

# AUTONOMOUS ENGINEERING

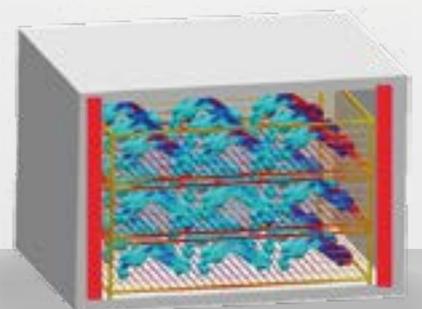


## Wärme- behandlung

- Robuste Lösungen für Wärmebehandlungsprozesse
- Methodisches Auslegen von Gestellen und Prozessen
- Gewährleistung geforderter Werkstoffeigenschaften
- Verzugsminimierung und Vermeidung von Richtprozessen
- Prozesswissen durch virtuelles Experimentieren
- Konkrete Lösungen durch automatisches Optimieren

5

**MAGMASOFT®**  
autonomous engineering



# Robust, wirtschaftlich, schnell, **optimiert**

**Optimieren Sie Wärmebehandlung in allen Aspekten und finden Sie die beste Lösung für Ihre Anforderungen – mit MAGMASOFT® autonomous engineering**

MAGMASOFT® ist das umfassende und leistungsfähige Simulationswerkzeug zur Auslegung und Verbesserung von Wärmebehandlungsprozessen für optimale Bauteilqualität. Im Mittelpunkt stehen hierbei immer Ihre Ressourcen, Zeit und Kosten.

Mit MAGMASOFT® nutzen Sie Simulationen in einem automatisierten virtuellen Versuchsplan oder mit Hilfe von genetischer Optimierung. Das Ergebnis ist Autonomous Engineering: systematische und vollautomatisierte Entscheidungsfindung für die Auslegung Ihrer Fertigungsbedingungen unter Berücksichtigung des gesamten Herstellungsprozesses.

Mit Autonomous Engineering können Sie gleichzeitig unterschiedliche Qualitäts- und Kostenziele verfolgen. Dies gilt für die Absicherung von Bauteilqualität und Prozess, vom Konzeptstadium bis hin zur finalen Auslegung Ihrer Wärmebehandlungsgestelle und der kontinuierlichen Verbesserung der Wirtschaftlichkeit in der Fertigung.

MAGMASOFT® autonomous engineering ...

- unterstützt Sie bei der umfassenden Vorhersage aller Prozessschritte der Fertigung vom Gießen bis zur Wärmebehandlung
- bietet Ihnen ein virtuelles Versuchsfeld zur Vermeidung von Qualitätsproblemen
- ermöglicht Ihnen schnelle Entscheidungen und spart damit Zeit bei allen Beteiligten
- erlaubt proaktives Qualitätsmanagement durch das Verständnis von Prozessschwankungen
- verbessert Ihre Kommunikation und Zusammenarbeit im Unternehmen und mit Kunden



## Zielsicher und systematisch zum Erfolg

Das vollständig in MAGMASOFT® integrierte MAGMA PRINZIP ist eine systematische Methodik, um definierte Zielsetzungen mit Hilfe von virtuellen Experimenten zu erreichen. In Verbindung mit MAGMASOFT® autonomous engineering werden dabei kontinuierliche Verbesserungen durch Festlegung von abgesicherten Maßnahmen und ihre Umsetzung ohne wirtschaftliche Risiken realisiert.

Zu jedem Zeitpunkt des Produktentwicklungs- oder Verbesserungsprozesses unterstützt Sie das MAGMA PRINZIP in einer methodischen und systematischen Vorgehensweise. Das Ergebnis ist ein für die jeweiligen Ziele optimal ausgelegter, robuster Prozessablauf zur Realisierung stabiler Fertigungsbedingungen unter Berücksichtigung aller Fertigungsschritte vom Gießen über die Wärmebehandlung bis zur finalen Bearbeitung des Gussteils.

