

Kapitel 1

Einführung

Steffen Leonhardt und Marian Walter

Zusammenfassung Dieses Buch behandelt die Therapie des Patienten mit teil-autonomen lebensunterstützenden Geräten und Systemen. Dazu werden neben Grundlagen der zugrunde liegenden Physiologie sowohl die Geräte als auch die Ansätze und Konzepte zur computer-gestützten Therapieführung beschrieben. Die beiden Grundlagenkapitel behandeln sowohl physikalische als auch systemtechnische Grundlagen und führen in die Konzepte der Modellierung physiologischer Systeme ein. Neben Geräten und Verfahren zur Herz-, Lungen-, Nieren- und Leberunterstützung werden anschließend auch die künstliche Regelung des Blut- und des Hirndrucks, der Temperatur, des Blutzuckerspiegels und der Narkosetiefe vorgestellt.

1.1 Worum geht es in diesem Buch?

Der menschliche Körper ist gekennzeichnet durch eine Vielzahl von ineinandergreifenden Regelkreisen, die trotz äußerer Störungen das sog. „innere Milieu“ des Körpers konstant halten und damit allen Zellen zum Leben geeignete biochemische (z.B. pH-Wert) und physikalische Randbedingungen (z.B. Temperatur) bieten.

Die systemtechnische Funktion der einzelnen Organe und die Modellierung von Massenströmen in Bilanzräumen (Kompartimenten) sowie die Dynamik physiologischer Regelvorgänge wurde in den letzten Jahren und Jahrzehnten durch diverse physiologische Lehrbücher wie z.B. [1], [2] behandelt. Um das Thema „mathematische Modellierung in der Physiologie“ haben sich dabei insbesondere Keener und Sneyd verdient gemacht [3]. Speziell die Anwendung regelungstechnischer Metho-

Prof. Dr.-Ing. Dr. med. Steffen Leonhardt

Philips Lehrstuhl für Medizinische Informationstechnik, Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik der RWTH Aachen, Pauwelsstr. 20, D-52074 Aachen,

Dr.-Ing. Marian Walter

Philips Lehrstuhl für Medizinische Informationstechnik, Helmholtz-Institut für Biomedizinische Technik der RWTH Aachen, Pauwelsstr. 20, D-52074 Aachen

den auf physiologische Systeme wurde schon in den 1960er und 1970er Jahren thematisiert [4], [5], [6], ist aber auch heute noch aktuell [7], [8].

Das vorliegende Buch ist hingegen viel stärker auf die Wechselwirkung zwischen dem erkrankten Organismus und zur Therapie eingesetzten medizintechnischen Geräten fokussiert. Nach zwei einführenden Grundlagen-Kapiteln werden daher sowohl die technischen und physiologischen Grundlagen der Therapie mit diversen lebensunterstützenden Systemen als auch moderne, automatisierte Konzepte zur computer-gestützten, teil-autonomen Therapieführung beschrieben. Wichtige Zielorgane sind dabei das Herz, die Lunge, die Nieren und die Leber, deren Funktionseinschränkung in der Regel zu einer intensivmedizinischen Behandlung führt. Entsprechend werden in diesem Buch künstliche Herzen und verschiedene Herzunterstützungssysteme, extrakorporale Systeme zur Lungenunterstützung (ECMO, ECLA), Beatmungsgeräte, Maschinen zur Entfernung harnpflichtiger Substanzen beim Nierenversagen (Dialyse) und Albumin-gebundener Toxine beim Leberversagen sowie der derzeitige Stand der Dinge bei der künstlichen Blutzuckerregelung thematisiert.

Neben dieser Organ-zentrierten Sichtweise werden einige weitere, übergreifende medizinische Themenfelder angesprochen, in denen durch Simulation, Modellbildung und Regelung eine signifikante Therapieverbesserung erreichbar ist. Dazu zählen beispielsweise die künstliche Regelung des Blutdrucks (engl. „mean arterial pressure“, MAP) und des Hirndrucks (engl. „intracranial pressure“, ICP), die Temperaturregelung sowie die Anästhesiegas- und Narkosetiefenregelung. In Abb. 1.1 sind die in diesem Buch angesprochenen Themenfelder zusammengestellt.

