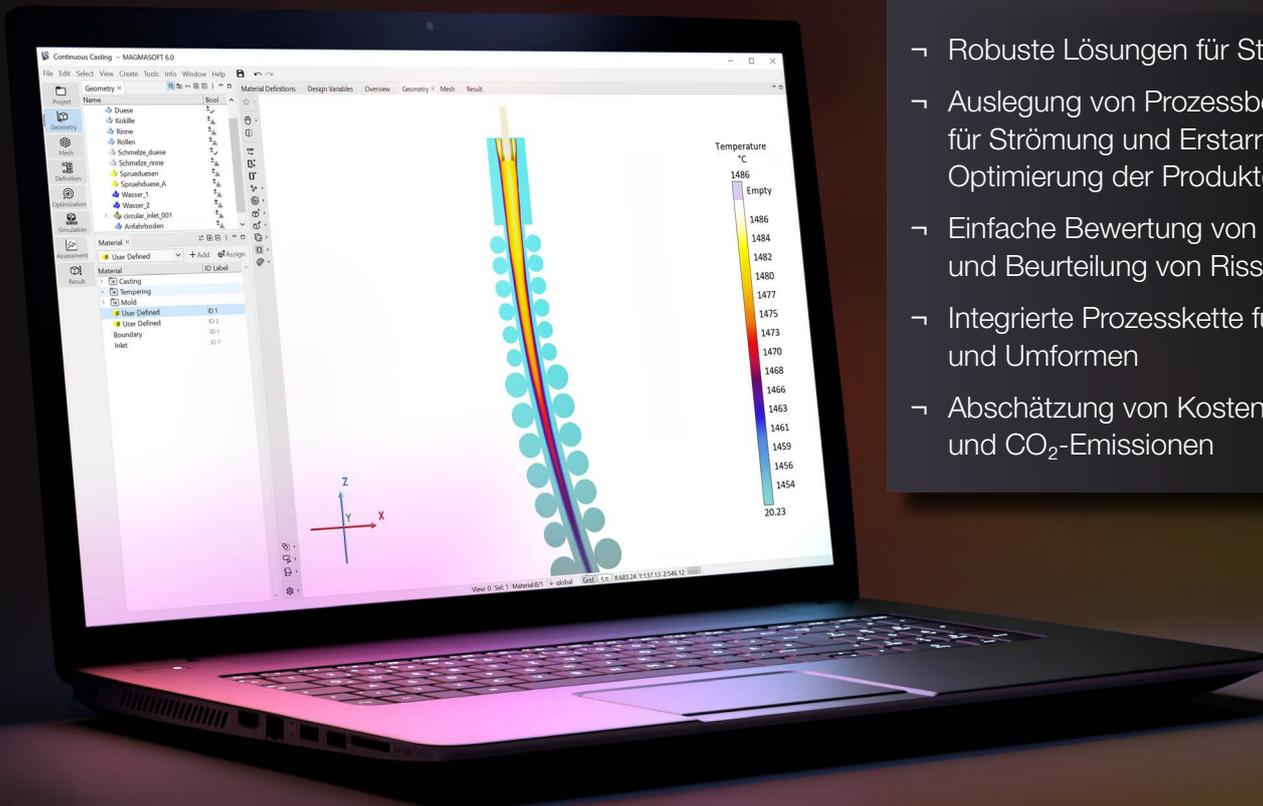


# MAGMA CC 6.1

# Autonomous Engineering



## Stahlstrangguss



- Robuste Lösungen für Stahlstrangguss
- Auslegung von Prozessbedingungen für Strömung und Erstarrung zur Optimierung der Produktqualität
- Einfache Bewertung von Gussstressungen und Beurteilung von Rissen
- Integrierte Prozesskette für Gießen und Umformen
- Abschätzung von Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen

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

**Optimieren Sie Ihren Stranggussprozess ganzheitlich und finden Sie die beste Lösung für Ihre Anforderungen – mit MAGMASOFT® autonomous engineering und MAGMA CC.**

MAGMASOFT® und die eigenständige Prozess-Software MAGMA CC sind umfassende und leistungsstarke Simulationswerkzeuge zur Auslegung des Stranggussprozesses und zur Einstellung von Produktqualität und robusten Prozessbedingungen bei optimaler Wirtschaftlichkeit. Im Mittelpunkt stehen hierbei immer Ihre Ressourcen, Zeit und Kosten.

Sowohl mit MAGMASOFT® als auch mit MAGMA CC nutzen Sie Simulationen in einem automatisierten, virtuellen Versuchsplan oder mit Hilfe von genetischer Optimierung. Das Ergebnis ist Autonomous Engineering: systematische und vollautomatisierte Entscheidungsfindung für prozesssichere Produktqualität und optimale Arbeitspunkte.

