

Die CAD/CAM-unterstützte Konstruktion und Fertigung von Werkzeugen ist seit Jahren strategisches Element der deutschen Gesenkschmiedeindustrie und der angeschlossenen Werkzeugbaubetriebe. Das im allgemeinen mehrstufige Fertigungsverfahren Gesenkschmieden erfordert eine oder mehrere Vorformstufen, die mangels allgemeingültiger Regeln

derzeit auf der Basis von Erfahrungen der Werkzeugkonstrukteure ausgelegt werden. Es ist gängige Praxis, daß beim Ersteinsatz der Werkzeuge in der Produktion die Vorformstufen partiell korrigiert werden, um die gewünschten Stoffflußeigenschaften zu erhalten. Bei der CAD/CAM-unterstützten Werkzeugfertigung besteht dann das Problem, die partiell geänderten Geometriebereiche in die vorhandene 3D-CAD-Konstruktion

umzusetzen. Bei der hier vorgestellten Untersuchung ging es darum herauszufinden, mit welchen Strategien und Ausrüstungen sowie mit welcher Genauigkeit es möglich ist, mit Hilfe marktgängiger Produkte partiell geänderte Gravurbereiche zu digitalisieren, die zugehörigen 3D-CAD-Flächen zu erzeugen und sie in eine vorhandene CAD-Konstruktion zu integrieren.

## Digitalisieren und Flächenrückführung von 3D-Geometrien im Werkzeugbau

Rainer Herbertz, Iserlohn, und Horst Heringhaus, Ennepetal

Dr.-Ing. Rainer Herbertz, Jahrgang 1952, studierte Maschinenbau an der RWTH Aachen und promovierte dort auf dem Gebiet der Fertigungstechnik. Nach mehreren Jahren Industrietätigkeit im Bereich Umformtechnik wurde er 1988 als Professor für das Gebiet Fertigungsverfahren an die Märkische Fachhochschule in Iserlohn berufen. Seit 1991 ist er Gesellschafter der PROHERIS GmbH, Iserlohn. Dr. Herbertz war Projektleiter über alle ICCP-Projektstufen.

Horst Heringhaus, Jahrgang 1947, Lehre als technischer Zeichner, Studium zum Maschinenbautechniker. Seit 1965 bei Carl Dan. Peddinghaus im Bereich der Konstruktion tätig. Ab 1992 Leiter der Konstruktion und des Werkzeugbaus in Ennepetal, begleitete wie Dr. Herbertz alle ICCP-Projektstufen.

len, ob die Auslegung in allen Bereichen den Anforderungen genügt. Häufig sind aus folgenden Gründen Änderungen an der Werkzeuggeometrie vorzunehmen:

- Die geschmiedete Geometrie erfüllt nicht die vom Kunden geforderten Eigenschaften.
- Der Kunde hat Änderungswünsche.
- Die Vorformgeometrie muß den schmiedetechnischen Bedingungen angepaßt werden.

Insbesondere der letztgenannte Punkt hat bei der Werkzeugentwicklung in der Schmiedeindustrie eine besonders hohe Gewichtung. Beim mehrstufigen Schmiedeprozess ist die Vorformentwicklung schwierig und geschieht weitgehend auf der Grundlage von Erfahrungswerten, da keine allgemeingültigen Regeln existieren.

Änderungen an der oder den Vorformgeometrien zur Optimie-

rung des Fertigungsprozesses werden manuell vorgenommen und so gut wie möglich in einer Zeichnung oder an einem physischen Modell dokumentiert. Jedoch muß zumindest im ersten Fall davon ausgegangen werden, daß jede weitere gefertigte Vorformgravur nicht mehr dem geänderten Zustand entspricht. Dies kann bei sensiblen Stoffflußbedingungen zu wiederholten Fertigungsstörungen führen, mit der Folge permanenter manueller Werkzeugänderungen.

