

**Zeitschrift:** Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft  
**Herausgeber:** St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft  
**Band:** 87 (1994)

**Artikel:** Expertensystem FORCE zur fertigungsgerechten Konstruktion von Feinschnitteilen  
**Autor:** Maurer, Martin  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-832734>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 13.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Expertensystem FORCE zur fertigungsgerechten Konstruktion von Feinschnitteilen.

Martin Maurer

## Inhaltsverzeichnis

1. Was ist ein Expertensystem?.....	327
2. Was sind die Ziele von Expertensystemen, und wo werden sie eingesetzt?.....	327
3. Was ist Feinschneiden? .....	328
4. Zweck des HYDREL-Expertensystems.....	328
5. Aufbau und Funktion. ....	328
6. Berechnung von Kennparametern.	330
7. Erforderliche Hard- und Software.	330
8. Schlussfolgerung.....	332

## 1. Was ist ein Expertensystem?

Prof. E. Feigenbaum von der Universität Stanford definiert ein Expertensystem folgendermassen:

«Ein Expertensystem ist ein intelligentes Computerprogramm, das Wissen und Inferenzverfahren benutzt, um Probleme zu lösen, die immerhin so schwierig sind, dass ihre Lösung ein beträchtliches menschliches Fachwissen erfordert.

Das auf diesem Niveau benötigte Wissen in Verbindung mit den verwendeten Inferenzverfahren kann als Modell für das Expertenwissen der versiertesten Praktiker des jeweiligen Fachgebietes angesehen werden.»

## 2. Was sind die Ziele von Expertensystemen, und wo werden sie eingesetzt?

Die Hauptziele von Expertensystemen sind:

- «Genormtes» Wissen mehrerer Experten zu speichern und eine optimierte Lösung anzubieten.
- Experten von einfachen, bereits gelösten Problemen zu befreien.
- Wissen von Experten zu erhalten, damit es bei deren Weggang, Pensionierung oder Ableben nicht verloren geht.

Expertensysteme werden eingesetzt:

- in der Medizin zur Diagnose und Therapie von Krankheiten.
- im Bereich von Banken und Versicherungen.
- bei technischen Prozessen und für Störungssuche bei Produktionsmaschinen.

### 3. Was ist Feinschneiden?

Feinschneiden ist ein Prozess der spanlosen Umformung, insbesondere des Stanzens. Er wurde in den vierziger Jahren von Fa. Schiess, Lichtensteig/SG, entwickelt. Aus feinschneidfähigem, metallischem Werkstückstoff werden mit Hilfe eines hochpräzisen Feinschneidwerkzeuges mit geeignetem Schmierstoff und einer dreifach wirkenden Feinschneidpresse einbaufertige Feinschnitteile hoher Mass- und Schnittflächenqualität hergestellt.

Die Feinschneidtechnik wird weltweit eingesetzt. Schweizer Firmen sind ihre wesentlichen Know-how-Träger. Ihre Feinschneidpressen beherrschen zu ca. 95% den Weltmarkt.

Es gibt heute praktisch kein Automobil mehr, welches nicht bei Schlössern von Türen und Sicherheitsgurten, bei Bremsen und in den Getrieben Feinschnitteile eingebaut hat.

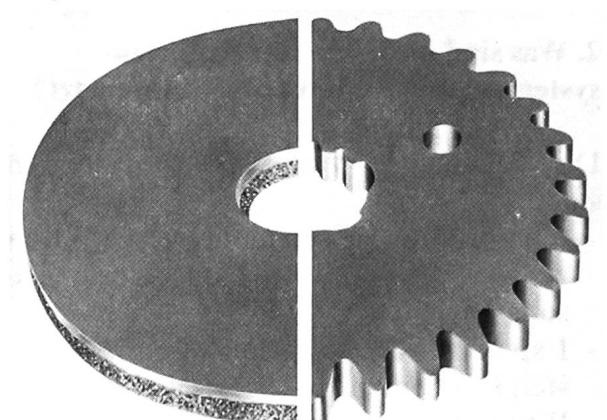


Abb. 1  
Normal gestanzte und feingeschnittene Schnittflächen im Vergleich

Abb. 1 zeigt die Schnittflächen einer normal gestanzten Scheibe und eines feingeschnittenen Zahnrades.

