
Konzeptionelle Entwicklung eines Sportbewegungskatalogs

Diplomarbeit von Thomas Gossmann
Tag der Einreichung:

1. Gutachten: Prof. Dr. Josef Wiemeyer
2. Gutachten: Gerrit Kollegger



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Konzeptionelle Entwicklung eines Sportbewegungskatalogs

Vorgelegte Diplomarbeit von Thomas Gossmann

1. Gutachten: Prof. Dr. Josef Wiemeyer
2. Gutachten: Gerrit Kollegger

Tag der Einreichung:

Erklärung zur Diplomarbeit

Hiermit versichere ich, die vorliegende Diplomarbeit ohne Hilfe Dritter nur mit den angegebenen Quellen und Hilfsmitteln angefertigt zu haben. Alle Stellen, die aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Darmstadt, den 28. September 2016

(Thomas Gossmann)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Hintergrund	6
1.2	Ziel	6
2	Sportwissenschaftlicher Hintergrund	7
2.1	Zielgruppen	7
2.1.1	Bewegungswissenschaft	7
2.1.2	Sportpraxis	8
2.2	Klassifikation von Bewegungsfertigkeiten	9
2.2.1	Eigenschaften von Bewegungsfertigkeiten	9
2.2.2	Bewegungsfertigkeiten und koordinative Fähigkeiten	12
2.3	Strukturierung von Bewegungsfertigkeiten	18
2.3.1	Phasenstruktur nach Meinel & Schnabel	18
2.3.2	Funktionsanalyse nach Göhner	21
2.3.3	Funktionsanalyse nach Kassat	30
2.3.4	Diskussion der Bewegungsmodelle	34
2.3.5	Beziehungen zwischen Bewegungsfertigkeiten	35
2.3.6	Sequenzstruktur von Bewegungskombinationen	38
2.4	Training	38
2.4.1	Methodische Übungsreihen	38
2.4.2	Übungen	39
2.4.3	Bewegungsfehler	40
2.4.4	Fertigkeitsspezifische Bewertungskriterien und sportmotorische Tests	42
3	Informatische Grundlagen	46
3.1	Datenbanken	47
3.1.1	Aufgaben von Datenbankmanagementsystemen	47
3.1.2	Datenbankmodell	48
3.1.3	Datenbanktypen	49
3.2	Knowledge Management	51
3.2.1	Anwendungsszenarien zu Knowledge Management	51
3.2.2	Knowledge Systems	52
3.2.3	Technologien	53
3.3	Knowledge Engineering	55
3.3.1	Maschinelles Lernen	56
3.3.2	Wissensrepräsentation	58
4	Konzeptionelle Entwicklung	59
4.1	Vorgehensweise	59
4.2	Requirements	59
4.2.1	Sportart	60
4.2.2	Bewegungsfertigkeit	61
4.2.3	Tester	62
4.3	Entwurf	62
4.3.1	Datenbank	63



- 4.3.2 Server-Anwendung 63
- 4.3.3 Web Frontend 65
- 4.3.4 Tester 66
- 4.3.5 Knowledge Engineering 66
- 4.4 Qualitätssicherung 67
 - 4.4.1 Versionierung 67
 - 4.4.2 Audit Log 67
 - 4.4.3 Berechtigungen 67

- 5 Zusammenfassung und Ausblick 68**

- Literaturverzeichnis 70**

Abbildungsverzeichnis

2.1	Spin 1ft-ext	10
2.2	Spin 1ft-ext Sequenz	11
2.3	Strukturelles Gefüge koordinativer Fähigkeiten (nach Zimmermann, 1998, S. 221)	13
2.4	Analyseraster der koordinativen Anforderungsprofile sportmotorischer Fertigkeiten (nach Neumaier & Mechling, 1994, S. 211; Wollny, 2007, S. 50)	13
2.5	Der Koordinations-Anforderungs-Regler (KAR) (nach Neumaier, 2014, S. 134)	14
2.6	KAR des Spin 1ft-ext	17
2.7	Die drei Phasen sportlicher Bewegungsakte und ihre Relationen (nach Meinel & Schnabel, 2007, S. 81)	19
2.8	Die Phasenstruktur des <i>Spin 1ft-ext</i>	21
2.9	Bewegungsziele der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen (nach Göhner, 1987, S. 86)	22
2.10	Movendumbedingungen der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen	24
2.11	Bewegerbedingungen der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen	25
2.12	Umgebungsbedingungen der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen	27
2.13	Regelbedingungen der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen	28
2.14	Relationale Funktionsphasen des Spin 1ft-ext	29
2.15	k-Struktur des Spin 1ft-ext	31
2.16	Wichtigkeit zu ausgewählten Tricks zum Hopping Teilbaum im Einradfahren	36
2.17	Beziehungen des Spin 1ft-ext	37
2.18	Testformular (Ausschnitt) zum Spin 1ft-ext (Prototyp)	43
2.19	Ergebnis zum Spin 1ft-ext (Prototyp)	44
3.1	Informationstheoretischer Ansatz (nach Rehäuser & Krcmar, 1996, S. 6; Bodendorf, 2006, S. 1)	46
3.2	Server-Client-Systemarchitektur mit DBMS als Server und Anwendung(en) als Client (nach Saake, Sattler & Heuer, 2008, S. 6)	47
3.3	Beispiel-ERM (nach Kemper & Eickler, 2015, S. 40)	49
3.4	Modelle der Wissensrepräsentation (nach Helbig, 1996, S. 51)	58
4.1	Softwarearchitektur des Sportbewegungskatalogs	63
4.2	ERM Entwurf für die strukturelle Ablage von Daten im Sportbewegungskatalog	64
4.3	Server-Anwendung mit HttpKernel Middleware und Action-Domain-Responder Pattern	65

Tabellenverzeichnis

2.1	Gültigkeitsbereich der Aktionen zum Spin 1ft-ext	31
2.1	Gültigkeitsbereich der Aktionen zum Spin 1ft-ext	32
2.1	Gültigkeitsbereich der Aktionen zum Spin 1ft-ext	33
2.1	Gültigkeitsbereich der Aktionen zum Spin 1ft-ext	34
2.2	Bewegungsfehler zum Spin 1ft-ext	41
2.2	Bewegungsfehler zum Spin 1ft-ext	42
2.3	Schlüssel zur Berechnung der Note und des Rang	45
3.1	Begriffsbildungen für Datenbanksysteme (Saake, Sattler & Heuer, 2008, S. 9)	47
3.3	Gegenüberstellung von induktivem, deduktivem und abduktivem Schließen	55

1 Einleitung

In der digitalen Zeit ist der Zugang zu Informationen via Internet durch einschlägige, besonders durch mobile Geräte nahezu omnipräsent. Informationen werden in allgemeinen Systemen, wie z.B. Wikis, Blogs oder ähnlichen Formaten untergebracht. Große Suchmaschinenanbieter verwenden Natural Language Processing (NLP), um die darin enthaltenen Informationen zu extrahieren, via Knowledge Graphen zu speichern und bei Suchanfragen strukturiert zu präsentieren. Andere Bereiche verfügen über speziell strukturierte Datenbanken, um Domänenwissen abzulegen (z.B. Film: Imdb, Omdb, Tmdb, OFDb).

Eine auch nur halbwegs vergleichbare, strukturierte Datensammlung fehlt im Sport bislang völlig. Gerade hier könnten solche Datenbestände genutzt werden, um primär das eigene Training informationsgestützt zu ergänzen oder gar komplette Trainingspläne daraus abzuleiten oder automatisch generieren zu lassen. Die Bewegungswissenschaft könnte mit einer großen Wissensbasis neue Erkenntnisse mittels rechnergestützter Algorithmen gewinnen und in die Trainingswissenschaft einfließen lassen. Auch auf anderen Gebieten besteht großes Interesse daran, Bewegungsinformationen strukturiert abfragen zu können, z. B. in der Robotik, etwa um Erkenntnisse, die durch maschinelles Lernen gewonnen wurden, mit denen aus Bewegungsdatenbanken abzugleichen und dadurch Lernziele erweitern zu können.

1.1 Hintergrund

In sportwissenschaftlichen Arbeiten finden sich zwar immer wieder mehr oder weniger ausgearbeitete Untersuchungen, Bewegungen zu strukturieren. Die Resultate gelten aber immer nur für die jeweilige Arbeit. Auch wenn durch spätere Hinweise oder Kritiken einzelne Untersuchungsergebnisse erweitert werden können, gibt es bisher keine Ansätze, diese Ergebnisse oder gewonnene Kenntnisse fachübergreifend und allgemeingültig zu nutzen. Symbiotische Effekte einer strukturierten Informationssammlung lassen sich bestenfalls erahnen.

Gerade unter den eingangs erwähnten Gesichtspunkten ist es umso verwunderlicher, dass es bislang nur wenig oder keinerlei Bestrebungen gibt, ein solches Konstrukt zu entwerfen.

1.2 Ziel

Ziel der Diplomarbeit ist es, ein Konzept für einen Sportbewegungskatalog zu erstellen. Im Katalog sollen Bewegungsfertigkeiten archiviert werden, zu denen strukturiert Informationen, Modelle, Übungen usw. abgelegt sind. Dieser Katalog soll sportartübergreifend arbeiten und damit einen allgemeingültigen Anspruch erheben.

Die Arbeit besteht aus drei Teilen. Im ersten Teil wird der sportwissenschaftliche Hintergrund erarbeitet, aus dem hervorgeht, welche Informationen strukturiert abgelegt werden. Im zweiten Teil werden die für die Erstellung eines solchen Systems relevanten informatischen Grundlagen diskutiert. Im dritten Teil erfolgt das Zusammenführen von Sport und Informatik und es wird ein Konzept für einen Sportbewegungskatalog entwickelt.

2 Sportwissenschaftlicher Hintergrund

In den Sportbewegungskatalog sollen Bewegungsfertigkeiten aufgenommen werden, für die folgende Definition genutzt wird:

Definition Bewegungsfertigkeit:

Bewegungsfertigkeiten bezeichnen speziell erworbene und gespeicherte dispositionelle Eigenschaften im Sinne von relativ stabilen motorischen Handlungen bzw. von automatisierten Komponenten, Teilhandlungen bzw. Operationen. Es handelt sich also um den konkreten, individuellen koordinativen Aneignungsgrad bestimmter motorischer Handlungen oder Handlungskombinationen (Hirtz, 1994, S. 127).

Zu einzelnen Bewegungsfertigkeiten sollen Informationen gesammelt werden. Wiemeyer (1997, S. 9f) nennt eine solche Ansammlung von Informationen das theoretische Bewegungswissen; es übernimmt die Aufgabe der Erklärungs- bzw. Verstehensfunktion. Beispielhaft werden die Bewegungswissenschaft und die Sportpraxis als Zielgruppen für den Sportbewegungskatalog untersucht. Zuerst werden die Anforderungen beider Zielgruppen analysiert. Auf dieser Basis werden Eigenschaften in Abschnitt 2.2 und Strukturen in Abschnitt 2.3 gesucht. Aus diesen Erkenntnissen lassen sich Methoden und Inhalte für das Training gewinnen, die in Abschnitt 2.4 vorgestellt werden.

Diese Suche wird am Beispiel des **Spin 1ft-ext** auf dem Einrad begleitet.

2.1 Zielgruppen

Als Zielgruppen für den Sportbewegungskatalog werden die Bewegungswissenschaft und die Sportpraxis exemplarisch ausgewählt. Die Erkenntnisse aus der Bewegungswissenschaft fließen in die Sportpraxis ein und zeigen das Zusammenführen der Ergebnisse zweier Disziplinen in das Konzept des Sportbewegungskatalogs.

2.1.1 Bewegungswissenschaft

Die Bewegungswissenschaft bzw. Bewegungslehre gilt als authentische und genuine Disziplin der Sportwissenschaft. Der Begriff *Bewegungslehre* geht auf frühere Publikationen zurück, wird aber auch häufiger mit Praxisbezug und Anwendungsnähe assoziiert. Hingegen wird mit *Bewegungswissenschaft* der theoretische, grundlagenorientierte Aspekt etwas mehr in den Vordergrund gerückt, ohne den Stellenwert der praktisch-methodischen Umsetzung zu mindern (Roth & Willimczik, 1999, S. 9).

Nach Göhner „ist es eine wesentliche Aufgabe der Bewegungslehre des Sports, ihren Gegenstand ‚Sportliche Bewegungen‘ möglichst genau zu kennzeichnen“, außerdem „wird der Frage nachgegangen, wie das meist komplexe Objekt ‚sportlicher Bewegungsablauf‘ gegliedert, strukturiert und in Einzelbestandteile aufgeteilt (zerlegt) werden kann“ (Göhner, 1992, S. 28). Der Gegenstandsbereich der Sportwissenschaft thematisiert die *Außen-* und *Innensicht* von Bewegungen im Sport.

Der *Außenaspekt* bzw. *Produktbereich* bezieht sich auf die beobachtbaren Erscheinungen von Veränderungen sportlicher Bewegungen (Göhner, 1992, S. 26f; Roth & Willimczik, 1999, S. 10; Wollny, 2007, S. 27f). Wollny (2007, S. 28) nennt die damit verbundenen Aufgaben als die Analyse und die Systematisierung äußerer sporttypischer Bewegungsphänomene, die Beschreibung und Erklärung von Sporttechniken, die Erstellung von Beurteilungskriterien sportmotorischen Verhaltens und Lernens, die Analyse und Ausbildung motorischer Fähigkeiten und Fertigkeiten während eines Menschenlebens, die Entwicklung

spezieller Messmethoden der äußeren Bewegungsanalyse und die Bereitstellung von Test- und Diagnoseinstrumenten für die Sportpraxis.

Der *Innenaspekt* bzw. *Prozessbereich* bezieht sich auf die internen Vorgänge bei Bewegungsabläufen (Göhner, 1992, S. 26f; Roth & Willimczik, 1999, S. 10; Wollny, 2007, S. 27f). Hierfür nennt Wollny (2007, S. 28) als Aufgaben die Untersuchung der zentralnervösen Kontroll- und Funktionsprozesse, einschließlich anatomischer Strukturen, psychologischer und neurophysiologischer Aspekte der Motorik, die Erforschung der zentralnervösen Gesetzmäßigkeiten sportmotorischen Verhaltens und Lernens, die Beschreibung und Erklärung inter- und intraindividuelle sportmotorischer Leistungsdifferenzen, die Analyse und Erklärung sportmotorischen Lernens und der motorischen Entwicklung eines Menschen, die Bestimmung von Ziel-, Zweck- und Sinnbezügen von Bewegungen, die Bereitstellung spezieller Messmethoden innerer Bewegungsanalysen und die Entwicklung von Prinzipien, Methoden und Techniken für die Sportpraxis.

Daraus leiten sich folgende Anforderungen der Bewegungswissenschaft an einen Sportbewegungskatalog ab:

- Strukturelle Ablage von Eigenschaften zur Klassifikation von Bewegungsfertigkeiten
- Erfassung koordinativer Anforderungen von Bewegungsfertigkeiten
- Erfassung von Struktur und Gliederung von Bewegungsfertigkeiten
- Test- und Diagnoseinstrumente für die Bewegungstechnik

2.1.2 Sportpraxis

Unter der Sportpraxis sind Trainer und Lehrer zu verstehen, die Schülern und Athleten Bewegungen vermitteln. Entsprechend müssen Lehrende gewisse Kompetenzen aufweisen. Sterr (2012, S. 11f) unterscheidet hier zwischen Wissen und Kompetenz. In diesem Kontext ist *Kompetenz* mit der Handlungsfähigkeit im Sport und seinem starken Handlungsbezug am einfachsten umschrieben. *Wissen*, etwa aus der Trainings- und Bewegungslehre oder aus der Sportpsychologie, bildet die Grundlage um die Aufgaben im Sport zu meistern. Historisch geschah die Wissenserlangung über weitergegebene „Meisterlehren“ die sich aus Versuch und Irrtum entwickelt hatten. Durch die Institutionalisierung der Sportwissenschaft war durch die Trainingswissenschaft auch der Zugang zur theoriegeleiteten Erkenntnisgewinnung geebnet (Frey & Hildenbrandt, 2002, S. 27,30). Diesen Zustand soll der Sportbewegungskatalog bedienen, indem dort Wissen zu Bewegungen abgelegt wird, das in der Trainingspraxis verwendet werden kann. Das erforderliche Wissen lässt sich aus den Zielen der Trainingswissenschaft/-lehre ableiten. Dieser Bereich lässt sich auf das Techniktraining eingrenzen, da im Sportbewegungskatalog Informationen zu Bewegungsfertigkeiten abgelegt sind. Weitere Anforderungen (etwa konditionelle oder psychologische) spielen hierfür zunächst eine untergeordnete Rolle. Das Techniktraining hat die Aufgaben Aneignen (Neulernen), Vervollkommnung und Stabilisierung technischer Fertigkeiten (Schnabel, Harre & Krug, 2014, S. 273). Wichtige Komponente für das Techniktraining ist das Technikleitbild, an dem sich die zu lernende Zieltechnik orientiert und woraus sich Lernschritte ableiten lassen (Schnabel et al., 2014, S. 274). Martin, Carl und Lehnertz (2001, S. 50) unterteilen das Techniktraining in Technikerwerbstraining, Technikanwendungstraining und technisches Ergänzungstraining. Allen gemein ist, dass Übungen für ein Training genutzt werden, die dann den verschiedenen Bereichen zugewiesen werden. Für das Lernen von Fertigkeiten haben sich methodische Übungsreihen etabliert (Willimczik & Roth, 1983, S. 186ff).

Daraus leiten sich folgende Anforderungen der Sportpraxis an einen Sportbewegungskatalog ab:

- Beschreibung der Bewegungsfertigkeit als Technikleitbild
- Methodische Übungsreihen zum Erlernen der Technik
- Übungen für das Training
- Bewegungsfehler zur Bewegungskorrektur

2.2 Klassifikation von Bewegungsfertigkeiten

Die in der Definition zu motorischen Fertigkeiten (Seite 7) erwähnten dispositionellen Eigenschaften klassifizieren Bewegungsfertigkeiten. Deren Suche beschränkt sich hierbei auf die in Abschnitt 2.1 abgeleiteten Anforderungen.

2.2.1 Eigenschaften von Bewegungsfertigkeiten

Bei den hier aufgeführten Eigenschaften handelt es sich um statische Werte, die in verschiedene Kategorien aufgeteilt sind.

2.2.1.1 Informative Eigenschaften

Informative Eigenschaften geben lediglich Kurzinformationen zur Bewegung.

Name

Der Name chiffriert die Fertigkeit. Unter diesem Namen werden alle, zum Bewegungsablauf beitragenden, motorischen (Teil-)Funktionen und Handlungen zusammengefasst.

Alternative Namen

Soweit (noch) keine verbindliche Nomenklatur existiert, kann ein und dieselbe Fertigkeit ggf. unter mehreren - evtl. historischen - Namen bekannt sein.

Kurzbeschreibung

Kurzbeschreibungen bestehen zumeist nur aus wenigen Sätzen (wenn überhaupt). Der Text ist in den Kontext der jeweiligen Sportart eingebunden, wodurch auch Fachausdrücke klar zuzuordnen sind (Göhner, 1987, S. 98f). Somit kann die jeweils vorgestellte Bewegung eindeutig beschrieben werden. Eine Kurzbeschreibung wie z. B. „Das Rad wird mit den Händen auf dem Reifen angetrieben. Die Füße bleiben auf dem Rahmen.“ wirkt ohne Kontext ziemlich nichtssagend. Beschrieben wird hier der Einrad-Trick *Handwalk* aus Sicht des „normalen Fahrens“. Aus dieser Sitzposition werden die Bewegungsänderungen beschrieben. Im vorliegenden Beispiel beugt sich der Fahrer nach vorne, setzt die Füße auf die Gabel und treibt das Einrad mit den Händen auf dem Reifen an.

Spin 1ft-ext

Der Name des Tricks ist *Spin 1ft-ext*. Für Einradtricks werden englische Namen verwendet, nur wenige Tricks sind eingedeutscht. *1ft* ist die englische Abkürzung für „einen Fuß“ (dt. Einbein) und *ext* ist die englische Abkürzung für „extended“ (dt. gestreckt). Alternative Namen gibt es nicht, jedoch ist die Schreibweise nicht immer einheitlich. So treten verschiedene Schreibweisen in verschiedenen Varianten auf (*1ft Spin-ext*, *1ft-ext Spin*). Mit den Worten „Einen Spin mit einem weggestreckten Bein fahren“ ist der Trick kurz und knapp beschrieben (siehe Abbildung 2.1).

2.2.1.2 Bewegungseigenschaften

Die folgenden Eigenschaften sind statische Beschreibungen der Bewegung:

Lokomotion

Die Fortbewegungsart der Bewegung (z. B.: *laufen*, *springen*, *schwimmen*, u. a. Meinel & Schnabel, 2007, S. 77).

Zyklischer oder Azyklischer Bewegungsakt

Ausgehend von der dreiphasigen Grundstruktur des Phasenmodells von Meinel und Schnabel (siehe Unterabschnitt 2.3.1) besteht ein *azyklischer* Bewegungsakt aus nur einer Hauptphase (Meinel & Schnabel, 2007, S. 81), während ein *zyklischer* Bewegungsakt aus einer vielmaligen Wiederholung des gleichen



(a) frontal



(b) lateral

Abbildung 2.1: Spin 1ft-ext

Grundzyklus besteht, der sich aus einer Haupt- und Zwischenphase zusammensetzt (Meinel & Schnabel, 2007, S. 84).

Bewegungsform

Die Bewegung kann entweder eine *Translation*, eine *Rotation* oder eine Kombination aus beiden sein (Wick, 2013, S. 32f).

Bewegungsrichtung

Eine translative Bewegung verläuft entlang der *Transversalebene*, *Frontalebene* oder *Sagittalebene*.

Rotationsparameter

Für eine Rotation gelten folgende Parameter:

Rotationskörper

Bezeichnet, welcher Körper rotiert. Das können der *Sportler* oder das *Sportgerät* - wenn es sich dabei um ein passiv-reaktives Movendum (Göhner, 1987, S. 87ff) handelt - sein (z.B. Sportgeräte der Rhythmischen Sportgymnastik, siehe Absatz 2.3.2.1 Movendumbedingungen).

Drehachse

Die Drehachsen des Rotationskörpers können die *Körperbreitenachse (KBA)*, *Körperlängsachse (KLA)* oder *Körpertiefenachse (KTA)* sein.

Achsrotation

Achsrotation beschreibt die Lage des Rotationskörpers zur Drehachse (*komplett*, *partiell* oder *außerhalb* der Drehachse).

Athlet-Sportgerät-Interaktion

Rotation von Athlet und Sportgerät in gleicher Achse finden entweder *simultan* oder *isoliert* statt. Bei isolierter Synchronisation kann weiter spezifiziert werden, ob die *Rotationsrichtung* beider Körper in die *gleiche* oder in die *entgegengesetzte* Richtung verläuft. Diese Unterscheidung ist dann sinnvoll, wenn bestimmte Fertigkeiten sich nur in diesem einen Punkt differenzieren lassen. Dies tritt häufig

bei Sportarten mit passiv-reaktiven Movenda auf, die von den Sportlern in der Luft gedreht werden (z. B. Skateboard oder Einrad).

Start- und Endposition

In einigen (zumeist kompositorischen) Sportarten sind die Start- und Endpositionen der Bewegungsfertigkeiten interessant, da sich darüber mehrere Bewegungsfertigkeiten sequentiell kombinieren lassen (siehe Unterabschnitt 2.3.6).

Im Trampolinturnen gibt es die Positionen Stand, Sitz, Rücken, Bauch und Knie.

Kompositorische Fertigkeiten

Bei kompositorischen Fertigkeiten (engl. composite) handelt es sich um die Zusammensetzung einer Bewegungsfertigkeit aus mehreren anderen Bewegungsfertigkeiten, die die Bestandteile ergeben.

Ein Barani ist zusammengesetzt aus einem Vorwärtssalto und einer halben Schraube.

Multiplikator

Ausgehend von einer abstrakten Idee einer Bewegung, z. B. Schraube oder Salto, wird mit dem Multiplikator (engl. multiplier) die Bewegung konkretisiert. Dies tritt häufig in Sportarten mit viel Rotationsbewegungen auf (z.B. Trampolinturnen, Turmspringen oder Einradfahren). Die Multiplikatoren werden je nach Sportarten meistens in Umdrehungen angegeben (z. B. zweifacher Salto) oder durch eine Gradzahl beziffert (z. B. 360° Unispin).

Detaillierte Bewegungsbeschreibung

Die detaillierte Bewegungsbeschreibung dokumentiert die Bewegung als Verlaufsfolge (Göhner, 1992, S. 90ff). Die Sichtweise sollte dabei kontextfrei sein, nahezu jedes Körpersegment sollte während des Bewegungsverlaufes dokumentiert werden. Sequenzbilder, die den Verlauf der Bewegung zeigen, unterstützen die Bewegungsbeschreibung.

Spin 1ft-ext

Der Spin 1ft-ext ist eine zyklische, translatorisch-rotatorische Bewegung dessen Lokomotion Pedale tretend erfolgt. Die Bewegungsrichtung ist kreisförmig vorwärts. Durch lateralen Hüftknick rotiert der Fahrer partiell in der Körperlängsachse. Das Einrad befindet sich sattelwärts ebenfalls in der Körperlängsachse des Fahrers, die Synchronisation mit dem Fahrer erfolgt hier simultan. Zusätzlich rotiert das Einrad um den Auflagepunkt auf dem Boden in der Körpertiefenachse.



Abbildung 2.2: Spin 1ft-ext Sequenz

Die Spinfahrt wird dadurch charakterisiert, dass der Oberkörper die Körperlängsachse bildet. Befindet sich der Oberkörper außerhalb der Drehachse handelt es sich um eine Kreisfahrt. In Abbildung 2.2 wird eine Umdrehung dargestellt. Der Fahrer sitzt dazu im Sattel und ein Bein tritt das Einrad über eine Pedale an. Die Hüfte wird leicht nach vorne geschoben und die Schultern werden über den Hüften positioniert, damit die unteren Rückenmuskeln den Spin 1ft-ext stabilisieren. Zudem sind die Schultern außenrotiert und unterstützen damit die Kontraktion der Muskeln im oberen Rücken und Schulterbereich, die zusätzlich der (Oberkörper)stabilisation dienen. Die Arme werden gestreckt in einer V-Position (aus Sicht des Fahrers) gehalten. Hände befinden sich auf Höhe der Augen, um die Kontraktion der Schultermuskeln zu begünstigen. Handflächen zeigen nach oben, um die Außenrotation der Schultern zu vereinfachen. Der Blick richtet sich auf die Mitte der gedachten Linie zwischen den beiden Händen. Dieser Punkt wird vom Fahrer unscharf eingestellt, um das Schwindelgefühl zu kontrollieren. Das freie Bein ist seitlich, gestreckt und wird aktiv hochgehalten und möglichst parallel zum Boden hochgezogen. Die Fußspitzen sind gepointet (Bezeichnung aus dem Ballett). Bei seitlicher Betrachtung liegen Fußspitze, Hüfte, Schultern, Kopf und die Sattelstange des Einrads auf einer Linie (siehe Abbildung 2.1b).

2.2.1.3 Modifizierende Eigenschaften

Modifizierende Eigenschaften (engl. Modifiers) verändern nebensächlich die Bewegungsausführung; die Bewegungsidee bleibt dabei erhalten. Modifier schaffen dadurch eine Variation der Fertigkeit (siehe Unterunterabschnitt 2.3.5.1). In einigen Sportarten haben sich bestimmte Suffixe und Präfixe zu den Namen als Kennzeichnung der Variation eingebürgert.

Spin 1ft-ext

Auch der Spin 1ft-ext ist eine Variation. Das Suffix „ext“ kennzeichnet im Einradfahren, dass während der Bewegungsausführung das freie Bein durchgestreckt ist. Ohne die Variation (also ohne das „ext“) würde der Fahrer beim „Spin 1ft“ das freie Bein auf der Gabel abstellen.

2.2.2 Bewegungsfertigkeiten und koordinative Fähigkeiten

Jede Bewegungsfertigkeit verlangt vom Sportler, dass er alle Komponenten, Teilhandlungen und Operationen der Fertigkeit koordiniert. Die koordinativen Anforderungen sind von Fertigkeit zu Fertigkeit unterschiedlich. Für die Bewältigung sind die koordinativen Fähigkeiten verantwortlich. Die verschiedenen sportwissenschaftlichen Betrachtungsweisen werden nachfolgend vorgestellt. Abschließend wird geklärt, in welcher Form die koordinativen Anforderungen an Bewegungsfertigkeiten strukturiert in den Sportbewegungskatalog aufgenommen werden können.

2.2.2.1 Koordinative Fähigkeiten

Koordinative Fähigkeiten sind ein kontrovers diskutiertes Thema der differenziellen Motorikforschung. Allein die Vielzahl der mit koordinativen Fähigkeiten verbundenen Begriffe wie Antizipationsfähigkeit, Bewegungsgefühl, Geschmeidigkeit, Ballgefühl, Präzisionsfähigkeit, Steuerungsfähigkeit, Geschicklichkeit, Auge-Hand-Koordination (Auswahl; eine größere Begriffssammlung findet sich bei Wollny, 2007, S. 45) machen deutlich, dass eine Generalisierung oder gar eine Reduktion auf *die* koordinative Fähigkeit unmöglich erscheint. Dennoch wurde bis in die 60er und 70er Jahre die Gewandtheit als fertigkeitsübergreifende Fähigkeit des Zentralnervensystems gehandelt (Wollny, 2007, S. 46). Hirtz differenzierte 1964 erstmals die koordinativen Fähigkeiten und gliederte sie in die motorische Lern-, Steuerungs- und Anpassungsfähigkeit. Auf hierarchisch tieferer Ebene erkannte er die *Schnellkoordinationsfähigkeit* (Ausführung ganzkörperlicher Bewegungshandlungen unter Zeitdruck), *kinästhetische Differenzierungsfähigkeit* (differenzierte Steuerung des Krafteinsatzes), *Rhythmusfähigkeit* (Wechsel zwischen An- und Entspannung der Muskulatur), *Ausdauerkoordinationsfähigkeit* (Erhalt einer rhythmischen Ausführung länger andauernder Bewegungen), *Orientierungsfähigkeit* (optische Wahrnehmung und räumliche Orientierung), *Reaktionsfähigkeit* (schnelles Reagieren auf unterschiedliche Signale) und die *Gleichgewichtsfähigkeit* (um den Körper im Gleichgewicht zu halten bzw. das Gleichgewicht nach einer Bewegung wieder herzustellen) (Hirtz, 2002, S. 21f).

Zimmermann (1998; Blume, Schnabel & Zimmermann, 2002, S. 31) hat darauf aufbauend eine ähnliche Struktur entworfen (siehe Abbildung 2.3). Die Beschreibungen entsprechen dem Konzept von Hirtz. Ergänzend umfasst die Rhythmisierungsfähigkeit auch die Umsetzung des musikalischen Rhythmus etwa in kompositorischen Sportarten wie Eiskunstlauf, Rhythmische Sportgymnastik oder Bodenturnen. Die *Kopplungsfähigkeit* bezieht sich auf das Koordinieren von Teilbewegungen (etwa die der Extremitäten) und die *Umstellungsfähigkeit* auf die Fähigkeit, die eigene Handlung auf Grundlage der veränderten Situation (z. B. Gegner, Ball) entsprechend einzustellen (Blume et al., 2002, S. 31).

