



---

**Dr. Julia Orlik, Tjorben Groß, Dr. Jan Hauth, Hans Trinkaus, Andreas Barthlen, Dr. Patrick Lang, Dr. Andreas Wirsen,  
Dr. Christian Salzig, Dr. Alex Sarishvili, Anastasia Migunova, Ferdinand Küsters**

---

# SYSTEMANALYSE, PROGNOSE UND REGELUNG

- **SYSTEMANALYSE UND REGELUNG**

Entwicklung modellbasierter Monitoringsysteme und Regelungsstrategien sowie deren Hardware-Integration

- **DATA MINING UND ENTSCHEIDUNGSUNTERSTÜTZUNG**

Entwicklung datenbasierter Prognosetools und visueller Analysetechniken

- **MULTISKALEN-STRUKTURMECHANIK**

Numerische Verfahren zur Berechnung effektiver mechanischer Eigenschaften multiskaliger Materialien



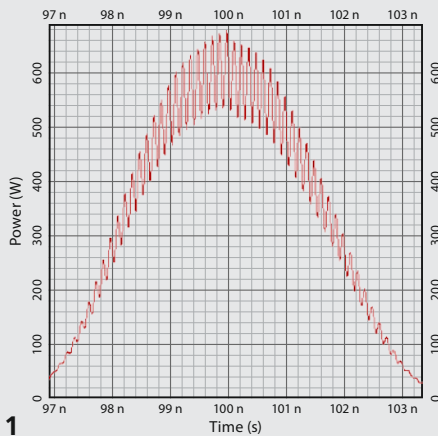


Im Fokus der Abteilung Systemanalyse, Prognose und Regelung stehen Produkte und Prozesse, die sich aufgrund ihrer Komplexität oftmals einer rein physikalischen Modellierung entziehen und in Teilen auf Basis von Messdaten und Expertenwissen beschrieben werden müssen. Hierbei greift die Abteilung auf ihre Kernkompetenzen in der System- und Kontrolltheorie, des Data Mining und der multivariaten Statistik sowie in multiskaligen Analysemethoden zurück.

Anwendungsschwerpunkte sind Energiesysteme mit Themen zur Überwachung und Stabilisierung bei Energieerzeugung und Übertragung, aber auch der Energieeffizienzsteigerung in der Produktion. Auch die Analyse und Verhaltensverifikation elektronischer Steuereinheiten im Hardware-in-the-loop-Kontext sowie von hochintegrierten elektronischen Bauteilen bereits in der Design-Phase, oftmals in Verbindung mit mechanischen Komponenten, stellt einen signifikanten Anwendungsbereich dar. Im Bereich der Medizin spielen Analyse und Bewertung von Omics-Daten im Zusammenhang mit klinischen Verlaufsdaten eine wichtige Rolle bei der Ableitung von Diagnosen, der Prognose von Krankheitsverläufen oder der Bewertung der Therapieeffizienz. Die Analyse und Optimierung verketteter Produktions- und Geschäftsprozesse im Hinblick auf Qualität, Fehlerquellen oder Energieeffizienz gehören ebenfalls zum Spektrum der Abteilung. Im Bereich Material- und Produktdesign werden Modelle zur Vorhersage, Klassifikation und Simulation von Produkt- und Materialverhalten entwickelt, auf deren Basis sich entsprechende Entwurfsentscheidungen ableiten lassen. Einen besonderen Schwerpunkt stellen technische Textilien dar, deren effektive Materialeigenschaften auf Basis mathematischer Homogenisierungsverfahren berechnet und optimiert werden.

In den genannten Anwendungsschwerpunkten werden von der Abteilung sowohl Beratungsdienstleistungen als auch kundenspezifische Softwareentwicklung sowie eigene Produkte angeboten. Während im Berichtsjahr im öffentlichen Bereich die Mittel nicht im ursprünglich geplanten Umfang akquiriert werden konnten, gab es eine Steigerung bei den Wirtschaftserträgen. Neu hinzugewonnene Kontakte im Industrieumfeld als auch eingeleitete Initiativen in der Antragsstellung lassen für 2015 ein deutlich besseres Umfeld erwarten.

