

Die Anwendung der Feature-Technologie im Konstruktions-Informationssystem

Beisheim, N.; Müller, N.

Der Aufbau von Konstruktions-Informationssystemen als wissensbasierte Systeme erfordert eine durchgängige Strukturierung der Daten. Mit Verknüpfung von Daten wie Fertigungsparametern, Toleranzen und Werkstoffdaten an die Formgeometrie eines Bauteils spricht man von Feature-Technologie. Informationssysteme werden heute für viele Bereiche entwickelt, um Erfahrungswissen nachgelagerter Bereiche schon in frühen Phasen der Konstruktion von Produkten berücksichtigen zu können. Ein neuer Aspekt des hier vorgestellten Systems ist die Integration von Methodendaten in das Feature.

Construction information systems as knowledge-based systems require a constant structure of the data. With linkage of data such as manufacturing parameters, tolerances and material data to form geometry of a component one speaks of feature technology. Information systems are developed today for many areas, in order to be able to consider know-how of stored areas already in early phases of the design of products. A new aspect of the system is the integration of method data into the feature.

potential an Iterationen und somit an Zeit und Kosten ist schematisch dargestellt.

Eine weitere Möglichkeit zur Verkürzung der Prozesskette ist die Akquirierung von Erfahrungswissen über den gesamten Entwicklungs- und Fertigungsprozeß hinweg. Dieses Wissen wird aufbereitet, in einer Datenbasis gespeichert und steht jedem an der Entwicklung oder Fertigung eines Produktes beteiligten Firmenbereich zur Verfügung. Für die Nutzung eines solchen Erfahrungsspeichers ist die durchgängige Verknüpfung der Daten unerlässlich. Erst dadurch wird aus den Einzeldaten wie Qualitätsmeßwerte, Fertigungstechnologiedaten oder Methodenparameter spezifisches Wissen. Wird dieses Wissen der nachfolgenden Bereiche dem Konstrukteur schon in frühen Phasen seiner Arbeit zur Verfügung gestellt, kann er die Auswirkungen

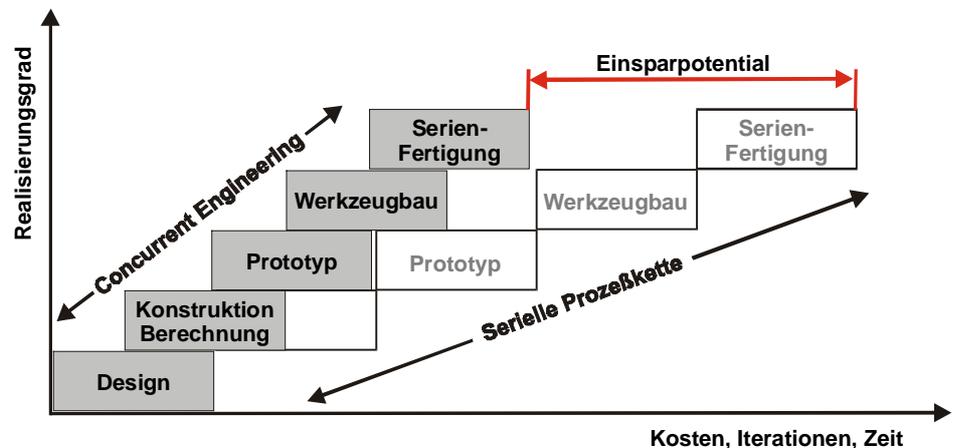


Bild 1: Potential von Concurrent Engineering

1 Einführung

Eine der wichtigsten Anforderung an den Produktionsprozeß heutzutage ist die Verkürzung der Zeit zwischen Konstruktionsbeginn bis zur Fertigung eines Produkts. Ansätze zur Verkürzung der Prozesskette bietet das Simultaneous Engineering oder auch Concurrent Engineering, bei dem verschiedene Arbeitsgänge, die traditionell sequentiell abgearbeitet werden, möglichst parallel arbeiten wie in **Bild 1** dargestellt. Diese Arbeitsform stellt sehr restriktive Anforderungen an die interdisziplinäre Zusammenarbeit der daran Beteiligten. Das Einspar-

seiner Entscheidungen auf die weitere Realisierung des Produkts sehen.