Ein anderer Ansatz ist das Konzept von Neumaier und Mechling (1994). Ihr Konzept stellt ein koordinatives Anforderungsprofil dar (siehe Abbildung 2.4). Auf oberster Ebene werden die elementar koordinativen Anforderungen (Bewegungszeit, Bewegungspräzision, Bewegungsumfang, Grad der Bewe-

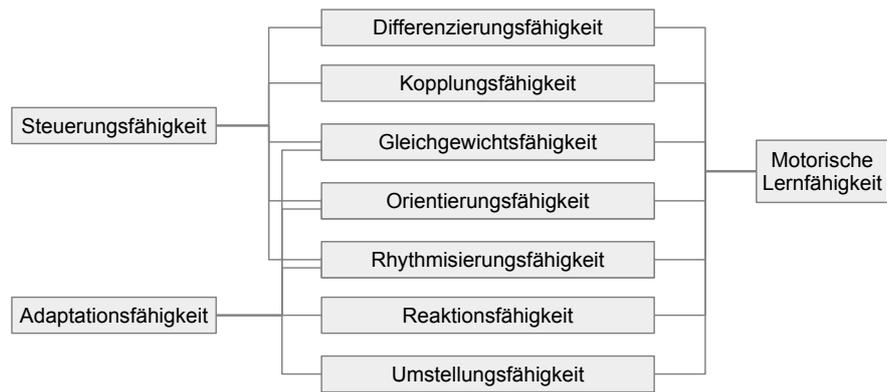


Abbildung 2.3: Strukturelles Gefüge koordinativer Fähigkeiten (nach Zimmermann, 1998, S. 221)

gungsschwierigkeit, Größe des Ziels), darunter die fertigkeitabhängigen motorischen (klein-, großmotorisch) und die sensorische Informationsverarbeitung (optisch, akustisch, taktil, vestibulär, kinästhetisch) strukturiert (Wollny, 2007, S. 50). Hauptbestandteil sind die Druckbedingungen sporttypischer Bewegungsaufgaben. Neumaier und Mechling finden sechs Druckbedingungen: Zeitdruck, Präzisionsdruck, Komplexitätsdruck, Organisationsdruck, Belastungsdruck und Variabilitätsdruck (Wollny, 2007, S. 51).

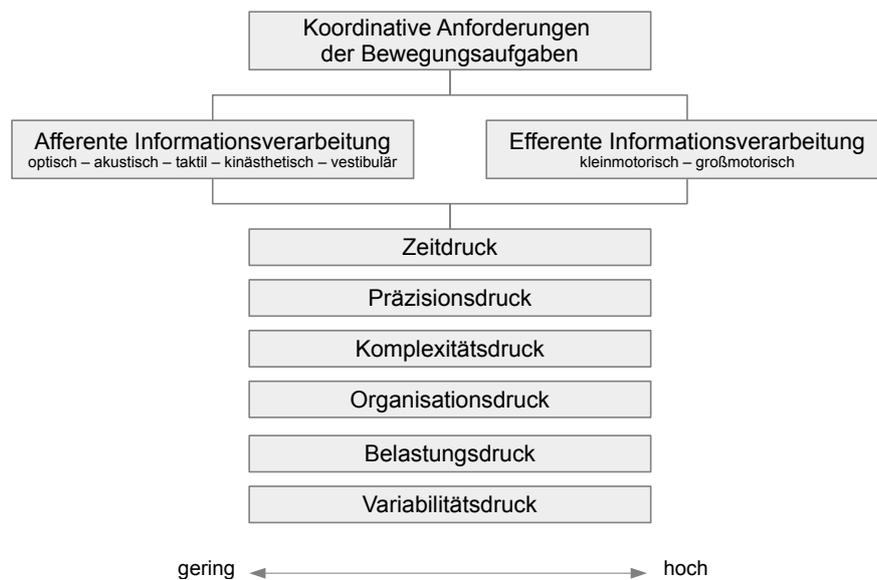


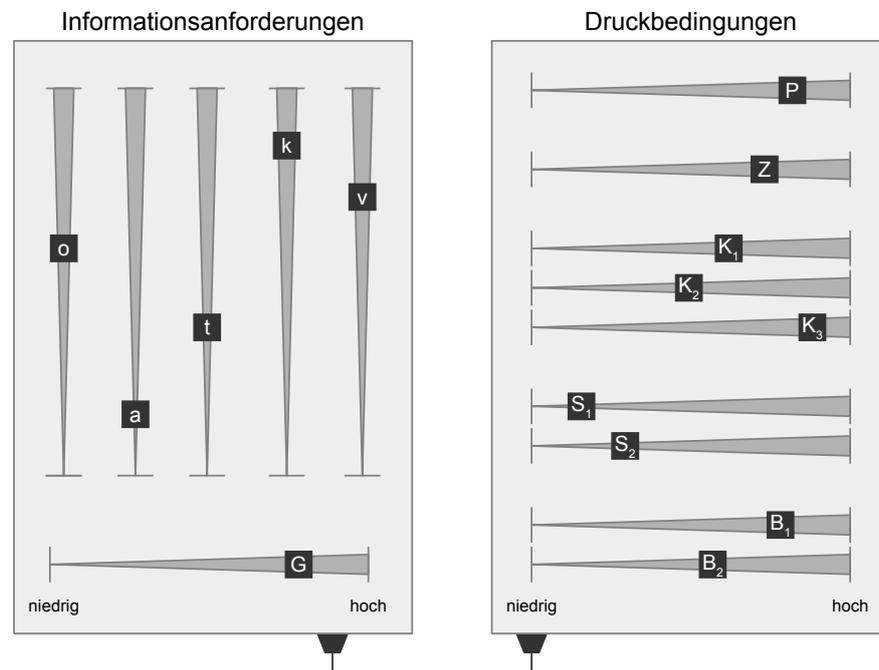
Abbildung 2.4: Analyseraster der koordinativen Anforderungsprofile sportmotorischer Fertigkeiten (nach Neumaier & Mechling, 1994, S. 211; Wollny, 2007, S. 50)

Die Eingrenzung der koordinativen Fähigkeiten auf eine kleinere Auswahl war v. a. für Pädagogen eine echte Hilfe, denn dadurch gelang eine bessere didaktisch-methodische Umsetzung (Hirtz, 2002, S. 24).

2.2.2.2 Koordinations-Anforderungs-Regler

Neumaier stellt mit dem Koordinations-Anforderungs-Regler (KAR) ein Modell zur Erfassung koordinativer Anforderungen an Bewegungsfertigkeiten vor um daraus Inhalte für ein Koordinationstraining abzuleiten. Damit löste sich der KAR von den problematischen Ansätzen der traditionellen „Koordinativen Fähigkeiten“ und entwickelte sich zu einem praxisorientierteren Modell, bei dem die koordinativen Anforderungen von Bewegungsaufgaben stärker in den Blick genommen werden (Neumaier, 2014, S. 95f). Der KAR besteht aus zwei Teilen. Erstens den Informationsanforderungen und zweitens den Druckbedin-

gungen (siehe Abbildung 2.5). Beide Teile werden im Folgenden genauer erläutert. Anschließend wird geprüft, wie der KAR in den Bewegungskatalog aufgenommen werden kann.



o = optisch
a = akustisch
t = taktil
k = kinästhetisch
v = vestibulär
G = Gleichgewicht

P = Präzisionsdruck
Z = Zeitdruck
K = Komplexitätsdruck
K₁ = Simultankoordination
K₂ = Sukzessivkoordination
K₃ = Muskelauswahl
S = Situationsdruck
S₁ = Situationsvariabilität
S₂ = Situationskomplexität
B = Belastungsdruck
B₁ = physisch-konditionelle Belastung
B₂ = psychische Beanspruchung

Abbildung 2.5: Der Koordinations-Anforderungs-Regler (KAR) (nach Neumaier, 2014, S. 134)

Informationsverarbeitungen

Voraussetzung und Bedingung für das Lösen der Bewegungsaufgabe ist die Feststellung der verschiedenen Rezeptor- und Sinnessysteme (Afferenzen und Reafferenzen) (Neumaier, 2014, S. 46). Das ist Aufgabe des sensomotorischen Systems - ein hierarchisches, sich selbst regulierendes Rückkopplungssystem, bestehend aus mehreren Elementen (Neumaier, 2014, S. 36) - welches nachfolgend erklärt wird:

Das Zentrale Nervensystem (ZNS) ist die Schaltzentrale, die eingehende (afferente) Informationen verarbeitet und gegebenenfalls einen aktuellen Bewegungsentwurf in seiner Programmbildung modifiziert und Befehle an niedrigere Zentren schickt. Auf afferenten, sensorischen Nervenbahnen werden Informationen aus Rezeptoren oder Sinnesorganen aufsteigend zum ZNS geleitet. Efferente Nervenbahnen senden Befehle des ZNS absteigend (als efferentes Impulsmuster) zur Skelettmuskulatur, die die Befehle des ZNS ausführt und die Bewegung sichtbar hervorruft (Neumaier, 2014, S. 36). Für die Bewegungskoor-

dination sind vor allem fünf Analysatoren bedeutsam, die Informationen sammeln und als Afferenzen an das ZNS schicken (Neumaier, 2014, S. 46).

optisch: Der optische Analysator für visuelle Afferenzen aus dem „Telerezeptor“ (Auge) (Neumaier, 2014, S. 46).

akustisch: Der akustische Analysator für auditive Afferenzen (verbale und nicht-verbale Ton- bzw. Geräuschinformationen aus dem Hörapparat) (Neumaier, 2014, S. 46).

taktil: Der taktile Analysator für Afferenzen aus den Mechanorezeptoren der Haut (Druck-, Berührungs-, Vibrationsrezeptoren) (Neumaier, 2014, S. 46).

kinästhetisch: Der kinästhetische Analysator für Afferenzen aus den Propriozeptoren (Muskelspindeln, Golgi-Sehnenorganen, Gelenkrezeptoren) (Neumaier, 2014, S. 46).

vestibulär: Der Vestibularanalysator für die Afferenzen aus dem Gleichgewichtsorgan (Vestibularapparat im Innenohr) (Neumaier, 2014, S. 46).

Das **Gleichgewicht**, als integrative Sinnesleistung, wird gesondert behandelt (Neumaier, 2014, S. 46). Gleichgewichtskontrolle ist weder ein Zustand noch eine einmalige Aktion, sondern ein fortlaufender Regulationsprozess. Geht das Gleichgewicht verloren und Sturzgefahr droht, wird der Körper sofort versuchen die kritische Situation zu vermeiden bzw. beheben (es sei denn das Risiko ist kalkulierbar und wird bewusst in Kauf genommen, z. B. bei einem Fallwurf im Handball). Gleichgewicht bedeutet aber keineswegs nur das Verhindern des „Nicht-Umfallens“, insbesondere bei dynamischen Bewegungen sind labile und instabile Körperpositionen notwendig. Die Wechselwirkungen von Muskelkontraktionen in der kinematischen Kette muss die Gleichgewichtskontrolle bei zumeist labilem Gleichgewichtszustand handhaben. Neumaier hält es deshalb für erforderlich, die Gleichgewichtsansforderungen besonders zu beachten und separat zu erfassen. Unterschieden wird zwischen dem statischen und dynamischen Gleichgewicht des eigenen Körpers (sowohl für rotatorische als auch translatorische Bewegungen) sowie dem Gleichgewicht von Objekten (Neumaier, 2014, S. 48f, 99ff).

Druckbedingungen

Unterschieden werden die Druckbedingungen in Präzisionsdruck, Zeitdruck, Komplexitätsdruck, Situationsdruck und Belastungsdruck unter denen Koordinationsleistungen zu erbringen sind (Neumaier, 2014, S. 101).

Präzisionsdruck

Eine differenzierte Selbst- und Fremdwahrnehmung und eine angemessene Soll-Wert-Bildung bilden die Grundlage für die Bewältigung des Präzisionsdrucks. Eigen- und Fremdbewegung in der Umwelt und eine differenzierte, präzise abgestimmte Ansteuerung der Muskulatur spielen ebenso eine Rolle (Neumaier, 2014, S. 101). „Bei *Genauigkeitsansforderungen* sind die Aspekte der *Zielpräzision* oder *Ergebnisgenauigkeit* und der *Präzision der Ausführung* selbst (oder *Verlaufsgenauigkeit*) voneinander zu unterscheiden“ (Neumaier, 2014, S. 101). Bei zyklischen Bewegungsaufgaben mit Anforderungen an die Rhythmisierung ist die *Wiederholungsgenauigkeit* von großer Bedeutung. In anderen Sportarten, z.B. Gerätturnen oder Eiskunstlauf, ist die *Verlaufsgenauigkeit* ausdrücklich Bewertungsgegenstand. In Sportspielen determinieren Tore oder Treffer das Ergebnis, hierbei ist die *Ergebnisgenauigkeit* entscheidend. Zu beachten ist auch die Ausgangslage, die hier statisch oder dynamisch auftreten kann, sowie konstante oder variable Durchführungsbedingungen. Die präzise Bewältigung der Bewegungsaufgabe steht oft in Wechselwirkung mit der zeitlichen und räumlichen Genauigkeit (Neumaier, 2014, S. 101ff).

Zeitdruck

Zeitdruck beschreibt die Notwendigkeit, eine bestimmte Bewegungshandlung entweder in einem gegebenen Zeitfenster oder in möglichst kurzer Zeit auszuführen bzw. zu bewältigen. In jedem Fall ist die Geschwindigkeit der Bewegungsausführung die wesentliche Anforderung. Die angesprochene Wechselwirkung zwischen Bewegungsgeschwindigkeit und Bewegungspräzision führt zu einem „Geschwindigkeits-

Genauigkeits-Kompromiss“ (Neumaier, 2014, S. 103), der besagt, dass bei komplexen und anspruchsvollen Bewegungsaufgaben mit zunehmender Bewegungsgeschwindigkeit die Genauigkeit abnimmt; jedoch ist diese Aussage für den Sport nicht allgemeingültig (siehe hierzu Neumaier, 2014, S. 95ff). Die unterschiedlichen Schnelligkeitsanforderungen für den Zeitdruck treten bei *Beginn* und *Durchführung* der Bewegung auf, wofür *Bewegungsdauer* und *Endgeschwindigkeit* untergeordnet sind (Neumaier, 2014, S.103ff). Bewegungen, die einen schnellen Bewegungsbeginn erfordern, sind Reaktionsaufgaben und stellen Anforderungen an die Reaktionsschnelligkeit (siehe hierzu auch Neumaier, 2014, S. 106f und Grosser, Starischka & Zimmermann, 2008, S. 88).

Komplexitätsdruck

Die Komplexität der Bewegung nimmt zu, wenn in einer Bewegungshandlung mehrere Bewegungsteile aufeinander abzustimmen sind. Eine *Simultankoordination* liegt dann vor, wenn die verschiedenen (oder zusätzlichen) Bewegungsteile gleichzeitig auszuführen sind. Wird die Bewegung durch Verschaltung mehrerer Bewegungsteile zu einer Bewegungskombination verlängert, handelt es sich um eine *Sukzessivkoordination* (Neumaier, 2014, S. 107). Auch Auswahl und Umfang der einzubeziehenden Muskelgruppen wirken sich auf die Komplexität der Bewegung aus. Dazu zählt, ob die Bewegung fein- oder großmotorisch ist, welche Muskeln/Körperteile miteinander gekoppelt werden müssen und die Lateralisationsproblematik von linker und rechter Körperseite (Neumaier, 2014, S. 107f).

Situationsdruck

Umgebungsbedingungen aus der Umwelt beeinflussen *Situationsvariabilität* und *Situationskomplexität*. Die Variabilität drückt die Umweltsituation aus, in der eine Bewegungsaufgabe bewältigt werden soll, also ob diese statisch gleichbleibend ist, statisch aber von Ort zu Ort verschieden oder dynamisch, sich verändernd. Die Komplexität bezeichnet den Informationsumfang der zu beobachtenden Umweltelemente (Neumaier, 2014, S. 109f) (Ein Quarterback im American-Football muss bei einem Passspielzug das Abwehrverhalten des gegenerischeren Hinterfeldes lesen, auf seine eigenen Passempfänger schauen und gleichzeitig darauf achten, von keinem gegnerischen Spieler aus dem Spiel genommen zu werden).

Belastungsdruck

Mit Belastung sind die äußeren, objektiv feststellbaren Anforderungen gemeint, die mit einer Bewegungsaufgabe verbunden sind. Hingegen bezeichnet Beanspruchung die subjektiv empfundene, individuell wirkende Belastung, also die inneren personenbezogenen Anforderungen. Der Belastungsdruck ist von den individuellen Voraussetzungen der Person abhängig (Neumaier, 2014, S. 110f). Auf die Person wirken die physische und psychische Beanspruchung. Die physische Beanspruchung ist konditionell-energetisch (Kraft, Ausdauer etc.) (Neumaier, 2014, S. 111f); die psychische Beanspruchung ist mit psychischen Prozessen (Konzentration, Wille, Motivation, Emotionen etc.) verknüpft (Neumaier, 2014, S. 115).

KAR im Sportbewegungskatalog

Der KAR eignet sich um die koordinativen Anforderungen der Bewegungsfertigkeit zu erfassen. Mit den Schieberegler kann der Grad der jeweiligen Informationsverarbeitungen bzw. Druckbedingungen ausgedrückt werden. Der Vorteil des KAR ist die Ausrichtung auf die koordinativen Anforderungen der Bewegungsaufgabe und nicht auf die koordinativen Fähigkeiten der Person (Neumaier, 2014, S. 96). Laut Neumaier, Mechling und Strauß (2002, S. 17) umfasst das koordinative Anforderungsprofil für viele „Bewegungsaufgaben bzw. in vielen Sportarten und Disziplinen nicht nur eine einzige, sondern mehrere Grundstellungen des KAR. Es besteht dann aus einer Zusammenstellung unterschiedlicher bewegungs- bzw. situationsbezogener KAR-Konstellationen“. Neumaier et al. (2002, S. 17) gehen von den gesamten Anforderungen einer Disziplin einer Sportart aus und sehen es als ersten Schritt, „diejenigen typischen Situationen und deren dominante Handlungen zu identifizieren und festzulegen“ und die verschiedenen Bewegungsaufgaben damit zusammenzufassen. Insbesondere die Identifikation der auftretenden Situationen macht eine komplette Erfassung des Situationsdrucks und teilweise des Belastungsdrucks erst möglich. Der Sportbewegungskatalog bietet darüber hinaus noch einen weiteren Vorteil. Während

Neumaier, Mechling und Strauß die Anforderungsanalyse wegen des Aufwands auf eine Disziplin mit ihren typischen Handlungssituationen konzentrieren, kann mit Hilfe des Sportbewegungskataloges ein umgekehrtes Verfahren genutzt werden. Die Anforderungen der Disziplin können aus den Anforderungen der einzelnen Fertigkeiten gewonnen werden.

Als Skalenniveau nutzen Neumaier et al. (2002) eine Likert-Skala mit fünf Intervallen (minimal, gering, mittel, hoch und maximal) sowie deren Zwischenwerte (z. B. gering bis mittel oder hoch bis maximal) um die Werte der Schieberegler zu beziffern.

Spin 1ft-ext

Für die Anforderungen des Spin 1ft-ext werden im ersten Schritt die typischen Situation des Einrad-Freestyle erfasst.

Situationen im Einrad-Freestyle

Im *Techniktraining* werden Tricks isoliert erlernt oder gefestigt. Das Trainingsziel besteht entweder darin die Fertigkeit von Grund auf zu erlernen oder eine bereits erlernte Technik zu stabilisieren oder zu verbessern.

Im *Kürtraining* werden Tricks kompositorisch zusammengesetzt. Wichtig hierbei ist die Abstimmung der Ausführungen der einzelnen Tricks mit der Musik. Ziel des Trainings ist es das Timing der Bewegung in Bezug auf die Position im Raum und die Haltung des Körpers unter Beachtung des einzuhaltenden Zeitfensters zu bewerkstelligen.

Beim *Kürtraining mit Publikum* macht es für Fahrer einen erheblichen psychologischen Unterschied nicht (mehr) für sich alleine zu trainieren. Dabei spielt es keine Rolle, ob vor einer Handvoll Zuschauer oder vor gefüllter Halle gefahren wird. Das Trainingsziel ist der Umgang mit dem Erwartungsdruck des Publikums.

Im *Wettkampf* kommt die besondere Situation hinzu, dass nun die Leistung „zählt“. Fehler werden nicht mehr verziehen und die Blicke des Publikums sind weitaus kritischer als bei einer Generalprobe oder im Training. Diese Situation kann im Training nur annähernd simuliert werden.

KAR für das Kürtraining

Die Situation des Kürtrainings soll, beispielhaft für die anderen genannten Situationen, genutzt werden um die Einstellung des KAR zu demonstrieren. Die Schieberegler für den Spin 1ft-ext sind in Abbildung 2.6 zu finden und werden nachfolgend erklärt.

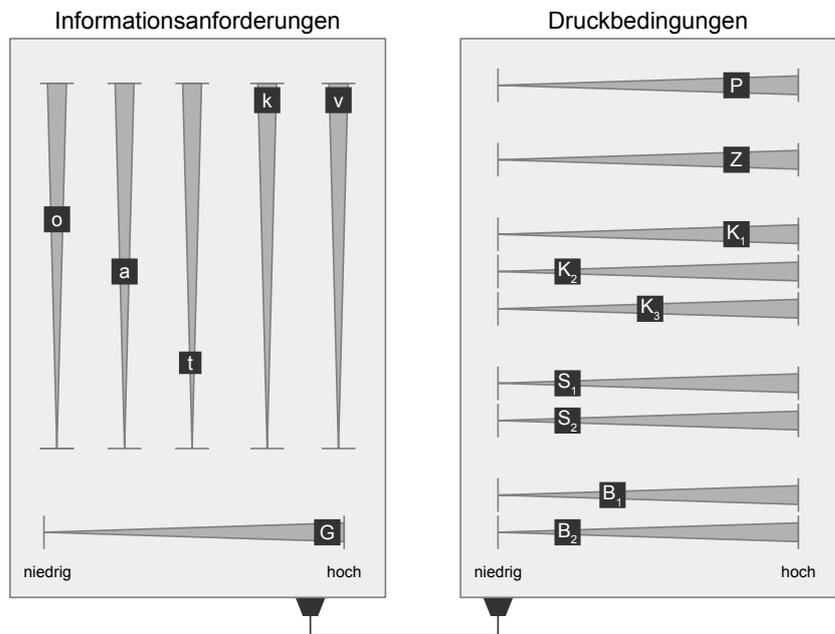


Abbildung 2.6: KAR des Spin 1ft-ext

Informationsanforderungen

optisch: **hoch**, die Bildinformationen, die das Auge aufnimmt, müssen wegen der Rotationsbewegung so verarbeitet werden, dass sie sich nicht störend auf das Gleichgewicht auswirken.

akustisch: **mittel**, die Tretbewegung soll bei vorhandener Musik mit dem Takt synchronisiert werden, bei einer Sukzessivkombination muss die Bewegung so vorbereitet werden, dass das Timing mit der Musik übereinstimmt.

taktil: **gering**, die taktilen Rezeptoren melden die - für den Spin 1ft-ext relevante - Sitzposition und Position der Hüfte in Relation zum Rumpf.

kinästhetisch: **maximal**, da die Muskelspindeln und Golgi-Sehnenapparate die Winkel des freien Beines melden, das darüber in seiner Position entweder modifiziert wird oder bei gewollter Einstellung gehalten werden soll. Weiter sind die Positionen der Schultern und Hüfte abzustimmen und die Winkel der Arme und des Rumpfes einzustellen und bei gewünschter Position zu halten.

vestibulär: **maximal**, um das Einrad mitsamt Fahrer im labilen Gleichgewicht zu halten.

Gleichgewicht: **maximal**, integrative Sinnesleistung aus optischen, taktilen, kinästhetischen und vestibulären Informationen.

Druckbedingungen

Präzisionsdruck: **hoch**, da die Positionierung des Oberkörpers eine feine Einstellung erfordert.

Zeitdruck: **hoch**, um die Bewegung rhythmisierend zur Musik zu gestalten bzw. auf eine bestimmte Musikstelle eine gewünschte Haltung vorzubereiten.

K₁ (Simultankoordination): **hoch**, um die Bewegung des Oberkörpers und die der Extremitäten gleichzeitig zu koordinieren.

K₂ (Sukzessivkoordination): **mittel bis hoch**, wenn eine Bewegung auf eine bestimmte Musikstelle folgt, ansonsten **gering**.

K₃ (Muskelauswahl): **mittel**, da für den Spin 1ft-ext die großen Muskeln auf dem Rücken die Halte- und Stützmotorik und die großen Muskeln in den Beinen das Treten übernehmen.

S₁ (Situationsvariabilität): **gering bis mittel**, um sich auf die Beschaffenheit des Bodens mit seinen Rutscheigenschaften einzustellen, die von Halle zu Halle variieren.

S₂ (Situationskomplexität): **gering**, da keine zusätzlichen Informationen für die Bewegung aufgenommen werden müssen.

B₁ (physisch-konditionelle Belastung): **mittel**, für die Beweglichkeit, um das freie Bein mit gewünschter Winkelstellung zu halten und Haltekraft, sowohl für das Bein als auch für die Stabilisierung im Oberkörper.

B₂ (psychische Belastung): **gering**, da in dieser Situation keine solche Belastung anliegt. Allerhöchstens könnte man von Stress sprechen, wenn das Timing nicht gelingt.

2.3 Strukturierung von Bewegungsfertigkeiten

Der Begriff Struktur bezeichnet den Aufbau von Objekten aus einer Reihe miteinander wechselseitig verbundener Bestandteile und die Art der Verknüpfung dieser Elemente (Meinel & Schnabel, 2007, S. 75). In diesem Kapitel werden verschiedene Strukturierungsmodelle von Bewegungen im Sport erläutert und am Beispiel des *Spin 1ft-ext* angewendet.

2.3.1 Phasenstruktur nach Meinel & Schnabel

Meinel und Schnabel stellen ihre Grundstruktur sportlicher Bewegungsakte als „Aufbau aus Teilprozessen - Phasen -, die entsprechend der jeweiligen Aufgabenstellung eine bestimmte Teilfunktion erfüllen und durch funktionelle Beziehungen miteinander verknüpft sind“ (Meinel & Schnabel, 2007, S. 76). Die Grundstruktur besteht laut Meinel und Schnabel aus drei Phasen. Der *Hauptphase*, in der die eigentliche Bewegungsaufgabe gelöst wird, der *Vorbereitungsphase*, in der eine gute Ausgangslage für die Hauptphase geschaffen wird und der *Endphase*, in der die Bewegung ausklingt (Meinel & Schnabel, 2007, S. 76). Die Phasen bilden die Grundelemente und stehen zueinander in ganz bestimmten Beziehungen. Ihre Reihenfolge ist weder austauschbar noch umkehrbar, es ergibt sich eine Dreigliederung: *Vorbereitungsphase - Hauptphase - Endphase* (Meinel & Schnabel, 2007, S. 76).

2.3.1.1 Phasen

In diesem Abschnitt werden die drei Phasen mit ihren Funktionen vorgestellt.

Hauptphase

Die Funktion der Hauptphase ist die Lösung der eigentlichen Aufgabe der vorliegenden Bewegungshandlung. Meinel und Schnabel (2007, S. 76f) unterscheiden in zwei Möglichkeiten, diese zu bewältigen. Erstens dem gesamten Körper einen Bewegungsimpuls erteilen und diesen auszunutzen um den ganzen Körper vom Ort zu bewegen. Zweitens die Übergabe des Bewegungsimpulses aus der Beschleunigung des gesamten Körpers über das Endglied der Gliederkette auf einen Gegner oder Gerät.

Vorbereitungsphase

Die Funktion der Vorbereitungsphase besteht in der Schaffung optimaler Voraussetzungen für die erfolgreiche und ökonomische Ausführung der Hauptphase. Oft sind hiermit Ausholbewegungen gemeint, die eine Gegenbewegung einleiten (Meinel & Schnabel, 2007, S. 77ff). Biomechanisch lässt sich diese Vorbereitung mit dem „Prinzip des optimalen Beschleunigungsweges“ und dem „Prinzip der Anfangskraft“ erklären (Hochmuth, 1982). Bei Sprung, Wurf oder Stoßbewegungen kommt es in der Vorbereitungsphase auch zu Anlauf-, Anschwung-, oder Angleitbewegungen. Teils Lokotionsbewegungen, die der Handlung in der Hauptphase untergeordnet sind und Bewegungsenergie für die Hauptphase mitbringen (Meinel & Schnabel, 2007, S. 79).

Endphase

Zum Ende der Hauptphase sind Bewegungen noch nicht beendet, folglich wird in der Endphase ein statischer Zustand hergestellt bzw. findet für folgende Bewegungsakte eine unspezifische Vorbereitung statt. Häufige Bewegungsaktionen sind die aktive Bremsarbeit unter beträchtlicher Muskelaktivität oder das herstellen von Gleichgewichtszuständen nach einer labilen Gleichgewichtslage zu Ende der Hauptphase (Meinel & Schnabel, 2007, S. 81).

2.3.1.2 Relationen

Meinel und Schnabel sehen zwischen den Phasen verschiedene Relationen (siehe Abbildung 2.7).

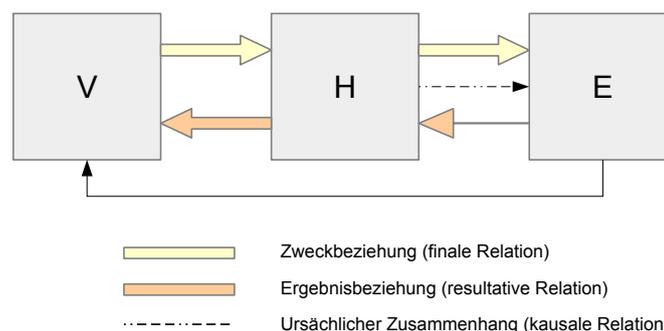


Abbildung 2.7: Die drei Phasen sportlicher Bewegungsakte und ihre Relationen (nach Meinel & Schnabel, 2007, S. 81)

Zweckbeziehung

Die Zweckbeziehung ergibt sich aus der Ordnung der Phasen. So ist die Vorbereitungsphase der Hauptphase untergeordnet, sie wird auch finale Relation genannt (Meinel & Schnabel, 2007, S. 80).

Ergebnisbeziehung

Hiermit ist gemeint, dass eine Phase vom Resultat der vorigen Phase abhängig ist, sie wird auch resultative Relation genannt (Meinel & Schnabel, 2007, S. 80f).

Ursächliche Beziehung

Die ursächliche Beziehung (kausale Relation) besteht zwischen Endphase und Hauptphase. Zwar wird die Endphase durch das allgemeine Ziel des Bewegungsaktes bestimmt, ihre Existenz wird aber über die kausale Relation begründet (Meinel & Schnabel, 2007, S. 81).

Zielrelation

Die Bewegungshandlung wird bereits in ihrer Programmierung von der Endphase beeinflusst. Wenn ein Übertreten zur Disqualifikation führt (z.B. bei Wurfdisziplinen in der Leichtathletik), dann wird dieser Aspekt bereits in der Vorbereitungsphase mit einbezogen, um in der Endphase noch vor der Markierung zu bleiben (Meinel & Schnabel, 2007, S. 81).

2.3.1.3 Feinstruktur

In der Praxis treten Bewegungen auf, die sich nicht einzig aus einer Phase als Grundelement bestehen. Vielmehr teilt sich diese Bewegungen auf mehrere Unterphasen auf. Zum Beispiel lässt sich beim Sprung im Gerätturnen die Vorbereitungsphase in den zyklischen Anlauf (V_1) und den Ansprung (V_2) untergliedern. In der Hauptphase der Absprung (H_1), 1. Flugphase (H_2), Abdruck der Arme (H_3) und 2. Flugphase (H_4). Die Funktionen der Gesamtstruktur gelten auch für die Teilelemente und zwischen den einzelnen Operationen gelten die gleichen funktionalen Beziehungen wie zwischen den drei Grundphasen (Meinel & Schnabel, 2007, S. 83).

2.3.1.4 Die Abwandlung der Grundstruktur bei zyklischen Bewegungen

Bei zyklischen Bewegungen, wird ein bestimmtes Bewegungsmuster (rhythmisch) wiederholt, zumeist handelt es sich dabei um Lokomotionsbewegungen. Die dreiphasige Grundstruktur wird auf eine zweiphasige Grundstruktur abgewandelt. Es kommt zur Phasenverschmelzung zwischen der Vorbereitungsphase und der Endphase. Ein alternierender Verlauf durch einen ständigen, streng geregelten Wechsel zwischen linker und rechter Körperseite verkompliziert die Situation (Meinel & Schnabel, 2007, S. 84ff).

2.3.1.5 Bewegungskombinationen

Es können eine *Sukzessivkombination* und eine *Simultankombination* auftreten, die hier beide vorgestellt werden.

