

# Inhalt

---

<b>Einleitung</b>	11
Problemstellung und Vorgehensweise	11
<b>1     Relationen in Biomechanik und Bewegungslehre</b>	<b>17</b>
1.1   Ordnungsrelationen - Relationen zwischen Zeitphasen/ Funktionsphasen (MEINEL)	18
1.1.1   Bezugselemente	18
1.1.2   Relationen und deren Eigenschaften	18
1.1.3   Aussagemöglichkeiten	19
1.2   Relationen aus funktionsanalytischer Betrachtung von Bewegungen - Funktionale Abhängigkeitsrelationen und Äquivalenzrelationen (GÖHNER)	20
1.2.1   Bezugselemente	20
1.2.2   Relationen und deren Eigenschaften	20
1.2.3   Aussagemöglichkeiten	23
1.3   Ordnungsrelationen - Strukturanalyse und Aktionsanalyse (WIEMANN)	24
1.3.1   Bezugselemente	24
1.3.2   Relationen und deren Eigenschaften	26
1.3.3   Aussagemöglichkeiten	26
1.4   Indeterministische (stochastische) Relationen – Indeterministische Modelle (BALLREICH)	27
1.4.1   Bezugselemente	27
1.4.2   Relationen und deren Eigenschaften	28
1.4.3   Aussagemöglichkeiten	29
1.5   Indeterministische Relationen – Konfirmative Bewegungsanalyse (HAAG)	31
1.5.1   Bezugselemente	31
1.5.2   Relationen und deren Eigenschaften	31

1.5.3	Aussagemöglichkeiten	33
1.6	Deterministische Relationen – A mathematical model of running (TOWNEND)	34
1.6.1	Bezugselemente	34
1.6.2	Relationen und deren Eigenschaften	34
1.6.3	Aussagemöglichkeiten	34
1.7	Deterministische Relationen - Deterministische Modelle sportmotorischer Leistungen (HAY/BALLREICH)	35
1.7.1	Bezugselemente	35
1.7.2	Relationen und deren Eigenschaften	35
1.7.3	Aussagemöglichkeiten	36
1.8	Deterministische Relationen – Modular aufgebaute deterministische Modelle (SUST)	36
1.8.1	Bezugselemente	36
1.8.2	Relationen und deren Eigenschaften	37
1.8.3	Aussagemöglichkeiten	37
1.9	Deterministische Relationen – $k$ -Struktur (KASSAT)	38
1.9.1	Bezugselemente	38
1.9.2	Relationen und deren Eigenschaften	38
1.9.3	Aussagemöglichkeiten	40
1.10	Unschärfe Relationen – Mögliche Erweiterungen bestehender Analyse-Konzeptionen	41
1.10.1	Relationen und deren Eigenschaften	41
1.10.2	Bezugselemente	42
1.11	Zusammenfassung des Kapitels	43
<b>2</b>	<b>Unschärfe Relationen, unscharfe Mengen und die Theorie der Fuzzy-Logik</b>	<b>45</b>
2.1	Bivalente Logik – Multivalente Logik	45
2.2	Paradoxien	46
2.3	Unschärfe Mengen	48
2.3.1	Klassische (scharfe) Mengen	48
2.3.2	Fuzzy- (unscharfe) Mengen	49
2.4	Das Konzept der linguistischen Variablen und Terme	50
2.5	Fuzzy-Relationen	52
2.5.1	Unschärfe Relation zwischen scharfen Mengen	52
2.5.2	Unschärfe Relation zwischen unscharfen Mengen	53
2.6	Fuzzy-Inferenz	54
2.6.1	Fuzzy-Implikation/Fuzzy-Regeln	54
2.6.2	Fuzzy-Inferenz	55

2.7	Fuzzy-Modelle .....	57
2.8	Fuzzy-Inferenzsysteme .....	58
2.8.1	Fuzzifizierung .....	58
2.8.2	Inferenz .....	59
2.8.3	Defuzzifizierung .....	60
2.9	Fuzzy-Inferenzsysteme auf der Basis „kognitiver Modelle“ ..	61
2.10	Fuzzy-Inferenzsysteme auf der Basis „operativer Modelle“ ..	62

### **3 Regelwissen von Experten und Fuzzy-Bewegungsanalyse .....**

3.1	Handlungsraumkonzept (KAMINSKI) .....	65
3.2	Regelwissen als Ansammlung von Erfahrungen (HUG) ....	66
3.3	Aus biomechanischer Analyse abgeleitetes Regelwissen (BALLREICH/KUHLLOW) .....	68
3.4	Die Innensicht beim motorischen Lernen – Subjektive Theorien (LIPPENS) .....	69
3.4.1	Grundlegendes zu subjektiven Theorien .....	69
3.4.2	Subjektive Konstrukte / Subjektive Erklärung / Subjektive Prognose .....	71
3.4.2.1	Subjektive Konstrukte .....	72
3.4.2.2	Subjektive Erklärung .....	73
3.4.2.3	Subjektive Prognosen .....	74
3.5	Interne Bewegungsrepräsentationen (WIEMEYER) .....	74
3.6	Professionelles Wissen (HEBBEL-SEEGER/LIPPENS) .....	76
3.7	Kognitive Organisation von Bewegungshandlungen (SEILER) .....	78
3.8	Interne Bewegungsrepräsentationen (NARCISS) .....	79
3.9	Bewegungsorganisation und Sprache (MUNZERT) .....	80
3.10	Wenn-Dann-Bezüge beim Skispringen (QUINTEN/MICKLER) ..	82
3.11	Zusammenfassung .....	83