Das hier vorgestellte Konstruktions-Informationssystem geht über konventionelle Ansätze hinaus. Der Konstrukteur wird nach der Auswahl der Technologien, der Werkzeuge zur Fertigung und dem Werkstoff über die zu erwartende Maßtoleranzen nach der Herstellung informiert. Er kann somit entscheiden, ob die zu erwartende Toleranz die Funktionserfüllung des Bauteils einschränkt oder sogar verhindert.

Das am Institut für Maschinenwesen im Rahmen eines Forschungsvorhabens erstellte Konstrukti-

ons-Informationssystem erfüllt die Aufgabe, den Konstrukteur bei der Frage der optimalen Gestaltung von tiefgezogenen Blechbauteilen zu unterstützen.

Der Anwender des Systems kann nach Auswahl des Geometrie-Grundelementes aus der Datenbasis die zur Fertigung dieser Elemente benötigten Verfahren mit den Betriebsmitteln, Werkzeugen, Schmiermitteln kombinieren. Die noch verbleibenden Parameter wie die Fertigungsparameter Ziehkraft, -geschwindigkeit usw. werden vom Programm durch formelmäßige Zusammenhänge ermittelt. Die Daten über Prozesse, Verfahren, Methoden etc. beim Tiefziehen sind als Objekte in den Prototyp integriert worden. Sie bilden also die Wissensbasis des Systems, die fortlaufend mit neuen Datensätzen erweitert werden kann.

Wurden im Prototyp die restlichen Maße für die Geometrie festgelegt bzw. berechnet, kann der Konstrukteur diese akzeptieren und sie in das CAD-System übernehmen. Durch die einzugebende Zuordnung der Daten in der Datenbasis untereinander und zur Geometrieform ist die Gestalt des Tiefziehteils auf diese Weise mit allen Fertigungs- und Werkstoffinformationen verknüpft. Man spricht dann von Feature-Daten.

So kann z.B. unter Einbeziehung von vortrainierten künstlichen neuronalen Netzen (KNN) in das konstruktionsunterstützende System die Rückfederung nach dem Tiefziehvorgang, die sich als Maßtoleranzen auswirkt, für ein Teil vorherzubestimmt werden [1]. In Abhängigkeit der Feature-Geometrie, Werkstoff, Betriebsmittel etc. werden auf Grund des Prozeßverhaltens die Toleranzen vorherbestimmt. Dieser Wert kann dann mit in die Datenbasis übernommen und als Toleranz-Semantik mit dem Form-Feature zum Feature verknüpft werden. Liegt die Rückfederung außerhalb des durch die Funktion des Bauteils vorgegebenen Toleranzbereichs, dann muß der Konstrukteur mittels Auswahl neuer Technologien oder Werkstoffe den Fertigungsprozeß

optimieren.

Die Einbeziehung der Vorhersage der Fertigungstoleranz in diesen Prozeß bringt dem Konstrukteur einen entscheidenden Vorteil zur Verkürzung der Prozeßkette :

Er kann durch die Anwendung des Systems davon ausgehen, daß das Bauteil, das er konstruiert und für das er die anderen Randbedingungen wie Werkstoff, Technologie und Fertigungsparameter festgelegt hat, auch als Realteil die vom System vorherbestimmte Fertigungstoleranz besitzt. Mit diesem Prototypen kann nun die Optimierung der Bauteilgeometrie unter geometrischen, fertigungstechnischen und werkstofflichen Gesichtspunkten erfolgen. Der Konstrukteur ist dadurch in der Lage, den iterativen Vorgang der Gestaltoptimierung eines Produkts zwischen den Bereichen Konstruktion und Fertigung zu verkürzen oder sogar zu vermeiden.

