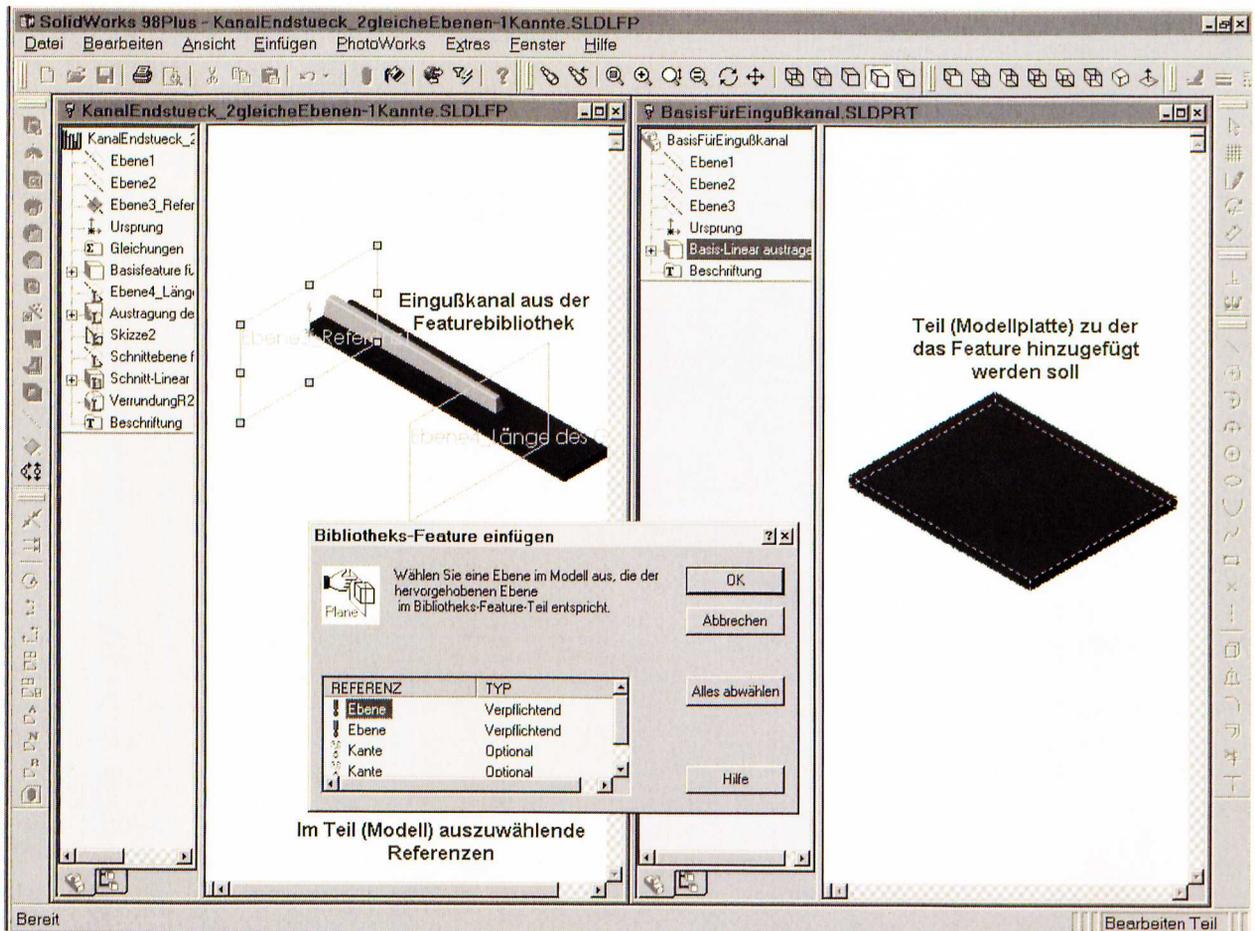


Abbildung 9: Einfügen des Eingußkanales (Bibliotheksfeatures)

