

# **Auswahl aktueller Forschungsprojekte am MATHEON**

## **Gesundheitsforschung und Medizintechnik**

### **MATHEON in der Chirurgie**

Kieferchirurgische Eingriffe sind häufig sehr kompliziert und haben große Auswirkungen auf das Aussehen der Patienten. Bisher ließ sich jedoch nicht genau voraussagen, ob das Ergebnis einer Operation mit dem übereinstimmen wird, was der Arzt geplant hat. Mit Hilfe der computerunterstützten Operationsplanung lassen sich unangenehme Überraschungen vermeiden. Mitarbeiter des MATHEON entwickeln Methoden, um aus computertomografischen Daten anatomisch genaue 3D-Objekte oder so genannte „virtuelle Patienten“ herzustellen. Mit Hilfe dieser Modelle können die Ärzte Operationen detailliert planen. Selbst die Ergebnisse von schwierigen Eingriffen lassen sich so millimetergenau vorhersagen.

### **MATHEON in der Onkologie**

Jährlich sterben in Deutschland 210.000 Menschen an Krebs. Der Bedarf an innovativen, wirksamen Therapien ist groß. Eine Möglichkeit, tief liegende, inoperable Tumore zu behandeln, ist die Hyperthermie: Das Tumorgewebe wird durch Hitzeeinwirkung geschwächt. Dabei besteht allerdings die Gefahr, dass auch gesundes Gewebe angegriffen wird. Das lässt sich nur vermeiden, wenn der Therapeut die Wärmeentwicklung genau dosieren und steuern kann.

Wie aber wird die Wärme in verschiedenen Gewebetypen und in den Blutgefäßen gespeichert und weiter geleitet? Mitarbeiter des MATHEON beschäftigen sich mit dieser Frage. Sie entwickeln mathematische Modelle, mit deren Hilfe sich die Wärmeverteilung simulieren und optimieren lässt.

### **MATHEON in der Radiologie**

Moderne bildgebende Verfahren in der Medizin liefern eine Unmenge an Daten. Diese Daten werden durch Softwareprogramme wieder zu Bildern zusammen gesetzt, die dem Arzt erlauben sollen, eine möglichst eindeutige Diagnose zu stellen.

Wie verlässlich sind solche Bilder? Welche Daten sind real, welche sind messungsbedingtes Rauschen? Forscher am MATHEON liefern überzeugende mathematische Lösungsansätze für diese Fragen.

## **MATHEON in der Pharmakologie**

Zu Risiken und Nebenwirkungen fragen Sie Ihren Mathematiker: Wie gut ein Arzneistoff wirkt, hängt auch davon ab, wie rasch er vom Körper aufgenommen wird, wie er sich im Organismus verteilt und wieder ausgeschieden wird.

Diese so genannten pharmakokinetischen Eigenschaften spielen eine wichtige Rolle bei der Entwicklung von Medikamenten. Allerdings bringt die Pharmaforschung so viele potenziell wirksame Substanzen hervor, dass es unbezahlbar wäre, ihre pharmakokinetischen Eigenschaften an Tier und Mensch zu testen.

Mathematiker des MATHEON suchen deshalb nach Wegen, um komplexe Stoffwechselfvorgänge am Computer zu simulieren. Sie berechnen das Verhalten von Arzneistoffen im Körper und versuchen Wirkungsabläufe am Computer vorherzusagen.

## **MATHEON in der Molekularbiologie**

Moleküle zappeln und tanzen. Bei der Entwicklung neuer Medikamente kommt es darauf an, den Punkt zu bestimmen, wo ein Molekül an ein anderes ankoppeln kann. Wissenschaftler am MATHEON sind Experten für die Erstellung von mathematischen Methoden für die thermodynamische Simulation von Molekül-Interaktionen.

Mit ihrem Verfahren ist es möglich, bei gegebener dreidimensionaler Targetstruktur einen passenden Wirkstoff zu konstruieren, den Bindungsmodus festzustellen und den Wirkungsmechanismus zu analysieren. Damit ist ein gezieltes Drug Design ebenso möglich wie eine Prognose der Wirkung.