2 Feature-Technologie

Die Feature-Technologie ist eine Methode zur Verknüpfung von Geometrie und nichtgeometrischen Informationen wie in **Bild 2** dargestellt. Die Definition von „**Feature = Geometrie + Semantik**“ macht deutlich, daß erst durch die datentechnische Verbindung der Geometrieform mit den übrigen Daten wie Fertigungsparameter, Toleranzwerte, Werkstoffdaten oder Berechnungsmethoden ein System aller Produktdaten als integriertes Produktmodell entsteht. Mit Semantik werden sämtliche Daten bezeichnet, die mit einer bestimmten Geometrie verknüpft werden. Die angefügte Semantik ist abhängig vom Ziel, das mit dem Feature verfolgt werden soll und kann so z.B. konstruktionsorientiert, ferti-

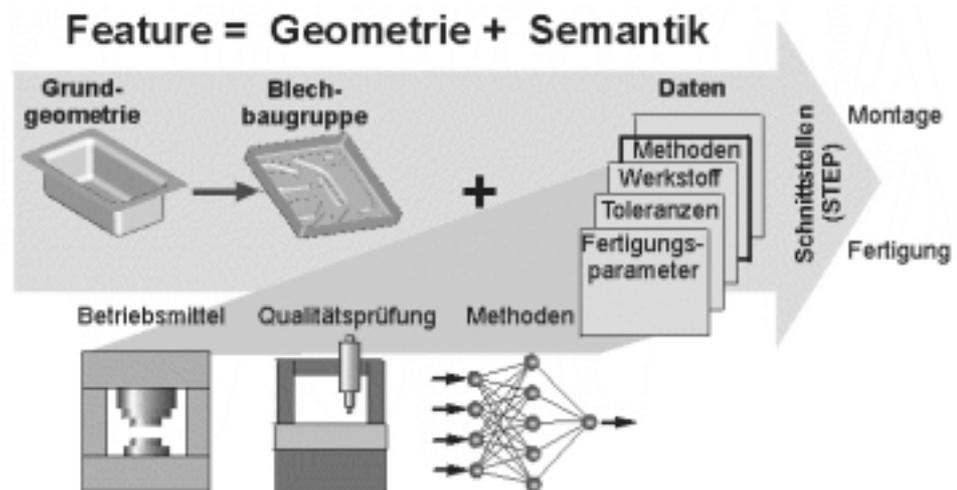


Bild 2: Darstellung der Feature-Technologie

gungsorientiert, montageorientiert oder qualitätsorientiert sein /7/. Bei der Entwicklung des hier vorgestellten Konstruktions-Informationssystems hat sich gezeigt, daß Feature-Technologie besonders bei der Einbeziehung von Methodenwissen in ein solches System sehr vorteilhaft ist /3/. Gerade die Anwendung von Methoden wie neuronale Netze oder Fuzzy Logic macht die restriktive Zuordnung der Input-, Output- und Methodenparameter des jeweils eingesetzten Werkzeugs zur Geometrieform erforderlich.

Durch die Strukturierung der in der betrieblichen Praxis vorliegenden umfangreichen Daten in den einzelnen Unternehmensbereichen wie Qualitätssicherung (Geometriemaße, Toleranzen etc.) und Arbeitsvorbereitung (NC-Programme, Maschinenparameter etc.) lassen sich diese durch eine Strukturierung mittels Feature-Technologie über Abteilungsgrenzen hinweg als firmenspezifisches Erfahrungswissen nutzen.

