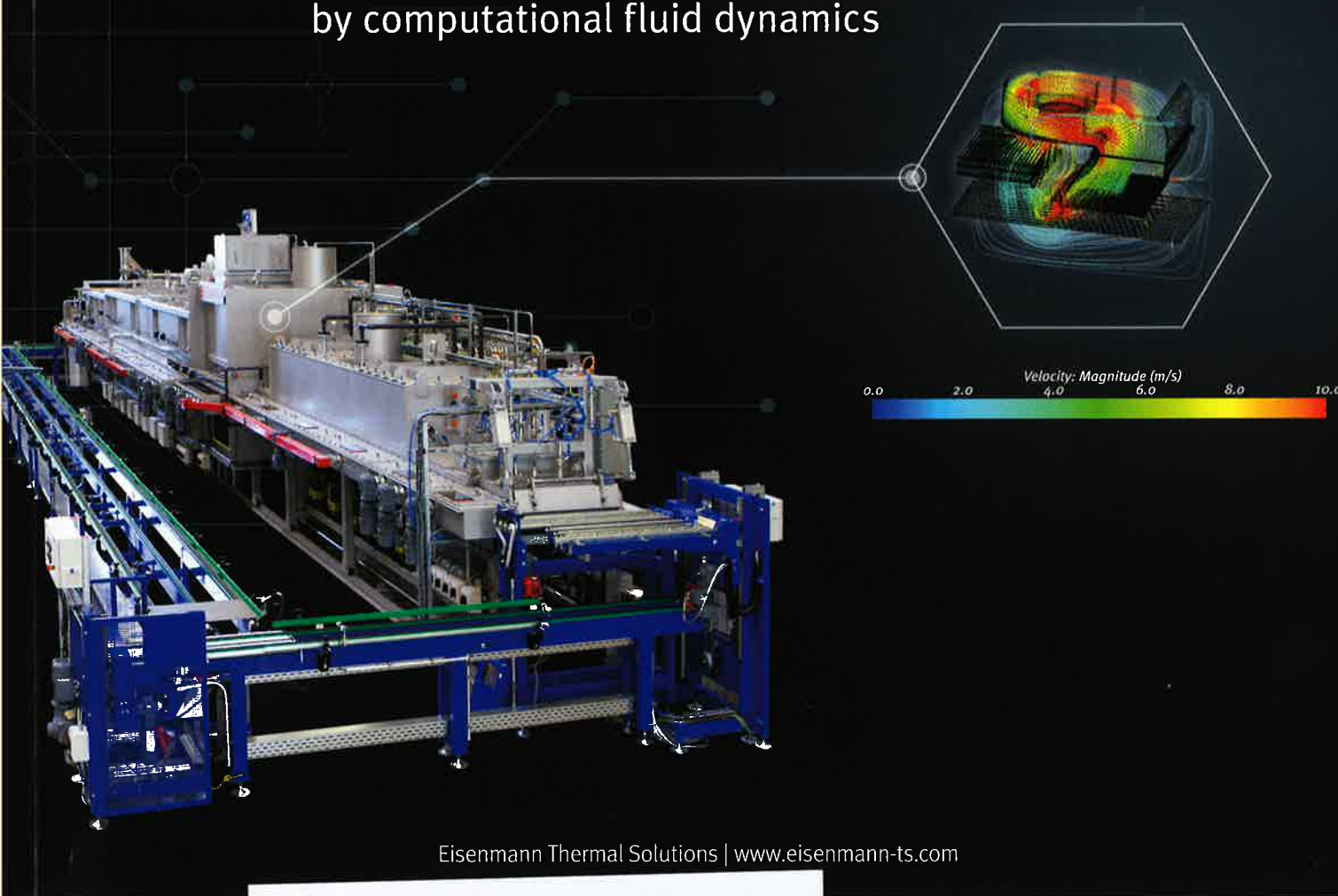


# cfi ceramic forum international

EISENMANN

## Model-based process optimization for high-performance operations

Sophisticated furnace solutions by computational fluid dynamics



Eisenmann Thermal Solutions | www.eisenmann-ts.com

PROCESS ENG  
Precise Optical T  
tion, Methods of  
amics 2018/AT,

Göller Verlag, Postfach 190 140, 76503 Baden-Baden  
 ZKZ 05270, PVSt, DPAG, Entgelt bezahlt 52 XXX  
 Kd.-Nr. 9328 Ceramic Forum International 6/2019  
 Eisenmann SE  
 Marketing & Kommunikation  
 Verarbeitung  
 Herr Sven Heuer  
 Tübinger Str. 81  
 71032 Böblingen

Particle Production: The Pulsation Reactor, Processes, Superior Products via Flow Simulation of Silicate Slurries | **REPORTS** – AM Ce-  
**INTERVIEWS** – Fraunhofer HTL/DE, AIST/JIP

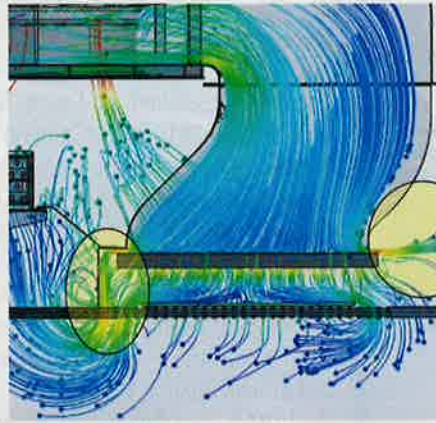


## INTERVIEW

8

— Fraunhofer HTL

9



## TECHNOLOGIE

10

— Eisenmann Thermal Solutions,  
Bernd Münstermann,  
KELLER HCW

16



## REPORTAGEN

17

— 20. ibausil in Weimar,  
23. Eurosymposium in Meißen

22

## GLOBAL NEWS

- 4 Firmenmeldungen