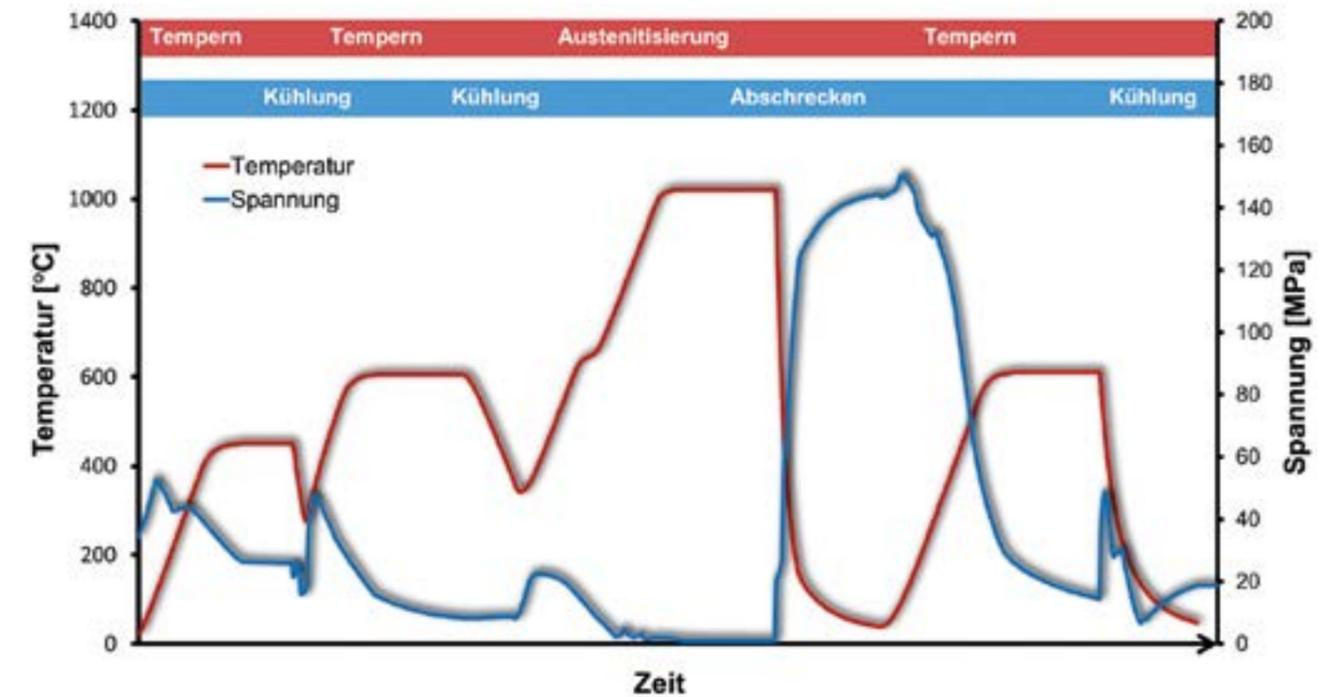
## Ziele setzen, Variablen definieren, Qualität festlegen

Für viele Gussteile ist Wärmebehandlung im Anschluss an den Gießprozess die Voraussetzung, um gewünschte Gefüge sowie mechanische Eigenschaften einzustellen oder vorhandene Eigenspannungen und Verzüge zu reduzieren.

## UMFASSENDE PROZESSBESCHREIBUNG

Die verschiedenen Wärmebehandlungsschritte werden entsprechend den realen Prozessbedingungen festgelegt, um den genauen Temperaturverlauf zu berücksichtigen. Schwankun-

gen der Ofentemperatur, der Strahlung und der Abschreckbedingungen werden je nach Lage des Teils berücksichtigt.



Charakteristisches Temperaturprofil und damit verbundene Spannungsentwicklung während der Wärmebehandlung

## BERÜCKSICHTIGUNG DES GESTELLS

MAGMASOFT® erlaubt die Modellierung des kompletten Wärmebehandlungsgestells, um sowohl die thermischen als auch die mechanischen Bedingungen des Teils im Ofen zu berücksichtigen.