Mit Autonomous Engineering können Sie gleichzeitig unterschiedliche Qualitäts- und Kostenziele verfolgen. Dies gilt für die Absicherung von Produktqualität und Prozess, vom Kon-

zeptstadium bis hin zur kontinuierlichen Verbesserung der Wirtschaftlichkeit während der Fertigung.

MAGMASOFT® und MAGMA CC autonomous engineering

- unterstützen Sie bei der umfassenden Vorhersage aller Prozessschritte des Stranggussprozesses,
- bieten Ihnen ein virtuelles Versuchsfeld zur Optimierung der Produktivität,
- ermöglichen Ihnen schnelle Entscheidungen und sparen damit Zeit bei allen Beteiligten,
- erlauben proaktives Qualitätsmanagement durch das Verständnis von Prozessschwankungen,
- verbessern Ihre Kommunikation und Zusammenarbeit im Unternehmen und mit Kunden.



## Zielsicher und systematisch zum Erfolg

Das vollständig in MAGMASOFT® und MAGMA CC 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 durch eine methodische und systematische Vorgehensweise. Das Ergebnis ist ein für die jeweiligen Ziele optimal ausgelegter, robuster Prozessablauf zur Vermeidung von Gussfehlern.

# Ziele setzen, Variablen definieren, Qualität festlegen

MAGMA CC ist die voll integrierte Lösung zur virtuellen Auslegung und Optimierung von Stranggussprozessen für Aluminium-, Kupfer- und Stahlwerkstoffe. MAGMA CC bietet parametrische Geometriemodellierung, automatische Vernetzung, eine umfangreiche Datenbank sowie umfassende Werkzeuge zur Auswertung und statistischen Bewertung der Ergebnisse.

MAGMA CC berücksichtigt Strömung, Wärmetransport, Erstarrung und Spannungsentstehung in der einströmenden

Schmelze, dem erstarrenden Strang und der Kokille. Die Software erlaubt Berechnungen für vertikale und horizontale Gießprozesse von beliebigen Formaten.

MAGMA CC unterstützt Sie bei der Auslegung Ihrer Prozesse mit integrierten Möglichkeiten zur statistischen virtuellen Versuchsplanung. Hierdurch können robuste Prozessfenster identifiziert oder Arbeitspunkte autonom optimiert werden. Hohe Produktqualität wird dadurch prozesssicher gewährleistet.

Continuous Casting Process	ID	Continuous Casting
Continuous Casting - Vertical Steel X5CrNi18_10 Weight: 38259.15 kg Total Weight: 38638.05 kg Yield: 99.02 %		<p>Withdrawal</p> <p>Filling (Start-Up): 120.0 s</p> <p>Continuous Casting Process</p>
> Cast Alloy		
> Permanent Mold		
> Tempering Channel		
> Support		
> Starting Ingot		
> User Defined		

