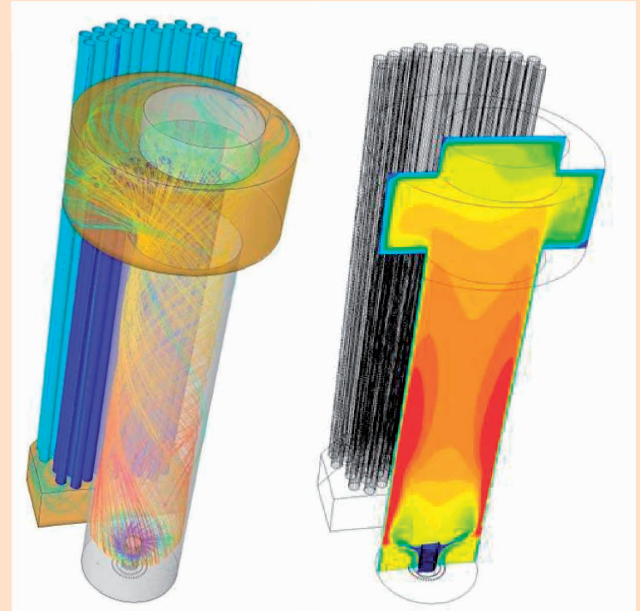


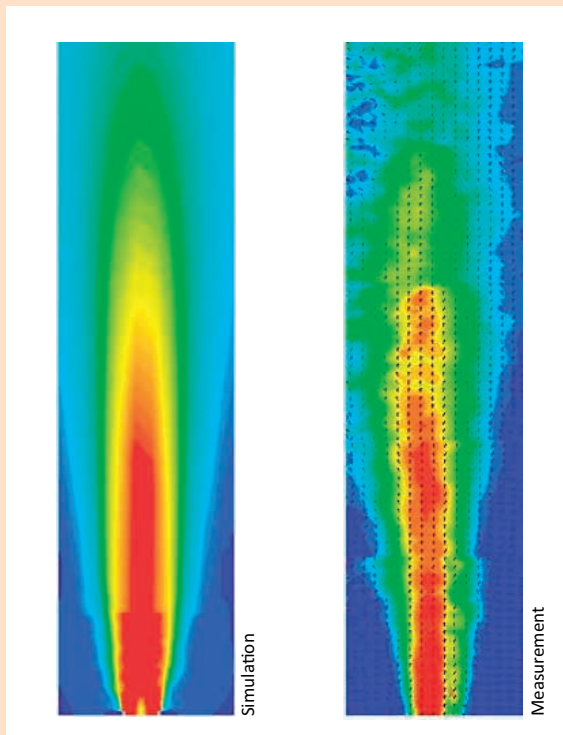
Numerische Simulation von Industrieprozessen

Kaum eine Technologie hat sich in den letzten Jahrzehnten so dramatisch weiterentwickelt wie die Computertechnik. Die Auswirkungen sind überall zu spüren, sowohl im Alltag als auch in der Industrie. Numerische Simulationen werden heute völlig selbstverständlich nicht nur im Bereich der Forschung, sondern auch bei der Analyse, der Auslegung und der Optimierung verfahrenstechnischer Anlagen und Prozesse eingesetzt. Sie erlauben Einblicke, die mit Mitteln der Messtechnik kaum oder nur unter großem Aufwand möglich sind. Das GWI nutzt die Möglichkeiten moderner Simulationsverfahren seit Jahren, sowohl im Rahmen von öffentlichen Forschungsprojekten als auch in Industriekooperationen. Durch die Kombination messtechnischer Untersuchungen und numerischer Simulationen können Prozesse und Anlagen ganzheitlich analysiert und optimiert werden.



Stromlinien und Temperaturverteilung in einem Industriekessel

CFD: Von der Realität zum Modell - und wieder zurück



Vergleich Rechnung - Messung

Grundlage der numerischen Modellierung turbulenter reaktiver Strömungen (engl. Computational Fluid Dynamics bzw. CFD) ist die mathematische Beschreibung physikalischer Vorgänge, wie sie sich z. B. in einem Industrieofen abspielen. Die Gesetzmäßigkeiten, die diesen Prozessen zu Grunde liegen, können mit Hilfe von Gleichungen beschrieben werden. Diese Gleichungen und die Wechselwirkungen der einzelnen Prozesse (Strömung, Verbrennung, Strahlung etc.) sind jedoch derart komplex, dass sie nicht analytisch gelöst werden können. Hier setzt die numerische Simulation an: mittels leistungsfähiger Lösungsalgorithmen und vereinfachender Modellannahmen ist es möglich, Näherungslösungen zu berechnen, die – so zeigt der Vergleich mit Messungen – die Realität gut wiedergeben. Mit einem numerischen Modell einer Anlage sind dann Parameterstudien und Geometrievariationen am Rechner durchführbar, bevor sie in die Praxis umgesetzt werden. Auf diese Weise können Optimierungs- und Retrofitting-Strategien analysiert und getestet werden, ohne dass es zu Anlagenstillständen und somit zu Produktionsausfällen kommt. Auch bei der Neuauslegung von Maschinen und Anlagen aller Art ist die numerische Simulation mittlerweile Stand der Technik und vermeidet zeit- und kostenintensive messtechnische Untersuchungen.