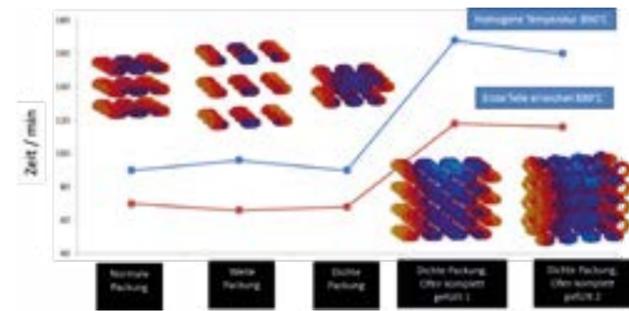
Dadurch kann überprüft werden, ob das Design des Rahmens das Bauteil bei hohen Temperaturen ausreichend unterstützt und die Verformungen durch Kriechen und thermische Expansion des Teils beherrscht werden.



Simulation von Gussteilen in einem Wärmebehandlungsgestell

## STRAHLUNG UND WÄRMEHAUSHALT

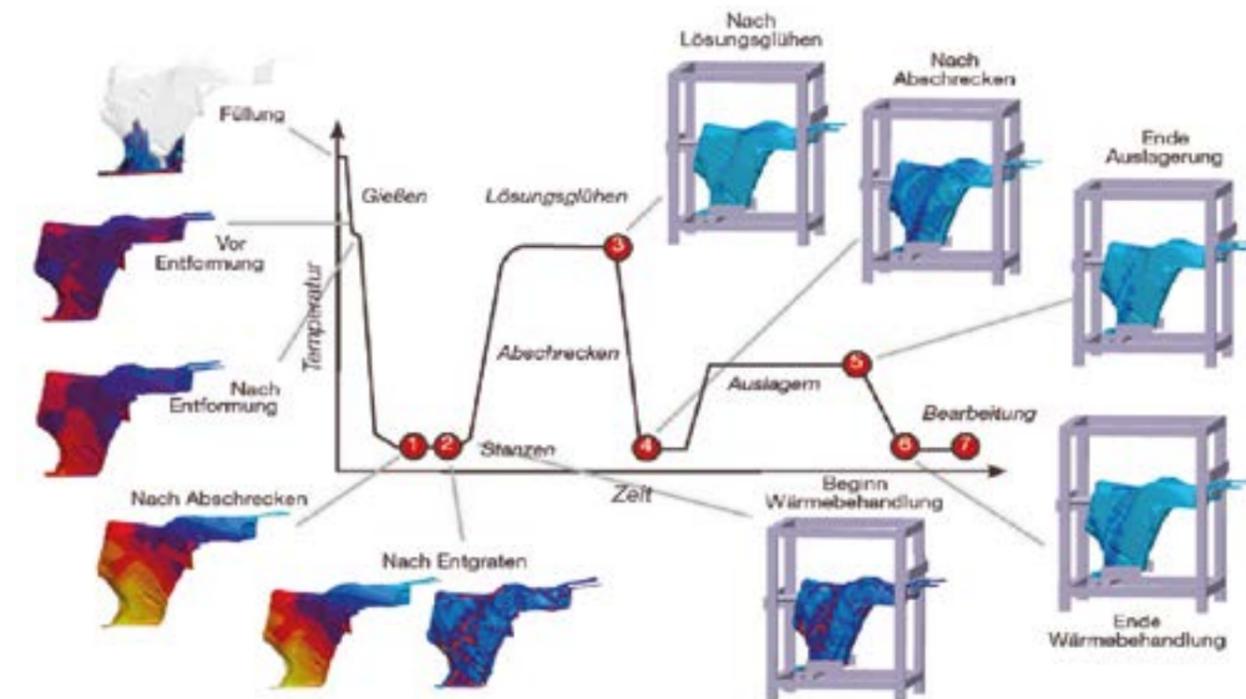
Legen Sie mit Hilfe des schnellen und effizienten Strahlungsmodells in MAGMASOFT® Prozessparameter abhängig von unterschiedlichen Ofenbelegungen und erforderlichen Werkstoffkennwerten fest.