### **4 Fuzzy-Bewegungsanalysen bei sportlichen Bewegungen .....**

4.1	Fuzzy-Bewegungsanalyse am Beispiel einer grundlegenden Technik (Lifting) der Rock'n'Roll-Akrobatik ..	87
4.1.1	Spezifische Fragestellung .....	87
4.1.2	Motivation für die Auswahl des Gegenstandes Lifting ....	88
4.1.3	Die Arbeitsschritte der Fuzzy-Bewegungsanalyse Lifting im Überblick .....	89

4.1.4	Die Arbeitsschritte der Fuzzy-Bewegungsanalyse Lifting im Detail .....	90
4.1.4.1	Aufnahme eines Beispieldatensatzes .....	90
4.1.4.2	Akquisition von Expertenwissen .....	90
4.1.4.3	Wissensinterpretation .....	93
4.1.4.4	Aktionale Beschreibung mit funktionaler Belegung der Einsteigetechnik .....	94
4.1.4.5	Aktionale Beschreibung mit funktionaler Belegung des Liftings .....	101
4.1.4.6	Erstellung des Fuzzy Modells Lifting .....	106
4.1.4.7	Evaluation und Revision des Fuzzy-Modells Lifting .....	121
4.1.5	Ergebnisse der Fuzzy-Bewegungsanalyse Lifting .....	128
4.2	Fuzzy-Bewegungsanalyse „Überschlag rückwärts vom Handstand in den Handstand am Parallelbarren (Luftrolle rückwärts)“ .....	130
4.2.1	Vorbemerkungen .....	130
4.2.2	Problemstellung .....	132
4.2.3	Wissensbasierte Fuzzy-Modellierung der Luftrolle rückwärts .....	133
4.2.3.1	Wahl des Modellierungsgegenstandes .....	134
4.2.3.2	Die Arbeitsschritte der Fuzzy-Bewegungsanalyse Luftrolle rückwärts (wissensbasierte Fuzzy-Modellierung) im Überblick .....	135
4.2.3.3	Die Arbeitsschritte der Fuzzy-Bewegungsanalyse Luftrolle rückwärts (wissensbasierte Fuzzy-Modellierung) im Detail .....	136
4.2.3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der Fuzzy-Bewegungsanalyse Luftrolle rückwärts (wissensbasierte Fuzzy-Modellierung) .....	162
4.2.4	Datenbasierte Fuzzy-Modellierung der Luftrolle rückwärts .....	163
4.2.4.1	Clustering-Verfahren .....	163
4.2.4.2	Fuzzy-Clustering-Verfahren .....	165
4.2.4.3	Die Arbeitsschritte der Fuzzy-Bewegungsanalyse Luftrolle rückwärts (datenbasierte Fuzzy-Modellierung) im Überblick .....	167
4.2.4.4	Die Arbeitsschritte der Fuzzy-Bewegungsanalyse Luftrolle rückwärts (datenbasierte Fuzzy-Modellierung) im Detail .....	168
4.2.4.5	Interpretation der Modellierungsergebnisse .....	176
4.2.4.6	Möglichkeiten der Regelanalyse .....	181
4.3	Fuzzy-Bewegungsanalyse am Beispiel des Balancierens im Handstand („Handstehen“) .....	186

4.3.1	Problemstellung .....	186
4.3.2	Die Arbeitsschritte der datenbasierten Fuzzy-Modellierung des Handstehens im Überblick .....	188
4.3.3	Die Arbeitsschritte der datenbasierten Fuzzy-Modellierung des Handstehens im Detail .....	189
4.3.3.1	Literaturanalyse .....	189
4.3.3.2	Aufnahme eines Beispieldatensatzes .....	192
4.3.3.3	Erhebung von Expertenwissen .....	193
4.3.3.4	Modellkonstruktion – Festlegung von Strukturmerkmalen .....	196
4.3.3.5	Modellkonstruktion – Auffinden von Prozessmerkmalen (Regelanalyse mit Hilfe des Fuzzy-Rosa-Verfahrens) .....	201
4.3.3.6	Regelanalyse 1 .....	204
4.3.3.7	Regelanalyse 2 .....	205
4.3.3.8	Regelanalyse 3 .....	206
4.3.4	Bewertung der Ergebnisse der Regelanalysen durch den Experten .....	208
4.3.4.1	Bewertungsverfahren .....	208
4.3.4.2	Bewertungsergebnisse .....	208
4.3.5	Zusammenfassung .....	211
<b>5</b>	<b>Resümee .....</b>	<b>213</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>217</b>
<b>Anhang A</b> .....		<b>225</b>
<b>Anhang B</b> .....		<b>231</b>
<b>Anhang C</b> .....		<b>237</b>
<b>Anhang D</b> .....		<b>241</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....		<b>244</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....		<b>247</b>