- 5 Produkte und Prozesse
- 6 Personen
- 7 Events

## INTERVIEW

- 8 Neubau für europaweit einzigartige Faserpilotanlage bei Fraunhofer HTL eröffnet

## TECHNOLOGIE

- 10 Mit Simulation zu besseren Produkten
- 12 Kalzinieröfen für Katalysatoren für Temperaturen über 600 °C
- 13 Präzise optische Temperaturmessung in thermischen Recyclingprozessen
- 16 Buchbesprechung: Frank Händle – The Art of Ceramic Extrusion

## REPORTAGEN

- 17 20. Internationale Baustofftagung ibausil – eine Erfolgsgeschichte seit 1964
- 20 23. Eurosymposium Keramik – Tradition und Innovation

## DKG-NACHRICHTEN

- 23 100 Jahre Deutsche Keramische Gesellschaft
- 24 Nachruf auf Herrn Dipl.-Ing. Fritz Ehrentage

## SONSTIGES

- 1 Editorial / Impressum
- 44 Ceramic Suppliers
- IBC Kalender / Inserentenverzeichnis



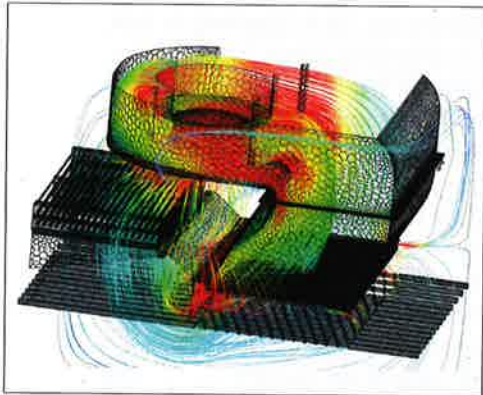
Titelseite

Der Schroffkühlungsprozess ist ein essentieller Faktor für die Leistungsfähigkeit eines Hochtemperatur-Sinterofens. Mit Hilfe von Strömungssimulationen werden bestmögliche Kühlraten und Prozessparameter mit maximaler Genauigkeit ermittelt.

