

# IndiForm

## Eine intuitive Bedienoberfläche für die industrielle Umformsimulation

Christoph Kaulich, Michael Wenzlaff

GNS mbH

Am Gaußberg 2

38114 Braunschweig

Deutschland

<http://www.gns-mbh.com>

### Abstract:

The paper presents the newly developed intuitive graphical user interface for industrial metal forming simulation, IndiForm. IndiForm is extremely easy to handle and can be used as pre- and post-processor independently of a particular finite element solver. The software enables those who are not finite element experts to carry out multi step forming simulations with complex finite element codes. This is achieved by means of a firm separation of the physical process definition and the numerical input data. Being the most innovative feature, in IndiForm the physical process is defined graphically by means of symbolic representations, i.e. icons, of all tools and blanks involved in the forming process. Thus, multi step forming processes can be „symbolically“ defined by a very intuitive and simple drag-and-drop procedure. For a number of common forming processes pre-defined templates are offered by IndiForm. User-defined forming processes can also easily be stored as templates. The translation of the defined physical forming process into numerical input data is done by IndiForm automatically using appropriate parameter settings. However, simulation experts can always change all parameter settings to their own preferred values and store them as templates.

Since the physical process is, of course, independent of the simulation software the decision of which software is to be used can be made when all other work has been completed. Therefore, IndiForm can be used to switch easily between different forming simulation packages, choosing the one most suited to the task in question.

The set-up of a forming simulation independently of a particular simulation software is an important step on the way to standardisation of industrial forming simulations.

### Keywords:

Preprocessing, Postprocessing, Forming Simulation

## Anforderungen

Die Simulation von Tiefziehprozessen hat sich in der Methodenplanung als wichtiges und unverzichtbares Hilfsmittel etabliert. Die Simulationen werden dabei in der Regel nicht von spezialisierten Berechnungsingenieuren durchgeführt sondern von Methodenplanern und Werkzeugkonstruktoren, die darauf angewiesen sind, eine bestimmte Anzahl von Variantenrechnungen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes durchführen zu können. Derartige Anforderungen industrieller Tiefziehsimulationen lassen sich nur durch den Einsatz leistungsstarker tiefziehspezifischer Prä- und Postprozessoren bewältigen, die einfach und intuitiv zu bedienen sind, einen hohen Automatisierungsgrad aufweisen und dem Anwender nur sehr geringe Kenntnisse von numerischen Methoden und Simulationsprogrammen abverlangen.

## Softwarekonzept

Der hier vorgestellte integrierte Prä- und Postprozessor für industrielle Tiefziehsimulationen erfüllt die oben erwähnten Anforderungen und basiert darüber hinaus auf einem Konzept, welches das Aufsetzen und Auswerten von Tiefziehsimulationen unabhängig vom verwendeten Simulationsprogramm ermöglicht. Gegenüber herkömmlichen tiefziehspezifischen Prä- und Postprozessoren, die auf ein bestimmtes Simulationsprogramm zugeschnitten sind, bietet dieses Konzept zwei wesentliche Vorteile: Es ermöglicht die Standardisierung von Tiefziehsimulationen und stellt offene Schnittstellen zu verschiedenen Simulationsprogrammen zur Verfügung.

Die modular aufgebaute Bedienoberfläche besteht aus einem Prozessgenerator zur Modellierung von Tiefziehprozessen, einem Netzgenerator zur Diskretisierung von Platinen- und Werkzeuggeometrien und einem Postprozessor zur tiefziehspezifischen Auswertung von Simulationsergebnissen. Weitere Module ermöglichen die Auswahl und Visualisierung von Materialdaten, das Starten und Abbrechen der Simulation und das Verfolgen des Simulationsfortschritts.

## Prozessgenerator

Innovatives Merkmal der Software ist der symbolische Prozessgenerator, der eine am Methodenplan orientierte Definition des physikalischen Tiefziehprozesses in schematischer grafischer Form und unabhängig von der konkreten Werkzeug- und Platingeometrie ermöglicht.