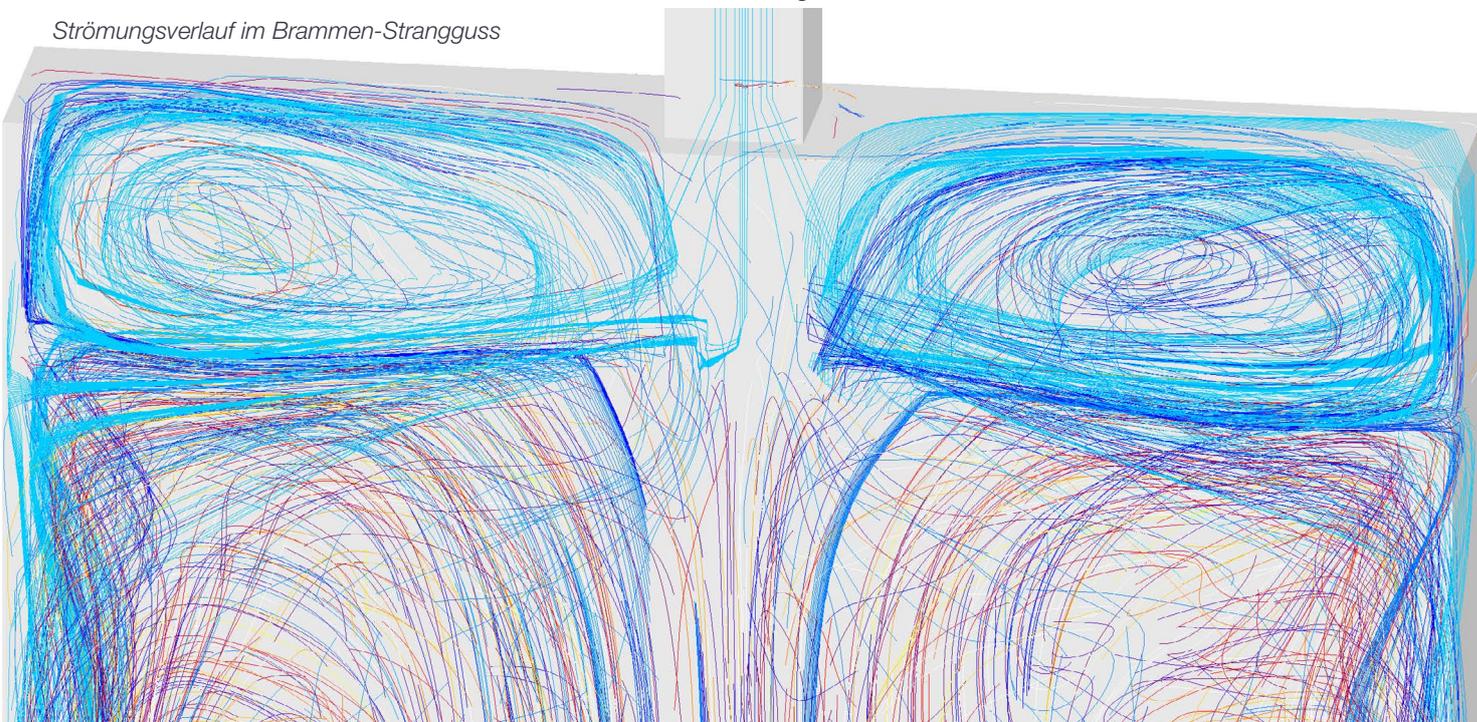
*Umfassende Beschreibung des Stranggussprozesses und Festlegung der Gießgeschwindigkeit*

## Vorbereitungsphase

Für die Auslegung des Stranggussprozesses sind neben der Gießgeschwindigkeit und der Gießtemperatur besonders die Kühlbedingungen in der Kokille (Primärkühlung) und im Bereich der Sekundärkühlung entscheidende Prozessgrößen.

Die realitätsnahe Abbildung des gesamten Prozesses erlaubt die Beurteilung der Strömungsverhältnisse beim Anfahren und beim anschließenden Strangabzug. Dabei können auch wahlweise die Strömungsbedingungen im Tundish mitberücksichtigt werden.

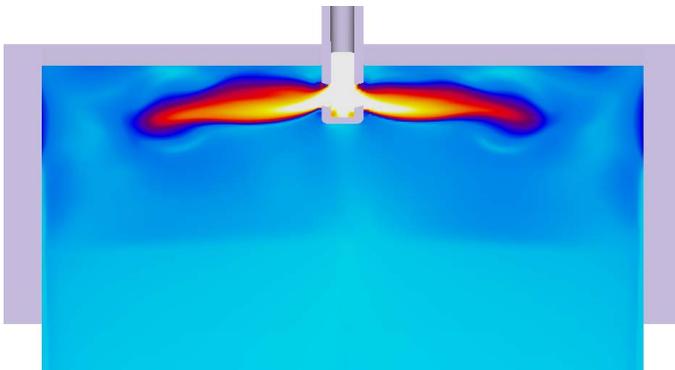
*Strömungsverlauf im Brammen-Strangguss*



## Einguss- und Tauchrohrauslegung

In MAGMA CC können Sie den Anfahrvorgang vollständig berücksichtigen – vom Befüllen der Kokille mit Schmelze bis zum Beginn des Strangabzugs:

- Beim Anfahren können Einguss und Tauchrohr in Bezug auf die Strömung optimiert werden.
- Startpunkte für die nachfolgende Simulation des Strangabzugs sind Temperaturen und Strömung beim Anfahren.
- Strömung und Wärmebilanz im Tundish/Verteiler können separat oder mit dem Gießprozess gekoppelt untersucht werden.
- Optimierte Tundishauslegung unterstützt die Einstellung guter Reinheitsgrade.