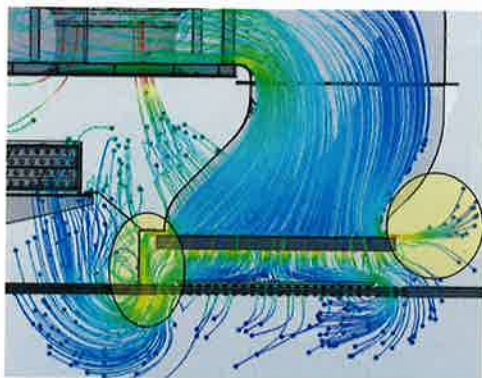
Eisenmann Thermal Solutions GmbH & Co. KG  
Leinetal / Auf der Mauer 1, 37120 Bovenden

## Mit Simulation zu besseren Produkten

D. Hipp



**Bild 1** Die Strömungssimulation basiert auf einem CAD-Modell mit diskrettem Rechengitter



**Bild 2** Bereits in der Vorkonstruktionsphase wurden seitliche Strömungsabrisse erkannt: Das Problem wurde mithilfe einer konstruktiven Veränderung schnell gelöst

Daniel Hipp  
Eisenmann Thermal Solutions  
GmbH & Co. KG  
71032 Böblingen

E-Mail: [daniel.hipp@eisenmann.com](mailto:daniel.hipp@eisenmann.com)  
[www.eisenmann.com](http://www.eisenmann.com)

Keywords: Strömung, Simulation,  
Kühlprozess, Schroffkühlung, Automobil

Hochtemperaturöfen für die Herstellung von Pulvermetallprodukten haben in aller Regel einen großen Absatzmarkt in der Automobilindustrie. Ein wesentlicher Einflussfaktor für die späteren Produkteigenschaften liegt im Kühlprozess. Mit Methoden der numerischen Strömungssimulation und der computergestützten Lösung von Gleichungssystemen werden die Anforderungen an Durchsatz und Qualität abgesichert und validiert. Als eine Anwendungsmöglichkeit wird im Folgenden die Strömungsoptimierung einer Schroffkühlung beschrieben. Andere Anwendungsmöglichkeiten werden im Anschluss diskutiert.

In der Automobilindustrie und anderen technischen Branchen gelten bekanntermaßen sehr hohe Anforderungen bezüglich Standardisierung, Reproduzierbarkeit, Produktionssicherheit und Verfügbarkeit. Bestmögliche Produktqualität ist ein Muss. Ein entscheidender Vorgang bei der Herstellung von Werkstücken aus Pulvermetall ist die Phase, in der die Graphit-Werkstückträger aus der Heizzone des Rollenofens mit über 900 °C durch das Schleusensystem in die Schroffkühlung gelangen.

Denn nach dem Sintervorgang beeinflusst der Abkühlgradient die Produkteigenschaften, also Verzug, Gefügestruktur und Festigkeit. Eine hohe Abkühlrate führt dabei zu sehr harten und spröden Werkstoffen. Mildere Raten ergeben duktilere Werkstoffe. Um die Kühlgradienten möglichst genau und reproduzierbar kontrollieren zu können, sind eine definierte Strömungsführung des Kühlmediums auf die Werkstücke und die Einstellung der optimalen Strömungsgeschwindigkeit entscheidend.

Ein Ventilator sorgt für die Umwälzung der Ofenatmosphäre in der Schroffkühlzone, ein Wärmetauscher entzieht thermische Energie. Ziel ist es, den konvektiven Wärmeübergang auf das Produkt zu maximieren. Das Strömungsverhalten des zirkulierenden Gases ist der wesentliche Faktor für die Ef-

fizienz der Kühlung, um mit einer möglichst geringen Gasmenge die vorgegebene Abkühlrate des Produkts zu erreichen.