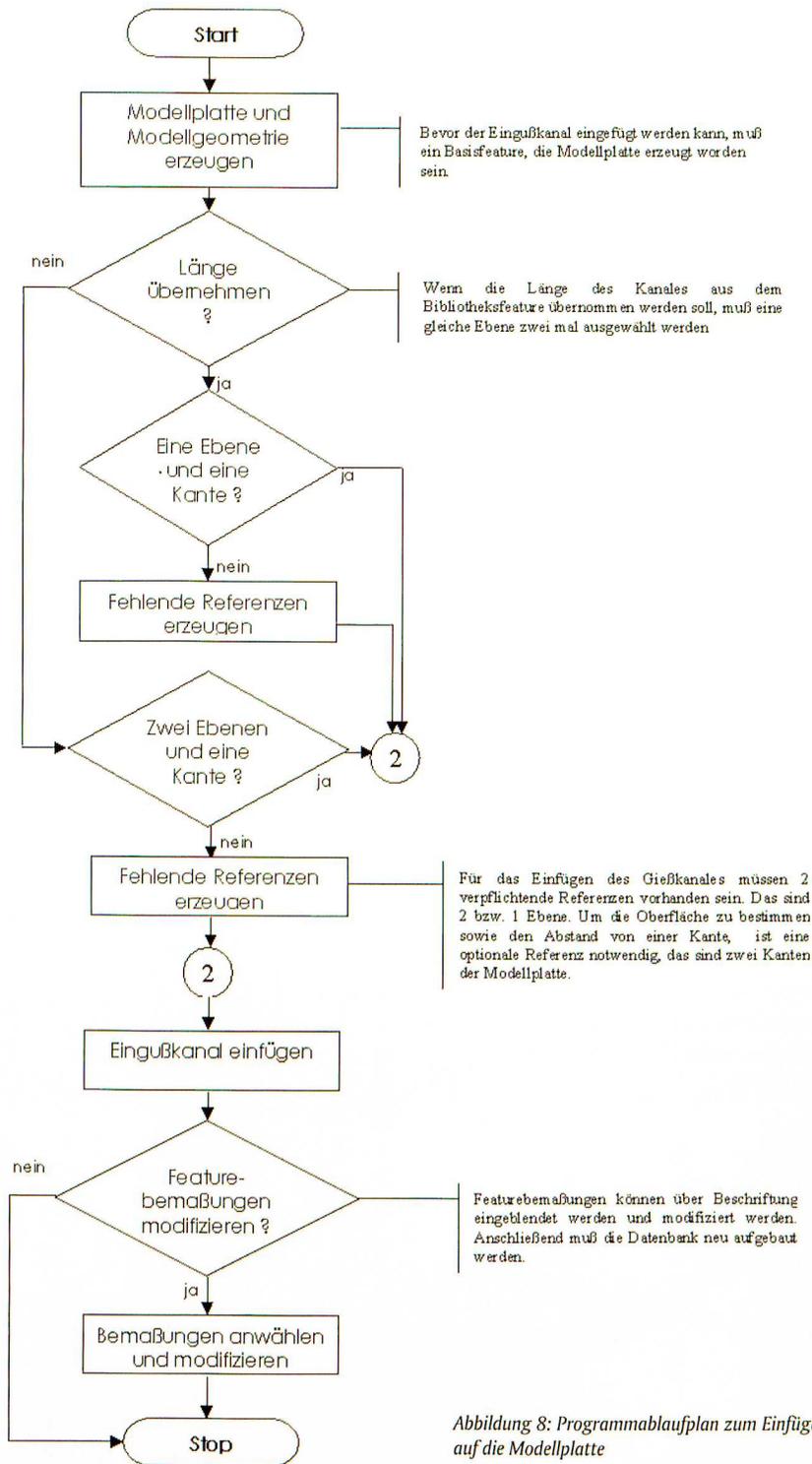


Abbildung 8: Programmablaufplan zum Einfügen des Eingußkanales auf die Modellplatte

In Abbildung 9 wird im linken Fenster das Bibliotheksfeature und im rechten Fenster das Teil (Modellplatte), sowie die anzuwählenden Referenzen ausgewählt. Abbildung 9 zeigt eine mit Anschnitts- und Speisersystem fertig generierte Modellplatte.

Der Autor dankt an dieser Stelle bei der Gießerei Duktal-Guß Fürstenwalde GmbH und der Hawle Armaturen GmbH für die Unterstützung insbesondere für die Bereitstellung von Informationen zur Ausarbeitung des Absatzes 3.1 sowie bei der Analyse der in Abbildung 10 dargestellten Modellplatte.

4 Zusammenfassung

Das 3D-CAD-System SolidWorks 99 ist ein leistungsfähiges CAD System, daß neben der Nutzung implementierter Funktionen auch die Möglichkeit bietet, nutzerspezifische Features zu erstellen. Diese Features können organisiert in einer Verzeichnisstruktur abgelegt werden, um sie dann in ein aktuelles Problem einzufügen zu können. Ein Beispiel für eine mögliche nutzerspezifischen Anwendung zeigt die Generierung eines Eingußkanales auf Modellplatten von DISAMATIC-Formanlagen. Der vorhandene Ablauf kann als Grundlage für die Generierung weiterer Features, auch für die Bearbeitung anderer Problemen dienen.



Literatur

- [1] *Georg Fischer Disa GmbH*: Handbuch der Anwendungstechnik für Disamatic 2110 MK2 Sandformsystem. September 1995.
- [2] *Hofmann, I.; Spangenberg, J.; Miersch, N.; Amobos, E.; Pfisterer, W.*: Rechnergestützte Generierung des Rohteiles im Rahmen der Angebotsbearbeitung für Neuteile – Optimierungsstrategien für Gußstücke. Tagungsband zum Eröffnungskolloquium „Innovative Gießerei“, Teilprojekt „Indirekte Wertschöpfungskette“, Forschungsschwerpunkt „Rationellere Angebotsbearbeitung“. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg. Fakultät für Maschinenbau. Magdeburg, 17. April 1998.
- [3] *Hogh, J.; Marx, P.; Padmanabhan, S.; Rall, U.; Stöcker, H.; Winkler, H.*: Das CAD / CAM / CAE-System Catia Version 4. Der Leitfaden mit praktischen Übungen. 3. Auflage. Verlag moderne Industrie, Landsberg / Lech 1997.
- [4] *Menden, A.*: Giesserei-Modellbau, Handbuch. Giesserei-Verlag GmbH. Düsseldorf 1991.
- [5] *SolidWorks Corporation Concord*: SolidWorks 98Plus Benutzerhandbuch. Dokumentnummer SWXUGDEU061599. Massachusetts, 1999.
- [6] *Spur, G.; Krause, F. –L.*: Das virtuelle Produkt. Management der CAD-Technik. Carl Hanser Verlag München Wien, 1997.

Autor

Dipl.-Ing. Norbert Miersch

Technische Fachhochschule Wildau
Fachbereich Ingenieurwesen /
Wirtschaftsingenieurwesen
Labor für CAD und FEM
Bahnhofstraße
15745 Wildau
Tel. (0 33 75) 508-161
E-Mail: miersch@hrz.tfh-wildau.de