Strömung durch das Tauchrohr beim Gießen

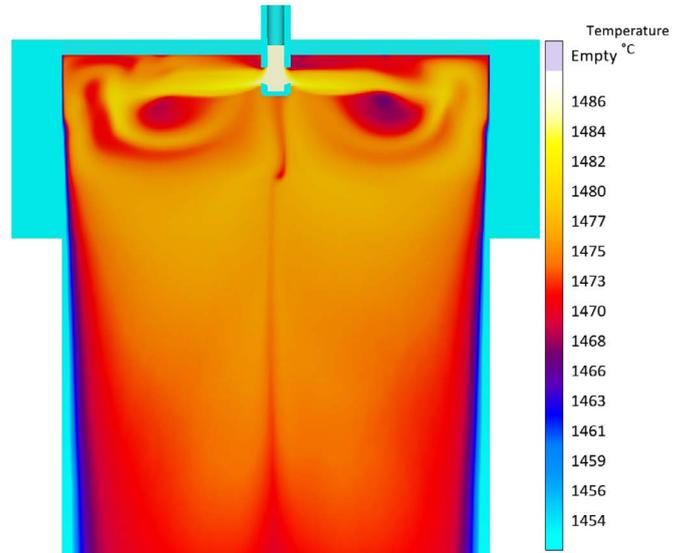
## Erzwungene und natürliche Konvektion

MAGMA CC erlaubt die kombinierte Berücksichtigung von erzwungener und natürlicher Konvektion in der Schmelze und dem Erstarrungsintervall. Dabei werden sowohl das Einströmen als auch die Temperaturgradienten in der Schmelze berücksichtigt.

## Vorhersage von Einschlüssen

MAGMA CC berücksichtigt den strömungsbedingten Transport von Teilchen mit definierter Größe und Masse in der Schmelze. Dies erlaubt die Bewertung von Einschlüssen bei der Formfüllung und Reoxidationseinschlüssen aufgrund der Konvektion während der Erstarrung.

- Berechnung von Keimbildung, Wachstum, Transport und Agglomeration von Reoxidationseinschlüssen im Stahl unter Berücksichtigung der potentiellen Sauerstoffaufnahme im Tundish, beim Eingießen und in der Kokille

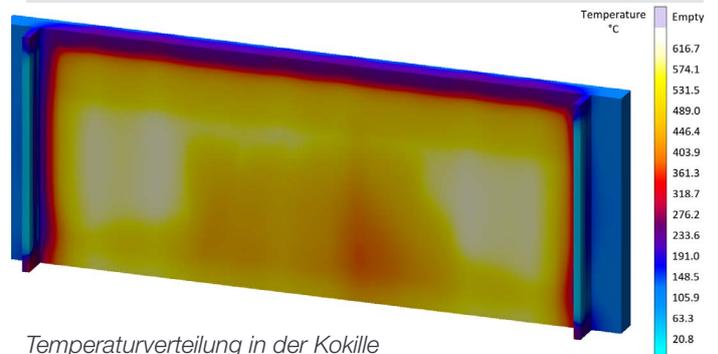


Temperatur

## Primärkühlung

Die thermischen Bedingungen in der Kokille sind entscheidend für Abkühlung und Erstarrung des Strangs. MAGMA CC erlaubt:

- Einstellen prozessspezifischer Parameter wie Wasserdurchfluss in Kühlkanälen, Trennmittel und Graphiteinsätze in der Kokille
- Vorhersage von Temperaturen in Strang und Kokille mit quantitativer Bewertung der thermischen Bilanz für den gesamten Prozess

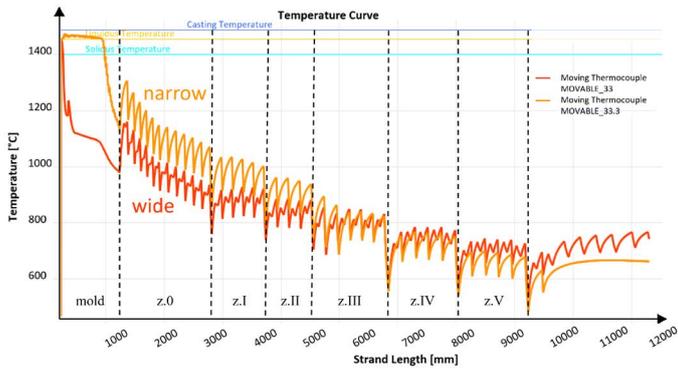


Temperaturverteilung in der Kokille

## Sekundärkühlung

Die Sekundärkühlung kann für zahlreiche separate Kühlzonen mit empfohlenen Wärmeübergängen aus der Datenbank definiert werden. Derzeit unterstützt das Programm vier verschiedene Arten von Wärmeübergängen:

- Strahlung und/oder Konvektion
- Sprühkühlung
- Filmkühlung nach Sprühen
- Kontakt mit den Stützrollen