Gemeinsam mit dem Kunden werden zunächst die Randbedingungen und Prozessparameter erörtert, dann kommen die Konstrukteure auf die Simulationsexperten zu. Die Simulation basiert auf einem zu erstellenden repräsentativen Modell. Hierfür wird der zu untersuchende Ofenbereich ausgewählt und auf Basis eines hinreichend exakten CAD-Modells ein diskretes Rechengitter generiert.

Dafür werden Finite-Volumen-Elemente verwendet. Hier sind höchste Sorgfalt und Routine notwendig, denn ein zu grobes Gitter könnte lokale Strömungseffekte nicht auflösen, während ein zu feines Gitter enorme Rechenzeiten erfordern würde. Dem generierten Volumenkörper werden anschließend physikalische Eigenschaften und Zustandsgleichungen zugewiesen.

Das zu berechnende Ofensegment muss alle relevanten Strömungsphänomene abbilden, denn davon hängt die Qualität und Abbildungsgüte der später erhaltenen Strömungsbilder maßgeblich ab. Für die Simulation größerer Ofenbereiche sind mitunter sehr hohe Rechenleistungen notwendig. Um Rechenzeit zu sparen, wird bei solch aufwendigen Untersuchungen in der Regel

auf Hochleistungs-Workstations oder HPC-Clustern gerechnet.

Basis für die iterative Berechnung der Differenzialgleichungen des Strömungsmodells sind die dem System vorgegebenen Randbedingungen. Im beschriebenen Fall der Schrofkkühlung sind das beispielsweise Ventilatorendrehzahlen bzw. Volumenströme, Temperaturen sowie die Leistung der Wärmetauscher. Mithilfe der Simulationen kann der Ist-Zustand des Ofens abgebildet und eine Strömungsberechnung mit den Prozessparametern durchgeführt werden. Simuliert wird die jeweilige Temperatur der Werkstücke beispielsweise nach 5, 20 und 50 s. Anhand der Strömungslinien werden Probleme im Prozess ersichtlich – zum Beispiel, wenn Produkte nur unzureichend umströmt werden.

Durch Simulation eines Szenarios mit geänderter Luftführung kann die Strömung zugunsten einer deutlich effizienteren Abkühlung der Produkte beeinflusst werden. Im vorliegenden Fall wurde bereits in der Vorkonstruktion erkannt, dass ein kleiner Spalt einen seitlichen Strömungsabriss verursacht. Mithilfe einer konstruktiven Veränderung konnte die Luftströmung optimiert und das Problem schnell gelöst werden.

Der Weg zum optimalen Ofen für den Betreiber beginnt also in der Zusammenarbeit mit dem Anlagenbauer, und dort mit der Kooperation von Konstruktion und Simulation. Kundenspezifikationen und Randbedingungen werden geprüft, sodass später in der Produktion gegebenenfalls auftretende Schwierigkeiten frühzeitig detektiert und mit konstruktiven Veränderungen schon vor der realen Anwendung verhindert werden. Auch Probleme mit bestehenden Anlagen können per Simulation detektiert und korrigiert werden.

**Von Simulationen vielfach profitieren**

Die Auslegung und Optimierung der Ofentechnik durch Simulationen der Fluidodynamik mit begleitenden Messungen zur Validierung der Modelle ist eine Spezialität von Eisenmann Thermal Solutions. Das Böblinger Unternehmen für Anlagenbau ist führend in der Entwicklung und Realisierung von Durchlauf- und diskontinuierlichen Öfen im Hochtemperaturbereich.