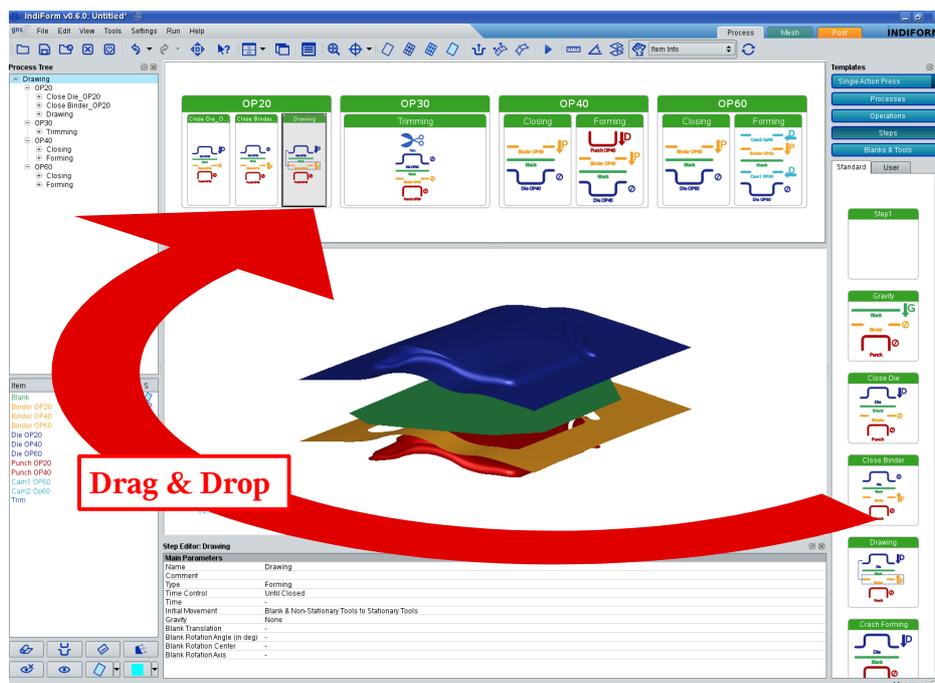


Bild 1: Symbolischer Prozessgenerator: Prozessaufbau unter Verwendung von vordefinierten Templates

Dabei wird der Tiefziehprozess nach dem Baukastenprinzip basierend auf vordefinierten Templates für Platinen, Werkzeuge, Ziehsicken, Prozessschritte und Operationen auf sehr anschauliche Art und Weise aufgebaut. Zur schematischen grafischen Darstellung des Prozesses werden Symbole für Werkzeuge, Platinen, Ziehsicken usw. verwendet. Physikalische Parameter des Tiefziehprozesses, wie Niederhalterkräfte und Werkzeuggeschwindigkeiten, lassen sich über Tabellen definieren.

Mit Hilfe des integrierten Kinematikchecks kann die aufgesetzte Tiefziehsimulation vor ihrer eigentlichen Durchführung animiert und überprüft werden.

Um das Simulieren von Nachfolgeoperationen zu erleichtern und zu beschleunigen, besteht die Möglichkeit, Restarts von bereits vorhandenen Simulationen aufzusetzen. Der Prozessgenerator verfügt darüber hinaus über eine Undo-Funktion, die den Bedienkomfort deutlich erhöht.

Da ein unter Verwendung des symbolischen Prozessgenerators aufgebauter Tiefziehprozess nur die Physik des realen Tiefziehprozesses beschreibt, lassen sich aufgrund der vollständigen Entkopplung von physikalischer und numerischer Prozessbeschreibung Tiefziehprozesse völlig unabhängig von einem bestimmten Simulationsprogramm aufbauen.