Die Vorteile für die Bauteileentwicklung durch Feature-Technologie sind :

- Durchgängige Semantik der Daten, Methoden und Informationen über den gesamten Konstruktions- und Entwicklungsprozeß hinweg
- Strukturierung der Daten und Sachmerkmale mit den zugehörigen Geometrieformen bei Bauteilen und -gruppen
- Datenhaltung von Information und Wissen zur Geometrie
- Möglichkeit zur Einbindung der Feature-Technologie in Applikationen über normierte Schnittstellen z.B. STEP
- Datenhaltung über den Produktlebenszyklus von Bauteilen
- Aufbau von Katalogen mit Geometrie und Semantik
- Verbesserung der Kommunikation zwischen Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Fertigung
- Änderungen bzw. Ergänzungen der Semantik lassen sich mit einem Editor am Feature durchführen
- Standardisierung von Konstruktions- und Fertigungsinformationen

Ein weiterer Vorteil der Feature-Technologie liegt in der Einbindung von Methodenwissen an die Geometrie. Durch die verstärkte Anwendung der rech-

nerunterstützten Methoden zur Auslegung und Dimensionierung von Bauteilen im Bereich der Produktentwicklung z.B. Festigkeitsberechnungen, FEM und der Vorhersage von Verhaltensmustern von Bauteilen wird es erforderlich, die entsprechenden Informationen und Daten in einem durchgängigen System zu verwalten. Die so gespeicherten Informationen können den am integrierten Prozeß beteiligten Personen zur Verfügung gestellt werden.

Ein Beispiel für eine solche Integration von Methodenwissen und Geometrie-Feature ist das hier vorgestellte Konstruktions-Informationssystem zur Vorhersage einer Fertigungsmaßtoleranz.

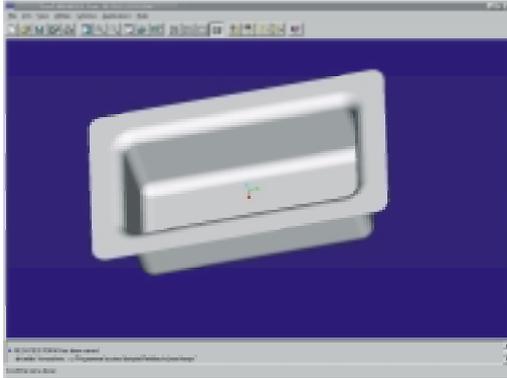
Der Tiefziehvorgang von Blechen ist ein sehr komplexer Umformvorgang. Durch die Elastizität der Bleche kommt es zur Rückfederung nach dem Umformprozeß und damit zu Abweichungen der Ist- von der Sollgeometrie, die durch iteratives Vorgehen mit Änderung der Prozeßparameter, Toleranzen und/oder der Werkzeuggeometrie beseitigt wird. Diese Größen beeinflussen die Spannungen, Formänderungen und Oberflächenbeschaffenheit während des Tiefziehvorgangs zeitlich und örtlich verschieden.

Es gibt deshalb kaum gesicherte Methoden zur Vorherbestimmung der Parameter für das optimale Ergebnis eines Tiefziehteils. Deswegen sind auch heute noch iterative Schritte zur Ermittlung der Parameter nötig. Vom Erfahrungswissen des Maschinenbedieners, Formbauers und Blechkonstrukteurs ist die Anzahl der Iterationen und damit die Länge der Rüstzeit des Umformprozesses abhängig.

Ein neuer Ansatz ist die Vorherbestimmung der Parameter mit Hilfe trainierter künstlicher neuronaler Netze. Mit dieser Methode können iterative Schritte eingespart und Entwicklungszeit bis zur Produktionsreife verkürzt werden. Die genaue Vorgehensweise zur Umsetzung der Methode zur Vorhersage der Rückfederung von Tiefziehteilen ist in /1/, /2/ und /6/ erläutert.

Allgemeine Informationen über künstlichen neuronalen Netze sind in /4/ und die konkrete Anwendung der KNN bei der Methode zur Vorhersage der Rückfederung von Tiefziehteilen ist in /1/ beschrieben. Die Möglichkeiten der Verschachtelung solcher Netze zur Lösung komplexer Aufgaben ist in /5/ dargestellt.

