

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Durchführung von Benchmarks der FE-Simulation  
in der Blechumformung  
Planung, Durchführung, Auswertung, Interpretation und  
Dokumentation von Praxisversuchen

VDI 3418

Realization of benchmarks for FE simulations  
of sheet metal forming  
Planning, realization, evaluation, interpretation and  
documentation of practical tests

Ausg. deutsch/englisch  
Issue German/English

*Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.*

*The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.*

Inhalt	Seite	Contents	Page
Vorbemerkung . . . . .	2	Preliminary note . . . . .	2
Einleitung . . . . .	2	Introduction . . . . .	2
<b>1 Anwendungsbereich . . . . .</b>	<b>3</b>	<b>1 Scope . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>2 Normative Verweise . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>2 Normative references . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>3 Aufbau eines Benchmarks . . . . .</b>	<b>4</b>	<b>3 Configuration of a benchmark. . . . .</b>	<b>4</b>
3.1 Spezifikation . . . . .	5	3.1 Specification . . . . .	5
3.2 Versuchsdurchführung und -dokumentation	6	3.2 Test execution and documentation . . . . .	6
3.3 Simulationsdurchführung und -dokumentation . . . . .	6	3.3 Simulation execution and documentation . . . . .	6
3.4 Benchmarkauswertung . . . . .	6	3.4 Benchmark evaluation . . . . .	6
<b>4 Benchmarkkriterien. . . . .</b>	<b>6</b>	<b>4 Benchmark criteria . . . . .</b>	<b>6</b>
4.1 Platineneinzug. . . . .	6	4.1 Blank draw-in. . . . .	6
4.2 Blechdicke . . . . .	8	4.2 Sheet thickness . . . . .	8
4.3 Formänderungen und Versagen . . . . .	11	4.3 Strains and failure . . . . .	11
4.4 Rückfederung . . . . .	16	4.4 Elastic recovery. . . . .	16
4.5 Oberflächenqualität – Falten . . . . .	18	4.5 Surface quality – wrinkles . . . . .	18
4.6 Oberflächenqualität – Nachlauf- und Anhiebanten . . . . .	22	4.6 Surface quality – overflow and impact edges . . . . .	22
4.7 Umform-/Stempelkraft . . . . .	24	4.7 Forming/punching force . . . . .	24
<b>Anhang</b> Checklisten zur Datenerfassung . . . . .	<b>30</b>	<b>Annex</b> Check lists for data recording . . . . .	<b>46</b>
Schrifttum. . . . .	62	Bibliography . . . . .	62

VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik (GPL)

Fachbereich Produktionstechnik und Fertigungsverfahren

VDI-Handbuch Produktionstechnik und Fertigungsverfahren, Band 3: Betriebsmittel

## Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen ([www.vdi-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erarbeitung dieser VDI-Richtlinie mitgewirkt haben, sei gedankt.

## Einleitung

Die Auslegung und Entwicklung von Blechformteilen und den zugehörigen Werkzeugen basiert im Wesentlichen auf der Finite-Elemente-Simulation (FE-Simulation). Da der Herstellungsprozess in zunehmendem Maß ohne reale Werkzeuge und damit ausschließlich auf Basis von Simulationsergebnissen abgesichert wird, kommt der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Berechnungen eine große Bedeutung zu.

Um Genauigkeit und Zuverlässigkeit von FE-Simulationsprogrammen zu beurteilen, werden Simulationsergebnisse mit den Ergebnissen der Praxis verglichen. Solche Benchmarks werden häufig bei der Einführung neuer Software oder neuer Software-Versionsstände, bei der Bearbeitung neuer Fragestellungen und im Tagesgeschäft zur FE-Qualitätssicherung durchgeführt. Dabei gibt es einige wiederkehrende Probleme:

- unvollständige Informationen aus den durchgeführten Versuchen (Praxisabpressungen), Messungen, Analysen und Simulationen infolge ungenügender Dokumentation (z.B. Werkzeugzustand, eingestellte Pressenparameter, Platinenlage im Werkzeug, Schmierungsstatus)
- Fehlen von Daten zu den Versuchen, Messungen, Analysen und Simulationen wie CAD-Daten, Kennwerte der Versuchswerkstoffe für unterschiedliche Chargen, Messkonzepte
- ungenaue Informationen zu Versionsständen von CAD- und Simulationsdaten, die mit den durch Einarbeitung oder Serieneinsatz geänderten Werkzeuggeometrien nicht übereinstimmen und somit zu nicht nachvollziehbaren Abweichungen zwischen Simulation und Realität führen können

## Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices ([www.vdi-richtlinien.de](http://www.vdi-richtlinien.de)).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

## Introduction

The design and development of formed sheet metal parts and the related tools are essentially based on finite element simulation (FE simulation). As the manufacturing process increasingly takes place without the use of real tools and, as a result, is ensured exclusively based on simulation results, accuracy and reliability of the calculations are extremely important.