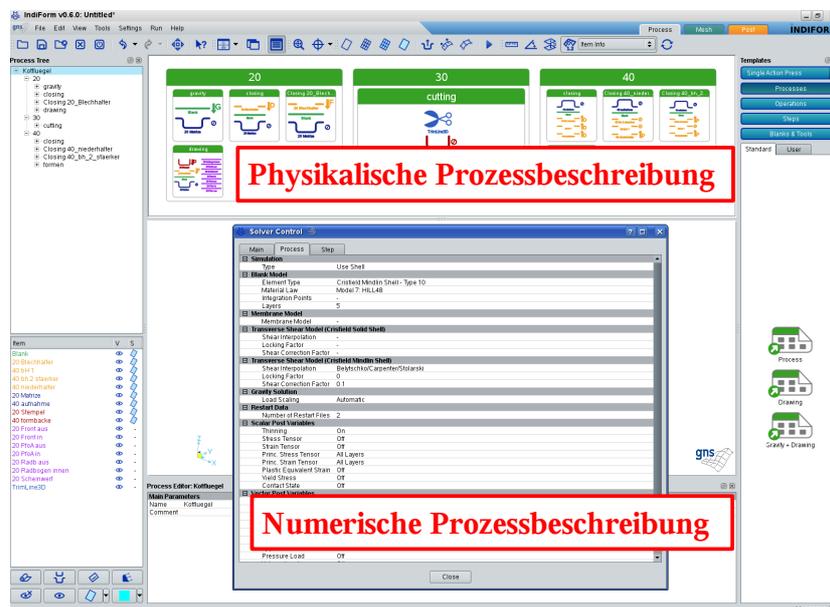


Bild 2: Trennung von physikalischer und numerischer Prozessbeschreibung

Welches numerische Modell zur Abbildung des Tiefziehprozesses in der Simulation tatsächlich verwendet wird, hängt u.a. davon ab, welches Simulationsprogramm zur Durchführung der Simulation zum Einsatz kommen soll.

IndiForm bietet die Möglichkeit, das numerische Modell (Elementformulierungen, Material-, Reib- und Kontaktmodelle) sowie die dafür benötigten numerischen Steuerparameter des verwendeten Simulationsprogramms völlig unabhängig von der Prozessdefinition und separat für verschiedene Simulationsprogramme definieren zu können.

Um Stabilität, Reproduzierbarkeit und Qualität der Tiefziehsimulation zu gewährleisten, können in IndiForm sinnvolle Voreinstellungen für diese vom Simulationsprogramm abhängigen numerischen Parameter hinterlegt werden. Diese werden dann von den Anwendern bei der Durchführung von Tiefziehsimulationen verwendet. Dadurch wird einerseits Anwendern, die keine spezialisierten Berechnungsingenieure sind, die Durchführung von Tiefziehsimulationen ermöglicht. Andererseits wird eine Standardisierung der Tiefziehsimulation erreicht und hierdurch die Ergebnisreproduzierbarkeit von Tiefziehsimulationen gewährleistet. Das Simulationsergebnis kann somit unabhängig davon gemacht werden, welcher Anwender die Simulation durchführt.

Der IndiForm-Prozessgenerator verfügt über eine Schnittstelle zur Tiefziehsimulationssoftware INDEED, die alle notwendigen Eingabedaten für eine Tiefziehsimulation mit INDEED generiert. Eine Schnittstelle

zur Simulationssoftware LS-DYNA, die auch für Tiefziehsimulationen eingesetzt wird, ist bereits konzipiert. An ihrer Implementierung in IndiForm wird zur Zeit gearbeitet.

