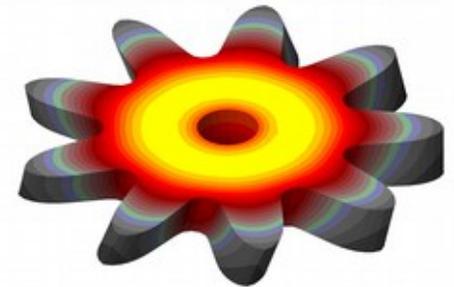


# DynaWeld

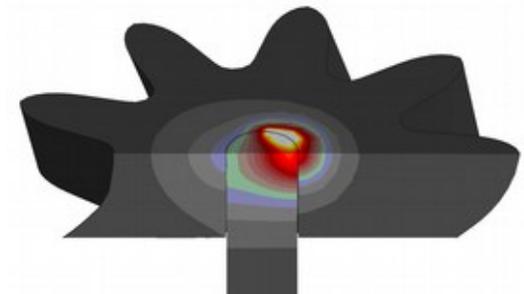
## Preprocessor für Schweißen und Wärmebehandlung mit LS-Dyna



Wärmebehandlungssimulation

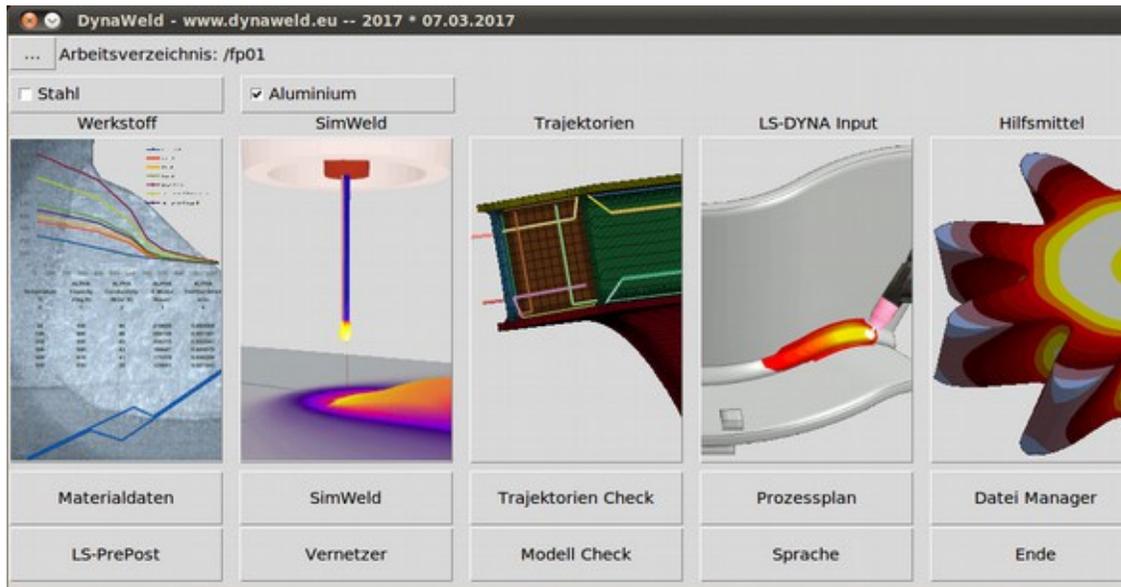


im Anschluss Schweißstruktursimulation

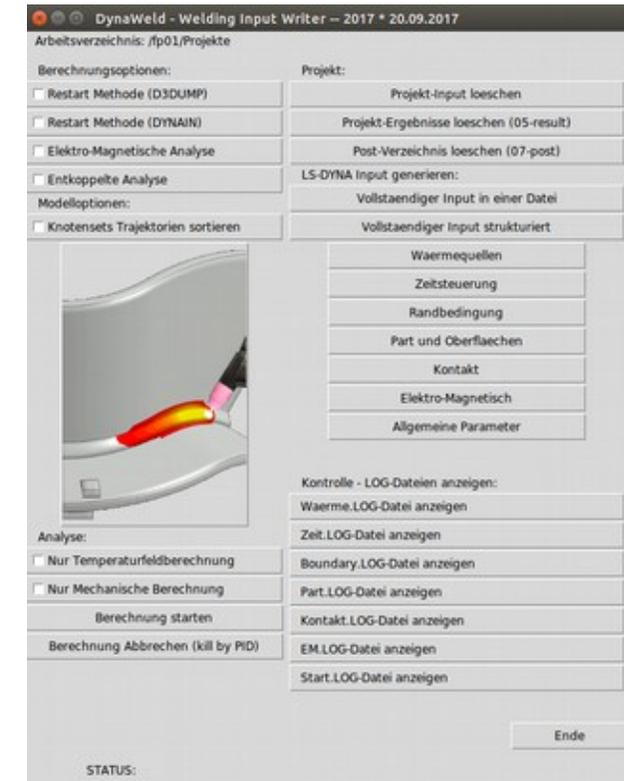


## DynaWeld Preprocessor für Schweißen und Wärmebehandlung

### Zubehörverwaltung



### Analyse-Controller



## Allgemeine Funktionen von DynaWeld

- Schalen- und Volumenelemente, Hybrid-Modelle, 2D-Modelle
- Spannerwerkzeuge zeitgesteuert, bewegt oder statisch
- Adaptive („echte“) mechanisch und thermische lokale Verbindung verschweißter Bauteile
- Zusammenbau-Simulation von Bauteilen und Gruppen
- Prozessketten-fähig durch 1-Code-Strategie
- Im Karosseriebau können vorhandene Modelle für die Crashberechnung oder NVH verwendet werden
- Keine kompatible Vernetzung erforderlich

## Schweißverfahren

- Sämtliche gängigen Schweißverfahren (MSG, WIG, MIG, MAG, Laser, Laser-Remote, Lichtbogen ...)
- Widerstandspunktschweißen, elektro-thermisch mechanisch gekoppelt
- Mehrlagennähte
- Auftragschweißen
- Löten
- Beliebige Kombinationen davon

