

# BAUTEILDEFIZITE SCHNELL UND SICHER IDENTIFIZIEREN

Risikobehaftete Analysen oder fehlerhafte Simulationen können in der Konstruktion hohe Kosten verursachen. Eine maßgeschneiderte Individualsoftware für die Prozessautomatisierung wie der Virtual Engineering Assistant von Invenio Technical Simulations vereinfacht komplexe Prozesse und zeigt Unstimmigkeiten vor der Simulation auf.

» VON TIM BEINERT

**A**ls Unternehmen für Berechnungs-Dienstleistungen beschäftigt sich die Invenio TS seit über 30 Jahren mit der Finite Elemente Methode (FEM) und Computational Fluid Dynamics (CFD) als numerisches Simulationswerkzeug, um das Strukturverhalten von Bauteilen hinsichtlich deren Mechanik, Thermik oder Strömung besser vorhersagen, bewerten und optimieren zu können.

Das Team hat sich bereits vor einigen Jahren intensiv mit den internen Prozessen der FEM-Berechnung auseinandergesetzt, um Optimierungsmöglichkeiten – vor allem in Bezug auf die Kosten-, Zeit- und Qualitätsansprüche der Kunden – zu identifizieren. Aus dieser Notwendigkeit heraus wurden über die letzten Jahre verschiedene Algorithmen und Module entwickelt, die sich im sogenannten Virtual Engineering Assistant (VEA) bündeln. Intern kommen diese Anwendungen täglich im Bereich FEM/CAE bei Invenio TS zum Einsatz und haben in dieser Zeit sowohl Prozesssi-

cherheit als auch Termintreue deutlich erhöht. Diese prozessuale Entlastung der Berechnungsingenieure schafft mehr Zeit, sich auf die Schwierigkeiten und Herausforderungen der Kunden zu fokussieren, um entsprechende Produktlösungen voranzutreiben.

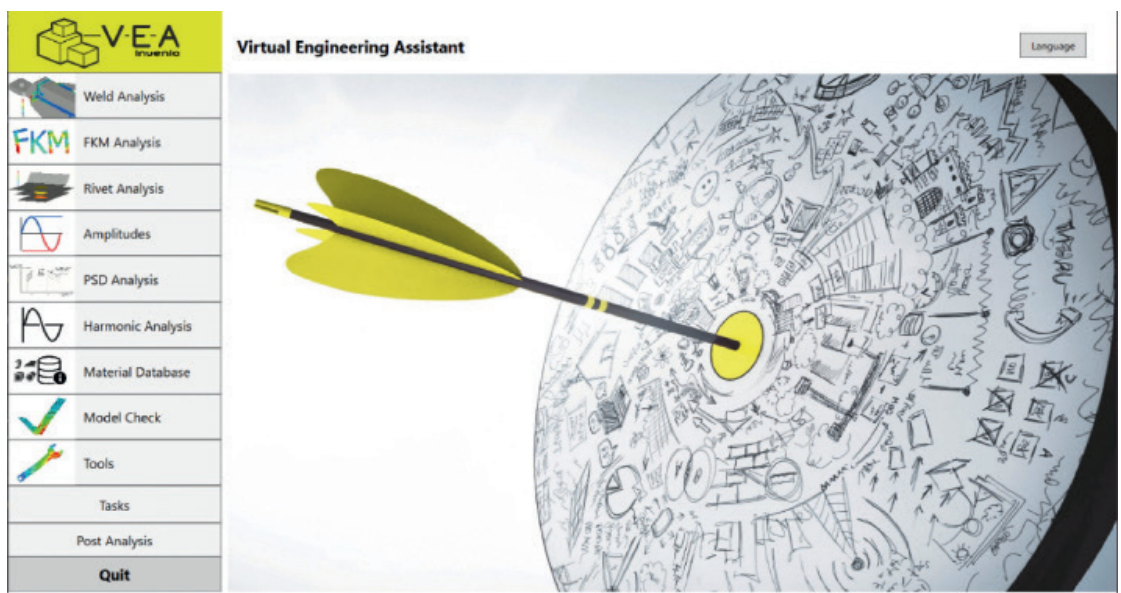
## Individuelle Software für die Prozessautomatisierung