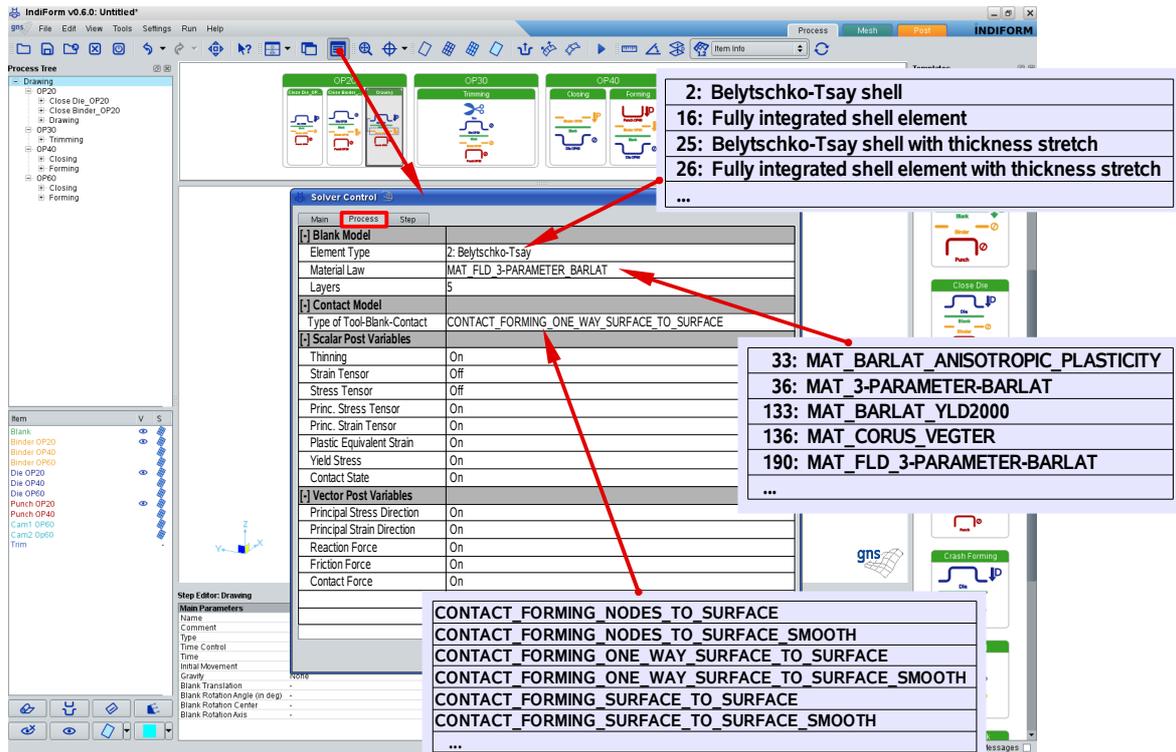


Bild 3: Geplante LS-DYNA-Schnittstelle: Numerische Modellierung von Tiefziehprozessen mit LS-DYNA

### Netzgenerator

Nachdem der Tiefziehprozess unter Verwendung des Prozessgenerators definiert worden ist, müssen den symbolisch definierten Werkzeugen und Platinen die realen Geometrien zugeordnet werden. Dafür steht der IndiForm-Netzgenerator zur Verfügung.

Die Geometriebeschreibung liegt in der Regel in Form von CAD-Daten vor. Um die Tiefziehsimulation durchführen zu können, müssen die CAD-Daten diskretisiert, d.h. in ein aus Knoten und Elementen bestehendes Netz überführt werden. Der Netzgenerator wird dazu verwendet, den im Prozessgenerator definierten Symbolen für Platinen, Werkzeuge und Ziehsicken CAD-Daten zuzuweisen und diese automatisiert zu vernetzen. Außerdem ist es möglich, die Geometriedaten von Werkzeugen (Stempel, Niederhalter) aus den Geometriedaten eines anderen Werkzeugs (Matrize) abzuleiten und netzbasiert zu offsetieren. Liegen bereits diskretisierte Geometriebeschreibungen vor, können diese direkt dem jeweiligen Symbol des Prozessgenerators zugeordnet werden.

Es stehen sowohl Funktionalitäten zur Überprüfung der Netzqualität als auch Funktionalitäten zur automatischen Beseitigung von Netzfehlern zur Verfügung. Bei Bedarf können CAD-Daten und FE-Netze manuell nachbearbeitet werden. Darüber hinaus ermöglicht der IndiForm-Netzgenerator das Positionieren von Werkzeugen und Platinen sowie das Erzeugen von Platineneinweisern. Die erzeugten Netze für Platinen und Werkzeuge können bei Bedarf in verschiedenen Formaten (Nastran, Pamcrash, LS-DYNA) exportiert werden.