### Ausgangssituation

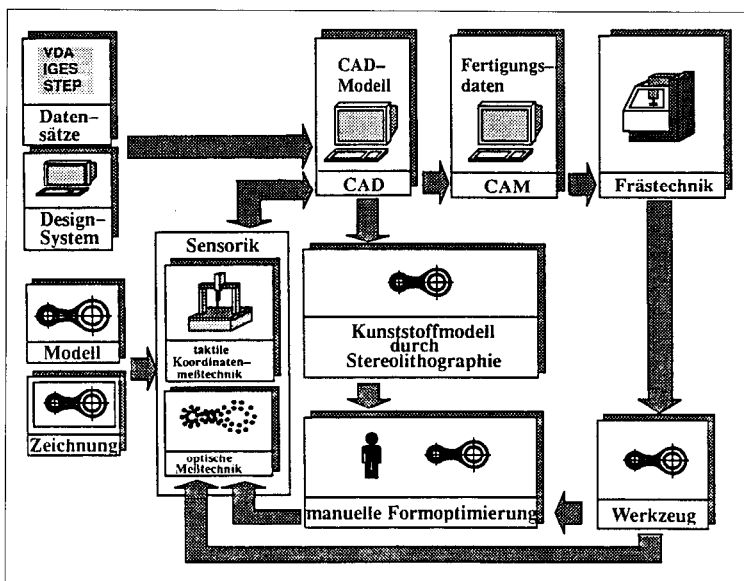
Ein CAD-Modell wird für den Werkzeugbau in der Schmiedeindustrie zunächst immer auf der Basis einer Soll-Geometrie angefertigt. Erst nachdem die Werkzeuge hergestellt sind und die ersten Muster-

### Ziele

Auf der Basis marktgängiger Produkte war zu untersuchen, mit welchen Strategien und Ausrüstungen sowie mit welcher Genauigkeit es möglich ist, partiell geänderte Gravurbereiche zu digitalisieren und ausgehend von einem digitalisierten „Meßpunkthaufen“ die zugehörigen 3D-CAD-Flächen „automatisch“ zu erzeugen (Flächenrückführung) sowie diese in eine vorhandene CAD-Soll-Konstruktion zu integrieren. Hiermit wird das übergeordnete Ziel verfolgt, auf die Markt- und Produktionsbedürfnisse schneller, flexibler und kostengünstiger reagieren zu können und eine höhere Auslastung der kostenintensiven Maschinen und Anlagen zu erreichen.

Bei der Untersuchung wurde die komplette Prozeßkette vom geänderten Modell bis zur CAD-Fläche betrachtet, Bild 1, wobei der Schwerpunkt auf die Flächenrückführung partiell digitalisierter Bereiche von Vorformgeometrien gelegt wurde.

Bild 1 Prozeßkette „Formoptimierung“.



## Vorgehensweise und Ergebnisse

Um die „Prozesskette Digitalisieren“ realisieren zu können, ist im allgemeinen eine umfangreiche Ausrüstung erforderlich, ausgehend von der Gerätetechnik (Digitalisiermaschine) über die Sensoren, die Digitalisiersteuerung, die Verarbeitung der Punktedaten bis hin zur NC-Programmierung, **Bild 2**. Infolgedessen orientieren sich die Beurteilungskriterien zum Thema Digitalisieren auch an diesen Bausteinen der Prozesskette.

Wenn praktikable Lösungen für die klein- und mittelständische Schmiedeindustrie erarbeitet werden sollen, ist dies nur möglich, wenn am Ende ein oder mehrere Produkte zur Verfügung stehen, die käuflich zu erwerben sind. Von daher wurde im Rahmen der Untersuchung von vornherein ausschließlich auf marktgängige Produkte zurückgegriffen.

Um beurteilungsfähig zu werden und um unterschiedliche Systeme gegeneinander weitgehend objektiv beurteilen zu können, ist eine einheitliche Vorgehensweise erforderlich. In der hier vorgestellten Untersuchung wurde nach **Bild 3** verfahren, das heißt, ausgehend von der 2D-Konstruktion bis zum gefrästen Modell wurden verschiedene Soll-Ist-Vergleiche durchgeführt, um auch Zwischenstufen innerhalb der Prozesskette beurteilen zu können.

In der ersten Untersuchungsstufe wurde eine Testgeometrie zugrunde gelegt/entwickelt, an der die besonderen Schwierigkeiten von 3D-Formen vorhanden sind, **Bild 4**. Das für das Digitalisieren verwendete Modell dieser Testgeometrie wurde ausgehend von einem 3D-CAD-Modell durch CNC-Fräsen erzeugt, digitalisiert, flächenrückgeführt und hinsichtlich seiner Präzision in allen Stufen überprüft.