Sukzessivkombination

Tritt auf, wenn zwei azyklische Bewegungsakte unmittelbar in Folge ausgeführt werden (z.B. Fangen und sofort anschließendes Werfen). Wie auch bei der zyklischen Abwandlung kommt es hier zu einer Phasenverschmelzung zwischen der Endphase des ersten Bewegungsaktes und der Vorbereitungsphase des zweiten Bewegungsaktes (Meinel & Schnabel, 2007, S. 87ff).

Simultankombination

Eine Simultankombination tritt auf, wenn zwei Bewegungsakte mit selbstständiger Funktion verbunden werden. Als Beispiele nennen Meinel und Schnabel eine „Lokomotionsbewegung [...] mit einer Bewegung, die der Erteilung eines Bewegungsimpulses an ein Gerät dient“ (2007, S. 89).

Spin 1ft-ext

Der *Spin 1ft-ext* weist sowohl eine dreiphasige als auch zweiphasige Struktur auf. Betrachtet man die Bewegung von größerer Distanz sieht man drei Phasen. Die Hauptphase der dreiphasigen Betrachtung ist eine Lokomotionsbewegung und weist selbst zwei Phasen auf (siehe Abbildung 2.8).

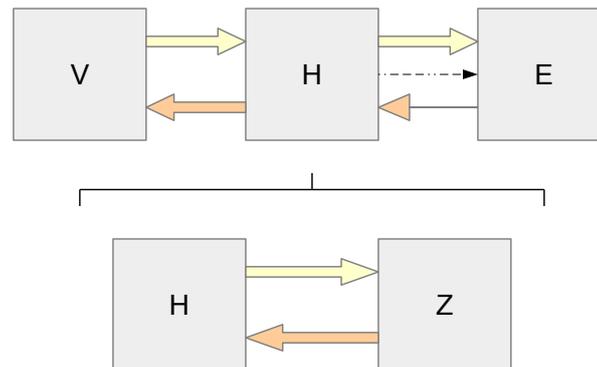


Abbildung 2.8: Die Phasenstruktur des *Spin 1ft-ext*

Dreiphasige Struktur

In der dreiphasigen Struktur ist die Vorbereitungsphase der Übergang in den Spin 1ft-ext und die Endphase der Übergang aus dem Trick (siehe hierzu Unterabschnitt 2.3.6). Die Hauptphase wird durch die zweiphasige Struktur beschrieben.

Die Funktion der Vorbereitungsphase besteht darin den Trick einzuleiten und die entsprechende Position für die Hauptphase zu erreichen. Die Ausgangssituation ist dabei variabel und von dem zuvor gefahrenen Trick abhängig. Die Position ist dann erreicht, wenn die Hüfte im gedachten Zentrum der Spinfahrt angelangt ist und die Schultern parallel über der Hüfte platziert sind, damit der Rücken die Fahrt stabilisieren kann und das freie Bein weggestreckt ist.

In der Hauptphase stabilisiert der Oberkörper das gesamte System (Einradfahrer und Einrad), um die Spinfahrt erfolgreich auszuführen. Zudem ist er am Halten des freien Beines beteiligt. Für die Lokomotion sorgt das Bein auf der Pedale, das mit dem Treten die Spinfahrt beibehält.

Zum Auflösen des Spin 1ft-ext wird das freie Beine abgesenkt, entweder zurück auf das Pedal oder auf die Gabel und der gewünschte Folgetrick kann gefahren werden.

Zweiphasige Struktur

„Der zyklische Teil der Bewegung gliedert sich in Haupt- und Zwischenphase. Die Funktion der Hauptphase ist es, neue kinetische Energie auf das Laufrad zu übertragen. Die Hauptphase beginnt, wenn das Pedal in 2-Uhr-Stellung steht und endet mit der halb-9-Uhr-Stellung. Die Zwischenphase dagegen dient dazu, einen sanften Druck auf die Pedale auszuüben, um das Laufrad in seiner Laufrichtung bestmöglich zu stabilisieren und die Schwankungen beim Fahren gering zu halten. Die Phase beginnt an dem Punkt, an dem die Hauptphase endet, nämlich mit der halb-9-Uhr-Stellung, und endet dort, wo die Hauptphase beginnt, mit der 2-Uhr-Stellung“ (Gossmann & Poetsch, 2011, S 7).

2.3.2 Funktionsanalyse nach Göhner

Das Strukturkonzept nach Göhner sieht zunächst die Eingliederung der Bewegung in die ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen vor. Nach Göhner (1987, S. 71) sind das die Bewegungsziele, Regelbedingungen, Bewegerattribute, Umgebungsbedingungen und Movendumattribute. Das Hauptmerkmal von Göhners

Bewegungskonzept sind die Funktionen und Funktionsphasen, in die sich eine Bewegung unterteilen lässt (Göhner, 1987, S. 119ff).

2.3.2.1 Ablaufrelevante Bezugsgrundlagen

Nach Göhner (1987, S. 70) beeinflussen die ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen Operationen und Verlaufsformen einer sportlichen Bewegung. Diese sind die *Bewegungsziele* unter Einhaltung der geltenden *Regeln* des sportlichen Wettkampfs, die Attribute des zu *bewegenden Objekts* - das *Movendum* - die Attribute des auf das *Movendum* einwirkenden *Bewegens*, sowie *Umgebungsbedingungen*.

Bewegungsziele

Das Bewegungsziel bestimmt das Resultat der Bewegungsausführung. Allerdings sind Bewegungsziele nicht immer eindeutig erkennbar, da es auch Bewegungen gibt, die mehr als ein Bewegungsziel aufweisen. Eine Bewegung mit einem eindeutigen Bewegungsziel ist beispielsweise der 100m-Lauf. Das Ziel besteht darin, möglichst schnell zu laufen. Göhner (1987, S. 75-86) untergliedert Bewegungsziele im Sport in *elementare, situationsspezifische Bewegungsziele* und *situationsunspezifische Bewegungsziele* (siehe Abbildung 2.9).

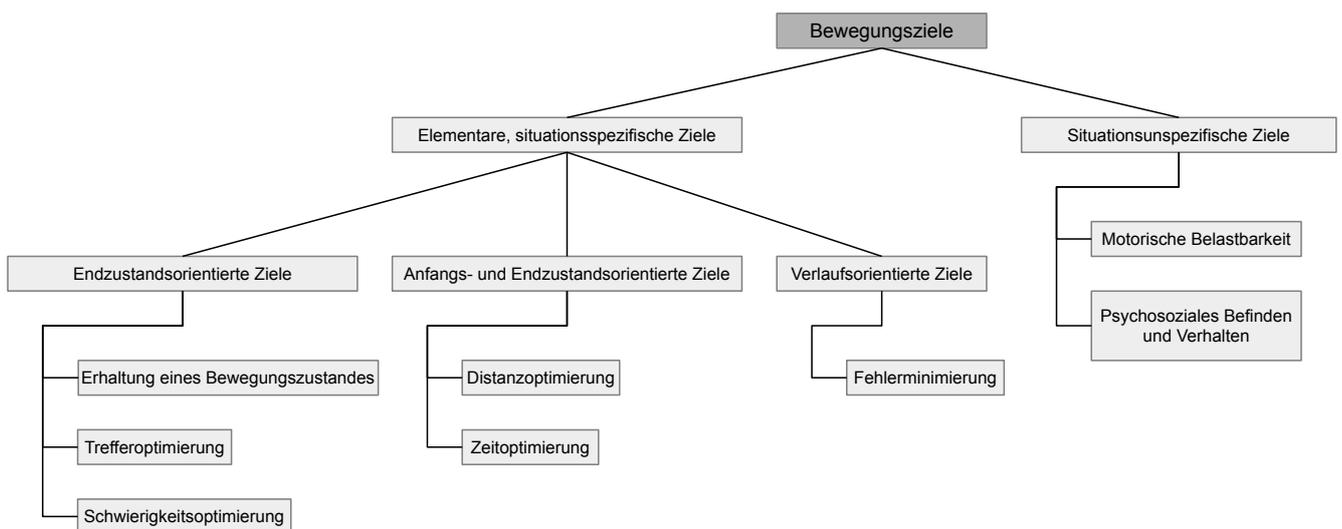


Abbildung 2.9: Bewegungsziele der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen (nach Göhner, 1987, S. 86)

Elementare, situationsspezifische Bewegungsziele

Fast jede Sportbewegung lässt ein situationsspezifisches Bewegungsziel erkennen. Es handelt sich um elementare Bewegungsziele, wie z.B. möglichst schnell eine festgelegte Strecke laufen oder eine größtmögliche Höhe überwinden.

Endzustandsorientierte Ziele

Ein endsituationsorientiertes Bewegungsziel liegt nach Göhner (1987, S. 76) vor, wenn das „Erreichen oder auch das Einhalten einer einzigen, mehr oder weniger genau beschriebenen (End-)Situation E bereits als Zielcharakteristikum der entsprechenden Bewegung gesehen werden kann“. Nach Göhner (1987) lassen sich für E-orientierte Bewegungsziele folgende Untergruppen unterscheiden:

Erhaltung eines Bewegungszustandes

Nach Göhner (1987, S. 77) ist das Endziel dieser Bewegungen das „Einhalten einer bestimmten Situation“. Hierbei ist es erforderlich, auftretenden Störgrößen oder Störeinflüssen bestmöglich entgegenzuwirken.

Sehr viele Bewegungen mit Erhaltungszielen findet man im Gerätturnen, da hier häufig ein Bewegungszustand zu halten bzw. das Gleichgewicht zu wahren ist. Beispiele sind: Handstand, Standwaage auf dem Schwebebalken, Kreuzhang. Weitere Beispiele: Wellenreiten, Windsurfen, Skateboardfahren, Einradfahren (Ziel ist es sich möglichst lange auf dem Sportgerät zu halten).

Trefferoptimierung

Bei einer Bewegung mit dem Ziel Trefferoptimierung muss nach Göhner (1987, S. 76) eine Endsituation in einer vorgegebenen Zeit (Zeitspanne) möglichst oft erreicht werden. Hierbei kann die Endsituation durch verschiedene Teilaufgaben oder Teilbewegungen mehrmals erreicht werden.

Möglichst viele Treffer (Torschüsse, Treffer im Spielfeld, Treffer des Gegners) erzielen.

Beispiele: Handball, Fußball, Volleyball, Basketball, Fechten, Tennis, Boxen, Völkerball.

Schwierigkeitsoptimierung

Bei Bewegungen mit dem Ziel Schwierigkeitsoptimierung handelt es sich nach Göhner (1987, S. 77) um Bewegungen, deren End- oder Zielsituation mit jedem Durchgang schwieriger zu erreichen ist. Die Endsituation wird dabei „mess- oder vergleichbar schwieriger“ gestaltet. Gewinner ist derjenige, der die schwierigste Situation meistern konnte.

In folgenden Sportarten findet man eine Schwierigkeitsoptimierung: Hochsprung (Erhöhung der Latte), Gewichtheben (Erhöhung des Gewichts), Wasserski (Verkürzung der Schlepplleine). Die Schwierigkeit wird dann erhöht, wenn der Ausführende die Endsituation einmal erreicht hat und der nächste Durchgang erfolgt.

Anfangs- und Endzustandsorientierte Ziele

Im Unterschied zu den rein E-orientierten Zielen liegt bei A-E-orientierten Zielen ein Anfangszustand vor. Während im Gewichtheben zwar immer mehr Gewicht aufgelegt wird, ist das Ergebnis unabhängig vom Startgewicht. Im Gegensatz hierzu steht z. B. der Weitsprung, dessen Weite immer vom selben Punkt gemessen wird, also ein Anfangszustand vorliegt (Göhner, 1987, S. 77f). Folgende Untergruppen lassen sich unterscheiden:

Distanzoptimierung

Zielsetzung dieser Bewegungen ist, eine möglichst maximale Distanz zu erreichen. Anfangszustand und Endzustand sind dabei festgelegt (Göhner, 1987, S. 78).

Beispiele sind Wurfdisziplinen, z.B. Hammerwurf, Speerwurf, Kugelstoßen aber auch Hoch- und Weitsprung.

Zeitoptimierung

Bei diesen Bewegungen soll, beginnend bei einem Anfangszustand (A) das Endziel (E) in einer möglichst minimalen Zeit erreicht werden. Dabei sind Endziel und Anfangszustand festgelegt (Göhner, 1987, S. 78).

Beispiele sind Rennen jeglicher Art: 100m, 200m, 400m bis hin zu (Halb-)Marathon und Iron Man.

Verlaufsorientierte Ziele

Ziel verlaufsorientierter Bewegungen ist es nach Göhner (1987, S. 79) „eine Vielzahl von [...] Situationen, die über den gesamten in Frage kommenden Verlaufszeitraum erstreckt sein können, zu bewältigen“.

Fehlerminimierung

Ziel ist es, vorgegebene Operations- und Verlaufsbeschreibungen möglichst einzuhalten bzw. nur sehr gering von einem idealen (möglicherweise nur virtuellen) Leitbild abzuweichen. Man spricht deshalb auch von Bewegungen mit „Operations- und Verlaufsoptimierung“ bzw. von Bewegungen mit „Fehlerminimierung“. Derjenige, der die wenigsten Fehler und die bestmögliche Annäherung an das idealtypische Leitbild aufweist gewinnt (Göhner, 1987, S. 80).

In folgenden Sportarten findet man Beispiele für Bewegungen mit Operations- und Verlaufsoptimierung: Gerätturnen, Trampolinspringen, Rhythmischen Sportgymnastik.

Situationsunspezifische Ziele

Unter situationsunspezifische Ziele fallen Ziele, die nicht mit der Bewegungssituation an sich unmittelbar verbunden sind (Göhner, 1987, S. 83).

Die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit ist beispielsweise ein Ziel, das nicht direkt mit der Bewegungsausführung verbunden ist, sondern sich erst später auswirkt.

Wiederherstellung, Erhaltung oder Verbesserung der motorischen Belastbarkeit

Bewegungen, die der Wiederherstellung, Erhaltung oder Verbesserung der motorischen Belastbarkeit dienen, besitzen keine spezifischen Bewegungsziele. Nach einem Kraft- oder Ausdauertraining ist beispielsweise nicht sofort erkennbar, ob eine Person durch dieses Training seine motorische Belastbarkeit verbessert hat (Göhner, 1987, S. 84).

Aktualisierung psychischer Befindlichkeiten und der Einhaltung sozialer Verhaltensweisen

Im Sport sind weitere, vielseitige Bewegungsziele zu finden, die als situationsunspezifisch einzustufen sind. Sport beeinflusst beispielsweise die psychische Befindlichkeit oder fordert zum Einhalten oder Einüben sozialer Verhaltensweisen auf. Weiterhin soll Sport Spaß machen, Erfolgserlebnisse bieten, dazu dienen, Angst zu überwinden aber beispielsweise auch Risiken aufzeigen. Diese Beispiele zählen zu den situationsunspezifischen Bewegungszielen (Göhner, 1987, S. 84f)

Movendumbedingungen

Unter Movendum versteht Göhner (1987, S. 87) „die zu bewegende Größe“. Das Ziel einer Bewegung lässt sich erst exakt beschreiben, wenn genau festgelegt ist *was* zu bewegen ist. Bewegt werden können beispielsweise Objekte, Geräte aber auch Körperteile. Göhner (1987, S. 89) gliedert das Movendum in drei verschiedene Typen: *passiv-reaktives Movendum*, *aktiv-reaktives Movendum* und *aktives, sich selbst bewegendes Movendum* (siehe Abbildung 2.10).

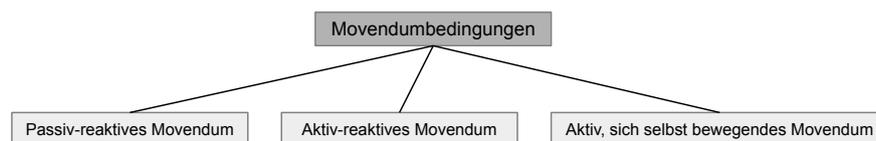


Abbildung 2.10: Movendumbedingungen der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen

Passiv-reaktives Movendum

Nach Göhner (1987, S. 89) spricht man von einem *passiv-reaktiven Movendum*, wenn das Movendum durch „von außen auf das Movendum einwirkende Kräfte“ und ein „unabhängiges Bewegersystem“ zu einer „zielgerichteten Orts-, Lage-, Positions- oder Bewegungszustandsänderung“ veranlasst wird. Wichtig dabei ist, dass die Movendumbewegung nicht durch einen mit dem Movendum übereinstimmenden Beweger erzielt wird.

Der Diskus beim Diskuswerfen oder der Speer beim Speerwurf stellen passiv-reaktive Movenda dar. Die Geräte setzen sich selbst nicht in Bewegung, sondern werden durch von außen einwirkende Kräfte fortbewegt.

Aktiv-reaktives Movendum

Auch hier erfolgt nach Göhner (1987, S. 90) eine Orts-, Lage-, Positions- oder Bewegungszustandsänderung durch Beweger, die von außen auf das Movendum einwirken. Der Unterschied zum passiv-reaktiven Movendum besteht darin, dass es auch Movenda gibt, die „sich selbst in Bewegung setzen“ oder „Bewegungsveränderungen erreichen können“. Das Bewegungsverhalten dieser Movenda lässt erkennen, dass diese nicht mehr nur reagieren sondern auch selbstständig agieren.

Ein aktiv-reaktives Movendum findet sich beispielsweise beim Judo. Das Movendum handelt hier nicht mehr passiv, sondern aktiv. Der Judopartner kann sich selbst in Bewegung setzen und eigene Aktionen planen und durchführen. Aber auch der Partner beim Tanzen stellt ein aktiv-reaktives Movendum dar.

Aktives, sich selbst bewegendes Movendum

Einen weiteren, dritten Typ, den Göhner (1987, S. 90) unterscheidet, ist das „sich selbst bewegende Movendum“. „Die Bedingungen, die ein solches Movendum an die Modalitäten einer zielgerichteten Bewegung stellt, sind zugleich auch die Bedingungen, die durch den Ausführenden oder allgemein durch das Bewegersystem selbst gestellt werden“ (Göhner, 1987, S. 90).

Ein Läufer oder Schwimmer ist ein aktives, sich selbst bewegendes Movendum.

Bewegerbedingungen

Neben den bereits beschriebenen Bewegungszielen und den Movendumbedingungen müssen bei einer Bewegungsanalyse auch Bewegerbedingungen berücksichtigt werden. Die Eigenheiten eines Bewegers haben ebenfalls Einfluss auf die Bewegungsausführung. Nach Göhner (1987, S. 95) können einzelne motorische Aktivitäten oder auch Abschnitte/Teile einer sportlichen Bewegung nur dann in ihrer Funktion richtig beschrieben werden, „wenn die materielle Beweger-Konfiguration“ und die daraus resultierenden „Bewegungsattribute berücksichtigt werden“. Göhner (1987, S. 96) unterscheidet folgende Bewergetypen: *Natürliche Beweger*, *Instrumentell-unterstützte Beweger*, *Partner-unterstützte Beweger* und *Gegnerbehinderte Beweger* (siehe Abbildung 2.11).

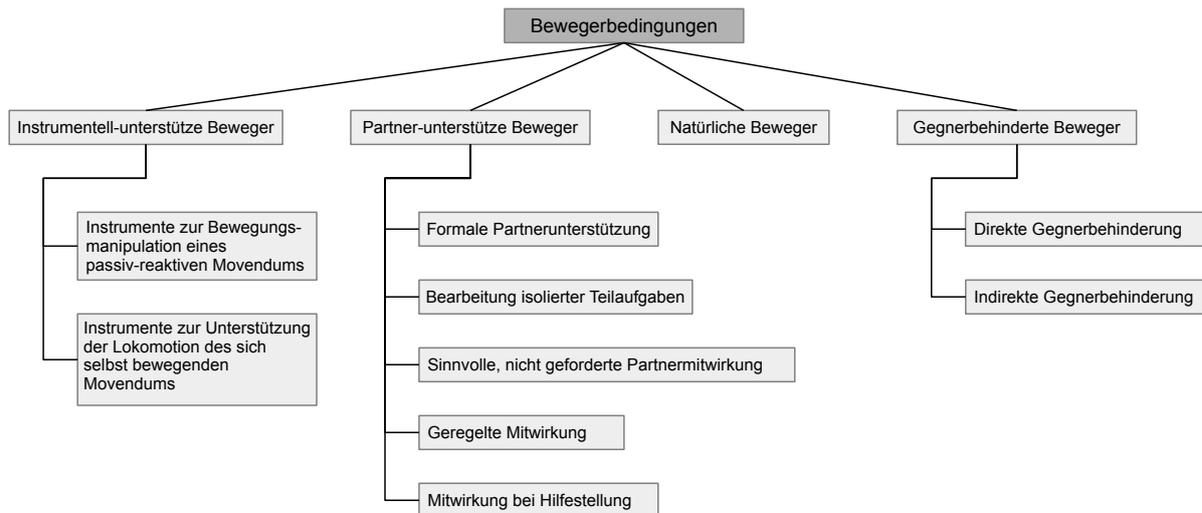


Abbildung 2.11: Bewegerbedingungen der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen

Natürliche Beweger

Unter einem natürlichen Beweger versteht man einen Beweger, der keine Unterstützung benötigt (die Person selbst).

Instrumentell-unterstützte Beweger

Nach Göhner (1987, S. 97) versteht man unter einem instrumentell-unterstützten Beweger einen Ausführenden, der „stets oder auch nur zeitweilig zur Verlagerung des Movendum instrumentelle Hilfe verwendet bzw. verwenden kann“.

Beispiele hierzu aus dem Badminton (*Badmintonschläger*), Tennis (*Tennisschläger*), Kanuslalom (*Kanu und Paddel*).

Die instrumentelle Unterstützung des Ausführenden unterscheidet sich deutlich hinsichtlich ihrer Funktion. Göhner (1987, S. 97) unterteilt deshalb nochmals in folgende Gruppen:

Instrumente zur Bewegungsmanipulation eines passiv-reaktiven Movendum

Hierbei handelt es sich um Instrumente, die zur „Unterstützung“ oder auch zur „Ermöglichung der Bewegungsmanipulation eines passiv-reaktiven Movendum“ genutzt werden. Die Instrumente unterstützen den Ausführenden und dienen als Werkzeuge. Motorische Operationen des Ausführenden verändern sich dadurch nicht. Dient das Instrument nicht nur zur Unterstützung der Bewegung, sondern ermöglicht es diese überhaupt erst, dann bestimmen die charakteristischen Eigenschaften des Instruments die Art des Bewegungsablaufs (z. B. das Abschießen des Pfeils mit dem Bogen) (Göhner, 1987, S. 97f).

Beispiele sind *Tennisschläger*, *Tischtennisschläger*, *Badmintonschläger*, *Golfschläger*, *Bogen*, *Pistole*.

Instrumente zur Unterstützung der Lokomotion des sich selbst bewegenden Movendum

Diese Instrumente unterstützen und ermöglichen nicht die Bewegung eines passiv-reaktiven Moven-

dum, sondern die des Ausführenden selbst. Nach Göhner (1987, S. 98-100) dienen diese Instrumente zur „Unterstützung der Lokomotion des sich selbst bewegenden Movendum“.

Schwimmer mit Flossen, Läufer mit Rollschuhen, Skifahrer, Einradfahrer, Fahrrad- und Skateboardfahrer.

Partner-unterstützte Bewegungen

Nicht nur Instrumente, wie vorstehend beschrieben, können besondere Operations- oder Verlaufsmodalitäten bewirken, sondern auch die Mitwirkung eines Sportpartners. Bei der Mitwirkung eines Partners lassen sich verschiedene Situationen unterscheiden (Göhner, 1987, S. 100-103):

Formale Partnerunterstützung

Eine Partnerunterstützung besteht hier nur formal, Bewegungsergebnisse einzelner Personen werden beispielsweise einfach addiert. Dies ist in Mannschaftswettkämpfen der Fall (z. B. Reiten, Turnen, Schießen, Fechten und Ringen) (Göhner, 1987, S. 100).

Bearbeitung isolierter Teilaufgaben

Ein weiteres Beispiel für eine Partnerunterstützung ist nach Göhner (1987, S. 100f) die Bearbeitung isolierter Teilaufgaben. Von einer Aufgabe, an der mehrere beteiligt sind, bearbeitet der Einzelne nur die ihm zugewiesene Teilaufgabe. Diese Teilaufgaben sind meist räumlich und zeitlich isoliert. Der Einzelne kann auf keine direkte Mithilfe der Partner rechnen, indirekte Hilfe oder Beeinflussung kann gelegentlich vorliegen.

Torwart im Handball, Korbwächter im Korbball, der Aufschlagende im Volleyball.

Sinnvolle, nicht geforderte Partnermitwirkung

Darunter versteht Göhner (1987, S. 101) eine mögliche Partnermithilfe, die nicht unbedingt durch Regeln gefordert wird. Eine Bewegungsaufgabe wird durch mehrere Personen gelöst, ohne dass die Lösungsbeteiligung direkt oder indirekt vorgeschrieben wird. Diese Form der Partnermitwirkung findet man insbesondere in Mannschaftssportarten.

Im Fußball, wenn das Herstellen für die Ausgangslage zum Torschuss für den Einzelnen schwierig genug ist und Partner in dieser Situation aushelfen.

Geregelte Mitwirkung

Unter einer geregelten Mitwirkung versteht Göhner (1987, S. 102-103), dass die Mitwirkung eines Partners durch Regeln vorgeschrieben ist.

Im Volleyball darf ein Spieler keine zwei aufeinanderfolgende Ballkontakte haben, zwischen zwei Ballkontakten muss ein Partner den Ball berührt haben.

Mitwirkung bei Hilfestellung

Eine weitere Form der Partnerunterstützung stellt nach Göhner (1987, S. 103) die Mitwirkung bei Hilfestellungen dar. Personen, die einem Ausführenden bei dem Erreichen eines Bewegungsziels Hilfestellung geben, können als partnerunterstützte Bewegungen bezeichnet werden.

Hilfestellung beim Turnen.

Gegnerbehinderte Bewegungen

Nicht bei allen Bewegungsaufgaben im Sport wirkt der Partner unterstützend mit. Bei einigen Sportarten stört und behindert der Partner (Gegner) mögliche Aktivitäten, die zum Erreichen eines Ziels führen. In diesem Fall spricht man auch von einem „Anti-Bewegung“. Typische Anti-Bewegungen finden sich in den Sportspielen und den Kampfsportarten wieder (Göhner, 1987, S. 104).

Direkte Gegnerbehinderung

Gegner (G) ist Movendum des Ausführenden (A) und (A) ist zugleich Movendum von Gegner (G) (Göhner, 1987, S. 104).

Bei Kampfsportarten Ringen, Judo, etc.

Indirekte Gegnerbehinderung

Die Bewegungen (A) und (B) müssen ein gemeinsames Movendum (M) bewegen. Dabei darf (und soll) der eine den anderen und umgekehrt (regelgeleitet) behindern (Göhner, 1987, S. 104).

Das strategische Positionieren in Sportspielen: Volleyball, Faustball, Basketball, Handball, etc.

Umgebungsbedingungen

Einige Sportarten können nur ausgeführt werden, wenn geeignete Umgebungsbedingungen den Bewegungsvorgang ermöglichen (z. B. Bob- oder Schlittenfahren, Segeln, Surfen, Drachenfliegen). Daraus ergeben sich Einflussfaktoren, die für diese Sportarten von großer Bedeutung sein können (Göhner, 1987, S. 105f) (für Gruppierung siehe Abbildung 2.12).

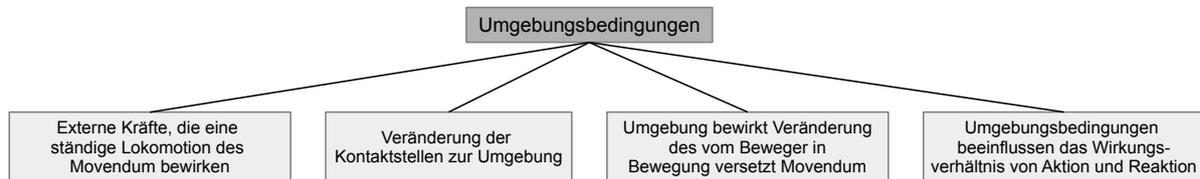


Abbildung 2.12: Umgebungsbedingungen der ablauffrelevanten Bezugsgrundlagen

Externe Kräfte, die eine ständige Lokomotion des Movendum bewirken

Zu den externen Kräften, die eine Lokomotion des Movendum bewirken zählen beispielsweise die Schwer-, Wind- oder Wasserkraft. Ohne diese externen Kräfte wären bestimmte Sportarten nicht durchführbar. Beim Skifahren wäre beispielsweise eine Fortbewegung ohne die Umgebungsbedingung „schiefe Ebene“ nicht möglich. Aber nicht nur „externe Kräfte“ sind für eine Fortbewegung notwendig, sondern auch bestimmte Instrumente (Göhner, 1987, S. 106).

Beispiele finden sich im alpinen Skilauf, Rodeln, Bobfahren, Wellenreiten, Kanuslalom, Schwimmen.

Veränderung der Kontaktstellen zur Umgebung

Nach Göhner (1987, S. 107) ist eine Umgebung so gestaltet, „dass durch die Veränderung der Stellen, an denen der Ausführende Kontakt zur Umgebung hat, gegenüber den alltagsüblichen Situationen neue Positionen, neue Lagen und infolgedessen auch neue Positions- und Lageveränderungen“ entstehen. Neue Bewegungsmöglichkeiten, wie Hängen, Stützen, Pendeln, Schwingen in unterschiedlichen Lagen und Positionen finden sich beispielsweise am Reck.

Beispiele sind etwa Stufenbarren, Parallelbarren, Schaukel.

Umgebung bewirkt Veränderung des vom Beweger in Bewegung versetzten Movendum

Nach Göhner (1987, S. 107) ist die Umgebung hier so gestaltet, dass sie auf das in Bewegung versetzte Movendum „verlaufsverändernde Kräfte“ ausübt. Der Ausführende muss die verlaufsverändernden Kräfte bei der Bewegung des Movendum berücksichtigen und einplanen. Ein typisches Beispiel ist das Billardspiel. Nur wenn die Wirkung der Bande bekannt ist, kann die Kugel entsprechend gestoßen werden.

Umgebungsbedingungen beeinflussen das Wirkungsverhältnis von Aktion und Reaktion

Die Umgebung beeinflusst das Wirkungsverhältnis von Aktion und Reaktion. Dies spielt sowohl beim Erlernen als auch beim Verbessern von Bewegungen eine Rolle. Für einen Skifahrer ist es beispielsweise auf einer schlecht präparierten, eisigen Piste schwierig, Bewegungen (Aktionen) auszuführen (Göhner, 1987, S. 108).

Beispiele: Glatte Reckstange, Rutschige Anlaufbahn oder Boden.

Regelbedingung

Auch die Regelbedingungen einer Sportart bestimmen den Verlauf und die Ausführung einer Bewegung. Regeln können beispielsweise den Bewegungsspielraum einer Bewegung einschränken und somit Ursache für charakteristische Bewegungsverläufe sein. Da Regeln einen großen Einfluss auf die Bewegungsausführung haben können, müssen bei einer Bewegungsanalyse auch vorhandene Spiel- und Wettkampfregeln beachtet werden (Göhner, 1987, S. 109-111) (für Gruppierung siehe Abbildung 2.13).

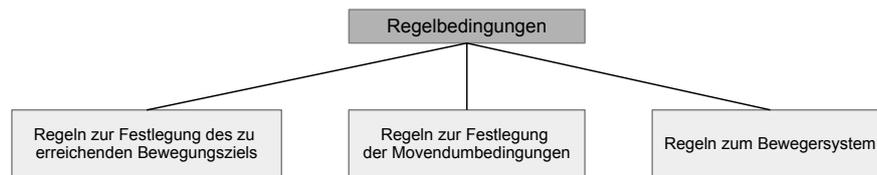


Abbildung 2.13: Regelbedingungen der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen

Regeln zur Festlegung des zu erreichenden Bewegungsziels

Diese Regeln legen das zu erreichende Bewegungsziel möglichst genau fest. Weiterhin legen sie die Bewertung des Bewegungsvorgangs/-ablaufs fest und klären die Reihenfolge der Sieger in einem Wettbewerb (Göhner, 1987, S. 110f).

Regeln zur Festlegung der Movendumbedingungen

Diese Regeln beschäftigen sich vor allem mit der Chancengleichheit. Werden zwei verschiedene Movenda bewegt, dann sind die Resultate nur dann vergleichbar, wenn gleiches Bewegungsverhalten auf gleiche Bewegbarkeit trifft (Göhner, 1987, S. 111).