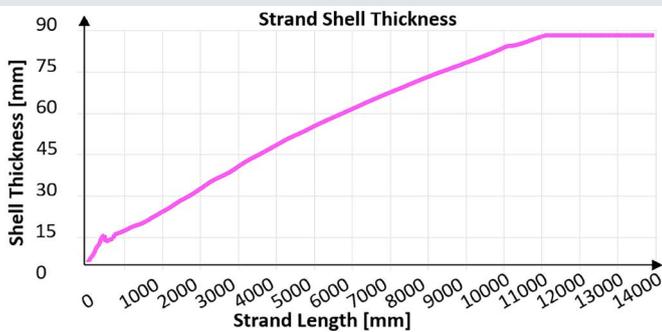


Vorhersage der Oberflächentemperaturen beim Brammen-Strangguss

## Stationäre Temperaturverteilung

MAGMA CC ermittelt die stationäre Temperaturverteilung in Strang und Kokille und bewertet wesentliche Einflussgrößen unter Nutzung statistischer Versuchsplanung und autonomer Optimierung.

- Ermittlung des Einflusses parametrisierter Prozessvariablen auf den Wärmehaushalt, Kontaktbedingungen zwischen Strang und Kokille, Strömung der Schmelze, Primär- und Sekundärkühlung, Abzugsgeschwindigkeit über die Zeit
- genaue Vorhersage der Sumpftiefe
- Bewertung optimaler Prozessparameter für die Verbesserung der Energieeffizienz des Prozesses



Mittlere Dicke der erstarrten Randschale über die Stranglänge

## Spannungsverteilung im Strang

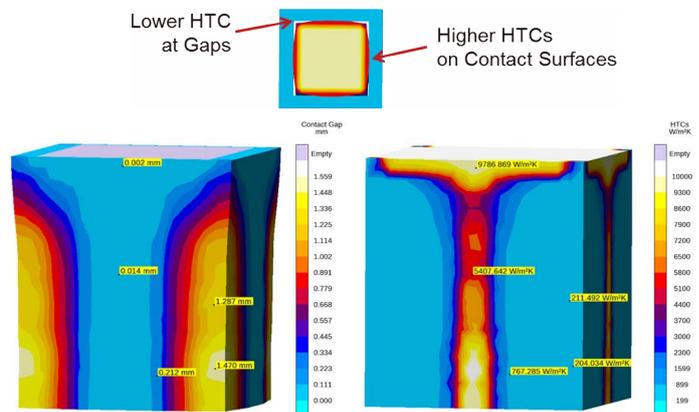
Temperaturverteilung und Eigenspannungen im Bereich der Primärkühlung werden entscheidend durch den Kontakt und den Wärmeübergang zwischen Strang und Kokille bestimmt. MAGMA CC unterstützt die genaue Prozessauslegung durch:

- Berücksichtigung des Luftspaltes zwischen Strang und Kokille und des resultierenden verminderten Wärmeübergangs aufgrund thermischer Kontraktion
- gekoppelte Simulation von Temperaturen und Spannungen in Strang und Kokille
- Unterstützung der Kokillenauslegung, z. B. durch optimierte Konizität
- Auslegung der Primär- und Sekundärkühlung bei Sicherstellung der erforderlichen Strangkühlung zur Vermeidung von Fehlern wie Rissbildung

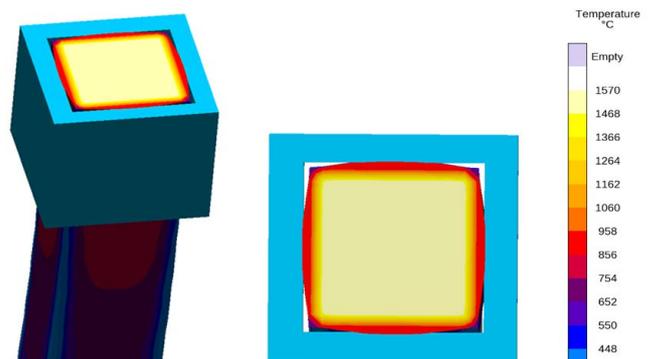
## Thermomechanische Kopplung

Berücksichtigung einer Spaltbildung zur Anpassung der Wärmeübergangskoeffizienten

- Eine dreidimensionale Berechnung der Spaltbildung ermöglicht die automatische Berechnung des Wärmeübergangs zwischen Strang und Kokille
- Berechnung des Strangverzugs mittels integrierter Spannungsberechnung
- genauere Vorhersage thermomechanisch bedingter Fehler (Warmrisse, Kaltrisse etc.)
- Berechnen von Spannungen und Verzug in Strang und Kokille
- spezielle Visualisierungsoptionen zur Darstellung der Spaltbildung