In der zweiten Untersuchungsstufe wurde ein typischer Praxistest durchgeführt, das heißt, ein Vorformwerkzeug wurde innerhalb der Produktion in zwei Bereichen durch manuelle Operationen so lange korrigiert, bis die Vorform die gewünschten Eigenschaften erfüll-

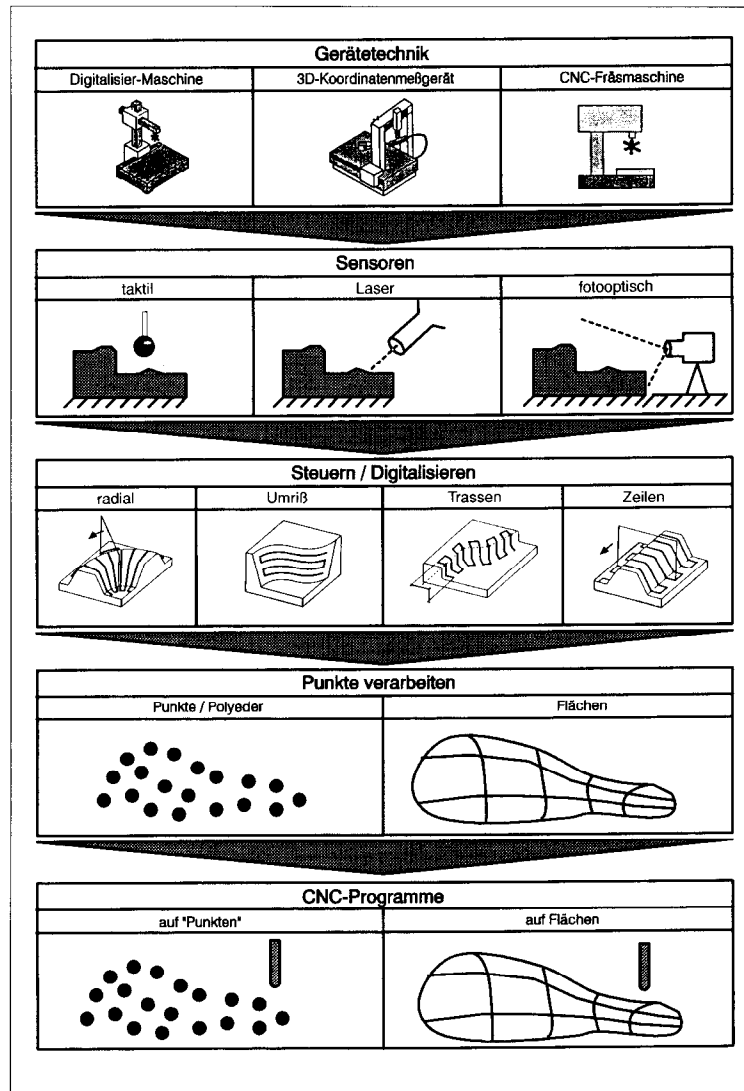


Bild 2 | Komponenten und Strategien zum Digitalisieren.

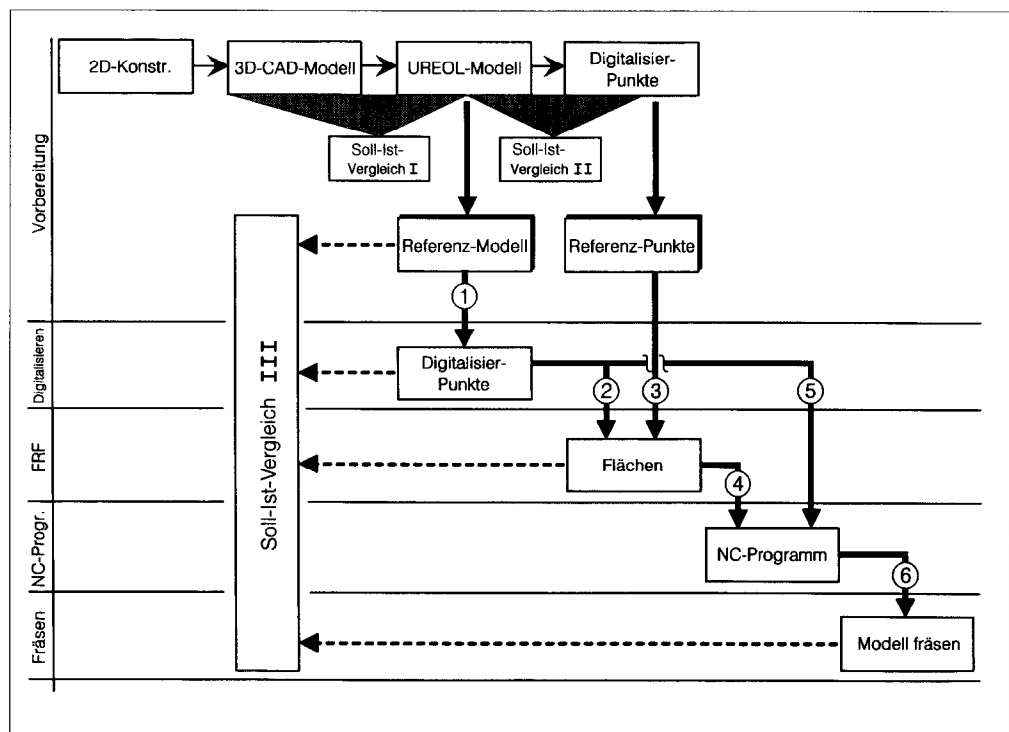
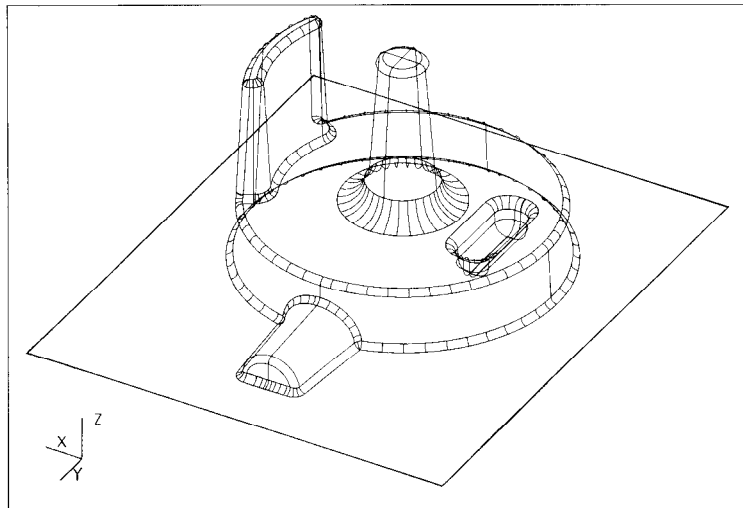


