



$$(\rho A) \partial_{tt} \mathbf{r} = \partial_s (T \partial_s \mathbf{r} - \partial_s ((EI) \partial_{ss} \mathbf{r})) + \mathbf{f}_{\text{ext}}, \quad \|\partial_s \mathbf{r}\| = 1$$

# Große Schritte fürs kleine Geschäft

Vliesstoffe und Filter saugen und säubern besser, wenn sie mit den Simulationswerkzeugen des ITWM optimiert wurden

von Bernd Müller

Eine Babywindel ist ein echtes Hightech-Produkt – schauen Sie mal.“ Beherzt zerfleddert Simone Gramsch eine nagelneue Pampers-Windel und legt Schicht für Schicht frei: erst die oberste Vliesschicht (sie sorgt für Reißfestigkeit), dann eine dünne Wattelage (sie verteilt die Flüssigkeit) – und schließlich den in eine Schicht aus weißen Flocken eingebetteten Superabsorber.

„Diese Windel für ein sechs Monate altes Baby schluckt 600 Milliliter Flüssigkeit“, sagt die Wissenschaftlerin. Zur

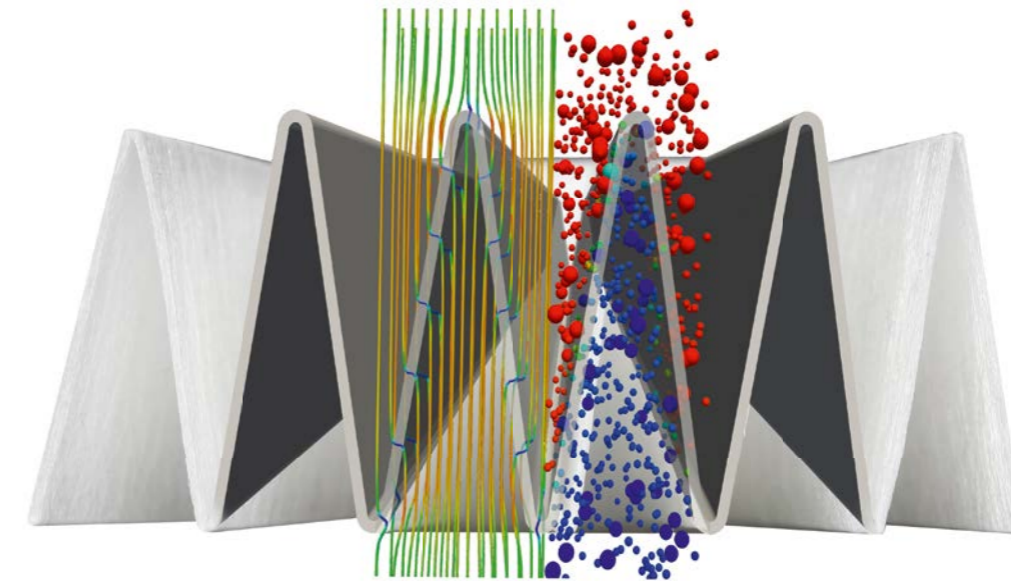
Demonstration gießt sie Wasser auf das Wundermaterial, das sich dadurch zu einem enormen Schneeball aufbläht – kein Kleinkind könnte auf einmal so viel Pippi machen. Und falls doch, gäbe es außen noch eine dichte Plastiksicht, die auch festere Ausscheidungen sicher verpackt.

### Boom bei Senioren-Windeln

Simone Gramsch ist Expertin für Windeln. Nicht weil sie Mutter von zwei Kindern ist, sondern weil sie sich mathematisch mit den Materialien beschäftigt, die

darin stecken. Ihr Augenmerk gilt vor allem den Vliesen, die die Flüssigkeit absorbieren. Dass Windeln heute nur noch halb so viel Vliesmaterial benötigen wie vor 20 Jahren, aber die gleiche Flüssigkeitsmenge aufnehmen können, ist auch Gramschs Forschung am ITWM zu verdanken. Und die Arbeit geht weiter, denn die Wirkung der Absorber soll noch besser werden.

Der Markt für Windeln wächst mit acht Prozent pro Jahr – aber nicht wegen steigender Geburtenraten, sondern wegen der immer älter werdenden Bevölkerung.



◀ Optimale Faltenfilter: Die sind bei Herstellern beliebt, da sie eine große Oberfläche auf kleinem Raum bieten. Ihr Verhalten lässt sich per Software nachbilden. Bild links: die ITWM-Forscher Stefan Rief, Simone Gramsch und Ralf Kirsch (v.l.).

„In Japan werden schon mehr Windeln für Senioren verkauft als für Babys“, berichtet Gramsch. Und nicht nur dort werden Vliese benötigt. Auch Sitzbezüge aus Mikrofaser und Dachhimmel im Auto bestehen aus solchen Materialien, ebenso der Mundschutz des Arztes.