Berücksichtigung der Spaltbildung zur Anpassung der Wärmeübergangskoeffizienten



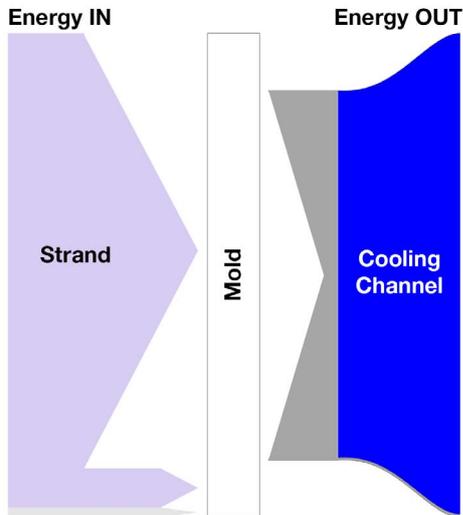
Luftspaltbildung beim Knüppel-Strangguss

## Optimierte Erstarrung

- Bewertung des Einflusses unterschiedlicher Prozessbedingungen auf Mittellinienlunker und Porosität
- Vorhersage von Makroseigerungen

# Wärmebilanz

In MAGMA CC kann z. B. die Effizienz der Kokille als Qualitätskriterium für robuste Gießprozesse genutzt werden. Die Effizienz ist das Verhältnis der gesamten eingebrachten und abgeführten Wärme.



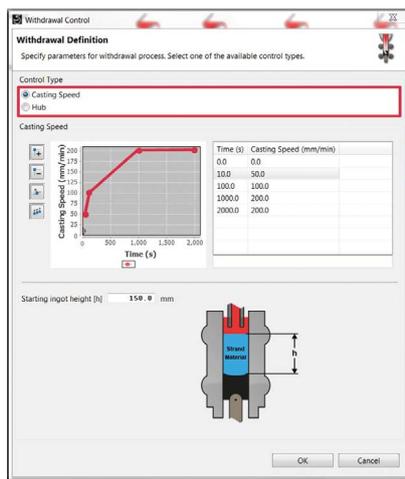
Sankey-Diagramm: Anzeige der Wärmebilanz in der Kokille

# Prozesse mit Versuchsplänen absichern

In MAGMA CC können Sie Ihren Prozess beliebig und systematisch variieren, um den Einfluss unterschiedlicher Fertigungsbedingungen auf Qualität und Wirtschaftlichkeit zu bewerten.

# Intuitive Prozesssteuerung

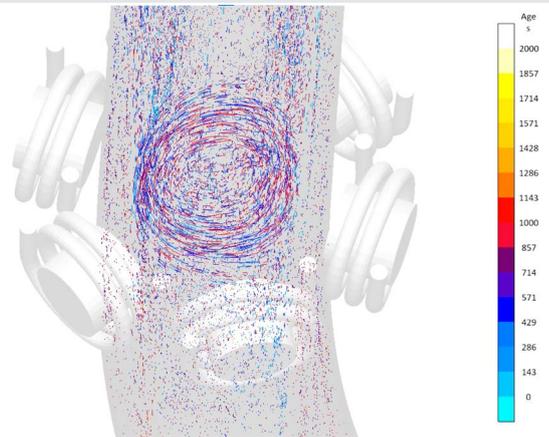
Nutzen Sie die Steuerung aller relevanten Prozessschritte zur Optimierung des Stranggussprozesses: angefangen bei der Gießbrinne über Tundish und Düse in die Kokille zur Beschreibung des Anfahrvorganges bis hin zum Abziehen und kontinuierlichen Gießprozess unter Berücksichtigung der Sekundärkühlung.



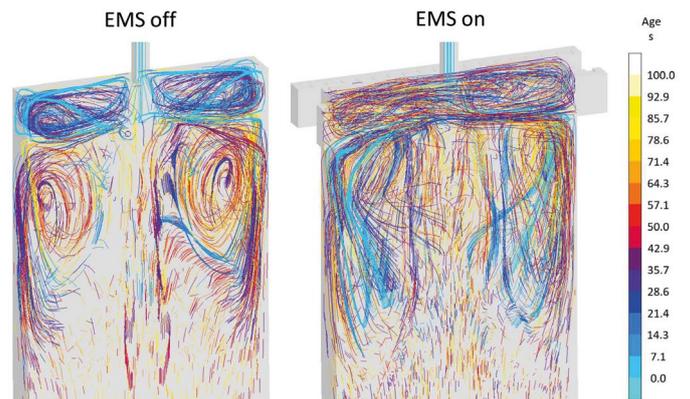
# Elektromagnetisches Rühren

Elektromagnetisches Rühren (EMR) kommt oft zur Optimierung der Produktqualität beim Stranggießen von Stahl zum Einsatz.

