

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
	Literatur	3
2	Biofluidmechanik	5
2.1	Begriffserläuterungen	5
2.2	Einteilung	6
2.3	Aufgaben und Ziele	7
2.4	Anwendungen der Biofluidmechanik	7
	Literatur	8
3	Physikalische und Fluidmechanische Grundlagen	9
3.1	Allgemeines	9
3.2	Zustandsgrößen	10
3.2.1	Aggregatzustände	10
3.2.2	Oberflächenspannung	11
3.2.3	Dichte und Spezifisches Volumen	14
3.2.4	Druck	15
3.3	Kräfte auf ein kubisches Fluidelement	19
3.3.1	Druckkraft F_P	19
3.3.2	Volumenkraft F_V	22
3.3.3	Reibungskraft F_R	23
3.4	Gesetz von Newton	24
3.5	Viskosität-Reibung	26
3.6	Scherspannungen	29
3.7	Fluidmechanische Besonderheiten bei der Durchströmung von Blutgefäßen	29
3.8	Laminare und turbulente Strömung -dimensionslose Parameter – Reynoldszahl	31
3.9	Pulsierende Strömung	34
3.9.1	Strouhal-Zahl	34
3.9.2	Womersley-Parameter	34

3.9.3	Besonderheiten pulsierender Strömung	35
3.9.4	Pulsierende Strömung in einem elastischen Rohr	35
	Literatur.	37
4	Rheologische Grundlagen	39
4.1	Newtonsches und nicht-newtonsches Fluid	39
4.2	Fließeigenschaften	40
4.2.1	Scheinbare- Repräsentative Viskosität.	40
4.2.2	Plastisches Fließverhalten	41
4.2.3	Pseudoplastisches oder strukturviskoses Fließverhalten	41
4.2.4	Dilatantes Fließverhalten	41
4.2.5	Thixotropes Verhalten	41
4.2.6	Rheopexes Fließverhalten	41
4.3	Elastische Merkmale und Modelle.	43
4.3.1	Allgemeines	43
4.3.2	Reinelastische isotrope Substanzen	43
4.3.3	Reinviskose Substanzen	44
4.3.4	Visko-elastische Substanzen	44
4.3.5	Modelle zum viskos-elastischen Verhalten	44
	Literatur.	49
5	Körperflüssigkeiten in Menschen	51
5.1	Blut.	51
5.1.1	Chemische Zusammensetzung.	52
5.1.2	Bluttransport	53
5.1.3	Physikalische Eigenschaften	54
5.1.4	Hämostase	56
5.2	Lymph	58
5.2.1	Bildung der Lymphflüssigkeit	58
5.2.2	Gliederung des Lymphsystems und Transport der Lymphflüssigkeit . .	59
5.2.3	Lymphödem	61
5.2.4	Zusammensetzung der Lymphflüssigkeit.	62
5.3	Flüssigkeiten der Körperhöhlen.	63
5.3.1	Zerebralspinale Flüssigkeit	63
5.3.2	Aszites	64
5.4	Pleuraflüssigkeit.	64
5.4.1	Anatomie und Physiologie.	64
5.4.2	Perikardflüssigkeit	66
5.5	Urin	67
5.6	Gelenkflüssigkeiten (Synovia).	68
5.6.1	Anatomie	68
5.6.2	Gelenkschmiere	68
5.6.3	Chemische Zusammensetzung der Synovia.	69