### Gleichungen für den Vliesstoff

Die Mathematikerin befasst sich mit der Herstellung solcher Vliesstoffe sowie mit der numerischen Simulation der Prozesse, die dabei in der Maschine ablaufen. Dort wird heißer Kunststoff aus Düsen gepresst, der in der Luft erstarrt und anschließend auf einem Band zu Vlies verfestigt wird. „Mathematisch ist das hochinteressant“, sagt Simone Gramsch – und kompliziert. Die Bewegung mit den Kräften, die insbesondere die Luft auf die haarfeinen Kunststoff-Filamente ausübt, beschreibt sie mit partiellen Differentialgleichungen. Anderswo im Produktionsprozess kommen stochastische Differentialgleichungen zum Einsatz.

Seit 2009 entwickelt Gramschs Team Softwaretools wie VisFiD und FIDYST, um diese Gleichungen zu lösen. Dass die mathematischen Modelle exzellent mit der Realität übereinstimmen, belegen Messungen. Das ITWM hat dazu einen eigenen Computertomografen angeschafft, der Strukturen kleiner als ein Mikrometer sichtbar macht.

Auch die Kunden sind immer wieder überrascht. Simone Gramsch berichtet von einer Simulation, die nicht mit der Realität an der Maschine eines großen Vliesherstellers übereinstimmte. Wie

sich herausstellte, war die Simulation korrekt, doch die Realität war verkehrt. Denn die Bediener der Maschine hatten aus Bequemlichkeit Gummimatten an die Maschine gelegt, die die Luftzufuhr behinderten, ohne der Produktionsleitung Bescheid zu sagen. Die Konsequenz: Die Anfangsbedingungen der Simulation stimmten nicht mehr.

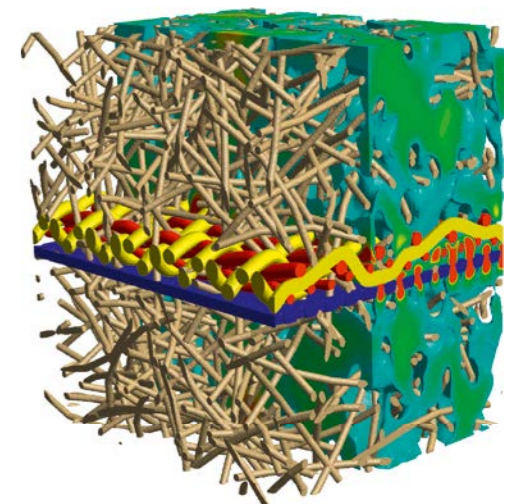
### Der Wunsch: Lösung per Knopfdruck

So ein Aha-Effekt sei aber nicht selbstverständlich, warnt Gramsch: „Dass ein physikalisches Modell da ist, bedeutet nicht, dass man es simulativ sinnvoll nutzen kann.“ Dazu müssten Physiker und Mathematiker zusammenarbeiten – und Informatiker. „Denn die Kunden interessieren sich nicht für unsere Modelle. Sie möchten nur einen Knopf drücken und die Lösung haben.“ Am ITWM sind alle nötigen Forschungsdisziplinen vertreten – eine große Stärke des Instituts.

Eine weitere Stärke ist, dass das Institut strategisch wichtige Themenfelder möglichst umfassend besetzt und dazu Know-how aufbaut. So ist Simone Gramsch nicht die Einzige am Institut, die sich mit Vliesstoffen beschäftigt. „Die Kollegin befasst sich mit dem ersten Schritt – der Herstellung der Fasern und Vliese“, sagt Stefan Rief. „Bei mir geht es um die Nutzung solcher Materialien.“ Rief, seit 18 Jahren am Institut, befasst sich generell mit porösen Materialien, und besonders Filze haben es ihm angetan.

Sein derzeitiges Forschungsgebiet sind Entwässerungsfilze für die Papierherstellung. Die nasse Papierbahn läuft ty-

pischerweise getragen von einem Filz zwischen zwei Walzen durch den sogenannten Prozessspalt. Dabei wird das Wasser aus dem Zellulosebrei gepresst, manchmal auch zusätzlich aktiv herausgesaugt. In einem rasanten Kreisprozess wird ein Teil des aufgenommenen Wassers wieder entfernt, dann läuft der Filz erneut durch die Walzen. Die Hersteller der Filze stecken allerdings in einem Dilemma: Beim Kontakt mit dem Papier soll der Filz in Sekundenbruchteilen möglichst viel Wasser aufnehmen.



▲ Digitale Strömung: So sieht es in der Simulation aus, wenn Wasser durch einen virtuellen Pressfilz fließt.



◀ Die ITWM-Wissenschaftlerin Simone Gramsch vergleicht einen realen Vliesstoff mit einer Simulation der FIDYST-Software. Diese wurde am Institut entwickelt, um die Produktion von Vliesstoffen zu berechnen.