## Wärmequellen

- Diverse verschiedene Wärmequellfunktionen ermöglichen jedes gängige Schweißverfahren
- Offset- Funktion normal und transversal
- Rein thermische Berechnung für Wärmequellen-Kalibrierung oder entkoppelte Analyse möglich

## Werkstoffe

- Import von Werkstoffdaten über Schnittstellen zu JmatPro, Sysweld, Weldware
- Werkstoffdaten, einphasig/ mehrphasig
- Einlesen eigener ZTU-Diagramme und Werkstoffdaten
- Anpassen/ Kalibrieren vorhandener Datensätze z.B. auf andere Streckgrenzen, Zugfestigkeiten

## Clusterfähigkeit/ Parellelisierung

- Über den LS-Dyna MPP Solver parallelisierte Rechnung auf vielen Kernen (HPC)
- Implizite und explizite Berechnungen

DynaWeld ist auf die Verwaltung „großer“ Berechnungsmodelle mit einer Vielzahl von Schweißnähten ausgelegt.

Daher erfolgt die Eingabe des Schweißplans sowie der zugeordneten Daten für den Wärmeeintrag über Tabellen, die in Excel oder vergleichbaren Produkten verwaltet werden. Gleiches gilt für zeitgesteuerte Werkzeuge, sonstige Randbedingungen, Kontakte sowie alle sonstigen Prozess-relevanten Daten. Die Einbindung in DynaWeld erfolgt in einer Meta-Sprache über csv-Dateien.

Damit ist nicht nur die Verwaltung vieler Nähte schneller, sondern eine Skript-basierte automatisierte Ansteuerung grundsätzlich in DynaWeld möglich und steht im Fokus der Weiterentwicklung.

Ziel dabei ist, die human-basierte, sich wiederholende, Dateneingabe in eine Vielzahl von Menüs und Untermenüs herkömmlicher GUI zu minimieren und auf die Eingabe reiner Prozessparameter zu beschränken.

DynaWeld wird in seinen künftigen Versionen den Schritt in die Digitalisierung der CAE-Welt gehen und die Tür öffnen für einen besonders effizienten Einsatz in der Industrie.

Durch die Struktur von DynaWeld können, je nach spezifischer Kundenanforderung, prinzipiell sogar alle für die Simulation erforderlichen Daten automatisch zusammen gesammelt werden und zu einem Berechnungsmodell vereint werden.

- Automatisierung abgeleiteter Varianten
- Automatische Aktualisierung von Entwicklungsständen
- Automatisierung wiederkehrender (ähnlicher) Berechnungsaufgaben
- Automatisierung der Prozesskette

## DynaWeld Prozessplan:

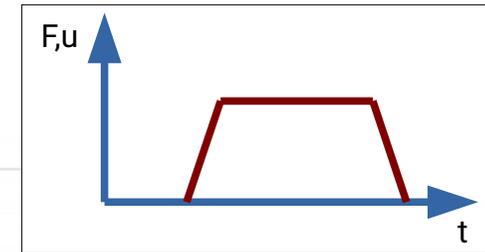
Zeitliche Abfolge der Schweißnähte, Wärmeeinträge und Quelleinstellungen

DynaWeld – Process plan								29.04.16	
								Save Table	Save All
Process nr.	Weld ID	Length	v	Duration	Start	End	PAUSE	Q	
		mm	mm/s	s	s	s	s	W	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	
1	1001	0,005	0,01	0,5000	0,5000	1,0000	1,0000	3000	
2	1002	0,005	0,01	0,500	2,0000	2,5000	2,5000	3000	
3	1003	0,005	0,01	0,500	5,0000	5,5000	1,5000	3000	
4	1004	0,005	0,01	0,500	7,0000	7,5000	1,5000	3000	
5	1005	0,005	0,01	0,500	9,0000	9,5000	2,5000	3000	
6	1006	0,005	0,01	0,500	12,0000	12,5000	0,5000	3000	
7	1007	0,005	0,01	0,500	13,0000	13,5000	3,5000	3000	
8	1008	0,005	0,01	0,500	17,0000	17,5000	4,5000	2800	
9	1009	0,005	0,01	0,500	22,0000	22,5000	1,5000	3000	
10	1010	0,005	0,01	0,500	24,0000	24,5000	0,5000	3000	
11	1011	0,005	0,01	0,500	25,0000	25,5000	1,5000	3000	
12	1012	0,005	0,01	0,500	27,0000	27,5000	1,5000	3000	
13	1013	0,005	0,01	0,500	29,0000	29,5000	1,5000	3000	
14	1014	0,005	0,01	0,500	31,0000	31,5000	1,5000	3000	
15	1015	0,005	0,01	0,500	33,0000	33,5000	2,5000	3000	
16	1016	0,005	0,01	0,500	36,0000	36,5000	1,5000	3000	
17	1017	0,005	0,01	0,500	38,0000	38,5000	1,5000	3000	
18	1018	0,005	0,01	0,500	40,0000	40,5000	1,5000	2800	
19	1019	0,005	0,01	0,500	42,0000	42,5000	2,5000	2800	
20	1020	0,005	0,01	0,500	45,0000	45,5000	1,5000	2800	
21	1021	0,005	0,01	0,500	47,0000	47,5000	3,5000	2800	
22	1022	0,005	0,01	0,500	51,0000	51,5000	1,5000	3000	
23	1023	0,005	0,01	0,500	53,0000	53,5000	1,5000	3000	
24	1024	0,005	0,01	0,500	55,0000	55,5000	2,5000	3000	
25	1025	0,005	0,01	0,500	58,0000	58,5000	2,5000	3000	