Eisenmann ist Spezialist für viele unterschiedliche Systeme: Aus vielfältigen

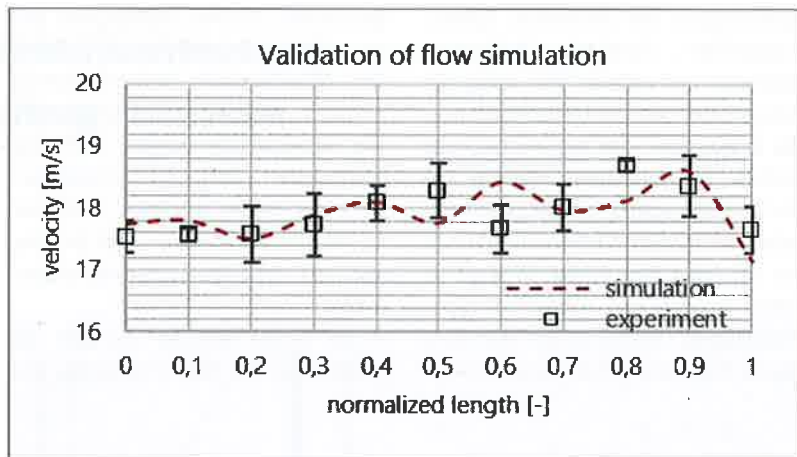


Bild 3 Validierung der Strömungssimulation

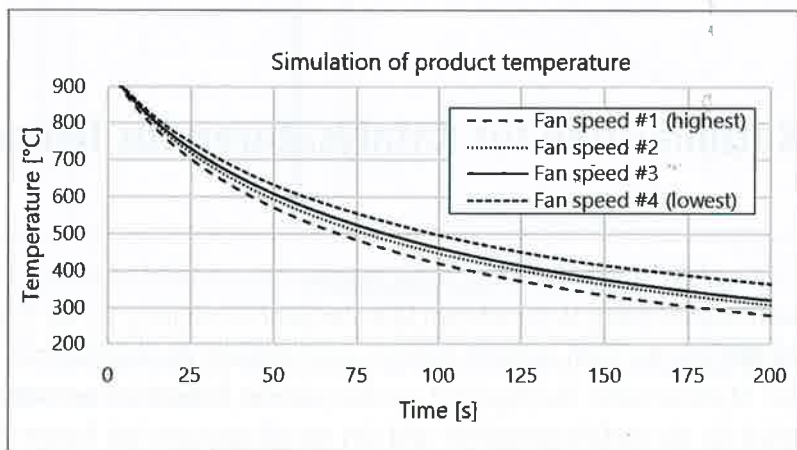


Bild 4 Simulation der Produkttemperatur bei unterschiedlichen Ventilatoren-Drehzahlen



Bild 5 Eisenmann One-Solution Sinterofen

Konstruktionen wie Rollenherd-, Tunnel-, Schubplatten-, Durchstoß-, Hubbalken-, Hubboden- und weiteren Öfen verfügt der Anlagenbauer über ein breites Know-how, das in jede Neu- oder Weiterentwicklung einfließt. Die konsequente Einbeziehung der Simulation verknüpft dieses Erfahrungswissen mit modernen Modellierungsansätzen und liefert dem Kunden so bereits in frühen Projektphasen wertvolle Prozessinformationen. Hierbei besitzt Eisenmann weitere Referenzen bei der Herstellung von

keramischen Sensoren, Partikelfiltern oder der oxidativen Behandlung von Carbonfasern. Modellbasiertes Design-Engineering verspricht Anlagenbetreibern technische und wirtschaftliche Benefits. Frühzeitige Informationen über das „Innenleben“ des Ofens werden visualisiert. So können Korrekturen vorgenommen und die Qualität und Produktionssicherheit gewahrt werden.

In der Summe bedeutet dies Zeit- und Kostenersparnisse beim Engineering, eine

effiziente Kooperation mit der Konstruktionsabteilung sowie die schnelle und zuverlässige Entscheidungsfindung bei der Suche nach dem bestmöglichen Ofenkonzept.