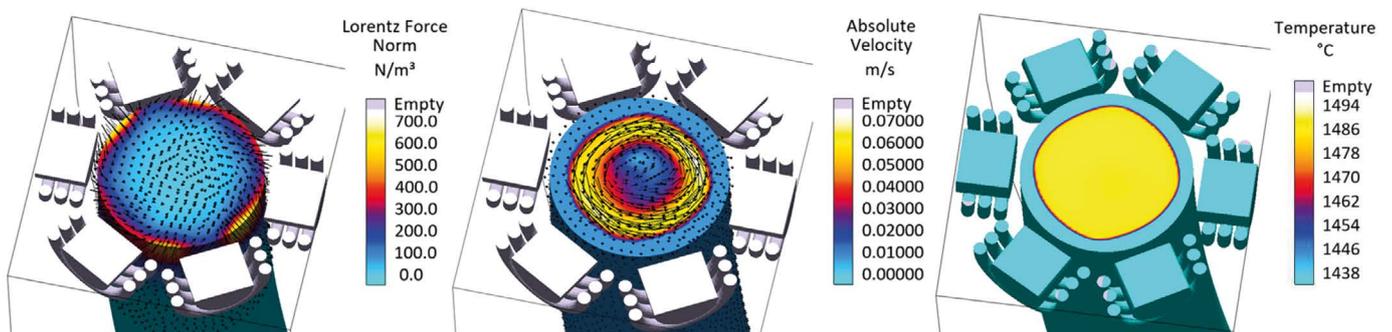
- Einstellen robuster Prozesse durch Optimierung der durch EMR beeinflussten Strömungsbedingungen
- dreidimensionales elektromagnetisches Feld und Berechnung der Lorentz-Kraft
- Berechnung der Schmelzeströmung unter EMR und thermischer Konvektion
- Einfluss des EMR auf die Temperaturverteilung
- Bewertung des Wachstums der Strangschale und der Erstarrung unter Einfluss elektromagnetischen Rührens
- Vorhersage der metallurgischen Länge und optimale Positionierung des Rührers
- optimierte Prozessparameter für das Rühren



Flow-Tracer im flüssigen Bereich (Sumpf) unter Einwirkung des rotierenden Magnetfeldes



3D-Stromlinien des Schmelzeflusses während des Brammen gießens, mit und ohne EMR



Elektromagnetisches Rühren beim Gießen eines Vorblocks: Lorentz-Kraft (links), Geschwindigkeitsfeld im flüssigen Bereich (Mitte) und Temperaturverteilung (rechts)

# Effizient und mit Methodik vorgehen

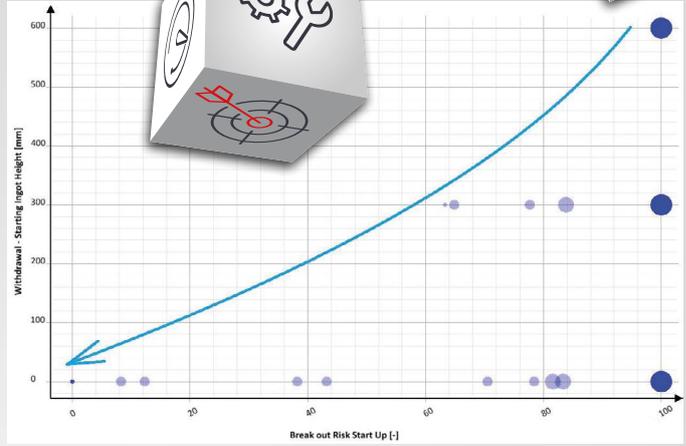
Sie haben keine Zeit! Nutzen Sie alle Möglichkeiten des umfassenden Werkzeugkastens von MAGMASOFT® methodisch und effizient. Das ist entscheidend, damit Sie Ihre Ziele erreichen.



## Robuste Prozesse

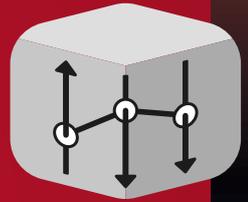
Finden Sie durch systematische Versuchsplanung heraus, wie Prozessschwankungen das Erstarrungsverhalten Ihrer Produkte beeinflussen. Mit MAGMA CC autonomous engineering ermitteln Sie quantitativ Haupteffekte, Korrelationen und konkrete Maßnahmen für Ihre Fertigung.