### 4. Zweck des HYDREL-Expertensystems FORCE zur fertigungsgerechten Konstruktion von Feinschnitteilen

Ein Feinschnitteil sollte geometrisch so konstruiert sein, dass es nicht nur seine Funktion erfüllt, sondern auch umformtechnisch optimiert ist. Das trifft dann zu, wenn beim Feinschneidprozess die festigkeits- und deformationsbedingten Grenzen der aktiven Schneidelemente nicht überschritten werden. Diese Grenzen kennt der Teilekonstrukteur meistens nicht. Andererseits kennt der Werkzeugkonstrukteur nicht die genaue Funktion eines Teils. Die Folge davon ist ein meist aufwendiger Abklärungsvorgang, bis ein Teil funktions- und fertigungsgerecht ist.

Das Expertensystem FORCE, welches in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich entwickelt wurde, ist ein Software-Tool, das nach Eingabe der Geometrie und einiger Technologie-Parameter die Geometrie des Feinschnitteils *automatisch fertigungsgerecht* optimiert, sowie einige wichtige Daten davon berechnet.

### 5. Aufbau und Funktion

Das Expertensystem besteht aus zwei Hauptmodulen, einem einfachen 2 D CAD-System und dem Expertenteil. Beide haben Zugriff auf eine gemeinsame Datenbank. (Abb. 2).

Auf dem CAD-System lassen sich aus den Geometrie-Elementen Punkt, Linie und Kreisbogen beliebige Innen- und Außenformen von Feinschnitteilen erzeugen und auf dem Bildschirm darstellen.

Im Expertenteil hat der Benutzer über die Datenbank Zugriff auf die generierte Geometrie, das Expertenwissen und die Pa-

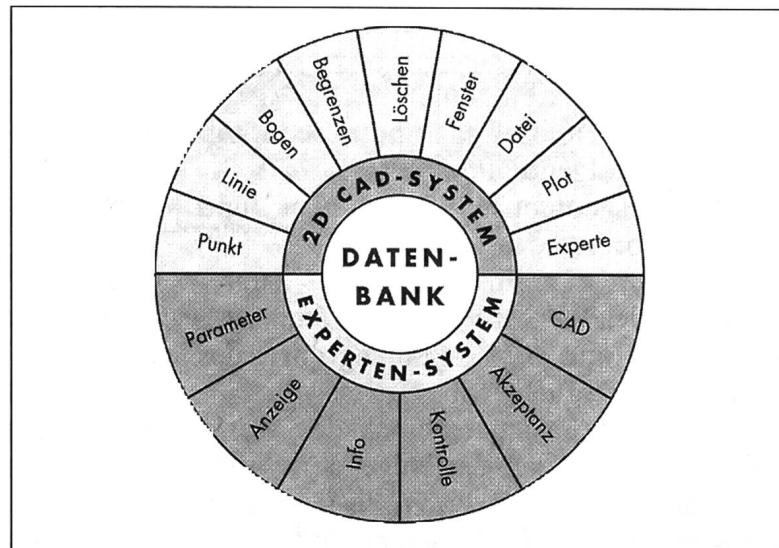


Abb. 2  
Aufbau des Hydrel Experten-  
systems FORCE

Force Ver. 2.01

Parameter	Info	Kontrolle	Akzept.	CAD
<input type="button" value="Nachster"/> <input type="button" value="Voriger"/> <input type="button" value="Neu"/> <input type="button" value="Abbrechen"/> <input type="button" value="OK"/>				
Benennung: oo Verguet.Stahl DIN-Bezeichnung: 20MnCr4 Dicke [mm]: 0 6.5 + [mm]: 0.12 - [mm]: 0 Breite [mm]: 188 + [mm]: 0.25 - [mm]: 0.25 Rm [N/mm²]: 580 Streckgrenze [N/mm²]: 320 Spez.Gew.[kg/l]: 7.85 Bemerkungen: 04/001733 Preis / kg: 2.16				
<small>%FRC-E</small> x 252.02 y: 210.01				

Abb. 3  
Record der Werkstückstoffdatei

Force Ver. 2.01

Parameter	Info	Kontrolle	Akzept.	CAD
<input type="button" value="Nachster"/> <input type="button" value="Voriger"/> <input type="button" value="Neu"/> <input type="button" value="Abbrechen"/> <input type="button" value="OK"/>				
Benennung: oo Werkzeugstahl Werkstoff Nr.: 1.2379 DIN Bezeichnung: X155CRUW0121 max. Haerte: 62 HRC 0.2 Stauchgrenze [N/mm²]: 2300 E-Modul [N/mm²]: 210000 Spez.Gew.[kg/l]: 7.85 Preis / kg: 0 12.0				
<small>%FRC-E</small> x 176.04 y: 188.82				

Abb. 4  
Record der Werkzeugstoffdatei

rameterdateien der relevanten Werkstück- und Werkzeugstoffe.