To assess the accuracy and reliability of FE simulation programs, the simulation results are compared with the results obtained in practice. Frequently, such benchmarks are realized when a new software or a new software version is introduced, when new issues are addressed and, in daily operations, for FE quality assurance. In this process, several recurring problems have been experienced:

- incomplete information from the conducted tests (pressings realized in practice), measurements, analyses and simulations owing to insufficient documentation (e.g. tool condition, set press parameters, position of blank in the tool, lubrication state)
- lack of data on the tests, measurements, analyses and simulations, such as CAD data, specific values of the test materials for different batches, measuring concepts
- inaccurate information on the version status of CAD and simulation data, which do not correspond to the tool geometries as these have been changed during run-in or use in the series, which may result in incomprehensible deviations between the simulation and reality

- unklare oder nicht ausreichend spezifizierte und dokumentierte Methoden sowie Randbedingungen bei Messungen und Analysen, sodass der Übertrag und Vergleich mit der Simulation erschwert wird (z.B. Auflager- oder Spannkonzentration bei Geometriemessungen, genaue Messorte, Messverfahren und Messunsicherheiten der Messgeräte)
- unklare Kriterien zum Vergleich von Versuch und Simulation und zur Beurteilung der Aussagefähigkeit der Ergebnisse

Diese Probleme können dazu führen, dass falsche Aussagen abgeleitet werden und erstellte Benchmarks keine ausreichende Aussagefähigkeit haben.

In dieser Richtlinie werden daher die Vorgehensweisen bei der Planung, Durchführung, Auswertung, Interpretation und Dokumentation von Benchmarks, das heißt sowohl von Praxisversuchen, Messungen und FE-Simulationen sowie deren Vergleich und Bewertung beschrieben. In Bezug auf die Simulation wird auf der Richtlinie VDI 3417 aufgebaut.

Die vorliegende Richtlinie setzt Grundkenntnisse sowohl in der Simulationstechnik als auch im Werkzeugbau und in der Blechumformung voraus. Sie wurde im Fachausschuss *Simulation im Werkzeugbau* der VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik erarbeitet.

## 1 Anwendungsbereich

Ziel dieser Richtlinie ist es, eine einheitliche und verbindliche Anleitung zur Durchführung der unterschiedlichen Aufgaben zu geben, um eine größtmögliche Planungssicherheit, Verbindlichkeit und Qualität bei geringstmöglichem Arbeitsaufwand zu gewährleisten. Des Weiteren soll eine einfache und sichere Bewertung der Benchmarkergebnisse durch Standardisierung ermöglicht werden. Insbesondere die Einführung neuer Software oder neuer Softwarestände (Versionen) soll auf Basis der Richtlinie vereinfacht werden.

Wesentlicher Bestandteil der Richtlinie ist die Beschreibung der Planung, Durchführung, Auswertung, Interpretation und Dokumentation von Benchmarks, das heißt sowohl von den Praxisversuchen/-abpresungen, Messungen und den FE-Simulationen sowie deren Vergleich und Bewertung.

Basis für die beschriebenen Vorgehensweisen ist die Strukturierung der Informationen und Daten (Bild 1). Als Arbeitsmedien enthält die Richtlinie im Anhang Checklisten, mit denen die Datenerfassung und -auswertung unterstützt wird.

- unclear or insufficiently specified and documented methods and basic conditions during measurements and analyses, making transfer of and comparison with the simulation difficult (e.g. support or clamping concept during geometric measurements, precise measuring positions, measuring method and measuring inaccuracies of the measuring instruments)
- unclear criteria for the comparison of test and simulation and for assessing the informative value that the results can provide

As a result of these problems, incorrect conclusions may be derived and the information provided by the set benchmarks may be inadequate.

This guideline therefore describes the procedures to be followed during planning, realization, evaluation, interpretation and documentation of benchmarks, i.e. of practical tests, measurements and FE simulations as well as the comparison and evaluation of these. The simulation is based on guideline VDI 3417.

This guideline assumes basic knowledge of the simulation method and also of tool manufacture and sheet metal forming. It has been drafted in the Technical Committee *Simulation in tool manufacture* of the VDI Society for Production and Logistics.

## 1 Scope

This guideline is intended to provide harmonised and binding instructions for the execution of the different tasks in order to guarantee highest possible planning security, binding character and quality for the least possible effort. In addition, standardization is to ensure easy and safe assessment of the benchmark results. In particular, based on this guideline, the introduction of new software and new software releases (versions) is to be made easier.

The most important part of the guideline is the description of the planning, realization, evaluation, interpretation and documentation of benchmarks, i.e. of the practical tests/pressings, measurements and FE simulations as well as the comparison and assessment of these.

The described procedures are based on the structuring of the information and data (Figure 1). Check lists have been attached in the Annex to this guideline as working media to support the collection and evaluation of data.