Bei der Inbetriebnahme neuer Hochtemperaturöfen werden die vom Kunden vorgegebenen Spezifikationen schnell erzielt. So kann Eisenmann bereits in der Angebotsphase darstellen, auf welchem Wege der Kunde den optimalen Produktionszustand zügig erreicht.

## Kalzinieröfen für Katalysatoren für Temperaturen über 600 °C

Die umfassende Kompetenz in der thermischen Verfahrenstechnik, im Materialhandling und der Prozessautomation beim Unternehmen Münstermann ermöglicht es, die Schnittstellen für Kunden bei Projekten zu minimieren. Zum anderen können auch größere Werksabnahmen oder FAT (Factory Acceptance Test) bei Münstermann durchgeführt werden, da die Entwickler der Automationssysteme und die Konstrukteure für die Verfahrenstechnik und das Handlingsystem bei Fragen direkt vor Ort zur Verfügung stehen.



**Bild Kalzinieröfen in der Produktion des Kunden**

Johnson Matthey/GB stellte insbesondere hinsichtlich der Gasdichtigkeit spezielle Anforderungen. Das Projekt beinhaltet die Entwicklung, Konstruktion und Fertigung von Öfen bis über 600 °C für die Herstellung von keramischen Wabenkörpern, wie

sie bei der Herstellung von Katalysatoren eingesetzt werden.

### Zyklen und garantierte Dichtigkeit

Die Öfen sind Teil einer Produktionserweiterung. Zwei Anforderungen an die Anlagen machen das Projekt zu einem sehr speziellen. Zum einen beträgt die Temperatur über 600 °C, zum anderen müssen die Kammern wegen der Atmosphäre im Inneren der Öfen absolut gasdicht sein.

Richtig kompliziert aber wird die Anwendung erst durch maximale Anzahl an erlaubten Zyklen (Aufheizen auf Maximaltemperatur und Kühlen auf Umgebungstemperatur), nach denen die Kammern immer noch garantiert gasdicht sein müssen.

### Gehäuse und Türen

Neben vielen kleinen Speziallösungen lag der Schwerpunkt der Entwicklung auf dem

Gehäuse und der Abdichtung der Türen. Man kann sich vorstellen, dass bei tausenden Zyklen bei solch hohen Temperaturen und bei Gasdichtigkeit ganz besondere Anforderungen an den Aufbau des Gehäuses und die Schweißnähte bestehen.

Statische Berechnungen und Simulationen führten zu einer Gehäuseform, die nur minimale Verspannungen zulässt. Die Türen wurden mit einer Sperrgasdichtung ausgestattet, die darüber hinaus über individuelle Wasserkühlungen gekühlt werden.

*Bernd Münstermann GmbH & Co. KG*  
48291 Telgte

E-Mail: [info@muenstermann.com](mailto:info@muenstermann.com)  
[www.muenstermann.com](http://www.muenstermann.com)

Keywords: Kalzinieröfen, keramische Katalysatoren, Gasdichtigkeit

## Superior Products via Flow Simulation

D. Hipp

High-temperature furnaces for the creation of powder metal products generally have important key markets in the automotive industry. An essential parameter for the subsequent product properties is represented by the cooling process. By means of computational fluid dynamics and computer-aided solutions, the requests for product throughput and quality are investigated and verified. As one application, the flow optimisation in a rapid cooling process is analysed subsequently.

In the automotive industry and further technical sectors, the demands for standardisation, reproducibility, production reliability and availability are very high. Best-possible product quality is an absolute must. The rapid cooling segment constitutes an important process step during the production of powder metal parts. From the heating zones of a roller hearth furnace, graphite carriers get into the cooling zone through a sluice system. The product's cooling gradient then determines the product properties, thus distortion, microstructure and strength. High cooling rates lead to hard and brittle materials, mild rates yield more ductile materials. To control the cooling gradients as precise and reproducible as possible, a well-defined and identified flow guidance of the cooling medium and the optimum flow velocity is essential.