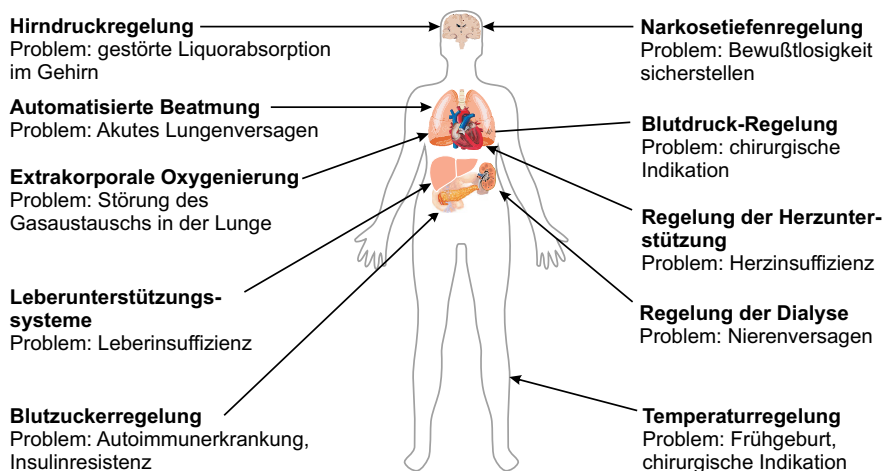


Abb. 1.1: Übersicht über die in diesem Buch angesprochenen Organe und Themenfelder. © S. Leonhardt

Neben der Beschreibung der grundlegenden Mechanismen betonen wir an vielen Stellen regelungstechnische Aspekte und fokussieren auf die Wechselwirkung mit körpereigenen Regelungssystemen und auf den automatisierten bzw. teil-assistierten Betrieb der Therapiegeräte. Allerdings führen wir nicht explizit in die Theorie der Regelungstechnik ein und setzen voraus, dass der Leser sich die Grundlagen der Systemtheorie und der Regelungstechnik an anderer Stelle erarbeitet hat.

1.2 Für wen ist dieses Buch?

In diesem Buch verwenden wir einen Ingenieur-gemäßen physikalisch orientierten Zugang, d.h. wir bemühen uns um eine mathematische Beschreibung und die Ableitung einfacher Modelle zur Reduktion der Komplexität. Das Buch richtet sich daher in erster Linie an Studenten der Ingenieurwissenschaften und an praktisch tätige Ingenieure, die über keine oder nur geringe Kenntnisse der Physiologie verfügen. Daher wird in den einzelnen Kapiteln die jeweils relevante Physiologie kurz zusammengefasst. Gleichwohl kann dies das vertiefende Studium der Physiologie nicht ersetzen, weshalb in den einzelnen Kapiteln auch auf geeignete Lehrbücher verwiesen wird.

In zweiter Linie adressiert das Buch Studenten der Medizin und praktisch tätige Mediziner, die vertiefte Kenntnisse über die ihnen aus dem täglichen Einsatz bekannten Gerätschaften erwerben wollen.

Literaturverzeichnis

1. A. C. Guyton, C. E. Jones, und T. G. Coleman, *Circulatory Physiology: Cardiac Output and its Regulation*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1973.
2. A. Guyton und J. Hall, *Textbook of Medical Physiology*. W.B. Elsevier Saunders, 2006.
3. J. Keener und J. Sneyd, *Mathematical Physiology*, 1te ed. Berlin Heidelberg: Springer Science & Business Media, 1998.
4. J. J. Milsum, *Biological Control System Analysis*. New York: McGraw-Hill, Inc., 1966.
5. H. T. Milhorn, *The Application of Control Theory to Physiological Systems*. Philadelphia: W. B. Saunders Company, 1966.
6. R. W. Jones, *Biological Control System Analysis*. New York: Academic Press, 1973.
7. R. B. Northrop, *Endogenous and Exogenous Regulation and Control of Physiological Systems*. Boca Raton, FL, USA: Chapman & Hall CRC, 2000.
8. J. Batzel, F. Kappel, D. Schneditz, et al., *Cardiovascular and Respiratory Systems - Modeling, Analysis, and Control*. Philadelphia, PA, USA: Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), 2007.

Medizintechnische Systeme

Physiologische Grundlagen, Gerätetechnik und
automatisierte Therapieführung

Leonhardt, S.; Rechnungseingang, Z. (Hrsg.)

2016, XXV, 459 S. 239 Abb., 39 Abb. in Farbe. Mit

Online-Extras., Softcover

ISBN: 978-3-642-41238-7