Einbindung des Konstruktions-Information-System in das CAD-System (1)



Auswahl der Grundgeometrie (2)

Einlesen der Geometriemaße (8)

Geometrieauswahl

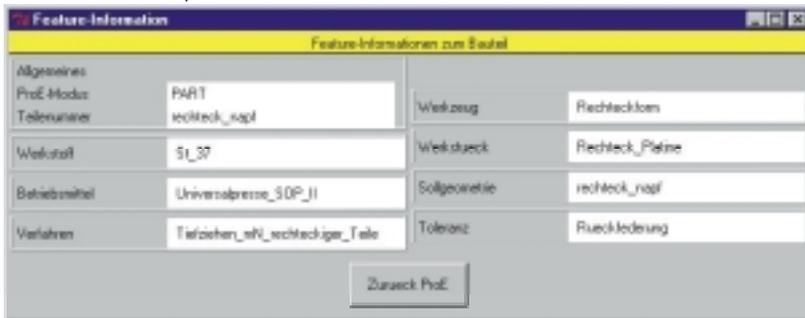


Ausgabe der Geometrie- und Feature-Informationen im CAD-System (10)

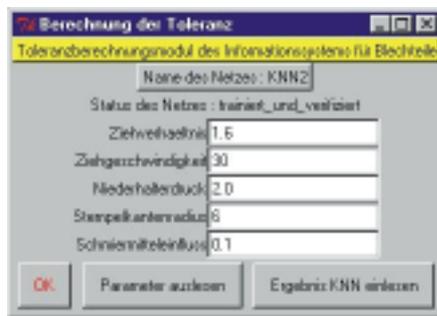
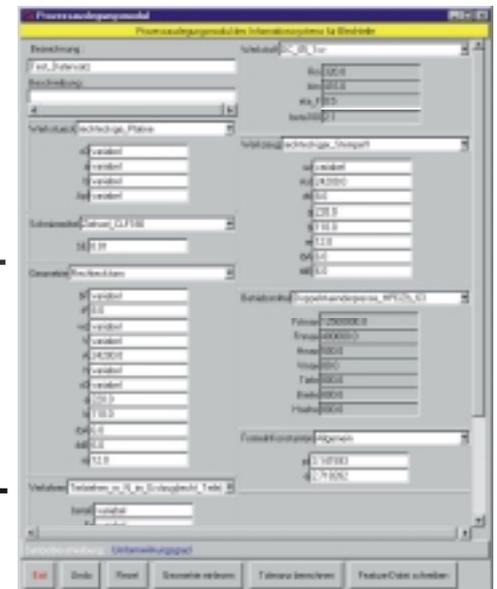
Funktionsgeometrie-daten (3)

Prozessauslegung (4)

Geometrie-daten (8)

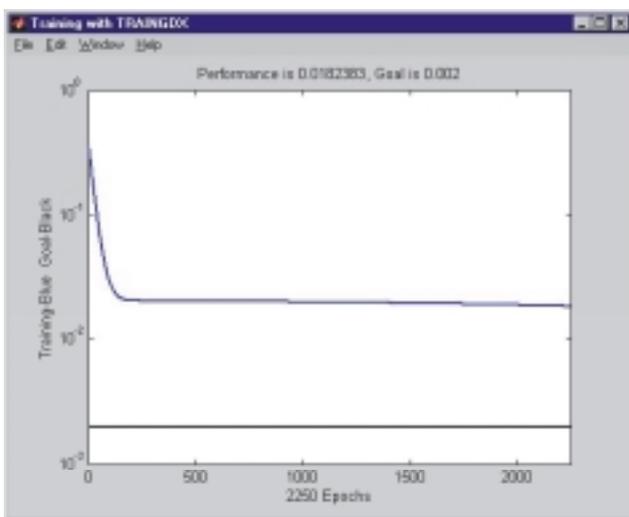


Feature-Informationen (9)