## DynaWeld Prozessplan -Randbedingungen und Lasten:

Zeitsteuerung

Kraft / Weg-Steuerung

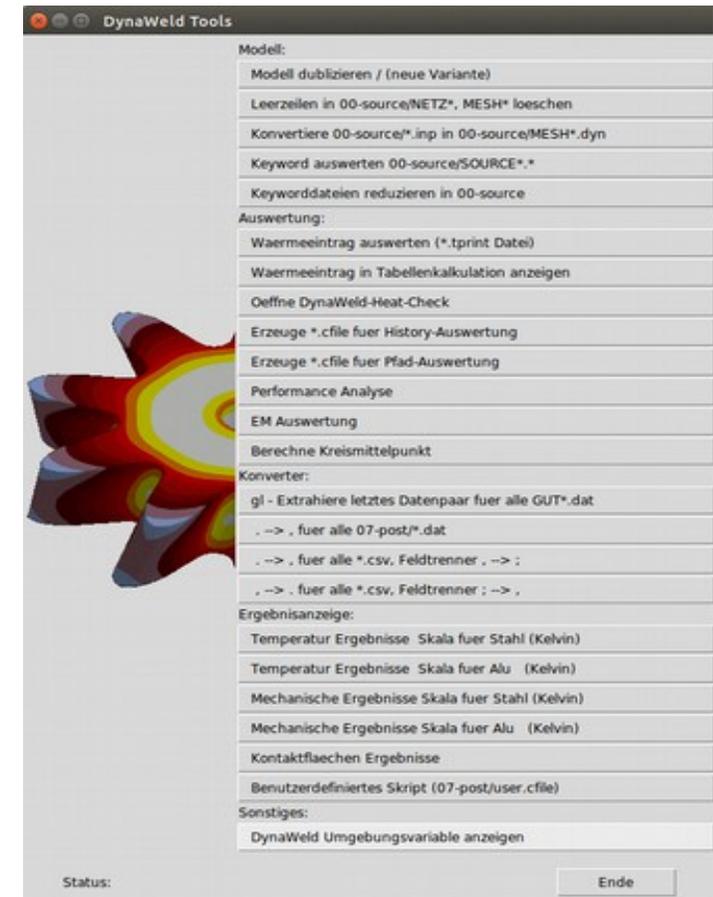


DynaWeld – Boundary Condition on Nodes or Nodesets (SPC)													Save Table	Save All
Name	ID	SYM Node/Set	CID CID	X0 UX / FX	Y0 UY / FY	Z0 UZ / FZ	XL RX / MX	YL RY / MY	ZL RZ / MZ	XP Birth	YP Death	ZP LOAD	t-Ramp	
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Positionierbolzen mit Schulter	304	S	304			x					2000			
Positionierbolzen mit Schulter	305	S	305			x					2000			
Positionierbolzen mit Schulter	306	S	306			x					2000			
Positionierbolzen mit Schulter	307	S	307			x					2000			
Positionierbolzen mit Schulter	310	S	310			x					2000			
Elektrode-oben	501	DSX	501			x				0,50	1,50	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	601	DSX	501			x				0,50	1,50	0,75	0,50	
Elektrode-oben	502	DSX	502			x				2,00	3,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	602	DSX	502			x				2,00	3,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	503	DSX	503			x				5,00	6,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	603	DSX	503			x				5,00	6,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	504	DSX	504			x				7,00	8,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	604	DSX	504			x				7,00	8,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	505	DSX	505			x				9,00	10,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	605	DSX	505			x				9,00	10,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	506	DSX	506			x				12,00	13,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	606	DSX	506			x				12,00	13,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	507	DSX	507			x				13,00	14,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	607	DSX	507			x				13,00	14,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	508	DSX	508			x				17,00	18,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	608	DSX	508			x				17,00	18,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	509	DSX	509			x				22,00	23,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	609	DSX	509			x				22,00	23,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	510	DSX	510			x				24,00	25,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	610	DSX	510			x				24,00	25,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	511	DSX	511			x				25,00	26,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	611	DSX	511			x				25,00	26,00	0,75	0,50	
Elektrode-oben	512	DSX	512			x				27,00	28,00	-0,75	0,50	
Elektrode-unten	612	DSX	512			x				27,00	28,00	0,75	0,50	

- Symmetrie
- Randbedingung
- Bewegung
- Einzelkraft
- Druck
- Temperatur
- Spannung
- Stromstärke

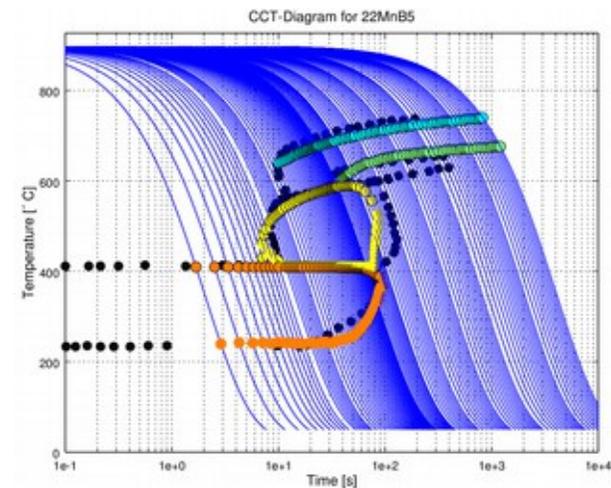
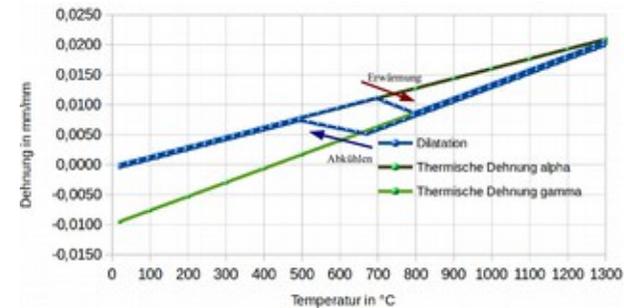
## Zusatzfunktionen

- Duplizierfunktion für Varianten
- Kurven-Darstellung des Ist- Wärmeeintrags über die Zeit im Berechnungsmodell
- Allgemeine Kurven-Darstellung von Ergebnisgrößen über die Zeit
- Performance-Analyse
- Automatisches Umkehren der Schweißrichtungen
- Automatisierte Auswertungen