Die ausgewählten Projektbeispiele bilden einen Querschnitt über die Anwendungsfelder der Abteilung; im Einzelnen werden die Analyse und Optimierung eines komplexen elektro-optischen Messsystems, die Mehrskalmodellierung gewebter Strukturen und die Unterstützung von Beratungsprozessen dargestellt.

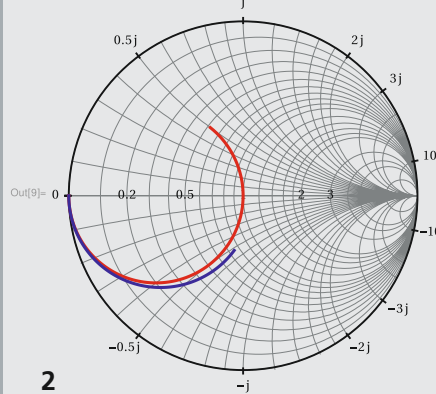


1

```

In[1]= <<AnalogInsydes
<<AnalogInsydes RF
In[3]= H1[s_]:= s / (s^2+s+1);
H2[s_]:= 1 / (s+0.9);
In[9]= SmithPlot[{H1[2*Pi*I*f],H2[2*Pi*I*f]},{f,0.1,1.*^10}]

```



2

## SIMULATION ELEKTRO-OPTISCHER SYSTEME

Bei der Messung und Analyse hochfrequenter elektrischer Signale stößt die herkömmliche Messtechnik an ihre Grenzen. Andererseits verspricht aber der Einsatz höchstfrequenter Signale neue signifikante technische Potenziale, wie etwa riesige Übertragungsraten. Daher ist das Interesse groß, alternative Wege zu deren Messung zu finden, um somit die Entwicklung von Bauteilen zur Generierung, Übertragung und Verarbeitung ultraschneller Signale zu unterstützen.

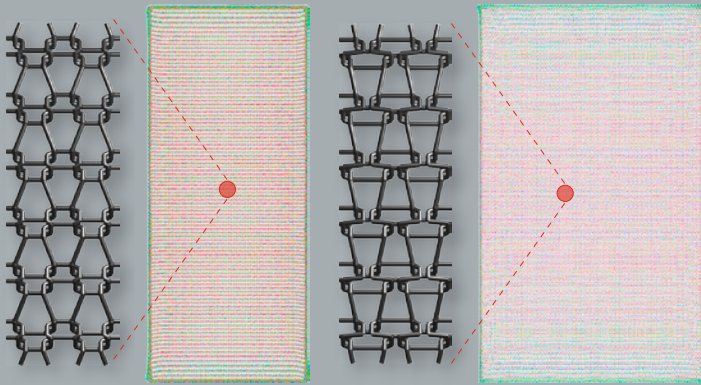
Die am Projekt OptoScope beteiligten Fraunhofer-Institute bauen dabei auf optische Technologien, die seit mehreren Jahren in einer Vielzahl von Projekten gut erforscht werden. Ziel ist es hier, ein aus elektrischen und optischen Bauteilen bestehendes Oszilloskop zu entwickeln, das elektrische Signale im Bereich größer als 100GHz messen und somit das Übertragungsverhalten von in diesen Frequenzbereichen arbeitenden Bauteilen charakterisieren kann.

Dazu wird zuerst ein optischer Puls mithilfe eines neu entwickelten elektro-optischen Modulators mit dem zu messenden elektrischen Signal moduliert. Darauf folgend wird das modulierte optische Signal mittels dispersiver Bauteile in der Zeit gedehnt. Dabei kommen Raman-Verstärker zum Einsatz, mit denen die Leistung des gedehnten Signals über dem Rauschlevel des Systems gehalten wird. Das resultierende, in der Zeit gedehnte und verstärkte Signal kann nun mithilfe von Photodioden elektrifiziert und somit mittels herkömmlicher Messtechnik erfasst werden. Durch das so gemessene elektrische Signal kann in einem letzten Signalverarbeitungsschritt auf das hochfrequente, am Modulator anliegende elektrische Signal zurückgeschlossen werden.