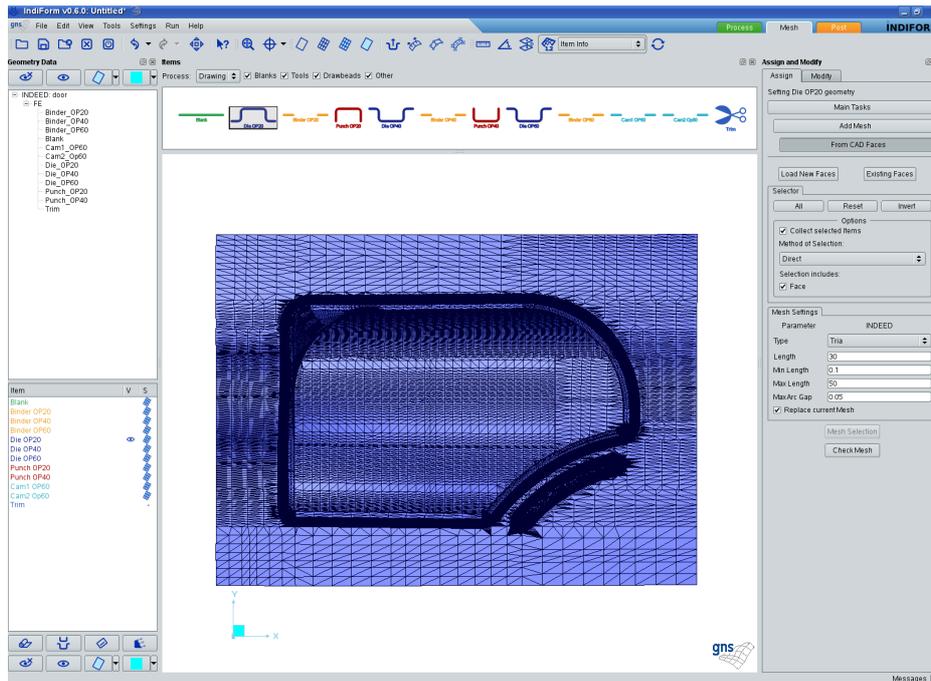


Bild 4: Netzgenerator

### Simulation Monitor

Nachdem der Tiefziehprozess und die Werkzeug- und Plattingeometrien definiert worden sind, kann die Simulation durchgeführt werden. IndiForm bietet die Möglichkeit, die Simulation direkt aus der Oberfläche zu starten, sich den Simulationsfortschritt anzeigen zu lassen und die Simulation bei Bedarf vorzeitig abzubrechen und nach vorgenommenen Modifikationen erneut zu starten.

Wird die Simulation aus der IndiForm-Oberfläche heraus gestartet, werden die Simulationsergebnisse automatisch in den IndiForm-Postprozessor eingeladen und mit Fortschreiten der Simulation aktualisiert.

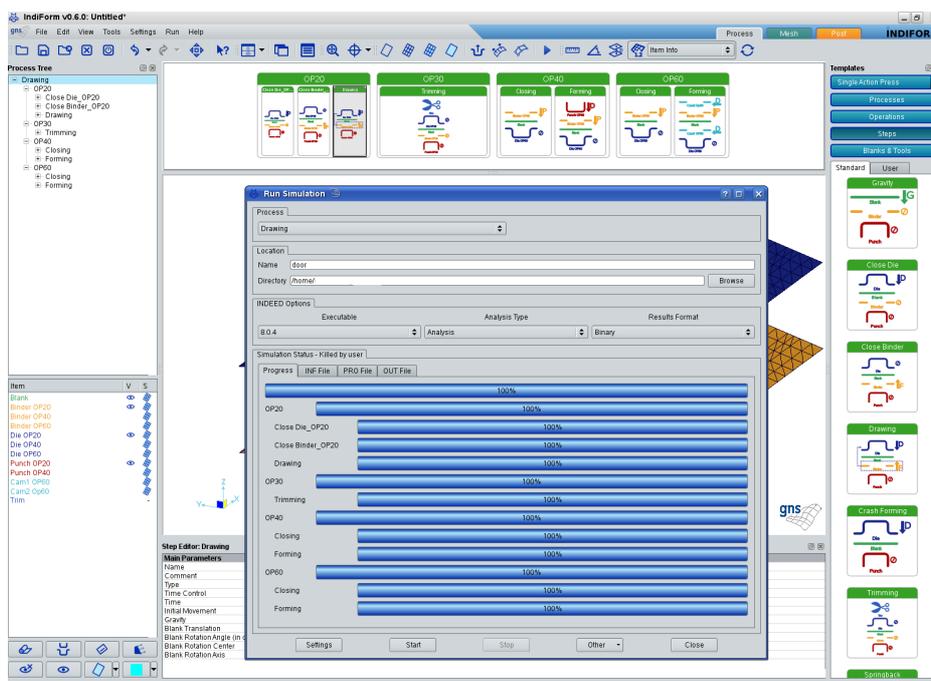


Bild 5: Simulation Monitor

## Postprozessor

Das intuitive Bedienkonzept des IndiForm-Postprozessors ermöglicht die Auswertung von Tiefziehsimulationen ohne großen Schulungsaufwand und lange Einarbeitungszeiten. Der aus Operationen und Prozessschritten bestehende Tiefziehprozess wird durch eine Baumstruktur schematisch dargestellt. Anhand dieser Baumstruktur lässt sich die Visualisierung bzw. die Animation steuern: Sie kann für den gesamten Prozess erfolgen oder auch für jede einzelne Operation oder jeden einzelnen Prozessschritt separat ablaufen. Das ist eine beträchtliche Hilfe bei der Analyse komplexer, mehrstufiger Tiefziehprozesse. Darüber hinaus kann der Anwender entscheiden, ob stets alle am Prozess beteiligten Werkzeuge angezeigt werden sollen, oder ob nur solche sichtbar sind, die in der jeweiligen Operation bzw. im jeweiligen Prozessschritt tatsächlich aktiv sind.