Zum Generieren einer fertigungsge- rechten Feinschnitteil-Geometrie benötigt das System folgende Parameter:

- Funktionsgeometrie der Innen- und Aussenformen des Teiles.
- Dicke, Streckgrenze und max. Zugfestigkeit des Werkstückstoffs (Abb. 3).
- E-Modul und 0.2% Stauchgrenze des Werkzeugstoffes (Abb. 4).

Sowohl der Parameterblock der Werk- stückstoffe als auch derjenige der Werk- zeugstoffe enthält Relativpreise, so dass der Konstrukteur die Möglichkeit hat, den für die jeweilige Anwendung wirtschaft- lichsten Werkstoff auszuwählen.

Die Records der Werkstoffdateien kön- nen außerdem nach bestimmmbaren Krite- rien sortiert werden. Dadurch findet man selbst bei umfangreichen Dateien schnell den gewünschten Werkstoff.

Nach Sicherung der Parameter prüft das System vollautomatisch die Geometrie der Löcher, Ecken und Stege des Feinschnitteils, zeichnet die unzulässigen Elemente *rot* und bietet eine Optimierung an. Verlangt der Benutzer die Lösung, so untersucht es in einem rechenintensiven Prozess die unzulässigen Elemente und korrigiert diese in *grün*.

Es ist möglich, dass nach dem Korrek- turlauf die Funktion des Teils nicht mehr erfüllt ist.

In diesem Fall hat der Konstrukteur die Möglichkeit, die Start-Geometrie so lange iterativ zu ändern, bis sie nach Prüfung

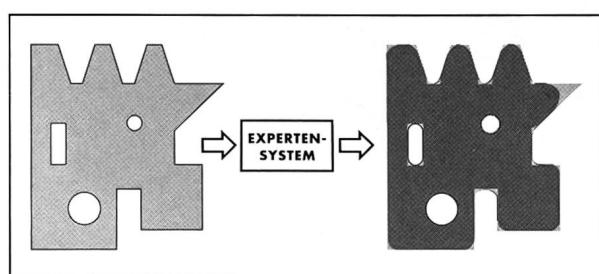


Abb. 5  
Geometrie vor und nach der Optimierung

durch das Expertensystem die Funktion erfüllt. Nach Akzeptanz der ganzen Geometrie löscht das System alle alten Geome- trie-Elemente und zeigt nur noch die neuen Konturen auf dem Bildschirm an (Abb. 5).

## 6. Berechnung von Kennparametern

Neben der graphischen Korrektur der Geometrie berechnet das System Kennpa- rameter und zeigt sie in Informationsfen- sternen an.

Die zulässigen Breiten von Stegen und die Mindestverrundungen von Ecken be- rechnet das System auch ohne Geometrie, nur mit den Parametern des Werkstück- und Werkzeugstoffes, und zeigt sie im Fen- ster <Kennparameter> an (Abb. 6).

Besteht eine Geometrie, so kann man Kennparameter über das ganze Fein- schnitteil (Abb. 7), oder über Einzelkontu- ren abrufen (Abb. 8).

