



Start-Programm “Physikalische Modellbildung und Computersimulation der Ballon-Angioplastie“

Biomechanik und Mechanobiologie

Biomechanics and Mechanobiology

Der gegenwärtige weltweite Siegeszug der Biomechanik hat seinen Ursprung in der *Mechanobiologie*. Eine Fragestellung der *Mechanobiologie* ist beispielsweise: “Wie reagiert eine Zelle infolge seiner geänderten mechanischen Umgebung (Lasten, Spannungen)? Ein jüngst geschaffenes Forschungsjournal mit dem Titel “*Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*”, herausgegeben vom Springer-Verlag, Heidelberg, soll dem internationalen Trend dieses wachsenden multidisziplinären Gebietes Rechnung tragen.

Biomechanik ist Mechanik angewandt auf biologische Prozesse der Nano-, Mikro- oder Makroebene. Die Mechanik dient dazu Hypothesen zu verbessern und biomechanische Vorgänge effizienter testen zu können.

Ein wichtiges Gebiet der *Biomechanik* ist die strukturelle Analyse des mechanischen Verhaltens von Materialien (i.e. material science) - insbesondere von lebenden Geweben - und deren physikalischer Formulierung und numerischer Realisierung mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methoden. Ein Ziel dabei ist, z.B. Diagnostik und therapeutische Prozesse (Ballon Angioplastie oder Bypass Chirurgie) zu verbessern, die Form und Struktur von Prothesen aus Metall oder Kunststoff zu optimieren (eine klassische Ingenieursaufgabe), oder Veränderungen des arteriellen Systems infolge Alter, Krankheit und Atherosklerose zu erfassen. Die Biomechanik sucht die *Funktion* einer mechanischen Struktur in Abhängigkeit von seiner *Form* zu erklären.

Dieser etablierte Zugang der Biomechanik hat seine Wurzeln in San Diego, Kalifornien, wo Prof. Y.C. Fung in den späten Sechzigerjahre das “Department of Bioengineering” gründete. Mittlerweile existiert eine Vielzahl von höheren Bildungsanstalten und Universitäten mit eigenen Ph.D. Programmen auf dem Gebiet der Biomechanik. Allein in den USA sind es weit über 100 mit steigender Tendenz. Auch in Europa ist in vielen Ländern der Trend unübersehbar, insbesondere in Holland, Deutschland, Italien, Polen und der Schweiz.

Der gegenwärtige weltweite Siegeszug der Biomechanik hat seinen Ursprung in der *Mechanobiologie*. Hierbei wird untersucht wie Zellen/Gewebe auf Änderungen ihrer “mechanischen Umgebung” reagieren und pathologische Veränderungen wie z.B. Atherosklerose und Aneurysmen auslösen können. Auch die mechanische Grundlage für Prozesse wie Wachstum, remodeling (Änderung von Geometrie und der Eigenschaften des Materials) wird erforscht. Das Verständnis dieser Mechanismen in mechanobiologischen Systemen ist von höchster klinischer und sozioökonomischer Relevanz.

Ein Gebiet der *Mechanobiologie* ist “(Functional) Tissue Engineering”. Im Jahre 1998 hat sich das “US National Committee on Biomechanics” folgendes Ziel erklärt: “... identify the critical structural and mechanical requirements needed for each tissue engineered construct”. Tissue engineering erfordert ein klares Verständnis der strukturellen und funktionellen Zusammenhänge von natürlichen Geweben. Durch körpereigene Zellen ist es bereits gelungen Hautgewebe in Bioreaktoren - mit sehr ähnlichen mechanischen Eigenschaften wie der natürlichen Haut - zu erzeugen. An “tissue-engineered vessels”, wie z.B. Arterien, wird bereits gearbeitet. Die *Mechanobiologie* sucht also die *Form* einer mechanischen Struktur in Abhängigkeit von seiner *Funktion* zu erklären.

Die *Mechanobiologie* verlangt analytische und numerische

Modelle, die auf der Festkörpermechanik, Strömungsmechanik und/oder Thermodynamik beruhen. Neue experimentelle Methoden werden zur Anwendung kommen. Sie werden umfangreichere Messmöglichkeiten erlauben und neue mathematische Methoden benötigen. Die junge Wissenschaft der *Mechanobiologie* steht erst am Beginn ihrer Entwicklung, und daher sehen wir heute auf diesem Gebiet hauptsächlich beschreibende wissenschaftliche Arbeiten. In naher Zukunft wird sich das jedoch ändern; Wissenschaftler aus den Bereichen Biologie, Engineering, Mathematik, Mechanik und Physik arbeiten in diesem Bereich, und weltweit renommierte Verlage gründen mechanobiologische Zeitschriften. Diese Entwicklung ist auch an den investierten Forschungsmilliarden in biomedizinischer Forschung, Nanobiomechanik und Nanotechnologie zu erkennen. Auf Grund der fortschreitenden biologischen Erkenntnisse im Mikro- und Nanobereich müssen wir auch mit einem wachsenden Interesse der Erforschung der *Mechanik* von Proteinen und Zellen rechnen. In der Tat, ich wäre nicht überrascht in naher Zukunft auch ein Forschungsjournal auf dem Gebiet der Nanobiomechanik zu sehen.

Die Universitäten sind logische Orte für diese neuen und innovativen Forschungsrichtungen. Daher dürfen sich Universitäten auch nicht darauf beschränken Studenten auszubilden, die dem typischen Berufsbild eines Ingenieurs oder Mathematikers etc. genügen. Die internationale Universitäts- und Forschungslandschaft befindet sich in einem rasanten Umbruch. Während ehemals universitäre Arbeitsfelder klar abgrenzbar waren, besteht nun aus heutiger Sicht die zwingende Notwendigkeit zur interdisziplinären fächerübergreifenden Kooperation. Es liegt im vitalen Interesse von Fakultäten die fachspezifischen Methoden zu erweitern und damit neue Anwendungsfelder zu erschließen. An der TU Graz wird dieser Situation verstärkt Rechnung getragen, indem Schnittstellen für derartige Kooperationen angeboten und etabliert werden.

Biomechanics is mechanics applied to biological processes at the nano, micro, or macro scale. An important field in biomechanics is the structural analysis of mechanical responses of materials (i.e. material science), in particular of living tissues, and their physical formulation and numerical realization by means of finite element methods. One goal, e.g., is to improve diagnostics and therapeutical procedures such as balloon angioplasty or by-pass surgery, to optimize the design of prostheses or to investigate changes in the arterial system due to age, disease and atherosclerosis.

The present worldwide triumphal procession of biomechanics has its roots in Mechanobiology, which, e.g., is aimed to understand how a cell responds to changes in its mechanical environment. It also studies the mechanical factors that may be important in triggering the onset of atherosclerosis or aneurysms.

One field of Mechanobiology is Tissue Engineering, which aims at identifying the critical structural and mechanical requirements needed for each tissue engineered construct.

Springer-Verlag in Heidelberg will launch a new journal entitled “Biomechanics and Modeling in Mechanobiology”. This Journal aims at capturing this new important direction with regard to the need to combine mechanics, engineering and mathematics with the exciting new developments in biology. The primary goal of this journal is to provide a forum for basic and applied research that promotes integration of the expanding knowledge-bases in the allied fields of Biomechanics and Mechanobiology.