In the rapid cooling zone, a circulation fan serves for the continuous agitation of the atmosphere. A heat exchanger is used for the heat dissipation. The main challenge is

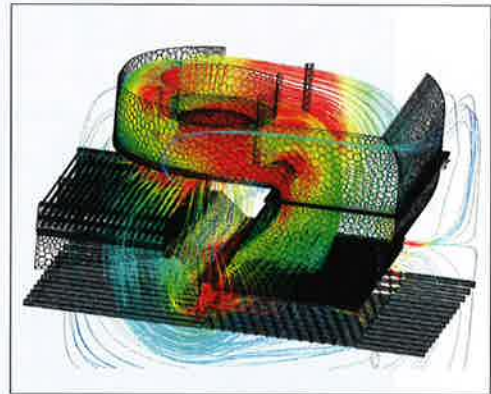
to maximise the convective heat transfer from gas to product. Therefore, the flow condition of the circulating gas is a key factor for the cooling efficiency in order to reach a specified cooling gradient with a preferably low circulating gas rate.

At the beginning of a simulation study, boundary conditions and process parameters of the investigated furnace sections are reconsidered together with the customer. After that, basic ideas are discussed with the design department and a CAD model with sufficient accuracy is created. This representative model generates the framework for the preparation of a discrete computational grid with finite-volume elements. High emphasis should be taken to this step as a too rough grid could neglect local flow effects and a too fine grid results in huge computation times.

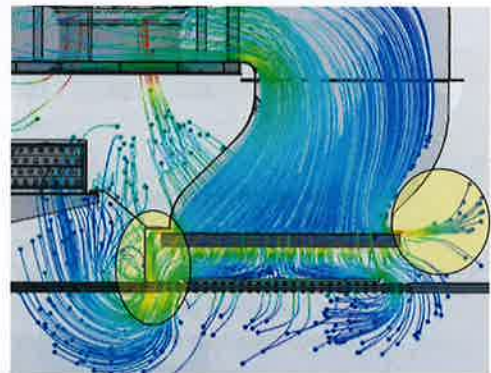
Furthermore, the discretized bodies are assigned with physical properties and constitutive equations. Generally, the relevant discretized furnace segment has to indicate all significant flow phenomena to achieve a high reliability of the simulation results. For complex analyses, high performance workstations and clusters are used in order to save computation time.

As mentioned at the beginning, given boundary conditions are necessary for the iterative solution of the differential equation systems. For the rapid cooling process, the conditions are rotational fan speed respectively volume flow, temperatures or magnitude of heat transfer.

As a possible study, the temperature distribution after 5, 20 or 50 s respectively can be predicted. The evaluation of the streamlines discovers inappropriate design parts, for example in the illustrated case where the vertical flow onto the product is negatively influenced by small gaps at the channel sides. As this loss in cooling efficiency can be detected in the design phase, the construction can be adjusted and optimised at an early stage.



**Fig. 1** The flow simulation is based on a CAD model with a discrete computational grid



**Fig. 2** In the present case, the vertical flow onto the product is negatively influenced by small gaps: the construction could be optimised and the problem solved quickly

Daniel Hipp  
Eisenmann Thermal Solutions  
GmbH & Co. KG  
71032 Böblingen  
Germany

E-mail: [daniel.hipp@eisenmann.com](mailto:daniel.hipp@eisenmann.com)  
[www.eisenmann.com](http://www.eisenmann.com)