5.6.4	Physikalische Eigenschaften	69
5.6.5	Funktionen der Gelenkflüssigkeit	69
5.7	Verdauungssekrete	70
5.7.1	Speichel	70
5.7.2	Magensaft.	71
5.7.3	Sekretion der Pankreas.	72
5.7.4	Gallenflüssigkeit	74
5.8	Hautsekretionen-Schweiß	75
5.9	Wasser- und Elektrolythaushalt	76
5.9.1	Körperwasser	76
5.9.2	Elektrolyte	76
5.9.3	Regulation des Elektrolyt- und Wasserhaushalts.	77
5.9.4	Übersicht der wichtigsten Elektrolyte	77
5.10	Flüssigkeiten der Augen, Ohren und Nase.	78
5.10.1	Augenflüssigkeit	78
5.10.2	Flüssigkeiten des Ohres	79
5.10.3	Flüssigkeiten der Nase	79
5.10.4	Fortpflanzungssekrete	80
	Literatur.	80
6	Medizinische Grundlagen	83
6.1	Kreislauf.	83
6.1.1	Herz	83
6.1.2	Blut.	83
6.2	Blutrheologie (Hämorheologie).	87
6.3	Blutgefäße	93
6.3.1	Arterienwand	93
6.3.2	Arteriensystem.	96
6.3.3	Hämodynamik des Arteriensystems.	99
6.3.4	Arteriengeometrie	103
6.4	Lungenmechanik/Atmung	104
6.4.1	Anatomie-Medizinische Grundlagen.	105
6.4.2	Messtechnik und Simulation von Strömungen in den Atemwegen . . .	116
6.4.3	Messung der Geschwindigkeitsprofile.	120
6.4.4	Numerische Strömungssimulation CFD	120
6.4.5	CFD Anwendungen und einige bisherige Untersuchungen.	125
6.4.6	Zusammenfassung	130
	Literatur.	130
7	Einige grundlegende theoretische fluid- bzw.- hämodynamische Betrachtungen und Besonderheiten	133
7.1	Laminare Blutströmung in einem geraden, starren, horizontal liegendem Rohr	133

7.1.1	Stationäre Strömung-newtonsches Fluid	133
7.1.2	nicht-newtonsches Fluid	135
7.1.3	Oszillierende und pulsierende Strömung.	138
7.2	Laminare Blutströmung in einem geraden, elastischen, horizontal liegenden Rohr.	140
7.2.1	Stationäre Strömung – newtonsches Fluid.	140
7.3	Ermittlung der Schubspannungen einer Blutströmung in einem geraden, horizontal liegenden Rohr	143
7.3.1	Stationäre Strömung.	143
7.3.2	Pulsierende Strömung	144
7.3.3	Nichtnewtonsche Fluide.	146
7.4	Einige Besonderheiten der Biofluidmechanik	146
	Literatur.	153
8	Einige Anwendungen und experimentelle Beispiele an Modellen mit diagnostischer und therapeutischer Bedeutung.	155
8.1	Experimentelle Versuchsaufbauten und Modellflüssigkeiten, Modellherstellung	155
8.2	LDA Messungen an Karotidenmodellen	161
8.3	Aneurysmen.	166
8.4	Messungen an AV- Fisteln in vivo.	167
8.5	Weitere Anwendungen: Herzunterstützungssystem, Dialysekatheter	168
9	Messmethoden der Biofluidmechanik.	171
9.1	Rheologische Messmethoden.	171
9.1.1	Einführung Rheologische Messmethoden	171
9.1.2	Rotations- bzw oszillierende Rheometer	172
9.2	Methoden der Strömungssichtbarmachung für Modellversuche	179
9.2.1	Einführung	179
9.2.2	Sichtbarmachung von Luftströmungen	181
9.2.3	Sichtbarmachung von Flüssigkeitsströmungen	181
9.2.4	Strömungsdoppelbrechung zur Sichtbarmachung von Strömungsfeldern bei Flüssigkeitsströmungen	182
9.3	Laser-Doppler-Anemometer und Particle-Image-Velocimeter	184
9.4	Ultraschall	189
9.5	Kernspinresonanzverfahren	194
9.6	Magnetisch- Induktive- Durchflussmessung	198
9.7	Blutdruckmessung	200
9.7.1	Invasive Blutdruckmessung	201
9.7.2	Nicht-Invasive Blutdruckmessung	202
9.8	Temperaturmessung	203
9.8.1	Nicht-Invasive, berührende Messung.	203

9.8.2 Invasive, berührende Messung	204
9.8.3 Berührungslose Oberflächentemperaturmessung.	205
Literatur.	206
Stichwortverzeichnis.	209