Regeln zum Bewegersystem

Diese Regeln geben den Rahmen für das Bewegersystem vor. Um in einem wettbewerblichen Vergleich Chancengleichheit zu erzielen, ist die Festlegung abgrenzender/gruppierender Merkmale (z. B. Gewicht, Alter, Geschlecht, Leistungsstärke, Partnerunterstützung) notwendig (Göhner, 1987, S. 111f).

2.3.2.2 Funktionen und Funktionsphasen

Im Modell von Göhner wird zwischen Funktionen und Funktionsphasen unterschieden. Dabei sind **Funktionsphasen** „zunächst einmal nur als Geschehensabschnitte der Bewegung charakterisiert, in denen der Bewegter die (direkt) vorgegebenen Bewegungsziele oder auch nur die (indirekt) erkennbaren Teil-Ziele unter verschiedenen Rahmenbedingungen zu erreichen versucht“ (Göhner, 1987, S. 119).

Hingegen sind **Funktionen** „insofern als *Teilziele* aufzufassen, die aus dem Vergleich der Bewegungsziele mit den Movendum-, Bewegter-, Umgebungs- und Regelbedingungen ermittelt werden können“ (Göhner, 1987, S. 126). Teilziele können durch eine Reihe von unterschiedlichen Operationen des Ausführenden hergestellt werden. Dabei soll das größtmögliche Spektrum an Bewegteroperationen zugelassen und keine Einschränkungen, die nicht durch die Rahmenbedingungen der Bewegungen zu rechtfertigen sind, zugelassen werden (Göhner, 1987, S. 126). Wenn mehrere alternative Operationen die Funktion erfüllen können, so nennt Göhner diese *Operationsalternativen* (Göhner, 1987, S. 133ff).

Verschiedenen Funktionsphasen unterscheiden sich in Hauptfunktionsphasen, die funktional unabhängig, und Hilfsfunktionsphasen, die funktional von anderen Funktionsphasen abhängig sind. Hilfsfunktionsphasen differenzieren sich weiterhin in verschiedene Ordnungen. So ist die Hilfsfunktionsphase 1. Ordnung funktional abhängig von der Hauptfunktionsphase und die Hilfsfunktionsphase 2. Ordnung von der Hilfsfunktionsphase 1. Ordnung usw. wodurch die Wichtigkeit der einzelnen Phasen in Bezug auf die gesamte Bewegungsausführung gesteuert werden kann (Göhner, 1987, S. 176ff). Aus früheren Konzepten wurde die **Hauptfunktionsphase** als die „eigentliche“ Bewegungsaufgabe verstanden, jedoch ist diese Betrachtung im bedingt-funktionalen Bewegungsverständnis eher unangebracht. Dafür spricht, dass es mehrere Hauptfunktionsphasen geben kann (bei früheren Konzepten war lediglich die Rede von einer Hauptfunktionsphase), dass mehrere Funktionsphasen voneinander gegenseitig abhängig sind oder im Falle einer Bewegungsverbinding (z. B. Flick-Flack alleine für sich und einmal in Verbindung mit einem Rückwärtssalto), bei der sich die funktionale Abhängigkeit durch die Folgebewegung ändert (Göhner, 1987, S. 181ff). Hilfsfunktionsphasen untergliedern sich weiter in vorbereitende, unterstützende und überleitende Hilfsfunktionsphasen. **Vorbereitende Hilfsfunktionsphasen** ermöglichen die Ausgangssituation des Bewegers für nachfolgende Funktionsphasen durch Herstellen von bestimmten Orts-, Lage-, Positions- oder Bewegungszustandsattributen (Göhner, 1987, S. 185ff). **Unterstützende**

Hilfsfunktionsphasen helfen der funktional abhängigen Funktionsphase. Das kann *direkt* geschehen, indem die parallel verlaufende Funktionsunterstützung die Aufgabenbewältigung des Bewegungssystem der unterstützten Funktionsphase verbessert. Von einer *indirekten* Unterstützung wird gesprochen wenn andere Störfaktoren durch die unterstützende Funktionsphase verringert werden (Göhner, 1987, S. 187ff). **Überleitende Hilfsfunktionsphasen** treten zum Ende der vorangegangenen Funktionsphasen auf, um die „dort vorliegende bzw. erreichte Bewegungssituation in einen neuen Bewegungszustand bzw. in eine neue Bewegungssituation überzuführen“ (Göhner, 1987, S. 190). Dabei wird unterschieden, ob ein Übersteuern der Zielsituation verhindert oder ob der Anschluss an eine folgende Operation ermöglicht werden soll (Göhner, 1987, S. 191f).

Spin 1ft-ext

Das Konzept von Göhner soll nun am Spin 1ft-ext vorgestellt werden. Zuerst werden die ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen diskutiert und danach die relationalen Funktionsphasen vorgestellt.

Ablaufrelevante Bezugsgrundlagen

Der Spin 1ft-ext wird auf dem Einrad gefahren, folglich ist ein passiv-reaktives Movendum vorhanden aber auch der Fahrer agiert selbst und ist ein aktiv, sich selbst bewegendes Movendum. Der Fahrer ist ein instrumentell-unterstützter Bewegter mit dem Einrad als Instrument zur Unterstützung der Lokomotion des sich selbst bewegendes Movendum. Als Umgebungsbedingungen ist die Beschaffenheit des Bodens zu nennen, der von sehr griffig bis sehr rutschig variieren kann. Die Umgebungsbedingungen beeinflussen dadurch das Wirkungsverhältnis von Aktion und Reaktion. Regelbedingungen sind kaum vorhanden, im Vergleich zum Turnen gibt es kein Idealbild als Vorgabe, an die sich die Bewegung halten soll. Die Regeln erwähnen mit „Mastery and Quality of Execution“ das eine qualitativ hochwertige Bewegungsausführung eine bessere Bewertung ergibt (IUF Rulebook Committee, 2015, S. 92). Daraus lässt sich als Verlauforientiertes Bewegungsziel mit Fehlerminimierung und Endzustandorientiertes Bewegungsziel mit Erhaltung eines Bewegungszustandes ableiten.

Relationale Funktionsphasen

Die relationalen Funktionsphasen des Spin 1ft-ext lassen sich auf zwei Ebenen betrachten, die sich auch in der Phaseneinteilung von Meinel und Schnabel findet (siehe Seite 21). Zum einen den azyklischen Bewegungsakt, der sich durch die Sequenzstruktur (siehe Unterabschnitt 2.3.6) äußert und den zyklischen Bewegungsakt, die eigentliche Spinbewegung (siehe Abbildung 2.14).

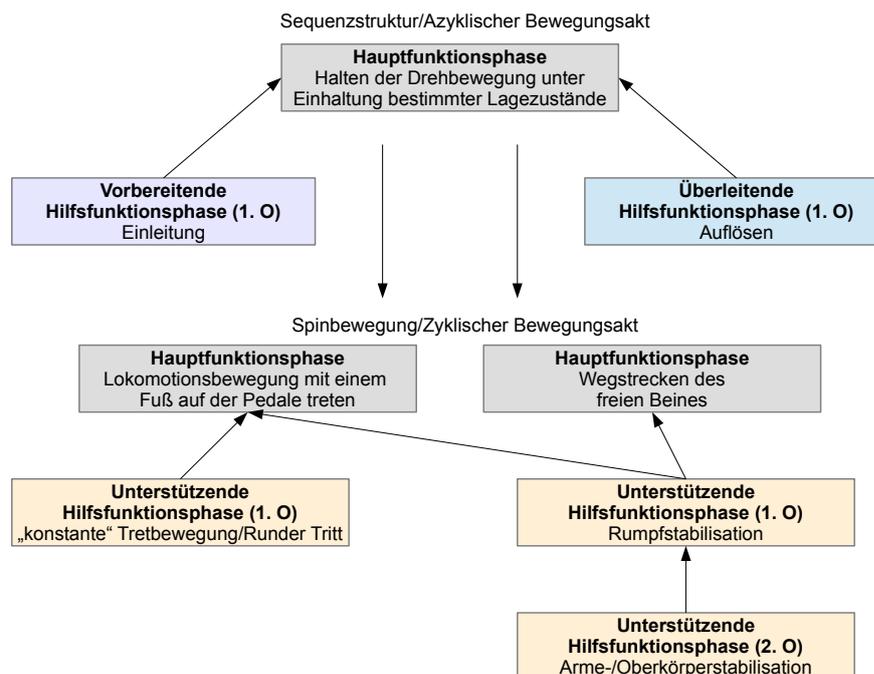


Abbildung 2.14: Relationale Funktionsphasen des Spin 1ft-ext

Die Übergängen in und aus dem Spin 1ft-ext lassen sich mit Hilfe der vorbereitenden und überleitenden Hilfsfunktionsphasen ausdrücken. Im zyklischen Teil der Bewegung ist die Tretbewegung mit einem Fuß charakterisierend für die Hauptfunktionsphase. Die zweite Hauptfunktionsphase ist durch das Wegstrecken des freien Beines gekennzeichnet. Das Treten wird durch den „runden Tritt“ insofern begünstigt, als dass keine Teilimpulse auftreten, die ausgeglichen werden müssen. Ebenfalls hilft die Stabilisation des Rumpfes um das Auftreten von Störfaktoren zu verhindern. Mit einer fixen Armhaltung werden weitere Freiheitsgrade eingeschränkt und damit zusätzliche Störfaktoren verhindert.

2.3.3 Funktionsanalyse nach Kassat

Das Ziel von Kassats Strukturierung ist der praxisrelevante Einsatz. Er folgt Göhners Anmerkung, dass „Bewegungen *funktional zusammenhängend* und deshalb *nach funktionalen Gesichtspunkten zu analysieren* sind“ (Kassat, 1995, S. 42). Über die Frage wie Bewegungen funktionieren kommt Kassat zu dem Ergebnis, dass hierfür überlicherweise Körperaktionen (Schwungbeineinsatz, Kippstoß oder Beinstreckung) benannt werden. Kassat sieht in diesen **Aktionen** die atomaren Bestandteile seiner Strukturierung, nicht zuletzt auch deswegen, als das über diese Aktionen auch Bewegungskorrekturen vorgenommen werden („weniger Schwungbeineinsatz“) (Kassat, 1995, S. 42). Die Aktionen stehen in einem Ursache-Wirkungs-Verhältnis; entsprechend bewirkt eine Aktion einen bestimmten **Effekt**. Aktionen und Effekte nennt Kassat **Relationen** und eine Bewegung besteht aus mehreren Relationen, so kommt die konstitutive Bewegungsstruktur (kurz k-Struktur) zustande (Kassat, 1995, S 43f). Kassat liefert einige Beispiele für Relationen (1995, S. 44):

- Die Aktion *Abbremsen des Schwungbeins* ergibt den Effekt *Impulsübertragung*.
- Die Aktion *Anhocken* beim Salto hat den Effekt *Verminderung des Drehwiderstandes*.
- Die Aktion *Ausholbewegung* erzeugt den Effekt *Muskelvorspannung*.

Mit dem **Gültigkeitsbereich** werden die Ausprägungen der Relationen abgesteckt. Die Ausprägung einer Aktion (z. B. *Abrücken* beim Handstützüberschlag) kann mehr oder weniger erfolgreich für die Bewegungsausführung sein. Es gibt Grenzen in denen eine Aktion stattfindet und sich entsprechend dieser Ausprägung auch der hervorgerufene Effekt verhält. Die Grenzen des Gültigkeitsbereich sind nicht exakt anzugeben und ist auch nicht weiter schlimm. Viel wichtiger ist es von den Ausprägungen zu wissen und in welchem Bereich sie sich abspielen und die ungeeigneten Ausprägungen der Aktion zu vermeiden (Kassat, 1995, S. 50).

2.3.3.1 Aktionsverknüpfte Relationen: weniger Möglichkeiten

Es kann vorkommen, dass mehrere Relationen die gleiche Aktion beinhalten. Es wird weiter von mehreren Relationen gesprochen, dennoch überschneiden sich der Gültigkeitsbereich der gleichen Aktion in den Relationen. Je nachdem wie groß der Spielraum jeder Aktion ist, muss hier ein Kompromiss zwischen den Effekten eingegangen werden, die die Aktionen hervorrufen (Kassat, 1995, S. 64f). Das folgende Beispiel von Kassat soll helfen diese Situation besser zu verstehen:

Gegeben sind zwei Relationen für den Weitsprung (Kassat, 1995, S. 65):

R1: Durch die Aktion *Absprung* erhält man den Effekt *Vertikalimpuls*.

R2: Die Aktion *Absprung* bedingt den (negativen) Effekt *Abbremsen des Anlaufimpulses*.

Der Athlet muss also einen gelungenen Absprung finden, um sowohl einen möglichst ökonomischen vertikalen als auch horizontalen Impuls für die Flugphase zu erhalten und möglichst weit zu springen. Der Absprung bedingt beide Effekte. Ist der Vertikalimpuls zu niedrig, landet der Athlet bevor der Horizontalimpuls aufgebraucht ist. Im anderen Falle wird die Flugparabel zu hoch und der Athlet kann keine Weite gewinnen.

2.3.3.2 Effektverknüpfte Relationen: mehr Freiheiten

Analog zur Aktionsverknüpfung existiert auch die Effektverknüpfung. Hierbei erwirken mehrere Relationen den gleichen Effekt. Für den Sportler gibt es mehrere Aktionen, mit denen er einen Effekt hervorrufen kann. Zum Beispiel kann mit einer Aktion eine andere kompensiert werden. Kassat spricht von einer Ausgleichsfähigkeit, die sich aufgrund von Effektverknüpfungen ergibt (Kassat, 1995, S. 67ff).

Eine **Mehrfachverknüpfung** liegt vor, wenn sowohl Effekt- als auch Aktionsverknüpfungen vorhanden sind (Kassat, 1995, S. 70f).

Spin 1ft-ext

Die k-Struktur für den *Spin 1ft-ext* wird zur besseren Darstellung in die *Translation*, *Rotation* und (*Bewegungs-*)*Kontrolle* untergliedert. Diesen Gruppen sind die Effekte zugeteilt, die während der Spinfahrt erreicht werden sollen. Die Gruppen dienen nur der groben Strukturierung und auch die Zuweisung der Effekte folgt keinen scharfen Kriterien. Ob des Linien-Wirrwarrs lassen sich Aktions-, Effekt- und Mehrfachverknüpfungen im Spin 1ft-ext erkennen (siehe Abbildung 2.15).

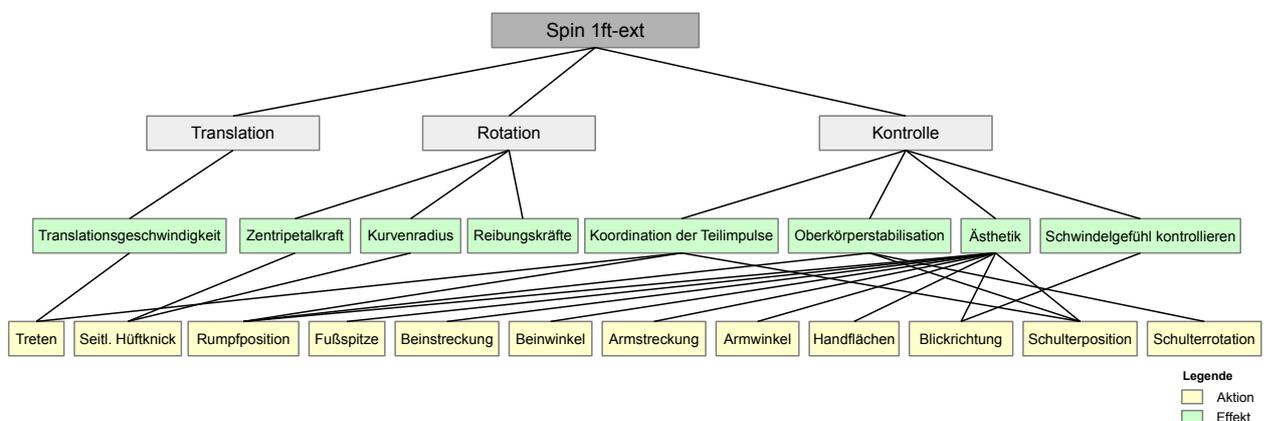


Abbildung 2.15: k-Struktur des Spin 1ft-ext

Der Spin 1ft-ext verfolgt das Ziel eine ästhetische Bewegung mit dem Erhalt des Bewegungszustandes während der Spinfahrt zu sein. Entsprechend muss auch der Gültigkeitsbereich verschiedener Relationen bekannt sein, die zum einen die Bewegungsausführung erst ermöglichen und zum anderen im Sinne des Bewegungsziels ökonomisch und effizient sind. Ausprägungen der Aktionen und hervorgerufene Effekte der Relationen zum Spin 1ft-ext finden sich in Tabelle 2.1. Auch wenn Kassat den Gültigkeitsbereich auf Relationen anwendet, ist es für den vorliegenden Fall ausreichend nur die Aktionen und deren Ausprägungen zu listen. Wegen der gegebenen Aktionsverknüpfungen würde die Auflistung von Relationen lediglich Redundanzen hervorbringen.

Tabelle 2.1: Gültigkeitsbereich der Aktionen zum Spin 1ft-ext

Aktion	Ausprägungen	Hervorgerufener Effekt
Runder Tritt	vorhanden	Ein gleichmäßiges treten ist Voraussetzung für eine ruhige Oberkörperhaltung.
	nicht vorhanden	Der Oberkörper muss die Impulse aus dem ruckeligen Treten abfangen und kann in Folge dessen weder die Stabilisierung der nötigen Haltung für den Spin 1ft-ext übernehmen noch das freie Bein in ruhiger Position hochhalten.
Seitl. Hüftknick	„Zu offen“	Oberkörper nicht in der Längsachse.
	„Zu geschlossen“	Hüfte ist über der Drehachse, Oberkörper liegt quer in der Längsachse.

Tabelle 2.1: Gültigkeitsbereich der Aktionen zum Spin 1ft-ext

Aktion	Ausprägungen	Hervorgerufener Effekt
Rumpfposition	Oberkörper aufrecht	Ästhetisch, gerade Linie und Körperspannung im unteren Rücken; Stabilisierung des Spins über den Rumpf.
	Oberkörper nach vorne gebeugt	Unästhetisch, keine gerade Linie und erschwert Körperspannung.
Fußspitze	Point	Ästhetisch, da Spannung im Fuß gezeigt wird.
	Flex	Unerwünscht, da die Modifikation „ext“ eine Streckung des freien Beins von Hüfte bis Fußspitze meint.
	Nichts, hängen gelassen	Unästhetisch, da keine Spannung gezeigt wird.
Beinstreckung	vorhanden	Ästhetisch, da die Modifikation „ext“ eine Streckung des freien Beins von Hüfte bis Fußspitze meint.
	nicht vorhanden	Unästhetisch, da keine Spannung im Bein gezeigt wird.
Beinrumpfwinkel	$\geq 110^\circ$	Das freie Bein wird annähernd parallel zum Boden gehalten. Je eher diese Annäherung gelingt, desto ästhetischer die Bewegung.
	$110^\circ - 150^\circ$	Ein Abstand zwischen Pedal und Fuß ist deutlich zu erkennen und das Bein wird durch Muskelkraft aktiv hochgehalten; Körperspannung ist somit erkennbar.
	$> 150^\circ$	Das Bein hängt mehr am Körper herunter, als dass es aktiv hochgehalten wird. Diese Erscheinung wirkt schlapp und kraftlos und gilt als unästhetisch.
Beinposition	Auf einer Linie mit dem Oberkörper	Das Bein wird in der Linie des Oberkörpers gehalten. Die Muskelaktivität zwischen Bauch- und Rückenmuskulatur ist ausgeglichen.
	Vor dem Oberkörper	Das Bein wird vorrangig mit der Bauchmuskulatur gehalten, ein Muskelgleichgewicht zwischen Strecker und Beugerkette im Rumpf kann daher nicht ausgemacht werden und gilt als unästhetisch.
	Hinter dem Oberkörper	Bei dieser Position sieht es aus, als würde das Bein „hinterhergeschliffen“ werden. Ein Muskelgleichgewicht zwischen Strecker und Beugerkette im Rumpf kann daher nicht ausgemacht werden und gilt als unästhetisch.
Armstreckung	vorhanden	Ästhetisch, da Körperspannung gezeigt wird.
	nicht vorhanden	Unästhetisch, da keine Spannung im Arm gezeigt wird.

Tabelle 2.1: Gültigkeitsbereich der Aktionen zum Spin 1ft-ext

Aktion	Ausprägungen	Hervorgerufener Effekt
Armumpfwinkel	90° - 115°	Optimale Haltung. Unterstützt die Körperspannung im Rücken und die Hände auf Augenhöhe geben einen Anhaltspunkt für die Blickrichtung.
	> 115°	Unterstützt die Körperspannung im Rücken. Allerdings wirken die Arme in dieser Höhe etwas verloren.
	< 89°	Kraftlose Haltung, da die „magische“ 90° Marke sichtbar nicht erreicht wurde und wird als unästhetisch wahrgenommen.
Blickrichtung	In die Hand	Gleichgewichtskontrolle: Punkt anstarren der während der Rotation fix bleibt.
	Umfeld unscharf stellen	Gleichgewichtskontrolle: Der unscharfe Hintergrund wird bewusst unscharf wahrgenommen, sodass das Gehirn erst gar nicht versucht, daraus ein Bild entstehen zu lassen.
	Spotten	Gleichgewichtskontrolle: Bekannt aus dem Ballet. Jede Runde wird ein Punkt angestarrt. So lange, bis der Kopf sich drehen muss und direkt wieder auf diesen Punkt starren kann.
Schulterposition	Parallel über der Hüfte	Gewünschte Haltung. Oberkörper ist aufgerichtet, gerade Linie und zeigt Körperspannung.
	Vor der Hüfte	Diese „Quasimodo“-Haltung erschwert die Oberkörperstabilisation im Rücken, da der obere Rücken gedehnt wird. Außerdem wird eine klare Linie unterbrochen und die Körperspannung aufgelöst.
	Eine Schulter vor der Hüfte, die andere hinter der Hüfte	Durch die Oberkörperverwringung wird die Oberkörperstabilisation erschwert und die parallelen Linien (linke Schulter über linker Hüfte und rechte Schulter über rechter Hüfte) aufgehoben.
	Schultern (weit) hinter der Hüfte	Zu einem gewissen Grad kann es helfen den Oberkörper zu stabilisieren. Ab einem gewissen Punkt wird die Gleichgewichtskontrolle auf dem Einrad erheblich erschwert und ist spätestens ab da unpraktikabel.
Schulterrotation	Nach außen rotiert	Diese Schulterposition unterstützt die Oberkörperstabilisation im oberen Rücken.
	Nach innen rotiert	Die Muskulatur des oberen Rücken wird gedehnt und die Oberkörperstabilisation erschwert. Durch eine weniger ausgeprägte Körperspannung sieht diese Haltung zudem unästhetisch aus.

Tabelle 2.1: Gültigkeitsbereich der Aktionen zum Spin 1ft-ext

Aktion	Ausprägungen	Hervorgerufener Effekt
Handflächen	Zeigen nach oben	Wenn kein Grund besteht die Handflächen nach unten zeigen zu lassen, sollten die Handflächen nach oben zeigen um Kommunikation mit dem Zuschauer zu signalisieren.
	Zeigen nach unten	Verbreitet die Wahrnehmung von „Der Zuschauer ist mir egal“ und keine Kommunikationsbereitschaft. Wird als eine negative Attitüde wahrgenommen und sollte daher vermieden werden.

Anmerkung: Die hier angelegten ästhetischen Normen für Armwinkel, Armstreckung Handflächen und Beinposition können sich lediglich auf die Anwendung im Tricktraining beziehen. Im Wettkampf, mit unterlegter Musik, können die Arme für Tanzbewegungen zur Musik genutzt werden oder das Bein für bestimmte Effekte in der dafür vorgesehenen Position gehalten werden. Die hier aufgezeigten Ausprägungen gelten dann nicht.

2.3.4 Diskussion der Bewegungsmodelle

Die drei vorgestellten Bewegungsmodelle sollen nun diskutiert und in Bezug auf ihren Einsatz im Sportbewegungskatalog beurteilt werden.

Für die Praxis hat sich das Modell von Kassat sehr bewährt, da ein Trainer mit den erarbeiteten Aktionen und Ausprägungen das Techniktraining steuern kann. Effekt- und Aktionsverknüpfungen weisen auf die wichtigen Aktionen hin oder heben Operationsalternativen hervor. Es fehlt allerdings die Ordnung der Aktionen zueinander sowie eine zeitliche Einteilung.

Mit dem Modell von Göhner gelingt die Sortierung einer Bewegung über die ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen detailliert, und Trainingsziele lassen sich darüber sehr genau ableiten. Komplizierter wird es mit Funktionen und Funktionsphasen. Hier entsteht der Eindruck des inflationären Gebrauchs des Wortes „Funktion“ und seinen Abwandlungen, die ein Verstehen des Modells sehr erschweren. Als Folge ergibt sich, dass die Funktion der Funktionsphasen eher untergeht und die Funktionsphasen im Modell dominieren. Hervorzuheben sind die Funktionsphasen als Geschehensabschnitte und die Aufteilung in Hilfs- und Hauptfunktionsphase. Insbesondere aus methodisch-didaktischer Sicht kann der Blick auf die Hauptfunktionsphasen helfen. Die Ordnung der Funktionsphasen und deren Abhängigkeiten helfen ebenfalls bestimmte (Teil-)bewegungsabläufe zu sortieren und das Training entsprechend anzupassen.

Das Modell von Meinel und Schnabel ist für die praktische Anwendung eher ungeeignet. Einzige die Phasenaufteilung steckt die zeitlichen Rahmen für Teilbewegungen gut ab. Die benannten Relationen sind definiert, bieten aber für die Modellungen von Bewegungen wenig Handlungsspielraum. Das Modell von Meinel und Schnabel eignet sich sehr gut zur Dokumentation von Bewegungsfertigkeiten, denn hierbei helfen die Phasen und die zeitliche Aufteilung enorm, um die phänomenologische Strukturierung der Bewegung in ihrer Sequenz zu beschreiben.

Werden die Stärken der vorgestellten Bewegungsmodelle zusammengeführt, lassen sich gute Symbioseeffekte erzielen. Eine Zuweisung der Aktionen aus Kassats Modell zu den Funktionsphasen des Modells aus Göhner fügt den Aktionen die fehlende Ordnung hinzu und gibt, wegen der Geschehensabschnitte, eine grobe zeitliche Einteilung. Eine genauere zeitliche Einteilung wird aus der Zuweisung der Aktionen zu den Phasen aus Meinel und Schnabels Modell gewonnen.

2.3.5 Beziehungen zwischen Bewegungsfertigkeiten

Eine Bewegungsfertigkeit kann mit anderen Fertigkeiten in Beziehung stehen. Der deutlichste Grund hierfür ist, dass eine Technik einen Vorübungswert für die Nächste hat und sich daraus eine Lernreihenfolge ableitet (Sobotka, 1976, S. 160). Zwischen diesen Bewegungsfertigkeiten besteht eine strukturelle Ähnlichkeit, die sich mit dem Modell von Kassat (siehe Unterabschnitt 2.3.3) anhand der Häufigkeit der in beiden Fertigkeiten vorkommenden Relationen erklären lässt. Auch mit Hilfe des Modells von Göhner (siehe Unterabschnitt 2.3.2) könnte sich diese Ähnlichkeit durch ähnliche Funktionsphasen erklären lassen. Festhalten lässt sich, dass Bewegungsfertigkeiten eine motorische Voraussetzung, die sich aufgrund ähnlicher struktureller Eigenschaften ergibt, für andere Bewegungsfertigkeiten stellen. Häufig ist dies bei kompositorischen Sportarten festzustellen. So sollte ein Athlet zuerst den einfachen Salto beherrschen, ehe der Zweifache geübt wird. Im umgekehrten Fall bedeutet es auch, dass für eine Bewegungsfertigkeit motorische Voraussetzungen vorliegen. Dieses Abhängigkeitsszenario lässt sich mit den Begriffen aus Familienverhältnissen sehr gut beschreiben.

Eine andere Art von Beziehung stellen Variationen zwischen zwei Fertigkeiten dar, die sich jedoch nicht in das angesprochene familiäre Konstrukt einordnen lassen können.

2.3.5.1 Variationen

Variationen zeigen die höchste strukturelle Ähnlichkeit mit der „Grundfertigkeit“. In den meisten Fällen ändert sich während der Ausführung nur ein Merkmal; die ursprüngliche Bewegungsidee der Fertigkeit wird dabei beibehalten. Mit Hilfe des Modells von Göhner lässt sich erklären, dass mindestens eine Hauptfunktion zwischen der Grundfertigkeit und den Variationen gleich bleibt. In einigen Sportarten deuten Suffixe bzw. Präfixe im Namen der Fertigkeit die Modifikation der Variation an (siehe Unterabschnitt 2.2.1.3).

Der Einradtrick „1ft“ (dt. Einbein) wird in seiner Ursprungsform so gefahren, dass ein Bein das Rad über die Pedale antritt und das freie Bein auf der Gabel abgestellt wird. Für die Position des freien Beins gibt es eine Vielzahl von Optionen, die jeweils eine Variation darstellen. So kann das Bein angewinkelt oder gestreckt („1ft-ext“) in der Luft gehalten oder über dem Knie des tretenden Beins abgelegt werden. Ebenso kann die Fahrt des Tricks geändert werden, zum Beispiel im Kreis („1ft-c“) oder rückwärts („1ft bwd“).

2.3.5.2 Eltern und Vorfahren

Fertigkeiten können aufeinander aufbauen. Somit ergeben sich Lern-Abhängigkeiten, da sich bestimmte Bewegungsmuster fortsetzen. Mit Vorfahren sind also Fertigkeiten gemeint, die man vor der ausgewählten Fertigkeit lernen und beherrschen sollte. Der direkte Vorfahre ist das Elternteil, der Vorfahre zweiten Grades das Großelternanteil, usw. Mit Vorfahren sind also alle Ahnen gemeint. Hosp und Burbliess (2013, S. 12) bezeichnen die direkten Vorfahren als Vorübungen.

Das Elternteil des doppelten Rückwärtssalto ist der einfache Rückwärtssalto. Einfacher und doppelter Rückwärtssalto sind die Vorfahren des dreifachen Rückwärtssalto.

Es kann auch vorkommen, dass eine Fertigkeit mehrere Elternteile hat. Der Barani im Trampolin besteht aus einem Vorwärtssalto und einer halben Schraube, die zugleich auch die Elternteile sind.

2.3.5.3 Kinder und Nachfahren

Die Nachfahren sind Fertigkeiten, die sich zum Lernen anbieten, sobald man eine Fertigkeit beherrscht, also genau umgekehrt zu den Vorfahren. Die direkten Nachfahren werden Kinder genannt, die Nachfahren zweiten Grades Enkelkinder, usw. Mit Nachfahren sind alle Nachfolger gemeint.

Nach einem Salto würde es sich z. B. anbieten den doppelten Salto oder einen Barani zu lernen.

Hosp und Burbliès (2013, S. 12) bezeichnen die direkten Nachfahren als die nächsten Schritte zum Lernen des nächstschwierigeren Manövers. Im Werk von Hosp und Burbliès (2013) findet sich zudem eine visuell sehr ansprechende Darstellung der Vor- und Nachfahren zu einer Bewegungsfertigkeit.

2.3.5.4 Wichtigkeit

Die Wichtigkeit einer Fertigkeit zeigt sich zum einen als die Wichtigkeit für den Wettkampf und zum anderen können darüber Lernschritte abgeleitet werden.

Wichtigkeit für den Wettkampf

Die Wichtigkeit einer Bewegungsfertigkeit für den Wettkampf hängt vom Typ und Gesamtbild der jeweiligen Sportart ab. Für Spielsportarten (Fußball, Handball, etc.) ist es die individuelle Technik, die den Unterschied über Sieg und Niederlage ausmachen kann. In technischen Disziplinen (z. B. Hoch- und Weitsprung in der Leichtathletik) ist es genau diese Fertigkeit und die Beherrschung dieser (nebst weiterer Anforderungen), die zum Sieg führen. In technisch-kompositorischen Sportarten (Turnen, Einrad-Freestyle) ist es eine dynamische Menge an Fertigkeiten, die die jeweilige Leistungsspitze definiert. „Hype“-Fertigkeiten können am Wettkampf den individuellen Unterschied ausmachen aber ebenso verändern diese Fertigkeiten das Leistungsniveau und integrieren sich über die Zeit in die Grundmenge der jeweiligen Sportart.