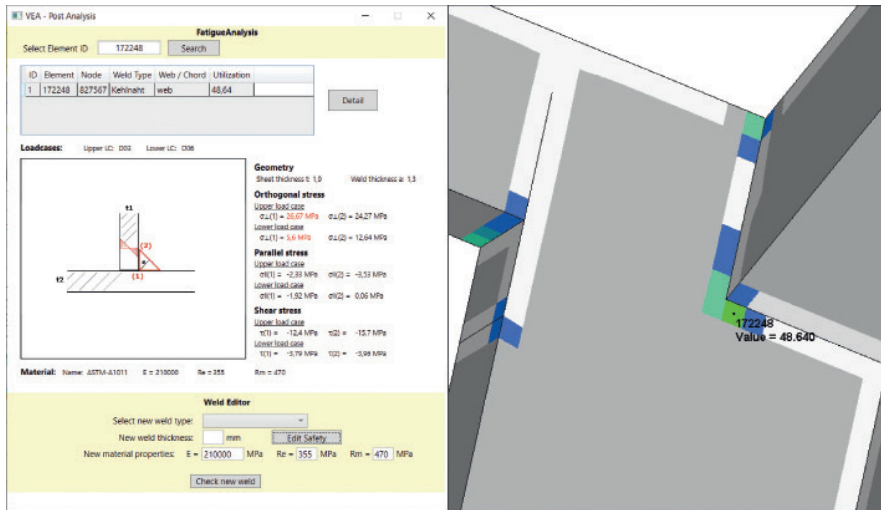
Ziel der Anwendungen ist es unter anderem, die Auswertung von FEM-Ergebnissen zu automatisieren und bereits vor der eigentlichen Simulation Unstimmigkeiten im Finite-Elemente-Modell aufzuzeigen. Für die Kunden ergibt sich der Vorteil, überlastete oder überdimensionierte Bauteil-Positionen zuverlässig zu identifizieren und somit Kosten einzusparen. Auch durch Flüchtigkeit entstehende Unstimmigkeiten können hohe Kosten verursachen und dem Kunden im schlimmsten Fall sogar fehlerhafte Ergebnisse oder verfälschte Einblicke in seine Bauteilperformance liefern. Um dies zu verhindern und um die Prozesssicherheit und Effektivität

sowie die Qualität des Endergebnisses nachhaltig zu steigern, werden zum Beispiel folgende individuell entwickelten Module eingesetzt, um Prüfungen der FEM-Modelle und Analysen nach entsprechenden Vorgaben und Normen durchzuführen:

- Schweißnaht-Analyse-Programm nach den Normen DVS 1612, DVS 1608 und Eurocode
- Auswertung von Verbindungsmitteln nach Eurocode oder individuellen Festigkeitsanforderungen nach Kundenwünschen
- Auswerte-Programme für Power-Spectral-Density (PSD) sowie harmonische Analysen
- Amplitudenberechnung zur Identifizierung von relevanten Lastfallkombinationen
- Berechnung und grafische Darstellung von lokalen Bauteildicken sowie Kerbradien für Gussteile
- Schnittstellen zu individuellen Werkstoffdatenbanken

Benutzer-Schnittstelle mit Softwaremodulen des Virtual Engineering Assistants.





Eingabemaske zum Prüfen von Schweißnaht-Änderungen.

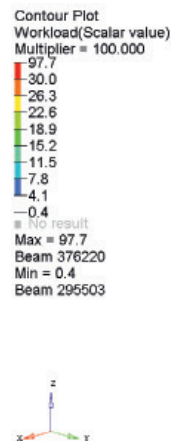
Bilder: Invenio Technical Simulations GmbH

- Modul zur Überprüfung von Finite-Elemente-Modellen nach individuellen Ansprüchen, zum Beispiel:
  - Prüfung der geometrischen Vorgaben nach Eurocode
  - Prüfung des realistischen Kraftflusses von Bauteilen und Schweißnähten
  - Überprüfen fehlerhaft angebundener Verbindungsmittel
  - Plausibilitätsprüfungen für Werkstoffe und Verbindungsmittel