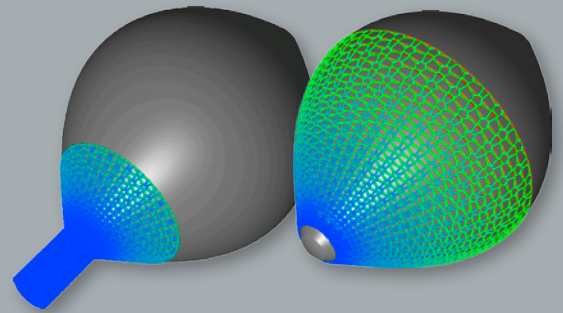
Die Aufgabe des Fraunhofer ITWM im Projekt liegt dabei darin, mit der Modellierung und Simulation der elektrischen sowie optischen Teilkomponenten als auch des Gesamtsystems entscheidende Unterstützung beim Design des am Fraunhofer IPM aufgebauten Prototyps zu liefern. Mittels Simulation wird zuerst die Funktionalität des Prototypen vor seiner Hardwareumsetzung per Simulation analysiert. Anschließend werden alle Teile des Gesamtsystems per Simulation so optimiert, so dass der erste Hardware-Prototyp von Anfang an eine gute Performanz besitzt und somit möglichst keine der kostenintensiven Bauteile im Nachhinein ausgetauscht werden müssen. Neben dem entwickelten elektro-optischen Gesamtsystemmodell wurde für das am Fraunhofer ITWM entstandene EDA-Tool Analog Insydes ein Softwarepaket entwickelt, das die nötigen Funktionen zur Analyse hochfrequenter elektrischer Signale enthält.

1 *Modulierter optischer Puls; dargestellt mit »Optical Time Domain Visualizer«*

2 *SmithPlot des Analog Insydes-Pakets zur Analyse von RF-Signalen*



1



2

## MODELLIERUNG, SIMULATION UND OPTIMIERUNG DER MECHANIK GEWEBTER STRUKTUREN

1 Optimierung der Gestrickgeometrie in Bezug auf die Querkontraktionszahl

2 Aufziehen eines Textils

Im Fokus dieses gemeinsamen DFG-Projektes mit dem Lehrstuhl für Technische Mechanik der Universität Erlangen steht die Simulation und Strukturoptimierung von gewebten oder gestrickten Textilien, von 3D-Gewirken und Fasermaterialien mit heterogener Mikrostruktur unter besonderer Berücksichtigung des Kontakts zwischen einzelnen Fäden oder Fasern. Die Kontaktbetrachtungen führen auf ein nichtlineares Problem, und die unterschiedlichen geometrischen Längenskalen machen eine direkte numerische Simulation sehr aufwendig. Deshalb wird ein Mehrskalenzugang verwendet, der eine Dimensionsreduktion des Problems erlaubt.

Das Problem hat zwei Kleinparameter, wobei der erste das Verhältnis zwischen dem periodischen oder repräsentativen Textilmuster und den Gesamttextilabmessungen und der zweite die Relation zwischen dem Faser- bzw. Garndurchmesser und seiner Länge darstellt. Mathematische asymptotische Methoden im Bezug auf den ersten bzw. zweiten Kleinparameter werden entsprechend Homogenisierung bzw. Dimensionsreduktion genannt. Bei der Homogenisierung wird eine Skalenseparation angestrebt, so dass aus Hilfsproblemen auf einer Periodizitäts- oder repräsentativen Strukturelementarzelle das effektive Materialverhalten für das Gesamttextil abgeleitet werden kann. Die Dimensionsreduktion (Asymptotik in Bezug auf die Faserdicke) reduziert das Textil auf ein Balkennetzwerk, wobei sich die Gesamtverformung als Superposition von Zug, Biegung und Torsion eindimensionaler Balken berechnen lässt. Dabei ist der mechanische Kontakt zwischen den Balken explizit zu berücksichtigen.