Wichtigkeit für den Lernfortschritt

Eine Fertigkeit ist dann für den Lernfortschritt wichtig, wenn sie stark in das Netz aus Beziehungen verwoben ist. Es ist dann davon auszugehen, dass das Bewegungsmuster der Fertigkeit die Grundlage für viele weitere Fertigkeiten darstellt. Die Wichtigkeit lässt sich berechnen, indem die in Beziehung stehenden, relevanten Fertigkeiten gezählt werden. Diese sind die Nachfahren und Variationen einer Fertigkeit, sowie die Nachfahren und Variationen dieser usw.

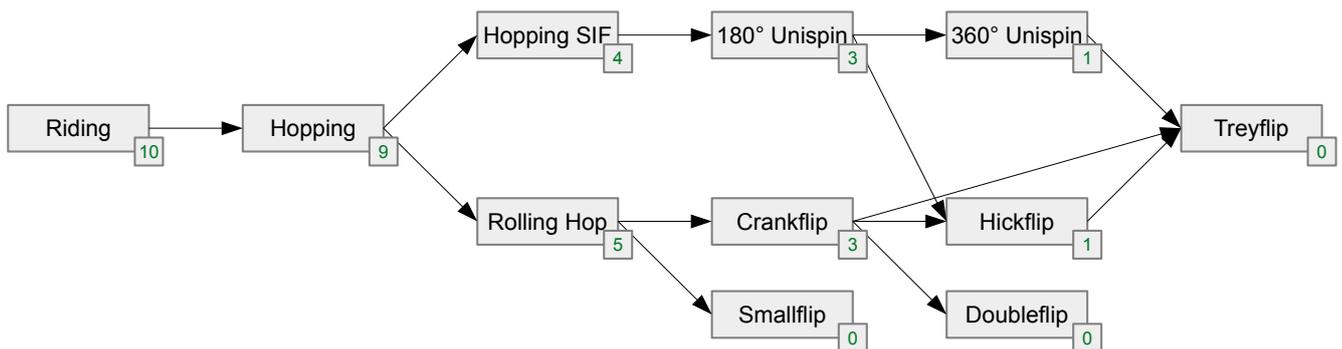


Abbildung 2.16: Wichtigkeit zu ausgewählten Tricks zum Hopping Teilbaum im Einradfahren

In Abbildung 2.16 sind die Abhängigkeiten zum Teilbaum von Sprungtricks (Auswahl) im Einradfahren graphisch dargestellt. Die Zahl im Kasten zu jedem Trick zeigt die Wichtigkeit an. Damit lässt sich ermitteln, welche die wichtigsten Fertigkeiten einer Sportart sind. Solche mit einer hohen Wichtigkeit markieren die Grundfertigkeiten einer Sportart. Für einen Anfänger bedeutet dies, er kann sich mit seinem Lernfortschritt entlang dieser Fertigkeiten orientieren. Ebenso können methodische Trainingsabschnitte daraus abgeleitet werden, die für die gesamte Sportart gelten (siehe auch Sobotka (1976)).

2.3.5.5 Generation und Abstammungslinie

Durch Vor- und Nachfahren jeder Fertigkeit entsteht ein Stammbaum-Gefüge, worüber sich die Generation einer Fertigkeit ablesen lässt. Aus Sicht eines Trainierenden bedeutet das eine Fertigkeit aus einer früheren Generation zuerst zu lernen, Fertigkeiten aus einer späteren Generation erst später zu lernen. Pro Sportart können mehrere Stammbäume entstehen, z. B. ein Stammbaum für Wurfdisziplinen oder Sprungdisziplinen in der Leichtathletik. Der Generations-Wert lässt sich, ebenso wie die Wichtigkeit, berechnen. Ausschlaggebend ist, dass pro Stammbaum eine Startfertigkeit existiert, z. B. der Schlagwurf in der Leichtathletik oder das „normale Fahren“ (engl. Riding) im Einradfahren. Von der zu berechnenden Fertigkeit (als Beispiel der *Treyflip* aus Abbildung 2.16) werden alle Fertigkeiten auf dem Weg zur Startfertigkeit (*Riding*) gezählt und ergeben die Generation. Gibt es auf dem Weg Gabelungen, wie etwa von *Hopping* nach *Hopping SIF* und *Rolling Hop*, dann wird dem Pfad der höheren Wichtigkeit gefolgt. Im vorliegenden Fall hat *Hopping SIF* eine Wichtigkeit von 4, der *Rolling Hop* hingegen eine Wichtigkeit von 5. An der Gabelung wird dem Pfad über den *Rolling Hop* gefolgt. Gleiches Prozedere an der Gabelung nach dem *Crankflip*. Wenn an einer Gabelung keine Abzweigung über die höhere Wichtigkeit ermittelt werden kann bzw. die Wichtigkeit aller Abzweigungen gleich ist, dann spielt es keine Rolle und der Zufall entscheidet, welche Richtung eingeschlagen wird. Die abgelaufenen Fertigkeiten ergeben die Abstammungslinie zu jeder Fertigkeit. Der *Treyflip* ist ein Einradtrick in der sechsten Generation mit folgender Abstammungslinie:

1. Riding
2. Hopping
3. Rolling Hop
4. Crankflip
5. Hickflip
6. Treyflip

Spin 1ft-ext

Der *Spin 1ft-ext* ist eine Variation des *Spin 1ft*, wie bereits in Unterunterabschnitt 2.2.1.3 erwähnt. Der bekannte Modifier „bwd“ suggeriert, dass der *Spin 1ft-ext* rückwärts gefahren werden kann und daraus eine Variation entsteht. Bisher wurde diese Ausführung aber noch von keinem Fahrer gezeigt.

Als Elternteile sind in jedem Fall der Trick *1ft-ext*, die einbeinige (geradlinige) Fahrt auf dem Einrad mit weggestrecktem freien Bein, und der *Spin*, die kreisförmige Fahrtbewegung mit dem Oberkörper als Körperlängsachse, zu nennen. Aus der Trainingspraxis ist bekannt, dass es auch hilfreich sein kann zuerst den *Spin 1ft* zu lernen. Es ist allerdings abhängig von der Lernpräferenz des Fahrers und somit keine zwingende Voraussetzung. Mit allen Vorfahren ergibt sich der Graph aus Abbildung 2.17.

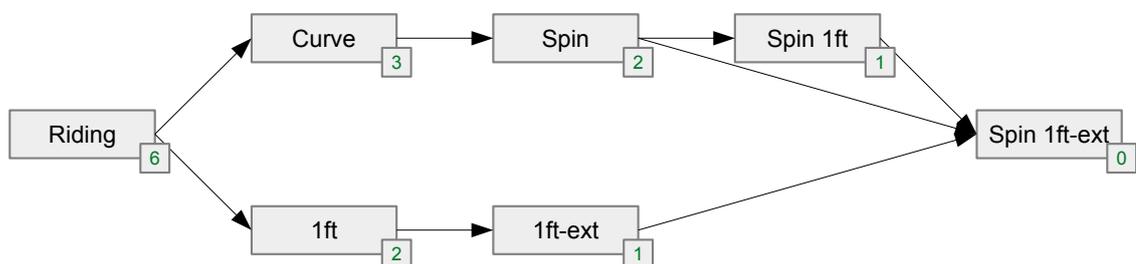


Abbildung 2.17: Beziehungen des Spin 1ft-ext

Der *Spin 1ft-ext* ist ein Einradtrick in fünfter Generation mit folgender Abstammungslinie:

1. Riding
2. Curve
3. Spin
4. Spin 1ft
5. Spin 1ft-ext

2.3.6 Sequenzstruktur von Bewegungskombinationen

In kompositorischen Sportarten besteht die Wettkampfleistung darin, verschiedene Bewegungsfertigkeiten miteinander zu kombinieren. Es entsteht eine Sequenz von Bewegungen. Fertigkeiten können nur miteinander verbunden werden, wenn die Endposition der ersten Fertigkeit gleich der Anfangsposition der anschließenden Fertigkeit ist. Im Trampolinturnen können der Vorwärtssalto und der Rückwärtssalto direkt in Folge geturnt werden, da beide im Stand abgesprungen und gelandet werden. Sollen während der Kür sowohl Sprünge aus dem Stand und aus dem Sitz (oder einer anderen Position) geturnt werden, so muss durch einen Übergang die Position gewechselt werden. Übergänge sind Fertigkeiten, bei denen die Anfangs- und die Endposition verschieden sind. Damit sind sowohl „banal“ erscheinende Fertigkeiten gemeint (vom Stand in den Sitz) als auch schwierige Fertigkeiten (zweieinhalbfacher Rückwärtssalto vom Stand in die Rückenposition). Göhner (1987, S. 73f) spricht in diesem Zusammenhang auch von Ausgangs- und Endsituation und beschreibt den Übergang als Bewegungsziel einer Bewegung.

2.4 Training

Die in Abschnitt 2.2 und Abschnitt 2.3 gewonnenen Informationen gelten vorrangig der Zielgruppe Bewegungswissenschaft. In diesem Abschnitt wird vorgestellt, wie diese Erkenntnisse in die Sportpraxis überführt und welche trainingsmethodischen Inhalte und Werkzeuge daraus abgeleitet werden können um das (eigene) Training zu unterstützen.

2.4.1 Methodische Übungsreihen

Geordnete Übungsfolgen zum Erlernen motorischer Fertigkeiten gehen nach Willimczik und Roth (1983, S. 186) auf *Gutsmuths* und *Jahn* zurück. Ziel methodischer Übungsreihen ist es, die zu erlernende Fertigkeit in leichtere Einzelsequenzen aufzubrechen und dem Lernenden Stück für Stück beizubringen. Diese Lernzielhierarchie führt den Lernanfänger von einem niedrigen Fertigniveau auf die nächsthöhere Könnensstufe, indem situative Bedingungen erleichtert und die Zieltechnik durch Modifizierung oder Zergliederung in ihrer Komplexität systematisch reduziert wird. Voraussetzung ist, dass die motorischen Voraussetzungen gegeben sind (Wollny, 2007, S. 185). Unterschieden wird in die serielle, funktionale und programmierte methodische Übungsreihe.

2.4.1.1 Serielle methodische Übungsreihe

Bei der seriellen methodischen Übungsreihe folgt das Üben der einzelnen Bewegungsteile dem zeitlich-räumlichen Ablauf der Zielbewegung. Die Zergliederung in einzelne Bewegungsteile ergibt lernrelevante Einheiten, die isoliert vermittelt werden und allmählich zur Fertigkeit zusammen gesetzt werden. Lehrende beginnen mit der einleitenden Bewegungssequenz und arbeiten sich zur Folgesequenz vor. Diese beiden, nun vermittelten Elemente, werden miteinander verbunden. Dieses Verfahren wird wiederholt, bis alle Bewegungsteile kombiniert sind (Wollny, 2007, S. 186).

2.4.1.2 Funktionale methodische Übungsreihe

Die funktionale methodische Übungsreihe zergliedert die Bewegungsfertigkeit in kleine, funktionale Elemente. Die Lernreihenfolge orientiert sich dabei an dessen Bedeutung. Hier bietet sich die Strukturierung von Göhner (siehe Unterabschnitt 2.3.2) an. Durch die Gliederung in Funktionsphasen und ihrer Ordnung lassen sich hieraus die funktionalen Elemente gewinnen. Begonnen wird mit dem Erlernen der

Hauptfunktion; die Hilfsfunktionen folgen. Die einzelnen Funktionen werden isoliert voneinander gelernt und abschließend zusammengesetzt (Wollny, 2007, S. 186ff).

2.4.1.3 Programmierte methodische Übungsreihe

Ausgangspunkt für die programmierte methodische Übungsreihe ist die koordinations-theoretische Vorstellung motorischer Elementarzeichen, kleinste Bewegungssegmente (sensomotorische Sequenzen), die die „Lernstoffatome“ ausmachen. Mit dieser programmierten Instruktion wird die Bewegungsfertigkeit in einem linearen, kleinschrittigen Aufbau beigebracht. Allerdings ist diese Lerntheorie heftig und kontrovers diskutiert, weshalb diese Form der methodischen Übungsreihe in Vergessenheit geraten ist. Die sensomotorischen Sequenzen werden anhand von Lernkarten mit Basaltexen vermittelt. Mit jedem Schritt werden entweder neue Teilsequenzen gelernt oder bereits gelernte miteinander verknüpft (Wollny, 2007, S. 189ff).

Spin 1ft-ext

Wie aus dem Spin 1ft-ext Beispiel in Unterabschnitt 2.3.5 hervorgeht, bilden die Tricks *1ft-ext* und *Spin* die motorische Voraussetzung. Der Oberkörper wird von Anfang an die Stütz- und Haltemotorik übernehmen und der Fahrer muss ständig darauf hingewiesen werden. Zum Erlernen kommt eine serielle methodische Übungsreihe zum Einsatz. Die Schritte sind wie folgt:

1. Große Kreisfahrt mit gestrecktem freien Bein, Durchmesser etwa 5m, mit dem Ziel sich an die „komische“ Haltung zu gewöhnen.
2. Schnelles herstellen einer kleinen Kreisfahrt, mit Spin-ähnlicher Haltung. Maximal 2-3 Radumdrehungen fahren im 1ft-ext, ehe die kleine Kreisfahrt hergestellt ist. Gewöhnung an die Hüftposition im Kreismittelpunkt.
3. Herstellen der engen Kreisfahrt ohne die vorigen 2-3 Radumdrehungen.
4. Kreisfahrt durch Hüftknick in Richtung Spinfahrt bewegen.
5. Position und Haltung des freien Beins korrigieren.

2.4.2 Übungen

Um Trainern und Lehrern genügend Inhalte für ein Training zu liefern sollte der Sportbewegungskatalog neben Informationen zu Bewegungsfertigkeiten auch Übungen bieten. Eine Übung kann hierbei sowohl für die ganze Sportart gedacht sein, z. B. fertigkeitübergreifende koordinative Übungen oder Konditionstraining als auch für eine bestimmte Gruppe sportlicher Fertigkeiten gelten, z. B. für die Nackenkippe und Kippe am Reck, also die Strukturgruppe der Kippbewegungen im Gerätturnen. Eine Übung kann aber auch nur für eine Bewegungsfertigkeit gedacht sein. Solch eine Zuordnung sollte erkennbar sein, um somit auch den Gültigkeitsbereich von Übungen grob abzustecken. Ebenso sind die verschiedenen Trainingsbereiche zu nennen, denen die verschiedenen Übungen zugeordnet sind und nun vorgestellt werden.

2.4.2.1 Techniktraining

Die vorgenannten methodischen Übungsreihen sind fester Bestandteil des Technikerwerbtrainings. Die methodischen Übungsreihen zerlegen das Üben in mehrere kleine Einzelschritte, für die es wiederum Übungen gibt um diesen Schritt zu lernen. Übungen kommen aber nicht nur beim Technikerwerbstraining zum Einsatz, sondern auch Technikanwendungs- und technisches Ergänzungstraining (Martin, 1991, S. 56). Mit den, aus den KAR gewonnenen, koordinativen Anforderungen lässt sich gezielt ein Koordinations- und Variationstraining absolvieren (siehe Beispiele in Neumaier et al., 2002). Nach Martin (1991) und Schnabel et al. (2014, S. 278) fallen diese Übungen unter das Technikanwendungstraining bzw. Technikvariationstraining, um eine sportliche Fertigkeit variabel verfügbar zu machen. Mit einem Automatisierungs- bzw. Stabilisierungstraining wird eine sportliche Fertigkeit vervollkommenet (Schnabel

et al., 2014, S. 278). Beim Situations- und Entscheidungstraining soll, unter wechselnden Bedingungen, dem Sportler die Auswahl der verschiedenen Handlungsalternativen beigebracht werden (Schnabel et al., 2014, S. 278). Insbesondere beim differenziellen Lernen (Schöllhorn, 2005) fallen viele Übungen an.

2.4.2.2 Konditionstraining

Neben den koordinativen Aspekten des Techniktrainings müssen auch die energetischen, konditionellen Anforderungen trainiert werden. Hierzu sind die Übungen mit den Trainingsmethoden aus Kraft-, Ausdauer-, Beweglichkeit- und Schnelligkeitstraining pro Sportart, aber auch fertigkeitsspezifisch nötig (siehe Kapitel 5 Schnabel et al., 2014 und Grosser et al., 2008).

2.4.2.3 Strategie- und Taktiktraining

Insbesondere bei Sportspielen ist eine gute Taktikschulung wichtig, um taktisches Denken und Verhalten zu schulen (Martin et al., 2001, S. 229). Auch für das Taktiktraining gibt es viele Übungen, die sich im Sportbewegungskatalog sammeln lassen.

2.4.2.4 Psychologisches Training

Psychologische Trainingsprogramme wie Zielsetzungstraining, Problemlösungstraining, Selbstmanagementtraining, Selbstmotivierungstraining, Konzentrationstraining, Vorstellungstraining, Entspannungstraining u.v.m. sind Teil des psychologischen Trainings nebst dem Ansatz des mentalen Trainings, die im Sportbewegungskatalog aufgenommen werden können (Schnabel et al., 2014, S. 388ff).

2.4.3 Bewegungsfehler

Eine entscheidende Größe für das Techniktraining stellt das personenunabhängige Technikleitbild bzw. die angestrebte Zieltechnik dar (Neumaier & Krug, 2003, S. 445f; Schnabel et al., 2014, S. 297). Das „Idealbild der Technik bilde einen Rahmen, innerhalb dessen die persönliche Technik gesucht werden könne“ (Wolters, 1999, S. 21). Durch geeignete Intervention findet im Training eine Annäherung des Ist-Wertes an den Soll-Wert statt. Die Differenz dazwischen wird als (Bewegungs-)Fehler angesehen (Wolters, 1999, S. 17f). Stellt sich die Frage, aus welchen Informationen in Abschnitt 2.2 und Abschnitt 2.3 sich die Nicht-Soll-Werte gewinnen lassen und in welcher Gewichtung das geschieht. Im Hinblick auf das Bewegungsziel, das dank der ablaufrelevanten Bezugsgrundlagen nach Göhner (siehe Unterunterabschnitt 2.3.2.1) sehr genau bestimmt werden kann, lassen sich Ausprägungen bestimmter Teilbewegungen als gewollt bzw. ungewollt markieren.

2.4.3.1 Gewichtung von Bewegungsfehlern

Bewegungsfehler werden nach folgender Einteilung gewichtet:

Fatale Bewegungsfehler

Bei fatalen Bewegungsfehlern handelt es sich um Bewegungsaktionen bzw. Bewegungsmuster die fertigungsübergreifend auftauchen. Einmal falsch gelernt, zieht sich dieser Fehler durch andere Fertigkeiten und kann nur durch ein erschwertes und aufwendiges Umlernen ausgebessert werden.

Bei Stand-up Tricks im Einradfahren ist die „Hand am Sattel“ zunächst eine Erleichterung zur Bewältigung des Tricks. Es stellt sich aber heraus, dass spätere Tricks es erfordern, dass diese Hand frei ist. Statt der „Hand am Sattel“ sollte der Fuß zur Kontrolle des Einrades genutzt werden. Einradfahrer die dies nicht von Anfang an Erlernen limitieren früh ihre Möglichkeiten ein großes Trickrepertoire aufzubauen.

Fertigkeitsspezifische Bewegungsfehler

Im Gegensatz zu fatalen Bewegungsfehlern handelt es sich bei dieser Sorte um Fehler, die sich nur auf die Bewegungsfertigkeit auswirken. Orientierung hierfür bieten die Hauptfunktionsphase(n) aus dem Modell von Göhner. Sollte hier eine Ausprägung vorliegen die nicht dem Bewegungsziel dienlich ist, handelt es sich mit aller Wahrscheinlichkeit nach um einen fertigkeitsspezifischen Bewegungsfehler.

Das Hauptaugenmerk bei der Arabesque ist die Bogenspannung von den Schultern bis zur Fußspitze. Ist beispielsweise die Hüfte zu weit aufgedreht, erschwert die Verwindung im Körper die Herstellung der Bogenspannung. Zudem wird die Stabilisierung dieser Haltung erschwert.

Abweichungen

Tolerierte Abweichungen die dem Erreichen des Bewegungsziels zugute kämen (z. B. die Streckung der Extremitäten bei Sportarten mit ästhetischem Ziel), stellen keine Bewegungsfehler dar, sondern dienen dem Zweck die Qualität der Bewegung im Sinne des Bewegungsziels zu verbessern.

2.4.3.2 Phänomene, Ursachen und Gegenmaßnahmen

Wie Wolters (1999, S. 52f) in den Normen für Bewegungskorrekturen anmerkt, sollen Ursachen und nicht Symptome korrigiert werden. Der Lehrende muss also aus einem Phänomen die dahinter stehende Ursache erkennen um Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Die Phänomene können den Ausprägungen für die Aktionen nach Kassat zugewiesen werden. So wird im Umkehrschluss bereits aus der konstruktiven Bewegungsstruktur klar, dass bei einigen Aktionen Bewegungsfehler vorliegen. Diese Aktionen bzw. ihre Ausprägung eignen sich dadurch nicht mehr als Operationsalternativen in der Praxis. Sind die Symptome anhand der Aktionen bzw. deren Ausprägungen als solche markiert, lassen sich ausgehend davon die möglichen Ursachen suchen. Pro Ursache können verschiedene Gegenmaßnahmen genannt werden. Zum Beispiel eine Anweisung an den Sportler oder eine Übung aus dem vorigen Abschnitt, die sich hier als Korrektur eignet. In Kapitel 8 bei Meyer, Christlieb und Keuning (2009) finden sich entsprechende Tabellen für die Sprünge im Trampolinturnen, die dies sehr gut darstellen.

Spin 1ft-ext

In Tabelle 2.2 finden sich die Aktionen und Ausprägungen nach Kassat zum Spin 1ft-ext verknüpft mit Bewegungsfehlern und empfohlenen Gegenmaßnahmen.

Tabelle 2.2: Bewegungsfehler zum Spin 1ft-ext

Aktion	Phänomen Ausprägungen	Mögliche Ursache	Gegenmaßnahme
Rumpfposition	Oberkörper nach vorne gebeugt	Problem der kinästhetischen Wahrnehmung / Muskuläres Defizit im unteren Rücken	Instruktion: „Hüfte nach vorne bringen“
Schulterposition	Vor der Hüfte	Problem mit der kinästhetischen Wahrnehmung / Muskuläres Defizit im unteren Rücken	Instruktion „Hüfte nach vorne bringen“
Schulterposition	Eine Schulter vor der Hüfte, die andere hinter der Hüfte	Oberkörperverwindung	Beide Arme hoch halten, Schultern über Hüfte platzieren

Tabelle 2.2: Bewegungsfehler zum Spin 1ft-ext

Aktion	Phänomen Ausprägungen	Mögliche Ursache	Gegenmaßnahme
Schulterposition	Schultern weit hinter der Hüfte	Problem der kinästhetischen Wahrnehmung	Instruktion: „Hüfte nach hinten schieben“

2.4.4 Fertigkeitsspezifische Bewertungskriterien und sportmotorische Tests

Die Bestimmung von Aktionen und Ausprägungen nach Kassats konstitutiver Bewegungsstruktur ermöglicht es qualitative Bewertungskriterien für eine Bewegungsfertigkeit anzulegen. Zwischen den Aktionen lässt sich eine Ordnung herstellen, etwa wenn die Aktionen mit den Funktionsphasen nach Göhner verknüpft sind oder eine Aktion entsprechend des Bewegungsziels besondere Beachtung verlangt. Ebenso lässt sich für jede Ausprägung ein Feedback hinterlegen, um das Training zu unterstützen. Stellt ein Trainer eine entsprechende Ausprägung während des Trainings fest, bedient er sich des hinterlegten Feedbacks um es mit seinem Athleten zu besprechen.

Aus den erfassten Bewertungskriterien lässt sich ein sportmotorischer Test zur Bewegungsqualität erstellen. Die Verknüpfung von Aktionen und deren Ausprägungen zu Bewegungsfehlern erweitert den Test um die Erkennung von Bewegungsfehlern. Das Konzept eines solchen Tests wird nun vorgestellt.

Anmerkung: Ein solcher Test wurde als Prototyp für das Einradfahren entwickelt, dessen Screenshots hier gezeigt werden. Inhaltlich stimmt der Prototyp nicht komplett mit den hier ausgearbeiteten Aktionen und Ausprägungen überein, Abweichungen können deshalb vorkommen. Der Prototyp wurde als hybride Anwendung entwickelt, die nachfolgende Beschreibung geht von einer solchen Anwendung als Unterstützung aus, die die Berechnungen vornimmt. Prinzipiell lässt sich dieser Test auch mit Papier und Stift bewerkstelligen, allerdings mit deutlich höherem Aufwand.

Zuerst wird ein Testformular entwickelt, das zunächst nur die Aktionen der Bewegungsfertigkeit listet. Der Sportler führt die Bewegung aus und die Ausprägungen werden zu jeder Aktion notiert. Die Bewertung des Tests erfolgt zumeist auf einem Schnappschuss der Bewegung. Nachfolgend wird der Test am Beispiel des *Spin 1ft-ext* erklärt, dessen Aktionen und Ausprägungen in Tabelle 2.1 zu finden sind.

2.4.4.1 Testaufbau

Das Testformular besteht aus verschiedenen Eingabeoptionen (siehe Abbildung 2.18), die nachfolgend erklärt werden:

Boolsche Eingaben

Mit boolschen Eingaben wird erfragt, ob ein bestimmtes Merkmal während der Bewegungsausführung gezeigt wurde, also ob eine bestimmte Aktion ausgeführt wurde oder eben nicht. Im vorliegenden Beispiel ist der Test „Ist das Beindurchgestreckt?“ (siehe Abbildung 2.18) eine boolsche Eingabe.

Enum Eingaben

Bei enum Eingaben handelt es sich um verschiedene, vorher bekannte Ausprägungen. Nach der Ausführung wird die beobachtete Ausprägung als Wert für die Eingabe angenommen. Die Tests für die „Fußspitze“ und die „Schulterposition“ in Abbildung 2.18 sind Beispiele hierfür.

Numerische Eingaben

Für Winkeleingaben oder Rotationsangaben gibt es numerische Eingabefelder. Zwar handelt es sich bei

Ist das Bein durchgestreckt? Muskelspannung im Bein ist wahrnehmbar. Von der Hüfte bis zur Fußspitze gleicht das Bein einem Holzbein.	<input type="radio"/> NEIN
Fußspitze Ausprägung der Fußspitze.	
<input checked="" type="radio"/> Nichts Keine wirkliche Muskelaktivität; die Fußspitze labbert.	
<input type="radio"/> Point Die Fußspitze ist durchgestreckt. Die Wadenmuskulatur ist sichtbar kontrahiert und von Fußspitze zum Knie ergibt sich eine gerade Linie.	
<input type="radio"/> Flex Die Fußspitze ist angezogen. Die Wadenmuskulatur ist sichtbar gedehnt und der Schienbeinmuskel kontrahiert.	
Schulterposition Welche Ausprägung hat die Schulter?	
<input checked="" type="radio"/> Nach Innen rotiert Die Schultern sind nach innen rotiert (meistens angezeigt indem die Handflächen nach unten zeigen).	
<input type="radio"/> Nach Außen rotiert Die Schultern sind nach außen rotiert (meistens angezeigt indem die Handflächen nach oben zeigen).	
Arme durchgestreckt? Die Arme sind durchgestreckt und Muskelspannung ist deutlich erkennbar.	<input type="radio"/> NEIN
Schulter und Hüfte auf einer Linie? Sind (seitliche betrachtet) die Schultern und Hüften auf einer Linie oder sind die Schultern verzogen?	<input type="radio"/> NEIN
Arm-Rumpf-Winkel Wie hoch wird der Arm gehalten? Der Winkel zwischen Oberkörper und dem Arm.	<input type="text"/>

Abbildung 2.18: Testformular (Ausschnitt) zum Spin 1ft-ext (Prototyp)

Winkleingaben um grobe Schätzwerte, aber das ist eine akzeptierte Tolleranzgröße. Als Beispiel dient die Eingabe des „Arm-Rumpf-Winkel“ in Abbildung 2.18.

Eine ähnliche Eingabemaske hat Wiemeyer (1997, S. 354) als Analysebogen zur Fehlerkorrektur konzipiert.

2.4.4.2 Testauswertung

Die Auswertung berechnet aus den Ausprägungen jeder Aktion sowohl einen Wert für die Qualität der Bewegungstechnik als auch einen Wert für die ermittelten Bewegungsfehler, die abschließend in einer Metrik vereint werden (siehe linker Kasten in Abbildung 2.19).

Berechnungs Algorithmus

Die maximal zu erreichenden Punktzahl für die Bewegungsqualität sind 100 Punkte (= 100%). Die Punktzahl ist auf die Aktionen verteilt. Je nach Ausprägung erhält man pro Aktion die maximale Punktzahl, einen Anteil oder 0 Punkte. Die erreichten Punkte werden summiert und ergeben die finale Punktwertung. 25 Punkte gibt es, wenn kein fataler Bewegungsfehler auftaucht, die übrigen 75 Punkte werden auf die restlichen Aktionen verteilt. Aus der hergestellten Ordnung der Aktionen der qualitativen Bewertungskriterien können die zu erreichenden Punkte für diese Aktionen unterschiedlich gewichtet werden. Die restlichen Punkte werden gleichmäßig auf alle übrigen Aktionen verteilt.

Als vereinte Metrik von Bewegungsqualität und Bewegungsfehler diente dem Prototypen eine Note, die den deutschen Schulnoten, von 1 (beste) bis 6 (schlechteste), entspricht. Die Noten 1 - 5 werden anhand der Tabelle 2.3 vergeben, dafür ausschlaggebend sind die erreichten Punkte. Es gibt aber auch zwei Spezialfälle:

1. Tritt ein fataler Bewegungsfehler auf, so ist die Note nie besser als 6.
2. Bei allen anderen Bewegungsfehler wird die Note nie besser als 5.

Grund hierfür ist, dass Bewegungsfehler als erstes auszumerzen sind.

<p>Note</p> 	<p>Punkte</p> <p>33</p> <p>Fehler</p> <p>0</p>	<p>Bewertung</p> <p>Ist das Bein durchgestreckt? Nein 0/8 Nene, das Bein gehört durchgestreckt, wenn es frei hängt!</p> <p>Fußspitze Nichts 0/8 Da ist ja garnix los im Fuß! Die Fußspitze gehört mit dem Bein gestreckt</p> <p>Schulterposition Nach Innen rotiert 0/8 Durch die Innenrotierten Schultern, musst du zusätzlich Körperspannung im Rücken aufbauen, um die Oberkörperposition zu stabilisieren. Rotiere die Schultern nach außen, das hilft dir dabei.</p> <p>Arme durchgestreckt? Nein 0/8 Schon zu schwach die Ärmchen durchzustrecken? Das ist aber mehr drinne.</p> <p>Handflächen Handflächen zeigen nach oben 8/8 Mit Handflächen nach oben signalisierst du dem Zuschauer deine Kommunikationsbereitschaft und erzählst ihm so, der Zuschauer sei dir nicht egal, gut so.</p> <p>Schulter und Hüfte auf einer Linie? Nein 0/8 Dein Oberkörper verringt sich und dadurch kann auch der Rücken keine vernünftige Körperspannung mehr aufbauen. Positioniere die Schultern wieder über den Hüften und stabilisere mit dem Rücken den Spin.</p> <p>Arm-Rumpf-Winkel Nicht vorhanden 0/8 Hoppla, nichts eingegeben?</p> <p>Beinposition Vor dem Oberkörper 0/8 Das Bein vor dem Körper schließt von einem unausgeglichem Kräfteverhältnis zwischen Bauch und Rücken. Versuch weniger den Bauch anzuspannen, dafür mit dem Rücken das Bein auf eine Höhe mit dem Oberkörper zu bringen.</p> <p>Runder Tritt? Nein 0/8 Der unrunde Tritt ist für den Spin sehr ungünstig, da alle Stöße vom Oberkörper kompensiert werden müssen. Besser langsamer drehen, dafür runder treten, das Tempo langsam steigern.</p> <p>Fatale Bewegungsfehler? Nein 25/25 Keine Fehler? Freie Fahrt.</p>
---	--	--

Abbildung 2.19: Ergebnis zum Spin 1ft-ext (Prototyp)

Wegen der hohen Vielfalt von Schulnotensysteme ist die Note als Richtwert im internationalen Vergleich unangebracht. Hierfür eignet sich der in Tabelle 2.3 aufgeführte Rang, der sich in dieser oder ähnlicher Form bereits bei Computerspielen etabliert hat, obgleich dieser seinen Ursprung im amerikanischen Schulnotensystem hat.