Keywords: fluid dynamics, flow simulation, cooling, rapid cooling, automotive

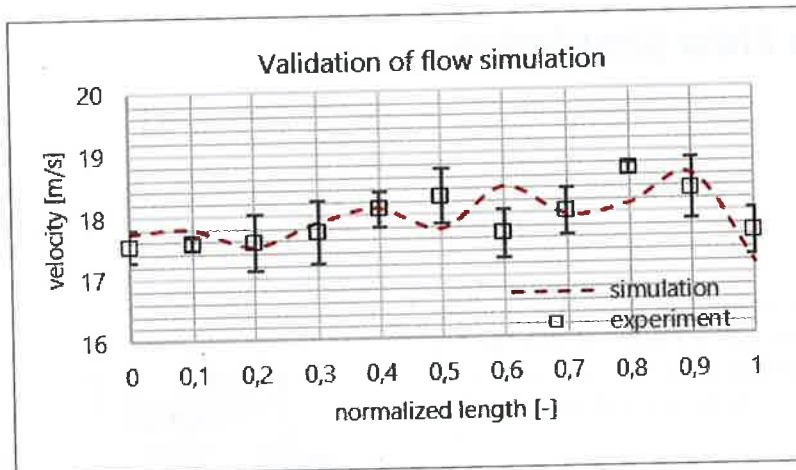


Fig. 3 Validation of flow simulation

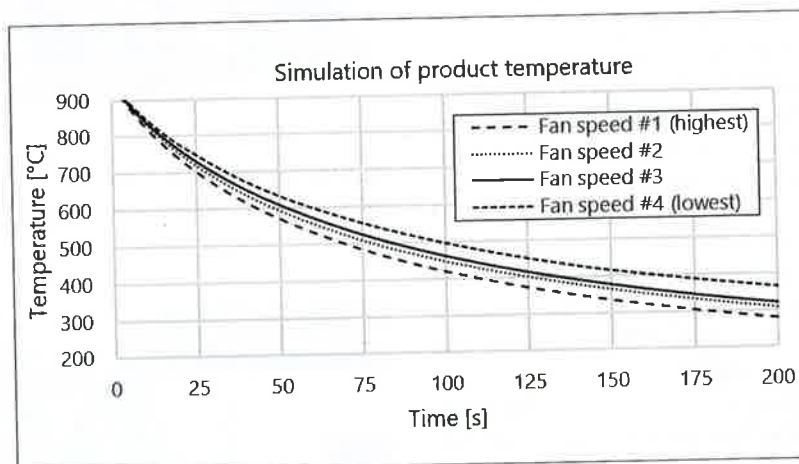


Fig. 4 Simulation of product temperature at different fan speeds



Fig. 5 Eisenmann One-Solution sintering kiln

Hence, the steps to an optimum furnace rest upon the cooperation between furnace operator, plant engineering, design and simulation department.

Customer specifications and boundary conditions are investigated accurately so that occurring process inconsistencies can be detected very early before running the process in production mode. Certainly, thermal and flow problems at existing furnaces can be identified and corrected via simulation.

### Multiplex benefit by simulation

The simulation-based dimensioning and optimisation of furnace technology accompanied by measurements for validation of the simulation models is a speciality of Eisenmann Thermal Solutions.

The plant engineering company which is based in Böblingen is a technical leader in the development and realisation of continuous and discontinuous furnaces in the high-temperature sector, like roller hearth, shuttle, pusher type, lifting bar, lift-bottom and other furnaces. So, the manifold constructions have brought a large know-how which is incorporated in every new product development or in advancements of existing technology.

The consequent inclusion combines the expert know-how with state-of-the-art modeling approaches and thus provides the customer with useful process information at an early project phase. Eisenmann holds a lot of additional simulation references in thermal processes regarding ceramic sensors, particle filters or oxidative treatment of carbon fibres.

Model-based design-engineering promises technical and commercial benefits to the plant operators. Early information about the "inner life" of a furnace are visualised so that possible flow and temperature problems can be identified and both quality and production reliability can be secured. Finally, this implies time and cost savings for engineering, efficient cooperation with design department as well as fast and reliable decision-making for the best-possible furnace solution.

At commissioning of novel high-temperature furnaces, the customer specifications can be obtained quickly. So, Eisenmann is able to give guidelines for the optimum production parameters to their customers, already in the proposal phase.