- hohe Produktivität (maximale Gießgeschwindigkeit)
- Kosten- und Energieeffizienz
- Reduzierung von Mittellinienlunkern und Makroseigerung
- Verminderung des Risikos für einen Strangdurchbruch
- Reduzierung von Eigenspannungen und Rissneigung
- Designoptimierung von Tundish und Verteiler



Strangdurchbruchrisiko in Abhängigkeit von Kaltstrangposition und Gießgeschwindigkeit

# MAGMA ECONOMICS Technik & Wirtschaftlichkeit



MAGMA ECONOMICS erweitert die technische Optimierung mit MAGMASOFT® um wirtschaftliche Entscheidungskriterien. Dadurch können Einsparpotenziale identifiziert werden, die in rein technischen Simulationen oft übersehen werden. Die Informationen aus MAGMASOFT® schaffen so zusätzliche Möglichkeiten als Managementwerkzeug im Unternehmen.

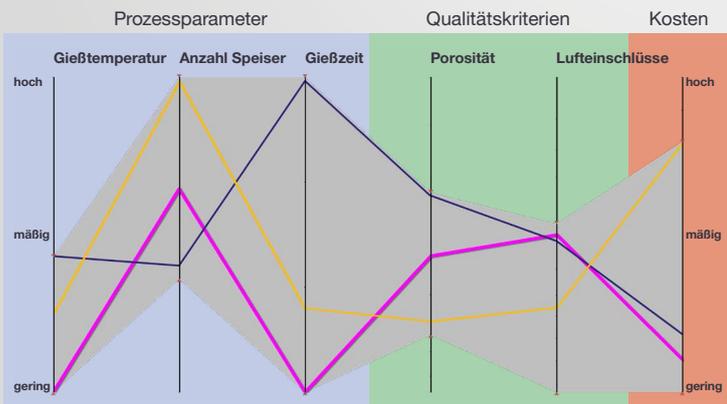
## Optimieren Sie Qualität, Kosten & CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

MAGMA ECONOMICS berechnet und vergleicht Kosten, Energieverbrauch, Materialeinsatz und CO<sub>2</sub>-Emissionen unterschiedlicher Szenarien. Dabei greift die Perspektive auf vorhandene Geometrie-, Werkstoff- und Prozessdaten sowie Simulationsergebnisse zurück.

Anpassbare Vorlagen für gängige Werkstoffe und Verfahren beinhalten spezifische Kosten- und Emissionsfaktoren, die eine schnelle Analyse des Ressourcenverbrauchs sowie der Fertigungs- und Bauteilkosten über den gesamten Gießprozess hinweg ermöglichen – von der Werkzeugvorbereitung zum tatsächlichen Gießen und möglichen Nacharbeitungsschritten.

## Hauptmerkmale

- **Neue Perspektive:** umfassende quantitative Analyse von Kosten, Energie- und Ressourceneinsatz sowie CO<sub>2</sub>-Emissionen gekoppelt mit Qualitätskriterien in MAGMASOFT®  
Intuitive Bewertung von Qualität, Produktivität, Projektkosten und Nachhaltigkeit als Schlüsselwerkzeug für Ihre Wettbewerbsfähigkeit
- **Datenbasis:** Evaluierung basierend auf vorhandenen Geometrien, Werkstoffen, Prozessen und Simulationsergebnissen
- **Individualisierbare Vorlagen:** Vorlagen für Werkstoffe und Verfahren mit spezifischen Kosten- und Emissionsfaktoren
- **Szenarienvergleich:** individuelle Variation von Prozessparametern und Vergleich verschiedener Szenarien – über intuitive Regler – ohne zusätzliche Simulationszeiten
- **Autonomous Engineering:** nahtlose Integration in Optimierung und virtuelle Versuchsplanung



Das Parallelkoordinatendiagramm als bewährtes, interaktives Werkzeug zur Analyse von Prozessvariationen und Qualitätsmerkmalen wird durch MAGMA ECONOMICS um unternehmerische Merkmale wie Kosten, Energie-/Ressourceneinsatz und Nachhaltigkeit erweitert.

Finden Sie zielsicher und schnell den besten Kompromiss aus Qualität und Kosten (violette Linie) sowie die Grenzen Ihres robusten Fertigungsprozesses (grau hinterlegtes Prozessfenster).

# Handeln und Erfolg prüfen

Erfolg heißt mehr, als Software und Hardware zu nutzen. 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 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!

## MAGMASupport

MAGMASupport 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.

## MAGMAacademy

Die MAGMAacademy 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.

## MAGMAengineering

Als unabhängiger und kompetenter Partner unterstützt Sie MAGMAengineering 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.



Mehr Informationen:



# 6.1

 **MAGMASOFT®**