Bild 3 | Ablauf der Untersuchung.

Bild 4 Test-Geometrie 1.



te. Danach wurde das Werkzeug dem Prozeß entnommen, und die veränderten Bereiche wurden partiell digitalisiert. Die Oberfläche dieser Geometrie wurde im Produktionszustand belassen. Die Achsenkelgeometrie und das zugehörige Werkzeug sind in **Bild 5** dargestellt.

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigten, daß gerätetechnisch heute ein breites Spektrum an Möglichkeiten zur Verfügung steht, ausgehend von Digitalisier-

maschinen über 3D-Koordinatenmeßgeräte bis hin zu CNC-Fräsmaschinen, die den Anforderungen zum Digitalisieren aus technischer Sicht genügen.

Hinsichtlich der Sensorik bieten sich taktile und fotooptische Sensoren an; beide Sensorarten sind für die gestellte Aufgabe des partiellen Digitalisierens von Vorformbereichen einsetzbar, mit der Einschränkung, daß fotooptische Sensoren hinsichtlich der geometrischen Verhältnisse (Tiefe/Breite-Verhältnis) von Taschen eng begrenzt sind.

Der Steuerung kommt bei taktilen Sensoren besondere Bedeutung zu. Hierbei ist technisch und wirtschaftlich vorteilhaft, wenn die verfügbaren Kopiermodi auf die jeweilige Gravursituation abgestimmt werden können.

Die Verarbeitung partiell digitalisierter Punkte zu CAD-Flächen ist weitestgehend gelöst unter der Voraussetzung, daß an die absolute Genauigkeit der Flächen keine zu hohen Ansprüche gestellt werden. In wirtschaftlich vertretbaren Zeiträumen kann die Flächenrückführung für Vorformen mit einer Genauigkeit bis 0,2 mm stattfinden, was für Vorformgeometrien von Schmiedewerkzeugen im allgemeinen ausreichend ist.

Das Einbinden der partiell digitalisierten und rückgeführten Flächen in eine bestehende 3D-CAD-Geometrie ist problemlos möglich durch eine entwickelte und erprobte „Pflastertechnik“.

Es konnten innerhalb des Projektes nicht alle Digitalisier- und Flächenrückführungssysteme, die am Markt verfügbar sind, untersucht werden. Entscheidend für das Projekt war festzustellen, daß die Technik des Digitalisierens und Flächenrückführens heute für die Schmiedeindustrie aus technischer Sicht anwendungsreif ist.

Allgemeine Aussagen zur Wirtschaftlichkeit des Digitalisierens und Flächenrückführens lassen sich nicht machen, da hier Einflüsse der betriebsspezifischen Ausrüstung und deren Auslastung sowie des Teilespektrums selbst eine wichtige Rolle spielen.

Bild 5 Test-Geometrie 2.

Bild: CDP