## Material-Modelle

- Vereinfachtes Ein-Phasen-Modell Mat 270
  - berücksichtigt auch Umwandlungsdehnungen
  
- Mehrphasen-Modell Mat 254
  - Phasen-kinetische Modelle:
  - Koinstinen-Marburger
  - Johnson Mehl Avrami Kolmogorov
  - Leblond



Quelle: Bernd Hochholding, DYNAmore Swiss

## Materialdaten

### Mehr-phasig

### Ein-phasig

### Schnittstellen

Arbeitsverzeichnis: /fp01

Import:

- ohne Datenimport
- Anwender ZTU (13-ZTU.csv)
- WeldWare Import (\*.wwd)
- JMatPro Import einphasig (\*.jmt)
- JMatPro / SysWeld Import (\*.mat)

Werkstoffgruppe:

- Stahl
- Stahl - ohne Gefuegeumwandlung
- Aluminium
- Sonstige

Export:

- \*MAT\_254 Mehrphasenmodell
- \*MAT\_270 Einzelphasenmodell Nichtlinear
- \*MAT\_270 Einzelphasenmodell Bilinar

Dezimaltrenner csv-Datei--> ,

Ende  Schmelzen

STATUS:

Werkstoff Name: Nicrofer-Probe Draht 002-13 Scharma  
 Werkstoff ID (1 .. 999): 1  
 Solidus Temperatur (Aktivierung Start): 1400  
 Liquidus Temperatur (Aktivierung Ende): 1500  
 History Reset Starttemperatur (TASTART): 1250  
 History Reset Endtemperatur (TAEND): 1300  
 Mindest E-Modul (MPa): 10000  
 Plastische Dehnung bei Zugfestigkeit: 0.13  
 Dehnrate:  0.0010  0.01  0.1  1.0  10.0  100.0  1000.0  
 Einstellungen fuer Schweissgut / Fluessig / Deaktiv E-Modul (MPa): 1000  
 Schmelzen

Check und Ende

Werkstoff Name: from JMatPro

Werkstoff ID (1 .. 999): 1  
 Solidus Temperatur (Aktivierung Start): 1400  
 Liquidus Temperatur (Aktivierung Ende): 1500  
 Schmelzwärme (kJ/kg): 270  
 History Reset Starttemperatur (TASTART): 1445.6904  
 History Reset Endtemperatur (TAEND): 1495.6904  
 Mindest E-Modul (MPa): 10000  
 Plastische Dehnung bei Zugfestigkeit: 0.13  
 Elektrischen Widerstand aus 11-MATERIAL.csv importieren

Einstellungen fuer Schweissgut / Fluessig / Deaktiv

- Fließkurve wie importiert
- Fließkurve wie Austenit
- Konstante Streckgrenze

E-Modul (MPa): 1000  
 Schmelzen

Grundwerkstoff: Zusammensetzung aus Phasenanteil

Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
0.0	0.25	0.75	0.0	0.0

Phasenzuordnung:

Ziel	Quelle					Streckgrenze MPa	Zugfestigkeit MPa	Ergaenzen
	JMatPro / Sysweld	P-1	P-2	P-3	P-4			
DynaWeld	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Austenit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	182.0	555.48	
Ferrit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	316.8	586.76	
Perlit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	554.3	922.9399999999	
Bainit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	724.2	1138.2	
Martensit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	842.0	1278.93	
Base Material	<input type="checkbox"/>	494.9249999999	838.895	<input checked="" type="checkbox"/>				
Filler Liquid	<input type="checkbox"/>	1000	1100	<input checked="" type="checkbox"/>				
Tempered Martensit	<input type="checkbox"/>	724.2	1138.2	<input checked="" type="checkbox"/>				
Tempered Bainit	<input type="checkbox"/>	554.3	922.9399999999	<input checked="" type="checkbox"/>				

Werkstoffgruppe:

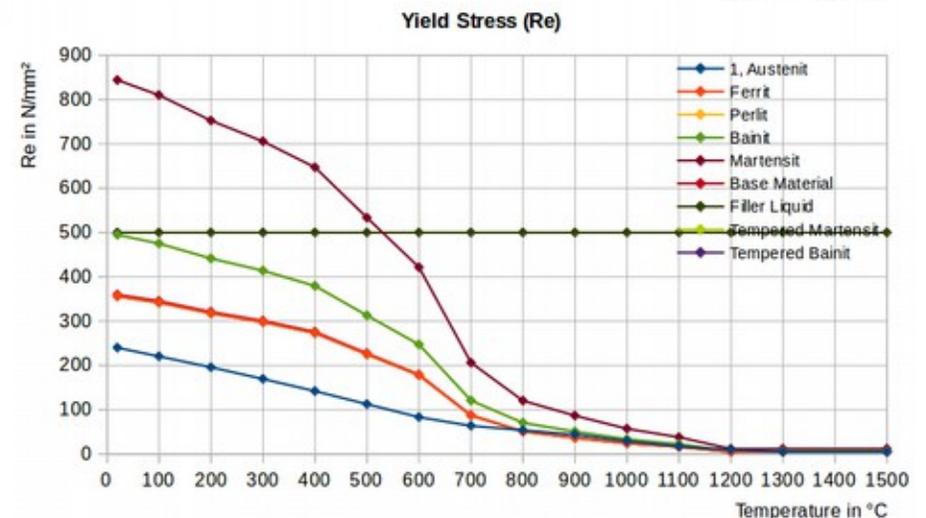
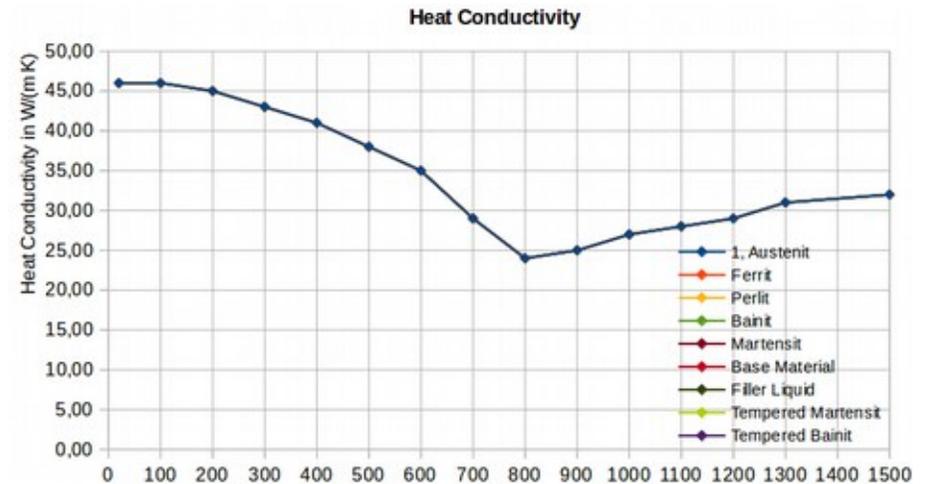
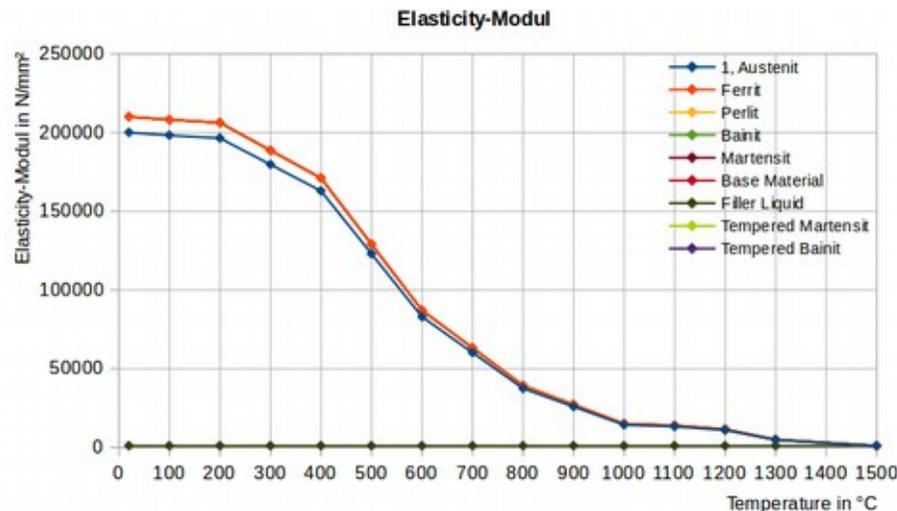
- Stahl
- Stahl - ohne Gefuegeumwandlung
- Aluminium
- Sonstige