Die entsprechenden Berechnungsalgorithmen wurden durch eine um Kontaktprobleme erweiterte Finite-Element-Methode mit Balkenelementen umgesetzt. Neben der Berechnung der effektiven mechanischen Materialeigenschaften für eine Vielzahl bereits existierender gewebter und gestrickter Textilien aus technischen und medizinischen Anwendungen bietet der Ansatz auch das Potenzial zur gezielten Auslegung neuer Textilien mit vorgegebenen mechanischen Eigenschaftsprofilen. Zum Beispiel kann die Erreichung eines bestimmten Spannungsprofils bei einem verformten Gewebe oder Gestrick das Ziel sein, unter Optimierung der lokalen Textilstruktur. In einem Zweischrittverfahren wird iterativ auf Basis des initialen Textildesigns die effektive makroskopische Spannungsverteilung berechnet, mit dem Wunschprofil verglichen und die Differenz durch ein Gradientenverfahren minimiert. Daraus resultiert ein Parametersatz, der eine für diese Anwendung optimale Textilstruktur beschreibt. Auch der Textilveredelungsprozess verschiedener Oberflächen kann simuliert und analysiert werden. Hierdurch lässt sich vorab die Qualität der resultierenden Textiloberfläche bewerten, um so letztlich die Entstehung von Falten und sonstigen optischen Inhomogenitäten zu vermeiden.



## INTERAKTIVE WORKFLOW-UNTERSTÜTZUNG IM E-MAIL-SERVICE

Die alte Telefonzentrale – sei es in einem Unternehmen, in einer öffentlichen Dienststelle, in einem Hotel etc. – hat sich im Verlauf der letzten Jahre vom reinen Telefoncenter zu einem multimedialen Kontaktcenter gewandelt, in dem über Telefon, E-Mail, Fax oder Web eingehende Anfragen gleichermaßen bedient werden. Damit haben sich neben den Informationsansprüchen der Anfragenden auch Aufgabenvielfalt und Komplexität in den Callcentern immer weiter erhöht, so dass dort die »Agenten« zunehmend auf Wissensmanagement-Systeme zugreifen müssen, die sie bei ihrer Arbeit unterstützen.

E-Mails stellen einen stark wachsenden Anteil der Anfragen von Kunden oder Bürgern dar; die Informationssuchenden sollten möglichst zeitnah eine fundierte, auf die individuellen Fragen und Bedürfnisse zugeschnittene schriftliche Antwort erhalten. Die dazu benötigten Informationen bezieht der jeweilige E-Mail-Service aus internen Datenbanken, dem eigenen Internetangebot sowie aus weiteren darin verlinkten Quellen. Wesentlicher Bestandteil der Antworten ist der gezielte Verweis auf die verwendeten Quellen, insbesondere auf die im Internet zu themenbezogenen Fragestellungen bereitgestellten Informationen. Alle Arbeitsschritte werden dabei von Qualitätssicherungsmaßnahmen begleitet. Die Software-Unterstützung des entsprechenden Workflows, die interaktive Bereitstellung passender Dokumente sowie eine automatische Gewinnung relevanter, den speziellen E-Mail-Bearbeitungsprozess charakterisierende Schlüsselbegriffe wurden in einem Projekt des Schwerpunktes »Produktions- und Geschäftsprozesse« realisiert, wobei insbesondere die Auslotung moderner Interaktionsmöglichkeiten seitens der Anwender verfolgt wurde.

Viele Beratungsstellen verwenden umfangreiche Listen von Schlagwörtern (auch zusammengesetzte Begriffe), z. B. bei der Suche nach geeigneten Dokumenten oder zur Steuerung des Workflows. Die Gesamtmenge dieser Schlagwörter repräsentiert ein über lange Zeit gewachsenes umfangreiches Wissen. Das Potenzial dieses Wissens zu nutzen gab den Anstoß zur inhaltlichen Erweiterung und IT-technischen Neuentwicklung eines interaktiven semantischen Kataloges, über dessen Objekte auch auf Synonyme, alternative Schreibweisen, verwandte englische Begriffe und zugehörige Kategorisierungen zugegriffen werden kann. Alle Stationen des E-Mail-Workflows, kombiniert mit vielfältigen Zugriffsmöglichkeiten auf den semantischen Katalog, finden sich in der GUI, orientiert an einem WideScreen. Kleinere oder zusätzliche (Lese-) Bildschirme sind jedoch aufgrund des modularen GUI-Aufbaus ebenfalls verwendbar, Anwender-Interaktionen können per Finger, Maus und Tastatur erfolgen. Die Integration eines Telefon-, Fax- und Chatdienstes ist in der Gesamtkonzeption bereits berücksichtigt.

1 *Graphical User Interface, orientiert an einem »WideScreen«*