Bestimmung KNN (5)

Training und Verifizierung der KNN



Bestimmung der Rückfederung durch KNN (7)

Parameter der KNN (6)



Bild 3: Struktur und Bildschirmfenster des Konstruktions-Informationssystems Feinblech

3 Aufbau und Struktur des Konstruktions-Informationssystems

Das System verbindet die einzelnen Werkzeuge CAD-Programm, Prozeßauslegung, Datenbanktechnik und KNN zu einem konstruktionsunterstützenden Gesamtsystem. Die Struktur ist in **Bild 3** dargestellt. Die Nummer in den Klammern zeigt das jeweilige Bildschirmfenster bzw. die Operation des Systems an. Wegen der Übersichtlichkeit der Darstellung sind nur die wesentlichen Fenster abgebildet.

Der Einstieg zum System erfolgt im CAD-Programm ProE (1). Möchte der Konstrukteur ein Tiefziehteil entwickeln, sucht er aus einer Datenbank mit Hilfe eines Klassifizierungsschlüssels ein geometrisch ähnliches Teil (2). Bei diesem Teil legt er dann in einer Eingabemaske mit sämtlichen parametrisierten Geometriemaßen die für die Funktion des Bauteils erforderlichen Maße fest (3). Die anderen Maße werden danach in dem Prozeßauslegungstool (4) z.B. durch die Wahl bestimmter Werkzeuge (Stempel und Niederhalter) festgelegt. Hier werden nun auch die anderen Parameter wie Werkstoff, Verfahren, Betriebsmittel, Schmierzustand beim Tiefziehen und Werkstück (Platine) bestimmt.

Sind nun alle Parameter ausgewählt, berechnet bzw. eingegeben, so besteht die Möglichkeit, Toleranzen festzulegen oder zu berechnen. Dazu ist in das Konstruktions-Informationssystem die Nutzung von KNN zur Bestimmung der Rückfederung als Längenänderung nach dem Tiefziehen integriert worden :

Das geeignete Netz wird anhand des Werkstoffs, der Geometrieform und Betriebsmittel automatisch ermittelt. Die benötigten Parameter werden dann ausgelesen oder abgefragt und dem Netz übergeben (5). Die KNN sind also in einem separaten Arbeitsschritt vorher anzutrainieren und zu verifizieren (6). Das Netz berechnet die Rückfederung und übergibt das Ergebnis der Rechnung an das Prozeßauslegungstool (7). Der Konstrukteur kann dann entscheiden, ob die berechnete Toleranz innerhalb der für die Funktion des Bauteils benötigten Toleranz liegt. Wenn nicht, sind die Verfahrensparameter, die im KNN genutzt werden, zu verändern und die Rechnung zu wiederholen, bis die Rückfederung innerhalb der Toleranz liegt.

Sämtliche semantischen Daten werden dann abgespeichert :

Die nun vollständig bestimmten Geometriedaten werden im CAD-System zur Regenerierung der Zeichnung verwendet (8), alle anderen Daten werden als Feature-Informationen mit der Geometrie verknüpft (9). Wird diese spezielle Geometrie wieder aufgerufen oder später in der Prozeßkette weiterverwendet, können die Feature-Informationen abgerufen und ausgewertet werden (10). Die zur Fertigung gehörenden Parameter wie Werkzeug, Werkstoff, Verfahren, Betriebsmittel, Schmierzustand und Werkstück sind dann bekannt, können aber auch ohne die Einbindung in das CAD-System in nachgelagerten Bereichen der Konstruktion verwendet werden.