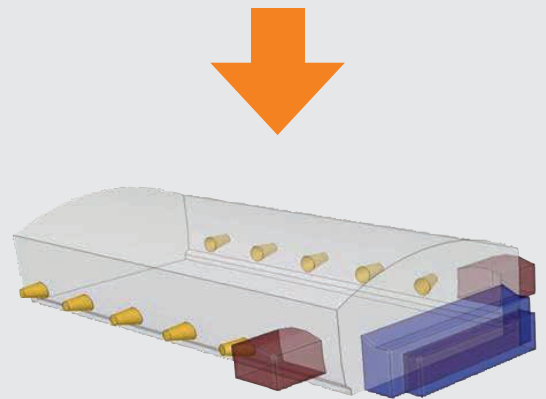
Schritt 1: Der Ist-Zustand

Eine CFD-Simulation basiert immer auf einer Geometrie und den Prozessparametern des zu untersuchenden Systems. Beide werden in Zusammenarbeit mit dem Kunden ermittelt und sind wesentliche Voraussetzungen für die Belastbarkeit der Simulationsergebnisse.



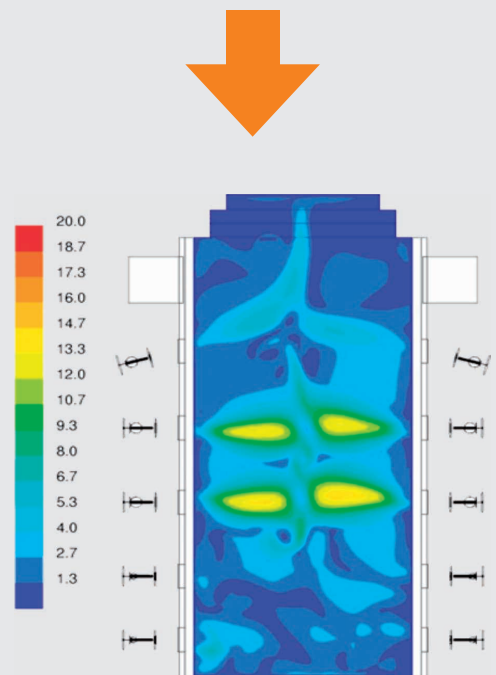
Schritt 2: Das numerische Modell

Anhand der Informationen über Geometrie und Prozessparameter wird ein numerisches Modell erstellt. Dieses besteht aus einem Gitter der Geometrie, den Randbedingungen für die Simulation und der Wahl geeigneter mathematischer Modelle für z. B. Turbulenz, chemische Reaktion und Wärmetransport, etwa durch Strahlung. Dabei muss ein Kompromiss zwischen dem Detailgrad der Simulation und der benötigten Rechenzeit gefunden werden. Hier fließt die Erfahrung des Anwenders ein. Anschließend wird die eigentliche Simulation durchgeführt.



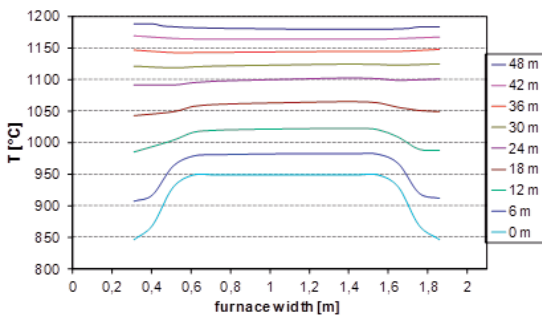
Schritt 3: Auswertung und Analyse

Nach Abschluss der Simulationsrechnung werden die Ergebnisse visualisiert und analysiert. Ein wesentlicher Vorteil von CFD-Simulationen ist, dass sie, anders als experimentelle Untersuchungen, nicht durch messtechnische oder konstruktive Gegebenheiten eingeschränkt sind. Grundsätzlich kann jeder Punkt im Rechengebiet detailliert betrachtet werden, unabhängig von der Lage. Dies ist am realen System so nicht möglich. Die Erkenntnisse, die anhand dieser Analyse gewonnen werden, können dann in einen Optimierungsprozess einfließen, etwa als geänderte Geometrie oder Parameter.