Austenitisierungszeiten für verschiedene Packungen

## VOM GIESEN BIS ZUR WÄRMEBEHANDLUNG

Die Simulation des Wärmebehandlungsprozesses ist nahtlos in die virtuelle Prozesskette der Gussteilherstellung integriert. Alle Prozessschritte vom Gießen, Abtrennen des Gießsystems, Erwärmen, Lösungsglühen, Abschrecken, Anlassen bis zum Altern und schließlich Abkühlen auf Raumtemperatur werden berücksichtigt. Dies gewährleistet eine umfassende Bewertung der Temperaturverteilungen, des Spannungszustandes und des Bauteilverzugs.



Integrierte Modellierung des Gieß- und Wärmebehandlungsprozesses

## VIRTUELLE VERSUCHSPLANUNG UND OPTIMIERUNG

MAGMASOFT® bietet umfangreiche Möglichkeiten zur virtuellen Versuchsplanung und -optimierung. Dies ermöglicht eine detaillierte Analyse des Prozessfensters ohne wirtschaftliche Risiken oder Verzögerungen in der Produktion. Zahlreiche Prozessvariablen können zur Einstellung robuster Fertigungsbedingungen analysiert werden.

Umfangreiche statistische Auswertemethoden erlauben Ihnen die Ermittlung von optimalen Bedingungen für:

- Prozesszeiten, -temperaturen und Werkstoffzusammensetzungen
- Temperaturführung im Ofen
- Gefüge und Werkstoffeigenschaften
- Reduzierung von Eigenspannungen, Kaltrissrisiken und Verzug im Gussbauteil

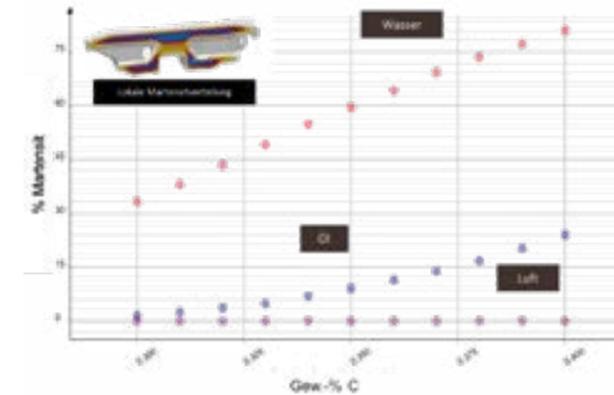
## ROBUSTE PROZESSE

Ermitteln Sie durch systematische Versuchsplanung den Einfluss von Prozessschwankungen auf die Bauteilqualität nach der Wärmebehandlung. Mit MAGMASOFT® autonomous engineering ermitteln Sie Haupteffekte und konkrete Maßnahmen quantitativ noch vor dem ersten Versuch.

In einer Korrelationsmatrix lassen sich physikalische Zusammenhänge erkennen und machen Ihren Prozess leichter beherrschbar.

## GEFÜGE & MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN

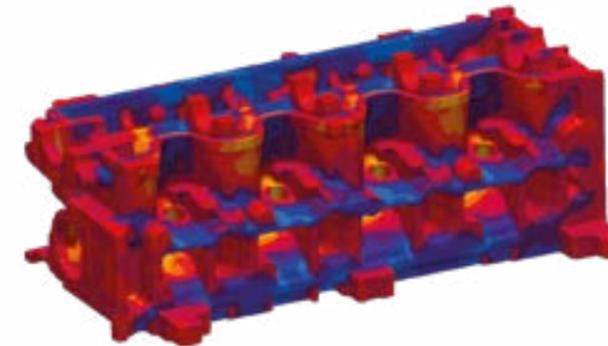
MAGMASOFT® berechnet die lokalen Gefüge und resultierenden mechanischen Eigenschaften im Bauteil für viele Werkstoffe.