4 Einbindung von Datenbank- und WWW-Technologie in das System

Um das Konstruktions-Informationssystem Feiblech noch flexibler und leistungsfähiger zu machen, wurden die Daten in einer Datenbank abgelegt. Der Zugriff auf die Datenbank kann mit WWW-Browsern plattformunabhängig durchgeführt werden wie in **Bild 4** dargestellt. Auf diese Weise ist das System auch in verteilter Produktentwicklungs-umgebung einsetzbar:

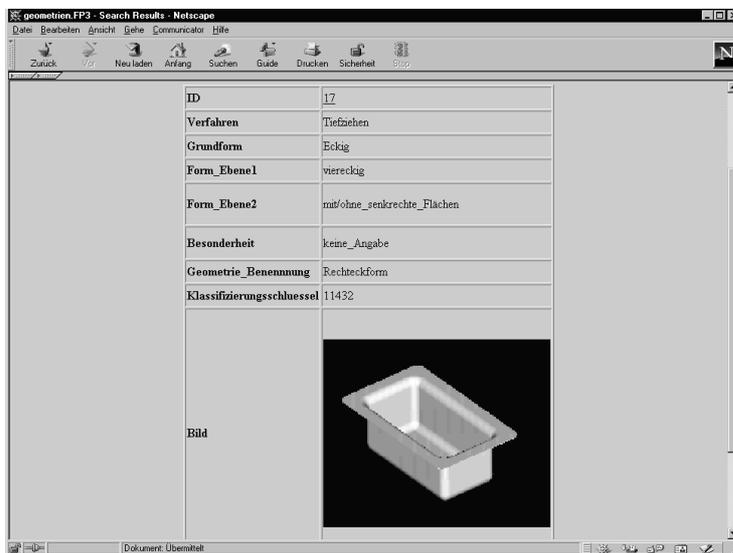


Bild 4: Ausgabeseite für die Geometrie im WWW-Browser

Aus der Arbeitsvorbereitung, Werkzeugbau, Fertigung und Qualitätssicherung werden die Betriebsmitteldaten, Verfahrensdaten und Geometriedaten in das Datenbanksystem über HTML-Seiten eingegeben. Für eine praxismgerechte Nutzung des Systems müssen alle Daten bzw. Features in der Datenbank abgespeichert werden können. Das Sy-

stem kann dazu mit einer durchgängigen Datenkette zwischen den Programm-Modulen, dem CAD-System, dem KNN und der Datenbank über Schnittstellen wie ODBC versehen werden. Die Gesamtstruktur des Systems ist in **Bild 5** dargestellt.