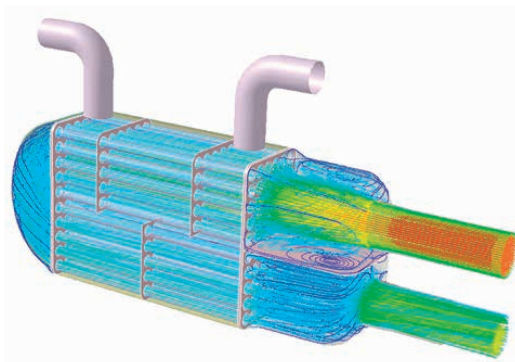


Post-Processing: Mehr als bunte Bilder

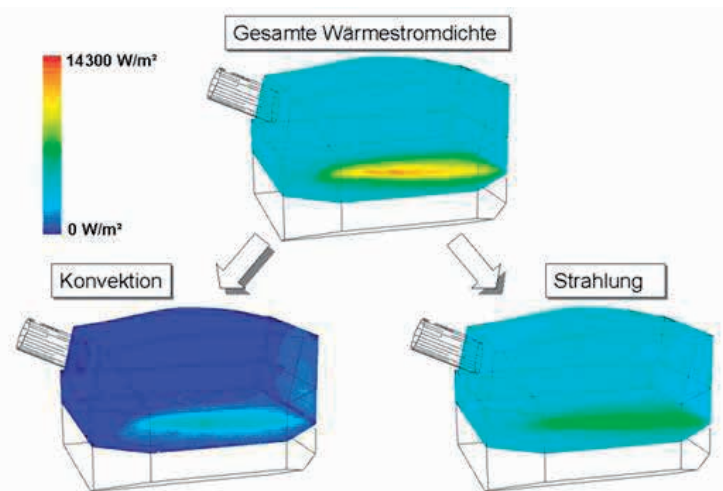
Einer der wesentlichen Vorteile von Simulationsverfahren ist, dass eine Simulation große Mengen an Daten zur Verfügung stellt. Die Prozesse und Zustände in jedem Punkt im simulierten Gebiet können untersucht werden. Auf diese Weise vermittelt die CFD ein weitaus umfassenderes Bild der Prozesse in einer Anlage, als es mit messtechnischen Verfahren machbar wäre. Es ist außerdem möglich, Größen wie etwa die Wandwärmestromdichteverteilungen darzustellen, die experimentell kaum zu erfassen sind. Die feine räumliche Auflösung der Simulationsergebnisse erlaubt auch eine Vielzahl verschiedener Visualisierungsmöglichkeiten, z. B. Konturplots, Stromlinien oder Iso-Flächen.



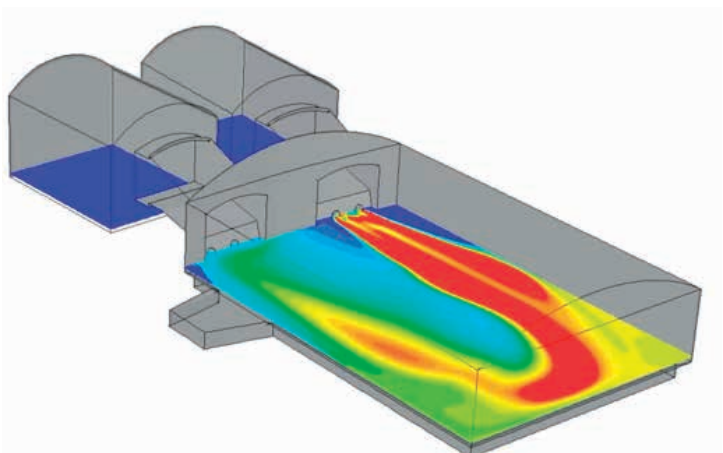
Simulierte Brammentemperatur in einem Rollenherdofen