## **Dienstleistungen**

### **MATHEON in der Logistik**

Zeit ist Geld. Das gilt besonders für die Liegezeit von Containerschiffen im Hamburger Hafen, einem der größten Frachtumschlagplätze der Welt. Damit die Schiffe schnell be- und entladen werden können, bedarf es einer ausgeklügelten Logistik. Unbemannte Fahrzeuge, so genannte „automated guided vehicles“ (AGVs) transportieren die Container. Um die Fahrrouten und Fahrziele dieser Fahrzeuge zu optimieren, hat die Hamburger Hafen und Logistik AG nach mathematischen Lösungen gesucht. Forscher am MATHEON haben sie gefunden.

### **MATHEON im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV)**

Öffentliche Verkehrsmittel sollen pünktlich sein, gut ausgelastet, aber nicht überfüllt. Die Fahrgäste sollen so selten wie möglich umsteigen müssen. Kleine Verspätungen

dürfen sich kaum auf den Fahrplan auswirken. Außerdem sollen Fahrkarten billig sein und der Betrieb der Busse und Bahnen darf die Allgemeinheit wenig kosten. Damit das möglich ist, arbeiten mehrere Arbeitsgruppen des MATHEON daran, Linien- und Fahrpläne des öffentlichen Nahverkehrs zu optimieren. In enger Zusammenarbeit mit Verkehrsunternehmen entwickeln die Forscher am MATHEON Lösungsmethoden, die die Planer bei ihrer Arbeit unterstützen. Kooperationen bestehen zum Beispiel mit der Deutschen Bahn AG und städtischen Verkehrsbetrieben, wie der BVG und den Verkehrsbetrieben in Potsdam.

### **MATHEON in der Finanzwelt**

Wetten Sie auf Klima? Forscher am MATHEON machen das! Hedging von Klimarisiken nennt sich das und hilft beispielsweise Versicherungen, ihr Risiko zu verringern. Auch wer an der Börse spekuliert, möchte sein Verlustrisiko möglichst gering halten. Doch wie sicher Aktiengeschäfte sind, hängt von vielen Faktoren ab: von der tatsächlichen Entwicklung der dotierten Unternehmen, von gerade kursierenden Börsengerüchten und vor allem von vielen psychologischen Effekten. Mathematiker am MATHEON beschäftigen sich mit der Vorhersage von Kursen und dem Finden von optimalen Hedge-Strategien. Darüber hinaus entwickeln sie numerische Verfahren, um die komplexen und theoretisch gefundenen Erkenntnisse auf dem Computer umzusetzen.

## **Informations- und Kommunikationstechnologie**

### **MATHEON in der Telekommunikation**

Leider keine Verbindung. Damit Sie von solchen Sätzen verschont bleiben und jederzeit und überall mit dem Mobiltelefon erreichbar sind, müssen z.B. zahlreiche Empfangs- und Sendestationen optimal platziert werden. Schon bei der strategischen Planung der Netze müssen eine Vielzahl von Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Rechtliche und betriebliche Bedingungen müssen ebenso in Planung einbezogen werden wie die Feinheiten der jeweiligen Technologie.

Die von MATHEON-Wissenschaftlern entwickelten Algorithmen ermöglichen eine effiziente Analyse und Leistungsbewertung, die Entwicklung und Erprobung neuer Planungsmethoden, die Optimierung der Netze und der Netzabdeckung, die Kapazitäts- und Frequenzplanung sowie die Optimierung von Multi-Technologie-Netzen.

### **MATHEON im Kino**

Ohne Mathematik wären Matrix oder Spiderman nie entstanden. Viele Kinofilme und alle Computerspiele bestehen aus einer Vielzahl virtueller Bilder. Solche Bilder können nur dank moderner Algorithmen in der geforderten Schnelle und hohen Qualität

erzeugt werden. Um die Entwicklung immer schnellerer Algorithmen ist ein weltweiter Wettkampf ausgebrochen. Der derzeit schnellste Algorithmus kommt aus dem MATHEON.

## **Werkstofftechnologie**

### **MATHEON in der Materialforschung**

Formgedächtnismaterialien (shape-memory materials) haben eine besondere Eigenschaft. Sie lassen sich leicht dauerhaft verformen, erinnern sich aber an ihre ursprüngliche Form und finden durch Wärmezufuhr oder Anlegen eines elektromagnetischen Feldes in diese ursprüngliche Form zurück. Aus den Materialien lassen sich unterschiedliche Produkte herstellen, die besonders in der Medizin eine immer größere Rolle spielen – zum Beispiel in der Kieferorthopädie oder bei der Blutgefäßweiterung durch Stents.