Bewertung

Nebst der berechneten Punkte, Fehler und dem Rang kann auf die Eingabe der Ausprägungen eingegangen werden. Daraus wird ersichtlich, welche Bewegungsfehler vorliegen oder an welcher Stelle Abweichungen vorhanden sind, die verbessert werden können. Als Indikator werden hierfür Ampelfarben benutzt.

- grün - Alles Ok
- orange - Hier lässt sich noch etwas verbessern
- rot - Es handelt sich um einen Bewegungsfehler

Zusätzlich gibt es zu jeder Aktion und zu jeder Ausprägung einen kurzen Feedback-Text, der in den qualitativen Bewertungskriterien hinterlegt ist, der weitere Erklärungen beinhaltet und Instruktionen

Tabelle 2.3: Schlüssel zur Berechnung der Note und des Rang

Rang	Note	Punkte
S ⁺	1 ⁺	96
S	1	91
S ⁻	1 ⁻	87
A ⁺	2 ⁺	84
A	2	81
A ⁻	2 ⁻	76
B ⁺	3 ⁺	71
B	3	67
B ⁻	3 ⁻	61
C ⁺	4 ⁺	56
C	4	50
C ⁻	4 ⁻	40
D ⁺	5 ⁺	33
D	5	25
F	6	0

für Verbesserungsvorschläge bereit hält. Diese Auswertung ist mit den Anweisungen zur Fehlerkorrektur von Wiemeyer (1997, S. 355) zu vergleichen.

2.4.4.3 Trainingssteuerung

Wichtiger Bestandteil der Trainingssteuerung ist die Trainingsplanung und -dokumentation, durch Anfertigen von Trainingstagebüchern oder -protokollen (Martin et al., 2001, S. 263). Zur Kontrolle sollten in bestimmten Abständen oder zu bestimmten Zeitpunkten Leistungsmerkmale erhoben werden, um darüber die Auswirkungen des Trainings festzustellen. Das ist Aufgabe der Leistungsdiagnostik.

Definition Leistungsdiagnostik:

Lehre und Komplex von Verfahren der Leistungsdiagnose, d. h. der Erfassung und Beurteilung der sportlichen Leistungen und der aktuellen Leistungsfähigkeit - des erreichten Leistungszustandes - auf der Grundlage von Kennwerten, Kennlinien und Merkmalen des Leistungsvollzugs sowie von Kennwerten der wesentlichen personalen Leistungsvoraussetzungen (Schnabel et al., 2014, S. 52).

Der oben vorgestellte Test ist Teil der Leistungsdiagnostik und erlaubt eine Quantifizierung der Bewegungstechnik. Über einen (längeren) Zeitraum lässt sich feststellen, ob sich durch ein Training die Ausführung einer sportlichen Technik anhand objektiver Kennwerte verbessert wurde. Insbesondere in solchen Sportarten, in denen das Wettkampfergebnis maßgeblich durch Bewegungsqualität und Ästhetik bestimmt wird (z. B. Einrad-Freestyle, Gerätturnen, Eiskunstlaufen, Rhythmische Sportgymnastik), ist es mitunter schwierig das Techniktraining anhand objektiver Kriterien zu quantifizieren. Für ebensolche Situationen ist dieser Test entstanden und soll im Sportbewegungskatalog für jede Bewegungsfertigkeit hinterlegt werden können.

3 Informatische Grundlagen

Für die konzeptionelle Entwicklung eines Sporbewegungskataloges sind der Umgang mit „Daten“ und „Wissen“ die relevanten informatischen Grundlagen. Zunächst sollen die Begriffe Daten, Information und Wissen genauer erläutert werden. Nach Frey-Luxemburger (2014, S. 13ff) ist der Begriff Wissen nicht genau erklärt. Es gibt hingegen mehrere, verschiedene Erläuterungen. Die hier verwendete Erklärung wird dem Begriff Wissen nicht vollständig gerecht, ist aber im angewendeten Kontext der Informatik brauchbar. Abbildung 3.1 zeigt den informationstheoretischen Ansatz. Auf unterster Ebene gibt es Zeichen, atomaren Teilchen in jeglicher Form. Daten ergeben sich durch eine Strukturierung von Zeichen mittels Syntax. Eine semantische Auszeichnung verleiht den Daten eine entsprechende Bedeutung und eingebettet in einen gewissen Kontext ergeben sich daraus Informationen. Wissen ergibt sich durch Vernetzung von Informationen (Frey-Luxemburger, 2014, S. 17).



Abbildung 3.1: Informationstheoretischer Ansatz (nach Rehäuser & Krcmar, 1996, S. 6; Bodendorf, 2006, S. 1)

Daten treten in folgenden Strukturierungsgraden auf (Cleve & Lämmel, 2014, S. 37f):

Strukturierte Daten

Strukturierte Daten werden mit gleichartiger Datenstruktur, etwa einem Datenmodell folgende, gespeichert.

Die Speicherung in Tabellen und Datenbanken.

Semistrukturierte Daten

Daten, die eine Datenstruktur implizieren, jedoch ohne festes Datenmodell auskommen oder gar erweiterbar sind. Nach Rahm und Vossen (2003, S. 5ff) kann die Struktur der Daten von Datensatz zu Datensatz unterschiedlich sein. Sie fassen das unter dem Begriff der Irregularität zusammen.

XML-Dateien, SGML und HTML-Dokumente.

Unstrukturierte Daten

Daten, die keine formalisierte Struktur aufweisen.

Text, Bilder, Musik und Videos.

Dieses Kapitel beschäftigt sich mit Datenbanken als Ablage für die Daten, Knowledge Management zur Verwaltung und Anwendungsszenarien der abgelegten Informationen und Knowledge Engineering mit Methoden zur Erkenntnisgewinnung aus bestehendem Wissen.

3.1 Datenbanken

Die Bewältigung der Informationsflut ist keine leichte Aufgabe und Datenbanksysteme spielen hierbei eine große Rolle. Die Informationsmenge, Verteilung und Vernetzung der Informationen stellen immer komplexere Anforderungen. Die Informationsgesellschaft produziert täglich Informationen, die in Datenbanken strukturiert abgelegt werden sollen, um sie so auffindbar abzulegen. In diesem Abschnitt wird zuerst geklärt in welcher Systemarchitektur sich Datenbanksysteme finden und wie sie mit Anwendungen, die Endbenutzer bedienen, interagieren. Weiter werden die Aufgaben vorgestellt, die ein solches System übernehmen muss und das Datenmodell, das die Struktur der abgelegten Daten vorgibt. Abschließend noch eine Betrachtung ausgewählter Datenbanktypen, die für verschiedene Einsatzzwecke verwendet werden können.

Tabelle 3.1: Begriffsbildungen für Datenbanksysteme (Saake, Sattler & Heuer, 2008, S. 9)

Kürzel	Begriff	Erläuterung
DB	Datenbank	Strukturierter, von einem DBMS verwalteter Datenbestand
DBMS	Datenbankmanagementsystem	Software zur Verwaltung von Datenbanken
DBS	Datenbanksystem	DBMS + Datenbank(en)

DBS klinken sich in die Client-Server-Systemarchitektur ein und stellen das DBMS als Server in dieser Architektur bereit (siehe Abbildung 3.2). Clients sind Anwendungen, die Kommandos an das DBMS schicken und Daten zurück geliefert bekommen (Elmasri & Navathe, 2002, S. 45).

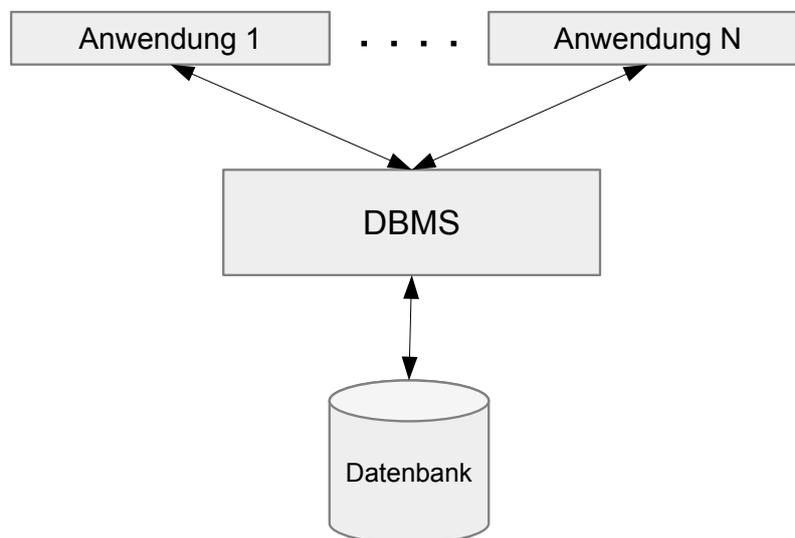


Abbildung 3.2: Server-Client-Systemarchitektur mit DBMS als Server und Anwendung(en) als Client (nach Saake et al., 2008, S. 6)

3.1.1 Aufgaben von Datenbankmanagementsystemen

Neben der Speicherung und Abfrage von Daten, muss ein DBMS weitaus mehr Aufgaben übernehmen, die einen reibungslosen Einsatz gewährleisten. Die Aufgaben eines DBMS haben sich im Laufe der Jahre herauskristallisiert. Codd (1982) hat diese zusammengefasst:

1. Integration

Die einheitliche Verwaltung aller von Anwendungen benötigten Daten (Saake et al., 2008, S. 7).

2. Operationen

Ausführen von Operation in den verwalteten Datenbanken (Saake et al., 2008, S. 7).

3. Katalog

Zugriff auf den Katalog, der die Datenbeschreibungen der Datenbanken beinhaltet (Saake et al., 2008, S. 7).

4. Benutzersichten

Kontrolle der vom Client eingesehenen Datenbestände (Saake et al., 2008, S. 8).

5. Konsistenzüberwachung

Sicherung der Integrität und Gewährleistung korrekter Datenbestände (Saake et al., 2008, S. 8).

6. Zugriffskontrolle

Autorisationskontrolle beim Zugriff auf die Datenbestände (Saake et al., 2008, S. 8).

7. Transaktionen

Transaktionen sind Ausführung mehrerer Datenbankänderungen als Ganzes (Saake et al., 2008, S. 8).

8. Synchronisation

Synchronisation mehrerer (gleichzeitiger und konkurrierender) Transaktion verschiedener Benutzer zur Gewährleistung der Konsistenz und Konfliktverhinderungen von physikalischen Schreiboperationen (Saake et al., 2008, S. 8).

9. Datensicherung

Ausfallsicherung und Wiederherstellungsmöglichkeit von Daten, etwa nach Systemfehlern (Saake et al., 2008, S. 8).

3.1.2 Datenbankmodell

In der Informatik dienen Datenmodelle der Erfassung und Darstellung der Informationsstruktur einer Anwendung, nicht der Informationen selbst. Das Entwurfsmodell ist dabei unabhängig vom einzusetzenden Datenbanksystem. Erst das Realisierungsmodell mit dem der Datenbankentwurf implementiert wird bemächtigt sich der Funktionalität des konkreten Datenbanksystems (Saake et al., 2008, S. 51). Das Entity-Relationship-Modell (kurz ER-Modell oder ERM) ist das am häufigsten verwendete Entwurfsmodell. Hauptbestandteil dieses Modells sind *Entities* (Gegenstände) und *Relationships* (Beziehungen) zwischen diesen. Zusätzlich gibt es im ERM *Attribute*, die an *Entities* und *Relationships* angeknüpft werden können (Kemper & Eickler, 2015, S. 39f).

Bei *Entities* handelt es sich um Gegenstände, wohlunterscheidbare Konzepte der zu modellierenden Domäne. Entitäten werden typischerweise durch Nomen beschrieben und graphisch als Rechtecke dargestellt (Kemper & Eickler, 2015, S. 39).

Beziehungen werden zwischen Entitäten modelliert und geben Auskunft in welchem Verhältnis zwei *Entities* zueinander stehen. *Relationships* werden durch Verben beschrieben und graphisch als Rauten dargestellt. Mit Rollen können die Beziehungen weiter präzisiert werden (Kemper & Eickler, 2015, S. 39ff).

Attribute sind Eigenschaften, die zumeist an *Entities* aber auch an *Relationships* gebunden werden und diese Objekte charakterisieren. Die graphische Darstellungsform sind Ellipsen (Kemper & Eickler, 2015, S. 40).

In Abbildung 3.3 finden sich vier *Entities* (*Student*, *Vorlesung*, *Assistent* und *Professor*) und fünf *Relationships* (*hören*, *voraussetzen*, *prüfen*, *lesen*, *arbeitenFür*). Den *Entities* und der Beziehung *prüfen* sind weitere Attribute - zur genaueren Charakterisierung - zugewiesen. Die unterstrichenen Attribute dienen zur eindeutigen Identifikation eines Datensatzes, sog. Schlüssel. Ein Primärschlüssel identifiziert die eigene Entität eindeutig, ein Fremdschlüssel referenziert auf eine Andere (Kemper & Eickler, 2015, S. 41).

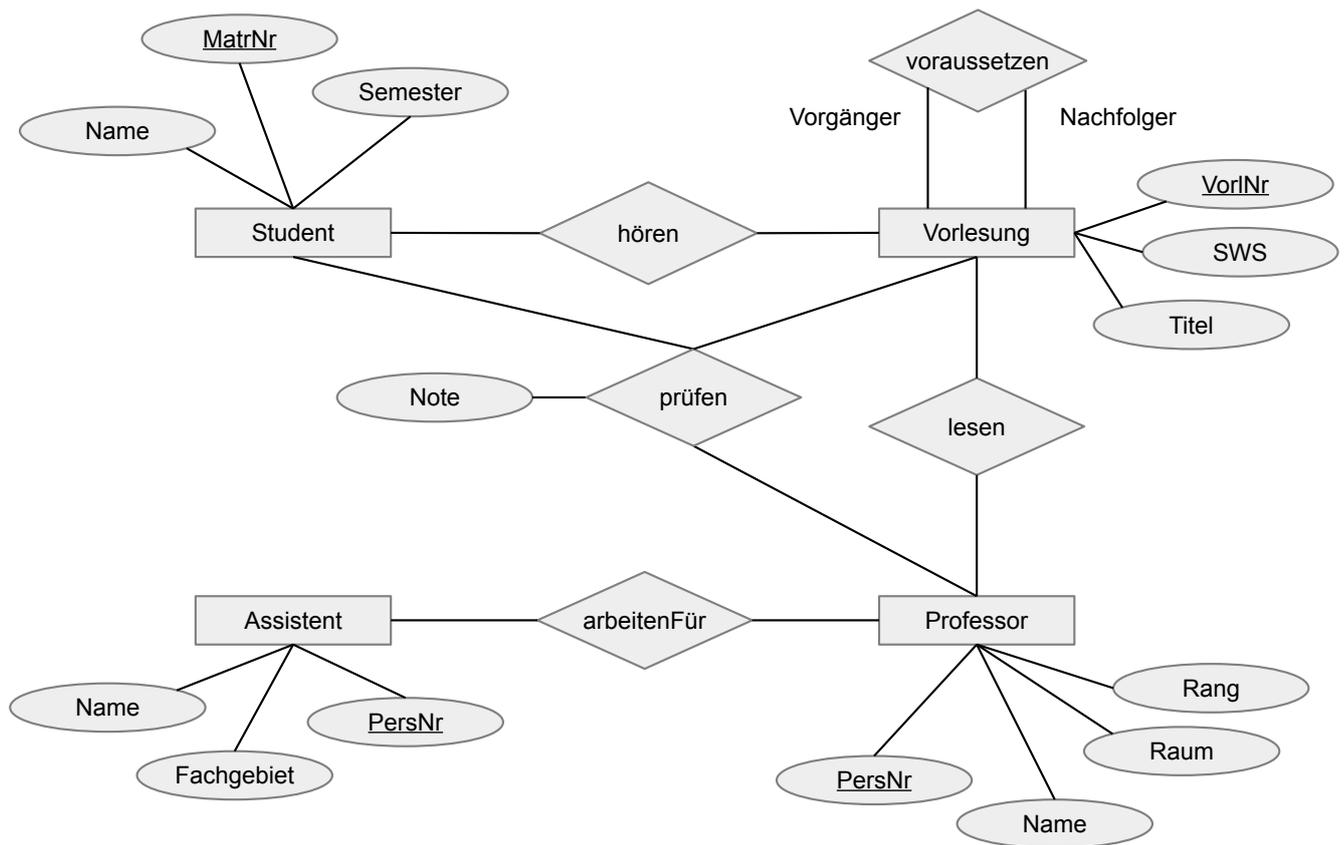


Abbildung 3.3: Beispiel-ERM (nach Kemper & Eickler, 2015, S. 40)

3.1.3 Datenbanktypen

Verschiedene Typen von Daten, Einsatzzwecke und die Verarbeitung auf Anwendungsseite haben zu Entwicklungen unterschiedlicher Datenbanktypen beigetragen.

3.1.3.1 Relationale Datenbanken

Relationale Datenbanken wurden von Codd (1970) entwickelt und fand dank der einfachen, mathematischen Grundlagen sofort Aufmerksamkeit. Das Modell fußt auf dem Konzept der mathematischen Relation. Dieser grundlegende Baustein hat seine theoretische Basis in der Mengentheorie und Prädikatenlogik (Elmasri & Navathe, 2002, S. 225). Die Datenbank wird als Sammlung von Relationen repräsentiert. Relationen sind Tabellen, die den Entitäten des Entwurfsmodell entstammen. Eine Zeile darin ist ein Datensatz und wird als Tupel bezeichnet; die Spalten sind Attribute (Elmasri & Navathe, 2002, S. 226ff). Für das Relationenschema hat sich folgende Schreibweise etabliert:

Datenbank: $R_1, R_2, R_3, \dots R_n$

Relation: $R(A_1, A_2, A_3, \dots A_n)$

Das Beispiel aus Abbildung 3.3 als Relationenschema geschrieben:

Student (MatrNr, Name, Semester)

Vorlesung (VorlNr, Titel, SWS)

Professor (PersNr, Name, Rang, Raum)

Assistent (PersNr, Name, Fachgebiet)

3.1.3.2 Objektorientierte Datenbanken

Relationale Datenbanken weisen gewisse Nachteile auf, wenn komplexere Datenbankanwendungen notwendig sind, deren Anforderungen nicht von relationalen Datenbanken erfüllt werden können. Die Anbindung erfolgt häufig über objektorientierte Programmiersprachen, in die sich relationale Datenbanken schlecht einbetten lassen. Hierzu wurden in den 80er Jahren objektorientierte Datenbanken entworfen, die sich an objektorientierten Programmiersprachen (C++, Smalltalk, Java) orientierten (Elmasri & Navathe, 2002, S. 389; Saake et al., 2008, S. 17f). Wichtigste Änderung zu relationalen Datenbanken war die Erweiterung der strukturellen Repräsentation um die verhaltensmäßigen (operationalen) Komponenten in einem Objekttyp (Kemper & Eickler, 2015, S. 401). Ein Industriestandard wurde von (Atkinson et al., 1989) festgelegt. Die darin enthaltenen „Golden Rules“ beschreiben eine Reihe von Konzepten, die für objektorientierte Datenbanken zwingend gelten:

- Komplexe Objekte
- Objektidentität
- Kapselung
- Typen und Klassen
- Klassen- oder Typhierarchie
- Overriding, Overloading, Late Binding
- Berechnungsvollständige DB-Programmiersprache

Aufgeführt sind weitere Konzepte, die für DBMS ohnehin gelten: Erweiterbarkeit, Persistenz, Sekundärspeicherverwaltung, Synchronisation, Recovery von Transaktionen und Anfragesprachen.

3.1.3.3 Deduktive Datenbanken

Im Bereich deduktiver Datenbanken überschneiden sich Datenbanken, Logik, künstliche Intelligenz und Wissensdatenbanken. „Ein deduktives Datenbanksystem ist eines, das Fähigkeiten für die Definition von (deduktiven) Regeln beinhaltet, mit denen sich zusätzliche Daten und Informationen aus den in einer Datenbank gespeicherten Fakten herleiten lassen“ (Elmasri & Navathe, 2002, S. 859). Für die Spezifikation wird eine deklarative Sprache verwendet, in der das *was* und nicht das *wie* entscheidend deklariert wird. In deduktiven Datenbanken werden zwei Typen spezifiziert, Fakten und Regeln. *Fakten* werden ähnlich zu Relationen spezifiziert. Ein Tupel in einer Relation beschreibt einen Fakt der realen Welt, der über seine Attribute weiter charakterisiert wird. In deduktiven Datenbanken werden Attribute ausschließlich über die Position im Tupel und nicht über den Namen bestimmt. *Regeln* spezifizieren virtuelle Relationen, die aus Fakten gebildet werden, indem Inferenzmechanismen auf Grundlage der Regelspezifikationen angewendet werden. Regeln können in diesem Zusammenhang rekursiv agieren (Elmasri & Navathe, 2002, S. 860).

3.1.3.4 NoSQL Datenbanken

Die Informations- und Kommunikationsverarbeitung zu Beginn des 21. Jahrhunderts führt dazu, dass führende Internetunternehmen, wie Google, Amazon, Yahoo und soziale Netzwerke, wie Facebook, Twitter und LinkedIn gezwungen waren neue Datenbanksysteme zu schaffen, um die auftretenden Herausforderungen zu bewältigen, die relationale Datenbanksysteme an ihre Grenzen brachten. Die entstandenen Datenbanksysteme lassen sich unter dem Begriff „NoSQL“ zusammenfassen (Hecht, 2014, S. 4f). Nach Hecht (2014, S. 6f) ergeben sich für NoSQL-Datenbanken folgende Kernpunkte:

- Kein relationales Datenmodell
- Schwache Schemarestriktionen

-
- Kein ACID-Transaktionsmodell
 - Einfache Datenreplikation
 - Horizontale Skalierbarkeit

Die Klassifikation von NoSQL-Datenbanken erfolgt häufig über Datenmodelle, aus denen sich drei Gruppen herauskristallisiert haben: *Key-Value Stores*, *Document Stores* und *Column Family Stores* (Hecht, 2014, S. 8).

Key-Value Stores

In diesem Datenmodell wird jeweils einem Schlüssel ein Wert zugewiesen. Da die Werte beliebig sein können, sind Key Value Stores vielseitig einsetzbar. Der Vorteil liegt in der effizienten Verarbeitung mit hoher Geschwindigkeit. Der Nachteil ist der minimalistische Funktionsumfang (Hecht, 2014, S. 9).

Document Stores

In diesen Systemen werden Datensätze in Dokumenten verwaltet. Zumeist wird hierfür das JSON-Format verwendet, in der sich eine strukturierte Sammlung von Schlüssel-Wert-Paaren findet (Hecht, 2014, S. 9).

Column Family Stores

Hierbei handelt es sich um eine Mischung aus Key-Value Stores, spaltenorientierte Datenbanken und relationalen Datenbanken. Ein Datensatz wird durch ein Schlüssel-Wert-Paar beschrieben, welche horizontal angeordnet und daher als Zeile einer Tabelle dargestellt werden können. Schlüssel-Wert-Paare, die in mehreren Datensätzen vorkommen, können in Spalten zu sogenannten *Column Families* gruppiert werden (Hecht, 2014, S. 9f).

3.2 Knowledge Management

Unter dem Begriff Knowledge Management werden sowohl der Umgang mit Wissen als Gut, sowie dessen Integration in bestehende Infrastrukturen verstanden.

Definition Knowledge Management:

Knowledge Management is the leveraging of collective wisdom to increase responsiveness and innovation (Frappaolo, 2006, S. 8).

In diesem Abschnitt wird geklärt, auf welche Art und Weise mit Wissen im Sinne des Knowledge Management umgegangen wird und welche Systeme und Technologien verwendet werden.

3.2.1 Anwendungsszenarien zu Knowledge Management

Frappaolo (2006, S. 19ff) und Frey-Luxemburger (2014, S. 21) unterscheiden vier Anwendungsszenarien zu Knowledge Management.

Vermittlung / Verteilung

Stellt die Verbindung zwischen Wissen und Menschen her. Solche, die ein bestimmtes Wissen suchen und solchen die es bereit stellen. Wissen wird eingestellt, auch wenn hierfür nicht zwingend ein Bedürfnis vorliegt. Wenn ein Suchender nach bestimmten Wissen sucht, kann die Wissensdatenbank hierzu abgefragt werden (Frappaolo, 2006, S. 19f).

Ablage / Bewahrung

Die Ablage beschreibt Frappaolo (2006, S. 20f) mit dem Aufnehmen von Wissen in bestehende Speichersysteme und die Einsortierung und Klassifikation in bestehende Strukturen. Neben der Auswahl der richtigen Form (Text, Bild, Video, etc.) ist die Wahl der Klassifikation der schwierige Part um die Informationen einem Suchenden in möglichst passender Form bereit zu stellen.

Nutzung / Suche

Ein Suchender wird Anfragen (mit eingestellten Filtern) an die Wissensdatenbank stellen. Die Ausgabe erfolgt entsprechend den Bedürfnissen des Anfragestellten (Frappaolo, 2006, S. 21).

Erkenntnisgewinnung

Die Erkenntnisgewinnung verknüpft bisheriges Wissen, um darüber den Wissensstamm zu erweitern (Frappaolo, 2006, S. 21).

3.2.2 Knowledge Systems

Als verfügbare Software zur Abwicklung des Knowledge Management etablierten sich diverse Lösungen. Diese lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen: Groupware Systeme, Content Management Systeme (CMS), Dokument Management Systeme (DMS), Enterprise Resource Planning (ERP) und Customer Relationship Management (CRM). Die beiden letztgenannten Kategorien sind vorrangig im kommerziellen Umfeld zur Abwicklung der geschäftlichen Tätigkeiten zu finden. Ihre Ausrichtung des Knowledge Management ist betrieblich ausgerichtet. Die anderen sind vielseitiger einsetzbar und werden folgend näher beschrieben (Hüttenegger, 2006, S. 27f).

3.2.2.1 Groupware Systeme

Groupware Systeme richten sich primär an die Zusammenarbeit von Gruppen. Der Fokus liegt auf der inter-personellen Kommunikation und entsprechende Anwendungen wie E-Mail, Kalender und Adressbuch gehören zur Grundausstattung. Ebenso gehören Anwendungen zur Verwaltung von Dokumenten bzw. Dateien zur Groupware. Je nach Software gibt es auch Überschneidungen zu anderen Kategorien, so beinhalten manche Systeme auch Funktionen eines CMS oder des Projektmanagements. Der primäre Einsatz richtet sich an Organisationen, zur Verwaltung einer Wissensdatenbank und zur Kommunikation der Mitglieder (Hüttenegger, 2006, S. 30ff). Groupware Systeme bieten durch ihre Funktionen eine strukturierte Ablage einiger Daten an, die Wissensinhalte werden aber unstrukturiert, in Form von Texten als Dokumente oder Dateien, abgelegt.

3.2.2.2 Content Management Systeme

CMS werden häufig zur Erstellung und Verwaltung von Websites eingesetzt (Hüttenegger, 2006, S. 38ff). In vordefinierten Arealen der Website können verschiedenen Content-Elemente eingesetzt und deren Inhalte bearbeitet werden. Je nach eingesetzter Software, unterscheiden sich die Content-Elemente in Überschriften, Absätze, Multimediale Elemente oder Alleskönner, die alle Elemente in einem Block anbieten. Je feingradiger die Elemente ausgesucht werden können, desto höher der Strukturierungsgrad. So lassen sich die unterschiedlichen Typen der verschiedenen Content-Elemente zwar bestimmen, deren Inhalt gilt aber als unstrukturiert. Einige Systeme geben hier die Möglichkeit semantische Angaben vorzunehmen, um Inhalte genauer zu kennzeichnen.

3.2.2.3 Document Management Systeme

Die Kernaufgabe von DMS ist das Verwalten von Dokumenten. Wobei mit Dokumenten nicht nur Schriftstücke oder Tabellenkalkulationen gemeint sind, sondern jede Art (z. B. Multimedia) von Dateien. Mit Meta-Angaben oder je nach eingesetzter Software auch zusätzlichen frei wählbaren Eigenschaften werden Dokumente katalogisiert und abgelegt. Die Inhalte der Dokumente gelten aber, wie bereits bei Groupware und Content Management Systemen erwähnt, als unstrukturiert (Hüttenegger, 2006, S. 53ff).

3.2.2.4 Individualsysteme

Individualsysteme sind Speziallösungen die an die Bedürfnisse und Anforderungen der Anwender zugeschnitten sind und können im Gegensatz zu den vorgestellten Systemen keinen verallgemeinerbaren Kategorien zugeordnet werden. Die Anfertigung, fortlaufende Entwicklung und Wartung solcher Systeme ist aufgrund der Insellösung sehr kostspielig (Hüttenegger, 2006, S. 84).

3.2.3 Technologien

Zu den Anwendungsszenarien der Erkenntnisgewinnung und der Präsentation von Informationen etablierten sich diverse Techniken und Standards, die für mehr Interoperabilität sorgen und einen einfacheren Informationsaustausch ermöglichen. Zwischen Präsentation und Gewinnung von Informationen besteht eine Interdependenz, denn die Techniken beeinflussen sich gegenseitig.

3.2.3.1 Datenpräsentation

Neben visuell und graphisch aufbereiteten Informationen zur Präsentation für Menschen sind auch Techniken erprobt, Informationen für Computer auszuzeichnen und darüber für Maschinen lesbar aufzubereiten. Die größte Datenquelle des Planeten ist das Internet. Websites werden mit Hypertext-Markup-Language (HTML) ausgezeichnet. Ziel des *Semantic Web* ist es Methoden und Techniken bereit zu stellen, um Inhalte mit Semantik zu versehen, indem das Markup über standardisierte Attribute erweitert wird und Informationen für Maschinen zugänglich gemacht werden.

Metadaten

Bestimmte Sätze, Abschnitte oder Sektionen innerhalb eines Dokuments bzw. Website können zusätzlich mit Metadaten ausgezeichnet werden. Hierfür etablierten sich verschiedene Techniken:

Resource Description Framework

Das Resource Description Framework (RDF) ist eine formale Sprache für die Beschreibung strukturierter Informationen. Ursprünglich entwickelt für das Web, hat RDF auch den Einzug in PDF oder XML-basierten Dokumenten wie SVG und RSS gefunden. Über Annotationen werden Elemente als Ressourcen ausgezeichnet und über Beziehungen verknüpft. Über diese Verknüpfungen lassen sich die Informationen als gerichteter Graph darstellen. Knoten und Kanten sind mit eindeutigen Bezeichnungen beschriftet. Zur eindeutigen Bezeichnung verwendet RDF URIs (Unified Resource Identifiers) um Konflikte bei der Benennung zu verhindern. Mit Literalen werden Datenwerte dargestellt und durch eine Typzuweisung können Maschinen diese Werte interpretieren (Hitzler, Krötzsch, Rudolph & Sure, 2008, S. 37ff).

Microformats

Microformats¹ sind sehr einfach gehalten und verfolgen den Zweck die Semantik von Sektionen (z.B. Kontakte, Termine oder Produkte) innerhalb einer Website expliziter zu beschreiben. Das definierte Vokabular ist allerdings sehr begrenzt und nur für wenige Elemente gibt es standardisierte Spezifikationen (Hausenblas, 2009, S. 151ff).

Ontologien

Die Auszeichnung mittels Metadaten ist möglich, indem ein bestimmtes Vokabular bereit steht, damit Maschinen die ausgelesenen Information entsprechend ihrer Semantik interpretieren und mit anderen Daten verknüpfen können. Der in der Philosophie geprägte Begriff *Ontologie* wird hierfür verwendet. Für

¹ <http://microformats.org>

die Informatik hat der Begriff vielmehr einen praktischen Nutzen als in der Philosophie (Breslin, Passant & Decker, 2009, S. 56ff).