Stromlinien in einem Abgaswämetauscher



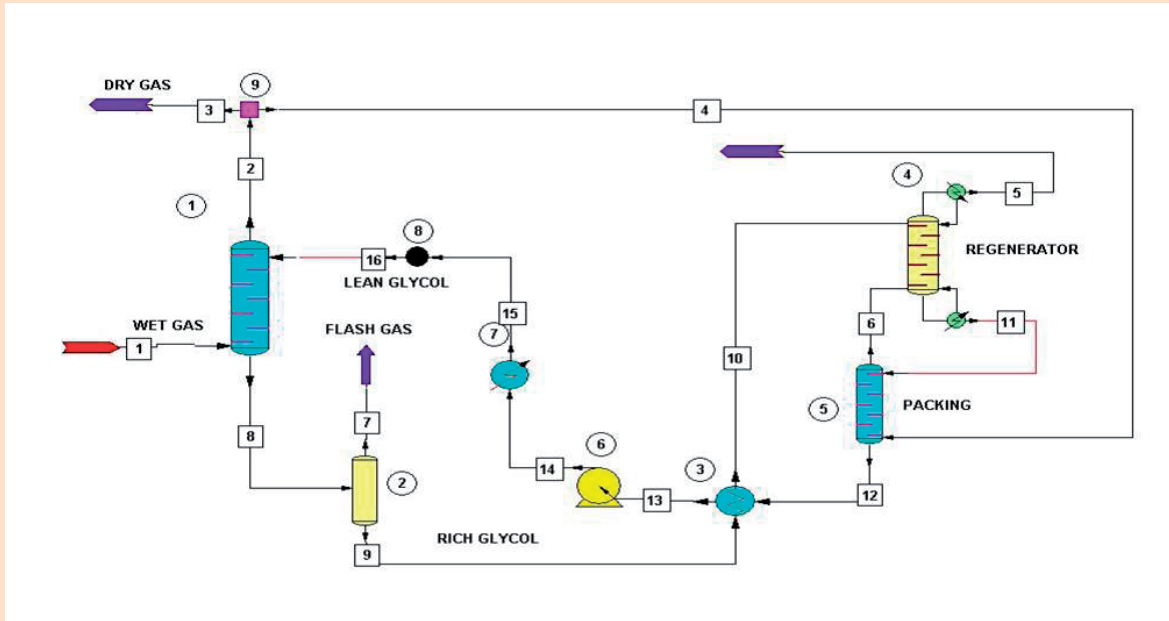
Wandwärmestromdichteverteilung in einem Aluminiumschmelzofen



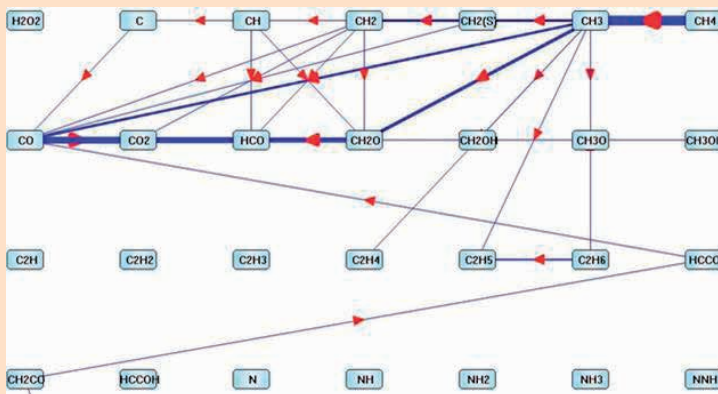
CO-Verteilung in einer Glasschmelzwanne

Weitere Simulationsangebote

Die numerischen Aktivitäten am GWI beschränken sich nicht auf die Anwendung von CFD-Verfahren. Auch Verfahren zur reaktionskinetischen Simulation von Verbrennungsvorgängen oder Prozesssimulationen werden regelmäßig am GWI angewandt.



Prozesssimulation einer Gasdestillationsanlage



Elementenflussanalyse einer Erdgasflamme (Auszug)

IHR ANSPRECHPARTNER IM GWI



**DAS ENERGIE-
INSTITUT IN ESSEN**

Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
Hafenstraße 101
45356 Essen

T: +49(0)201 3618-257
F: +49(0)201 3618-238
M: +49(0)172 2524157
E: a.giese@gwi-essen.de
I: www.gwi-essen.de

Dr.-Ing.
Anne Giese
Abteilungsleiterin
Industrie- und Feuerungstechnik



Herausgeber:
Gas- und Wärme-Institut Essen e.V.
Hafenstraße 101 | 45356 Essen

T: +49 (0)201 36 18-0
F: +49 (0)201 36 18-111
E: info@gwi-essen.de
I: www.gwi-essen.de

Geschäftsführender Vorstand:
Dr.-Ing. Rolf Albus
Wissenschaftlicher Vorstand:
Prof. Dr.-Ing. habil. Klaus Görner

Vorsitzender des Verwaltungsrats:
Dipl.-Ing. Dietmar Spohn

