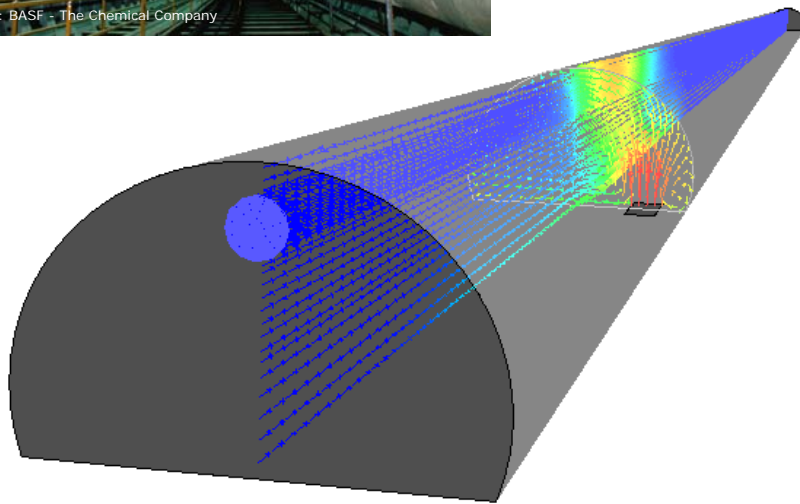




## STRÖMUNGSSIMULATION IM TUNNELBAU



Quelle: BASF - The Chemical Company



### Anwendungsgebiete

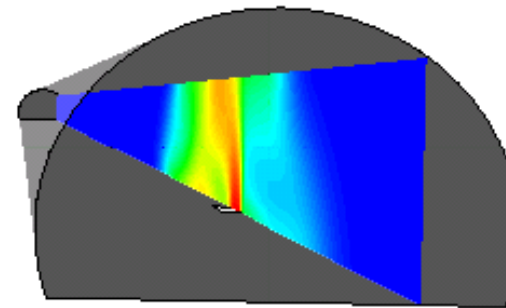
- Brandschutz
- Rauchausbreitung
- Tunnelbelüftung
- Energieoptimierung
- Prognosen zur Konzepterstellung



## CFD IM TUNNELBAU

### Mit Strömungssimulation und Temperaturberechnung die Sicherheitsvorkehrungen optimieren

Seit einigen Jahren veröffentlicht der deutsche Automobilclub ADAC jährlich eine Studie über die Sicherheit europäischer Tunnel mit oftmals erschreckenden Ergebnissen. Die negativen Sicherheitsbilanzen resultieren häufig aus den hochkomplexen technischen, sowie personellen Maßnahmen, die bei einem Brandausbruch einzuleiten sind. Dabei erweist es besonders schwierig, das Ausmaß eines Brandes einzuschätzen, da sowohl Technik als auch Personaleinsatz kaum unter realistischen Bedingungen erprobt werden können.



Um der Gefahr, die von solchen Tunnelbränden ausgeht, effektiver vorbeugen, Brandschutzmaßnahmen auf Wirkung überprüfen und im Unglücksfall gezielte Maßnahmen ergreifen zu können, ist eine **genaue Kenntnisse des Brandverhaltens** unverzichtbar. Dazu sind aufwendige und sehr kostspielige Tests nötig, bei denen oft nicht alle Eventualitäten erfasst werden können.

Die komplexen, dynamischen und dreidimensionalen Daten, die einen Tunnelbrand physikalisch beschreiben, kann die Strömungssimulation (Computational Fluid Dynamics, CFD) mit vergleichsweise kostengünstigem und vertretbarem Aufwand liefern. **CFD visualisiert alle Daten eines Brandes**, wie Temperaturverteilung, Strömungsgeschwindigkeiten, Druckgefälle und Rauchausbreitung. Dabei können **verschiedene Szenarien** - von der achtlos weggeworfenen Zigarette bis hin zur Kollision zweier Tanklastwagen - berechnet werden. Auch Variationen der sich im Tunnel befindlichen Fahrzeuge lassen sich leicht durchspielen (so kann beispielsweise die Frage, wie sich die Rauchausbreitung sonntags ohne LKWs im Tunnel verhält, beantwortet werden).

