

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
2 Medizinischer Hintergrund	7
2.1 Physiologie und Anatomie des kraniospinalen Raums	7
2.1.1 Zentrales Nervensystem	7
2.1.2 Blutversorgung	8
2.1.3 Liquor cerebrospinalis	12
2.2 Normaldruckhydrozephalus	18
2.2.1 Symptome und Verlauf der Erkrankung	19
2.2.2 Die Diagnose von Normaldruckhydrozephalus	20
2.2.3 Die Therapie des Normaldruckhydrozephalus	21
2.3 Liquordynamik und Hirndruck	23
2.3.1 Hirndruckwellen	24
2.3.2 Compliance	26
3 Stand der Technik - Biomechanik des zerebrospinalen Systems	33
3.1 Einfluss der Alterung auf die Biomechanik	33
3.2 Anerkannte Hypothesen zur Entstehung von Normaldruckhydrozephalus	36
3.2.1 Transparenchymaler Druckgradient	36
3.2.2 Gestörte Liquordynamik	37
3.2.3 Ventrikulomegalie	40

3.3	Analyse biomechanischer Modelle zum Normaldruckhydrocephalus	41
3.3.1	Trans- oder intraparenchymaler Druckgradient	41
3.3.1.1	2D FEM Modelle	42
3.3.1.2	3D FEM Modelle	45
3.3.1.3	Analytische Modelle	46
3.3.2	Gestörte kraniospinale Dynamik	48
3.3.2.1	Veränderte Pulsation durch eingeschränkte Pulsabsorption der Schädelbasisarterien	48
3.3.2.2	Veränderte Resorption	52
3.3.2.3	Verlegung der Fließwege	54
3.4	Offene Fragestellungen und Hypothesen zur Pathogenese von NPH	56
3.4.1	Offene Fragen zur zerebrospinalen Dynamik	56
3.4.2	Offene Fragen zur Pathophysiologie von NPH	58
3.4.2.1	Hypothesen	59
4	Modellgestützte Untersuchungen der Blutgefäße	61
4.1	Zugrundeliegende mathematische Beschreibung	61
4.2	Parametrierung	67
4.3	Modellvalidierung	72
4.4	Sensitivitätsanalyse	77
4.4.1	Materialeigenschaften der Gefäßwände	78
4.4.1.1	Verminderte elastische Compliance großer arterieller Gefäße	79
4.4.1.2	Veränderte viskose Eigenschaften großer arterieller Gefäße	79
4.4.2	Compliance der Liquorräume	81
4.4.3	Morphologische Veränderungen	85
4.4.3.1	Konzentrische Wandhypertrophie	86
4.4.3.2	Gewundene Arteriolen	88
4.4.3.3	Reduzierte Kapillardichte	88
4.4.4	Randbedingungen - erhöhter venöser Druck	89
4.4.5	Alterung	90
4.4.6	Überprüfung der Hypothesen zu NPH	93

4.5	Diskussion der Ergebnisse	94
4.6	Limitationen	99
5	Modellgestützte Untersuchungen der Liquordynamik	101
5.1	Zugrundeliegende mathematische Beschreibung	102
5.2	Materialmodelle	103
5.3	Dynamische spinale Compliance	108
5.4	Sensitivitätsanalyse	111
5.4.1	Linear elastische spinale Compliance	112
5.4.2	Linear viskoelastische spinale Compliance	117
5.4.3	Hyperelastische spinale Compliance	121
5.5	Diskussion der Ergebnisse	124
5.6	Limitationen	128
5.7	Ausblick - Gesamtkonzept	130
5.7.1	Limitationen	134
6	Diskussion und Ausblick	137
6.1	Eignung der verwendeten Materialmodelle zur Darstellung der biomechanischen Gewebereaktion	138
6.2	Altersbedingte und pathologische Veränderungen	139
6.3	Fazit	143
7	Literaturverzeichnis	145
A	Tabellen zu Besserungs- und Komplikationsraten bei NPH	189
B	Biomechanische Modelle zum Normaldruckhydrocephalus	193