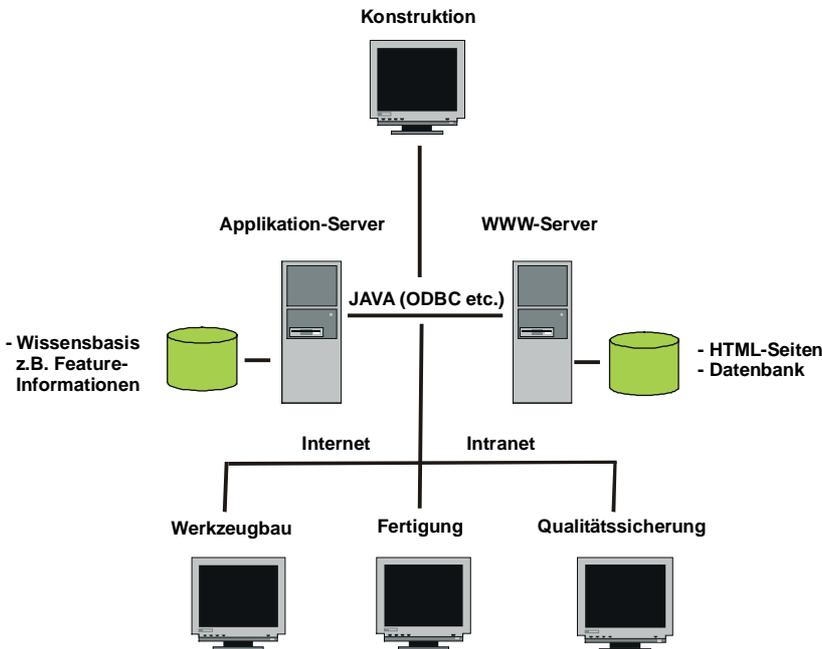


Bild 5: Anbindung des Informations-Systems an das WWW

5 Zusammenfassung

Es wurde ein Konzept zur Integration der Feature-Technologie in ein wissensbasiertes System zur Unterstützung des Konstrukteurs und Formbauers bei der Konstruktion von tiefgezogenen Blechbauteilen entwickelt und umgesetzt. Das System wurde an einer einfachen Grundgeometrie aufgebaut und verifiziert. Die Informationen für die Datenbasis des Systems entstammen den Bereichen Geometrie/Gestalt, Fertigungstechnologie und Werkstoff. Es wurde ein System erstellt, das die Optimierung der Geometrietoleranz der Bauteilgeometrie unter werkzeuggeometrischen, fertigungstechnischen und werkstofflichen Gesichtspunkten vornimmt. Der Konstrukteur hat dadurch ein Hilfsmittel, um den iterativen Vorgang der Gestaltoptimierung eines Produkts zwischen den Bereichen Konstruktion und Fertigung zu verkürzen oder sogar zu vermeiden. Die Basis dafür ist, daß er auf alle relevanten Daten aus den Bereichen Werkstoff, Verfahren, Fertigung, Werkzeuge etc. mittels der Datenbasis zugreifen kann und diese für ihn in geeigneter Weise aufbereitet sind.

Außerdem wurde mit dem Konstruktions-Informationssystem Feinblech ein System auf Basis

von Feature-Technologie mit der zusätzlichen Integration von Methodendaten in das Feature realisiert. Die Methodendaten entstammen in diesem Fall künstlichen neuronalen Netzen. Mit diesen wird die Rückfederung der tiefgezogenen Blechbauteile vorherbestimmt. Zusammen mit der Einbindung von Datenbank- und WWW-Technik ist so ein innovatives Werkzeug zur Unterstützung des Konstrukteur in frühen Phasen der Konstruktion von Tiefziehbauteilen entwickelt worden. Die Themengebiete für die Optimierung und Erweiterung des Systems sind :

- Komplexe Geometrien
- Vererbung von Features
- Verteiltes Arbeiten
- Durchgängige Datenbankfunktionalität

6 Literatur

- /1/ Heinen, F.; Tawil, M.: Untersuchung der Rückfederung tiefgezogener Bleche, Institutsmitteilung Nr. 23 (1998)
- /2/ Dietz, P.; Tawil, M.; Beisheim, N.: Arbeits- und Ergebnisbericht zum Projekt B4: Konstruktionssystematische Grundlagen für funktions- und produktionsgerechte Feinblechstrukturen, Arbeits- und Ergebnisbericht SFB 362 (1999)
- /3/ Müller, N.; Beisheim, N.: Finanzierungsantrag zum Projekt B12: Virtuelle verteilte Produktentwicklung von Blechbauteilen auf Basis der Feature-Technologie, Finanzierungsantrag SFB 362 (1999)
- /4/ Zimmermann, H.-J.: Neuro + Fuzzy : Technologien – Anwendungen, VDI-Verlag (1995)
- /5/ Beisheim, N.: Einsatz von neuronalen Netzen und Fuzzy Technologie in der vorbeugenden Störfallsimulation, Institutsmitteilung Nr. 24 (1999)
- /6/ Heinen, F.: Entwicklung einer Methodik zur Rückfederungsvorhersage an Tiefziehteilen, Dissertation, TU Clausthal (1998)
- /7/ VDI-Richtlinie 2218: Feature-Technologie, Hersg. VDI Düsseldorf (1999)