Der IndiForm-Postprozessor stellt eine Vielzahl spezieller Funktionen zur Verfügung, die auf die tiefziehspezifische Auswertung von Simulationsergebnissen zugeschnitten sind. Neben der Darstellung gängiger Ergebnisgrößen wie Dickenänderung, Dehnungen, Spannungen usw. bietet IndiForm einfach zu bedienende Funktionen zur Visualisierung und Analyse von

Formbarkeit (Formability)  
Grenzformänderungsdiagrammen (FLD)  
Anschlag- und Nachlaufkanten  
Rückfederung  
Werkzeugkräften

Darüber hinaus können im IndiForm-Postprozessor beliebig viele Schnitte durch Platine und Werkzeuge definiert werden. Die jeweils eingeblendete Ergebnisgröße, sei es z.B. Dickenänderung, plastische Vergleichsdehnung usw., kann entlang der abgewickelten Länge der Schnitte in Form von X-Y-Diagrammen angezeigt werden.

Der IndiForm-Postprozessor ermöglicht sowohl die Visualisierung von Simulationsergebnissen verschiedener zur Durchführung von Tiefziehsimulationen eingesetzter Programme wie INDEED, LS-DYNA und AutoForm (AutoForm-ASCII-Daten) als auch die Visualisierung von Messergebnissen des Dehnungsmesssystems AutoGrid. Dabei lassen sich sowohl Simulationsergebnisse miteinander als auch Simulations- mit Messergebnissen vergleichen. Bei Bedarf können die Simulationsergebnisse in verschiedenen Formaten (Nastran, Pamcrash, LS-DYNA, STL) exportiert werden.

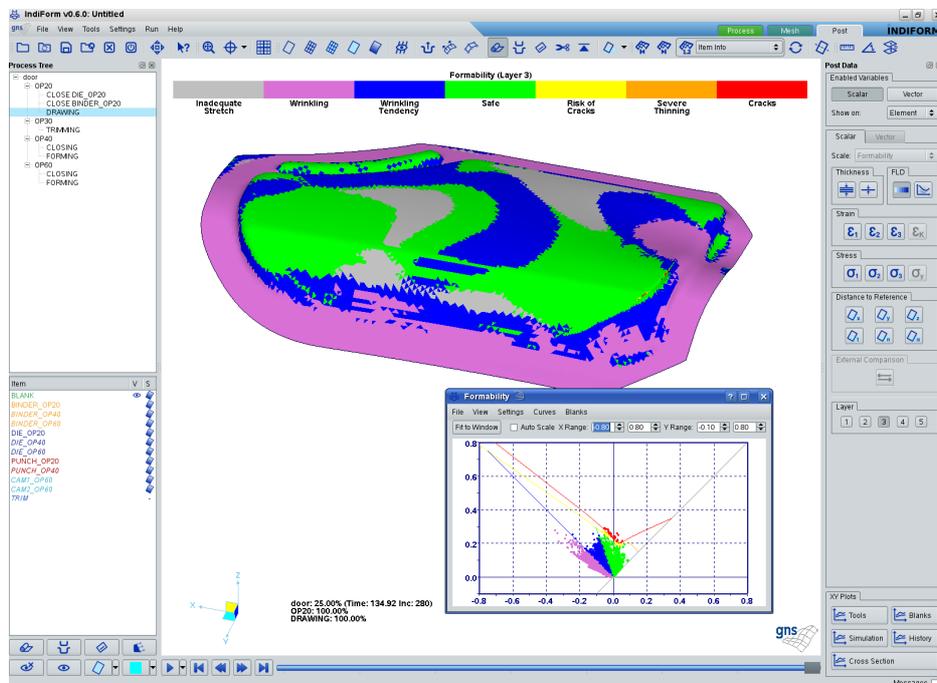


Bild 6: Postprozessor

**Ausblick**

Derzeit ermöglicht IndiForm das Aufsetzen, Durchführen und Auswerten von Tiefziehsimulationen. Es ist im Rahmen von Weiterentwicklungen vorgesehen, IndiForm als integrierten Prä- und Postprozessor auch für andere Umformverfahren wie z.B. Warmumformung, Innenhochdruckumformung und Rohrbiegen zur Verfügung zu stellen.

**Zusammenfassung**

Der vorgestellte integrierte Prä- und Postprozessor für industrielle Tiefziehsimulationen zeichnet sich durch ein intuitives Bedienkonzept aus und erlaubt basierend auf einer konsequenten Trennung von physikalischer und numerischer Prozessbeschreibung das Aufsetzen von Tiefziehsimulationen unabhängig von einem bestimmten Simulationsprogramm. Damit wird eine wichtige Voraussetzung für die Standardisierung von industriellen Umformsimulationen erfüllt.