Ueberspringen Re und Rm nach Ursprungsphase aktualisieren Check und Ende

## Materialdaten

Kurvendarstellung für jeden Werkstoffparameter

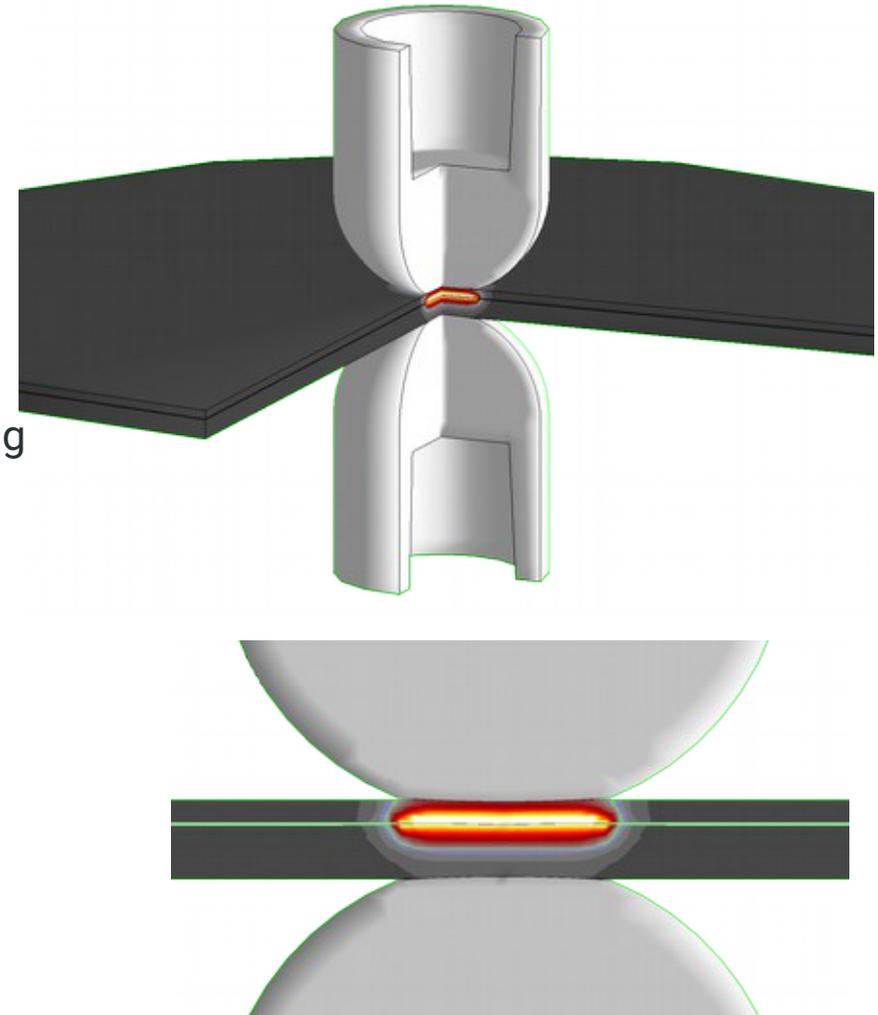
DynaWeld Material Check



## Widerstandspunktschweißen

### - Prozesssimulation -

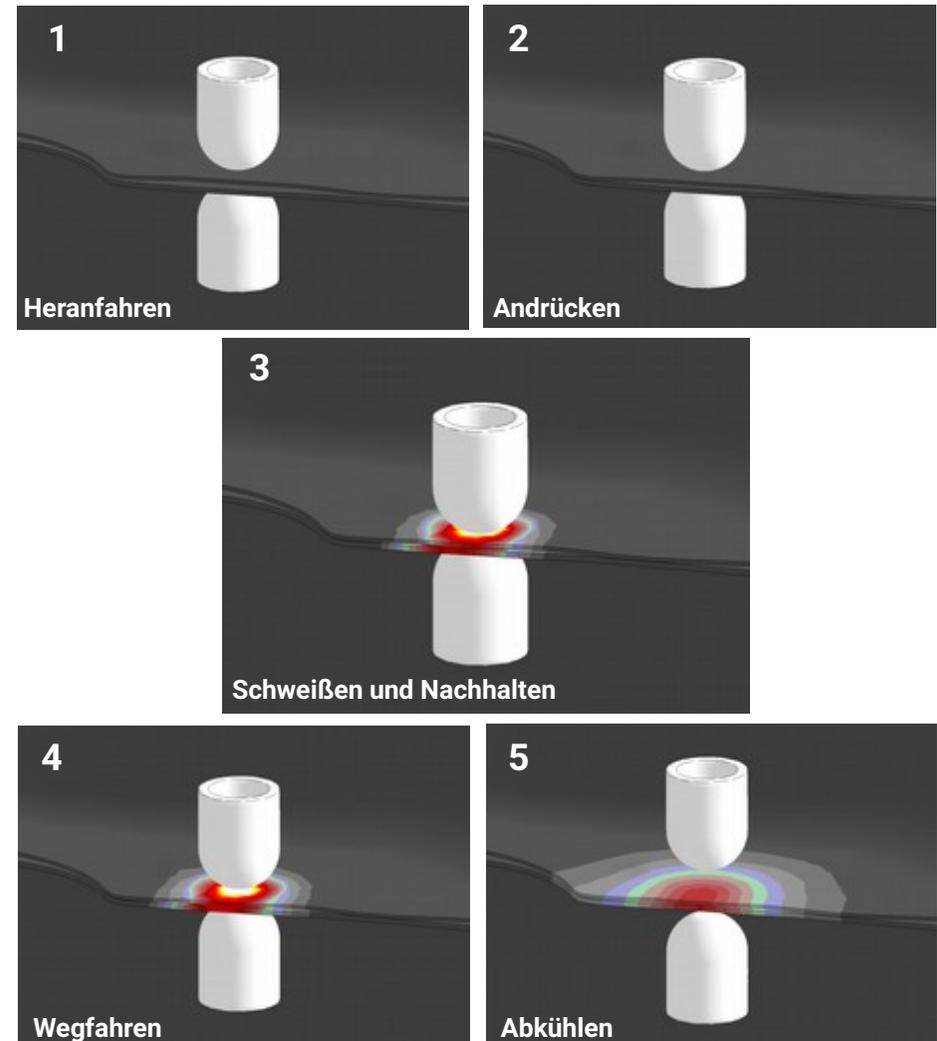
- Methodik für die Prozess-Parameter-abhängige Bewertung einzelner Schweißpunkte
- Größe und Ausbildung der Schweißlinse
- Vollständige elektro-thermisch mechanische Kopplung
- Kraft-Zeit-Steuerung der Elektroden
- Zeitsteuerung von Spannung/ Strom
- Elektrische und thermische Kontaktwiderstände druck- und temperaturabhängig
- Adaptive Bauteilverbindung innerhalb der Schweißlinse durch lokalen Schweißkontakt
- Kühlung der Elektroden



## Widerstandspunktschweißen

### - Struktursimulation -

- Methodik für die strukturelle Verzugsbewertung vieler Schweißpunkte in Folge
- Einzelne Prozessphasen
- Wärmeeintrag über Ersatzquellen
- Volle thermisch mechanische Kopplung
- Weg-Zeit-Steuerung der Elektroden
- Adaptive Bauteilverbindung innerhalb der Schweißlinse durch lokalen Schweißkontakt
- Kühlung der Elektroden



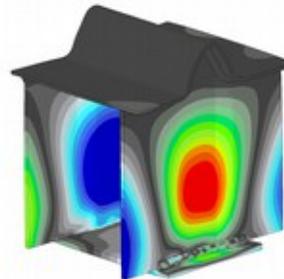
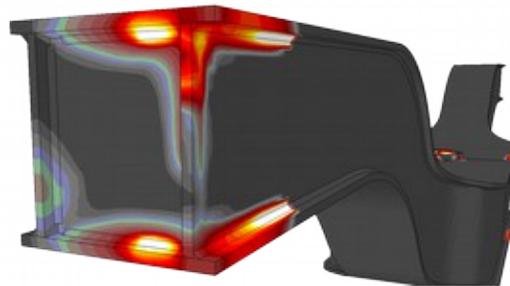
## Schweißprozesse

### Prozess-Typ

- Lichtbogenschweißen
- MIG, Unterpulver, WIG
- Laser
- Elektronenstrahl
- MIG/Laser-Hybrid
- Widerstandsschweißen
- Widerstandspunktschweißen
- Löten