Kollegen simuliert haben. Kirsch nimmt ein akkurat gefaltetes Filtervlies und biegt es im Kreis. In eine Metalldose gesteckt ist das ein Ölfilter fürs Auto. Mit Schaumstoff kombiniert ist es ein Luftfilter.

### Das Problem mit den Falten

Schmutzpartikel im Öl oder in der Luft können den Filter verstopfen. Doch die Standzeit ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal, denn Autobesitzer wollen nicht bei jeder Inspektion sämtliche Filter tauschen müssen. Ein weiteres Problem der Hersteller: Durch die Faltenlegung wird das Verhalten des Filtermaterials komplizierter. Außerdem wird bei der Fertigung ein Stützgewebe in die Vlieslagen gepresst, das dort für eine Verdichtung des Materials sorgt. Kirsch hat Simulationstools entwickelt, die diese Verdichtung einkalkulieren und berücksichtigen, dass sich ein gefalteter Filtereinsatz anders verhält als ein flacher. Sie errechnen das Optimum aus effizienter Filterung, geringem Druckverlust und langer Lebensdauer. Dazu modelliert der Algorithmus nicht jedes Teilchen, wie in den Simulationen von Gramsch und Rief, sondern Verläufe von Konzentrationen der Partikel.

Wer nutzt diese Software? Das dürfte er nicht sagen, meint Ralf Kirsch. „Der Wettbewerbsdruck in der Branche ist hoch und entsprechend wichtig ist die Geheimhaltung bei der Produktentwicklung. Das respektieren wir natürlich“. Die Automobilindustrie sei begeistert und bestätige, dass die Filter nach der Optimierung am ITWM besser seien. „Trotzdem gibt es immer noch Firmen, die unser Werkzeug nicht nutzen, sondern auf herkömmliche Simulationen setzen oder sogar rein empirisch vorgehen“, berichtet Kirsch. Für Simone Gramsch ist das kein Problem: „Wir machen nun mal nicht das, was alle machen, sondern kümmern uns gerne um die komplizierten Fälle.“ ●

Die Hersteller der Papiermaschinen und Entwässerungsfilze experimentieren seit Jahrzehnten, indem sie verschiedene Fasertypen mit komplexen Grundgeweben vernadeln. Dafür gibt es fast unendlich viele Kombinationsmöglichkeiten. Sie alle auszuprobieren ist unmöglich. Zudem stellen die Produzenten die Filze nur in großem Maßstab her. Jedes einzelne Experiment ist also auch entsprechend kostspielig und nur auf Pilotmaschinen realisierbar – aber nicht auf Papiermaschinen, die rund um die Uhr im Produktionsmodus sind.

In dieser Bredouille kam ein Vertreter der Heimbach-Gruppe vor einigen Jahren auf einer Messe mit Stefan Rief ins Gespräch. Das Unternehmen im rheinischen Düren-Mariaweiler produziert technische Textilien, vorwiegend für die Papierindustrie. Rief nahm die Herausforderung an und entwickelte in fünf Jahren Arbeit ein Simulationsmodell, das die Deformation durch die Pressprofile in Kombination mit der Wasserströmung in dem komplexen Schichtsystem aus Papier und Filz beschreibt. Ergebnis ist die Software FeltSim, die heute bei Heimbach im Einsatz ist.

FeltSim ist indes nicht die erste und einzige Software, die das Team entwickelt hat. Eine andere ist das Programm

GeoDict: ein digitales Materiallabor, mit dem sich unter anderem Filter optimieren lassen. Hier war der Treiber die Firma Mann + Hummel aus Ludwigsburg bei Stuttgart, mit der die Arbeitsgruppe seit 1996 zusammenarbeitet. GeoDict ist auch kommerziell ein Erfolg. Weiterentwickelt und vertrieben wird es von der Firma Math2Market: einem Spin-off ehemaliger ITWM-Mitarbeiter, das die Kommerzialisierung der Software für das virtuelle Materialdesign übernommen hat (siehe S. 32, „Sprungbrett für Spin-offs“.

### Viele Kompetenzen vereint

Die Simulationssoftware ist auch ein gutes Beispiel dafür, wie wichtig es ist, unterschiedliche Kompetenzen unter einem Dach zu vereinen. Geodict ist nämlich in der Lage, über eine Software-Schnittstelle die Ergebnisse aus den Simulationen von Simone Gramsch einzulesen. Variiert sie den Herstellungsprozess des Vliesmaterials, kann ihr Kollege damit gleich das Verhalten als Filter simulieren.

„Aller guten Dinge sind drei“, schmunzelt Ralf Kirsch. Der Mathematiker aus der Abteilung Strömungs- und Materialsimulation sitzt am Ende der „Nahrungskette“: Er beschäftigt sich mit der Funktion realer Produkte, die seine beiden