Definition Ontologie:

An ontology is an explicit specification of conceptualization (Gruber, 1993, S. 200).

RDF Schema

RDF Schema (RDFS) erweitert das Grundvokabular von RDF. RDFS verfügt über weitere Klassen und Eigenschaften, die von RDF verwendet werden können um Elemente und Beziehungen zu typisieren. Die vorhandenen Klassen in RDFS sind hierarchisch angeordnet und diese Vererbung erlaubt es bestimmte Klassen konkreter zu beschreiben (Breslin et al., 2009, S. 59ff).

Web Ontology Language (OWL)

Der Wortschatz von RDF Schema ist dennoch sehr begrenzt, daher wurde das Web Ontology Language (OWL) Projekt 2001 vom World Wide Web Consortium (W3C) ins Leben gerufen. OWL erweitert die Klassen und Eigenschaften des RDF Schema und führt eine neue Prädikatenlogik ein, um weiterführende Charakteristika abzudecken (Breslin et al., 2009, S. 61).

schema.org

Die großen Suchmaschinenanbieter (Google, Yahoo, Microsoft und Yandex) initiierten die Entwicklung mehrerer Schemata. Entstanden ist das schema.org² Projekt, worüber ein Katalog mit standardisierten Schemata für strukturierte Daten bereitgestellt und gepflegt wird. Die Auszeichnung erfolgt über Microdata, RDFa und JSON-LD.

3.2.3.2 Wissensgewinnung

Zum großen Gebiet der Wissensgewinnung gehören der Begriff *Data Mining* und seine Teilgebiete *Web Mining* und *Text Mining*, die hier kurz erklärt werden. Ebenso zählt das Knowledge Engineering dazu, welches in Abschnitt 3.3 genauer untersucht wird.

Data Mining

„Data Mining (Datenschürfen) ist die Extraktion von Wissen aus Daten“ (Cleve & Lämmel, 2014, S. 38). Problem mit angesammelten Daten ist es die relevanten und nützlichen Informationen zu extrahieren und zu verknüpfen. Ziel des Data Minings ist es nach Mustern und Zusammenhängen zu suchen (Keim, 2004, S. 363; Cleve & Lämmel, 2014, S. 2). Mit diesen Mustern wird unbekanntes Wissen aus strukturierten Daten extrahiert. Das gewonnene Wissen soll nützlich und nicht trivial sein, der Prozess sollte nach einer intensiven Vorbereitung automatisch ablaufen. Die Teilgebiete des Data Minings sind das Web Mining (Semistrukturierte Daten) und Text Mining (unstrukturierte Daten) (Cleve & Lämmel, 2014, S. 38f).

Web Mining

Das Semantic Web und Web Mining komplementieren sich gegenseitig. Während die Informationen im Web unstrukturiert vorliegen und daher nur für Menschen verständlich sind, werden solche Informationen durch das Semantic Web maschinenleserlich aufbereitet. Web Mining nutzt diese Auszeichnung, um die darin versteckten Daten und Informationen (semi-)automatisch zu extrahieren und als Aggregation von handhabbaren Portionen bereit zu stellen (Stumme, Hotho & Berendt, 2006, S. 1). Web Mining wendet die Techniken des Data Mining auf die riesige Fülle von Daten im Internet in den Bereichen *content mining*, *structure mining* und *usage mining* an (Stumme et al., 2006, S. 9).

² <http://schema.org>

Text Mining & Natural Language Processing

Text Mining ist die Erkenntnisgewinnung aus unstrukturierten Daten, zumeist Texten (Aggarwal & Zhai, 2012, S. 1f). Computer verwenden Natural Language Processing (NLP) um natürliche Sprache zu analysieren. Es findet Anwendung bei der Sprachverarbeitung, Extrahieren von Beziehungen, Kategorisierung von Dokumenten und Zusammenfassen von Texten. Als Techniken werden Tokenisierung, Erkennung von Sätzen, Klassifizierung und kontextabhängige Extrahierung von Beziehungen verwendet. NLP wird zunehmend mehr von Suchmaschinenanbieter im Internet eingesetzt um Suchanfragen besser zu verstehen und bessere Ergebnisse zu liefern (Reese, 2015, S. 23f). Ein anderer Einsatz erfolgt in der Stimm-erkennung. Hier bieten führende Internetfirmen Dienste (u. a. Google Assistant, Apples Siri, Microsofts Cortana und Amazons Alexa) an, die mit gesprochener Sprache kontrolliert werden können. Nach erfolgreicher Erkennung des akustischen Signals und Transkription wird mittels NLP die Bedeutung ermittelt und die weitere Verarbeitung ermöglicht (Clark, Fox & Lappin, 2010, S. 299).

3.3 Knowledge Engineering

Knowledge Engineering beschäftigt sich mit Methoden und Vorgehensweisen der automatisierten Wissensgewinnung aus Daten. Überschneidungen gibt es zu Gebieten des Data Mining und der künstlichen Intelligenz.

Ein wesentliches Lern-Element ist die Fähigkeit, aus bestehendem Wissen Schlussfolgerungen zu ziehen. Diesen Prozess nennt man nach englischen Sprachgebrauch auch Inferenzfindung (engl. to infer - schließen, schlussfolgern) (Helbig, 1996, S. 183). Es werden drei verschiedene Arten des Schlussfolgerns angewendet (siehe Tabelle 3.3):

Deduktives Schließen

Das Ableiten von neuen Fakten aus alten Fakten und allgemeingültigen Regeln (Morik, 1995, S. 251).

Induktives Schließen

Das Ableiten von allgemeingültigen Regeln aus bekannten Fakten (Morik, 1995, S. 251).

Abduktives Schließen

Hypothetischer Schluss von Fakten und (einer) Regel(n) auf eine Allgemeingültigkeit (Morik, 1995, S. 251).

Tabelle 3.3: Gegenüberstellung von induktivem, deduktivem und abduktivem Schließen

	Induktives Schließen	Deduktives Schließen	Abduktives Schließen
Gegeben	Menge von Beispielen E Hintergrundwissen B	Theorie T Hintergrundwissen B	Eine Menge von Beispielen E Eine Theorie T
Gesucht	Theorie T $E \cup B \rightarrow T$	Eine Menge von Fakten E $T \cup B \rightarrow E$	Hintergrundwissen B $E \cup T \rightarrow B$

In diesem Abschnitt werden zuerst verschiedene Lernstrategien und Wissenstypen aus dem Gebiet des Maschinellen Lernens vorgestellt und anschließend mit Wissensrepräsentationssystemen dargestellt, welche Speichersysteme für die verschiedenen Wissenstypen vorliegen.

3.3.1 Maschinelles Lernen

Mit Maschinellern Lernen werden Lernverfahren auf dem Rechner verfügbar gemacht. Dabei geht es nicht nur um die Nachbildung der kognitiven Modellierung des menschlichen Lernverhaltens, sondern auch um Lernprogramme mit gänzlich anderen Vorgehensweisen. Neben der Wissensakquisition auf Basis von Eingabeinformationen spielt auch die Verfeinerung von bereits vorhandenem (Hintergrund)Wissen eine entscheidende Rolle (Herrmann, 1997, S. 15f).

3.3.1.1 Lernstrategien

Mit Lernstrategien wird das Lernen des menschlichen Gehirns über Algorithmen auf Computern versucht abzubilden. Die Klassifizierung der unterschiedlichen Lernstrategien geht zurück auf Carbonell, Michalski und Mitchell (1983) und wurde durch Michalski (1986) erweitert. Dabei wird die Lernstrategie durch die Art der verwendeten Inferenz und die Art der Eingabe von Informationen klassifiziert (Herrmann, 1997, S. 16). Die Lernstrategien sind:

Direkte Eingabe neuen Wissens und Auswendiglernen

Daten werden durch einen Benutzer (z.B. in eine Datenbank) eingegeben und somit der Wissensspeicher gefüllt oder Wissen ist in der Programmierung abgelegt (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 101).

Lernen durch Anweisungen

Der Lehrende gibt dem Lernenden Anweisung, welche dieser nutzt, um aufbereitetes, vorgegebenes Wissen aufzunehmen, intern zu verarbeiten und effizient zu Nutzen (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 101).

Lernen durch Deduktion

Mittels deduktiven Schließens wird aus vorhandenem Wissen neues Wissen abgeleitet (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 101).

Lernen durch Analogie

Vorhandenes Wissen wird auf neue Situationen angewendet. Vorausgesetzt werden Problemlösungen für ähnliche Situationen und aus dem vorhandenen Wissen müssen Fakten und Fähigkeiten extrahiert werden, die in signifikanten Aspekten mit der neuen Situation übereinstimmen. Folglich muss das Wissen auf die neue Situation transferiert werden und evtl. gewonnenes Wissen muss, für eine spätere Verwendung, abgelegt werden (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 101).

Lernen aus Beispielen

Aufgabe des Lernenden ist es eine allgemeine Konzeptbeschreibung zu erstellen, die alle gegebenen positiven Beispiele umfasst und alle Gegenbeispiele ausschließt. Das Lernen an Beispielen lässt sich nach drei Gruppen charakterisieren (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 102f).

Erstens das Lernen nach der Herkunft der Beispiele. Ein Lehrender kann die Beispiele möglichst nützlich bereit stellen um einen schnellen Lernerfolg zu ermöglichen. Die Beispiele stammen vom Lernenden selbst und enthalten Parameter von denen er glaubt, dass sie zum erlernenden Konzept passen. Von außen muss die Information geliefert werden, ob es sich um ein positives oder negatives Beispiel handelt. Im letzten Fall stammen die Beispiele aus der Umgebung. Folglich handelt es sich um Zufallsbeobachtungen, die keinem systematischen Prozess der Generierung folgen. Auch in diesem Fall muss von außen die Information eingehen, ob die Beispiele positiv oder negativ sind (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 102). *Zweites* die Verfügbarkeit von Beispielen. Stehen nur positive Beispiele zum Lernen bereit, kann die entwickelte Hypothese zu allgemein gehalten sein, da keine Gegenbeispiele bekannt sind um das gelernte Konzept einzugrenzen. Sind sowohl positive als auch negative Beispiele vorhanden, ist das erlernte Konzept allgemein gültig, da alle positiven Beispiele berücksichtigt werden aber auch speziell genug, da es durch die negativen Beispiele abgegrenzt ist (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 102f).

Drittens die zeitliche Bereitstellung der Beispiele. Im ersten Fall stehen alle Beispiele gleichzeitig bereit

und die gelernten Hypothesen können sofort auf Richtigkeit überprüft. Im zweiten Fall sind die Beispiele inkrementell gegeben und ähnelt damit der Art wie Menschen Lernen. Die gelernten Hypothesen müssen kontinuierlich angepasst werden (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 103).

Lernen aus Beobachtungen und durch Entdeckungen

Wesentlicher Aspekt ist das Wegfallen von Instruktionen durch einen Lehrenden. Weder gibt es die Vorgabe für ein bestimmtes Konzept, noch erfolgt eine Klassifizierung über positive oder negative Beispiele. Darüber hinaus können Beobachtungen mehrere verschiedene Konzepte umfassen. Beim passiven Beobachten entwickelt der Lernende Konzepte, die diese Beobachtungen umfassen. Mit aktiven Experimenten wird die Umwelt bewusst beeinflusst, um die Auswirkungen gezielt zu beobachten. Die Auswahl der Experimente kann zufällig, nach allgemeinen Gesichtspunkten oder durch theoretische Überlegungen geschehen. Die neu gewonnenen Theorien können mit den Experimenten bestätigt oder widerlegt werden (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 103f).

3.3.1.2 Wissenstypen

Das gelernte Wissen kann unterschiedliche Formen annehmen. Carbonell et al. (1983) klassifizieren Wissenstypen, die in verschiedenen Systemen auftauchen. Die Klassifikation enthält u.a. folgende Wissensarten:

Parameter in algebraischen Ausdrücken

Gegeben sei ein algebraischer Ausdruck. Ziel ist es, numerische Parameter und Koeffizienten zu adjustieren, um ein gewünschtes Verhalten zu erreichen (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 104).

Entscheidungsbäume

Einige Systeme generieren Entscheidungsbäume, um Elemente zu klassifizieren. Darin stellen Knoten ausgewählte Attribute dar, Kanten entsprechen gegebenen alternativen Werten dieser Attribute und Blätter entsprechen der Menge an Objekten, die der Klasse zugeordnet werden (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 104).

Formale Grammatiken

Ausgehend von Ausdrücken der Sprache bzw. Domäneninformationen wird eine formale Grammatik erlernt. Mögliche Repräsentation sind reguläre Ausdrücke, Regeln einer kontext-freien Grammatik oder Transformationsregeln (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 104).

Regeln

Regeln treten in der Form von Wenn-Dann-Beziehungen auf. Wenn eine Menge von Bedingungen zutrifft wird auf eine bestimmte Aussage geschlossen. Beim Erlernen von Regeln können entweder neue Regeln erzeugt werden, bestehende Regeln verallgemeinert bzw. spezialisiert werden oder mehrere Regeln, die sequentiell angewandt wurden, werden kompositionell zusammengefasst (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 104f).

Ausdrücke basierend auf formaler Logik

Solche Ausdrücken wurden bereits verwendet, um einzelne Objekte zu beschreiben und für die Bildung des zu erlernenden Konzepts. Das beinhaltet u. a. beliebige Prädikate, Variablen über endliche Wertebereiche oder logische Ausdrücke (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 105).

Begriffshierarchien

Objekte eines Bereichs werden oft bestimmten Begriffskategorien zugeordnet, die hierarchisch strukturiert sind. In diesem Falle werden solche Begriffshierarchien oder Taxonomien gelernt (Beierle & Kern-Isberner, 2014, S. 105).

3.3.2 Wissensrepräsentation

Die genannten Wissenstypen versuchen die Denkprozesse des menschlichen Gehirns abzubilden. Die Datenstrukturen hierfür sind sehr unterschiedlich, für Menschen unleserlich aber für Maschinen müssen sie in einer adäquaten Form gespeichert und auch wieder abgerufen werden können. Zur automatischen Verarbeitung von Wissen wurde eine Fülle von Wissensrepräsentationssystemen (WRS) geschaffen. In Abbildung 3.4 findet sich ein Überblick über die wichtigsten Klassen von Repräsentationsmethoden (Helbig, 1996, S. 49ff).

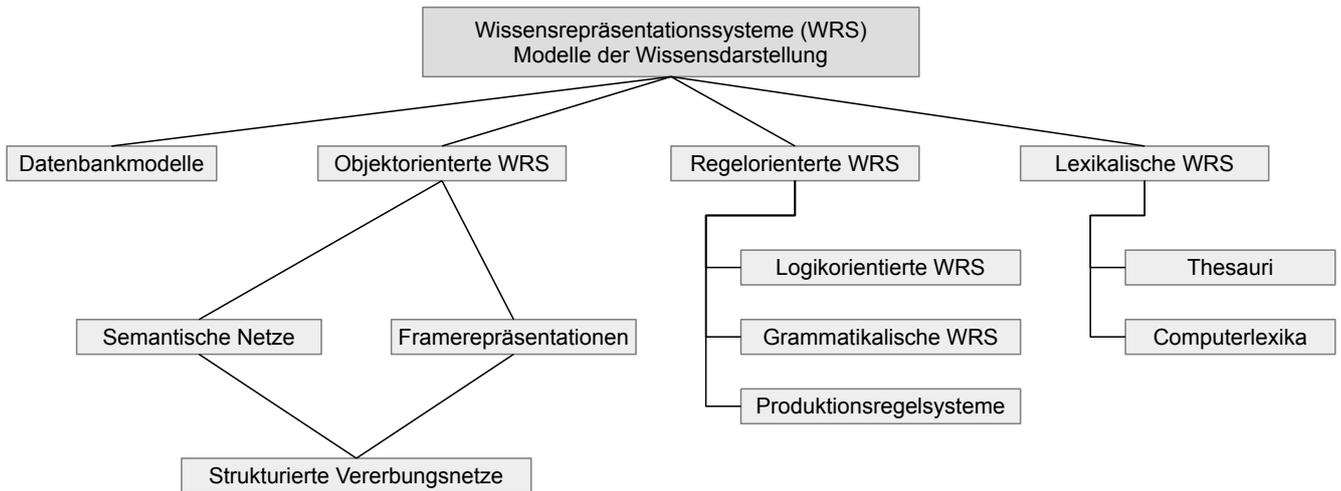


Abbildung 3.4: Modelle der Wissensrepräsentation (nach Helbig, 1996, S. 51)

Objektorientierte, *regelorientierte* und *lexikalische WRS* (mit Ausnahme der Thesauri) sind auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz entstanden, Thesauri und die Datenbankmodelle entstammen dem Gebiet der traditionellen Datenbanken (siehe Abschnitt 3.1). *Semantische Netze* sind den assoziativen Netzwerken der kognitiven Psychologie nachempfunden und sind geeignet um natürlichsprachiges Wissen zu repräsentieren und werden bei Frage-Antwort-Systemen eingesetzt (Helbig, 1996, S. 51f).

Die *Framerepräsentationen* bilden Schemata für Objekte innerhalb einer Hierarchie von Wissenselementen. Ein „Frame ist ein Schema zur Wissensrepräsentation, das eine bestimmte Entität (ein Objekt, einen Sachverhalt, ein Ereignis) oder eine Klasse von Entitäten innerhalb einer Hierarchie solcher Schemata mit Hilfe von Merkmals-Wert-Paaren beschreibt“ (Helbig, 1996, S. 79). Frames gehören zu den fruchtbarsten Konzepten der künstlichen Intelligenz (Helbig, 1996, S. 52).

Eine wichtige Leistung der *logikorientierten WRS* ist es, „einen Formalismus zur Automatisierung des deduktiven Schließens bereitzustellen“ (Helbig, 1996, S. 53). Hierzu dienen die Aussagenlogik durch Aussagenkalküle und deren Ableitungen bzw. Ableitungsstrategien und Prädikatenlogik, um neue Aussagen abzuleiten (Helbig, 1996, S. 53). *Produktionsregelsysteme* werden für die Wissensrepräsentation in Expertensystemen genutzt. Darunter werden wissensbasierte Systeme verstanden, die zur Problemlösung bzw. zur Inferenzausführung Spezialkenntnisse (die eines Experten) verlangen (Helbig, 1996, S. 244). *Grammatikalische WRS* und *Computerlexika* werden vorwiegend im Umgang mit der natürlichen Sprache eingesetzt und dienen als Nahtstelle zwischen syntaktischen und semantischen Aspekten der automatischen Sprachverarbeitung (Helbig, 1996, S. 52).

4 Konzeptionelle Entwicklung

Im dritten Teil dieser Arbeit wird ein Konzept für einen Sportbewegungskataloges entwickelt. Der Sportbewegungskatalog wird ein Wissensmanagementsystem (WMS). Nach Lehner (2014, S. 288) handelt es sich um „ein softwaretechnisches System, das idealerweise Funktionen zur Unterstützung der Identifikation, des Erwerbs, der Entwicklung, Verteilung, Bewahrung und Bewertung von Wissen (Information plus Kontext) bereitstellen sollte“. Die Herausforderung in der Entwicklung des Sportbewegungskataloges ist es einen Mediator zu schaffen um Informationen bereit stellen und suchen zu können (Frappaolo, 2006, S. 10).

4.1 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise orientiert sich am Vorgehen von Balzert (2011), mit den Schritten *Requirements Engineering, Entwurf, Implementierung, Installation und Betrieb*. In dieser Arbeit werden die *Anforderungen* für den Sportbewegungskatalog gelistet und mit dem *Entwurf* einige Konzepte für die Entwicklung vorgestellt und diskutiert. Für die Implementierung bieten sich inkrementelle Modelle, Rahmen-Prozessmodelle (z. B. CMMI, ISO 15504-Modell) oder agile Modelle (z.B. XP, Scrum) an (Balzert, 2011, S. 492). Implementierung und die nachfolgenden Schritte sind nicht Bestandteil dieser Arbeit.

4.2 Requirements

Die „Anforderungen (Requirements) legen fest, was man von einem Softwaresystem als Eigenschaft erwartet“ (Balzert, 2009, S. 455). Der Requirements Prozess verläuft sequentiell, da gleichzeitig keine Umsetzung stattfindet (Balzert, 2009, S. 450f). Die hier aufgenommenen Requirements sind funktional und grobgranular (Balzert, 2009, S. 450,456). Die folgende Auflistung folgt keiner besonderen Ordnung oder Reihenfolge.

#1: Verwaltung von Sportarten

Im Sportbewegungskatalog sollen Sportarten hinzugefügt, bearbeitet und auch wieder gelöscht werden können. Pro Sportart sollten zudem sportartspezifische Begriffe für Fertigkeiten, Gruppierungen und Sportgeräte einzutragen sein.

#2: Auflistung von Sportarten

Im Sportbewegungskatalog soll eine Liste der Sportarten angezeigt werden, die der Besucher auswählen kann, um sich darin Bewegungsfertigkeiten anzeigen zu lassen.

#3: Suchfunktion

Eine Suchfunktion, mit der sowohl Fertigkeiten und Übungen sowohl sportartübergreifend als auch sportartspezifisch gesucht werden können.

4.2.1 Sportart

In dieser Kategorie sind Anforderungen an eine Sportart aufgelistet.

#4: Verwaltung von Sportgeräten

Wenn für eine Sportart Sportgeräte zur Ausübung genutzt werden können oder gar Voraussetzung sind, dann sollten diese hinzugefügt, bearbeitet und gelöscht werden können. Zu einem Sportgerät soll der Vermerk existieren, ob das Sportgerät unbewegbar (z.B. Reck oder Barren) oder bewegbar ist.

#5: Verwaltung von Gruppierungen

Für eine bessere Struktur und Gliederung in einer Sportart sollen Bewegungsfertigkeiten in Gruppen abgelegt werden. Solche sollen hinzugefügt, bearbeitet und gelöscht werden können. Oft sind solche Strukturen bereits in einer Sportart vorhanden (z.B. Strukturgruppen im Gerätturnen), die hierüber abbildbar sind.

#6: Verwaltung von Lokomotionen in einer Sportart

Die für eine Sportart typischen Lokomotionen sollen hinzugefügt, bearbeitet und gelöscht werden können.

Im Einradfahren zählen hierzu etwa Pedalling, Wheelwalking, Handwalking, Gliding und Coasting.

#7: Graph anzeigen

Die Vor- und Nachfahren (siehe Unterabschnitt 2.3.5) sollen, visuell ansprechend, als graphische Baumstruktur angezeigt werden.

#8: Übergänge dynamisch anzeigen

Für Sportarten, die eine Sequenzstruktur aufweisen (siehe Unterabschnitt 2.3.6) sollen Übergänge dynamisch angezeigt werden können. Der Benutzer soll Start- und Endposition auswählen können und bekommt daraufhin eine Liste mit Bewegungsfertigkeiten angezeigt, die als Übergänge zwischen diesen beiden Positionen dienen.

#9: Verwaltung von Übungen

Zu einer Sportart sollen Übungen hinzugefügt, bearbeitet und gelöscht werden können, die den in Unterabschnitt 2.4.2 erwähnten Kategorien zugordnet werden. Übungen können darüber hinaus der Sportart, Gruppierungen oder Fertigkeiten zugewiesen werden.

#10: Übersicht aller Übungen

Pro Sportart sollen die verfügbaren Übungen aufgelistet werden. Die Übungen sollen nach Sportart, Gruppierungen oder Fertigkeiten gefiltert werden können.

#11: Sportartspezifische Situationen

Für die Aufnahme des KAR (siehe Unterabschnitt 2.2.2.2) müssen einige sportartspezifische Situationen simuliert werden. Hierzu sollen diese für eine Sportart hinzugefügt, bearbeitet und gelöscht werden können.

#12: Auflisten von Bewegungsfertigkeiten einer Gruppierung

In einer Sportart sollen die angelegten Gruppierungen aufgelistet werden. Nach Auswahl einer Gruppe sollen die Bewegungsfertigkeiten aufgelistet werden.

4.2.2 Bewegungsfertigkeit

In dieser Kategorie sind Anforderungen an eine Bewegungsfertigkeit aufgelistet.

#13: Anlegen von Bewegungsfertigkeiten

Anlegen einer Bewegungsfertigkeit zu einer Sportart. Die Bewegungsfertigkeit soll dazu die Eigenschaften aus Unterabschnitt 2.2.1 speichern. Es soll ein Vermerk angebracht werden, der den Unterschied zwischen einer reinen Bewegungsfertigkeit ausmacht oder ob es sich um eine Schablone für Multiplikatoren handelt. Bei kompositorischen Bewegungsfertigkeiten sollen zudem noch die einzelnen Komponenten aufgenommen werden können.

#14: Bearbeiten von Bewegungsfertigkeiten

Beim Bearbeiten von Bewegungsfertigkeiten soll zudem die Möglichkeit bestehen die Änderung mit einem Kommentar zu dokumentieren und darüber eine Versionierungshistorie anzulegen (siehe Unterabschnitt 4.4.1).

#15: Bilder verwalten

Zu einer Bewegungsfertigkeit sollen Bilder hochgeladen, bearbeitet und gelöscht werden können.

#16: Videos verwalten

Zu einer Bewegungsfertigkeit sollen Videos hochgeladen oder aus anderen online Quellen hinzugefügt, bearbeitet und gelöscht werden können.

#17: Bewegungsmodell nach Meinel & Schnabel erstellen, ändern und löschen

Das Phasenmodell von Meinel & Schnabel soll erstellt, bearbeitet und gelöscht werden können. Die einzelnen Phasen (und Untergliederungen) sollen hierbei strukturiert abgelegt werden.

#18: Bewegungsmodell nach Göhner erstellen, ändern und löschen

Das Funktionsmodell von Göhner soll erstellt, bearbeitet und gelöscht werden können. Die einzelnen Funktionsphasen sollen als Haupt- bzw. entsprechende Hilfsfunktionsphase und mit ihrer Ordnung strukturiert abgelegt werden.

#19: Bewegungsmodell nach Kassat erstellen, ändern und löschen

Das Funktionsmodell von Kassat soll erstellt, bearbeitet und gelöscht werden können. Die einzelnen Aktionen und Effekte sollen strukturiert abgelegt werden können. Zu den Aktionen sollen die möglichen Ausprägungen gespeichert werden. Die Aktionen sollen den Funktionsphasen von Göhner und den Phasen von Meinel & Schnabel zugeordnet werden können.

#20: Methodische Übungsreihen verwalten

Zu jeder Bewegungsfertigkeit sollen methodische Übungsreihen angelegt, bearbeitet und gelöscht werden können. Hierbei soll gespeichert werden, um welche Art methodische Übungsreihe es sich handelt und ob für das Üben einzelner Schritte bestimmte Übungen aus dem Übungskatalog verwendet werden können.

#21: Übungen zuweisen

Einer Bewegungsfertigkeit sollen Übungen aus dem Übungskatalog zugewiesen werden können.

#22: Bewegungsfehler verwalten

Pro Bewegungsfertigkeit sollen Bewegungsfehler hinzugefügt, bearbeitet und gelöscht werden können. Ein Bewegungsfehler besteht aus einem Phänomen, das einer Aktion von Kassat und dessen Ausprägung

zugewiesen werden soll, eine mögliche Ursache und einer entsprechenden Gegenmaßnahme, die mit einer Übung verknüpft sein darf.

#23: Qualitätskriterien verwalten

Den Ausprägungen der Aktionen zu Kassats Modell soll zugewiesen werden, ob diese Kombinationen für die Bewegungsausführung gut, verbesserungswürdig oder fehlerhaft ist (wobei sich letzteres aus der Zuordnung von Aktion und Ausprägung zu Bewegungsfehlern ergibt). Zu jeder Kombination soll ein Feedback für den Athleten hinterlegt werden (siehe Requirements für den Tester in Unterabschnitt 4.2.3).

#24: Beispiele für Bewegungsausführungen verwalten

Zu jeder Bewegungsfertigkeit sollen Beispiele für verschiedene Bewegungsausführungen erstellt, bearbeitet und gelöscht werden. Zu jeder Aktion aus den Qualitätskriterien soll die Ausprägung des Beispiels zugeordnet werden, um das Ergebnis im Testers (siehe Unterabschnitt 4.2.3) zu öffnen. Das Beispiel soll medial durch eine Video und/oder Bild unterstützt werden.

#25: KAR einstellen

Die Einstellungen des KAR sollen für jede Bewegungsfertigkeit eingestellt werden können. Hierzu sollen die Einstellungen für eine ausgewählte sportarttypische Situationen ermittelt werden.

#26: Präsentation der genannten Informationen zu einer Bewegungsfertigkeit

Die Präsentation der Informationen kann und soll geschickt visualisiert werden.

4.2.3 Tester

Der Tester ist ein zu entwickelndes Subsystem des Sportbewegungskatalogs (siehe Abbildung 4.1). Der Tester ist die Umsetzung des in Unterabschnitt 2.4.4 vorgestellten sportmotorischen Tests zur Qualität der Bewegungstechnik. In dieser Kategorie sind Anforderungen aufgelistet an den Tester aufgelistet.

#27: Testformular aus Qualitätskriterien generieren

Aus den hinterlegten Qualitätskriterien soll ein Testformular (ähnlich Abbildung 2.18) generiert werden, indem die Ausprägungen der Aktionen eingegeben werden können.

#28: Testergebnis ausgeben

Die Testauswertung (siehe Unterabschnitt 2.4.4.2) soll die Aktionen mitsamt Ausprägungen, dem dazugehörigen Feedback und den Ampelsignalfarben sowie die errechnete Punktzahl, Bewegungsfehler und den Rang (ähnlich Abbildung 2.19) ausgeben.

4.3 Entwurf

Der Sportbewegungskatalog als zu entwickelndes WMS soll eine Anwendung mit strukturierter Datenablage werden. Die in Unterabschnitt 3.2.2 vorgestellten Systeme besitzen allgemeinen Charakter und fokussieren auf semistrukturale Datenablage und fallen damit als mögliche Systeme für die Umsetzung aus; es bedarf der Entwicklung eines Individualsystems.

Die Software wird aus verschiedenen Subsystemen bestehen, die miteinander agieren und verzahnt werden müssen, dargestellt in Abbildung 4.1. Das System besteht aus einer Server-Client-Architektur. In der Server-Anwendung findet sich die Logik für das Speichern in der Datenbank und das Abfragen der strukturellen Daten statt. Über eine öffentliche Schnittstelle (Rest API) werden Daten ausgetauscht. Als Client wird eine Webanwendung entwickelt, in der über Formulare Daten eingegeben werden können und die

Information visuell aufbereitet werden. Der Tester (siehe Unterabschnitt 2.4.4) kann sowohl in der Webanwendung auftauchen als auch als mobile Anwendung für Smartphones. Die Knowledge Engineering Subsysteme werden in Unterabschnitt 4.3.5 erklärt.

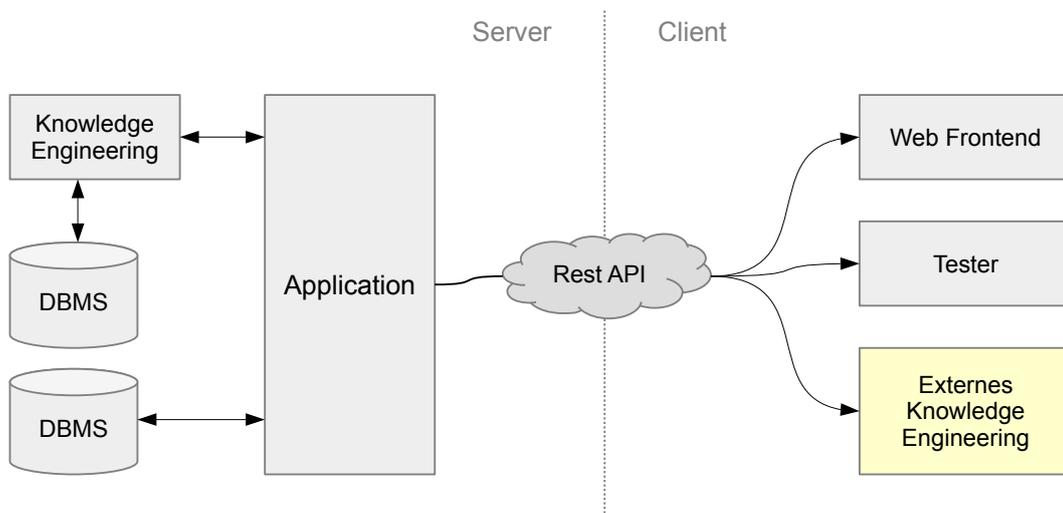


Abbildung 4.1: Softwarearchitektur des Sportbewegungskatalogs

4.3.1 Datenbank

Die Auswahl des DBMS hängt von den Anforderungen der Anwendung ab. Der primäre Einsatz des Sportbewegungskataloges liegt im Speichern und Abfragen struktureller Daten und deren Verknüpfungen. Das ist die Stärke von relationalen Datenbanken, die hierfür verwendet wird (ein Entwurf für das Datenbankmodell findet sich in Abbildung 4.2). Für die Knowledge Engineering Subsysteme sind andere Datenbankklassen (z. B. deduktive Datenbanken für deduktives Schließen) besser geeignet, da hierfür andere Anforderungen gelten. Mehrere DBMS einzusetzen entspricht dem Ansatz des *Polyglot Persistence* (Hecht, 2014, S. 5f, 237ff) und bietet sich für den vorliegenden Fall an.