- Ein- oder Mehrlagennähte
- Heftschweißungen

Bauteilstärken: 10  $\mu$ m-500 mm



## Einzelschritte

**Einspannen**  
Vordeformation

**Erwärmen**

**Abkühlen**

**Wiedererwärmen**  
Anlassen

**Ausspannen**

**Ausschleifen**  
Nachschweißen

### Erzielbare Ergebnisse:

Verzüge, Eigenspannungen, lokale Werkstoffänderungen, Spannkonzeppte

## Wärmebehandlungsprozesse

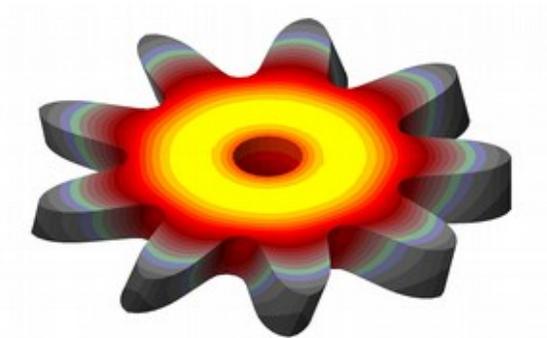
**Abschrecken**

**Einsatzhärten**

**Abkühlen**

**Induktivhärten**

**Presshärten**



## Einzelschritte

**Erwärmen**  
Aufheizen  
Induktiverwärmen

**Aufkohlen**

**Abschrecken**

**Wiedererwärmen**  
Anlassen

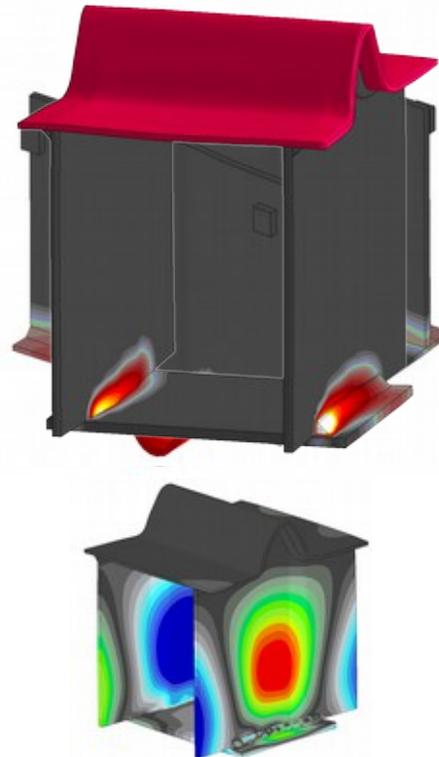
**Erzielbare Ergebnisse:**  
Gebrauchseigenschaften durch lokale Werkstoff- und Gefügeänderungen

## Prozesse

### Prozess-Typ

- Umformen
- Beschnitt
- Positionieren/ Zusammenbau
- Schweißen
- Widerstandspunktschweißen
- Wärmebehandlung

- Beliebige Kombinationen/  
Wiederholungen



## Einzel Schritte

Umformen

Beschnitt

Rückfederung

Positionieren/  
Zusammenbau

Wärmeeinträge

Abkühlen

Ausspannen

Erwärmen  
Abschrecken, Anlassen  
Wiedererwärmen

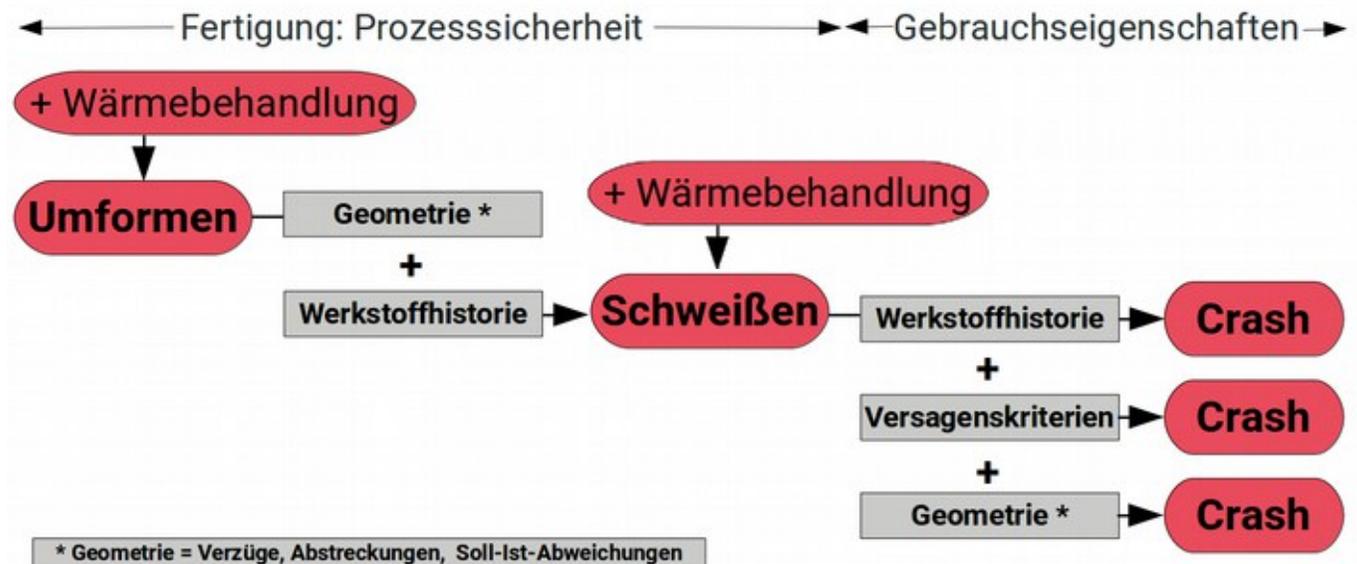
### Erzielbare Ergebnisse über die gesamte Kette:

Abstreckungen, Verzüge, Eigenspannungen, lokale Werkstoffänderungen, Paßgenauigkeit

## Prozessketten-fähig durch 1-Code-Strategie

(Beispiel)