% Martensit in Abhängigkeit von % C und Abschreckmedium

Für niedriglegierte Stahlgussorten werden Gefüge und Werkstoffeigenschaften vorhergesagt. Dabei werden sowohl die chemische Zusammensetzung als auch die Temperaturführung bei der Wärmebehandlung berücksichtigt. Mit MAGMASOFT® kann der Einfluss der lokalen Martensitumwandlung während des Abschreckprozesses bei niedrig legierten Stählen berechnet werden.

Das Programm berechnet die Wärmebehandlung von ADI sowie das Ferritisieren und die Perlitisierung von GJS.



Eigenspannungen in einem Zylinderkopf nach Wärmebehandlung

## EIGENSINNUNGEN & RISSE

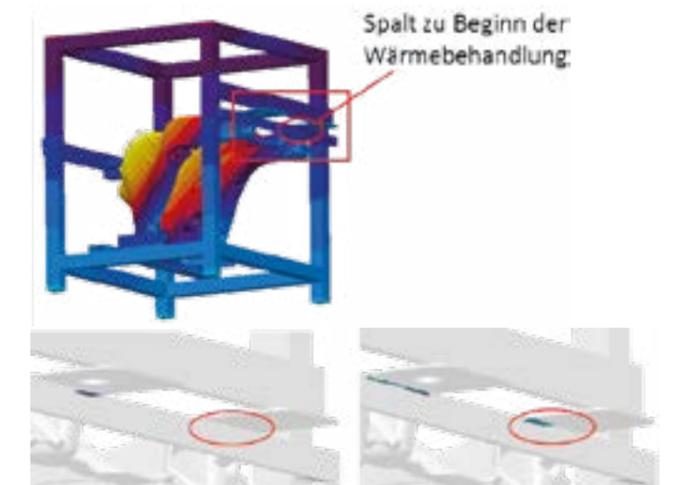
	Anlasszeiten	Austenitisierungszeit	Kohlenstoffgehalt	Abschreckmedium	Austenitisierungstemperatur
Anlasshärte	-0.14	0.01	0.35	0.34	0.04
Abschreckhärte	0.00	0.01	0.27	0.42	0.03
Martensit Anteil (nach Abschrecken)	0.00	0.01	0.19	0.63	0.02
Dehnung (nach Abschrecken)	0.29	-0.01	-0.55	-0.14	-0.05

Korrelationsmatrix - statistische Auswertung der Ergebnisse

Im Verlauf der Wärmebehandlung ändert sich der Spannungszustand im Gusswerkstoff. Während beim Glühen und Anlassen Spannungen in Abhängigkeit von Temperaturniveau und Prozesszeit abgebaut werden, bauen sich beim Abschrecken Spannungen aufgrund der Temperaturgradienten und sinkender Temperaturen auf.

Mit MAGMASOFT® können Spannungen, Verformungen sowie Rissgefährdung im Bauteil vorhergesagt werden.

## AUSLEGUNG DES GESTELLS



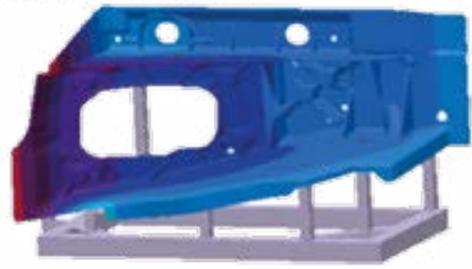
Automatisch erkannte und ständig aktualisierte Kontakte

Berechnen Sie die Verformung Ihres Bauteils während der Wärmebehandlung mit dem modernsten Kontaktalgorithmus in MAGMASOFT®. Alle Kontaktpaarungen werden bei jedem Berechnungsschritt automatisch erkannt und aktualisiert, ohne dass aufwändige Definitionen erforderlich sind. Realistische Kontaktbedingungen gewährleisten genaue Verzugsergebnisse.

Mit MAGMASOFT® können Sie unterschiedliche Prozessbedingungen frühzeitig bewerten, um den Verzug bei der Wärmebehandlung zu minimieren. Alternativ können Sie unterschiedliche Gestelle automatisch testen, um das Teil in die geforderten Toleranzen zu bringen. Verschiedene Tragrahmenausführungen sind leicht zu testen.