Eine Forschergruppe am MATHEON untersucht diese Materialien aus mathematischer Sicht. Mit welchen numerischen Algorithmen lässt sich das Verhalten dreidimensionaler Bauteile berechnen? Wie lässt sich das Verformungsverhalten optimieren? Welche Materialtypen sind für welche Anwendungen am besten geeignet?

### **MATHEON in der Phasentrennung**

90 Prozent aller Defekte in elektrischen und elektronischen Geräten werden durch Mängel der Lötverbindungen auf den Platinen verursacht. Diese Lötkekeln sind starkem thermomechanischen Stress unterworfen, der zu einer Entmischung der Bestandteile der verwendeten Legierung führt.

Am MATHEON werden Phasentrennungsvorgänge mit dem Ziel modelliert, solche Vorgänge numerisch zu simulieren und die Lötprozesse zu optimieren.

## **Mikrosystemtechnik**

### **MATHEON in der Chipproduktion**

Von der Digitalkamera bis zur Waschmaschine - in fast allen elektronischen Geräten finden sich heute Halbleiter-Chips. Diese werden speziell für die jeweilige Anwendung entwickelt und erfüllen unterschiedlichste Funktionen. In jeder neuen Generation von Geräten werden diese Chips kleiner. Deshalb müssen die Hersteller bei der Konstruktion immer mehr physikalische Effekte berücksichtigen. Das Problem dabei:

Die Effekte lassen sich zwar einzeln mathematisch beschreiben. Aber wie wirken sie zusammen?

Die Herausforderung für die Wissenschaftler am MATHEON besteht darin, mathematische Modelle zu schaffen, die das Zusammenspiel aller physikalischen Effekte berücksichtigen. Darüber hinaus entwickeln sie Algorithmen und Tools, um auf Basis dieser Modelle die Chips immer weiter zu optimieren.

## **Energietechnologien**

### **MATHEON in der Ertragsoptimierung**

Strom schläft nie, verspricht uns die Werbung. Dass das auch stimmt, bedeutet für die Erzeuger und Verteiler von Strom einen hohen Aufwand. Da Strom nur bedingt speicherbar ist, müssen die Kraftwerke so geschaltet sein, dass sie zu Zeiten geringer Last ebenso wie zu Zeiten extrem hohen Bedarfs die Nachfrage befriedigen können. Hierbei spielen verschiedene Faktoren eine Rolle. Es gibt eine Reihe unterschiedlicher Bezugsquellen für die Stromerzeuger, also z.B. Wasser oder Kohlestrom, aber auch schwankende Einspeiser wie Wind oder Photovoltaik. Da auch der Bedarf der Entabnehmer nicht genau eingeschätzt werden kann, besteht für die Erzeuger immer ein gewisses Risiko.

MATHEON-Mathematiker entwickeln deshalb spezielle Risikoabschätzungen und Wahrscheinlichkeitsszenarien, wobei sie auch die Kostenfaktoren mit einbeziehen und optimieren damit einerseits die Ertragssituation der Energieversorger, andererseits die Versorgungssicherheit der Verbraucher. Gleichzeitig tragen sie damit zu einer umweltfreundlichen Stromerzeugung bei.

## **Umweltschutz**

### **MATHEON bei der Bekämpfung von Epidemien**

Kann die Mathematik die Ausbreitung von Tierseuchen verhindern? Wissenschaftler des MATHEON sagen ja! Und zwar mit nichtlinearer Optimierung. Durch eine Modellierung mit Differentialgleichungssystemen werfen sie beispielsweise die Anzahl der für eine Infektion empfänglichen Tiere, die Anzahl infizierter und die Anzahl gestorbener oder auch geheilter Tiere gemeinsam mit Daten zur Ansteckungsrate, der räumlichen Ausbreitung, dem Zeitverlauf der Krankheit, der Inkubationszeit und Migrationseffekte in einen Topf und können damit mittels Simulation und Modellvalidierung sehr eindeutige Aussagen über den Verlauf und die Ausbreitung treffen.

Schließlich ermöglicht das genaue Wissen über das Ausbreitungsverhalten auch die Berechnung optimaler Bekämpfungsstrategien.