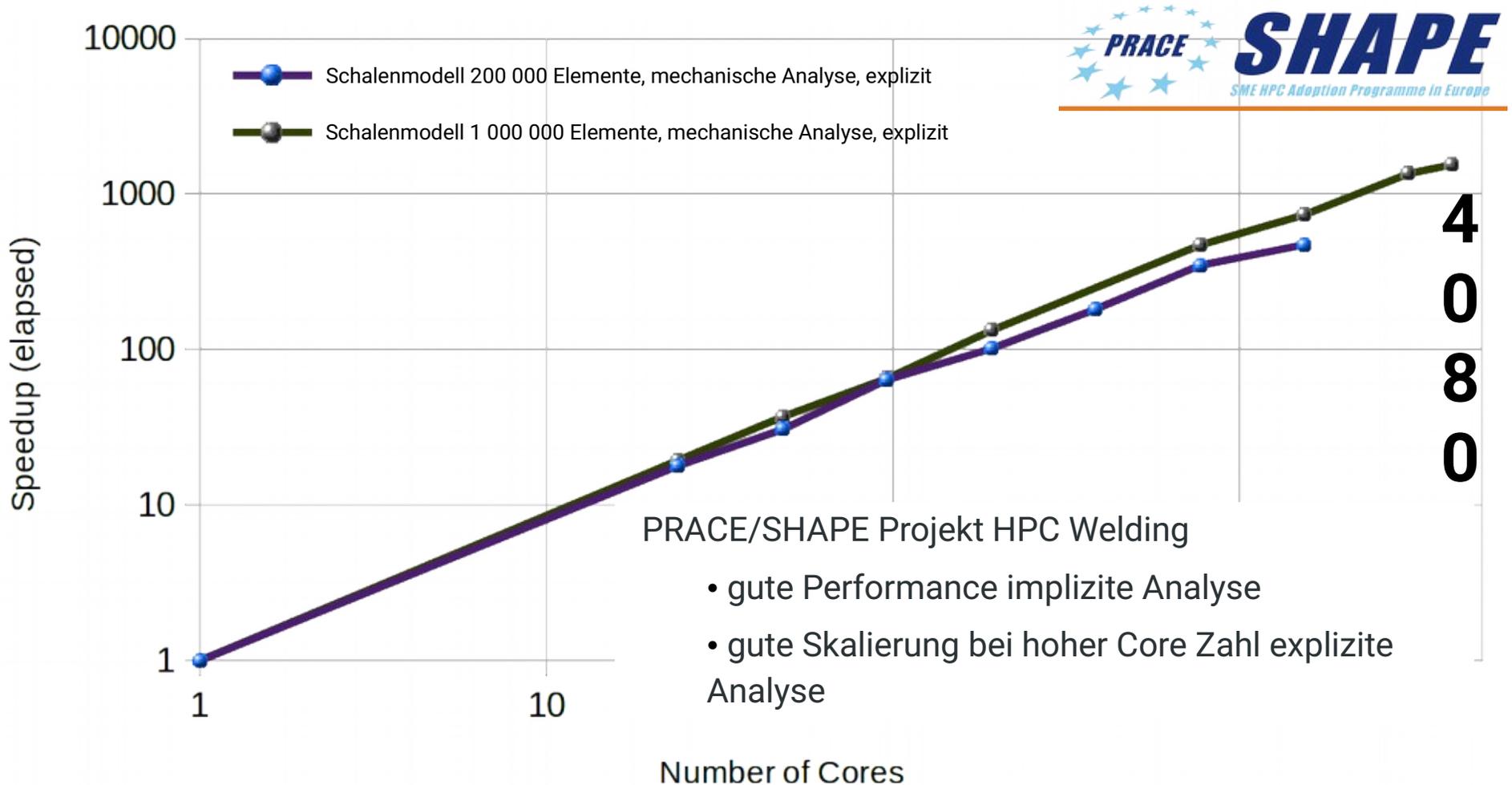
- Umformen
- Wärmebehandlung
- Schweißen
- Crashberechnung



### Schweißsimulation auf High Performance Cluster-Systemen

- Der LS-DYNA Solver ermöglicht signifikante Geschwindigkeitssteigerungen per HPC
- Skaliert auch bei hoher Anzahl von verwendeten Kernen (mehrere 1000 cores explizit)
- Schweißstruktursimulation implizit und explizit möglich
- Die Cluster-Fähigkeit insbesondere bei expliziter Berechnung ist ein Alleinstellungsmerkmal





Mit DynaWeld ist jetzt schon das volle Spektrum der Schweißstruktursimulation und Wärmebehandlungssimulation möglich.

Gleiches gilt für die Weitergabe der Ergebnisse in anschließende Prozesse (Prozesskette).

Die Skalierung der Rechenzeiten auf Cluster-Systemen ist gegeben. Das gilt insbesondere bei expliziter Berechnungsweise.

Die Entwicklung ist fokussiert auf die tatsächliche Machbarkeit. Daraus folgt eine Reihenfolge in der Entwicklung:

- Entwicklung der Vorgehensweise
- Gegebenenfalls Solver-Anpassung
- Validierung
- GUI-Entwicklung für mehr Anwenderkomfort und Sicherheit

Dynaweld wird in Dienstleistungsprojekten eingesetzt.

Die so gewonnenen Erkenntnisse fließen direkt in die Entwicklung ein.

## **Einige Beispiele möglicher Simulationsaufgaben:**

### **Karosseriebau:**

Fahrzeigtüren (Punkt- und Linienschweißen)

Sämtliche Klappen (Kofferraum, Heck-, Motorklappen...)

Motorträger, Hecklängsträger (Schweißen, gegebenenfalls lokale Wärmebehandlungen)

Bauteilgruppen (Punkt- und Linienschweißen)

Fahrzeugkomponenten aller Art (Schweißen, gegebenenfalls lokale Wärmebehandlungen)

Fahrzeugdachhaut (Schweißen, Löten)

### **Schienenfahrzeugbau**

Fahrwerkkomponenten (Fertigungskette, Belastungsanalyse)

### **Allgemeiner Maschinenbau**

Getriebe (Welle-Nabe-Verbindung, Schweißen, gegebenenfalls lokale Wärmebehandlungen)

### **Kranbau, Baumaschinen-, Schiffbau ...**

(Die Liste ist nur beispielhaft. Viele weitere Simulationsaufgaben sind möglich.)