Reduzieren oder vermeiden Sie auf diese Weise teure Richtvorgänge. Zeigen Sie Ihren Kunden den Vorteil eines spannungsarmen Bauteils ohne Richten.

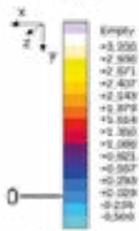
### Ausgangslayout



### Version 02 ohne lange Anlage



Verzug in Y mm

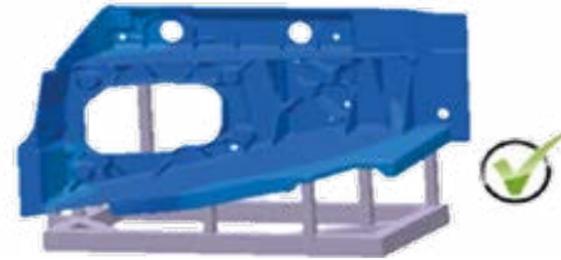


gravity

### Version 01 ohne kurze Anlage



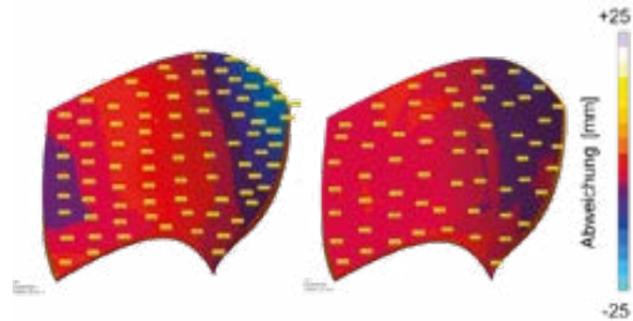
### Version 03 mit versetzter Anlage



Bewertung verschiedener Gestell-Designs

## VERZUGSKOMPENSATION DES WERKZEUGS

Über die gesamte Prozesskette Gießen und Wärmebehandlung hinweg ist es möglich, die Einhaltung der geforderten Fertigungstoleranzen zu überprüfen. MAGMASOFT®-Simulationen werden heute eingesetzt, um die Form zu kompensieren, so dass teure Bearbeitungszugaben oder Reparaturen vermieden werden.

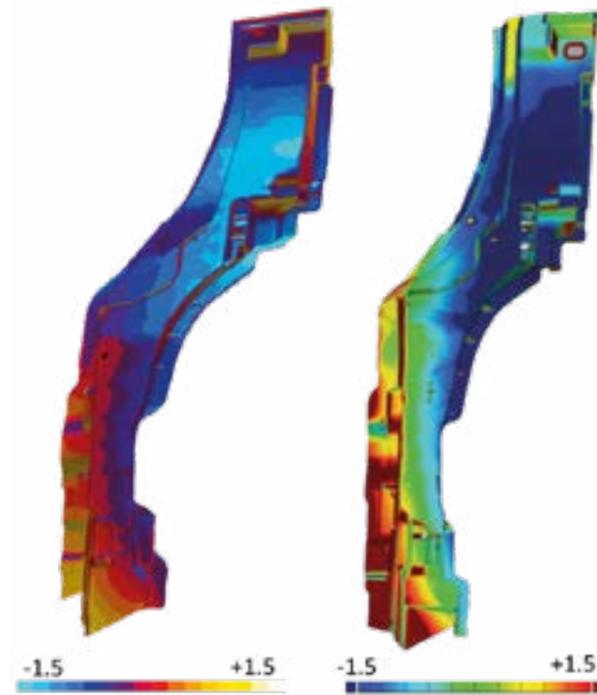


Reduzierung der Verformung durch Vorkompensation nach dem gesamten Herstellungsprozess im Vergleich zur Ausgangssituation (links).



## QUANTITATIVE VERZUGSAUSWERTUNG

Werten Sie den Verzug Ihres Bauteils nach jeder Prozessphase direkt in MAGMASOFT® aus (3-Punkt, 6-Punkt oder Best Fit-Methode) und beurteilen Sie die im Hinblick auf den Verzug kritischsten Phasen Ihres Prozesses (Bild unten).