## 7. Erforderliche Hard- und Software

### Personal Computer:

Prozessor 80386, 20 MHz oder besser

Co-Prozessor 80387, oder besser

16 MB Hauptspeicher oder mehr

40 MB Festplatte oder mehr

### Betriebssystem:

MS-DOS 3.31 oder höher

### Benutzeroberfläche:

Windows 3.0 oder höher

### Bedienersprachen:

Deutsch, Englisch, Französisch,

Italienisch

### Lizenzen:

Runtime Lizenz Goldworks Experten- system Tool

### Sonstiges:

Maus mit drei Tasten, MS-kompatibel

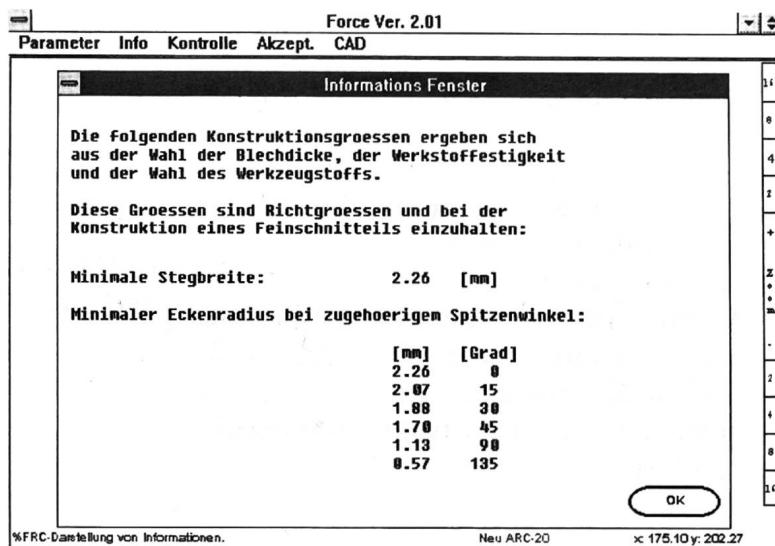


Abb. 6  
Informationsfenster Kennparameter

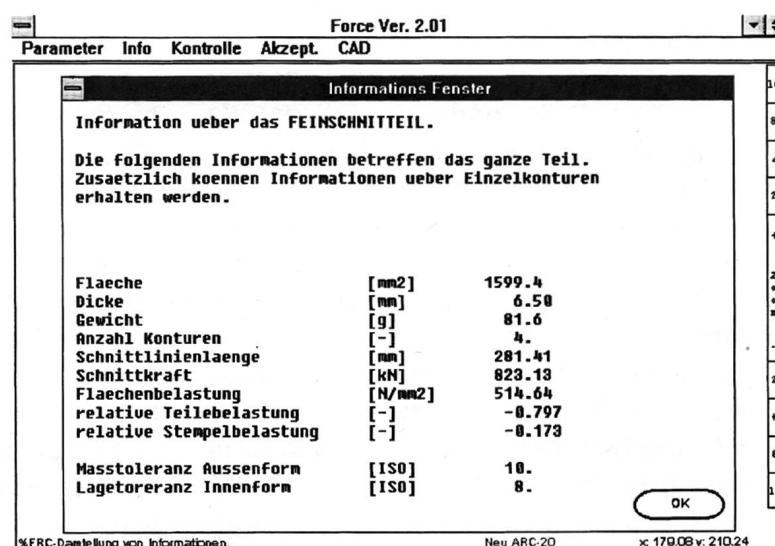


Abb. 7  
Informationsfenster ganzes Feinschnitteil

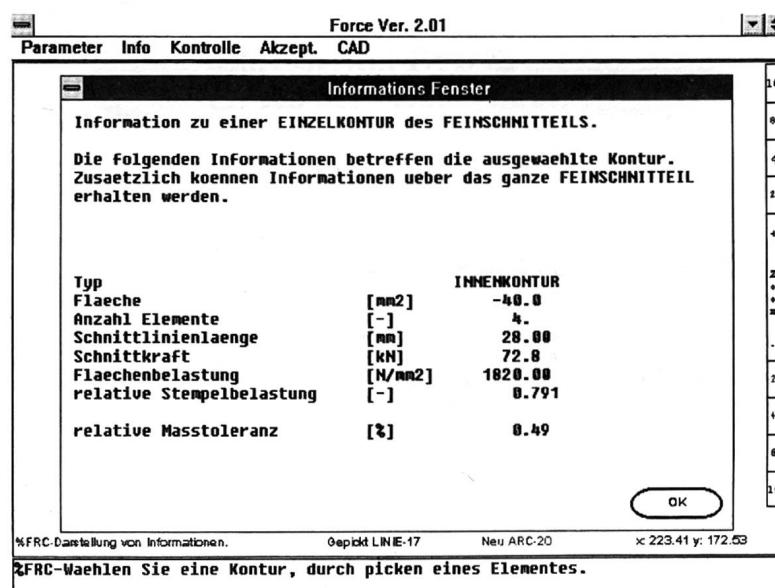


Abb. 8  
Informationsfenster Einzelkontur

## 8. Schlussfolgerung

Das HYDREL-Expertensystem FORCE befähigt jeden Konstrukteur, Feinschnittteile auf Anhieb funktions- und fertigungsgerecht zu konstruieren.

Dadurch ist der Konstruktionsprozess nicht nur wesentlich wirtschaftlicher, sondern dem Konstrukteur bleibt auch der Frust wiederholter Konstruktionsänderungen erspart.