### Brandverhalten in verschiedenen Szenarien vorhersagen

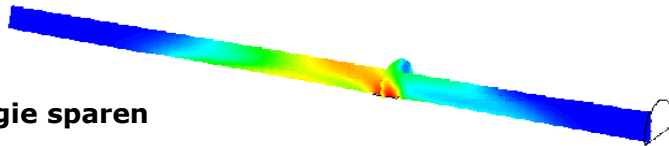


Die CFD-Analyse liefert somit entscheidende, oft lebensrettende Daten für die Bekämpfung von Tunnelbränden und gibt **verlässliche Prognosen** für folgende Fragestellungen:

- Mit welcher **Geschwindigkeit** breiten sich Hitze und Rauchgase aus?
- **Wo konzentrieren sich Rauchgase** und nach welcher Zeit wird Helfern und Opfern jegliche Sicht genommen?
- Wie sollte **Anzahl und Position von Notfallschächten** verteilt sein, um eine möglichst sichere Selbstrettung zu garantieren?
- Wie wird verhindert, dass **Rauch in die Fluchtwege** gelangt?
- Wie effektiv sind **Belüftungsventilatoren, Rauchabzugssysteme und Sprinkleranlagen** in unterschiedlichen Szenarien?  
Wo müssen diese **optimal platziert** werden?  
Mit welcher Leistung müssen die Ventilatoren **im Normalbetrieb und bei verschiedenen Brandszenarien** gefahren werden?

Durch diese Erkenntnisse können Rettungsmaßnahmen für unterschiedliche Szenarien sinnvoll und fundiert geplant werden, sowie technische Systeme auf die jeweiligen geometrischen und umgebungsbedingten Eigenschaften des Tunnels abgestimmt werden. All diese Faktoren können sowohl vor dem Bau als auch zu Optimierungszwecken virtuell und im Vergleich zu anderen Verfahren kostengünstig auf einander abgestimmt werden.

## Fundiert und sicher Energie sparen



Zusätzlich können aus dem Verständnis der sich einstellenden Strömungsverhältnisse Lösungen gefunden werden, die trotz höchster Sicherheit die **Investitions- und Betriebskosten senken**. Ein Beispiel: Eine Studie des Fraunhofer IRB zeigte, dass die kritische Strömungsgeschwindigkeit der Frischluftzufuhr, die eine Rauchausbreitung in die Fluchtwege verhindert für die spezifischen geometrischen Eigenschaften des untersuchten Tunnel rund 20% unter der PIRAC-Empfehlung lag. Das hier ein enormes Potential zur Energiekosteneinsparung liegt, ist einleuchtend. Problematisch wird dies allerdings, wenn der umgekehrte Fall eintritt. Da PIRAC die spezifischen Geometrien verschiedener Tunnel außer Acht lässt, können die Strömungsgeschwindigkeiten unter Umständen auch als zu niedrig eingeschätzt werden.

Die Strömungssimulation ist ein vergleichsweise zu Tests erheblich kosten- und zeitsparendes Mittel, um solche Situationen für die spezifischen Eigenschaften eines Tunnels abzuprüfen. Schwachstellen werden vor dem Einbau bzw. der Installation technischer Belüftungs- und Schutzsysteme aufgefunden und virtuell optimiert. All das macht CFD zu einer Notwendigkeit für den **Belüftungsoptimierung und Brandschutz** im Tunnelbau.

## DIE VORTEILE VON CFD AUF EINEN BLICK



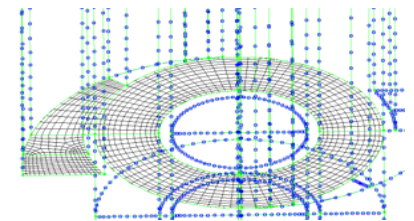
- Enorme **Kosten- und Zeitersparnis** gegenüber Versuchen
- Zuverlässige **Prognosen und Analysen für verschiedene Brandszenarien** (Volumenbrände, Flächenbrände, verschiedene Brandherde)
- Untersuchung des **Einflusses von Sicherheitsanlagen** auf Brandentwicklung und Rauchausbreitung
- **Überprüfung der Schutzziele**
- Detailgetreue Wiedergabe von spezifischen Raumgeometrien und physikalischen Eigenschaften des Brandes
- Darstellung und **Validierung von Konzepten**
- Berücksichtigung von Turbulenz und Wärmeübertragung durch Konvektion und Strahlung
- **Dreidimensionale, dynamische Daten** (Werte und Visualisierung)

## DIE SPEZIALISTEN

**Dr. Axel Müller – HTCO** ist ein Unternehmen, das sich auf numerische Simulation (CFD) von Flüssigkeits- und Gasströmungen, sowie Temperaturberechnungen spezialisiert hat. Aufgrund unserer **20-jährige Expertise** auf diesem Gebiet konnten wir schon einigen Firmen aus helfen, ihre Gebäude und Produkte energie- und sicherheitstechnisch zu optimieren.

Durch gezielte Untersuchungen der Strömungs- und Wärmeverhältnisse innerhalb von Gebäuden, Räumen oder Städten konnten neue Erkenntnisse gewonnen und **fundierte, sichere Lösungen** gefunden werden.

Auf unserer Homepage unter **www.cfd-fem.com** finden sie weitere Informationen, Projektbeispiele, sowie Fachartikel über Strömungssimulation.



Dr. Axel Müller – HTCO

Rabenkopfstr. 4 • D - 79102 Freiburg

Telefon +49 761 409 88 83 • Fax +49 761 409 88 81 • mail@cfdfem.com

www.cfd-fem.com