Auswertung des berechneten Verzugs nach der RPS Methode

# Effizient und mit Methodik vorgehen

Sie haben keine Zeit! Umso wichtiger ist es, alle Möglichkeiten des umfassenden Werkzeugkastens von MAGMASOFT® entsprechend Ihrer Ziele methodisch und effizient zu nutzen.

## INTUITIVE PROZESSSTEUERUNG

Nutzen Sie MAGMASOFT® zur Optimierung aller relevanten Prozessschritte. Von der Ofenauslegung über die Gestell-Konstruktion bis zur Anlassdauer und Abschreckzeiten können Sie die Prozesse durch virtuelle Experimente in ein robustes Optimum führen.



# Handeln und Erfolg prüfen

Erfolg ist mehr als Software und Hardware. MAGMA bietet Ihnen ein professionelles Team, das Sie umfassend bei der Realisierung Ihrer Ziele unterstützt. Hierzu profitieren Sie von den Angeboten unserer MAGMAacademy, des Engineerings und unseres Supports aus einer Hand, so wie es für Sie am besten passt.

## IMPLEMENTIERUNG

Alle MAGMASOFT® Programme sind mehr als Software. Sie bieten eine Methodik zur Optimierung von Technik, Kommunikation und Wirtschaftlichkeit in Ihrem Unternehmen.

Noch vor der Einführung des Programms besprechen wir mit Ihnen die für Ihre Situation passenden Maßnahmen zur effektiven und abgesicherten Nutzung der Software: von der Hardware, über die Qualifizierung und Schulung der Anwender bis hin zur Festlegung gemeinsamer Ziele, wo Sie im nächsten Jahr sein wollen.

Egal ob Neukunde oder langjähriger Nutzer unserer Programme: Wir haben etwas mit Ihnen vor!

## MAGMA SUPPORT

MAGMA Support steht für die kompetente, methodische und schnelle Unterstützung unserer Kunden weltweit zu allen Fragestellungen in der Anwendung und Problemlösung rund um unsere Produkte. Mit dem MAGMA PRINZIP helfen Ihnen unsere qualifizierten Supportmitarbeiter, die Programme jeden Tag besser zu nutzen.

## MAGMA ACADEMY

Die MAGMA Academy unterstützt Sie bei der methodischen Implementierung der Gießprozess-Simulation und virtuellen Optimierung von der Einführung bis hin zur umfassenden Anwendung von Autonomous Engineering im gesamten Unternehmen.

In unseren systematischen Schulungen, Workshops und Seminaren vermitteln wir abteilungs- und prozessübergreifendes Verständnis zur bestmöglichen Nutzung von MAGMASOFT® - in Aachen oder durch eine maßgeschneiderte Lösung bei Ihnen vor Ort.

## MAGMA ENGINEERING

Als unabhängiger und kompetenter Partner unterstützt Sie MAGMA Engineering bei der erfolgreichen virtuellen Produktentwicklung, Werkzeugauslegung und Optimierung Ihrer robusten Gießereiprozesse im Rahmen von Engineering-Projekten.

Unser Engineering bietet Ihnen ein interdisziplinäres und internationales Expertenteam mit langjähriger gießtechnischer Kompetenz zur Lösung Ihrer Herausforderungen.

# SCHNELL ~~ODER~~ GUT

MAGMA steht weltweit für innovative Lösungen in Guss und verlässliche Partnerschaften mit der Gießerei- und gussverbrauchenden Industrie.

MAGMASOFT® autonomous engineering unterstützt Sie bei der Auslegung robuster und wirtschaftlich optimierter Lösungen in Produktplanung, Werkzeugauslegung und Serienfertigung.

Mit dem MAGMA PRINZIP sowie unserem breiten Angebot zur Kundenunterstützung, Engineering Services und der MAGMA-academy bieten wir eine umfassende Methodik zur Implementierung und effektiven Nutzung von MAGMASOFT® in Ihrem Unternehmen. Zielgerichtet gelangen Sie so zu klaren Kosten- und Wettbewerbsvorteilen.