### Deep Dive eines VEA-Moduls: Das Schweißnaht-Analyse-Programm

Das ingenieurgemäße „Vereinfachen“ eines zu simulierenden Prüflings bedeutet, dass die komplexe realistische Struktur auf ein hinreichendes Finite-Elemente-Netz reduziert wird. Je einfacher das Netz aufgebaut ist, desto kostengünstiger wird die Modelerstellung für den Endkunden. Dabei spielt vor allem das Abbilden von Schweißnähten mittels Schalen-Elementen eine große Rolle. Da nicht alle Schweißnähte als Vollanschlüsse (sondern zum Beispiel als einseitige Kehlnähte) ausgeführt werden, wäre an entsprechenden Stellen eine Reduzierung der Blechstärke im Modell notwendig. Um diesen Modellaufwand zu vermeiden, werden die berechneten Spannungen erst bei der Ergebnis-Analyse in ein lokales Koordinatensystem transformiert und auf den entsprechenden reduzierten Schweißnaht-Querschnitt umgerechnet. Diese Umrechnung erfolgt im Verhältnis des Widerstandsmomentes des Referenz-Querschnittes im FEM-Modell zu dem tatsächlich vorhandenen Schweißnaht-Querschnitt. Da die Umrechnung somit nicht einfach linear ist, ist es ansonsten erheblich schwieriger für den Ingenieur, hochbelastete Positionen zu erkennen. Insbesondere

bei großen Modellen mit unterschiedlichen Werkstoffen und einer hohen Anzahl von Schweißnähten oder stark abweichendem Verhältnis von Blechstärke zu Nahtdicke wird die Identifikation der Auslastungsgrade immer schwieriger und letztlich auch fehleranfälliger. Das Schweißnaht-Modul des VEAs kann hier zum Einsatz kommen und die gesamte Struktur auf Grundlage bestimmter Normen (z.B. DVS 1612, DVS 1608



Beispielhafte Darstellung der Auslastung von Nietverbindungen.

oder Eurocode) und unter Berücksichtigung entsprechender Kerbfallklassen auswerten. Diese Auswertung ermöglicht wiederum eine vollumfängliche Abbildung der Produktperformanz mit hochbelasteten oder überdimensionierten Bauteilpositionen, die anschließend zur Verfügung gestellt werden kann.

Änderungen an Schweißnaht-Formen oder Schweißnaht-Stärken gehören oft zum Alltag in der Konstruktion. In vielen Fällen ist somit eine nachträgliche Prüfung von angepassten Schweißnähten erforderlich. Um Verzöge-

**ZIEL DER ANWENDUNGEN IST, DIE AUSWERTUNG VON FEM-ERGEBNISSEN ZU AUTOMATISIEREN UND BEREITS VOR DER SIMULATION UNSTIMMIGKEITEN IM FINITE-ELEMENTE-MODELL AUFZUZEIGEN.**

rungen im Entwicklungsablauf entgegenzuwirken oder mögliche Sparmaßnahmen zu prüfen, wird die Software verwendet, um die entsprechenden Schweißnähte hinsichtlich Werkstoffänderungen oder Schweißnaht-Typen schnellstens zu überprüfen. Die digitale Verwendung von Berechnungsdaten garantiert dem Kunden somit ein nachhaltiges Engineering.

### Branchenübergreifend individuell einsetzbar

Der Virtual Engineering Assistant ist eine Sammlung von Softwaremodulen, mit der die Festigkeiten von FEM-Strukturen geprüft werden können, um Bauteildefizite oder Optimierungspotentiale schnell und sicher zu identifizieren – aber auch für die reine Optimierung von Arbeitsprozessen hinsicht-

lich Effektivität und Sicherheit. Invenio TS verwendet die Analyse-Module vor allem in den Bereichen Schienenfahrzeugbau und Anlagebau. Durch die modular aufgebaute Struktur ist es möglich, maßgeschneiderte Module auf Basis des VEA zu entwickeln, um Kunden branchenübergreifend durch individuelle Software-Entwicklung in unterschiedlichsten Themengebieten zu unterstützen.

« KF

**Tim Beinert** ist Senior Simulation and Software Engineer bei Invenio Technical Simulations.