4.3.2 Server-Anwendung

Die Server-Anwendung ist das Herzstück des Sportbewegungskatalogs und stellt Schnittstellen zu allen anderen Subsystemen bereit. Die Server-Anwendung sollte über die folgenden Funktionalitäten verfügen, die nicht explizit als Domänen-Requirements in Abschnitt 4.2 aufgenommen wurden:

- Benutzerverwaltung
- Authentifikation und Authorisierung
- Rechteverwaltung
- Validierung
- Fehlerberichte & Logging
- Assetverwaltung

Für Server-Anwendungen hat sich das Konzept von Middlewares etabliert, welches sich am HTTP-Protokoll orientiert um Nachrichten zwischen verschiedenen Systemen zu verschicken (Tarkoma, 2009, S. 25f). In nahezu jeder serverseitig eingesetzten Programmiersprache finden sich hierzu Programmibibliotheken die den HTTP-Request verarbeiten, die gewonnenen Daten an das Hauptprogramm übergeben und die generierte HTTP-Response zurück an den Client schicken.

Für die Verarbeitung des Programms selbst wurden viele Entwurfsmuster entwickelt. Häufig wird das

MVC (Model-View-Controller) Muster verwendet. Ursprünglich ist dieses Entwurfsmuster für graphische Oberflächen entstanden, um die Daten (Model) und die Oberfläche (View) strikt zu trennen und über einen Controller die Kommunikation zwischen beiden Komponenten herzustellen (Balzert, 2011, S. 62ff,414f). Der nahezu inflationäre Einsatz dieses Entwurfsmuster hat verschiedene Kritiken und in Folge auch viele Weiterentwicklungen für bestimmte Einsatzzwecke hervorgerufen (Osmani, 2012; Jones, 2014). Für den serverseitigen Einsatz ist das Action-Domain-Responder Entwurfsmuster besser geeignet (Jones, 2014). Die Action extrahiert die aus dem Request gewonnenen Daten der Middleware und instantiiert ein Domänenobjekt, in der die Logik für diese bestimmte Aktion verankert ist und übergibt die Daten als Parameter. Das Domänenobjekt gibt ein Payload zurück, das an den zuständigen Responder übergeben wird und die HTTP-Response generiert, die über die Middleware an den Client geschickt wird. Abbildung 4.3 zeigt das Sequenzdiagramm des ADR Pattern mit angekoppelter Middleware.

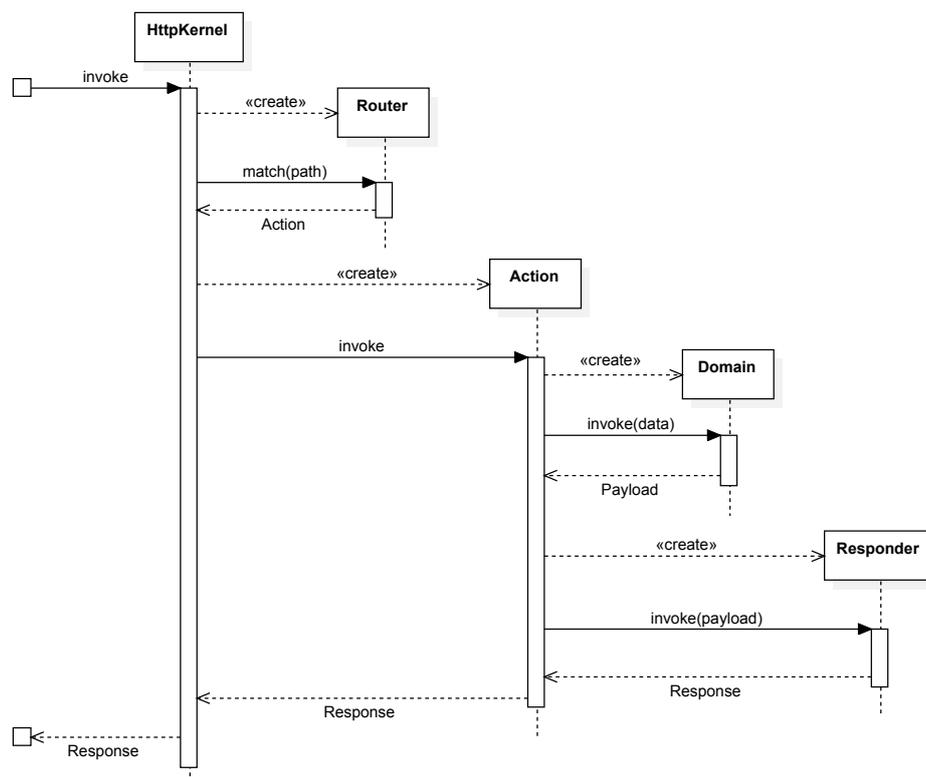


Abbildung 4.3: Server-Anwendung mit HttpKernel Middleware und Action-Domain-Responder Pattern

Für die Erstellung der Rest API listet Sahni (2015) „Best Practices“, die eine gute Orientierung geben. Es gibt aber auch Ansätze zur Standardisierung, z. B. mit JSON API¹. Beides kann genutzt werden, um eine solide und robuste Schnittstelle zu erschaffen.

4.3.3 Web Frontend

Das Web Frontend ist die Interaktionsschnittstelle zwischen der Server-Anwendung und dem Benutzer. In dieser Oberfläche werden Informationen über Formulare eingegeben und vorhandene Informationen visualisiert und präsentiert. Die Websites können server- oder clientseitig generiert werden. Bei serverseitiger Umsetzung, wird die Website bei jedem HTTP-Request vollständig dynamisch generiert. Die Informationen werden dazu aus der Datenbank abgerufen und das Markup der Website zusammengesetzt. Die Response beinhaltet somit viele Information die zwischen zwei Aufrufen gleich bleiben.

¹ <http://jsonapi.org>

Diese unnötige Redundanz wird oft als unnötiger Overhead in diesem Ansatz geschildert. Durch das Aufkommen von Javascript-Frameworks sind auch Single Page Applications (SPA) ein fester Bestandteil der Websiteerstellung geworden. Die Zusammensetzung der Website erfolgt client-seitig und dynamisch im Browser des Benutzers. Die SPA kommuniziert mit der Rest API für den Austausch roher Daten (ohne den Overhead jeden Requests).

Beide Ansätze haben Vor- und Nachteile. Für die Implementierung sollten beide Vorgehensweisen abgewogen werden. Unabhängig vom gewählten Ansatz können Technologien des Semantic Web angewendet werden, um das Markup des Web Frontend auszeichnen, den dargestellten Daten eine Bedeutung zuweisen und die Informationen maschinenleserlich aufzubereiten (siehe Unterunterabschnitt 3.2.3.1).

4.3.4 Tester

Der Tester sollte im Web Frontend verfügbar sein, um einige der hinterlegten Beispiele anzusehen und auszuprobieren. Geeigneter ist der Tester aber als mobile App für Smartphones. Trainer können während des Trainings sehr einfach ihre Eingaben per Touch in ihr mobiles Gerät erledigen und erhalten sofort Feedback und Instruktion, welche direkt mit dem Athleten durchgesprochen werden können.

4.3.5 Knowledge Engineering

Der strukturelle Datensatz des Sportbewegungskatalogs stellt das Hintergrundwissen für Maschinelles Lernen bereit. Hieraus können neue Erkenntnisse gewonnen werden. Einige Szenarien zur Wissensgewinnung werden hier angeführt.

4.3.5.1 Fertigkeitserkennung

Wenn zu jeder Bewegungsfertigkeit ausreichend Bildmaterial vorhanden ist, kann damit eine Bildererkennung trainiert werden. Das Ziel wäre es, unterschiedliche Fertigkeiten anhand von Bildern zu klassifizieren. Die Bilder zu anderen Fertigkeiten sind für ein solches Lernen die negativen Beispiele. In der Anwendung wird ein Bild hochgeladen und der Sportbewegungskatalog ist in der Lage zu erkennen um welche Bewegungsfertigkeit es sich handelt.

4.3.5.2 Qualitätserkennung

Wenn die Fertigkeitserkennung ausreichend zuverlässig funktioniert und zu jeder Bewegungsfertigkeit auch genügend Bildmaterial für Beispiele zu Bewegungsausführungen vorhanden sind, können diese genutzt werden um über Bildererkennung die entsprechenden Merkmale der Bewegungsqualität ausfindig zu machen. Die fertige Umsetzung könnte so aussehen, dass der Trainer ein Foto mit seinem Smartphone aufnimmt (oder ein Foto aus einer Bilderserie auswählt). Der Tester ermittelt zuerst um welche Bewegungsfertigkeit es sich handelt und im zweiten Schritt wird versucht die Bewegungsqualität zu ermitteln. Damit wird die manuelle Eingabe in den Tester übersprungen. Weitergedacht kann auch ein Video aufgenommen werden, pro Sekunde wird ein Frame ausgewählt und die Qualität der Bewegungstechnik ermittelt. Der Tester zeigt zum Schluss das am besten ermittelte Bild mit zugehöriger Bewertung an.

4.3.5.3 Externes Knowledge Engineering

Über die offene Schnittstelle lassen sich die Daten aus dem Sportbewegungskatalog extrahieren, in ein externes Knowledge Engineering System überführen und Lernalgorithmen (wie in Unterunterab-

schnitt 3.3.1.1 erwähnt) angewenden. Zum Beispiel können hierüber neue bewegungswissenschaftliche Fakten deduktiv erschlossen werden.

4.4 Qualitätssicherung

Datenqualität kann weder delegiert noch verordnet werden (Wolf, 2015, S. 235). Die Sicherstellung der Relevanz und Qualität der eingegebenen Informationen (Frappalo, 2006, S. 11) ist eine schwierig zu lösende Aufgabe, kann aber durch einige technische Hilfen zu einem gewissen Grad unterstützt werden. Einige dieser Verfahren werden im folgenden vorgestellt.

4.4.1 Versionierung

Die eingegebenen Informationen zu Bewegungsfertigkeiten werden versioniert. Jede Änderung entspricht einer neuen Version und muss durch den Autor dokumentiert werden. Somit lassen sich die Unterschiede zwischen zwei Versionen aufzeigen. Über die Versionshistorie werden alle Änderungen transparent offengelegt.

4.4.2 Audit Log

Die Aktionen von Anwendern, wie das Hochladen von Bildern und Videos oder das Anlegen und Bearbeiten von Bewegungsmodellen, lassen sich z. B. als Activities speichern und daraus ein Activity Stream² generieren. Der Stream stellt das Audit Log dar, welches alle Änderungen aufzeigt, die zu einem Datensatz oder zu dessen Verknüpfungen vorhanden sind.

4.4.3 Berechtigungen

Mit Versionierungen und Audits lassen sich (kleinere) Fehler feststellen und korrigieren. Etliche Eingaben erfordern eine fachliche Qualifikation, um die geforderten Informationen sachgemäß einzutragen (z. B. beim Erfassen der Bewegungsmodelle). Hierfür kann es helfen Berechtigungen einzuführen, um dem Benutzer bestimmte Aktionen zu verwehren bzw. erst auf Nachweis freizuschalten. Zum Nachweis der Berechtigung werden drei Ideen vorgestellt:

1. Der Nachweis könnte in Form einer Ausbildungsbescheinigung von einer institutionellen Einrichtung (z. B. Verband, Trainerakademie) stammen. Die Bescheinigung müsste allerdings aufwendig manuell überprüft werden und die nötige Infrastruktur hierfür müsste bereitstehen.
2. Bereits während der Ausbildung kann eine Freischaltung erfolgen, wenn die o. g. institutionellen Einrichtungen nutzen den Sportbewegungskatalog als Ausbildungswerkzeug benutzen. Die Lehrinhalte werden diskutiert und die Ergebnisse in den Sportbewegungskatalog eingestellt.
3. Eine Freischaltung lässt sich durch die Kopplung des Sportbewegungskatalogs an ein Online-Lernportal erreichen. Nach erfolgreicher Absolvierung erfolgt die automatische Freischaltung. Die Pflege eines zusätzlichen Online-Systems erfordert allerdings einen hohen Aufwand.

Die Verwirklichung der vorgestellten Ideen bedarf allerdings einer administrativen Organisation zur Pflege des Sportbewegungskatalogs. Vergleichbar wäre etwa die Wikimedia Foundation, die u. a. die Projekte Wikipedia und Wiktionary betreut.

Die Etablierung eines Berechtigungssystems ist knifflig. Es wurden einige Ideen skizziert, die Machbarkeitsstudien und weiterführende, gründliche Untersuchungen über diese Arbeit hinaus erfordern.

² <http://activitystrea.ms>

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das hier vorgestellte Konzept eines Sportbewegungskatalogs zeigt eindrucksvoll, wie Symbiosen aus der Verknüpfung von Informationen verschiedener (sport-)wissenschaftlicher gewonnen und benutzt werden können. Nach eingehender Analyse der sportwissenschaftlichen Grundlagen und der daraus ableitbaren Informationen für einen Sportbewegungskatalog wurde aufgezeigt, in welcher Weise die Informatik unterstützend in diesem System eingreift und mit verschiedenen Technologien dieses Unterfangen möglich macht. Darüber hinaus ermöglicht diese Herangehensweise Fragen mit bisher unmöglichen, quantitativ belegten Fakten zu beantworten. So lassen sich mit diesem Konzept und mit gefülltem Datenbestand Antworten auf folgende Fragen finden: Bei welchen Aktionen treten Bewegungsfehler auf und welche Bewegungsfertigkeiten sind davon betroffen? Welche Bewegungsfertigkeiten weisen ähnliche Strukturmuster auf und welche Eigenschaften oder Strukturen sind das? Welche Vor- und Nachfahren gibt es zu einer Bewegungsfertigkeit und zu welchen anderen Bewegungsfertigkeiten existieren Beziehungen? Welche Trainingsziele können aus diesen Beziehungsverhältnissen extrahiert werden?

Die strukturierte Ansammlung von Bewegungswissen ermöglicht die Anwendung der Verfahren und Methoden des Knowledge Engineering, um damit automatisch nach Erkenntnissen suchen zu lassen. Da bisher keine solche Wissensbasis existierte, waren die genannten Vorgehensweisen im Sport undenkbar und nicht möglich (ausgenommen unbekannte, private und proprietäre Datenbanken).

In dieser Arbeit wurden die Bewegungswissenschaft und die Sportpraxis als Zielgruppen ausgewählt, um das Überführen der Kenntnisse der einen Disziplin in die andere mittels informatischer Hilfe zu demonstrieren. Der dargestellte Wissensschatz ist bisher noch limitiert und bildet die Informationen im Sport, für das Training und daran beteiligte Berufsgruppen noch bei Weitem nicht umfassend ab. Langfristig sollen für den Sportbewegungskatalog weitere Zielgruppen erschlossen werden, um das Angebot an strukturiert abgelegten Informationen weiter auszubauen und stärker zu vernetzen.

Diese Arbeit legt den Fokus sehr stark auf das Techniktraining. Das Feld der **Trainingslehre** und **Trainingswissenschaft** ist aber weitaus größer gesteckt. Insbesondere das Teilgebiet der Kondition, mit entsprechenden Kennwerten und -größen, sowie Übungen und Belastungsnormativen, lässt sich konkreter ausbauen. Im Strategie- und Taktiktraining lassen sich Spielzüge und Manöver visuell aufbereitet hinterlegen und ergänzen den Sportbewegungskatalog nebst Bewegungsfertigkeiten und Übungen um eine entsprechende Taktikkomponente. Mit Hilfe dieser Informationen könnte künftig die Leistungsstruktur automatisch abgeleitet werden. Der Tester kann um weitere (allgemeine) Werkzeuge der verschiedenen trainingswissenschaftlichen Disziplinen ergänzt werden, wodurch der Sportbewegungskatalog eine diagnostische Komponente erhält.

Merkmale aus der **Anatomie** können Bewegungsfertigkeiten weiter bereichern. Da wären zunächst die für die Bewegung wichtigen Muskeln, ihre Funktion und Arbeitsweise zu benennen. Daraus lassen sich konditionelle Trainingsmethoden ableiten. Mit tendomuskulären Aspekten und Informationen über Nerven(bahnen) und Skelettstruktur wird die medizinische Zielgruppe (z. B. Ärzte und Physiotherapeuten) erschlossen. Die Informationen werden wahrscheinlich weniger zur Behandlung benutzt werden, sondern eher zur Prophylaxe oder Prävention, um anatomisch ungünstige, Verletzungen hervorrufende Bewegungen zu markieren (ähnlich den Bewegungsfehlern).

Nicht zu vergessen ist die **Biomechanik**. Oftmals sind Bewegungsfertigkeiten aufgrund biomechanischer Gegebenheiten zu strukturieren. Als logische Konsequenz ergibt sich, eine strukturelle Form zu finden, in der biomechanische Aspekte gespeichert werden können. Kennwerte und -größen lassen sich einfach ablegen, bei relevanten Formeln ist die Angelegenheit komplizierter, da eine allgemeine Struktur aufgrund der komplexen Lage nicht einfach zu finden sein wird. Für jede Bewegungsfertigkeit lassen sich die biomechanischen Prinzipien strukturell ablegen, um daraus Aspekte für das Training abzulei-

ten. Dank der starken Entwicklung von Webtechnologien, insbesondere Javascript und WebGL, lassen sich heutzutage sehr leicht graphische Anwendungen im Browser programmieren, für die früher Hochsprachen notwendig waren. Diese Situation ermöglicht es Bewegungsmodelle optisch ansprechend für eine Bewegungsfertigkeit zu hinterlegen. Daran können biomechanische Aspekte (z. B. Körperschwerpunkt) visuell verdeutlicht werden. Modelle können genutzt werden, um die Bewegungsabläufe von Bewegungsfertigkeiten zu simulieren. Bewegungsparameter können strukturiert abgelegt und für die Simulation manipuliert werden, um darüber die Auswirkungen zu visualisieren. Sind die Bewegungsparameter vorhanden, können die Techniken des Knowledge Engineering genutzt werden, um die Bewegungsfertigkeiten anhand von Videomaterial zu lernen und zu erkennen. Wichtig hierfür sind Systeme (z. B. Microsoft Kinect), die aus einem Video das Skelett und seine Bewegungsparameter extrahieren.

Die gespeicherten Bewegungsstrukturen und die Bewegungsparameter der Biomechanik können übertragen werden in die **Robotik**. Wenn es darum geht, einen Roboter eine bestimmte Bewegung zu lehren bzw. wenn dieser sie selbst erlernt, können die vorhandenen Daten genutzt werden, um hierfür Referenzen für das Lernen zu geben. Die ermittelten Kenngrößen lassen sich mit dem Sportbewegungskatalog abgleichen und ergänzen.

Mit dieser Arbeit wurde die Basis für einen Sportbewegungskatalog geschaffen und am Beispiel zweier ausgewählter Zielgruppen vorgestellt. Weitere Anwendungsgebiete wurden aufgezeigt. Das Konzept ist offen gestaltet, um zukünftige Erweiterungen aufzunehmen und weitere Zielgruppen zu erschließen.

Literaturverzeichnis

- Aggarwal, C. C. & Zhai, C. (2012). *Mining Text Data*. Boston: Springer.
- Atkinson, M., Bancilhon, F., DeWitt, D., Dittrich, K., Maier, D. & Zdonik, S. (1989). The Object-Oriented Database System Manifesto. In W. Kim, J.-M. Nicolas & S. Nishio (Hrsg.), *Deductive and Object-Oriented Databases* (S. 223-240). Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Balzert, H. (2009). *Lehrbuch der Softwaretechnik: Basiskonzepte und Requirements Engineering* (3. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Balzert, H. (2011). *Lehrbuch der Softwaretechnik: Entwurf, Implementierung, Installation und Betrieb* (3. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Beierle, C. & Kern-Isberner, G. (2014). *Methoden wissensbasierter Systeme - Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen* (5., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Blume, D.-D., Schnabel, G. & Zimmermann, K. (2002). Koordinative Fähigkeiten. In G. Ludwig & B. Ludwig (Hrsg.), *Koordinative Fähigkeiten - koordinative Kompetenz* (S. 25-33). Kassel: Universität Kassel.
- Bodendorf, F. (2006). *Daten- und Wissensmanagement* (2., aktualisierte und erweiterte Aufl.). Heidelberg: Springer Verlag.
- Breslin, J. G., Passant, A. & Decker, S. (2009). *The Social Semantic Web*. Heidelberg: Springer.
- Carbonell, J. G., Michalski, R. S. & Mitchell, T. M. (1983). An Overview of Machine Learning. In R. S. Michalski, J. G. Carbonell & T. M. Mitchell (Hrsg.), *Machine Learning - An Artificial Intelligence Approach* (Bd. 1, S. 3-24). Heidelberg: Springer Verlag.
- Clark, A., Fox, C. & Lappin, S. (2010). *The Handbook of Computational Linguistics and Natural Language Processing*. Malden: Wiley-Blackwell.
- Cleve, J. & Lämmel, U. (2014). *Data Mining*. München: De Gruyter Oldenbourg.
- Codd, E. F. (1970). A Relational Model of Data for Large Sared Data Banks. *Communications of the ACM*, 16 (6), 377-387.
- Codd, E. F. (1982). Relational Database: A Practical Foundation for Productivity. *Communications of the ACM*, 25 (2), 109-117.
- Elmasri, R. & Navathe, S. (2002). *Grundlagen von Datenbanksystemen* (3., überarbeitete Aufl.). München: Pearson Studium.
- Frappaolo, C. (2006). *Knowledge Management*. West Sussex: Capstone Publishing Ltd.
- Frey, G. & Hildenbrandt, E. (2002). *Einführung in die Trainingslehre - Teil 1: Grundlagen* (2., erweiterte und überarbeitete Aufl.). Hamburg: Hofmann.
- Frey-Luxemburger, M. (2014). *Wissensmanagement - Grundlagen und praktische Anwendung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Göhner, U. (1987). *Bewegungsanalyse im Sport* (2. unveränderte Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Göhner, U. (1992). *Einführung in die Bewegungslehre des Sports - Teil 1: Die sportlichen Bewegungen*. Schorndorf: Hofmann.
- Gossmann, T. & Poetsch, L. (2011). *Wie funktioniert der Spin auf dem Einrad?* Zugriff am 15. August 2016 auf http://gos.si/publikationen/Wie_funktionieren_Spins-Gossmann_Poetsch.pdf
- Grosser, M., Starischka, S. & Zimmermann, E. (2008). *Das neue Konditionstraining* (Zehnte, neu bearbeitete Aufl.). München: BLV Buchverlag GmbH & Co. KG.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5 (2), 199-220.
- Hausenblas, M. (2009). Anreicherung von Webinhalten mit Semantik – Microformats und RDFa. In A. Blumauer & T. Pellegrini (Hrsg.), *Social Semantic Web* (S. 147-158). Heidelberg: Springer.
- Hecht, R. (2014). *Konzeptuelle und Methodische Aufarbeitung von NoSQL-Datenbanksystemen* (Dissertation). Universität Bayreuth, Bayreuth.

-
- Helbig, H. (1996). *Künstliche Intelligenz und automatische Wissensverarbeitung* (2., stark bearbeitete Aufl.). Berlin: Verlag Technik.
- Herrmann, J. (1997). *Maschinelles Lernen und Wissensbasierte Systeme*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Hirtz, P. (1994). Motorische Handlungskompetenz als Funktion motorischer Fähigkeiten. In P. Hirtz, G. Kirchner & R. Pöhlmann (Hrsg.), *Sportmotorik : Grundlagen, Anwendungen und Grenzgebiete* (S. 117-147). Kassel: Gesamthochschul-Bibliothek.
- Hirtz, P. (2002). Von der Gewandtheit zu den koordinativen Fähigkeiten. In G. Ludwig & B. Ludwig (Hrsg.), *Koordinative Fähigkeiten - koordinative Kompetenz* (S. 20-24). Kassel: Universität Kassel.
- Hitzler, P., Krötzsch, M., Rudolph, S. & Sure, Y. (2008). *Semantic Web*. Heidelberg: Springer.
- Hochmuth, G. (1982). *Biomechanik sportlicher Bewegungen* (5., unveränderte Aufl.). Berlin: Sportverlag Berlin.
- Hosp, J. & Burbli, T. (2013). *Kiteboarding Tricktionary: Twintip Supreme Edition*. Mieders: Tricktionary Publishing.
- Hüttenegger, G. (2006). *Open Source Knowledge Management*. Heidelberg: Springer Verlag.
- IUF Rulebook Committee. (2015). *IUF Rulebook* (prelim Aufl.). Zugriff am 19.08.2016 auf <https://unicycling.org/files/iuf-rulebook-2015-prelim.pdf>
- Jones, P. M. (2014). *Action-Domain-Responder - A web-specific refinement of Model-View-Controller*. Zugriff am 15.09.2016 auf <http://pmjones.io/adr/>
- Kassat, G. (1995). *Verborgene Bewegungsstrukturen*. Rodinghausen: Fitness-Contur-Verlag.
- Keim, D. A. (2004). Datenvisualisierung und Data Mining. In R. Kuhlen & K. Laisiepen (Hrsg.), *1. Handbuch zur Einführung in die Informationswissenschaft und -praxis* (5., völlig neu gefasste Aufl., Bd. 1, S. 363-369). München: Saur.
- Kemper, A. & Eickler, A. (2015). *Datenbanksysteme* (10., aktualisierte und erweiterte Aufl.). Berlin: De Gruyter Oldenbourg.
- Lehner, F. (2014). *Wissensmanagement: Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung* (5., aktualisierte Aufl.). München: Hanser.
- Martin, D. (1991). Merkmale einer trainingswissenschaftlichen Theorie des Techniktrainings. In R. Daus, H. Mechling, K. Blischke & N. Olivier (Hrsg.), *Sportmotorisches Lernen und Techniktraining* (Bd. 2, S. 53-77). Schorndorf: Hofmann.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (2001). *Handbuch Trainingslehre* (3. unveränderte Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (2007). *Bewegungslehre - Sportmotorik* (11., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Meyer, M., Christlieb, D. & Keuning, N. (2009). *Trampolin - Schwerelosigkeit leicht gemacht* (3., überarbeitete Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Michalski, R. S. (1986). Understanding the Nature of Learning: Issues and Research Directions. In R. S. Michalski, J. G. Carbonell & T. M. Mitchell (Hrsg.), *Machine Learning - An Artificial Intelligence Approach* (Bd. 2, S. 4-26). Los Altos: Morgan Kaufmann Publishers.
- Morik, K. (1995). Maschinelles Lernen. In G. Görz (Hrsg.), *Einführung in die künstliche Intelligenz* (2. Aufl., S. 243-298). Bonn: Addison-Wesley.
- Neumaier, A. (2014). Training der Bewegungskoordination. In H. Mechling & A. Neumaier (Hrsg.), *Koordinatives Anforderungsprofil und Koordinationstraining* (4., korr. Aufl., Bd. 1). Köln: Sportverlag Strauß.
- Neumaier, A. & Krug, J. (2003). Techniktraining. In H. Mechling & J. Munzert (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft - Bewegungslehre* (S. 443-460). Schorndorf: Hofmann.
- Neumaier, A. & Mechling, H. (1994). Taugt das Konzept „koordinativer Fähigkeiten“ als Grundlage für sportartspezifisches Koordinationstraining? In P. Blaser, K. Witte & C. Stucke (Hrsg.), *Steuerungs- und Regelvorgänge der menschlichen Motorik* (S. 207-212). Sankt Augustin: Academia.
- Neumaier, A., Mechling, H. & Strauß, R. (2002). Training der Bewegungskoordination. In A. Neumaier & H. Mechling (Hrsg.), *Koordinative Anforderungsprofile ausgewählter Sportarten* (Bd. 2). Köln:

-
- Sportverlag Strauß.
- Osmani, A. (2012). *Scaling Your JavaScript Applications*. Zugriff am 15.09.2016 auf <https://speakerdeck.com/addyosmani/scaling-your-javascript-applications>
- Rahm, E. & Vossen, G. (2003). *Web & Datenbanken*. Heidelberg: dpunkt.verlag.
- Reese, R. M. (2015). *Natural Language Processing with Java*. Birmingham: Packt Publishing.
- Rehäuser, J. & Krömer, H. (1996). Wissensmanagement im Unternehmen. In G. Schreyögg & P. Conrad (Hrsg.), *Wissensmanagement* (Bd. 6, S. 1-40). Berlin: de Gruyter.
- Roth, K. & Willimczik, K. (1999). *Bewegungswissenschaft*. Reinbeck: rororo Sport.
- Saake, G., Sattler, K.-U. & Heuer, A. (2008). *Datenbanken - Konzepte und Sprachen* (3., aktualisierte und erweiterte Aufl.). Heidelberg: Redline GmbH.
- Sahni, V. (2015). *Best Practices for Designing a Pragmatic RESTful API*. Zugriff am 16.09.2016 auf <http://www.vinaysahni.com/best-practices-for-a-pragmatic-restful-api>
- Schnabel, G., Harre, H.-D. & Krug, J. (2014). *Trainingslehre - Trainingswissenschaft* (Bd. 3. aktualisierte). Aachen: Meyer & Meyer.
- Schöllhorn, W. I. (2005). Differenzielles Lehren und Lernen von Bewegung - Durch veränderte Annahme zu neuen Konsequenzen. In H. Gabler, U. Göhner & F. Schiebl (Hrsg.), *Zur Vernetzung von Forschung und Lehre in der Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft* (S. 125-135). Hamburg: Czwalina.
- Sobotka, R. (1976). Bewegungsstruktur und Methodik des Trampolinturnens. *Leibesübungslehre* (30), 156-163.
- Sterr, C. (2012). *Trainerkompetenzen im Sport*. Hamburg: spomedis GmbH.
- Stumme, G., Hotho, A. & Berendt, B. (2006). *Semantic Web Mining - State of the Art and Future Directions*. Zugriff am 07.09.2016 auf <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:hebis:34-2009040826952>
- Tarkoma, S. (2009). *Mobile Middleware: Architecture, Patterns and Practice*. Chichester: Wiley.
- Wick, D. (2013). *Biomechanik im Sport* (3., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Balingen: Spitta Verlag GmbH & Co. KG.
- Wiemeyer, J. (1997). *Bewegungslernen im Sport: motorisch, kognitive und emotionale Aspekte*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Willimczik, K. & Roth, K. (1983). *Bewegungslehre*. Reinbeck: rororo Sport.
- Wolf, J. (2015). Organisatorische Maßnahmen für gute Datenqualität. In K. Hildebrand, M. Gebauer, H. Hinrichs & M. Mielke (Hrsg.), *Daten- und Informationsqualität* (3., erweiterte Aufl., S. 235-252). Wiesbaden: Springer Fachmedien.
- Wollny, R. (2007). *Bewegungswissenschaft Ein Lehrbuch in 12 Lektionen*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Wolters, P. (1999). *Bewegungskorrektur im Sport*. Hamburg: Hofmann.
- Zimmermann, K. (1998). Koordinative Fähigkeiten und Beweglichkeit. In K. Meinel & G. Schnabel (Hrsg.), *Bewegungslehre - Sportmotorik* (S. 206-236). Berlin: Volk und Wissen.